CODEN:HDNHFL
ISSN 1344-8897

弘前大学農学生命科学部学術報告

第6号

BULLETIN
OF THE
FACULTY OF AGRICULTURE AND LIFE SCIENCE HIROSAKI UNIVERSITY

No.6

付 研 究 業 績 目 録

2002年10月—2003年9月

Lists of Published Research Works of the Faculty of Agriculture and Life Science Hirosaki University 2002(October) –2003(September)

弘 前 大 学 農 学 生 命 科 学 部

2003年12月

FACULTY OF AGRICULTURE AND LIFE SCIENCE
HIROSAKI UNIVERSITY
HIROSAKI, 036-8561, JAPAN

December, 2003

弘前大学農学生命科学部学術報告

第6号　　2003年12月

目　　次

新関　稔・盧　忠恩：ソマクローナル変異の解明とその植物育種・遺伝学への利用(英文)　1

澤田信一・井口　崇・葛西和彦・葛西身延：岩木川流域における水利用と河川への物質負荷　18

松岡教理・北野　誉：アロザイム変異からみたキュウリウオ科の遺伝的分化　40

武田　潔・殿内暁夫・藤田　隆・水上里美・鄒　碧珍・三浦康正・高橋　弘・安彦朋美：水田土壌に生息するメタン生成・酸化に関わる微生物の顕微鏡像(英文)　49

加藤弘道・福地　博：ブドウのCA貯蔵に関する研究―スチューベンと巨峰の貯蔵性に及ぼす酸素と炭酸ガスの影響―　59

加藤弘道・福地　博：簡易型酸素プルダウン装置の試作　68

荒川　修・羅　　琨・浅田武典：中間台木の違いがリンゴ ふじ ′／マルバカイドウ幼木の乾物成長に及ぼす影響　75

武田　功・神田健策・早坂　基：「南部一騎軍書」と風聞・芸能の民衆世界　82

研究業績目録（2002年10月―2003年9月）　103

Somaclonal Variation as a Tool for Plant Breeding and Genetics

Minoru NIIZEKI and Zhongen LU

Laboratory of Gene and Genetic Systems

(Received for publication September 24, 2003)

Introduction

One approach of plant cell and tissue cultures seems to be feasible in their application to crop improvement. Callus and cell cultures allow for rapid clonal multiplication and selection of desirable genotypes among the increased genetic variations which promise a considerable contribution to the plant breeding program.

It has been reported by a number of investigators using different species of plants that the callus tissues and the cultured cells sometimes may alter their chromosome numbers to produce polyploid cells, or cells with chromosomal aberrations such as pseudochiasmata, chromosome breaks, reunions, anaphase bridges and fragments. Some of the studies in which such considerable chromosomal variations were observed in the cultured calli and cells are those in *Haplopappus gracilis* (30), *Nicotiana tabacum* and *N. alata* (42), *N. tabacum*, *Triticum aestivum* and *T. dicoccum* (48), and *T. monococcum*, *T. aestivum*, *Glycine max* and *Melilotus alba* (20). Furthermore, some of the regenerated plants from callus tissues and cells possessing such chromosomal variations indicated various chromosome numbers, such as polyploid and aneuploid (35, 42).

In the case of anther culture, from which the production of haploid plants are expected, frequent occurrences of polyploid plants as well as haploid plants were also reported in *Oryza sativa* (40). In addition, Tuleke (56, 57) observed an occurrence of polyploid and aneuploid cells in a culture of haploid calli obtained from the pollen grains of *Ginkgo biloba*. Thus, chromosomal instability in the callus and cell culture may likely be such a common characteristic that it may be considered as an important problem, when the callus and cell culture technique is applied to crop improvement.

It has been noticed that plants regenerated from somatic cells via tissue and cell culture are not genetically identical but express genetic variability. While it has been debated whether this somaclonal variation is the result of pre-existing genetic differences in somatic cells (49) or is induced by specific components of the culture medium (25), the literature suggests that both sources contribute. Somaclonal variation can be used to recover at high frequency genetic variability in specific existing crop varieties. Based on the unique genetic events and the current breeding applications, this review outlines the present understanding of the genetic basis of this technique and defines the advantages and disadvantages of somaclonal variation.

1. Variation of chromosomes in cultured tissues and cells in *Nicotiana* spp.

The question arises as to how the polyploidy, aneuploidy and various chromosomal aberrations originate in the cultured calli and cells. There is evidence that single-celled clones initially diploid, or tetraploid, may increase in ploidy during the course of culture. Cooper *et al.* (5) examined cytologically the clones of tissues of single-cell origin, isolated from the crown gall callus of *Nicotiana tabacum* which was previously grown on a medium supplemented with α-naphthylacetic acid (NAA), coconut milk, 2,4-dichlorophenoxyacetic acid (2,4-D) and calcium panthothenate for eight years. Chromosome count revealed numbers of 48, 96, and 192 in the clones. On the other hand, Torrey (54) observed that when seedling roots of *Pisum sativum*

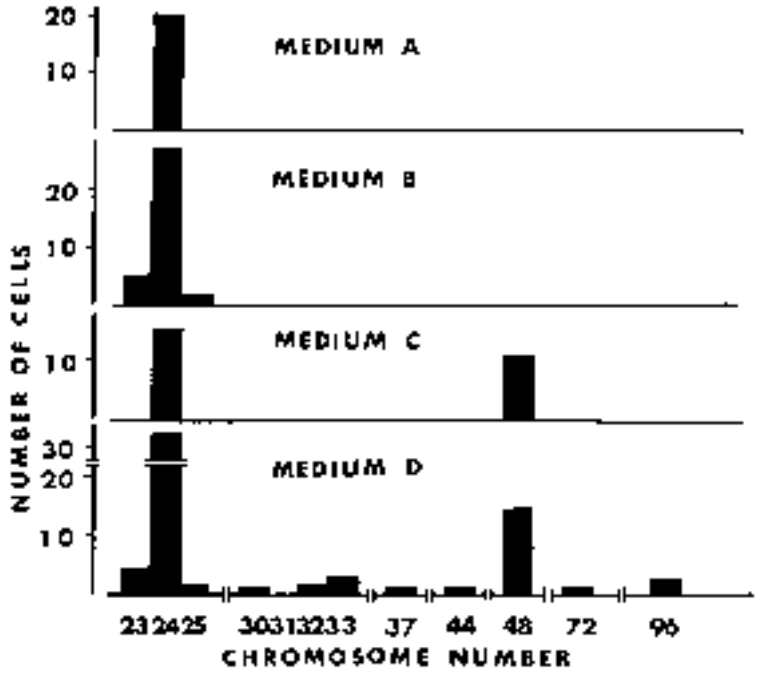


Fig. 1. Somatic chromosome numbers in the first subculture of callus tissues induced by anther culture of *Nicotiana tabacum* (cv. Wisconsin 38, $n=24$). Medium A: No growth regulator, Medium B: 4 mg/l kinetin, Medium C: 4 mg/l IAA, Medium D: 2 mg/l kinetin and 2 mg/l IAA. All media contained Miller's basic medium (1963).

were cultivated on a medium containing yeast extract and auxin (2, 4-D), or kinetin, callus tissues were predominantly composed of the tetraploid chromosome number even though the initial tissues were from roots known to consist of cells with diploid chromosome numbers. On a medium containing a mixture of vitamins, amino acids, amide and urea, the entire population of cells remained diploid. These findings suggest that the causativeness in the widespread occurrence of polyploidy in the cultured calli and cells may be preferential promotion of division in polyploid cells either arising during normal cell expansion or being already present in the original explant and that this promotion may be a function of growth regulators in the culture medium.

Niizeki (31) investigated the effect of four types of media containing or not containing growth regulators on the chromosome numbers by using haploid calli induced by means of anther cultures of *N. tabacum* (cv. Wisconsin 38)(Fig. 1). The occurrence of polyploid cells in the callus tissues was promoted by the media containing indole-3-acetic acid (IAA) alone or IAA and kinetin in combination. In addition, various kinds of aneuploid cells were observed, especially in the callus tissues cultured on the medium containing both IAA and kinetin. Several types of aberrations of nucleus such as multinuclei (multikaryon), micronucleus and nuclear fusion were accompanied by the occurrence of the polyploid and aneuploid cells. On the contrary, on the media containing no growth regulators or kinetin alone, the haploidy of the callus tissues were maintained with the exception of a few aneuploid cells. The calli having cells of wide variation in chromosome numbers, which were promoted on a medium containing both IAA and kinetin, were again transplanted to the four types of media. The degree of polyploidization was further progressed on the media containing IAA alone or IAA and kinetin in combination and some of them showed a count of as much as 192 chromosomes ($8n$). The frequency of the occurrence of aneuploid cells was also as high as those of the first subculture. On the other hand, all cells in division were haploid and diploid in the callus tissues on the media containing no growth regulator or kinetin alone. No other cells of a higher

Table 1. Frequencies of mitotic cells at meristematic parts of callus tissues cultured on four types of media.

Medium type	Days in culture		
	0*	10	20
Medium A	0.235%	0.539%	0.315%
Medium B	0.235	1.201	0.587
Medium C	0.235	1.284	0.874
Medium D	0.235	1.390	0.890

Miller's basic media containing or not containing the growth regulators as follows : Medium A, no growth regulator ; Medium B, 4 mg/l kinetin ; Medium C, 4 mg/l IAA ; Medium D, 2 mg/l kinetin and 2 mg/l IAA.
* at the time just before transplantation to subculture.

level of polyploid and aneuploid were observed. This result indicates that only haploid and diploid cells among various polyploid and aneuploid cells undergo selectively to division under these medium conditions. Thus, by using these appropriate media, it is possible to maintain or promote the cell division of desirable chromosome number which may contribute to breeding programs.

About 1 to 2×10^3 cells of meristematic parts of callus tissues were examined for mitotic frequencies at the time just before transplantation and at two periods after 10 and 20 days of the 8th subculture (32). The number of cells at the metaphase and anaphase stage in the cell cycle was shown as the relative activity of the mitotic cell division in each callus tissue cultured on four different types of media (Table 1). The calli cultured on the medium containing both IAA and kinetin showed the highest frequency of cell division at both period of culture. The cell division on the medium containing IAA or kinetin alone was somewhat lower as compared to those on the medium containing both IAA and kinetin. The lowest cell division was observed on the callus tissues cultured on the medium to which no growth regulator was added. Most of the regenerated plants from the calli cultured on the media to which IAA was added were haploids and the remaining were diploids, even though the callus tissues showed high polyploidization. On the other hand, the callus cultured on the medium containing kinetin alone produced higher numbers of dipolids and even tetraploids, although the calli did not show such high polyploidization as those on media containing IAA. These facts suggest that the conditions which are favorable for high polyploidization in the callus are presumably different from the conditions affecting the morphogenesis of higher levels of polyploid plants.

Haploid and diploid calli of *N. tabacum* ($2n=48$) and *N. sylvestris* ($2n=24$) cultured on Miller's basic medium (28) supplemented 2 mg/l of IAA and kinetin were maintained for three years by transferring to fresh medium at intervals of about one month (38). Observation of chromosome numbers was carried out on the calli at the first subculture and after long term cultures of three years. In the calli of *N. tabacum* of the first subculture, the cells n and $2n$ chromosomes occurred in the highest frequency on haploid and diploid callus lines, respectively. The calli cultured successively for three years, however, showed that the highest occurrences of cells were $2n$ and $4n$ chromosomes in haploid and diploid callus lines, respectively. Furthermore, wider chromosomal variations were observed in comparison with those of the first subculture and chromosome numbers exceeding 300 were counted in a considerable number of cells in both haploid and diploid callus lines. Therefore, it may be assumed that the high frequencies of chromosomal duplication in the cells of calli are a conspicuous characteristic of this species in a long term culture. On the other hand, in *N. sylvestris* the multiplication of chromosome numbers occurred frequently and revealed wide chromosomal variations at the first subculture in both haploid and diploid callus lines. However, the cells with $4n$ chromosomes were observed about 60% after three years and the lower and higher levels of polyploids than $4n$ were reduced in both haploid and diploid callus lines. Therefore, it is concluded that in *N. tabacum* the chromosomal variations are increased in a long term culture, while in *N. sylvestris* the chromosomal

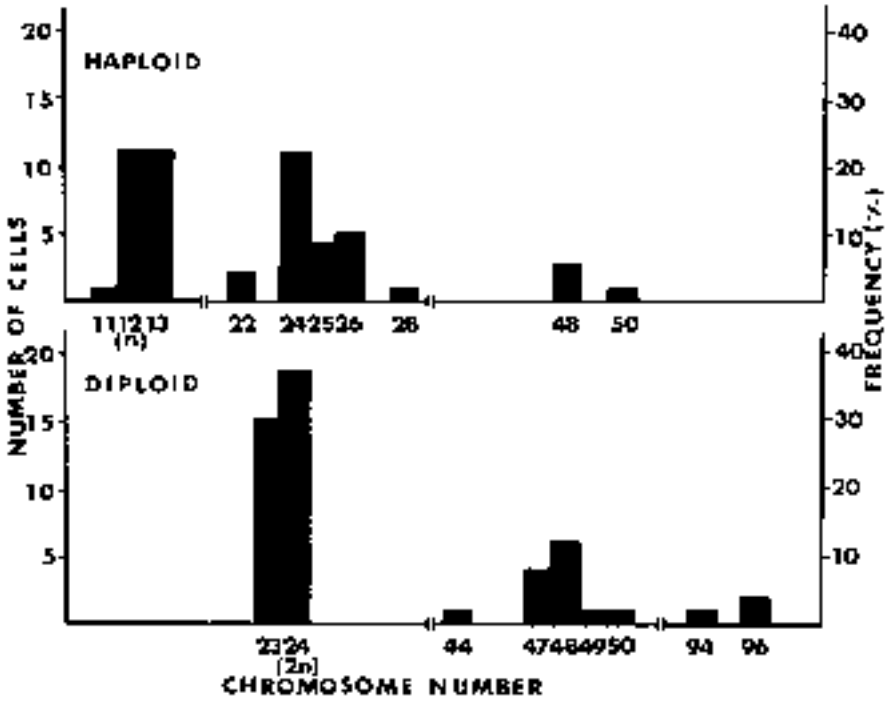


Fig. 2. Frequencies of the cells with various chromosome numbers in haploid and diploid calli of *Nicotiana glutinosa* (2*n*=24). Basic medium of Miller (1963) was supplemented with 2 mg/l IAA and Kinetin.

variations are reduced and led to the stable state at a certain chromosome number.

N. tabacum, *N. sylvestris* and F_1 of their reciprocal crosses were compared with the attention on chromosomal stability of callus tissues (39). The callus tissues of *N. tabacum* showed a considerable stabilization of the original chromosome number, while a high frequency of the multiplication of chromosome numbers was found in the calli of *N. sylvestris*. Furthermore, the calli of *N. tabacum* x *N. sylvestris* showed considerable chromosomal stability, while a high frequency of chromosome multiplication was observed in the calli of *N. sylvestris* x *N. tabacum*. therefore, it was suggested that the callus culture which is cytogenetically stable state depends upon the plant species and that the chromosomal stability or instability in the callus tissues may be controlled by a factor or factors in the cytoplasm of the callus cells.

Haploid plants of *N. glutinosa* (2*n*=24) were induced from anther culture. Calli of haploid plants and the parental diploid plants were induced from young stem cultures on the basic medium of Miller (28) which was supplemented with 2 mg/l of IAA and kinetin. These obtained calli were thereafter subjected to subcultures at intervals of about one month (33). Cytogenetical observations of the callus tissues were performed after 10 days of the first or second subculturing passages (Fig. 2, 3). The line of haploid calli contained 22%, 22% and 6% of the haploid (*n*=12), diploid (2*n*=24) and tetraploid (4*n*=48) cells, respectively. The most remarkable characteristic of the calli of this species was the highly frequent appearance of aneuploid cells such as 13 (*n*+1), 25 (2*n*+1) and 26 (2*n*+2) chromosomes. Especially, cells with 13 chromosomes showed 22% of the same frequency as the original euhaploid cell with 12 (*n*) chromosomes. In the diploid callus line 38%, 12% and 4% were diploid (2*n*=24), tetraploid (4*n*=48) and octoploid (8*n*=96) cells, respectively. The occurrences of aneuploid cells were also significantly high in this diploid callus line, especially 23 (2*n*−1) and 47 (4*n*−1) which were 30% and 8%, respectively. Chromosome structural changes which showed dicentric chromosomes were observed as a special feature in this diploid callus line. Cells with one dicentric chromosomes were most frequently observed, but sometimes a few of the cells showed two dicentric chromosomes. The formation of such chromosomes in tissue and cell cultures is not a rare event and has been reported in several species (20, 51). Sunderland

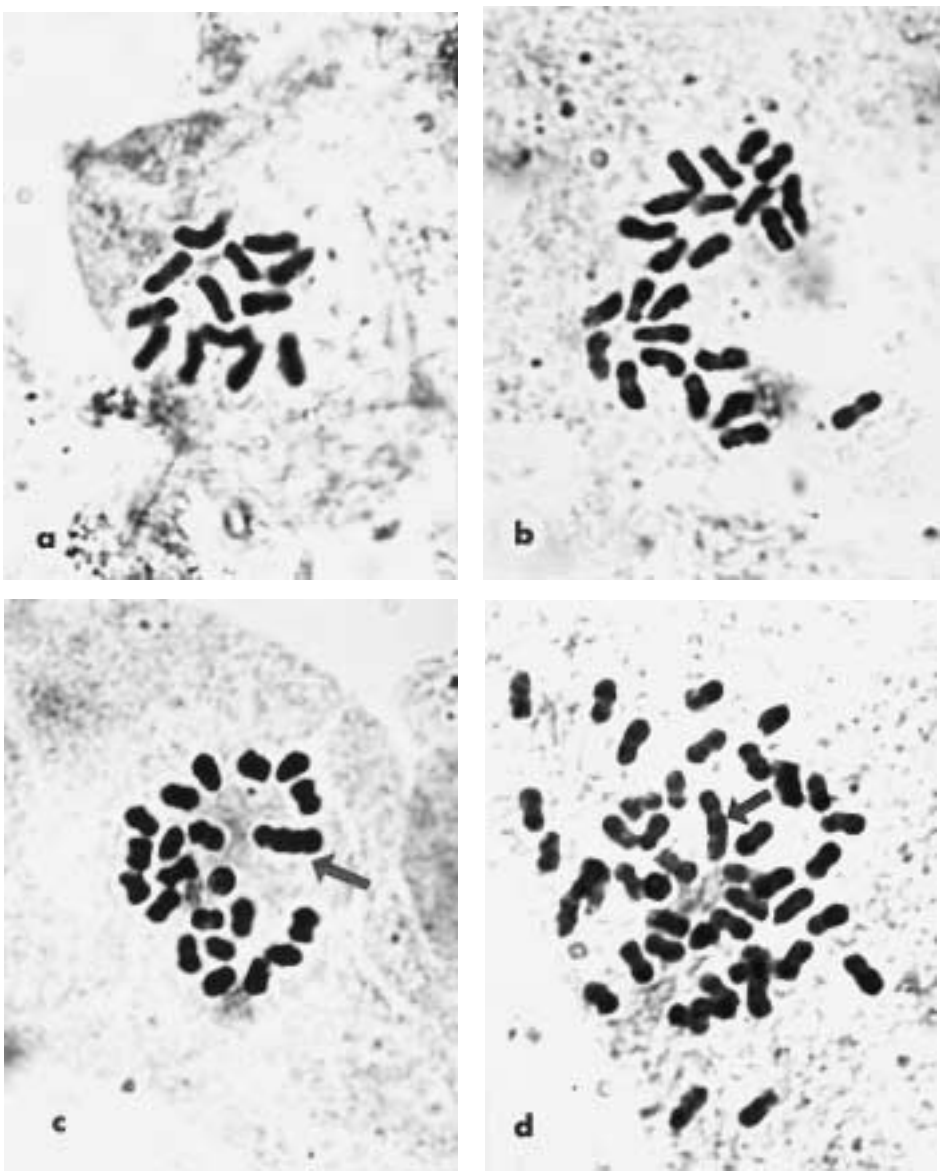


Fig. 3. Changes in chromosome number and structure were found in haploid and diploid callus lines of *Nicotiana glutinosa*. a: 13 chromosomes in haploid callus line, b: Normal chromosome complement in the diploid callus line, c: One dicentric chromosome (indicated by arrow) and 22 monocentric chromosomes in the diploid callus line, d: One dicentric chromosome (indicated by arrow) and 46 monocentric chromosomes in the diploid callus line.

(51) interpreted the origin of this dicentric chromosome as the result of a breakage-fusion-bridge cycle similar to that originally described by McClintock (26) in maize.

Because tissue cultures are useful in various types of study on genetics and plant breeding, further research for conditions by which original genomes can be maintained and chromosome instability minimized seems to be required. Especially, control is essential in the prevention of polyploidization of original cell and tissue cultures because it plays an important role on somatic cell genetics and mutation research.

The occurrence of polyploidy, aneuploidy and chromosome aberrations in plant *in vitro* are wide spread phenomena. The question arises as to how these phenomena originate in the cultured calli and cells. It has been well established by many experiments that growth regulators such as auxin and cytokinin play an important role in the polyploidization of cultured tissues or cells (2, 6, 9, 10, 11, 29, 52). One explanation of the occurrence of polyploidy in the cultured tissues or cells is the failure of cytokinesis in

mitosis, which leads to cells of multinuclei which sometimes fuses into uninucleus at a later stage (30). Another possible explanation is endoreduplication, which involves chromosomal reproduction during the interphase and is manifested by the presence of diplochromosomes (4-chromatids), quadruplechromosomes (8-chromatids) or polychromosomes (polyteny)(7). The observation of the multinuclei in the study on the haploid callus tissues of tobacco, however, agrees with the former explanation (31). The precise mechanism by which growth regulators induce such a change, however, are not well understood. Stern (50) gave an interpretation involving the physiological events which surround chromosomal behavior in the cultured tissues or cells. Factors which determine respiration, oxygen and energy utilization and which have been invoked to explain different phases of mitotic and meiotic activity, may lead to abnormal chromosomal behaviors. However, the extent to which such ideas may be applicable to the observation made on the cultured haploid callus tissues of tobacco remains to be seen.

The cultured calli were found not only to contain polyploid cells, but also to show, more or less infrequently, chromosomal aberrations such as dicentric chromosomes and aneuploids. Mitra *et al*. (29) observed dicentric and tricentric bridges in mitosis of cultured carrot cells. Similarly, nuclei showing pseudochiasmata, chromosome breaks, reunions and bridges were observed in suspension cultures of *Haplopappus gracilis* by Mitra and Steward (30). Torrey (52, 53, 54, 55) in his studies on polyploidy in pea root callus found that, in older cultures maintained on media containing yeast extract or kinetin, there could be detected not only various degrees of polyploidy up to 12*n* but also aneuploids (especially around 4*n*+1) and cells showing anaphase bridges, chromosome loops and rings. Whether the mechanism for the occurrence of such chromosomal aberrations and aneuploids are the same as those which have undergone structural alterations as a result of treatment with irradiations or other agents which promote chromosomal breakage is uncertain. It does seem, however, to be probable that division, and subsequent multiplication of such aberrant nuclei, is promoted in culture medium containing growth regulators such as auxin and cytokinin.

The frequencies of the metaphase and anaphase cells which may indicate the relative activity of the mitosis and may be closely related to the rate of callus growth were significantly high on media containing IAA as compared to those on medium containing no growth regulator or kinetin alone. The highest cell division was observed in the callus tissues on medium containing IAA and kinetin in combination. Therefore, it seems to be an incontrovertible fact that a condition such as the medium containing auxin such as IAA enhances the growth of calli and simultaneously affects the variations of chromosome numbers. However, it still remains unclarified as to whether the association of the rapid callus growth and the high chromosomal instability depends upon a mere coincidence of two independent phenomena in a common environment or has a certain cause and effect relationship in such a way that the higher callus growth strikingly give rise to wider variations in the chromosome numbers.

The study (39) showed that the chromosome stability and instability of plant callus cultures depend on plant species, especially a cytoplasmic factor or factors of the species. Although the nuclear behavior of *N. tabacum* showed considerable high stability compared to *N. sylvestris*, *N. tabacum* did not show a sufficiently stable culture and a considerable percentage of cells with multiple chromosomes and aneuploids were seen. However, it may be still important to pay attention to the fact that some cultures of certain species actually remain stable without any visible chromosome changes. For instance, Reinert and Küster (45) observed no variation in chromosome number after one year in cells derived from *Crepis capillaris*. Sacristán (46) also reported that in the same species 34.1% of the subcultures derived from the haploid plants and 78.5% from the diploid plant maintained their original ploidy levels for more than a year. Therefore, without abandoning the idea further extensive investigations may be worthwhile in an attempt to achieve complete chromosome stability in certain species.

Table 2. Meiotic configuration and pollen fertility of seed-and protoplast-derived plants in *Lotus corniculatus*

Plant	Metaphase I			Anaphase I					Anaphase II					Pollen fertility (%)
	A	B	No. of plants examined	A	C	D	E	No. of plants examined	A	C	D	E	No. of plants examined	
Seed-derived plant														
S10	97.5	2.1	97	100				50	100				28	98.7
S59	100		50	96.8	3.2			63	100				20	93.3
Protoplast-derived plant														
P85	100		60	93.0	4.2	2.8		71	95.1	4.9			41	83.6
P293	100		67	96.8	2.1	1.1		94	100				60	78.2
P277	96.9	3.1	32	100				29	100				56	77.8
P303	63.0	37.0	119	79.4	20.6			34	76.9	23.1			104	72.5
P285	66.7	33.3	24	83.8	16.2			31	74.1	25.1			27	77.3
P32	58.3	41.7	24	76.5	23.5			51	62.5	37.5			32	76.8
P298	64.7	35.3	34	82.5	17.5			57	75.5	24.5			49	76.0
P308	59.7	40.3	67	74.0	19.0	4.0	3.0	100	67.6	18.9	9.5	4.0	74	72.0
P316	57.1	42.9	49	47.4	42.1	7.9	2.6	38	53.5	34.9	6.9	4.7	43	64.1
P306	38.9	61.1	36	29.8	63.8	6.4		47	7.1	71.5	14.3	7.1	28	58.2
P296	90.7	9.3	54	82.1	10.3	5.1	2.5	39	84.9	15.1			53	70.9
P241	77.0	23.0	61	70.1	25.4	4.5		67	71.1	28.9			45	53.5
P312	55.6	44.4	36	60.9	34.8		4.3	23	11.1	88.9			36	68.1
P297	67.5	32.5	83	68.6	26.9	4.5		67	69.7	30.3			33	69.8
P318	41.7	58.3	60	57.9	36.8		5.3	57	44.4	44.4	3.8	7.4	27	70.6
P299	77.2	22.8	57	81.2	14.5	4.3		69	79.5	15.9	4.6		44	69.7

A: Normal (%), B: Univalent (%), C: Fragment or lagging chromosome (%), D: Bridge (%), E: Bridge and fragment or lagging chromosome (%).

2. Chromosomal variation in regenerated plants from cultured tissues and cells in *Lotus corniculatus* L.

Protoplasts isolated from calli of *Lotus corniculatus* (birdsfoot trefoil cv. Viking) were cultured in a thin layer of a KM8p medium (19). The medium solidified with 0.6% agar. The colonies derived from single protoplasts could be detected by continuous observation using an inverted microscope (34, 37). Among the induced callus lines all of which were derived from single protoplasts, one callus line produced numerous shoots. In order to form complete plantlets, the shoot were transplanted to the medium of Nitsch and Nitsch (43) without growth regulators. The regenerated plants which originated from a single protoplast mostly showed 24 chromosomes, the normal tetraploid chromosome number of the species. Among 71 regenerated plants, there was only one octoploid, and one mixoploid plant which had cells with 24 (tetraploid) and 48 (octoploid) chromosomes. No aneuploids were observed and chromosome structural changes were not detected under a light microscope. The ploidy level of the regenerated plants was substantially stable, which suggests that the morphogenetic ability of cells with altered chromosome numbers might be very low. The absence of aneuploids among regenerated plants supports this assumption. The presence of a mixoploid plant could result from endoreduplication during the formation of adventitious buds.

In meiosis of the seed-derived plants, a very small number of PMCs showed abnormalities such as univalents at metaphase I and lagging chromosomes at anaphase I. Most of the protoclones, on the other hand, showed a high frequency of meiotic abnormalities, although abnormal somatic chromosomes could not be detected under a light microscope. It is reasonable to consider that the chromosomal abnormalities resulted from mutation occurring in the course of protoplast or callus culture. The abnormal chromosome set that appeared most frequently at metaphase I generally contained one or two univalents. At diakinesis, asynaptic chromosomes were also occasionally observed (Table 2, Fig. 4). These may have occurred due to deletions or translocations.

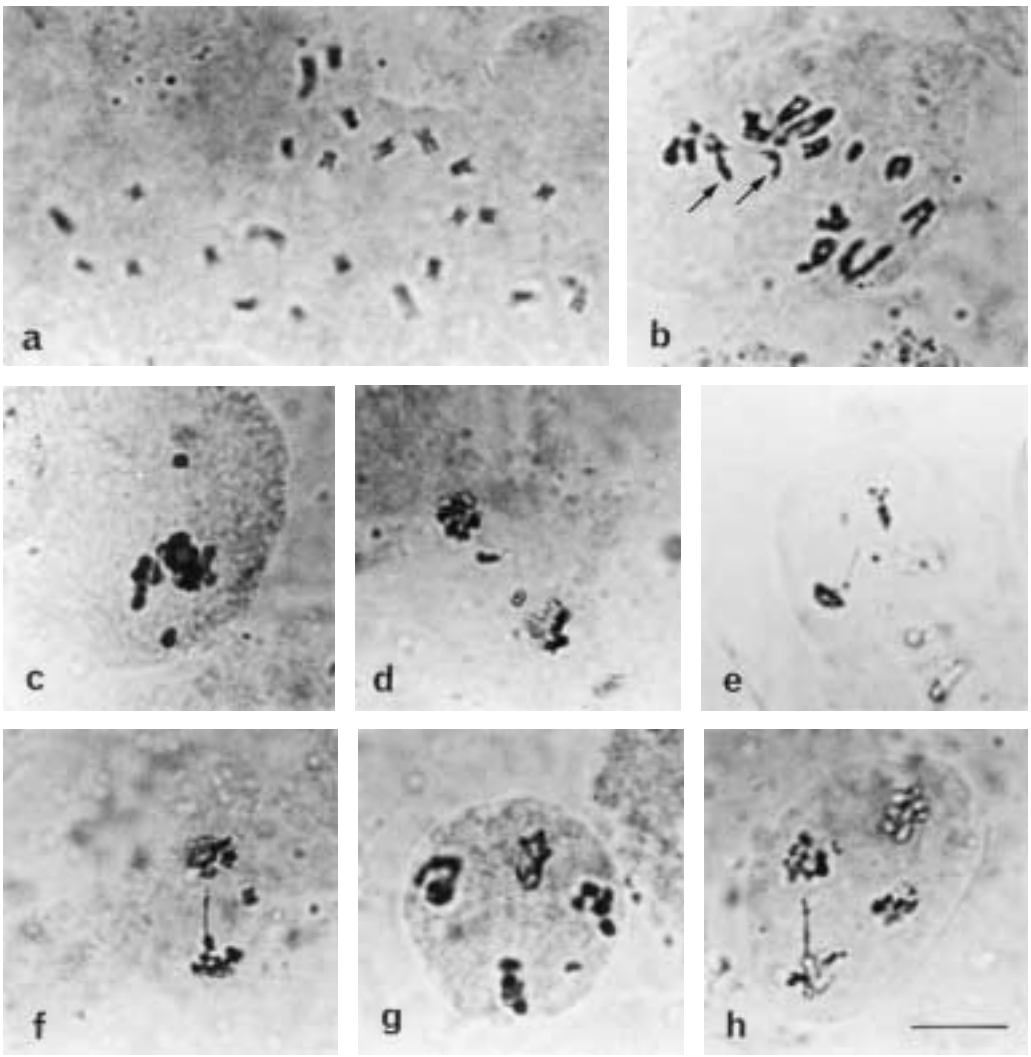


Fig. 4. Mitosis and meiosis in the protoclonal plants in *Lotus corniculatus* L. (cv. Viking). a: Somatic chromosomes at metaphase of a protoclone in which no chromosome structural changes could be detected, although irregular chromosome configurations were observed in meiosis, b: Two univalents at diakinesis (indicated by arrows), c: Two univalents at metaphase I, d: Two lagging chromosomes at anaphase I, e: A bridge and an acentric fragment chromosome at anaphase I, f: A bridge and an undivided, lagging bivalent at anaphase I, g: A lagging chromosome at anaphase II, h: A bridge at anaphase II. Bar represents 10μm.

In anaphase I and II, bridges and fragments were frequently observed, which may have arisen from a crossover within the inversion. The frequencies of bridges and fragments varied among the protoclones. Besides these chromosome alterations, lagging chromosomes were frequently observed at anaphase I and II. Occurrence of these abnormal chromosome configurations at meiosis seemed to be one of the causes of the decrease of pollen fertility. However, no teratogenic phenotypes were observed as a result of these chromosome structural changes. The meiotic analyses in this study gave an evidence for the existence of small structural alterations in the chromosomes of many protoclones. Thus, the presence of somaclonal variants with undetected chromosome structural changes is suspected in the protoclones of *Lotus corniculatus*.

Generally, there was a large decrease in chromosome abnormalities such as univalents, lagging chromosome, fragment and bridges at meiosis in the protoclones of two generations after open pollinations of the regenerated protoclones. This may have been caused by the elimination of gametes with abnormal chromosome configurations. Indeed, it was observed that pollen fertility increased drastically in the second and third generations.

Table 3. Southern blotting of mtDNAs of two seed-derived plants and five protoclonal plants in cv. Viking

RE \ Probe	*rrn26*	*rrn18*	*coxI*	*coxII*	*coxIII*	*Nad1*	*atpA*	*atp9*
*Eco*RI	ND	ND	S,P	ND	ND	ND	S	ND
*Bam*HI	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
*Hin*dIII	ND	ND	ND	ND	ND	ND	S	ND
Pst I	ND	ND	ND	ND	ND	ND	S	ND
Sma I	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Sal I	ND	ND	S,P	ND	S	ND	ND	ND

S: Southern blotting patterns of mtDNAs of two seed-derived plants in cv. Viking are different.
P: Protoclonal plants are different from the pattern of seed-derived plants. ND: No difference between two seed-derived plants and protoclonal plants. RE: Restriction endonuclease.

In many regenerated plant species chromosome abnormalities have been also reported. In regenerated oat plants from cultured tissues, the most common cytogenetic alteration was chromosome breakage, followed by loss of a chromosome segment in somatic chromosomes (27). In cultured cells of *Haplopappus gracilis*, whole or partial chromosome loss in the form of lagging chromosomes, micronuclei, ring and fragment chromosomes in mitosis is reported (1). In wheat x rye hybrid, deletions, translocations and amplifications of heterochromatin in rye chromosomes are confirmed by C-banding analysis (23). Nishibayashi and Kaeriyama (41) reported that the number and structure of somatic chromosomes in rice plants regenerated from cultured cells were stable under a light microscope, even when the plants showed morphological variation. Gill *et al*. (13) observed inversions and chromosomal translocations in the analysis of pachytene, metaphase I, and anaphase I and II in mesophyll protoplast-derived tetraploid potatoes.

3. Somaclonal variation in genes, genomic DNA clones and cDNA clones in *Lotus corniculatus* L. and *Oryza sativa* L.

1) *Lotus corniculatus*

The materials used are the same as those of previous section 2.

(1) Nuclear DNA

The nuclear DNAs were analyzed by Southern blot hybridization using two restriction endonucleases and the probes of major genes, a small subunit of RuBisCO, phenylalanine ammonia-lyase, and ribosomal DNA (34, 36). From this experiment, it was found that these genes were very stable without any variations, while there was a considerable amount of variation in six quantitative characters such as plant height and stem diameter, which may be regulated by polygenes.

(2) Mitochondrial DNA

In a preliminary experiment, the mtDNAs of seven callus lines derived from different individual plants were examined. Extracted mtDNAs were digested by a restriction endonuclease, *Eco*RI, and hybridized with three mixed probes, *atpA*, *rrn26*, and *coxI*. Many different fragment patterns were observed among the callus lines. Specific fragments of certain calli may be explained by the polymorphism of mtDNA, because birdsfoot trefoil is a cross-pollinating species and cv. Viking is a synthetic cultivar. However, the possibility that some of the specific fragments may have originated from mtDNA mutation which occurred during callus culture can not be ruled out. Indeed, Chowdhury *et al*. (4) and Hartmann *et al*. (15) found variations of mtDNA in long-term cultured tissues of wheat and rice, respectively.

The mtDNAs of two individual plants derived from seeds and five protoclonal plants in a single protoplast-derived population were analyzed. Six kinds of restriction endonucleases and 8 mitochondrial genes were used as probes (Table 3). Seed-derived plants, S-3 and O-61, showed different hybridized fragment patterns in 13% of all the combinations of restriction endonucleases and mtDNA probes. This result clearly suggests that there is a polymorphism in the mtDNA of *Lotus corniculatus* populations derived from seeds. On the

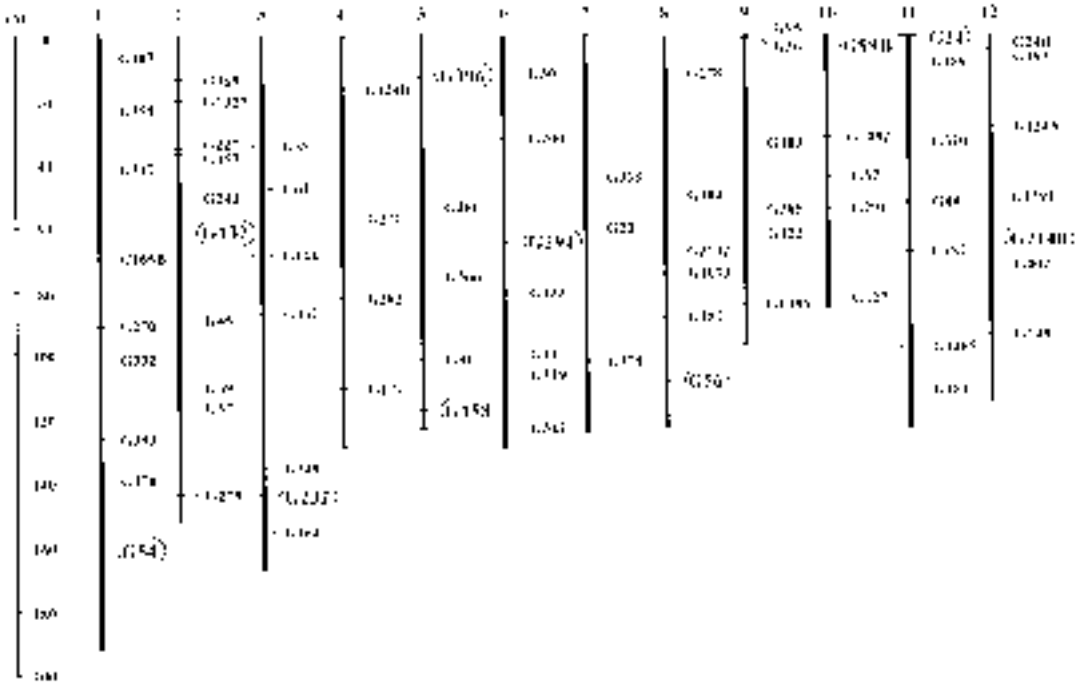


Fig. 5. Loci of the 73 DNA markers of genomic DNA clones (set A) on the rice linkage map. Gxx, Gxxx or Gxxxx: Random genomic DNA clone, ⬭: Polymorphism shown by the markers.

other hand, most of the fragment patterns of protoclonal plants analyzed by Southern blot hybridization were the same as those of plants S-3 derived from a seed. Two (4%) of all the combinations of restriction endonucleases and probes showed fragment variations. However, the varied fragments were identical to the fragments of plant 0-61.

These observations indicate that variations may occur frequently at the same location of the mitochondrial genome or else the variations may occur in constant directions. The low occurrence of variation of mtDNA may be caused by a loss of totipotency in callus cells in which mtDNA mutation occurred.

(3) Chloroplast DNA

The Southern blots of cpDNA in nine protoclonal plants and ten seed-derived plants were carried out in combinations of three restriction endonucleases and five probes of genomic DNA. Specific fragments were found for only one protoclonal plant and one seed-derived plant. This result indicates that the polymorphism of cpDNA and the occurrence of somaclonal variation in the cpDNA are quite low.

2) *Oryza sativa*

The first generation (R_0) of rice plants (128 plants for each cv. Mutsuhomare : Mu and cv. Tsugaruotome : Tu) regenerated from six-month-old calli were used in this study. Genomic DNAs digested with *Hin*d III were analyzed by Southern blot hybridization using clones of landmarker set A and set B. In set A (genomic DNA clones) and set B (cDNA clones), 73 and 179 clones were used as probes, respectively. These probes are distributed across all rice chromosomes (Fig. 5, 6). These landmarker clones were provided by the Group for Rice Genome Research Program of the National Institute of Agrobiological Resources (NIAR) and the Institute of the Society of Techno-Innovation in Agriculture, Forestry and Fisheries (STAFF) in Japan.

When the digested DNAs with *Hin*d III were hybridized with cDNA clone R2662 as a probe, a polymorphic pattern with an additional 12.1 kb band was observed in plants Mu-81 and Tu-109. When using genomic DNA clone G294 as a probe, plants Tu-107 and Tu-143 showed a polymorphic pattern with an additional 14.0 kb band. In total, the frequencies of plants with somaclonal variation of polymorphism were 33.5% and 43.7% in cv. Mutsuhomare and cv. Tsugaruotome, respectively. In addition, 17 out of all landmarkers

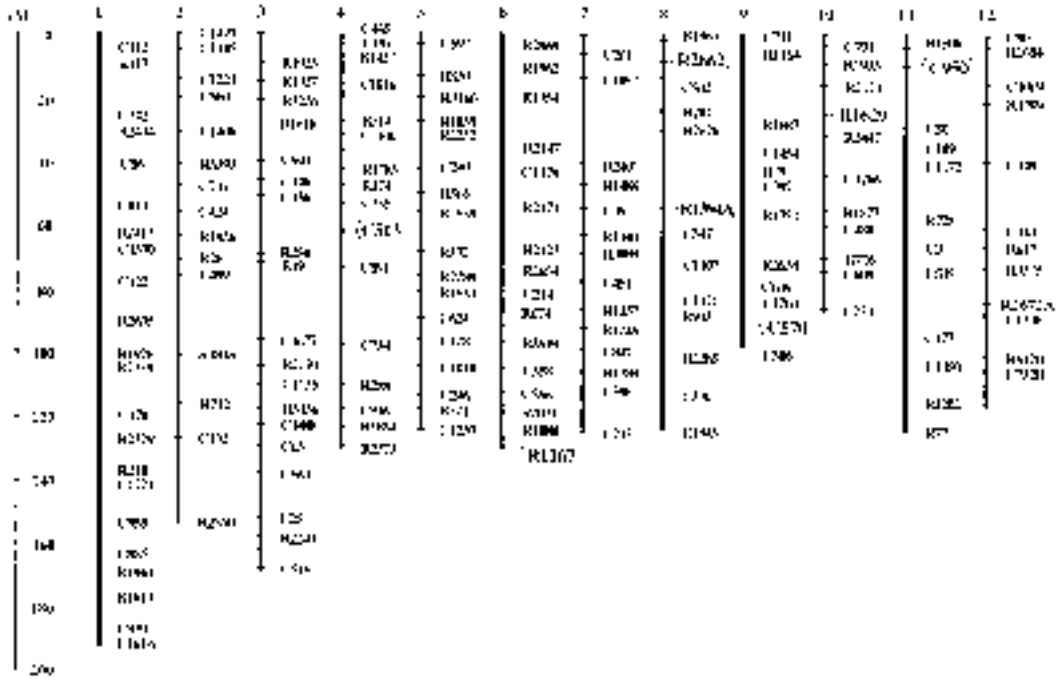


Fig. 6. Loci of the 179 DNA markers of cDNA clones (set B) on the rice linkage map. Cx, Cxx, Cxxx or Cxxxx: cDNA clone derived from callus, Rxx, Rxxx or Rxxxx: cDNA clone derived from root, ⬭ : Polymorphism shown by the markers.

showed polymorphism, and 13.7% and 3.9% of landmarkers showed polymorphism in set A and set B, respectively. The number of variant plants detected by the same probes tended to positively correlate between cv. Mutsuhomare and cv. Tsugaruotome (Table 4).

The number of the same pattern of polymorphism with G89B as a probe were 12 and 23 of cv. Mutsuhomare and cv. Tsugaruotome, respectively (Fig. 7). This high mutation rate of 13.6% (35/256 plants) in the locus of G89B might result from a hot spot, where the same variation occurs readily, located on chromosome No.10 of cv. Mutsuhomare and cv. Tsugaruotome. Similar phenomena were observed for probes G132, G232, G188, G2140 and R2662. Similar cases were also observed for probes G24 and C570, although the mutation frequency of plants of cv. Mutsuhomare and cv. Tsugaruotome was not so high. Probe G89B is a genomic DNA clone, suggesting that genetic variation occurs most often in chromosomal regions containing a gene, a gene fragment, or a non-genic DNA sequence which is unimportant for plant viability. The size of the additional bands in polymorphic plants identified using G132, G232, G188, G2140 and R2662 as probes were larger than those of seed-grown plants used as controls, except for G89B. This result suggests that variation occurs mainly by insertion of DNA sequences, but occasionally by other mechanisms such as deletion, point mutation or chromosone rearrangement. Plant Tu-91 showed polymorphic patterns with the three probes G132, G24 and R2662. This indicates that different genetic mutations may occur readily in one individual plant. It is possible to estimate that the initial mutation occurred in a gene encoding a DNA repair enzyme that modifies sequence errors in newly replicated DNA.

Methylation-sensitive and -insensitive restriction endonucleases were used in the analysis of methylation. *Hpa* II was used as the methylation-sensitive restriction endonuclease, and the isoschizomer *Msp* I was used as the insensitive endonuclease. Both enzymes recognize the sequence CCGG, although only *Msp* I is able to cut the sequence if the internal C is methylated. For Southern blotting analysis, G89B was used as a probe. The *Hpa* II band was equal in size to the *Msp* I band, indicating that CCGG sequences within and adjacent to the probe sequence were not methylated. The same result was also obtained using the other 16 landmarkers. Therefore, methyration can not be considered as a major factor in somaclonal variation.

Table 4. Loci of probes on chromosomes and the number of polymorphic individual plants by Southern blot analysis using landmarkers

	Probe	A	B	C	D
	G54	1	0	2	Tu-91
	G132	2	2	9	
	G232	3	2	2	
	G396	5	0	1	
Set A	G188	5	9	8	
	G294	6	0	2	
	G56	8	1	0	
	G89B	10	12	23	
	G24	11	1	2	Tu-91
	G2140	12	8	2	
	Total		35	51	
	C513	4	1	0	
	R1167	6	1	0	
	R2662	8	2	4	Tu-91
Set B	R1394	8	1	0	
	C570	9	1	1	
	R1629	10	1	0	
	C950	11	1	0	
	Total		8	5	

A: Chromosome No. B: No. of regenerated plants that were polymorphic in cv. Mutsuhomare(Mu). C: No. of regenerated plants that were polymorphic in cv. Tsugaruotome. D: Individual plant(Tu-91)that showed polymorphism by more than two probes. Gxx, Gxxx or Gxxxx: Random genomic DNA clone, Cxxx: cDNA clone derived from the callus, Rxxxx: cDNA clone derived from the root.

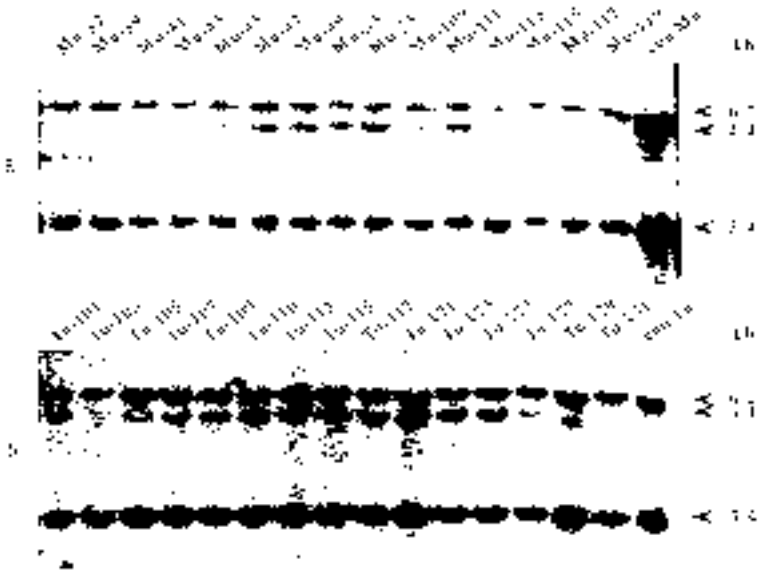


Fig. 7. Genomic DNAs of young leaves of regenerated rice plants were analyzed by Southern blot hybridization with probe G89B after digestion with *Hin*d III. Mu-37 - Mu-119 (a) and Tu-101 - Tu-131 (b) are regenerated rice plants of cv. Mutsuhomare (Mu) and cv. Tsugaruotome (Tu), respectively. Con. Mu and Con.Tu are controls of cv. Mutsuhomare and cv. Tsugaruotome from seed-grown seedlings. Probe G89B is a random genomic DNA clone.

Recently, it was reported that *Tos17*, a retrotransposon of rice, was activated and transposed under cell culture conditions (17). To identify the polymorphism arising from *Tos17*, a reverse transcriptase domain in *Tos17* was used as a probe for Southern blot hybridization. A 14.0 kb band was observed in plants Tu-107 and Tu-143 but not observed in Tu-109 when the G294 clone and the reverse transcriptase domain were used as probes. The 14.0 kb band size is equal to the total band size of the retrotransposon *Tos17* (4.3 kb) and the control band (9.4 kb). This suggests insertion of the *Tos17* retrotransposon into the 9.7 kb DNA fragment found in plants Tu-107 and Tu-143.

Somaclonal variation may result from a wide range of genetic changes (44, 21, 22). Molecular and biochemical analyses of these changes provide an opportunity to investigate the extent and nature of somaclonal variation. Restriction fragment length polymorphism (RFLP) and random amplified polymorphic DNA (RAPD) analyses have been applied widely in the analysis of somaclonal variation. RFLP analysis is probably able to detect a wide range of somaclonal variations, from point mutations at the restriction site to large chromosomal rearrangement resulting in changes in the distance between restriction sites (16). These methods, however, are not possible to detect the region on a genome where variation occurred, while the method using landmarkers is feasible to identify the locus where somaclonal variation occurred.

A hot spot is a region on a genome where mutation occurs preferentially or where recombination events are increased (3). Result of this study showed that all polymorphic patterns were of the same type when the same probe was used. When a mutation occurs at an early step of callus formation, all or part of the callus cells carry the same mutation. If plants regenerate from these cells, all of them must carry the same modification (24). The results in this case, however, indicate that the polymorphic patterns of cv. Mutsuhomare and cv. Tsugaruotome obtained with the same probe were completely identical. In other words, exactly the same variation was observed in plants regenerated from different initial calli. Linacero *et al.* (24) observed the same phenomenon in somaclonal variation in rye by RAPD analysis, and they named the pattern "hypervariable bands". Therefore, it appears that the variation must have occurred in exactly the same DNA sequence and by the same mutation in plants regenerated from different initial calli, although the structural factors in the mechanism of occurrence of hypervariable bands remain unclear. The hypervariable region was not observed in X-ray-irradiated seed-grown plants of cv. Mutsuhomare and cv. Tsugaruotome. Therefore, further investigation such as determination of DNA sequences of the hypervariable bands needs to clarify why hot spot exists in somaclonal variation but not in X-ray-induced variation.

4. Somaclonal variation in morphological and physiological traits in *Lotus corniculatus* L. and *Oryza sativa* L.

1) *Lotus corniculatus*

The material used are the same as those of section 2. At the first flowering in the 2nd year, the following characters were evaluated for 60 plants selected randomly from each population consisting of 64 seed- and 71 protoplast-derived plants: (1) plant height, (2) length of the longest internode, (3) diameter of the longest stem, (4) length and width of the leaflet, (5) dry matter yield, (6) pollen fertility, and (7) hydrocyanic acid (HCN) content. HCN content was analyzed accordingly to the procedure of Grant and Sidhu (14).

The distribution of each character of the protoclonal population is shifted towards values lower than those of the seed-derived population. Mean values of all traits of the protoclonal population were lower than those of the seed-derived population. The standard deviations of the protoclonal population were also generally smaller than those of the seed-derived population. Protoplast-derived variants with higher values than the highest value of the seed-derived population were not found for any of the traits. However, in all traits except pollen fertility, there were a considerable number of plants with values exceeding those

of the initial plant that provided callus for protoplast isolation. With regard to pollen fertility, the protoclonal population was extremely low, and no plant had higher pollen fertility than the plant initially used for protoplast isolation. The distribution of HCN content in the seed-derived population ranged from the highest to the lowest. On the other hand, in the protoclonal population, which was derived from a plant with the highest HCN content, the distribution was limited, although some variants with low HCN content were observed.

In a extensive study of *L. corniculatus*, Damiani *et al.* (8) indicated that somaclonal variation took place in callus-derived plants. Likewise, the result of this study showed somaclonal variation among regenerated plants. Most traits of the plant used for protoplast isolation were near the means of the seed-derived population. However, the presence of regenerated plants showing better performance of the traits than the initial plant suggests that tissue culture can produce useful variants, which may be useful for breeding programs for this crop. Moreover, since the induced variants of agronomic traits are genetical (12), it may be possible to produce a superior plant by using other plants which have higher values for the agronomic traits than the mean of the seed-derived population.

In *Lotus corniculatus*, the observed chromosomal alterations are not accompanied by any drastic phenotypic changes such as teratogenic morphology. A similar case is reported in potato by Secor and Shepard (47). The quantitative alteration of various characters observed in these studies is probably caused by polygenic changes as well as minor structural alterations in somatic chromosomes. By using a single protoplast-derived population, this investigation demonstrated that chromosome structural alteration and polygenic changes have occurred during the course of protoplast and callus culture.

2) *Oryza sativa*

Seed scutellum-derived calli of *Oryza sativa* cv. Akihikari were cultured for four to seven months and then regenerated plants (R_0 generation) were obtained from these calli. A considerable number of regenerated plants were albino but normal chloroplast plants were transplanted into pots after acclimatization and were then grown in a green house. From the next generation (R_1) progenies were planted in the paddy field. Plant height, the number of days to heading, panicle length, the number of seeds per panicle, panicle number and thousand kernel weight were all investigated at each generation. The progenies with early heading date, high panicle number and high thousand kernel weight were selected in the population of each generation. At nine generation (R_8) it could be obtained that a line of population which is 3-4 early heading date, almost the same number of panicle as the parent cultivar and significantly higher thousand kernel weight than the parent cultivar. In addition, This line is slightly lower amylose than parent cultivar. Low amylose tightly relate to the good taste of rice. Thus, it may be possible to make favorable varieties by using somaclonal variation. Ivanov *et al.* (18) also stress that the somaclonal variation may give a biotechnological contribution to wheat plant improvement in practical breeding programs.

Future Outlook

In the near future, somaclonal variation should become widely used for crop improvement. The techniques are more simple than those of recombinant DNA, and they result in a rich source of genetic variability. In addition, somaclonal variation has been free of the regulatory hurdles that plague products of recombinant DNA. Plants can be transferred directly to the field and evaluated as part of an ongoing breeding program. Somaclones have now been produced in a wide variety of crop plants using a number of regeneration procedures each resulting in new variants.

In addition to these developments, it should be re-emphasized that many of the future prospects for somaclonal variation are dependent upon use of these tools by plant breeders. To this extent, a tight linkage between tissue culturists/geneticists and breeders is imperative to advance this technology.

References

1. ASHMORE, S.E., and A.S. SHAPCOTT : Cytogenetic studies of *Haplopappus gracilis* in both callus and suspension cell cultures. Theor. Appl. Genet. 78 : 249-259, 1989.
2. BLAKELY, L.M., and F.C. STEWARD : Growth and organized development of cultured cells. VII. Cellular variation. Am. J. Bot. 51 : 809-820, 1964.
3. BENZER, S. : Fine structure of a genetic region in bacteriophage. Proc. Natl. Acad. Sci. Wash. 41 : 344-354, 1955.
4. CHOWDHURY, M.K.U., G.W. SCHAEFFER, R.L.SMITH, L.R. DeBONTE, and B.F. MATTHEWS : Mitochondrial DNA variation in long-term tissue cultured rice lines. Theor. Appl. Genet. 80 : 81-87, 1990.
5. COOPER, L.A., D.C. COOPER, A.C. HILDEBRANDT, and A.J. RIKER : Chromosome numbers in single cell clones of tobacco tissue. Am. J. Bot. 51 : 284-290, 1964.
6. COOPER, L.A., A.C. HILDEBRANDT, and A.J. RIKER : Tobacco mosaic virus in liquid and agar single cell clone cultures of tobacco tissue. Plant Physiol. 53 : Suppl. xxxvii, 1962.
7. D ÀMATO, F. : Polyploidy in the differentiation and function of tissues and cells in plants. Caryologia 4 : 311-358, 1952.
8. DAMIANI, F., D. MARRIOTTI, M. PEZZOTTI, and S. ARCIONI : Variation among plants regenerated from tissue culture of *Lotus corniculatus* L. Z, Pflanzenzuecht. 94 : 332-339, 1985.
9. De TOROK, D., and T. H. RODERICK : Association between growth rate and chromosome number in a plant tissue culture. Plant Physiol. Suppl. xxix, 1961.
10. De TOROK, D., and T. H. RODERICK : Association between growth rate, mitotic frequency, and chromosome number in a plant tissue culture. Cancer res. 22 : 171-181, 1962.
11. De TOROK, D., and P. R. WHITE : Cytological instability in tumors of *Picea glauca*. Science 131 : 730-732, 1960.
12. FLASHMAN, S.M. : A study of genetic instability in tobacco callus culture. *In* : Plant tissue culture. Fujiwara, A. (ed.). Maruzen Tokyo, pp. 411-412, 1982.
13. GILL, B.S., L.N.W. KAM-MORGAN, and J.F. SHEPARD : Cytogenetic and phenotypic variation in mesophyll cell-derived tetraploid potatoes. J. Hered. 78 : 15-20, 1987.
14. GRANT, W.F., and B.S. SIDHU : Basic chromosome number, cyanogenetic glucoside variation, and geographic distribution of *Lotus* species. Can. J. Bot. 45 : 639-647, 1967.
15. HARTMANN, C., Y. HENRY, J. De BUYSER, C. AUBRY, and A. Rode : Identification of new mitochondrial genome organizations in wheat plants regenerated from somatic tissue cultures. Theor. Appl. Genet. 77 : 169-175, 1989.
16. HENRY, R.J. : Molecular and biochemical characterization of somaclonal variation. *In* : Somaclonal variation and induced mutation in crop improvement. JAIN, S.M., D.S. BRAR, and B.S. AHLOOWALIA (eds.). Kluwer Academic Publishers, pp. 485-499, 1998.
17. HIROCHIKA, H., K. SUGIMOTO, Y. OTSUKI, H. TSUGAWA, and M. KANDA : Retrotransposons of rice involved in mutations induced by tissue culture. Proc. Natl. Acad. Sci. USA. 93 : 7783-7788, 1996.
18. IVANOV, P., Z. ATNASSOVE, V. MILKOVA, and L. NIKOLOVA : Culture selected somaclonal variation in five *Triticum aestivum* L. genotypes. Euphytica 104 : 167-172, 1998.
19. KAO, K.N., and M.R. MICHAYLUK : Nutritional requirements for growth of *Vicia hajastana* cells and protoplasts at a very low population density in liquid media. Planta 126 : 105-110, 1975.
20. KAO, K. N., R.A. MILLER, O.L. GAMBORG, and B.L. HARVEY : Variations in chromosome number and structure in plant cells growth in suspension cultures. Can. J. Genet. Cytol. 12 : 297-301, 1970.
21. KARP, A. : Somaclonal variation as a tool for crop improvement. Euphytica 85 : 295-302, 1995.
22. KARP, A. : On the current understanding of somaclonal variation. Oxford Sci. Surv. Plant Mol. Biol. 7 : 1-58, 1991.
23. LAPITAN, N.L.V., R.G. SEARS, and B.S. GILL : Translocations and other karyotypic structural changes in wheat x rye hybrids regenerated from tissue culture. Theor. Appl. Genet. 68 : 547-554, 1984.
24. LINACERO, R., E.A. FREITAS, and A.M. VÁZQUEZ : Hot spots of DNA instability revealed through the study of somaclonal variation in rye. Theor. Appl. Genet. 100 : 506-511, 2000.
25. LORZ, H., and W.R. SCOWCROFT : Variability among plants and their progeny regenerated from protoplasts of Su/su heterozygotes of *Nicotiana tabacum*. Theor. Appl. Genet. 66 : 67-75, 1983.
26. McCLINTOCK, B. : Chromosome organization and genic expression. Cold Spr. Harb. Symp. Quant. Biol. 21 : 13-47, 1951.
27. McCOY, T.J., R.L. PHILLIPS, and H.W. RHINES : Cytogenetic analysis of plants regenerated from oat (*Avena sativa*) tissue cultures : high frequency of partial chromosome loss. Can. J. Genet. Cytol. 24 : 37-50, 1982.
28. MILLER, C.O. : Kinetin and kinetin-like compounds. *In* Moderne Methoden der Pflanzen-analyse. Vol.6. LINSKENS, H.F., and M.V. TRACEY (eds.). Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York. pp. 192-202, 1963.
29. MITRA, J., M.O. MAPES, and F.C. STEWARD : Growth and organized development of cultured cells. IV. The behaviour of the nucleus. Am. J. Bot. 47 : 357-368, 1960.
30. MITRA, J., and F.C. STEWARD : Growth induction in cultures of *Haplopappus gracilis*. II. The behaviour of the nucleus. Am. J. Bot. 48 : 358-368, 1961.
31. NIIZEKI, M. : Studies on plant cell and tissue culture. II. Effect of different kinds of media on the variation of chromosome number in tobacco callus. J. Fac. Agri. Hokkaido Univ. 57 : 179-191, 1973.
32. NIIZEKI, M. : Studies on plant cell and tissue culture. V. Effect of different kinds of media on the variation of chromosome number in tobacco callus and regenerated plant. J. Fac. Agri. Hokkaido Univ. 57 : 357-367, 1974.
33. NIIZEKI, M. : Studies on plant cell and tissue culture. VI. Karyotypic changes in calluses of haploid and diploid plant of *Nicotiana*

species. J. Fac. Agri. Hokkaido Univ. 58 : 214–224, 1975.
34. NIIZEKI, M. : Somaclonal variation in *Lotus corniculatus* L. (Birdsfoot Trefoil) In: Biotechnology in Agriculture and Forestry. Y.P.S. BAJAJ (ed.). Vol.36, pp. 146–159, 1996.
35. NIIZEKI, M., and W,F. GRANT : Callus, plantlet formation, and polyploidy from cultured anthers of *Lotus* and *Nicotiana*.Can. J. Bot. 49 : 2041–2051, 1971.
36. NIIZEKI, M., R. ISHIKAWA, T. HARADA, and K. SAITO : Cytogenetical and molecular genetical analysis on somaclonal variation in *Lotus corniculatus* L. Proc. 1st Intl. *Lotus* Symp.,St. Louis, MO. BEUSELINK, P.R. and C. A. ROBERTS (eds.). Univ. of Misouri Ext. Publ. Univ. of Missouri, Colombia. pp. 109–111, 1994.
37. NIIZEKI, M., R. ISHIKAWA, and K. SAITO : Variation in a single protoplast– and seed–derived population of *Lotus corniculatus* L. Theor. Appl. Genet. 80 : 732–736, 1990.
38. NIIZEKI, M., and F. KITA : Studies on plant cell and tissue culture. XI. Transition of chromosomal variation in calluses of *Nicotiana* species in a long term culture. Memoirs Fac. Agri. Hokkaido Univ. 12 : 77–82, 1980. (In Japanese).
39. NIIZEKI, M., F. KITA, and M–E. TAKAHASHI : Environmental and genetical effect on the chromosomal variation in callus of *Nicotiana* species. Jpn. J. Breed. 28 : 304–310, 1978.
40. NISHI, T., and S. MITSUOKA : occurrence of various ploidy plants from anther and ovary culture of rice plant. Jpn. J. Genet. 44 : 341–346, 1969.
41. NISHIBAYASHI, S., and J. KAERIYAMA : Structural stability of chromosomes in rice (*Oryza sativa* L.) plants regenerated from somatic tissue culture. Plant Tiss. Cult. Lett. 3 : 31–34, 1986.
42. NISHIYAMA, I., and T. TAIRA : The effects of kinetin and indoleacetic acid on callus growth and organ formation in two species of *Nicotiana*. Jpn. J. Genet. 41 : 357–365, 1966.
43. NITSCH, J.P., and C. NITSCH : Haploid plants from pollen grain. Science 163 : 85–87, 1969.
44. PHILLIPS, R.L., S.M. KAEPPLER, and P. OLHOFT : Genetic instability of plant tissue cultures : breakdown of normal controls. Proc. Natl. Acad. Sci. USA. 91 : 5222–5226, 1994.
45. REINERT, J., and H.J. KÜSTER : Diploid, Chlorophyllhaltige Gewebekulturen aus Blatten von *Crepis cappillaris* (L.) Wallr. Z. Pflanzenphysiol. 54 : 213–222, 1966.
46. SACRISTÁN, M.D. : Karyotypic changes in callus culture from haploid and diploid plants of *Crepis cappillaris* (L.) Wallr. Chromosoma 38 : 273–283, 1971.
47. SECOR, G.A., and J.F. SHEPARD : Variability of protoplast–derived potato clones. Crop Sci. 21 : 102–105, 1981.
48. SHIMADA, T. : Chromosomal constitution of tobacco and wheat callus cells. Jpn. J. Genet. 46 : 235–241, 1971.
49. SKIRVIN, R.M., and J. JANICK : Tissue culture–induced variation in scented *Pelargonium* spp. J. Am. Soc. Hort. Sci. 101 : 281–290, 1976.
50. STERN, H. : Biochemical sequences in mitosis. *In* Developing cell systems and their control. RUDNICK, D. (ed.) Ronald Press, New York, 1960.
51. SUNDERLAND, N. : Nuclear cytology. *In* Plant tissue and cell culture. Botanical Monograph. Vol. II. STREET, H.E. (ed.). Univ. California Press, Berkeley and Los Angeles. pp. 161–190, 1973.
52. TORREY, J.G. : Differential mitotic response of diploid and polyploid nuclei to auxin and kinetin treatment. Science 128 : 1148, 1958.
53. TORREY, J.G. : Experimental modification of development in the root, *In* Cell organism and Milieu. RUDNIK,D. (ed.) Ronald Press, New York, pp. 189–222, 1959.
54. TORREY, J.G. : Kinetin as a trigger for mitosis in mature endomitotic plant cells. Exp. Cell Res. 23 : 281–299, 1961.
55. TORREY, J.G. : Physiological bases of organization and development in the root. *In* Handbuck der Pflanzenphysiologie. Vol. 15. Springer, Berlin, pp. 1256–1327, 1965.
56. TULECKE, W. : A tissue derived from the pollen of *Ginkgo biloba*. Science 117 : 599–600, 1953.
57. TULECKE, W. : The pollen of *Ginkgo biloba* : *In vitro* culture and tissue formation. Am. J. Bot. 44 : 602–608, 1957.

ソマクローナル変異の解明とその植物育種・遺伝学への利用

新関　稔・盧　忠恩

農学生命科学部遺伝情報科学講座

植物細胞を培養すると物理的・化学的突然変異源に匹敵するほどの高頻度で突然変異を生ずる。これをソマクローナル変異と呼ぶ。著者等は長年に亘ってニコチアナ属植物，ミヤコグサ，イネを対象にしてソマクローナル変異を研究してきた。ソマクローナル変異はマクロでは核型や染色体数変異から，ミクロでは１塩基置換等の分子レベルまでに及ぶ。ここでは，我々の研究を中心にその全体像の総説を試みた。ソマクローナル変異は培養技術を用いて行う遺伝子組換え等では抑制が望まれる存在であるが，一方，変異の中から我々に都合のいい形質を得るにはソマクローナル変異が積極的に望まれる，言わば両刃の剣的存在である。この現象の全容を解明するには，まだ時間がかかりそうであるが，これまで得られた知見を整理してみることを試みた。

弘大農生報　No. 6：1－17，2003

岩木川流域における水利用と河川への物質負荷

澤田信一・井口　崇・葛西和彦・葛西身延

植物エネルギー工学講座

（2003年10月1日受付）

摘　　要

岩木川流域への人間活動の影響を水収支と全窒素（T-N）と全リン（T-P）の収支の面から定量的に検討した。岩木川流域面積は2,586 km^{2}で，土地利用率は森野が55％，農耕地が28％である。農耕地の59％（424 km^2，休耕地，転作地を含む）が水田，8％が畑そして31％が果樹園（主にりんご園）である。この流域の平成9年から13年の5年間の平均降水量は4,078 × 10^6 m^3，蒸発散量は1,157 × 10^6 m^3 そして両者の差として求めた流出量は2,921 × 10^6 m^3 であった。この流域での年間の水利用量は571 × 10^6 m^{3}であり，農業用取水が最大で全利用量の87％，生活用水が12％そして工業用水が1％であった。流域内におけるT-NとT-Pの収支を，自然系（林野，原野，その他），農耕地系，畜産系そして生活系に分けて算定した。これらの各系でのT-NとT-Pの収支から河川への両者の総負荷量を算定した①。同時に，流域内の各河川河口部である十三湖へ流出したT-NとT-Pの総量を算定し，両者の総負荷量とした②。①と②の方法で算定したT-N負荷量には大きな違いがなかった。しかし，①の方法で算定したT-P負荷量は，②の方法で算定した値に比べ，大きく異なっていた。T-P収支よりもT-N収支の算定結果の方が流域の人間活動の実態をより明確に示していると考え，ここでは流域内の各系におけるT-N収支とその河川への負荷について述べる。流域に供給された総T-N量は13,091 t/yr（平成9年から13年の5年間の平均値）であり，この内で降雨による供給量が20％，化学肥料の施肥によるものが47％，家畜飼料によるものが12％，そして生活汚水によるものが18％であった。自然系（林野，原野等，1,869 km^2）では，主に降雨によって供給されたT-N 1,901 t/yrの89％が地下浸透によって河川へ負荷された。農耕地（水田，畑地，りんご園等，718 km^2）への総T-N供給量は7,331 t/yrであり，その内の85％が化学肥料によるものであり，残りの15％が降雨と水田への供給された農業用水に含まれていたT-Nであった。総供給量の41％が作物，野菜類そしてりんご等の農作物収穫（出荷）物として流域外に移出され，35％が土壌に蓄積し，残り24％が畑地とりんご園では主に地下浸透で，水田では地下浸透と同時に排水によって河川へ負荷された。流域内では，年間に牛6,400頭，豚37,000頭そして採卵鶏370,000羽が飼養されていた。これらの家畜類の排泄物中のT-N 1,215 t/yrが河川へ負荷された。また，年間に牛約4,000頭，豚37,000頭，牛乳2,700 t/yrそして鶏卵8,700 t/yrが流域外へ出荷された。これらの家畜と畜産物の出荷によってT-N 347 t/yrが流域外へ持ち出された。この流域には476,000人が生活しており，生活汚水中のT-N量は2,297 t/yrであった。この内の643 t/yr（28％）のみが下水処理後の消却等によって流域外へ持ち出され，その他（72％）は河川へ負荷された。流域に存在する畜産以外の工業その他の産業，特に大量の汚水排出についての資料が得られなかったので考慮されていない。以上の結果から，岩木川流域におけるT-Nの河川負荷への関与度は，農耕系が28％，自然系が27％，生活系が26％，そして畜産系が19％と算定された。

1．はじめに

人間の生産活動と生活に必要な陸水は流域内を循環する特性を有し，水利用は流域内に新たな循環系路を造り出し，流域内での水収支にも大きな影響を与える。

人間による水利用の際には，必ずと言っていいほどに，物質の水への新たな負荷をもたらす。生産活動の活発化と文明化に伴って，水利用の際の物質の負荷が増大し，更に自然界の水には本来存在しなかった新たな物質まで負荷するようになった。人間による水への物質負荷の増大に伴って河川や湖沼等の陸水生態系の環境が悪化し，そこに生息する生物相を変え，生物を死滅させるまでに至る場合も多い。

従って，ある流域における水利用の正しい在り方，あるいは今後の利用の在り方について考える際には，まずその流域での人間の水利用と物質負荷を含めた定量的な収支とその循環についての実態を明らかにすることが基本である。

以上の観点から，岩木川流域内における水と物質の収支を定量的に明らかにすることを試みた。そして，流域

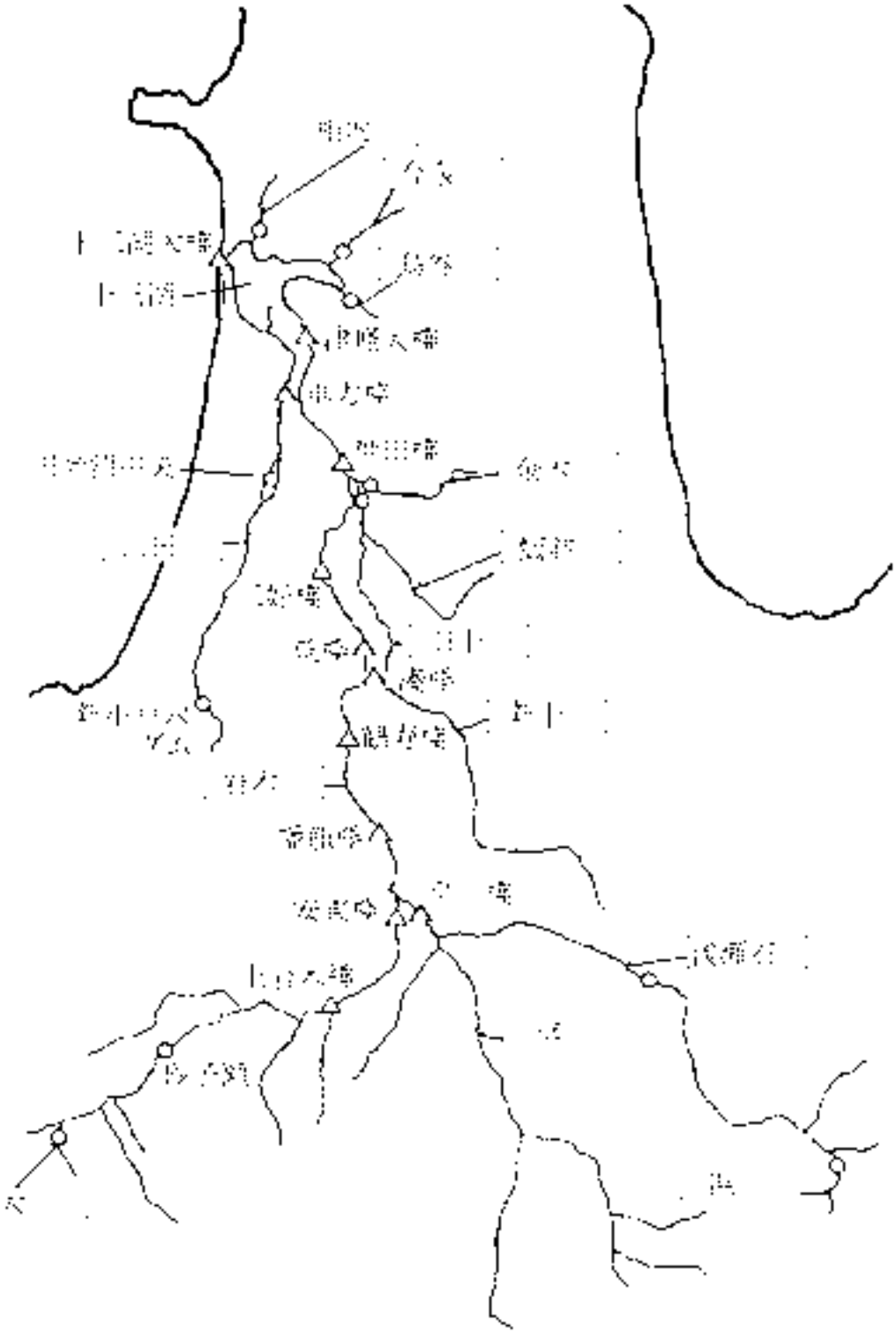


図1　岩木川とその支流および十三湖にそそぐ河川
図中の○は流量と水質観測地点の位置

内における生産活動と生活による水環境への負荷について評価した。このような物質の収支と河川への物質負荷の関係の検討には，BOD や COD よりも全窒素（T－N）と全リン（T－P）を用いた方がより定量的な検討が可能である。

2．岩木川流域の概要

一級河川の岩木川水系が流れる津軽平野は東西 15 － 20 km, 南北 50 km の細長い平野である（図 1）。東側に高度 300 m 内外の陵上の山地からなる津軽山地が南北に走り，西側では屏風山の砂丘を越えて日本海に臨んでいる。南側には高度 500 － 1000 m 内外の連山からなる白

表 1　岩木川流域の土地利用（平成 9 ～13年平均値）[a]

	総面積	水田[b]	畑	果樹園	牧草地[c]	林野	（針葉樹林）	（広葉樹林）	その他	（市街地）
（km^2）	2,586.3	424.3	56.4	221.8	15.1	1,423.8	（662.8）	（761.0）	444.9	（59.8）
（%）	（100.0）	（16.4）	（2.2）	（8.6）	（0.6）	（55.1）	（25.6）	（29.4）	（17.2）	（2.3）

[a]青森県県土整備部整備企画課内部資料(8)。
[b]休耕田，雑穀畑等への転作地を含む。
[c]採草地と放牧地。

表 2　岩木川流域の市町村人口と面積と産業

	弘前市	五所川原市	黒石市	中津軽郡	南津軽郡	北津軽郡[a]	西津軽郡[b]	合計
人口(人)[c]	177,348	49,075	39,026	18,254	96,284	55,215	41,332	476,534
面積(km^2)[d]	273.81	166.91	216.96	496.37	700.85	365.82	253.85	2,475
町村数				3 村	5 町 3 村	3 町	1 町 4 村	
岩木川との位置関係	中流部	中流部	中流部	水源上流部	中流部	中流部	下流部	
産業その他	商業	商業	商業	米生産	米生産	米生産	米生産	
	学園都市	米生産	米生産	りんご生産	りんご生産	りんご生産	畜産	
	りんご生産	りんご生産	りんご生産			畜産		

[a]小泊村を除いた。
[b]鰺ヶ沢町，深浦町，岩崎村を除いた。
[c]青森県企画振興部統計情報課内部資料(8)，平成12年度の値である。
[d]国土地理院（平成15年）全国都道府県市町村別面積(24)を用いた。

神山地が東西に位置している。岩木川はこの白神山地の雁森峠（987 m）を水源とし，弘前市を貫流し，津軽平野のほぼ中央部を北流し，十三湖を経て日本海に流出する。この間の岩木川には，相馬川，平川（浅瀬石川を支流とする），十川，旧十川その他の支流が流れ込む。また，十三湖には山田川その他の小河川が直接流入している。岩木川の幹川流路延長は102 kmである。

岩木川の流域面積は2,586 km^2，その内山地は44 %，平地は29 %を占める。土地利用率は，森林が55 %，耕地が19 %そして果樹園（主にりんご園）が9 %である（表1）。耕地の85 %が休耕田と転作地を含めた水田（424 km^2）である。

岩木川流域の平成 13 年度の人口は 476,000 人である（表2）。流域人口の56 %が弘前市，五所川原市そして黒石市の 3 都市部に集中しており，残りが中，西，南そして北津軽郡の 9 町 7 村に生活している。これら 3 市は商業都市であり，際だって大きな工業などの産業はこれらの 3 市および 4 郡部にも存在しない。この流域の主要な産業は農業である。岩木川上流部から中流部に懸けてはりんご生産と米生産が中心であり，下流部は米生産が中心であり，それに畜産が行われている。

岩木川は標高が低く集水域の小さな山地を水源としており，その短い流路に比べて広い流域に水田を中心とした農耕地が集中し，畜産も行われ，人口も集中している。従って，この流域は河川流出量の少ない岩木川に依存した農業地帯であり，また人口密度も高く，河川水が効率的に利用されており，汚染されやすいという特徴を有している。このために，平成 12 年に東北地方の一級河川 11 水系での水質（BODで評価）では岩木川は11位であった（23）。

この流域は豪雪地帯であるが，水源山地の標高が低いために，田植え時期前の 4 月に急激な融雪で河川流出量が最大となる（図 2）。加えて，2 月から 3 月に懸けては年間で最も降雨が少ない時期でもあり，また水源の集水域が狭いため，田植えから稲の生育時期にかけて河川流量が大きく減少し，農業用水が大きく不足してきた。そのために，流域には現在も大小の溜め池が 1000 以上も存在し，農業用水供給に使用されてきた。現在は，多目的の目屋ダム（有効貯水量，$33.0 \times 10^6\ m^3$），浅瀬石川ダム（$43.1 \times 10^6\ m^3$），二庄内ダム（$15.6 \times 10^6\ m^3$），早瀬野ダム（$13.0 \times 10^6\ m^3$）等がこの地域の農業用水の大きな供給源になっている。

3．方　　法

1）降水量，蒸発散量，河川流出量，河川流量の算定

蒸発散量の算定は樋根（22）の「Penmanの蒸発散式の図的解法と水収支計算への応用について」を用いた。降水量と蒸発散量の算定に用いた岩木川流域内およびその周辺の気象要素（32, 33）とその気象観測地点と実際の算定方法は澤田ら（26）に記載されている。

岩木川およびその支流と十三湖に直接流入している小河川の流出量と流量算定の方法は澤田ら(26)に従った。岩木川の月別河川流量としてのその河口における流量の計算方法は澤田ら（26）に従った。

2）農業用水量，生活用水量，工業用水量の算定

岩木川本流と各支流からの農業用取水量の算定には，青森県農林水産部農村整備課の内部資料（18）を用い

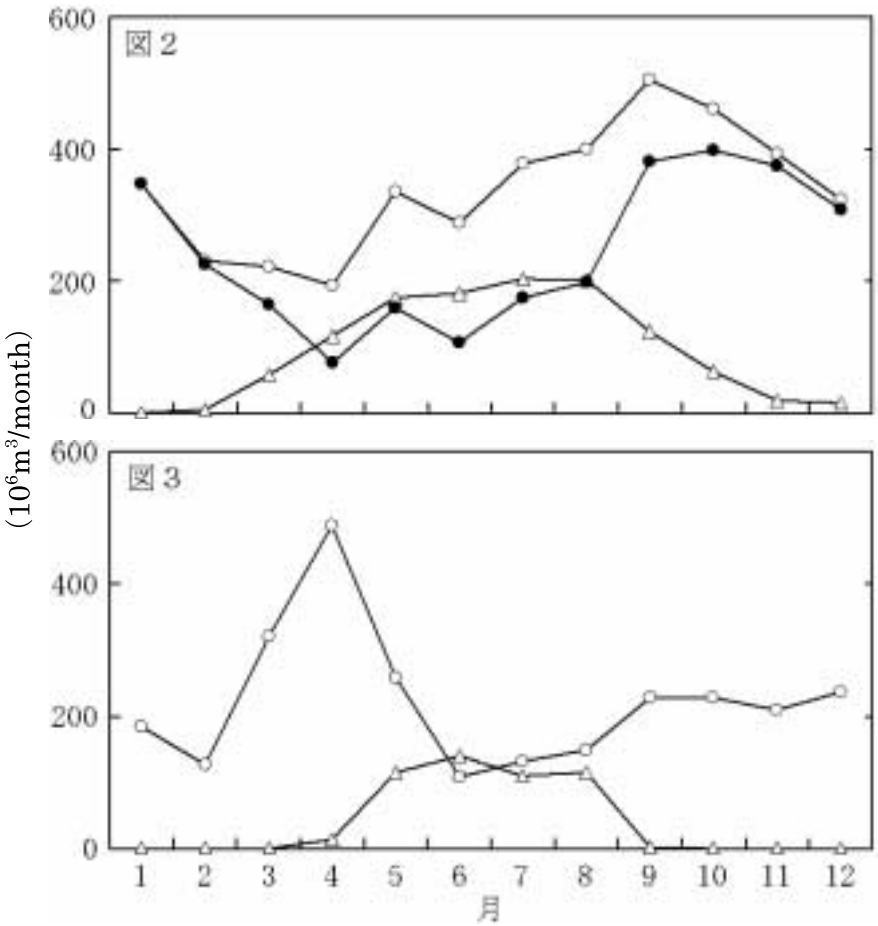


図 2　岩木川全流域の月別水収支（平成 9 ～ 13 年の平均値）
○，降水量；△，蒸発散量；●，流出量。

図 3　岩木川全流域の月別の流量と農業用の取水量（平成 9 ～ 13 年の平均値）
○，流量；△，農業用の取水量。

た。この資料に記載され，管理されている頭首工と揚水機の総数は 49 であった。これら全施設が取水量の測定を行っていた。農業用水として取水された水の上水道や工業用水としての利用に関する資料は得られなかったが，これらの目的での水利用は殆ど無いと考えられる。さらに，農業水路を経てこの流域外に流出している農業用水は，東北農政局の岩木川水系関連農業開発事業概要図（29）からは認められなかった。また，目屋ダムその他のダムが設置された後，現在も使用されている溜め池からの取水量は考慮する必要があったが，それらの取水量に関する資料が得られなかったので考慮されてない。

岩木川全流域における上水道の普及率は平均で 95 %（平成 12 年度）(1) であり，その水源の多くが岩木川本流あるいは支流から直接あるいはそこに設置されたダムからである。

3）河川の水質と流量の測定

岩木川本流，支流とその他の河川の水質と流量の測定地点を（図 1）に示した。河川の全窒素（T－N）量，全窒素（T－P）量と流量は青森県環境生活部環境政策課の「公共用水域及び地下水の水質測定結果」（3）に記載されている値である。平成 13 年から 14 年にかけて，岩木川上流の支流大川の大川橋と浅瀬石川上流の支流温川の温川橋で水質と流量の年間測定を行った。両地点から上流部には人家及び耕地が全く存在せず，自然林で被われていることから，自然生態系からの流出水の水質測定が出来たと考えられる。

4）人為的な T－N と T－P の河川への負荷量の算定

河川への主な人為的な汚濁源としては生活汚水，営業汚水，工場，事業等の排水が考えられる。しかし，岩木川流域での営業汚水と工場，事業所等の排水の T－N と T－P の負荷量を算定するのに必要な基礎資料が得られなかった。資料「青森県の工業」（5）から，流域内に際だった量の T－P と T－N の汚濁源となる排水を行っていると考えられる工場と事業所はこの流域に存在しないと判断した。また，営業汚水についても，その基礎資料が得られなかったので，個別に算定できなかった。しかし，“ 考察 ”で述べるように，流域に設置されている規模の大きな公共下水道である岩木川浄化センターと弘前下水処理場へ流入され，処理されている汚濁物質の T－N と T－P の量のかなりの部分が生活汚水以外の特に営業汚水に基づくと考えられる結果が得られた。

生活汚水（主にし尿，雑排水）からの河川への T－N と

表３　岩木川流域市町村の下水道等普及率（平成９～13年の平均値）[a]

	行政人口	水洗化人口	公共下水道処理人口	総合併浄化槽処理人口	単独浄化槽処理人口	非水洗化人口（計画収集人口）[b]
人数（×10³人）	488.5	381.3	212.4	40.4	128.5	107.1
（%）	（100.0）	（78.1）	（43.5）	（8.3）	（26.3）	（21.9）

[a]青森県環境生活部環境政策課内部資料(2)。
[b]計画収集とはいわゆる“汲み取り”である。

表４　生活汚水から発生するT-NとT-Pの負荷単位

文　献	T-N負荷量 し尿	雑排水	合計	T-P負荷量 し尿	雑排水	合計
	（g/man/day）			（g/man/day）		
日本下水道協会資料(34)	9[a]	2[a]	11±2	0.9[a]	0.4[a]	1.3±0.3
日本下水道協会資料(34)			10.2[a]			1.3[a]
人と自然の水環境を目指して(35)	10(9～11)	2.5(2～3)	12.5(11～14)	1.1(0.9～1.2)	0.7(0.6～0.9)	1.8(1.5～2.1)

[a]本研究に用いた値。

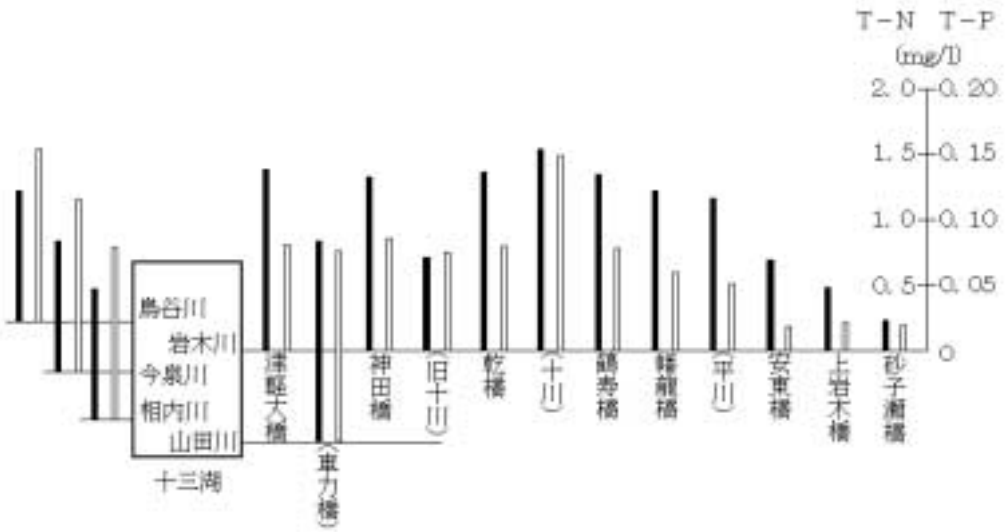


図４　岩木川本流，支流，その他小河川の流水の年平均T-NとT-P濃度（平成９～13年の平均値）。（　）付きの河川名は支流である。黒抜きおよび白抜き棒グラフは，それぞれT-NとT-P濃度を示す。

T-Pの負荷量の算定は公共下水道，合併浄化槽，単独浄化槽等の処理（水洗化）人口と非水洗化（計画収集）人口を基礎とした（表3）。生活汚水から発生するT-NとT-Pの負荷単位は（表４）に示した資料を用いた。流域内には公共下水処理施設が８ヶ所に設置されており（図５），これらの施設での処理後に河川への排出されるT-NとT-Pの河川への負荷量に関する資料（表５）が得られた。合併浄化槽と単独浄化槽での処理後の排水中のT-NとT-Pの負荷単位は表６に示した。

５）自然系と農地系へのT-NとT-Pの供給量の算定

表１に示す岩木川流域の土地利用おける“その他”の部分には，原野が多く含まれ，さらに河川，道路，宅地等が含まれる。この中で河川部分に占める水面割合が少なく，同時に道路，宅地部分も少ないことから，“その他”の部分全体を，一括して，何らかの植生で被われている

表５　岩木川流域において公共下水処理後に排出された年間のT-N，T-P量（平成９～13年の平均値）[a,b]

公共下水処理場名	T-N	T-P
	（t/yr）	
岩木川浄化センター	252.6	8.7
弘前市下水処理場	117.9	16.1
五所川原市浄化センター	29.3	1.0
五所川原市広田汚水処理場	8.1	0.3
木造町浄化センター	0.7	0.1
相馬村湯口浄化センター	1.1	0.2
鶴田村浄化センター	0.8	0.1
碇ヶ関村浄化センター	0.2	0.0
合　計	410.7	26.5

[a]青森県土木部下水道課内部資料(7)。
[b]それぞれの公共下水処理場の位置は図５に示す。

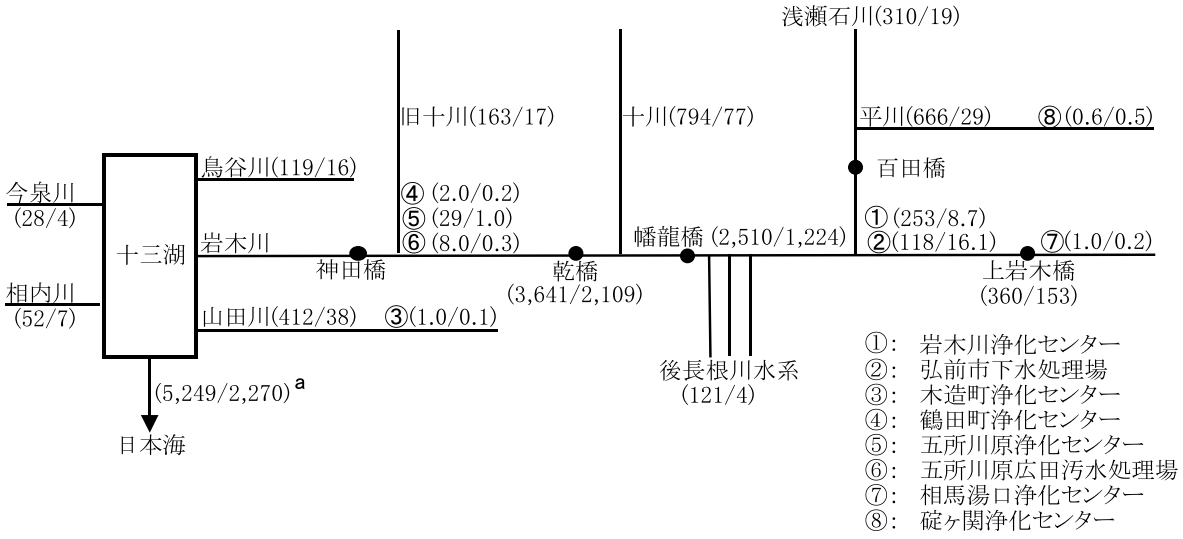


図5　岩木川本流，支流，その他小河川の年間T-N，T-P流出量と各下水処理施設からの年間T-N，T-P排出量（t/yr，平成9～13年の平均値）
[a]十三湖の海への開口部を岩木川流域全体の河口とした年間のT-NとT-Pの総流出量（負荷実測値）。

表6　各種浄化槽からのT-NとT-Pの排出負荷量[a]

	T-N	T-P
	(g/man/day)	
農業集落排水施設合併浄化槽負荷量原単位[b]	6.1[c]	0.63[c]
小型合併浄化槽排出負荷量原単位	6.5±3.5	0.75±0.46
単独浄化槽排出負荷量原単位	5.2～6.6	0.56～0.7
	(5.9)[c]	(0.63)[c]

[a]日本下水道協会資料（34）。
[b]岩木川流域内に設置されている合併浄化槽のほとんどが農業集落排水施設である。従って，T-NとT-Pの排出負荷量原単位は農業集落排水施設の値を用いた。
[c]本研究で用いた値。

表7　降雨によるT-N，T-P負荷単位

文　献	負荷量 T-N	T-P	
	(kg/ha/yr)		
日本下水道協会資料(34)	11.3	0.53	(12例)
河川汚濁のモデル解析(35)	10.1[a]	0.44[a]	(16例)
集水域からの窒素・リンの流出(27)	10.0	0.40	(16例)

[a]本研究で用いた値。

部分とし，林野部分と合わせて自然系とした。

農耕地系は水田，野菜畑，雑穀畑，牧草畑，果樹園に分類した。雑穀畑と牧草畑は減反政策後の休耕田が転作地として利用されているものとした。岩木川流域の果樹園のほとんど（90％以上）がりんご園である。

自然系と農地系への大気降下物によるT-NとT-Pの負荷は降雨による物のみを考慮した。降雨によるT-NとT-Pの負荷量単位は表7に示した。

岩木川流域の全体の平均水田整備（乾田化）率は平成11年度現在で75％であった(9)。流域内の水田への平均的な施肥量の算定においては，水田が全て乾田であるとして地域別施肥量の平均値（表8）を用いた。水田へは

表8　岩木川流域の水田への施肥量

地　帯		地帯別施肥標準[a] 窒素	リン酸
		(kg/10a)	
津軽中央部	津軽中央地	8.0(9-11)	13.5(9-18)
津軽中央部	山間冷涼地	8.0(7-9)	11.5(8-15)
津軽西北部		10.0(9-11)	13.5(9-18)
津軽半島北部		9.0(8-10)	12.5(10-15)
平均施肥量		8.8[b]	12.8[b]

[a]青森県農林部水田対策課，稲作改善指導要綱(12)。
[b]本研究で用いた値。

表9　岩木川流域の野菜畑への施肥量[a]

	野菜種	施肥量 窒素	施肥量 リン酸	作付面積の割合[b]	加重平均計算 窒素	加重平均計算 リン酸
		(kg/10a)			(kg/10a×%)	
根菜類	だいこん にんじん	10.75(8.0-13.5)	19.25(11.0-27.5)	(28%)	301.0	539.0
葉菜類	はくさい ねぎ	22.50	20.00(17.5-22.5)	(13%)	292.5	260.0
果菜類	トマト	23.00(20-26)	32.50(30-35)	(13%)	299.0	422.5
豆類	スイートコーン えだまめ	13.00(6-20)	16.25(12.5-20.0)	(13%)	169.0	211.3
果実的野菜類	すいか メロン	17.75(17.5-18.0)	21.25(20.0-22.5)	(30%)	532.5	637.5
洋菜類	ばれいしょ	11.50(10-13)	15.00	(3%)	34.5	45.0
合計				(100%)	1,628.5	2,115.3
加重平均施肥量 (kg/10a)					16.3[c]	21.2[c]

[a]青森県農林水産部農産園芸課，やさい栽培の手引(16)。
[b]青森農林水産統計協会資料(31)。
[c]本研究に用いた値。

表10　岩木川流域の雑穀および牧草畑への施肥量[a]

作物種	施肥量 窒素	施肥量 リン酸	作付面積の割合[b]	加重平均計算 窒素	加重平均計算 リン酸
	(kg/10a)			(kg/10a×%)	
小麦（普通作）	7.5(7-8)	13.5(12-15)	(28%)	210.0	378.0
大豆	5.5(5-6)	12.5(10-15)	(30%)	165.0	375.0
小豆（普通作）	2.5(2-3)	15.0	(2%)	5.0	30.0
そば（普通作）	2.0	11(10-12)	(39%)	78.0	429.0
合計			(100%)	458.0	1212.0
加重平均施肥量(kg/10a)				4.6[c]	12.1[c]
牧草	22.5(20-25)	16.0(15-17)			

[a]青森県経済農業共同組合連合会，くみあい肥料ガイドブック(6)。
[b]青森農林水産統計協会資料(30)。
[c]本研究に用いた値。

表11　岩木川流域のりんご園への施肥量

文　献	施肥量 窒素	施肥量 リン酸	
	(kg/10a)		
平成13年リンゴ生産指導要項(17)	〔15.0	5.0〕	
農業験場調査結果(10)	9.5	7.9	(3例)
農業試験場調査結果(11)	11.8	8.7	(9例)
りんご試験場調査結果(20)	10.0	8.3	(54例)
平均施肥量	10.4[a]	8.3[a]	

[a]本研究に用いた値。

降雨と施肥以外に，水田へ供給される農業用水中に含まれるT-NとT-Pの負荷を考慮する必要がある。そこで，流域内の水田への農業用水と共に供給されたT-NとT-Pの総量は流域内に設置されている各頭首工と揚水機周辺の河川のT-NとT-P濃度の平均値（それぞれ0.79と0.016 mg/l）とこれら施設からの総農業用水量（表20）との積として算定した。

流域内の野菜畑に作付けされた野菜類を根菜，葉菜，果菜，豆類，果実的野菜，洋菜類に分類し，これらの個々の野菜への単位面積当たりの平均施肥量とそれぞれの作付面積から，加重平均した単位面積当たりの平均施肥量を求めた（表9）。同様に，雑穀畑の場合は個々の雑穀種への単位面積当たりの平均施肥量とそれぞれの作付け面積から，流域内の加重平均した単位面積当たりの平均施肥量を求めた（表10）。りんご園の単位面積当たりの平均施肥量を（表11）に示す。

表12－１　岩木川流域で収穫された玄米・小麦・大豆・小豆中の窒素とリン含量[a]

	穀粒中		収穫量	加重平均計算	
	窒素	リン	の割合[b]	窒素	リン
	（mg/100gfw）		（%）	（mg/100gfw×%）	
米（玄米）	1,088	290			
小麦（玄穀）	1,696	350	（53%）	89,888	18,550
大豆（全粒）	5,648	580	（40%）	225,920	23,200
小豆（全粒）	3,248	350	（2%）	6,496	700
そば（全層粉）	3,248	400	（3%）	9,744	1,200
合計			（100%）	332,048	43,650
加重平均値（mg/100gfw）				3,320[c]	437[c]

[a]食品成分表2003(21)。
[b]青森農林水産統計協会資料(30)。
[c]本研究で用いた値。

表12－２　岩木川流域で出荷された野菜類の窒素とリン含量[a]

	野菜種	野菜中		出荷量	加重平均計算	
		窒素	リン	の割合[b]	窒素	リン
		（mg/100gfw）			（mg/100gfw×%）	
根菜類	だいこん にんじん	88(80-96)	22(25-18)	（38%）	3,344	836
葉菜類	はくさい ねぎ たまねぎ	123(80-160)	31(26-33)	（11%）	1,353	341
果菜類	とまと	112	26	（17%）	1,904	442
豆類	スイートコーン えだまめ	1,224(576-1872)	135(100-170)	（4%）	4,896	540
果実的野菜類	すいか メロン	128(96-160)	11(8-13)	（28%）	3,584	308
洋菜類	ばれいしょ	256	40	（2%）	512	80
合計				（100%）	15,593	2,547
加重平均値(mg/100gfw)					156[c]	25[c]

[a]食品成分表2003（21)。
[b]青森農林水産統計協会資料（31)。
[c]本研究で用いた値。

6）農耕地系から収穫（出荷）物その他のＴ-ＮとＴ-Ｐの含量の算定

岩木川流域の農耕地（水田，野菜畑，りんご園，雑穀畑，牧草畑）で収穫された各種農作物の面積当たりの平均収穫（出荷）量を作付け面積で加重平均し，作付面積当たりの平均収穫（出荷）量を算出した（表21)。

各農耕地から収穫され，流域外へ持ち出される農作物の部分は，稲とその他の雑穀では穀粒，野菜とりんごでは収穫（出荷）される部分，牧草では刈り取り部分とした。穀物の穀粒，各野菜種の出荷部分，りんごの果実のＴ-ＮとＴ-Ｐの含量は表12－１～３に示す。野菜畑と雑穀畑では，様々な種類の農作物が栽培され，その収穫（出荷）量も様々である。そこで，両畑で栽培されている主要な野菜類あるいは雑穀類の収穫（出荷）部分のＴ-ＮとＴ-Ｐの含量について，流域内での収穫（出荷）量の割合で加重平均した両者の値を算定した。但し，りんご園

表12－３　岩木川流域のりんご園から収穫されたりんご果実と剪定枝中の窒素とリン含量

文　献	りんご果実	
	窒素	リン
	（mg/100gfw）	
食品成分表2003(21)	32.0	10.0
青森県りんご試験場50年史(19)	60.4	10.6
斉藤（1995，4例）	24.1	8.5
平均値	38.8	9.7
STD	19.1	1.1
文　献	剪定枝	
	窒素	リン
	（kg/t）	
平成13年りんご生産指導要項(17)	4.0	2.5
成木園における剪定枝生産量	（200-300kg/10a/yr）	

表13　山林から河川への T-N，T-P 負荷量

文　　献	負荷量 T-N (kg/ha/yr)	負荷量 T-P (kg/ha/yr)
日本下水道協会資料(34)	4.4	0.34（13例）
河川汚濁のモデル解析(36)	4.3	0.16（14例）
本研究での測定値[a]		
岩木川上流の大川[b]	5.9	0.228
浅瀬石川上流の温川[b]	12.0	0.756
平均値	9.0[a]	0.492[a]

[a]本研究で用いた値。
[b]図１参照。

表14　畑地と水田での施肥量の T-N と T-P の溶脱率

文　　献	畑地からの溶脱率（地下浸透） T-N		T-P	
集水域の窒素・リン流出(27)	30%[a]		0.7%[a]	
	水田からの溶脱率（地下浸透＋排水）			
	T-N	(STD)	T-P	(STD)
集水域の窒素・リンの流出(27)	21.5%	(9.5%)(39例)	4.1%	(4.6%)(37例)
河川汚濁のモデル解析(36)	32.1%	(15.2%)(14例)	5.4%	(5.6%)(14例)
平均値	26.8%[b]		4.8%[b]	

[a]本研究で畑地からの T-N，T-P 負荷量の算定に用いた溶脱率。
[b]本研究で水田からの T-N，T-P 負荷量の算定に用いた溶脱率。

では，果実に加えて剪定枝が焼却される。そこで，りんご成木園での年間の剪定枝量とその T-N と T-P の含量を算定した。

7）自然系と農耕地系からの河川への T-N と T-P の負荷量の算定

そのほとんどが林野で占められている自然系から河川への T-N と T-P の負荷量の算定には山林からの負荷量の値を用いた。これまでに報告されている山林からの T-N と T-P の負荷量の値と本研究での測定値を表 13 に示す。両負荷共に前者の値は後者の値より低い。“考察”でも述べるが、この理由は前者の測定例の多くが岩木川流域のような多雪地帯で行われたものが少なかったために融雪期の極端な増水時期の河川への T-N と T-P の流出量の増加がなかった測定例が多いことによると考えられる。そこで、本研究で流域内の山林で測定した値を用いた。

自然系への T-N と T-P の供給は降雨によるもののみを考慮した。農耕地系では，降雨による供給と同時に施肥による供給が有り，その量は前者に比べて極めて大きい。従って，農耕地から河川への T-N と T-P 負荷量は施肥量に大きく影響され，農耕地からのこれらの負荷量は施肥量に対する溶脱率として評価される。また，T-N と T-P の溶脱は大量の降雨による地表流出が無い場合は,地下浸透による。但し,水田においては排水が行われているために，地下浸透と排水が溶脱の原因となる。岩木川流域における畑地（りんご園を含む）と水田から河川への T-N と T-P 負荷量の算定に用いた溶脱率を表 14 に示す。

8）畜産系からの家畜と畜産物出荷に伴う T-N と T-P の流域外への移出量の算定

岩木川流域から年間に出荷された家畜頭数と畜産物量を表 15 に示す。家畜の出荷に伴う T-N と T-P の流域外への移出量の算定は出荷時の各家畜の平均体重（表 16）と平均体重当たりの両者の含量から求めた（表 17－1）。同時に鶏卵と牛乳中の T-N と T-P の含量も示した（表 17－2）。

9）畜産系から河川への T-N と T-P の負荷量の算定

岩木川流域での畜産系から河川への T-N と T-P の負荷は各家畜の排泄物中の両者の含量に基づくと仮定した。家畜類の排泄量は生育段階と育成目的（肥育，繁殖，乳生産，採卵等）によって異なる。そこで，生育段階と育成目的による家畜の排泄物中の両者の含量原単位を（表 18）に示す。岩木川流域の年間平均家畜飼養頭数を（表 19）に示す。

結　　果

1）岩木川流域の水収支

平成 9－13 年の 5 年間の平均降水量と算定した蒸発散量と流出量からなる月別水収支を図 2 に示す。流域の降水量は 2－4 月にかけて年間で最も少なく,反対に 7－9 月にかけて多い。蒸発散量は 2－5 月にかけて上昇

表15　岩木川流域から出荷された年間家畜頭数，牛乳量，鶏卵量（平成９～13年平均値）[a]

牛		肉専用種					乳用種				雑種			
	合計	雌牛肥育	廃用	雄牛肥育	去勢2歳以上	2歳未満	計	雄牛（去勢牛）	雌牛肥育	廃用	計	雄牛（去勢牛）	雌牛肥育	廃用	計
頭数	4,242	86	45	1	278	3	413	3,270	13	21	3,304	465	59	1	525
豚	合計	うち8ヶ月以上													
頭数	36,779	3,723													
牛乳出荷量	2,701（t）														
鶏卵出荷量	8,726（t）														

[a]青森県農林部畜産課内部資料(15)。

表16　岩木川流域の各家畜の出荷時の体重の平均値(平成９～13年の平均値)[a]

	出荷時の体重（kg/頭）			出荷時の体重（kg/頭）
肉専用種牛		豚	8ヶ月以上	70
雌牛肥育	610			
廃用雌牛	610	卵鶏		1.8
雄牛肥育	700			
乳用種牛				
雄牛去勢牛	740			
雌牛肥育	740			
雑種牛				
雄牛去勢牛	700			
雌牛肥育	610			
廃用肥育	610			

[a]青森県農林部畜産課内部資料(13)。

表17－１　各家畜（牛，豚，採卵鶏）の体重当りの T-N，T-P 含量[a]

	体重当りの含量	
	T-N	T-P
	（%）	
各家畜	3	1

[a]人間の場合と同じであると仮定した(日本環境図譜(37))。

表17－２　全卵および牛乳中のT-N，T-P含量[a]

	T-P	T-N
	（g/100g）	
全卵（生）	0.180	1.65
牛乳（ホルスタイン種）	0.091	0.51

[a]食品成分表2003(21)。

表18　各種家畜の排泄物中の窒素およびリン含量の原単位[a]

		体重（kg）	T-N	T-P
			（g/頭/日）	
乳牛	搾乳牛	650	306	44
	乾・未経産	600	96	20
	育成牛	350	159	16
肉牛	2歳未満	350	130	15
	2歳以上	600	146	17
	乳用種	475	141	14
豚	肥育豚	70	34	9
	繁殖豚	155	51	16
採卵鶏	雛（5～10週）		1.54	0.21
	成鶏（20週以降）		3.28	0.58

[a]畜産環境整備機構資料(28)。

し，５－８月まではほぼ一定の高い値を保ち，９－12月にかけて低下した。従って，降水量と蒸発散量との差である河川流出量は１－４月にかけて大きく減少し，４－７月まで比較的低い値であったが，８－10月まで大きく上昇した。

岩木川流域の存在する津軽地方は多雪地帯であるために，冬季の降雪はそのまま堆積し，融雪期まで河川に流出する量は少ない。また，岩木川水系に設置されている多数のダムでは貯水と放水が行われている。従って，この流域では流出量がそのまま実際の河川流量とはならない。そこで，“方法”で述べたように，岩木川の河川流量を河口での流量として算定した。河川流量は１－２月までは低い値であったが，３月から大きく増加し４月には 488×10^6 m^3/month に達し，年間で最大になった（図３）。しかし，その後，５－６月にかけて大きく低下し，６月の流量は年間を通じて最低の 108×10^6 m^3/month であった。７－12月までの６ヶ月間の流量は徐々に増加し，12月には 237×10^6 m^3/month に達した。

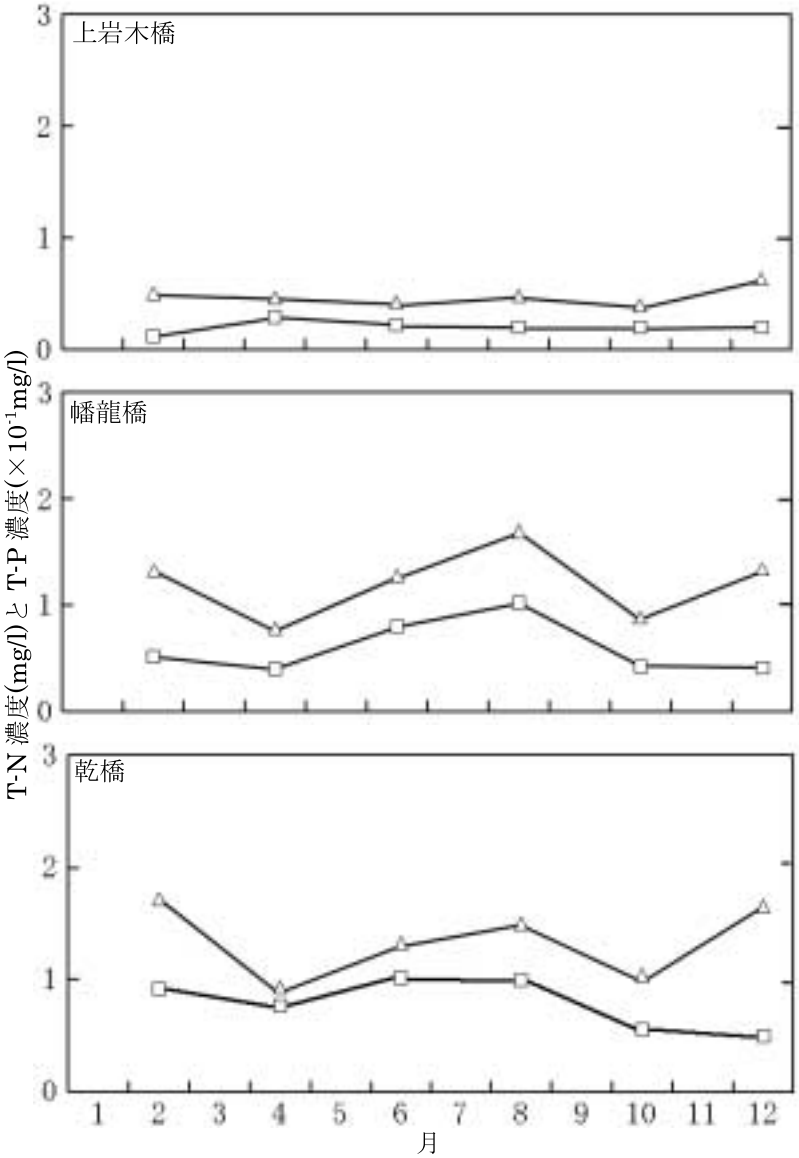


図 6　岩木川中流から下流にかけての月別 T－N と T－P の濃度（平成 9 ～ 13 年の平均値）
岩木川は上岩木橋から幡竜橋をへて乾橋方向に流れている（図 1 参照）。
△，T－N 濃度；□，T－P 濃度。

2）岩木川流域における水利用

岩木川流域における農業用水の取水は 4 月に始まり，5 － 8 月までの 4 ヶ月間は 109 － 141 × 10^6 m^3/month の取水量であるが，9 月には取水は殆ど行われなくなる（図 3 ）。平成 9 － 13 年の 5 年間の平均農業用取水量は 496 × 10^6 m^3/yr で岩木川の総流出量の 17 %であった（表 20）。5 年間平均の生活用水量は 67 × 10^6 m^3/yr, 工業用水量は 8.0 × 10^6 m^3/yr であった。これらの総用水量は岩木川の総流出量の 20 %であった。

3）岩木川流域における河川の T－N と T－P の濃度，流量と流出量

岩木川本流の平成 9 － 13 年の 5 年間の平均 T－N と T－P の濃度は上流部の砂子瀬でそれぞれ 0.32 と 0.02 mg/l であった（図 4 ）。岩木川本流と平川，十川，旧十川等の支流からの高濃度の T－N と T－P を含む流入水と，さらに流域に設置された下水処理施設からの排水が加わり（図 5 ），下流部の河口に近い津軽大橋では，T－N と T－P の濃度は砂子瀬の値のそれぞれ 4 と 8 倍に増加し，1.39 と 0.08 mg/l に達した。上岩木橋，幡龍橋そして乾橋における各月の T－N と T－P の濃度は，次に述べる両者の流量に比べ，年間を通じて比較的安定しており，変動幅は 2 倍程度であった（図 6 ）。

上岩木橋，幡龍橋そして乾橋では，4 月の河川流量の大きな増加に伴って，T－N と T－P の流量は大きく増加したが，その他の月の両者の流量は比較的安定した低い値であった（図 7 ）。従って，上岩木橋における 4 月の T－N と T－P の流量は年間総流量のそれぞれ 23 と 34 %に達した。

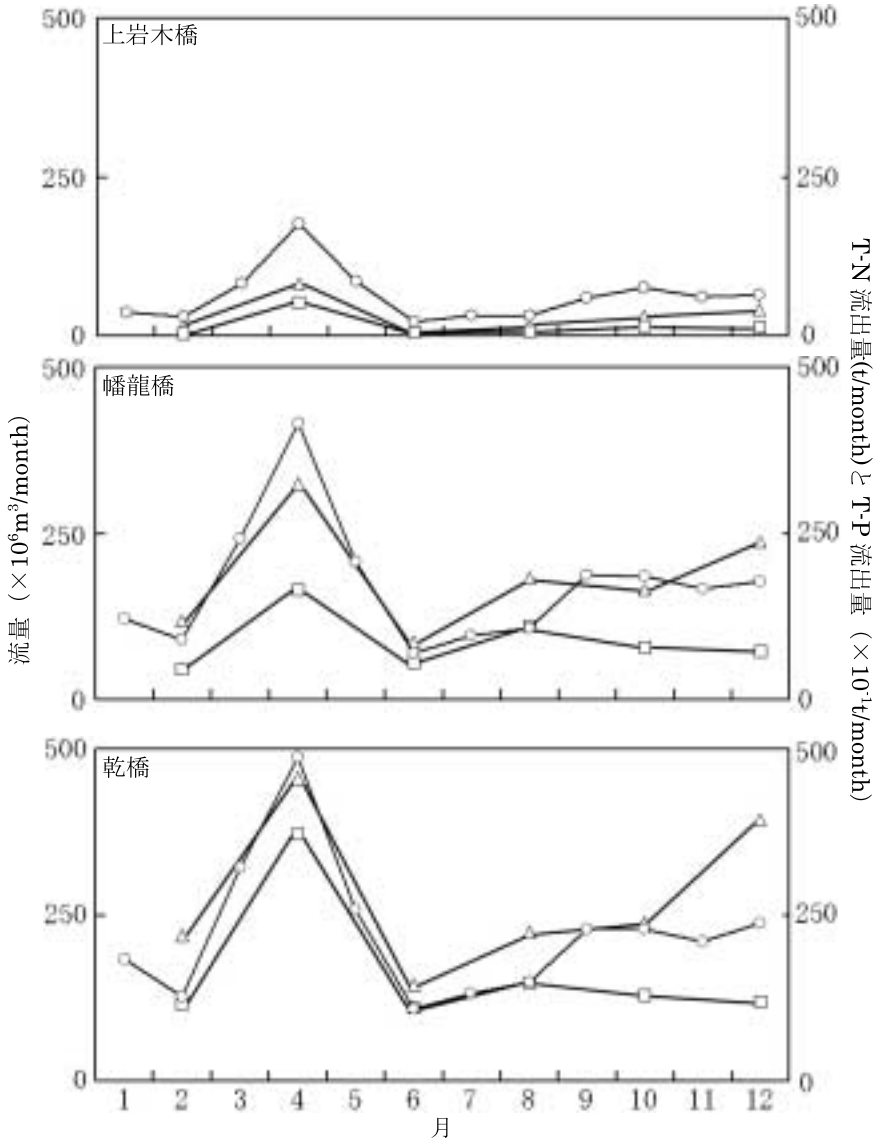


図 7　岩木川の中流部から下流部にかけての月別の流量，T－N と T－P の流出量
（平成 9 ～13 年の平均値）
○，月間河川流量；△，T－N の月間流出量；□，T－P の月間流出量。

岩木川上流の大川と浅瀬石川上流の温川での河川流量および T－N と T－P の濃度および月間流量を図 8 に示す。大川と湯川の平成 13 年の 6 月から平成 14 年の 3 月までの河川流量と T－N と T－P の濃度は低い値で比較的安定していた。しかし，両河川の 4 月の T－N と T－P の流出量は，河川流量の増加と共に大きく増加した。大川での 4 月の T－N と T－P の流出量は年間流量のそれぞれ 46 と 73 %に達し，湯川ではそれぞれ 34 と 47 %に達した。

十三湖の海への開口部を岩木川流域全体の河口とし，そこでの流域全体の年間の T－N と T－P の総流出量（負荷実測値）を算定した（図 5 ）。その際に，岩木川では河口から神田橋までの河川流量は潮位の影響を受けること，およびこの間には旧十川以外には岩木川へ流入している河川が無いことから，乾橋における本流の年間の T－N と T－P の流出量に旧十川および十三湖に直接流入している山田川，鳥谷川，今泉川，相内川のそれらの量を加え岩木川流域全体の年間の両流出量を算定した。後者 4 つの河川からの T－N と T－P の年間流出量は，それぞれの流域面積から求めた年間河川流出量と T－N と T－P の年間平均濃度の積として算定した。さらに，支流十川は乾橋のわずか上流で岩木川と合流しているが（図 1 ），乾橋まで流れる間に本流の流れと混合していないので，乾橋で測定した水質には十川の水質が加味されてないと考え，この支流の T－N と T－P の年間流出量を別途に加えた。その結果，岩木川全流域からの T－N と T－P の年間総流出量はそれぞれ 5,249，2,270 t/yr と算定された（図 5 ）。

4）自然系，水田，畑地，りんご園における T－N と T－P の年間収支

岩木川流域における自然系の総面積は林野にその他の面積を加えた 1,882 km²（流域面積の 73 %）である（表

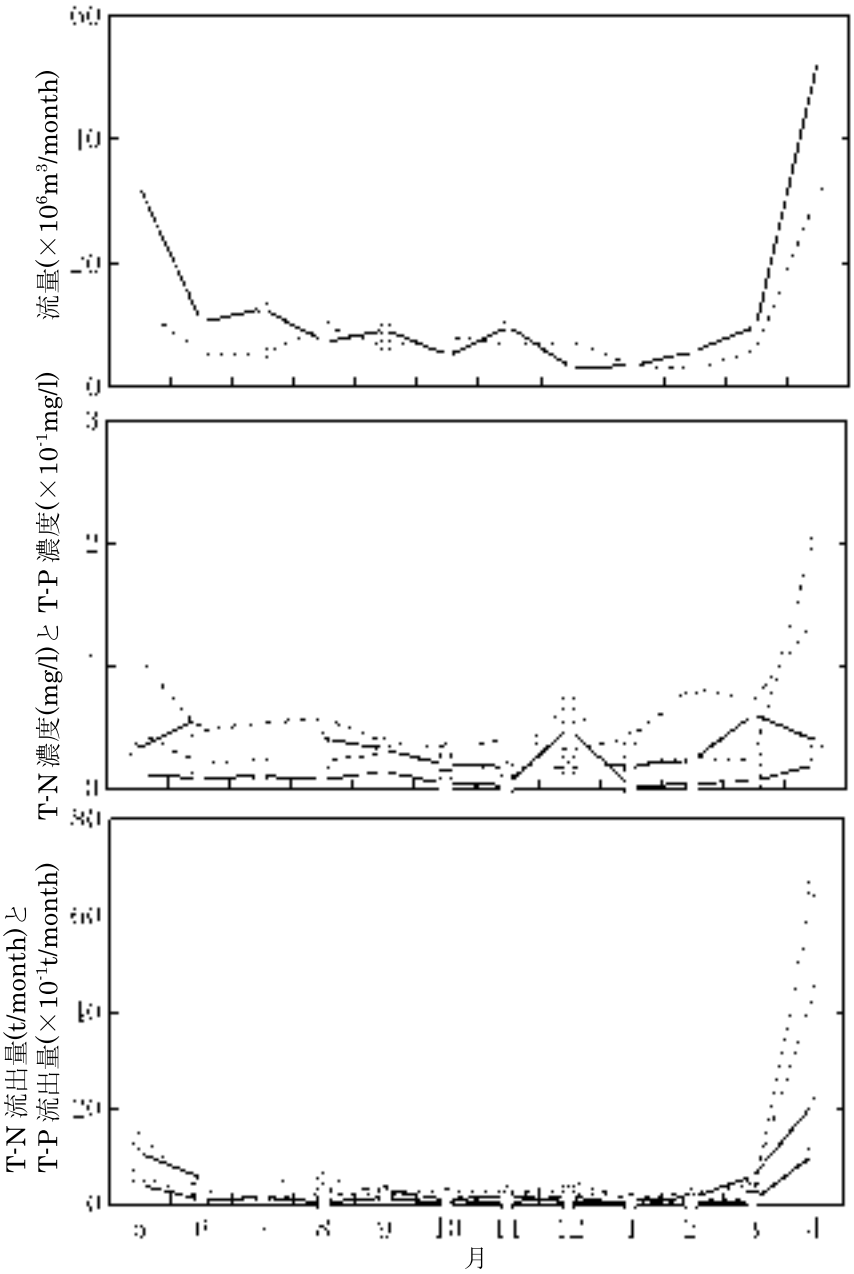


図 8　岩木川上流部の支流大川と支流の浅瀬石川の温川における月別の河川流量とＴ−Ｎ とＴ−Ｐの濃度と月間流出量（平成 13 〜 14 年にかけて測定）大川の値は大川橋で，温川の値は温川橋でそれぞれ測定した（図 1 を参照）。○，河川流量；△，Ｔ−Ｎの濃度または月間流出量；□，Ｔ−Ｐの濃度または月間流出量。実線は大川の値，点線は温川の値。

1）。この自然系への降雨によるＴ−Ｎ とＴ−Ｐの年間供給量はそれぞれ 1,901 と 83 t/yr であった（図 9）。自然系から河川へのＴ−Ｎ とＴ−Ｐの負荷量を本研究において岩木川上流の大川と浅瀬石川上流の温川沢で測定した年間のＴ−Ｎ とＴ−Ｐの平均濃度（表 13）を用いて算定すると，それぞれ 1,694 と 92 t/yr となった。自然系内に年間に蓄積するＴ−Ｎ とＴ−Ｐ量は 207 と − 9 t/yr になった。

岩木川流域の農耕地（作付け面積 619 km^2）を水田，畑地（野菜畑，雑穀畑，牧草畑）とりんご園に分けて，Ｔ−Ｎ とＴ−Ｐの収支を算定した。降雨によるＴ−Ｎ とＴ−Ｐ供給量は各農耕地の作付面積（表 21）と降雨によるＴ−Ｎ とＴ−Ｐの負荷単位（表 7）から算定した。また，各農耕地への施肥によるＴ−Ｎ とＴ−Ｐの供給量の算定には表 21 の値を用いた。各農耕地から収穫（出荷）された部分に含まれていたＴ−Ｎ とＴ−Ｐの量は表 12 − 1 〜 3 と表 21 の値を用いて算定した。さらに，各農耕地から河川へのＴ−Ｎ とＴ−Ｐの負荷量は，表 14 に示した溶脱率と施肥量の関係（表 21）から算定した。ただし，水田では降雨と施肥によるＴ−Ｎ とＴ−Ｐの供給に加えて，水田へ供給された農業用水中に含まれていたＴ−Ｎ とＴ−Ｐ量を考慮した。さらに，りんご園では，果実の収穫以外に，剪定枝がりんご園から排出され，多くの場合は消却されるの

表19　岩木川流域における家畜の年間飼養頭数（平成９～13年の平均値）[a]

		合計	2歳以上				2歳未満		
			計	経産牛			未経産		
				小計	搾乳牛	乾乳牛			
乳用牛	頭数	305	214	196	172	24	18	91	
		合計	めす			おす			乳用種
			小計	2歳未満	2歳以上	小計	2歳未満	2歳以上	
肉用牛	頭数	6,097	1,829	626	1,203	1,158	831	327	3,110
		合計	うち子取用めす豚	残り					
豚	頭数	37,100	3,339	33,761					
		合計	採卵鶏		種鶏その他				
			小計	成鶏雌	ひな				
採卵鶏	$\times 10^3$羽数	371	356	278	78	15			

[a]青森県農林部畜産課内部資料(14)。

表20　岩木川流域における用途別の年間水利用量とその河川流出量に対する割合[a]

	河川流出量		農業用水量		生活用水量		工業用水量		総用水量	
	($10^6 m^3$/yr)	(%)	($10^6 m^3$/yr)	(%)	($10^6 m^3$/yr)	(%)	($10^6 m^3$/yr)	(%)	($10^6 m^3$/yr)	(%)
平成９年	2925.4	(100.0)	509.3	(17.4)	63.9	(2.2)	8.4	(0.3)	581.6	(19.9)
平成10年	3594.2	(100.0)	490.0	(13.6)	64.4	(1.8)	8.4	(0.2)	562.9	(15.7)
平成11年	2885.4	(100.0)	494.7	(17.1)	65.7	(2.3)	7.4	(0.3)	567.8	(19.7)
平成12年	2813.3	(100.0)	491.3	(17.5)	75.8	(2.7)	8.3	(0.3)	575.5	(20.5)
平成13年	2387.9	(100.0)	493.6	(20.7)	67.4	(2.8)	7.5	(0.3)	568.5	(23.8)
平均値	2921.3	(100.0)	495.8	(17.0)	67.4	(2.3)	8.0	(0.3)	571.3	(19.6)
(%)				(86.8)		(11.8)		(1.4)		(100.0)

[a]これらの値の算定については“方法”参照。

表21　岩木川流域の農耕地の各種作物の作付面積，収穫量，施肥量とそれらのT-N T-Pの含量（平成９～13年の平均値）[a]

		水田	野菜畑	雑穀畑	牧草畑[b]	畑地合計[c]	りんご園[d]	合計	畑地(雑穀, 野菜, 牧草)の加重平均値
作付面積(km^2)		324	48	35	17	100	196	619	
平均収穫(出荷)量/面積(kg/10a)		621	1,660	122	2,918	4,701	2,075	7,397	
収穫(出荷)量(t/yr)		201,048	79,156	4,228	50,697	134,081	405,681	740,810	
平均施肥量/面積(kg/10a)	窒素	8.8	16.3	4.6	22.5	43.4	10.4		13.2
	リン酸	12.8	21.2	12.1	16.0	49.3	8.3		17.1
総施肥量(t/yr)	T-N	2,847	776	159	391	1,326	2,040	6,213	
	T-P	1,810	441	184	121	746	709	3,265	

[a]算定は“方法”を参照。
[b]牧草地に水耕田を採草地に転換したものその他を加えた値。
[c]畑地合計は野菜畑，雑穀畑・牧草畑の合計。
[d]りんご園では，果実に加えて剪定枝が園外に排出され，多くの場合に焼却されるので収穫量に加えた。

で，この場合のT-NとT-Pの量を考慮にいれた。

水田（作付け面積，324 km^2）においては，年間に降雨，施肥そして農業用水によって供給されたT-NとT-Pの総量はそれぞれ3,669と1,909 t/yr（図９）であり，その内，収穫物と共に持ち出された量はそれぞれ2,187と583 t/yrであった。そして，T-NとT-Pはそれぞれ763と87 t/yrが水田から河川への負荷量となり，残り719と1,239 t/yrが水田に蓄積した。

この流域で農業用水が大量に不足するために農業用水の反復利用が活発に行われている西津軽地区では，必要水量の20％が反復利用水である（農林水産省津軽農業水利事務所からの私信）。しかし，この地域以外では，反復利用水量は少ないと考えられる。一方において，“方法”で述べたように農業用水と共に供給されるT-NとT-P量はそれぞれの総供給量の11と４％であった（図９）。従って，反復利用の際に農業用水の再循環によって水田へ再供給されるT-NとT-P量は農業用水に供給される量より更に少ないと考え，水田におけるT-NとT-P量の収支には考慮しなかった。

畑地（作付け面積，100 km^2）では，降雨と施肥によっ

表22　岩木川流域の耕地から収穫（出荷）した各種農作物中の T-N と T-P 含量（平成 9 〜13年の平均値）[a]

	水田	野菜畑	雑穀畑	牧草畑	畑地合計[b]	りんご園	合計
T-N量(t/yr)	2,187	123	140	203	467	353	3,007
T-P量(t/yr)	583	20	18	5	44	162	789

[a]算出方法は“ 方法 ”を参照。
[b]畑地合計は野菜畑・雑穀畑・牧草畑の合計。

表23　岩木川流域から年間出荷された家畜と畜産物の T-N，T-P 含量（平成 9 〜13年の平均値）[a]

	牛合計	豚合計	廃鶏	合計	生乳	鶏卵	合計	総計
T-N(t/yr)	93	77	19	189	14	144	158	347
T-P(t/yr)	31	26	6	63	2	16	18	81

[a]算定方法については“ 方法 ”参照。

表24　岩木川流域で飼養された各家畜の年間排泄物中の T-N，T-P 含量（平成 9 〜13年の平均値）[a]

	乳用牛	肉用牛	豚	合計	採卵鶏	総計
T-N(t/yr)	26	311	484	820	395	1,215
T-P(t/yr)	4	33	126	163	68	231

[a]算定方法は“ 方法 ”を参照。

表25　岩木川流域内における，し尿と雑排水中の T-N と T-P の総排出量・処理量・河川放出量（平成 9 〜13年の平均値）[a]

T-N	処理内容	処理人口		総排出量		処理量		河川放出量	
		(10^3人)	(%)	(t/yr)	(%)	(t/yr)	(%)	(t/yr)	(%)
公共下水道処理[b]	尿，雑排水	212	(44)	791	(100)	380	(48)	411	(52)
総合併浄化槽処理[b]	尿，雑排水	40	(8)	150	(100)	60	(40)	90	(60)
単独浄化槽処理（し尿）[c]	し尿のみ	129	(26)	478	(100)	202	(23)	277	(78)
計		381	(78)	1,420	(100)	642	(45)	777	(55)
単独浄化槽処理（雑排水）[c]	無し	〔129〕		478	(100)	0	(0)	478	(100)
その他（汲み取り）[d]	無し	107	(22)	399	(100)	0	(0)	399	(100)
計		〔236〕		877	(100)	0	(0)	877	(100)
合計		488	(100)	2,297	(100)	643	(28)	1,654	(72)
T-P		処理人口		総排出量		処理量		河川放出量	
		(10^3人)	(%)	(t/yr)	(%)	(t/yr)	(%)	(t/yr)	(%)
公共下水道処理[b]	尿，雑排水	212	(44)	101	(100)	74	(74)	27	(26)
総合併浄化槽処理[b]	尿，雑排水	40	(8)	19	(100)	10	(52)	9	(49)
単独浄化槽処理（し尿）[c]	し尿のみ	129	(26)	61	(100)	31	(21)	30	(79)
計		381	(78)	181	(100)	116	(64)	65	(36)
単独浄化槽処理（雑排水）[c]	無し	〔129〕		61	(100)	0	(0)	61	(100)
その他（汲み取り）[d]	無し	107	(22)	51	(100)	0	(0)	51	(100)
計		〔236〕		112	(100)	0	(0)	112	(100)
合計		488	(100)	293	(100)	116	(39)	177	(61)

[a]算定方法は“ 方法 ”を参照。
[b]公共下水道処理と合併浄化槽処理においてはし尿と雑排水の両者が処理される。
[c]単独浄化槽処理においてはし尿のみが処理され，雑排水は処理されない。
[d]汲み取り（計画収集）では，し尿は直接処理場へ運ばれ，雑排水は処理されない。

て供給される T-N と T-P の総量はそれぞれ 1,398 と 749 t/yr で有り，その内で，収穫（出荷）物と共に流域外に排出される量はそれぞれ 467 と 44 t/yr であった（図 9 ）。結果として，T-N の 398 t/yr と T-P の 52 t/yr が地下浸透を通じた河川への負荷量となり，残りのそれぞれ 533 と 653 t/yr が畑地に蓄積した（図 9 ）。

りんご園（作付け面積，196 km^2）では，降雨と施肥によって供給された T-N と T-P の量はそれぞれ 2,264 と 719 t/yr で有り，その内の収穫物及び剪定枝として園外に持ち出された量はそれぞれ 353 と 162 t/yr であった（図 9 ）。T-N と T-P のそれぞれ 612 と 50 t/yr が地下浸透によって河川への負荷量となり，残りの 1,299 と 507 t/yr がりんご園に蓄積した（図 9 ）。

流域内の全農耕地への降雨，施肥その他によって供給

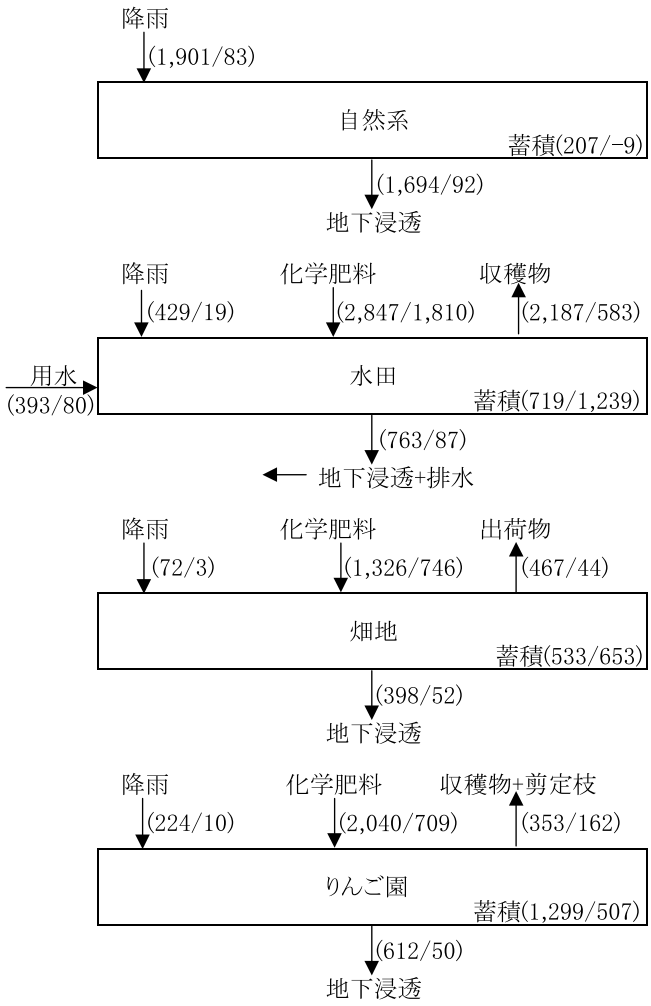


図 9　自然系と農耕地系（水田・畑地・りんご園その他）における年間の T−N と T−P 収支（t/yr, 平成 9 〜 13 年の平均値）畑地には水田転作した雑穀畑と牧草畑を含む。りんご園にはその他の果樹園も含む。

された T−N と T−P の総量はそれぞれ 7,331 と 3,377 t/yr であった（表 26 − 2）。その内で，化学肥料施肥による部分は総供給量のそれぞれ 85 と 97 %であった。また，収穫（出荷）物その他と共に流域外に移出された T−N と T−P の量はそれぞれ 3,007 と 789 t/yr であった（表 26 − 2）。これらの流域外への移出量は総供給量のそれぞれ 41 と 23 %であった。その結果として，全農耕地から河川への T−N と T−P の総負荷量はそれぞれ 1,773 と 189 t/yr であり，農耕地への蓄積量はそれぞれ 2,551 と 2,399 t/yr であった。

5）岩木川流域の畜産系における T−N と T−P の収支

岩木川流域から牛 4,242 頭と豚 36,779 頭及び牛乳 2,701 ton と鶏卵 8,726 ton が年間に出荷された（表 15）。これらの出荷された家畜の生体と畜産物の T−N と T−P の総含量はそれぞれ 347 と 81 ton であった（表 23）。流域における家畜の年間飼養頭数は牛 6,402 頭，豚 37,100 頭と鶏 371×10^3 羽である（表 19）。これらの家畜の年間排泄物中の T−N と T−P の総含量は 1,215 と 231 t/yr であった（表 24）。この流域から出荷された家畜の生体内と畜産物に含まれていた T−N と T−P の量と年間に飼養された全家畜の排泄物中の T−N と T−P の合計量がこの流域で家畜が年間に消費した飼料中に含まれていた T−N と T−P 量に等しいと仮定した。流域内の畜産系の年間の T−N と T−P の収支を図 10 に示す。畜産系では，飼料として T−N と T−P がそれぞれ 1,562 と 312 t/yr 供給され，その内それぞれ 347 と 81 t/yr が家畜および畜産物として流域外へ出荷された。残りの T−N と T−P それぞれ 1,215 と 231 t/yr が河川への負荷量と算定された（図 10，表 26 − 2）。この場合，畜舎からの排水で地下浸透したものとふん尿で畑地へ還元された量は考慮されていない。

6）岩木川流域の生活系における年間の T−N と T−P の収支

生活系から発生するふん尿と雑排水等の生活汚水中の T−N と T−P の負荷量については，下水道普及率に示された処理人口（表 3），生活汚水から発生する T−N と T−P の負荷単位（表 4），公共下水処理後の T−N と T−P の負荷量（表 5）そして各種浄化槽からの排出 T−N と T−P の

表26－１　流域内の T-N と T-P の収支～各系寄与度

	T-N			T-P		
	(t/yr)	(%)	(%)	(t/yr)	(%)	(%)
流域内への供給量						
降雨による	2,626	(20)		115	(3)	
化学肥料	6,213	(47)		3,265	(80)	
農業用水	393	(3)		80	(2)	
家畜飼料	1,562	(12)		312	(8)	
生活汚水	2,297	(18)		293	(7)	
計	13,091	(100)	(100)	4,065	(100)	(100)
流域外への出荷・移出量						
作物の収穫（出荷）量	2,187	(54)		583	(59)	
野菜の出荷量	467	(12)		44	(4)	
りんご（剪定枝含む）収穫量	353	(9)		162	(16)	
家畜・畜産物出荷	347	(9)		81	(8)	
生活汚水の処理	643	(16)		116	(12)	
計	3,997	(100)	(31)	986	(100)	(30)
流域内への蓄積量						
自然系	207	(8)		－9	(0)	
水田	719	(26)		1,239	(51)	
畑地	533	(19)		653	(28)	
りんご園その他	1,299	(47)		507	(21)	
計	2,758	(100)	(21)	2,390	(100)	(22)
河川への負荷量						
自然系から（地下浸透）	1,694	(27)		92	(13)	
水田から（地下浸透＋排水）	763	(12)		87	(13)	
畑地から（地下浸透）	398	(6)		52	(8)	
りんご園その他から（地下浸透）	612	(10)		50	(7)	
生活系から（放出）	1,654	(26)		177	(26)	
畜産系から（排水）	1,215	(19)		231	(34)	
計	6,336	(100)	(48)	689	(100)	(44)

負荷量（表６）から算定した。流域内の生活系からの T-N と T-P の総排出量はそれぞれ 2,297 と 293 t/yr であった（表25, 図10）。但し, 岩木川浄化センターと弘前市下水処理場では，両施設に流入した汚水中の T-N と T-P の量の測定値を排出量に用いた。公共下水処理場その他によって処理後に流域外へ排出された T-N と T-P の量はそれぞれ643と116 t/yrであった（図10，表26－２）。従って，T-N と T-P の総排出量のそれぞれ28と40％のみが処理され残りそれぞれ72と60％が河川への負荷量と算定された。

考　　察

1）岩木川流域における河川への T-N と T-P の負荷の各構成要素の算定についての検討

本研究においては, 岩木川流域における河川への T-N と T-P の負荷量を二つの方法で算定した。①の方法は, 岩木川流域内の各河川口部である十三湖へ流出した岩木川と支流およびその他の河川からの T-N と T-P の総流出量を流域全体の河川負荷量とした。②の方法では，流域内の自然系，農耕地系，畜産系そして生活系におけるそれぞれの T-N と T-P の収支を算定し，その結果から各系からの河川への総負荷量を求め，流域全体の T-N と T-P の河川負荷量を算定した。

①の方法で算定した岩木川流域の河口への T-N の河川負荷量と②の方法で算定した流域内の各系での T-N 収支からの算定した河川負荷量と間には大きな差がなかった（表26－１，－２）。しかし, 前者の方法で算定した T-P 量の河川負荷量は後者の方法で算定した値の 31％であった。この後者の方法では，農耕地系から河川への T-P の負荷量を算定するのに溶脱率を用いた。この場合の T-P の溶脱率は，T-N のそれに比べて極めて低い値であった（表14）。この理由として，リンの土壌への吸着が極めて大きいことが一つの原因である。しかし，後で述べるように，本流域のような多雪地帯での融雪時期には大量の河川流出に伴った，自然系と農耕地系の地表面からリンの吸着していた土壌の多量流出がある（図６，７）。この場合, 地表面から流出した汚濁物質の中の T-N に含まれる無機体と有機体の窒素の多くは測定されたと考えられる。しかし，同時に流出した土壌に結合

表26－2　岩木川流域内の各系における T-N と T-P の収支（平成9～13年の平均値）

		T-N				T-P			
		(t/yr)	(%)	(%)	(%)	(t/yr)	(%)	(%)	(%)
自然系	供給量	1,901	(100)	(15)		83	(100)	(2)	
	蓄積量	207	(11)			−9	(−11)		
	河川への負荷量	1,694	(89)		(27)	92	(111)		(13)
農耕地系	供給量	7,331	(100)	(56)		3,377	(100)	(83)	
	収穫（出荷量）	3,007	(41)			789	(23)		
	蓄積量	2,551	(35)			2,399	(71)		
	河川への負荷量	1,773	(24)		(28)	189	(6)		(27)
畜産系	供給量	1,562	(100)	(12)		312	(100)	(8)	
	出荷量	347	(22)			81	(26)		
	河川への負荷量	1,215	(78)		(19)	231	(74)		(34)
生活系	供給量	2,297	(100)	(18)		293	(100)	(7)	
	処理量	643	(28)			116	(40)		
	河川への負荷量	1,654	(72)		(26)	177	(60)		(26)
産業系		?				?			
合計	流域への供給量	13,091	(100)	(100)		4,065	(100)	(100)	
	流域外への出荷移出量	3,997	(31)			986	(24)		
	流域内への蓄積量	2,758	(21)			2,390	(59)		
	河川への負荷量	6,336	(48)		(100)	689	(17)		(100)
流域河口十三湖への総流出量（負荷実測値）		5,249				2,270			

表27　岩木川浄化センターと弘前市下水処理場への流入 T-N と T-P 量と処理人口から算定したそれらの値[a]

	処理人口		処理人口から算定した流入負荷量		実際の流入負荷量	
	(人)		(t/yr)	(%)	(t/yr)	(%)
岩木川浄化センター	149,920	T-N	558	(100)	783	(140)
		T-P	71	(100)	98	(138)
弘前市下水処理場	44,560	T-N	166	(100)	489	(295)
		T-P	21	(100)	67	(319)

[a]算定方法は“方法”を参照。

したリンの一部は測定されず，測定されたT-P量に含まれていなかった可能性がある。本研究で用いた溶脱率ではこの点を十分に考慮しなかったことが②の方法で算定したT-Pの河川負荷量が低かった原因と考えられる。

②の方法では，河川負荷量を岩木川本流とその他の河川の河口部へ流出する川水の水質と流量の年間実測値を基礎に算定した。この方法における主要な問題点は，1) 水質測定が月一回あるいは2ヶ月に一回であり，河川での水質の変動を十分に捉えていなかった可能性，2) 各河川での汚濁物質の流下過程における流達率を100％と仮定したこと，および3) 流域内の各系，特に自然系と農耕地系から地下浸透したT-NとT-Pの全量が各河川の河口までの間に河川へ全て流出すると仮定したことである。

各系から河川へ流出した汚濁物質がその流下過程で，沈殿，堆積，土壌吸着，酸化分解そして植物に吸収されるなどによって，流達率は低下することが知られている。しかし，岩木川本流とその支流およびその他の河川には，流達率を低下させる主要因となるような汚濁物質の沈殿，堆積，土壌吸着，酸化分解，植物による吸収が活発に行なわれている沼などはダム以外に殆ど存在しない。また，融雪期には大量の河川流出によって，河岸や河床に沈殿，堆積，土壌吸着されていた汚濁物質の多くが再び流出し，年間の水質測定においては，これらに含まれていたT-NとT-Pの多くが測定されたと考えられる。しかし，先に述べたように，この再流出した汚濁物資中の特にT-Pの一部が不溶性の物質になった場合には，水質調査時に測定されにくかった場合も考えられる。

一方，農耕地へ施肥され地下浸透したT-N成分は比較的浅い地層から周囲の河川へ流出すると考えられている。しかし，この考え方がこの流域においてどの程度当てはまるかは検討できなかった。

②の方法では，流域内の各系へ供給されたT-Nと T-Pの一部が系内に蓄積されるか収穫（出荷）物として系から移出されるがその他の部分は地下浸透あるいは地

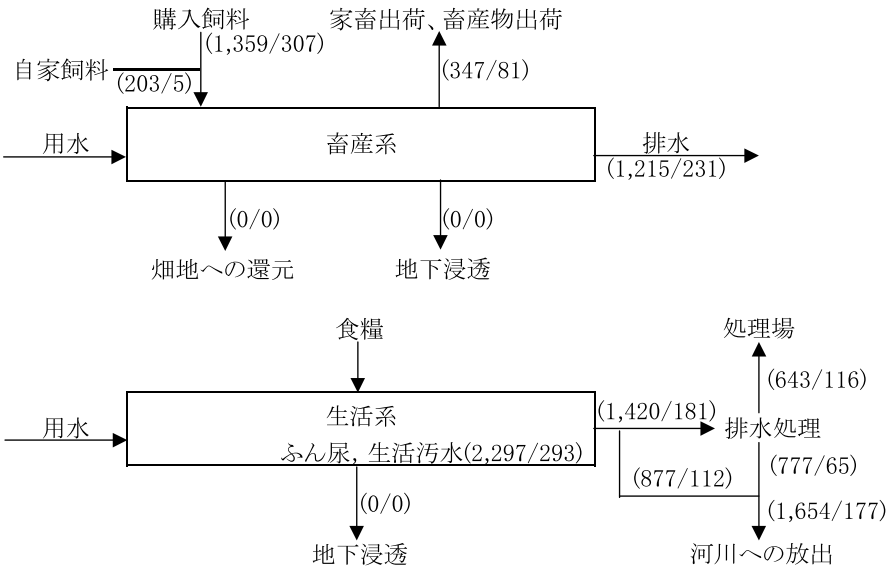


図10　畜産系と生活系における年間のＴ-Ｎ と Ｔ-Ｐ の収支（t/yr, 平成９～13年の平均値）畜産系でのＴ-Ｎ と Ｔ-Ｐ 量の収支においては系からの排水で地下浸透されたものと畑地へ還元されたものは考慮されてない。自家飼料とは流域内の牧草畑で生産された飼料（表21）である。生活系でのＴ-Ｎ と Ｔ-Ｐ 収支計算は岩木川流域内の処理人口当たりのふん尿と生活汚水量を元に計算した（“ 方法 ”を参照）。実際の下水処理過程では，生活系の汚水以外に営業系とそのたの事業からの汚水が含まれている（本文参照）。

表面流出によって系外へ排出されることをＴ-ＮとＴ-Ｐの収支計算の基礎としている。このＴ-ＮとＴ-Ｐの収支計算では，自然系と農耕地系に供給されたＴ-ＮとＴ-Ｐの系内での蓄積量と地下浸透および表面流出による河川負荷量との関係すなわち溶脱率が重要な要素である。作物栽培を目的とした大量の化学肥料の施肥が行われる農耕地系では，特にこの溶脱率が問題である。一方，自然系と農耕地系の畑地での溶脱率においては，地表面流出するＴ-ＮとＴ-Ｐの量は一般に考慮されない。しかし，大量の降雨時には，一時的に，表面流出するＴ-ＮとＴ-Ｐ量が極めて大きいことが知られている。また，岩木川流域は多雪地帯であり，冬季に自然系と農耕地系に大量に堆積した雪は融雪期には短期間に大量に表面流出する。この現象は図７と８において，４月を中心に岩木川本流とその支流の流量が一時的に大きく増加する事からも明らかである。この時期の河川のＴ-ＮとＴ-Ｐの濃度は殆ど他の季節と変わらず安定し低かった。しかし，河川流量とＴ-ＮとＴ-Ｐの濃度との積であるＴ-ＮとＴ-Ｐ流出量は極端に増加した（図７と８）。従って，②の方法では，岩木川流域の自然系と農耕地系におけるＴ-ＮとＴ-Ｐの収支計算に用いる溶脱率は，融雪期の地表面からのＴ-ＮとＴ-Ｐの流出を考慮する必要があった。特に，Ｔ-Ｐの流出においては，この点が重要であると考えられる。

２）岩木川流域におけるＴ-Ｎ収支と河川負荷

“ 考察 ”の１）で述べたように，①と②の方法で算定した岩木川流域でのＴ-Ｎの河川負荷量に大きな差異が認められなかった。従って，Ｔ-Ｎ収支の算定結果が流域の人間活動の実態をより明確に反映していると考え，この項では岩木川流域におけるＴ-Ｎの河川負荷のみを考察する。

岩木川流域に供給された総Ｔ-Ｎ量は 13,091 t/yr であった（表26－１）。その内の47％が農耕地系への化学肥料施肥，18％が生活系からの生活汚水等，20％が流域全体への降雨，そして12％が家畜飼料の供給に基づいていた（表26－1）。流域に供給された総Ｔ-Ｎ量の31％（3,997 t/yr）が流域外へ移出された。その内の75％が作物，野菜，りんご等の収穫（出荷），16％が生活汚水処理，そして残りの９％が家畜と畜産物の出荷の際の流域外への移出による。また，流域に供給された総Ｔ-Ｎ量の21％（2,758 t/yr）が農耕地系に蓄積した。その内の47％がりんご園，19％が畑地，26％が水田，そして残りの８％が自然系へ蓄積した。以上の結果として，流域に供給された総Ｔ-Ｎ量の残り48％（6,336 t/yr）が河川への負荷量となった。この内の28％が農耕系へ施肥された化学肥料，27％が流域への降雨，26％が生活系からの生活汚水，そして残り19％が畜産系からの排水のＴ-Ｎに基づいていた。従って，岩木川流域におけるＴ-Ｎの河川負荷への人間活動関与は全体の74％であった。

農耕地系では，Ｔ-Ｎ量で7,331 t/yrの化学肥料その他が施肥された（表26－２）。その内の41％が収穫（出荷）物に取り込まれ流域外に移出されたが，同時にこの量にほぼ等しい35％のＴ-Ｎが農耕地系に蓄積された。この結果は，現在行われている農作物生産方法においては，流域へ移入された化学肥料施肥に基づく大量のＴ-Ｎの農耕地系土壌への蓄積（すなわち土壌汚染）を伴うことを示している。

この流域における単独浄化槽処理を除いた下水処理等の普及率は52％にすぎない（表3）。また，生活汚水等が下水処理（公共下水道，合併浄化槽）された場合でも流域外へ除去されるT－N量は処理量の45％にすぎない（図10）。従って，生活系その他からの汚水の総T－N量の72％もが河川へ負荷されている（表26－2）。以上の結果から，流域における下水道等の普及率を高めると同時に下水処理方法の効率化が必要であろう。

また，畜産系においては，飼料によって供給されたT－N料の22％のみが出荷される家畜あるいは畜産物中のT－Nとして流域外へ移出された（表26－2）。そして，残りの78％が河川への負荷量となった。全国的に見ても現在の畜産業における飼料の自給率は極めて低く，このことは岩木川流域の畜産においても同様であると考えられる。従って，この流域での畜産業も流域外から大量に供給された飼料の消費による河川へのT－N負荷の大きな産業といえよう。

3）その他の考察

澤田ら（26）の算定した平成2－6年までの5年間平均の農業用取水量は今回の算定量の1.5倍の736×10^6 m^3/yrであった。前回の算定に用いた資料は個々に収集したために，頭首工と揚水機による取水量に重複していた部分がある可能性がある。今回は，農業用水施設を管理している青森県農林水産部農村整備課からの資料を用いたことから，前回の算定量に比べより精度高いと考えられる。

岩木川流域で生産されたあるいは流域外から移入された農産物や海産物の流域内での消費の際のT－NとT－Pの河川への負荷量は個別に考慮しなかった。しかし，流域内でのこれら食糧の消費後の生活汚水中のT－NとT－Pの河川への負荷量は考慮した。

岩木川流域におけるT－NとT－Pの収支の算定においては，畜産以外の工業その他の産業系は規模が小さく，また，大量の汚濁物質を排出している事業についての資料が得られなかったことから，特に考慮しなかった。しかし，この点については，再検討する必要があるだろう。各種営業および事業系からの汚水の排出についても，算定に必要な基礎資料が得られなかったので，個別に算定しなかった。

一方，この流域にある大型下水処理施設の岩木川浄化センターと弘前市下水処理場では，これらの施設へ流入される汚水中に含まれるT－NとT－P量の測定を行っている。両処理施設の処理人口と生活汚水から発生するT－NとT－Pの負荷単位から算定した処理人口当たりの処理T－NとT－P量と実際の流入T－NとT－P量を表27に示した。岩木川浄化センターでは，前者のT－N量は後者の140％であり，弘前市下水処理場では，前者のT－N量は後者の295％に達した。この結果は，両施設では生活汚水以外の営業および事業系からの汚水も処理されていることを示している。特に下水道処理場では，人口密度の高い商業都で行われている多くの営業と事業系からの汚水が大量処理されていることを示していると考えられる。

謝　辞

本研究をまとめるにあたり，資料の提供および水収支とT－NとT－Pの収支に関する適切な御助言を頂いた国土交通省東北地方整備局青森工事事務所調査第一課，農林水産省津軽農業水利事業所，青森県農林水産部農村整備課，同部畜産課，土木部下水道課，同部県土整備部整備企画課，企画振興部統計情報課，環境生活部環境政策課，同部生活衛生交通安全課，健康福祉部薬務衛生課，青森県農業試験場環境部，青森県りんご試験場，青森県畜産試験場等の関係者の皆さん，岐阜大学流域環境研究センターの小泉博氏，北里大学獣医畜産学部の杉浦俊弘氏，馬場光久氏，そして本学農学生命科学部の工藤明氏と斉藤寛氏に感謝します。

引　用　文　献

1. 青森県環境生活部生活衛生・交通安全課編：青森県の水道，28－33頁，青森県環境生活部生活衛生･交通安全課，青森，2000.
2. 青森県環境生活部環境政策課編：県下の下水道普及率（内部資料），青森県環境生活部環境政策課，青森，2002.
3. 青森県環境生活部環境政策課編：平成9－13年度公共用水域及び地下水の水質測定結果，青森県環境生活部環境政策課，青森，1997－2001.
4. 青森県企画振興部統計情報課編：青森県人口移動調査（内部資料），青森県企画振興部統計情報課，青森，2002.
5. 青森県企画振興部統計情報課編：平成9－12年度青森県の工業，青森県企画振興部統計情報課，青森，1997－2001.
6. 青森県経済農業協同組合連合会編：くみあい肥料ガイドブック　第九版，p. 353－373，青森県経済農業協同組合連合会，青森，1998.
7. 青森県土木部下水道課編：平成9－13年度下水処理場全窒素・全リン測定結果（内部資料），青森県土木部下水道課，青森，1997－2001.
8. 青森県県土整備部整備企画課編：平成9－13年度土地利用現況把握調査（内部資料），青森県県土整備部整備企画課，青森，1997－2001.
9. 青森県農業試験場編：町村別水田の整備率（内部資料），青森県農業試験場，黒石，1999.
10. 青森県農業試験場編：平成12年度土壌保全対策事業成績抄録（内部資料），青森県農業試験場，黒石，2000.
11. 青森県農業試験場編：平成13年度土壌保全対策事業成績抄録（内部資料），青森県農業試験場，黒石，2001.
12. 青森県農林水産部水田対策課編：稲作改善指導要項，p. 14－15，青森県農林水産部水田対策課，青森，2000.
13. 青森県農林水産部畜産課編：家畜の出荷時の平均体重（内部資料），青森林水産部畜産課，青森，2003.
14. 青森県農林水産部畜産課編：平成9－13年度主要家畜市町村別使用戸数・羽数（内部資料），青森県農林水産部畜産課，青森，1997－2000.
15. 青森県農林水産部畜産課編：平成9－13年度主要家畜肥育出荷頭数（内部資料），青森県農林水産部畜産課，青

森，1997−2000.
16. 青森県農林水産部農産園芸課編：やさい栽培の手引き，p. 1−508，青森県農林水産部農産園芸課，青森，2003.
17. 青森県農林水産部農産園芸課編：平成 13 年りんご生産指導要項，p. 237 − 245，青森県農林水産部農産園芸課，青森，2001.
18. 青森県農林水産部農村整備課編：平成 9 − 12 年度岩木川水系取水実績（内部資料），青森県農林水産部農村整備課，青森，1997−2001.
19. 青森県りんご試験場編：施肥．青森県りんご試験場 50 年史，p. 453−569，青森県りんご試験場，黒石，1981.
20. 青森県りんご試験場編：平成 14 年度寒冷地果樹課題別研究会資料（内部資料），青森県りんご試験場，黒石，2002.
21. 香川芳子監修：五訂食品成分表 2003, p. 1−229，女子栄養大学出版部，東京，2004.
22. 椹根　勇：Penman の蒸発散式の図的解法と水収支計算の応用について．水利科学　9：61−68，1965。
23. 国土交通省東北地方整備局編：平成 14 年度東北地方一級河川の水質現況（内部資料），国土交通省東北地方整備局，仙台，2003.
24. 国土地理院編：全国都道府県市町村別面積調査，No. 5916, p.8−16，東京，2003.
25. 斉藤　寛：りんごの樹体生長・収量および果実品質におよぼす窒素多肥の影響，弘前大学農学部学術報告　58：198−314，1995.
26. 澤田信一・古川　洋・佐藤大輔：岩木川流域の水収支への人間活動の影響．環境科学会誌　12：171−183，1999.
27. 田淵俊雄・高村義親：集水域からの窒素・リンの流出，p. 34−83，東京大学出版会，東京，1985.
28. 畜産環境整備機構編：実畜ふん尿処理・利用の手引き，p. 3−6，畜産環境整備機構，東京，1993.
29. 東北農政局編：岩木川水系関連農業開発事業概要図（内部資料），東北農政局，青森，1979.
30. 東北農政局青森統計情報事務所編：第 44 − 48 次青森農林水産統計年報，平成 9 〜 13 年度農作物統計，青森農林統計協会，青森，1997 − 2002.
31. 東北農政局青森統計情報事務所編：第 44 − 48 次青森農林水産統計年報，平成 9 〜 13 年度園芸作物統計，青森農林統計協会，青森，1997 − 2002.
32. 日本下水道協会編：流域別下水道整備総合計画調査指針と解説，p. 31−83，日本下水道協会，東京，1999.
33. 水環境工学編集委員会編：人と自然の水環境を目指して，p. 92, 農業土木学会，東京，1999.
34. 村岡浩爾・国松孝男編：河川汚濁のモデル解析，p. 29−61，技報堂出版，東京，2002.
35. 半谷高久監修・大竹千代子編：日本環境図譜, p. 161, 共立出版，東京，1978.

Utilization of water and loading of environmental pollutants to river in the Iwaki river basin

Shinichi SAWADA[*1], Takashi IGUCHI[*2], Kazuhiko KASAI[*3] and Minobu KASAI[*1]

[*1]*Department of Biofunctional Science, Faculty of Agriculture and Life Science*
[*2]*Department of Electronic and Information System Engineering, Faculty of Science and Engineering, Hirosaki University, Hirosaki 036-8561, Japan*
[*3]*Environmental Engineering Company, Hirosaki 036-8084, Japan*

SUMMARY

The Iwaki river basin is occupied with 1,424 km^2 of forest area, 718 km^2 of farming land, of which 59, 31 and 8% are paddy fields, apple fields and upland fields, respectively, and 445 km^2 of others (rivers, roads and town areas). In this basin, inhabitants of 476×10^3 live and stockbreedings, which raise cattles of 6×10^3, pigs of 37×10^3 and chickens of 371×10^3, exist, while any industry, which is markedly discharging waste, does not exist. The annual precipitation (P) evapotranspiration (Ep) and runoff (R = P − EP) averaged for 5 years from 1997 to 2001 were estimated as 4,078, 1,157 and $2,921\times10^6$ m^3, respectively. The utilization of water was estimated as 571×10^6 m^3 of the runoff, of which 87, 12 and 1% were utilized for rice cultivation, human life and industries. Total nitrogen (T−N) budgets in the basin were estimated for nature (forest, uncultivated plain and others), farming, life and stockbreeding systems. The T−N introduced from other parts to the basin was estimated as 13,091 t/yr, of which 47, 20, 18 and 12% were supplied as industrial fertilizers given into the farming system and rainfall on nature and farming systems and waste discharged from life and stockbreeding systems, respectively. The T−N of 3,997 t/yr was removed again from the basin with the shipment of agricultural products from the farming system (75%) and stockbreeding products from its system (9%) and by sewage treatment of the waste from life system (16%). The T−N of 2,758 t/yr was accumulated the nature and farming systems. The rates of the accumulation in soil of the nature, paddy fields, upland fields and apple fields were 8, 26, 19 and 47%, respectively. The loading of T−N 6,336 t/yr to the Iwaki and other small rivers in the basin area was estimated to be resulted from surface and penetration runoff of industrial fertilizers given to farming system (28%) and rainfall on nature system (27%) and the waste discharged from life (26%) and stockbreeding (19%) systems.

Bull. Fac. Agric. & Life Sci. Hirosaki Univ. No. 6 : 18−39, 2003

アロザイム変異からみたキュウリウオ科の遺伝的分化

松　岡　教　理[*1]・北　野　　誉[*2]

[*1] 弘前大学農学生命科学部分子進化学研究室
[*2] 弘前大学大学院理学研究科

（2003年10月6日受付）

序　　論

サケ目・サケ亜目に分類されているキュウリウオ科魚類（Osmeridae）は，野菜のキュウリのような香りがすることからキュウリウオ科と呼称されている。本科は北半球の淡水・汽水・海水域に広く分布しており，生活史も淡水または海水域にとどまる種から，河川と海水域を回遊する種まで実に多様性に富んでいる。これらの分類群は比較的集団サイズが大きいため従来から漁獲量が多く，日本では重要な水産資源である。特に近年，ワカサギは日本各地の湖沼で盛んに養殖されており，食用魚また釣りの対象魚として広く知られている種である（Fig. 1）。

本研究で系統類縁関係を調査したキュウリウオ科は日本近海産の普通種4属5種である。すなわちキュウリウオ属のキュウリウオ（*Osmerus eperlanus mordax*），ワカサギ属のワカサギ（*Hypomesus transpacificus nipponensis*），チカ（*Hypomesus pretious japonicus*），シシャモ属のシシャモ（*Spirinchus lanceolatus*），カラフトシシャモ属のカラフトシシャモ（カペリン）（*Mallotus villosus*）である。キュウリウオは，北海道の太平洋岸と噴火湾およびオホーツク海沿岸に分布している。国外では，朝鮮半島以北のアジア大陸沿岸から，カムチャッカ，アラスカ，さらにカナダの太平洋および大西洋沿岸に広く分布している。北アメリカ東部では，淡水性の系統が普通に見られる。これら陸封性のキュウリウオは5大湖地方に移殖され漁業的にも成功している。カラフトシシャモ（カペリン）は北太平洋，北極海，北大西洋の沿岸から沖合に広く分布している。ワカサギは，国内では，北海道と島根県以北の本州に自然分布しているが，一般に太平洋側には少ない。しかし，前述のように現在では全国的に広範囲に移殖されている。国外では北アメリカのカリフォルニア州に分布している。チカは北海道沿岸から，陸奥湾，三陸海岸まで，東北地方の日本海側には分布していない。国外では，アジア大陸のアヤンから朝鮮半島の元山まで，サハリンとカムチャッカ半島のペトロパブロフスクから千島列島沿いにかけて広く分布している。一方，シシャモは世界中で北海道の太平洋東南海域にのみ分布している日本固有種（Japanese endemic species）である。なお，シシャモの名称で市場に広く流通している種は大半がカラフトシシャモ（カペリン）であり，日本固有種のシシャモはほとんど見られないのが現状である。これと比較してカラフトシシャモ（カペリン）は，ヨーロッパ北部やカナダでは重要な水産資源となっている。これら2種（シシャモ，カラフトシシャモ）は，外部形態が酷似しているが，2種の分子レベルからみた遺伝的分化に関しては，すでに報告した（北野・松岡・棚橋・疋田，1996）。

キュウリウオ科は，従来より水産学上重要視されてきたため，形態学に立脚した系統分類学的研究は多くの研究者により報告されてきた（Chapman，1941；Klyukanov，1975；Howes and Sanford，1987；Begle，1991；Wilson and Williams，1991）。また，近年では，ミトコンドリアDNA（mtDNA）や制限酵素断片長多型（RFLP）分析による分子レベルからの研究もいくつか報告されている（Baby *et al.*，1991；Dodson *et al.*，1991；Taylor and Bentzen，1993）。しかし，キュウリウオ科の属間の系統類縁関係に関しては，形態レベルの研究では，未だ一致した見解が得られておらず，分子系統学的研究も報告例が極めて少ないのが現状である。著者らは，日本近海に広く分布するキュウリウオ科4属5種（キュウリウオ・ワカサギ・チカ・カラフトシシャモ・シシャモ）の系統類縁関係をアロザイム分析により調査したので，その結果について報告する。

材料および方法

材料

本研究で調査したキュウリウオ科4属5種と，これらの外群として採用したサケ科サケ属のヤマメの分類学的位置，学名，略称，採集地，採集年月日，分析個体数（N），

[*1] 別刷請求先：〒036－8561　弘前市文京町3　弘前大学農学生命科学部　分子進化学研究室・松岡教理
[*2] 現所属：国立遺伝学研究所　集団遺伝部門

Fig. 1. *Hypomesus transpacificus nipponensis*（wakasagi in Japanese）of the family Osmeridae from Japan.

Table 1. Taxonomic status of Japanese osmerid species. *Oncorhynchus masou masou* was used as the outgroup.

Family	Genus	Species	Abbr.
Osmeridae	*Hypomesus*	*H. transpacificus nipponensis* McAllister*	*Htn*
		H. olidus（Pallas）	
		H. pretiosus japonicus（Brevoort）*	*Hpj*
	Spirinchus	*Sp. lanceolatus*（Hikita）*	*Spl*
	Mallotus	*M. villosus*（Muller）*	*Mv*
	Osmerus	*Os. eperlanus mordax*（Mitchill）*	*Osem*
Salmonidae	*Oncorhynchus*	*On. masou masou*（Brevoort）*	*Onma*

The six species examined in this study are marked（*）.

Table 2. Sampling locality, sampling date, number of individuals（N）, total length（TL ; cm）, standard lengh（SL ; cm）, and body weight（BW ; g）for five osmerid species and *Oncorhynchus masou masou* examained in this study.

Species	Locality	Date	N	TL(cm)	SL(cm)	BW(g)
Htn	Lake Ogawara, Aomori Pref.	May 11, 1993	12	9.8±0.31	8.6±0.28	6.2±0.66
Hpj	market in Hirosaki, Aomori Pref.	Jul. 4, 1995	11	15.2±0.22	13.3±0.21	24.8±1.37
Spl	Mukawa River, Hokkaido	Oct. 20, 1993	12	14.3±0.23	11.8±0.20	18.7±1.19
Mv	market in Hirosaki, Aomori Pref.	Jun. 13, 1993	10	16.9±0.14	15.5±0.14	38.4±1.00
Osem	market in Hirosaki, Aomori Perf.	Mar. 11, 1993	3	26.2±0.62	22.6±0.56	127.4±7.32
		Jul. 4, 1995	4			
Onma	Kamikasuo, Tochigi Pref.	Oct. 19, 1994	10	10.1±0.28	8.7±0.24	11.0±1.10

The scientific name of each taxon is shown as abbreviation described in Table 1.

サイズ，体重は，Table 1 と Table 2 に示した。これら 6 種の分類システムは，Nakabo（1993）に従った。これらの個体は，分析に使用するまで－45 ℃に冷凍保存しておいた。

アロザイム分析

冷凍保存しておいた個体を室温で解凍後，筋肉，肝臓，腸を微量遠心チューブに約 0.2g 採取し，3 ～ 5 倍量の 20mM リン酸緩衝液（0.1M KCL，20mM EDTA，pH＝7.0）を加えて抽出し，遠心分離（15,000 rpm，10 分間）後，上清 0.05~0.10ml を試料として用いた。ゲル電気泳動は Matsuoka and Hatanaka（1991）の方法に従った。分析した酵素名，コード番号，略語，用いた組織，酵素活性染色法は，Table 3 に示してある。

集団の遺伝的変異

各酵素遺伝子座の対立遺伝子頻度から集団内の遺伝的変異の程度を示す指標である多型的遺伝子座の割合（Proportion of polymorphic loci：P）と平均ヘテロ接合体率（Average heterozygosity：H）およびその標準誤差と分散を算出した（Nei and Roychoudhury, 1974）。P は，対立遺伝子頻度が 0.99 以下である遺伝子座を多型的で

Table 3. Enzymes, EC numbers, abbreviations, tissues, and references of staining method assayed in this study.

Enzyme and EC No.	Abbr.	Tissue	Reference
α-Glycerophosphate dehydrogenase 1. 1. 1. 8	α-GPDH	M, L	Ayala *et al.*（1972）
Malic enzyme 1. 1. 1. 40	ME	M	Ayala *et al.*（1972）
Isocitrate dehydrogenase 1. 1. 1. 42	ICDH	L	Ayala *et al.*（1972）
Glucose-6-phosphate dehydrogenase 1. 1. 1. 49	G6PD	M	Ayala *et al.*（1974）
Octanol dehydrogenase 1. 1. 1. 73	ODH	L	Ayala *et al.*（1972）
Nothing dehydrogenase	NDH	M	Matsuoka *et al.*（1984）
Formaldehyde dehydrogenase 1. 2. 1. 1	FDH	M	Murphy *et al.*（1990）
Peroxidase 1. 11. 1. 7	PO	L	Shaw and Prasad（1970）
Superoxide dismutase 1. 15. 1. 1	SOD	M	Ayala *et al.*（1972）
Aspartate aminotransferase 2. 6. 1. 1	AAT	M	Marcus（1977）
Phosphoglucomutase 2. 7. 5. 1	PGM	M	Shaw and Prasad（1970）
Esterase 3. 1. 1. -	EST	M, L	Shaw and Prasad（1970）
Alkalin phosphatase 3. 1. 3. 1	ALK	L	Ayala *et al.*（1972）
Leucine aminopeptidase 3. 4. 11. 1	LAP	I	Ayala *et al.*（1972）
Fumarase 4. 2. 1. 2	FUM	M	Shaw and Prasad（1970）

M : muscle, L : liver, I : intestine

Table 4. Estimates of genetic variability in five osmerid species and *On. ma. masou* used in this study.

Species	No. of genetic loci scored	Proportion of polymorphic loci（P）(%)	Average heterozygosity（H）(%±SE)	Inter-locus variance（observed）	Inter-locus variance（theoretical）	Intra-locus variance（observed）
H. t. nipponensis	24	4.2	0.9±0.9	0.001	0.003	0.001
H. p. japonicus	22	27.3	12.5±4.9	0.048	0.032	0.004
Sp. lanceolatus	21	14.3	5.0±2.8	0.014	0.015	0.002
M. villosus	20	25.0	10.4±4.5	0.039	0.028	0.002
Os. e. mordax	21	14.3	7.6±4.2	0.032	0.022	0.001
Average	21.6	17.0	7.3	0.027	0.020	0.002
On. ma. masou	20	20.0	8.4±4.2	0.031	0.024	0.004

あるとして多型の割合を求めたものである。一方，H は各酵素遺伝子座においてのヘテロ個体の相対的な頻度を平均化したものである。これは，遺伝子頻度によって明確に定義される数値で（Nei，1987），一般に広く使用されている。また H の遺伝子座間分散（Inter-locus variance）と遺伝子座内分散（Intra-locus variance）を算出した（Nei and Roychoudhury，1974；Nei，1978a）。以上の各種パラメータは，Roychoudhury *et al.*（1991）の program GD 3 を使用して，コンピューターで不偏推定値として計算した。

遺伝距離と分子系統樹

種間の遺伝的分化の程度を知るため，Nei（1978a，b）の遺伝的類似度（Genetic identity：I）と標準遺伝距離（Standard genetic distance：$Dstd$）および遺伝距離（Genetic distance；$D_v = (1-I)/I$）を算出した。これらは，対立遺伝子頻度から Roychoudhury *et al.*（1991）の program GD 3 を使用して，不偏推定値として算出した。さらに，D_{std} および D_v の数値から Sneath and Sokal（1973）の算術平均を用いた非加重結合法（UPGMA 法）により分子系統樹を作成した。UPGMA 法による分子系統樹は Felsenstein（1993）の PHYLIP version 3.5c の MEIGHBOR によって作成した。また，近隣結合法（NJ 法）は Saitou（1995）の NJ-package によって作成し，ブーツストラップ検定も行った。また，分岐年代（T）は，Nei（1975）の式（$T = 5 \times 10^6 \cdot D$）により算出した。

結　　果

集団内の遺伝的変異

Table 4 は酵素遺伝子座における対立遺伝子頻度から算出したキュウリウオ科 4 属 5 種と out－group として採用したヤマメ集団の遺伝的変異の程度を示す多型的遺伝子座の割合（P），平均ヘテロ接合体率（H），および H の遺伝子座間分散（観察値・理論値）と遺伝子座内分散（観察値）を示したものである。P はワカサギで 4.2 %と最も低く，チカで 27.3 %と最も高い数値を示し，キュウリウオ科 5 種の平均値は P = 17.0 %であった。また，H もワカサギで 0.9 %と最も低く，チカで 12.5 %と最も高い値を示し，キュウリウオ科 5 種の平均値は H = 7.3 %であった。H の遺伝子座間分散は，観察値＝ 0.001 ～ 0.048 の範囲で，理論値＝ 0.003 ～ 0.032 の範囲の数値を示し，

Table 5. Nei's (1978a) genetic identity (I) with standard error (above diagonal) and standard genetic distance (D_{std}) and genetic distance (D_v : below diagonal : Nei, 1978b) among five osmerid species based on 17 genetic loci.

	Htn	*Hpj*	*Spl*	*Mv*	*Osem*
H. t. nipponensis		0.623	0.381	0.443	0.345
		(0.117)	(0.120)	(0.124)	(0.118)
H. p. japonicus	0.472		0.529	0.494	0.479
	(0.604)		(0.123)	(0.125)	(0.121)
Sp. lanceolatus	0.966	0.637		0.447	0.431
	(1.626)	(0.890)		(0.124)	(0.122)
M. villosus	0.815	0.706	0.805		0.393
	(1.259)	(1.025)	(1.237)		(0.122)
Os. e. mordax	1.065	0.736	0.842	0.934	
	(1.899)	(1.089)	(1.321)	(1.545)	

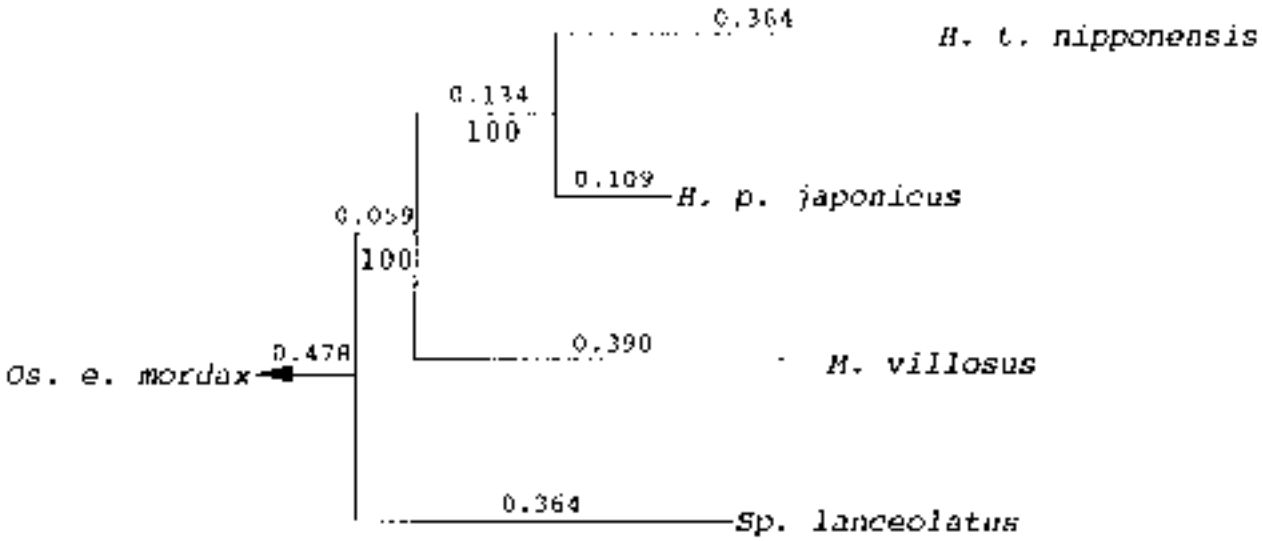


Fig. 2. Phylogenetic tree of five osmerid species constructed from Nei's (1978a) standard genetic distances (D_{std}) based on 17 genetic loci by using NJ method. The values given to each branch are the estimate of branch length (above) and bootstrap confidence (below), respectively. *Os. e. mordax* is the outgroup.

5種でほぼ同等の値を示した。一方これと比較して，*H* の遺伝子座内分散は，0.001～0.004の範囲を示し，これらは今回調査したキュウリウオ科の全ての種において遺伝子座間分散よりも著しく低い数値を示した。

種間の遺伝的分化およびキュウリウオ科の分子系統樹

Table 5は，キュウリウオ科5種における遺伝的類似度（I），標準遺伝距離（D_{std}），遺伝距離（D_v）を示したものである。I はワカサギとチカ間で $I = 0.623 \pm 0.117$ と最も高い数値で，ワカサギとキュウリウオ間で $I = 0.345 \pm 0.118$ と最も低い数値を示した。また，D_{std}はワカサギとチカ間で $D_{std} = 0.472$ と最も低く，ワカサギとキュウリウオ間で $D_{std} = 1.065$ と最も高い数値を示した。D_v においても同様にワカサギとチカ間で $D_v = 0.604$ と最も低く，ワカサギとキュウリウオ間で $D_v = 1.899$ と最も高い数値を示した。

Fig. 2は，Table 5のD_{std}の値を用いて近隣結合法（NJ法）によって作成した日本産キュウリウオ科4属5種の分子系統樹である。これより明らかなように，ワカサギとチカが最も近縁関係にあり，最初にクラスターを形成した。次に，この2種から成るクラスターに近縁な種がカラフトシシャモで，そして次にこれら3種にシシャモがクラスタリングされ，キュウリウオは他の4種と最も遺伝的に分化した種であり，最初に分岐したという結果が得られた。ワカサギとチカのクラスターおよびこれとカラフトシシャモのクラスターのブーツストラップ検定値は，どちらも100％と高い数値で，この分子系統樹の高い信頼性を示している。一方，Fig. 3はTable 5のD_{std}の数値を用いてUPGMA法によって作成したキュウリウオ科4属5種の分子系統樹である。この分子系統樹においてもFig. 2と相同な樹形が得られた。また，Fig. 4は，Table 5の D_v の数値を用いてNJ法によって作成したキュウリウオ科4属5種の分子系統樹を示したものである。この系統樹作成法においても，Fig. 2とFig. 3同様

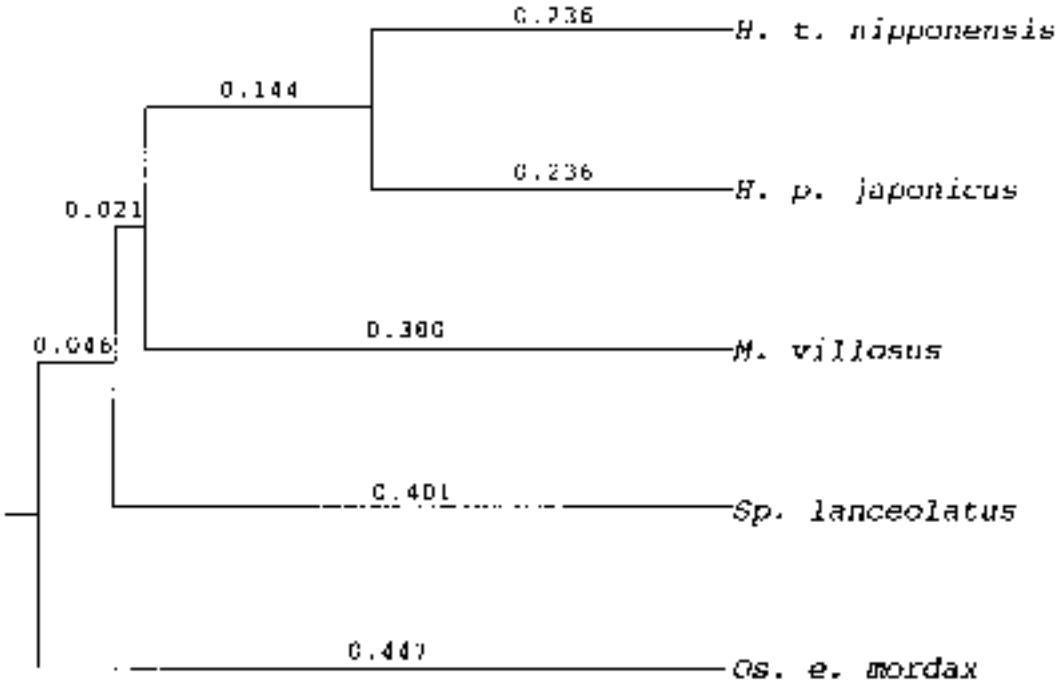


Fig. 3. Phylogenetic tree of five osmerid species constructed from Nei's (1978a) standard genetic distances (D_{std}) based on 17 genetic loci by using UPGMA method. The value given to each branch is the estimate of branch length.

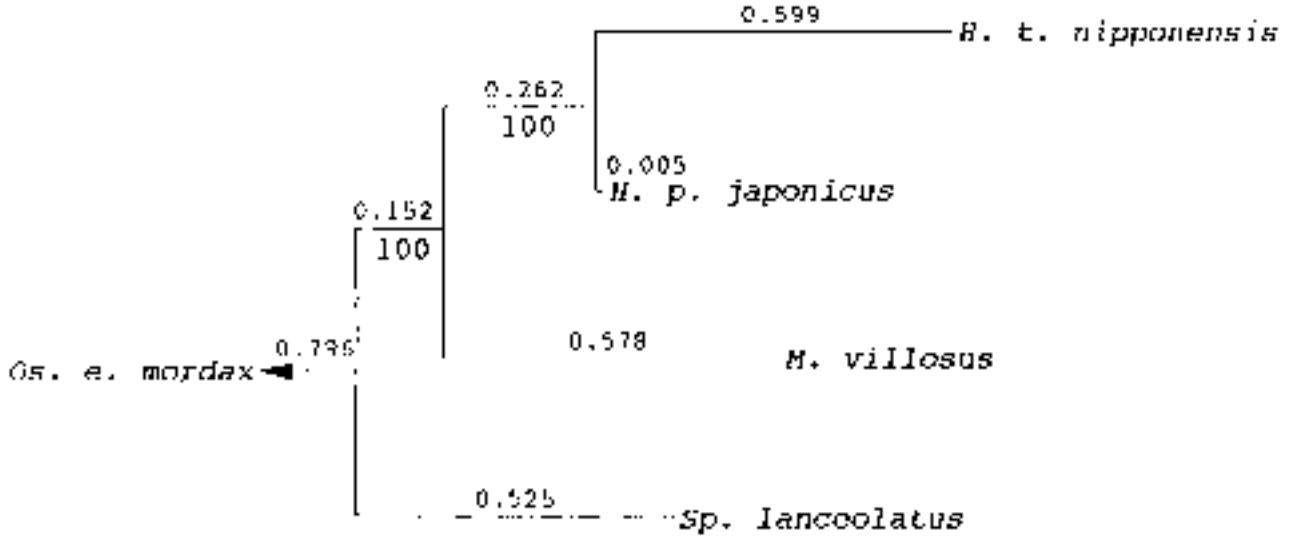


Fig. 4. Phylogenetic tree of five osmerid species constructed from Nei's (1978b) genetic distances ($D_v=(1-I)/I$) based on 17 genetic loci by using NJ method. The values given to each branch are the estimate of branch length (above) and bootstrap confidence (below), respectively. *Os. e. mordax* is the outgroup.

にワカサギとチカが最初にクラスターを形成し，次にこのグループに近縁な種がカラフトシシャモで，次にシシャモがクラスタリングされ，やはりキュウリウオは最も古い時期に分岐した種であるという同様の結果を示し，ブーツストラップ検定値も，100％と高い数値を示した。一方，Fig. 5はTable 5のD_v値を用いてUPGMA法によって同様に作成したキュウリウオ科4属5種の分子系統樹である。この系統樹においてもNJ法により作成したFig. 4と同様の樹形が得られた。また，この分子系統樹において，キュウリウオ科の属間の分岐年代は，約T＝600～700万年前と推定された。以上のように，D_{std}値またD_v値を用いた場合，また分子系統樹の作成法としてNJ法とUPGMA法の2つの手法によって作成した場合においても相同な樹形の分子系統樹が得られた。

考　　察

集団内の遺伝的変異

Table 4に示した，多型的遺伝子座の割合（P）と平均ヘテロ接合体率（H）は，いずれも集団の遺伝的多様性の

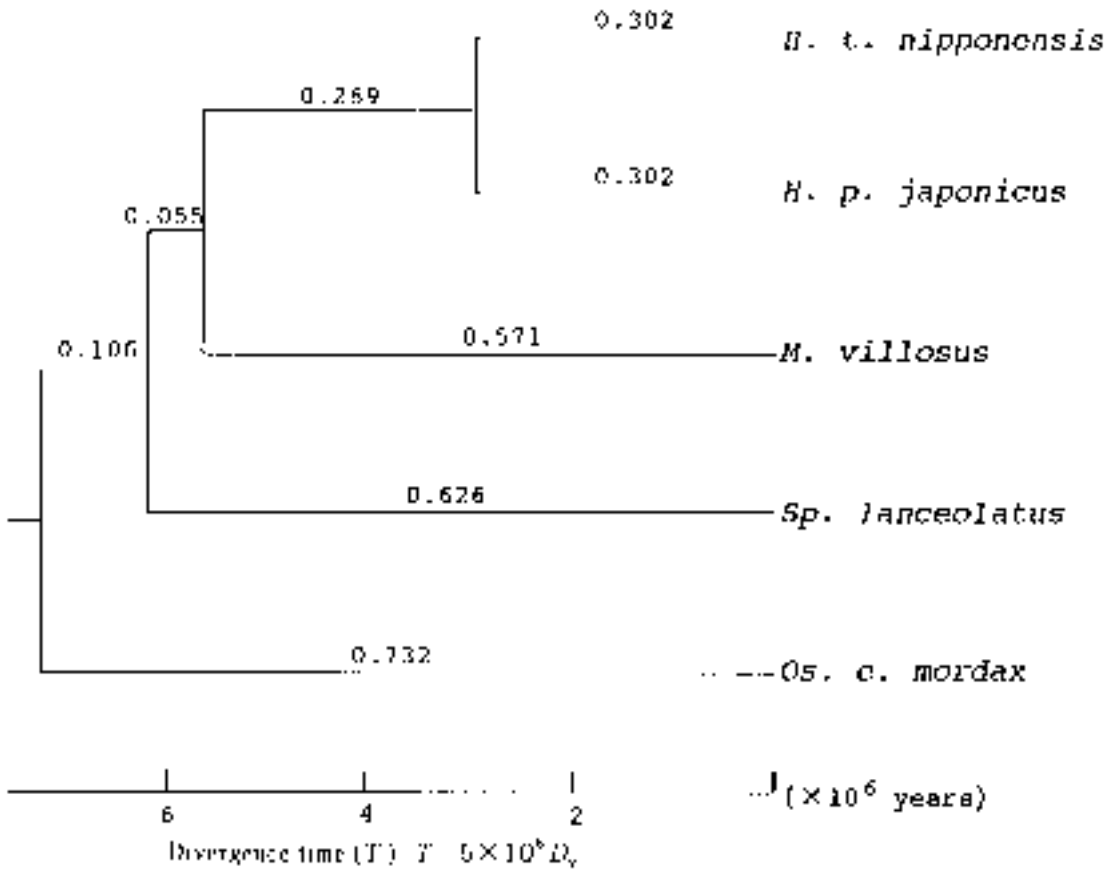


Fig. 5. Phylogenetic tree of five osmerid species constructed from Nei's (1978b) genetic distances (D_v= (1 −I)/I) based on 17 genetic loci by using UPGMA method. The values given to each branch is the estimate of branch length. The divergence time estimated form Nei's equation (Nei, 1975) using D_v is given in this phylogenetic tree.

程度を示す重要なパラメーターであるが，それぞれ性質の異なるものである。P は，各遺伝子座において最も頻度が高い対立遺伝子頻度が 0.99 以下である遺伝子座を多型的であるとしてその割合を算出したものである。しかし，この基準を設定することに明確な根拠を与えることはできず，またこの数値は，分析個体数および多型的遺伝子座数が少ない時には，その信頼性が低下するため，遺伝的多様性を示すそれ程有効なパラメーターではないと報告されている（Nei, 1987）。一方，H は酵素遺伝子座における対立遺伝子頻度から直接算出することができ，集団内の遺伝的変異の程度を推定する上で客観性を持つ重要なパラメーターとして集団遺伝学で広く採用されている。本実験の結果は Table 4 から明らかなように，ワカサギで H＝0.9％と最も低く，チカでは H＝12.5％と最も高い数値を示し，キュウリウオ科 5 種の平均値は H＝7.3％であった。大久保・工藤（1986）は北海道のワカサギ 3 地域集団の遺伝的変異を調査した結果，H ＝ 1.8 ～ 3.1 ％で，平均値が H ＝ 2.3 ％であると報告した。また Mork and Sorensen（1983）は，ノルウェー北岸のカラフトシシャモ 2 地域集団を分析し，H＝0.8％という数値を，さらに Sorensen and Simonsen（1988）は，グリーンランド西岸のカラフトシシャモ 3 地域集団を分析し，H＝15.5～17.4％という数値を得たと報告した。このように，キュウリウオ科集団の遺伝的変異を示す数値は，他の研究者によって報告されている数値とほぼ同等な値であった。また，今回の結果は，サケ亜目の他の魚類で報告されている値と同等なものであった。Gyllensten（1985）は，さまざまな魚類を海産魚，回遊魚，淡水魚の 3 グループに分類して，各グループで得られた H を比較分析した。その結果，海産魚が H ＝ 6.3 ％と最も高い遺伝的変異を示し，一方，回遊魚は H＝4.1％，淡水魚は H ＝ 4.3 ％で，これらは海産魚よりも一般に低い遺伝的変異を示すことを明らかにした。Gyllensten（1985）は，この結果は，海産魚・回遊魚・淡水魚の 3 グループの集団構造の差異と密接に関連していると推察している。一般に，生物の集団サイズが大きければ集団内に多くの遺伝的変異を保有することが可能であるため，H の値は生物の集団サイズと正の相関関係にある（Nei and Graur, 1984）。つまり，海産魚はその生息域に地理的な障害がほとんど存在しないため，淡水魚よりもはるかに大きな集団サイズを形成しやすいと推定される。本研究で得られた H の数値も，海産で沿岸性のチカやカラフトシシャモ（カペリン）の H は比較的高い数値を示した。一方，回遊性のワカサギ，シシャモおよびキュウリウオ集団の

Hは比較的低い数値を示した。この知見は，Gyllensten（1985）が報告した結果とよく一致している。なお，これらのHの遺伝子座間分散は，観察値・理論値ともに遺伝子座内分散よりも高い数値を示し，分析個体数が集団の平均ヘテロ接合体率（H）の推定にはほとんど影響しないことも本研究によって証明された。

キュウリウオ科4属5種の遺伝的分化と分子系統樹

著者等はキュウリウオ科4属5種の系統類縁関係を知るため，Nei（1978a, b）の標準遺伝距離（D_{std}）および遺伝距離（D_v）を用いて，UPGMA法とNJ法の2つの手法によって分子系統樹を作成した。Nei *et al*（1983）は，対立遺伝子頻度から分子系統樹を作成する時には，距離尺度にD_{std}を用い，系統樹の作成法はUPGMA法を用いた方が良いと報告している。これは，D_{std}の方が他の研究者が考案した遺伝距離よりも明確な生物学的意味を有しており，進化時間（分岐年代:T）に比例するということ（$T = 5 \times 10^6 \cdot D$），また，対立遺伝子頻度から算出した遺伝距離は大きな確率論的誤差を含んでいるため，遺伝距離を平均化する操作を伴うUPGMA法の方がより客観的な結果を導くからである。一方，D_{std}と比較してD_vは，各遺伝子座における遺伝子置換速度が分析した酵素遺伝子座ごとに異なる場合を考慮して計算するので，比較的系統的に遠縁な生物間の比較には有効である。また，酵素遺伝子座ごとの進化速度の一定性を仮定せずに実現距離系統樹を作成する方法としては，Saitou and Nei（1987）とSaitou and Imanishi（1989）が考案したNJ法の方がより有効な結果を導くことが知られている。従って，これら2つの分子系統樹作成法（UPGMA法・NJ法）によって相同な樹形が得られれば，それらの系統樹はかなり信頼性が高いと報告されている（Nei, 1987）。著者等が報告したキュウリウオ科4属5種の分子系統樹（Fig. 2, 3, 4, 5）は，相同な樹形を示しており，日本産キュウリウオ科の系統類縁関係をかなり的確に示していると考えられる。

Thorpe（1982）は，多様な生物集団の広範囲にわたる調査の結果，分類ランクと遺伝的類似度（I）の間に正の相関関係が存在することを見い出した。すなわち，同属別種間では，$I = 0.35 \sim 0.85$，同科別属間では，$I = 0.35$以下であると報告した。また，同様の知見はNei（1987）も報告している。本研究で得られたIの数値（Table 5）は同属別種であるワカサギとチカでは$I = 0.623 \pm 0.117$で他の多くの動物種の同属別種間の近縁種間で報告されている値とほぼ同等なものであった。また，同科別属間のワカサギとキュウリウオ間では$I = 0.345 \pm 0.118$，チカとシシャモ間では$I = 0.529 \pm 0.123$で，これらも他種の同科別属間の数値の範囲内に入るものであった。これは，従来の形態学に立脚した分類ランクとアロザイム分析から得た遺伝距離の間に高い相関性が存在することを示している。

分子系統学と形態学的分類との比較

Chapman（1941）は，骨格系に基づく比較形態学的立場からキュウリウオ科の系統分類学の先駆的な研究を行った。その結果，キュウリウオ科は，ロウソクウオ属が祖先型で，キュウリウオ属とアロスメルス属の2属からなるグループと，ワカサギ属・シシャモ属・カラフトシシャモ属の3属から構成される2つの大きなグループに分類されると報告した。Howes and Sanford（1987）は，骨格系や筋肉系の形態に基づく分岐分類学的研究から，カラフトシシャモ属は，顎の形態の類似性より，ワカサギ属と近縁であると示唆した。さらに，Wilson and Williams（1991）は，34の骨格系の形態に基づく分岐分類学的研究から，キュウリウオ科の構成メンバー中では，ワカサギ属とカラフトシシャモ属が近縁で，キュウリウオ属とシシャモ属は，上記2属より分化したグループであると報告している。一方，Begle（1991）は，81形質にもおよぶ骨格系の形態に基づく詳細な分岐分類学的研究から，脂鰭の軟骨と背面前方の鰓蓋の形質に着目し，カラフトシシャモ属とシシャモ属は単系統（Monophyletic）であり，また第4外鰓の挙筋と棒状の背骨の類似性から，キュウリウオ属はキュウリウオ科の他の属とはかなり系統的に分化したグループであると報告した。以上のように，キュウリウオ科の系統分類学的研究は，主として骨格系に基づく比較形態学的研究により行われ，研究者間で見解が異なっているが多くの研究者は一致してワカサギ属とカラフトシシャモ属の近縁性，およびシシャモ属とキュウリウオ属の近縁性を強く主張している。これらの報告は，著者等が得たワカサギ属とカラフトシシャモ属が最初にクラスターを形成し，そのブーツストラップ検定値もかなり高い数値を示した結果とよく一致する。また，キュウリウオが他の4種から最も遺伝的に分化しており，キュウリウオ科の中では初期に分岐した祖先型ではないかと推定したBegle（1991）の報告ともよく一致している。

Nei（1975）の式（$T = 5 \times 10^6 \cdot D$）より推定したキュウリウオ科のそれぞれの属間の分岐年代は，約600～700万年前であった。この分岐年代は，新生代・第三紀の中新生後期に相当する。一方，Taylor and Dodson（1994）は，ミトコンドリアDNA（mtDNA）の制限酵素断片長多型分析（RFLP）およびチトクロームb遺伝子の塩基配列のデータから算出したキュウリウオ属とカラフトシシャモ属の分岐年代は，約400～500万年前であると報告している。また，日本列島でキュウリウオ科魚類の化石が中新世（約500～2500万年前）の地層から発見されているという古生物学的知見も報告されている（亀井ら，1981）。このように今回，アロザイム分析から得られた結果は，mtDNAの知見や古生物学的知見とよく一致するものであった。

また，キュウリウオ科の4属は北太平洋海域を中心に

分布しており，この中で太西洋にまで分布を広げているのは，カラフトシシャモ属とキュウリウオ属の2属のみである。このため，キュウリウオ科は北太平洋起源であると推定されている（Klyukanov，1975）。一方，詳細な地質学的研究から，北太平洋と北太西洋は中生代後期から新生代後期の間に，ベーリング海峡によって分断され，この間に，中新世後期（約1000～1200万年前）と鮮新世後期（300～500万年前）の2度にわたってベーリング海峡が形成され，北太平洋と北太西洋が通じたと推定されており（Briggs，1970；Herman and Hopkins，1980），この2度目の時期に，カラフトシシャモ属とキュウリウオ属はベーリング海峡を通過して北大西洋海域にも分布を拡大していったと生物地理学的に推定されている（Taylor and Dodson，1994）。このことは，太平洋と大西洋の両方の海域に広く分布する他の多くの魚類もこの時期に種分化を遂げと推定されており（Grant and Stahl，1988；Billington *et al*., 1990），太平洋と大西洋がベーリング海峡で通じた年代は，北半球の北方海域に広く分布する魚類にとっては系統進化学的にみて極めて重要な時期であったと推察される。

要　　約

キュウリウオ科魚類は，北方海域に広く分布し，食用魚としてよく知られたグループであり，水産資源とし重要視されている。特に，ワカサギは日本各地の湖沼でさかんに養殖されている。また，最近の海洋汚染により本科の日本固有種であるシシャモは激減しているのが現状である。本研究では，日本産キュウリウオ科4属5種の系統進化学的関係をアロザイム分析により，分子系統学的に調査した。分析した種は，キュウリウオ（*Osmerus eperlanus mordax*），ワカサギ（*Hypomesus transpacificus nipponensis*），チカ（*Hypomesus pretiosus japonicus*），シシャモ（*Spirinchus lanceolatus*），カラフトシシャモ（*Mallotus villosus*）の 4 属 5 種である。アロザイム分析から Nei（1978 a，b）の遺伝距離を求め，NJ法とUPGMA法を用いて分子系統樹を作成した。その結果，2 つの手法を用いて得られた分子系統樹は，相同な樹形を示した。すなわち，ワカサギ属のワカサギとチカがもっとも近縁関係にあり，次にこのクラスターに近縁な種はカラフトシシャモ（カペリン）で，次にこれら3種に近縁な種が日本固有種のシシャモであった。一方，キュウリウオは5種のなかでは最も遺伝的に分化した種であることが判明した。これらの分子的結果は，他の研究者が報告している形態レベルからの結果や，mtDNAのRFLP分析などの他の分子系統学的知見ともよく一致している。また遺伝距離から推定した分岐年代は，化石データとそれほど矛盾するものではなかった。また，集団遺伝学的知見として集団サイズの大きな海産魚は，淡水魚よりも高い遺伝的変異を示した。

参　考　文　献

Baby, M. C., Bernatchez, L., and Dodson, J. J.（1991）Genetic structure and relationships among anadromous and landlocked populations of rainbow smelt, *Osmerus mordax*, Mitchill, as revealed by mtDNA restriction analysis. J. *Fish Biol*., 39 : 61－68.

Begle, D. P.（1991）Relationships of the osmerid fishes and the use of reductive characters in phylogenetic analysis. *Syst. Zool*., 40 : 33－53.

Billington, N., Hebert, P. D. N., and Ward, R. D.（1990）Allozyme and mitochondrial DNA variation among three species of *Stizostedion*（Precidae）: Phylogenetic and zoogeographical implications. *Can. J. Fish. Aquat. Sci*., 47 : 1093－1102.

Briggs, J. C.（1970）A fanul history of the north Atlantic ocean. *Syst. Zool*., 19 : 19－34.

Chapman, W. M（1941）The osteology and relationships of the osmerid fishes. *J. Morphology*, 69 : 279－301.

Dodson, J. J., Carscadden,J . E., Bernatchez, L., and Colombani, F.（1991）Relationships between spawing mode and phylogenetic structure in mitochondrial DNA of North Atlantic capelin *Mallotus villosus*. *Mar. Ecol. Prog. Ser*., 76 : 103－113.

Felsenstein, J.（1993）PHYLIP（phylogey inference package）version 3.5c. Distributed by the author, Department of Genetics,University of Washington, Seattle.

Grant, W. S. and Stahl, G.（1988）Evolution of Atlantic and Pacific cod : Loss of genetic variation and gene expressin in Pacificcod. *Evolution*, 42 :138－146.

Gyllensten, U.（1985）The genetic structure of fish : Differences in the intraspecific distribution of biochemical genetic variation between marine, anadromous, and fishwater species. *J. Fish Biol*., 26 : 691－699.

Herman, Y. and Hopkins, D. M.（1980）Arctic Oceanic climate in late Cenozoic time. *Scince*, 209 : 557－562.

Howes, G. J. and Sanford, C. P. J.（1987）The phylogenetic position of the Plecoglossidae（Teleostei, Salmoniformes）, with comments on the Osmeridae and Osmeroidei. *Proc. V Congr. Eur. Ichthyol. Stockh*. 1985 : 17－30.

亀井節夫・後藤仁敏・大森昌衛（1981）古生物学各論（4）: 脊椎動物化石，pp. 140，築地書館（東京）.

北野　誉・松岡教理・棚橋邦雄・疋田豊彦（1996）アイソザイム変異からみたキュウリウオ科の2種，シシャモとカラフトシシャモの進化学的関係．弘前大学理科報告，43 : 231－237.

Klyukanov, V. A.（1975）The systematic position of the Osmeridae in the order Salmoniformes. *J. Ichthyol*., 15 : 1－17.

Matsuoka and Hatanaka（1991）Molecular evidence for the existence of four sibling species within the sea－urchin, *Echinometra mathaei* in Japanese water and their evolutionary relationships. *Zool. Sci*., 8 : 121－133.

Mork, J. and Sorensen. E. F.（1983）Genetic variation in capelin *Mallotus villosus* from Norwegian waters. *Mar. Ecol. Prog. Ser*., 12 : 199－205.

Nakabo, T.（1993）*Fishes of Japan with pictorial keys to the species*. Tokai University Press.

Nei, M.（1975）*Molecular Population Genetics and Evolution*. North－Holland, Amsterdam.

Nei, M.（1978a）Estimation of average heterozygosity and genetic distance from a small number of individuals. *Genetics*, 89 : 583−590.
Nei, M.（1978b）The theory of genetic distance and evolution of human races. *Jap. J. Human Genet*., 23 : 341−369.
Nei, M.（1987）*Molecular Evolutionary Genetics*., Columbia University Press, New York.
Nei, M. and Graur, D.（1984）Extent of protein polymorphism and the neutral mutation theory. *Evol*, *Biol*., 17 : 73−118.
Nei, M. and Roychoudhury, A. K.（1974）Sampling variances of heterozygosity and genetic distance. *Genetics*, 76 : 379−390.
大久保進一・工藤智（1986）電気泳動法によるワカサギとイシカリワカサギの雑種の判別と両種の遺伝的分化．北海道水産孵化場研報，41 : 101−109.
Roychoudhury, A. K., Tateno, Y., Graur, D., Tajima. F., and Saitou, N.（1991）Program for computing average heterozygosity and Nei s̓ genetic distances. program GD3.
Saitou, N.（1995）NJ−package A Macintosh program package for the neighbor−joining method.
Sneath, P. H. A. and Sokal, R. R.（1973）*Numerical Taxonomy*. Freeman, San Francisco, CA.
Sorensen, E. F. and V. Simonsen（1988）Genetic differentiation among populations of capelin *Mallotus villosus* from the West Coast of Greenland. *J. Appl. Ichthyol*., 4 : 23−28
Taylor, E. B and Bentzen, P.（1993）Evidence for multiple origins and sympatric divergence of trophic ecotypes of smelt（*Osmerus*）in northeastern North America. *Evolition*, 47 : 813−832.
Taylor, E. B. and Dodson, J. J.（1994）A molecular analysis of relationships and biogeography within a species complex of Holarctic fish（genus *Osmerus*）. *Mol. Ecol*., 3 : 235−248.
Wilson, M. V. H. and Williams, R. R. G.（1991）New paleocene genus and species of smelt（Teleostei : Osmeridae）from freshwater deposits of the Paskapoo formation, Alberta, Canada, and comments on osmerid phylogeney. *J. Verte. Paleo*., 11 : 434−451.

Genetic Differentiation of the family Osmeridae based on allozyme

Norimasa MATSUOKA[*1] and Takashi KITANO[*2]

[*1]*Division of Molecular Evolution, Faculty of Agriculture & Life Science, Hirosaki University, Hirosaki 036−8561, Japan*
[*2]*Graduate School of Science, Hirosaki University, Hirosaki 036−8561, Japan*

ABSTRACT

The family Osmeridae is widely distributed in the northern seas and very important as the fishery resources. Particulary, *Hypomesus transpacificus nipponensis* has been actively cultured in many Lakes of Japan. On the other hand, the Japanese endemic species, *Spirinchus lanceolatus* decreases rapidly in individual numbers by the pollution of marine in recent years. We studied the phylogenetic relationships of the family Osmeridae from Japan by allozyme analysis. The family Osmeridae examined in this study is the following five species : *Osmerus eperlanus mordax, Hypomesus transpacificus nipponensis, H. pretiosus japonicus, Sprinchus lanceolatus* and *Mallotus villosus*. The Nei s̓ genetic distances（D_{std} and D_v）were calculated from allele frequencies data and the molecular phylogenetic trees were constructed by using the both of the UPGMA and NJ methods. The results clearly showed the high homology between the UPGMA−tree and NJ−tree :（1）*H. transpacificus nipponensis* is most closely related to *H. pretiosus japonicus*.（2）*Mallotus villosus* is more closely related to the cluster of above two species than *Sprinchus lanceolatus*.（3）The Japanese endemic species, *Sprinchus lanceolatus* is relatively differentiated species.（4）On the other hand, *Osmerus eperlanus mordax* is most distant species among five members of the Osmeridae, and may be the ancestral type. The present allozyme study was well consistent with the other morphological, paleontological, geographical and molecular data. Further,the divergence time estimated from allozyme data is suppourted by the fossil data. At the population genetic viewpoint, the marine fish showed the higher genetic variation than the fresh water fish. It might be considered that the degree of genetic variation within natural population is closely correlated with the population size.

Bull. Fac. Agric. & Life Sci. Hirosaki Univ. No. 6 : 40—48, 2003

Microscopic observation of microorganisms involved in methane production and oxidation in paddy field soil

Kiyoshi TAKEDA, Akio TONOUCHI, Takashi FUJITA, Satomi MIZUKAMI, Bi-Zhen ZOU, Yasumasa MIURA, Hiroshi TAKAHASHI and Tomomi ABIKO

Laboratory of Applied Microbiology

(Received for publication October 10, 2003)

Introduction

Methane is major greenhouse gas, next to carbon dioxide, and about 20% of methane in the atmosphere is released from paddy fields (1). One of the characteristics of paddy field soil is that the supply of oxygen is limited under submersion, resulting in the lowering of redox potential. Therefore, organic matter in flooded paddy field soil is decomposed anaerobically into methane and carbon dioxide. Three microorganism groups are involved in the process by which organic matter is decomposed into methane and carbon dioxide. At the beginning, high molecular compounds such as cellulose and starch are hydrolyzed by fermentative bacteria and converted to alcohols such as ethanol and butanol and organic acids such as lactate and butyrate. Then, butyrate and ethanol are converted to acetate, hydrogen and carbon dioxide by the syntrophic association with a hydrogen-producing, acetate-producing bacterium and a hydrogen-utilizing methanogen. Acetate, hydrogen and carbon dioxide are converted to methane and carbon dioxide by methanogens in the last stage. With respect to anaerobes in paddy field soil, fermentative bacteria, sulfate-reducing bacteria and methanogens have been isolated from paddy field soil so far. However, until now, there have been few examinations of how fatty acids are degraded in a syntrophic association with hydrogen-utilizing methanogens, and how sulfate-reducing bacteria degrade lactate in syntrophic association with hydrogen-utilizing methanogens under the condition without sulfate. In paddy field soil, methane-oxidizing bacteria, which convert methane to carbon dioxide, live in paddy field soil. We describe here Type Ⅱ methane-oxidizing bacteria that can grow without copper dominant over the Type I species in paddy field soil. This report shows that the cell morphology of anaerobes involved in methane production and intracytoplasmic membranes of methane-oxidizing bacteria were observed with a photo and an electron microscope.

Materials and Methods

Microorganisms and media

The microorganisms used in this experiment were as follows: *Methanobacterium formicicum* strain TM-8 (2), *Methanobacterium bryantii* strain H5-1 (3), *Methanospirillum* sp. strain TM20-1 (4), *Methanosarcina strains* J-6 and 2-P (5,13), *Methanosaeta* sp. strain K-5 (6), *Desulfovibrio* sp. strain SK3-4 (7), *Syntrophomonas* sp. strain TB-6 (2), *Methylosinus* strains D2-11 and W3-6 (8). The microorganisms were isolated from the Kanagi paddy field soil of the teaching and research center for bio-coexistence at Hirosaki University.

Media used were the same media as the culture for the microorganisms described above. The bacterial growth was measured by optical density (400 nm). CH_4 and H_2, acetate and butyrate were measured with gas chromatography (2).

Photomicroscopy

Cells were observed with a photomicroscope. Phase contrast and UV-epifluorescence micrographs were taken using wet mount with an Olympus model BX50 photomicroscope. The fluorescence of cells was observed with a V (BP400-410) excitation filter.

Electron microscopy

For scanning electron microscopy, cells were collected on a filter paper and fixed in 1% glutaraldehyde in 0.01 M cacodylate buffer (pH 7.0) for 2 hr at room temperature and left overnight at 4°C. The filter paper was dehydrated, using a graded acetone series. The sample was subsequently dried to the critical point and then coated with gold for observation with a scanning electron microscope (JSM 5000/LV) operated at 20 kV.

Flagella and fimbriae were observed with a transmission electron microscope. Cells were negatively stained with 0.5% phosphotungstic acid (pH 7.0) for 30 seconds and observed with an electron microscope (JOEL model JEM-2000EX) operated at 80 kV.

For thin-section electron microscopy, cells were placed in a Kellenberger buffer containing 1% OsO_4 for prefixing cells. The cells were harvested by centrifugation for 15 min at 10,000 rpm and fixed in the same buffer for 2 hr at room temperature and then left overnight at 5°C. The fixed samples were rinsed three times in buffer, and twice in deionized water, and then soaked in 0.5% uranyl acetate in deionized water for 2 hr. The cells were embedded in small agar blocks, and dehydrated in increasing concentrations of ethanol, transferred to acetone, and infiltrated with Spurr's low viscosity resin. Thin sections were obtained with glass knives on an LKB2188 Ultrotome NOVA, and post-stained with uranyl acetate and lead citrate. Sections were examined with an electron microscope (JOEL model JEM-2000EX) operated at 80 kV.

Results and Discussion

Hydrogen-utilizing methanogens in paddy field soil

The number of hydrogen-utilizing methanogens in the Kanagi paddy soil was 6.7×10^5 MPN/g dry soil. *Methanobacterium formicicum* was the most abundant in hydrogen-utilizing methanogens isolated from the soil. Growth substrates of *Methanobacterium formicicum* strain TM-8 were hydrogen-carbon dioxide and formate. The cells were 2.0 to 6.6 μm in length and 0.5 to 1.0 μm in width as shown in Fig. 1-a. Though many cells were single cells, filament cells were also observed. The cells had the fluorescence of coenzyme F_{420} peculiar to methanogens (Fig. 1-b). The cells were Gram-negative, and spore was not formed. Though there was no motility on the strain, a large number of fimbriae were observed by the transmission electron microscope (Fig. 1-c and d). Fimbriae were 5 nm thick.

Methanobacterium bryantii strain H5-1 and *Methanospirillum* sp. strain TM20-1 were isolated in addition to *M. formicicum* as hydrogen-utilizing methanogens isolated from the Kanagi paddy field soil. These 2 strains are not numerically dominant hydrogen-methanogens, because they were isolated from the enrichment culture. *Methanobacterium bryantii* strain H5-1 was grown on hydrogen-carbon dioxide, but did not grow on formate and methanol. The strain was a non-motile, Gram-negative rod. The strain was different in Gram staining, because *Methanobacterium bryantii* is Gram-positive. Strain H5-1 was the same as *M. bryantii* when using a secondary alcohol such as isopropanol and isobutanol as the hydrogen donor. The cells were 2 to 7 μm in length and 0.5 to 0.8 μm in width as shown in Fig. 2-a. Though many cells were single cells, 10 to 15 μm of filament cells were also observed. The cells had the fluorescence of coenzyme F_{420} peculiar to methanogens (Fig. 2-b).

Methanospirillum sp. strain TM20-1 grew on hydrogen-carbon dioxide and formate as a growth substrate. Strain TM20-1 was a motile, Gram-negative spiral-shaped rod. As the methanogen grew in the isopropanol

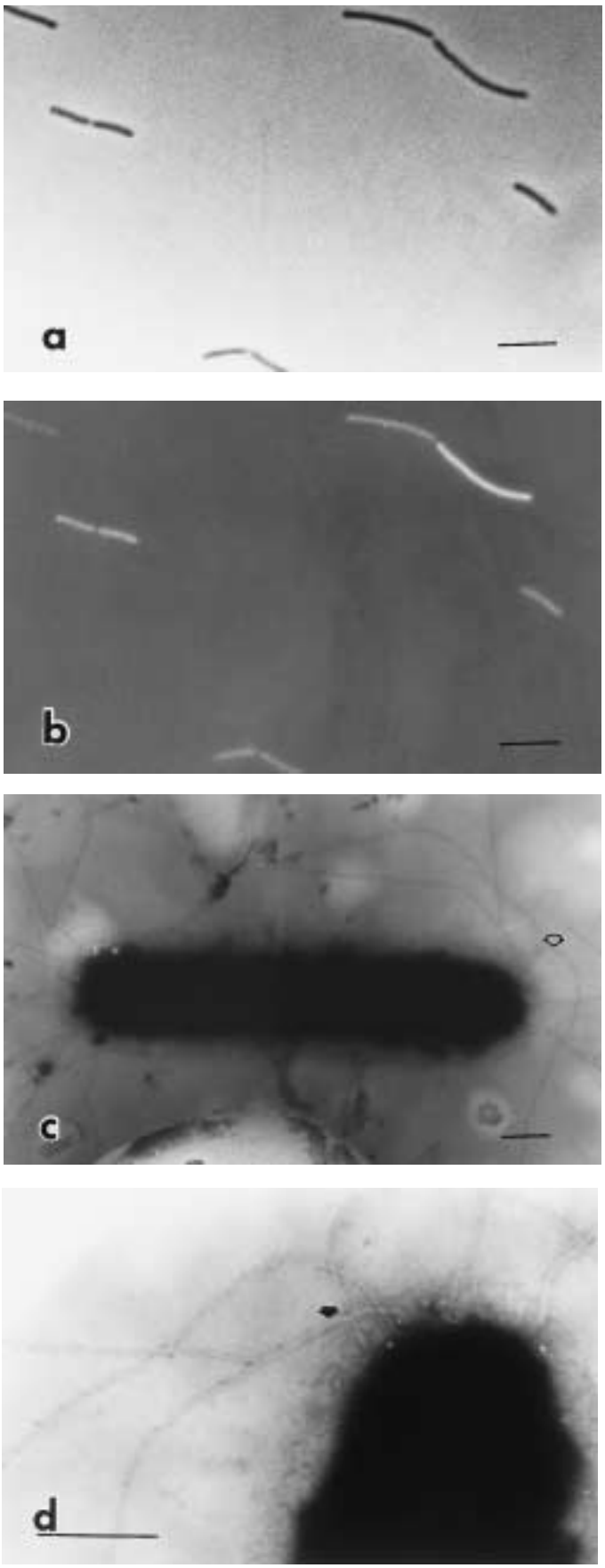


Fig. 1. Phase-contrast Photomicrograph (a), Epifluorescence Photomicrograph (b) and Transmission Electron Micrographs (c, d) of Hydrogen-utilizing methanogen, *Methanobacterium formicicum* strain TM-8 grown on H_2-CO_2. Arrows (c and d) showing fimbriae negatively stained with phosphotungstic acid. Bars (a and b) indicate 5μm, and c and d indicate 0.25μm.

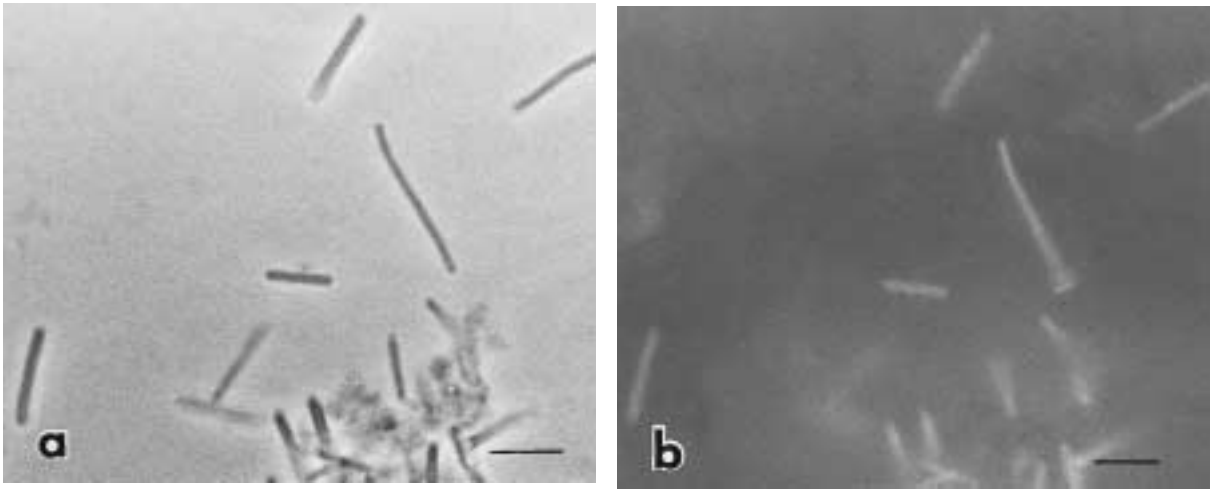


Fig. 2. Phase-contrast Photomicrograph (a) and Epifluorescence Photomicrograph (b) of *Methanobacterium bryantii* strain H-5 grown on H_2-CO_2. Bars indicate 5 μm.

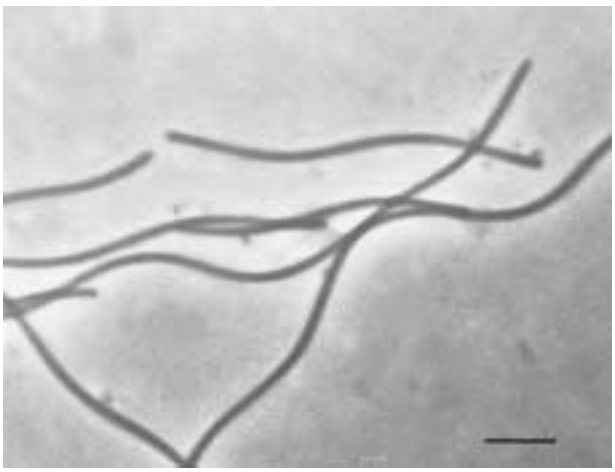


Fig. 3. Phase-contrast Photomicrograph of *Methanospirillum* sp. strain TM20-1 grown on H_2-CO_2. Bar indicates 5 μm.

-carbon dioxide medium, it was the same as *Methanospirillum bryantii* when using the secondary alcohol as the hydrogen donor. The cells were 2.0 to 7.0 μm in length and 0.4 μm in width as shown in Fig. 3. Though many cells were single cells, 13 μm of long spiral cells were observed by the fluorescence microscope.

Acetate-utilizing methanogens in paddy field soil

Acetate-utilizing methanogens were isolated in two genus of *Methanosarcina* and *Methanosaeta* from paddy field soil. *Methanosarcina* was isolated from the paddy soil of Italy by Fitzer et al. in 1993 (9). Asakawa et al. (10) isolated *Methanosarcina mazei* TMA from the paddy soil of a Kyushu agriculture laboratory and examined the microbial characteristics in 1995.

Methanosarcina strain 2-P and strain J-6 were isolated from the Kanagi paddy field soil. These methanogens were Gram-negative coccus. The cells were 1.5 to 2 μm in diameter, and both cells were single cells or aggregate cells (sarcina) as shown in Fig. 4-a and b (strain J-6) and c (strain 2-P). The aggregate cells were 50 to 60 μm. The cells had the fluorescence of coenzyme F_{420} peculiar to methanogens (Fig. 4-a and b). Strains 2-P and J-6 were methanogens, which could grow on hydrogen-carbon dioxide, trimethylamine and methanol as substrates in addition to acetate. The growth of both strains was not good for acetate. Trimethylamine, methanol and hydrogen-carbon dioxide were more suitable growth

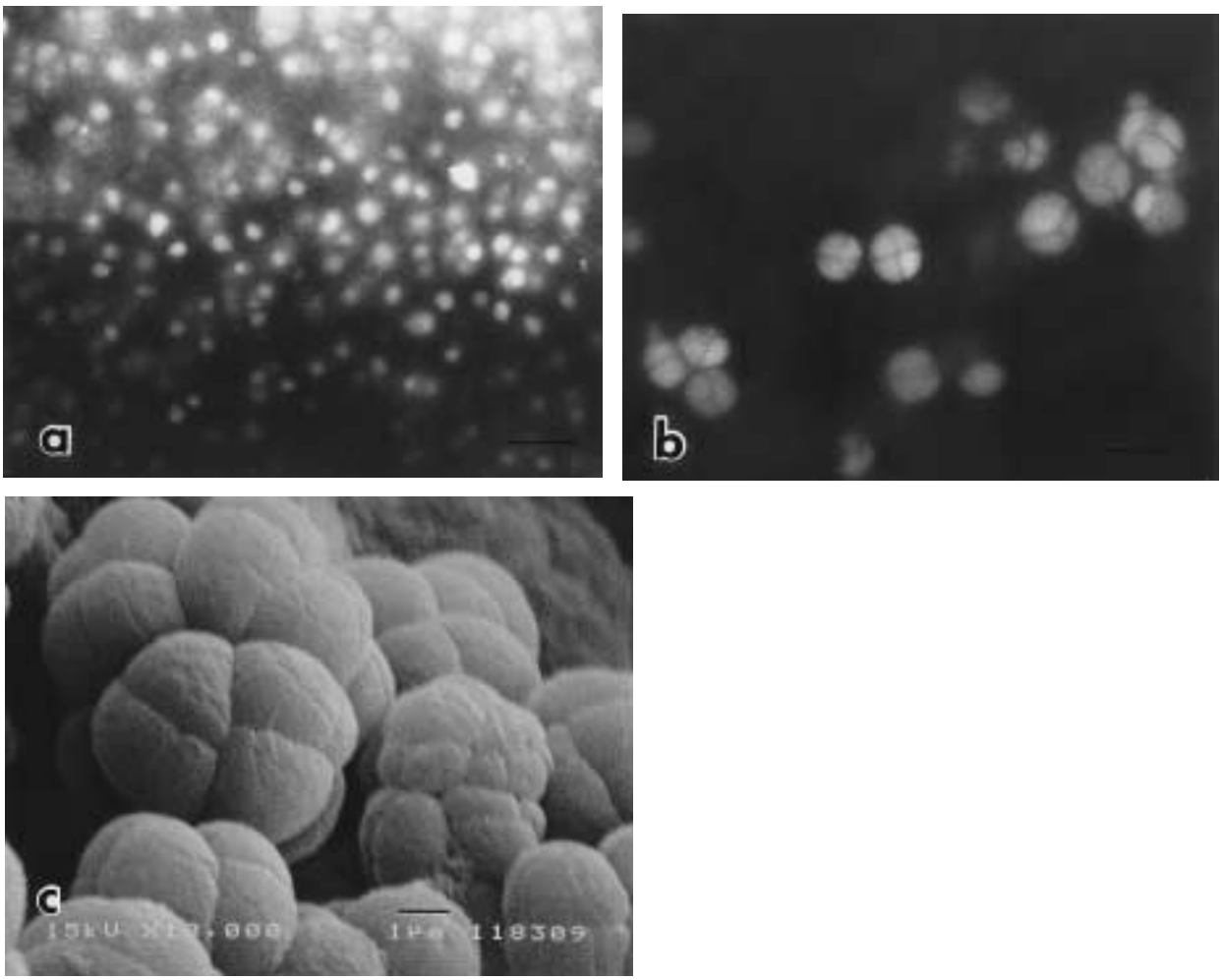


Fig. 4. Epifluorescence Photomicrographs (a and b) of *Methanosarcina* strain J-6 and Scanning Electron Micrograph (c) of *Methanosarcina* strain 2-P grown on acetate. b and c showing sarcina shaped cells. Bars (a and b) indicate 5μm and c indicates 1μm.

substrates than acetate.

Filamentous acetate-utilizing methanogens are dominant for methane fermentation sludges, and have been studied in detail. However, *Methanosaeta* was not isolated from paddy soil because it did not make a colony. *Methanosaeta* was isolated from the paddy soil of Italy by Groβkopf et al. in 1998 (11), but they obtained the pure culture by the dilution. Detailed archeal characteristics were not described, though they reported a 16S rRNA gene sequence and acetate utilization.

Mizukami et al. succeeded in producing the *Methanosaeta* colony (12). Since they isolated *Methanosaeta* from paddy field soils in each place in Japan, filamentous acetate-utilizing methanogens are considered to widely inhabit the paddy field. *Methanosaeta* sp. strain K-5 isolated from Kanagi paddy field soil was a Gram-negative, non-motile rod. The cells were 0.8 x 2.0 to 3.0μm as shown in Fig. 5-a and b. The cells had the weak fluorescence of coenzyme F_{420} peculiar to methanogens. The strain formed short filaments (3.0 to 15.7μm) that consisted of 2-7 rod-shaped cells in the sheath. A photograph of the expanded cell membrane and sheath is shown in Fig. 5-c. The sheath is shown on the outside of the cell membrane. The cell wall was not observed. The strain grew only on acetate as a substrate.

Syntrophic association with sulfate-reducing bacteria and methanogens

The number of sulfate-reducing bacteria in Kanagi paddy field soil was 2 x 10^5/g dry soil. The colonies were isolated from the high diluted tube after counting. *Desulfovibrio* sp. strain SK3-4 isolated

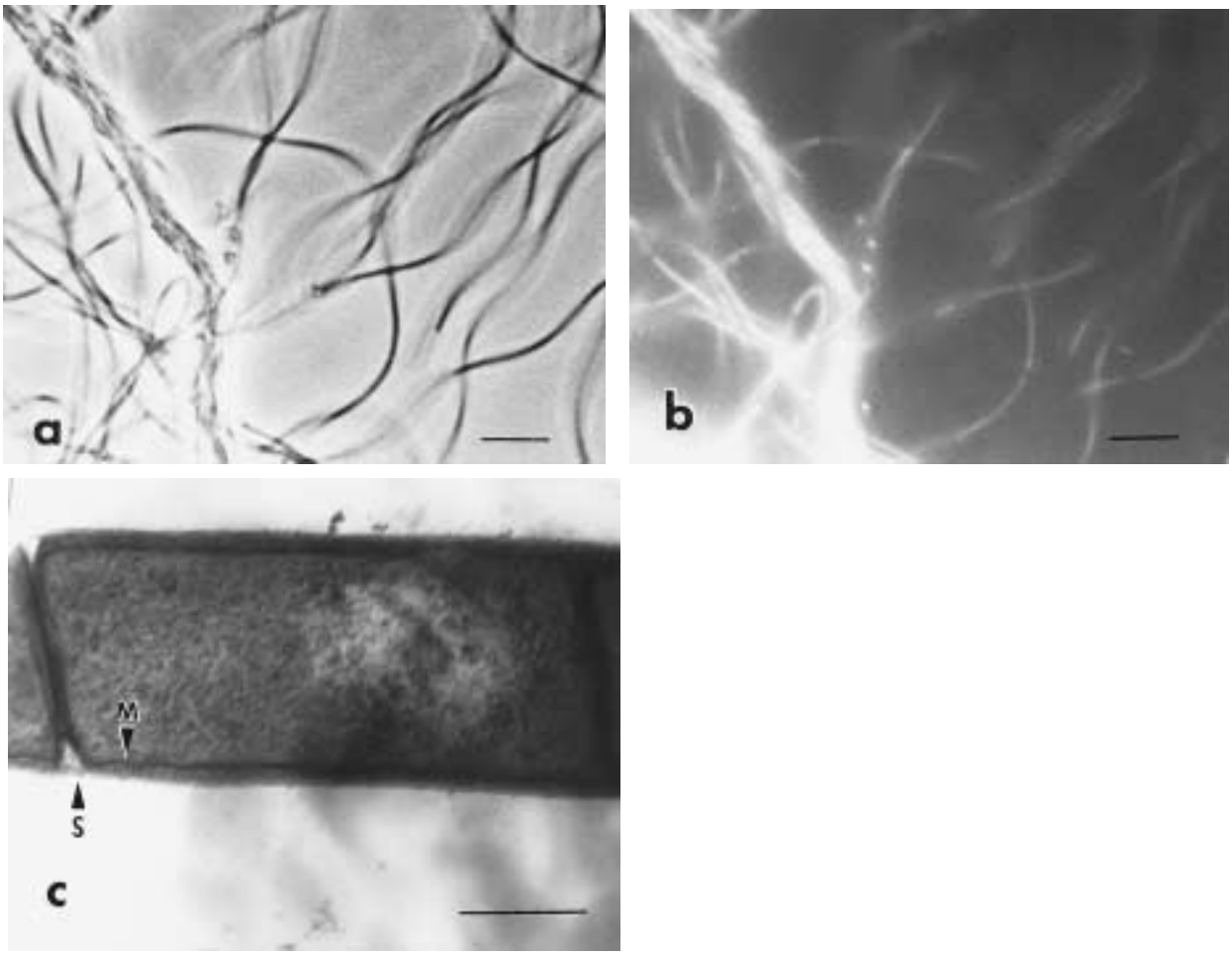


Fig. 5. Phase-contrast Photomicrograph (a), Epifluorescence Photomicrograph (b) and Transmission Electron Micrographs (c) of *Methanosaeta* strain K-5 grown on acetate. M and S showing cell membrane and sheath, respectively. Bars (a and b) indicate 5μm and c is 0.25μm.

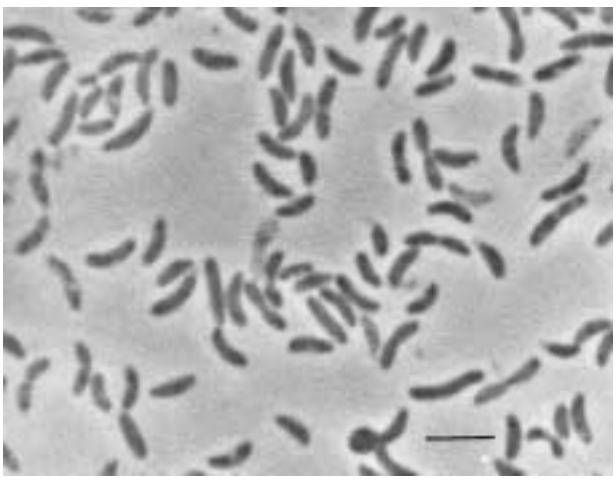


Fig. 6. Phase-contrast Photomicrograph of *Desulfovibrio* strain SK-3-4 grown on lactate medium containing sulfate. Bar indicates 5μm.

grew in sulfate medium containing lactate, or ethanol. *Desulfovibrio* sp. strain SK3-4 cells were 1.0 to 1.5 μm x 2.0 to 4.5 μm as shown in Fig. 6. The strain was a Gram-negative vibrio rod. Strain SK3-4 grew in lactate medium without sulfate when it was co-cultured with *Methanobacterium formicicum* strain TM-8, and produced acetate, carbon dioxide and methane. The lactate medium did not contain sulfate,

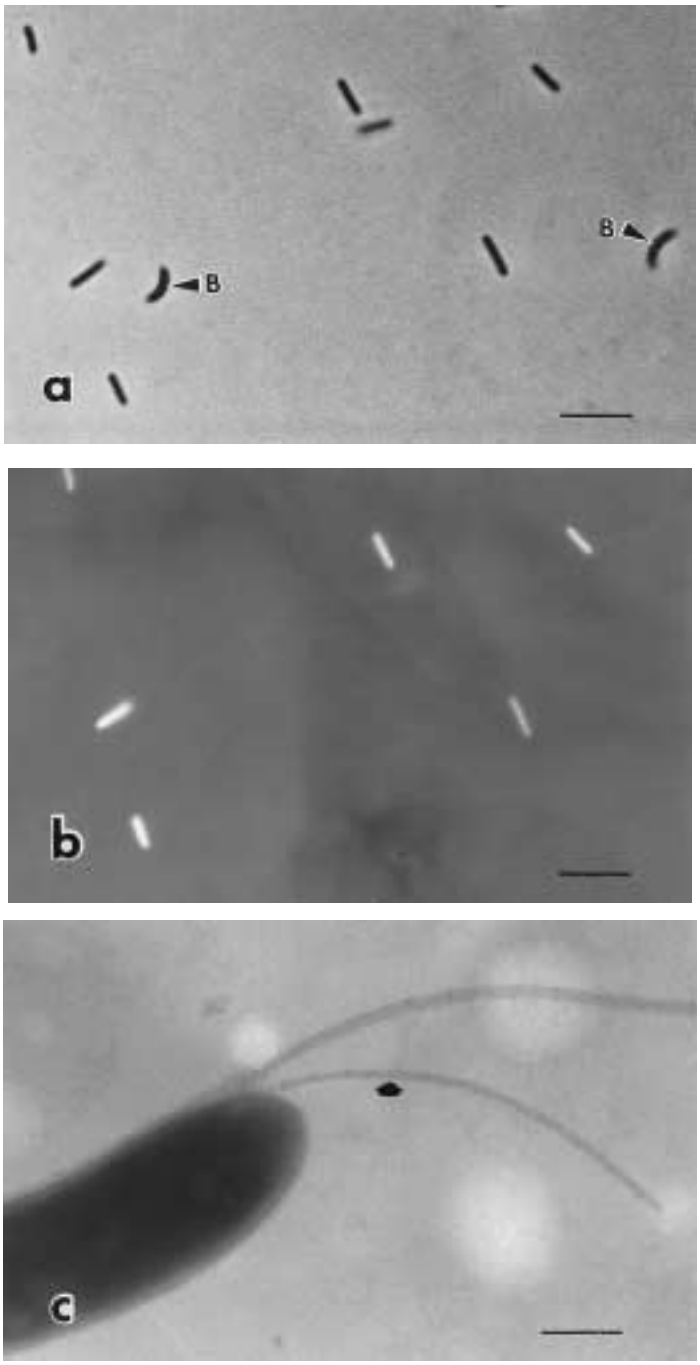


Fig. 7. Phase-contrast Photomicrograph (a) and Epifluorescence Photomicrograph (b) of *Syntrophomonas* strain TB-6 grown on butyrate in syntrophic association with *Methanobacterium formicicum* strain TM-8. B showing *Syntrophomonas* strain TB-6 cells. Transmission Electron Micrographs (c) of *Syntrophomonas* strain TB-6 grown on crotonate. Arrow showing two subpolar flagella. Bars (a and b) indicate 5μm and c indicates 0.25μm.

and hydrogen was not included in the atmosphere in the test tube. Therefore, neither strain could grow singly in the medium. Sulfate-reducing bacteria could grow on lactate in syntrophic association with a hydrogen-utilizing methanogen in the sulfate deficient paddy soil.

Syntrophic association with butyrate-degrading bacteria and a methanogen

The number of butyrate-degrading bacteria in Kanagi paddy field soil was 1.7 x 10^3 MPN/g dry soil. *Syntrophomonas* sp. strain TB-6 isolated from the Kanagi paddy soil degraded butyrate to acetate in co-

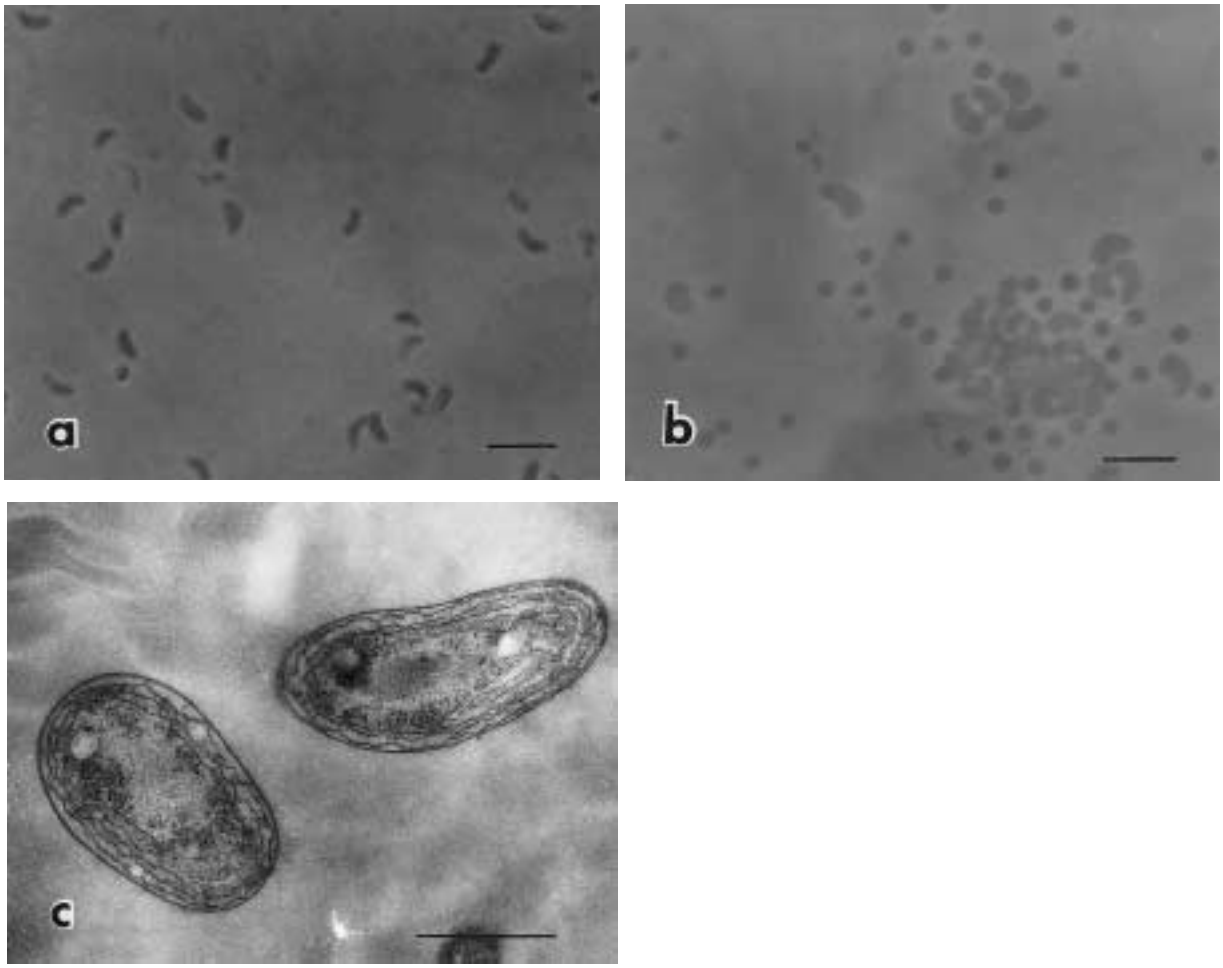


Fig. 8. Phase-contrast Photomicrographs of *Methylosinus* strains D2-11 (a) and strain W3-6 (b) grown on methane. Transmission Electron Micrograph (c) showing intracytoplasmic membranes. Bars (a and b) indicate 5μm and c indicates 0.5μm.

culture with *Methanobacterium formicicum* strain TM-8. A hydrogen-utilizing methanogen also played an important role in the degradation of butyrate. The photographs in Fig. 7-a and b show the co-culture of strain TB-6 and *Methanobacterium formicicum* strain TM-8. Strain TB-6 was a non-fluorescent curved rod. The cells were 0.8 to 1.0 x 2.0 to 4.5μm. The strain TB-6 cells were Gram-negative curved rods. Though the motility was not confirmed in the photomicroscopy, two polar or subpolar flagella (20 nm thick) were observed (Fig. 7-c). The strain could grow on valerate, hexanoate heptanoate and caprylate in addition to butyrate. Strain TB-6 was able to grow on crotonate without a syntrophic partner, *Methanobacterium formicicum* strain TM-8.

Methane-oxidizing bacteria in paddy field soil

Methane-oxidizing bacteria, which are strictly aerobes, live in flooded paddy soil. The number of methane-oxidizing bacteria in paddy field soil was 1.3×10^6MPN/g dry soil. The numbers were almost the same under conditions of flooded paddy soil and drainage paddy soil.

Methylosinus strain D2-11 (a) and *Methylosinus* strain W3-6 (b) isolated from the Kanagi paddy field soil were Gram-negative, oxidase positive and catalase positive rods. The strains were unique in cell morphology. The cells were curved rods and comma-shaped rods and globular exospores were formed. The cells were 2.0 to 3.0μm in length and 0.5μm in width as shown in Fig. 8-a and b. The methane-oxidizing bacteria possessed intracytoplasmic membranes along the cell periphery as shown in Fig. 7-c. The membrane system of both strains belongs to Type II. The intracytoplasmic membranes were composed

of a paired membrane with a total thickness of 20 to 25 nm; two unit membranes 7 nm thick were separated by an interspace of 10 nm. The strains grew on methane and methanol as sources of carbon and energy, and grew irrespective of the presence or absence of copper.

Summary

The shape, size, flagella and intracytoplasmic membranes of the microbial cells involved in methane production and oxidation in paddy field soil were observed using a phase-contrast microscope, a fluorescence microscope and a scanning and transmission electron microscope. *Methanobacterium formicicum* was the numerically dominant hydrogen-utilizing methanogen in paddy field soil. The methanogens possessed 7 to 12 polar fimbriae. When fatty acid-degrading bacteria converted fatty acids to acetate, *Methanobacterium formicicum* played an important role as a syntrophic partner. In sulfate deficient conditions, sulfate-reducing bacteria degraded lactate to acetate in syntrophic association with *M. formicicum*. *M. formicicum* promotes anaerobic degradation of organic matter in paddy soil by removing the hydrogen and formate. When paddy soil was incubated with an acetate medium, a large number of *Methanosarcina* was observed. However, acetate was not a good growth substrate for *Methanosarcina*. Seventy percent of methane production in paddy fields is made from acetate. Whether either species of *Methanosarcina* and *Methanosaeta* produce methane from acetate in the paddy field is an item for future study. Different shaped cells of methane-oxidizing bacteria, *Methylosinus*, were isolated from the Kanagi paddy field soil. These bacteria possessed the same intracytoplasmic membrane system as Type II. Type II methane-oxidizing bacteria is dominant in paddy field soil.

References

1. WATSON, R.T., L.G.M. FILHO, E. SANHUEZA AND A. JANETOS: Climate change 1992. The supplementary report to the IPPC scientific assessment. Ed. J.T. Houghton, B.A. Callander and S.K. Varne. Cambridge University Press: 27. 1992.
2. ZOU, B. Z., K. TAKEDA, A.TONOUCHI, S. AKADA and T. FUJITA: Characteristics of an anaerobic, syntrophic, butyrate-degrading bacterium in paddy field soil. *Biosci. Biotechnol. Biochem*., 67 : 2059-2067 (2003)
3. MIURA, Y., A.TONOUCHI and K.TAKEDA: Isolation and characterization of methanogen used 2-propanol as a hydrogen donator. *Soil Microorganisms*. 54 : 176 (2000)
4. TONOUCHI, A.: Isolation and characterization of a motile hydrogenotrophic methanogen from rice paddy field soil in Japan. *FEMS Microbiol. Lett*. 208 : 239-243. 2002.
5. TAKAHASHI, H., A.TONOUCHI and K.TAKEDA: Cell morphology of *Methanosarcina* in paddy field soil. *Proc. Japan Sco. Microbial. Eco. Annual meeting*: 106, 2000.
6. MIZUKAMI, S., K. TAKEDA, S. AKADA and T. FUJITA: Isolation and characterization of filamentous acetate-utilizing methanogens from Japanese paddy soil and their distribution. *Jpn*. J. *Soil Sci. Plant Nutr*., 72 : 633-641, 2001.
7. KUBOTA, A. and K. TAKEDA: Syntrophic relationship between sulfate reducers and methanogens isolated from paddy soil. *Jpn. J. Soil Sci. Plant Nutr*., 70 : 164-170, 1999.
8. TAKEDA, K., S. SUZUKI, K. NEKO, Y. TOMIYAMA, T. FUJITA, N. MATSUYAMA and I. WATANABE: Enumeration and characteristics of methanotrophs in paddy soils and rice roots. Jpn. *J. Soil Sci. Plant Nutr*., 69 : 570-575,1998.
9. FETZER, S, F. BAK and R. CONRAD: Sensitivity of methanogenic bacteria from paddy soil to oxygen and desiccation. *FEMS Microbiol. Ecol*. 12 : 107-115, 1993.
10. ASAKAWA, S., M. AKAGAWA-MATSUSHITA, H. MORI, Y. KOGA and K. HAYANO: Characterization of *Methanosarcina mazeii* TMA isolated from a paddy field soil. *Curr. Microbiol*., 31 : 34-38, 1995.
11. GROβKOPF, R., P.H.JANSSEN and W. LIESACK: Diversity and structure of the methanogenic community in anoxic paddy soil microcosms as examined by cultivation and direct 16S rRNA gene sequence retrieval. *Appl. Environ. Microbiol*. 64 : 960-969, 1998.
12. MIZUKAMI, S., K.TAKEDA, S. AKADA and T. FUJITA: Isolation and characterization of filamentous acetate-utilizing methanogens from Japanese paddy field soil and their distribution. *Jpn. J. Soil Sci. Plant Nutr*., 72 : 633-641, 2001.
13. TONOUCHI, A., Y.NISHIZAKI, H.TOHYAMA, K.TAKEDA: Cloning of a gene encording acetate kinase from *Methanosarcina mazeii* 2-P isolated from Japanese paddy field soil. Curr.Microbiol., 45 : 390-393, 2002.

水田土壌に生息するメタン生成・酸化に関わる微生物の顕微鏡像

武田　潔・殿内　暁夫・藤田　隆・水上　里美
鄒　碧珍・三浦　康正・高橋　弘・安彦　朋美

農学生命科学部応用生命工学科応用微生物学研究室

水田のメタン生成・酸化に関わる微生物細胞の形態，大きさ，蛍光，鞭毛，線毛や細胞内膜組織を位相差顕微鏡，落射蛍光顕微鏡，走査型電子顕微鏡と透過型電子顕微鏡を使って明らかにした。水田の水素利用メタン生成菌は3菌株分離された。*Methanobacterium* の2菌株は棒状桿菌，*Methanospirillum* はらせん状桿菌であった。いずれの菌株もメタン生成菌特有の F_{420} の蛍光を有した。*Methanobacterium formicicum* は水田に生息する水素利用メタン生成菌の中で菌数が最も多かった。このメタン生成菌は細胞両末端に7～12本の線毛を持っていた。*M. formicicum* は脂肪酸を嫌気的に分解する際に脂肪酸分解細菌の栄養共生のパートナーとしての役割を演じた。水田にはビブリオ状の *Desulfovibrio* が多数生息する。*Desulfovibrio* は硫酸塩のない所で *M. formicicum* と栄養共生により乳酸を酢酸に分解した。*M. formicicum* は水素と蟻酸を除去することにより水田の有機物の嫌気分解を促進していると考えられる。球状細胞の *Methanosarcina* と糸状細胞の *Methanosaeta* は水田の酢酸利用メタン生成菌である。これらいずれも F_{420} の蛍光を有した。酢酸で水田土壌を培養すると前者が多く観察される。しかし水田から分離された *Methanosarcina* J-6 菌株と 2-P 菌株の増殖に対して酢酸は良い基質ではなかった。他方，*Methanosaeta* は酢酸が唯一の増殖基質であった。水田から放出されるメタンの70%が酢酸由来であると言われているが，*Methanosarcina* と *Methanosaeta* のどちらの酢酸利用メタン生成菌が主要な酢酸からのメタン生成菌かは今後に残された課題である。水田には絶対好気性細菌であるメタン酸化細菌が生息している。分離された *Methylosinus* D2-11 菌株と W3-6 菌株は細胞内膜構造から Type Ⅱに属するメタン酸化細菌であった。これらの菌株は増殖に銅を要求しなかった。水田には銅を増殖に要求する Type Ⅰの菌種よりは Type Ⅱの菌種が優占することを示唆している。

弘大農生報　No. 6：49―58，2003

ブドウのCA貯蔵に関する研究
－スチューベンと巨峰の貯蔵性に及ぼす酸素と炭酸ガスの影響－

加　藤　弘　道[*1]・福　地　　博[*2]

[*1] 園芸学講座
[*2] 農業生産学講座

（2003年10月1日受付）

Ⅰ　緒　　言

CA貯蔵は，貯蔵庫内の温度と湿度については普通低温貯蔵（以下普通貯蔵とする）と同等の維持管理を行うと同時に，庫内の酸素濃度を減らし，炭酸ガス濃度を増加させることによって青果物の呼吸を抑制し，貯蔵期間を長くし品質の保持を高めるものであるが，80余年の研究開発にも関わらず，農産物の種類・品種，更には産地によって環境ガス組成が異なるため，我が国における実用的なCA貯蔵はリンゴとナシ等数種類に限られている。

本研究は，まだ広くCA貯蔵の行われていないブドウについて，CA貯蔵と普通貯蔵を行い，両貯蔵におけるブドウの品質劣化の度合いを比較検討し，CA貯蔵の効果の有無と最も適切な貯蔵庫内のガス組成を明らかにすることを目的としたものである。ブドウのCA貯蔵が普通貯蔵に比べて優れていることが分かり，また，適切なガス組成が明らかにされれば，既設のリンゴ用のCA貯蔵庫の利用拡大も可能と考えられる。なお実験に協力された阿保宏君と畠山正悦君に謝意を表します。

Ⅱ　実験方法

1．実験装置

実験装置に用いたCA貯蔵箱を第1図に示した。この貯蔵箱は，容量243L（60×90×45cm）で，中の観察が可能なように厚さ3cmのアクリル板製とし，計4個を試作して供試した。これらの箱を本講座に仮設の低温貯蔵庫内に蓋のない箱（普通貯蔵用）1個と共に設置した。

CA貯蔵箱の気密性は，貯蔵の成果に大きく関与する。したがって貯蔵開始前に貯蔵箱の気密試験を行うことは極めて重要である。気密試験は，コンプレッサにより箱内に空気を圧入し，圧入停止後の箱内圧力の時間的変化を測定する方法によった。貯蔵箱に加えられた圧力を水柱でh_0[mm]とすると，t分後の圧力h[mm]は次式で表される[7)]。

$$h = h_0 e^{-\lambda t} \quad \cdots\cdots (1)$$

ここで，λは漏洩係数で，供試貯蔵箱の漏洩係数を求めた結果を第1表に示した。

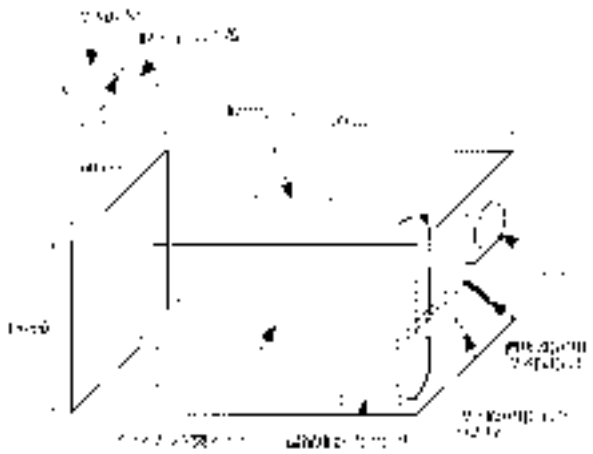
λは気密度を示し，米国における実用的CA貯蔵庫では0.05以下であることが義務づけられている。我が国では特に規定はないが，業者の間では0.1を超えると貯蔵庫として適さないとされている。いずれにしても供試貯蔵箱のλは0.05を下回るもので，CA貯蔵に適しているといえよう。

2．供試材料

10月1日に青森県黒石市の生産者の果樹園で，筆者らが自ら収穫したものである。なお，巨峰はハウス栽培されたものである。また，1房の平均質量は，スチューベンで370g，巨峰は290gであった。

貯蔵期間は，10月2日から12月1日までの60日間とした。

スチューベンの特性は次の通りである[11)]。ウェーン×セリダンの交配で，ニューヨーク農業試験場育成品種である。キャンベルに近いアメリカ系で，果粒や果房の大きさはキャンベルに劣るが，食味は日本人好みの黒ブドウ特有の風味を持ち，味は濃厚であり，淡白なキャンベ



第1図　CA貯蔵箱

第1表　供試CA貯蔵箱の漏洩係数

	20分後のh［mm］	60分後のh［mm］	漏洩係数λ
貯蔵箱No1	2.50	1.23	0.018
同　No2	1.80	0.76	0.022
同　No3	0.62	0.40	0.011
同　No4	0.19	0.10	0.016

第2表　試験区

試験区	酸素（%）	CO_2（%）
2－3区	2	3
2－5区	2	5
4－3区	4	3
4－5区	4	5
普通区	20.8	0.03

ルに代わるものとして期待されている。房はしまり，輸送性があり，取扱いやすい品種で店持ちがよく裂果はない。

次に，巨峰の特性は次のようである。センチニア×石原早生の交配で，昭和12年頃大井上康氏が育成した品種である。4倍体品種で，その3/4がヨーロッパ種の系統であり，巨大果粒と肉質がきわめて良く，甘味が高いので好まれている。反面，花振い性があり，必要果粒が着かない場合があり，また果粒は脱粒しやすく，店持ちがやや短く，裂果は果頂部から果帯部が裂開する粗着型である。

3．試験区

文献[2,10,11]では，ブドウのCA貯蔵における適正な酸素濃度は2～4%，炭酸ガス（以下CO_2とする）濃度は3～5%，温度0℃，湿度90%という報告を参考にして，第2表に示す4つのCA貯蔵区と，比較のための普通貯蔵区（以下普通区とする）の合計5試験区を設けた。ガス濃度の調節は最大±0.5%を限度に（ほぼ毎日）調節した。なお，貯蔵庫内の温度と湿度はいずれの試験区も0℃，90%に設定し，温度は最大±0.5℃を限度に温度制御盤で，また，湿度は±5%を限度に除湿機・加湿器の操作で調節した。

4．測定項目とその方法

次の1)～9）について調べた。このうち，1)～6)，及び9）については1週間ごとに，7)，8）については毎日測定または観察した。

1）　目減り：各試験区ごとに，供試した両品種のブドウからそれぞれ無作為に10房を抽出し，番号札を付けて，貯蔵の前後に質量をMetllerP1200で計測した。結果の表示には，貯蔵前の質量に対する貯蔵後の減少量の百分率を求め，目減りとした。

2）　果梗部含水率：果梗部の水分の低下は，みずみずしさを失わせ脱粒を起こす原因と考えられ，商品価値に大きく影響する。貯蔵前後に各試験区から，それぞれ5房のブドウを取り出し，果梗部の湿量基準の含水率（水分）を24時間－105℃法で測定した。

3）　脱粒抵抗力：脱粒は鮮度低下を表す指標の一つと考えられ，商品価値を大きく左右するので，栽培者・出荷者は脱粒防止に十分注意を払っている。脱粒抵抗力の測定は，ブドウが持ち上がらないように固定し，その1粒をピンセットではさみ，ピンセットに接続したはかり（プッシュプルスケール ModelS，コムラ製作所製）を徐々に持ち上げ，果粒が取れるまでの目盛の最大値を読み取る。供試個数は，1試験区当り5房とし，1房に付き3粒について測定した。なお，プッシュプルスケールの表示は重力単位のg（グラム）であるが，結果の表示には，重力加速度gを9.8m/s^{2}として，SI単位の力N（ニュートン）に換算したものを用いた。

4）　pH値：酸味は，無機酸あるいは有機酸が水中で解離したH^+によって感ずる味覚であるが，H^+の濃度と酸味とは必ずしも一致しない。しかし，酸類および緩衝液存在でpH3.0以下の酸味は舌では不快感となることが多い。測定は，ブドウの果汁をガラス電極pH計（東亜電波工業Co.製，HM－5A）で，1試験区当り5房，1房から測定の2回分を採取して行った。

5）　糖度：果実の甘味は主として糖によることはいうまでもないが，果実には種々の有機酸が含まれ，その含量と糖含量との関係が微妙に影響する。果実に含まれる糖は，ブドウ糖，果糖，蔗糖の3種類であるが，ブドウには蔗糖は含まれていない。糖の甘味は種類によって異なり，果糖の甘味が最も強く，蔗糖，ブドウ糖の順に甘味は弱くなる。糖度の測定にはアタゴ手持ち屈折計N1を用い，1試験区当り5房のブドウを供試し，1房につき3粒について行った。

6）　酒石酸：測定は，ガーゼで絞ったブドウの果汁にフェノールフタレイン数滴を加え，1/10規定の水酸化ナトリウム溶液で滴定して，酒石酸濃度を求めた。供試房数は，1試験区当り5房で，1房につき2回の測定を行った。

天然界で最も多く有機酸を含むのは果実であり，有機酸は果実特有の酸味を呈し，爽快味の重要な因子をなし，嗜好的価値に大きく関与している。ブドウの主な有機酸はリンゴ酸と酒石酸で，含有有機酸の90%以上を占めている。

7）　外観：貯蔵後のブドウ1房1房について腐敗，変形，脱粒の有無およびその果粒数を調べた。結果の表示

には1房における腐敗粒数, 変形粒数, 脱粒粒数がそれぞれ3個以上ある房数の供試全房数に対する割合を，それぞれ腐敗率，変形粒発生率，脱粒発生率という言葉で表した。

8） 温度・湿度・ガス濃度：低温貯蔵庫および貯蔵箱内の温度をCC熱電対と自動平衡記録計（CHINO）で，湿度をエース鋭感湿度計で，貯蔵箱内の酸素とCO_2濃度をFYRITEで毎日測定し，設定通りに維持されているか否かを調べた。

9） 食味試験：貯蔵直後，10人の試験者に各試験区のブドウを試食してもらい，甘味，酸味，苦味，かび臭さ，総合評価の5点を所定の用紙に記入してもらった。結果の表示にはこれらを5段階で点数化したものを用いた。すなわち，総合評価については，うまいを5，普通を3，まずいを1とし，ややうまい，ややまずいをそれぞれ4，2とした。甘味については, 甘いを5, 甘味がないを1とし，酸味は，酸っぱいを5，酸味を感じないを1とし，それぞれの中間は4，3，2とした。苦味とかび臭さについては，それぞれの有無を記入してもらい，試験区ごとに有ると答えた人の割合を調べたところ，最大40％（4人）であったので，0％の試験区を5, 以下10％から40％までをそれぞれ4，3，2，1と表示した。

III 実験結果と考察

測定・観察は，実験方法で述べたように毎日または1週間ごとに行ったが，測定に供試したブドウは目減りを除き毎回異なるものであったので，個体差が現れ経日変化のグラフ化は起伏の激しいものとなったことと，ページ数の都合でここでは60日目の測定・観察結果についてのみ述べる。

1．目減り

貯蔵後の目減りを第3表に示した。各試験区とも質量の低下（目減り）を生じていた。これは主として果実の大部分を占める水分の蒸散と呼吸による糖・有機酸が酸化・分解して，CO_2と水として排出されたためと思われる。

スチューベンでは4－5区，巨峰では2－5区が最も目減りが少なく，貯蔵性が優れており，普通区は両品種とも最も目減りが大きい。分散分析により有意差の検定を行ったところ[9]，スチューベンでは，試験区間，供試材料間ともに有意差が認められなかったが，巨峰では，供試材料間，すなわち個体差による有意差は見られないものの，試験区間には1％の有意水準で高度の有意差[6]が認められた。したがって，本実験結果では巨峰については目減りから貯蔵性の優劣を比較することは有意義と思われる。最も目減りの小さいのは2－5区で, 以下4－5区, 4－3区, 2－3区, 普通区の順で，普通区の目減りは2－5区の半分以上で，商品的貯蔵限界といわれる5％を超える5.5％であった。また，両品種ともCO_2濃度の高い5％のほうが3％のものより，貯蔵性が良い結果となっている。

2．果梗部含水率

果梗部含水率を第4表に示した。貯蔵後の果梗部含水率は, いずれの試験区のものも貯蔵前より低下しており，中でも普通区の低下が大きい。スチューベンについては，4－5区の低下が最も小さく，以下低下の小さい順に2－3区，4－3区と2－5区，普通区であるが，分散分析の結果では有意差は見られなかった。しかし，貯蔵前の含水率を100％とすると，最も貯蔵性の良い4－5区では，0.3％の低下，4－3区と2－5区でも1.5％の低下であるのに対し，普通区では2.6％低下しており，CA貯蔵のほうが普通貯蔵より貯蔵性が優れているように思われる。巨峰については，表より，含水率の低下が小さい順に4－3区, 2－3区, 4－5区, 2－5区, 普通区であった。分散分析の結果，供試材料間には有意差は見られなかったが，試験区間には高度の有意差が認められた。貯蔵前の含水率を100％とすると，4－3区，2－3区，4－5区，2－5区，普通区の順に，6.7％，10.0％，11.2％，11.3％，22.9％の減少で，普通貯蔵区はCA貯蔵のいずれの試験区よりも2倍以上の減少率を示している。

以上より，果梗部含水率からは，CA貯蔵は普通貯蔵より優れ，また，CA貯蔵区の中では，$CO_2$3％のほうが5％より優れていると思われる。

3．脱粒抵抗力

脱粒抵抗力を第5表に示した。全試験区とも貯蔵前より低下しており，特に巨峰の低下は大きい。分散分析を行った結果，両品種とも供試材料間には有意差が見られなかったが，試験区間には高度の有意差が認められた。

スチューベンについては，脱粒抵抗力の低下が最も小さいのは2－5区で，以下，普通区，4－3区，2－3区，4－5区の順であった。普通区のものは，後述のように，腐敗粒と変形粒の和が約70％にも達していたが, 測定に供した果粒を健全なもののみに限定したことが2－5区に次ぐ好結果をもたらしたものと思われる。

巨峰については，脱粒抵抗力の最も小さいのはスチューベン同様2－5区で，以下，4－5区，2－3区，4－3区, 普通区の順であった。普通区は, 表皮が破裂したものや腐敗した果粒が多く，残りの健全果粒の中から測定したので，全体的にはより大きな低下があったものと考えられる。

4．pH値

貯蔵前後のpH値を第6表に示した。pHは，貯蔵後の2－3区でやや低下しているほかは両品種とも貯蔵前後に大きな変化は見られないので，詳述は酒石酸の項で行う。

第3表　目減り（%）

	2−3区	2−5区	4−3区	4−5区	普通区
スチューベン	2.6	1.9	2.4	1.8	2.9
巨　峰	3.9	2.4	3.4	3.2	5.5

第4表　果梗部含水率（%）

	貯蔵前	2−3区	2−5区	4−3区	4−5区	普通区
スチューベン	74.2	73.7	73.1	73.1	74.0	72.3
巨　峰	77.7	69.9	69.0	72.5	69.1	59.9

第5表　脱粒抵抗力（N）

	貯蔵前	2−3区	2−5区	4−3区	4−5区	普通区
スチューベン	2.63	2.13	2.50	2.32	2.05	2.33
巨　峰	4.22	2.55	2.66	2.15	2.59	1.99

第6表　pH 値

	貯蔵前	2−3区	2−5区	4−3区	4−5区	普通区
スチューベン	3.1	2.9	3.3	3.2	3.2	3.1
巨　峰	3.5	3.4	3.6	3.5	3.3	3.3

第7表　糖度（Brix %）

	貯蔵前	2−3区	2−5区	4−3区	4−5区	普通区
スチューベン	16.4	15.2	16.4	16.1	16.3	16.0
巨　峰	16.5	15.8	17.0	16.1	17.0	17.0

第8表　酒石酸度（%）

	貯蔵前	2−3区	2−5区	4−3区	4−5区	普通区
スチューベン	0.93	0.74	0.70	0.78	0.70	0.77
巨　峰	0.70	0.58	0.54	0.52	0.57	0.59

5．糖度

貯蔵前後の糖度を第7表に示した。貯蔵後の糖度は，貯蔵前に比べて，スチューベンでは全試験区ともやや低下の傾向を示しているが，巨峰では低下した試験区とやや増加した試験区が見られる。スチューベンについては，有意差の検定を行った結果は，供試材料間には有意差は認められず，試験区間には高度の有意差が認められた。しかし，2−3区の低下が大きいものの，他の3つのCA 貯蔵区と普通貯蔵区とでは大差がない。糖度の低下の原因は，果実の貯蔵中の呼吸基質として糖が使われたためと考えられる。巨峰については，2−3区と4−3区が糖度の低下を示しているが，普通区，2−5区，4−5区ではやや上昇している。分散分析を行った結果は，供試材料間，試験区間ともに高度の有意差が認められた。貯蔵前（収穫直後）の巨峰には赤みを帯びて完熟していないものも含まれていたので，これが貯蔵中に追熟して糖度が上昇したものと思われる。また，両品種とも CA 貯蔵の試験区については，CO_2の影響が酸素よりも大きく，CO_2 5 %の2つの試験区のほうが3 %の2つの試験区よりも高い糖度を維持している。

6．酒石酸

貯蔵前後の酒石酸度を第8表に示した。両品種とも貯蔵後の酒石酸は，貯蔵前と比較して低下している。これは，有機酸が収穫後の呼吸基質として使用されたことによるものと考えられる。スチューベンで最も低下が小さいのは4−3区で，普通区が4−3区とほぼ同等で，以下2−3区，2−5区と4−5区の順である。分散分析の結果，供試材料間には有意差は見られず，試験区間には有意差が認められた。酒石酸から CA 貯蔵と普通貯蔵との貯蔵性の優劣はつけ難いが，CA 貯蔵間ではCO_2 3 %の試験区の方が5 %の試験区より酸度の低下が小さく良い結果をもたらしている。巨峰では酒石酸の低下が小さいものから順に，普通区，2−3区，4−5区，2−5区，4−3区であった。分散分析の結果，供試材料間には有意差が見られず，試験区間には高度の有意差が認められた。ここで，両品種とも普通区の酒石酸の低下が他の試験区より小さいのは，前述のように，測定に供し得る健全化が少なかったことが大きな要因と考えられる。

第9表　腐敗率（%）

	2−3区	2−5区	4−3区	4−5区	普通区
スチューベン	10.3	4.1	2.0	4.1	29.3
巨　峰	6.3	8.3	12.3	4.1	29.3

第10表　変形粒発生率（%）

	2−3区	2−5区	4−3区	4−5区	普通区
スチューベン	20.5	33.0	10.2	8.0	37.5
巨　峰	12.3	8.3	14.5	0	8.3

第11表　脱粒発生率（%）

	2−3区	2−5区	4−3区	4−5区	普通区
スチューベン	0	0	0	0	0
巨　峰	35.3	45.9	18.7	25.0	41.7

7．外観

貯蔵後の腐敗率，変形粒発生率，脱粒発生率を，それぞれ第9表，第10表，第11表に示した。

a） スチューベン：腐敗率については，普通貯蔵とCA貯蔵では歴然たる差が見られ，CA貯蔵の4試験区のほうがはるかに少なく，貯蔵性が優れている。4−3区が最も少なく，4−5区と2−5区がこれに次ぎ，2−3区はやや多い。変形粒は，萎凋によるものであるが，その発生率が小さいのは4−5区，次いで4−3区であり，逆に多いのは普通区，次いで2−5区であった。脱粒は，スチューベンには全く起こらなかった。以上の結果から外観の面から貯蔵性の優劣を判断すると，4−3区と4−5区が最も優れ，以下2−3区，2−5区，普通区の順であり，酸素4%の2つの試験区が良い結果をもたらした。

b） 巨峰：腐敗率については，普通貯蔵とCA貯蔵でははっきり差が現れ，CA貯蔵のほうがかなり優れている。最も腐敗率が小さいのは4−5区で，以下2−3区，2−5区，4−3区，普通区の順である。巨峰の変形粒は、主としてブドウの表皮がナイフで切ったように裂けている割粒（または裂果）である。これは果粒内圧と箱内圧力との差が主な原因で，それに箱内湿度が95%と高かったことが加わって生じたものと考えられる。4−5区には変形粒が全く見られず，2−5区と普通区がこれに次いで少ない。脱粒発生率が小さい試験区は4−3区で，以下4−5区，2−3区，普通区，2−5区の順である。スチューベンに比べて脱粒が多いことから巨峰は貯蔵性に劣る（日持ちが悪い）といえる。以上の結果より，外観の面で貯蔵性の優れているのは4−5区である。

8．食味試験の結果

食味試験の結果を第2図，3図に示した。

a） スチューベン：甘味については，4−5区を除く4試験区のものは「程よい甘さ」の3と「甘味がやや強い」の4の中間の評価であるが，4−5区は3を下回った。酸味については，2−5区が「良好」の3で，普通区と4−3区が「酸味がやや弱い」の2と3の間，2−3区と4−5区が3と「酸味がやや強い」の間であった。苦味については，2−5区は試験官10人中1人だけが「苦味が有る」と答えて最も良い結果を示し，逆に最も悪いのは2−3区で，4人が「苦味あり」と答え，他の3試験区はその中間であった。カビ臭さについては，CA貯蔵の4試験区とも10人中1人だけが「臭いがする」と答えたが，普通区は4人が「カビ臭い」と答えた。総合評価については，2−5区が最も良い評価を，4−5区が最も悪い評価を得た。これは，2−5区では甘味と酸味が程よくあり，苦味とカビ臭さが少なかったことに，また，4−5区では甘味が弱い割に酸味はやや強いことによるものと思われる。

b） 巨峰：甘味については，全試験区が「程よい甘さ」の3を上回り，中でも2−3区と4−5区は「甘味がやや強い」の4であった。酸味については，全試験区が「程よい酸味」の3を下回っており，甘味と合わせるとやや甘味が強い食感であったものと思われる。苦味とカビ臭さについては，「苦味が有る」，「カビ臭い」と答えた人数はスチューベンより少なく，中でも4−5区は両者とも1人もいなかった。総合評価は，4−5区が最も良く，2−3区がこれに次ぎ，普通区は最も悪い評価を得た。

9．総合考察

前節までは，個々の測定項目ごとに貯蔵性の優劣を論じてきたが，ここでは，それらを総括してどの試験区が品質保持上優れているかを検討してみる。

生食用果実の場合，外観が商品価値を大きく左右し，特に我が国ではこの傾向が強い。また，食味も商品価値に大きく関与する。このような観点から，試験区間の貯蔵性の優劣を判定するに当り，諸測定･観察結果の中で，食味の総合評価，腐敗率，変形粒発生率，脱粒率を重要視し，その他の測定結果は補足的なものとした。

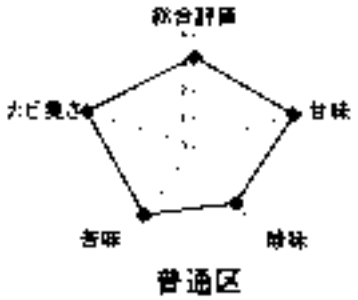
a） スチューベンについて：目減り，果梗部含水率，脱粒抵抗率の3項目は，外観と関連するものであるが，

2-3区

2-5区

4-3区

4-5区



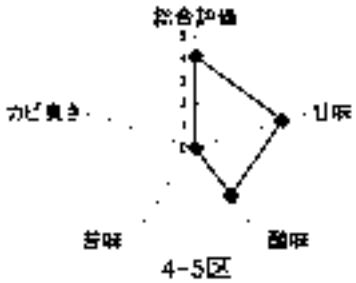
普通区

第2図　食味試験結果(スチューベン)

2-3区

2-5区

4-3区



4-5区

普通区

第3図　食味試験結果(巨峰)

第12表　スチューベンの総合考察

	2−3区	2−5区	4−3区	4−5区	普通区
目減り	4	2	3	1	5
果梗部含水率	2	3	3	1	5
脱粒抵抗力	4	1	3	5	2
pH	4	5	2	2	1
糖度	5	1	3	2	4
酒石酸	3	4	1	4	2
腐敗率	4	2	1	2	5
変形粒発生率	3	4	2	1	5
脱粒発生率	1	1	1	1	1
食味総合評価	3	1	2	5	3
食味苦味	5	1	3	2	3
食味カビ臭さ	1	1	1	1	5
合　計	39	26	25	27	41

第13表　巨峰の総合考察

	2−3区	2−5区	4−3区	4−5区	普通区
目減り	4	1	3	2	5
果梗部含水率	2	4	1	3	5
脱粒抵抗力	3	1	4	2	5
pH	2	2	1	4	4
糖度	5	2	1	2	2
酒石酸	2	4	5	3	1
腐敗率	2	3	4	1	5
変形粒発生率	4	2	5	1	2
脱粒発生率	3	5	1	2	4
食味総合評価	2	4	3	1	5
食味苦味	3	3	3	1	2
食味カビ臭さ	3	3	1	1	5
合 計	35	34	32	23	45

その総合では2－5区が最も良く，4－5区がこれに次ぎ，逆に普通区は最も劣っている。外観については，4－3区と4－5区が腐敗，変形粒，脱粒が少なく最も良い結果をもたらし，2－5区がその次の好成績を残し，逆に普通区は腐敗，変形が多く最も劣っている（第12表）。

pH値，糖度，酒石酸度は食味に関与するものであるが，3項目の総合では，4－3区が最も良く，逆に2－3区が最も劣っており，残りの3試験区間には大差がない。食味については，2－5区が総合評価，苦味，カビ臭さの全ての点で最も良い結果であり，4－3区がこれに次いでいる。逆に，普通区と2－3区は他の試験区に比べて劣っている。

以上を総合すると，4－3区と2－5区が貯蔵性に優れ，普通区と2－3区は劣っている。

b）巨峰について：目減り，果梗部含水率，脱粒抵抗率の3項目の総合では，2－5区が最も良く，以下4－5区，4－3区，2－3区，普通区の順で，普通区は3項目とも最も劣っている。外観については，4－5区が腐敗，変形粒，脱粒が少なく最も良い結果をもたらし，2－3区がこれに次ぐが，残りの試験区の2－5区，4－3区，普通区についてはそれぞれ脱粒，変形粒，腐敗が最も多いので順位を付けるのは困難である（第13表）。

pH値，糖度，酒石酸度の3項目の総合では，4－3区が最も良く，以下普通区，2－5区，4－5区と2－3区の順である。食味については，4－5区が総合評価，苦味，カビ臭さの全ての点で最も良い結果を示し，以下，4－3区，2－3区，2－5区，普通区の順である。

以上を総合すると，4－5区が最も貯蔵性に優れ，4－3区がこれに次ぎ，普通区は最も劣っている。

Ⅳ　摘　　要

本研究は，スチューベンと巨峰の2品種のブドウをCA貯蔵し，酸素と炭酸ガス（以下CO_2という）がそれらの貯蔵性に及ぼす影響を調べたもので，酸素を2％にし，CO_2を3％と5％にした2つの試験区，2－3区と2－5区，酸素を4％にし，CO_2を2％と5％にした2つの試験区，4－3区と4－5区，および大気の組成を変えない普通低温貯蔵区（以下普通区という）の合計5つの試験区を設け，2品種のブドウを60日間貯蔵し，貯蔵前後のブ

ドウの性状の変化（目減り，果梗部含水率，脱粒抵抗力，pH，糖度，酒石酸度，腐敗率，変形粒発生率，脱粒発生率，および食味）を比較検討し，次の結果を得た。

1） 目減りは，スチューベンでは，4 － 5 区が最も小さく，2－3区がこれに次ぎ，普通区が最も大きい。巨峰では，2－5区が最も小さく，普通区の目減りが最も大きい（第 3 表）。

2） 果梗部含水率は，スチューベンでは4－5区の低下が最も小さく，2－3区がこれに次ぎ，普通区の低下は最も大きい。巨峰では，4－3区の低下が最も小さく，普通区の低下は試験区間中最大であった（第 4 表）。

3） 脱粒抵抗力は，スチューベンでは 2 － 5 区が最も低下が小さく，逆に2－3区が最も大きい。巨峰では，2－5 区が最も低下が小さく，普通区が最も低下が大きい（第 5 表）。

4） 糖度は，スチューベンでは2－5区が低下が小さく，4－5区がこれに次ぎ，2－3区の低下は最も大きい。巨峰では，4－3区，2－3区はやや低下，他の 3 試験区はむしろ若干の増加が見られる（第 7 表）。

5） 酒石酸度は，スチューベンでは 2 － 5 区が最も低下が小さく，普通区がこれに次ぎ，逆に2－5区，4－5区では低下が大きい。巨峰では，普通区と 2 － 3 区の低下が小さく，4－3区では低下が大きい（第 8 表）。

6） 外観については，両品種とも CA 貯蔵のほうが普通貯蔵よりはるかに優れている。スチューベンでは，全試験区とも脱粒は全く見られず，腐敗，萎凋による変形粒が見られるが，4－3区，4－5区が最も優れ，普通区が最も劣っている。巨峰では，2－5区以外の 4 試験区に割粒が見られ，また，全試験区に房から果粒がとれた脱粒が見られた。割粒，脱粒，および腐敗を総合して巨峰で最も外観が良いのは4－5区で，普通区は最も外観を損ねていた（第 9 ～ 11 表）。

7） 食味については，スチューベンでは 2 － 5 区が最も好評で，逆に 4 － 5 区が不評であった。2 － 5 区は甘味，酸味が程よく，苦味，カビ臭さが少ないことによるもので，また，4－5区は，甘味が試験区中最も弱く，酸味が最も強いことによるものであろう。巨峰では，4－5区が最も好評で，普通区が最も不評であった（第 12，13 表）。

8） 以上の結果，スチューベンでは 4 － 3 区が最も貯蔵性に優れ，2－5区がこれに次いでいる。巨峰では，4－5区が最も優れている。また，両品種とも CA 貯蔵のほうが普通低温貯蔵より貯蔵性が優れている。しかし，巨峰についての 60 日間の貯蔵は，脱粒が多く，商品価値に大きく影響するので，貯蔵条件を変えるなどさらなる研究が必要である。

参 考 文 献

1）園芸学会編：果樹園芸学部門別の解説，養賢堂，1973
2）伊庭慶昭：CA 貯蔵，果樹園芸大百科―果樹園芸共通技術，農山村漁村文化協会，1980，p.541
3）果樹の栽培新技術編集委員会編：果樹の栽培新技術，博文社，1979，p.565
4）小林　彰：果樹の良品生産技術，誠文堂新光社，1973，p.347－357
5）小島孝之：簡易 CA 貯蔵法の開発に関するモデル実験，農業施設，第 5 巻，第 2 号，1975，p.1－7
6）森口繁一：統計的方法，日本規格協会，1968，p.152
7）森野一高他：農業施設学，朝倉書店，1970，p.97－99
8）緒方邦安：青果物保蔵の科学と技術の発展，園芸学会誌，第 42 巻，特別号，1973
9）スネデカー原著，畑村・奥野・津村共訳：統計的方法，岩波書店，1962，p.267－275
10）武田吉弘：ブドウの貯蔵，果樹園芸大百科－ 3．ブドウ，農山村漁村文化協会，p.272－279
11）恒屋棟介：巨峰ブドウ栽培の新技術，博文社，1972，p.172
12）土屋長男：実験葡萄栽培新説，1980，p.36

Studies on the CA-Storage of Grape
—The Effect of Oxygen and Carbon Dioxide to Stuben and Kyoho—

Hiromichi KATO[*1] and Hiroshi FUKUCHI[*2]

[*1] *Laboratory of Horticultural Science*
[*2] *Laboratory of Agricultural Production*

SUMMARY

The availability of CA storage and the appropriate gas composition for grape (cv. Stuben and Kyoho), which are not popular in CA storage, were investigated.

The period of storage was determined as 60 days (from October 1 to December 1). And the tested condition were decided as follows. 2-3 (O22%, CO23%), condition 2-5, condition 4-3, condition 4-5 and regular storage (where 0℃, 90～95% R.H.).

The results were as follows.

1) The change of weight was least in condition 4-5 in Stuben and 2-5 in Kyoho.
2) The lowering of moisture content of fruit-stalk was the least in condition 4-5 in Stuben and 4-3 Kyoho.
3) The resistance of falling-off of individual berry was the least in condition 2-5 in both varieties.
4) No change of pH was observed in regular storage in Stuben and condition 4-3 in Kyoho.
5) There was no sugar change in condition 2-5 in Stuben and the least change in 4-3 in Kyoho.
6) The reduction of tartaric acid was the least in condition 4-3 in Stuben and regular storage.
7) Judging from the appearances, the best storage was condition 4-3 in Stuben and 4-5 in Kyoho.
8) The taste was the best in condition 2-5 in Stuben and 4-5 in Kyoho.
9) Evaluating synthetically, it can be said that the bests are condition 4-3 in Stuben and condition 4-5 in Kyoho, and the worst was regular storage in both variety.

Bull. Fac. Agric. & Life Sci. Hirosaki Univ. No. 6 : 59—67, 2003

簡易型酸素プルダウン装置の試作

加　藤　弘　道[*1]・福　地　　博[*2]

[*1] 園芸学講座
[*2] 農業生産学講座

（2003年10月１日受付）

Ⅰ　緒　　言

CA貯蔵庫は，農産物の鮮度を長時間保持し得る反面，イニシアルコストが高価で操作が複雑なため，貯蔵庫の所有者は現在，市町村，JA，あるいは仲買業者に限られている。個々の農家でも所有可能な小型で操作方法が簡単で，かつ低コストのガス調節装置として，窒素発生装置の開発が望まれている。窒素の製法には次のものが挙げられる[2)]。①　亜硝酸アンモニウム濃厚溶液および塩化アンモニウムと亜硝酸ナトリウム混合溶液を70℃に加熱する。②　アンモニアをニッケル粉末上において，1000℃で分解し，窒素を冷却凍結させて水素を分離する。③　空気を灼熱した銅の上を通じる。④　液体空気を分留する。⑤　空気を還元剤で処理する。⑥　LPGや天然ガスを燃焼させる。⑦　活性アルミナなどの吸着剤によって酸素を吸着させる。⑧　その他。

このうち，大気中の窒素濃度を増やして酸素濃度を下げる目的では，③，⑤，⑦，⑧が挙げられるが，⑦については，エカトロン方式として既に実用化されており，また，⑧については，酸素と窒素に関して気体透過係数に差のある物質で膜を作り，これに空気を通して酸素を分離除去する交換膜方式もあるが[3),5)]，いずれもその装置はかなり大型である。また，⑤についても既に実用化されているが，消耗資材を要する点に難がある。この他，⑥については，空気をプロパンガスで燃焼させて酸素を二酸化炭素に交換し，冷却後ガススクラバーを介して冷蔵庫内に送り込むプロパン燃焼方式としてフラッシュ式，および再循環式が，また，空気とプロパンガスの混合物を白金触媒を通過させて酸化させる酸素コンバーター方式が実用化されているが，いずれも大型になっている。

そこで，本研究では③の銅の酸化反応を利用した簡易型酸素プルダウンシステムを開発するために，装置の試作並びにその性能試験を行った。

なお，試作・実験に終始協力された阿保宏君と高田信吾君には深く感謝します。

Ⅱ　装置の設計・試作

1　試作機の概要

試作した酸素プルダウンシステムの概略図を第１図に示した。試作機内の空気の順路は次の通りである。貯蔵庫からファン１で吸引された空気は加温管で加熱されて接続管を通り，窒素発生管に入りさらに加熱され，銅と接触酸化して酸素が除去される。

$$2Cu + O_2 \rightarrow 2CuO \qquad (1)$$

この高温ガスを冷却銅管，冷却パイプで冷却し，ファン２で貯蔵庫内に送入する。

以上の繰り返しにより貯蔵庫内の酸素濃度を減少させ，貯蔵に最適な酸素濃度にする。

銅を空気中で300～500℃に加熱すると，酸素と化合して酸化第二銅（CuO）となる。しかし，800℃以上の高温になると，$4CuO \rightarrow CuO + O_2$の分解反応が起こり酸化反応にばらつきが見られるようになる[1)]。このことを考慮して，窒素発生管内温度は400±20℃に保ち酸化反応を安定させるようにした。

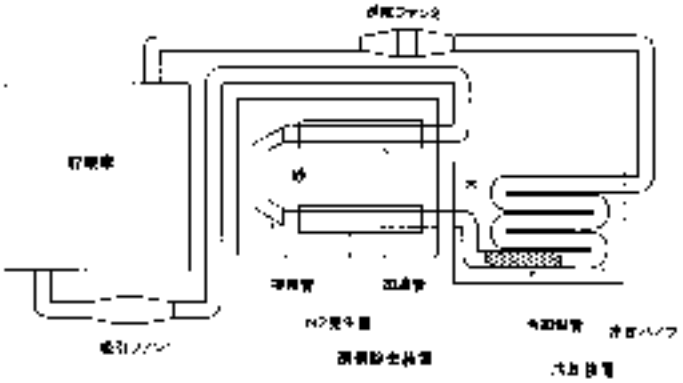
酸化反応による酸素除去の理論値は，（1）式より，酸素1*l*（空気量にして約5*l*）に銅5.67gが必要ということになるが，これは銅粉としてすべて酸化した場合で，このまま試作機にあてはまるものではない。

2　酸素低減装置

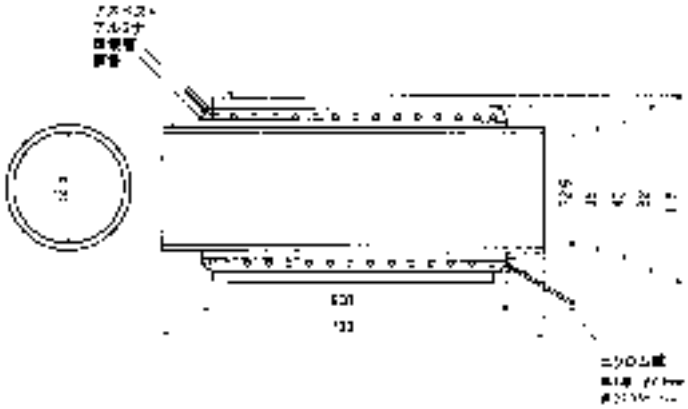
高温の銅に空気を通し，銅を酸化させることにより酸素を減少させ，窒素濃度の高いガスを発生させる装置は，安定した酸化反応を得るために銅の加熱には電気炉を用いた。電気炉は，電気抵抗熱を利用したもので，電気抵抗炉といい，直接式抵抗炉と間接式抵抗炉とがあるが，本研究では軽量小型で，構造が簡単な後者を採用した。試作した発生装置の概要は次の通りである。

1）　窒素発生管：加温管からの高温空気をさらに加熱して銅の表面を酸化させる部分で，使用温度範囲が300～500℃と比較的低いので，1000℃以下に使用されるニクロム線電気炉を試作した（第２図）。

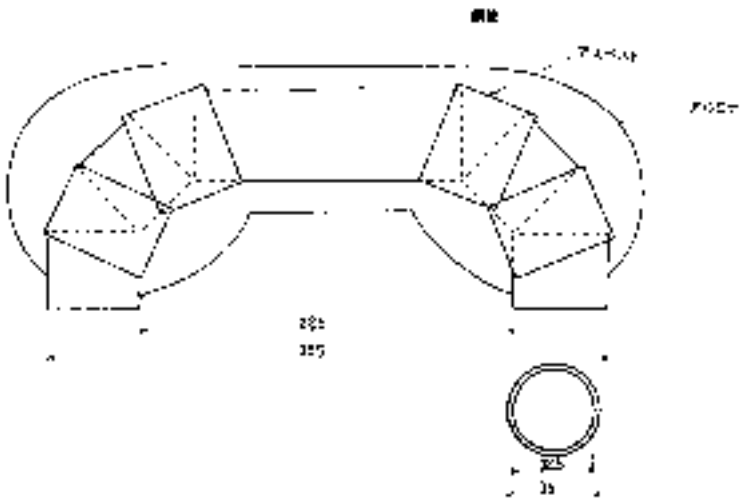
2）　加温管：窒素発生管に入る前の空気に予熱を与え



第1図　試作機の概要



第2図　窒素発生管・加温管



第3図　接続管

るもので，構造は窒素発生管と同じである。

3)　接続管：その概要を第3図に示した。加温管と窒素発生管とを接続する銅管である。

4)　窒素発生槽：概要を第4図に示した。窒素発生管，加温管，および接続管を覆うケースで，5 mm の鋼製アングルと厚さ0.5mmの鉄板から成り，砂を封入して保温した。

5)　送風パイプ：試作機全体をつなぐ送風パイプは，各装置の配置を自在に変え得るように，内径37mmの塩化ビニル製のエレファントパイプを使用した。

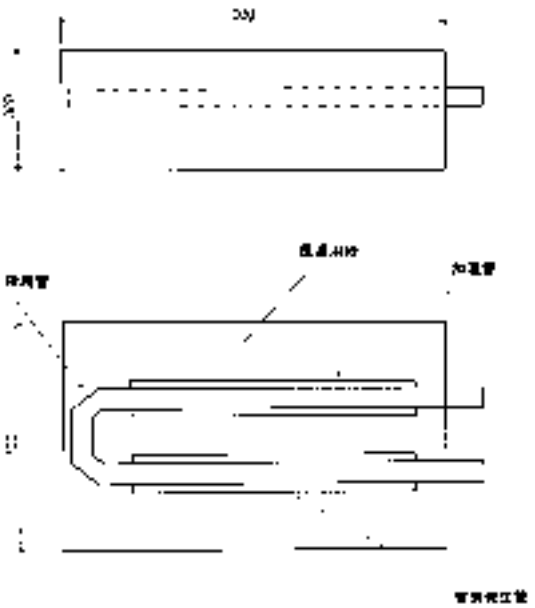
3　窒素発生管および加温管の発熱量

電気抵抗 R〔Ω〕の物体に電流 I〔A〕を時間 t〔s〕通したときの発熱量は，そのときの消費電気エネルギ Q〔J〕に等しい。

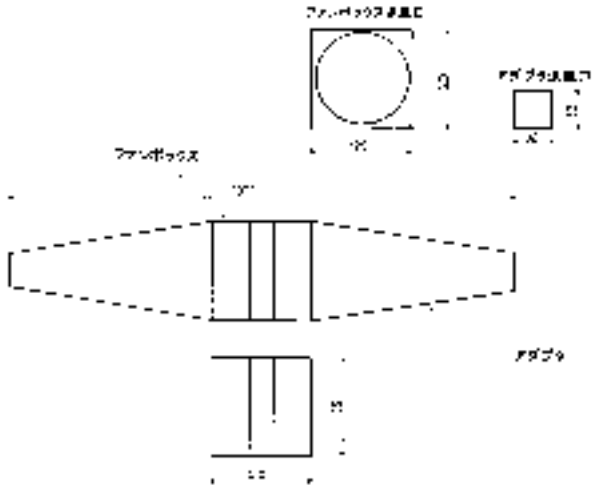
$$Q = I^2 R t〔\mathrm{J}〕 \quad (2)$$

ここで，1〔J〕＝0.239calであるから

$$Q = 0.239\, I^2 R t〔\mathrm{cal}〕 \quad (3)$$



第 4 図　酸素除去槽



第 5 図　送風装置

また，電圧 E〔V〕，時間 t〔h〕，電力 P〔W〕を用いると，$E=IR$ より

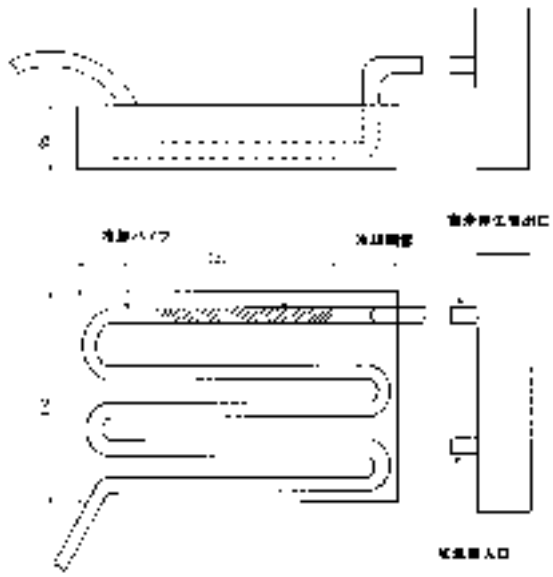
$$Q=EIt\text{〔V・A・h〕}=EIt\text{〔W・h〕}$$
$$=860\,EIt\text{〔cal〕} \quad (4)$$

上式は直流のみに適用される。交流の場合は，E, I ともに実効値をとり，EI 間の位相角を φ，力率を cos φ とすれば，発熱量は次式で示される。

$$Q=EIt\cos\varphi \quad (5)$$

窒素発生管および加温管は発熱体のみであるから純抵抗と考え，力率 cos φ＝1 とし，電流 I はクランプメータ（BT 1100－5，ナショナル製）で測定した。

窒素発生管の発熱量は，実測の結果，I＝4.57A，t＝6 s，E＝100V であったので，1 時間当たり，Q＝2742 J または，2358kcal となる。また，加温管の発熱量は，I＝4.65A，t ＝ 6 s であったので，Q ＝ 2790 J，または，2399kcal となる。



第 6 図　冷却装置

4　送風装置

送風装置の概略図を第 5 図に示した。送風装置は，貯蔵庫の空気を窒素発生管に送り，その後冷却装置を経て再び貯蔵庫に送り返すためのものである。これは，軸流ファンを 3 mm のアクリル板で覆い，ファンの排気・吸気の両側に厚さ 1 mm の鉄板製の四角すい状のアダプタを装着したものである。

5　冷却装置

酸素低減装置より送出される空気は高温であるので，貯蔵庫に送り返す前に十分冷却する必要がある。しかし，本研究では酸素低減装置の開発に主眼を置いたので，貯蔵温度まで下げるのではなく，常温まで下げることを前提にした。冷却装置の概略を第 6 図に示した。試作機は水による冷却効果を利用したもので，約 12 l の鉄板製の容器に入れた水の中に，銅管および塩化ビニル製のパイプを設置し，水に吸熱させようとしたものである。

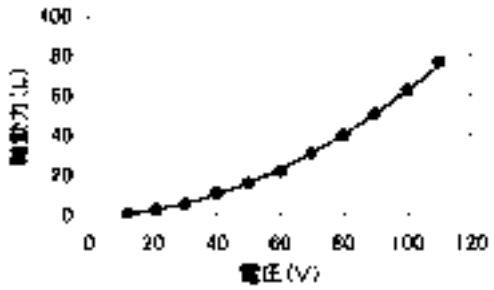
Ⅲ　試作システムの性能試験

1　送風装置の性能試験

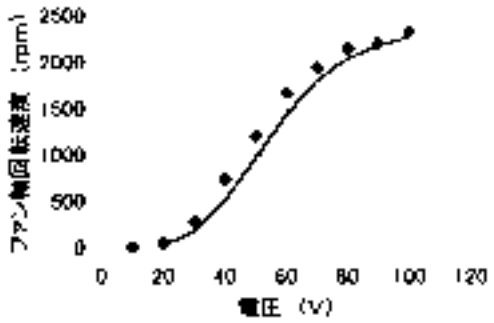
1）　試験目的および方法

本試験は，送風機の軸動力と回転速度との関係，システム内を流れる空気の損失抵抗，循環所要時間を知ることを目的とした。風速は熱線風速計（日本科学工業製）を使用して，送風口の中心，平均温度の点（中心から内壁までの距離を R の 0.76 R の点），内壁付近の 3 点で測定し，それらの平均風速から風量を算出した。ファンの軸回転速度はハンディデジタルタコメータ（HT 403 型，小野測器製）によって測定した。

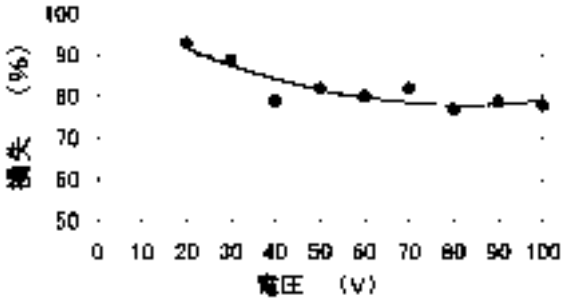
供試送風機を設置した場合，システム内の抵抗による損失がある。その損失を，通常の圧力損失から求めずに，



第 7 図　軸動力と電圧との関係



第 8 図　電圧とファン軸回転速度との関係



第 9 図　システム内の抵抗による損失と電圧との関係

次の方法から求めた。すなわち，送風機 2 台のみを直列に接続運転したときの風量 Q_1〔l/min〕と，第 1 図のように配置したときの風量 Q_2〔l/min〕との関係で，次式より損失 L_v を求めた。

$$L_v = 100\ (Q_1 - Q_2) \ / \ Q_1 \qquad (6)$$

また，装置全体の内容積は 540 l であるが，システム内を空気が循環する時間と風量の関係を調べた。

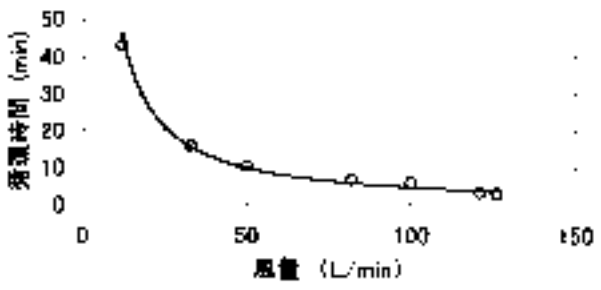
2)　試験結果と考察

①　軸動力 L〔W〕と電圧 V〔V〕との関係を第 7 図に示した。軸動力は電圧の 2 乗に比例しており，次の関係式が得られた。

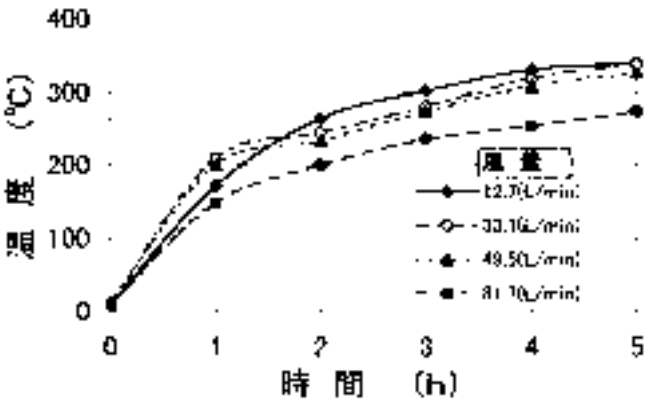
$$L = 6.26 \times 10^{-3} V + 0.04 \qquad (7)$$

ファンの所要動力は，後述の使用範囲 20 ～ 40V では，3 ～ 11W と小さいものであった。

②　電圧とファンの軸回転速度との関係を第 8 図に示した。20V 以下の低電圧ではファンは回転せず，30 ～ 70V では風量は 10 ～ 100 l/min，ファン回転速度は 300 ～ 2000rpm と急増した。また，80 ～ 100V ではファンの軸回転速度はあまり変化せず，風量の増加も緩慢



第10図　システム内循環時間と風量との関係



第11図　窒素発生管の温度と時間の関係

であったことより，このファンの限界はファン軸回転速度 2200rpm，風量 125 l/min，軸動力 50W，電圧 90V 付近と思われる。

③　システム内の抵抗による風量損失と送風機の電圧との関係を第 9 図に示した。損失は，ファンの始動時の 20 ～ 30V では非常に大きく 90 %以上で，風量が安定する 40 ～ 100V では 80 %付近の一定値を示している。すなわち，無負荷のときを 100 %とすると，供試装置内の風量はわずか 20 %に過ぎない。これは，冷却パイプが長さ 3 m に渡って蛇行していることによるものと思われる。

④　空気が装置内を循環する時間と風量との関係を第 10 図に示した。所要時間 t〔min〕は，風量 Q〔l/min〕の増加に反比例して減少しており，その関係式は次の通りであった。

$$t = 5 \times 10^{-2} Q^{-1} \qquad (8)$$

2　酸素低減装置の温度に及ぼす風量の影響

1)　試験目的および方法

窒素発生管と加温管の温度は，送入される空気の流量により変化する。本試験では，風量と窒素発生管の温度との関係を求め，銅の酸化反応に適した温度（300 ～ 500 ℃）を維持するために必要な風量を求めることを目的とした。

試験方法は，ファンに与える電圧を変化させ，そのときの窒素発生管の温度を，出口から管内に向かう 3 cm の位置において表面温度計（横河 YEW 2677）で計測したも

第1表　装置内各部の温度

	外気温	窒素発生管出口	冷却銅管直後	冷却パイプ出口
温度〔℃〕	15.1	340	84.3	20.4

のである。

2)　試験結果と考察

窒素発生管の温度と時間との関係を第11図に示した。窒素発生管の温度は，電源を入れてから4時間後には，81.7l/min（60V時）を除いて，300℃以上に達した。しかし，340℃付近でピークに達し，それ以上の温度には上昇しない。

供試した窒素発生管に必要な温度域は300～500℃であるから，60Vより1レンジ下の50V時（49.5l/min）以下の風量を用いることとし，また，2V時の風量2l/minでは，システム内の空気循環に多大な時間を要したので，1レンジ上の30V時の風量12.7l/minを用いることにした。このように，窒素発生管に送ることのできる風量は，12.7～49.5l/minが妥当と考えられるが，その値をいくらにするかは，後述の銅の酸化反応時間とシステム内循環時間より検討することにした。

供試した窒素発生管は，本来1000℃までの電気炉であるが，送風のため熱を奪われ，管出口の温度は340℃程度であった。そこで，送風空気によって奪われる熱量を試算してみる。窒素発生管内部温度t_1をその出口温度より多少高いものと考え400℃とし，送風しない場合の内部温度t_2を1000℃とすれば，奪われた熱量Qは，次式[4]より

$$Q = G\int_{t_1}^{t_2} C\,dt = GC_m(t_2 - t_1) \qquad (9)$$

送風量が33.1l/minのとき（40V時）では，6918 cal/minとなる。

3　冷却装置の性能試験

1)　試験目的および方法

試験の目的は，窒素発生管から排出された高温空気が，試作した冷却装置でどの程度冷却されるかを知ることとした。

試験方法は，窒素発生管から排出される空気の温度を表面温度計で，また，冷却銅管直後および冷却パイプ直後の温度をC－C熱電対で測定した。冷却銅管および冷却パイプの放熱量は(9)式で算出される[3]。ただし，(9)式で，Q：放熱量（kcal），C：比熱（kcal/kg℃），t_1：初期温度（℃），t_2：冷却後の温度（℃），C_m：温度t_2時とt_1時との平均比熱（kcal/kg℃）とする。

2)　試験結果と考察

温度の測定結果を第1表に，試算した放熱量を第2表に示した。冷却銅管および冷却パイプからなる簡単な装置ではあるが，窒素発生装置から排出された高温（340℃）の空気をほぼ常温（20℃）まで冷却することができ，十分な冷却効果を得た。

第2表　冷却銅管および冷却パイプの放熱量

	冷却銅管	冷却パイプ	合計
放熱量〔kJ〕	11.34	2.75	14.05

冷却銅管に比べ冷却パイプの放熱量は少なく，実用化の折には冷却銅管を長くしたほうが冷却効果が上がり，冷却装置を小型化できるように思われる。

4　試作システムの性能および効率

1)　試験の目的と方法

試験の目的は，試作した装置全体の性能および効率を求めようとするものである。

試作したシステムは，加熱した窒素発生管内に種々の表面積の銅板を入れ，その酸化により空気中の酸素を除去するもので，銅板には，管内への出し入れが便利なように直径1.2mm，長さ45～50cmの針金を取り付けた。

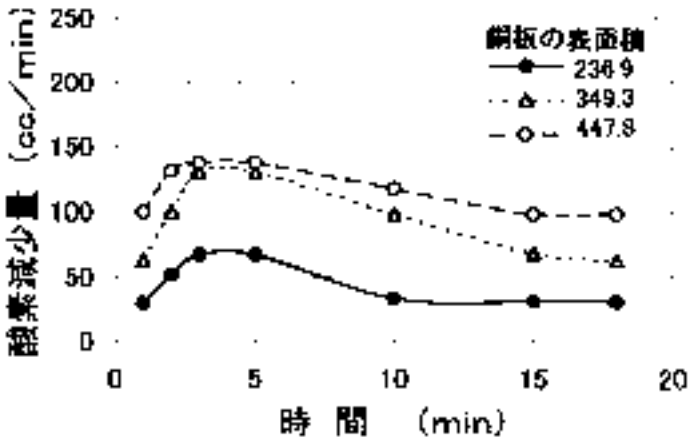
酸素濃度は，北川式酸素測定器（OM－413）を使用し，銅板を窒素発生管に挿入してから15分間，冷却装置出口での濃度を測定した。これは銅の酸化反応の進行状況を把握するために行ったものである。

一方，貯蔵庫内の酸素濃度を撹拌用のファンで均一にしておき，システム内の空気が全て循環する16分後に（ファン電圧40V，風量33.1l/minとした場合）貯蔵庫内の酸素濃度を測定し，システム内の酸素除去量を算出した。

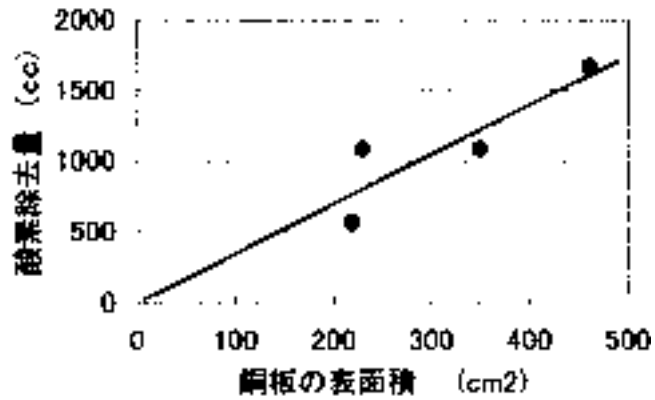
2)　試験結果と考察

銅板の酸化反応時間と酸素減少量との関係を第12図に示した。ここで，酸素減少量とは，冷却装置出口で測定した酸素濃度と風量より算出した1分間当りの酸素除去量のことである。酸素減少量は，銅板を窒素発生管に挿入した直後より急激に上昇し，3～4分後にピークに達した。その後は徐々に反応は鈍くなり，12～13分後には酸化反応を終了した。また，酸化反応は銅の表面積の大小に関わらず10～15分で一定の値を示した。これは，供試銅板の酸化反応が表面のみで行われたことによるものと思われる。したがって，酸素減少量が一定になる時期は酸化反応が終わる時期であり，また，システム内を空気が1循環してくる時期でもあると考えられる。以上より，ファンの風量は，15～16分でシステム全体を循環できる容量で，かつ，窒素発生管出口の空気温度が300℃を超えることができるものが適当と考えられ，第10図，第11図より，40Vのときの風量33.1l/minをこのシステムの最適風量とした。

酸素除去量と銅板の表面積との関係を第13図に示し



第12図　銅板の酸化反応時間と酸素の減少量(風量33.1L／min時)



第13図　銅板表面積と酸素除去量

た。両者の関係はほぼ正比例の関係にあり，その実験式は次の通りである。

$$Z = 3.22A + 62.6 \qquad (10)$$

ただし，Z：酸素除去量〔ml〕，A：銅板の表面積〔cm^2〕

この式から，酸素1l（空気容量にすると約5l）を除去するのに，約 300cm^2 の表面積を持った銅板が必要となる。

IV 結　論

試作した窒素発生管および加温管は，ニクロム線電気炉を応用したもので，その発熱量は窒素発生管393kcal/h，加温管375kcal/hであり，また，温度は340 ℃まで上昇した。しかし，予熱時間に長時間を要し，また，多量の銅板を挿入したときには温度が300 ℃以下となり，酸化反応が緩慢になる恐れがある。この解消には炭化ケイ素（SiC）電気炉を用いることが考えられる。

送風装置に使用した軸流ファンの性能の限界は，ファン軸回転数2200rpm，風量125l/min，軸動力50W，電圧90V 付近であった。送風装置の内部抵抗が大きく，風量に80 ～ 90 %の損失を生じた。このように，内部抵抗の大きい場合は軸流ファンの代わりにシロッコファンを用いたほうが良いように思われる。

冷却装置については，冷却銅管および冷却パイプの表面より，空中あるいは水中に放熱することにより，高温空気を冷却する簡易な方法を採用したが，この方法で，空気を約 340 ℃から 20 ℃の常温まで冷却することができ，十分な効果が得られた。

酸素低減装置については，銅板面積A〔cm^2〕と酸素除去量Z〔ml〕との関係式は，

$$Z = 3.22A + 62.6$$

で与えられ，5l の空気から 1l の酸素を除去するには約300cm^2 の表面積の銅板が必要という結果を得た。この結果は実用上，大きな表面積の銅板を必要とし，効率の悪いものである。その原因は銅の酸化が表面のみで行われ，内部まで浸透していないことによるものと思われる。よって，銅粉を使用することにより表面積を著しく増加させて効率を上げることが考えられるが，そのハンドリングは難しい。

ところで，現在実用化されているガスバーナを用いた簡易なCAガス発生装置の酸素プルダウン能力には，ガス濃度の微調整において限界がある。そこで二次的な酸素除去装置として本試作機を用いると，銅板の使用量も少なく，また，簡単な操作で低酸素濃度のCA条件を作り出すことができよう。

送風装置と酸素除去装置の見直しと，青果物を貯蔵庫内に入庫したときの性能試験，および直接燃焼方式を併用した場合の性能試験などが今後の課題となろう。

V 摘　要

小型で構造および操作が簡単で，かつ低コストの酸素低減装置の開発を目的として，銅の酸化反応を利用した簡易型酸素プルダウンシステムの試作並びに性能試験を行った。その結果は，次の通りである。

1） 試作機は，送風装置，酸素低減装置（窒素発生管，加温管，接続管よりなる），冷却装置より構成される。
2） 窒素発生管および加温管は，ニクロム線電気炉を応用したもので，温度は銅の酸化反応に必要な 340 ℃付近まで上昇したが，所定の温度に達するまでに長時間を要した。
3） 送風装置の所要動力は，3 〜 11W と小さいものであったが，内部抵抗による風量の損失は 80 〜 90 %と大きかった。
4） 冷却装置は，約 340 ℃の高温空気を 20 ℃の常温まで容易に冷却することができた。
5） 試作機の酸素除去能力 Z〔ml〕は，銅板面積を A〔cm^2〕とすれば，$Z=3.22A+62.6$ であった。
6） 以上の結果より，供試機は単独で用いるより，直接燃焼方式による CA ガス発生装置の補助的な酸素低減装置としての使用に適するものと思われる。

参 考 文 献

1）赤堀四郎，木村健二郎：化学実験辞典，講談社，33 頁，1973
2）化学大辞典編集委員会：化学大辞典，共立出版，890−892 頁，1970
3）工藤亜義：CA 貯蔵，農文協編：果樹園芸大百科 18 −果樹共通技術，農山漁村文化協会，535−542 頁，2000
4）大賀悳二・斎藤　武：工業熱力学通論，日刊工業新聞社，9−10 頁，1975
5）山下律也他：新版農産機械学，文永堂，173−177 頁，2000

Trial Manufacture of Simple Handling System for Oxygen Pull-down

Hiromichi KATO[*1] and Hiroshi FUKUCHI[*2]

[*1] *Laboratory of Horticultural Science*
[*2] *Laboratory of Agricultural Production*

SUMMARY

For the purpose of development small, simple on structure and handling, and low cost oxygen pull-down system, we made a test model and experimented its performance test.

The test model consists of blowing system, oxygen pull-down system and cooling system. And oxygen pull-down system is composed of nitrogen generation equipment, heating element, and junction pipe.

The nitrogen generation equipment and heating element were put nichrome wire electric furnace to practical use, temperature had risen above 340℃ or more. But it took a long time to reach the appointed temperature.

The power required was little (from 3W to 10W), but loss of quantity of airflow was serious.

The cooling system was able to cool the air from about 340℃ to 20℃.

A capacity to remove oxygen Z〔ml〕of the test model is described next equation, when the surface area is A〔cm^2〕 $Z=3.22A+62.6$

For the result mentioned above, the test model will be more suitable to secondary system of CA-gas generator by combustion of air than using individual.

Bull. Fac. Agric. & Life Sci. Hirosaki Univ. No. 6：68−74, 2003

中間台木の違いがリンゴ‘ふじ’/マルバカイドウ幼木の乾物成長に及ぼす影響

荒川　修・羅　琨・浅田武典

園芸学講座

（2003年10月10日受付）

緒　言

強勢な品種の生長を抑制し，密植栽培に適した樹の大きさに維持する方法としてはいくつか考えられるが，わい性台木を中間台木として利用する方法もその一つである。とくに，マルバカイドウ（*M. prunifolia var. ringo*）は日本のリンゴ栽培において長く利用されてきた歴史があり，それを活用し地上部に中間台木を挿入する方法は，検討する価値があると考えられる。

わい性台木を中間台として挿入すると樹がわい化することは古くから知られており（7），これまでいくつか報告されている(4, 6)。しかし，欧米では台木にマルバカイドウを用いたものや，‘ふじ’を品種として研究した例がみられない。またマルバカイドウや‘ふじ’について行った研究は，中間台木からも根が発生している二重台方式に関するものが多く（2, 3），マルバカイドウ台の‘ふじ’の地上部にわい性台木を挿入して検討した例は極めて少ないのが現状である。そこで，本研究では，マルバカイドウ台‘ふじ’の地上部に各種の中間台木を挿入し，樹の大きさにどのような影響を与えるかを検討した。また，栽植後の初期管理は整枝及び利用年数に大きく影響するため，幼木を用いて栽植1～2年後の乾物生長について樹体各部位別の生長の仕方を中心に比較検討した。

材料および方法

1．供試樹

供試樹は1年生のマルバカイドウ台‘ふじ’で，‘ふじ’とマルバカイドウの間に4種類の中間台木（M. 26, M. 9, M. 27，及びM. 26＋‘つがる’）を入れた。中間台木を有しないマルバカイドウ台‘ふじ’を対照区とした。1999年4月，弘前大学教育学部附属千年圃場に供試樹を1.5m x 1.5m で栽植した。マルバカイドウ台木部のみを土中に埋めた。植え付ける前に，側根を根幹から5 cmの長さに，‘ふじ’の穂木部の長さを50cmに切り揃え，その後は無剪定とした。中間台木の長さは M. 26，M. 9，M. 27の部分が40cm，‘つがる’の長さを30cmとした。

2．調査方法

栽植時における供試樹各部位の乾物重は，各部位の体積と乾物重の回帰式を求め，その式を用いて栽植する木の各部位の体積から推定した。体積の測定は，ガラス容器に一定の水を入れ，その中に供試樹の各部分をすべて入れて，増加した水の体積から求めた。葉は落葉する前の10月にすべて採集し，乾物重を測定した。根については，根がまだ短いため，樹から 70cm のところで溝を掘り，水で土を流しながら全ての根を堀上げた。各部位の乾物重は根幹，側根，中間台木，幹，枝に分解し，通風乾燥機で乾燥した後，乾物重を測定した。2 年後に中間台木，幹，枝，葉は1年後と同じ方法で測定した。根については，供試樹の側根がすでに75cmを超え，隣樹の根と交差しており，分けるのが不可能であったため，本研究で求めた以下の側根基部の断面積と乾物重の関係式を用いて推定した．

対照区：$y = -13.749x^2 + 31.165x + 0.2942$，決定係数（$r^2$）＝0.9892
M. 26：$y = -18.472x^2 + 31.403x + 0.0866$，決定係数（$r^2$）＝0.9863
M. 9：$y = -28.055x^2 + 31.609x + 0.1342$，決定係数（$r^2$）＝0.9887
M. 27：$y = -51.605x^2 + 35.647x - 0.2126$，決定係数（$r^2$）＝0.9796
M. 26 ＋‘つがる’：$y = -37.522x^2 + 33.427x + 0.1229$，決定係数（$r^2$）＝0.9699
y：根幹から10cmから先の根の乾物重(g)，x：根幹から10cmにおける根の断面積（cm^2）

根は側根の長さ約 40cm の範囲で堀り上げた。乾物増加量は，秋の各部位乾物重から栽植時の乾物重を差し引いて算出した。各処理樹とも5樹は栽植時の乾物重の測定に，4樹は1年目の秋に，4樹は2年目の秋に堀上げ

第1表　中間台木の違いが‘ふじ’/マルバカイドウ樹における栽植2年後の新梢数と平均新梢長に及ぼす影響

中間台木	新梢数（本/樹）	平均新梢長（cm）
対照[z]	161.0 a[y]	27.2 a
M.26	74.8 b	16.0 b
M.9	63.8 b	16.4 b
M.27	50.4 b	15.2 b
M.26＋‘つがる’	68.1 b	17.6 b

[z]‘ふじ’/マルバカイドウ
[y]異なる文字の付いて処理間にはTukeyのHSD検定により有意差がある（P≦0.05）

第2表　中間台木の違いが，植え付け時と1年後および2年後の‘ふじ’/マルバカイドウ樹の乾物重(g)に及ぼす影響

中間台木	全合計	根幹	根	地下部計	中間台	幹	枝	葉	地上部計
				植え付け時					
対照[z]	50.3 e[y]	19.1 bc	6.3 c	25.4 bc		24.8 cd			24.8 e
M.26	99.5 c	18.8 bc	5.6 c	24.4 c	49.7 c	25.3 cd			75.0 c
M.9	122.9 b	21.1 bc	8.2 b	29.3 bc	59.5 b	33.9 a			93.5 b
M.27	87.7 d	18.0 c	5.0 c	23.1 c	42.8 d	21.7 d			64.5 d
M.26＋‘つがる’	224.3 a	42.5 a	12.9 a	55.5 a	139.2 a	29.6 b			168.8 a
				1年後					
対照	146.3 c	31.9 bc	33.0 b	64.9 b		53.1 a	19.0 a	9.2 a	81.3 d
M.26	199.3 b	31.5 bc	23.5 c	55.1 b	68.9 c	49.0 a	17.9 a	8.3 a	144.1 b
M.9	227.7 b	36.1 bc	28.9 b	65.0 b	81.3 b	56.3 a	16.7 a	8.2 a	162.7 b
M.27	147.1 c	26.6 c	15.4 d	42.0 c	54.0 d	34.5 b	11.3 b	5.2 b	105.1 c
M.26＋‘つがる’	370.7 a	64.2 a	43.0 a	107.3 a	189.3 a	49.8 a	16.2 a	8.0 a	263.4 a
				2年後					
対照	305.7 b	49.7 bc	113.9 a	163.6 a		80.9 a	41.8 a	19.2 a	142.0 c
M.26	321.2 b	43.2 c	69.0 c	112.2 b	89.3 b	67.9 bc	36.7 a	14.8 bc	208.9 b
M.9	334.5 b	46.1 c	69.2 c	115.4 b	102.9 b	72.7 ab	29.9 b	13.4 bc	219.1 b
M.27	196.9 c	32.2 d	32.3 d	64.6 c	65.0 c	41.7 d	17.6 c	7.7 d	132.2 c
M.26＋‘つがる’	499.5 a	84.5 a	88.4 b	173.0 a	226.6 a	60.0 cd	27.2 b	12.5 c	326.5 a

[z]‘ふじ’/マルバカイドウ
[y]異なる文字の付いた処理間にはTukeyのHSD検定により有意差がある（P≦0.05）

乾物重の測定に，さらに3樹は鉢植えとして2年後に側根の基部断面積と乾物重の関係式を求めるために用いた。

結　　果

1．新梢数と平均新梢長に及ぼす中間台木の種類の影響

2年目の樹当たり新梢数と平均新梢長について調査した結果を第1表に示した。樹当たり新梢数は，対照区が161本と最も多く，中間台木を有するその他の処理区は50～75本で違いが認められなかった。また，平均新梢長についてみると，新梢数と同じ違いがみられ，対照区のみが27.2cmと最も長く，その他の処理区は15.2～16.4cmの範囲にあり全て同じであった。

2．栽植時と1年後及び2年後における各部位別乾物重

栽植時の個体全体と各部位乾物重を第2表に示した。樹全体の乾物重は，M.26＋‘つがる’区が最も大きく，中間台木を有しない対照区が最も小さかった。M.26＋‘つがる’区が他の区より大きいのは，中間台部，根幹，側根が大きいことによっていた。対照区が小さいことは，中間台木が存在しないことに起因していた。M.26，M.9及びM.27の間においても乾物重が異なった。大きさの順はM.9＞M.26＞M.27であった。M.26＋‘つがる’区を除く他の4処理区の間の違いは，地下部に大きな違いがなく，主に地上部の乾物重が異なることに基づいていた。

1年後の個体全体及び各部位乾物重を見ると，M.26＋‘つがる’区が最も大きいことは栽植時と同じであったが，対照区，M.26区，M.9区はM.26＋‘つがる’との差が小さくなった。その差を地上部と地下部に分けてみると，どちらの部位においても対照，M.26，M.9の3区はM.26＋‘つがる’より乾物生長が盛んで，M.26＋‘つがる’との差を小さくしたことを示した。とくに

第3表　中間台木の違いが‘ふじ’/マルバカイドウ樹における乾物増加倍数に及ぼす影響[y]

	全体	地上部	幹[x]	枝[w]	葉[w]	地下部	根幹	側根
中間台木				1年				
対照[z]	1.83 a[v]	2.62 a	1.33 a	0.85 a	0.82 a	1.18 a	0.44 ab	3.26 a
M.26	1.04 b	1.02 b	1.13 a	0.76 a	0.73 a	1.10 a	0.62 a	2.40 b
M.9	0.94 bc	0.90 b	0.61 b	0.56 b	0.71 b	1.08 a	0.62 a	2.54 b
M.27	0.83 bc	0.97 b	0.71 b	0.56 b	0.50 b	0.55 b	0.33 bc	1.17 c
M.26＋‘つがる’	0.55 c	0.64 b	0.73 b	0.48 b	0.59 b	0.36 b	0.10 c	1.11 c
				2年				
対照	5.49 a	5.58 a	2.26 a	1.69 a	1.62 a	5.43 a	1.61 a	16.89 a
M.26	2.45 b	2.07 b	1.51 b	1.46 a	1.40 b	3.60 b	1.30 b	11.29 b
M.9	1.90 b	1.57 bc	1.15 c	0.92 b	1.33 c	2.93 c	1.19 b	7.43 c
M.27	1.35 c	1.39 c	0.93 c	0.89 b	1.02 c	2.13 d	0.79 d	5.38 d
M.26＋‘つがる’	1.32 c	1.06 c	1.03 c	0.82 b	1.13 c	1.80 d	0.99 c	5.93 cd

[z]‘ふじ’/マルバカイドウ
[y]（調査時乾物重－栽植時の乾物重）/栽植時の乾物重
[x]（調査年度の乾物重－栽植時穂木の乾物重）/栽植時穂木の乾物重
[w]調査年度の乾物重/栽植時穂木の乾物重）
[v]異なる文字のついた処理間にはTukeyのHSD検定により有意差がある（P≦0.05）

対照区は側根の生長が著しく，M.26，M.27の両区より多くなり，M.9区とは有意差はないが平均値で上回った。栽植時には存在しなかった枝と葉については，M.27区を除く他の4区が全て同じであり，M.27区だけが少なかった

栽植から2年後では，樹全体の乾物量をみると，M.26＋‘つがる’区が他の4区より大きいことは変わらなかった。しかし，対照，M.26及びM.9の3区とM.26＋‘つがる’区との間の差は1年後よりもさらに小さくなった。とくに対照区はM.26，M.9区と同じ約60％にまで近づいた。同区の乾物増加は著しく，中間台木を除く地上部の幹，枝，葉が全処理区中最大となり，かつ地下部のうち側根が極めて大きく，M.26＋‘つがる’区と同じ大きさに達した。M.26とM.9の両区は全体及び各部位ともほぼ同様の乾物重となり，M.26＋‘つがる’区より地下部は少ないが，地上部は中間台木部を除いて同じかあるいはより大きくなった。M.27区は対照，M.26，M.9の3区とは大きく異なり，M.26＋‘つがる’区との栽植時の比率をそのまま維持した。また，地上部及び地下部の各部位において全処理区中最も小さい乾物重となり，最も小さい樹となった。

3．1年間と2年間における樹全体及び各部位の乾物増加倍数

各処理樹は栽植時の大きさが異なっており，生産する乾物量も初期の大きさに影響されると考えられるため，乾物増加量を栽植時の乾物重で除して乾物増加倍数として検討した。乾物増加倍数は，栽植時の乾物重の何倍の乾物を生産したか，換言すれば，栽植時の乾物1g当たり生産した乾物重を意味するものである。

各処理区の1年間における乾物増加倍数を第3表に示した。1年間の乾物増加倍数（以下，倍数と略す）は，対照区が1.83で他の全ての処理区より大きく，2～3倍の違いがみられた。次いで倍数の大きい処理区はM.26とM.9区であり，M.27区はM.26より小さく，M.9区及びM.26＋‘つがる’区と同じであった。また，M.26＋‘つがる’区はM.27区を除く他の3処理区より小さく，最も小さい値を示した。部位別の乾物増加倍数を見ると，地上部の倍数は対照区のみが他の処理区より大きく，他の4処理区に違いがなかった。それに対し，地下部の倍数は対照区，M.26区及びM.9区の間に違いがなく，M.27区とM.26/‘つがる’区が有意に小さかった。部位別では，幹，枝とも同じ処理間の違いを示し，対照区とM.26区がM.9区，M.27区，M.26＋‘つがる’区より大きかった。一方，地下部では，根幹は対照区，M.26区及びM.9区が違いがなく，M.26＋‘つがる’区だけがそれら3処理区より小さかった。それに対し，側根は対照区＞M.26区＝M.9区＞M.27区＝M.26＋‘つがる’区と違いがみられた。

2年間の全体では，対照区は5.49で，他の全ての処理区よりさらに高倍数となり，その格差は拡大した。次いで倍数の大きい処理区はM.26区であった。M.9区は，1年間ではM.26区の倍数と同じであったが，2年間ではM.26区より有意に小さくなった。M.27区は，1年間ではM.9区と違いがなかったが，2年間ではM.9区より小さくなった。またM.27区はM.26＋‘つがる’と同様，全処理区中最小の倍数を示した。

部位別の乾物増加倍数を見ると，地上部の倍数は対照区が最も大きく，次いでM.26区，M.9区，M.27区，M.26＋‘つがる’の順で小さくなった。M.26区はM.27区とM.26＋‘つがる’区より有意に大きかった。部位別では対照区とM.26区の間に幹と葉の違いがみられ，対照区の方が大きな倍数になった。しかし，その他は1年間の結果と同じであった。地下部の倍数は，対照区＞

第4表　中間台木の違いが‘ふじ’/マルバカイドウ樹における各器官への乾物分配率に及ぼす影響

		地上部				地下部		
中間台木	中間台木	幹	枝	葉	合計	根幹	側根	合計
				1年				
対照[z]		33.0 a	20.2 a	9.8 a	62.9 d	11.0 a	27.0 a	37.1 a
M.26	14.4 c[y]	30.3 a	18.0 ab	8.4 ab	71.0 bc	12.1 a	16.8 b	28.9 b
M.9	24.5 b	20.2 b	15.8 bc	7.8 bc	68.3 cd	12.1 a	19.6 b	31.7 b
M.27	26.9 b	20.5 b	19.0 ab	8.8 b	75.3 ab	9.8 a	13.3 c	23.1 c
M.26＋‘つがる’	42.3 a	15.4 c	13.1 c	6.5 c	77.3 a	4.6 b	18.0 b	22.7 c
				2年				
対照		22.0 a	16.4 a	7.5 a	45.9 c	12.0 b	42.0 a	54.1 a
M.26	18.0 b	19.1 b	16.5 a	6.7 a	60.3 ab	11.1 b	28.6 b	39.7 bc
M.9	20.0 b	18.2 b	14.2 b	6.4 a	58.8 ab	12.0 b	29.1 b	41.2 bc
M.27	20.5 b	18.3 b	16.1 a	7.0 a	61.9 b	13.0 ab	25.0 c	38.1 c
M.26＋‘つがる’	31.6 a	11.0 c	10.0 c	4.6 b	57.2 ab	15.4 a	27.4 bc	42.8 b

[z]‘ふじ’/マルバカイドウ
[y]異なる文字の付いた処理間にはTukeyのHSD検定により有意差がある（P≦0.05）

第5表　中間台木の違いが‘ふじ’/マルバカイドウ樹における単位葉乾重当たり乾物増加量に及ぼす影響

	1年間			2年間		
中間台木	全体(g)	葉(g)	単位葉重当たり乾物増加量	全体(g)	葉(g)	単位葉重当たり乾物増加量
	A	B	A/B	C	D	C/D
対照[z]	93.8 b[y]	9.3 a	10.4 b	255.4 ab	19.2 a	16.3 b
M.26	99.1 b	8.3 a	12.0 b	221.7 bc	14.9 b	18.2 b
M.9	105.8 ab	8.3 a	12.8 b	211.7 c	13.4 b	18.7 b
M.27	61.2 c	5.2 b	11.9 b	109.2 d	7.8 c	18.4 b
M.26＋‘つがる’	124.3 a	8.0 a	15.5 a	274.4 a	12.6 b	24.9 a

[z]‘ふじ’/マルバカイドウ
[y]異なる文字の付いた処理間にはFisher's PLSD検定により有意差がある（P≦0.01）

M.26区＞M.9区＞M.27区＝M.26＋‘つがる’区の順位で大きさに違いがみられた。地上部と地下部を比較すると，1年間では処理区でどちらが大きいか明らかでないが，2年間では全ての処理区で地下部の方が地上部より大きい倍数になった。地下部を部位別に見ると，根幹は，M.27区がM.26＋‘つがる’区より小さい倍数になった以外は，1年間の側根とほぼ同じ差異を示した。それに対し，側根は対照区＞M.26区＞M.9区と3処理区の間の違いをより明らかに示した。

2年間の地上部の乾物増加指数と地下部の乾物増加指数の間には，相関係数r＝0.950（1％水準で有意）の高い正の相関が認められた。

4．乾物の分配率に及ぼす中間台木の種類の影響

全乾物増加量に占める各器官の乾物増加量の割合（分配率）を比較検討した。栽植後1年間の生長後の分配率を第4表に示した。対照区と中間台木を挿入した区を比較すると，対照区は地下部への分配が多く，地上部に分配される割合が低かった。地下部の中でも根幹より側根への分配が多かった。また，地上部の内訳をみると，幹，枝，葉への分配率は，M.26区とは違いがなく，その他の中間台区よりも多く分配されていた。

中間台を挿入した区について比較すると，M.26区とM.9区はM.27区とM.26＋‘つがる’区と異なった。前2区は後者の2区よりも，対照区により近い分配の仕方を示し，地下部へ多く地上部に少ない分配を示した。とくに，M.26＋‘つがる’区は地上部のうちの中間台木部への分配が極めて高かった。

2年間の分配率は，1年目にみられた分配の仕方の違いと基本的に同じであり，その特徴がより顕著になった。すなわち対照区は，中間台区に比べて地下部とくに側根への分配が多く，地上部への分配がM.26＋‘つがる’を除く他処理区と同じであるため，中間台木がない分が側根へ多く分配されたことを示した。中間台区の中では，M.27区はM.26とM.9の両区に比べ，側根への分配が少なかった。M.26＋‘つがる’区は，幹と葉への分配が少なく，中間台部に極めて多く分配される特徴は1年目と同じであったが，根幹への分配が増えてM.26とM.9の両区の分配の仕方に近い分配率に変化した。

第6表　中間台木の違いが‘ふじ’/マルバカイドウ樹のT/R比に及ぼす影響

中間台木	1年目	2年間
対照[z]	1.29 b	0.87 c
M.26	2.66 a	1.86 b
M.9	2.50 a	1.89 ab
M.27	2.50 a	2.05 a
M.26＋‘つがる’	2.44 a	1.89 ab

[z]‘ふじ’/マルバカイドウ
[y]異なる文字の付いた処理間にはTukeyのHSD検定により有意差がある（P≦0.05）

5．単位葉重当たり乾物増加量に及ぼす中間台木の種類の影響

葉の働きの違いを単位葉乾重当たりの1年及び2年間に生産した乾物量として表し，処理間に違いがあるかどうかを検討した。第5表に個体全体と葉の乾物重量を含めて結果を示した。乾物1ｇの葉が生産したみかけの乾物重量は，1年目では10～16g，2年間で16～25gであった。いずれの年も対照区とM.26，M.9，M.27の中間台木区は全て同じ生産量であった。ただ，対照区は2年間では葉乾重が最も多く，全体の乾物重も比較的多かったため単位葉乾重当たりの乾物生産量は少ない傾向がみられた。M.27は両年とも樹全体と葉の双方の乾物重が少なかったが，単位葉重当たり乾物増加量は対照区，M.26，M.9区と同じであった。一方，M.26＋‘つがる’区は，1，2年とも他の全ての処理区より単位葉重当たり乾物増加量が多かった。その理由は，1年目は樹全体の乾物増加量が多いこと，また2年目ではそれとともに葉の乾物重が少ないことに基づいていた。

6．T／R比に及ぼす中間台木の種類の影響

地上部と地下部の比率（T／R比）に違いが生じているかどうかを検討した。1年目と2年目の秋におけるT／R比を第6表に示した。T／R比は1年目より2年間の方が全ての処理区で小さくなった。対照区は両年とも1.3以下の小さい比率であり，全ての中間台挿入区よりT／R比が小さかった。中間台区の間の違いをみると，1年目ではどの処理区も全て2.4～2.7の範囲にあり，有意な違いはみられなかったが，2年間では，M.26，M.9，M.26＋‘つがる’は同じ比率を示し，M.27区がM.26区より大きくなったことが1年間との違いであった。

考　　察

中間台木を有しない対照区は中間台区に比べて，新梢数と平均新梢長が大きく，また，乾物増加倍数が最大であり，従って，中間台木によって樹の生長が抑制された。これまでの報告によると，M.26やM.9の二重台方式は普通方式に比べ，約半分の大きさにわい化するとされているが（1），乾物増加倍数の違いからみると，M.26，M.9，M.27台中間台樹は対照区のそれぞれ43.9，34.1，24.6％と小さく，露出させた中間台樹の方が二重台方式よりわい化効果が強いことを示唆している。その原因は，地上部に存在するわい性の中間台部の大きい方がわい化効果が大きいことによると考えられるが，明らかでない。

中間台木の生長抑制効果は，M.27，M.9，M.26の順に大きく，一般に知られているわい性の強い中間台樹ほど大きかった（5）。M.26とM.9を比較すると，M.26の方が乾物増加倍数が大きかったが，乾物分配率に違いはなく，それほど大きな違いではなかった。それに対し，M.27中間台樹はM.26とM.9の樹に比べ大きなわい化効果を示し，それらとは大きな違いがあった。M.27中間台樹のわい化力をどのように利用できるか，今後さらに検討する必要がある。M.26＋‘つがる’中間台樹は，M.26中間台樹より乾物生長が劣り，M.27と類似した乾物生長を示した。このようにある品種を中間台として利用した場合にわい化することは他にも報告されているが（4，7），その理由についてはわかっていない。

中間台が樹をわい化させる原因についてはいくつか知見が得られた。まず，葉乾重1ｇが生産する乾物重は，M.26＋‘つがる’樹を除いて違いがなかった。従って，葉の同化力の差異によって生長が異なるのでないとみられる。

一方，樹の各部位の乾物生長は処理によって明らかに異なっていた。樹全体の乾物増加倍数を生長力としてみると，その大小と各部位別の同倍数の間に一定の傾向が認められた。すなわち，生長の強い処理樹は地下部とくに側根の生長が著しく，逆に生長の弱い処理樹は側根の生長が小さかった。そして，地上部の乾物増加倍数と地下部の乾物増加倍数の間には有意な正の相関が認められた。また，乾物分配率でも生長の弱い処理樹ほど側根への分配率が小さかった。さらに，T／R比も同様で，生長の弱い処理樹ほどT／R比が大きくなった。これらのことは，生長の強弱が，葉の同化産物を側根形成にいかに優先的に供給するかにより決まることを示唆している。わい性台木が樹をわい化させる原因についてはオーキシンなどのホルモンとの関係など種々考えられているが（5），結論は得られていない。本研究のように根を掘りあげてその乾物成長を検討した報告は少なく（3），根の乾物成長に及ぼす種々の中間台の影響を比較した報告はない。今後は根の成長生理についてさらに検討することが必要であると考えられる。

わい性台木を中間台木として利用すれば，比較的大きなわい化効果が得られることが明らかになったが，果実を早期に生産するための枝形成が不充分では利用できない。しかし，樹当たりの新梢数及び平均新梢長の比較では，対照区を除いて，中間台処理樹はいずれも同程度の新梢数と平均新梢長を形成した。このことから，枝形成からみると，わい化効果が最も大きいM.27中間台樹が

早期多収になると推察される。ただ，M.27 中間台樹の樹全体の乾物重が最も小さかったため，生長が弱すぎて，その後の果実生産の負担に耐え得るかどうかは，さらに検討が必要である。

試験を行った 1999 年は強い干ばつに見舞われた年であった。随時灌水を行ったものの，どの処理区とも生長が弱かった。乾燥しやすい黒ボク土壌であったことも影響したと考えられる。得られた結果に干ばつの影響が含まれていることは否定できない。従って，今後さらに反復試験を行う必要がある。ただ，中間台木を挿入することによって示されたわい化効果とその効果をもたらした樹体各部位の生長の仕方には，中間台のわい性の性質と充分な整合性が認められることから，本研究の成果は今後の研究の基礎資料として役立つものと考えられる。

摘　　要

マルバカイドウ台‘ふじ’の樹の大きさを制御する方法を確立する目的で，M.26，M.9，M.27 及び M.26＋‘つがる’の 4 種類の中間台木を利用し，栽植後 2 年間の乾物増加量を中心に生長の違いを比較検討した。樹当たり新梢数と平均新梢長は対照区が最も多く，中間台木を有するその他の処理区には違いがなかった。乾物増加倍数（乾物増加量÷栽植時の乾物重）は，対照区が最大で，次いで M.26 区＞M.9 区＞M.27 区＝M.26＋‘つがる’区の順で大きさが異なった。各部位別乾物増加倍数から，特に，側根の増加倍数の違いが樹全体の増加倍数の違いに強く影響していた。各部位への乾物分配率は，乾物増加倍数の大きい処理区ほど地下部，とくに側根への分配率が高くなり，側根への分配率は，対照区＞M.26 区＝M.9 区＞M.26＋‘つがる’区＞M.27 区の順で高かった。単位葉乾重当たり乾物増加量は，M.26＋‘つがる’区のみが他の処理区より大きく，他の処理区に違いがなかった。T／R 比は対照区が他の全ての処理区より小さく，2 年目に M.27 区が M.26 区より大きくなったこと以外に有意な違いは認められなかった。これらの結果から，わい性台木を中間台木として用いると樹の成長が抑制され，それは特に根の成長に関係していることが推察された。

引　用　文　献

1. 神戸和猛登：台木の利用と栽培法．河瀬憲次編：果樹台木の特性と利用．202－212，農文協．1995.
2. KOIKE H., K. TSUKAHARA and Y. KOBAYASHI：Influence of planting depth on growth, yield and fruit quality of M.26 interstem‘Fuji’apple trees. J. Japan, Soc. Hort. Sci. 57(3)：360－365, 1988.
3. 小池洋男・塚原一幸：わい性台木を中間台木と台木に用いたリンゴ樹‘ふじ’の根群分布と生育．園学雑．62(1)：49－54. 1993
4. PARRY M. S. and W. S. ROGERS: Effects of interstock length and vigour on the field performance. J. hort. Sci. 47：97－105, 1972.
5. SIMONS, R. K: Compatibility and stock－scion interactions as related to dwarfing. Rom R. C. and R. F. Carlson (editor): Rootstocks for Fruit Crops. 79－106. John Wiley & Sons, New York. 1987.
6. WERTHEIM, S. J. and O. CALLESEN: Results of Multi-site interstem trials with apple trees. Gartenbauwissenshaft. 65(6)：251-259, 2000.
7. TUKEY, H. B.: Dwarfing apple interstocks. Dwarfed fruit trees. 155－163. Cornell University Press, Ithaca and London. 1964.

Effect of interstock on the growth of ‘ Fuji ’/ Marubakaido apple tree

Osamu ARAKAWA, Kun LUO and Takenori ASADA

Laboratory of Horticulture

SUMMARY

The effect of different interstocks grafted with ‘ Fuji ’/ Marubakaido（*M. prunifolia var. ringo*）on the shoot growth and the dry matter production was investigated using M.26, M.9, M.27 and M.26 ＋‘ Tsugaru ’ for two years.

The number of shoots and the shoot length were the highest in the control tree（without interstock）, and there was no significant difference among the other interstocks. The relative changes in the dry weight increment（dry weight increment/dry weight at planting）was the control＞M.26＞M.9＞M.27＝M.26＋‘ Tsugaru'. There was a significant positive correlation between the relative changes in the dry weight of the top part and the root. The proportion of the dry mass allocated to the root was higher in the trees having a higher relative change value of the total dry mass. The dry mass-production efficiency of the leaves（total dry mass increment/dry weight of leaves）in M.26 ＋‘ Tsugaru ’was significantly higher than for the other treatments, and there were no significant differences in the other treatments. The top/root ratio in the control tree was significantly higher than the other treatments. These results showed that the interstock of the dwarf rootstock decreased the tree growth, which is related to the growth of the root.

Bull. Fac. Agric. & Life Sci. Hirosaki Univ. No. 6 : 75—81, 2003

「南部一騎軍書」と風聞・芸能の民衆世界

武　田　　功[*1]・神　田　健　策[*2]・早　坂　　基[*3]

[*1] 岩手民衆史研究会会員
[*2] 弘前大学地域環境科学科地域資源経営学講座
[*3] 北海道歴史研究者協議会会員

（2003年10月10日受付）

目　次

はじめに …… 82
1．「南部一騎軍書」と岩見文庫 …… 82
2．近世百姓一揆の背景と盛岡藩（南部藩）…… 83
3．弘化四年・三閉伊一揆と「南部一騎軍書」… 84
4．「寛政七年・南部藩郡山在百姓一揆」と「語り物」 …… 86
5．「南部三閉伊一揆」と神楽 …… 87
凡例 …… 90
史料1　南部一騎軍書 …… 90
史料2　寛政七年・南部藩郡山在百姓一揆 … 96

はじめに

筆者らはこれまで本学術報告に、南部三閉伊一揆に関する資料として、一揆の指導者の一人である三浦命助『獄中記』の未発表資料[1)]、また『南部義民伝』として流布されている一揆の記録の原本の発見とその復刻[2)]を手がけ、この一揆に関して新資料による考察を行ってきた。

南部三閉伊一揆とは、幕末の弘化四年（1847）と嘉永六年（1853）の二度にわたって起きた盛岡藩閉伊郡地方（現岩手県）の農漁民による藩政への抵抗運動である。その規模と行動は恐らく幕藩体制下で起きた三千件に及ぶ一揆の中でも最高の質と量をそなえたものの一つと評価されており、研究文献も数多く刊行されている[3~8)]。

さて、南部藩で起きたこの百姓一揆が隣藩の津軽藩などにおいてどのように受け止められていたのか。このことは近隣の藩にとって大きな関心事であったであろうし、また当時の民衆が詳細を欲していた情報であったと考える。我々は今回、「南部一騎軍書」なる文書が弘前市立図書館岩見文庫に所蔵されていることを知った。検討した結果、この「軍書」は上記の疑問に答える貴重な文書であると考えるので、これを史料として紹介し、併せて一定の考察を行うこととしたい。

1．「南部一騎軍書」と岩見文庫

本書の所蔵先である岩見文庫とは岩見常三郎（慶応三年・1867 ～昭和二十二年・1947）が旧蔵していた書物で、津軽地域の郷土資料の宝庫である。岩見氏は弘前市新町で質屋業を営みながら、古文書の収集に努め、その数は5万点に及んだと言われる。没後、約2万点（内、青森県郷土資料関係は5,527冊を数える）の資料が整理され、弘前市立図書館に保存された。今回、紹介する「南部一騎軍書」は岩見文庫の一点である[9)]。

『新編弘前市史　資料編』によれば、明治二十三年（1890）4月、「商業者・営業者一覧（営業税・雑種税額）」の中の「商業者一七八人、金六二二三円余」の課税案の中に、「金五円　新町　岩見常三郎」の名が見られる[10)]。また、大正四年（1915）6月の「弘前商工人名録」中の「質商十四名」が書かれた最下位に「営業税　質商新町　一一、〇一〇　岩見常三郎」とあり，岩見氏の存在が確認できる[11)]。

岩見は希代の愛書家で青年時代からあらゆる分野の書物に興味を持ち文字の書いてあるものを収集したという。その収集書は、古い書写本類から明治以降の官民刊行書など雑多な印刷物であるが、その中には極めて貴重な地方資料等も含まれており県内外の研究者に提供され貢献してきた。

しかし、「岩見文庫」の中の一点である「南部一騎軍書」は、これまで人の目にふれることなく埋もれていた。この「南部一騎軍書」の中に描かれた弘化四年・盛岡藩三閉

伊一揆とは、一万数千人余が盛岡藩重臣であった遠野南部氏の居住地である遠野の町へ御用金撤廃・増税反対等を要求して強訴した民衆運動である。この一揆の記録は、これまで一揆参加の地元と主に盛岡藩領内での存在が確認されていて他藩領域では見ることはなかったし確認もされていなかった。そのようなことから「南部一騎軍書」は、弘化四年・三閉伊一揆が津軽・弘前藩領域まで伝聞されていたことを示している。そして、後述するようにその伝聞をさらに弘前の地で創作されて成り立ち、残されたものである。

このように津軽の地で創作された記録である「南部一騎軍書」に関して我々は若干の考察をこころみることにした。さらに「南部一騎軍書」と同じく同文庫に所蔵されていた「寛政七年・南部藩郡山在百姓一揆」を末尾に史料紹介することにした。

なお、岩見文庫には、この他に「乞喰頭丁助、天保凶年秋田南部日記」、義民として名高い「佐倉宗吾」に関わる史料として「佐倉騒動記」「下総国相馬郡上岩橋村惣五郎一件」「今古実録佐倉義民伝２巻」（明治十五年・1882）、自由民権派の小室信介著「東洋民権百家伝・初帙下」（明治十六年・1883）、さらに天保八年（1837）、大阪で起きた「大塩の乱」を知る史料として「天保年間・竹島一件・大阪騒動」「大阪騒動書の写」「大阪騒動写」「大塩平八郎一件」等が所蔵されている。岩見常三郎は「書き物と名の付くもの」「文字の書かれているものは尽く収集した」[9]とあるが、庶民の生活に関連するものに深い関心を抱いていた肴有な人であった。

２．近世百姓一揆の背景と盛岡藩（南部藩）

近世期の盛岡藩は、南部氏中興の南部利直が慶長四年（1599）盛岡に築城し領内十郡の支配の基礎を固め、表高十万石の外様大名として幕末・維新まで存続した。この間には文化五年（1808）に蝦夷地警備の功績をふまえて現領域のまま二十万石に増封・昇格し幕府への軍役義務も増した。また文化十四年（1817）には、「南部藩」を改め「盛岡藩」としている（本稿では、盛岡藩を使用する）。

近世幕藩制社会は米の生産高（石高制）を財政の基盤とし、経済上も重要な役割をはたしていた。そのため幕府・諸藩は新田開発を進め米作を奨励した。それとともに米価調節を行い、米穀流通を規制していた。幕藩体制に組み込まれた盛岡藩の財政策・経済策も例外ではなかった。

この水稲生産は東北地方でも北奥の地であった盛岡藩では気象に大きく左右された。数年に一度は不作・凶作が起こり、元禄・宝暦・天明・天保の大飢饉にも襲われ凄惨な状況さえ現出した。これら不作・凶作・飢饉によって米穀生産は減収となり藩財政は打撃を受けた。特に後期藩政では幕命による蝦夷地警備等の出費がある。さらに文化五年に二十万石へ増俸昇格したことによってこの軍役義務も倍増し出費がかさみ財政悪化は進行した。

藩はこの財政窮乏を領民と富豪への増税や御用金などの臨時課税と家臣諸士に対し俸禄借上げ等の諸策を繰り返した。また武士格を売禄価格で得た豪商・豪農の進出は藩政執行を変質させることにもなった。しかし、これらの売禄・俸禄借上げは一時的なものであり、上記諸策の実施によっても出費の増大に追いつかず財政窮迫は続いた。藩政の行き詰まり、特に収入減と支出増という財政難に苦しんだ。その結果、藩は領民への増税や御用金という臨時課税の政策を乱発した。そのことで「生活の成り立ち」が脅かされ、立ち行かなくなった時に領民は大衆的な行動である一揆に立ち上がったのである。

斉藤純『百姓一揆の種類とその歩み』[12]によると、中世以来の一揆という集団的行動の伝統は近世期の百姓に受け継がれた。そして幕藩体制国家は兵農分離をすすめ、一揆は「徒党」・「騒動」の「御法度」と見なされ違法行為とされた。しかし、中世以来積み上げられた民衆の力を無視することはできなく、一方的な禁止だけで民衆統治は不可能であった。それは五代将軍徳川綱吉が言った「民は国の本」の言葉からも伺える。

幕藩体制における領主と百姓の関係は、百姓は年貢・諸役を負担することであり、それゆえに領主と武士層は「お救い」という百姓の生活の最低限を保障する民政を建前とした「仁政」の中にあった。民衆統治の道徳的基準として民衆の要求や訴を聞く訴訟の体系は整備され、村民から肝入そして代官所・奉行所などへ願書・訴状を提出することが認められていたのである。これらの訴願が取り上げられず、正当に機能せず、百姓らの生活が成り立たなくなるような年貢などの重い負担や領主の非道・不法な支配に対し、百姓たちは「寄り合い」を持ち一揆の行動を起こしたのである。一揆は幕藩領主から見ると「御法度」を破る違法なものであったが、百姓たちは正当な訴訟が受理されず、過重な負担が強いられた時などに一揆を訴訟の延長線と考え、立ち上がった。また、幕藩領主の理不尽な支配から「天下の道理」に拠って民政・仁政を本来の基本に立て直す要求を持った民衆運動であり闘いであった。

以上のように、今日までの多くの近世史研究・一揆研究から、百姓一揆の民衆運動としての基本的な視点は前述のような理解に到達していると考えたい。

近世の百姓一揆等に関する研究関心が高まる契機は、大正七年（1918）七月に富山県魚津町漁民の「女房一揆」で始まった所謂「米騒動」が全国へ波及し高揚したことから、人々は米騒動を「米一揆」として江戸時代の一揆・打ちこわしの連続性の上に共通点をみた。そのことは、これ以後、多くの研究者により諸論文が発表され、また全国各地の一揆資料も刊行されはじめたことに示される[13]。その多くの研究者の中の一人である小野武夫の

研究に大きな影響を受けた森嘉兵衛は出身地の盛岡藩の百姓一揆を丹念に調査、八十四件の百姓一揆を分析し、昭和十年（1935）に『旧南部藩に於ける百姓一揆の研究』としてまとめ、発表した。それは社会経済史の視点と方向を示し一つの藩地域の研究書としても、また全国的にも先駆けたすぐれた著作であった。森は、その後も諸研究への取り組みと共に百姓一揆研究を進め、旧著に四十九件を追加増訂し、百三十三件を示して、昭和四十九（1974）年『南部藩百姓一揆の研究』[14] を刊行している。

これら旧版と増訂版の中でも取り上げられている弘化四年（1847）三閉伊一揆、嘉永六年（1853）三閉伊一揆は、盛岡藩閉伊郡野田通（九戸郡の一部を含む）・宮古通・大槌通の農漁民などを中心とした人々が増税反対・御用金撤廃等の要求を掲げ藩政改革を要求した民衆運動であった。その行動は、弘化の場合は一万数千人余が遠野南部氏の知行地へ強訴し、嘉永の場合は一万人余が仙台藩領へ逃散・越訴した。それぞれ個別の一揆である。しかし、弘化から嘉永の間に六年の隔たりがあるが、三閉伊という同一地域からの農漁民の蜂起は関連性・連続性と諸要求の数々から農漁民の系統的運動と見ることができる。

3．弘化四年・三閉伊一揆と「南部一騎軍書」

「南部一騎軍書」の中に書かれた弘化四年・三閉伊一揆の背景には盛岡藩後期藩政の行き詰まり、特に財政窮迫が深刻であった。天保十四年（1843）十月、藩は全領民に対し軒別役と名称した御用金を賦課した。その内容は家一軒に対し一貫八百文を基準としていた。そして日雇取・駄賃付など極貧小間居の者にも五十文とし数軒を集めて一軒分として徴収する、あるいは半軒分、三分の一軒分とし、また身上分限に応じて割り当てるもので二軒分三軒分になるものもあった。さらに富豪に対しては百軒分・二百軒分と割当賦課した。この軒別役の全領からの総額は二万九千八百八十両となり五年間で十四万九千四百両を上納させた。この間に藩は、軒別役を賦課中の五年間は他に御用金を徴収しないことが条件であったが、軒別役の納入が滞る事態が及ぶに至って「責付取立」という強制徴収の状況さえ生じていた[15]。

こうした中で弘化四年十一月から十二月にかけて、一揆勢は北上山地の峻険な界木峠・笛吹峠・仙人峠を越えて盛岡藩主南部氏の一門南部弥六郎の知行地の遠野城下に押し寄せた。その時の一揆勢力は一万二千人余であった。

閉伊郡野田通・宮古通・大槌通の住民が結集した一揆は、盛岡藩領においてこれまで発生したどの一揆よりも広域的で大規模なものであったから藩政主脳部を震撼させた。そのため、この領民の一揆の行動を鎮静させるためには要求を受け入れねばならなかった。

一揆は一応の成果を得て終息するが、この前後に領内各地に領民の様々な動向をみることができる[16]。

遠野城下へ強訴した三閉伊一揆の話題は、盛岡藩領の各地に伝えられている。この遠野城下より比較的近距離の内陸地方の和賀郡安俵・高木通にも一揆の状況が伝聞されていた[17]。さらに、このような一揆の動向は詳細な風聞となって領内各地に伝えられた。その内に盛岡藩領のうちでも北奥にあたる三戸郡三戸通の三戸所（ところ）給人の石井久左衛門（初名友司）は三戸代官所の御物書役としても出仕している。この石井久左衛門と父良助と二代にわたり七十六年間継続して記録された「公私日記」の弘化四年の条も注目される内容である[18]。

「公私日記」によれば、三閉伊一揆の遠野城下への強訴は二日から三日で北奥の三戸代官所まで伝えられていたことがわかる。代官所御物書役でもあった石井久左衛門は十二月三日、五日の日記にこの一件を書き留めている。一揆は、十一月中旬に蜂起し村々を巡り人々を誘引しているから、この日記に書き留められる前にも相当な情報があったことが推測される。日記の文言は数日前には得ていた風聞であったと推測できる。一揆が強訴した遠野城下に近い和賀郡地方の記録「大図日記」[19] と、北奥の三戸地方の記録「萬日記」[20] は相方とも同一の一揆の風聞書きである。この風聞の書留は地域的な相違はあるものの話の中心的なものは類似性が感じられるし、このような内容が藩領全域に伝えられていたと思われる。

一揆は横沢という沢の悪狼の退治に行くと言って訴へ一揆への参加を呼びかけている。横沢の悪狼とは藩政の執政者の家老横沢兵庫であること、その政策によって領民の生活は困苦し立ち行かない状態から執政者への怒りは集中していた。そして一揆参加者からは横沢自身を頂戴して百姓の仕事をさせたいと強い言葉さえ述べられている。

領民からの藩政執行者への怒りの表現は領内各地に伝えられ、藩境を越えて他藩へも伝聞されていった。弘前藩へは、盛岡藩領の三戸郡の記録で指摘したように十二月の初めには伝聞されていたことだろう。そしてその内容も和賀郡地方の「大図日記」、三戸郡の「萬日記」に記録されているような内容の伝聞が「南部一騎軍書」の創作に関連していると考えることができる。実際に、その内容は「大図日記」や「萬日記」に見られるような記録を参考にして創作されたものと思われる。例えば、一揆頭取人は筋骨隆々たる十八才の若者二人で才知弁舌に優れた者たちである。この二人が一揆の先頭に立って数万の百姓の心を合わせて横沢に住める古狼を打取って、国を混乱させた狼共を懲らしめたい、さらに横沢狼の肉を喰わないうちは帰村できないことを強く表現している。

さらに、この記録の中でもっとも注目されるのが一揆の印旗である。その中心の「大旗」は日蓮宗の「七字題目」と宗祖日蓮の名をかかげている。それにつづく印旗を「中旗」とし、宗祖日蓮の解き明した「地涌の菩薩」の四

人の導師の名号が記されている。このような記述の仕方から著者自身が熱心な日蓮宗の信者ではなかったか、また日蓮宗の僧職（住職）などの宗教に関係する人であったと推考しておきたい。

このように「南部一騎軍書」の特徴は、一揆の経過はこれまで知られている記録とはほぼ同一であるが、一揆勢の頭取等の名前がこれまでの記録にない名前であること、一揆の印旗にこれまでの記録に見られなかった日蓮宗の題目と教祖の名と教義が書かれていること、一揆は全領で広域的に展開されたとすること、この一揆の主体は遠野強訴でありこの地域での藩側との抗争を描いていることなどが指摘できる。

また、この記録の末尾は十二月初旬の夜八ツ時ころに地震の発生によって盛岡藩領内各地は大被害を受けたとして、さらに一揆も未だ終息していないと記録は終わっている。一揆の結果も不明なままに中途で終わっていることは不可解である。末尾には「嘉永二己歳六月中旬写之」したとの書き込みがあり、一揆から一年半後の写本と考えられる。

末尾の終わり方の不可思議な点については次のように推測することとしたい。「南部一騎軍書」の著者は、十二月（弘化四年）の初めには一揆風聞書を入手して早々と創作に取り掛かかったのであるが、その記述の最中の十二月八日夜八ツ時頃に著者自身が恐らく突然の地震に遭遇したのであろう。そのために「南部一騎軍書」の末尾の記述となったものと考えられる。著者自身の地震遭遇体験は創作中の一揆の現場でも地震が発生したことから大混乱に陥り、一揆そのものすら「末タ取極り不申候」と記して終えざるを得なかったと考えておきたい。当時、一揆騒動の現場の盛岡藩領域には地震発生による異変は生じていないことは当時の諸記録から確認できる。では、「南部一騎軍書」の著者が遭遇した地震はどんなものであったのか、それは実は弘前地方の記録によってその状況を知ることができる[21]。

【津軽藩庁御日記（御国）】[22]

（弘化四年）十二月九甲寅日　　曇

昨夜雪少し降、今暁丑の刻過地震強し即刻止。

一、今暁地震ニ付、族之助其前伝兵衛・猛太郎・大目付十郎右衛門・惣蔵罷出候。

一、花田寛兵衛申出候、今晩地震ニ付、東照宮并両御寺御別条の有無見分仕候處。
東照宮の儀は御別条無御座候、両御寺の儀は過分の御儀ニも無御座候得共破損所無御座候間、差当仮手当御手入方の儀夫々手配申付置候間、御聞届被仰付度儀申出達之。

一、作事奉行申出候、今暁地震ニ而破損の御場所左ニ。

一、内東御門南ノ方土塀江取付候角塀弐間位倒れ懸りニ相成申候。

一、三ノ丸籾所の御蔵戸前倒れ壁四坪位落損并同所四の御蔵所壁落、同所二ノ御蔵南の方共三坪位落損相成申候。

一、内東御門御番所下陳江取付候土塀倒れ懸りニ相成申候。

一、北ノ丸北御蔵壁弐坪落損相成申候。

一、御武具蔵白壁所々割付ニ相成申候。

一、新御長屋北の方、尾関守衛・八戸平次郎御長屋境塀弐坪位落損に相成申候。

一、同所西長屋、小村半之亟御長屋壁落ニ相成申候。

一、同所、山口鎌三郎御長屋雪隠半坪余落損ニ相成申候。

一、同所東、佐藤新兵衛御長屋壁半坪位落損ニ相成申候。

一、東長町御蔵の内、新丁蔵東ノ方壱坪位壁落并同所御切手紙西ノ方御蔵弐ヶ所壁落懸りニ相成申候。
右の通破損御座候間、差当の処夫々仮手入申付置申候、尚外々にも破損可有御座哉、追々又々可申上旨達之。

十二月十二丁己日　　曇

昨夜雪降四寸程積、今日雪少し降。

一、長尾戸左衛門申出候、賀田焔焔蔵戸前目塗、地震ニ而痛損の旨申出、大工頭積表を以御手入方江取懸候間、御聞届被仰付候様作事奉行申出の趣承届之。

一、去ル九日暁地震ニ付、破損所等有之候得共公辺御届も有之候間、委細取調早速申出候様寺社奉行・郡奉行・町奉行・九浦奉行・作事奉行江申遣之、黒石表江も申遣候様町奉行江申遣之。

【永宝日記】[23]

（弘化四年）十二月八日ノ晩八ツ時頃地震夥敷事ニ候、寝候而も皆々起き候、則晩暖気の様ニ御座候。

【黒石地方誌】[24]

（弘化四年）十二月八日

夕七ツ時から激震起り町内騒動、九日の朝に至って黒石町及び在方、弘前表共民家の破損相当にあり、当地中町角久方では台所並に小店破損し又所々で土蔵のいたみがあった。在方でも右同様、更に又住宅の潰れも村々に二三軒計りづつあった。

【油川沿革誌】[25]

（弘化四年）十二月八日夜地震フ、家屋ノ動揺セラル事甚シク、人々衣ヲ着ルニ暇アラズ裸体ニテ外出セリト云フ。

【小山日記抄】[26]

弘化の地震

弘化四年十二月八日の夜八ツ時過地震、近年無覚強有之、所々蔵の壁割付候所間々有之候、弘前中ニ而も

強弱御座候よし、堀端辺は別して強く有之由、大道寺殿屋敷ニてハ行燈までも倒れ申候由、在々ニてハ西浜は弱く、猿賀辺より黒石通り別して強有之候由、彼の辺ニてハ在家潰れ家も有之由、寛政四子年の地震より此方の地震の様ニ老人はなし申候。

以上のように弘化四年十二月八日夜の大地震は津軽藩領域の各地に相当の被害を与えたことを知ることができよう。「南部一騎軍書」を執筆中の著者自身も、この地震に遭遇し被害を受け動転したであろうことは想像に難くない。この体験が一揆現地の盛岡藩領も地震によって大被害と大混乱におちいっていることと推定し、結末を急いだのであろう。

以上の考察から弘化四年・盛岡藩三閉伊一揆の風聞や記録が藩境を越えて津軽藩領に伝えられ、津軽の地で「南部一騎軍書」と題された百姓一揆物語の経緯である。

4.「寛政七年・南部藩郡山在百姓一揆」と「語り物」

「南部一騎軍書」は百姓一揆物語として創作され「読み物」となった。さらに「軍書」と名付けた表題から一揆民衆と藩政支配武士層との抗争を「語り物」の芸能へ試みようとしていたのではなかったかと考える。このようなことへの関心をさらに進めるとき、岩見文庫の中にある盛岡藩関係の資料の「寛政七年・南部藩郡山在百姓一揆」が注目される。この史料も津軽の地で記録されたものと考えたい。この史料は寛政七年（1795）十一月八日に盛岡藩紫波郡日詰・長岡通等から数千人が重税・御用金・買上米反対を訴えて城下まで押し寄せた一揆とその結果を簡潔にまとめたものである。この一揆が発端となって盛岡藩領の北上川筋を中心に全領各地から強訴の集中的行動となり、これまでみられなかった広域的・集団的行動が展開された。このような訴えによることでしか、改められない深刻な事態が進行し苛斂誅求の政治が横行していた。

寛政期に至り領民は深刻な状況に置かれていたことに関連して一揆前後の動向を「語り物」などの芸能のなかにみておきたい。この前代未聞の事態と騒然とする世相は多くの記録を創出させている。「寛政七年日記」「南部百姓騒動記」「南部騒動聞書」「御在々御百姓蜂起覚書」「惣藤記」等々である。これらの中には写本され、広く流布されているものさえある。そして「太平記読み」の影響を色濃くうけた百姓一揆物語として「奥南太平記」と題した読み物さえ出現させた。また、失政への領民の批判の高まりは多くの落首・落書の創作となった。長い歴史の中で培われて来た芸能は大衆化し、都市から地方へ拡大し流入された。それは旅芸人による芝居であったり、門付の放浪芸であったりした。その中に各地を舞って歩いた門付の芸人の「大黒舞」は各地に伝わり定着し土地・土地に伝承されて来ている。その「大黒舞」に領民は年貢諸役取立のきびしさを唄い込んでいる[27]。

寛政七年卯ノ八月はじめ
御大石メ切人は此石人有
一に　御年貢取納
二に　にくゑは役人しゆ
三に　専ら三両金取立なる事　み才な（みんさいな）
四つに　百石拾駄米
五つに　いつ迄馬役銭
六つに　むりな寸志金　仕方ノない所取立や　み才な（みんさいな）
七つに　なきなき百姓これ迄こつぶれた
八つに　山役冥加せん
九つに　御蔵ノめこほれ迄
十に　皆取納め　すみからすみ迄　取方はよくこきが付　大黒舞み才な（みんさいな）
当々年□御との様　御国入此より町人百姓なきにないて　国繁昌にいのる所　国の神

これらの厳しい取立は藩政を取り仕切る重臣たちの驕奢な生活のための私利私欲にあったために苛斂誅求をきわめている。それを風刺して「大黒舞」を「大欲舞」と替えてはやらせたのであった[28]。

みんさいな　みんさいな
大欲まいをば　みんさいな
大よくと言人ハ
大唐の人でもなひ
我国の人でもなひ
熊手郡の人なれハ
そこて瓜のながひ事
十尋斗りもなかひよと
大よく舞ともはやせよと
大欲舞ハみんさひな

みんさいな　みんさいな
大欲と言人は
一に家蔵つきたてて
二にはけんもん取あつめ
三に酒盛賑ひて
四つ世の中苦しめて
五ついつもの大欲て
六つ無大に言懸て
七つなひとこせめ取られ
八つ屋敷を賣渡させ
九つ爰にいられねば
十て殿様おいとしやおいとしや

大欲と言う人は
一に年貢諸役を取納メ
二にハ門役を取り
三にハ三両金取立て
四ツにハ四両の買高金
五ツでいつ迄御買米
六ツむたいな六駄米
七ツない事七駄米
八ツ役屋の役料米
九ツ爰らの川欠米
十て徳と拾駄米迄
　とっくと取りしめたハ
　大欲ては御座らんや

地域に伝承された芸能の「大黒舞」に領民の困苦の根源が直接的に表現されている。そして地域の「寄り合い」「祭礼」の酒宴の場で盛り上って宴たけなわになって集まる人々の喝采の中で舞われたのである。このような近世民衆の庶民的歌謡の「大黒舞」は、中世期から伝えられてきている伝統的な祝儀歌であった。近世初期からこれらをつくりかえることによって成立した政治批判の歌となり「近世歌謡集」「近世落首類纂」等に多く見られるというのである[29)]。

東北地方の町や村には、かつて多くの旅芸人たちが訪れていた。盲法師、瞽女、祭文語り、人形芝居、春駒、万歳、大黒舞、節季候、廻り神楽など多様な門付け芸人たちが巡っていた。それは放浪の下級聖（ひじり）や芸人であった。彼等のもたらす芸能は人々にとっては娯楽であり精神生活や宇宙観を豊かにする一つでもあった。これらの芸能のうち仙台藩・盛岡藩領域において特に人気のあった芸能といえば、奥浄瑠璃と廻り神楽であったと言われている[30)]。奥浄瑠璃については、近世期に東北地方を遊歴した松尾芭蕉の「おくのほそ道」、菅江真澄の「かすむこまがた」などの遊覧記、高山彦九郎の「北行日記」等の記録にも見られることからも、語り物の芸能として盛んであったことがわかる。また盛岡城下でも祭礼の芝居興行、浄瑠璃語り等の出し物で賑わっている[31)]。この城下町においても奥浄瑠璃は武士も庶民にも大いによろこばれる人気の芸能であり多くの芸人が居住している。その芸人たちはそれぞれの得意とする語り物を持っており、その十八番の語りの美声に観衆を感動させ興奮させるほど人気があった[32)]。

寛政一揆の後に一揆見聞を奥浄瑠璃にして村々でひそかに語られていたという。それらの一揆の状況を伝えている記録に「寛政七乙卯十一月八日花巻大迫通百姓蜂起いたし候ニ付落書」がある[33)]。

この浄瑠璃は、「北条九代高時入道の悪政より引出し作れる」という。とすれば、南北朝の動乱期を描いた軍記物語の「太平記」の一部分を参考にしていることになる。「太平記」からは軍記物を語る「太平記読み」という講釈する人を創出し、その芸能が発生した。近世初期になって政道や兵法の在り方を論じることが支配武士層から要請されて、これに応じて講釈されたものが「太平記評判秘伝理尽鈔」である。これらはさらに全国に広まっていき、この「理尽鈔」がその後のさまざまなものに影響したのであった。

寛政七年一揆を読み物にした「奥南太平記」、また一揆を浄瑠璃の語り物にされたのも、この「理尽鈔」からの大きな影響を受けて創作されたものであったと思われる。

上方や江戸ですっかり姿を消してしまった古浄瑠璃を江戸では奥浄瑠璃とか仙台浄瑠璃と呼んでいた。仙台地方では御国浄瑠璃と言い、御国節と別称されてもいた。このようにして東北地方に残された奥浄瑠璃は、もともと上方・江戸からの浄瑠璃語りは多くの旅芸人によって多様な演目がみちのくの地にもたらされた語りの芸能である。それらの奥浄瑠璃の中でも東北地方に伝えられている伝承や物語を題材にし創作されたものも多い。岩手県に関係するものをひろってみると「九戸軍記」「桂泉観世音之御本地」「三代田村」「二代田村」「檀毘尼長者本地」「竹生島御本地」などがある。これらは盲法師など語りの芸人が村々を廻り村の宿に泊り村民を集め語り演じられた。観衆である村民も地域の身近な物語に親近感を増し感激したことだろう。

悪政に対抗した百姓の行動の一揆が浄瑠璃の語りとして演じられた。演者の浄瑠璃語りも「めつらかなる新作に御座候、何様方宜敷御評判奉希候」と「これまでの作品とは違い珍聞の新作でございます。どなた様も宜敷お願い申し上げます。多くの人に聞いていただき高い評価を得ることを期待しています。」と言っている。

観衆の村人たちは、悪政に対抗して起した行動の実体験の現実世界が語られることは、これまで聞いて来た往古からの民間説話と違い、社会性が強く包含された物語を新鮮な感覚で受け入れたのである。

5．「南部三閉伊一揆」と神楽

もうひとつの人気の民俗芸能として神楽がある。今日でも岩手県内の各地に多くの神楽が伝承されていて、そのうち旧盛岡藩領に主として伝わる山伏神楽と旧仙台領に伝わる里神楽（南部神楽）がある。これらの神楽には本来からの祈祷舞などの演目の外に芝居・奥浄瑠璃などの芸能から影響を受けて創作された演目も舞わられている[34)]。

旧盛岡藩領域に伝わる山伏神楽の中に岩手県沿岸地方の黒森神社（宮古市）の黒森神楽と鵜鳥神社（普代村）の鵜鳥神楽がある。この二つの神楽は現在でも冬になると閉伊郡一帯を廻村し年番によって北廻り南廻りに巡演して歩くのである。いわゆる黒森神楽が北廻りに巡演する年は、鵜鳥神楽が南廻りに巡演するのである。翌年、黒森神楽は南廻り巡演し、鵜鳥神楽は北廻り巡演する。

このような廻り神楽の形態は全国的に見ても希少な事例であろう。この二つの廻り神楽は、黒森・鵜鳥の両神社に奉納されている権現様（獅子頭）を奉持して沿岸の村々を廻り、門付け巡業しながら悪魔祓いや家内安全の祈祷をし、民家を宿として神楽を巡演して歩くのである。

この古い伝統のある神楽は、いつの頃から舞われてきたのか明確ではないが、黒森神楽について残されている関係文書によると宝暦八年（1758）、社家と山伏の神楽巡業をめぐる出入がある。この出入のために出された書面と吟味の結果は「古来より」の権現祈祷と山伏神楽の巡業が確認されている。また奉納された権現様の記銘には文明十七年（1485）、正徳元年（1711）、明和九年（1772）など二十頭を保存されていることなどから見ても古い歴史をもっていることがわかる[35]。

黒森神楽では多くの演目がある。そのための神楽台本が伝えられている。この中には現在では舞われなくなったものさえある。この神楽台本を所蔵されている中に田老町末前の石垣家がある。もちろん同家は黒森神楽とも関係がある。同家所蔵の神楽台本に「うたい本之写」（寛政十一年書写）、「うたい本」（文化十五年書写）、「飛空合戦」（天保八年書写）「豆蒔之本地」（嘉永六年書写）がある。特に「飛空合戦」と「豆蒔之本地」は浄瑠璃本・奥浄瑠璃本のものであって神楽本来のものではないという[36]。このように他芸能から影響され神楽の中に取り入れているのである。このものが演じられる場合は長時間を要するのであるが、そのため普通は初段目を中心に簡略に演じられたのだという。

石垣家の所蔵する神楽台本と共に近世期の諸手形証文類などの文書もある。その中に「野田通切丑村萬五郎志あんの事」と表題した和綴じ数丁の著者不詳の記録がある[37]。この記録の中に弘化四年の三閉伊一揆が書き記されている。内容としては天保年間の凶作飢饉が続くなかで領主・重臣等の濫費と横暴によって、領民への重税と御用金（臨時課税）が申付けられる。特に御用金は御才覚金・御繰合金・軒並銭と名目として一年に三度四度も申付けられた。前記の末前村には三十八両が申付けられ、村方は騒動を起こしたという。この御用金賦課が一揆蜂起の原因となり、一揆は遠野南部氏の知行地である遠野郷へ強訴した。

この記録は一揆行程と若干の動向が書かれ、途中で終って未完である。表題の「野田通切丑村萬五郎」は、野田通浜岩泉村切牛の萬五郎と思われる[38]。しかしこれまでこの人物の詳細については明らかになっていない。これまでの記録を見ると弘化四年・三閉伊一揆の中心的な人物として野田通浜岩泉村切牛の弥五兵衛（別名万六）のことが知られている。この弥五兵衛こと万六は悪政に対抗し領民の結集した一揆によって藩政改革を求めることを勧説して全領六百ヶ村余を歩いたといわれ弘化四年・三閉伊一揆の頭取人として行動した。彼はこの一揆後の領内勧説中に探索していた藩役人によって捕縛され、入牢し数ヶ月ほどして獄死したとも牢前に於いて密かに斬殺されたとも伝えられている。弥五兵衛こと万六は勧説行動のため名を変え、また別の名を名乗っていたとも言われ、野田通切丑村萬五郎も記録の中では頭取人の一人として描かれていて、弥五兵衛の別名ではないかと考えられる。幕末期になると地域において日常のもめ事や対立をたくみに解決する世間師とか公事師というような人物が出現し、村方騒動や一揆において中心的役割を担うことが多くあったと言われている。記録された弥五兵衛こと万六、また萬五郎もそのような類の人物と考えられている。

表題の「萬五郎しあんの事」の「しあん」はいろいろ考え思いめぐらすことの意味であるが、一揆頭取人の萬五郎は地域住民を結集させ一揆をどう進めるのかを思いめぐらしているとの意味なのか、又は全領域的一揆で藩政改革を勧説して歩く萬五郎の行動を案じていることなのか、どちらとも解せるのであるが記録内容の不十分なことから本旨が記述されていないのは残念である。この一揆記録は神楽台本へ試みようとしたのではなかったろうか。しかし台本以前の草稿とも断定できないのであるが、現在までこの三閉伊一揆参加地域で残されている一揆記録の多くの中でも異質で、また創作的表題から、このような意図を推測してみた。そして演じる者の新作への努力は観る者に新たな感動を与える関係にある。寛政期の一揆が浄瑠璃語りにされ、浄瑠璃が神楽に影響を与えて取入れられ、民俗芸能の中へ多彩に発展したのであった。

この神舞が廻村巡業する地域と三閉伊一揆参加地域は重なり合う。この地域の人々の信仰に支えられて山伏神楽のもつ呪術的祈祷や供養は人々の日常生活と繋がり、広い分野にわたって社会性をもって機能していたことが一揆の結集の在り方にもなんらかの役割と関係があったのではないかと考える。

この三閉伊地方には多くの百姓一揆が起っている。この中には義民伝承となって伝えられているものがある。そこでは村人が打ち首にされた一揆頭取人の祠を作り農神として祭るなど、民俗芸能の剣舞踊りに犠牲者の供養をこめて剣舞の踊りを復活させて伝えられている例さえある[39]。

民衆運動の百姓一揆を伝える記録、他地域へ伝聞された記録、その記録からさらに一揆物語として創作されていったことが伺われる。さらに人々は一揆物語を語りの芸能へ発展させた。そして地域の民俗芸能の中にまで民衆的意識が反映されているものと考えられるのでないか。これらの多くの事例を探求することが多彩に展開した民衆世界の解明につながるものと考える。

注

1）神田健策・武田　功・早坂　基：三浦命助『獄中記』新史料に関する一考察．弘前大学農学部学術報告　43：26−71，1985
2）神田健策・武田　功・早坂　基：『南部義民伝』に関する一考察，弘前大学農学部学術報告　47：42−90，1987
3）森嘉兵衛：南部藩百姓一揆の指導者　三浦命助伝，1 −348，平凡社，1962
4）森嘉兵衛：森嘉兵衛著作集　第7巻, 1−613, 法政大学出版局，1974
5）深谷克己：南部百姓命助の生涯，1 −309，朝日新聞社，1980
6）神田健策：別天地を求めて．桑原真人編：日本民衆の歴史　地域編 7．56−85，三省堂，1987
7）早坂　基：幻の老人　切牛の万六　弘化四年南部盛岡領遠野強訴覚書．1−386，福本工業，1997.
8）武田　功：岩手の民衆史．(1)〜(6)，岩手民衆史研究会，1999〜2003．なお、武田は、南部三閉伊一揆の各地における伝聞史料の発掘に努め、上記書の中で、「遠野唐丹寝物語」、「南民強訴録」、「白赤欅小丸の幡風」などの復刻を手がけている。
9）青森県百科事典，106，東奥日報社，1981.
岩見文庫郷土資料総目録．弘前市立図書館，1982
10）新編弘前市史　資料編 4（近・現代編 1 ）．597, 弘前市，1997
11）新編弘前市史　資料編 4（近・現代編 1 ）．1051，弘前市，1997
12）斉藤　純：百姓一揆の種類とその歩み．図説　日本の百姓一揆，1−13，民衆社，1999
13）青木美智男：幕藩制史研究と百姓一揆研究．一揆（1）一揆史入門，219−286，東京大学出版会，1981
14）同上（4）参照
15）内史略・后巻十：岩手史叢（4）：702 −717，岩手県文化財愛護協会，1974.
16）穀物高直万事不作改．『宮古市史』資料集近世五，536 −544，宮古市，1989
内史略・后巻十一・十二：岩手史叢（5）：1 −157，岩手県文化財愛護協会，1975
17）「大図日記」(弘化四年の条)(東和町ふるさと資料館蔵・原本コピー)。「岩手の百姓一揆集」(北上市史刊行会、1976）にこの条項も収録されているが、一部文面に相違がある。
18）萬日記：解題書目第七集『萬日記抄一』，63−71，青森県立図書館，1977
19）同上 17 参照
20）同上 18 参照
21）東京大学地震研究所編；新収日本地震史料　第五巻, 39−41，1985
22）同上 21 参照，原本は弘前市立図書館蔵
23）永宝日記　万覚帳；みちのく叢書 35, 145, 青森県文化財保護協会，1942
24）同上 21 参照。佐藤耕次郎：黒石地方誌，黒石町役場，1934
25）同上 21 参照。大瀬熊三郎編；油川沿革誌．1892
26）同上 21 参照。小山日記抄（函館市立図書館蔵）
27）深沢家文書：沢内村史　上巻，510−512，沢内村，1991
28）南部愁訴聞書（写本）．岩手県立図書館蔵
29）林基：「中古大黒舞」考．北島正元編；幕藩制国家成立過程の研究．615−674，吉川弘文館，1978
30）阿部幹男；奥浄瑠璃．わたらいの芸能, 140−146, 芸能学会，1990.
阿部幹男；奥浄瑠璃と南部神楽．かぐらの「わ」（2），5−7，平泉郷土館，2000
31）森嘉兵衛；盛岡市史近世期上・三，145 −167，盛岡市，1969
32）太田孝太郎；盛岡市史．近世期下，62−76，盛岡市，1951
33）「寛政七乙卯十一月八日花巻大迫通百姓蜂起いたし候ニ付落書」（写本）：岩手県立図書館蔵。森嘉兵衛、同上 4：180−182 に一部紹介されている。
34）同上 30 参照
35）黒森神楽（資料篇）：1 −142．宮古市教育委員会・田老町教育委員会．1982
36）同上 35 参照。田老町史資料集（近世四）：石垣家文書，473−594，田老町教育委員会，1993
37）同上 36 田老町史参照。
38）同上 7 参照
39）武田　功：一揆・農神・剣舞．東北民衆のたたかいと文化，56−85，民族芸術研究所．1975

付記；本稿は、筆者三人の共同調査研究であるが、武田が全体を執筆し、神田が校閲を行った。また、岩見文庫所収の「南部一騎軍書」「寛政七年・南部藩郡山在百姓一揆」の翻刻に関し、弘前市立図書館の許可を得ることができた。御礼を申し述べておきたい。

凡　例

一　本書「南部一騎軍書」は、岩見文庫（故岩見常三郎氏）旧蔵本であった。その後岩見氏の没後に弘前市立図書館に寄贈され所蔵となった。

一　本書は、弘化四年（一八四七）、盛岡藩閉伊郡地方の農漁民の一揆の風聞記録である。
この一揆の記録については他地域（南部藩領外）からの報告はほとんど見ることがなかった。このようなことから、本書は津軽地方に残された記録として貴重なものと考える。

一　本書は、末尾の記述から嘉永二年（一八四九）六月の写本と思われる。原本の所在は不明であることから、この写本をもとに忠実に翻刻することに努めた。

一　本書を、現代の読者に読みやすくするため次のような配慮をした。
①　漢字などは、一般に広く使われている字体とした。多出する百性＝百姓、鉄鉋＝鉄砲にあらためた。
②　変体仮名などは、之＝の、者＝は、茂＝も、連＝れ、浬＝より、のように平仮名に改めた。之＝これと読むものはそのままとした。
③　底本の破損、不鮮明、判読不能は□□□を以って示した。
④　句読点は適宜に付した。
⑤　字句の連続する所に中黒（・）を付した。
⑥　誤字、宛字は※を付して、適当と思われるものを注記しておいた。
⑦　人名、地名なども注記した。

以上

史料1

南部一騎軍書

岩見常三郎　旧蔵
弘前市立図書館現蔵

南部一騎軍書

窮しれバ乱るるとかや、爰に奥州南部盛岡の城主、南部大膳大夫従四位少将源の利信公、御領分に古今希有之騒動有。
其由来を尋ぬるハ、頃ハ弘化四丁未ノ年十一月十八日なるに野田村支配所安家村の百姓、郷士・三枝吉右門衛門方江大勢集り、段々談じけるに天保の中頃より不熟作ニ而、当御代ニ相成御格外の御昇進御物入増多、其上近年火の出の立身横沢平馬進めに依而、少将様には奢恣して国政□□□年々月々過分御用金、是か爲に万民□□□不得止□□此有様に而ハ今両年の間に御国□□□百姓町人飢死ニ及事眼前也。
土民の身分と申なから此侭打果ん事残念也、如何可致哉と歎きける。
此時、郷士・吉右衛門か伜吉太郎と申者十八歳ニして身の丈五尺七寸□人物骨柄、万人勝れたる才智無双の若者進出て申さるる様、兼而此事国中の百姓何れも其心得無ニもあらす、然共是迄ハ御国恩を差含罷有候得共此上不可相成なり、若年なから我是より先立致、国政乱れさし横沢を申受、彼ら肉を万民に分喰せん事成就し、其後我骸を桀木に晒し国中の諸民の苦を救ん事を願ふのミ〃。
思立てそ吉日なれバ、今日近村触廻し人数を集め御代官所出ばやと言を聞より、有合百姓共走り廻り安家村・岩泉村・川村・戸渡村の百姓五百人打揃。野田村御代官へ罷出、右の趣旨地ニ申出けれハ大勢の百姓一心にこり堅り事故、迚も難防と見込、尚又横沢一味の振舞兼而悪敷と思ひけるに願の筋の義迚も取次事不相成候。然共汝等凌難の程覚語あらは□(勿)手次第の可被致候而、何か一物有様に和(付)らかの仰也。
随而一ト先、安家村江立帰り白キ木綿に□(付)々の簇を拵へ、又夜ハ高張ヲ用意致し大将□□具足ニ身□(を)堅め馬の上の重立百姓村役の分ハ火□(事)装束ヲ着し、平百姓の面々野山峠の出立ニ而、飛口・熊手・鍔・鑓・竹鎌・半棒・六尺棒□物々を携(タヅサヘ)て我か崎にと走り進ル。一度に戸渡村の肝煎(キモイリ)秀八と申者、是も同拾八□(ばか)、身の丈五尺三寸、顔長にして色白

く鼻筋高く丹花の唇美しく、むかしの平井権八か再来かと疑る、才智弁舌並ブ者なし、今義経の異名(ニックネーム)請たる者なるか吉太郎に打向。貴殿ハ此度の大儀思立驚入申候、拙者此頃迄御収納取立事繁故に後を取申訳無御座候、随而某身不肖の者ニ候得共今日より御加勢申万事御相談可申とさも勇しく処申されける。三枝吉太郎大儀ニ悦び、兼而貴殿の智謀の程諸人能智る処なり申迄無御座候得共、三枝吉太郎ト死出同道ニ望あらハ我等両人心を合、数万の百姓の助力を以て横沢に住める古狼を打取、国を乱したる狼共の見こらしめにせんと談合究、是より両大将申相成けり。

戸渡村秀八、日蓮宗の事故に真先に南無妙法蓮華経高組日蓮大菩薩の大籏白キ木綿ニ□□□立、中籏は南無一名上行菩薩・南無二名浄行菩薩・南無三名無辺行菩薩・南無四名安立行菩薩、右四本の大籏ヲ□□□(係あ)八か□□□左右ニ列。

三枝吉太郎ハ大籏ハ白木綿□丸を書、下ニ狼狩取白見こつつの山にと七字を書付、馬の先に立、後陣ニ列り□□。

□(十一か)□(九か)月廿一日・廿二日・廿三日迄宮古近村不残ら引立、廿四日に宮古に押寄、追々加る人数凡3千余人とそ聞江ける。此宮古町には若狭やと申造酒屋有り、門村儀助と申者の出店なり、日合貸付杯致者なるか、是か横沢平馬か出入百姓にて金銀米銭多預り諸百姓江高寄、日合貸付ニ限月至り滞り者有之らハ横沢ヶ威光を以手あらくす足致、田畑・牛馬・家屋敷取上ケ損分と言事更ニなし。

右ニ付、近年大分限者と相成、鉄山の仕込致、帯刀ハ御免被仰付、横沢ヶ髭の蔓ヲ取ル曲者なり。

依而両将の下智トして手初の働なるそ、先若狭やを踏潰し也と聞ヨリ早々右の大勢ゑんゑんと入れ、台所・勝手・奥座敷・店たな・二階・蔵の内少も猶豫あはてす家財・衣類・寸々に切さき金銭ハ八方蒔散し清酒五斗切はなし、米・味噌・魚の類・漬物の取出し皆々満腹に呑喰、此騒動ニ家内の男女四方八方江逃退有様也。

扨夫より桑ヶ崎江押寄す両方の人数を相誘候。廿五日にハ藤原村・長家村の浜端に進し村々籏印相調候処、宮古・桑ヶ崎の弐ヶ所の人数未た相見不申候ニ付、宮古・桑ヶ崎江引返し人数ヲ誘集メ頓而四千余人と相成、其日の暮方山田村に着し。

廿六日ニ此辺の村々呼寄集メ廿七日ニ大槌村江参着致し候、此所ニ而釜石辺の百姓押来ルヲ待受、既に壱万四千人ニ及、近遠に居リ余りける。

同月晦日に大槌村出立、和山峠ニ差懸リ鯨波の声をあけほらの貝を吹立る故、山谷に響き渡り真黒ニ相成一西に押登り峠中の法に至り。

遠野弥六郎殿御城番、兼而是をたる故、盛岡の御使番ヲ差出し櫛の歯ヲ引くか如し。

夫と聞より和山峠の堅メして物頭弐人・鉄砲弐拾五挺・手鑓廿五筋、物頭は半具足・鉄砲・手鑓の足軽弐拾五人、家中の二男三男屏上たり、其外御目付・御使番彼是弐百余人ニ而相堅メ、和山峠の麓にハ遠野様家老新田小十郎并物頭・御目付壱人・御使番弐人・御直侍五拾人・鉄砲弐拾五挺・手鑓廿五人、此足軽五拾人ハ屋はり家中の二男三男屏上り、是も弐百余人ニ而相堅メ八戸町遠野の人口より番頭壱人・物頭弐人・弓鉄砲用意有、百五拾人ニ而堅メたり又遠野町ニハ町奉行弐人・組下足軽小者上下百余人出張守り、遠野御館にハ家老弐人・番頭・平士面々、自分屋敷るす老人・女斗残置、六拾以下拾五迄物の用ニ立者は不残相詰、其外ニ町より屈竟の若者百人余り都合四百余人ニ而厳重ニ相堅メなり。

峠并三ヶ所江御下智ニ而百姓共申なから大勢の事故たやしく防り覚通りなし、乍去玉込の鉄砲用る也、から鉄砲用るべし鑓刀ハぬき身を見せかけ決而百姓共江疵不申様ニ相成丈ケハ随分叮嚀に差留、峠より相通候様、若又願の筋有ハ何れ共用弁相成候様可為得と申聞。

大夫盛岡の御勤番の事、何れハ宜御沙汰可有之間、先村々江相返し差扣候様可申聞トなり。

然る処壱万四千余人の百姓共山上に幕ヲ打廻し陣取たるヲ見て、両大将申出しかは戸渡秀八馬上より声を高らかに申けるハ、横沢一味のやつばらならは何百万人備る共、則時に踏破通るべしと遠野衆と見るならば不法の働不可致、随分斟酌ニ致通るべしと申付、鳴声上分登り。此時陣所に物頭弐人・御目付壱人駒の鼻を並て大音あけて如何に百姓とも大平御代ニ住なからおこかましき出立、何事なるぞ何成共願の筋あらは書付ヲ以申出よ、主人御国元老なるぞ能計ひ可罷有と呼ハわりけり。

是を聞より三枝吉太郎・戸渡秀八両馬を並、真先に進ミ出、私共此度思立る義以全御上様江対し毛頭御恨無御座候、勿論遠野様ニ於ハ決而異心無御座候、横沢と言ふ国を荒し下タ腹に毛の無、狼はひこり候ニ付、是を狩取ん為此処に候間無御構被成□□奉願上候。

角ク私共ハ安家村吉太郎・戸渡村秀八と申者に御座候、村を出し時ヨリ桀木に骸を晒ん事覚悟ニ候、如何御留被遊候ても横沢狼の肉を喰ん迄ハ百姓共壱人も返し申間敷候と申ける。

此間に和山峠ハ元来立木無之石山故、幅三丁程真黒ニ相成平押に馳上るとなれば堅メ備し左右より早々四五千人通抜たり、是ニ気を得而残人数ゑんやゑんやと馳登り、御堅メ被遊役人中少勢の事故、殊に叮嚀トの被仰付故、鉄砲不用間致方無之、御館を差して引上りけり。

山の麓から壱筋道、八幡宮の境内に陣を取、遠野家老新田小十郎床几に腰ヲ打懸、物頭・御目付・御使番・其外直参の備五拾人、左右ニ列り鉄砲弐拾五丁ハ玉込おれとも火ふたをきらし有様也。手鑓廿五筋ハさやをはつしさも厳重ニ備を

立けり。

是を見るより三枝吉太郎・戸渡秀八両人、壱度に馬より下り新田か前より拾間斗り隔り大音にて申上ける、此度私共横沢の狼狩に出候処雪中と申、睚(※)るの折から御厳重御出張御苦労千万ニ奉存候、御上様ハ勿論遠野様対し毛頭御恨無御座候、乍去何程御差留被成候而も横沢狼の肉を喰ん其内ハいつまても帰る所存決而無御座候、角申私共安家村の吉太郎・戸渡村の秀八と申者ニ御座候として御上様をかろんず恐至極(ジ)ニ候得共、初メハ御名君と奉仰は少将様近年専(もっぱ)ら評判悪く相成候義も是皆狼の所存也、此上は増長致候得は民の困窮不及申ニ御国の御大事相成、偏是御国恩ヲかへり見奉り数万の百姓心ヲ合、乍憚私共両人頭取と相成如此大儀を分ニ候也、乍失礼心躰の程御目ニ懸奉らんと吉太郎彼ノ大籏を差出し両肌(ぬぎ)ぬけば下にハ経帷子着し両眼に儀(※)を浮め、秀八も五本の籏を※和らけ申様、百姓にハ珍敷振舞武士の及はぬ心底の程願る余り有。

乍去今此大勢ヲ以盛岡江押寄事ならば屋形様ハ御公儀江対し相済まし亦他国聞江も不宜。一ト先村々に罷帰り差扣へし拙者城下江罷登り委細主人江申上宜御沙汰可願、若又御差上ヶ於無御座は拙者ハ武士也、其時ハ不及是悲に汝等ニ加談いたし横沢か館江押込へしと申されけるハ、御町大家と寺社を拝借被下度。

私も村々出立の砌、横沢申受さる間ハ村元江不帰と氏神(ウヂガミ)江誓を致し候ニ付、右御返事御待申也。

近く五日七日の間に安否相知れ可申哉と申、小十郎殿申候ニハ右にてハ此方共屋形様江難相済候間、是非是非返れとの仰也。

其時両人馬に飛乗り左様ならは無拠仕合ニ候、無礼の段真平御免被下へし候、者共続と言尽に終に此地を馳抜たり随ふ百姓壱万四千余人雪煙を上ヶて馳り通る。

新田氏も可致無様、御館を差して引き上りたり、残御手の御堅メハ此勢に※巻からん一支江も不及、皆々御館江引上し事厳重に籠城致也。

扨も百姓共ハ十二月一日遠野町江入込、寺屋大中家を宿いたし町中の※当家より米味噌出させ近郷近村の人数を集メ既に弐万ニ及。

依而此勢を三手に分ケ壱手ハ三枝吉太郎・戸渡秀八大将として壱万余人ハ限り宮※・内※・福岡※の辺より出張り致、盛岡の様子伺ひ其間に弁舌勝れたるを撰、三※戸・五※戸・七※戸・野辺地・田※名部・安※渡村・脇※ノ沢・佐※井・大※畑の在々より人数を誘ひ、又壱手ハ五※十人※大樋村浪人伴五郎と申者大将として、花※巻・郡※山江押寄、村々の百姓を誘ひ出へし、残り五六千人ハ釜※石の浪人山形藤弥を大将としして鹿角郡花輪(※ハナワ)・毛※間内・大※湯の百姓呼集メ、七ツ明然る時ハ五六人ニ相成へしと直様城下江押寄へしと、四五日延引ニ及事遠野様江義理立なり、此度御叮嚀の被成候、殊ニ新田氏の情の御言葉有、理を不尽にハ通りかたし、四五日爰に逗留致さハ遠野衆支にたるに相当り上江の道尾よかるべし、又味方の為にハ人集る謀事也。自然弥六郎殿以て御働、横沢を下されば是に過たる幸なし、然時ハ百姓共江ハ別段御咎も不可有、我等両人の命を於万民安否たるべし我々死出の本望此事に候、不叶時ハ手合の如ク可計と申けれハ。

群集の中より釜石浪人山形藤弥ハ進ミ出、御言葉に候得共万に壱ツ最初にての事成ニ於てハ、貴殿方両人斗差出し拙者共の※西下にハ唯々おめおめと村元江不帰へきや押て御免御願申、夫共※御政通に相抱離相成と有らハ我々も一村にて※頭取也、凡三百余ケ村より壱人つつ頭取差出可申候といさき能申してぞ皆々尤と申けり、此山形藤弥と申者ハ元来※羽州山形の浪人にて天保辰年ノ頃より山形江来り手習子供の師匠を初メ、夫より重立の世話ニ相成、段々手廻し能相成今ニ而ハ壱人前の百姓分ニ也。乍然出頭第一の横沢か事故、中々容易被下まじ、然時ハ四方の人数を呼揃、横沢か館江押寄、横沢初一味の輩不残打取、悪人原の根をたつ葉をからす、国政ヲ直しへし中奥のやつばら居なから国政を直し、右の人数を以直様押込米穀を喰潰、余らハ不残焼捨、其外横沢一味の代官・下役人ニ至迄打ころし、夫より門村儀助か家内并鉄山焼払、後々悪人の身※雑しめにせんとはかりをなして扣たり。

是ハ扨置、盛岡ニ而ハ日々の往来引もきらす、依之御家老※毛間内曲膳殿・物頭弐人・鉄砲五拾丁・御弓五拾挺・彼是三百五拾人ニ而十二月三日に盛岡の御出馬也。

同五日、奥瀬舎人(トネリ)殿大将として物頭弐人・御目付弐人・鉄砲五拾丁・手鑓五拾筋・弓五拾丁、是も同勢四百人遠野を差して押寄ける。

然るニ其※夜八ツ時、三戸・五戸・盛岡辺地震ニ而土蔵・建家破損多有之由、別而遠野村辺・宮古・桑ヶ崎浜通痛家多有之由、此条未タ取極り不申候。

嘉※永二己酉歳
六月中旬写之

※印注記箇所

【南部】　南部藩。近世の藩領域は今の岩手・青森・秋田の三県に及ぶ一〇郡であった。一八一七（文政一四年）に南部藩を盛岡藩と改めた。明治維新までつづいた外様大名。

【一騎】　一揆の宛字。（文中の「騒動」「押寄せ」も一揆を表現する言葉。

【軍書】　講義読釈として書籍などを平易に解釈して話す講釈は、はじめ「太平記」を読んだことから「太平記読み」と称した。それによって生計を立てた芸能者が居り、「語り物」の芸能であった。現在の講談の源流であると言われている。

　江戸時代初期から「太平記」をはじめ「源平盛衰記」の軍書読みなどがさかんになり、軍談物・世話物・お家騒動もの・記録ものを扱い「語り」の芸能として発展され寄席で観客を楽しませた。

　本書に表題された南部一騎「軍書」は、南部藩に起こった一揆を扱い、一揆勢と藩側との抗争を軍談風にまとめ「語り物」とする作者の意図があったのではないか。ただ本書が完結されず中断されていることは残念である。

　一揆が「語り物」など芸能に取り入れられたものに「佐倉宗吾」「郡上騒動」「大塩平八郎」など全国的に名のあるものから、各地方にも多く残っていると思われる。

【盛岡】　南部氏二六代信直が一五九七（慶長二）年に築城して郡市を形成し城下町として発展。現在の岩手県盛岡市。

【利信公】　南部氏歴代藩主の中にこの名前は見当たらない。本書の時代の藩主は三八代利済（としただ）（一七九七～一八五五）で職称美濃守・官位侍従であった。治政二三年間、飢饉・一揆で藩政は乱れた。

【弘化四未ノ年】　和暦。西暦一八四七年。

【野田村支配】　野田通り代官所支配。藩政期は領域一〇郡を三十三通区分し、一通に一代官を設置し藩政の出先機関とした。野田代官所は現在の久慈市宇部町にあった。

【安家村】　藩政期は閉伊郡野田通り安家村。現在の下閉伊郡岩泉町安家。

【郷士】　本書では地域の有力者のことか。

【三枝吉右衛門】　不詳。

【天保】　和暦で天保年間のこと。西暦一八三〇～一八四三年で特に東北地方は飢饉におそわれ「天保の飢饉」として知られる。

【横沢平馬】　横沢兵庫（一八〇二～一八六二）。三八代藩主利済に重用され前歴不明であるが家老職まで務めた。

【少将様】　三八代藩主南部利済。

【御用金】　南部藩の後期藩政は、幕府の軍役義務・蝦夷地警備、家格昇進等で財政的窮乏に至る。そのため新税・増税・御用金を領民に課すこととなった。これが領民の反発を受け一揆の多発の原因であった。

【吉太郎】　不詳。

【笨木】　磔刑。

【出ばや】　「出張る」。

【岩泉村】　藩政期は閉伊郡野田通り岩泉村。現在の下閉伊郡岩泉町岩泉。

【川村】　不詳。この地域にこの村名は見当たらない。強いて言うと宮古通川井村か。

【戸渡村】　戸鍍村（戸鎖村）のことか。藩政期は九戸郡野田通り戸鎖村。現在の久慈市山根町戸鎖。（強いて言うと玉川村のことか。藩政期は九戸郡玉川村。現在の九戸郡野田村玉川。）

【野田村】　藩政期は九戸郡野田通り野田村。現在の九戸郡野田村野田。

【白地】　「ありのまま」の意。

【こり堅り】　「凝り固り。」決意の固い意。

【覚語】　覚悟。

【高張】　高張提灯。

【装速（しょうぞく）】　装束。

【飛口】　鳶口。

【鍬（国字）】　鉈。

【鑺】　斧。

【崎に】　「先に」と同意。

【肝煎り】　「肝入」。村の長。

【秀八】　不詳。

【丹花】　「紅色の花」。

【平井権八】 鳥取藩士で父の敵を討て江戸へ出奔、遊女小紫と馴染みとなり金策のため辻斬りで捕れ獄門となった。江戸時代の情話や舞台の白井権八のモデルである。

【義経】 源義経（平治元年～文治五年、一一五九～一一八九）
平安末期から鎌倉初期の武将。奥州平泉の藤原秀衡の庇護をうけ成長し、兄頼朝の挙兵に参じ活躍する。その後に頼朝との不和により追討され再び平泉におもむく。そして襲われて衣川の館で自殺した悲劇の武将であった。一説に衣川の館から北方へ逃れて行ったことから、岩手県青森県内の各地に多くの伝説が残っている。

【横沢に住める古狼】 一揆に蜂起した民衆は誰の目にも明らかな悪政の張本人の収奪派の役人を「狼」「狐」「犬」「猿」「悪獣」等々と喩えた。横沢兵庫と横沢に住む狼と掛司になっている。このような表現の記録は多く見られ「盛岡加賀野の横沢と言沢に悪き狼住居して人間を悩ます由、古狼狩に行ク言て…」とあるし、記録表現にも「狼狩として数大勢押寄候覚」とした、この一揆の記録もある。

【見ころしめ】 「見懲らす」か。

【日蓮宗】 日蓮（一二二二～一二八二）が創始した宗派。「妙法蓮華経」の所依を経典とし「南無妙法蓮華経」の七字のお題目を唱えるとき成仏すると説く。
特に日蓮の生涯は二回の流罪を交えた迫害の受難の連続であった。日本仏教諸祖師のうちでも最も異色である。

【高祖】 「高祖」。一宗一派の創始者。

【大簇】 一揆の先頭の中心簇。その大簇には次のように認められていた。
「南無妙法蓮華経高祖日蓮大菩薩」。
文中にあるように一揆頭取人の一人である戸渡村秀八を日蓮宗の熱心な信徒としている。それ故に日蓮宗三大秘法の一つである本門題目（七字題目）と創始者日蓮の名が掲げられた。このような表題のあり方は本著者自身の宗教意識と立場でもあったと考えられるのではないか。

【中簇】 一揆の先頭の大簇に続いて立てられた四本の旗。その中簇の四本には次のように認められていた。
「南無一名上行菩薩」
「南無二名浄行菩薩」
「南無三名無辺行菩薩」
「南無四名安立行菩薩」
日蓮は十六歳で出家し各地を行脚・修行する。そのなかで法華経の仔細な検討をして行く中に釈尊と菩薩の関係をみいだした。それが「地涌の菩薩」である。それは、娑婆世界が震動し地割れして、下方虚空の中から六万恒河の沙の数にも等しい多くの菩薩が涌き出して来たと言う、その「地涌の菩薩」の中に四人の導師がいて第一が「上行」・第二が「浄行」・第三が「無辺行」・第四が「安立行」の四菩薩であった。その「地涌の菩薩」は久遠却の昔から本仏として釈尊の教化を受けて来た菩薩であると解し本化の菩薩とした。日蓮のこのような原義からとり入れた旗印であった。
この一揆の実際の旗印について記録をみると、「ござ一枚御支配所印して、野山・山刀・鎌の印にて大はた如此、其外村々思々のはた、村きり爲持そない立」「薙鎌を押立、鎌と山刀の絵を画き、是を振て一同に貝を吹立、鯨波を発し」とある。このようなことから、「南部一騎軍書」に記された一騎の旗である大簇・中簇の内容は作者によって創作されたものであろう。この一揆から六年後の嘉永六年（一八五三）に同じ地域に発生した一揆では「小〇」（困るの意）の旗印であった。

【白見】 白見山（一一七三m）か。北上山地にある現在の遠野市の大槌町。川井村の境界の山である。

【こつつ】 小槌山（九五六m）のことか。北上山地にあり白見山の北方三㎞程の所の大槌町内にある。

【宮古】 藩政期の閉伊郡宮古通り宮古村。宮古代官所があった。現在の宮古市。

【門村（かどむら）】 藩政期は閉伊郡宮古通りの門村（時代によって上田通りのこともあった）。現在の下閉伊郡岩泉町門。

【日合】 不詳。

【下智】 「下知」

【猶豫】 「猶予」

【蒔散し】 「撒き散らし」。

【五斗切はなし】 「五斗入の樽の箍を切断する」こと。

【桑ヶ崎】 「鍬ヶ崎」。藩政期は閉伊郡宮古通り鍬ヶ崎村。現在の宮古市鍬ヶ崎町。

【藤原村】 藩政期は閉伊郡宮古通り宮古村の枝村。現在の宮古市藤原。

【長家村】 不詳。この地域にこの地名は見当たらない。

【山田村】　藩政期は閉伊郡大槌通山田村。現在の下閉伊郡山田町。
【大槌村】　大槌村のことか。藩政期は閉伊郡大槌通大槌村。大槌代官所があった。現在の下閉伊郡大槌町。
【釜石】　藩政期は閉伊郡大槌通釜石村。現在の釜石市。
【和山峠】　北上山地東斜面に高原状の台地の一角に和山高原（標高六〇〇m）がある。現在の釜石市橋野町に属す。ここから界木峠を径て遠野に至る。
【二西】　「二而」の誤記か。「一手で」で「こぞって」の意。
【中の法（のり）】　中途または中腹。
【遠野弥六郎】　遠野地方の南部氏領主。寛永四年（一六二七）に八戸から遠野へ移封され代々弥六郎を名のる。盛岡南部氏の一門として盛岡藩の家老職でもあった。
【是をたる（原文ママ）】　「知り」脱字か。「是を知りたる」か。
【櫛の歯ヲ引くか如し】　物事頻繁に引き続いているたとえ。
【屏上】　「経り上る」。「くりあがる」の意。
【屋はり】　「矢張り」。
【八戸町遠野】　不明。前述「遠野弥六郎」は八戸から移封された経緯から八戸弥六郎とも言われていた。混同しての誤記か。
【大夫】　ここでは「殿様」「ご主人」の意。
【鳴声上】　一揆勢が「喊声を上げる」こと。
【毛の無】　「毛がないだけで心は狼だ。恩も人情もない人間である」の意。
【はひこり】　「はびこる」。幅をきかせるの意。
【角く】　「斯く」。
【新田小十郎】　遠野南部氏家老。この一揆に実際に立合い、その事を御用間書役に命じて記録させた。「海辺三通御百姓共御取扱向始終之書留」がある。（「南部叢書」第四冊「百姓一揆録」に所収）明治二十年、八十一才で歿したと伝えられている。
【聢る】　「然る」。
【儀を浮め】　「義を浮べ」か。「正義を引き立て」の意。
【和らけ】　「靡かせ」の意。
【巻かられ】　「取りかこまれ」。
【当家】（原文ママ）　「富家」の誤記か。
【宮内】　「沼宮内」。藩政期は岩手郡沼宮内通り沼宮内村。現在の岩手郡岩手町沼宮内。
【福岡】　藩政期は二戸郡福岡通り福岡村。現在の二戸市。
【三戸】　藩政期は盛岡藩領三戸郡三戸通り三戸村。現在の青森県三戸郡三戸町。
【五戸】　藩政期は盛岡藩領三戸郡五戸通り五戸村。現在の青森県三戸郡五戸町。
【七戸】　藩政期は盛岡藩領北郡七戸通り七戸村。現在の青森県上北郡七戸町。
【野辺地】　藩政期は盛岡藩領北郡野辺地通り野辺地村。現在の青森県上北郡野辺地町。
【田名部】　藩政期は盛岡藩領北郡田名部通り田名部村。現在は青森県むつ市。
【安渡村】　藩政期は盛岡藩領北郡田名部通り安渡村。現在は青森県むつ市。
【脇ノ沢】　「脇野沢」。藩政期は盛岡藩領北郡田名部通り脇野沢村。現在は青森県下北郡脇野沢村。
【佐井】　藩政期は盛岡藩領北郡田名部通り佐井村。現在は青森県下北郡佐井村。
【大畑】　藩政期は盛岡藩領北郡田名部通り大畑村。現在の青森県下北郡大畑町。
【五十人】（原文ママ）　五千人の誤記か。
【大槌村浪人伴五郎】　不詳。
【花巻】　藩政期は稗貫郡万丁目通り花巻村。現在は岩手県花巻市。
【郡山】　藩政期は紫波郡日詰通りの中心の町場の地名。現在は岩手県紫波郡紫波町の町場。
【釜石の浪人山形藤弥】　不詳。
【花輪】　藩政期は盛岡藩領鹿角郡花輪通り花輪村。現在は秋田県鹿角市。
【毛間内】　「毛馬内」。藩政期は盛岡藩領鹿角郡毛馬内通り毛馬内村。現在の秋田県鹿角市。
【大湯】　藩政期は盛岡藩領鹿角郡毛馬内通り大湯村。現在の秋田県鹿角市。
【西下】　「而下」の誤記か。「手下」の意か。
【御政通】（原文ママ）　御政道。

【羽州山形】 出羽国の別称。現在の山形県。
【雑しめ】（原文ママ） 「惟しめ」の誤記か。「懲しめ」のこと。
【毛間内曲膳】 「毛馬内典膳」。盛岡藩家老。
【其夜八ッ時】 解説本文を参照。
【嘉永二己酉歳六月中旬】 和暦嘉永二年。西暦一八四九年。一揆から一年半後の六月に「別本の記録」からの写本であることを示している。

史料2

寛政七年・南部藩郡山在百姓一揆

※先月八日の夜、郡山在の御百姓共三百人余願の儀有之候由、御城下中ノ橋へ相詰候所。八日九日両日は御能拝見被仰付候ニ付、御家老藤枝内匠・其外御目付中御出被成、先仙北町江被引取候。
然る處九日より段々花巻在・鬼柳通り村々迫々相詰候所、都合五千人余仙北町北上川の辺へ相詰候故、舟橋中ノ間三艘引はなし外舟々も橋板不残御引上被仰付候。
夫より花巻御郡代太田忠助様御出被成、願の趣御聞届被成候處三十七ヶ条の願書差上ヶ申候。右の内七ヶ条御免被仰付、残り三拾ヶ条の儀ハ追日御沙汰の上可被仰付候由ニて皆々帰り申し候。

十五日ハ東通り宮古・大迫・其外浜通りの者共三千人余も御城下へ押入候ニ付、館部七左衛門様御出被成候て願の趣御聞届ヶ直ニ御帰シ被成候、是より御郡内相慎り申候。

十三日の頃、西山根通りの者三四百人、田頭・寺田辺迄相集り候處、金田一某と申御方御出被成、早速願の趣聞届ヶ御帰シ被成候、惣人数八千人斗と申事ニ御座候。

御老家	千石	奥瀬要人様
同	八百石	毛馬内三左衛門様

是ハ御役御免被仰付候。

御元〆	弐百石	本堂源右衛門様
同	同	村松権右衛門様

是ハ閉門被仰付候。

江戸御注進の早追ニハ

御用人	切田　辺様

右八日の振りニて御登被成候。

騒動後御詮義方

御物頭		中山官平様
同		外ニ御壱人
御立合	壱万六百石	八戸但馬様
同	千五百石	北　林之助様
御家老	千石	東　中務様
同	同	桜庭日後様
同	同	多賀靱負様
御用人様方		御名前失念
花巻御郡代	弐百五十石	太田忠助様
御役不存	百石	館部七左衛門

右の外御代官　　廿人余御役御免。

徒党の者　郡山在にて三人。
　　福岡支配の者壱人。

七ヶ条の内　　御寸志金
　　御買米
　　御買大豆増穀
　　山ノ増役せん
　　馬ノ増役せん
　　外弐通ハ失念仕候
右七ヶ条、早速御免の御触流に御座候、
其外新規御運上ハ追々御免被成候由。

極月十日写之。

※先月…寛政七年（一七九五）十一月

“The Tale of the Nanbu Riots”: Rumor, Folk Entertainment and World of the People

Isao TAKEDA[*1], Kensaku KANDA[*2] and Motoi HAYASAKA[*3]

[*1] *Historical Studies Society of IWATE*
[*2] *Regional Resouces Management, HIROSAKI Univ.*
[*3] *Historical Science Society of HOKKIDO*

SAMMARY

Peasant uprisings broke out in the Nanbu district in the the late Edo era in 1847 and 1853. A few years ago we found unpublished records in the Hirosaki City Library. We surmised that these records were produced by a person in Hirosaki. From these old documents it can be understood that the people in those days tried to transmit rumor of the peasants’ uprising as a folk entertainment. These documents are reproduced here and introduced.

Bull. Fac. Agric. & Life Sci. Hirosaki Univ. No. 6 : 82－98, 2003

弘前大学農学生命科学部

研 究 業 績 目 録

2002年10月－2003年 9 月

Lists of Published Research Works of the Faculty of Agriculture and Life Science

Hirosaki University

2002（October）－ 2003（September）

弘前大学農学生命科学部

2003年12月

Faculty of Agriculture and Life Science

Hirosaki University

Hirosaki, 036－8561 Japan

December, 2003

は　し　が　き

本号の「研究業績目録」には，2002年10月から2003年9月までの業績を掲載しました。

業績の区分は，ａ―研究論文，ｂ―学術図書，ｃ―その他の著書・訳書，ｄ―学会発表，ｅ―調査・実験報告書，ｆ―その他とし，各自の申請にもとづいています。

各講座の教官組織（2003年10月1日現在）は以下の通りですが，研究業績目録は各学科・講座あるいは研究室単位でとりまとめて掲載してあります。

生物機能科学科

（生命理学講座）

鮫島正純，松岡教理，黒尾（片倉）正樹，河井聖司

（遺伝情報科学講座）

新関　稔，小原良孝，石田幸子，原田竹雄，石川隆二，吉田　渉

（植物エネルギー工学講座）

澤田信一，青山正和，齊藤　寛，葛西身延

応用生命工学科

（生体機能工学講座）

武田　潔，戸羽隆宏，五十嵐康雄，長田恭一，殿内暁夫

（生体情報工学講座）

奥野智旦，武藤　田，宮入一夫，橋本　勝，姫野俵太，牛田（元山）千里

（細胞工学講座）

大町鉄雄，石黒誠一，吉田　孝，畠山幸紀

生物生産科学科

（園芸学講座）

荒川　修，加藤弘道，嵯峨紘一，浅田武典，冨田正徳，張　樹槐

（農業生産学講座）

卜蔵建治，豊川好司，杉山修一，工藤啓一，鈴木裕之，福地　博，松山信彦

（環境生物学講座）

安藤喜一，原田幸雄，佐原雄二，城田安幸，佐野輝男，東　信行，藤田　隆

地域環境科学科

（地域環境工学講座）

万木正弘，工藤　明，佐々木長市，萩原　守，泉　　完，角野三好，加藤　幸

（地域環境計画学講座）

谷口　建，高橋照夫，桧垣大助

（地域資源経営学講座）

高橋秀直，宇野忠義，神田健策，武田共治，渋谷長生，泉谷眞実

生物共生教育研究センター

牧田　肇，塩崎雄之輔，村山成治，伊藤大雄，紺野一碩

目　　次

生物機能科学科 …… 103
　生命理学講座 …… 103
　遺伝情報科学講座 …… 104
　植物エネルギー工学講座 …… 105

応用生命工学科 …… 107
　生体機能工学講座 …… 107
　生体情報工学講座 …… 109
　細胞工学講座 …… 111

生物生産科学科 …… 112
　園芸学講座 …… 112
　農業生産学講座 …… 112
　環境生物学講座 …… 114

地域環境科学科 …… 118
　地域環境工学講座 …… 118
　地域環境計画学講座 …… 119
　地域資源経営学講座 …… 119

生物共生教育研究センター …… 121

業 績 目 録

生 物 機 能 科 学 科

生 命 理 学 講 座

a-01. YAMAGUCHI, M.*, S. BISWAS*, Y. SUZUKI*, H. FURUKAWA*, M. SAMESHIMA and K. J. TAKEO*: The spindle pole body duplicates in early G1 phase in a pathogenic yeast *Exophiala dermatitidis*. *Exp. Cell Res.*, 279 : 71-79, 2002. (*Chiba University Research Center for Pathogenic Fungi and Microbial Toxicoses)

a-02. SAMESHIMA, M., Y. KISHI*, M. OSUMI**, D. MAHADEO*** and D. A. COTTER*** : Electron microscopy of actin rods and bundles in *Dictyostelium discoideum* by high pressure freezing. *J. Electron Microsc.*, 51 : 337-340, 2002. (*The Tokyo Metropolitan Institute of Medical Science, **Faculty of Science, Japan Women's University, ***University of Windsor, Canada)

a-03. MATSUMOTO, K.*, K. J. TANAKA*, K. AOKI*, M. SAMESHIMA and M. TSUJIMOTO*: Visualization of the reconstituted FRGY2-mRNA complexes by electron microscopy. *Biochem. Biophys. Res. Comm.*, 306 : 53-58, 2003. (*RIKEN)

a-04. MINOKAWA, T.*, S. AMEMIYA** and N. MATSUOKA : Genetic divergence of two local Japanese populations of the echinothurioid echinoid, *Asthenosoma ijimai*. *Bull. Fac. Agric. Life Sci. Hirosaki Univ.*, No. 5 : 1-8, 2003. (*Division of Biology, California Institute of Technology, **Graduate School of Frontier Sciences, University of Tokyo)

a-05. 松岡教理・細谷忠嗣*：日本産クワガタムシの分子系統学的研究．弘前大学農学生命科学部学術報告　第5号：9-16, 2003.（*弘前大学理学部）

a-06. MATSUOKA, N.: Molecular phylogeny and allozyme variation of the five common fish species of the suborder Percoidei. *Bull. Fac. Agric. Life Sci. Hirosaki Univ.*, No. 5 : 17-22, 2003.

a-07. MATSUOKA, N. and H. ASANO : Genetic variation in northern Japanese populations of the starfish *Asterina pectinifera*. *Zool. Sci.*, 20 : 985-988, 2003.

a-08. KURO-O, M., C. IKEBE*, Y. IZUMISAWA**, Y. FUJINUKI**, K. SASAKI**, K. SASO**, K. AKABA*** and S. KOHNO* : Cytogenetic studies of Hynobiidae（Urodela）. XVIII. A ZZ/ZW sex-determining mechanism in a hynobiid salamander species, *Hynobius tokyoensis* Tago. *Cytogenet. Genome Res.*, 99 : 194-199, 2002. (*School of Pharmaceutical Science, Toho University, **Faculty of Science, Toho University, ***The Prefectural Motegi High School)

a-09. KURO-O, M. and R. KATAKURA : Four fledglings of partial albinistic-plumage in two families of the Carrion Crow, *Corvus corone orientalis*. *Jpn. J. Ornithol.*, in press.

d-01. 鮫島正純：加圧凍結／凍結置換固定した細胞性粘菌休眠胞子のアクチン細胞骨格．日本顕微鏡学会・新しい固定技法による微生物の形態解析研究部会，2002.

d-02. 鮫島正純・山田葉子*：細胞性粘菌胞子にはアクチンのアモルファス構造が存在する．第5回細胞性粘菌研究会，2003.（*東京都臨床医学総合研究所）

d-03. 山田葉子*・鮫島正純：胞子形成における浸透圧の影響．第5回細胞性粘菌研究会，2003.（*東京都臨床医学総合研究所）

d-04. SAMESHIMA, M., Y. KISHI*, M. OSUMI**, D. MAHADEO*** and D. A. COTTER*** : Structure and role of novel actin rods in dormant spores of *Dictyostelium discoideum*. The 30th NIP International Symposium. Frontiers of Biological Electron Microscopy ― Proteins to Supramolecules ―, 2003.（*The Tokyo Metropolitan Institute of Medical Science, **Faculty of Science, Japan Women's University, ***University of Windsor, Canada）

d-05. 鮫島正純・山田葉子*：*Dictyostelium discoideum* 休眠胞子に出現するアモルファスアクチン構造．第56回日本細胞生物学会大会，2003.（*東京都臨床医学総合研究所）

d-06. 白井由紀*・佐々木成江*・岸　義朗**・山田葉子**・鮫島正純・小林哲幸*・室伏きみ子*：真性粘菌 *Physarum polycephalum* の休眠型細胞におけるアクチンリン酸化／脱リン酸化の水による調節．第56回日本細胞生物学会大会，2003.（*お茶の水女子大学理学部，**東京都臨床医学総合研究所）

d-07. 鮫島正純：細胞性粘菌 *Dictyostelium discoideum* 休眠胞子の加圧凍結．第60回日本顕微鏡学会大会シンポジウム，2003.

d-08. 鮫島正純・山田葉子*：細胞性粘菌 *Dictyostelium discoideum* 休眠胞子細胞質の新規アモルファスアクチン構造．第60回日本顕微鏡学会大会，2003.（*東京都臨床医学総合研究所）

d-09. MATSUMOTO, K.*, K. J. TANAKA*, K. AOKI*, M. SAMESHIMA and M. TSUJIMOTO* : RNA-protein complexes containing the Y-box proteins. 8th Annual Meeting of the RNA Society, 2003. (*RIKEN)

d-10. ESCALANTE, R.*, Y. YAMADA**, D. COTTER***, L. SASTRE* and M. SAMESHIMA : Tyrosine phosphorylation of actin, actin rod formation and spore coat stability during *Dictyostelium* sporulation depend on the MADS-box transcription factor srfA. Dictyostelium International Meeting 2003, 2003. (*Instituto de Investigaciones Biomédicas, Spain, **Tokyo Metropolitan Institute of Medical Science, ***University of Windsor, Canada)

d-11. YAMADA, Y.* and M. SAMESHIMA : Hypertonic signal promotes stability of *Dictyostelium* spores. Dictyostelium International Meeting 2003, 2003. (**Tokyo Metropolitan Institute of Medical Science)

d-12. 鮫島正純・山田葉子*：*Dictyostelium discoideum* 休眠胞子の脂肪滴－アモルファスアクチン複合体．日本植物形態学会第15回大会，2003．(*東京都臨床医学総合研究所)

d-13. ESCALANTE, R*・山田葉子**・D. COTTER***・L. SASTRE*・鮫島正純：MADS-box 遺伝子は細胞性粘菌休眠胞子の安定化に必要である．日本植物形態学会第15回大会，2003．(*Instituto de Investigaciones Biomédicas, Spain，**東京都臨床医学総合研究所，***University of Windsor)

d-14. 長谷川葉子・山本　歩・稲田英理子・池部千賀子*・河野晴一**・呉　貫夫***・曽　暁茂***・黒尾正樹：サンショウウオ科4種における高頻度反復 DNA の解析と系統類縁関係の解析．日本爬虫両棲類学会, 2002．(*東邦大・薬，**東邦大・理，***中国科学院・成都生物研)

d-15. 中田章史・菊池浩司・黒尾正樹・小原良孝：ヒミズの高頻度反復 DNA の性状解析．II．染色体学会第53回大会, 2002.

d-16. 江田真毅*・小池裕子**・黒尾正樹・三原正三**・長谷川博***・樋口広芳*：遺跡試料を用いたアホウドリの集団構造の復元－ DNA 解析，安定同位体分析，形態測定からの検討－．第50回日本生態学会，2003．(*東大・農，**九大・比較文化，***東邦大・理)

d-17. 江田真毅*・小池裕子**・黒尾正樹・三原正三**・長谷川博***・樋口広芳*：アホウドリの集団構造の過去・現在・未来．日本進化学会第5回大会，2003．(*東大・農，**九大・比較文化，***東邦大・理)

d-18. 吉村　文・中田章史・黒尾正樹・安藤喜一・小原良孝：日本産イナゴ属（*Oxya*）における高頻度反復配列の解析．日本動物学会第74回大会，2003.

d-19. 中田章史・吉村　文・黒尾正樹・小原良孝：ヒミズとヒメヒミズに共通のヘテロクロマチン領域の解析．日本哺乳類学会2003年度大会，2003.

f-01. HASEGAWA, Y., A. YAMAMOTO, E. INADA, C. IKEBE*, S. KOHNO**, G. WU***, X. ZENG*** and M. KURO-O : Molecular cytogenetic analysis of the highly repetitive DNA in four hynobiid salamanders, with comments on their phylogenetic relationships. *Bull. Herpetol. Soc. Jpn*, 2003 : 30-31, 2003. (*School of Pharmaceutical Science, Toho University, **Faculty of Science, Toho University, ***Chengdu Institute of Biology, Chinese Academy of Sciences)

f-02. NAKATA, A., K. KIKUCHI, M. KURO-O and Y. OBARA : Characterization of highly repetitive DNA in the greater Japanese shrew-mole, *Urotrichus talpoides* (II). *Chrom. Sci.*, in press.

遺伝情報科学講座

a-01. 阿部　東*・小原良孝・工藤貢次**：ゲンゴロウ科（Dytiscidae）3種の染色体．昆蟲ニューシリーズ , 5(4)：145-154, 2002. (*弘前市栄町，**弘前市広野)

a-02. KATO, C., K. MIHASHI*, S. ISHIDA : Motility recovery during the process of regeneration in freshwater planarians. *Behav. Brain Res.* (in press) (*名古屋大学)

a-03. ISHIKAWA, R., N. TOKI, K. IMAI, Y.-I. SATO*, H. YAMAGISHI**, Y. SHIMAMOTO***, K. UENO****, H. MORISHIMA **** and T. SATO***** : Origin of weedy rice grown in Bhutan and the force of genetic diversity. *Genet. Resour. Crop Evol.* Accepted. 2003. (*静岡大学農学部，**京都産業大学工学部，***北海道大学名誉教授，****東京農大，*****東北大学)

a-04. KINOSHITA, T*. and R. ISHIKAWA : Genetical studies of isoenzymes in rice plants I -General Viewpoint- Recent Res. Devel. Genet 2 : 43-95, 2002. (*北海道大学農学部名誉教授)

a-05. NIIZEKI, M. : Biotechnology in genus Lotus. *Bull. Fac. Agri. Life. Sci. Hirosaki Univ.* 5 : 23-32, 2003.

a-06. SATO, T*., Y. WAKASA, T. KUDO*, T. AKADA*, M. NIIZEKI and T. HARADA : Allelotype of a Ripening-specific 1-aminocyclopropane-1-Carboxylate Synthase gene defines the Rate of fruit drop in apple. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* (in press) (*青森県りんご試験場県南果樹研究センター，**青森県りんご試験場)

a-07. 新関　稔・仲條眞介*：イネとマメ科植物の体細胞融合．育種学研究　5：75-83, 2003.(*岩手県農業研究センター)

a-08. WAKASA, Y., S. JIN, R. ISHIKAWA, M. SENDA, S. AKADA, M. NIIZEKI and T. HARADA : Majin: A miniature DNA element associated with the genome of pome fruit trees. *Hort. Science* 38 : 17-20, 2003.
b-01. 新関　稔：遺伝子組み換え食品は安全か．伝統と未来；八戸教育委員会出版，145-155頁，2003.
b-02. 石川隆二:国境を越えて:アジア遊学No.55特集　メコン風土と野生イネ，19-29頁，2003．ISBN4-585-10306-63.
c-01. 石川隆二：雑草イネの起源と遺伝的多様性について．日本雑草学会第18回シンポジウム　講演要旨17-28，2003.
d-01. 中田章史・菊池浩司・黒尾正樹・小原良孝：ヒミズの高頻度反復DNAの性状解析（Ⅱ）．染色体学会2002年度（第53回）大会（奈良市）．2002.
d-02. 吉村　文・中田章史・黒尾正樹・小原良孝・安藤喜一：日本産イナゴ（*Oxya*）における高頻度反復DNA配列の解析．日本動物学会第74回大会（函館市）．2003.
d-03. 豊田留美子・吉田　渉・石田幸子：イズミオオウズムシの虫体後方背側間充織で点在して発現している遺伝子の単離．日本動物学会第74回大会（函館大学）2003.
d-04. 吉田　渉・石田幸子：淡水棲プラナリア，イズミオオウズムシの再生とレクチン．日本動物学会第74回大会（函館大学）2003.
d-05. 佐藤　耕*・工藤　剛**・若佐雄也・原田竹雄：リンゴにおける収穫前落果と *Md-ACS1* 型の関係．農林研究センターシンポジウム果樹バイテク・ゲノム研究会（つくば市）2002.（*青森県りんご試験場県南果樹研究センター，**青森県りんご試験場）
d-06. 倉橋和歌子・佐藤　耕*・原田竹雄：*Malus* 属の果実サイズと細胞数および細胞肥大の関係．日本植物学会東北支部第15回大会（弘前大学）2002.（*青森県りんご試験場県南果樹研究センター）
d-07. 若佐雄也・初山慶道*・石川隆二・赤田辰治**・千田峰生**・新関　稔・原田竹雄：リンゴのエクスパンシン遺伝子ファミリーの同定．日本分子生物学会第25回大会（パシフィコ横浜）2002.（*青森県グリーンバイオセンター，**弘前大遺伝子実験施設）
d-08. 佐藤　耕*・工藤　剛**・若佐雄也・新関　稔・原田竹雄：りんごにおける *Md-ACS1* 型と果実特性の関係．日本育種学会第103回大会（千葉大学）2003.（*青森県りんご試験場県南果樹研究センター，**青森県りんご試験場）
d-09. 若佐雄也・佐藤　耕*・石川隆二・赤田辰治**・千田峰生**・新関　稔・原田竹雄：‘ふじ’F1品種における果実軟化と成熟関連遺伝子発現の関係．日本育種学会第103回大会（千葉大学）2003.（*青森県りんご試験場県南果樹研究センター，**弘前大遺伝子実験施設）
d-10. HARADA, T., Y. WAKASA, Y. HATSUYAMA*, T. SATO** : Divergent expression of six expansion genes during apple fruit ontogeny. Plant Biology 2003（Honolulu）2003.（*青森県グリーンバイオセンター，**青森県リンゴ試験場県南果樹研究センター）
d-11. 石川隆二・土岐尚子・青木　崇・千田峰生*・赤田辰治*・原田竹雄・新関　稔:イネ第3染色体多型領域とアイソザイム遺伝子にみられる連鎖不平衡について.日本育種学会第104回大会(神戸大学).(*弘前大学遺伝子実験施設)
d-12. 今井克則・石川隆二・千葉琢磨・千田峰生*・赤田辰治*・原田竹雄・新関　稔：易変異系統，赤毛で活性を示すトランスポゾンの特徴について．日本育種学会第104回大会（神戸大学）.（*弘前大学遺伝子実験施設）
e-01. 原田竹雄：リンゴ果実の貯蔵性および収穫前落果性に関する分子遺伝学的研究．平成12年度～平成14年度科学研究費補助金基盤研究(C)(2)研究成果報告書.
f-01. 小原良孝：寒立馬～県天然記念物指定の経緯．三戸高等学校特別講演（三戸）.
f-02. 小原良孝：県天然記念物・寒立馬のはなし．放送大学特別セミナー（弘前）.
f-03. 石川隆二：有用植物の検出；遺跡を科学する26（三内丸山縄文発信の会，青森市）95：8，2003.
f-04. 石川隆二：有用植物の検出；遺跡を科学する27（三内丸山縄文発信の会，青森市）96：8，2003.

植物エネルギー工学講座

a-01. KIM, S.-H*., K. MIZUNO*, S. SAWADA and T. FUJIMURA* : Regulation of tuber formation and ADP-glucose pyrophosphorylase（AGPase）in sweet potato（*Ipomoea batatas*（L.）Lam.）by nitrate. *Plant Growth Reg.* 37 : 207-213, 2002.（*Institute of Agricultural and Forest Engineering, University of Tsukuba）
a-02. SAWADA, S., M. SATO, A. KASAI, D. YAOCHI, Y. KAMEYA, I. MATSUMOTO and M. KASAI : Analysis of the feed-forward effects of sink activity on the photosynthetic source-sink balance in single-rooted sweet potato leaves. I. Activation of RuBPcase through the development of sinks. *Plant Cell Physiol.*, 44 : 190-197, 2003.
a-03. SAWADA, S., R. ONO, T. SATO, S. SUZUKI, O. ARAKAWA and M. KASAI : Determination of sugar phosphates and nucleotides related to photosynthetic metabolism by high-performance anion-exchange liquid chromatography with

fluorometric and ultraviolet detection. *Anal. Biochem.*, 314 : 63-69, 2003.

a-04. KUMPOUN, W., Y. MOTOMURA and Y. HARADA : Inhibition of Aspergillus rot by sorbitol in apple fruit with water core symptoms. *Postharvest Biology and Technology* 29（2）: 121-127, 2003.

a-05. 長内敬明・元村佳恵・桜井直樹*：無袋リンゴ「ふじ」果実の臭化メチル処理が内部褐変の発生，果肉硬度，果肉の弾性に及ぼす影響．食品科学工学会誌，50（5）：254-248，2003.（*広島大学総合科学部）

a-06. 長内敬明・元村佳恵：リンゴ9品種の臭化メチルくん蒸処理が果実の呼吸，エチレン生成，及び果実内褐変に及ぼす影響．弘前大学農学生命科学部学術報告，5 ：33-38，2003.

a-07. FUKUSHIMA, M*., A. SAWADA*, M. KAWASAKI*, H. ICHIKAWA*, K. MORIMOTO*, K. TATSUMI* and M. AOYAMA : Influence of humic substances on the removal of pentachlorophenol by a biomimetic catalytic system with a water-soluble iron（III）-porphyrin complex. *Environ. Sci. Technol.*, 37 : 1031-1036, 2003.（*National Institute of Advanced Industrial Science and Technology）

d-01. 井掘信行・岩船美都・松本　泉・蘇武　毅・葛西身延・澤田信一：Sink-limit 状態に置かれたサツマイモ葉からのRuBPcase 活性阻害物質の精製．第43回日本植物生理学会，2003.

d-02. 葛西身延・桑田亜紀子・澤田信一：ライムギ根マイクロソーム膜のフルクトース輸送機構．第43回日本植物生理学会，2003.

d-03. 高橋　要・元村佳恵：リンゴカルスの細胞壁多糖類によるアスコルビン酸の酸化抑制効果．園芸学会雑誌，第71別2 ：456，2002.

d-04. 早見　功・元村佳恵：リョクトウ芽生えの胚軸細胞壁多糖類による還元型アスコルビン酸の酸化抑制．園芸学会雑誌，第71別2 ：457，2002.

d-05. 早見　功・元村佳恵：リョクトウ芽生えの胚軸ペクチン性細胞壁多糖類の糖結合様式に対するエチレン発生剤の影響．園芸学会雑誌，第72別1 ：392，2003.

d-06. 早見　功・元村佳恵・西澤　隆*：リョクトウ芽生えの胚軸由来β-ガラクトシダーゼの精製と酵素活性に対するエチレン発生剤の影響．園芸学会雑誌，第72別2 ：505，2003.（*山形大学農学部）

d-07. 青山正和・松崎美由紀[1)] ：高速サイズ排除クロマトグラフィーによるコンポストの腐熟度評価．第13回廃棄物学会研究発表会講演論文集Ⅰ，371-373頁，2002.

d-08. 青山正和・長尾誠也*・E. A. GHABBOUR**・G. DAVIES**：腐植酸の逆相 HPLC．日本腐植物質学会第18回講演会講演要旨集，25-26 頁，2002.（*北海道大学大学院地球環境科学研究科，**Chemistry Department, Northeastern University）

d-09. 青山正和・周　宝庫*・斎藤雅人**・山口紀彦**：畑地への石灰系汚泥コンポストの施用が土壌微生物バイオマスに及ぼす影響．日本土壌肥料学会講演要旨集，49：34，2003.（*黒龍江省土壌肥料研究所，**青森県農林業研究センター）

d-10. 坂本　清*・青山正和：リンゴ剪定枝堆肥の腐熟過程における物理分画画分の性状の変化．日本土壌肥料学会講演要旨集，49：138，2003.（*青森県農林業研究センターりんご試験場）

d-11. 青山正和：農耕地生態系における土壌有機物の動態と機能（日本土壌肥料学会シンポジウム「陸域生態環境での土壌有機物成分の役割とその機能」），日本土壌肥料学会講演要旨集，49：217，2003.

d-12. 田沢純子・斎藤　寛：‘弘前ふじ’の生育特性　―果実の肥大特性―．日本土壌肥料学会東北支部大会　平成15年度秋田大会講演要旨集，No 27，2003.

e-01. 元村佳恵：レーザー・ドップラー法を用いた果実の熟度・品質測定システムの作成，平成12～平成14年度科学研究費補助金（基盤研究(B)(1)）研究成果報告書，65-129，2003.

e-02. 金谷　浩*・今井照規*・青山正和：微生物の発酵エネルギーを活用したハウス栽培の高度化，積雪寒冷地における自然エネルギー利用技術の開発研究平成14年度研究成果報告書，86-98頁，財団法人21あおもり産業総合支援センター，2003.（*青森県農林業研究センター）

f-01. MOTOMURA, Y. : Antioxidative ability of cell wall components in fruit against ascorbic acid oxidation. Abst. Seminar in Institute of Agroindustry of La Frontera University, 2002.

f-02. 元村佳恵：21世紀の消費拡大に向けた生産性の向上 ―身体に及ぼす果実や野菜の機能性―．第5回認定農業者講習会資料（山形県東置賜郡高畠町），2003.

f-03. 青山正和：土に有機は必要か?，平成14年度弘前大学公開講座「学ぼう・考えよう明日の農業のために」テキスト，30-33頁，弘前大学農学生命科学部付属生物共生教育研究センター金木農場，2002.

1）松崎美由紀　現在は（独）肥飼料検査所

応 用 生 命 工 学 科

生体機能工学講座

食品科学研究室

a-01. 佐藤　征*・三浦富智*・中岡理恵*・大高昌子*・浅野厚歩*・佐々木甚一*・大友良光**・齋藤雅明***・本郷俊治****・戸羽隆宏：*Vibrio vulnificus* の抗生剤感受性に与える鉄の影響．医学検査，52：950-953，2003.（*本学医学部保健学科，**青森県環境保健センター，***弘前市医師会成人病検診センター，****倉敷中央病院）

a-02. ITO, A., SATO, Y., KUDO, S., SATO, S.*, NAKAJIMA, H.** and TOBA, T.: The Screening of hydrogen peroxide-producing lactic acid bacteria and their application to inactivating psychrotrophic food-borne pathogens. *Current Microbiology*, 47 : 231-236, 2003.（*本学医学部保健学科，**雪印乳業(株)技術研究所）

a-03. 長田恭一：コレステロール酸化物の栄養生理機能に関する研究．日本栄養食糧学会誌，56：109-115，2003.

a-04. 長田恭一・鶴ヶ崎和華子・川上祐生・中村信吾：加齢に伴う脂質代謝変動と抗酸化体制の低下に対する大豆イソフラボン摂取による改善効果の追究．大豆たん白質研究，23：122-128，2002.

a-05. 長田恭一・菅野道廣：酸化ステロールの動脈硬化発症機序の研究．上原記念生命科学財団研究報告集，16：107-109，2002.

a-06. 長田恭一・神田智正：りんごポリフェノール，その高分子縮合成分の吸収と脂質代謝調節機能の解明．アサヒビール学術振興財団研究紀要，16：1-7，2003.

a-07. 中村信吾・平田貴子・増田誠二・長田恭一・戸羽隆宏：雪室を使用した食品素材の貯蔵に関する基礎調査．弘前大学農学生命科学部学術報告，5：39-44，2003.

b-01. 戸羽隆宏：乳酸菌ならびにビフィズス菌の産生する抗菌物質．細野明義編　発酵乳の科学，乳酸菌の機能と保健効果，244-276頁，アイ・ケイコーポレーション，2002.

b-02. 戸羽隆宏：細野明義・沖谷明紘・吉川正明・八田一編　畜産食品の事典，382-389頁，400-405頁，426-430頁，朝倉書店，2002.

c-01. 長田恭一：りんご未熟果実由来プロシアニジン類の脂質代謝調節機能と抗酸化機能．New Food Industry, 45 : 1-6. 2003.

c-02. 長田恭一：基礎栄養：コレステロール酸化物の栄養生理機能(1)食品中のコレステロール酸化．臨床栄養，103：13，2003.

c-03. 長田恭一：基礎栄養：コレステロール酸化物の栄養生理機能(2)加工食品中のコレステロール酸化物レベル．臨床栄養，103：133，2003.

c-04. 長田恭一：基礎栄養：コレステロール酸化物の栄養生理機能(3)コレステロール酸化物の吸収．臨床栄養，103：253，2003.

c-05. 長田恭一：基礎栄養：コレステロール酸化物の栄養生理機能(4)コレステロール酸化物の発がん作用．臨床栄養，103：253，2003.

d-01. 清水　英・長田恭一・寺原正樹*・矢島昌子*・戸羽隆宏：乳酸桿菌およびビフィズス菌によるミセル中コレステロール減少作用．2003年度（平成15年）日本畜産学会第101回大会講演要旨，p. 164，2003.（*明治乳業(株)栄養科学研究所）

d-02. 向井孝夫*・大堀　均*・戸羽隆宏：乳酸菌における細胞付着の分子機構．平成15年度日本酪農科学会シンポジウム要旨，p. 7-8，2003.（*北里大学獣医畜産学部）

d-03. 清水　英・長田恭一・五十嵐康雄・寺原正樹*・矢島昌子*・戸羽隆宏：乳酸桿菌およびビフィズス菌によるミセル中コレステロール減少作用機構．平成15年度日本酪農科学会シンポジウム要旨, p. 18, 2003.（*明治乳業（株）栄養科学研究所）

d-04. 五十嵐康雄・谷藤　薫：牛乳カゼイン中のプラスミノーゲンアクチベーター（PlgA）活性．平成15年度日本酪農科学会シンポジウム要旨，p. 19，2003.

d-05. 柴田千博・青木健太郎・船山誠・長田恭一・中村信吾・神田智正*：脂質代謝と抗酸化機能を調節するりんごポリフェノールの摂取至適濃度の検討．第36回日本栄養食糧学会東北支部　講演要旨集　p. 28，2002.（*アサヒビール(株)未来研究所）

d-06. 川上祐生・清澤朋子・長田恭一・中村信吾・菅野道廣*：生体に有害な外因性酸化コレステロールに対する大豆イソフラボン類の調節作用．第36回日本栄養食糧学会東北支部，講演要旨集　p. 31，2002.（*熊本県立大学環境共生学部）

d-07. 中村信吾・長田恭一・五十嵐愛美・藤田直也・阿部　清*・西川　賢**・森　良明**：形態の異なる雪室を使用した食品素材低温貯蔵に関する基礎研究．第 14 回日本食品科学工学会東北支部大会，講演要旨集　p. 37，2002.（*山形県中山間地研究研修センター，**JA 美唄）

d-08. 中村信吾・五十嵐愛美・藤田直也・長田恭一・阿部　清*・西川　賢**・森　良明**：地上設置型雪室を使用した食品素材低温貯蔵の有効性．第 136 回日本農芸化学会東北支部大会，講演要旨集　p. 28，2002.（*山形県中山間地研究研修センター，**JA 美唄）

d-09. 渋谷　丞・川上祐生・柴田千博・鶴ヶ崎和華子・長田恭一・中村信吾：乳ホエーたん白質の脂質代謝調節および抗酸化機能．第 136 回日本農芸化学会東北支部大会，講演要旨集　p. 36，2002.

d-10. 川上祐生・清澤朋子・長田恭一・中村信吾：性別ならびに年齢の異なるラットの生体内抗酸化機能に与える大豆イソフラボン類の摂取効果．第 136 回日本農芸化学会東北支部大会，講演要旨集　p. 37，2002.

d-11. 柴田千博・青木健太郎・船山誠・長田恭一・中村信吾・神田智正*：CCl4 投与による酸化ストレス負荷に対するりんごポリフェノールの摂取効果．第 136 回日本農芸化学会東北支部大会，講演要旨集　p. 38，2002.（*アサヒビール(株)未来研究所）

d-12. 中村信吾：資源としてのりんごの見直し（招待講演）．第 14 回日本 MRS 学術シンポジウム，講演要旨集，2002.

d-13. 野呂安記子・中村信吾・岡部敏弘*：ウッドセラミックスを用いた遠赤外線加熱による食品への応用．第 14 回日本 MRS 学術シンポジウム，講演要旨集，2002.（*青森県工業試験所）

d-14. 柴田千博・船山　誠・青木健太郎・長田恭一・中村信吾・神田智正*：酸化ストレスを負荷した場合のりんごポリフェノールの抗酸化作用．日本農芸化学会 2003 年度大会，講演要旨集　p. 229，2003.（*アサヒビール(株)未来研究所）

d-15. 川上祐生・清澤朋子・長田恭一・中村信吾：性別による大豆イソフラボンの脂質代謝と抗酸化システム調節作用の違い．日本農芸化学会 2003 年度大会　講演要旨集，p. 229，2003.

d-16. 古場一哲*・長田恭一・松岡麻男**：枇杷種子の抗変異原性および抗酸化性．日本農芸化学会 2003 年度大会，講演要旨集　p. 76，2003.（*長崎シーボルト大学，**活水女子大学）

d-17. 西内正志・柴田千博・川上祐生・長田恭一：バラ花弁由来ポリフェノール化合物の抗酸化および脂質代謝調節作用．第 57 回日本栄養食糧学会大会，講演要旨集　p. 179，2003.

d-18. 長田恭一・川上祐生・清澤朋子：大豆イソフラボンーアグリコン摂取による 脂質代謝調節および機能の追究：性別による調節作用の違い．2003 年度大豆たん白質研究会講演要旨集，2003.

e-01. 長田恭一：大豆イソフラボン類の有効生理機能の追究：ゲニステインおよびゲニスチンによる脂質代謝調節作用の比較．平成 13 年度飯島記念食品科学振興財団年報，p. 116-122，2003.

e-02. 中村信吾・長田恭一・阿部　清*：雪冷房による食品素材およびその加工品の品質保持法に関する基礎研究．平成 14 年度科学技術総合研究地域先導研究報告書，p. 99-109，2003.（*山形県中山間地研究研修センター）

e-03. 中村信吾・戸羽隆宏・長田恭一・石戸谷明弘・阿部　清*・森　良明**・西川　賢**：雪冷房による食品素材およびその加工品の品質保持法に関する基礎研究．平成 12 － 14 年度科学技術総合研究地域先導研究報告書，p. 117-125，2003.（*山形県中山間地研究研修センター，**JA 美唄）

e-04. 中村信吾・長田恭一：りんごポリフェノールの化成品素材化に関する基礎研究．平成 12－14 年度科学研究補助金（地域連携推進研究）研究成果報告書（研究代表者中村信吾），p. 1-222，2003.

f-01. 中村信吾・長田恭一：冷気還流型雪室における食品貯蔵と栄養成分等の経時変化．地域先導研究科学技術セミナー「利雪型食品冷蔵システムの開発とその将来展望－雪は未来のエネルギー」講演要旨集，p. 6-10，2003.

応用微生物学研究室

a-01. TONOUCHI, A., NISHIZAKI, Y., TOHYAMA, H., TAKEDA, K. Cloning of a gene encoding acetate kinase from *Methanosarcina mazei* 2-P isolated from a Japanese paddy field soil. Curr. Microbiol. 45 : 390-393,（2002）.

d-01. 松岡琢磨・殿内暁夫・武田　潔：水田土壌から分離したプロピオン酸生産菌の同定．日本農芸化学会東北支部，日本農芸化学会北海道支部，日本生物工学会北日本支部合同大会，p. 15，2002.

d-02. 須田育江・殿内暁夫・武田　潔：リンゴ搾り粕のメタン発酵：ペクチン分解菌の菌学的特徴．日本微生物生態学会年次大会講演要旨集，p. 81，2002.

d-03. 倉田英典・水上里美・武田　潔・殿内暁夫：水田土壌に生息する糸状性酢酸利用メタン生成菌の存在様式．日本微生物生態学会年次大会講演要旨集，p. 105，2002.

d-04. 高橋　弘・殿内暁夫・武田　潔：水田土壌中のメタン生成菌 *Methanosarcina* の細胞形態について．日本微生物生態学会年次大会講演要旨集，p. 106，2002.

d-05. 殿内暁夫：水田土壌から分離したホモ酢酸生成菌．日本微生物生態学会年次大会講演要旨集，p. 121，2002.

生体情報工学講座

生化・有機化学研究室

a-01. HASHIMOTO, M., MATSUMOTO, M.*, & TERASHIMA, S.*,: Synthetic studies of carzinophilin. Part 1: Synthesis of 2-methylidene-1-azabicyclo［3. 1. 0］hexane systems related to carzinophilin. *Tetrahedron* 59 : 3019-3040, 2003.（*相模中央化学研究所）

a-02. HASHIMOTO, M., MATSUMOTO, M.*, & TERASHIMA, S.*,: Synthetic studies of carzinophilin. Part 2: Synthesis of 3,4-dibenzyloxy-2-methylidene-1- azabicyclo［3. 1. 0］hexane systems corresponding to the C1-17 fragment of carzinophilin. *Tetrahedron* 59 : 3041-3062, 2003.（*相模中央化学研究所）

a-03. HASHIMOTO, M., SUGIURA, M.* & TERASHIMA, S.*,: Synthetic studies of carzinophilin. Part 3: Synthetic approach toward carzinophilin and successful synthesis of 13-O-desacetyl-12, 13-di-O-benzyl-4-O-methylcarzinophilin. *Tetrahedron* 59 : 3063-3087, 2003.（*相模中央化学研究所）

a-04. HASHIMOTO, M., MATSUMOTO, M.*, YAMADA, K.*, & TERASHIMA, S.*,: Synthetic studies of carzinophilin. Part 4 : Chemical and biological properties of carzinophilin analogues. *Tetrahedron* 59 : 3089-3097, 2003.（*相模中央化学研究所）

a-05. MATSUDA, H., OHARA, K., MORII, Y., HASHIMOTO, M., MIYAIRI, K., & OKUNO, T., ・-Selective Glycosylation with 5-thioglucopyranosyl Donnors ; Synthesis of an Isomaltotetraoside mimic Composed of 5-thioglucopyranose Units. *Boiorg. Med. Chem. Lett.* 13 : 1063-1066, 2003.

a-06. MATSUDA, H., FUJITA, J., MORII, Y., HASHIMOTO, M., OKUNO, T. & HASHIMOTO, K.*, Pummerer rearrangement of 1-deoxy-5-thioglucopyranose oxides ; novel synthesis of 5-thioglucopyranose derivatives. *Tetrahedron. Lett* 44 : 4089-4093, 2003.（*慶応大学理工）

d-01. 松田寛子・大原啓一郎・藤田純次・橋本　勝・宮入一夫・奥野智旦：環内に硫黄原子を有するオリゴサッカリドの合成研究．第44回天然有機化合物討論会，2002.

d-02. 橋本　勝：エポキシドおよびアジリジンを応用した天然物の合成研究．日本農芸化学会東北支部　日本農芸化学会北海道支部　日本生物工学会北日本支部　合同支部会，2002.（日本農芸化学会東北支部奨励賞記念講演）

d-03. 青木宏太・橋本　勝・Janet R. Sparrow*・中西香爾*・奥野智旦：網膜色素上皮細胞中の異常代謝物質に対する化学的研究．日本農芸化学会東北支部　日本農芸化学会北海道支部　日本生物工学会北日本支部　合同支部会，2002.（*コロンビア大学）

d-04. 森井康晴・松田寛子・大原啓一郎・橋本　勝・宮入一夫・奥野智旦：環内に硫黄原子を有するチオマルトトリオース誘導体の合成．日本農芸化学会東北支部　日本農芸化学会北海道支部　日本生物工学会北日本支部　合同支部会，2002.

d-05. 松田寛子・森井康晴・橋本　勝・奥野智旦：オリゴチオ糖の合成における保護基の検討．日本農芸化学会東北支部　日本農芸化学会北海道支部　日本生物工学会北日本支部　合同支部会，2002.

d-06. 坂　雅典・宮入一夫・清水哲哉・奥野智旦：*Stereum purpureum* 由来エンドポリガラクツロナーゼIVの一次構造およびⅠとの比較．日本農芸化学会東北支部　日本農芸化学会北海道支部　日本生物工学会北日本支部　合同支部会，2002.

d-07. 大原啓一郎・小出美智緒・橋本　勝・宮入一夫・奥野智旦：含硫黄オリゴガラクツロン酸誘導体の合成研究．日本農芸化学会大会，2003.

d-08. 村上貴宣・橋本　勝・奥野智旦・石田幸子：プラナリアの脳再生関連物質の探索研究．日本農芸化学会大会，2003.

d-09. 青木宏太・橋本　勝・Janet R. Sparrow*・中西香爾*・奥野智旦：網膜色素上皮細胞中の異常代謝物質に対する化学的研究．日本農芸化学会大会，2003（*コロンビア大学）

d-10. 藤田純次・森井康晴・松田寛子・橋本　勝・宮入一夫・奥野智旦：チオ糖合成を目指した thiopyrane S-oxide の Pummerer 転位．日本農芸化学会大会，2003.

d-11. 奥野智旦・小坂秀俊・宮入一夫・大坊民夫*・伊藤聖子**・加藤陽治**・市田淳治***：リンゴおよびリンゴ類多糖の抗炎症・抗ガン活性について．日本農芸化学会大会，2003.（*ラグノオ，**弘大教育，***青森県産業技術センター）

d-12. 高橋亮輔・宮入一夫・奥野智旦：タンデムマス解析から推定されるペクチンエステラーゼの2つの作用様式．日本農芸化学会大会，2003.

d-13. 宮入一夫・小笠原愛・殿内暁夫・保坂耕三・工藤真紀子・奥野智旦：*Streptmyces thermocarboxydus* の作用様式を異にする3種類のペクチン酸リアーゼ．日本農芸化学会大会，2003.

d-14. 真壁みどり・三浦亜紀子・宮入一夫・奥野智旦・加藤直幹*・津川秀仁*・鈴木正彦*：デルフィニウム花弁からのアントシアニン合成関連酵素の精製．日本農芸化学会大会，2003.（*青森グリーンバイオ）

d-15. 木皿正人・野原康文・浅野純平・宮入一夫・奥野智旦：リンゴ自家不和合性に関与する花粉側因子の検索．日本農芸化学会大会，2003.

d-16. 高橋亮輔・宮入一夫・奥野智旦：タンデム質量分析によるペクチンエステラーゼの作用様式の解析．応用糖質科学会，2003.

d-17. 宮入一夫・清水哲哉*・中津　亨*・奥野智旦・加藤博章*：*Stereum purpureum* 由来エンドポリガラクツロナーゼⅠの超高分解能X線結晶構造解析に基づく反応機構．糖質関連酵素化学シンポジウム，2003.（*京都大・院薬，理研・播磨研）

f-01. SHIMIZU, T.*, NAKATSU, T.*, MIYAIRI, K., OKUNO, T., and KATO, H.*,: Active-site architecture of endopolygalacturonase I from the pathgenic fungus, *Stereum purpureum*, revealed by crystal structures in native and ligand-bound forms at atomic resolution. *J. Appl. Glycosci.* 50 : 286-287, 2003. （*理研・播磨研）

遺伝子工学研究室

a-01. TAKADA, K., HANAWA, K., LEE, S., HIMENO, H. & MUTO, A. The structure and function of tmRNA. *Nucleic Acids Res. Suppl.* 2 : 65-66, 2002.

a-02. TAKAHASHI, T., KONNO, T., MUTO, A. & HIMENO, H. Various effects of paromomycin on tmRNA-directed *trans-translation*. *J. Biol. Chem.* 278 : 27672-27680, 2003.

a-03. KONNO, T., TAKAHASHI, T., MUTO, A. & HIMENO, H. Various effects of paromomycin on tmRNA-mediated *trans-translation*. *Nucleic Acids Res.* Suppl. 3 : 235-236, 2003.

a-04. TAKADA, K., Hori-TAKEMOTO, C., KAWAZOE, M., LEE, S., SHIROUZU, M., YOKOYAMA, S., MUTO, A. & HIMENO, H. *In vitro* analysis of the initial steps of *trans-translation*. *Nucleic Acids Res.* Suppl. 3 : 287-288, 2003.

a-05. USHIDA, C., YOSHIDA, A., MIYAKAWA, Y., ARA, Y. & MUTO, A. Distribution of the MCS4 RNA genes in mycoplasmas belonging to the *Mycoplasma mycoides* cluster. *Gene* 314 : 149-155, 2003.

b-01. 渡辺公綱・鈴木　勉・姫野俵太:「翻訳」, 改訂第2版分子生物学イラストレイテッド（田村隆明, 山本雅編）, 56-64, 羊土社，2002.

b-02. 渡辺公綱・姫野俵太：生命化学Ⅱ　－遺伝子の働きとその応用－，丸善，2003.

b-03. 武藤　田・姫野俵太：「tmRNA によるトランス翻訳機構と生理的機能」，RNA の細胞生物学（蛋白質核酸酵素増刊，48(4)）（中村義一，坂本　博編），346-356，共立出版，2003.

b-04. 姫野俵太:「RNA プロセッシング」「RNA 輸送」「ω配列」「サテライト RNA」「自己触媒」「二本鎖 RNA」「二本鎖 RNA 依存性プロテインキナーゼ」「リボ核蛋白質」，医学書院医学大辞典（伊藤正男・井村裕夫・高久史麿編），医学書院，2003.

b-05. 武藤　田：医学書院医学大辞典（伊藤正男・井村裕夫・高久史麿編）．医学書院，2003.

b-06. 姫野俵太：「タンパク質合成」タンパク質がわかる（竹縄忠臣編），26-35，羊土社，2003.

c-01. 姫野俵太・武藤　田：「枯草菌 *Bacillus subtilis* の tmRNA によるトランス・トランスレーション」ゲノムニュース，24-25，2002.

c-02. 牛田千里：「小さな RNA の大きな世界」RNA Network Newsletter, 1, No. 2, pp. 26-29, 2003.

d-01. 藤井倫子・行木信一・白倉裕美・姫野俵太・武藤　田・河合剛太：大腸菌 tmRNA における *trans-translation* に必要なシュードノット PK1 の立体構造．第75回日本生化学会，2002.

d-02. 高田一馬・塙　京子・李　成佳・姫野俵太・武藤　田：tmRNA の機能と構造．第29回　核酸化学シンポジウム，2002.

d-03. 榊　和貴・藤原　愛・牛田千里・姫野俵太・武藤　田・佐藤　勉：枯草菌胞子形成における tmRNA の機能解析，第25回　日本分子生物学会，2002.

d-04. 牛田千里・和地　恵・小川智勝・荒井理沙・窪　昭佳・武藤　田：Functional RNomics of C. elegans － Establishment of the system and isolation of novel non-coding RNA candidates, 第25回　日本分子生物学会，2002.

d-05. 牛田千里：Functional RNomics システムの構築と線虫新規非翻訳型 RNA 種の同定，第1回　新しい RNA/RNP を見つける会，2002.

d-06. 高田一馬・今野貴之・塙（末次）京子・李　成佳・姫野俵太・武藤　田：tmRNA によるトランストランスレーション，日本農芸化学会2003年度（平成15年度）大会，2003.

d-07. 牛田千里：線虫新規低分子RNA種の同定とFunctional RNomicsシステムの確立，第2回　新しいRNA/RNPを見つける会，2003.

d-08. KONNO, T., TAKAHASHI, T., MUTO, A., & HIMENO, H. Various effects of paromomycin on tmRNA-mediated *trans-translation*. The 3rd International Symposium on Nucleic Acid Chemistry, 2003.

d-09. TAKADA, K., HORI-TAKEMOTO, C., KAWAZOE, M., LEE, S., SHIROUZU, M., YOKOYAMA, S., MUTO, A., & HIMENO, H. *In vitro* analysis of the initial steps of *trans-translation*. The 3rd International Symposium on Nucleic Acid Chemistry, 2003.

細 胞 工 学 講 座

微生物化学研究室

a-01. 熊谷　一・吉田　孝・大町鉄雄・浅田芳宏：*Bacillus subtilis* TAM-4のPoly-g-glutamic acid生産に及ぼす栄養条件とその物性．弘前大学農学生命科学部学術報告，5：45-55，2003.

a-02. TATARA Y, LEE BR, YOSHIDA T, TAKAHASHI K, ICHISHIMA E. : Identification of catalytic residues of Ca2＋-independent 1, 2-alpha-D-mannosidase from Aspergillus saitoi by site-directed mutagenesis. J. Biol. Chem., 278 : 25289-25294, 2003.

d-01. 大町鉄雄・浅田芳宏：細胞性粘菌（*Dictyostelium discoideum*）におけるアセトアセチル-CoAチオラーゼの発現について．第75回　日本生化学会大会（2002年）

d-02. 多田羅洋太・李 ビュン ロー・吉田　孝・高橋幸資・一島英治：Caを持たないAspergillus saitoi 1,2-α-D-マンノシダーゼの触媒中心の決定．第2回糸状菌分子生物学コンファレンス（要旨集 p. 26），2002.

d-03. 矢原明典・赤尾　健・吉内くみ・吉田　孝・坂本和俊・山田　修・秋田　修：麹菌（Aspergillus oryzae）の固体培養特異的遺伝子マンノシダーゼ遺伝子（manIB）の解析．第2回糸状菌分子生物学コンファレンス（要旨集 p. 31），2002.

d-04. 吉田　孝・一島英治，P.Lynne Howell, Annette Herscovics：Penicillium 1, 2-α-マンノシダーゼの結晶構造とN型糖鎖プロセシング．第2回糸状菌分子生物学コンファレンス（要旨集 p. 32），2002.

d-05. 吉田　孝・赤尾　健・斎藤春美・矢原明典・加藤陽治・秋田　修：麹菌の高グリコシル化されたα-1, 2-マンノシダーゼの諸性質．日本農芸化学会大会（要旨集 p. 253），2003.

d-06. 吉田　孝：糖鎖を削る酵素・糸状菌のα-マンノシダーゼ．糸状菌遺伝子研究会第4回例会（要旨集 p. 4-6），2003.

f-01. 吉田　孝：糖鎖プロセシング酵素（α-マンノシダーゼ）の構造と機能に関する研究．第1回弘前大学プロテオグリカン研究会（要旨集 p. 42），2003.

f-02. 吉田　孝：ホタテ貝中腸腺の糖質分解酵素について．第5回青森糖質研究会（産学官民連携フォーラム in 八戸「農水産物の糖質と機能～地域資源と新産業の創出」），2003.

細胞工学研究室

a-01. ENDO S, TOMITA H, ISHIGURO S, TAMAI M.: Effect of betaxolol on aspartate aminotransferase activity in hypoxic rat retina in vitro. Jpn. J Pharmacol. 90 : 121-124, 2002.

a-02. KANO T, ABE T, TOMITA H, SAKATA T, ISHIGURO S, TAMAI M.: Protective effect against ischemia and light damage of iris pigment epithelial cells transfected with the BDNF gene. Invest Ophthalmol Vis Sci. 43(12) : 3744-3753, 2002.

a-03. AIKAWA H, TOMITA H, ISHIGURO S, NISHIKAWA S, SUGANO E, TAMAI M.: Increased expression of glutamate binding protein mRNA in rat retina after ischemia-reperfusion injury. Tohoku J Exp Med. 199(1) : 25-33, 2003.

d-01. 日高八束・浅井信晴・石黒誠一：BDNF投与により網膜から放出される因子の解析．平成15年度　日本動物学会東北支部大会（石巻）

d-02. 畠山幸紀：マウスの週齢とアゾキシメタンによる発癌性．第62回日本癌学会総会（名古屋）

d-03. 畠山幸紀・黒尾正樹・小倉広実：ギガビットネットワークを利用した教育用ビデオ作品のオンデマンド配信．平成15年度　弘前大学総合情報処理センター研究開発発表会（弘前大）

f-01. 畠山幸紀：教育用ブロードバンドコンテンツの公開．“hiroin VOD”
http://www.stu.hirosaki-u.ac.jp/~seimei/hiroinVOD/（2002年12月公開，学内のみ）

f-02. 畠山幸紀：教育用Webサイトの公開．「農学生命科学部　生物標本展」
http://nature.cc.hirosaki-u.ac.jp/lab/2/celltech/specimen/（2003年2月公開）

生 物 生 産 科 学 科

園 芸 学 講 座

a-01. 荒川　修・石川勝規・小原　繁・小野田和夫・福田博之：ギ酸カルシウム剤によるリンゴの摘花．園芸学研究 1（4）：259-262, 2002.

a-02. SAWADA, S., R. ONO, T. SATO, S. SUZUKI, O. ARAKAWA and M. KASAI : Determination of sugar phosphates and nucleotides related to photosynthetic metabolism by high-performance anion-exchange liquid chromatography with fluorometric and ultraviolet detection Analytical Biochemistly. 314 : 63-69, 2003.

a-03. 嵯峨紘一・佐藤智子：スイートバジル（Ocimum basilicum L.）の生育に伴う葉におけるアスコルビン酸，フェノール成分，クロロフィル，およびカロチノイド含量の変化について．弘前大学農学生命科学部学術報告．5：56-59, 2003.

a-04. 嵯峨紘一・佐藤　玄：トウガラシ果実のフェノール，フラボノイド，およびカプサイシノイド含量の品種間差異．園学雑．72(4)：335-341, 2003.

a-05. TOMITA M. : Propagation of *Goodyera schlechtendaliana* Rechb f. from callus derived from leaf segment. Propagation of Ornamental Plants, Vol. 2(2) : 39-41, 2002.

a-06. TOMITA M. and C. ADACHI : New Mycorrhizal fungi for germinating *Goodyera schlechtendaliana*. The International Plant Propagators' Society Combined Proceedings, Vol. 51 : 332-335, 2002.

a-07. Iliev IV.* and M. TOMITA : Micropropagation of *Betula pendula* Roth. ' fastigiata ' by adventitious shoot regeneration from leaf callus. Propagation of Ornamental Plants, 3(1) : 20-26, 2003. (*: Forestry University, Bulgaria)

a-08. 加藤弘道・伊藤篤史・蛯沢桂介：ラフランスのCA貯蔵に関する研究．農業機械学会東北支部報　49 : 39-42, 2002.

a-09. 張　樹槐：図像処理技術在蘿卜幼苗識別上的応用，科学技朮前沿（任　福継，馮　建力編中国科学技朮出版社），16-27，2002.

c-01. 冨田正徳：ラン *in vitro* 共生実生の生育に対する炭素源の好適性のラン-菌組合せによる変動原因．名古屋国際蘭会議2003　NIOC賞受賞記念講演要旨：3, 2003.

c-02. 冨田正徳・石川夏来・長島時子**：ハクサンチドリ（*Dactylorhiza aristata*）の種子形成過程と無菌種子発芽について．園学雑　72別1：274, 2003.（**: 恵泉女学園園芸短期大学）

d-01. 荒川　修・王紅　清：光照射がリンゴ果実果皮におけるアントシアニンおよびフラボノイド生成に及ぼす影響．園学雑　72別1：53, 2003.

d-02. 成　鉦厚・荒川　修・葛西身延・澤田信一：リンゴ樹における光合成ソース・シンク制御機構に関する基礎研究．園学要旨平15東北支部：23-24, 2003.

d-03. 張　樹槐・福地　博・加藤弘道：非破壊的計測方法によるラ・フランスの硬度測定．第62回農業機械学会年次大会講演要旨，439-440, 2003.

d-04. 張　樹槐・油座宗之・福地　博・加藤弘道：トマト果実硬度の非破壊的計測に関する研究．平成15年度農業機械学会東北支部研究発表会講演要旨，35-36, 2003.

d-05. 須藤洋史・張　樹槐・荒川　修：果実形状選別への3次元計測技術の応用．平成15年度農業機械学会東北支部研究発表会講演要旨，49-50, 2003.

e-01. 浅田武典：リンゴ新品種 ' 幸寿 '（仮称）の品種登録願書作成．農林水産省品種登録願書（リンゴ），2002.

農 業 生 産 学 講 座

作物学教室

a-01. SAIGUSA, M.* and N. MATSUYAMA : Origin of 2 : 1 minerals in Japanese Andisols and its roles in agricultue. 17th World Congress of Soil Scienc, 1257-1 ～ 1257-9, 2002.（*Tohoku University）

d-01. 工藤啓一・山本幸男・松山信彦：水稲の不耕起移植栽培の生育と収量について．第4報　施肥量を変えた場合の収量構成要素の変化．日本作物学会東北支部会，2003.

d-02. 松山信彦・Randy A. Dahlgren*：シエラネバダ山脈東部の松林における窒素循環．日本土壌肥料学会，2003.（*University of California, Davis）

d-03. 佐々木長市・Pongpattanasiri Sukthai・松山信彦・高松英明*・伊藤　修*：屏風山砂丘畑の暗渠機能低下と対策．

農業土木学会，2003.（*東北農政局北奥羽土地改良調査事務所）

f-01. 松山信彦：施肥による耕地土壌の強酸性化の実態と分類上の問題点．シンポジウム“我が国の酸性土壌のペドロジーとエダフォロジーペドロジー”，日本ペドロジー学会　招待講演，2003.

植物遺伝生態学研究室

a-01. SUGIYAMA S., YAMADA, T.[1)] : Variation in nuclear DNA content in natural populations of orchardgrass（*Dactylis glomerata* L.）in the eastern part of Hokkaido, Japan. Grassland Science 49 : 129-133, 2003.

a-02. SUGIYAMA S. : Geographic distribution and phenotypic differentiation in population of *Dactylis glomerata* L. in Japan. Plant Ecology 169 : 2003.

d-01. 杉山修一：RGRと水分ストレス耐性のトレードオフ．第50回日本生態学会大会，2003.

d-02. 杉山修一・松坂　須・前田　心・赤嶺健二：青森県尻屋牧野における構成草種多様性．Ⅰ．植生構造．日本草地学会第58回講演会，2003.

d-03. 杉山修一・松坂　須・前田　心・赤嶺健二：青森県尻屋牧野における構成草種多様性．Ⅱ．土壌特性と種多様性．日本草地学会第58回講演会，2003.

e-01. 科学技術振興調整費　地域先導研究「積雪寒冷地における自然エネルギー利用技術の開発研究」研究成果報告書，（オーガナイザー　力石国男）p. 151-162, 2003.

1）北海道農業研究センター

畜産学研究室

a-01. SUZUKI, H. Y. SAITO, N. KAGAWA[1)] and X. YANG* : *In vitro* fertilization and polyspermy in the pig: Factors affecting fertilization and cytoskeletal organization of the oocytes. Microscopy Research and Technique, 61 : 327-334, 2003.（*University of Connecticut, CT, USA）.

a-02. SUZUKI, H., N. KAGAWA[1)] and K. TOYOKAWA : Cytoskeletal organization of porcine oocytes activated by various stimuli. J. Mamm. Ova Res., 19 : 96-103, 2002.

a-03. 鈴木裕之・斉藤陽介・丹内貴明[2)]・千葉和義*・高嶋陽子*・豊川好司：品種が異なる種雄豚から得られた新鮮ならびに凍結精子の卵侵入能の変動．日本胚移植研究会誌，24 : 100-107, 2002.（*青森県畜産試験場）.

d-01. 坂本宏紗・豊川好司・徐　春城*・蔡　義民*・村井　勝*：長いも加工屑のサイレージ調製と発酵品質．第102回日本畜産学会大会講演要旨，2003.（*独法人　畜産草地研究所）.

1）香川則子　現在は京都大学大学院　　2）丹内貴明　現在は岩手町役場勤務

生物環境調節学研究室

d-01. 卜蔵建治・林　信二*：2003年東風雪による災害．日本雪氷学会東北支部　平成15年度大会講演要旨，2003.（*: 吉田産業気象海洋事業部）

f-01. 卜蔵建治・平野　貢**：冷害研究の原点．生物と気象 2（4）: 113-120, 2003.

f-02. 卜蔵建治・平野　貢**：「ヤマセ」と宮沢賢治とその周辺．天気50（2）: 35-41, 2003.（**: 元岩手大学農学部）

生物機械学研究室

d-01. 張　樹槐・福地　博・加藤弘道：非破壊的計測方法によるラ・フランスの硬度測定．第62回農業機械学会年次大会講演要旨：439-440，2003.

d-02. 張　樹槐・油座宗之・福地　博・加藤弘道：トマト果実硬度の非破壊的計測に関する研究．農業機械学会東北支部講演要旨：35-36，2003.

環境生物学講座

植物病理学研究室

a-01. TANAKA, K. and HARADA, Y. : Pleosporales in Japan（1）: the genus *Lophiostoma*. Mycoscience 44 : 85-96, 2003.

a-02. TANAKA, K. and HARADA, Y. : Pleosporales in Japan（2）: the genus *Lophiostema*. Mycoscience 44 : 115-121, 2003.

a-03. TANAKA, K. and HARADA, Y. : Pleosporales in Japan（3）: the genus *Massarina*. Mycoscience 44 : 173-185, 2003.

a-04. TANAKA, K. and HARADA, Y. : *Hadrospora fallax*（Pleosporales）found in Japan. Mycoscience 44 : 245-248, 2003.

a-05. 荒井茂充[1)]・中沢憲夫[2)]・藤田孝二[2)]・原田幸雄：*Mycosphaerella pomi* によるセイヨウナシ黒点病（新称）．日植病報 69 : 198-204, 2003.

a-06. OOKI, Y., FUJITA, T. and HARADA, Y. : *Pezicula cinnamomea* from cherry tree : pathogenicity tests and photomorphogenesis in culture. Mycoscience 44 : 319-326, 2003.

a-07. 勝部和則[3)]・川村武寛[3)]・渡辺愛美[3)]・佐野輝男：岩手県におけるキク矮化病の発生とウイロイドフリー親株の選抜利用による対策．岩手農研セ研報 3 : 1-12, 2003.

b-01. SANO, T. : Hop stunt viroid in cucumber, in Viroids,（Eds. Hadidi, A. et al.）CSIRO Publishing（Australia）, Part IV: 16, pp.134-136, 2003. ISBN 0 643 06789 2

b-02. SANO, T. : Hop stunt viroid in plum and peach, in Viroids,（Eds. Hadidi, A. et al.）CSIRO Publishing（Australia）, Part IV: 24, pp. 165-167, 2003. ISBN 0 643 06789 2

b-03. SANO, T. : Hop stunt viroid, in Viroids,（Eds. Hadidi, A. et al.）CSIRO Publishing（Australia）, Part IV: 29, pp. 207-212, 2003. ISBN 0 643 06789 2

b-04. SANO, T. : Viroids in Japan, in Viroids,（Eds. Hadidi, A. et al.）CSIRO Publishing（Australia）, Part V: 44, pp. 286-289, 2003. ISBN 0 643 06789 2

b-05. SANO, T., Hammond, R.W.[4)] , Owens, R.A.[4)] : Biotechnological approaches for controlling viroid diseases, in Viroids,（Eds. Hadidi, A. et al.）CSIRO Publishing（Australia）, Part VIII: 55, pp.343-349, 2003. ISBN 0 643 06789 2

d-01. 半田智一・原田幸雄・：シンネマ上に *Pestalotia* 型分生子を有する不完全糸状菌に起因するハクサンシャクナゲの先枯病（新称）．日植病報 69：27，2003.

d-02. 市橋裕香子・佐野輝男・原田幸雄：ヤマツツジのモニリア病（新称）．日植病報 69：27，2003.

d-03. 荒井茂充[1)]・藤田 隆・原田幸雄：リンゴ黒点病菌（*Mycosphaerella pomi*）の *Cylindrosporium* 型分生子の伝染源としての可能性．日植病報 69：262-263，2003.

d-04. 畠山 聡・原田幸雄：ボタンより分離された *Seimatosporium* 属菌とその完全世代について．日本菌学会第47回大会（札幌）講演要旨集：30，2003.

d-05. 今津道夫[5)]・大西麻友紀[5)]・原田幸雄：*Blastospora betulae* によるヒノキアスナロ天狗巣病罹病部における菌糸の分布と進展．日本菌学会第47回大会（札幌）講演要旨集：71，2003.

d-06. 大木保善・原田幸雄：各種樹木から得られた *Cryptosporiopsis* 属菌（テレオモルフ：*Pezicula* 属菌）．日本菌学会第47回大会（札幌）講演要旨集：81，2003.

d-07. 田中和明・原田幸雄：北日本産淡水子のう菌類について．日本菌学会第47回大会（札幌）講演要旨集：81，2003.

d-08. 田 泰・山端直樹・荒木浩行・佐野輝男・門馬孝之[6)]・川崎秀人[6)]・石崎恵一郎[6)]：ホップとブドウ・リンゴから検出される Apscaviroid の塩基配列の比較．日植病報 69：35-36，2003.

d-09. 門馬孝之[7)]・佐野輝男：ホップ矮化病に関する研究：20年前に猛威を振るったホップ矮化病の再発．日植病報 69：315，2003.

d-10. 山端直樹・佐野輝男・岡田行夫[7)]・稲葉 彰[7)]・伊藤一敏[7)]：ホップ矮化ウイロイド（HSVd）感染ホップきゅう花のα酸含量と遺伝子発現の解析．日植病報 69：315，2003.

d-11. 冨高保弘[8)]・篠原寿生[8)]・与那覇哲義[9)]・佐野輝男・河野伸二[10)]・大島一里[8)]：本邦の南北端のカブモザイクウイルスは同一のリコンビネーションサイトを持つと思われる．日植病報 69：346，2003.

f-01. SANO, T. : Techniques for detection and diagnosis of viroids from fruit trees. 2nd Korea-Japan Joint Symposium on Plant Virology, Kangwon National University（Chunchon）Korea, 2003, 8.8.（Invited speaker）

1）青森農林総研・りんご試・県南果樹研セ
2）青森農林総研・りんご試
3）岩手農研セ
6）キリンビール(株)・岩手ホップ管理セ
7）サッポロビール(株)・植工研
8）佐賀大・農

4）USDA-ARS, USA
5）信州大・農
9）琉球大・農
10）沖縄農試

環境昆虫学・進化生態学研究室

a-01. AIKAWA, Y., ANDO, Y. and SHIROTA, Y. : Molecular phylogenetic relationships in four *Oxya* species（Orthoptera : Catantopidae）, Bull. Fac. Agric. & Life Sci. Hirosaki Univ. No. 5 : 60-67, 2003.

a-02. HIGAKI, M., and ANDO, Y. : Effects of crowding and photoperiod on wing morph and egg production in *Eobiana engelhardti subtropica*（Orthoptera: Tettigoniidae）. Appl. Entomol. Zool. 38 : 321-325, 2003.

a-03. HOSOYA, T[1)], ARAYA, K[2)], SHIROTA, Y. : Molecular phylogeny of Japanese and Taiwanese stag beetles of the genus *Dorcus* and allied genera（*Coleoptera, Lucanidae*）based on random amplified polymorphic DNA. G. it. Ent. 10 : 133-140, 2002.

a-04. HOSOYA, T[1)], ARAYA, K[2)], SHIROTA, Y. : Molecular Phylogeny of Japanese Stag Beetles of the genus *Dorcus*（Coleoptera, Lucanidae）and its Allied Genera Inferred from Mitochondiral COI Gene Sequences. *Elytora, Tokyo*, 31（1）: 127-142, June 30, 2003.

a-05. 細谷忠嗣[1)]・荒谷邦雄[2)]・城田安幸：ミトコンドリアCOI遺伝子に基づく日本産クワガタ属（*Dorcus*）の分子系統. 昆虫と自然　38（3）, 2003.

b-01. 安藤喜一：II章「多様な動物相」1節「昆虫類」跳ぶ虫・鳴く虫. 青森県史, p. 172-177. 青森県史編さん自然部会, 青森県, 2003.

c-01. 城田安幸：弘前りんごの生ジュースの免疫力活性効果. pp. 28. 平成15年4月（2003）.

d-01. 安藤喜一：コバネイナゴ越冬卵の胚ステージの違いと休眠消去時期. 第47回日本応用動物昆虫学会大会, 2003.

d-02. 田中健一・安藤喜一：ハラヒシバッタの越冬ステージの違いとその後の発育. 第47回日本応用動物昆虫学会大会, 2003.

d-03. 城所久良子・安藤喜一：卵休眠制御機構に種共通性はみられるか?　第47回日本応用動物昆虫学会大会, 2003.

d-04. 城所久良子・安藤喜一：無酸素による休眠発育の促進. 第73回日本蚕糸学会大会, 2003.

d-05. 安藤喜一：コバネガイナゴの飛翔多型. 日本昆虫学会東北支部第50回大会, 2003.

d-06. SHIROTA, Y. , IMAI[3] K., OHTA[3] K., KOMATSU[3] K., KIMURA A., KOMIYA R., IDOGAWA M., HASEGAWA S.: Crows（*Corvus machrorhynchus*）may cause a bush fire. 第1回韓国・日本応用動物昆虫学会合同シンポジューム　釜山大会, 2003.

d-07. KIMURA A. , SHIROTA, Y., IMAI[3] K., OHTA[3] K., KOMATSU[3] K., KOMIYA R., IDOGAWA M., HASEGAWA S.: The class-II lasers can disperse crows（*Corvus corone*）. 第1回韓国・日本応用動物昆虫学会合同シンポジューム　釜山大会, 2003.

d-08. 城田安幸, 斎藤　博[4)], 阿部錬平：りんご（*Malus domestica*）の抗腫瘍効果（2）りんご果実生ジュースはヒトのNK活性を高める. 日本癌学会第62回総会, 2003.

f-01.「忍たま生きもの図鑑 - ミミックオクトパスの段」（構成, 監修）. eP放送, 2003年1月放映

f-02.「忍たま生きもの図鑑 - パーソンカメレオンの段」（構成, 監修）. eP放送, 2003年2月放映

f-03.「忍たま生きもの図鑑 - フクロウの段」（構成, 監修）. eP放送, 2003年3月3日放映

f-04.「特命リサーチ200X-File No. 0356 謎の火災事件を調査せよ!」（構成, 監修, 出演）. 日本テレビ　約12分, 2003年3月16日放送

f-05.「忍たま生きもの図鑑 - ライオンの段」（構成, 監修）. eP放送, 2003年3月24日放映

f-06.「忍たま生きもの図鑑 - マンボウの段」（構成, 監修）. eP放送, 2003年4月7日放映

f-07.「忍たま生きもの図鑑 - ニューカレドニアカラスの段」（構成, 監修）. eP放送, 2003年4月14日放映

f-08.「忍たま生きもの図鑑 - エリマキキツネザルの段」（構成, 監修）. eP放送, 2003年4月21日放映

f-09.「忍たま生きもの図鑑 - カモノハシの段」（構成, 監修）. eP放送, 2003年4月28日放映

f-10.「忍たま生きもの図鑑 - リーフィーシードラゴンの段」（構成, 監修）. eP放送, 2003年5月5日放映

f-11.「忍たま生きもの図鑑 - コノハチョウの段」（構成, 監修）. eP放送, 2003年5月12日放映

f-12.「忍たま生きもの図鑑 - ウミイグアナの段」（構成, 監修）. eP放送, 2003年5月19日放映

f-13.「忍たま生きもの図鑑 - ヨシゴイの段」（構成, 監修）. eP放送, 2003年5月26日放映

f-14.「忍たま生きもの図鑑 - コウモリダコの段」（構成, 監修）. eP放送, 2003年6月2日放映

f-15.「忍たま生きもの図鑑 - ヒスイインコの段」（構成，監修）．eP 放送，2003 年 6 月 9 日放映
f-16.「忍たま生きもの図鑑 - プテラポゴンの段」（構成，監修）．eP 放送，2003 年 6 月 16 日放映
f-17.「忍たま生きもの図鑑 - カブトムシの段」（構成，監修）．eP 放送，2003 年 6 月 23 日放映
f-18.「忍たま生きもの図鑑 - ビルマサイチョウの段」（構成，監修）．eP 放送，2003 年 6 月 30 日放映
f-19.「忍たま生きもの図鑑 - ホッキョクグマの段」（構成，監修）．eP 放送，2003 年 7 月 7 日放映
f-20.「忍たま生きもの図鑑 - オオミミギツネの段」（構成，監修）．eP 放送，2003 年 7 月 14 日放映
f-21.「忍たま生きもの図鑑 - ハナイカの段」（構成，監修）．eP 放送，2003 年 7 月 21 日放映
f-22.「忍たま生きもの図鑑 - オオコウモリの段」（構成，監修）．eP 放送，2003 年 7 月 28 日放映
f-23.「忍たま生きもの図鑑 - メガネカイマンの段」（構成，監修）．eP 放送，2003 年 8 月 4 日放映
f-24.「忍たま生きもの図鑑 - アカカンガルーの段」（構成，監修）．eP 放送，2003 年 8 月 11 日放映
f-25.「忍たま生きもの図鑑 - リクイグアナの段」（構成，監修）．eP 放送，2003 年 8 月 18 日放映
f-26.「忍たま生きもの図鑑 - アカショウビンの段」（構成，監修）．eP 放送，2003 年 8 月 25 日放映
f-27.「忍たま生きもの図鑑 - オオサンショウウオの段」（構成，監修）．eP 放送，2003 年 9 月 1 日放映
f-28.「忍たま生きもの図鑑 - エゾモモンガの段」（構成，監修）．eP 放送，2003 年 9 月 8 日放映
f-29.「忍たま生きもの図鑑 - ハヌマンラングールの段」（構成，監修）．eP 放送，2003 年 9 月 15 日放映
f-30.「忍たま生きもの図鑑 - オーストラリアアシカの段」（構成，監修）．eP 放送，2003 年 9 月 22 日放映
f-31.「忍たま生きもの図鑑 - テングザルの段」（構成，監修）．eP 放送，2003 年 9 月 29 日放映

1）京都大学大学院・理学研究科
2）九州大学大学院・比較社会文化研究院
3）シー・アイ・シー・鳥害研究室
4）弘前大学・生涯学習教育センター

動物生態学・野生生物管理学研究室

a-01. KUBOKAWA, K., M. MIZUTA, M. MORISAWA and N. AZUMA : Gonadal state of wild amphioxus populations and spawning success in captive conditions during breeding period in Japan. Zool. Sci. 20 : 889-895, 2003.
a-02. SASAKI, A., K. IKEJIMA, S. AOKI, N. AZUMA, N. KASHIMURA and M. WADA : Field evidence for bioluminescent signaling in the pony fish *Leiognathus elongatus*, Environmental Biology of Fishes 66 : 307-311, 2003.
a-03. SHINCHI, T., H. NISHIMURA, T. KITAZOE, M. TABUSE, N. AZUMA and I. AOKI : Fractal Evaluations of fish school movements in simulations and real observations, Artificial life and Robotics 6 : 31-36, 2003.
b-01. 佐原雄二・細見正明：「現代日本生物誌 10　メダカとヨシ」，（メダカの部分単独執筆）岩波書店，2003.
b-02. 佐原雄二：Ⅱ章「多様な動物相」3 節「魚類」概説．青森県史，p. 289．青森県史編さん自然部会，青森県，2003.
b-03. 佐原雄二：Ⅱ章 3 節「魚類」1 項「淡水魚」．青森県史，p. 289-295．青森県史編さん自然部会，青森県，2003.
b-04. 佐原雄二：Ⅲ章 3 節「川と湖の生き物たち」2 項「岩木川と十三湖」．青森県史，p. 548-557．青森県史編さん自然部会，青森県，2003.
b-05. 佐原雄二：Ⅳ章 1 節「先史と歴史時代の生物」2 項「近代以降，自然の変容」．青森県史，p. 612-614．青森県史編さん自然部会，青森県，2003.
b-06. 佐原雄二：Ⅳ章 2 節「くらしのなかの生物」1 項「人里の生物」．青森県史，p. 629-633．青森県史編さん自然部会，青森県，2003.
b-07. 佐原雄二：Ⅳ章コラム「津軽錦」．青森県史，p. 669．青森県史編さん自然部会，青森県，2003.
b-08. 佐原雄二：Ⅴ章 1 節「移入生物」1 項「淡水魚」．青森県史，p. 673-678．青森県史編さん自然部会，青森県，2003.
b-09. 佐原雄二：Ⅴ章 2 節「絶滅生物と絶滅危惧生物」2 項「動物」．青森県史，p. 702-704．青森県史編さん自然部会，青森県，2003.
b-10. 佐原雄二：Ⅴ章 3 節「生物の保全と自然保護」4 項「人里の生物の保全とビオトープ」．青森県史，p. 722-728．青森県史編さん自然部会，青森県，2003.
d-01. 太田昌志・五十嵐勇気・佐原雄二・東　信行：実験水田におけるメダカ（*Oryzias latipes*）の移動とすみ場選択．2002 年度日本魚類学会年会．
d-02. 足立友克・佐原雄二：カイツブリの繁殖と溜池の魚類相．日本鳥学会 2003 年度大会，2003.
d-03. 加藤義之・佐原雄二：採餌場におけるゴイサギの個体間相互作用．日本鳥学会 2003 年度大会，2003.
d-04. 佐原雄二・足立友克：繁殖期におけるカイツブリの採餌生態．日本鳥学会 2003 年度大会，2003.
d-05. 稲田あや・東　信行：津軽地方のリンゴ園に生息するフクロウ *Strix uralensis* の営巣場所と環境利用．日本鳥学

会2003年度大会.

d-06. 泉　　完・工藤　明・東　信行・佐藤　純：全面越流型階段式魚道における遡上実態と水理特性．平成15年度農業土木学会大会，2003.

e-01. 東　信行：岩木川左岸地区生態系調査報告書，東北農政局津軽農業水利事務所，211pp., 2003.

f-01. 佐原雄二・山内　潤：溜池におけるオオクチバス（*Micropterus salmoides*）当歳魚の成長．青森自然誌研究　8：43-47，2003.

f-02. 和田　実・東　信行：海洋発光生物　－研究の現状と展望．月刊海洋　35：593-595，2003.

地 域 環 境 科 学 科

地域環境工学講座

a-01. 泉　　完・高屋大介*・工藤　明・東　信行：赤石川赤石第2頭首工のアイスハーバー型魚道隔壁における魚類の遡上行動，水工学論文集，No. 47：75-84, 2003.（*青森県東地方農林水産事務所）

a-02. 佐々木長市:沖積土の浸透型が物質動態に及ぼす影響の実験的考察，農業土木学会論文集，No. 223：19-27，2003.

a-03. 佐々木長市・角野三好・加藤　幸・高松英明*：砂丘畑の暗渠機能低下原因と対策，農業土木学会誌，Vol, 71-9：13-16，2003.（*東北農政局北奥羽土地改良調査管理事務所）

b-01. 工藤　明（分担）：農業土木標準用語事典（改訂5版）．農業土木学会編，農業土木学会，東京，72-73，2003.

d-01. 工藤　明・泉　　完・管　化冰・山城　葵：循環灌漑地区の水管理と反復負荷－水田地帯の水管理と水質水文収支(6)－．第46回農業土木学会東北支部講演要旨，25-28，2002.

d-02. 工藤　明・泉　　完・山城　葵：ホタテ貝殻を接触ろ材として用いた水質改善実験．平成15年度農業土木学会講演要旨集，648-649，2003.

d-03. 菅原賢治・泉　　完・工藤　明・東　信行：バーチカルスロット型魚道における淡水魚の放流実験と流況（2）－魚道プール内の遊泳魚の動態とその水理特性－，平成14年度応用水理研究部会講演集，5-10，2002.

d-04. 泉　　完：魚道の遡上調査とその留意点，平成15年度農業土木学会講演要旨集，56-57，2003.

d-05. 泉　　完・工藤　明・東　信行・佐藤　純：全面越流型階段式魚道における魚類等の遡上実態と水理特性，平成15年度農業土木学会講演要旨集，358-359，2003.

d-06. 佐藤幸一*・佐瀬　隆**・佐々木長市・徳永光一***：後期更新世八戸種差火山灰土壌（テフラ土壌累積層）における気候変動と植物珪酸体の関係，日本土壌肥料学会講演要旨集，49．31，2003.（*北里大学，**岩手県立宮古高校，***岩手大学名誉教授）

d-07. 佐々木長市・Pongpattanasiri Sukthai：屏風山砂丘地の地下水の水質実態(2)，日本砂丘学会第50回全国大会講演要旨集，10-11，2003.

d-08. 佐々木長市・ポンパタナシリ　スクタイ・松山信彦・高松英明*・伊藤　修*：屏風山砂丘畑の暗渠排水機能の低下と対策，平成15年度農業土木学会講演要旨集，862-863，2003.（*東北農政局北奥羽土地改良調査管理事務所）

d-09. 佐藤幸一*・佐々木長市・徳永光一**・佐瀬　隆***：後期更新世八戸種差火山灰連続土層におけるX線造影法で求めた粗孔隙形態，平成15年度農業土木学会講演要旨集，272-273，2003.（*北里大学，**岩手大学名誉教授，***岩手県立宮古高校）

d-10. 万木正弘，大野俊夫*，渡部貴裕*：アスファルト混合物の温度応力解析における年弾性モデルについて．H15年度農業土木学会講演要旨集，610-611，2003，（*鹿島建設）

d-11. 角野三好・加藤　幸：遮水壁が地下水流動に及ぼす影響について，平成15年度農業土木学会大会講演要旨集，522-523，2003.

d-12. 加藤　幸・角野三好：携帯電話を用いた農業情報提供の可能性について－携帯端末を利用した農業情報の活用に関する研究－，平成14年度農業土木学会東北支部講演要旨集，111-114，2002.

d-13. 加藤　幸・万木正弘：携帯電話を活用した教育支援システムについて，平成15年度農業土木学会講演要旨集，928-929，2003.

e-01. 工藤　明：岩木川左岸（一期）農業水利事業水環境影響調査．全76頁，2003.

e-02. 泉　　完：河川工作物（魚道）における生態・水環境機能に関する研究．全76頁，平成12年度～平成14年度科学研究費補助金（基盤研究（C)(2)）研究成果報告書，平成15年3月.

f-01. 工藤　明：津軽平野における水環境．北奥文化研究会文化講演会要旨，1-14，2002.

f-02. 工藤　明：地域環境と農業農村整備．第1回木造新田環境フォーラム要旨，1-2，2003.

f-03. 工藤　明：開発と水環境―地域の環境と調和した土地改良事業―，青森県土地改良調査設計技術協会講習会，1-6，2003.

f-04. 泉　　完：私のビジョン，「魚道の遡上・水理調査から何を学ぶか?」，農業土木学会誌，Vol. 70-9：52-54，2003.

f-05. 佐々木長市：米国の事例を見て，日本学術会議農業土木学研究連絡委員会シンポジウム講師資料，1-2，2003.

f-06. 佐々木長市：屏風山地区の排水不良畑の暗渠機能低下の原因とその対策，平成14年度東北農政局管内農業農村整備事業推進方策検討業務報告書，農業土木学会，25-39，2003.

f-07. 佐々木長市（研究代表):X線立体造影法による土壌間隙研究の新展開（科研報告基盤研究（B)(1)），1-66，2003.

f-08. 佐々木長市：団粒土の開発に関する共同研究報告書（王子緑化株式会社），1-5，2003.

f-09. 佐々木長市，福田博之：ホタテ殻の有効利用に関する共同研究報告書（(株)長慶），1-12，2003.
f-10. 万木正弘：コンクリートの劣化．農業土木学会誌，Vol. 70，No. 12，68，2002.

地域環境計画学講座

a-01. GHIMIRE, S.K., HIGAKI, D. and SATO, G.: Measurement of surface, rill, gully and stream bank erosion in a Siwalik watershed of Nepal. 東北地域災害科学研究 39 : 171-176, 2003.
a-02. 八木浩司・桧垣大助・吉松弘行・相楽　渉・高木洋一・内山庄一郎：空中レーザー高精度地形図の地すべり・微地形判読への応用．地すべり　39(4)：35-41，2003.
a-03. 井良沢道也・牛山素行・松村和樹・川辺　洋・平松晋也・桧垣大助：2003年7月宮城県北部を震源とする地震による土砂災害．砂防学会誌　56(3)：44-54，2003.
b-01. 谷口　建：生活環境整備の考え方･生活環境施設の整備．改訂農村計画学, 農業土木学会, 109-116, 127-130, 2003.
b-02. GHIMIRE, S.K., HIGAKI, D. and BHATTARAI, T. P .: Flash floods in the Siwaliks : consequences and countermeasures-a case study in Nepal-. Proceedings of the 1st. Int. Conference on Hydrology and Water Resources in Asia Pacific Region. 833-838, 2003.
c-01. 谷口　建：ロードキル，農業土木学会誌，71(9)：42，2003.
c-02. 谷口　建：農道の交通量調査・計画交通量と線形計画，土地改良事業計画設計基準・計画「農道」の解説．農業土木学会，9-17，2003.
d-01. 相馬孝太郎・高橋照夫：携帯端末用のWeb病害虫防除支援システムに関する研究－診断と病名の検索に関する検討－．農業機械学会東北支部講演要旨，29-30，2003.
d-02. 田辺高士，高橋照夫：携帯端末利用による農業情報共有のためのWeb会議システムに関する研究－システム構成と会議形態について－．農業機械学会東北支部講演要旨，31-32，2003.
d-03. 加藤大介・谷口　建：沿道色彩の農道景観評価に及ぼす影響に関する研究．平成14年度農業土木学会東北支部研究発表会，91-94，2002.
d-04. 桧垣大助・梅村　順・山田知充・プンツォノルブ：1994年ブータンで発生した氷河湖決壊洪水による災害について．平成15年度砂防学会研究発表会概要集，206-207，2003.
d-05. 桧垣大助・日本地すべり学会平成14年度第三系分布域の地すべり危険箇所調査手法に関する検討委員会：AHP法を用いた地すべり発生危険度評価について．第42回日本地すべり学会研究発表会講演集，217-220，2003.
d-06. 金　俊之・千葉則行・桧垣大助：秋田県七座山稜にみられるケスタ地形と地すべり地形の関係．第42回日本地すべり学会研究発表会講演集　121-124，2003.
d-07. 高木洋一・吉松弘行・八木浩司・桧垣大助：空中レーザー地形図で表現された地すべり微地形による地すべり機構解明への試み．第42回日本地すべり学会研究発表講演集，337-338，2003.
e-01. 谷口　建：生態系に配慮した農道整備について．平成14年度東北農政局管内農業農村整備事業推進方策検討業務報告書，農業土木学会，149-165，2003.

地域資源経営学講座

a-01. 秋元健治・神田健策：むつ小川原開発計画と地域農業－集落構造の視点から－．弘前大学農学生命科学部学術報告　5：75-90，弘前大学農学生命科学部，2003. 1
a-02. 周　銘国・神田健策：中国における基層供銷合作社に依拠した専業合作社の展開と発展性－陝西省W市G鎮基層供銷合作社・専業合作社の事例を中心に－．協同組合研究．22(4)：28-40，日本協同組合学会，2003. 9
a-03. 泉谷眞実：食品廃棄物問題と「食品リサイクル法」の課題．弘前大学経済研究　25：31-40，2002.
a-04. 泉谷眞実：青森県における「農業排出物」の発生と利用．弘大農学生命科学部学術報告　5：68-74，2003.
a-05. 渋谷長生：農産物取引における産消提携の意義と課題「北海道農村生活研究」第13号：3-13，2003.
a-06. 渋谷長生：農産物等地場流通の推進方向．科学研究費研究，代表原田淳「産直産地の組織・生産・販売に関する総合研究」，46-72，2003.
b-01. 神田健策：医療を民衆の手に～津川武一と津軽保健生協．太田原高昭・中嶋信編著；協同組合運動のエトス～北の群像～．113-14，北海道協同通信社，2003. 6

b-02. 泉谷眞実：青森農業の地域性と変動．北方新社（弘前市），P110，2003.
b-03. 渋谷長生・矢野　泉*：食料の安全性と消費者．滝沢・甲斐・細川・早川編「食糧・農産物の流通と市場」，219-231，2003.（*広島大学生物生産学部）
c-01. 神田健策他；新編弘前市史　資料編5（近・現代編2）．1-1640，弘前市，2002.12
c-02. 渋谷長生：農産物直売所の指南書．あおもり農業未来塾・青森県農業会議，1-41，2003.
d-01. 成田拓未・神田健策．今日のりんご市場と農協共販の課題－青森県産を中心に－．日本農業市場学会，2003.7.
d-02. 泉谷眞実：農業未利用資源の活用による地域活性化の課題．北東北国立3大学公開講演会，2002.
d-03. 泉谷眞実：地方自治体による家庭系食品廃棄物リサイクルの課題．第105回北海道農業経済学会大会・個別報告，2003.
d-04. 泉谷眞実・杉村泰彦[1)]・森　綱久[2)]：リンゴジュース加工残さの発生とリサイクル経路．2003年度日本農業経済学会個別報告，2003.（[1)]北海道大学大学院，[2)]三重大学）
d-05. 泉谷眞実：農業における環境規制の特質と社会経済的性格．2003年度日本農業市場学会個別報告，2003.
d-06. 泉谷眞実・杉村泰彦[1)]：りんご農業における生産・流通コスト構成の変化と特質－青森県を対象として－．東北農業経済学会山形大会・個別報告，2003.（[1)]北海道大学大学院）
e-01. りんご振興研究会（黄孝春・神田健策・CARPENTER Vivtor・成田拓未）；国際化・自由化段階における青森県りんご産業の活性化に関する研究（りんご対策協議会助成研究），1-86，2003.6.
e-02. 神田健策他；報告書　平成14年度西北五地域振興に係る全体討論会．1-90，つがる西北五広域連合，2003.2.
e-03. 武田共治・菅野　正・横山　敏，戦前期の山形県庄内地方における農本主義運動に関する実証的研究，平成10年度～13年度科研費成果報告書，31-42，2003.10，第2章　荘内松柏会初代幹事長・長南七右エ門の思想について――随筆集『作間道』より，
f-01. 神田健策；みんなで歩む農協づくりの実践　青森県・野辺地町農協の例．住民と自治，28-31，自治体研究社，2003.2.
f-02. 神田健策；農業つぶし・農協解体に対峙する姿勢の堅持が不可欠．労農のなかま，27-31，全農協労連，2003.7.
f-03. 神田健策；21世紀の農学　岩手連大の挑戦　農協に関心高い中国．岩手日報，2003.8.2.
f-04. 泉谷眞実：コメント・2002年度東北農業経済学会青森大会シンポジウム「地産地消の現段階意義と課題」．東北農業経済研究　21(2)：47-48，2003.
f-05. 泉谷眞実：農業と労働市場の関係はどうなっていくのか．日本の農業　226：145-147，2003.
f-06. 泉谷眞実：国産農業未利用資源か，輸入農業未利用資源か－中国産稲わら輸入の迷走－．岩手大学大学院連合農学研究科　Newsletter　25：12-13，2003.
f-07. 渋谷長生：県産農産物等地場流通モデル推進方策調査報告書．1-61，青森県農業経営研究協会，1-80，2002.
f-08. 渋谷長生：「地産地消の現段階的意義と課題」解題　東北農業経済学会　東北農業経済研究，21巻第2号：2-4，2003.
f-09. 渋谷長生：「地産地消の現段階的意義と課題」座長総括　東北農業経済学会　東北農業経済研究，21巻第2号：63-66，2003

生物共生教育研究センター

a-01. 村山成治・須藤宏樹：低投入型稲作に関する研究　第3報　不耕起疎植栽培における株当たり栽植本数と収量，日本作物学会東北支部会報　45：47-49，2002.

a-02. 村山成治・小田桐正英：低投入型稲作に関する研究　第4報　諸低利用資源を施用したときの水田雑草の発生と水稲の収量，日本作物学会東北支部会報　45：51-53，2002.

a-03. 杉浦俊彦[1]・伊藤大雄・黒田治之[1]・本條　均[2]：ニホンナシ混合芽の自発休眠覚醒を抑制する温度条件について．農業気象　59(1)：43-49，2003.（[1]農業技術研究機構果樹研究所，[2]宇都宮大学農学部）

b-01. 牧田　肇：白神山地の自然資源の利用．佐藤宏之編小国マタギ―共生の民俗知（仮題），農文協（印刷中）

c-01. 牧田　肇：白神の森を育んだもの．朝日ビジュアルシリーズ・週間日本遺産，No. 35，「白神山地」，9-13頁.

c-02. 牧田　肇：白神山地の動植物．同上，4-15頁.

c-03. 牧田　肇：白神山地とマタギの文化．同上，16-19頁.

c-04. 塩崎雄之輔：夏期の新梢管理．農業技術大系　果樹編リンゴ．53-54の7，農文協，東京，2003.

d-01. 松田修一[1]・曽雌裕康[2]・成田知将・牧田　肇：白神山地ブナ林の伐採方式と伐採後の森林回復．東北地理学会春期学術大会発表．（[1]弘前大農生院，[2]栃木県土地改良連合会）

d-02. 守谷友紀[1]・高井良裕[1]・加藤秀一[2]・山近龍浩[2]・塩崎雄之輔・伊藤大雄・真野隆司[3]・中西テツ[1]・高崎剛志[4]：交配に基づくセイヨウナシの不和合・和合の判定．園学雑　72別1，210，2003.（[1]神戸大院自然科学研究科，[2]長野県果樹試，[3]兵庫農技セ，[4]神戸大農）

d-03. 守谷友紀[1]・高井良裕[1]・岡田和馬[1]・加藤秀一[2]・峯村万貴[2]・山近龍浩[2]・伊藤大雄・塩崎雄之輔・中西テツ[1]・高崎剛志[3]：S-RNaseに基づくセイヨウナシ（Pyrus communis L.）品種のS遺伝子型の推定II S1～S12-RNaseを持つ品種．育種学研究　5別2，366，2003.（[1]神戸大院自然科学研究科，[2]長野県果樹試，[3]神戸大農）

d-04. 塩崎雄之輔・三澤智夏：リンゴ半密植栽培主幹形樹の開心形改造に関する研究．園芸学会東北支部15年度大会発表要旨，9-10，2003.

d-05. 村山成治・斉藤　司・須藤宏樹：低投入型稲作に関する研究，第5報　リンゴジュース搾り粕による水稲の雑草防除，第46回日本作物学会東北支部講演会，2003.

d-06. 伊藤大雄・杉浦俊彦[1]・黒田治之[1]：微気象観測によるニホンナシ園の二酸化炭素フラックス．農業環境工学関連5学会2003年合同大会講演要旨，238，2003.（[1]農業技術研究機構果樹研究所）

d-07. 伊藤大雄・杉浦俊彦[1]・黒田治之[1]：ニホンナシ園における実蒸発散量の測定とその気象的推定法の検討（続報）．2003年度日本農業気象学会東北支部大会（弘前大学），2003年.（[1]農業技術研究機構果樹研究所）

e-01. 塩崎雄之輔：王林の収量調査－35会員剪定樹17年目の結果－．剪定　95，58-63，2003.

e-02. 塩崎雄之輔：矮化（密植）園の収量調査報告．剪定　96，51-57，2003.

f-01. 牧田　肇：徳久球雄ほか編「日本山名事典（仮称）」 三省堂．157項目.（印刷中）

f-02. 牧田　肇：白神山地と人　伝統と未来．第1回白神研究会シンポジウム.（講演）

f-03. 牧田　肇：白神山地自然生態系の構成．国連大学グローバルセミナー・第2回東北セッション.（講演）

f-04. 塩崎雄之輔：樹勢，葉面積と果実の収量，品質．弘前大学農学生命科学部附属生物共生教育研究センター藤崎農場公開講座「リンゴを科学する」平成14年度テキスト，41-48，2002.

f-05. 塩崎雄之輔：樹の生長と共に変わる“葉の稼ぎ”－結果枝の構成比の変化を追って－．剪定　95：34-40，2003.

f-06. 塩崎雄之輔：剪定講座 17．矮化（密植）樹の夏季剪定　－品種によって異なる夏季剪定に対する反応－．剪定　97：31-37，2003.

f-07. 村山成治：親子体験学習（第3号），大学等地域解放特別事業報告，全41頁，2002.

f-08. 村山成治：明日の教育を考える「地域に根ざした自然・環境教育を考える」，弘前大学生涯学習教育研究センター講演会，2003.

f-09. 伊藤大雄：地球温暖化と青森県の農業．弘前大学農学生命科学部附属生物共生教育研究センター藤崎農場公開講座「リンゴを科学する」平成14年度テキスト，9-16，2002.

f-10. 伊藤大雄：地球温暖化と日本の農業及びリンゴ栽培．剪定　97：9-12，2003.

農学生命科学部学術報告編集委員会
委員長：工藤　明（地域環境科学科）
澤田　信一（生物機能科学科）
畠山　幸紀（応用生命工学科）
浅田　武典（生物生産科学科）

2003年12月20日　印刷
2003年12月26日　発行
編集兼発行者　弘前大学農学生命科学部
〒036-8561　弘前市文京町3
印刷所　やまと印刷株式会社
〒036-8061　弘前市神田4丁目4ノ5

Published by
Faculty of Agriculture and Life Science, Hirosaki University
3 Bunkyo-cho, Hirosaki-shi, Aomori-ken 036-8561, Japan
26 December 2003

Printed by
Yamato Printing Co.
4-4-5 Kanda, Hirosaki-shi, Aomori-ken 036-8061, Japan
20 December 2003

BULLETIN OF
THE FACULTY OF AGRICULTURE AND LIFE SCIENCE, HIROSAKI UNIVERSITY

Number 6 December, 2003

CONTENTS

NIIZEKI M. and Z. LU : Somaclonal Variation as a Tool for Plant Breeding and Genetics 1

SAWADA, S., T. IGUCHI, K. KASAI and M. KASAI : Utilization of water and loading of environmental pollutants to river in the Iwaki river basin 18 (39)*

MATSUOKA N. and T. KITANO : Genetic Differentiation of the family Osmeridae based on allozyme 40 (48)

TAKEDA K., A. TONOUCHI, T. FUJITA, S. MIZUKAMI, B. ZOU, Y. MIURA, H. TAKAHASHI and T. ABIKO : Microscopic observation of microorganisms involved in methane production and oxidation in paddy field soil 49

KATO H. and H. FUKUCHI : Studies on the CA-Storage of Grape — The Effect of Oxygen and Carbon Dioxide to Stuben and Kyoho — 59 (67)

KATO H. and H. FUKUCHI : Trial Manufacture of Simple Handling System for Oxygen Pull-down 68 (74)

ARAKAWA O., K. LUO and T. ASADA : Effect of interstock on the growth of ' Fuji '/ Marubakaido apple tree 75 (81)

TAKEDA I., K. KANDA and M. HAYASAKA : " The Tale of the Nanbu Riots ": Rumor, Folk Entertainment and World of the People 82 (98)

*English Summary

Lists of Published Research Works of the Faculty of Agriculture and Life Science, Hirosaki University, 2002(October) — 2003(September) 103