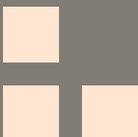


第57号
2021年3月

名城大学農学部
学術報告



Scientific Reports of the Faculty of Agriculture
Meijo University

No.57,2021

目 次

原 著

収穫したトマト果実における，エタノール及びアセトアルデヒド処理が，アルコール脱水素酵素及び ピルビン酸脱炭酸酵素の遺伝子発現に及ぼす影響 東健一郎・鈴木康生	1
--	---

非加算性を取り入れた朝倉-大沢理論による基板近傍における粒子のコンタクト密度の考察 天野健一・古川暁之・石井里奈・橋本康汰・西直哉・作花哲夫	9
---	---

資 料

種子の発芽と高温阻害，寄生植物種子の発芽に関する植物ホルモン研究 藤 茂雄	17
--	----

名城大学農学部 業績紹介（2019～2020）	i
-------------------------------	---

名城大学農学部学術報告第56号（2019）査読者一覧	x
----------------------------------	---

名城大学農学部学術投稿規程	xi
---------------------	----

名城大学農学部学術報告執筆要項	xiii
-----------------------	------

名城大学農学部学術報告投稿原稿の送り状	xv
---------------------------	----

CONTENTS

Original Articles

- Effects of ethanol and acetaldehyde treatment on the expression of genes encoding alcohol dehydrogenase and pyruvate decarboxylase in harvested tomato fruit
Kenichiro Higashi, Yasuo Suzuki 1
- Consideration of contact densities of particles near a substrate by Asakura-Oosawa theory incorporating non-additivity
Ken-ichi Amano, Satoshi Furukawa, Rina Ishii, Kota Hashimoto, Naoya Nishi, Tetsuo Sakka 9

- ### Note
- Plant hormone studies on thermo – inhibition and germination of parasitic plant seeds
Shigeo Toh 17

- List of Contributions (2019~2020) i
- List of Editors in No.56,2019 x
- Submission of the Manuscripts xi
- Preparation of the Manuscripts xiii
- Invoice Form of the Manuscripts xv

Original

Effects of ethanol and acetaldehyde treatment on the expression of genes encoding alcohol dehydrogenase and pyruvate decarboxylase in harvested tomato fruit

Kenichiro Higashi^a and Yasuo Suzuki^b

Abstract Postharvest ethanol treatment suppresses the ripening of some climacteric fruits, including tomatoes. In order to better understand the metabolism of ethanol in exogenously treated tomato fruit, the effects of ethanol and acetaldehyde treatment on the expression of genes encoding alcohol dehydrogenase (ADH) and pyruvate decarboxylase (PDC) were investigated with real-time PCR. In the whole fruit harvested at the mature green stage, the transcript level of *LeADH2* increased during ripening. The transcript level of *LePDC1* was high at the breaker and turning stages and almost constant at other stages, and that of *LePDC2* decreased during ripening. Ethanol treatment of the mature green fruit stimulated the transcript levels of *LeADH2*, *LePDC1*, and *LePDC2* compared to that of the control. Acetaldehyde treatment of disks of fruit harvested at the mature green stage also stimulated their transcript levels, and the stimulation was greater in ripening-inhibited fruit than ripening-promoted fruit. It is thought that increases in *LeADH2* by ethanol and acetaldehyde treatment are reasonable, but further studies on the function of *LePDC1* and *LePDC2* induction by ethanol and acetaldehyde are needed.

Key words: ethanol, gene expression, postharvest treatment, ripening, tomato fruit

収穫したトマト果実における、エタノール及びアセトアルデヒド処理が、アルコール脱水素酵素及びピルビン酸脱炭酸酵素の遺伝子発現に及ぼす影響
(東健一郎*・鈴木康生**)

要約 収穫後のエタノール処理は、トマトなどのクライマクテリック型果実の追熟を抑制する。エタノールを外生的に処理されたトマト果実における、エタノールの代謝に関する知見を得るために、アルコール脱水素酵素 (ADH) およびピルビン酸脱炭酸酵素 (PDC) の遺伝子の発現に及ぼすエタノールおよびアセトアルデヒド処理の影響をリアルタイム PCR により調べた。緑熟段階で収穫された果実において、*LeADH2* は追熟の進行に伴い増加した。*LePDC1* は、ブレイカーとターニングの段階で高く、他の段階ではほぼ一定であり、*LePDC2* は追熟中に減少した。緑熟果実へのエタノール処理は、コントロールと比較して、*LeADH2*、*LePDC1* および *LePDC2* を増加させた。緑熟果実のディスクへのアセトアルデヒド処理もそれらを増加させ、成熟促進果実よりも成熟阻害果実でより多かった。エタノールとアセトアルデヒド処理による *LeADH2* の増加は合理的であると考えられたが、エタノールとアセトアルデヒドによる *LePDC1* と *LePDC2* の誘導の機能についてはさらなる研究が必要であると考えられた。

キーワード: エタノール, 遺伝子発現, 収穫後処理, 追熟, トマト果実

*神戸大学大学院農学研究科

^aGraduate School of Agricultural Science, Kobe University, Rokkodai-cho 1-1, Nada-ku, Kobe 657-8501, Japan

**名城大学農学部

(〒468-8502 名古屋市天白区塩釜口 1-501 名城大学農学部園芸学研究室)

^bFaculty of Agriculture, Meijo University, Shiogamaguchi 1-501, Tempaku-ku, Nagoya 468-8502, Japan

E-mail: yasuosuzuki@meijo-u.ac.jp; Fax number: +81-52-838-2432

Received 9 October 2020

Accepted 9 November 2020

Introduction

Postharvest ethanol treatment suppresses the senescence of some vegetables, including broccoli (Suzuki et al., 2004; Han et al., 2006) and asparagus (Herppich et al., 2014), and the ripening of some climacteric fruits, including tomato (Saltveit and Sharaf, 1992), avocado, honeydew melon, and muskmelon (Ritenour et al., 1997). It is shown that the suppression mechanism of senescence and ripening by ethanol is primarily due to inhibition of not only ethylene production but also ethylene response by ethanol (Asoda et al., 2009).

It is not clear whether the causal agent responsible for ethanol-induced senescence and ripening suppression is ethanol or acetaldehyde, because ethanol, which is exogenously applied to fruits and vegetables, is metabolized to acetaldehyde by alcohol dehydrogenase (ADH) (EC 1.1.1.1). Beaulieu et al. (1997) have shown that, in a tomato fruit disk, ripening was inhibited only when acetaldehyde was formed from ethanol and that when ethanol conversion to acetaldehyde was inhibited by treatment with 4-methylpyrazole, an ADH inhibitor, the ripening process was not affected. Thus, they concluded that acetaldehyde, not ethanol, is the active compound inhibiting tomato fruit ripening. On the other hand, acetaldehyde treatment of a cut carnation to prolong its vase life is not effective, unlike ethanol treatment (Pun et al., 2001), and there are some genes induced by ethanol that might be related to ethanol effects (Vreugdenhil et al., 2006; Camargo et al., 2007).

In this study, in order to better understand the metabolism of ethanol in exogenously treated tomato fruit, using Micro-Tom, a model cultivar, the effects of ethanol and acetaldehyde treatment on the expression of genes encoding ADH and pyruvate decarboxylase (PDC) (EC 4.1.1.1) with relation to their metabolism were investigated.

Materials and Methods

1. Plant materials and growth conditions

Tomato (*Solanum lycopersicum* cv. 'Micro-Tom') seeds were sown in 10.5 cm diameter pots filled with Jiffy mix (Sakata Seed Corp., Japan). Plants were grown in a culture room under 16 h (100–140 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) at 23°C. They were watered every other day, and nutrients were provided weekly as 0.2% Hyponex solution (Hyponex Japan Corp. Ltd., Japan). The color score was determined on the basis of Kader and Cantwell (2007): IMG, immature green; MG, mature green; B, breaker; T, turning; P, pink; LR, light red; R, red.

2. Ethanol treatment

Mature green fruit were placed in a glass jar (830 ml) with a filter paper onto which ethanol was pipetted, immediately sealed, and incubated for 6 h at 20°C in the dark. The ethanol concentration in the atmosphere was 3.41 mmol/L. In the case of the control, the same volume of distilled water was treated. After treatment, the pericarp was frozen in liquid nitrogen and stored at -80°C.

3. Acetaldehyde treatment

Fruit disks were prepared as follows: fruit was harvested at the mature green stage and cut in half lengthwise, and the calyx was removed. Fruit disks were placed in a glass jar (830 ml) with a paper filter onto which acetaldehyde was pipetted, immediately sealed, and incubated for 72 h at 20°C in the dark. The disks were treated with various concentrations of acetaldehyde in the atmosphere. The control was treated with the same volume of distilled water. Every 24 h, the jars were ventilated and the fruit treated with acetaldehyde. After treatment, the pericarp was frozen in liquid nitrogen and stored at -80°C.

In order to know the ripening progress of each fruit, another portion of acetaldehyde-treated fruit disks was treated with distilled water and stored as a fruit-disk control. After treatment, the disks (disk control and acetaldehyde-treated disks) were placed

in a polystyrene pack (105 mm × 105 mm × 42 mm, OP-151, Shimojima Co., Ltd., Japan) with four holes (8 mm diameter) and stored at 20° C, >85% RH, in the dark. The cut surface of the disk was covered with plastic wrap and placed downward. The color score was determined as described above.

4. RNA preparation

Total RNA from pericarps frozen with liquid nitrogen and stored at -80° C was isolated using the hot borate method (Wan and Wilkins, 1994) with slight modifications and purified using an RNeasy Mini Kit (Qiagen, Germany). The genomic DNA was digested using RNase-free DNase I (Qiagen).

5. Real-time PCR

The relative abundance of the transcripts was analyzed via real-time polymerase chain reaction (PCR). Total RNA was reverse-transcribed with the PrimeScript RT reagent kit (Takara, Japan). Quantitative real-time reverse-transcription PCR was performed using SYBR Premix Ex Taq II (Takara) with the Thermal Cycler Dice Real Time System (Takara) according to the manufacturer's instructions. Actin was used as an internal control. Gene-specific primers for *LeADH2*, *LePDC1*, and *LePDC2* were designed using Primer3 (<http://www.genome.wi.mit.edu/cgi-bin/primer/primer3.cgi>), and their specificity was confirmed. The *LeActin*-specific primer was described in Besser et al. (2009). The primers are shown in Table 1.

Results

1. Changes in the expression of *LeADH2*, *LePDC1*, and *LePDC2* during ripening

In tomato plants, the ADH1 enzyme is found only in pollen, seeds, and seedlings (Tanksley, 1979), and the ADH 2 enzyme has been shown to accumulate in the fruit during ripening (Longhurst et al., 1990; Chen and Chase, 1993). Thus, in this study, we investigated the expression of *LeADH2* (accession no. AK326446.1). We investigated two isogenes encoding PDC found on the NCBI database (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/>): *LePDC1* (accession no. AK327017) and *LePDC2* (accession no. BP885130).

The transcript level of *LeADH2* at the immature green stage was almost the same as that at the mature green stage and then increased (Fig. 1A). The level was high beginning at the turning to red stage. The transcript level of *PDC1* was high at the breaker and turning stages and almost constant at other stages (Fig. 1B). The transcript level of *PDC2* decreased during the fruit ripening (Fig. 1C).

Table 1. The primers for real-time PCR.

Gene names	Accession No.		Sequence(5'→3')
<i>LeADH2</i>	AK326446	Forward	TCTGGGAAGCTAAGGGTCAA
		Reverse	CTCCTGGTGCAAGGCTGTGT
<i>LePDC1</i>	AK327017.1	Forward	ATCGGCTGCTGTAACGAACT
		Reverse	GTATGCCCCAGCAATAGCAT
<i>LePDC2</i>	BP885130.1	Forward	AACCCGACTGCTTACGAGAA
		Reverse	CGTGTACCAGACAACATCC
<i>LeActin</i>	BT012695	Forward	AAATTGTCAGGGACGTGAAAG
		Reverse	TCTCAACAGAAAGAGCTGGTCT

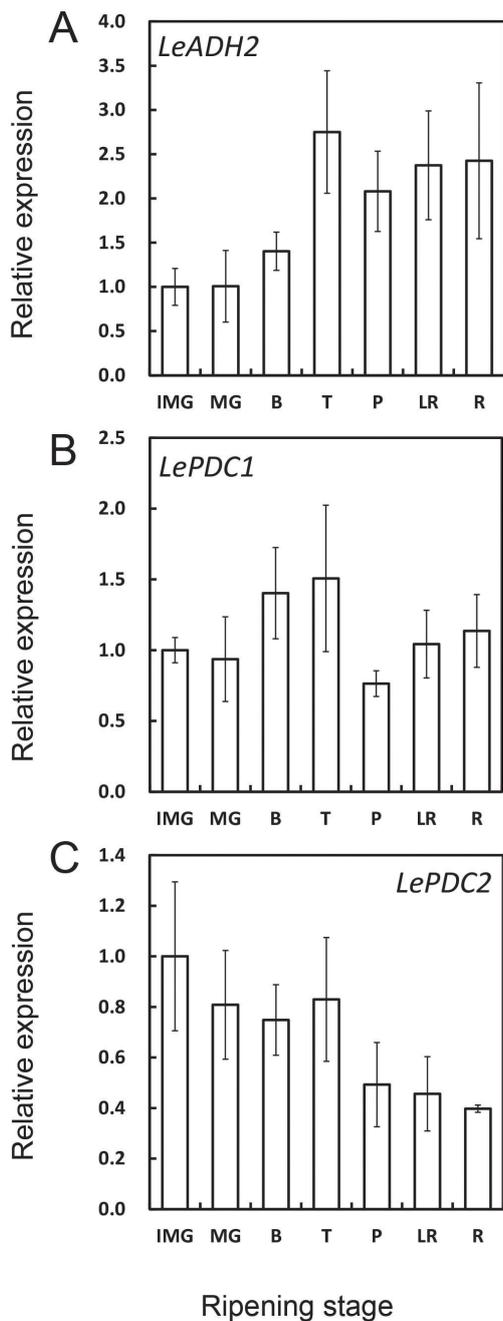


Fig. 1. Changes in the expression of *LeADH2* (A), *LePDC1* (B), and *LePDC2* (C) in Micro-Tom during ripening. Expression of the gene was quantified by real-time PCR. Measurement involved four replicates. The results presented are the means \pm S.D.

2. Effects of ethanol treatment on the expression of *LeADH2*, *LePDC1*, and *LePDC2*

Ethanol treatment of whole fruit was conducted, and it was found that a treatment of 3.41 mmol/L for 6 h was effective to suppress ripening without negative impacts in this system. We investigated the effects of ethanol treatment on the expression of *LeADH2*, *LePDC1*, and *LePDC2*. There were no differences between the control and MG (zero time control) in the transcript level of any genes (Fig. 2). Ethanol treatment stimulated a 4.7-fold increase in the transcript level of *LeADH2* compared to that of the control (Fig. 2A). Similarly, it increased the transcript levels of *LePDC1* and *LePDC2* 16.0- and 17.8-fold, respectively (Figs. 2B and 2C).

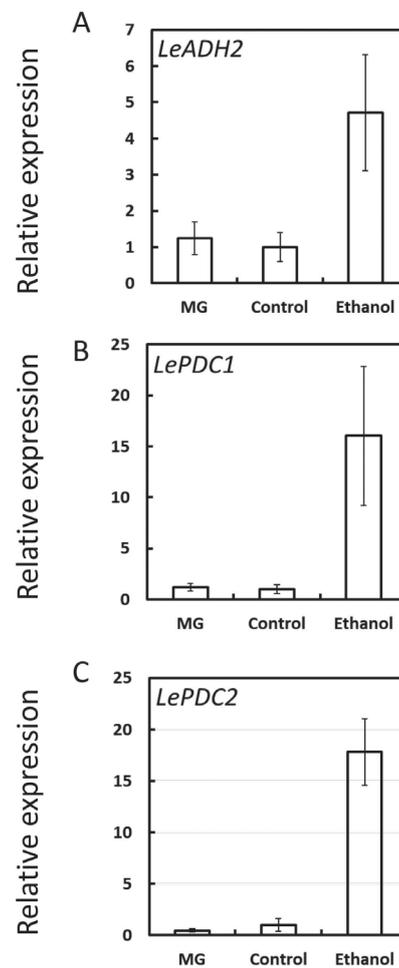


Fig. 2. Relative expression of *LeADH2* (A), *LePDC1* (B), and *LePDC2* (C) with or without 6 h ethanol treatment. MG means zero time control. Expression of the gene was quantified by real-time PCR. Measurement involved four replicates. The results presented are the means \pm S.D.

3. Effects of acetaldehyde on fruit ripening

At first, we treated whole fruit with acetaldehyde in the same manner as with ethanol, but we could not find the effective condition to suppress ripening without negative impacts; we observed injuries on the fruit, including caving and browning of the stem end, when treatment at a high concentration for a short period was conducted and did not observe effects of acetaldehyde on suppression of ripening when treatment at a low concentration for long period was conducted. We thought that, when fruit is treated exogenously with acetaldehyde, the proper concentration of acetaldehyde needs to reach the pericarp to suppress ripening; however, this seemed to be impossible because the peel could be a barrier to penetration. In other words, exogenous acetaldehyde treatment to suppress ripening could be excessive and could injure the fruit peel. Thus, we tried to treat fruit disks with acetaldehyde; acetaldehyde could reach pericarp in disks more easily than in whole fruit. Acetaldehyde treatment of 0.103 mmol/L for 72 h suppressed ripening without negative impacts, while 0.206 mmol/L treatment for 72 h suppressed ripening but caused injury, including discoloration, in many disks (Fig. 3). Thus, we utilized the former treatment using disks.

In the next experiment, we treated five disks with 0.103 mmol/L acetaldehyde for 72 h and stored them to compare the color score progress of the disk control. In three disks (A2, A4, and A5), the ripening was suppressed; the day to start to ripen of A2, A4, and A5 was later than that of the disk controls (C2, C4, and C5) (Table 2). On the other hand, in other disks (A1 and A3), the ripening was promoted; the day to start to ripen of A1 and A3 was earlier than that of the disk controls (C1 and C3). We thought that the different effects could be dependent on fruit maturity, because in the case where ripening was suppressed in disks A2, A4, and A5, the disk controls (C2, C4, and C5) started to ripen by 2 days in storage (DIS), while in the case where disk ripening was promoted (A1 and A3), the disk controls (C1 and C3) started to ripen after 6 DIS. To confirm that, we conducted the same experiments using seven

replicates (data not shown) and concluded that disk ripening was suppressed (ripening-inhibited fruit) when the disk controls started to ripen by 3 DIS, and disk ripening was promoted (ripening-promoted fruit) when the disk controls started to ripen after 6 DIS.

Table 2. Changes in the color score of tomato fruit disks treated with or without acetaldehyde vapor for 72 h at 0.103 mmol/L. C and A mean control and acetaldehyde-treated fruits, respectively. The same number indicates an identical fruit; for example, C1 and A1 are originally identical fruit. Scale ranges 1-6 : 1=Mature green, 2=Breaker, 3=Turning, 4=Pink, 5=Light red, and 6=Red.

Samples	Days in storage							
	0	1	2	3	4	5	6	7
C1	1	1	1	1	1	1	2	2
C2	1	1	2	2	3	3	3	3
C3	1	1	1	1	1	1	1	1
C4	2	3	3	4	4	4	4	5
C5	2	2	3	4	4	4	4	5
A1	1	1	1	1	2	2	3	3
A2	1	1	1	2	3	3	4	5
A3	1	1	1	1	1	2	3	3
A4	1	1	1	1	1	2	3	3
A5	1	1	1	1	2	3	4	5

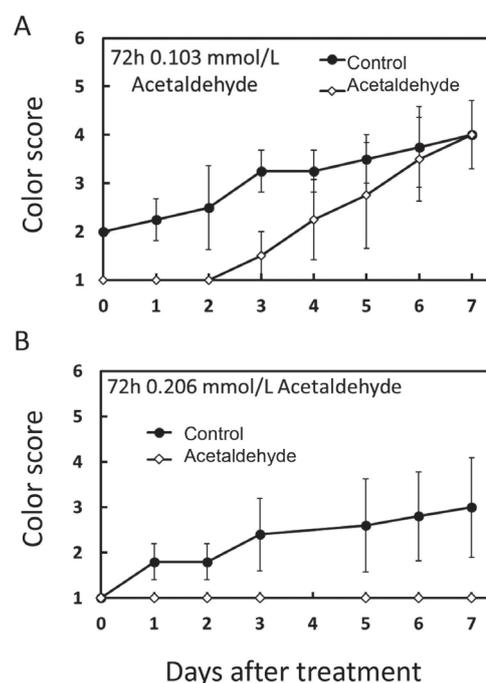


Fig.3. Changes in the color score of tomato fruit disks treated with or without acetaldehyde vapor for 72 h at 0.103 (A) or 0.206 (B) mmol/L. Measurement involved four (A) or five (B) replicates. Results presented are the means \pm S.D. Scale ranges 1-6 : 1=Mature green, 2=Breaker, 3=Turning, 4=Pink, 5=Light red, and 6=Red.

4. Effects of acetaldehyde treatment on the expression of *LeADH2*, *LePDC1*, and *LePDC2*

We investigated effects of acetaldehyde treatment on the expression of *LeADH2*, *LePDC1*, and *LePDC2*. Acetaldehyde treatment stimulated the transcript levels of *LeADH2* 28.6- and 8.8-fold in ripening-inhibited fruit and ripening-promoted fruit, respectively, compared to those of the control (Fig. 4A). Similarly, it stimulated the transcript levels of *LePDC1* 16.9- and 11.0-fold in ripening-inhibited fruit and ripening-promoted fruit, respectively (Fig. 4B), and it stimulated the transcript levels of *LePDC2* 77.9- and 65.1-fold in ripening-inhibited fruit and ripening-promoted fruit, respectively (Fig. 4C).

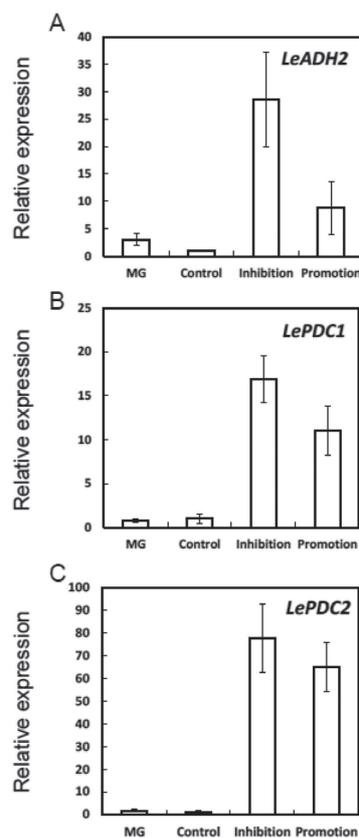


Fig. 4. Relative expression of *LeADH2*(A), *LePDC1*(B), and *LePDC2*(C) treated with acetaldehyde vapor for 72 h at 0.103 mmol/L. MG, Inhibition, and Promotion mean zero time control, ripening-inhibited fruit, and ripening-promoted fruit, respectively. Expression of the gene was quantified by real-time PCR. The ripening stage of all tomato fruit for measurement was MG. Measurement involved four replicates. The results presented are the means \pm S.D.

Discussion

1. Changes in the expression of *LeADH2*, *LePDC1*, and *LePDC2* during ripening

In fruits of some cultivars, including Momotaro, Sunny, and Rutgers, ADH activity and mRNA for *ADH2* increase through ripening (Longhurst et al., 1990, 1994; Van Der Straeten et al., 1991; Chen and Chase, 1993). In Micro-Tom, utilized in this study, the expression pattern of the transcript level of *ADH2* was similar (Fig. 1). PDC, which catalyzes the preceding step in ethanolic fermentation, is induced under anaerobic conditions (Laszlo and Lawrence, 1983). PDC activity does not increase during ripening, being highest in the breaker stage in tomato fruit (Chen and Chase, 1993). In the grape berry, the PDC expression pattern is well correlated with the PDC activity pattern, which is shown to be fairly constant throughout berry development except for a short period of increased activity after the onset of ripening (Or et al., 2000). These trends in other cultivars of tomato and grape berry support the similarity of changes in the transcript levels of *LePDC1* and *LePDC2* in this study.

Chen and Chase (1993) concluded that the induction of *ADH2* during ripening does not result from any cue of anaerobiosis, because PDC activity, which was used as an internal control for an anaerobic induction, did not increase during ripening. However, even small decreases in oxygen concentration in the fruit have been shown to induce transcription of the *Adh2* gene (Longhurst et al., 1994), and it is not clear that PDC activity is suitable for an internal control for an anaerobic induction in this case. In the study using fruit from six tomato cultivars, the rate of increase in ADH activity in the ripening fruit is strongly correlated with the rate of softening of the fruit, suggesting that induction of ADH activity in the fruit may be a function of the softening of the fruit rather than a direct function of ripening (Speirs et al., 2002). The changes in ADH and PDC in Micro-Tom in this study are similar to those in commercial cultivars, and there could be no differences among cultivars. Micro-Tom, a model plant, could contribute to further studies as needed.

2. Ethanol and acetaldehyde treatments induce the expression of *LeADH2*, *LePDC1*, and *LePDC2*

In tomato fruit at the pink stage, ethanol treatment of fruit disks stimulates ADH activity, and in kiwifruit, ADH activity is detected only after ethanol treatment of the disks (Massantini et al., 1995), consistent with this study using fruit at the mature green stage (Fig. 2A). It is reasonable that *LeADH2* increases when fruit is treated exogenously with ethanol, because ADH catalyzes bidirectional reactions and, when ethanol is exogenously applied, ADH catalyzes ethanol as a substrate to reduce ethanol. Ethanol treatment also stimulated the transcript levels of *LePDC1* and *LePDC2* (Fig. 2B and C). However, because PDC catalyzes a one-way reaction from pyruvate to acetaldehyde, even if the amount of PDC increases, the acetaldehyde dose not decrease. Thus, further studies on the function of PDC induction by ethanol are needed.

It has been reported that, in the Castlemart tomato pericarp disk, depending on the maturity of the fruit, exposure to ethanol vapors either promotes or inhibits ripening (Beaulieu and Saltveit, 1997). In this study, acetaldehyde promoted or inhibited the ripening of fruit disks at the mature green stage, designated ripening-promoted fruit or ripening-inhibited fruit, respectively. Acetaldehyde treatment stimulated the expression of *LeADH2*, *LePDC1*, and *LePDC2* and did so more prominently in ripening-inhibited fruit (Fig. 4). On the basis of the ripening progress of each fruit disk (Table 2), it is thought that the level of maturity was different even when they were at the mature green stage and that a little difference in fruit maturity affects the sensitivity to acetaldehyde. As in ethanol treatment, stimulation of ADH by acetaldehyde is reasonable, but the function of PDC stimulation by acetaldehyde remains unclear.

This study shows that in tomato fruit, ethanol and acetaldehyde stimulate the expression of genes encoding ADH and PDC, suggesting that they activate ADH and PDC. In the future, in order to clarify roles in ethanol by which fruit ripening is suppressed in tomato fruit, research to produce a

transgenic tomato silenced for *ADH2* and analyze it is necessary. At that time, the suitable condition which this study reveal will be useful and available.

Acknowledgments

We are grateful to the Gene Research Center, University of Tsukuba, for providing tomato seeds (TOMJPF00001 (1)) through the National Bio-Resource Project (NBRP) of the MEXT, Japan. This work was supported by the Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology in Japan [Grant-in-Aid for Scientific Research B (No. 22380027)].

References

- Asoda, T., H. Terai, M. Kato and Y. Suzuki. (2009) Effects of postharvest ethanol vapor treatment on ethylene responsiveness in broccoli. *Postharvest Biol. Technol.* 52: 216–220.
- Beaulieu, J. C., G. Peiser and M. E. Saltveit. (1997) Acetaldehyde is a causal agent responsible for ethanol induced ripening inhibition in tomato fruit. *Plant Physiol.* 113: 431–439.
- Besser, K., A. Harper, N. Welsby, I. Schauvinhold, S. Slocombe, Y. Li, R. A. Dixon and P. Broun. (2009) Divergent regulation of terpenoid metabolism in the trichomes of wild and cultivated tomato species. *Plant Physiol.* 149: 499–514.
- Camargo, S. R., G. M. A. Cancado, E. C. Ulian and M. Menossi. (2007) Identification of genes responsive to the application of ethanol on sugarcane leaves. *Plant Cell Rep.* 26: 2119–2128.
- Chen, A-R. S. and T. Chase. (1993) Alcohol dehydrogenase 2 and pyruvate decarboxylase induction in ripening and hypoxic tomato fruit. *Plant Physiol. Biochem.* 31: 875–885.
- Han, J., W. Tao, H. Hao, B. Zhang, W. Jiang, T. Niu

- and T. Cai. (2006) Physiology and quality responses of fresh-cut broccoli florets pretreated with ethanol vapor. *J. Food Sci.* 71: 385-389.
- Herppich, W. B., H-K. Susanne and H. Karin. (2014) Impact of ethanol treatment on physiological and microbiological properties of fresh white asparagus (*Asparagus officinalis* L.) spears. *LWT - Food Sci. Technol.* 57: 156-164.
- Kader, A. and M. Cantwell. (2007) Produce quality rating scales and color charts. University of California Davis, Davis, Calif., Postharvest Technology Research and Information Center, Postharvest horticultural series no. 23.
- Laszlo, A. and P. S. Lawrence. (1983) Parallel induction and synthesis of PDC and ADH in anoxic maize roots. *Mol. Gen. Genet.* 192: 110-117.
- Longhurst, T. J., H. F. Tung and C. J. Brady. (1990) . Developmental regulation of the expression of alcohol dehydrogenase in ripening tomato fruits. *J. Food Biochem.* 14: 421-433.
- Longhurst, T. J., L. Lee, R. Hinde, C. Brady and J. Speirs. (1994) Structure of the tomato Adh 2 gene and Adh 2 pseudogenes, and a study of Adh 2 gene expression in fruit. *Plant Mol. Biol.* 26: 1073-1084.
- Massantini, E., E. Gobattoni, R. Botondi and F. Mencarelli. (1995) Role of alcohol dehydrogenase on ripening of ethanol- treated tomato and kiwifruit. *Acta Hort.* 379: 297-304.
- Or, E., J. Baybik, A. Sadka and A. Ogradovitch. (2000) Fermentative metabolism in grape berries: isolation and characterization of pyruvate decarboxylase cDNA and analysis of its expression throughout berry development. *Plant Sci.* 156: 151-158.
- Pun, U. K., J. S. Rowarth, M. F. Barnes and J. A. Heyes. (2001) The role of ethanol or acetaldehyde in the biosynthesis of ethylene in carnation (*Dianthus caryophyllus* L.) cv. Yellow Candy. *Postharvest Biol. Technol.* 21: 235-239.
- Ritenour, M. A., M. E. Mangrich, J. C. Beaulieu, A. Rab and M. E. Saltveit. (1997) Ethanol effects on the ripening of climacteric fruit. *Postharvest Biol. Technol.* 12: 35-42.
- Saltveit, M. E. and A. R. Sharaf. (1992) Ethanol inhibits ripening of tomato fruit harvested at various degrees of ripeness without affecting subsequent quality. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 117: 793-798.
- Speirs, J., R. Correll and P. Cain. (2002) Relationship between ADH activity, ripeness and softness in six tomato cultivars. *Sci. Hortic.* 93: 137-142.
- Suzuki, Y., T. Uji and H. Terai. (2004) Inhibition of senescence in broccoli florets with ethanol vapor from alcohol powder. *Postharvest Biol. Technol.* 31: 177-182.
- Tanksley, S. D. (1979) Linkage, chromosomal association, and expression of *Adh-I* and *Pgm-2* in tomato. *Biochem. Genet.* 17: 1159-1167.
- Van der Straeten, D., R. A. Rodrigues Pousada, J. Gielen and M. Van Montagu. (1991) Tomato alcohol dehydrogenase. Expression during fruit ripening and under hypoxic conditions. *FEBS Lett.* 295: 39-42.
- Vreugdenhil, D., M. M. Claassens, J. Verhees, A. R. van der Krol and L. H. van der Plas. (2006) Ethanol-inducible gene expression: non-transformed plants also respond to ethanol. *Trends Plant Sci.* 11: 9-11.
- Wan, C. Y. and T. A. Wilkins. (1994) A modified hot borate method significantly enhances the yield of high-quality RNA from cotton (*Gossypium hirsutum* L.) . *Anal Biochem.* 223: 7-12.

原 著

非加算性を取り入れた朝倉 - 大沢理論による基板近傍における粒子のコンタクト密度の考察

天野健一^{a*}・古川暁之^b・石井里奈^a・橋本康汰^b・西直哉^b・作花哲夫^b

要約 基板近傍におけるコロイド粒子の集合のメカニズムを知ることはより高性能な電池や不均一触媒、塗料、化粧品の開発において重要である。また、コロイド粒子やタンパク質の結晶化においても重要な知見である。そこで本研究では、多成分コロイド分散系でのコロイド粒子の基板近傍への物理吸着について、「朝倉 - 大沢理論」と「粒径や平板との接触距離に関する非加算パラメータ」を組み合わせて理論研究を行った。これにより、非加算パラメータの有無に関係なく成り立つ普遍性の高い方程式を見出した。また、多成分コロイド分散系において一方の種類のコロイド粒子の平板への吸着量が増えれば（減れば）、その他のコロイド粒子の平板への吸着量が減る（増える）事も示された。さらに、二成分コロイド分散系（大コロイド粒子と小コロイド粒子の混合系）において、非加算パラメータの存在により小コロイド粒子の方が平板に吸着しやすくなる性質も見出した。これは加算性の系においては成り立たない興味深い物性である。

キーワード：コロイド分散系、排除体積効果、接触距離、コンタクト密度、並進エントロピー

Consideration of contact densities of particles near a substrate by Asakura-Oosawa theory incorporating non-additivity

(Ken-ichi Amano^{a*}, Satoshi Furukawa^b, Rina Ishii^a, Kota Hashimoto^b, Naoya Nishi^b, Tetsuo Sakka^b)

Abstract Understanding mechanisms of colloidal-particle assembly near a substrate is important for the development of higher performance batteries, heterogeneous catalysts, paints and cosmetics. The knowledge is important also for crystallizations of colloidal particles and proteins. In the present study, the physical adsorption of colloidal particles near the substrate in a multicomponent colloidal system was studied by combining “the Asakura-Oosawa theory” and “non-additive parameters for particle size and contact distance between the substrate and the particle”. We found a universal equation that holds regardless of the existence of non-additive parameters. It was also found that in a multi-component colloidal dispersion system, if the amount of one type of colloidal particles adsorbed on the substrate increases (decreases), that of the other colloidal particles decreases (increases). Furthermore, in a two-component colloidal dispersion system (a mixture of large and small colloidal particles), the presence of a non-additive parameter causes the small colloidal particles to be more easily adsorbed on the substrate. This is an interesting property, because it does not hold in the usual additive system.

Key words: Colloidal dispersion system, Excluded volume effect, Contact distance, Contact density, Translational entropy.

^{a*}名城大学農学部 (〒468-8502 名古屋市天白区塩釜口1-501)

^{a*}Faculty of Agriculture, Meijo University, Shiogamaguchi, Tempaku-ku, Nagoya, 468-8502, Japan
E-mail : amanok@meijo-u.ac.jp

^a名城大学農学部 (〒468-8502 名古屋市天白区塩釜口1-501)

^aFaculty of Agriculture, Meijo University, Shiogamaguchi, Tempaku-ku, Nagoya, 468-8502, Japan

^b京都大学大学院工学研究科 (〒615-8510 京都府京都市西京区京都大学桂)

^bDepartment of Energy and Hydrocarbon Chemistry, Graduate School of Engineering, Kyoto University, Katsura campus, Nishikyo-ku, Kyoto, 615-8510, Japan

2020年11月19日受付 2021年1月5日受理

緒言

接触距離の非加算性とは、異なる二種の粒子間の接触距離（中心点間距離）がそれぞれの半径の和にはならない性質を指す。接触距離の非加算性の研究は、コロイド粒子-高分子混合系 [1,2] や液体合金 [3]、界面活性剤 [4] 等を対象に行われている。Abu-Sharkh と Hamad による界面活性剤を対象にした研究 [4] では、疎水基と親水基の間に非加算性剛体モデルの相互作用を導入することで、実験的に観察されているいくつかのミセル構造がシミュレーションで形成できることが示されている。非加算性剛体モデルは、液中粒子間の引力・斥力相互作用を表現できる最も単純なモデルである。

我々の過去の研究から、コロイド分散液に非吸着性高分子を添加するとコロイド粒子が優先的に基板近傍へ集合することがわかっていた [5]。その理由として、粒子が優先的に基板近傍へ集合する方が粒子と高分子の並進エントロピーに利得が得られ、かつ、高分子の構造エントロピー的に損失が少ないことを挙げていた。その後、さらに研究を進め、粒子が優先的に基板近傍へ集合するメカニズムの根底に「基板-粒子間の接触距離の非加算性」があるという考えに至った。朝倉と大沢が初めて提案し [1]、その後 Vrij が独立に提案 [2] した Asakura-Oosawa-Vrij モデル (AOV モデル) では、粒子-粒子間と粒子-高分子間は剛体ポテンシャルで相互作用するが、高分子-高分子間は相互作用しない（常に二体ポテンシャルが0）として粒子と高分子の混合系をモデリングしている。これは、粒子と高分子の混合系にも接触距離の非加算性が存在するとしたモデルである。このモデルは種々のバルクにおける物性を定性的にとらえる事ができるモデルとして知られている。粒子と高分子の混合系は、材料化学や生命化学の分野にもあるので、非加算性は広い分野で考慮すべき重要なファクターと言える。

非加算性剛体モデルは、主に積分方程式理論 [3] や密度汎関数理論 [6,7]、モンテカルロシミュレーション [4,8,9] 等を用いて研究されている。この内、論文 [6,9] では基板近傍での分散粒子の数密度分布を扱っている。しかし、「基板」との非加算性を取り入れ、その非加算性が分散粒子の基板近傍における数密度にどのような影響を与えるかについて、系統的に調査した研究は見当たらなかった。そこで、本研究では非加算性が粒子の基板近傍における数密度にどのような影響を与えるかを、理論解析により研究した。

理論

非加算パラメータの説明

朝倉-大沢理論を用いると単純な体積に関する計算で基板近傍における粒子の密度分布が求められる。ただし、朝倉-大沢理論による密度分布は二体が接触していない場合の密度分布の正確性が悪いので（例：粒子の基板近傍密度の振動が求まらない）、ここでは接触状態での密度のみに着目する。また、ここでは基板と二種類の剛体球（粒子1、粒子2）からなる非可算性剛体系を考える。ちなみに、剛体系では二体間の距離が接触距離以上なら二体ポテンシャルは0、接触距離未満なら二体ポテンシャルは無限（ ∞ ）である。

まず始めに、接触距離の非可算性について説明する (Fig. 1 参照)。粒子1と粒子2の非可算性については、非可算パラメータ Δ_{12} を用いて、

$$l_{12} = \frac{1}{2}(d_1 + d_2)(1 + \Delta_{12}) \quad (1)$$

で表される。ここで、 l_{12} は粒子1と粒子2の接触距離であり、中心点間距離である。 d_i は粒子 i の直径であり、これは同種粒子間の接触距離（中心点間距離）の事である。 Δ_{12} は -1 以上の値をとり、 $\Delta_{12} = 0$ の時、一般的な可算性モデルとなる。 Δ_{12} が 0 より大きい（小さい）時、接触距離は一般的な可算性モデルでの接触距離よりも遠い（近い）ものとなる。

次に、粒子 i ($i = 1$ or 2) と基板間の接触距離に関する非可算性について述べる。粒子 i と基板間の接触距離は、非可算パラメータ Δ_{wi} を用いて、

$$z_{wi} = \frac{1}{2}(0 + d_i)(1 + \Delta_{wi}) \quad (2)$$

と表される。ここで、 z_{wi} は基板と粒子 i の接触距離であり、基板表面と粒子 i の中心点間距離で表される。また、式中の 0 は距離の原点が基板表面であることを意味する。 $\Delta_{wi} = 0$ の時は一般的な可算性モデルにおける接触距離と一致する。式から分かる通り、 Δ_{wi} が 0 より大きい（小さい）時、接触距離は一般的な可算性モデルでの接触距離よりも遠い（近い）ものとなる。

ところで、粒子1を固体からなるコロイド粒子、粒子2を高分子（ランダムコイル）と見立てた場合は、粒子2と粒子2の間の接触距離（中心点間距離） l_{22} を、非加算パラメータ Δ_{22} を用いて表すと便利である。

$$l_{22} = d_2(1 + \Delta_{22}) \quad (3)$$

参考として、固体コロイド粒子と高分子の混合系において一般に設定される非加算モデルを Fig. 2 に示す。

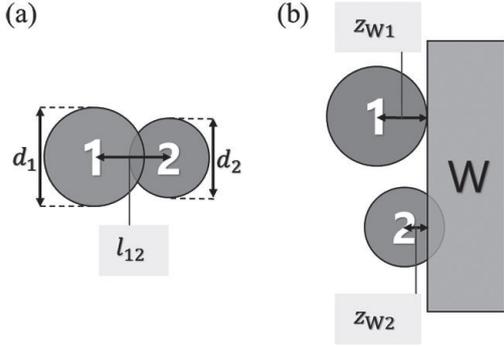


Fig. 1. (a) l_{12} と (b) z_{Wi} ($i = 1$ or 2) の図示. (a) では $\Delta_{12} < 0$, (b) では $\Delta_{w1} = 0$ かつ $-1 < \Delta_{w2} < 0$ の状況を示している.

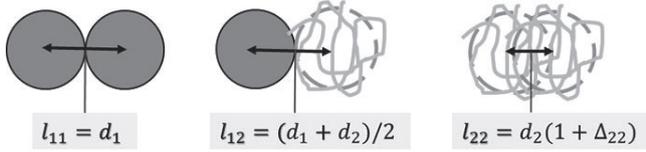


Fig. 2. 固体コロイド粒子（黒塗りの球）と高分子（破線で囲まれた灰色の鎖）の混合系において一般に設定される非加算モデル. 一般に高分子 - 高分子間における非加算パラメータは、 $-1 \leq \Delta_{22} < 0$ と設定される.

朝倉 - 大沢理論の説明

ここでは、加算性剛体系の系における基板 - 粒子間の朝倉 - 大沢理論を説明する. つまり、排除体積効果（枯渇相互作用）に伴う粒子の基板近傍における規格化数密度（我々はこれをコンタクト密度と呼ぶ事にする）の説明をする. 接触距離の非加算性の朝倉 - 大沢理論への導入については、次の2.3章で説明する.

この段落では、一成分系を考慮した朝倉 - 大沢理論の概要を述べる. 朝倉 - 大沢理論では、二体が接触した際のヘルムホルツ自由エネルギー変化 ΔF は、粒子が並進移動に利用できる体積の変化 ΔV による並進エントロピー変化 ΔS のみに起因する. この事を式で表現すると以下のように表される.

$$\Delta F = -T\Delta S \approx -\rho_0 k_B T \Delta V \quad (4)$$

ここで、 $\rho_0 (= N/V)$ はバルクにおける一成分粒子の数密度である. また、 k_B はボルツマン定数、 T は絶対温度である. 着目する粒子が任意の物体に接触した際の規格化数密度（コンタクト密度） g_{cp} は、 ΔF をボルツマン因子に代入する事で以下の様に求められる.

$$g_{cp} \equiv \rho_{cp}/\rho_0 = \exp[-\Delta F/(k_B T)] \quad (5)$$

ここで、 ρ_{cp} は着目する粒子が任意の物体に接触した際の数密度であり、式 (4) と式 (5) は朝倉 - 大沢理論における基本式である.

次に、粒子が n 成分 (n 種類) の系における基板 (W) と粒子 i のコンタクト密度 $g_{Wi,cp}$ を求める (ここで下付き文字の cp は contact point を意味する). 粒子 i が基板と接触する際に生じる粒子 j 由来の排除体積の重なりを $\Delta V_{ij,cp}$ とする. つまり、粒子 j は粒子 i の基板への接触によって、 $\Delta V_{ij,cp}$ だけ並進に利用できる空間を得ることができる. 粒子 i の基板への接触による系の自由エネルギー変化 $\Delta F_{i,cp}$ は、

$$\Delta F_{i,cp} = -k_B T \sum_{j=1}^n \Delta V_{ij,cp} \rho_j \quad (6)$$

で表される. ここで ρ_j は粒子 j のバルクにおける数密度である. よって、式 (5) を用いて $g_{Wi,cp}$ は

$$g_{Wi,cp} = \exp\left(\sum_{j=1}^n \Delta V_{ij,cp} \rho_j\right) \quad (7)$$

で求められる.

非加算パラメータの朝倉 - 大沢理論への導入

ここでは、接触距離の非加算性を取り入れた朝倉 - 大沢理論の導出に取り組む. 式 (7) から分かる通り $g_{Wi,cp}$ の計算には $\Delta V_{ij,cp}$ を求めておく必要がある. ここで、粒子 i の直径を d_i 、球 i と基板の接触距離を z_{Wi} 、粒子 i と粒子 j の接触距離を l_{ij} とする事を再掲しておく. つまり、 d_i は、 $d_i = l_{ii}$ と表せる. $i = j$ のケースである $\Delta V_{ii,cp}$ は直径 $2d_i$ の半球の体積に等しく (Fig. 3(a)), 以下のように表される.

$$\Delta V_{ii,cp} = \frac{2}{3} \pi d_i^3 \quad (8)$$

一方、 $\Delta V_{ij,cp}$ は、半径 l_{ij} の球の一部分の体積となり (Fig. 3(b)), 以下のように表される.

$$\begin{aligned} \Delta V_{ij,cp} &= \pi \int_{z_{Wi}-z_{Wj}}^{l_{ij}} (l_{ij}^2 - z^2) dz \\ &= \left\{ \frac{2}{3} l_{ij}^3 - (z_{Wi} - z_{Wj}) l_{ij}^2 + \frac{1}{3} (z_{Wi} - z_{Wj})^3 \right\} \pi \quad (9) \end{aligned}$$

ちなみに、式 (9) において $i = j$ とすれば、式 (8) が求まる. 式 (9) を式 (7) に代入し、 n 成分剛体系での $g_{Wi,cp}$ は、

$$\begin{aligned} g_{Wi,cp} &= \exp \left[\sum_{j=1}^n \left\{ \frac{2}{3} l_{ij}^3 - (z_{Wi} - z_{Wj}) l_{ij}^2 \right. \right. \\ &\quad \left. \left. + \frac{1}{3} (z_{Wi} - z_{Wj})^3 \right\} \pi \rho_j \right] \quad (10) \end{aligned}$$

で求められる.

ところで, 式 (10) を二成分非加算性剛体系における式として書いてみると以下ようになる.

$$g_{W1,cp} = \exp \left[\frac{2}{3} \pi l_{11}^3 \rho_1 + \left\{ \frac{2}{3} l_{12}^3 - (z_{W1} - z_{W2}) l_{12}^2 + \frac{1}{3} (z_{W1} - z_{W2})^3 \right\} \pi \rho_2 \right] \quad (11)$$

$$g_{W2,cp} = \exp \left[\left\{ \frac{2}{3} l_{12}^3 - (z_{W2} - z_{W1}) l_{12}^2 + \frac{1}{3} (z_{W2} - z_{W1})^3 \right\} \pi \rho_1 + \frac{2}{3} \pi l_{22}^3 \rho_2 \right] \quad (12)$$

ちなみに, 式 (11) には l_{11} という変数 (粒子 1 と粒子 1 の間の接触距離 (中心点間距離)) が存在するが本研究では, 粒子 1 に関する非加算性は考慮しないので, ここでは $l_{11} = d_1$ である.

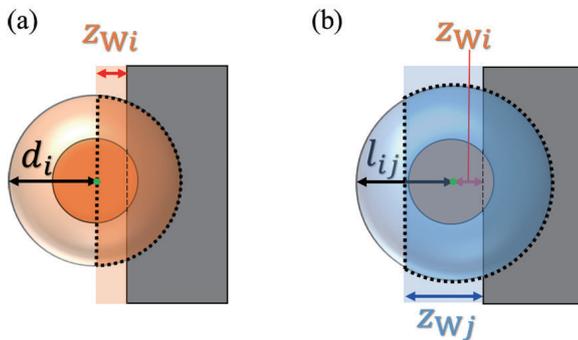


Fig. 3. (a) $\Delta V_{ii,cp}$, (b) $\Delta V_{ij,cp}$ の模式図 (点線で囲まれた部分の体積). (a) では壁に接触した粒子 i がその他の粒子 i に対して形成する排除空間を, (b) では壁に接触した粒子 i が粒子 j に対し形成する排除空間を考えている. 緑の点は粒子の中心を表しており, そこを z 軸の原点とする.

混み合いとコンタクト密度の関係性

朝倉 - 大沢理論の考えでは, 系が粒子で混み合うほどコンタクト密度が高くなる傾向にある事が分かった. ここからは混み合いとコンタクト密度の関係性について詳しく検討してみる. しかし, 混み合いを表すパラメータの一つである体積分率は, 非加算性の系においては定義が難しい. そこで我々は, 系に存在する排除体積の大きさによって混み合いを検討した. 粒子 1 ~ 粒子 n の n 成分の非加算性剛体系を考える. 粒子 j ($j = 1 \sim n$) 周りにできる粒子 i ($i = 1 \sim n$) 由来の排除体積が V_{ji}^{ex} と表される時, ξ_i を式 (13) のように定義してみる.

$$\xi_i = \frac{1}{2} \sum_{j=1}^n V_{ji}^{ex} \rho_j \quad (13)$$

ここで, V_{ji}^{ex} について $V_{ji}^{ex} = V_{ij}^{ex}$ が成り立つ. ξ_i は粒子 i が入れない体積の総和に $\frac{1}{2}$ を乗じたものに等しい. そして, それぞれの粒子 i に対し定められる ξ_i にモル分率 ($x_i = \rho_i / \rho$) を乗じて重み付け平均をした式 (14) を混み合いパラメータとして定義した.

$$\bar{\xi} = \sum_{i=1}^n x_i \xi_i \quad (14)$$

以上の定義を用い, 我々は混み合いパラメータ ξ と基板上的の球のコンタクト密度 $g_{Wi,cp}$ の間に, 成分数や非加算パラメータに依存しない以下の普遍性の高い関係式を見出した (導出説明は本章後半にて行う).

$$\rho \bar{\xi} = \sum_{i=1}^n \rho_i \ln g_{Wi,cp} \quad (15)$$

ただし, ρ はバルク数密度の和 ($\rho = \sum \rho_j$) であり, これを $\rho \bar{\xi}$ に代入すれば式 (15) の左辺は以下の様にも表せられる.

$$\rho \bar{\xi} = \sum_{i=1}^n \rho x_i \xi_i = \sum_{i=1}^n \rho_i \xi_i \quad (16)$$

式 (15) の意味する事は, 2 成分系で考えると簡単に説明できる. 混み合いパラメータが一定, かつ, 各成分のバルク数密度が一定の場合を考える. この場合, $g_{W1,cp}$ が増加すれば必然的に $g_{W2,cp}$ が減少する (このような事は例えば非加算パラメータ Δw_2 のみが増加した場合に起きる). 一方の物理学量が増加すればもう一方の物理学量が減少するこの性質は, 熱力学において有名なギブス - デュエムの式の性質と非常に似ている. もし両方のコンタクト密度を増加 (減少) させたのであれば, 混み合いパラメータが増加 (減少) するように系を変化させれば良いとも式 (15) から予想する事もできる. ちなみに, 基板表面にとある粒子が密に吸着し場所を占有すると, その他の粒子が幾何学的に入り込めなくなるが, 式 (15) はそのような事を述べているのではない. 式 (15) は並進エントロピーの観点から想定される吸着バランスが述べられているだけである.

最後に式 (15) の導出説明を行う. n 成分系における基板表面上のコンタクト密度は式 (10) で示される. したがって, 式 (15) の右辺は以下のようにも書き換えられる.

$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^n \rho_i \ln g_{Wi,cp} &= \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \rho_i \left\{ \frac{2}{3} l_{ij}^3 - (z_{Wi} - z_{Wj}) l_{ij}^2 + \frac{1}{3} (z_{Wi} - z_{Wj})^3 \right\} \pi \rho_j \\ &= \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \frac{2}{3} \pi l_{ij}^3 \rho_i \rho_j \end{aligned} \quad (17)$$

ここで上の右辺から下の右辺への式変形は、「 $i = X$ かつ $j = Y$ の時」と「 $i = Y$ かつ $j = X$ の時」の壁との接触距離に関する項が打ち消し合う事を利用した (X と Y は 1 から n までの整数, かつ, $X \neq Y$). 一方, 式 (13) より

$$\xi_i = \frac{1}{2} \sum_{j=1}^n \rho_j V_{ij}^{ex} = \sum_{j=1}^n \frac{2}{3} \pi l_{ij}^3 \rho_j \quad (18)$$

なので, $\rho \xi$ は

$$\rho \bar{\xi} = \sum_{i=1}^n \rho_i \xi_i = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \frac{2}{3} \pi l_{ij}^3 \rho_i \rho_j \quad (19)$$

と書くことができる. よって, 式 (17) と式 (19) を比較する事で, 成分数や非加算パラメータに依存しない普遍性の高い関係式 (式 (15)) が導出される.

結果と考察

ここから非加算パラメータと式 (11), (12) を用いて二成分系におけるコンタクト密度の計算結果を紹介する. まず始めに Δ_{12} が変化した場合のコンタクト密度を Fig. 4 に示す. この結果は, $d_1=12$ nm, $d_2=10$ nm, $\rho_1=1.1 \times 10^{-4}$ nm⁻³, $\rho_2=1.9 \times 10^{-4}$ nm⁻³ での結果である (球 1 と球 2 の体積分率は共に 10% になるようにバルク数密度を設定した). 図から分かる通り, Δ_{12} が増加するにつれどちらの粒子もコンタクト密度が増加する事が分かった. これは, Δ_{12} が増加するにつれバルクにおける混み合いが増え, その結果より多くの粒子が壁近傍に追いやられる傾向にあるためである. 粒子 1 の方がコンタクト密度の上昇具合が顕著である事も確認できるが, これは粒子 1 の方が直径が大きいため壁に接触した際の排除体積の重なりが大きいためである. ちなみに, $\Delta_{12} = -1$ (Δ_{12} の最小値) の場合であっても, コンタクト密度の上下関係に逆転は起きない. グラフ全体を通して Δ_{12} の値に関係なく, 大きい粒子ほどコンタクト密度 (これは粒子自身のバルク数密度で規格化された密度である) が高くなる傾向は, 一般の朝倉-大沢理論からも予想される通りの結果である.

次に Δ_{w2} が変化した場合のコンタクト密度を Fig. 5 に示す. この結果は, Fig. 4 と同じく, $d_1=12$ nm, $d_2=10$ nm, $\rho_1=1.1 \times 10^{-4}$ nm⁻³, $\rho_2=1.9 \times 10^{-4}$ nm⁻³ での結果である (球 1 と球 2 の体積分率は共に 10%). $\Delta_{w2} = 0$ の時は, 若干であるが粒子 1 のコンタクト密度の方が粒子 2 のコンタクト密度よりも高い. そして, Δ_{w2} が増加するにつれ粒子 1 のコンタクト密度は増加し, 粒子 2 のコンタクト密度は減少する. しかし, Δ_{w2} が減少すると, とある負の Δ_{w2} においてコンタクト密度の逆転が起きる事が分かった. これは, Δ_{w2} が減少すればするほど

粒子 2 はより壁の内部まで侵入できるので, 粒子 2 がこれ以上接近できないまで壁に接触した際の排除体積の重なりが大きくなる事が原因である. つまり, 実験系において pH やイオン強度, 壁や粒子の表面電位などの操作によって Δ_{w2} を減少させる事ができれば, コンタクト密度の逆転が実現できる可能性があるとも言える.

この段落では, Fig. 5 のグラフの挙動を式 (15) を用いて考察してみる. Fig. 5 では Δ_{w2} が変動パラメータなので, 混み合いパラメータ ξ は一定である. ゆえに, 式 (15) の左辺は一定である. また, 今ここでは二成分系を考えているので, 式 (15) の右辺は $\rho_1 \ln(g_{w1, cp}) + \rho_2 \ln(g_{w2, cp})$ である. これが一定であるのだから, 一方のコンタクト密度が増加すれば, もう一方のコンタクト密度は減少すると言える. Fig. 5 では, このような原理があったからこそコンタクト密度の逆転が生じたと考えられる.

Δ_{22} が変化した場合のコンタクト密度を Fig. 6 に示す. ここでは, 簡単のため球 1 と球 2 の直径と数密度は同じとした: $d_1 = 10$ nm, $d_2 = 10$ nm, $\rho_1 = 1.9 \times 10^{-4}$ nm⁻³, $\rho_2 = 1.9 \times 10^{-4}$ nm⁻³ (球 1 と球 2 の体積分率は共に 10%). 粒子 1 のコンタクト密度が不変なのは, 球 1 が基板と接触することによる排除体積重なりは球 2 同士の接触距離に依らないためである. 一方, 球 2 同士の貫入ができないほど ($\Delta_{22} > 0$), 球 2 のコンタクト密度は大きくなる. Fig. 2 に示す通り, 固体コロイド粒子-高分子の混合系と対応するのは, $\Delta_{22} < 0$ である. Fig. 6 では, $\Delta_{22} < 0$ において粒子 1 のコンタクト密度の方が粒子 2 のコンタクト密度よりも大きくなっている. このことは, 固体コロイド粒子-高分子の混合系では固体コロイド粒子の方が基板近傍へ集合しやすいことを示している.

最後に, 粒子 1 を固体コロイド粒子, 粒子 2 を高分子とモデリングした際のコンタクト密度の挙動を Fig. 7 に紹介する. この図では, 縦軸を粒子 1 と 2 のコンタクト密度, 横軸を粒子 2 のバルク数密度としている. Figs. 7(a)-7(d) の全てにおいて粒子 1 のバルク数密度を $\rho_1 = 2 \times 10^{-4}$ nm⁻³, さらに, 粒子 1 の直径を $d_1 = 10$ nm とした. Fig. 7(a) では, $d_2 = 10$ nm, $\Delta_{22} = -0.5$, Fig. 7(b) では, $d_2 = 10$ nm, $\Delta_{22} = -1$, Fig. 7(c) では, $d_2 = 5$ nm, $\Delta_{22} = -1$, Fig. 7(d) では, $d_2 = 15$ nm, $\Delta_{22} = -1$ に設定した. また, ここでは Δ_{22} のみの影響を調べるために, その他の非加算パラメータはゼロとした.

Fig. 7 において Fig. 7(a) のみ $\Delta_{22} = -1$ では無く $\Delta_{22} = -0.5$ に設定してある. ゆえに, この図のみ粒子 2 のバルク数密度 ρ_2 が増加すると, 粒子 2 のコンタクト密度も増加する. これは, ρ_2 が増加すると粒子 2 にとってのバルクでの混み合いが増加する事が原因である. 逆に, Fig. 7(b)-7(d) では $\Delta_{22} = -1$ なので, ρ_2 が増加しても粒子 2 にとってのバルクでの混み合いが増加しないため粒子 2 のコンタクト密度は一定のままとなる. Fig. 7(b)-7(d) における違いは粒子 2 の直径 d_2 のみで

ある。Fig. 7(d)における粒子1のコンタクト密度の傾きが最も大きいことから、粒子2の直径が大きいほど、粒子1を基板に吸着させる能力が強い事が分かる。

Fig. 7から判明した性質を参考にすると、固体コロイド粒子 [10,11] やタンパク質 [12] の結晶化において以下の推測ができる。例えば、固体コロイド粒子の結晶化によりコロイド結晶を作成したい場合に、結晶化促進のために非吸着性高分子の添加が良いと考えられる。そして、その高分子-高分子間における非加算パラメータは出来るだけ-1に近い方が良い (θ 溶媒中であつたり Flory-Huggins の χ パラメータが $1/2$ であれば、比較的 Δ_{22} は -1 に近づくと考えられる)。なぜならば、高分子-高分子間の非加算パラメータが-1であれば、高分子のコンタクト密度は高分子の添加量によらず一定だからである。つまり、コロイド結晶形成中に高分子も一緒に吸着する可能性を低く抑えられるという事である。また、添加する高分子の直径(例: 回転半径)は出来るだけ大きい方が固体コロイド粒子の結晶化を促すとも考えられる。しかし、高分子の直径が大きすぎると高分子自身の内部(ジャングルのような環境)に固体コロイド粒子がトラップされ易くなる可能性もあるので、注意が必要である。また、高分子のバルク数密度が高ければ高いほど、固体コロイド粒子の結晶化を促進する傾向は Fig. 7 から推測は出来るが、高分子のバルク数密度が高すぎると高分子同士のネットワーク構造が形成されてしまい、分散系の粘度が上昇したりゲル化が起きるのでこれにも注意が必要である。その他、結晶化促進のために以下の様な推測も書く事ができる: (I) 高分子-コロイド粒子間の反発力が出来るだけ大きくなるものを利用する。つまり、出来るだけ回転半径の大きな高分子を利用する。(II) 出来るだけ回転半径の大きな高分子を利用するもの、出来るだけ高分子-高分子間の相互作用がゼロとなるものを利用する ($l_{22} = 0$ に近づける)。しかし、一般に (I) を促進すると (II) の実現が難しくなってしまう傾向がある。ゆえに、条件の最適化が難しい。これが実際の実験における結晶化の難しさの原因の1つとも考えられる。以上、いくつかの注意点はあるものの、単純モデルにおける計算結果から、高分子添加に伴う固体コロイド粒子やタンパク質の結晶化の基本的性質が判明したと言える。

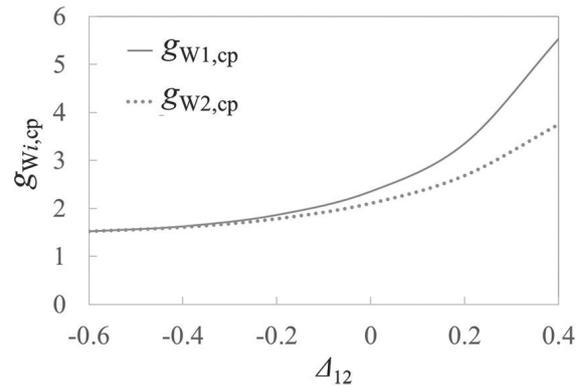


Fig. 4. コンタクト密度 vs Δ_{12} のグラフ。その他の非加算パラメータは0とした。

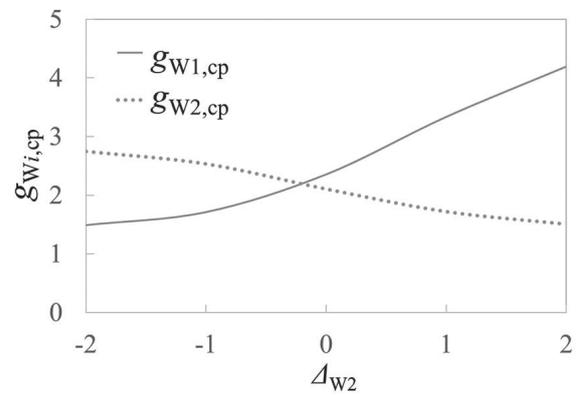


Fig. 5. コンタクト密度 vs Δ_{W2} のグラフ。その他の非加算パラメータは0とした。

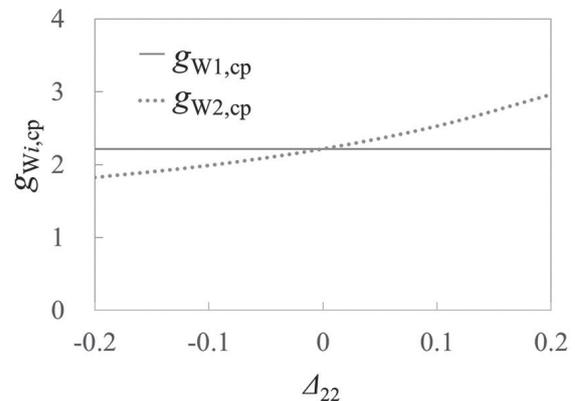


Fig. 6. コンタクト密度 vs Δ_{22} のグラフ。その他の非加算パラメータは0とした。

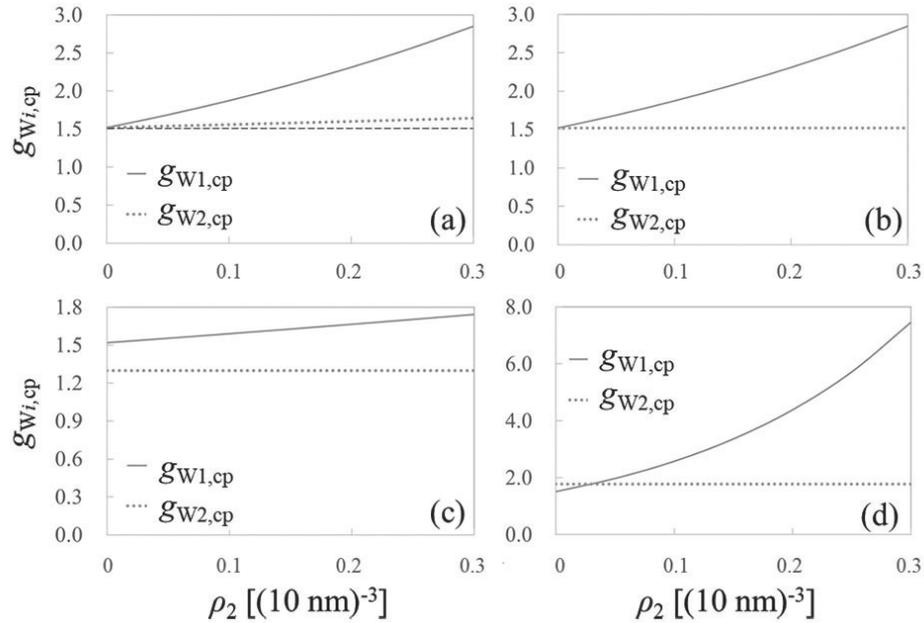


Fig. 7. コンタクト密度 vs 粒子2のバルク数密度のグラフ. (a) は, $d_1 = 10 \text{ nm}$, $d_2 = 10 \text{ nm}$, $\rho_1 = 2 \times 10^{-4} \text{ nm}^{-3}$, $\Delta_{22} = -0.5$ の, (b) は, $d_1 = 10 \text{ nm}$, $d_2 = 10 \text{ nm}$, $\rho_1 = 2 \times 10^{-4} \text{ nm}^{-3}$, $\Delta_{22} = -1$ の, (c) は, $d_1 = 10 \text{ nm}$, $d_2 = 5 \text{ nm}$, $\rho_1 = 2 \times 10^{-4} \text{ nm}^{-3}$, $\Delta_{22} = -1$ の, (d) は, $d_1 = 10 \text{ nm}$, $d_2 = 15 \text{ nm}$, $\rho_1 = 2 \times 10^{-4} \text{ nm}^{-3}$, $\Delta_{22} = -1$ の計算結果. ここでは Δ_{22} のみの影響を調べるため, その他の非加算パラメータは0とした. (a)における縦軸1.5での水平な破線は, 粒子2のバルク数密度の増加に伴い粒子2のコンタクト密度が増加している様子を明確に示すために付記した. (c)-(d)では $\Delta_{22} = -1$ のため $l_{22} = 0$ であり, 粒子2のコンタクト密度は一定である.

まとめ

本研究では, 朝倉 - 大沢理論に接触距離に関する非加算を取り入れ粒子の基板近傍でのコンタクト密度を求める式を導出した. また, 混み合いパラメータというものを定義し, 混み合いパラメータとコンタクト密度の関係性について新たな式を見出した. この関係式は非加算性があるとなかろうと成り立つため普遍性の高い関係式である.

加算性の朝倉 - 大沢理論では大粒子と小粒子の2成分系において, 大粒子の方が基板近傍に吸着しやすい傾向にある. しかし, 接触距離の非加算性を取り入れた朝倉 - 大沢理論の研究により, 小粒子の方が大粒子よりも吸着しやすい場合もある, つまり, 吸着の逆転現象が生じる事が判明した. 例えば, 種々のシミュレーション計算や実験によってなぜか小粒子の方が基板に吸着しやすい結果が得られたとする. こういった結果が得られた場合, 単純な予想として「小粒子 - 基板間の二体ポテンシャル」と「大粒子 - 基板間の二体ポテンシャル」を比較すると前者の方が極小が深かったのだろう, とか, 非線形効果によるものだろうと推測する場合がある. しかし, 本研究により接触距離の非加算性が原因で小粒子の方が吸着する事もありえる, というもう1つの考察の選択肢が得られたとも言える.

コロイド粒子やタンパク質の結晶化を行う際, 高分子を添加する場合がある. これは高分子を添加すると経験的に結晶化しやすくなる事が知られているからである. 本研究では, コロイド粒子と高分子の2成分系についても検討し, 朝倉 - 大沢効果の観点から高分子の添加がコロイド粒子やタンパク質の結晶化の促進に役立つ事が分かった. 今後, 本研究の結果が結晶化の参考情報になればと思う.

本論文は, 非加算パラメータによってコンタクト密度がどう変化するかを系統的に研究したものである. 朝倉 - 大沢理論によって説明される枯渇相互作用は, コロイド粒子やタンパク質の結晶化や凝集, 機能性微粒子の塗布 (分布制御) などに関連する. ゆえに, より深い枯渇相互作用の理解は上記のものが関連するナノテクノロジーの発展に貢献できるものと考えられる. 我々もまたコロイド結晶の作成に取り組んでいるが, その理由はコロイド結晶を金属アレルギーフリーな菓子・化粧品用の光沢材として利用したいと考えているからである. 理論が想定する系は実際の系に比べ非常にシンプルのため, 実際の系で予想通りにコンタクト密度をコントロールするのは難しい事であるが, 将来的にはここで得た枯渇相互作用の知識を上記光沢材作りにも役立てられたらと期待する.

謝辞

本研究はJSPS 科研費 18K19058, 20K05437 の助成を一部受けたものです。ここに謝意を表します。

引用文献

- [1] S. Asakura, F. Oosawa, On interaction between two bodies immersed in a solution of macromolecules, *J. Chem. Phys.* 22 (1954) 1255–1256. <https://doi.org/10.1063/1.1740347>.
- [2] A. Vrij, Polymers at interfaces and the interactions in colloidal dispersions, *Pure Appl. Chem.* 48 (1976) 471–483.
- [3] D. Gazzillo, G. Pastore, R. Frattini, The role of excluded volume effects on the structure and chemical short-range order of Ni33Y67 metallic glass, *J. Phys. Condens. Matter.* 2 (1990) 8463–8476. <https://doi.org/10.1088/0953-8984/2/42/023>.
- [4] B.F. Abu-Sharkh, E.Z. Hamad, Investigation of the Microstructure of Micelles Formed by Hard-Sphere Chains Interacting via Size Nonadditivity by Discontinuous Molecular Dynamics Simulation, *Langmuir.* 20 (2004) 254–259. <https://doi.org/10.1021/la035460v>.
- [5] S. Furukawa, K. Amano, T. Ishihara, K. Hashimoto, N. Nishi, H. Onishi, T. Sakka, Enhancement of stratification of colloidal particles near a substrate induced by addition of non-adsorbing polymers, *Chem. Phys. Lett.* 734 (2019) 136705. <https://doi.org/10.1016/j.cplett.2019.136705>.
- [6] P. Hopkins, M. Schmidt, First-order layering and critical wetting transitions in nonadditive hard-sphere mixtures, *Phys. Rev. E.* 83 (2011) 050602. <https://doi.org/10.1103/PhysRevE.83.050602>.
- [7] P. Hopkins, M. Schmidt, Radial distribution functions of non-additive hard sphere mixtures via Percus' test particle route, *J. Phys. Condens. Matter.* 23 (2011) 325104. <https://doi.org/10.1088/0953-8984/23/32/325104>.
- [8] M. Dijkstra, Phase behavior of nonadditive hard-sphere mixtures, *Phys. Rev. E.* 58 (1998) 7523–7528. <https://doi.org/10.1103/PhysRevE.58.7523>.
- [9] R. Fantoni, A. Santos, Depletion force in the infinite-dilution limit in a solvent of nonadditive hard spheres, *J. Chem. Phys.* 140 (2014) . <https://doi.org/10.1063/1.4884353>.
- [10] H. Nakamura, T. Mitsuoka, M. Ishii, Microstructures and optical features of polymer-immobilized non close-packed colloidal crystalline array, *J. Appl. Polym. Sci.* 102 (2006) 2308–2314. <https://doi.org/10.1002/app.24446>.
- [11] A. Toyotama, T. Okuzono, J. Yamanaka, Spontaneous formation of eutectic crystal structures in binary and ternary charged colloids due to depletion attraction, *Sci. Rep.* 6 (2016) 23292. <https://doi.org/10.1038/srep23292>.
- [12] A. McPherson, Crystallization of proteins from polyethylene glycol, *J. Biol. Chem.* 251 (1976) 6300–6303.

業績紹介 (2019~2020)

生物資源学科

原著論文

- Sato, T., Suzuki, Y., Naito, M., Minami, A., Suzuki, N., Yaegashi, K. and Hirano, T. (2019) Overexpression of the laccase gene, *lcc1*, *Lentinula edodes* using the pChG vector. *Mycoscience* 60: 246-249. (作物学研究室)
- Tsutsumi S., Mochizuki, M., Sakai, K., Ieda, A., Ohara, R., Mitsui S., Ito, A., Hirano, T., Shimizu, M. and Kato, M. (2019) Ability of *Saccharomyces cerevisiae* MC87-46 to assimilate isomaltose and its effects on sake taste. *Scientific Reports* 9: 13908. (作物学研究室)
- Suzuki, Y. and Y. Nagata (2019) Postharvest ethanol vapor treatment of tomato fruit stimulates gene expression of ethylene biosynthetic enzymes and ripening related transcription factors, although it suppresses ripening. *Postharvest Biology and Technology* 152: 118-126. (園芸学研究室)
- Suzuki, S., Y. Momose, and T. Yamanashi (2019) The optimum harvesting time of spinach grown hydroponically with the quantitative nutrient management method of nutrient solution is on the day when nitrate ions in the solution are depleted. *Sci.Rept.Fac. Agr.,Meijo Univ.* 55: 1-6. (園芸学研究室)
- 加藤周平・鈴木茂敏 (2019) 養液栽培で育てたナスの葉柄汁液中硝酸イオン濃度に基づいた栄養診断. 名城大農学報. 55:7-14. (園芸学研究室)
- Tsuro, M., K. Tomomatsu, C. Inukai, S. Tsujii and S. Asada (2019) RNAi targeting the gene for 1,8-cineole synthase induces recomposition of leaf essential oil in lavandin (*Lavandula X intermedia* Emeric). *In Vitro Cellular and Developmental Biology - Plant* 55: 165-171. (園芸学研究室)
- 松井祐介, 岡崎雄平, 古家加菜, 島谷善平, 寺田理枝 (2020) CAPS 解析によるターゲティングゲノム編集イネの同定. —ターゲティングゲノム編集技術の確立を目指して—. 名城大学総合研究所 紀要 第25号 69-72. (遺伝育種学研究室)
- Maki, H., Sakaoka, S., Itaya, T., Suzuki, T., Mabuchi, K., Amabe, T., Suzuki, N., Higashiyama, T., Tada, Y., Nakagawa, T., Morikami, A. and Tsukagoshi, H*. (2019) ANAC032 regulates root growth through the MYB30 gene regulatory network. *Sci. Rep.* 9(1) : 11358. (植物分子遺伝学研究室)
- Jinno, K., Kimura, W., Komatsu, M., Miura, M., Sakoka, S., Nomoto, M., Tada, Y., Morikami, A. and Tsukagoshi H*. (2019) Rapid and easy method for in vitro determination of transcription factor binding core motifs. *Biosci. Biotechnol. Biochem.* 83(12) : 2276-2279.
- Cumagun, C. J. R., B. A. McDonald, M. Arakawa, V. L. Castroagudin, A. M. Sebbenn and P. C. Ceresini (2020) Population genetic structure of the sheath blight pathogen *Rhizoctonia solani* AG-1 IA from rice fields in China, Japan and the Philippines. *Acta Sci. Agr.* 42, e42457. (植物病理学)
- Abe J, Uefune M, Yoneya K, Shiojiri K, Takabayashi J (2020) Synchronous Occurrences of the Diamondback Moth (Lepidoptera: Plutellidae) and its Parasitoid Wasp *Cotesia vestalis* (Hymenoptera: Braconidae) in Greenhouses in a Satoyama Area. *Environmental Entomology*, 49: 10-14. (昆虫学研究室)
- Steven S, Uefune M, Ozawa R, Takabayashi J, Kainoh Y (2019) Oviposition experience of parasitoid wasps with nonhost larvae affects their olfactory and contact-behavioral responses toward host- and nonhost-infested plants. *Journal of Chemical Ecology*, 45: 402-409. (昆虫学研究室)
- 磯前秀二 (2019.6.4) 令和の農業政策の大局観 - AI 活用による「規模の経済」に焦点を - . 中部経済新聞 (生物資源経済学)

学会発表

(国内学会一般講演)

- 平野達也・杉村優有・平野美奈子・道山弘康 (2020) α -アミラーゼ遺伝子、RAmy2A に関する高収量イネ品種タカナリの発現抑制システムにおける収量構成要素の解析. 日本作物学会第249回講演会、2020年3月27日、つくば (作物学研究室)
- 鈴木茂敏. 暗条件で胚軸を伸長させたハツカダイコンの胚軸部への送風が胚軸の肥大に及ぼす影響. 園芸学会令和元年度秋季大会、島根大学 (島根)、2019年9月15-16日 (園芸学研究室)
- 津呂正人・坂口瑠菜・友松航基・阿部洋司・浅田怜志. 精油の生産が著しく抑制されたラバンジン葉の特徴. 園芸学会令和元年度秋季大会、島根大学 (島根)、2019年9月15-16日
- 塚越啓央 (2019) 根の発達に活性酸素種が果たす役割 ~成長制御とストレス応答のかなめとして~. 日本バイオスティミラント協議会 第2回講演会 (招待) 7月23日、東京 (植物分子遺伝学研究室)
- Uefune M, Abe J, Urano S, Nagasaka K, Takabayashi J (2019) The use of plant volatiles that attract the parasitoid wasp *Cotesia vestalis* for the biological control of diamondback moth larvae. The 35th annual meeting of the International Society of Chemical Ecology, June 4, Atlanta (昆虫学研究室)
- 鎌井恵美・樋口優太・高田悠斗・小澤理香・松井健二・高林純示・山岸健三・上船雅義 (2020) コケ植物 - ハダニ - 天敵間の匂いを介した相互作用. 第64回日本応用動物昆虫学会大会, 3月16日, 名城大学 (昆虫学研究室)

- 桶本侑加・山岸健三・上船雅義 (2020) タバコカスミカメの天敵涵養植物についての評価. 第 64 回日本応用動物昆虫学会大会, 3 月 16 日, 名城大学 (昆虫学研究室)
- 山腰美帆・久保田千晶・山岸健三・上船雅義 (2020) タイリクヒメハナカメムシのおこぼれ採餌に及ぼす系統の影響. 第 64 回日本応用動物昆虫学会大会, 3 月 16 日, 名城大学 (昆虫学研究室)
- Takaishi M, Uefune M, Nishihama R, Kohchi T, Koeduka T, Matsui K (2019) 12-Oxo-phytodienoic acid (OPDA) in liverwort *Marchantia polymorpha* contributes to defense against herbivores. 8th Asian-Oceanian Symposium on Plant Lipids, November 21, Canberra (昆虫学研究室)

著書

- 伊藤隆・飯島知明・石井昌浩・磯前秀二・岩崎正彌・大津寄章三・岡崎久彦・鎌田隆・小林達雄・小林弘和・島田洋一・高城淳之・高橋勝也・川上和久・田中英道・長尾一紘・中山理・新田均・藤井聡・百地章・八木秀次・力丸剛・渡部昇一・渡辺利夫 (2020.3.24) 『最新 新しいみんなの公民』, 育鵬社 (生物資源経済学)
- 伊藤隆・飯島知明・石井昌浩・磯前秀二・岩崎正彌・大津寄章三・岡崎久彦・笠谷和比古・鎌田隆・小林達雄・小林弘和・島田洋一・高城淳之・高橋勝也・川上和久・田中英道・長尾一紘・中山理・新田均・藤井聡・宮尾亨・百地章・八木秀次・力丸剛・渡部昇一・渡辺利夫 (2020.3.24) 『最新 新しい日本の歴史』, 育鵬社 (生物資源経済学)

応用生物化学科

原著論文

- Ito S, Sakai K, Vladislav Gamaleev, Ito M, Hori M, Kato M, Shimizu M. Oxygen radical based on non-thermal atmospheric pressure plasma alleviates lignin-derived phenolic toxicity in yeast. (2020) *Biotechnol Biofuels* 13, 18. (応用微生物学研究室)
- Tsutsumi S, Mochizuki M, Sakai K, Ieda A, Ohara R, Mitsui S, Ito A, Hirano T, Shimizu M, Kato M. Ability of *Saccharomyces cerevisiae* MC87-46 to assimilate isomaltose and its effects on sake taste. (2019) *Sci Rep* 9, 13908. (応用微生物学研究室)
- Masashi Kato, Motoyuki Shimizu. Study on biomass degradation by filamentous fungi and its contribution to Sustainable Development Goals (SDGs). (2020) *JSM Mycotoxins, in press*. (応用微生物学研究室)
- 鈴木裕満・志水元亨 (2019) 糸状菌のセクレトームに隠された宝を探せ! 生物工学開始バイオメディア 9710_Biomedica_3. (応用微生物学研究室)
- Minato K., Mizuno M., Immunomodulating Glucans can Influence Innate Immunity and Prevent Inflammatory Disease, *Advances in Health and Disease* Volume 15, Nova Science Publishers, 2019 (栄養・食品学研究室)
- 村橋誉将・芳賀聖一・長澤麻央・林 利哉 (2019) 低温で増殖可能な乳酸菌を添加したソーセージの嗜好性に関する研究. 名城大学総合研究所 総合学術研究論文集, 4: 87-95. (食品機能学研究室)
- Hashimoto, K., K. Amano, N. Nishi, and T. Sakka (2019) Integral equation theory based method to determine number density distribution of colloidal particles near a substrate using a force curve from colloidal probe atomic force microscopy, *Journal of Molecular Liquids*, 294, 111584. (生物物理化学研究室)
- Furukawa, S., K. Amano, T. Ishihara, K. Hashimoto, N. Nishi, H. Onishi, and T. Sakka (2019) Enhancement of stratification of colloidal particles near a substrate induced by addition of non-adsorbing polymers, *Chemical Physics Letters*, 734, 136705. (生物物理化学研究室)
- Katakura, S., N. Nishi, K. Kobayashi, K. Amano, and T. Sakka (2020) An electric double layer structure and differential capacitance at the electrode interface of tributylmethylammonium bis(trifluoromethanesulfonyl)amide studied using a molecular dynamics simulation, *Physical Chemistry Chemical Physics*, 22, 5198-5210. (生物物理化学研究室)
- Kobayashi, Y., R. Obayashi, Y. Watanabe, H. Miyazaki, I. Miyata, Y. Suzuki, Y. Yoshida, T. Shioiri, and M. Matsugi (2019) Unprecedented Asymmetric Epoxidation of Isolated Carbon-Carbon Double Bonds by a Chiral Fluorous Fe(III) Salen Complex: Exploiting Fluorophilic Effect for Catalyst Design. *European Journal of Organic Chemistry*: 2401-2408. (天然物有機化学研究室)
- Ishihara, K., T. Shioiri, and M. Matsugi (2019) Stereospecific Synthesis of 1,5-Disubstituted Tetrazoles from Ketoximes via a Beckmann Rearrangement Facilitated by Diphenyl Phosphorazidate. *Tetrahedron Letters* 60: 1295-1298. (天然物有機化学研究室)
- Ishihara, K., T. Shioiri, and M. Matsugi (2020) S_NAr azidation of phenolic functions utilizing diphenyl phosphorazidate. *Tetrahedron Letters* 61: 151493. (天然物有機化学研究室)
- Ishihara, K., R. Obayashi, M. Gotoh, Y. Watanabe, Y. Kobayashi, K. Ishihara, T. Shioiri, and M. Matsugi (2020) A recyclable and highly stereoselective multi-fluorous proline catalyst for asymmetric aldol reactions. *Tetrahedron Letters* 61: 151657. (天然物有機化学研究室)
- Beck K.R., S.G. Inderbilen, S. Kanagaratnam, D.V. Kratschmar, A.M. Jetten, H. Yamaguchi, and A. Odermatt (2019) 11 β -Hydroxysteroid dehydrogenases control access of 7 β ,27-dihydroxycholesterol to retinoid-related orphan receptor

γ . *J. Lipid Res.* 60 : 1535-1546. (農薬化学研究室)

Beck K.R., S. Kanagaratnam, D.V. Kratschmar, J. Birk, H. Yamaguchi, A.W. Sailer, K. Seuwen, and A. Odermatt (2019) Enzymatic interconversion of the oxysterols 7 β , 25-dihydroxycholesterol and 7-keto,25-hydroxycholesterol by 11 β -hydroxysteroid dehydrogenase type 1 and 2. *J. Steroid Biochem. Mol. Biol.* 190 : 19-28. (農薬化学研究室)

Zinchenko A., H. Hiramatsu, H. Yamaguchi, K. Kubo, S. Murata, T. Kanbe, N. Hazemoto, K. Yoshikawa, and T. Akitaya (2019) Amino acid sequence of oligopeptide causes marked difference in DNA compaction and transcription. *Biophys. J.* 116 : 1836-1844. (農薬化学研究室)

学会発表

鈴木裕満・鈴木健吾・伊東昂希・酒井杏匠・高須賀太一・堀千明・志水元亨・加藤雅士 (2019) *Aspergillus nidulans* 由来の新規 rhamnogalacturonan lyase の機能解析 セルラーゼ研究会 第 33 回大会 8 月 20 日 佐久 (応用微生物学研究室)

堤星太郎・酒井杏匠・山口愛彩・都築翔・鈴木啓仁・梶村恒・志水元亨・加藤雅士 (2019) 養菌性キクイムシと共生するセルロース資化性糸状菌が生産するセルラーゼの同定と機能解析 第 71 回 日本生物工学会大会 9 月 17 日 岡山 (応用微生物学研究室)

伊藤奨・酒井杏匠・伊藤昌文・堀勝・志水元亨・加藤雅士 (2019) 酸素ラジカル処理による植物バイオマスからのバイオエタノール生産性の改善 第 71 回 日本生物工学会大会 9 月 18 日 岡山 (応用微生物学研究室)

木島尚輝・山口愛彩・大塚沙貴子・鈴木裕満・高須賀太一・堀千明・志水元亨・加藤雅士 (2019) 糸状菌 *Aspergillus nidulans* がペクチン応答的に生産する細胞外酵素の解析 第 71 回 日本生物工学会大会 9 月 18 日 岡山 (応用微生物学研究室)

森玲香・ワイズ里沙・酒井杏匠・志水元亨・加藤雅士 (2019) 白色腐朽菌 *Phanerochaete chrysosporium* 由来のシトクロム P450 CYP505D ホモログの機能解析 第 19 回糸状菌分子生物学コンファレンス 11 月 6 日 札幌 (応用微生物学研究室)

ワイズ里沙・森玲香・酒井杏匠・志水元亨・加藤雅士 (2019) 硫黄制限条件下での白色腐朽菌 *Phanerochaete chrysosporium* による塩素化芳香族化合物分解の活性化について 第 19 回糸状菌分子生物学コンファレンス 11 月 6 日 札幌 (応用微生物学研究室)

酒井優・家田明音・伊藤彰敏・寺澤薫・志水元亨・加藤雅士 (2019) クリンスイ処理栽培をした酒米の醸造評価 令和元年度 愛知県農学系 4 機関による研究交流会 11 月 25 日 名古屋 (応用微生物学研究室)

秋田剛宏・志水元亨・加藤雅士 (2019) 担子菌 *Coprinopsis cinerea* の子実体形成初期に誘導的に発現する機能未知遺伝子が子実体形成に及ぼす影響 令和元年度 愛知県農学系 4 機関による研究交流会 11 月 25 日 名古屋 (応用微生物学研究室)

曾我晃久・榊原ゆりか・祖父江真帆・木本紗蘭・塚越啓央・志水元亨・加藤雅士 (2019) 異種生物による糸状菌由来二次代謝産物の生産 令和元年度 愛知県農学系 4 機関による研究交流会 11 月 25 日 名古屋 (応用微生物学研究室)

鈴木裕満・鈴木健吾・伊東昂希・酒井杏匠・高須賀太一・堀千明・志水元亨・加藤雅士 (2019) *Aspergillus nidulans* 由来の新規ラムノガラクトンリアーゼの機能解析 令和元年日本応用糖質科学会中部支部三重講演会 12 月 13 日 津 (応用微生物学研究室)

榊原ゆりか・上條順也・酒井杏匠・村田俊輔・和久豊・志水元亨・加藤雅士 (2019) *Aspergillus saitoi* が生産する耐熱性ペクチン分解酵素の機能解析 令和元年日本応用糖質科学会中部支部三重講演会 12 月 13 日 津 (応用微生物学研究室)

家田明音・堤星太郎・三井俊・伊藤彰敏・志水元亨・加藤雅士 (2019) 花から分離した野生酵母の糖資化能が清酒の味覚に及ぼす影響 2019 年度食品科学工学会中部支部 12 月 14 日 津 (応用微生物学研究室)

Lisa Wise, Reini Mori, Motoyuki Shimizu, Masashi Kato (2020) Identification and characterization of the poly(ADP-ribose) glycohydrolase of *Aspergillus nidulans*. 15th European Conference on Fungal Genetics 2 月 17-20 日 Rome Italy (応用微生物学研究室)

曾我晃久・ワイズ里沙・酒井杏匠・志水元亨・加藤雅士 (2019) 硫黄制限条件下における白色腐朽菌 *Phanerochaete chrysosporium* による塩素化芳香族化合物分解について 農芸化学会 3 月 26 日 福岡 (応用微生物学研究室)

堤星太郎・家田明音・酒井杏匠・三井俊・伊藤彰敏・志水元亨・加藤雅士 (2019) 花から分離した野生酵母の糖資化能が清酒の味覚に及ぼす影響 農芸化学会 3 月 26 日 福岡 (応用微生物学研究室)

山下美春・辻上誠也・村田俊輔・小森誠也・志水元亨・加藤雅士 (2019) 真菌特有の bZIP 型転写因子 HapX と HapB/C/E 複合体との相互作用: HapX の N-末端ドメインの機能解析 農芸化学会 3 月 26 日 福岡 (応用微生物学研究室)

森玲香・ワイズ里沙・酒井杏匠・志水元亨・加藤雅士 (2019) 白色腐朽菌 *Phanerochaete chrysosporium* 由来の Class 3 に属するシトクロム P450 の機能解析 農芸化学会 3 月 26 日 福岡 (応用微生物学研究室)

(国内学会一般講演)

藤原由季・水野綺香・武田祐真・氏田 稔・奥村裕紀 (2019) 安定発現株を用いた ZP1 - ZP3 複合体形成機構の解明. 第 92 回日本生化学会大会, 9 月 20 日, 横浜 (生物化学研究室)

窪田真理子・西尾俊亮・松田 幹・氏田 稔・奥村裕紀 (2019) ZP 糖タンパク質が体細胞の遺伝子発現調節に関与している可能性の発見. 第 92 回日本生化学会大会, 9 月 20 日, 横浜 (生物化学研究室)

K. Minato, A. Ohara, M. Mizuno, The mushroom β -glucan, PCPS, can prevent inflammatory response, an allergic contact dermatitis, induced by DNFB in mice, ASCIA 2019 Annual Conference, 9 月, オーストラリア (栄養・食品学研究室)

R. Ando, T. Taniguchi, S. Tomita, K. Minato, Immunomodulating effects of extracts from *Lactobacillus casei* and *gasseri* -Anti-inflammatory effects on macrophage differentiation-, ICoFF2019, The 7th International Conference on Food Factors, 12月, 神戸 (栄養・食品学研究室)

(国際学会一般講演)

Katayama, K., Y. Tanaka, R. Tanizawa, M. Nagasawa and T. Hayashi (2019) Evaluation of heat induced protein degradation and food functionality in retort-processed porcine meats. 65th International Congress of Meat Science and Technology, 6 August, Potsdam, Germany (食品機能学研究室)

Marui, M., K. Adachi, T. Hayashi and M. Nagasawa (2019) Supplementary L-hydroxyproline attenuates disuse muscle atrophy-induced brain dysfunctions brains, 65th International Congress of Meat Science and Technology, 8 August, Potsdam, Germany (食品機能学研究室)

Adachi, K., M. Marui, T. Hayashi and M. Nagasawa (2019) Carnosine alleviates Motivational Deficit under Chronic Stressful-like Conditions in Mice, 65th International Congress of Meat Science and Technology, 8 August, Potsdam, Germany (食品機能学研究室)

Marui, M., K. Adachi, T. Hayashi, M. Nagasawa (2019) Tracking metabolic changes associated with retrieval in the hippocampus. Neuroscience 2019, 22 October, Chicago, USA (食品機能学研究室)

Adachi, K., M. Marui, T. Hayashi, M. Nagasawa (2019) Lipopolysaccharide induces motivational deficits like behavior mediated by alteration of brain metabolites in mice. Neuroscience 2019, 22 October, Chicago, USA (食品機能学研究室)

(国内学会一般講演)

黒川展頌・長澤麻央・高木康太・丸井萌子・足立華織・藤島遼太郎・松下裕香・林利哉 (2019) 発酵乳ホエーの血圧上昇抑制メカニズムの探索. 日本畜産学会第126回大会, 9月18日, 盛岡 (食品機能学研究室)

足立華織・丸井萌子・林利哉・長澤麻央 (2019) *Lactobacillus helveticus* の長期摂取がマウスの不安様行動に及ぼす影響. 日本畜産学会第126回大会, 9月19日, 盛岡 (食品機能学研究室)

佐藤菜穂・柴山果歩・杉浦佑依・天野瞭子・土屋奈穂・伊藤達也・西田徳親・鈴木学 (2019) 脂肪分組成の異なるソフトクリームを用いた性状比較に関する研究. 日本食品科学工学会 中部支部大会, 12月14日, 津 (食品機能学研究室)

足立華織・丸井萌子・林利哉・長澤麻央 (2019) LPS誘導性の慢性ストレスによる意欲減退モデルの構築. 第25回 Hindgut Club Japan, 12月7日, 専修大学 (食品機能学研究室)

片山康二郎・長澤麻央・林利哉 (2019) 豚肉に含まれる血圧上昇抑制ペプチドの探索. 第25回 Hindgut Club Japan, 12月7日, 専修大学 (食品機能学研究室)

黒川展頌・長澤麻央・高木康太・丸井萌子・足立華織・藤島遼太郎・松下裕香・林利哉 (2019) 発酵乳ホエーの血圧上昇抑制メカニズムの探索. 第25回 Hindgut Club Japan, 12月7日, 専修大学 (食品機能学研究室)

(国内招待講演)

天野健一 (2020) イオン液体の固液界面における溶媒和構造由来の物性の理解とその構造解析法の検討, 名古屋工業大学界面機能研究室主催・環境調和材料研究会, 1月29日, 名古屋 (名古屋工業大学 御器所キャンパス) (生物物理化学研究室)

(国際招待講演)

天野健一 (2020) Model-potential-free analysis of structure factor : Acquisition of potential between particles and its applications, 日本化学会 第100春期年会 (アジア国際シンポジウム), 3月24日, 千葉 (東京理科大学 野田キャンパス) ※コロナウイルス対策のため年会は中止となったが講演予稿集への要旨の掲載をもって発表は成立 (生物物理化学研究室)

(国際学会)

Ishihara, K., Y. Kobayashi, T. Shioiri, and M. Matsugi (2019) Stereospecific Synthesis of 1,5-Disubstituted Tetrazoles from Ketoximes via Beckmann Rearrangement Utilizing Diphenyl Phosphorazidate. The 4th International Symposium on Process Chemistry (ISPC2019), 25, July, Kyoto, Japan (天然物有機化学研究室)

Ishihara, K., T. Shioiri, and M. Matsugi (2019) Various Tetrazoles Synthesis from Ketoximes Using DPPA: Substrate Scope & Limitations. 27th International Society of Heterocyclic Chemistry Congress (27th ISHC), 3, September, Kyoto, Japan (天然物有機化学研究室)

Watanabe, Y., Y. Kobayashi, T. Shioiri, and M. Matsugi (2019) Asymmetric Epoxidation of Isolated Carbon-Carbon Double Bonds by Fluorous Fe(III) Salen Complex. International Joint Symposium on Organic Chemistry (ISONIS-12, ISMMS-5, ICAMS-2, & ICSFC), 22, November, Awaji, Japan (天然物有機化学研究室)

Ohira, M., Y. Kobayashi, T. Shioiri, and M. Matsugi (2019) Activation of Grubbs-Hoveyda Second-Generation Catalyst via Intramolecular Steric Strain Based on CH/ π Interaction. International Joint Symposium on Organic Chemistry (ISONIS-12, ISMMS-5, ICAMS-2, & ICSFC), 22, November, Awaji, Japan (天然物有機化学研究室)

Obayashi, R., K. Ishihara, K. Ishihara, Y. Kobayashi, T. Shioiri, and M. Matsugi (2019) Recyclable Proline Catalyst for Asymmetric Aldol Reaction Utilizing Medium Fluorous Strategy. International Joint Symposium on Organic Chemistry (ISONIS-12, ISMMS-5, ICAMS-2, & ICSFC), 22, November, Awaji, Japan (天然物有機化学研究室)

Ishihara, K., R. Obayashi, Y. Kobayashi, T. Shioiri, and M. Matsugi (2020) Reusable Multi-fluorous Proline Solid Catalyst for Intermolecular Asymmetric Aldol Reactions. International Research Conference on Engineering and Technology (IRCET), 9, January, Seoul, Korea (天然物有機化学研究室)

(国内学会)

石原 稿太郎・塩入 孝之・松儀 真人 (2019) DPPA によるフルオラス媒体中での Beckmann 転位経路型 1,5-tetrazole 合成. フルオラス科学研究会第 12 回シンポジウム, 10 月 18 日, 名古屋 (天然物有機化学研究室)

渡辺 優樹・小林 佑基・塩入 孝之・松儀 真人 (2019) 分子内フルオロフィリック効果を活用した鉄(III)サレン錯体の不斉空間構築と不斉エポキシ化. フルオラス科学研究会第 12 回シンポジウム, 10 月 18 日, 名古屋 (天然物有機化学研究室)

小林 佑基・大林 里帆・石原 稿太郎・塩入 孝之・松儀 真人 (2019) 固相/液相間移動型フルオラスプロリン触媒を用いる不斉アルドール反応. フルオラス科学研究会第 12 回シンポジウム・10 月 18 日・名古屋 (天然物有機化学研究室)

大林里帆・石原一輝・渡辺優樹・小林佑基・石原稿太郎・塩入孝之・松儀真人 (2019) フルオラスタグ多点導入型プロリンを用いた高立体選択的不斉アルドール反応. 第 45 回反応と合成の進歩シンポジウム・10 月 29 日・倉敷(天然物有機化学研究室)

(国際学会一般講演)

Hideaki Yamaguchi (2019) Utilization of time-lapse microscopy for understanding cancer cell growth and effects of anti-cancer drugs, Hands on Science 2019, Sept 5th, Kharkiv Ukraine (農薬化学研究室)

(国内学会一般講演)

伊藤康平・濱本博三 (2020) 超原子価ヨウ素試薬を用いるフェノール酸類の脱炭酸的酸化反応によるキノン誘導体の合成, 日本薬学会 第 140 年会回, 3 月 28 日, 仙台

特許

特願 2020-006343 志水元亨・加藤雅士. コウジ酸非生産生物によるコウジ酸の生産 (応用微生物学研究室)

その他

林 利哉・長澤麻央・小川幸彦・芳賀聖一 (2019) 低温乳酸発酵ならびに超高温加熱処理を施した筋原線維タンパク質モデル系におけるタンパク質分解と機能性発現に関する研究 (II). 食肉に関する助成研究調査成果報告書 (伊藤記念財団), 37: 84-88. (食品機能学研究室)

生物環境科学科

原著論文

Osada, N. and T. Hiura (2019) Intraspecific differences in spring leaf phenology related to tree size in temperate deciduous trees. *Tree Physiology* 39: 782-791. (植物保全学研究室)

Iwakami, S., S. Tanigaki, A. Uchino, Y. Ozawa, T. Tominaga, G.-X. Wang (2019) Characterization of the acetolactate synthase gene family in sensitive and resistant biotypes of two tetraploid weeds, *M. vaginalis* and *M. korsakowii*. *Pestic. Biochem. Physiol.* (doi: <https://doi.org/10.1016/j.pestbp.2019.12.001>). (植物保全学研究室)

Saito, H., H. Hashimoto, T. Hino and M. Motokawa (2019) How does Japanese Water Shrews *Chimarrogale platycephalus* cross the concrete walls of check dams? *Mam. Stud.* 44: 1-11. (環境動物学研究室)

杉山絢子・安藤幸来・島田比乃樹・杉浦新二郎・梶田祐基・片山好春・日野輝明 (2019) フィプロニル系育苗箱施用殺虫剤が水稲害虫の天敵効果に及ぼす影響. 名城大学総合研究所紀要, 24: 13-16. (環境動物学研究室)

日野輝明 (2020) ジオロケーターを用いてニホンリスの活動パターンを調べる. *バイオロギング会報*, 163: 7-8. (環境動物学研究室)

Kume Y, Shirai M, Mizutani Y & Niizuma Y (2019) Parental birds incubating larger clutch size regulate their field metabolic rates in response to environmental changes. *Ornithological Science* 18, 161-167. (環境動物学研究室)

庄子晶子・杉山淳・谷日向子・新妻靖章 (2019) 北海道におけるミサゴ成鳥と雛の水銀濃度ミサゴの水銀濃度. *日鳥学誌* 68:343-347. (環境動物学研究室)

牛田裕介・白井正樹・山下優希・伊藤光希・新妻靖章 (2019) コアホウドリ *Phoebastria immutabilis* におけるフォルトバーの羽根間の違い. *山階鳥類学雑誌* 51:43-52. (環境動物学研究室)

R. Oishi, Y. Imai, F. Ikemori, T. Ohura (2019) Traffic source impacts on chlorinated polycyclic aromatic hydrocarbons in PM2.5 by short-range transport. *Atmos. Environ.*, 216, 116944. (環境分析化学研究室)

M. Sakaguchi, M. Makino, T. Ohura, K. Yamamoto, Y. Enomoto, H. Takase (2019) Surface modification of Fe3O4 nanoparticles with dextran via coupling reaction between naked Fe3O4 mechano-cation and naked dextran mechano-anion: A new mechanism of covalent bound formation. *Adv. Powder Technol.*, 30, 795-806. (環境分析化学研究室)

T. Ohura, T. Suhara, Y. Kamiya, F. Ikemori, S. Kageyama, D. Nakajima (2019) Distributions and multiple sources of chlorinated polycyclic aromatic hydrocarbons in the air over Japan. *Sci. Total Environ.*, 649, 364-371. (環境動物学研究室)

Asano, K., T. Isoi, H. Murano, A. Azhar, Y.B. Pasolon and H. Ehara (2019) Colonization of roots in sago palm seedlings associated

- with commercial mycorrhizal inocula. SAGO PALM, 27: 9-14. (環境土壌学研究室)
- 磯井俊行・山田知也・大塚涼子・横山 裕・村野宏達 (2019) ダイズにおける重窒素自然存在比を用いた窒素固定量推定式の検証、名城大学総合研究所紀要、24:93-95. (環境土壌学研究室)
- 村野宏達・能登日南子・深松将太・森田啓介・磯井俊行 (2019) 稲わらを多量に投入した水田土壌中の可給態窒素の動態—メタン生成水田における地力窒素の把握に向けて—、名城大学総合研究所紀要、24:105-108. (環境土壌学研究室)
- 近藤 歩・伊藤彰規・船隈 透 (2019) 高塩濃度土壌におけるマツバギクの NaCl 集積能. 日本土壌肥料科学雑誌, 90: 138-146 (植物機能科学研究室)
- Y. Fukuyama, T. Ojima-Kato, S. Nagai, K. Shima, S. Funatsu, Y. Yamada, H. Tamura, S. Nomura, K. Ogata, S. Sekiya, S. Iwamoto and K. Tanaka. Improved MALDI-MS method for highly sensitive and reproducible detection of the biomarker peaks for proteotyping of *Salmonella* serotype. *J. Mass Spectrom.*, 54, 966-975, 2019 (環境微生物学研究室)
- 田端敬三・橋本啓史・森本幸裕 (2020) 下鴨神社社の森での主要樹種の大規模台風による被害の特性. ランドスケープ研究 83: 721-724. [原著論文] (査読あり) (ランドスケープ・デザイン学研究室)
- 尾羽秀晃・風間健太郎・橋本啓史・永井雄宇・朝野賢司 (2020) 洋上風力発電の促進区域選定における海鳥への影響評価に関する考察. 電力中央研究所研究資料 NO. Y19506. pp61, 一般財団法人電力中央研究所 [資料] (査読なし) (ランドスケープ・デザイン学研究室)

学会発表 (国際学会)

- Sakai, M., W. Jiang, W. Li, G. Fukuoka, G.-X. Wang. 2019. Photosynthetic inorganic carbon acquisition in 10 paddy weeds. 5th International Symposium on Natural Resources and Environmental Restoration under the Academic Exchange among Meijo University, China Three Gorges University, Seoul National University and University of Florida. 23-29 June 2019, Seoul, South Korea. (植物保全学研究室)

(国内学会)

- 長田典之. 2020. 常緑広葉樹二次林における展葉フェノロジーと被食率の関係. 第 67 回日本生態学会 名古屋 (大会は中止だったが学会により業績として認められている) (植物保全学研究室)
- 久保貴寛・長田典之. 2020. シュート形態からみた林床における樹木 10 種の受光方法の種間比較. 第 67 回日本生態学会 名古屋 (大会は中止だったが学会により業績として認められている) (植物保全学研究室)
- 佐伯いく代・丹羽慈・長田典之・東若菜・日浦勉. 2020. 森林の分断化が陸産出貝類に与える影響. 第 67 回日本生態学会 名古屋 (大会は中止だったが学会により業績として認められている) (植物保全学研究室)
- 蔣 維・李 偉・福岡 豪・汪 光熙. 2019. Photosynthetic inorganic carbon acquisition of *Ottelia alismoides* in Japan. 第 58 回日本雑草学会 高松 2018 年 4 月 20 日. (植物保全学研究室)
- 新妻靖章・谷日向子. ウミネコにおける水銀汚染の繁殖成績と行動への影響. 令和元年度メチル水銀研究ミーティング. 2019 年 12 月 (招待) (環境動物学研究室)
- 永谷奈央・大門純平・白井正樹・新妻靖章. 育雛初期におけるウトウの親鳥エネルギー消費量と雛の成長速度の関係. 日本鳥学会 2019 年度大会. 2019 年 09 月. (環境動物学研究室)
- 新妻靖章・梅山愛加・白井正樹. ウミスズメ類の繁殖地の緯度と空気中対水上の休息時代謝量の関係. 日本鳥学会 2019 年度大会. 2019 年 09 月. (環境動物学研究室)
- 谷日向子・新妻靖章・水谷友一. 野生化ウミネコ (*Larus crassirostris*) における水銀汚染の影響. 日本鳥学会 2019 年度大会. 2019 年 09 月 (環境動物学研究室)
- Hinako Tani, Yasuaki Niizuma. MERCURY CONTAMINATIONS OF BLACKTAILED GULLS (*LARUS CRASSIROSTRIS*) AT KABUSHIMA ISLAND. 2020 Pacific Seabird Group 47th Annual Meeting. 2020 年 2 月. (環境動物学研究室)

(国際学会一般講演)

- Y. Imai, F. Ikemori, T. Ohura: Seasonally size distributions and sources of chlorinated polycyclic aromatic hydrocarbons in urban air, Japan. 26th International Symposium on Polycyclic Aromatic Compounds (ISPAC), September 9-12, 2019, Orebro, Sweden. (環境分析化学研究室)

(国内学会一般講演)

- 平林 卓・今井 悠・Keerthi S Guruge・Tilak S Dharmarat・大浦 健: Orbitrap GC/MS を用いたハロゲン化多環芳香族炭化水素の高感度分析法の開発ならびに水環境試料への適応. 第 28 回環境化学討論会. 2019 年 6 月 12 日 ~ 14 日. さいたま (環境分析化学研究室)
- 安藤 薫・中村嘉孝・中島聡美・村野宏達・瀧 勝俊 (2019) 愛知県野菜畑におけるカリウム供給源となる粘土鉱物とトウモロコシによる土壌カリウム利用性. 2019 年度日本土壌肥料学会中部支部・中部土壌肥料研究会例会 (名古屋) 2019 年 11 月 27 日 ~ 28 日 (環境土壌学研究室)
- 渡邊 学・熊谷初美・村上政伸・村野宏達・窪田 聡 (2019) ハイブッシュブルーベリーにおいて夏秋季開花する新梢中の C/N 率, アブジジン酸およびサイトカイニン濃度. 園芸学会令和元年度 (2019 年度) 秋季大会. (松江) 2019 年 9 月 15 日 ~

16日 (環境土壌学研究室)

- 磯井俊行・山崎千尋・南濱豊大・澤田拓歩・菊田有真・飯田謙二・村野宏達 (2019) 自然栽培および慣行栽培圃場におけるアーバスキューラー菌根菌の生息. 日本土壌肥科学会 2019 年大会. (静岡) 2019 年 9 月 3 日～5 日 (環境土壌学研究室)
- Asano, K., A. Azhar, M. Takagi, F. Audia, H. Murano, T. Isoi, H. Naito, D. Makihara, H. Ehara (2019) Comparison of seeding growth of sago palm under different fertilizer application. サゴヤシ学会第 28 回講演会. (豊島) 2019 年 5 月 25 日 (環境土壌学研究室)
- 福山裕子・加藤晃代・永井里美・島圭介・船津慎治・山田賢志・田村廣人・野村静男・緒方是継・関谷禎規・岩本慎一・田中耕一, *Salmonella* の血清型レベルのプロテオタイピングのための MALDI-MS 分析法の開発, 第 67 回質量分析総合討論会 2019 つくば, 2019 年 5 月 15 日から 17 日 (環境微生物学研究室)
- Y. Fukuyama, T. Ojima-Kato, S. Nagai, K. Shima, S. Funatsu, Y. Yamada H. Tamura, S. Nomura, K. Ogata, S. Sekiya, S. Iwamoto, K. Tanaka, Improved MALDI-MS method in stability and reproducibility of peak detection of the biomarkers for proteotyping of *Salmonella* serotypes, ASMS Conference, June 2 - 6, 2019, Atlanta, GA, USA (環境微生物学研究室)
- H. Tamura, The GET system-A novel technology permitting self-sufficient, renewable energy from rice straw in paddy fields-, Natural Resources and Environmental Restoration Annual Symposium, 25 June 2019, Seoul National University, Korea (環境微生物学研究室)
- H. Tamura, Y. Ido, K. Kato, A. Fujita, S. Nagai, N. Takahashi, Y. Tsujimoto, Discrimination of *Bacillus thuringiensis* from other *B. cereus* group based on proteotyping by MALDI-TOF MS, IUPAC ICCPC, May 19-24, 2019, Ghent, Belgium (環境微生物学研究室)
- 高橋尚美・富松優美子・齋藤あゆみ・永井里美・辻本義憲・田村廣人, MALDI-TOF MS を用いた *Bacillus cereus* 集落からの嘔吐毒直接検出法の開発, 第 40 回日本食品微生物学会学術総会, 東京, 11 月 28-29, 2019 (環境微生物学研究室)
- 田村廣人・藤田 茜・井戸陽介・加藤健二・永井里美・高橋尚美・辻本義憲. MALDI-TOF MS を用いた *Bacillus cereus* グループのプロテオタイピング, 第 45 回日本農薬学会, 大阪市, 3 月 8-9 日, 2020 (環境微生物学研究室)

(国際学会一般講演)

- Hashimoto, H. (2019) Spreading patterns of breeding birds in the urban woods of Nagoya City, Japan. IALE World Congress 2019, 2 July, Milan, Italy (ランドスケープ・デザイン学研究室)

(国内学会一般講演)

- 橋本啓史・長谷川泰洋・西部めぐみ (2019) 名古屋市相生山緑地の土壌化学性に地形と現在・過去の土地利用が及ぼす影響. 日本景観生態学会第 29 回京都大会, 6 月 1 日, 京都市 (ランドスケープ・デザイン学研究室)
- 児島利治・太田貴大・橋本啓史・長谷川泰洋・竹島喜芳 (2019) 流域圏保全学に向けた森林統合評価の試み. 水文・水資源学会 2019 年度研究発表会, 9 月 13 日, 習志野市 (ランドスケープ・デザイン学研究室)
- 橋本啓史 (2019) タブレット端末用アプリによる飛翔軌跡の記録の試み. 日本鳥学会 2019 年度大会, 9 月 14 日, 東京 (ランドスケープ・デザイン学研究室)
- 橋本啓史 (2020) Tambo Mosaics: 濃尾平野における水田環境の時空間的变化. 第 67 回日本生態学会大会, 3 月 8 日, 名古屋 (大会発表中止となったが, ウェブ上要旨にある研究成果を学会が業績として認める) (ランドスケープ・デザイン学研究室)

著書

- 長田典之 (2019) 光合成と葉の生理生態. 森林生態学 (石井弘明ほか編). 朝倉書店 (植物保全学研究室)
- 磯井俊行・大場正春 (2019) 農学部附属農場における再生可能エネルギーを用いたエネルギー自立型温室の建設, 名城大学 環境・安全報告書 2018 19-22. (環境土壌学研究室)
- 村野宏達 (2019) 各務原台地のくろぼくど～各地にみられる黒ボク土との関係～, 跡、濃尾・各務原地名文化研究会, 4: 28-36. (環境土壌学研究室)
- 平井英明・鳴川哲也・福田 直・森 圭子・村野宏達・赤羽幾子・白戸康人・江口定夫 (2019) いま改めて問う, 土をどう教えるか - 土壌教育の再設計と未来の学習指導要領 -, 日本土壌肥科学雑誌 90: 171-176. (環境土壌学研究室)

特許

- 田村廣人他, 特願 2019092057 (環境微生物学研究室)

農場

原著論文

- Tsuro M., N. Kondo, M. Noda, K. Ota, Y. Nakao and S. Asada (2019) *In vitro* induction of autotetraploid of Roman chamomile (*Chamaemelum nobile* L.) by colchicine treatment and essential oil productivity of its capitulum. *In Vitro Cellular & Developmental Biology - Plant*. 52:479-483. (フィールドサイエンス研究室)
- Waki, T., R. Mameda, T. Nakano, S. Yamada, M. Terashita, K. Ito, N. Tenma, Y. Li, N. Fujino, K. Uno, S. Yamashita, Y. Aoki, K.

- Denessiouk, Y. Kawai, S. Sugawara, K. Saito, Ke. Yonekura-Sakakibara, Y. Morita, A. Hoshino, S. Takahashi and T. Nakayama (2020) A conserved strategy of chalcone isomerase-like protein to rectify promiscuous chalcone synthase specificity. *Nature Communications* 11: 870. (フィールドサイエンス研究室)
- Honda, M., H. Ishikawa and Y. Hayashi (2019) Alterations in lycopene concentration and Z-isomer content in egg yolk of hens fed all-E-isomer-rich and Z-isomer-rich lycopene. *Animal Science Journal* 90: 1261-1269. (フィールドサイエンス研究室)
- Honda, M., H. Kageyama, T. Hibino, R. Waditee-Sirisattha, T. Fukaya, Y. Hayashi and M. Goto (2020) Chemical-free approach for Z-isomerization of lycopene in tomato powder: Hot air and superheated steam heating above the melting point of lycopene. *European Journal of Lipid Science and Technology* 122: 1900327. (フィールドサイエンス研究室)
- 林義明・玉木順子・永石俊夫 (2020) キノコ廃菌床飼料の給与が採卵鶏の産卵性、消化性および免疫能に及ぼす影響. *名城大学総合研究所紀要* 25: 95-98. (フィールドサイエンス研究室)

資料

- 塩崎修志・鈴木俊二・中尾義則・望岡亮介 (2019) *American Journal of Enology and Viticulture* 論文の概要 (Vol. 70, No. 2 & No. 3) Viticulture 関係. *日本ブドウ・ワイン学会誌* Vol. 30 (1): 25-34. (フィールドサイエンス研究室)
- 塩崎修志・鈴木俊二・中尾義則・望岡亮介 (2018) *American Journal of Enology and Viticulture* 論文の概要 (Vol. 70, No. 4 & Vol. 71, No. 1) Viticulture 関係. *日本ブドウ・ワイン学会誌* Vol. 30 (3): 143-152. (フィールドサイエンス研究室)

学会発表

- Chujo, S., Y. Nakao, N. Kawasaki, T. Morita and Y. Morita (2019) Blue light-emitting diode (LED) irradiation accelerates coloring of wine grapes. 70th American Society of Enology and Viticulture National Conference. 6月17-20日. アメリカ合衆国カリフォルニアアナバ. (フィールドサイエンス研究室)
- Hayashi, Y. and J. Tamaki (2019) Effects of spent mushroom substrate feeding on egg production and feed digestibility of layers. The 2nd International Conference on Inventions and Innovations for Sustainable Agriculture. 8月16日. Bangkok, Thailand. 招待発表. (フィールドサイエンス研究室)
- 田中友真・森田隆史・北崎義春・中田勝也・田原隆男 (2019) スポットヒーターを用いた局所加温が果菜の生育および収量に及ぼす影響. 令和元年度園芸学会東海支部会. 8月30日. 名城大学天白キャンパス. (フィールドサイエンス研究室)
- 高橋悠介・小西佑・鹿野剛輝・森田隆史・増田修治・三輪憲一 (2019) ソーラーシェアリング施設下における野菜の生育について. 令和元年度園芸学会東海支部会. 8月30日. 名城大学天白キャンパス. (フィールドサイエンス研究室)
- 林義明・石川大登・本田真己 (2019) 採卵鶏への異なるリコピン含量の飼料給与が卵黄中リコピンと卵質に及ぼす影響. 日本家禽学会 2019 年度秋季大会. 9月17日. 盛岡. (フィールドサイエンス研究室)
- 林義明・石川大登・本田真己 (2019) 採卵鶏へのリコピン異性体比率の異なる飼料給与が卵黄中リコピンと卵質に及ぼす影響. 日本畜産学会第126回大会. 9月18日. 盛岡. (フィールドサイエンス研究室)
- Shah, M. K., Y. Hayashi and H. Kumagai (2019) Possibilities on goat rearing system and trading as meat resources in Nepal. IGA Asian Regional Conference on Goats. 10月20日. Chitwan, Nepal. (フィールドサイエンス研究室)
- Hayashi, Y. and H. Sangawa (2019) Different profiles of goat and cattle manure derived from the same feeding condition. IGA Asian Regional Conference on Goats. 10月21日. Chitwan, Nepal. (フィールドサイエンス研究室)
- Hayashi, Y. (2019) Current status and future possibilities of goat and buffalo productions in developing countries. 7th International Conference of Sustainable Animal Agriculture for Developing Countries. 11月9日. Pokhara, Nepal. (フィールドサイエンス研究室)
- Shah, M. K., K. P. Dhungana, P. Sharma and Y. Hayashi (2019) Current status and constraints on Buffalo rearing in the western hill of Nepal. 7th International Conference of Sustainable Animal Agriculture for Developing Countries. 11月11日. Pokhara, Nepal. (フィールドサイエンス研究室)
- 中條澄礼・中尾義則 (2019) 露地栽培において青色LED照射がワイン用ブドウ‘メルロー’の着色に及ぼす影響. 令和元年度愛知県農学系4機関による研究交流会. 11月25日. 名古屋大学. (フィールドサイエンス研究室)
- 林義明・上野真椰・益子知実 (2020) 乳用ヤギの放牧飼養に利用する耕作放棄地の野草成分. 第21回日本山羊研究会. 3月25日. オンライン. (フィールドサイエンス研究室)
- 林義明・本田真己・川嶋祐貴 (2020) 採卵鶏へのアスタキサンチン異性体比率の異なる飼料給与が卵黄中アスタキサンチンと卵質に及ぼす影響. 日本家禽学会 2020 年度春季大会. 3月28日発表扱い. (フィールドサイエンス研究室)

特許

- 林 義明 特許出願番号: 特願 2019-031249 発明の名称: リコピン含有家禽卵、産卵家禽用飼料、及びリコピン含有家禽卵の生産 (フィールドサイエンス研究室)
- 林 義明 特許出願番号: 特願 2020-030453 発明の名称: シス型キサントフィル組成物および使用方法 (フィールドサイエンス研究室)