

山陽女子短期大学紀要

第 45 号

2024

BULLETIN
OF
SANYO WOMEN'S COLLEGE

No.45

March, 2024

CONTENTS

Originals

Behavior of Lethality in Low—Temperature Cooking and Inactivation by Hydrostatic Pressure—Induced Germination of Psychrophilic Spore—Forming Bacteria.

.....Yoko Morikawa, Takashi Okazaki, Chiharu Tokunaga 1

Sterilization of Bacillus spores in Japanese curry: Comparison between pressure cooking and ordinary cooking

.....Konomi Matsuzaki, Takashi Okazaki 9

Reports

Development of the educational method for learning of the enzyme activity mechanism in biochemical laboratory practicum.

.....Koji Kubota, Miwa Okamura 18

Originals

Hiroyuki Itsuki and Anarchism ; Considering 'Torinouta' as a Clue

.....Hiroshi Marukawa —

山陽女子短期大学紀要

第45号

2024年3月

目 次

原著論文

低温調理における低温性芽胞菌の死滅挙動と静水圧発芽誘導による殺菌森川 陽子, 岡崎 尚, 徳永 千晴	1
---	---

カレーの圧力調理と常圧調理を比較した芽胞菌の殺菌松崎 好, 岡崎 尚	9
---	---

報告

生化学検査学実習における, 酵素作用機序の習得法の検討久保田 耕司, 岡村 美和	18
---	----

山陽女子短期大学紀要投稿規程

原著論文

五木寛之とアナーキズム - 『鳥の歌』を手がかりにして -丸川 浩	一
--	---

山陽女子短期大学紀要

〈原著論文〉

低温調理における低温性芽胞菌の死滅挙動と静水圧発芽誘導による殺菌

森川 陽子¹⁾, 岡崎 尚¹⁾, 徳永 千晴²⁾

1) 食物栄養学科, 2) 臨床検査学科

要 約

低温調理 (50 ～ 70℃) における低温性芽胞形成細菌 (*Bacillus cereus*, *Bacillus simplex*, *Paenibacillus chibensis* および *Paenibacillus polymyxa*) が形成する芽胞の死滅率を調べるとともに, 静水圧による発芽誘導を活用した殺菌方法を検討した. これらの芽胞の耐熱性を調べたところ, 芽胞の死滅速度 $D_{95^{\circ}\text{C}}$ およびその温度係数 Z 値は 3 ～ 14 分, 8 ～ 10℃ を示し, 50 ～ 70℃ の低温調理では殺菌が難しいと思われた. 実際に, 50, 60 および 70℃ で 24 時間加熱処理を行ったところ, 70℃ では芽胞を約 1 桁減らす殺菌効果があったが, 50 および 60℃ では殺菌効果がなかった. 栄養成分の多い Glucose Broth (GB) および栄養成分の少ないコンソメスープ培地 (CS) を使って, 60 MPa・40℃・1 時間の静水圧発芽誘導処理を行い, 続けて 60℃ で 1 時間の低温調理を行ったところ, GB で 5 桁, CS で 2 ～ 3 桁の芽胞の減少が得られ, GB の方が CS よりも殺菌効果が大きかった. また, GB への 0% と 3% の食塩添加では有意な変化がなかったが, 6% の食塩添加により有意に *B. cereus* および *P. polymyxa* の芽胞の殺菌を抑制した. *B. simplex* および *P. chibensis* の芽胞ではその抑制はみられなかった. これらの結果から, 50 ～ 70℃ の低温調理では芽胞の殺菌は難しいが, 低温調理に静水圧発芽誘導を併用すると 2 ～ 5 桁の殺菌効果が期待できることが明らかになった. さらに, 培地栄養成分の多少や食塩の添加が, 殺菌効果に影響することが示唆された.

キーワード

低温調理, 芽胞, 低温性芽胞形成細菌, 静水圧発芽誘導

緒 言

近年, 食材の風味や柔らかさを保つ“低温調理”という調理法が注目されている. 食材, 特に魚肉類を高温加熱調理すると, タンパク質の変性により食材は硬くなってしまう. しかし, タンパク質の変性を抑えるような低い温度帯で調理することで, 風味良く, 柔らかく仕上げる

ことができる. この方法は飲食業界だけではなく, 家庭での料理にも波及している. また, 低温調理についての研究も増えており, 食品素材に対するテクスチャーやうま味成分への影響など新しい知見も多く見られる¹⁾²⁾. 一方で, 低温での調理ゆえに殺菌不足による食中毒のリスクも高い³⁾.

低温調理の安全性については、牛肉・豚肉・鶏肉を安全に調理する方法が様々な媒体で公開されている³⁾。また、加熱食肉製品⁴⁾や牛乳⁵⁾の加熱殺菌は、「63°Cで30分間加熱殺菌するか、又はこれと同等以上の殺菌効果を有する方法で加熱殺菌すること」等と記載されており、この条件が低温調理の安全な加熱条件として適用されていることが多い。しかしながら、この殺菌条件では中温性芽胞菌が生残しているため、その保存は原則として10°C以下と定められている⁴⁾⁵⁾。さらに、4～10°Cの低温でも発育可能な低温性芽胞菌が生残しているため⁶⁾⁷⁾⁸⁾、低温調理による料理や加工食品は冷蔵保存であっても腐敗に注意する必要がある。低温性芽胞菌の低温調理温度帯(50～70°C)における死滅率は、極めて低い値になることが予想されるが⁹⁾¹⁰⁾、実際に低温調理が行われたときの低温性芽胞菌の死滅挙動は示されていない。

そこで著者らは、最初に低温調理における低温性芽胞菌の死滅挙動を明らかにするために、低温調理での温度域で芽胞の死滅速度D値と温度係数Z値を求めた。さらに、低温調理によって生残する芽胞を殺菌するため、静水圧による発芽誘導の適用を試みた¹¹⁾⁻¹⁴⁾。この方法は適温で芽胞に静水圧を負荷すると、芽胞の発芽を誘発させるものであり¹²⁾¹³⁾、耐熱性を失った発芽芽胞を低温調理の温度帯で殺菌することが可能となる¹⁴⁾¹⁵⁾。

I 実験方法

1 供試菌および芽胞の調製

Bacillus cereus [(社)日本缶詰びん詰レトルト食品協会研究所, No. 1532)], *Bacillus simplex* (同, No. 2501), *Paenibacillus polymyxa* (同, No. 1806) および *Paenibacillus chibensis* (同, No. 2601) を実験に供した。いずれの菌株もチルド食品(10°C以下流通)から分離されたものである。芽胞の増菌には Glucose Broth (以下 GB) を用いた。GB の調製は、酵

母エキス (D-3H, 日本製薬株式会社) 3 g, 肉エキス (LAB-LEMCO powder, 関東化学株式会社) 3 g, パクトペプトン (Becton, Dickinson and Company) 10 g, 食塩 5 g, グルコース 5 g を 1 L に溶かし, pH 7.2 に調整後, 120°C で 15 分間の高圧蒸気滅菌を行った。各芽胞液を GB に加え, 80°C で 20 分間加熱活性化し, 35 ± 1°C で 24 時間培養した。普通寒天平板培地 (日水製薬株式会社) 上に培養液を 0.1 mL 塗布し, 35 ± 1°C で 3～7 日間培養した。顕微鏡観察により芽胞形成を確認後, コンラージ棒を使い滅菌生理食塩水で培地表面から芽胞を洗い集めた。ガラスビーズを入れた遠心管に芽胞液を入れて生理食塩水で 2 回洗浄 (1500 × g, 20 分間) した。約 10⁹ CFU/mL の芽胞濃度で冷凍保存 (-80°C) した。

2 モデル食品での加熱処理

コンソメ顆粒 (味の素株式会社) 18.0 g を 1 L に溶かして用い, コンソメスープとした。このとき食塩濃度は, 0.85% となる。GB 又はコンソメスープをポリエステル製のパウチ (6 cm × 8 cm) に 9.0 mL 入れて 120°C で 15 分間の高圧蒸気滅菌を行った。静水圧発芽処理に対する食塩の影響を調べる場合, GB に食塩を 0, 3 または 6% 加えて同様に調製した。

液体培地中で芽胞数の変化を測定する場合, 約 10⁷ CFU/mL に希釈した芽胞液を 80°C で 20 分間発芽処理し, その 1 mL をパウチに注射器で注入した。加熱温度 50, 60 および 70°C で 24 時間加熱をした後にパウチから 1.0 mL を抜き取り, 段階希釈した。この希釈液を「4 芽胞数の測定」に従って, 生残芽胞数を求めた。

3 静水圧処理

手動高圧ポンプと静水圧処理槽 (55 mm φ × 120 mm) からなる静水圧処理装置 (TFS-3, 東洋高圧株式会社) を用いた。芽胞を添加した GB を 40°C の恒温槽で 15 分間調温し, 続けて静水圧処理装置で 40°C (± 5°C), 60 MPa (± 5 MPa) で 1 時間処理した。処理試料をさら

に 60°C で 1 時間加熱処理を行い, 生残芽胞数を測定した. 静水圧と加熱を併用処理する場合は, 60°C ($\pm 0.2^\circ\text{C}$) の恒温槽で 15 分間液体またはモデル食品を調温し, 直ちに 60 MPa, 60°C, 1 時間の処理後に発育したコロニーを測定した.

4 芽胞数の測定

液体培地芽胞数は, 段階希釈した試料液を標準寒天培地 (日水製薬株式会社) で 48 時間, $35 \pm 1^\circ\text{C}$ 培養後に発育した菌数とした¹⁶⁾.

5 D 値および Z 値の計算

B. cereus, *B. simplex*, *P. chibensis* および *P. polymyxa* の芽胞を GB に 1.0×10^6 CFU/mL となるよう懸濁した. これを 50 ~ 95°C に調温した恒温槽で 3~480 分間加熱し, 経時的に 1.0 mL を採取して生残芽胞数を測定した. D 値は, 加熱時間と生残芽胞数の対数値から直線を求め, その傾きの逆数を D 値 (分) とした. Z 値の算出は以下のとおり行った. D 値の算出において, 相関係数が 0.9 以上であった D 値について, D 値の対数値と加熱温度の関係から得られた直線の傾きを求め, その傾きの逆数を Z 値 ($^\circ\text{C}$) とした. なお, D 値は所定の加熱温度において微生物数を 1/10 にするのに要する加熱時間 (分), Z 値は D 値を 1/10 または 10 倍に変える温度 ($^\circ\text{C}$) と定義される¹⁷⁾¹⁸⁾.

6 死滅率の測定

GB およびコンソメスープに添加した芽胞数を N_0 (CFU/mL), 標準寒天培地で測定した加熱後の生残芽胞数を N_t (CFU/mL) とし, 死滅率は $\log (N_0/N_t)$ として計算した.

II 結果と考察

1 GB 培地中における D 値および Z 値

B. cereus, *B. simplex*, *P. polymyxa* および *P. chibensis* の芽胞を 50 ~ 95°C で加熱して生残曲線を求めた. 一例として, Fig. 1 に *B. simplex* の生残曲線を示す. 60 ~ 95°C の加熱において生残曲線は相関係数 0.925 以上の直

線となったことから, 同菌の芽胞の死滅は一次反応に従っていた. その他の菌種では, *B. cereus* では 80 ~ 95°C で相関係数が 0.933 以上, *P. chibensis* は 80 ~ 95°C で 0.971 以上, *P. polymyxa* は 80 ~ 95°C で 0.911 以上を示しており (Table 1), この温度範囲ではいずれの菌種の芽胞も一次反応に従って減少した. 一方, 50 ~ 70°C では, *B. simplex* 以外の芽胞の生残曲線の相関係数は 0.90 以下となり, 相関がとれなかった.

他の論文では, *B. cereus* の $D_{95^\circ\text{C}}$ は 2.6 ~ 14.3 分⁹⁾, 4.3 ~ 18.3 分⁷⁾ の範囲にあることが報告されており, 本結果の $D_{95^\circ\text{C}}$ (14.0 分) はこれらの値の範囲内であった. また, *Paenibacillus* 属の芽胞の $D_{90^\circ\text{C}}$ は, 3.1 ~ 20.3 分であることが示されており⁷⁾, 本結果の *P. chibensis* の $D_{90^\circ\text{C}}$ (17.3 分) および *P. polymyxa* の $D_{90^\circ\text{C}}$ (14.4 分) は報告されている値の範囲内であった.

次に, *B. simplex* の芽胞について, 各温度の D 値の対数と温度の関係を Fig. 2 に示す. この直線は高い相関が得られたことから, この直線の傾きの逆数から Z 値を求めたところ, 8.83°C となった. 報告されている同種菌の Z 値 (7.0 ~ 8.0°C)⁷⁾ に比べていくぶん高い結果となった. その他の菌種の Z 値を Table 1 に示す. *B. cereus* の Z 値は 9.34°C となり, 報告

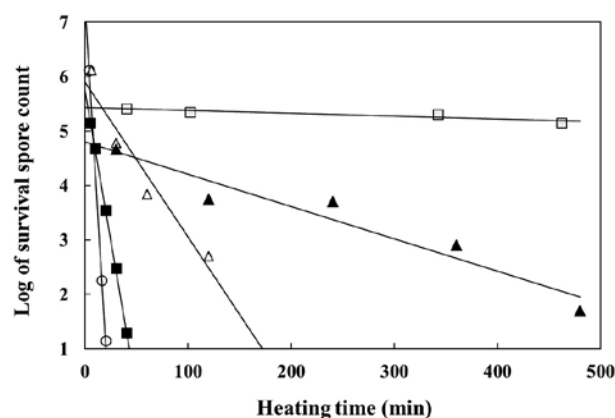


Fig. 1 Survival curves of *B. simplex* spore in a temperature range of 70-95°C

□, 70°C; ▲, 80°C; △, 85°C; ■, 90°C; ○, 95°C

Table 1 D-values and Z-values of psychrophilic bacterial spores in a temperature range of 50-95°C

Organisms	Temperature (°C)							Z-value ^{b)} (°C)	r ^{c)}	Reported Z-values ^{d)}
	95	90	85	80	70	60	50			
<i>B. cereus</i>	14.0 ^{a)} 0.943 ^{c)}	47.8 0.933	238 0.995	524 0.996	546 0.718	5000 0.322	-12800 0.483	9.34	0.992	5.7~8.7
<i>B. simplex</i>	3.19 0.999	9.07 0.999	35.8 0.989	172 0.964	1880 0.925	-5660 0.955	-2791 0.659	8.83	0.991	7.0~8.0
<i>P. chibensis</i>	3.4 0.971	17.3 0.993	82.6 0.994	164 0.994	2720 0.763	-3790 0.873	-15000 0.263	8.4	0.991	—
<i>P. polymyxa</i>	4.22 0.997	14.4 0.911	86.2 0.986	102 0.975	1580 0.841	4880 0.64	4350 0.782	10.2	0.962	7.6~9.1

^{a)} D-value is defined as heat treatment minutes at the temperature for the spore number to drop by 1 log10 cycle. ^{b)} The z-value is defined as the temperature for the D-value to change by 1 log10 cycle. ^{c)} correlation coefficient. ; ^{d)} Kobayashi T.(2021)

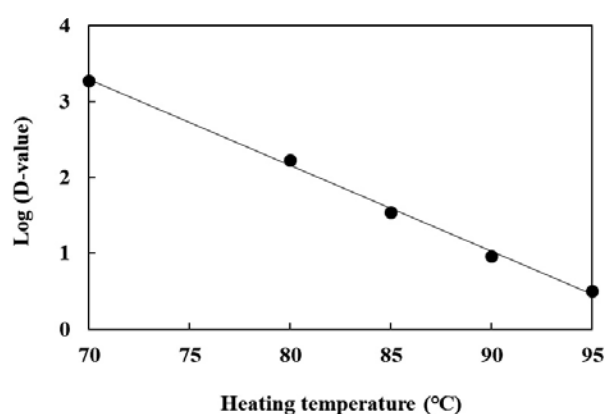


Fig. 2 Relationship between temperatures and D-values

Table 2 Lethality of psychrophilic bacterial spores in glucose broth after treated at 50-70°C for 24 h

	Lethality [Log (N ₀ /N)]		
	70°C	60°C	50°C
<i>B. cereus</i>	2.11 ± 0.24	0.25 ± 0.04	0.13 ± 0.07
<i>B. simplex</i>	0.78 ± 0.09	0.05 ± 0.11	-2.05 ± 0.11
<i>P. chibensis</i>	1.05 ± 0.05	0.24 ± 0.12	0.52 ± 0.05
<i>P. polymyxa</i>	2.50 ± 0.21	1.35 ± 0.08	0.12 ± 0.06

Each lethality is expressed as mean ± SD of triplicate determinations (n=3). N₀ and N show initial spore number and spore number after treated, respectively.

されている値 (5.7 ~ 8.7)⁷⁾ に比べてやや高くなった。 *P. polymyxa* の Z 値は 10.2 と算出され、報告されている値 (7.6 ~ 9.1°C)⁷⁾ よりいくらか高くなった。

本研究で用いた低温性芽胞菌の芽胞の耐熱性は、報告されている同程度以上の D 値を示し、Z 値はいくぶん高くなった。

2 低温調理温度域での芽胞の死滅率

GB における芽胞の死滅率を Table 2 に示す。 50°C での 24 時間加熱処理における死滅率は *B. cereus* が 0.13, *B. simplex* が -2.05, *P. chibensis* が 0.52, *P. polymyxa* が 0.12 であり、いずれの菌種でも殺菌効果は認められなかった。 60°C での 24 時間加熱処理における死滅率は *B. cereus* が 0.25, *B. simplex* が 0.05, *P. chibensis* が 0.24, *P. polymyxa* が 1.35 であり、

P. polymyxa のみわずかに殺菌効果がみられた。 70°C での 24 時間加熱処理における死滅率は *B. cereus* が 2.11, *B. simplex* が 0.78, *P. chibensis* が 1.05, *P. polymyxa* が 2.50 であり、これらのいずれの菌種でも 1 桁程度の殺菌効果が認められた。

しかし、低温調理法において 24 時間加熱することは稀であり、ローストポークは 64°C で 3 時間前後¹⁹⁾、ローストビーフは 55 ~ 66°C で 50 分²⁰⁾ の加熱である。そのため、実際の調理においては本実験結果のような殺菌効果は期待できない。

さらに、低温調理した食品を保存する場合、これまでに示したように低温性芽胞菌の芽胞が生残する。 10°C 以下の保存でも発育することができるため、賞味期限の設定に注意する必要

Table 3 Letharity of psychrophilic bacterial spores in model foods by pressure treatment at 60MPa for 40°C for 1 h

Microbes	Lethality [Log (N ₀ /N)]	
	Glucose broth	Consommé
<i>B. cereus</i>	5.10 ±0.28	2.96 ±0.08*
<i>B. simplex</i>	3.07 ±0.24	1.86 ±0.07*
<i>P. chibensis</i>	4.94 ±0.27	2.13 ±0.07*
<i>P. polymyxa</i>	5.08 ±0.24	3.20 ±0.62*

*) There is a significant difference Glucose broth and Consommé

がある。小林ら¹⁰⁾は要冷蔵加工食品のロングライフ化を進めるためには、低温性芽胞菌の芽胞を90°C以上で加熱殺菌することを必要としている。一方、低温調理の利点は加熱の影響を受けやすい食品素材の特性を保持した調理・加工が可能であることであり¹⁾²⁾、高い温度で加熱殺菌することはそれらの特性を失うことになる。低温調理の品質的メリットを活かしながら低温性芽胞菌を殺菌するため、これまで報告されている静水圧発芽誘導による殺菌を試みた¹²⁾⁻¹⁴⁾。

3 静水圧発芽誘導を利用した芽胞の死滅率

低温調理における芽胞の殺菌効果を高めるため、加熱処理前に60MPa、40°C静水圧による発芽誘導処理を1時間行った後、60°C、1時間加熱した際の殺菌効果を調べた。Table 3に結果を示す。それぞれの菌種については次のとおりである。*B. cereus*の死滅率はGBの5.10に対してコンソメスープが2.96、*B. simplex*の死滅率はGBの3.07に対してコンソメスープが1.86、*P. chibensis*の死滅率はGBの4.94に対してコンソメスープが2.13、*P. polymyxa*の死滅率はGBの5.08に対してコンソメスープが3.20となった。GBでは3種類の菌種において約5桁、残りの1種類においては約3桁の殺菌効果が認められたが、コンソメスープにおいてはいずれの菌種も約2～3桁の死滅率であった。GBとコンソメスープの間において、死滅率はいずれの菌種も有意に小さくなっており（危険

Table 4 Affect of NaCl on pressure induced-germination of psychrophilic bacterial spores at 60MPa for 40°C for 1 h

Microbes	Lethality [Log (N ₀ /N)]		
	0% NaCl	3% NaCl	6% NaCl
<i>B. cereus</i>	3.86 ±0.05	3.77 ±0.15	2.70 ±0.13
<i>B. simplex</i>	4.56 ±0.66	4.53 ±0.54	4.74 ±0.13
<i>P. chibensis</i>	4.39 ±0.47	4.43 ±0.36	4.30 -
<i>P. polymyxa</i>	4.08 ±0.45	3.95 ±0.44	1.58 ±0.09

*) There is a significant difference between them (P<0.05)

率1%)、何らかの食品成分が静水圧発芽誘導に影響を及ぼしているのではないかと考えた。静水圧による発芽誘導は、100 MPaの静水圧ではアラニン、グルコース、フルクトースおよびカリウムが発芽促進に影響することが報告されており²¹⁾、酵母エキス、肉エキス、パクトペプトンやグルコースを添加したGBでは発芽にプラスにはたらく成分が多く含まれているため、約5桁の殺菌が可能になったと思われる。

さらに、これらの成分以外のものとして、調理において重要な要素である調味料に着目した。食品の調味に使われる成分には食塩、糖分、うま味調味料などがあるが、これまでの報告では芽胞の圧力殺菌に食塩が影響することが示されていることから²²⁾、次の4項で静水圧発芽誘導に及ぼす食塩の影響を調べた。

4 食塩による静水圧発芽誘導への影響

GBに食塩(0%, 3%, 6%)を添加して60MPa、40°Cの静水圧による発芽誘導処理を1時間行った後、60°C、1時間加熱した際の結果をTable 4に示す。*B. cereus*の死滅率は食塩濃度0%で3.86、3%で3.77、6%で2.70であり、0%と6%および3%と6%の間で有意差(危険率5%)が認められた。*B. simplex*の死滅率は食塩濃度0%で4.56、3%で4.53、6%で4.74であり、いずれの間にも有意差は認められなかった。*P. chibensis*の死滅率は食塩濃度0%で4.39、3%で4.43、6%で4.30であり、こちらもいずれの食塩濃度間にも有意差は認められなかった。*P.*

polymyxa の死滅率は食塩濃度 0% で 4.08, 3% で 3.95, 6% で 1.58 であり, *B. cereus* と同様に 0% と 6% および 3% と 6% の間で有意差 (危険率 5%) が認められた. Sale ら²²⁾ は, 菌種は異なるが *B. coagulans* の芽胞を水分活性 1.0 ~ 0.90 に食塩で調整して 70°C で圧力殺菌を試みたところ, 水分活性 1.0 の殺菌率 3 から水分活性 0.90 の殺菌率 1 以下に低下したことを報告している. この報告は, 本結果の食塩濃度 6% (水分活性 0.98 ~ 0.96) に相当している.

すべての菌種において静水圧発芽誘導に対する食塩の影響があるわけではないが, 菌種によっては食塩の添加により静水圧発芽誘導が抑制されることが確認された.

Ⅲ 結語

低温調理 (50 ~ 70°C) では, 低温性芽胞菌の殺菌効果を得ることはできなかった. しかし, 静水圧発芽誘導を適用することで低温性芽胞菌の発芽が起こり, 低温調理でも殺菌効果を得ることが出来た. 殺菌効果としては, コンソメスープでは 2 ~ 3 桁, 栄養分の多い GB では 3 ~ 5 桁の死滅率であった.

また, 一部の低温性芽胞菌においては, 食塩の添加により静水圧発芽誘導が抑制された.

参考文献

- 1) 井川 聡子, 落合 敏, 鈴木 啓二: 低温調理に関する研究 (第 1 報) (自然科学編). 千葉県立衛生短期大学紀要. 12: 3-8, 1993.
- 2) 森下 紗帆, 川上 栄子, 米屋 武文: 真空低温調理法を用いた鹿肉料理の食資源としての可能性. 日本食生活学会誌. 30: 95-102, 2019.
- 3) 食品安全委員会: 豚肉の低温調理「安全に美味しく食べ物を調理しよう」. <https://www.youtube.com/watch?v=kRQ0SZNQ_20>, (アクセス 2022 年 4 月 27 日).
- 4) 厚生労働省: 食品, 添加物等の規格基準 (昭和 34 年厚生省告示第 370 号).
- 5) 厚生労働省: 乳及び乳製品の成分規格等に関する省令 (昭和 26 年厚生省令第 52 号).
- 6) 青山好男, 遠田智江: 低温芽胞菌の耐熱性と低温での増殖性. 東洋食品研究所研究報告書. 28: 47-53, 2010.
- 7) Kobayashi T, Azuma T, Yasokawa D, et al.: Spore heat resistance and growth ability at refrigeration temperatures of *Bacillus* spp. and *Paenibacillus* spp. Biocontrol Science. 26: 147-155, 2021.
- 8) 松田典彦: チルド食品と低温殺菌. 食品と低温. 11: 31-37, 1985.
- 9) 大久保慈輝: 乳・乳製品中の好気性芽胞菌に関する研究. 学位論文. 北海道大学農学部, 2020.
- 10) 小林哲也, 八十川大輔, 中川良二他: 農産物チルド食品から分離した低温性細菌芽胞の発育特性と耐熱性. 日本防菌防黴学会誌. 44, 509 - 514, 2016.
- 11) Clouston, J.G. and Wills, P.A.: Initiation of germination and inactivation of *Bacillus pumilus* spores by hydrostatic pressure, J. Bacteriol., 97, 684-690, 1969.
- 12) Opstal, I.V., Bagamboula, C.F., Vanmuysen, S.C. et al.: Inactivation of *Bacillus cereus* spores in milk by mild pressure and heat treatments. Int. J. Food Microbiol. 92: 227-234, 2004.
- 13) Shigeta Y, Aoyama Y, Okazaki T et al.: Hydrostatic pressure-induced germination and inactivation of *Bacillus* spores in the presence or absence of nutrients, Food Sci. Technol. Res.. 13: 193-199, 2007.
- 14) 西賢司, 加藤良, 富田守: *Bacillus* 属芽胞の圧力による活性化と殺菌. 日本食品工業学会誌. 41: 542-549, 1994.
- 15) Aoyama Y, Shigeta Y, Okazaki T et al.: Germination and inactivation of *Bacillus*

- subtilis* spores under combined conditions of hydrostatic pressure and medium temperature. Food Sci. Technol. Res.. 11, 101-105, 2005.
- 16) 小久保彌太郎：汚染指標菌．食品衛生検査指針微生物編 2004. 初版, 東京都, 社団法人日本食品衛生協会, 116-128, 2004.
- 17) 柴崎勲：新・食品殺菌工学. 初版, 東京都, 株式会社光琳, 80-85, 1983.
- 18) 松田典彦, 藤原忠：容器詰食品の加熱殺菌. 第3版, 東京都, 社団法人日本缶詰協会, 3-17, 1993.
- 19) 脇雅世：いちばん親切でおいしい低温調理器レシピ. 初版, 東京都, 株式会社世界文化社, 30, 2020.
- 20) 川上 文代：家庭料理の大革命 低温真空調理のレシピ. 初版, 東京都, 株式会社グラフィック社, 18-19, 2018.
- 21) Wuytack, E.Y., Soons S, Poschet F et al.: Comparative study of pressure- and nutrient-induced germination of *Bacillus subtilis* Spores. Appl. Environ. Microbiol.. 66: 257-261, 2000.
- 22) Sale H, Gould W, Hamilton A: Inactivation of Bacterial Spores by Hydrostatic Pressure, J. gen. Microbiol.. 60: 323-334, 1970.

Behavior of Lethality in Low-Temperature Cooking and Inactivation by Hydrostatic Pressure-Induced Germination of Psychrophilic Spore-Forming Bacteria.

Yoko MORIKAWA¹⁾, Takashi OKAZAKI¹⁾, Chiharu TOKUNAGA²⁾

1)Department of Food and Nutrition, 2)Department of Clinical Laboratory Science

Summary

The lethality of psychrophilic spore-forming bacteria (*Bacillus cereus*, *Bacillus simplex*, *Paenibacillus chibensis*, and *Paenibacillus polymyxa*) was investigated in a low-temperature cooking range of 50–70°C. Additionally, we examined the conditions for sterilization by hydrostatic pressure to induce germination of the spores in the cooking process. The $D_{95^{\circ}\text{C}}$ and Z-values of each type of the bacteria were in the range of 3–14 min and 8–10°C, respectively, suggested that sterilization of the bacteria is not possible in the low-temperature cooking. In our experiment, a spore number had decreased one order less at 70°C, but did not decrease at 50°C or 60°C after 24 hours. After a 60 MPa pressure treatment at 40°C for 1 hour to induce spore germination in either Glucose Broth (GB) as a nutrient-rich medium or Consommé Soup (CS) as a nutrient-poor medium, the subsequent treatment at 60°C killed the spores more effectively in GB than in CS. Furthermore, addition of 6% NaCl in GB medium significantly inhibited the inactivation of *B. cereus* and *P. polymyxa* spores while addition of 0% or 3% of NaCl had no significant effect. None of these NaCl levels had any significant effect on *B. simplex* and *P. chibensis* spore inactivation. These results clarified that it is difficult to kill the bacterial spores in a low-temperature cooking range of 50–70°C alone, but it can be expected to inactivate spores by 2–5 orders of magnitude in combination with hydrostatic pressure-induced germination. Furthermore, it is suggested that richness of nutrient and concentration of NaCl in culture medium affect the inactivation of the spores.

Keywords

low-temperature cooking, bacterial spore, psychrophilic bacteria, pressure-induced spore germination

〈原著論文〉

カレーの圧力調理と常圧調理を比較した芽胞菌の殺菌

松崎 好, 岡崎 尚
食物栄養学科

要 約

国民食としてたしなまれているカレーは、存在する耐熱性芽胞菌のために時に食中毒を起こすことがある。本研究では、常圧調理（100℃）と圧力調理（112℃）で調理されたカレーに含まれる芽胞菌の死滅挙動を調べた。市販の香辛料を使って調理したカレーには約 10^4 CFU/g の耐熱性芽胞を含んでおり、その 78% は香辛料由来であった。芽胞菌を分離同定したところ、*Bacillus* 属であった。芽胞の耐熱性を示す指標については、菌数を 95℃ で 1 桁減らす加熱時間である $D_{95^\circ\text{C}}$ は 4.2 分、 D 値を 1 桁変える温度変化である Z 値は 6.7℃ であった。常圧調理と圧力調理における生残芽胞数を、カレーの温度履歴、 $D_{95^\circ\text{C}}$ および Z 値を用いた計算により求めた。常圧調理では調理後 10CFU/g 以下と計算されたが、測定された生残芽胞数は約 10^3 CFU/g となり、異なっていた。圧力調理での生残芽胞数は、計算値と実測値で共にゼロであった。これらの結果は、カレーの調理に圧力鍋を用いると常圧調理よりも安全性に優れたカレーを調理できることを示唆している。

キーワード

カレー, 芽胞菌, 殺菌, 圧力調理

緒言

インドを発祥とするカレーは、明治初期にイギリスから日本に渡来し、日本では米飯の「おかず」として多様な食べ方が定着している¹⁾。国内におけるカレー粉およびカレーの生産量は 2016 年度に 98,979 トン¹⁾と高い値を維持しているだけでなく、レトルト食品の中でレトルトカレーの生産量が最も多い²⁾。カレーの良さは、身近な材料で手軽に調理可能なこと、ご飯を主食として食べられること、栄養面でも優れていること³⁾などが挙げられる。最近では、市販のカレーに満足できない消費者は、香辛料

を好みで調合し本格的でオリジナルなカレー作りにも挑戦している⁴⁾⁵⁾。

カレーの調味に欠かせない香辛料や副材料として加える根菜類には、多くの芽胞菌が存在している⁶⁾。また、大量に調理したカレーでは芽胞菌による食中毒が散発的に起こっており、*Bacillus cereus*⁷⁾や *Clostridium perfringens*⁸⁾ がその原因菌である。芽胞菌は 100℃ 程度の加熱調理では殺菌できないことから、家庭料理として作られるカレーでは調理後の扱いによっては耐熱性菌による腐敗や食中毒のリスクは残ることになる。

そこで著者らは、カレーに使われる香辛料などの芽胞数を調べ、その調理中の芽胞数の変化を追った。また、調理中の芽胞の殺菌効果を期待して圧力調理と常圧調理（通常調理）および少量調理と大量調理の比較を行い、より安全なカレーの調理法を模索した。

I 実験方法

1 実験材料

カレーを調理する際に香辛料は必須となる食材である。本実験ではターメリックパウダー（インド産、株式会社ビスワス）、チリパウダー・ホット（同）、クミンパウダー（同）、コリアンダーパウダー（同）、カレーパウダー（ハウスあいファクトリー株式会社）を用いた。また副材料として有塩バター（明治油脂株式会社）、小麦粉（日清製粉株式会社）、おろしにんにく（エスビースパイス工業株式会社）を用いた。

2 カレーの調製

ホーロー鍋に植物油 12 g を入れ、牛肉を炒め塩・胡椒で調味し、バットに移した。鍋にバター 20 g、スライスしたタマネギ 300 g を入れ軽く炒め、じゃがいも 235 g を加えてさらに炒めた。牛肉を鍋に戻し、小麦粉 55g を加えてなじませたら、にんにく（チューブ入り）3g、ケチャップ 80 g、濃口醤油 30g、砂糖 2g、食塩 2 g および香辛料（ターメリック 4g、チリパウダー 3g、クミン 15g、コリアンダー 12g、カレーパウダー 4g）を加え、混ぜながら炒め、水 1,000 mL を加えて沸騰させ、火を止めた。

このように調理したカレーに含まれる芽胞菌数は、 $2.48 \times 10^4 \pm 3.13 \times 10^3$ CFU/g であった。カレー中の芽胞の加熱殺菌を調べる目的には、芽胞数が多いほど加熱処理中の芽胞の死滅状況を把握できることから、後述する方法で分離・調製した。

3 カレーに発育した芽胞菌の分離とその芽胞の調製

加熱調理したカレーに発育した芽胞菌を分離した。この菌はグラム陽性桿菌で内生孢子を形成し、好氣的条件で発育したことから、*Bacillus* 属に属す。芽胞の増菌には Glucose Broth（以下 GB と略す）を用いた。GB の調製は、酵母エキス（D-3H、日本製薬株式会社）3 g、肉エキス（LAB-LEMCO powder、関東化学株式会社）3 g、パクトペプトン（Becton, Dickinson and Company）10 g、食塩 5 g、グルコース 5 g を 1 L に溶かし、pH 7.2 に調整後、120°C で 15 分間殺菌とした。本菌株を GB で培養し、普通寒天培地（日水製薬株式会社、NA と略す）で 1 週間培養後、芽胞の形成を確認したのち、菌体を集めて生理食塩水で 2 回洗浄後、カレー添加用の芽胞液を得た。

4 分離芽胞菌の耐熱性の測定

分離芽胞菌の芽胞をカレーに添加し、約 10^6 CFU/g のカレーを調製した。このカレーを小型パウチ（4 × 5cm）に約 3g 入れて封をし、加熱処理用の試料とした。加熱は 85、90 および $95 \pm 0.1^\circ\text{C}$ の恒温槽（SP-12N、タイテック株式会社）にカレーパウチを入れ、経時的に取り出し、それぞれのパウチに生残している芽胞数を測定した。

5 材料の芽胞数測定

香辛料、タマネギ、牛肉などの食材は、生理食塩水で 10 倍希釈後、75°C で 20 分間処理した。この処理液を段階希釈後、標準寒天培地（日本製薬株式会社）で混釈培養し、48 時間、 $35 \pm 1^\circ\text{C}$ 培養後に発育したコロニー数を芽胞数とした。

6 カレーの加熱および温度測定

a 常圧下

カレー 500g を 5 分ごとに攪拌し、その直後にデジタル温度計（THERMOMETER CT-

5200WP, 株式会社カスタム) を用いて, カレーの温度を 3 点記録した. 3 点の温度の平均値と標準偏差でカレーの温度変化を求めた.

b 圧力鍋

圧力調理器には温度の表示がないため, コードレス温度計 (testo 191-T1, 株式会社テスト) を使用した. 少量処理する場合, カレー 100g をアルミパウチ (150 × 200mm) に入れ, コードレス温度計をパウチの中心部に置き, 加熱終了時の破袋を防ぐために一部通気口を残して封をした後, 加熱中の温度変化を測定した. 大量処理の場合, カレー 500g をアルミ容器 (幅: 115mm, 長さ: 155mm, 深さ: 55mm) にコードレス温度計とともに入れ, 水を入れた圧力調理器内に浮かべて温度測定をした.

7 計算による加熱中の生残芽胞数

カレーの加熱中の温度は, 昇温期, 定常期, 冷却期に分かれるため, 生残芽胞数を計算で求めるために, 次の式 (1) が使われる⁹⁾.

$$\log b = \log a - t / (D_{90^{\circ}\text{C}} \times 10^{(T_r - T_i)/z}) \quad \dots (1)$$

ここで b は処理後の生残芽胞数, a は処理前の芽胞数, t はカレー温度の測定間隔 (分), D 値は所定の温度で菌数を 1/10 に減らす加熱時間と定義され, ここでの $D_{95^{\circ}\text{C}}$ は後述する実験で求めた 4.2 分を用いた. T_r は 95°C , T_i は t 分後のカレーの温度 ($^{\circ}\text{C}$) である. Z 値は D 値を 1/10 又は 10 倍にするのに必要な温度変化 ($^{\circ}\text{C}$) であり, 後述する 6.7°C を用いた. この計算をカレーの温度測定ごとに行い, 全加熱工程における b を温度測定間隔 (分) ごとに求めることで, 加熱調理中の生残芽胞数の変化を求めることができる. さらに最終的に計算される b は, カレーに残っている芽胞数となる.

II 結果と考察

1 カレーに使用した香辛料の芽胞数

カレーの調製に使用した香辛料の芽胞数を Table 1 に示す. ターメリックが 3.0×10^6 CFU/g で最も多く, チリ, クミン, コリアンダー, カレーパウダーは, $1.6 \times 10^5 \sim 9.2 \times 10^5$ CFU/g の芽胞を含んでいた. 小久保らは⁶⁾, パプリカ, ブラックペッパー, オールスパイス

Table. 1 Spore number of materials used in curry and calculation of spore number transferred in curry

	Materials	Spores CFU/g	Materials (g) / kg (curry)	Spores CFU/g (curry)
Spices	Turmeric	3.0×10^6	4	1.22×10^4
	Chili powder	9.2×10^5	3	2.76×10^3
	Cumin	1.6×10^5	15	2.40×10^3
	Coriander	3.8×10^5	12	4.56×10^3
	Curry powder	1.8×10^5	4	7.20×10^2
	Garlic	2.7×10^3	3	8
Ingredients	Onion	No detection	291	-
	Potato	No detection	235	-
	Beef	No detection	320	-
	Tomato ketchup	No detection	80	-
	Wheat flower	4.5×10^3	55	247
	Butter	1.7×10^3	20	-
	Water	No detection	1000	-
Total spore number		-	-	2.27×10^4

*not counted in materials, **calculated us 10^3 spores CFU/g

などを75°Cで20分間の加熱処理後に、生残芽胞数を測定し、 10^6 CFU/g レベルと報告している。本結果でも用いた香辛料には、同程度の芽胞が存在した。

本実験の配合にしたがって、カレー中の芽胞数を推定すると、 2.27×10^4 CFU/g がカレーに移行すると推定される。実際に調製したカレーの芽胞数は $2.48 \times 10^4 \pm 3.1 \times 10^3$ CFU/

g であり、推定値とほとんど同じであった。Table 1 に示したように、香辛料からカレーに移行した芽胞を計算すると78%が香辛料由来であった。したがって、市販香辛料を使って調理したカレーには、香辛料由来の芽胞が多く含まれることに注意が必要である。

2 カレーに含まれる芽胞の耐熱性

カレーに含まれる芽胞の85、90および95°Cの生残曲線をFig. 1に示す。それぞれの温度における直線の傾きの逆数からD値を計算すると、 $D_{85^\circ\text{C}}$ は131.6分、 $D_{90^\circ\text{C}}$ は18.3分、 $D_{95^\circ\text{C}}$ は4.2分となった (Table 2)。このD値の対数と加熱温度の関係は直線 (Fig. 2) で表すことができ、この直線の傾きの逆数がZ値となるので、6.7°Cが計算される。一般に、耐熱性芽胞菌の $D_{90^\circ\text{C}}$ 値は、3～32分であることが示されており¹⁰⁾、本結果のD値はこの範囲に入っていた。

ここで求めたD値およびZ値は特定の種類の芽胞の耐熱性を表しているものではない。カレーに存在する複数種の未同定芽胞のD値およびZ値となる。

3 常圧加熱による芽胞数の生残

常圧下での加熱中の温度変化、計算による生残芽胞数および実測による生残芽胞数をFig. 3に示す。加熱開始時の芽胞数は $2.2 \times 10^6 \pm 4.4 \times 10^5$ CFU/g、加熱10分後、 $7.4 \times 10^5 \pm 3.6 \times 10^5$ CFU/g、20分後に $5.3 \times 10^3 \pm 6.0 \times 10^3$ CFU/g、さらに30分後には $1.4 \times 10^3 \pm 9.7 \times 10^2$ CFU/g、となった。それぞれ加熱時間のカレーの温度は、 $22.7 \pm 0.6^\circ\text{C}$ 、 $72.4 \pm 4.5^\circ\text{C}$ 、 $96.6 \pm 1.1^\circ\text{C}$ および $97.9 \pm 0.7^\circ\text{C}$ であり、加熱温度100°Cに近い20分後には急激に芽胞が減少しているが、その後は同じ桁数を維持した。一方、生残芽胞数を計算で求めると、加熱10分後および20分後までは、実測値とおおむね一致したが、加熱30分後では1桁になり、実測値の3桁と大きく異なった。この一致しない

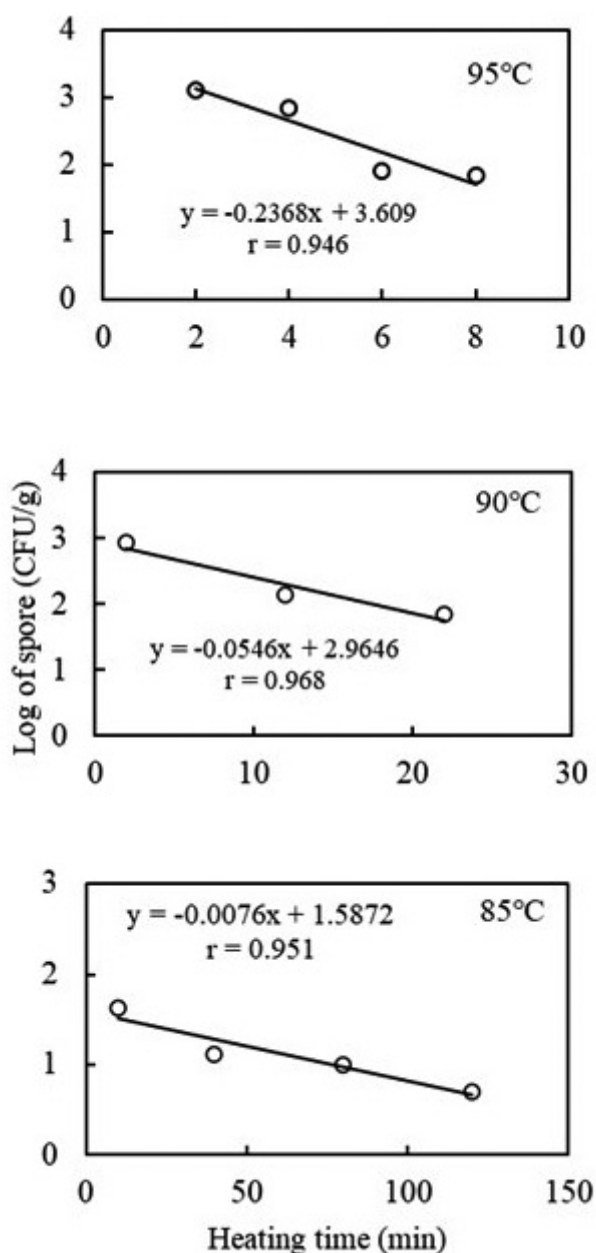


Fig. 1 Survival curves of *Bacillus* sp. isolated from cooked curry
Bottom; 85°C, Middle; 90°C, Upper; 95°C

Table. 2 D-values and Z-values of the spores of *Bacillus* sp. Isolated from curry

Temperature (°C)	D values (min)	Z value (°C)
95	4.2	6.7
90	18.3	
85	131.6	

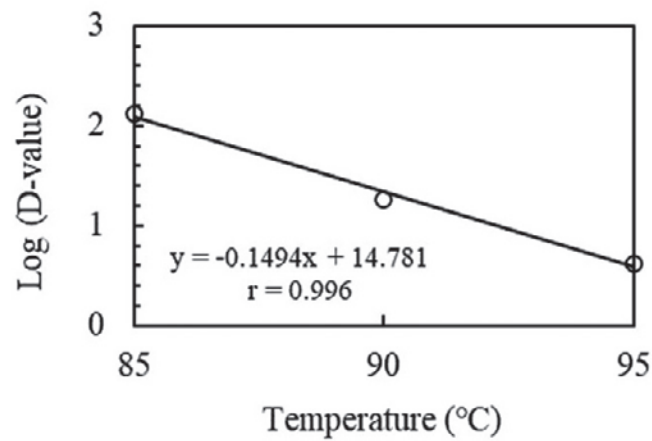


Fig. 2 Relationship between temperatures and D-values

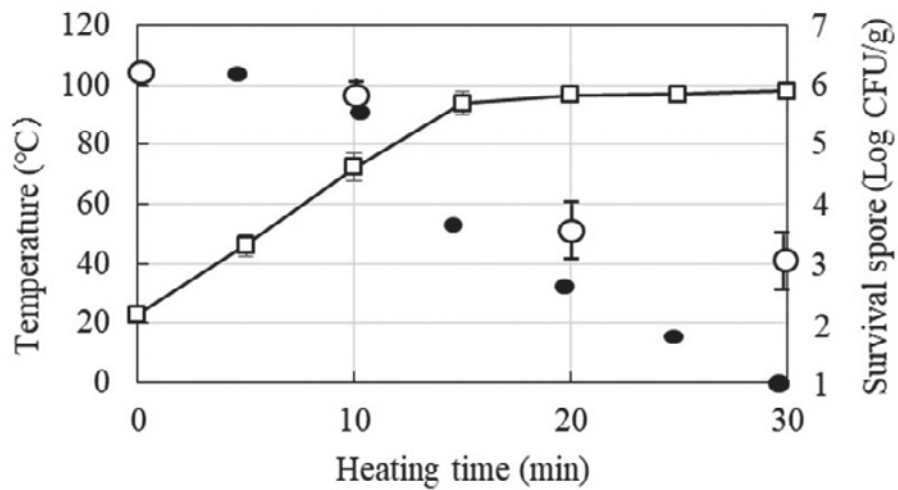


Fig. 3 Temperature history curve and survival spores in curry under atmospheric cooking at 100°C

The error bars show standard deviation.

□; temperature of curry, ●; calculated survival spore number, ○; measured survival spore

理由は明確ではないが、推定計算ではカレーに存在する芽胞菌を単一菌としてD値およびZ値を計算しているが、実際のカレーでは複数の芽胞菌が存在している可能性があり、耐熱性の強いものが生残した可能性がある。

4 圧力鍋で少量加熱による生残芽胞の推定

Fig. 4に圧力加熱調理によるカレー（100g）の温度変化と生残芽胞数の変化を示す。圧力鍋での調理は、火力に依存して圧力鍋内の温度の上昇が変わるため、加熱を開始して圧力調整弁から蒸気が噴出したところを圧力調理の開始とした。本実験では、Fig. 4中の左側矢印で示したように加熱開始13分後に蒸気の噴出を確認したので、この時点から圧力調理の開始とした。この時、圧力鍋の水温は113.0℃に達していたが、カレーの温度は $86.9 \pm 6.2^\circ\text{C}$ であった。その後、圧力調理を10分間継続し、この間蒸気温度は $112.3 \pm 0.5^\circ\text{C}$ を維持したが、カレーの温度は、圧力調理開始後4分で $101.8 \pm 4.1^\circ\text{C}$

に上昇し、圧力調理終了時点（Fig. 4の右側矢印）の10分で $108.3 \pm 1.9^\circ\text{C}$ であった。

この圧力調理中における生残芽胞数を計算で求めると、初発芽胞数は 2.1×10^6 CFU/g、圧力調理開始時点でカレー温度は 86.9°C となり、生残芽胞数は 2.0×10^6 CFU/g、圧力調理開始後5分ではカレー温度は 103.7°C に達し、生残芽胞数は1.6 CFU/gに急激に減少し、圧力調理終了時点の10分後でカレーの温度は 108.3°C に達して生残芽胞は存在しない結果と計算される。計算に用いたZ値が 6.8°C であり、通常の芽胞菌のZ値（ 8°C ）より小さいことから、加熱温度の上昇に伴う殺菌効果は一層強く計算される。したがって、圧力鍋による調理では、カレー温度が 100°C を越えた時点で芽胞の殺菌効果が著しく大きくなり、圧力調理10分後では計算値と実測値とも十分に殺菌がなされることから、両者とも芽胞菌が検出できないレベルまでになったと思われる。

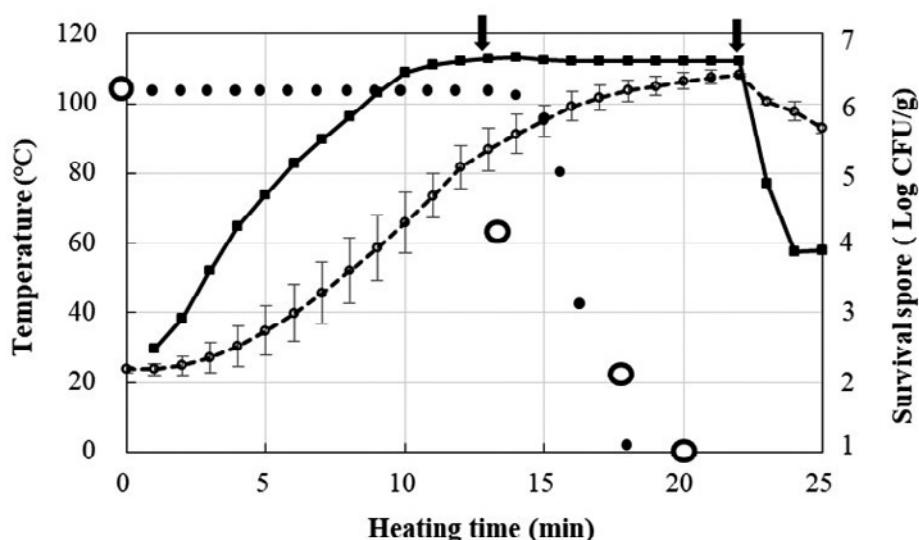


Fig. 4 Temperature history curves and survival spore number in the case of 100g curry in a pressure-cooker

The left and right arrows show the heating start and end, respectively.

■ ;temperature in a pressure-cooker, ° ;temperature of curry, whose bars show standard deviation, ○ ;measured survival spore number, ● ;calculated survival spore number

5 圧力鍋で大量カレー調理による生残芽胞の推定

一回の調理で作るカレーの量を3人分(500g)とし、圧力鍋で調理した場合の芽胞の殺菌をモデルとした。結果を Fig. 5 に示す。加熱開始後14分に蒸気を噴出したことから、この時間から圧力調理の開始とみなした。その後27分間加熱を継続して火を止めた。この時のカレーの温度は圧力調理開始時点では約80°Cであったが、圧力調理終了時点では112°Cに達し、蒸気温度とはほぼ一致していた。このカレーの温度変化とカレーから分離した芽胞菌のD値とZ値を適用して芽胞数の減少を計算したところ、圧力調理開始後約15分で芽胞は検出されない結果となった。圧力調理終了後のカレーからも生残芽胞は不検出となったことから、家庭で調理する量(500g)を想定した圧力調理でも十分な殺菌効果を得ることができると推測される。

常圧調理と圧力調理を比較すると、常圧調理では計算値よりも実測値の方が3オーダーほど多く芽胞が残る結果となり、圧力調理(少量)では計算値と実測値は一致していた。この違いは、今回求めたD値とZ値から計算して比較すると、 $D_{95^{\circ}\text{C}}$ 値は3.29分であり95°C・10分の常圧加熱で約3桁の芽胞の減少、 $D_{105^{\circ}\text{C}}$ 値は0.11分であり105°C・10分の圧力調理では、約91桁(10/0.11)の減少となる。圧力調理では芽胞の耐熱性に少々のはらつきがあってもそれ以上に短時間で強い殺菌効果が得られるため、計算と実測に違いが見られなかったと思われる。

なお、圧力調理中は内容物の混合ができないため、カレーのような半固形物では加熱による焦げに注意が必要である。そのためカレーを入れた容器を圧力鍋内に水で浮かべて調理をする必要があった。

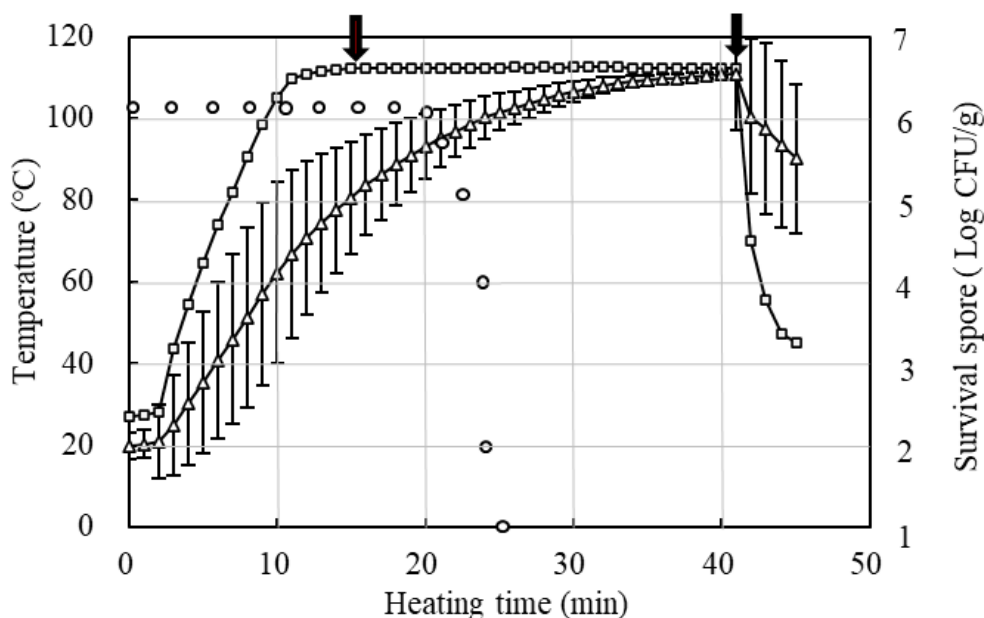


Fig. 5 Temperature history curve and calculated survival spore number in the case of 500g curry in a pressure-cooker

The left and right arrows show the heating start and end, respectively.

△;temperature of curry, whose bars are standard deviation, □;water temperature in a pressure-cooker, ○;survival spore number calculated

Ⅲ 結語

カレーの常圧調理では芽胞数の減少はみられるものの完全な殺菌はできず、多くの芽胞菌が生残した。圧力調理の場合、少量調理（100g）では10分間、大量調理（500g）では27分間の調理で、生残芽胞数が計算値でも実測値でも不検出であった。圧力鍋を使った調理では、常圧調理よりも確実な芽胞菌の殺菌が可能となることから、カレーの安全な調理という点では、圧力調理が優れていた。

引用文献

- 1) 全日本カレー工業組合, 「カレーとは？」資料室カレーの数字最終閲覧日：2022年1月29日 (<http://www.curry.or.jp/whats/index.html>)
- 2) 公益社団法人日本缶詰瓶詰レトルト食品協会, 国内生産数量統計（2020年最新データおよび2011年以降推移データ）最終閲覧日：2022年1月29日 (<https://www.jca-can.or.jp/data/pdf/retoruto.pdf>)
- 3) 日本食品標準成分表（2020）, レトルトカレー, p.236
- 4) クックパッド, カレー推薦レシピ 2022年1月29日 (<https://cookpad.com/category/26>)
- 5) 水野仁輔（2018）スパイスカレーを作る
- 6) 小久保禰太郎, 神保勝彦, 村上文子, 村上一（1982）砂糖, でん粉, 香辛料などの芽胞菌汚染の実態調査. 東京衛研年報, 33, 155-160.
- 7) 食品安全委員会（2012）セレウス菌食中毒. ファクトリーシート, 1-7
- 8) 食品安全委員会（2012）ウエルシュ菌食中毒. ファクトリーシート, 1-5
- 9) 松田典彦, 藤原忠：容器詰食品の加熱殺菌. 第3班, 東京都, 社団法人日本缶詰協会, 9, 1982.
- 10) T. Kobayashi, T. Azuma, D. Yasokawa（2021）, Spore heat resistance and growth ability at refrigeration temperatures of *Bacillus* spp. And *Paenibacillus* spp. Biocontrol Science, 26, 147-155

Sterilization of *Bacillus* spores in Japanese curry: Comparison between pressure cooking and ordinary cooking

Konomi MATSUZAKI, Takashi OKAZAKI

Department of Food and Nutrition

Summary

The curry known as national dish in Japan occasionally causes the food poisoning due to the heat resistance of spores. In this study, we clarified the lethality of the spores in curry which were cooked in a hot pot at 100°C and in a pressure cooker at around 112°C, respectively. The curry which added commercial spices included heat resistant spores of approximately 10⁴ CFU/g, 78% of which was derived from the spices. The spore producing bacteria were identified as Genus *Bacillus*. Indicators for heat stability of spores were determined as D_{95°C} = 4.2 min (D; defined as minutes at the temperature for the spore number to drop by 1 log₁₀ cycle) and Z = 6.7°C (Z; defined as the temperature for the D-value to change by 1 log₁₀ cycle). Using the D_{95°C} and Z value in addition to the temperature history of curry cooking, the survival spore number after cooking in a hot pot and in a pressure cooker were calculated, respectively. In the hot pot, the survival spore number was calculated as less than 10 CFU/g, but the measured spore number was approximately 10³ CFU/g differently from calculated. In the pressure cooker, the survival spore number in curry became zero in both measured and calculated methods. These results revealed that the cooking of curry using a pressure-cooker is better safety than using a hot pot.

Keyword

Curry, *Bacillus* spore, Sterilization, Pressure cooking

〈活動報告〉

生化学検査学実習における，酵素作用機序の習得法の検討

Development of the educational method for learning of the enzyme activity mechanism in biochemical laboratory practicum.

久保田 耕司，岡村 美和
Koji KUBOTA, Miwa OKAMURA

臨床検査学科
Department of Clinical Laboratory Science

要 約

基本的な酵素反応は最大反応速度と基質親和性を特性値とするミカエリス・メンテンの式に従う。特性値を解析することで酵素活性測定や酵素反応阻害の原因を推測することができ、生化学検査に活用される。そのため臨床検査技師国家試験で酵素反応速度論の問題は頻出する。酵素反応速度論は臨床検査学科1年次の講義科目で学習するが、実際的に現象として学ぶ機会は乏しい。また、国家試験では数理解析問題として出題されることが多く、苦手とする学生が多い。アルカリホスファターゼ（ALP）は重要な疾患に関与する酵素で、血中濃度が重要な検査項目である。ALP活性は合成基質を用いる単純な方法で測定され、反応速度がミカエリス・メンテンの式に従うことを観測しやすい。また、作用が明らかな阻害剤が存在することから、阻害剤による最大反応速度や基質親和性への影響を観測しやすい。本研究では、学生実習で酵素反応速度論を実際の現象として理解させることを目的として、実習プロトコルの開発の検討を行った。確立したプロトコルにより、生化学検査学実習Ⅱにおいて、学生が適切なミカエリス・メンテンプロットを作成でき、ラインウィーバー・バーク法による酵素反応の特性値の算出および酵素反応阻害剤の影響を判定できたことが確かめられた。

キーワード

酵素反応速度論，ミカエリス・メンテンの式，アルカリホスファターゼ，生化学検査学実習

序 論

生化学検査では、酵素法による検査対象物質の定量試験が主流である。酵素法は、酵素反応により測定対象物質や反応生成物を発色させて溶液の色の濃さを吸光度として測定する方法で、検体中の基質成分濃度や、分泌酵素量や活性の検査に用いられている。臨床検査学科2年次の生化学検査学実習では、実際の臨床検査における生化学検査に即して血糖やAST（アスパラギン酸アミノトランスフェラーゼ）活性等を酵素法で測定する技術を習得させている。

一般的な酵素反応では、酵素反応速度は基質濃度依存的に非線形的な変化をすることが実験的に確かめられており、基質濃度と酵素反応速度の相関を表したグラフは、酵素反応速度論を確立した研究者の名にちなんで「ミカエリス・メンテンプロット」と呼ばれる。ミカエリス・メンテンプロットの回帰式を「ミカエリス・メンテンの式」（式1）といい、酵素反応の特性を表す重要な数式で、臨床検査技師国家試験で出題がみられる[1]。

$$v = \frac{V_{max} \cdot [S]}{K_m + [S]} \quad (\text{式1})$$

式1 ミカエリス・メンテンの式

v：酵素反応速度，[S]：基質のモル濃度

Vmax：最大反応速度，Km：ミカエリス定数

ミカエリス・メンテンの式における定数 Km は「ミカエリス（・メンテン）定数」と呼ばれ、酵素反応速度が最大反応速度 Vmax の半値のときの基質のモル濃度で表され、酵素と基質の親和性を示す。Km 値が小さいほど酵素と基質の親和性が高い。ミカエリス・メンテンプロットにおける Vmax は漸近値であり、実験的に正確な値を求めることはできない。したがって Vmax から求められる Km も実験的に正確な値を求めることはできない。これらは数理的に求めることができ、その方法を「ラインウィー

バー・バーク法」という。ラインウィーバー・バーク法は、ミカエリス・メンテンプロットの基質濃度と反応速度をそれぞれ逆数にしてプロットし、プロットを通る直線を横軸まで外挿すると、縦軸切片が 1/Vmax，横軸切片が -1/Km として求められるという方法である。基質濃度の逆数と反応速度の逆数のプロットにより描かれるグラフを「ラインウィーバー・バークプロット」、その回帰式を「ラインウィーバー・バークの式」（式2）といい、ミカエリス・メンテンのプロット／式と同様、臨床検査技師国家試験に頻出する。

$$\frac{1}{v} = \frac{K_m}{V_{max}} \cdot \frac{1}{[S]} + \frac{1}{V_{max}} \quad (\text{式2})$$

式2 ラインウィーバー・バークの式

v：酵素反応速度，[S]：基質のモル濃度

Vmax：最大反応速度，Km：ミカエリス定数

Vmax は同じ酵素であれば酵素量に比例し、これを利用して血中の酵素活性の測定ができる。Km 値は同じ酵素であれば酵素量が違っていても同じ値となるが、遺伝子の変異等による変異型酵素では正常型と異なる Km 値となる。また、酵素反応がなんらかの阻害を受けたとき、阻害様式によって Vmax か Km 値あるいはその両方が変化する。競合阻害では、阻害剤が基質と酵素の結合を競合的に阻害するため酵素の基質親和性が低下し、Km 値が大きくなる。基質濃度が高濃度であれば酵素反応速度は回復し Vmax は阻害剤が添加されていないときと同じになる。非競合阻害では、阻害剤は酵素の基質結合部位以外あるいは酵素-基質複合体に作用し、酵素の基質親和性は変化しないため Km 値は変化しないが最大反応速度が低下し、基質濃度を高濃度にしても Vmax は回復しない。不競合阻害では Km 値と Vmax の両方が低下する。このように、Vmax と Km 値の変化の仕方から酵素反応の阻害様式を知ることがで

き，代謝異常の原因の推測につながる．こうしたことから，生化学検査を習得するためには酵素反応の機序の理解が不可欠である．

検査室の現場では酵素法の反応・測定条件はプロトコル化され精密に制御された全自動生化学分析装置で測定されており，酵素の作用機序や特性値を特に意識しなくても検査が可能である．また，酵素反応速度論と酵素法は1年次後期の生化学および基礎分析化学の講義内容であるが，現在は座学のみであり酵素の特性値や作用機序を実際的に理解する機会は乏しい．そこで本研究では，酵素反応の機序と酵素の特性値の理解を目的とし，酵素反応速度測定と，酵素反応阻害剤のブラインド試験の判定によって酵素反応の機序を習得させる実習内容の検討を行った．

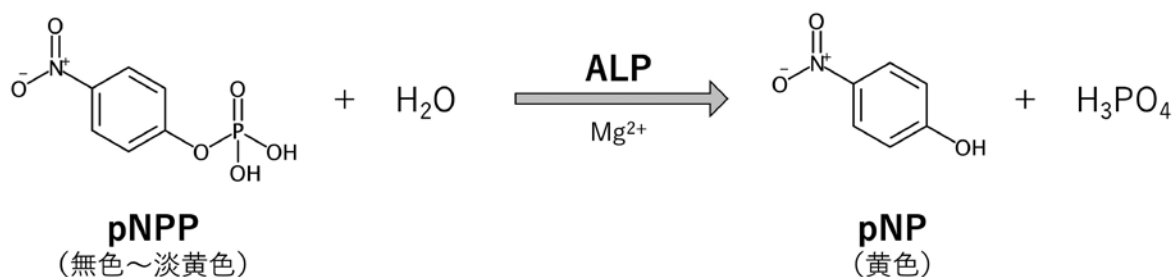
多くの生化学検査では二種類以上の酵素と二段階以上の反応を用いるが，血中アルカリホスファターゼ（ALP）活性測定は合成基質を用いる一段階の反応のため反応機序が単純で，酵素反応速度論を習得しやすい項目である．また，ホスファターゼの阻害剤は阻害機序や阻害の強さが明らかになっており，酵素反応の特性を習

得させるのに適していることから，本研究ではALP活性測定を通じて酵素反応の機序を習得させることを目的とした検討を行った．

I 実習方法

1. ALP 活性測定の方法

ALP はリン酸化合物加水分解酵素の一種で，至適 pH がアルカリ性（pH 9～11）であることから「アルカリ（性）ホスファターゼ」と呼ばれる．ヒトでは組織非特異型，小腸型，胎盤型および生殖細胞型の4種類のアイソザイムが存在する [2-3]．ALP は骨代謝に関与することが知られており，成長期に血中濃度が高値を示し，健常な成人の血中濃度は低い [4-5]．成人で高値を示すときは胆管の閉塞や一部のガンなどが疑われ，重要な検査項目である [6-8]．活性測定には，人工的に合成された合成基質である4-ニトロフェニルリン酸（pNPP）を用い，pNPP が ALP によって加水分解されて生成する4-ニトロフェノール（pNP）が濃い黄色を呈することから，反応液の405nmの吸光度を測定して pNP の生成量を求める方法が用いられる（式3）．



式3 ALP による pNPP の加水分解反応

ALP の至適 pH がアルカリ性であることから，反応緩衝液にはアルカリ性緩衝液を用いる．pH 10 の炭酸緩衝液と pNPP を成分とする反応液で ALP を作用させる Kind-King 法が最も古く基本的な活性測定法である [9]．Kind-King 法では pNPP の加水分解により遊離リン酸が

生じ反応系の pH に影響を及ぼすことから，現在ではアミノアルコールを反応緩衝液として ALP のリン酸基転移作用の基質とする方法が基準法となっている．日本臨床化学会（JSCC）勧告法ではアミノアルコールとして2-エチルアミノエタノール（EAE）を用いることになっ

ていた [10]. EAE を用いる方法は、検出感度に優れる Kind-King 法を再現することによって開発された経緯があり、Kind-King 法の優れた検出感度を継承し精度・正確性ともに優れるが、測定値が血液型の影響を受けやすい点があること [11] や、国際ハーモナイゼーションに沿って国際的な治験への参加の障壁を取り除くことを図り、国際臨床化学連合 (IFCC) が定める 2-アミノ-2-メチル-1-プロパノール (AMP) を用いる方法に変更され、2020 年 4 月より新 JSCC 勧告法として定められた [12]. 新 JSCC 法は旧 JSCC 法と比べて検出感度が 1/3 程度 [13] で、全自動生化学分析装置による測定を前提として pH 条件が非常に厳密に定められているため、用手法では正確な測定値を得にくい。そこで本検討では、反応機序が単純で用手法でも安定した結果を得やすく検出感度に優れ試薬が安価な Kind-King 法を採用した。また、血清を試料とした場合、ホスファターゼと拮抗するキナーゼ類やホスホリラーゼが試料中に含まれ、個人差も大きいことから、より効果的に酵素反応機序を習得させることを目的として、東洋紡製の精製 ALP を用いることとした。

反応速度は、全自動生化学分析装置では吸光度変化率として測定できるが、用手法で吸光度変化率を測定する場合、分光光度計の装置構成の制限から測定試料数が限られるため、一定時間酵素反応させて反応停止液を添加して吸光度の変化量を測定する定時分析法を採用した。

以上の設計から設定した検討条件は、以下の通りである。

a) ALP

精製 ALP : 3,000 U/mL (東洋紡)

b) 反応緩衝液

1 mmol/L Mg^{2+} 含有 50 mmol/L · pH 10.0
炭酸緩衝液

Mg^{2+} 源として塩化マグネシウムを使用

c) 反応停止液

水酸化カリウムを精製水に溶解して 2 mol/L

とした。

d) 検量線用 pNP 標準液

pNP を反応緩衝液に溶解して希釈系列を調製し、反応停止液を加えて測定濃度とした。

e) 基質溶液

pNPP を反応緩衝液に溶解してミカエリス・メンテンプロット作成濃度とした。

f) 酵素反応

サーモスタットを取り付け 37℃ に加温した恒温水槽に試験管を浸漬し、反応時間 10 分の定時分析法とした。

g) 吸光度測定

紫外可視分光光度計 UV-1280 (島津) で 405 nm の吸光度を測定した。

2. 反応条件の検討

pNP の 405nm におけるモル吸光係数の文献値は $1.85 \times 10^4 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$ [14] であることから、10 分後に反応停止液で 3 倍希釈したときの測定液中の pNP の吸光度が概ね 1.0 程度となる濃度を求め、検量線用標準溶液は反応溶液中濃度を最大 200 $\mu\text{mol/L}$ とする 5 ポイントとした。反応緩衝液に溶解した 20 mmol/L pNP 原液を反応緩衝液と反応停止液で希釈して調製した標準溶液による検量線の濃度 - 吸光度相関係数が $n=5$ の検証で全て 0.99 を超えるとともに、検量線傾きの変動係数 (CV) が 5 % 未満であることを確かめた。実際の生化学検査における精度管理の基準はより厳密であるが、本研究では、学生実習および予備検討として十分であると判断した。

反応液 1 mL の pNP 濃度が 10 分間の酵素反応後に検量線最大濃度の 80% の 160 $\mu\text{mol/L}$ になるようにすると、反応液中の pNP 量は 160 nmol であり、10 分間で 160 nmol の pNP を生成するためには ALP が 16 mU 必要と算出された。このことから、反応緩衝液で希釈した 160 mU の ALP を反応液量の 1/10 量使用することとした。

2022 年度臨床化学検査学実習の事前検討で、反応液中の pNPP 濃度が 15 mmol/L で最大反応速度 V_{max} に到達しないことが明らかとなっていたため、反応液中の pNPP 濃度を 0, 1, 2, 4, 8, 16, 24, 32 mmol/L に設定して最大反応速度到達濃度を求める検討を行った。反応液は基質溶液 100 μ L に対し [反応緩衝液 + 酵素液] を 900 μ L の組成とし、基質溶液の濃度を 10 倍濃度として採取量を大きくすることで秤量誤差の影響を相対的に小さくし、学生が実習操作をする際のミスによる影響を最小化した。

pNPP 溶液は淡い黄色を帯びており、高濃度ではより濃い黄色を呈する。生成物 pNP が呈する黄色のうちいくらかは基質 pNPP の黄色であり、pNP 生成量を正確に求めるためには反応前後の吸光度の変化量を求める 2 ポイント補正をする必要がある。全自動生化学分析装置では 2 ポイント補正を自動で実行するか、あるいは常時測光により吸光度変化率を算出することができるため補正を要しない。しかし、本検討により実施する用手法の実習では反応停止液を使用する定時分析法を採用することから、酵素反応試料と同濃度の pNPP を含む酵素ブランク試料を調製して、その吸光度を反応前吸光度として測定することとした。吸光度変化量は、酵素反応試料の吸光度から酵素ブランク試料の吸光度を差引いて求めた。

3. 酵素の特性値 (V_{max} , K_m) の算出

前項で設定した条件をもとに、基質溶液 100

μ L と反応緩衝液 800 μ L を混合して 37°C 温浴中で 2 ~ 3 分程度予備加熱した後、160 mU/L 酵素液 100 μ L を加えて反応液量を 1 mL として酵素反応を行った。酵素液は失活を防ぐため添加直前まで氷温にしているため、酵素液を予備加熱して基質液を加えて酵素反応を開始させるほうが原理的に正確な値を得やすいが、本検討では酵素反応時間が 10 分と長いことから添加時の酵素液温度の影響はほぼ無いと考えられた。また、実際の生化学検査では予備加熱中に酵素が共存物質と反応しないように基質液を予備加熱後に血清試料を加えて酵素反応を開始する方法が採られることがあるため、酵素液を添加した時点を反応開始とする方法を採用した。

各試験管に 30 秒おきに酵素液を添加し、最初に酵素液を添加した試験管を正確に 10 分間反応させた後、反応停止液 2 mL を加えてよく攪拌して反応を停止させた。以降、30 秒おきに順次反応停止させるタイムラグ定時分析法を行った。本検討では 8 試料であるため、1 分間隔でも全ての試料を分析でき、操作に熟達していない学生でも実施が可能である。分光光度計の保温ホルダを用いた反応速度測定では装置構成の制約から最大 6 試料までしか分析できないため、低濃度側での細かい濃度ステップと広い濃度範囲の基質濃度の両立が困難で V_{max} と K_m を正確に求めることが難しくなる。

基質濃度 - 吸光度相関を求めた結果を表 1 に示す。

表 1 pNPP 濃度と酵素ブランク試料・酵素反応試料の吸光度および差引き値

pNPP 濃度 [mmol/L]	0	1	2	4	8	16	24	32
酵素ブランク試料 吸光度 (405 nm)	0.003	0.017	0.031	0.057	0.113	0.224	0.340	0.454
酵素反応試料 吸光度 (405 nm)	0.003	0.242	0.412	0.608	0.802	1.026	1.202	1.336
差引き値	0	0.225	0.381	0.551	0.689	0.802	0.862	0.882

pNP 検量線の関数

$y = 0.0062x$ (x:pNP 濃度 [$\mu\text{mol/L}$], y:吸光度)
を用いて差引き値から pNP の濃度 [$\mu\text{mol/L}$]
と pNP 生成速度 [nmol/min] を算出した.

pNPP 濃度と pNP 生成濃度の相関を示したグラフ (ミカエリス・メンテンプロット) を図 1 に示す.

ミカエリス・メンテンプロット

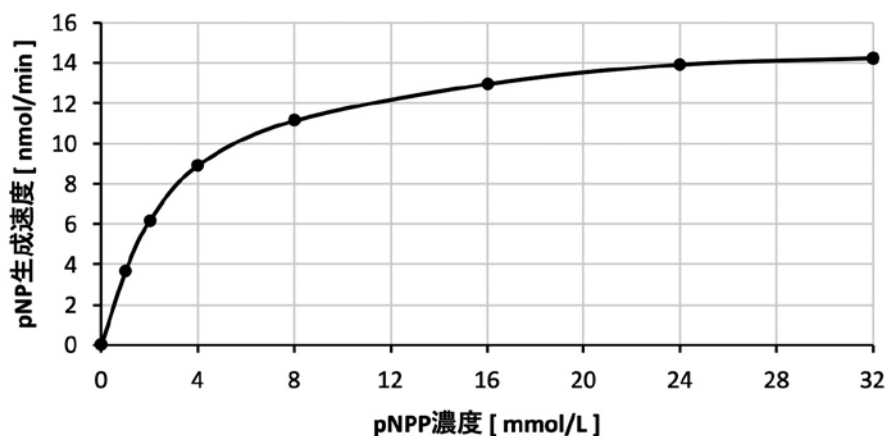


図1 pNPP 濃度と pNP 生成速度の相関 (ミカエリス・メンテンプロット)

pNPP 濃度と pNP 生成濃度の相関は典型的なミカエリス・メンテンプロットとなった.
pNPP 濃度の逆数と pNP 生成速度の逆数を求

めてラインウィーバー・バークプロット (図 2) を作成したところ, 相関係数は 0.999 と高い直線性が得られた.

ラインウィーバー・バークプロット

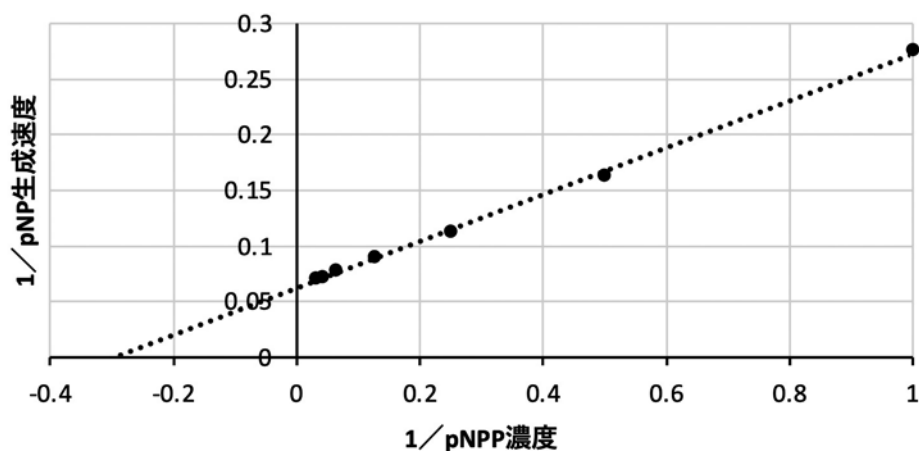


図2 pNPP 濃度の逆数と pNP 生成速度の逆数の相関 (ラインウィーバー・バークプロット)

ラインウィーバー・バークプロットの軸切片の値から $V_{\max}$ と K_m を求めた結果，

$$V_{\max} = 16.00 \text{ nmol/min}$$

$$K_m = 3.36 \text{ mmol/L}$$

が得られた． $V_{\max}$ は添加した酵素量 16 mU による理論上の反応速度と一致し，検討濃度でミカエリス・メンテンプロットの作成と，ラインウィーバー・バーク法による $V_{\max}$ ・ K_m の算出が正確に行えることが確かめられた．

4. オルトバナジン酸ナトリウムによる ALP 阻害の検討

オルトバナジン酸ナトリウムは，ホスファターゼ，キナーゼ，ホスホリラーゼ類を競合的に阻害することが知られており，分子生物学実験で用いられる酵素阻害剤カクテル試薬に含まれている．その阻害作用は強力で，数 mmol/L の添加で K_m 値を倍加させるほどである．添

加量が多すぎると実習に用いる基質濃度範囲内で $V_{\max}$ が回復しない可能性があるため添加量の検討を要するが，本検討では，先行研究 [15] を参考にした最終濃度 2.5 mmol/L が実習に使用する濃度として適切であることを確かめる実験を行った．

オルトバナジン酸ナトリウムを反応緩衝液に溶解して 25 mmol/L とし，ミカエリス・メンテンプロットを作成したときと同じ濃度の基質溶液 100 μL + オルトバナジン酸ナトリウム溶液 100 μL + 反応緩衝液 700 μL を予備加熱後，酵素液 100 μL を添加して前項と同様にタイムラグ定時分析法で反応速度を測定した．基質濃度と吸光度（酵素ブランク差引き値）および反応速度から作成したカエリス・メンテンプロットを図 3，ラインウィーバー・バークプロットを図 4 に示す．

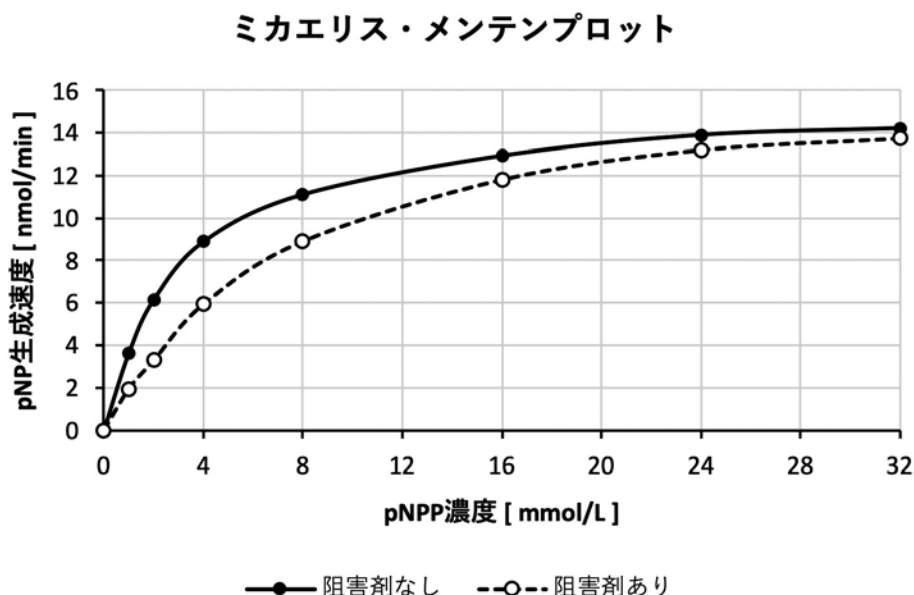


図3 pNPP 濃度と pNP 生成速度の相関（ミカエリス・メンテンプロット）．（●）と実線は阻害剤なしのときの相関、（○）と点線は阻害剤添加のときの相関を示す．

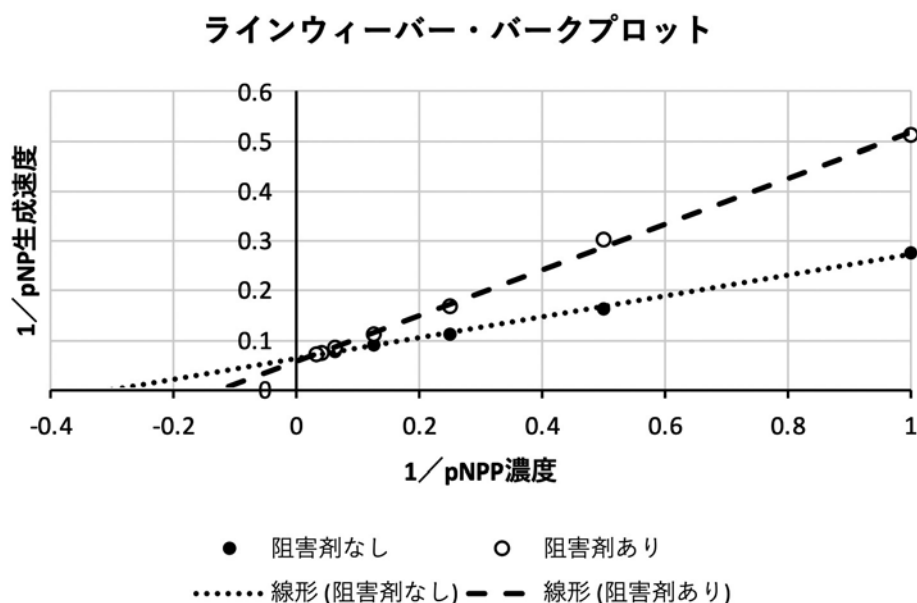


図4 pNPP 濃度の逆数と pNP 生成速度の逆数の相関 (ラインウィーバー・バークプロット). (●) と細い実線は阻害剤なしのときの相関、(○) と太い点線は阻害剤添加のときの相関を示す.

ラインウィーバー・バークプロットの相関係数は 0.997 で、軸切片から求められた値は

$$V_{\max} = 17.34 \text{ nmol/min}$$

$$K_m = 8.00 \text{ mmol/L}$$

であり、阻害剤なしとの比較は $V_{\max}$: +8.4%, K_m : +137.7% であった. このことから、オルトバナジン酸ナトリウムの最終濃度 2.5 mmol/L で競合阻害と判定できることが確かめられた.

生化学検査学実習では、阻害剤としてオルトバナジン酸ナトリウムと明かさずに学生に渡し、 K_m 値と $V_{\max}$ の変化から阻害様式を推測させるブラインド試験とすることとした. 前任校での生化学実習では、オルトバナジン酸ナトリウムとともに、ホスファターゼの非競合阻害剤であるレバミソールを阻害剤 A, 阻害剤 B としてブラインドで与えてどちらの試薬であるかを推測することを課題としていたが、本学では実習時間に制約があることと、レバミソールの阻害活性が ALP アイソザイムにより大きく異なり阻害様式の推測が難しいことから、オル

トバナジン酸ナトリウムのみを実習に用いることとした.

II 生化学検査学実習における学生実施実験の結果

前項までの検討で求めた条件で実習書を作成して、2023 年 11 月 16 日から 11 月 30 日にかけて生化学検査学実習 II において課題「酵素反応速度論実践」として学生実習を行った. 本検討では Microsoft Excel 365 (バージョン 2311) を用いて検量線、ミカエリス・メンテンプロットおよびラインウィーバー・バークプロットを作成し、ラインウィーバー・バークプロットの軸切片は Excel の関数で求めた. 実習ではプロットは方眼紙に手書きさせて軸切片を目盛りから読み取らせた.

1. pNP 検量線

学生が求めた代表的なデータを事前検討で使った計算ファイルを用いて算出した結果を表 2 および図 5 に示す.

表 2 pNP 検量線濃度と吸光度

pNP 濃度 [$\mu\text{mol/L}$]	0	40	80	120	160	200
吸光度 (405 nm)	0	0.185	0.442	0.643	0.887	1.115

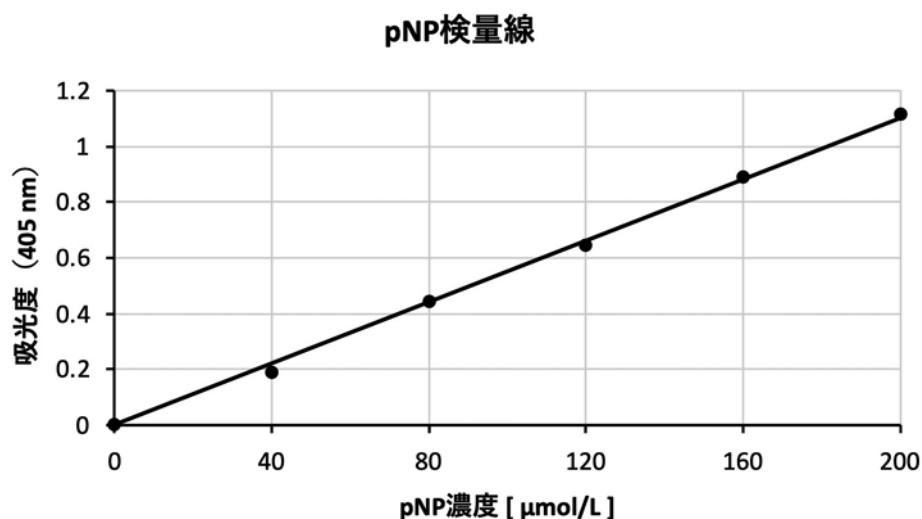


図 5 pNP 検量線

検量線傾きは 0.0055，相関係数は 0.9993 で十分な直線性があった。

本課題での検量線の調製は pNP 原液を反応緩衝液と反応停止液で希釈するだけの操作であり，直線性の可否はほぼピペティング操作の技量のみによる。本項に示した班以外の班も全て検量線の直線性は合格していた。前期の生化学検査学実習 I から検量線作成は十分な訓練を重ねており，習熟が認められた。ただし，ピペティングについては気筒内への試液の吸い込みや先端を上に向けて保持するなど誤った使用方法が散見されたため，臨地実習までに訓練を必要とすることが認められた。

事前検討での検量線傾きとの差異は，反応緩衝液の調製法と反応停止液の濃度の違いと考えられた。反応緩衝液は，事前検討ではヘンダーソン・ハッセルバルヒの式を用いて炭酸ナトリウムと炭酸水素ナトリウムを pH 10 になるよ

うに混合調製したが，生化学検査学実習では炭酸水素ナトリウム水溶液に水酸化ナトリウム水溶液を加えて pH 10 とする簡易法で調製した。また，反応停止液は廃液処理と安全の観点から 1 mol/L 水酸化カリウム水溶液に変更した。

2. 酵素反応速度とミカエリス・メンテンプロット

実習書に基づいた学生実習でミカエリス・メンテンプロット作成濃度の基質で ALP 反応をおこなわせた。吸光度の変化量は反応後の pNP の吸光度から酵素ブランク試料の吸光度を差し引いて求め，生成した pNP の濃度を吸光度から算出した。阻害剤を加えた反応の吸光度および生成 pNP 濃度も同様にしてもとめさせた。この結果を表 3 に示し，pNPP 濃度と pNP 生成速度の相関（ミカエリス・メンテンプロット）を図 6 に示す。

表3 各 pNPP 濃度における測定吸光度と pNP 濃度および pNP 生成速度

pNPP 濃度 [mmol/L]		0	1	2	4	8	16	24	32
阻 害 剤 な し	酵素プランク試料 吸光度 (405 nm)	0.003	0.013	0.023	0.045	0.078	0.145	0.213	0.284
	酵素反応試料 吸光度 (405 nm)	0.001	0.348	0.526	0.820	1.098	1.214	1.345	1.403
	差引き値	-0.002	0.335	0.503	0.775	1.020	1.069	1.132	1.119
	pNP 濃度 [$\mu\text{mol/L}$]	-0.36	59.50	89.34	137.66	181.17	189.88	201.07	198.76
	pNP 生成速度 [nmol/min]	-0.04	5.95	8.93	12.77	18.12	18.99	20.11	19.88
阻 害 剤 あ り	酵素反応試料 吸光度 (405 nm)	0.003	0.219	0.375	0.589	0.845	1.148	1.289	1.340
	差引き値	0	0.206	0.375	0.544	0.767	1.003	1.076	1.056
	pNP 濃度 [$\mu\text{mol/L}$]	0	36.59	62.52	96.63	136.23	178.15	191.12	187.57
	pNP 生成速度 [nmol/min]	0	3.66	6.25	9.66	13.62	17.82	19.11	18.76

ミカエリス・メンテンプロット

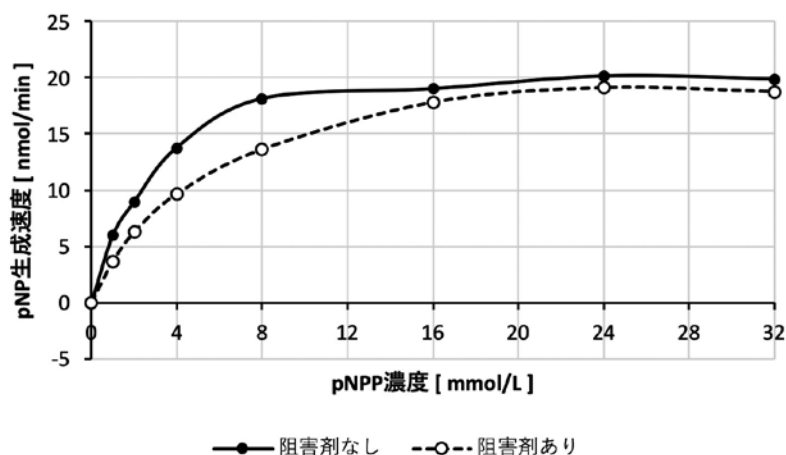


図6 pNPP 濃度と pNP 生成速度の相関（ミカエリス・メンテンプロット）。(●)と実線は阻害剤なしのときの相関、(○)と点線は阻害剤添加のときの相関を示す。

3. ラインウィーバー・バークプロットと $V_{\max}$, K_m の算出

表3のデータから作成したラインウィーバー・バークプロットを図7, ラインウィーバー・バークプロットの切片座標から求めた $V_{\max}$ および K_m 値と阻害剤の有無での

$V_{\max}$ ・ K_m 値の差を表4に示す。

阻害剤なしのミカエリス・メンテンプロットにやや乱れがあるが、概ね正確な測定値が得られていた。ラインウィーバー・バークプロットの相関係数は、阻害剤なしが0.995, 阻害剤ありが1.000で、特に阻害実験で良い結果が得ら

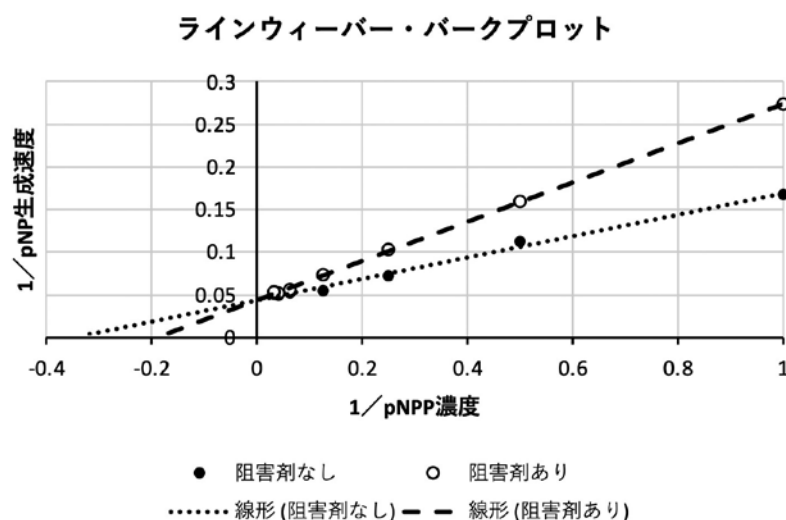


図7 pNPP 濃度の逆数と pNP 生成速度の逆数の相関（ラインウィーバー・バークプロット）. (●) と細い実線は阻害剤なしのときの相関、(○) と太い点線は阻害剤添加のときの相関を示す.

表4 ラインウィー・バーバーク法による V_{max} および K_m の算出値と，阻害剤の影響の大きさ

	V_{max}		K_m	
	算出値	阻害剤なしとの比較	算出値	阻害剤なしとの比較
阻害剤なし	22.71 nmol/min	---	2.85 mmol/L	---
阻害剤あり	22.58 nmol/min	-0.58 %	5.19 mmol/L	+82.0 %

れた．阻害剤の有無で比較して，ラインウィーバー・バークプロットの縦軸切片はほぼ一致しており，阻害剤の添加による K_m 値の変化率は -0.58% を示したことから，競合阻害の特徴を示していた．

Ⅲ まとめ

本検討により，生化学検査学実習で酵素反応速度論と酵素反応の機序を学習させる実習の条件は確立された．実習結果は概ね事前検討に沿った結果で，酵素反応速度論および酵素活性

機序の理解促進は達成されたと考えられるが，テスト等での理解度の確認を要する．理解度確認は今後の課題とする．

用手法による酵素実験は酵素反応速度に影響を及ぼす要素が多く，一定のテンポで手技を行わないと安定した結果を得にくいため習熟を要するもので，班ごとの結果のばらつきや，やり直しを要する結果の乱れは習熟不足によるものと考えられる．技術面での習熟不足だけでなく，依然として誤ったピペットの使用法や計量容器の選択の誤りが散見されたため，臨地実習まで

に正しい使用法や容器の選択を訓練することが課題であることが明らかとなった。

謝 辞

本検討の基礎データとして使用した 2022 年度臨床検査学実習事前検討における基質濃度検討実験の結果の一部は、山陽女子短期大学科学研究サークルのみなさんの協力で取得しました。

第Ⅱ項の報告は、2023 年度生化学検査学実習Ⅱ A4 班（石堂 有紗さん、梅田 麻央さん、齋藤 百花さん）の実習結果をもとに作成しました。

ここに厚くお礼申し上げます。

参考文献

- 1) 厚生労働省. 2022 年度第 69 回臨床検査技師国家試験 午前問題 32, 午後問題 36, 2021 年度第 68 回臨床検査技師国家試験 午前問題 44, 2020 年度第 67 回臨床検査技師国家試験 午後問題 32 ほか.
- 2) Weiss JM, Ray K, Henthorn PS et al. Structure of human liver/bone/kidney alkaline phosphatase gene. *J Biol Chem*. 263:12002-12010, 1988.
- 3) Knoll BJ, Rothblum KN, Longley M. Nucleotide sequence of the human placental alkaline phosphatase gene. *J Bio Chem*. 263:12020-12027, 1988.
- 4) 五関正江, 大井田新一郎, 佐々木哲. 骨のアルカリホスファターゼの構造と生理機能. *日本骨代謝学会*. 8:9-19, 1990.
- 5) 太田博明. 骨形成マーカー「骨型アルカリホスファターゼ」測定の意義と測定法に関する新たな進展. *モダンメディア*. 58(5):143-148, 2012.
- 6) 西村秀男, 名和田順介, 福本陽平ほか. Alpha-Naphtylisothiocyanate 投与 Rat における Alkaline phosphatase (ALP) に関する研究 -特に小腸性 ALP の動態について-. *日本消化器病学会誌*. 74 (2):149-154, 1976.
- 7) Hadjis NS, Blenkarn JI, Hatzis G et al. Patterns of serum alkaline phosphatase activity in unilateral hepatic duct obstruction: a clinical and experimental study. *Surgery*. 107(2):193-200, 1990.
- 8) Tingting J, Qun Z, Jun H. Do alkaline phosphatase have great potential in the diagnosis, prognosis, and treatment tumors?. *Transl Cancer Res*. 12(10) :2932-2945, 2023.
- 9) Kim SK, Lee CK. Comparative study of three methods of determining alkaline phosphatase. *Kor J Med Tech*. 13:18-26, 1981.
- 10) 日本臨床化学会：ヒト血清中酵素活性測定の勧告法－アルカリホスファターゼ (ALP)－, *臨床化学*. 19:209-227, 1990.
- 11) 下誠, 入野勤, 神山清志 ほか. 血清アルカリ性ホスファターゼ活性と血液型との関係. *臨床化学*. 30(3):217-222, 2001.
- 12) 日本臨床化学会 酵素・試薬専門委員会 ALP プロジェクト・LD プロジェクト：ALP・LD 測定法変更について－医療従事者向け－. 2019.
- 13) Fujimoto T, Shirota M, Akiyama I et al. Evaluation of basic performance and reference range of L-type WAKO ALP-IFCC reagent: Comparison between IFVV and JSCC methods of measuring alkaline phosphatase activity. *Jpn J Med Tech*. 69(4):577-583, 2020.
- 14) 小川善資. 新しい精度管理法の提案（その 1）. *生物試料分析*. 35(4):347-357, 2012.
- 15) 更田恵理子, 出山義昭, 吉村義隆 ほか. ヒトアルカリ性ホスファターゼの基質選択性と阻害剤に対する感受性の相違. *北海道歯学雑誌*. 38(1):48-55, 2017.

活動報告

活動報告

2023 年 1 月～12 月

【研究】著書

No.	学科	氏名	書名・副書名・版	単・共著	著者名	掲載ページ	出版年
1	人間	水野	『アメリカ研究の現在地』	共著	水野敦子	291-293	2023
2	臨床	三島	EDTA 依存性偽性血小板減少症への対処法. 検査と技術	単著	三島清司	502-503	2023

【研究】論文

No.	学科	氏名	題目	著者名	掲載誌	巻・号	掲載ページ	発行年
1	人間	岩井	学習ログデータからの特異性の検出と情報構造に基づく意味的分析による学習課題の再検討 —— 単文統合型作問学習支援システムモンサクンの実践データを事例として——	松本 慎平, 岩井 健吾, 前田 一誠, 山元翔, 林 雄介, 平嶋 宗	教育システム情報学会誌	40	203-218	2023
2	人間	梅本	広島県がん登録情報から見えるがん医療の地域差：診断のための医療圏移動の現状	梅本礼子, 恒松美輪子, 松山亮太, 梯正之	日本公衆衛生学会誌	70(9)	554-563	2023
3	人間	高田	無料低額宿泊所入所者の心理学的・精神医学的特徴の実態調査	明翫光宜, 高柳伸哉, 鈴木勝昭, 鈴木康之, 伊藤大幸, 村山恭朗, 山根康宏, 小倉正義, 水間宗幸, 白石雅一, 望月直人, 水口勲, 中島卓裕, 浜田恵, 中島俊思, 野沢朋美, 高田晃治, 松田凌, 曾我部哲也, 辻井正次	臨床精神医学	52 (10)	1235-1245	2023
4	人間	水野	『ジアの夏』——チカーノ探偵小説における危機と再生	水野敦子	山陽女子短期大学紀要	44	19-32	2023
5	食栄	岡崎	Changes in extractive components and bacterial flora in live mussels <i>Mytilus galloprovincialis</i> during storage at different temperatures.	Run Wang, Mayumi Hirabayashi, Ayumi Furuta, Takashi Okazaki, Shota Tanimoto	Journal of food science	88	1654-1671	2023
6	食栄	吉村	2021 年及び 2022 年度地域活動実施及び 2022 年度訪問栄養指導実施 1 症例から見てきた高齢者の支援課題	吉村真奈美	山陽女子短期大学紀要	44	37-51	2023
7	臨床	小野寺	Clinical significance of human neutrophil antigen-1 antibodies in children with neutropenia	Satoshi Goda, Shuhei Karakawa, Satoshi Okada, Hiroshi Kawaguchi, Emi Kurita, Mitsunori Noma, Aiko Yamaoka, Mayumi Komatsu, Ayaka Yanai, Mayu Kashiwara, Teruhisa Fujii, Rie Onodera, Kikuyo Taniguchi, Mika Aizawa, Masao Kobayashi	International Journal of Hematology	118	627-635	2023
8	臨床	小野寺	Production of recombinant humanized monoclonal antihuman neutrophil antigen (HNA) antibodies with potential applicability as standard antibodies	Yuko Ishimoto, Kikuyo Taniguchi, Behnaz Bayat, Ryutaro Tobita, Toru Miyazaki, Rie Onodera, Emi Kurita, Masao Kobayashi, Kazuo Muroi, Nelson Hirokazu Tsuno	TRANSFUSION	63(12)	2282-2288	2023
9	臨床	三島	血液形態検査の標準化 1 —温度変化に伴うライト・ギムザ染色性の検討—	近藤亜美, 摩嶋夕, 山口聖礼, 三島清司	山陽女子短期大学紀要	44	1-6	2023
10	臨床	三島	血液形態検査の標準化 2 —主成分分析によるライト・ギムザ染色の客観的評価—	山口聖礼, 近藤亜美, 摩嶋夕, 三島清司	山陽女子短期大学紀要	44	7-12	2023
11	臨床	三島	血液形態検査の標準化 3 —水洗後の乾燥温度がライト・ギムザ染色性に及ぼす影響—	摩嶋夕, 山口聖礼, 近藤亜美, 三島清司	山陽女子短期大学紀要	44	13-18	2023

【研究】学会発表等

No.	学科	氏名	題目	単・共同	研究者名	学会名	発表日	場所
1	人間	岩井	生成的 AI 活用のためのリテラシーとしてのモデリング能力の育成	単	岩井健吾	第 48 回教育システム情報学会 全国大会	2023 年 8 月 29 日	大阪
2	人間	岩井	意図的な試行錯誤を伴う課題への識別指数適用のための許容回答回数の導入	共同	岩井健吾, 松本慎平, 林雄介, 平嶋宗	第 48 回教育システム情報学会 全国大会	2023 年 8 月 31 日	大阪
3	人間	金岡	ニューノーマル時代の大学生の就職に向けた意識変化に関する考察	単	金岡敬子	第 42 回日本ビジネス実務学会	2023 年 6 月 10 日	兵庫

4	食栄	岡崎 松崎	カレーの加熱調理中における芽胞菌の殺菌	共同	松崎好, 今野みやび, 岡崎尚	一般社団法人日本調理科学会 2023 年度大会	2023 年 9 月 10 日	広島
5	食栄	岡崎 森川	低温性芽胞菌の圧力発芽誘導に及ぼす栄養成分および食塩の影響	共同	森川陽子, 馬場 真帆, 岡崎尚	一般社団法人日本調理科学会 2023 年度大会	2023 年 9 月 10 日	広島
6	食栄	津村	女子大学生を対象とした IC タグ内蔵フードモデルを用いた食事調査の妥当性の検討	共同	津村なみえ, 緒方美友, 西原琴音, 森脇弘子	第 70 回日本栄養改善学会 学術総会	2023 年 9 月 3 日	愛知
7	食栄	津村	女子大学生における食物摂取頻度調査法の妥当性について	共同	森脇弘子, 西原琴音, 緒方美友, 津村なみえ	第 70 回日本栄養改善学会 学術総会	2023 年 9 月 3 日	愛知
8	食栄	藤原	塩麴漬けた魚肉の呈味成分による解析	共同	藤原久子, 徳本美咲, 古田歩, 谷本昌太	一般社団法人日本調理科学会 2023 年度大会	2023 年 9 月 10 日	広島
9	臨床	小野寺	教育シンポジウム ～カリキュラム改正後, 今後求められる臨床検査技師教育および卒後教育・資格～ 国家試験成績解析からのアプローチ	演者	小野寺利恵	第 17 回日本臨床検査学教育学会	2023 年 8 月 23 日	奈良
10	臨床	小野寺 久保田	臨床検査技師国家試験の全国正答率の推定	共同	稲田政則, 久保田耕司, 吉野千代, 小野寺利恵	第 17 回日本臨床検査学教育学会	2023 年 8 月 23 日	奈良
11	臨床	小野寺 久保田	web 自己採点システムを利用した反復演習試験の運用と効果検証	共同	久保田耕司, 小野寺利恵, 浅井渉, 中国良慶, 草野俊輔	第 17 回臨床検査学教育学会学術大会	2023 年 8 月 23 日	奈良

【研究】研究資金獲得

No.	学科	氏名	研究費名	研究テーマ	研究期間
1	人間	金岡	日本ビジネス実務学会助成金	「短期大学生の就職に向けた初年次教育に関する研究」ニューノーマル時代の大学生の就職に向けた意識変化に関する考察	2022 年 1 月～2023 年 6 月
2	人間	金岡	日本ビジネス実務学会中国・四国ブロック研究会助成金(分担)	「短期大学生の就職に向けた初年次教育に関する研究」	2022 年 11 月 1 日～2024 年 10 月 31 日
3	臨床	久保田	科学研究費助成事業 若手	皮膚バリア機能への影響評価に基づく界面活性剤の処方開発	2022 年 4 月～2024 年 3 月
4	臨床	椋	(公財) 平和中島財団アジア地域重点学術研究助成(分担)	新たな診断技術を用いたラオスの悪性中皮腫の実態解明ーアスベスト禁止法の成立のためにー	2023 年 4 月～2024 年 3 月

【社会貢献】講演

No.	学科	氏名	講演題目	行事名	主催者	講演年月
1	人間	岩井 鶴根	高齢者・初心者パソコン講座	第 43 回山陽女子短期大学公開講座	山陽女子短期大学, 廿日市市教育委員会, 廿日市市生涯学習推進本部	2023 年 7 月～9 月
	食栄	中野	暮らしの中の健康管理			
	臨床	溝渕				
2	人間	金岡	人生 100 年時代の教養の磨き方	海田町さわやか大学	社会福祉法人海田町社会福祉協議会	2023 年 8 月
3	人間	高田	演習 1：やってみよう！ 電話対応の基本を学ぶ	ひろしまチャイルドライン広島第 26 期受け手養成講座第 9 回	NPO 法人ひろしまチャイルドライン子どもステーション	2023 年 8 月
4	人間	高田	演習 2：やってみよう！ チャイルドラインを体験	ひろしまチャイルドライン広島第 26 期受け手養成講座第 10 回	NPO 法人ひろしまチャイルドライン子どもステーション	2023 年 8 月
5	食栄	吉村	夏に気を付けたい脱水及び病気	七福大学	佐方市民センター	2023 年 7 月
6	食栄	吉村	フレイル予防 肉じゃがアレンジ調理たんぱく質を摂取しましょう	第 3 回みんなの健康教室	廿日市市民活動センター, 佐方市民センター	2023 年 11 月
7	食栄	吉村	訪問栄養指導及び地域連携から見えてきた課題について	西部栄養士会研修会	広島県栄養士会	2023 年 1 月
8	食栄	吉村	少しの工夫で美味しく食べて栄養アップ 第 2 弾	暮らしの中の看取り準備講座	NPO 法人くみさぼ	2023 年 3 月

9	食栄	吉村	バランスの良い食事について	食事困りごと相談	NPO 法人くみさぼ	2023 年 9 月
10	臨床	三島	血液検査技師の育成	日本臨床衛生検査技師会中四国支部臨床血液部門研修会	日本臨床衛生検査技師会中四国支部	2023 年 11 月
11	臨床	三島	臨床検査技師の仕事	広島市立鈴が丘高等学校進路ガイダンス		2023 年 11 月

【社会貢献】模擬授業

No.	学科	氏名	授業テーマ	内容	場所	年月
1	人間	鵜根	高大連携授業	情報って何だろう？	山陽学園大学高等部	2023 年 6 月
2	人間	鵜根	高大連携授業	情報って何だろう？	山陽学園大学高等部	2023 年 12 月
3	人間	鵜根	高大連携公開講座	ノベルゲーム制作入門	山陽女子短期大学(教育ネットワーク中国)	2023 年 8 月
4	人間	梅本	高大連携授業	医療事務・医療秘書のお仕事の実際～知っておきたい～医療保険制度と法律	山陽学園大学高等部	2023 年 2 月
5	人間	金岡	高大連携授業	『伝える力』コミュニケーション力アップのための学び	山陽学園大学高等部	2023 年 9 月
6	人間	高田	高大連携授業	ストレスに負けないための心理学	山陽学園大学高等部	2023 年 2 月
7	人間	水野	高大連携授業	人間生活学科で何を学ぶか	山陽学園大学高等部	2023 年 6 月
8	食栄	岡崎	模擬授業	栄養士とは	広島県瀬戸内高等学校	2023 年 5 月
9	食栄	岡崎	高大連携公開講座	食品の加工(わらび餅, カテージチーズ, 竹輪)3 回	山陽女子短期大学	2023 年 8 月
10	食栄	鈴木	模擬授業	エネルギー代謝～エネルギー消費量の算出	高水高等学校	2023 年 3 月
11	食栄	鈴木	高大連携授業	物理学から人体の仕組みを考える	山陽学園大学高等部	2023 年 8 月
12	食栄	鈴木	模擬授業	食物・栄養分野について	広島商業高等学校	2023 年 9 月
13	食栄	鈴木	模擬授業	栄養分野について	広島翔洋高等学校	2023 年 12 月
14	食栄	津村	高大連携授業	おいしさ発見！	山陽学園大学高等部	2023 年 7 月
15	食栄	藤原	高大連携授業	卵の調理性	山陽学園大学高等部	2023 年 12 月
16	食栄	藤原	模擬授業	栄養士とは何か	西条農業高等学校	2023 年 6 月
17	臨床	岡村	高大連携授業	尿が教えてくれること	山陽学園大学高等部	2023 年 1 月
18	臨床	尾田	高大連携授業	臨床検査でわかること(病理検査を中心に)	山陽学園大学高等部	2023 年 11 月
19	臨床	櫻井	高大連携公開講座	臨床検査が教えてくれるもの	山陽女子短期大学	2023 年 8 月

【社会貢献】産学連携

No.	学科	氏名	連携企業	内容	期間
1	食栄	有吉	NPO 法人広島循環型社会推進機構(広島県資源循環協会との共同事業)	研究相談事業対応	2022 年 10 月～
2	食栄	有吉	広島県環境保健協会	協会における改正安衛法令対応指導(化学物質管理)	2022 年 12 月～
3	食栄	有吉	広島県環境保健協会	職員に対する環境法令研修	2023 年 6 月～8 月(計 9 回)
4	食栄	有吉	広島県環境保健協会	職員に対する食品衛生法令研修	2023 年 6 月～8 月(計 12 回)
5	食栄	有吉	広島県環境保健協会	協会における食品衛生検査・環境分析業務内部監査指導	2023 年 7 月(計 2 回)
6	食栄	有吉	広島県環境保健協会	フードバンク事業における食品の安全性確保に係る研究	2023 年 11 月～2024 年
7	食栄	岡崎	瀬戸内みそ(高森本店)からの依頼 広島県商工会連合会の支援	カキとみその商品開発	2023 年 9 月～2023 年 2 月
8	食栄	岡崎 藤原	ひろしま地産地消推進協議会	広島産食品素材を使ったレシピ開発	2023 年 7 月～2024 年 2 月
9	臨床	久保田	(株)dott	web 型自己採点システムの開発 教学支援システムの共同開発	2021 年 4 月～

【社会貢献】地域イベント協力

No.	学科	氏名	行事名	内容	主催者	場所	年月
1	人間	梅本	佐方自治会「夏祭り」	スライムによる遊びの提供	佐方自治会	佐方川緑地公園	2023 年 7 月
	食栄	岡崎					
2	人間	梅本	佐方自治会「盆踊り」	チケット販売, ごみ収集回収	佐方自治会	廿日市市佐方	2023 年 8 月
3	人間	梅本	佐方自治会「敬老会」	受付, 誘導, 幕引き担当など	佐方自治会	廿日市市佐方市民センター	2023 年 9 月
4	人間	梅本	佐方市民センターまつり	スーパーボール掬いゲーム, うどん・食堂コーナー	佐方自治会	廿日市市佐方市民センター	2023 年 10 月
5	人間	梅本	あいプラザまつり	食育クイズ	廿日市社会福祉センター	廿日市社会福祉センター「あいプラザ」	2023 年 11 月
	食栄	吉村					
6	人間	梅本	竹の子の会	ブラダー・ウィリー症候群の子供達の室内, 室外遊びに参加し見守る	廿日市社会福祉センター	廿日市社会福祉センター「あいプラザ」	2023 年 5 月
7	食栄	下地 松崎	さがたっこひろば	小学生向けの料理教室	佐方市民センター	佐方市民センター	2023 年 11 月
8	食栄	津村	佐方市民センターまつり	食事バランスチェック	佐方市民センターまつり 実行委員会	佐方市民センター	2023 年 10 月
9	食栄	吉村	食育クッキング	SDGs の器を使用して夏バテ防止調理	廿日市市地御前市民センター	地御前市民センター	2023 年 8 月
10	食栄	吉村	食育クッキング	クリスマスの料理	廿日市市地御前市民センター	よりん菜	2023 年 12 月
11	食栄	吉村	阿品清鈴園	昼食作りボランティア	阿品清鈴園	阿品清鈴園	2023 年 3 月
12	臨床	小野寺	学生ボランティア	献血, 骨髄バンクドナー登録, 学生消防団, ワクワク学び隊等	廿日市市消防団等	廿日市市等	2023 年 1 月～

【社会貢献】学外役員・委員

No.	学科	氏名	団体・組織名	役職	期間
1	人間	岩井	JSISE 全国大会委員会	プログラム部会専門委員	2022 年～
2	人間	岩井	JSISE 学会誌編集委員会	委員	2023 年～
3	人間	岩井	ALST 研究会 専門委員会	専門委員	2023 年～
4	人間	梅本	国立がん研究センターがん登録研修専門家パネル部会	パネル委員	2009 年～
5	人間	金岡	日本ビジネス実務学会	理事	2023 年 6 月～
6	人間	金岡	日本ビジネス実務学会中国・四国ブロック研究会	ブロックリーダー	2023 年 6 月～
7	人間	金岡	日本ビジネス実務学会	全国大会 大会実行委員長	2023 年 6 月～2024 年 6 月
8	人間	金岡	日本ビジネス実務学会	編集委員	2023 年～
9	人間	金岡	日本情報処理検定協会	採点審査委員	2023 年～
10	人間	高田	竹原市いじめ問題調査委員会	委員	2021 年 8 月～2023 年 7 月
11	人間	高田	比治山大学心理臨床センター	スーパーヴァイザー	2022 年 12 月～
12	人間	水野	教育ネットワーク中国	教育連携事業部会委員	2019 年～
13	人間	水野	エコクリティシズム研究学会	編集委員	2023 年～
14	食栄	有吉	NPO 法人広島循環型社会推進機構	理事	2022 年 6 月～
15	食栄	下地	新調理システム推進協会	理事	2009 年～
16	食栄	下地	凍結含浸やわか食を普及する会	特別認定講師	2014 年～
17	食栄	鈴木	一般財団法人大学・短期大学基準協会	評価員	2023 年
18	食栄	津村	公益社団法人広島県栄養士会	理事	2022 年～
19	食栄	中野	広島県栄養士会	健康教育事業部専門委員	2022 年～
20	食栄	中野	大野学校給食センター	運営委員	2022 年～
21	食栄	吉村	広島西二次保健医療圏域食育推進圏域連絡会	構成員	2021 年 6 月～
22	食栄	吉村	廿日市市警察協議会	委員	2021 年～
23	食栄	吉村	大竹市健康増進及び食育推進策定委員会	専門委員	2023 年～
24	臨床	尾田	広島県臨床細胞学会	理事	2010 年～
25	臨床	尾田	広島県臨床検査技師会	副会長	2018 年～
26	臨床	尾田	日本臨床細胞学会	評議委員	2021 年～
27	臨床	尾田	広島県細胞検査士会	副会長	2022 年～
28	臨床	小野寺	日本輸血・細胞治療学会 日本血小板・顆粒球型ワークショップ	幹事(会計担当)	2014 年～
29	臨床	小野寺	日本臨床検査学教育協議会 広報委員会	副委員	2019 年～
30	臨床	小野寺	健康食品管理士会	中国支部 幹事	2019 年～
31	臨床	小野寺	国家試験成績解析研究チーム	代表	2022 年～
32	臨床	椋	日本臨床検査学教育協議会 国際交流委員会	委員	2020 年～
33	臨床	椋	日本臨床検査学教育協議会 調査研究委員会	委員	2020 年～
34	臨床	椋	日本臨床検査学教育協議会 近畿中四国部会	副会長	2022 年～
35	臨床	椋	広島県臨床検査技師会	理事	2020 年～
36	臨床	椋	広島県臨床検査技師会 情報システム委員会	委員	2022 年～
37	臨床	三島	日本検査血液学会	評議員	2000 年～
38	臨床	三島	日本医療検査科学会	編集委員	2011 年～
39	臨床	三島	日本医療検査科学会	評議員	2012 年～
40	臨床	三島	日本輸血・細胞学会	評議員	2014 年～
41	臨床	三島	日本臨床検査医学会	評議員	2018 年～

【その他】

No.	学科	氏名	内容	備考	年月
1	食栄	藤原	一般社団法人日本調理科学会 2023 年度大会 若手研究者発表奨励賞 受賞		2023 年 9 月
2	臨床	岡村	第 4 回中四国地区臨地実習指導者講習会 世話人		2023 年 6 月
3	臨床	小野寺	第 3 回中四国支部臨地実習指導者講習会 オブザーバー		2023 年 2 月
4	臨床	久保田	大学教育のデジタルライゼーション・イニシアチブ(スキーム D)ピッチ・アクター		
5	臨床	久保田	臨床検査技師国家試験成績解析研究 解析研究責任者		
6	臨床	椋	中国新聞 SELECT JICA だより執筆		2023 年 12 月 5 日
7	臨床	椋	第 31 期救急救命士養成課程 講師：疾患、炎症・感染、腫瘍(全 3 回)		
8	臨床	藤井	JICA ケニア中央医学研究所研究能力強化プロジェクト	現地研修 講師	2023 年 8 月
9	臨床	三島	第 3 回中四国支部臨地実習指導者講習会 世話人		2023 年 2 月

山陽女子短期大学紀要投稿規程

第1条 執筆者は原則として本学教職員とする。ただし、紀要委員会において認められた者はこの限りでない。

第2条 原稿は他の出版物に発表されていない原著に限る。

第3条 原稿は紀要委員会に提出するものとする。

第4条 本紀要は年1回刊行する。ただし、別冊を時宜に応じて刊行することがある。

第5条 編集日程は、次を原則とする。

(1) 原稿の募集 毎年5月中旬

(2) 原稿の提出期限 毎年10月末

(3) 原稿の査読期限 毎年11月中旬

(4) 紀要の発行 毎年3月末

第6条 原稿の種類は原著論文・総説・研究ノート・資料・報告とする。

第7条 執筆予定者には紀要委員会から執筆要項を記載したフォーマットを渡し、執筆者はそれに則って記述する。

第8条 投稿原稿の採否は、査読者の意見に基づき紀要委員会がこれを決定する。

第9条 紀要には上記の原稿以外に、教育・研究・社会活動報告の頁を設ける。

第10条 校正は原則として執筆者が行うものとする。著者校正は1校とし、誤植の訂正にとどめる。

第11条 別刷りは著者の希望により1論文につき30部までは無償とする。

附 則

この規程は昭和59年12月10日から施行する。

附 則

この規程は昭和62年12月7日から施行する。

附 則

この規程は平成23年4月1日から施行する。

附 則

この規程は平成24年4月1日から施行する。

附 則

この規程は平成25年4月1日から施行する。

附 則

この規程は令和5年10月16日から施行する。

編 集 委 員

室津 史子（編集委員長）

金岡 敬子

岡崎 尚

椋 清美

板尾 愛子

〈原著論文〉

五木寛之とアナーキズム

——『鳥の歌』を手がかりにして——

丸川 浩 山陽女子短期大学名誉教授

要約

五木寛之の長編小説『鳥の歌』には、一種の相互扶助組織である〈鳥の会〉の運動が描かれている。その運動について、作中人物・森田みつ子は、本質的にアナーキズムと通じあうところがあると見ている。本稿は、『鳥の歌』に描かれた〈鳥の会〉の運動を手がかりにして、従来、ほとんど論じられることがなかった五木寛之と「アナーキズム」をつなぐ線を探ることを試みた論考である。〈鳥の会〉の運動が、アナーキズム的な側面を持った運動であることを確認し、その存在自体が、国家の管理に対する抵抗となると森田みつ子が捉えていることを明らかにした。その上で、『鳥の歌』に先立つ長編小説『戒厳令の夜』に描かれた漂泊民が支配権力に従わないアナーキスト的な存在であり、山の民の相互扶助組織が〈鳥の会〉の活動の原型となっていることを指摘した。また、エッセイ・対談における五木のアナーキズム言及から、五木の関心が、アナーキズムの根底にある「希求」

にあることを確認した。最後に、〈鳥の会〉のアナーキズム的な実践が、近年、注目されている「新しいアナーキズム」と通ずる側面があることを指摘し、『鳥の歌』という小説の現代的な意義に言及した。

キーワード

五木寛之、『鳥の歌』、アナーキズム、管理国家、漂泊民

はじめに

五木寛之が、一度目の休筆（一九七二年～七四年）後に書いた長編小説『鳥の歌』（一九七七年一〇月～七八年一〇月）には、一種の相互扶助組織である〈鳥の会〉の運動が描かれている。その運動のリーダーは、自らの意志でエリート・コースからドロップアウトしたサク（鳥井作造）という男である。サクの周辺には、かつて同棲しチエ子という子どももできて、別れた後も自由な関係で結ばれている矢沢謡子という女性がいる。また、サクの人柄と〈鳥の会〉の運動に惹かれて、最後にはラジオ局をやめて〈鳥の会〉に参加することになる森田みつ子という女性もいる。次の一節は、謡子とみつ子が〈鳥の会〉の運動について話し合う箇所である。少し長くなるが、「五木寛之とアナーキズム」^①について考察する手がかりとなる箇所なので、引用する。

「サクさんたちのやっていることは、動機そのものはロマンチックに見えるけど、本質的にはアナーキズムに通ずるところがあるのよね。だから警戒されるんだと思うわ」

「そうとは思わないけど」

謡子は首をかしげた。たしかに森田みつ子の言うような傾向がないわけではない。しかし、サクという人間の身近に生きていた謡子には、そんな森田みつ子の客観的な意見が、どこかしっくりこないようだった。

「サクさんって人は――」

と、彼女は言った。

「頭から行動するんじゃないかって、まず気持ちに先に動く人じゃないかと思うけど」

「だからアナーキズムに通ずるのよ。だって、アナーキズムっていうのは、政治や行動の論理じゃなくって、一つの観念がつくりだす詩のようなものでしょう？ 心情を思想にまで高めたのがアナーキズムですもの」

「わたし、そうは思わない」

謡子はややかたくなに反論した。

ここに描かれた森田みつ子の思い入れと、それに対する矢沢謡子の「かたくな」な否定には、アナーキズムについての理解の差が投影していると見てよいだろう。謡子は、アナーキズムを、テロと結びつ

く過激な革命思想という世間的通念で理解しており、サクたちの活動を、そうした革命思想と結びつけて説明されることに違和感を抱いているのである。サクとの付き合いが長く、サクの人間性に今でも強く惹かれていた謡子は、サクたちの活動を政治的、思想的な行動とは考えられないし、また、考えたくもないのである。

一方、みつ子は、アナーキズムを革命に通じる過激な思想、行動というように限定的に捉えていない。アナーキズムは、日本では「無政府主義」と訳されたこともあって、『鳥の歌』が書かれた一九七〇年代では、一般的には、過激な政治思想、革命思想として捉えられていたと考えられるが、森田みつ子の理解は、それに囚われていないのである。実際、後述するように、サクたちの〈鳥の会〉の活動は、革命的でも過激でもない日常的な活動を基盤とした運動なのである。引用箇所では、みつ子は、「観念」、「心情」において「アナーキズムに通ずる」としか語っていないが、みつ子の理解を超えた部分も含めて、確かに、『鳥の歌』の〈鳥の会〉の活動はアナーキズム的な側面を持った運動として描かれているのである。

五木寛之は、「豊かな混沌——勝田吉太郎^②」（一九九三年十一月）

のなかで、「それまで（一九六〇年代後半まで＝引用者）私たちの周辺のアナーキズムへの関心は、ほとんど回顧的なもので、大杉栄や幸徳秋水らのイメージとともにセピア色の懐かしのメロディーのように一般には感じられていたといっても差支えないだろう」と、アナーキ

ズムがすでに過去の思想と見なされていたことを回想している。当時、左翼運動の中心はマルクス主義の時代であって、その異端であったアナーキズムは、ほとんど忘れられた存在だったことを考えれば無理もないことだろう。

しかし、同エッセイでは、その後、一九六八年のパリ五月革命に遭遇した体験（周知のごとく、小説「デラシネの旗」へ一九六八年一月）は、その体験をもとに書かれた）やソ連軍侵攻後のプラハ訪問時の見聞によって、「抗議のなかにアナーキズムを共存させることを拒む運動の無意味さ」を見たという。また、それ以前の回想として、学生時代に、クロポトキンの『ロシア文学の理想と現実』を読み、その後『一革命家の思い出』を読んだこと、トルストイの芸術論に影響を受けたこと、二十代の後半にスペイン市民戦争に関心を抱き「その中にアナーキズムの匂いをかいだ」ことを挙げて、「私が惹かれていたものがアナーキズムと通いあう感受性だったことに、いまさらのように驚く」と書いている。

五木寛之が、エッセイや対談で、アナーキズムに言及することが極くまれであったこともあってか、従来、五木寛之とアナーキズムとのつながりが注目されることは、ほとんどなかったと言つてよい。そこで、本稿では、『鳥の歌』における〈鳥の会〉の運動を手がかりにして、同時期に五木寛之が抱いていた「漂泊民」への関心を視野に入れて、五木寛之とアナーキズムをつなぐ線を探つてみたいと考えてい

る。アナーキズムへの関心が高まっている現在、こうした試みにも意味があるのではないかと考えるからである。

一 〈鳥の会〉の活動のアナーキズム的な側面

まず、『鳥の歌』における〈鳥の会〉という組織の性格と運動の形態を見て、それがどのような点で、アナーキズムに通ずるかを確認しておこう。

〈鳥の会〉の組織の性格については、サクと北海道で知り合ったという詩人・町原裕二が、矢沢謡子の現在の恋人である谷昌平に説明する箇所が要を得ている。

「組織といったって、べつにそんな大げさなもんじゃないでしょう。ただ、あの人たちが名乗っているのは、〈全国野鳥保護連盟〉という名ですが、簡単に〈鳥の会〉とも言つてるようです。まあ、わかってるのは、この日本列島を何十人か、何百人か、または何千人かの渡り鳥のような人びとが一つのグループを作つて流れ歩いているということです。彼らには共通の思想、共通の信条がある。そして共通の生活様式と、共通の言語を持ち、一つのルールを守りながら流れ歩いているということです。その〈鳥の会〉には、また定住している住民たちの〈友の会〉というのがあって、彼らと結びあいながら隠れたソサイエ

ティをつくっているんですね」

町原は、「要するに移動するコミュニティですね」という言い方もして、〈鳥の会〉のメンバーは、定住して生活を営んでいる「住民」の社会にあって、「住民」の間を流れ経巡る「動民」なのだと言う。町原は、「住民」と「動民」の関係を人間の体の比喩で説明する。すなわち、「住民」は、「筋肉」や「関節」や「骨」や「内臓器官」に相当するが、「動民」は、「血液」などの体中を流れ「器官」に活力を与えるものに相当すると言うのである。したがって、「すべての人間を住民にしちまうと、社会は活気を失ってしまうんですよ、流れる者がいなくちゃ、列島という有機体は死んでしまう」と、社会における流れ者「動民」の存在意義を認めるのである。この「住民」⇨諸器官、「動民」⇨血液の比喩は、小説の終り近くで、サク自身も語っているし、五木寛之は、エッセイや対談のなかで、たびたび同じ比喩で、「動民」の存在意義について語っている。したがって、ここには、五木寛之の考えが直接的に投影していると言える。

組織の外部者である町原は、その性格について、理解し得た範囲で述べているに過ぎない。その具体的な活動については、サクの説明と〈友の会〉の会友の説明から見よう。

サクたちは、全国に散らばっている会友の家を、年に二回、訪れ、その家が必要とする「手助け」を行っているという。その「手助け」とは、例えば、「愛犬の毛のトリム」から「簡単な大工仕事」に至る

まで、その家で困っているあらゆる種類のことに応ずるものである。

サクは「便利屋」とも言っているが、果樹園農家で流通の仕組みと一緒に研究したり、旅館の従業員に英会話を教えたり、といった単純作業を超えた分野の手助けも行っている。作中人物のなかでは常識家として描かれている谷昌平が、「それを職業としてやってらっしゃるんですか」と問うたのに対して、サクは、「いいえ、これは一つの運動なのです」と答えている。つまり、サクには、〈鳥の会〉の活動が、「運動」であるという意識が明確にあるわけである。彼らは、労働の報酬として賃金を得るのではなく、宿泊所と食事の提供を受けるだけだというのである。現金収入としては、会友が買ってくれる「愛鳥グライフ」という出版物から得られるわずかな金額があるだけである。こうした活動からは、〈鳥の会〉が目指しているのは、自由に移動しながら、自分たちの持つ職能によって、定住者たちとのネットワークを構築しようとしていることのように見える。それでは、どのような点で、〈鳥の会〉の活動がアナーキズムに通ずるのだろうか。

この活動がアナーキズムに通ずるのは、一つには、〈鳥の会〉が相互扶助的な協同組合運動であることにあるだろう。クロポトキンを持ち出すまでもなく、相互扶助は、アナーキズムの基本的な原理である。サクは、初めて会った謡子の現在の恋人・谷昌平に自分たちの活動を説明するに当たって、「人間というやつは、結局いつでも、どこでも助け合わなきゃ生きていけないんです」と活動の根本にある相

互扶助の精神について語ることから始めている。もう一つは、〈鳥の会〉が〈友の会〉と、人類学者・アナキストのデヴィッド・グレーバー³が言うような「水平なネットワーク」を構築しようとしていることである。実際、〈鳥の会〉と〈友の会〉は双務的・互酬的な関係にあり、対等の関係にある。また、〈鳥の会〉の本部は、常に移動しており、その本部も、トップダウン型の意思決定を行っている形跡は見えないのである。さらに言えば、〈鳥の会〉は、国家に全く依存しない（別に言えば、国家に認定される意志がない）組織で、この点でもアナキズムの基本的な原理である「自律」的な組織を志向しているのである。

このように、〈鳥の会〉の活動は、アナキズム的な側面を持った活動であると言えるが、リーダーのサクが、これをアナキズムの運動だと明瞭に意識しているようには描かれていない。また、〈鳥の会〉の活動が「アナキズムに通ずるところがある」と見ている森田みつ子にしても、その組織や運動の形態がアナキズムだと思っているわけではない。さらに言えば、サクがどのようにして〈鳥の会〉の組織、運動形態を考え出したかということについて、サクの口から説明されることもない。

サクの経歴も不明な点が多い。サクは、「資質的にエリート⁴の資格を持って生れてきた」人間らしいが、「そういった自分が、ぼくはあ

分が世の中の無用の存在みたいになって行けたらと思うようになったんです」と生き方の転機を語っている。それは、大学を二年でやめる頃に起きた「生き方についての考え方」の転機らしいが、その後、いつ、いかなる動機で、〈鳥の会〉の活動を開始したかは不明である。小説の現在の時点で、矢沢謡子に送った手紙には、「昔、夢物語だと思っていた仲間も、今では本気で多くのプランに取組もうとしてくれている」とあるように、サクには当初から仲間があり、サクのプランによつて〈鳥の会〉の活動が始まったことだけが確かなのである。

そうしたなかで、はっきり分かることは、〈鳥の会〉の運動の根本には、自由への希求があることである。サクは、次のように語る。「人間たちは空を飛ぶ鳥に自由の象徴を見たんだ。〈鳥のように〉——生きたいと、どれだけ沢山の人が思ったことだろう。そして、それはこれからは、ほとんど不可能に近い生き方だ。この国をふくめて、すべての国々が鳥のように生きること制限し、家畜のような生き方を人間たちに強いているように思われる。しかし、ぼくらは、最後までがんばるつもりだ」と。実際、〈鳥の会〉に対して、国家の〈見えない影〉が忍びよつて来るのである。

二 国家管理への反抗

〈見えない影〉とあるように、これは姿を表わさない。谷昌平ら

は、「公安警察」か「内閣の調査室」の動きではないかと推測する。しかし、彼らは、サクと関りのある人物に無言電話をかけたり、周囲の聞き込みを行うだけで、小説のなかでは誰一人登場しない、まさに〈見えない影〉であり続ける。

サクたちを監視し取り締まろうとする〈見えない影〉の奥では、国家の別の動きも出てきている。「国民信用機構」というコンピュータによる国民の管理を目指す機構の構想である。これは、当時の議論では「国民総背番号制」の構想を模しているが、今なら「マイナンバー制度」ということになるだろう。ただし、「国民信用機構」に加入し、カードを持つためには、「その人の過去と現在、生活のあらゆるデテールを、交友関係から行動のパターン、指紋、体形、健康など」の調査を受けて、資格を認定される必要があるというのだから、国民を選別するための制度であって、国民に半強制的に持たせようとするマイナンバー・カードとは違っている。もちろん、国家が国民の個人情報徹底的に管理しようとするという点では同じである。五木寛之は、『鳥の歌』の「作者あとがき」で、「コンピュータによる情報管理が進み、微笑の背後に巨大な権力を隠した影の人々が、平凡な表情で歩き回っている」という管理社会の現状を指摘し、「八〇年代から世紀末へかけて、私たちの社会は、さらに管理された不自由なものになってゆくだろう」という「息苦しい予感」を語っている。その「予感」が現実のものとなり、世紀末どころか二十一世紀に入って、

さらに管理が強化され続けているということは言うまでもないだろう。

このような国家の管理に反抗する運動として、森田みつ子は〈鳥の会〉の活動を捉えている。小説の終り近くで、みつ子は、次のように言う。「サクさんたちは、この国の中で国境を越えて新しい文化を、文字や、言葉や、物語などを作ろうとしているのよ。それは、いわば国家のコントロールに対する反逆に当るんだわ」。みつ子は、サクたちの活動を、国家の管理に対する反抗と捉えていて、それがアナーキズムに通ずると考えているのである。

それでは、一見、穏健に見える〈鳥の会〉の活動が、なぜ国家に対する反抗になるのだろうか。そのことについて、みつ子は、次のように語っている。

「一つの社会の支配者は、その社会を固定化することで安定させ、支配構造を永久に続かせようとするわけよね。それに対して、当然、逆らう人びとが出てくるわ。そういったグループを過激派と呼ぶ向きもあるけれど、わたしは過激派だけが反抗してるんじゃないと思うの。過激派に対する温厚派という反抗者の群れがあるのよ。一定の住所に定住せず、一つの職業にばらねず、独自の言語をつくり、べつなモラルと法を持つことを企てて全国を流れ歩いているサクさんたちがそうだわ。そして、体制側にとって、本当に警戒すべき存在は、むしろ過激派よりも、温厚派としての反抗者のグループだわ。だって、その

人たちはこの国を支配する人びとと全く別な価値体系をつくるうとしてるんですもの。いわば根元から体制を掘り崩そうとする白アリみたいなものでしょう？　…（略）…サクさんは、その温厚派をひきいて、もう一つの共和国を建てるために、謡子さんとチエちゃんたちと別れて旅立たんじゃないかしら、わたしはそう思うの」

ここで、「独自の言語をつくり」と言っているのは、サクたちのグループが、「鳥形文字」という特殊な文字を考案し、仲間内の言語を作りだそうとしていることを指している。別の箇所でも、それをサク自身は「遊び」と言っているのだが、森田みつ子は、日本国内で国家と別な価値体系をつくる試みの一環と見なしているのである。つまり、《鳥の会》は国家体制にとって、排除される対象となる異物であり、その存在自体が体制への反抗となり得るというわけである。それを、みつ子は「もう一つの共和国」と言っているが、これは、町原裕二が説明していた「移動するコミュニケーション」というユートピア的な構想だろう。もちろん、これは森田みつ子の一方的な思い込みが語られているのであって、サク自身も、「ぼくらの考えていることは、まだ、思想とか、哲学とか、そういったもんじゃなくって、もつと素朴な感情にとどまっているものだと思うね」とあくまで謙虚に述べるだけで、自分たちの運動の意図は明らかにしようとしなない。

森田みつ子が、《鳥の会》を「過激派」とは別の「温厚派」の「反

抗者の群れ」と見ていることも注目すべきだろう。『鳥の歌』の冒頭、矢沢謡子は過激派（らしき集団）による爆弾事件に巻き込まれて怪我をする。公安警察は、《鳥の会》を「過激派」とつながりを持つ組織と見て監視するのである。この爆弾事件は、三菱重工本社ビル爆弾事件（一九七四年八月）など、過激派グループ「東アジア反日武装戦線」による一連の企業ビル爆弾テロ事件を読者に想起させる事件である。みつ子は、《鳥の会》が、過激派の行動と違った「温厚派という反抗者の群れ」の活動であることに、運動の本質を見ているのである。

ここまで見てきて分かるように、『鳥の歌』という小説では、サクが自分たちの運動の本質を語ることを抑制しているため、森田みつ子は、《鳥の会》の運動の本質を代弁している側面があり、そのことによって、作者・五木寛之の思想の代弁者としても機能していると考えられる（町原裕二にも、同じように機能している側面がある）。

先に『鳥の歌』の《鳥の会》の組織、運動形態を、サクがどのようにして考え出したか不明であると指摘したが、五木寛之の同時期の関心に即して見れば、その原型は見出すことができる。《鳥の会》の活動は、五木寛之の「漂泊民」への関心から生み出されたものであり、そこにも、やはり五木寛之とアナーキズムのつながりが見出されるのである。

三 「漂泊民（動民）」のアナーキズム

五木寛之が、サンカと呼ばれる山の漂泊民に深い関心を抱き、調べ始めるのは、一九七〇年頃のことと推測されるが、この関心、調査は、一度目の休筆期間（一九七二年～七四年）に構想され、その後発表された長編小説『戒厳令の夜』（一九七五年一月～二月）に、「シャンカ」と呼ばれる山の民として現われ、二度目の休筆期間（一九八一年～八四年前半）の後に書かれた長編小説『風の王国』（一九八四年七月～九月）に結実する。『鳥の歌』は、その中間に位置する長編小説なのである。

『戒厳令の夜』は、「日本先住民族史と現代世界政治史とを伝奇的に統合する雄大な構想」（木本⁴）で書かれた小説だが、この小説では、征服民族（大和朝廷）に追いやられた山人族と海人族の末裔たちが、主人公たちの日本脱出を助ける。彼らは、支配権力から定住を強制されるが、自由な放浪民として、定住民と同化することを拒否し続けた「まつろわぬ民」の末裔であった。彼らは、現在、戸籍に編入されているが、シャンカの〈九州山民連合〉のリーダー・鹿火（日比野）という戸籍名を持っている）が言うように、今でも「表ではまつろいながら、心の底までは決してまつろわぬ山人族二千年の誇り」を持ち続けているのである。

海人族の末裔で、福岡県水瀧郡に隠棲している「みずから外道と称

する異常の大学者」水沼隠志の存在は注目すべきである。彼は、助けを求めて来た主人公たちに、海人族と山人族の歴史を教える。そのなかで、海人族の移動制限とジプシーの諸国家による移動制限の歴史的事実に言及し、「中央集権的統制国家は、常に自由の民を目の敵にするのだ」と語り、「いわば海人も山人も、本来のアナキストだといってもいい存在だから」とも語っている。歴史的に「まつろわぬ民」として支配権力に従属しようとしないう方が、「アナキスト」に通じると水沼隠志は考えているのである。水沼隠志を尊敬する、政界の黒幕の鳴海望洋が「先生はそもそも国家の存在というものを、根本から認めておられぬのじゃ」と語っていることから見て、水沼隠志自身がアナキスト、あるいは「アナキズム的なもの」を内に秘めた人物だと言えるだろう。

水沼隠志は、数千年をへだてていつか、「この国の権力の支配を脱して国籍を捨て、四辺の海を棲家とする一つの自由な放浪共和国の民としてよみがえる」ことを夢想する。これは、『鳥の歌』で、森田みつ子が〈鳥の会〉に「一つの共和国」の夢を見ていることへとつながっているだろう。さらに言えば、五木寛之は、『戒厳令の夜』の連載中に、対談のなかで「漂泊民」（動民）についてしばしば語っているが、例えば、森敦との対談「失われた地図」と漂泊民の思想⁵」（一九七五年三月）では、国籍を放棄し、国家の保護を受けないかわりに、「自由に世界中を歩ける動民連合」を作り、「流動する民を流動

するままにさせておかなければいかんのではないか」という思いを語っている。この五木の思いが、水沼隠志の夢想につながっているのである。

水沼隠志の〈放浪共和国〉は未来のユートピア的な夢想だが、シャンカの〈九州山民連合〉は、現在、実際に活動している組織ということになっている。その組織は、シャンカが「一般社会にとけこんだ後、その仲間同士の互助組織として作った一種の組合」で、「経済的に困った仲間に金を貸したり、商売上の協力をしたり、また子弟の後援や、問題がおきた時の解決」に当たる「ひそかに活動している組織」なのである。表向きには国家に従属して見せながらも、国家に隷属しない誇りを維持するためには、国家に依存しない、自律的で、相互扶助的な組織を必要とするわけである。『鳥の歌』の〈鳥の会〉は、この〈九州山民連合〉から発想された活動だろう。ちなみに、『風の王国』では、さらに巨大化した〈へんろう会〉という組織が出てくるが、相互扶助、自然との共生という元来の理念から逸脱することから崩壊へと向かう。

しかし、『鳥の歌』の〈鳥の会〉の活動は、〈九州山民連合〉と相互扶助組織という点では共通しているが、性質は違っている。〈九州山民連合〉は、シャンカという特殊な集団の組織で、いわば仲間内の相互扶助の組織だが、〈鳥の会〉は、一般人の組織であり、〈鳥の会〉のメンバーと〈友の会〉の会員という「定住者」との間の相互扶助組織

である。こちらは、共同体から切り離された個人の間の自由な連合組織なのである。

『戒厳令の夜』では、先住民の末裔という設定を使って、伝奇的な手法で描かれているために、〈九州山民連合〉も現実離れた存在にも見えるが、『鳥の歌』における〈鳥の会〉では、現代社会を生きる現実的な存在として描かれている。つまり、現代社会のなかで、国家の管理に抗して自由に生きる「動民」の可能性を追求して描いたのが『鳥の歌』の〈鳥の会〉の試みである。かつて五木寛之は、「デラシネの思想」⁽⁶⁾（一九六九年六月）で、「動民は、みずからの主体的な動機で、移動を選び取った人間の立場である。だが、現代において、ぼくらは果たしてどこまで自由にその生活様式を選び取ることが可能か」と書いていた。『鳥の歌』は、〈鳥の会〉の活動をとおして、その可能性を描いた小説だと言えるだろう。そして、それは、これまで見てきたように、アナーキズム的な実践として描かれているのである。

四 五木寛之とアナーキズム

このアナーキズム的な実践は、五木寛之が、何らかのアナーキズムの運動や理論から学んで着想したということではないだろう。実際、五木寛之は、アナーキズムの運動や理論に言及することはほとんどない。スペイン内戦に「アナーキズムの匂いをかいだ」と言い、スペイ

ン内戦に関する書物を渉獵した五木寛之に、アナーキズムの運動的側面に関心がなかったはずはないが、それについて言及することは少ない。例えば、久野収・斉藤孝との鼎談「シンポジウムへ一九三〇年代」^⑦（一九七〇年六月・七月）では、スペイン内戦における「アナーキズム対コミニズムの問題」のような対立図式は、形を変えて現在でも続いているという趣旨のことを発言しているが、アナーキズムの運動そのものに深く立ち入って発言しているわけではない。

すでに触れたように、「豊かな混沌——勝田吉太郎」のなかで、「私が惹かれていたものがアナーキズムと通いあう感受性だったことに、いまさらのように驚く」と、五木寛之は書いていたが、五木寛之にとっては、この「アナーキズムと通いあう感受性」が重要なのである。それは理論や運動論とは別次元のものである。ここで、本稿の冒頭で引用した森田みつ子の発言を思い出してもよい。繰り返しになるが再引用すれば、彼女は、「だからアナーキズムに通ずるのよ。だって、アナーキズムっていうのは、政治や行動の論理じゃなくって、一つの観念が作りだす詩のようなものでしょう？ 心情を思想にまで高めたのがアナーキズムですもの」と語っていた。彼女にとってのアナーキズムも、「観念」や「心情」というレベルのものであって、「論理」や「理論」の次元のものではないのである。その意味でも、『鳥の歌』の作中人物・森田みつ子は、作者・五木寛之の代弁者であると言える。

言うまでもないことだろうが、五木寛之はアナーキストを自称したこともなければ、アナーキズムの思想・運動について深く学んだ形跡もない。五木寛之がアナーキズムについて語るときに見据えているのは、アナーキズムあるいはアナーキストの根底にある希求や願望に限られていると言つてよいだろう。例えば、「豊かな混沌——勝田吉太郎」のなかで、「アナーキズムとは、まず何よりも肉体から発する希求である。それは制度的な管理とは真向から対立する。いや、衝突する、と言ったほうがいいだろう」と書いている。五木寛之は、アナーキズムの根底に、「制度的な管理」と「対立」し「衝突」する「肉体から発する希求」を見ているのである。この「希求」は、「自由」への「希求」と通じていることは間違いないだろう。その意味では、『鳥の歌』におけるサクの「自由」への「希求」ともつながっている。

もう一つ、五木寛之がアナーキズムの根底にあるものと見なしているのは、個人主義的アナーキズムの先駆者とも言うべき十九世紀の思想家マックス・シュティルナーの「エゴ」（「唯一者」）である。内村剛介との対談「現代のニヒリズム」^⑧（一九七二年一月）では、「秩序やすべてのものを超えて自己存在すること」に「根元的にかかわるのがアナーキズムでしょう」という内村剛介の発言を受けて、五木寛之は、「シュティルナーなんかの考えかたが、そこで問題になってくる」と発言し、さらに、「神であろうが、国家であろうが、余をこえるものはなし——というふうな断定が、やはりアナーキズムの根底な

んですね」と語っている。

五木寛之が、「アナーキズムを自称したわけではないし、社会運動を組織化することもなく、孤独な思想家としてその一生を終えた」(森政稔⁹)というシュティルナーの著書『唯一者とその所有』を読んだのは、片岡啓治訳の現代思潮社・古典文庫6(上・一九六七年七月、下・一九六八年五月)によってであるというが(「深淵にひそむものへの予感——片岡啓治の世界」¹⁰)(一九七〇年九月)、そのエゴイズム思想の影響は大きいのである。先の「肉体から発する希求」の「肉体」にしても、シュティルナー流の「エゴ」(「唯一者」)が投影していると考えて間違いないだろう。「エゴ」(「唯一者」)は、既存の観念やあらゆる制度を拒否する。まさに「制度的な管理」とは「真向から対立」し「衝突」する、「すべての管理にノー」と言う立場の根柢なのである。

このように見てくると、五木寛之にとつてのアナーキズムは、個人主義的アナーキズムに親近性があると言える。実際、初期の五木寛之は、管理や規制が強化されて自由を失ったマスコミ世界の反抗者をしばしば描いているが、彼らは組織に対して一匹狼的な反抗を試みる(多くの場合挫折する)。しかし、それは個人による反抗に終始して、他者との連帯や連合を求めない。松田道雄¹¹は、個人主義的アナーキズムの「個人」は「つよい個人」、「孤立して生きうる個人」であると捉えているが、初期の五木寛之の小説に現れる反抗者も、基本的に

は「つよい個人」である。

しかし、五木寛之が、常に弱者や差別される人の側に立って発言していることはよく知られていることだろう。弱い立場の人間こそが余儀なく「制度的な管理」と「衝突」するのである。山の民や海の民といった漂泊民にアナーキズムを見出すのは、五木寛之が弱い立場の人間の側に立って見ているからにはかならない。おそらく、「相互扶助」の重要性に気づき始めるのは、漂泊民に関心を抱き始めてからのことだろう。例えば、沖浦和光との対談『辺界の輝き 日本文化の深層をゆく』(岩波書店、二〇〇三年三月)では、サンカについて語るなかで、五木寛之は、「マイノリティとされていた集団が生き延びていくためには、仲間たちの相互扶助ということはすごく大事なことです」と語っている。『戒厳令の夜』の〈九州山民連合〉や『風の王国』の〈へんろう会〉は、そうした五木寛之の考えが小説に生かされた組織なのである。

ここまで見てきたように、五木寛之は、アナーキズムの根底にある衝動やマイノリティ集団(漂泊民)の相互扶助の重要性は語っているが、アナーキズムの社会変革思想の側面についてはほとんど語ることはない。五木寛之に、そうした側面が視野に入っていなかったとは考えられないが、彼のアナーキズム言及を見る限り、そうなのである。

『鳥の歌』の〈鳥の会〉のアナーキズム的な実践にも、社会全体の変革を目指す志向は窺われない。すでに見たように、〈鳥の会〉の活動

がアナーキズム的な実践だと言えるのは、小集団で構成される「移動するコミュニティ」が、「定住者」（運送店や宿泊施設など中小の業者が中心のようである）と双務的・互酬的な関係で「水平的な」ネットワークを構築し、そこに自律的で「支配がない状態（anarchy）」を実現していこうとする志向を持っているからである。これは、小集団だから可能な運動とも言えて、社会全体の変革を目指さなくても可能な運動として、五木寛之が考え出した運動形態なのであろう。

それには、一九七〇年代の時代状況を見据えて、「過激派」ならぬ「温厚派という反抗者の群れ」に託して、「制度的な管理」に「衝突」する五木寛之の「肉体から発する希求」が込められているのではないだろうか。

おわりに

本稿の「はじめに」でも触れたが、近年、アナーキズム復活の機運がある。ブルードンの再評価など「古典的」アナーキズムの見直しもあるが、一九九〇年代以降に顕著となったアナーキズム的な特徴を持った運動を、「新しいアナーキズム」と捉える見方もある。その運動・実践・思想は一樣なものではないが、田中ひかるによる¹²⁾と、共通する特徴は、「古典的」あるいは「伝統的」なアナーキズムが「革命、国家の破壊、未来社会の実現に焦点を当てていた」のに

対して、「日常生活における革命」あるいは「生」に関わる様々な実践に焦点を当てる傾向」を持つという。つまり、「支配がない状態（anarchy）」を、国家権力の奪取を目指すことによってではなく、〈今・ここで〉可能な実践を積み重ねることによって実現しようとする志向だと言つてよいだろう。『鳥の歌』の〈鳥の会〉の活動には、そうした志向と通ずる側面があることは、これまで見てきたとおりである。

五木寛之という作家は、その時代の風俗を巧みに取り入れながら、時代を超え、あるいは時代を先取りして、現在でも通ずるテーマを書き続けた作家である。例えば、「幻の女」（一九六七年九月）はフェミニズム小説の先駆けとも読めるし、性的マイノリティの問題など、日本ではまだ話題にならなかった頃から、「わが憎しみのイカロス」（一九七二年二月）ほかの小説で扱っている。『鳥の歌』でも、〈鳥の会〉の活動をとおして、アナーキズムの復活を先取りしていると言えるのである。

『鳥の歌』は、『戒厳令の夜』と『風の王国』の中間に位置する長編小説であるにもかかわらず、注目度の低い小説である。例えば、五木寛之の入門書である志村有弘編『五木寛之 風狂とデラシネ』（勉誠出版、二〇〇三年七月）では「文学ガイド」として四十七の小説・エッセイ集の解説が掲載されているが、『鳥の歌』は取り上げられていないし、山川健一『五木寛之を読む 困難な時代を生きるテクニ

トとして』(KKベストセラーズ、二〇〇五年九月)でも、『鳥の歌』への言及はほとんどない。『戒厳令の夜』や『風の王国』のようなスケールの雄大さに欠ける地味な小説であるから無理からぬところはある。しかし、グローバル資本主義による支配が隅々まで浸透し、国家による管理もさらに強化されている状況のなかで、それに抗する思想・実践としてのアナーキズムが見直される現在、読み直す価値がある小説ではないだろうか。

〔注〕

- (1) 「anarchism」の日本語表記については、「アナーキズム」と「アナキズム」が両用されているが、本稿では、五木寛之が「アナーキズム」の表記を使用していることから、「アナーキズム」の表記で統一した。
- (2) 五木寛之『風の記憶』(角川文庫、二〇〇一年一月)
- (3) デヴィッド・グレーバー／安藤丈将・栗原康訳「新しいアナーキストたち」(『現代思想』、二〇〇四年五月)
- (4) 木本至「男・女・人間・愛・自由―五木寛之のやさしくも新しい世界」(『五木寛之全集 別巻』、講談社、一九八二年七月)
- (5) 五木寛之『回廊での立ち話 五木寛之対話集Ⅲ』(角川文庫、一九八二年二月)
- (6) 『五木寛之エッセイ全集・第六巻―エコーの森をぬけて』(講談

社、一九八〇年四月)

- (7) 五木寛之『わが心のスペイン』(角川文庫、一九七三年一〇月)
 - (8) 五木寛之『視想への旅立ち 五木寛之討論集』(河出文庫、一九八一年七月)
 - (9) 森政稔『アナーキズム 政治思想史的考察』(作品社、二〇二三年三月)
 - (10) 五木寛之『深夜の自画像』(文春文庫、一九七五年一二月)
 - (11) 松田道雄「解説 日本のアナーキズム」(筑摩書房、『現代日本思想大系16 アナーキズム』)
 - (12) 田中ひかる「新しいアナーキズム」はなぜ「新しい」のか―思想と運動の変容に関する史的考察―(『歴史研究』、二〇一五年三月)
- ※五木寛之の『鳥の歌』、『戒厳令の夜』からの引用は、『五木寛之小説全集①～③⑥』(講談社、一九七九年八月～一九八一年八月)に拠った。エッセイ・対談からの引用は、注に記したテキストに拠った。

山陽女子短期大学紀要 第45号

令和6年3月31日発行

編集者 山陽女子短期大学紀要委員

発行者 山陽女子短期大学
〒738-8504 広島県廿日市市佐方本町1-1
電話 0829-32-0909

印刷所 株式会社インパルスコーポレーション
〒731-0141 広島市安佐南区相田1丁目16-27

第四十五号 令和六年

山陽女子短期大学紀要