

# New Food Industry

食品加工および資材の新知識

New food indust. 59 (6) : 2017.

# 6

## 論 説

- 食品中の好気性芽胞菌とその簡易同定
- ふなすし由来乳酸菌(*Lactobacillus Buchneri* SU-6)の性状と米培地培養物のプロバイオティクスとしての機能性
- 分析値の品質保証と分析法性能評価

## 解 説

- 新健康食品素材  
「ホヤ由来プラズマローゲン」の機能性について

## 連 載

- ヒメマス飼料への魚油添加効果
- 野山の花 – 身近な山野草の食効・薬効  
スイカズラ *Lonicera japonica* Thunberg (スイカズラ科 Caprifoliaceae)
- デンマーク通信 デンマークでは寿司が人気

## 随 想

- ギリシャワイン 発見の旅へ  
– Discovery-Journey of of the Greek Wine –
- 国際的コミュニケーション能力の重要性 (4)  
– 「中国料理」に見られる日本と中国における嗜好の相違 –

## News Release

- 松谷化学, 名城大と希少糖「ブシコース」を含む希少糖含有シロップの糖代謝に対する影響についての共同論文を発表
- くるみの摂取で“精子の質”が改善する可能性を示唆



### 論 説

- 食品中の好気性芽胞菌とその簡易同定  
..... 東 量三, 監修: 宮尾茂雄 1
  
- ふなずし由来乳酸菌 (*Lactobacillus Buchneri* SU-6) の性状と  
米培地培養物のプロバイオティクスとしての機能性  
..... 前田 浩明, 恒川 洋 23
  
- 分析値の品質保証と分析法性能評価  
..... 松田 りえ子 28

### 解 説

- 新健康食品素材「ホヤ由来プラズマローゲン」の機能性について  
..... 大川原 正喜 35

### 連 載

- ヒメマス飼料への魚油添加効果  
..... 酒本 秀一, 佐藤 達朗 41
  
- 野山の花 — 身近な山野草の食効・薬効 —  
スイカズラ *Lonicera japonica* Thunberg (スイカズラ科 Caprifoliaceae)  
..... 白瀧 義明 56
  
- デンマーク通信 デンマークでは寿司が人気  
..... Naoko Ryde Nishioka 58

### 随 想

□ ギリシャワイン 発見の旅へ

—Discovery-Journey of of the Greek Wine—

..... 深澤 朋子, 坂本 静男 61

□ 国際的コミュニケーション能力の重要性 (4)

—「中国料理」に見られる日本と中国における嗜好の相違—

Importance of international communication capability (4)

—difference in the palatability of Chinese cuisine between Japan- and China—

中国語：跨文化交流能力の重要性 (4) —日中两国在中餐上嗜好的不同

..... 坂上 宏, 肖 黎, 戴 秋娟, 大石 隆介, 神崎 龍志 71

### News Release

■ 松谷化学, 名城大と希少糖「プシコース」を含む希少糖含有

シロップの糖代謝に対する影響についての共同論文を発表

..... 松谷化学工業株式会社 前付け 4

■ くるみの摂取で“精子の質”が改善する可能性を示唆

..... カリフォルニア くるみ協会 94

おいしさと健康に真剣です。

酵素分解調味料なら  
大日本明治製糖へ

new発酵調味料  
D&M  
ディアンドエム

酵母エキス系調味料  
コクベス

セラチン&小麦グルテン  
酵素分解調味料  
エンザップ

DM 大日本明治製糖株式会社  
食品事業部

新発売! 乳製品にベストマッチな調味料  
コクベス  
ラクティックイーストエキス  
乳加工品・製パン・製菓・チーズ・バターへの  
コクづけ、味や風味の底上げなど、ユニークな  
特長がある乳酵母エキスです。

〒103-0027 東京都中央区日本橋1-5-3 日本橋西川ビル7F TEL (03) 3271-0755

# 食品中の好気性芽胞菌とその簡易同定

東 量三<sup>\*1</sup>

監修：宮尾 茂雄<sup>\*2</sup>

<sup>\*1</sup>AZUMA Ryozo (旧農林省家畜衛生試験場) <sup>\*2</sup>MIYAO Shigeo (東京家政大学)

本論文は今から55年前、1962年10月号の本誌に掲載されたものである。著者は、当時、東京都小平市にあった農林省家畜衛生試験場（現動物衛生研究所）で研究されていた東量三先生である。私の卒論研究も先生のところで行わせていただき、大変貴重な経験となった。その結果、大学4年のほとんどを先生の研究室で過ごすことになった。当時、細菌の同定は形態観察や生化学性状検査が中心で、加えて細胞壁の脂肪酸組成などの化学分析による検査手法の研究も進められていた時代である。近年、細菌の同定は、PCRやシーケンサー等を利用した遺伝子解析によることが主体であるが、形態や生化学性状が同定の基本であることには、現在においても変わらない。

好気性芽胞菌は食品や食品製造環境から頻繁に分離される微生物であることや耐熱性であることから食品産業においては厄介な微生物の一つである。先生は、蒐集された約700株の好気性芽胞菌を対象に、様々な性状を調べられ、主に培地上の生育形態や数種類の生化学性状のパターンを解析することによって簡易に同定できることを提唱された。それ以後、食品の好気性芽胞菌の簡易同定を行う際に、本論文は頻繁に参考にされてきた。しかし、出版された当時の論文に誤植があったため、先生もそれをずっと気にされていた。一方、細菌検査を行っている技術者からも、本論文の再掲載を求める声が出版社に届いていた。そこで、今回、当時の論文の誤植を手直した上で、再度、掲載することとなった。本簡易同定法は50年以上を経過した今においてもその有用性は失われておらず、東先生に対しては心から敬服する次第である。

宮尾 茂雄

## はじめに

微生物、特に細菌は自然界において動植物とならんで大きな区分を占めており、われわれの周囲を見てもおよそ無菌的と思われる状態は存在しない。動植物の体表面、遺体、動物消化管内、排泄物、土壤などいたるところに細菌は存在している。このように細菌は自然界にみちみちているが、それらはいたずらに無法則的に存在するのではなく、その旺盛な活動力は一定の環境条件下においてのみ発揮し得る。その著しい例は病原菌であって、その多くは一定の宿主のみを侵襲し、また宿主体内の活動部位も限定

される場合が多い。また動植物はその生活している時、上述のように種々の細菌と共存しているが、その細菌フローラの内容はかなり限定されている。しかし一旦それが死亡すると、その遺体は多くの非病原菌の侵襲をうけ無機化がおこるが、それに関係する菌群相互のうつりかわりもまた十分解明されているといえないが、ある程度法則性がある。われわれの食品となるものはすべて動植物の遺体であるが、この無機化、あるいは、いいかえれば腐敗を巧みに利用したのが醸造食品であり、これらはその後の腐敗の進行が進み難いため良好な保存食品である。そ

れ以外の食品は絶えず細菌による腐敗を考えに入れなければならない状態にあり、その保存はすべて細菌類の活動を抑制するという原則に基づいていることに注意する必要がある。

一般細菌の中で特に芽胞を形成する細菌は、その芽胞の示す強い化学的物理的耐性のために滅菌したと信ぜられている食品中にひそみ、好適な条件がもたらされると発育し得るものが多く、かつ蛋白質、澱粉等の高分子物質に対する強力な加水分解酵素を生産するものが多いので、食品変敗において得意な役割を演ずる。そのみならず実験室内の汚染菌としてこの属の菌が分離されることが多いので、

特にそれらのうちの好気性で生育する *Bacillus* 属に属する菌は、きわめて多くの材料から分離され、同定されかつ多くの目的の実験材料とされている。そしてそれらの多くは土壌を検出材料として分離される例が多いので、その棲息地は土壌であるとされているが、土壌は単に芽胞型のかくれ家に過ぎないかもしれない。<sup>1)</sup> いずれにせよ土壌に見出される好気性芽胞菌は後述する Smith の第 1 群に属する *B.cereus*, *B.subtilis* 等がそのほとんどを占めていることが指摘されている。

表 1

1. 乳製品

菌種	分離源	分離者
<i>Bacterium hessi</i>	腐敗牛乳	Guillebeau, A. <sup>4)</sup> (1891)
<i>B. coagulans</i>	凝固エバミルク	Hammer, B.W. <sup>5)</sup> (1915)
<i>B. cereus</i> 124	牛乳	Lowrence, J.S. and Fard, W.W. <sup>2)</sup> (1916)
<i>B. subtilis</i> 79		
<i>B. albolactis</i> 25		
<i>B. vulgatus</i> 15		
<i>B. mesentericus</i> 2		
<i>B. fusiformis</i> 2		
<i>B. petasites</i> 1		
<i>B. cohaerens</i> 1		
<i>B. terminalis</i> 1		
<i>B. amarus</i>	苦味エバミルク	Hammer, B.W. <sup>6)</sup> (1919)
<i>B. panis</i>	苦味エバミルク	Spitzer and Epple <sup>7)</sup> (1920)
<i>B. calidolactis</i>	牛乳	Hammer, B.W. and Hussong, R.V. <sup>8)</sup> (1928)
<i>B. coagulans</i>	“フラットサワー” エバミルク	Cordes, W.A. <sup>4)</sup> (1928)
<i>B. calidolactis</i>	凝固エバミルク	Hussong, R.V. and Hammer, B.W. <sup>10)</sup> (1931)
<i>B. coagulans</i>	凝固エバミルク	Sarles, B.W. and Hammer, B.W. <sup>11)</sup> (1932)
<i>B. cereus</i>	凝固エバミルク	Hammer, B.W. and Hussong, R.V. <sup>12)</sup> (1932)
<i>B. subtilis</i>	缶詰クリーム	Nichols, A.A. <i>et al</i> <sup>13)</sup> (1937)
<i>B. megaterium</i>	腐敗エバミルク	Theophilus and Hammer <sup>14)</sup> (1938)
<i>thermophilic bacilli</i>	牛乳	Rudig <sup>15)</sup> (1940)
<i>B. cereus</i>	クリーム	Barber and Frazier <sup>16)</sup> (1943)
<i>B. mesentericus</i>		
耐熱及び好熱菌	腐敗エバミルク	Currans, H.R. and Evans, F.R. <sup>17)</sup> (1945)
<i>B. subtilis</i>	凝固エバミルク	Royle and Sognetest <sup>18)</sup> (1951)
<i>B. circulans</i>	腐敗エバミルク	Bothe <sup>19)</sup> (1951)
<i>B. subtilis</i>		
<i>B. cereus</i>		
<i>B. mesentericus</i>		
<i>B. polymyxa</i>	腐敗チーズ	Tjapkema, R., Prince, W.V. and Foster, E.M. <sup>10)</sup> (1953)

注) 菌種欄中の数値は同定菌数を示す

## 1. 食品中の Bacillus

食品から好気性芽胞 (Bacillus) 菌が分離同定された例はきわめて多く、これをことごとくあげるとは不可能であるが、主なものをあげると表 1 のようになる。非常に多くの菌種が分離されているが、現在の整理された分類によれば相当の株が統合される。ここで注目すべき点は変敗していない食品から分離された

Bacillus は *B.cereus*, *B.subtilis* 等上述の土壤中の優先芽胞菌というべきものがほとんどである (Laurence, J.S. ら<sup>2)</sup> Cheyney, E.W.<sup>23)</sup> Bushnell, L.D.<sup>25)</sup>)。このことはこれら食品の土壤による汚染を反映するものといえよう。他方、変敗した食品中からは勿論上述の菌は含まれるにせよそれ以外の特殊の菌が多い。結局これらの菌種が当初はきわめて少数であっても、その環境が

## II. 缶詰および肉製品

菌種	分離源	分離者
<i>Astasia asterospora</i>	缶詰	Weinzirl, J. <sup>22)</sup> (1919)
<i>B. mesentericus</i> Type 好熱菌	缶詰	Aderhold, R. <sup>21)</sup> (1899)
<i>B. vulgatus</i> 10 <i>B. cereus</i> 6 <i>B. mesentericus</i> 5 <i>B. simplex</i> 4 <i>B. megaterium</i> 3 <i>B. cohaerans</i> 2 <i>B. subtilis</i> 2 <i>B. thermophilus</i> (IV) 2 <i>B. petasites</i> 1 <i>B. psedo-tetanicus</i> 1	市販缶詰 (主に野菜)	Cheyney, E.W. <sup>23)</sup> (1919)
<i>B. stearo thermophilus</i>	缶詰	Don R.P.J. <sup>24)</sup> (1920)
<i>B. mesentericus</i> <i>B. subtilis</i>	缶詰	Bushnell, L.D. <sup>25)</sup> (1922)
<i>B. coagulans</i> ※51 <i>B. stearothermophilus</i> ※42 <i>Bacilli</i> 101	“フラットソー” 缶詰 (主に野菜)	Cameron, E.J. And Esty, J.R. <sup>26)</sup> (1926)
<i>B. subtilis</i>	缶詰	Aschehoug, V. and Vesterhus, R. <sup>22)</sup> (1941)
<i>B. coagulans</i> 17 <i>B. circulans</i> 9 <i>B. circulans-B. alvei</i> intermediate 8 <i>B. subtilis</i> 9 <i>B. subtilis-B. phmilus</i> 2 <i>B. macerans</i> 3	} “フラットソー型” 腐敗魚肉製品  } ガス産生型	Jansen, E. and Aschehoug, V. <sup>28)</sup> (1951)
<i>B. silvaticus</i> 10 <i>B. brevis</i> 1 <i>B. mesentericus</i> 3 <i>B. laterosporus</i> 5	カマボコ (表面腐敗)	木俣正夫 <sup>29)</sup> (1951)
<i>B. subtilis</i> 17 <i>B. megaterium</i> 5 <i>B. cereus var. mycoides</i> 6 <i>B. circulans</i> 12 <i>B. laterosporus</i> 5	カマボコ (内部腐敗)	木俣正夫 <sup>30)</sup> (1951)
<i>B. macerans-</i> <i>B. polymyxa</i> group	腐敗缶詰	Vaughn, R.H., Kreulevitch, I.R. and Mercer, W.A. <sup>31)</sup> (1952)
<i>B. subtilis lire</i>	腐敗獣肉ソーセージ	清田亮夫, 高尾朔, 加藤敬香 <sup>32)</sup> (1956)
<i>B. circulans</i> <i>B. pantothenicus</i>	軟化魚肉ソーセージ	横関源延, 内山均, 馬見塚利明 <sup>33)</sup> (1958)

※筆者の推定による菌種名

III. パン, 小麦粉, および澱粉

菌種	分離源	分離者	
<i>Bacilli</i>	パン	Laurent <sup>34)</sup> (1855)	
<i>B. mesentericus vulgatus</i>	“ropy” パン	Kratschmer and Niemilowicz <sup>35)</sup> (1889)	
<i>Bacilli</i>	パン	Vogel <sup>36)</sup> (1897)	
<i>B. panis</i>	“ropy” パン	Fuhrmann <sup>37)</sup> (1905)	
<i>Bacilli</i>	パン	Lloyd <i>et al</i> <sup>38)</sup> (1921)	
<i>Bacilli</i>	パン	Bunyea <sup>36)</sup> (1921)	
<i>B. mesentericus</i>	腐敗パン	Veikko <sup>40)</sup> (1928)	
<i>B. subtilis</i>	パン, 小麦粉	Kent-Johnes and Amos <sup>41)</sup> (1930)	
<i>B. mesentericus</i>		◇ (1931) <sup>42)</sup>	
<i>Bacilli</i>	澱粉	Owen and Mohley <sup>43)</sup> (1932)	
<i>Bacilli</i>	澱粉	Clark and Tanner <sup>44)</sup> (1937)	
<i>B. mesentericus</i>	小麦粉	Hoffman, C., Schweiter, T.R. and Dalby, G. <sup>45)</sup> (1937)	
<i>B. subtilis</i>	10 いも澱粉	木俣正夫, 河合章 <sup>46)</sup> (1951)	
<i>B. megaterium</i>			57
<i>B. cereus</i>			10
<i>B. cereus var. mycoides</i>			7
<i>B. circulans</i>			7
<i>B. laterosporus</i>			9
<i>B. brevis</i>			1
<i>B. subtilis</i>			42
<i>B. pumilus</i>	12 小麦澱粉	木俣正夫, 曾々木淑子 <sup>47)</sup> (1951)	
<i>B. laterosporus</i>			1
<i>B. megaterium</i>			6
<i>B. cereus var. mycoides</i>			2
<i>B. cylindricus</i>			2

IV. その他

菌種	分離源	分離者
<i>Astasia asterospora</i>	人参	Meyer, A. <sup>48)</sup> (1892)
<i>B. asterosporus</i>	野菜	Hasselhoff, E. and Bredemann, G. <sup>49)</sup> (1906)
<i>B. mycoides var. evoacetylus</i>	卵	Wagner, R.J. <sup>50)</sup> (1916)
<i>Aerobacillus amaracrylus</i>	酸敗葡萄酒	Voisent, E. (1911) <sup>51)</sup> , 1913 <sup>52)</sup> , 1914 <sup>53)</sup> and 1918 <sup>54)</sup>
<i>Aerobacillus acetoethylus</i>	腐敗馬鈴薯	Northrop, J.H., Ashe, J.H. Nd Senior, J.K. <sup>55)</sup> (1919)
<i>Aerobacillus amaracrylus</i>	サイダー, 葡萄酒	Warcollier, G. and Lemoal, A. <sup>56)</sup> (1932)
<i>Aerobacillus amaracrylus</i>	サイダー, 葡萄酒	Warcollier, G., Lemoal, A. and Tarvenier, J. <sup>57)</sup> (1934)

好適であるがために、他の菌種に先立って増殖し、その優位性を確立しその食品を変敗させたことを示すものである。さらに食品によってその優先菌種にかなりの差異があることが明らかであろう。例をあげればパンにおける *B. subtilis*<sup>35)</sup> 群<sup>37, 40)</sup> “フラットサワー” 型缶詰における *B. coagulans*<sup>9, 26, 28)</sup> 野菜の腐敗に関与する *B. polymyxa-B. macerans* 群<sup>55)</sup> などのごとくである。

このことから食品により変敗をもたらす菌種を他のものと区別し、かつそれがどの材料から

混入するのかわかり、それを予防あるいは抑制に役立てる必要が生ずる。そのためには腐敗部位から分離された菌が既知のどのような菌と一致あるいは近縁であるかを迅速に知ることが望ましい。病原菌の場合には選択培地を用い、次いで血清学的同定で比較的迅速にその目的を達成する場合が多いが、食品変敗などの場合にはまだその技術は十分確立されておらず、これからの研究に待つところが大きい。

## 2. Bacillus の分類

現在 *Bacillus* 属の菌の最も完成した検索表はこれらの菌の芽胞囊 (Sporangium) の型から3大別, すなわち芽胞囊が膨出していない第1群, 膨出し楕円型芽胞を有する第2群, 球型芽胞である第3群に分けた後, dichotomous (2分法的) な分別法を取る Bergey's Manual に採用されている Smith の検索表であるが<sup>58)</sup>, ここまでにいたる歴史的な過程に若干触れたいと思う。

最初に *Bacillus* 属を確立したものは古く 1872 年の Cohn<sup>59)</sup> であるが, 現在知られている菌種の大部分のものを広汎に記載したのは Ford<sup>2)</sup> であろう。彼は 1700 の菌株につき主として病原細菌の性状検索に用いるような方法と共に

菌の微視的な形態観察に主眼をおいた分類を行った。他方この時期前後から保存食品の発達に伴ってこれらの変敗に関連する *B.coagulans* や *B.stearotherophilus* に属すると思われる好熱菌の分離同定の記録が多く現れ, 1948 年の Bergey's Manual の第 6 版<sup>60)</sup> にはこれらが多数あげられるようになった。これと並んで公衆衛生の検査技術が進み, 食品の大腸菌検索が行われるようになると共に, グラム陰性菌に近い挙動をとり乳糖分解性の *B.polymyxa-B.macerans* 群がクローズアップされ<sup>61)</sup> まとまった記載がなされるようになった<sup>62)</sup>。

人類の生活と比較的密接な交渉を持つがゆえに些細な差異が取上げられ, 幾多の命名された

表 2

I 芽胞囊, 明瞭には膨出せず, 芽胞楕円または円筒型。中立または端立, 芽胞壁薄く染まり難い。グラム陽性。	
A. グルコース寒天上で发育した幼弱菌の原形質は軽い染色で空砲化が見られる。 増殖型の直径は 0.9 $\mu$ またはそれ以上。	
1. 窒素源アンモニウム塩培地でのマンニト分解陽性 アセチルメチルカルビノール産生せず。	1. <i>Bacillus megaterium</i>
2. 窒素源アンモニウム塩培地でマンニト分解陰性	
a 腐生的, 2,3 の菌株で弱い病原性	
b 寒天上 rhizoid (根足状) 发育せず, 通常運動性。	2. <i>Bacillus cereus</i>
bb 寒天上 rhizoid 发育, 通常非運動性。	2a. <i>Bacillus cereus</i> var. <i>mycoides</i>
aa 病原的	
b 炭疽病の病原体。非運動性。	3. <i>Bacillus anthracis</i>
bb ある種昆虫で病気の原因。通常運動性。	4. <i>Bacillus thuringiensis</i>
B. グルコース寒天上で发育した幼弱菌の原形質は軽い染色で空砲化見られず。 増殖型の直径は 0.9 $\mu$ 以下。	
1. グルコース寒天の发育, 普通寒天と同じく良いか, それよりも良い。大豆寒天で良い发育。	
a 7%食塩加液体培地で发育する。	
b 澱粉水解。亜硝酸が硝酸塩から産生。	
c グルコース加液体培地で嫌気下での发育良好。 培養後の pH は 5.2 以下。アルカリ性液体培地で嫌気下で硝酸塩からガス産生。	5. <i>Bacillus licheniformis</i>
cc グルコース加液体培地で嫌気下での发育なし。 培養後の pH は 5.2 以上。アルカリ性液体培地で嫌気下で硝酸塩からガス産生せず。	6. <i>Bacillus subtilis</i>
d 炭水化物培地でのみ黒色素。	6a. <i>Bacillus subtilis</i> var. <i>aterrimus</i>
dd チロシン培地でのみ黒色素。	6b. <i>Bacillus subtilis</i> var. <i>niger</i>
bb 澱粉非水解。亜硝酸, 硝酸塩より産生されず。	7. <i>Bacillus pumilus</i>
aa 7%食塩加液体培地で发育せず。	
b グルコース利用。ゲラチンの水解あったとしても弱い。	8. <i>Bacillus coagulans</i>
bb グルコース利用されず。ゲラチンの強い水解。	9. <i>Bacillus badius</i>
2. グルコース寒天での发育, 普通寒天ほど良くない。大豆寒天发育あったとしても弱い。	
a カゼイン水解。ウレアーゼ産生せず。	10. <i>Bacillus firmus</i>
aa カゼイン非水解。ウレアーゼ産生。	11. <i>Bacillus lentus</i>

II 芽胞嚢明に膨出。芽胞楕円まれに円筒型。中立または端立，芽胞壁厚く容易に染まる。芽胞嚢の遺残物が芽胞にくっついている。グラム不定。

A. 炭水化物からガス産生。	
1. アセチルメチールカルビノール産生。デンプンから結晶デキストリン産生せず。	12. <i>Bacillus polymyxa</i>
2. アセチルメチールカルビノール産生せず。デンプンから結晶デキストリン産生。	13. <i>Bacillus macerans</i>
B. 炭水化物からガス産生せず。	
1. 腐生的。通常培地に発育。	
a 澱粉水解。	
b インドールおよびアセチルメチールカルビノール産生。	14. <i>Bacillus alvei</i>
bb インドールおよびアセチルメチールカルビノール産生せず。	15. <i>Bacillus stearothermophilus</i>
c 65°Cで発育。	16. <i>Bacillus circulans</i>
cc 65°Cで発育せず。	
aa 澱粉水解せず。	
b グルコース液体培地培養で pH8.0 より低い。嫌気下でグルコース培地に発育。	17. <i>Bacillus laterosporus</i>
c インドール産生。窒素源アンモニウム塩培地でグルコースおよびマンニット分解。	18. <i>Bacillus pulvificiens</i>
cc インドール産生せず。窒素源アンモニウム塩炭水化物培地に発育せず。	19. <i>Bacillus brevis</i>
bb グルコース液体培地培養で pH 8.0 またはそれ以上。嫌気下でグルコース液体培地に発育せず。	
2. 寄生的。通常培地に発育せず。	
a 蜂蜜のアメリカ腐蝕病の原因。	20. <i>Bacillus larvae</i>
aa Japanese beetles の milky disease の原因。	21. <i>Bacillus popilliae</i>
	22. <i>Bacillus lentimorbus</i>
	A 型
	B 型

III 芽胞嚢明に膨出。芽胞球型かそれに近い。グラム不定。

A pH9.6 の通常培地に発育。尿度またはアルカリ性状態でなくても発育。	
1. 澱粉水解。10%の食塩液体培地に発育。	23. <i>Bacillus pantothenicus</i>
2. 澱粉水解せず。10%の食塩液体培地に発育せず。	24. <i>Bacillus sphaericus</i>
B pH6.0 の通常培地に発育せず，尿素またはアルカリ性状態が発育のため必要。	
	25. <i>Bacillus pasteurii</i>

*Bacillus* 属の菌を整理統合し検索表を完成したものとして 1952 年の Smith の業績<sup>63)</sup> は高く評価されよう。しかし第 1 群の菌は Ford によって相当綿密な記載<sup>2)</sup> がなされており，Smith の本領は保存食品の変敗物から分離された好熱菌の整理にあったと筆者は考えたい。

以上のような過程によってできた Bergey's Manual 第 7 版<sup>58)</sup> にも収録されている Smith の検索表は表 2 に示すようになって、先にも述べたように菌の形態で 3 大別した後 2 分法で分けるのである。この組み立てはきわめて巧妙であり多数の菌株を取扱った者に対しては合理的であるが、初心者にとって各々の段階でかなりの決断が要求され、最初の段階で判断を誤るようなことがあると、きわめて不合理な結論に到達し、あらためて数多くの性状検索を行う必要

を生じ、同定法としては必ずしも簡易なものとはいえない。

### 3. コロニーおよび画線培養所見による *Bacillus* の同定法

筆者はみづばち、反芻獣の消化管等の芽胞菌フロラを検索する機会に恵まれ、28 種 684 株の *Bacillus* 属の菌を蒐集し同定を試みた経験から、より簡易な同定法を確立することを試みたので以下に紹介し検討を乞いたいと思う。

その第 1 の骨子はある種特に第 1 群に属するものは巨視的形態即ち集落（コロニー）画線培養で大部分が種名を決定できることであり、第 2 は腸内菌の IMVIC 試験<sup>64)</sup> のように限られた項目の性状検索を行い、それに形態その他の補助的項目の所見でほぼ誤りない位置にその菌を

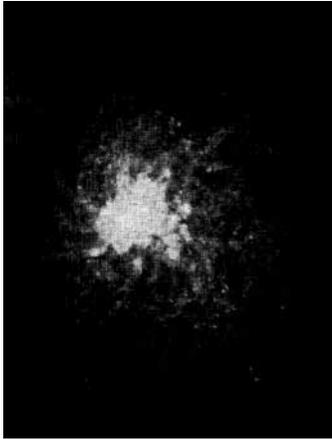


図1 *B. cereus* var. *mycoides*

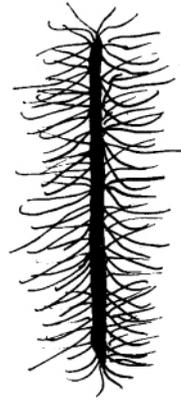


図2 *B. cereus* var. *mycoides*

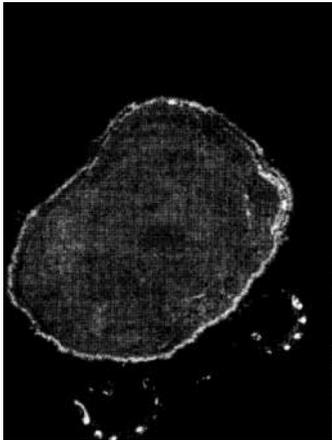


図3 *B. licheniformis*

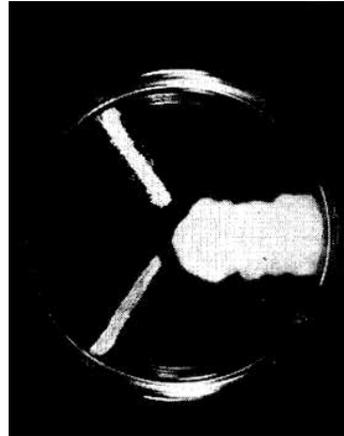


図4 左上：*B. licheniformis* 中：*B. subtilis*  
左下：*B. pumilus*

おくことができるということである。

筆者が普通寒天平板上のコロニー、または画線性状から種名を決定できると主張する *Bacillus* 属の菌は、*B. cereus* var. *mycoides*, *B. licheniformis*, *B. cereus*, *B. subtilis*, *B. pumilus*, *B. megaterium* のように第1群に属する菌とコロニーの移動性を有する第2群に属する *B. circulans*, *B. alvei* の他 *B. thiaminolyticus*<sup>65)</sup> もこれらの中に含まれる。これらの多くの名がその形態的特徴に由来することもこれを支持するものである。ここで順次に写真、模式図をそえて各菌種について解説を試みよう。

〔*B. cereus* var. *mycoides*〕 (図1, 2)

典型的な *Rhizoid* (根足状) の発育を示し初

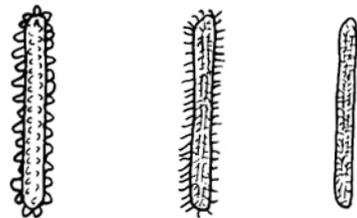


図5 *B. licheniformis* 継代により→変化

心者にも容易に判定がつく。

〔*B. licheniformis*〕 (図3, 4, 5)

孤立コロニーは最初円または不整形であるが、漸次周縁および表面から油滴状の物質 (droplet) を生ずるところの周辺発育 (outgrowth)

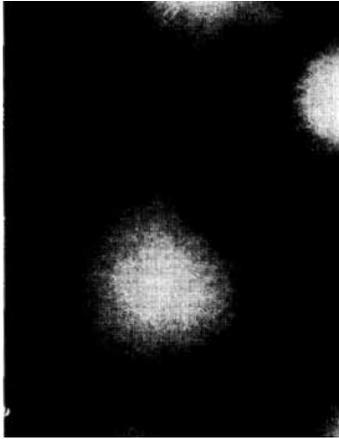


図6 *B. cereus*



図7 左上, 左: *B. thuringiensis*  
下: *B. cereus*  
右, 右上: *B. anthracis*

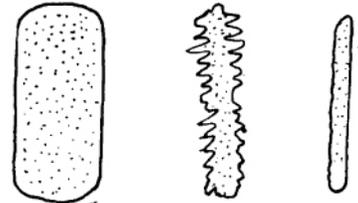


図8 *B. cereus* *B. anthracis*  
*B. cereus*  
*B. thuringiensis*

が見られるためにコロニー表面では波状の折重なりができ、一見多弁の花の所見を呈する。はじめ湿潤であるがやがて乾燥してきて、細かい皺襞が入り込んで全面粗澁な感じを与える。一般にコロニーは硬く寒天面に強く固着しているので白金耳で掻きとり難い(コロニー径3~8mm)。図3では droplet がよく見える。かかる droplet がコロニーの周りに1つでも見出されたら *B.licheniformis* と断定して差支えない。また droplet と共に細い毛状の outgrowth が出ることがある。なお分離時には以上の所見がきわめて明瞭に現れるが、分離し継代を重ねるにつれ図5のように所見が変わってくることもある。  
[*B.cereus*] (図6, 7, 8)

やや厚いコロニーで、かつやや spread する傾向があるが、表面はマットのような感じで粗澁、かつ湿潤で灰白ないし暗灰白色を呈し、周縁は不規則で応々管状ないし火焰状に outgrowth する(コロニー径3~10mm前後)。*B.cereus* は人畜病原菌 *B.anthraxis* や昆虫病原菌 *B.thuringiensis* と *B.cereus* var. *mycoides* を併せ *B.cereus* 群としてそれぞれ近縁な関係にあるが、このうち最後のものを除いて孤立コロニー

の所見は全く似ており区別はつけにくい。しかし一般に *B.cereus* は Spread の傾向が強く他はその傾向が弱いようである。

[*B.subtilis*] (図9~14)

I型…乾燥し淡褐色で表面はトノコを塗って乾いた感じないしは黄粉をマブしたような乾燥感があり、寒天面上を薄く広汎に Spread する傾向が強い。周縁は粗である(コロニー径10mm前後またはそれ以上)。

III型…コロニーの中央に水を含んでいるような膨らみができ、水ぶくれのようになる。このもり上がった部分以外はI型と全く同じ所見を呈する(コロニー径3~6mm前後)。

II型…コロニーは Spread を示さず噴火孔状に突出した形を示し全体に厚みのある乾燥性のものである(コロニー径は3~6mm前後)。*B.licheniformis* に似て固着性があり白金耳で掻きとり難いのもこの型の特徴である。

W型…コロニーはIII型に似てかつ湿潤性を示す型で、画線所見で特徴がよく現われる。

M型…薄い膜がたるんで表面を掩い粘着性の液が溢れているような感じのものや膜状のものを欠いて粘着性の液体でドロツとしたコロ

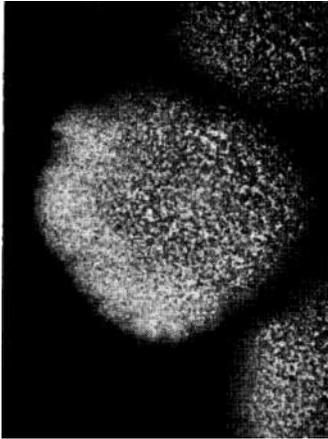


図9 *B. subtilis* I型

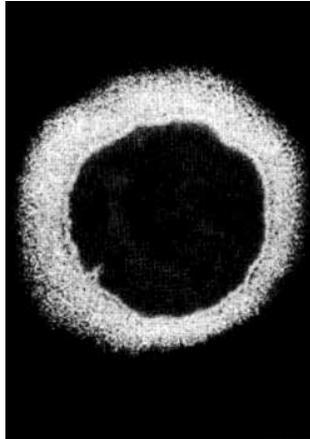


図10 *B. subtilis* II型

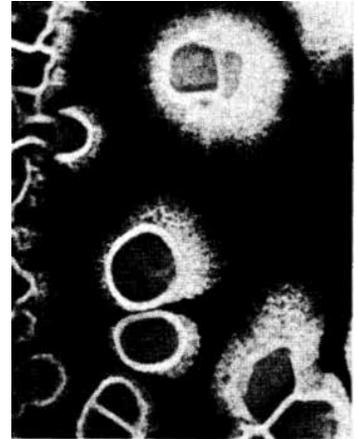


図11 *B. subtilis* II型

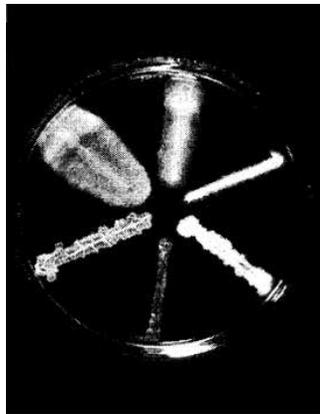


図12 上：*B. subtilis* III型  
 左上：*B. subtilis* I型  
 左下：*B. subtilis* M型  
 下：*B. pumilus*  
 右下：*B. subtilis* II型  
 右上：*B. licheniformis*



図13 上, 左下：*B. subtilis* M型  
 左下, 下, 右：*B. subtilis* W型

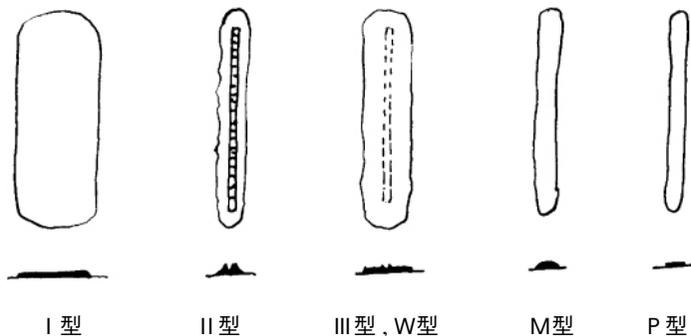


図14 *B. subtilis* の各型

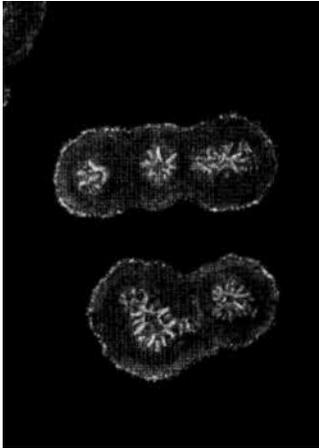


図 15 *B. pumilus*

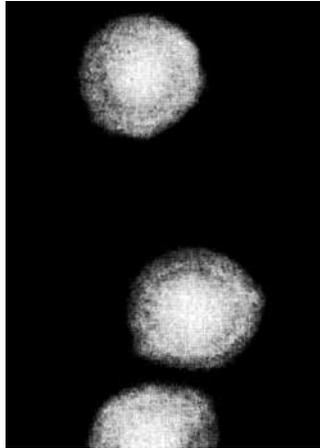


図 16 *B. megaterium*

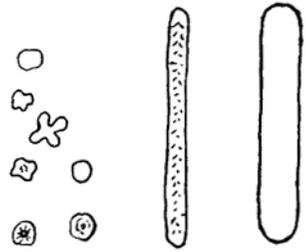


図 17 左から *B. pumilus* コロニー、  
*B. pumilus*, *B. megaterium*

ニーである。

以上の他に P 型といい、後述の *B. pumilus* と似て区別のつかないものがあるが、これはむしろ例外的と見るべきであろう。

このように *B. subtilis* は多岐にわたるコロニー、画線所見を呈するが、各型相互間に関連があり、I, III型やII, III型とすべき中間型ないし移行型も考えられる。コロニーの多型性に拘わらず後で述べるように *B. subtilis* は生物学的性状はきわめて均一性を持っていることはきわめて興味深い。なおこの菌種のコロニーの多様性については Smith も述べている<sup>66)</sup>。

〔*B. pumilus*〕 (図 12, 15, 17)

ぎこちない周縁の凸凹を示す平滑のコロニーで淡褐色黄白色ではじめ湿潤であるが時日と共に乾燥し表面は細い皺襞をつくる。スムーズで湿潤で正円のままとどまるもの、*B. subtilis* のII型に似て噴火孔状にもり上がったコロニーを呈する場合もある。また周縁の凹凸が著しくなって花型を呈する場合もあるが、一般に Spread せずコロニーの径が小さく1~4mm程度にとどまる。

この菌種の画線所見はコロニーよりもむしろ特徴的で、画線発育中は狭く概して乾燥してお

り、中央に緻密な皺襞ないし亀裂がある。

〔*B. megaterium*〕 (図 16, 17)

殆ど正円に近いふっくらと隆起したコロニーで、はじめ湿潤で濡れている感じであるが次第に乾いてくる。表面は非常にスムーズで滑沢があり、かつきわめて軟い(コロニー径2~6mm前後)。非芽胞性菌のブドウ球菌や酵母のコロニーと見誤る場合がある。色は白、黄色などである。

〔*B. circulans*〕 (図 18~20)

この菌種に属するもの全部がコロニー運動性を示すものであるとはいえないが、*Bacillus* 中でのかかる性質を示すものは該菌種と、*B. alvei* 以外はまずないと見てよい。透明ないし半透明の正円小コロニー(径2~3mm前後)で発育当初からコロニー移動を認める場合もあるが、はじめ移動が見られず時日の経過とともに移動部分が広がってくるものもある。

〔*B. alvei*〕 (図 20, 21)

半透明ないし淡黄褐色で Spread のしかたが急速で、単独コロニーとして孤立したのを見ることはまれである。*B. circulans* のように画線した部分のところにより這い出るように移動するのと違って、娘コロニーがあたかも飛び散っ



図 18 *B. circulans*

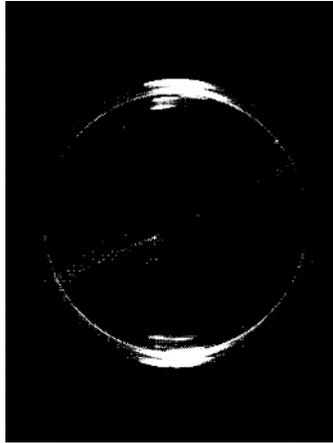


図 19 右：*B. macerans*  
左：*B. circulans*

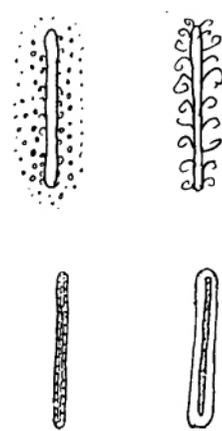


図 20 上右：*B. circulans*,  
上左：*B. alvei*  
下左右：*B. thiaminolyticus*

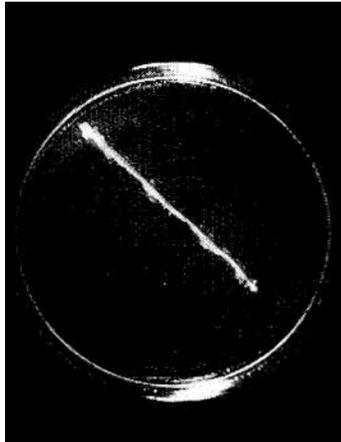


図 21 *B. alvei*

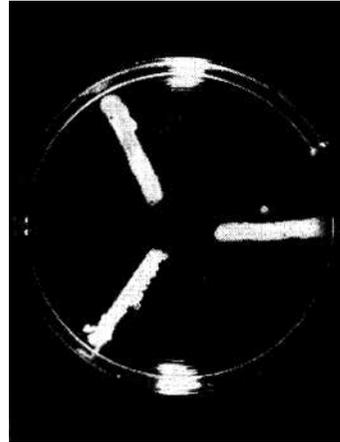


図 22 すべて *B. thiaminolyticus*

たかのように全面に広がる。

また、*B. circulans* よりも発育が旺盛で Spread が急速である。特殊の臭（大腸菌などの発育時に生ずるインドールによると思われるものと同じ）がある。

〔*B. thiaminolyticus*〕（図 20, 22）

平滑で 1～3mm 前後の小コロニーを生ずるが、周縁より二次的に少し Spread する outgrowth がほぼ全周縁にわたってやや狭くうすく広がることがある。時日と共に乾燥し全面に緻密な亀裂を生じ、かつ寒天面に固着し白金

耳で掻きとり難くなる。この点で *B. licheniformis* と似ているがこの場合は droplet のような感じの outgrowth はない。

さて *Bacillus* が菌種によって特徴的なコロニーを生ずることは既に Smith<sup>(63)</sup>, Knight and Proom<sup>(67)</sup>, Gibson<sup>(68)</sup> などが指摘しているところであるが、筆者は上述の各菌種は分離に際して他の非芽胞菌が混在している場合でも容易にその存在を知りうる点を強調したい。

#### 4. Bacillus 分離の手順

われわれが実際に芽胞菌の分離を行う場合に一般に加熱して増殖型を殺し、芽胞のみとして仕事をすることが多い。そこで実際の場合のコロニー観察を伴う *Bacillus* の菌分離同定の手順を次に述べよう。

材料から一般芽胞菌を分離する場合分離培地として肉水を用いた普通寒天平板で十分と思われるが、市販の普通寒天粉末を用いる場合、やや発育が悪いかも知れず、その場合は酵母エキスや少量のグルコースが含まれていた方がよいかも知れない。材料を一定量とり一定量の生食水に混じ一定の希釈系列をつくって培養するのが普通である。その希釈系列の適当な段階で 0.1 ~ 0.2ml ピペットで平板に落しコンラージで塗抹する。なお加熱は最初の材料浮遊液を 80℃ 20 分または 100℃ 5 分重湯煎で行うが良い。表面コロニーの所見を知る目的であるから混釈培養は行わない。培養は 37℃ で 1 ~ 2 日行う。コロニーが発育すれば必要に応じ菌分離し純培養するわけであるが、画線はこの際に行うので培地は分離時と同じで良い。なお、分離でも画線培養の場合でも普通寒天を使用する際、十分乾いた平板を用いることが重要である。われわれは平板に分注し固まった後、孵卵器内で 2 時間以上おいて乾燥させる。乾燥を全然行わないか時間が足りないと、ことに分離培地では *Bacillus* の中で速かに Spread するもののためにおおわれて正確に存在菌種を把握し得ないことになる。画線は一平板毎に 6 ないし 8 本前図で示したように放射状に行う。その際少なくとも馴れるまで上記の菌種で既知の標準株その他特徴的な画線性状を示す株を用い常に対照として画線するのが得策といえよう。なおコロニーから画線用の寒天に移植する場合、いつも同一成分のだいたい同じ製造および製作過程をとった培地であることが望ましい。グルコースを加えたり他の組成の異なった培地を用いた場合、

往々同一菌株のもつ特徴に差が現れたりすることがあるからである。また通常分離培地から純培養にした場合菌型を染色標本で鏡見するのが一般に細菌学の常道であり、一般的にいて *Bacillus* 属菌検索の際もこの原則はあてはまろう。われわれの上述コロニー、画線性状で菌種名を知り得る場合でも、更に鏡見によって芽胞の存在を知り芽胞囊の型を確かめることは些かも差し支えなく、むしろより確実に菌種決定をし得る手立てとなりいわば駄目押しの意味ともなる。しかしとにかく上述の同定法が適応されない多くの *Bacillus* は鏡見を必須とするものであることは申すまでもない。

#### 5. 簡易同定の手順

前項においては、ある種の芽胞菌がその培養性状でほぼ菌種名まで同定し得ることを述べたが、本項では生物学的性状の限られたものを用い、同定する手続きについて述べる。

菌の同定をする場合、普通菌型などの形態的性状、寒天状のコロニーの発育などの培養性状、菌の酵素作用、代謝産物などを扱う生物学的性状の検査、以上 3 つを主体として行う。その方法や項目などは細菌学の発展に伴って随時開発改良されてきているが、菌種の記載を行うに際してはいわゆるオーソドックスな立場で各種培地などが作られ、かつ性状検査が実施されることが望ましく、これらのことは菌の同定の基礎的な面として重要視されている。通常、Society of American Bacteriologists 編集の *Manual of microbiological methods*<sup>69)</sup> などが菌の記載そのものの、かの有名な *Bergey's manual* などの本にも比すべき指針書として多くの細菌研究者に愛用されている。

*Bacillus* の分類の場合でもそれぞれの年代において上記の本に記載されているような一応権威のある方法によってなされてきたといえるが、Smith<sup>63)</sup> が 1952 年に発見した検査項目

は特に *Bacillus* のみの同定に有用なものとしてとりあげている点で特色がある。それによれば検査項目は延べ 35 項目に及ぶが、これが全菌種についてすべて行われているのではなく、彼の記載のおよそ 20 菌種の全部に行われているのは 11 項目にすぎない。それゆえ 35 項目中、11 項目以外の項目は特定菌種をその類縁菌群と分かったために必要とみなされるものである。前項で述べたように Smith の分類は最初芽胞囊の型、芽胞の形態などで三大別した後 dichotomous な方法で各菌種の決定に至るから、形態的特徴がまず第一に重要視されているといえる。三大別後は大体において検索が生物学的性状に基づいているということは前項の検索表を見れば納得されるであろう。

この検索表で同定する場合、+か-かの判定がもし誤りである場合、当然誤った方向へ検索が行われるわけであり、次の段階で調べる項目が正当の場合と全然別のものであったりすることがおこる。そのためこの検索表そのものに満足できず、詳細にその近縁と思われる菌種につ

いての立ち入った記録をも参照し、多くの検査項目について実施することが必要となり、同定は極めて労力を要する作業となる。したがって実用的に菌種を知ろうとする場合、上記のような危険を防止して速やかに目的を達するような簡易方法が望まれる。

腸内細菌においては、1939年に Parr<sup>64)</sup> は同定のための IMViC test<sup>70)</sup> なるものを提出している。これはインドールの産生、メチールレッド反応、V-P 反応、クエン酸塩の利用の 4 つの検査項目の頭文字をとったものであるが、この検査の結果、Formula が ++-- とか -+-+ などのパターンで表され、それぞれの示すパターンにより菌種として類別化せんとする試みである。この方法は現在広く腸内細菌分野で奨用されている。Spray<sup>71)</sup> は 1937 年 *Clostridium* において上記と同様な構想で、しかも独自の立場で、“Tentative key” と名付けて簡易法を発表している。同年代頃、期せずしてこのような簡易化の方法の案出があったことはきわめて興味深い。筆者らはかかる方法を *Bacillus* に適用せ

表 3 5 性状項目の培地組成と判定法

1. クエン酸塩培地
NaCl, 1.0g; MgSO <sub>4</sub> , 0.2g; (NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub> , 1.0g; KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> , 0.5g; NaCitrate, 2.0g; Agar, 15g; 蒸留水 1000ml; 0.04% フェノールレッド 20ml 小試斜面とする。桃色となれば陽性
2. 硝酸塩還元用培地
普通 ブイヨン +0.1% KNO <sub>3</sub> 培養 2~3 日後、試薬 A ( $\alpha$ -Naphthylamine 1.0 g を 5N 酢酸水 180ml に溶かしたもの)、B (Sulphanil 酸 0.5g を 5N 酢酸水 150ml に溶かしたもの) の両者を 0.2ml 宛小試に注加、赤色となれば陽性。着色しない場合には亜鉛末を一耳掻加えもし赤色となれば硝酸塩還元せず、陰性と判定。無色のままであれば硝酸塩還元陽性と判定する。
3. 澱粉の水解用培地
普通寒天 +1% 可溶性澱粉 寒天平板とする。 画線培養を用い 2 日後ルゴール液をピペットで平板状に注加、画線の周辺及び画線部下側が透明で他の紫褐色部分と明らかに対比される場合、陽性。
4. V-P 反応用の培地
Difco Proteose Pepton. 7g; NaCl, 5g; glucose, 5g; 蒸留水, 1000ml, 培養 2~3 日後、反応液 40% NaOH を液体培地と等量に加えクレアチニン一耳掻も同時に加える。約 30 分以内にエオジン様赤色が少しでも現れれば陽性と判定。
5. ゲラチンの水解用培地
普通寒天 +0.4% ゲラチン 寒天平板とする。 画線培養を行い、2 日後、反応液 (HgCl <sub>2</sub> , 15g; HCl 20ml; 蒸留水, 100ml) をピペットで平板状に注加、画線の周辺および画線部下側が透明で他の白色混濁状部分と明白に対比される場合、陽性。

注：培地の滅菌は 15 ボンド 10 分。1, 2, 4 の場合は内径 11mm × 長さ 100mm の小試験管を用い斜面ないし液体培地とする。

表 4

	Cit	Nit	St	V-P	Gel	数
<i>B. megaterium</i>	+	+	+	-	+	5
	+	-	+	-	+	16
<i>B. cereus</i>	+	+	+	+	+	38
	+	+	-	+	+	23
	-	+	+	+	+	3
	-	-	+	+	+	4
	-	-	-	+	+	7
	-	+	-	+	+	1
	-	+	-	-	+	1
<i>B. subtilis</i>	+	+	+	+	+	151
	-	+	+	+	+	4
<i>B. licheniformis</i>	+	+	+	+	+	73
<i>B. pumilus</i>	+	-	-	+	+	48
	+	+	-	+	+	4
<i>B. simplex</i>	+	+	+	-	+	40
	-	+	+	-	+	6
<i>B. coagulans</i>	-	+	+	+	-	4
	-	+	+	-	⊥	3
	-	+	+	-	-	3
	-	-	+	+	-	3
<i>B. firmus-lentus</i> Group	+	-	+	-	+	1
	-	+	+	-	+	3
	-	+	+	-	-	13
	-	-	+	-	+	6
	-	+	-	-	+	5
	-	-	-	-	+	5
	-	-	-	-	-	4
-	+	-	-	-	1	
<i>B. polymyxa</i>	-	+	+	+	+	2
<i>B. macerans</i>	-	+	+	-	-	3
	-	+	+	-	+	4
	-	+	+	-	⊥	1
	-	+	+	-	-	22
	-	-	+	-	+	3
	-	-	+	-	-	1
B. C.	-	+	+	-	+	32
	-	-	+	-	+	5
<i>B. alvei</i>	-	-	+	+	+	43
<i>B. thiaminolyticus</i>	-	+	+	-	+	4
<i>B. pulvifaciens</i>	-	+	-	-	+	1
<i>B. laterosporus</i>	-	-	-	-	+	1
B. E.	-	-	-	-	-	6
<i>B. brevis</i>	+	+	-	-	+	1
	-	+	-	-	+	3
	-	-	-	-	-	3
<i>B. aneurinolyticus</i>	-	+	-	-	-	7
B. D.	-	+	+	-	-	1
	-	-	+	-	+	1
	-	-	⊥	-	+	5
	-	-	-	-	+	1
	-	-	-	-	-	1
<i>B. sphaericus</i>	+	-	-	-	+	3
	-	-	-	-	+	7
	-	+	-	-	+	1
	-	+	-	-	-	3
	-	-	-	-	-	6

んとした次第である。Bacillus の場合、アミラーゼ・プロテナーゼの産生はきわめて重要な性状であるので項目に入れることとし、Smith<sup>63)</sup>、Burdon<sup>72)</sup>、Lamanna<sup>73)</sup>、Knight and Proom<sup>67)</sup> らの方法を参照して、① Citrate (クエン酸ソーダ) の利用、② Nitrate (硝酸塩) の還元、③ Starch (澱粉) の水解、④ V-P 反応 (アセチル・メチルカルビノールの生成)、⑤ Gelatin の水解の 5 項目を必須の検査項目とした。Bacillus に属する菌株はいずれもこの項目の検査を行い、そのパターンを見、パターンから菌種を判定するわけである。5 項目の検査に用いる培地及び判定方法は表 3 に示した通りである。

パターンのみで全菌種を判定することは可能であろうか? 普通寒天に生育する Bacillus の菌種を計 21 種として、5 つの検査項目の一、+ の組合せでできる 32 のパターン中にそれぞれ重複なく 1 菌種 1 パターンとして行けば、32 - 21 = 11 余りの勘定になるが実際はどうであろうか? そこで今まで分離された Bacillus の株および標準株を合わせ 647 株で 5 項目の検査を行って、そのパターンを見、各菌種ごと、パターンごとにならべてみた。

表 4 で *B.licheniformis*, *B.subtilis* などは比較的安定したパターンを示

Cit...Citrate の利用  
 Nit...Nitrate の還元  
 St...澱粉の水解  
 V-P...アセチルメチルカルビノールの生成  
 Gel...ゲラチンの水解  
 +...陽性  
 ⊥...弱陽性

すのに対し、*B.cereus*, *B.coagulans*, *B.circulans* 等はきわめて幅のあるパターンを示すことが判った。また菌種によってはそのパターンに属するものの頻度からいずれが典型的なものであるか、大体的見当はつけられ得た。特定のパターン例えば-++-++のようなものが、多くの菌種に共通して見られることから、先のパターンのみで全菌種を決定することの可能性がまずないことが明らかにされた。このことをさらに詳細に把握するために、得られたパターンをもととして整理すると表5のようになる。なお表2中にB.C, B.D, B.Eと記載されている各菌群は何れも動物腸管から由来したもので比較的整一な性状をもち、それぞれ独立の一菌群に属し他の既知の菌種と区別され得ると考えられるもの、また*B.firmus-lentus* Groupとしてあるものは、従来の*B.firmus*, *B.lentus*2菌種を包括して1群とすべき筆者らの独自の见解によるものである。

パターンの数は20に及ぶことが判ったが、1パターン1菌種として明らかになったものは、5菌種である。*B.pumilus* および *B.coagulans* を除いたNo.17, 18, 19の各パターンに入る各菌種はそれぞれの菌種の典型的と思われるものが全然他のパターンに入るので、実際の場合あまりパターンNo.17, 18, 19としてそれらの菌種に遭遇する機会は少なく、したがってあまり重要な意味を持たない。No.2, 4, 6のパターンに多くの菌種が集中しているが、上述のように菌種がもつ典型的なパターンがこれらのパターンに相当しているかどうかが実際の場合の関心事となろう。いずれにしても同一パターンに数菌種が入るので、さらに他の性状項目について調べていかねば同定の目的を達し得ない。この目的のためさらに必要な生物学的性状による検査項目が後掲の附表に掲げてある。この性状検査項目を遂行すれば一応同定の目的は達するであろう。しかしそれでは簡易同定の目的には値

しなくなる恐れがある。ただ芽胞菌 (*bacillus*) とのみ判っていて形態による分別に自信がない場合にだけこの方法は有利であろう。

元来、菌の同定は形態、培養性状、生物学的性状の検査が相まって始めて目的を達するものであるから、上記の方法で誤りなく菌種を推定し得ても、後で形態学的な所見などが確実に記載されねばならない。各種の生物学的性状を行わなくても、コロニー性状によって十分であると思われる菌種があることは既に述べた通りである。それゆえ、性状パターンを知り、さらにコロニー性状、Smithのいう芽胞囊の型、芽胞形などの顕微鏡所見を加味することにより、表中の第2段の生物学的性状の検査の必要なしにほぼ目的を達することは可能なのである。以下、各パターンに含まれる菌種についての検査経験のない菌種のものを除いて同定の要点を述べてみよう。

パターンNo.1ではコロニー性状が最も特徴的である点を確かめれば良い。また鏡見で*B.subtilis*と*B.licheniformis*は全く区別がつかないが、*B.cereus*は両二者と比較して明らかに大きな菌体をもつことで区別される。

パターンNo.2, 3ではコロニー性状で特徴づけられるものは*B.cereus*, *B.thiaminolyticus*, *B.circulans*の一部(運動性のあるもの)である。第2群(芽胞囊が膨出し芽胞壁が濃染するもの)に属するものは*B.macerans*, *B.circulans*, *B.thiaminolyticus*で、第1群(芽胞囊が膨出せず芽胞壁が淡染するもの)*B.firmus-lentus*群, *B.simplex*, 第3群(球形芽胞)*B.pantothenicus*と鏡見により区別される。

第2群中*B.macerans*は表のように炭水化物からのガスの産生を知れば良い。*B.coagulans*は第1群と第2群の中間的な芽胞囊の型を示すが芽胞壁は概して淡染し、グラム陽性で時日が経過しても陰性化することはない。PPAAに発育良好で大豆寒天にもよく生える。第2群の大

表 5

	Cit	Nit	St	V-P	Gel	菌 種									
						2nd	Anae. gl.	Arab. xyl.	Lecith.	Anae. NaNO <sub>3</sub>	Anae. gl.				
1	+	+	+	+	+	<i>B. creus</i> , <i>B. subtilis</i> , <i>B. licheniformis</i>									
						<i>B. cereus</i>	+	-	+	+, -					
						<i>B. subtilis</i>	↓	+	-	-					
						<i>B. licheni</i>	+	+	-	+					
2	-	+	+	-	↓	<i>B. macerans</i> , * <i>B. circulans</i> , B.C., <i>B. thiaminolyticus</i> , B.D., <i>B. firmus-lentus</i> G., <i>B. simplex</i> , <i>B. cereus</i> , <i>B. pantothenicus</i> *, <i>B. stearothermophilus</i> *									
						<i>B. coagulans</i> , <i>B. circulans</i> , <i>B. stearothermophilus</i> *									
						2nd	N-Agar	Anae. gl.	S-Agar	10% NaCl	Indol	Carb gas	PP AA	Lecith	Temp. 65°C
						<i>B. macerans</i>	+	+	+	-	-	+	-	-	-
						<i>B. circulans</i>	+	+	↓	-	-	-	-	-	-
						B. C	+	+	+	•	-	-	-	-	-
						<i>B. thiamino</i>	+	+	↓	•	+	-	-	+	-
						B. D	faint	+	faint	•	-	-	-	-	-
						<i>B. f-l</i> G.	+	-	-, ↓	•	-	-	-	-	-
						<i>B. simplex</i>	+	-	↓	•	-	-	-	-	-
						<i>B. cereus</i>	+	+	+	•	-	-	•	+	-
						<i>B. panto</i>	+	+	-	+	-	-	•	-	-
						<i>B. coagulans</i>	+	+	+	•	-	-	+	-	-
<i>B. stearo</i>	+	+	↓	-	•	-	-	•	+						
3	-	+	+	-	-	<i>B. macerans</i> , <i>B. circulans</i> , <i>B. firmus-lentus</i> G., B. D									
						2nd	N-Agar	Anae. gl.	S-Agar	pH	Carb gas	PP AA	urease		
						<i>B. macerans</i>	+	+	+	5.0	+	-	-		
						<i>B. circulans</i>	+	+	↓	5.0<	-	-	-		
						<i>B. coagulans</i>	+	+	+	5.0>	-	+	-		
						<i>B. f-l</i> G.	+	-	-, ↓	6.4	-	-	u. +		
B. D	faint	+	faint	6.4	-	•	-								
4	-	-	↓	-	+	<i>B. circulans</i> , B.C, B.D, <i>B.firmus-lentus</i> G., <i>B. pantothenicus</i> *, <i>B. stearothermophilus</i> *									
						B. D									
						2nd	N-Agar	Anae. gl.	10% NaCl	S-Agar	Indol	Temp. 65°C			
						<i>B. circulans</i>	+	+	-	↓	-	-			
						B. C	+	+	•	+	-	-			
						B. D	faint	+	•	faint	-	-			
						<i>B. f-l</i> G.	+	-	•	-, ↓	-	-			
						<i>B. panto</i>	+	+	+	-	-	-			
<i>B. thiamino</i>	+	+	•	↓	+	-									
<i>B. stearo</i>	+	+	-	↓	•	+									
5	-	+	-	-	+	<i>B. pulvificiens</i> , <i>B. laterosporus</i> , <i>B. brevis</i> , <i>B. firmus-lentus</i> G, <i>B. sphaericus</i> , <i>B. cereus</i>									
						2nd	Anae. gl.	Indol	pH	5% NaCl	Lecith				
						<i>B. pulvificiens</i>	+	-	5.0	•					
						<i>B. latero</i>	+	+	6.0~7.4	-					
						<i>B. brevis</i>	-	-	8.0<	-					
						<i>B. f-l</i> G.	-	-	6.4	+					
						<i>B. sphaericus</i>	-	-	7.8<	+					
						<i>B. cereus</i>	+	-	•	•	+				

表 5 (注)

\*Bergey's manual の記載に基づく  
 Anac. Gl. …グルコースブロスでの嫌気性発育  
 Arab. Xyl. …アラビノース、キシロースの分解  
 Lecith. …Lecithinase の産生  
 N-Agar …普通寒天の発育  
 S-Agar …大豆寒天の発育

10%NaCl, 5%NaCl …10% 食塩および 5% 食塩加液体培地  
 Indol …インドールの産生  
 PPAA …プロテオースペプトン酸性寒天での発育  
 Temp. 65°C …普通寒天での発育  
 pH …グルコースブロス 7 日での pH  
 Carb.gas …炭水化物 (馬鈴薯澱粉) 加液体培地からのガス産生  
 urease …ウレアーゼ尿素分解酵素の産生

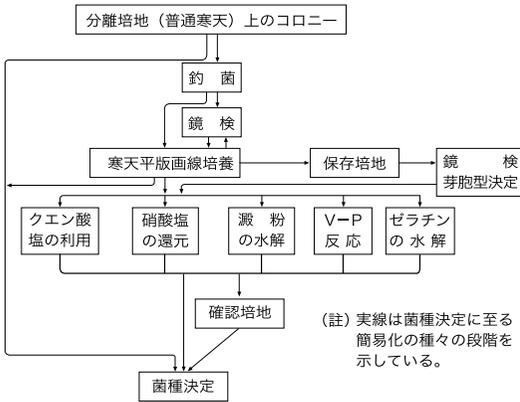
	Cit	Nit	St	V-P	Gel	菌 種					
6	-	-	-	-	+	B.E, B.D, <i>B. sphaericus</i> , <i>B. badius</i> , * <i>B. firmus-lentus</i> G, <i>B. brevis</i> , <i>B. laterosporus</i>					
						2nd	N- Agar	Anae gl.	pH	5% NaCl	
						<i>B. E</i>	+	+	5.0	•	
						<i>B. D</i>	faint	+	6.4	+	
						<i>B. sphaericus</i>	+	-	7.8<	+	
						<i>B. badius</i>	+	-	7.6	•	
						<i>B. f-l</i> G. <i>B. letero</i>	+	+	6.4 5.4	+	•
7	-	-	-	-	-	<i>B. brevis</i> , B.D, <i>B. sphaericus</i> , <i>B. firmus-lentus</i> G.					
						2nd	N- Agar	pH	5% NaCl		
						<i>B. brevis</i>	+	8.0<	-		
						<i>B. D</i>	faint	6.4	+		
						<i>B. sphaericus</i> <i>B. f-l</i> G.	+	7.8< 6.4	+	+	
8	+	+	+	-	+	<i>B. megaterium</i> , <i>B. simplex</i> , <i>B. pantothenicus</i> *					
						2nd	N- Agar	S- Agar	10% NaCl	Anae gl.	
						<i>B. megaterium</i>	+	+	•	-	
						<i>B. simplex</i> <i>B. panto</i>	+	⊥ -	• +	- ⊥	
9	-	+	-	-	-	<i>B. aneurinolyticus</i> , <i>B. firmus-lentus</i> G., <i>B. sphaericus</i>					
						2nd	pH	Lecith	5% NaCl		
						<i>B. aneurino</i>	8.0<	+	-		
						<i>B. f-l</i> G. <i>B. sphaericus</i>	6.4 7.8<	- -	+	+	
10	-	+	+	+	+	<i>B. cereus</i> , <i>B. polymyxa</i> , <i>B. subtilis</i>					
						2nd	Anae gl.	Arab. xyl.	Lecith	Carb gas.	
						<i>B. cereus</i>	+	-	+	-	
						<i>B. polymyxa</i> <i>B. subtilis</i>	+	+	+	+	
11	+	-	+	-	+	<i>B. megaterium</i> , <i>B. pantothenicus</i> ,* <i>B. firmus-lentus</i> G.					
						2nd	S Agar	10% NaCl			
						<i>B. magaterium</i>	+	•			
						<i>B. panto</i> <i>B. f-l</i> G.	- -, ⊥	+	•		
12	+	+	-	+	+	<i>B. cereus</i> , <i>B. pumilus</i>					
						2nd	Anae gl.				
						<i>B. cereus</i> <i>B. pumilus</i>	+	- -, ⊥			
13	-	-	+	+	+	<i>B. cereus</i> , <i>B. alvei</i>					
						2nd	Indol				
						<i>B. cereus</i> <i>B. alvei</i>	- +				
14	+	-	-	+	+	<i>B. pumilus</i>					
15	-	+	+	+	-	<i>B. coagulans</i>					
16	-	-	+	+	-	<i>B. coagulans</i>					
17	-	-	-	+	+	<i>B. cereus</i>					
18	+	-	-	-	+	<i>B. sphaericus</i>					
19	-	-	+	-	-	<i>B. circulans</i>					
20	+	+	-	-	+	<i>B. brevis</i>					

部分は PPAA に発育せず，大豆寒天で発育があまり良好でなく，グラム陽性で日時の経過と共にそれが陰性化する傾向がある。芽胞壁は濃染する。*B.simplex* はきわめて長い連鎖，いわば thread 状を呈し ghost cell がよく見られる。この菌種のコロニーも *B.cereus* にやや似て特徴的である。*B.firmus-lentus* 群は表で明らかなように嫌気的にはグルコース培地で発育せず，大豆寒天にも発育せず，*B.coagulans* と区別される。B.C は第 2 群に属するが，普通寒天ではきわめて芽胞の形成が悪く，比較的長く大きい

整一な菌型および配列を示すのが特徴である。B.D は第 2，第 3 両群の中間型といえるが，表中 faint と記してあるようにコロニーの発育が微弱で微細なほぼ透明のコロニーで Rhizoid 様の outgrowth を示す点できわめて特徴的である。

パターン No.4 では第 1，2，3 の各群はそれぞれ鏡見で十分鑑別される。他はパターン No.2，3 で述べた点が適用されよう。パターン No.5，6，7 では *B.pulvifaciens* は発育が微弱でかつ橙黄色のコロニーである点に特色があり，*B.laterosporus* は第 2 群で芽胞の 1 側に菌体の遺残物が付着する独特な芽胞を持ち他と容易に区別できる。*B.brevis* も同じく第 2 群で好染性の比較的大きな芽胞を生ずる。*B.sphaericus* は球形芽胞である。B.E は *B.laterosporus* と生物学的性状が似ているが，後者の芽胞形で充分区別される。*B.brevis* と *B.sphaericus* は寒天平板上で Spread する傾向を示すことがあり，この点でも特徴的であるといえる。パターン No.8 では *B.megaterium* はコロニー性状および菌が長大である点で区別される。パターン No.9 では芽胞形およびコロニー所見で区別が可能である。*B.brevis* と *B.aneurinolyticus*<sup>74)</sup> は

表 6 簡易同定の手順



第 1 群 *B. licheniformis*

第 2 群 *B. alvei*

第 3 群



Lecithinase<sup>76)</sup>でしか区別されない。もちろんアノイリナーゼ作用を検して確かめるのもよい。パターン No.10～13 まではコロニーが特徴的なものを含み鏡見とあわせて、簡単に区別される。最後に *Bacillus* の同定の手順を表 6 に示した。各菌種によって比較的複雑な手続きを必要とするものもあるが、ある程度習熟すれば次第に菌種同定の手順が簡易化されよう。

### あとがき

簡易同定法はパターン方式をとっており、パターンを第一とし、菌型その他従来主体とされた形態的観察を二次的にしている点が特色といえよう。この方式によって最初述べたように従来の検索表で起こしがちな検索方向の誤りが未然に防止されるようになったといえるが、なお問題となる点をあげてみよう。

パターンの形式を重視する結果、従来ある菌種で variation としてあげられた株が新たに表面に出てきた点がまずあげられよう。表で見たように 20 のパターンが得られたが、上記の理由でいたずらにパターンの数が増えた感じがなくてもない。1 菌種 1 パターンを示すものが比較的少なく、1 菌種 2 ないし数パターンに及ぶものが出てきた。このことから菌種によって少なくともパターンの 5 性状項目に関しては比較的整一な安定したものと、それ以外のまとまりのない菌群の集団と思われるものが、はっきりと区別されてくる。また *Bacillus* 属全体にわたって分類を考える場合、示唆を与えることが少なくないであろう。一方今後新しいパターンが出てくる可能性はなしとは断言できない。しかし著者が動物の腸管から得た菌株や変敗し

た水産加工物から得た株が上述のパターンの何れかに含まれていることから、パターンがこれ以上増える可能性は少ないとも考えられる。今後はパターンの数の増減よりも菌種によって示されるパターンが該菌種の typical なものか atypical なものかを十分認識することの方がより重要で、また同じ意味でパターン同士がすべて同程度の重要性で論ぜられるべきでないことも知るべきである。そのためには表 2 のような菌種の各パターンの分離頻度を常に頭に入れておく必要がある。以上の事柄は *Bacillus* の分類学に大きな興味を呼ぶ問題といえよう。

しかし実際問題としては食品変敗などで分離される菌のパターンによる類別を行い、変敗の主導菌の大略の決定を行い、それ以降の汚染源の検索、あるいは汚染経路の解明に役立たせることが重要であると思われる。かくて従来ややもすると芽胞菌として一律視されていた菌群の構成員が具体的に把握され、したがってそれらの自然界における分布、あるいは生態についての知識が集積されるようになり、われわれの生活とこれらの菌との関係を明らかにすることができよう。

おわりにご指導を頂いた須藤恒二室長に深甚の謝意を表す。また種々ご配慮を賜った水研・内山均技官、文献をご贈与頂いた京大・清水亘教授、水研・横関源延技官、腐敗研の各位、文献収集にご援助頂いた東大・尾形学助教授、アイソトープ研・岡充技師、畜試・大塚閨一技官、食研・戸枝登代子の各位ならびに実験遂行にご協力を賜った千代田化工・山中茂氏に厚く御礼の言葉を述べたい。本文の写真は伊藤道男技官によった。感謝に堪えない。

[ 附 表 ]

グルコースブロス (嫌気性) の培地 <sup>63)</sup> 及び硝酸塩 (嫌気性) 培地				
1.0% トリプトースまたはポリペプトン	1% グルコースまたは 1%NaNO <sub>3</sub>			
0.5% K <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>				
0.3% 肉エキス				
0.2% 酵母エキス				
蒸留水 (pH7.6) 0.2%BTB 液を 0.2% に加える				
グルコースは別に 50% の液としてつくり, 上記混合物とは別にオートクレーブ後 1% になるように無菌的に加える				
菌を接種後 Vapar (流動パラフィン, ワセリンの等量混合液) の滅菌したものを高さ 5mm 以上になるように培地上に重層する				
アラビノースの培地, キシロースの培地 <sup>63)</sup>				
0.1% (NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	0.5% アラビノースまたはキシロース			
0.02% KCl				
0.02% MgSO <sub>4</sub>				
0.02% 酵母エキス				
1.50% 粉末寒天				
蒸留水				
0.04%bromocresol purple を 2% 加える				
糖は別に 10% の液としてつくり, 上記混合物とは別にオートクレーブ後 0.5% になるように無菌的に加える				
卵黄反応培地 <sup>76)</sup>				
A	5% 卵黄	B	1% ペプトン	A 液 100ml に硅藻土 2g 加えよく混合し
	1% ペプトン		0.5% 食塩	ブッフナーおよびザイツ濾過器で濾過
	0.5% 食塩		3% 粉末寒天	
	肉水		肉水	
	(pH7.2)		(pH7.2)	
B は加熱滅菌した後, 約 45℃ に保ち, 濾過後の A 液を等量加えて寒天平板とする				
普通寒天				
	1% ペプトン	または	0.5% ペプトン	
	0.5% NaCl		0.3% 肉エキス	
	1.5% 粉末寒天		1.5% 粉末寒天	
	肉汁		蒸留水	
	(pH7.2)		(pH7.2)	
大豆寒天 <sup>63)</sup>				
大豆浸出液, 黄色大豆 100g を一晩 1200ml の蒸留水に浸漬後 90 分コッホ釜で蒸し綿で濾過し 1000ml とする				
	0.05% K <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>			
	1.5% 粉末寒天			
	大豆浸出液			
	(pH6.8)			
食塩加液体培地 <sup>63)</sup>				
普通寒天から粉末寒天を除いた組成のものに所定の NaCl を加えたもの				
インドール産生検査培地 <sup>63)</sup>				
	1% Difco tryptose			
	1% BBL trypticase			
	蒸留水			
	培養 2, 3 日後試薬 (P-Dimethylaminobenzaldehyde, 1.0g : 96% アルコール 95ml : 濃塩酸, 20ml) <sup>69)</sup>			
プロテオースペプトン酸性寒天 <sup>63)</sup>				
A	1% プロテオースペプトン	B	粉末寒天	
	1% 酵母エキス		蒸留水	
	1% グルコース			
	0.8% KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>			
	蒸留水			
	(pH5.0)		(pH5.0)	
上記二者を別々にオートクレーブで滅菌後約 50℃ に保ち無菌的に混合して斜面とする				

## PH 測定用のグルコースブロス

別表 V-P 反応用の培地と同じ

培養 7 日後の pH 試験紙で判定

## 炭水化物（馬鈴薯澱粉）加培地

普通ブイヨン，C 上記普通寒天より粉末寒天を除いた組成のもの

ダーラム管を入れる

尿素培地<sup>77)</sup>

A	0.1% ペプトン	B	20% 尿素
	0.1% グルコース		蒸留水
	0.5% 食塩		
	0.2% KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>		
	1.7% 粉末寒天		
	蒸留水		

pH6.8 ~ 6.9      0.2% フェノールレッド液を 1.2% に加える

A 液はオートクレーフで滅菌後 50℃以下に保ち，B 液はザイツ濾過を行った後 A 液 100ml に対し B 液 15ml を加えて小試に分注，斜面とする

## ..... 参考文献 .....

- 1) Conn, H.J. ., **1**, 187(1916)
- 2) Lawrence, J.S. and Ford, W.W. ., **1**, 273(1916)
- 3) 63) と同じ
- 4) Guillebeau, A Landw. Jahr. Schweiz, **5**, 135(1891), Porter ., **33**, 163
- 5) Hammer, B.W. , **19**,129(1915) Hammes, B.W. Diary Bacteriology(1957)( 以下 Dai. Bact. と略 )
- 6) Hammes, B.W. ., **52**(1919), Dai. Bact.
- 7) Spitsler and Epple . **3**, 486(1920), Dai. Bact.
- 8) Hammer, B.W. . **15**, 179(1928)
- 9) Cordes, W.A. . **11**, 46(1928)
- 10) Hussong. R.V. and Hammer, B.W. **6**, 89(1931), Dai. Bact.
- 11) Sarles.W.B. and Hammes, B.W. . **23**, 301(1931)
- 12) Hammes, B.W. and Hussong, R.V. , **15**, 220(1932)
- 13) Nicholes, A.A. **8**, 331(1937)Dai. Bact.
- 14) Theophilus and Hammes . **244**(1938), Dai. Bact.
- 15) Rudig . **3**, 105(1940)Dai. Bact.
- 16) Barber and Frazier . **26**, 343(1943), Dai. Bact.
- 17) Currans, H.R. and Evans, P.R. . **49**, 335(1945)
- 18) Royal and Soynefest . **14**, 173(1951), Dai. Bact.
- 19) Bothe ., 183, 197 and 232(1951), Dai. Bact.
- 20) Tjepkema. R., Prince, W.V. and Foster, E.M. **36**, 1272(1953)
- 21) Aderhold Centbl. F. Bakt. II Abt. 5, 17(1899), Porter . **33**, 163 22) Weinzirl, J. . **39**, 349(1919), Cameron . **39**, 89
- 22) Cheyney, E.W.. **40**, 177(1919)
- 23) Donk, P.J. . **5**, 373(1920)
- 24) Bushnell, L.D. . **7**, 283(1922)
- 25) Cameron, E.J. and Esty, J.R. . **39**, 89(1926)
- 26) Aschehoung, V. and Vesterhus, R. Zentr. Bakt. Parasitenk, Abt II . 164, 169(1941), Jensen and Aschehoung, . **16**, 457 28) Jcnsen, E, and Aschoung, V. ., **16**, 457(1951)
- 27) 木俣正夫 日本水産学会誌 **16**, 46(1951)
- 28) 木俣正夫 日本水産学会誌 **16**, 50(1951)
- 29) Vaughn, R. H. Kreulevitch, I.R. and Mercer, W.A. . **17**, 560(1952)

- 32) 滝田亮夫, 高尾朔, 加藤敬香 醱酵工学雑誌, **35**, 142(1956)
- 33) 横岡源延, 内山均, 馬見塚利明 日本水産学会誌, **24**, 156(1958)
- 34) Laurent Bull. Acad. Sci. belg(1855), Hoffman . **29**, 464
- 35) Kratschmer and Niemilowicz Vierteljahrschrift Nahr. U. Genussmtl. **4**, 305(1889), (以下と略)(1944)
- 36) Vogel Z. Hyg. **26**, 398 (1897), Hoffman . **29**, 464 37) Fuhrmann Centbl. Bakt. Pt 2. **14**, 385(1905)
- 38) Lloyd . **19**, 380(1921),
- 39) Bunyea . **21**, 689(1921),
- 40) Veikko **32**(1928),
- 41) Kent-Johnes and Amos **55**, 248(1930), 42) Kent-Johnes and Amos **56**, 573(1931),
- 43) Owen and Mobley . **24**, 1042(1932),
- 44) Clark and Tanner . **2**, 37(1937),
- 45) Hoffman, C., Schweiter. T.R. and Dalby.G. . **29**, 464(1927)
- 46) 木俣正夫, 河合章 日本水産学会誌, **16**, 55(1951)
- 47) 木俣正夫, 曾々木淑子 日本水産学会誌, **16**, 55(1951)
- 48) 以下 57) まで何れも Porter . **33**, 163 より引用
- 48) Meyer, A. . **84**, 185(1892)
- 49) Hasselhoff, E. and Bredemann, G . **35**, 415(1906)
- 50) Wagner, R.J. Ztschr. F. Untersuch. Nahr. U. Genussmtl. **31**, 233(1916)
- 51) Voisenet, E. . **153**, 363(1911)
- 52) Voisenet, E. . **156**, 1181(1913)
- 53) Voisenet, E. . **28**, 807(1914)
- 54) Voisenet, E. . **32**, 476(1918)
- 55) Northrop, J.H., Asch, L.H. and senior. J.K. . **39**,1(1919)
- 56) Warcollier, G. and Le Moal, A. . **194**, 1394(1932)
- 57) Warcollier, G. Le Moal A. and Tarvernier. . **198**, 1546(1934)
- 58) Breed, R, S., Murray, E.G.D. and Smith, N.R. Bergey' s Manual of Determinative Bacteriology Ed. 7(1957)
- 59) Chon. Beitr. Z. Biol. d. Pflanzen. 1, 2(1872), 久田妙勲 千葉医学会雑誌 **33**, 771(1957)
- 60) Breed, R,S., Murray, E.G.D. and Hitchens, A.P, Bergey' s Manual of Determinative Bacteriology Ed. 6(1937)
- 61) Greer, F.E. . **42**, 501
- 62) Porter, R., McCleaskey, C.S. and Levine, M. . **33**,163(1937)
- 63) Smith, N.R. Aerobic Sporeforming Bacteria Agriculture monograph No.16(1952)
- 64) Parr, L.W. . **3**, 1(1939)
- 65) 松川男児, 三沢博人 ビタミン研究委員会記事, **31**, 16(1949)
- 66) Smith, N.R. . **2**, 453(1948)
- 67) Knight, B.C.J.G. and Proom, H. . **4**, 508(1950)
- 68) Gibson, T., **13**, 248(1944)
- 69) Society of American Bacteriologists Manual of Microbiological Methods(1957)
- 70) Schaub, I.G. and Foley, M.K. Diagnostic Bacteriology(1952)
- 71) Spray. R.S. . **32**, 135(1936)
- 72) Burdon, K.I. . **71**, 25(1956)
- 73) Lamanna, C. . **67**, 193(1940)
- 74) 木村廉, 林良二, 青山寿一, 蓼道雄, ビタミン, **4**, 299(1951)
- 75) 東量三, 須藤恒二, 未発表
- 76) McGauchey, C.A. and Chu, H.P. **2**, 334(1948)
- 77) 坂崎利一, 波岡茂郎, 腸内細菌 検索法 (1956)

# ふなずし由来乳酸菌 (*Lactobacillus Buchneri* SU-6) の性状と米培地培養物のプロバイオティクスとしての機能性

前田 浩明 (MAEDA Hiroaki)<sup>1</sup> 恒川 洋 (TSUNEKAWA Hiroshi)<sup>2</sup>

<sup>1</sup>株式会社 オリジン生化学研究所 所長, <sup>2</sup>恒川クリニック院長

Key Words : ふなずし 乳酸菌 *Lactobacillus buchneri* SU-6 プロバイオティクス がん

## はじめに

近年、腸内菌叢のバランスの改善を介して我々の健康に良い影響を与える微生物および、それ等の培養物を含む食品がプロバイオティクスと呼ばれて、健康の維持増進のために広く普及している。それらの菌は、主に *Bifidobacterium* 属や *Lactobacillus* 属等であり整腸作用に始まり、免疫力の強化、感染予防等、様々な効果が報告されている。また今日、著しい進展を見せているヒトと常在菌との共生関係を解き明かすヒトマイクロバイオーム研究から示唆されている腸内細菌叢と疾患の関係では、腸内細菌の生息部位である消化管ばかりでなく、脳を含めた遠隔の臓器や組織の病態とも関係することが明らかになってきている<sup>1,2)</sup>。

伝統的な発酵食品は、通常 1g 当たり 1 億個程度の発酵に関わる微生物菌体や代謝産物が含まれており、保存食であり嗜好食品であると同時に体にポジティブな効果をもたらすことが体感されることから重用され、選抜されて、継承されているプロバイオティクスである。滋賀県の代表的な伝統的発酵食品に、なれずしの一種のふなずしがある。ふなずしは滋養食・保存食であると同時に、正月や祭りなどのハレの日の特別食であり、時には健康回復のための健康食として活用されている。著者らは、滋賀県高島市の老舗のふなずしの漬け米から新規乳酸菌を

分離、同定し登録すると同時に、米培地による大量培養に成功した。その乳酸菌の性状と培養物のプロバイオティクスとしての機能性を報告する。

## 1. ふなずしの保健作用

ふなずしは、乳酸菌による発酵食品であることからプロバイオティクスとしての整腸作用や、免疫力の向上などの働きが期待できる。琵琶湖周辺の人々は、これらの効果を経験的に知っており、風邪やお腹の調子が悪い時には意識してふなずしを食べてきた。学術的研究では堀越らによる抗菌作用<sup>3)</sup>、大島らによるラットの腸内菌叢に及ぼす影響<sup>4)</sup> などがある。

## 2. ふなずし乳酸菌 SU-6 の性状と培養物の特徴

本乳酸菌は、ふなずしより分離された 3 種類の *Lactobacillus buchneri* の一種で、幅 0.4~1.0nm、長さ 0.8~3.0nm の桿菌。グラム染色陽性、好気培養が可でサッカロースを資化する。培養物は爽やかな酸味を有しており、生成物の短鎖脂肪酸は、乳酸と酢酸で構成されている。*L. buchneri* に関しては、トルコ産のザワークラウトから分離された *L. buchneri* LB 株の産生する抗菌物質 Buchnericin LB<sup>5)</sup>、ふなずしから分離された *L. buchneri* s193 の大腸炎抑制作用<sup>6)</sup> な

どの報告がある。

### 3. 製法の特徴

本培養物の主な用途は、伝承されているふなずしの保健作用を踏まえて学術的裏付けを行い、プロバイオティクスとして機能性食品へ応用することである。一般的に乳酸菌の培養はグルコースを炭素源とする MRS 培地で行うが、本菌の機能性の要素として増殖時の代謝産物も重要性が高いと考えられることから、元来の生息環境に近づけるために、著者が開発した米糖化物を主成分とする米培地 (Rice hydrolysate (RH) medium) を一部食添に改変して培養している (表 1)。

表 1 RHmedium

10% Rice starch hydrolyzate
0.35% Rice protein hydrolyzate
1% Yeast extract
0.1% Tween80
0.2% K <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>
0.5% Sodium acetate
0.2% Triammonium citrate
0.02% MgSO <sub>4</sub> · 7H <sub>2</sub> O
0.005% MnSO <sub>4</sub> · 5H <sub>2</sub> O

H. Maeda, et al.: *Bioscience and Microflora* Vol.22(2), 2003.

### 4. ふなずし乳酸菌 SU-6 培養物の生理作用

#### 4-1. アトピー発症モデルに対する炎症抑制作用

耳部にアセトンによる炎症を発症させるモデルマウス (BALB/c) に対して SU-6 培養物を経口投与することにより、炎症が抑制され耳の肥厚が有意に抑制された。その有効性は有効対照として用いたステロイド剤 (プレドニゾロン) とほぼ同程度であった (図 1)。血清学的分析の結果、SU-6 摂取群ではアレルギー発症抗体 IgE の減少が認められ (図 2)、一方で糞便中の IgA の増加が認められた。消化管への影響を検

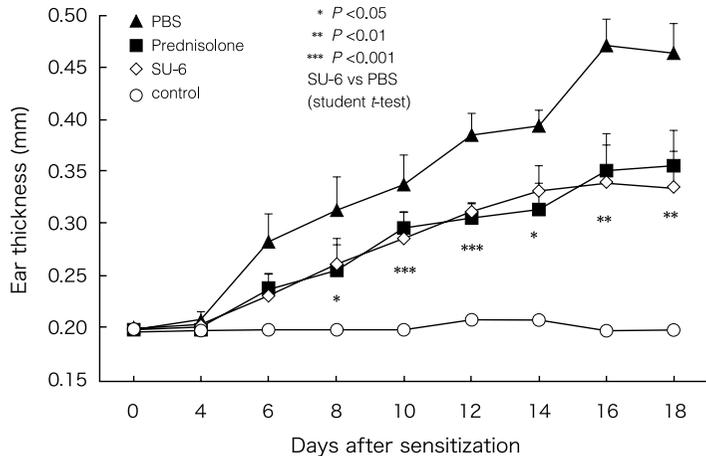


図 1 アトピー発症モデルに対する炎症抑制作用

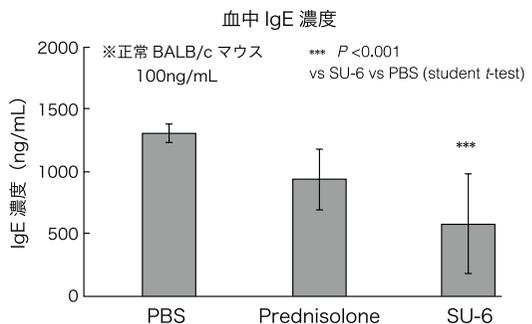


図 2 アレルギー発症抗体 IgE 濃度

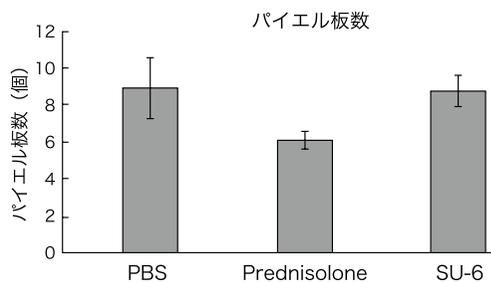


図 3 消化管バイエル板数

証した結果、バイエル板数の増加 (図 3) とバイエル板の面積の増加が認められている。一般的に乳酸菌による腸管免疫機能の改善は、乳酸菌の 2 本鎖 RNA がバイエル板を經由して樹状細胞のエンドソームに存在するトルライクレセプター (TRL) に認識され、インターフェロン  $\beta$  の産生を促進することが明らかにされていることから<sup>7)</sup>、本乳酸菌培養物の摂取においても

消化管粘膜の免疫機能が改善され、炎症が抑制されたものとする。

S.Kitamura: The Study and Development of Functional Food using *Lactobacillus* isolated from Funa Zushi. Agribusiness Creation Fair, 2009.

## 5. 進行がん患者の腸内環境の改善の必要性に基づくふなずし乳酸菌SU-6の必要性

恒川クリニックでは、がん患者に対して養生の根幹である食養生の重要性を啓蒙し、実践している。食養生においては、消化管とくに腸内環境が重要な要素であり、腸環境を整えることが食養生の基本と考えている。東洋医学の見地からは「腸の汚れは血液の濁り」と考えられており、最近では西洋医学的にマイクロバイオームの研究の進展に伴い、腸内環境は神経、免疫、内分泌など恒常性の維持に関わる包括的な身体機能と関連していることが明らかにされている。我々は、進行がん患者の腸内環境はストレス、食事の摂取量の減少、治療の副作用など、様々な要因により、健常人と比べて不良であると考えている。消化器がんに対するプロバイオティクスの有効性や大腸がんの予防効果が報告されていることから<sup>8)</sup>、腸内環境改善作用の報

告があるふなずし乳酸菌SU-6を当院で加療中の進行がん患者に長期間摂取してもらい、その作用を観察した。

### 試験方法

- (1) 実施場所: 恒川クリニック (名古屋市)
- (2) 被検者: がんの通常治療を受療した直後の患者で予後の観察やQOLの改善, 再発防止のために恒川クリニックの標準的補完治療である漢方処方とビタミンC点滴療法20g~50g(週1~2回または月2~3回)を受療中の進行がん患者。病症期第Ⅲ期 7例, 第Ⅳ期 9例, 合計16例(表2)。
- (3) SU-6の摂取量と摂取期間: SU-6錠剤(250mg) 5~10錠/日を40カ月~80カ月間摂取した。
- (4) 検査内容: 免疫機能についてはNK活性, 白血球数, リンパ球率, 栄養状態の評価は血清アルブミン, コリンエステラーゼ, 病徴は腫瘍マーカーの変動を記録した。腸機能状態は排便頻度や状態および腹部膨満感などを治療時に問診し, 記録した。

### 結果

40カ月の観察期間中第Ⅲ期の患者7例はすべて生存していた(表2)。免疫機能はNK活

表2 病症期第Ⅲ期 7例, 第Ⅳ期 9例, 合計16例

被験者 病床期	生存	性別	名前	年齢	原発巣	転移巣	摂取期間
Ⅲ	○	F	NN	65	肺		22 / 8 ~ 25 / 12 (40M)
Ⅲ	○	F	NA	70	子宮		22 / 4 ~ 25 / 8 (40M)
Ⅲ	○	M	MK	57	前立腺		22 / 7 ~ 28 / 1 (78M)
Ⅲ	○	F	FK	82	乳房		22 / 1 ~ 26 / 5 (40M)
Ⅲ	○	F	MS	65	乳房		25 / 10 ~ 29 / 2 (40M)
Ⅲ	○	M	IH	72	前立腺		23 / 8 ~ 29 / 2 (54M)
Ⅲ	○	F	NT	63	乳房		24 / 2 ~ 29 / 1 (59M)
Ⅳ	○	F	SM	52	肺	脳	22 / 12 ~ 26 / 4 (40M)
Ⅳ	○	M	SM	70	胃	脾臓	22 / 2 ~ 28 / 12 (80M)
Ⅳ		F	MY	79	子宮	乳房	23 / 1 ~ 23 / 12 (11M)
Ⅳ		M	MS	37	胸腺	肺	23 / 1 ~ 24 / 1 (12M)
Ⅳ		F	TK	69	胸腺	気管	23 / 1 ~ 24 / 1 (12M)
Ⅳ		M	WI	72	前立腺	骨盤	22 / 4 ~ 24 / 8 (28M)
Ⅳ		M	YM	80	大腸	仙骨	23 / 1 ~ 24 / 6 (18M)
Ⅳ		M	IY	62	大腸	脳・小脳	22 / 8 ~ 24 / 2 (18M)
Ⅳ		F	AA	71	大腸	腹腔	22 / 8 ~ 24 / 6 (22M)

表3 Ⅲ期被験者の免疫・栄養状態に関する値(直近5ヶ月平均)

名前	NK 活性 (%)	白血球数 (個/mL)	白血球中におけるリンパ球比率 (%)	血清アルブミン (g/dL)	コリンエステラーゼ (IU/L)
NN	24.5	5750	30.4	4.6	546
NA	55.0	4500	32.8	4.0	380
MK	51.0	5000	42.2	4.1	289
FK	24.0	2800	29.0	4.4	322
MS	40.0	3600	33.4	4.6	266
IH	33.0	4600	31.1	4.3	441
NT	51.0	4800	37.9	4.2	297
基準値	30 ~ 60	3700 ~ 9400	25 ~ 55	3.8 ~ 5.3	200 ~ 495

性が2例でやや低かったが他の例は安定しており、リンパ球の比率はいずれも正常域にあった。特に、栄養状態を反映している血清アルブミン値は全例4.1~4.6と高いレベルで安定していた(表3)。腫瘍マーカーは全例で正常値を維持した。一方、第Ⅳ期患者の生存例は2例であり、4例が12カ月以内に死亡し、2例が20カ月以内に死亡した(表2)。

死亡した7例については、免疫機能に関してはNK活性は正常域に戻らず、リンパ球の減少が顕著であった。栄養状態については、2例にアルブミン値の異常が認められた。他の5例については正常域ではあるが、3.8~4.2と低レベルであった。コリンエステラーゼは1例を除き他は正常であった。腫瘍マーカーは5例でコントロール不能であった。

その後、摂取を継続している患者に関する調査では最長80カ月間の観察を行っているが、良好な栄養状態と免疫状態を維持している。

このように、観察期間中に第Ⅲ期と第Ⅳ期間に生存率に明らかな差が認められた。腸機能の改善についての体感では、程度の差はあるがほぼ全例で、摂取開始より比較的早期に腹部膨満感や便質の改善が認められた。その後、第Ⅲ期患者については徐々に便秘、便臭が改善されたが、第Ⅳ期患者については2例を除いて、改善効果は低かった。

## 考 察

腸内環境の改善は健康維持のために重要な要

素であるが、がん患者は化学療法剤やストレスが原因となり押しなべて腸内細菌叢の悪化が想定されており、治療効果を低下させていることが予想される。そこで、腸内菌叢を改善することが、がん患者の治療力を向上させる可能性があると考え進行がんの患者に、すし乳酸菌SU-6を摂取してもらい、免疫力、栄養状態、腫瘍マーカーを指標として有効性を観察した。40週を経過した時点での傾向は、第Ⅲ期と第Ⅳ期間で体感的な腸機能と生存率に差が認められ、ふなずし乳酸菌SU-6のようなプロバイオティクスによる腸内環境の改善を介しての恒常性維持の発現には、がん患者の病症期が影響していることが窺われた。即ち、第Ⅲ期と第Ⅳ期間には腸内菌叢の状態にも差があり、本試験の結果から、第Ⅳ期においては、腸内菌叢の不健全化いわゆるdysbiosisが進行し、プロバイオティクスの摂取においてもマイクロバイオーム的補完が発現できにくい深刻な栄養不良状態が進行していることが示唆された。

## おわりに

プロバイオティクスの主な作用は腸内菌叢のバランスの改善であり、常在有用菌の増加刺激である。小腸における有用菌は乳酸菌であり、腸管免疫の主役となっている。加齢、ストレス、抗生剤や抗がん剤の投与、高脂肪食、低繊維質食、変化の乏しい食事などにより腸内菌叢の不健全化(dysbiosis)が惹起され、炎症が亢進しホメオスタシスを破たんさせる原因となると思

われる。プロバイオティクスは *dysbiosis* を防止し、免疫恒常性の維持に関与して、良好な栄養状態を保持することに貢献する可能性を有している。

永い年月の間、ふなずし発酵の生態系の中で生存し続けてきている本菌は生命力が旺盛で、発酵食品の有用菌としてのみならず、プロバイ

オティクスとしての有用性の可能性の高さがうかがわれる。今後さらに本菌および米培地培養物の免疫系に対するナチュラルブースターとしての有用性を主に高齢者の健康寿命の延伸と、がん患者の QOL の改善の関係で明らかにしてゆく予定である。

## 参考文献

1. 須藤信行：心身相関研究の新たなターゲットー腸内細菌を介した脳腸相関。ここまでわかった心身相関（久保千春編）診断と治療社，2013.
2. H.J. Anders, K. Andersen and B. Stecher: The intestinal microbiota, a leaky gut, and abnormal immunity in kidney disease. *Kidney Int.*, **83**: 1010-1016. 2013.
3. Kaori Mukai-kubo, Masako Horikoshi: Flavor and smell of fermented sushi. *J. Japan Association on Odor Environment*, **38**(3): 173-178, 2007
4. 大島直子, 藤井健夫：ふなずし中乳酸菌のラット腸内菌叢に及ぼす影響. *Jpn.J. Food Microbiol.*, **11**(2): 129-132. 1994.
5. Zeliha YIDIRIM, Metin YILDIM: Characterization of Buchnericin LB Produced by *Lactobacillus buchneri* LB. *Turk J. Biol.*, **25**: 73-82. 2001.
6. 岡田義清, 三浦総一郎等：ふなずし由来新規ラクトバシラス属菌が有する強力な大腸炎抑制の作用機序. 消化器と免疫, No.50, 2013.
7. Akira S. Uematsu S. & Takeuchi O.: Pathogen recognition and innate immunity, *Cell*, **124**: 783-801. 2006.
8. Ishikawa H. *et al.*: Randomized trial of dietary fiber and *Lactobacillus casei* administration for prevention of colorectal tumors. *International Journal of Cancer*, **116**, 762-767. 2005.

# 分析値の品質保証と分析法性能評価

松田 りえ子 (MATSUDA Rieko)

公益社団法人食品衛生協会技術参与, 国立医薬品食品衛生研究所客員研究員

Key Words : 分析値の品質保証 分析法性能評価 食品分析

## 1. 分析値の品質の保証

顧客の依頼を受けて行った分析の結果(分析値)は製造物である。製造物を提供する場合に、その品質(スペック)を定めてそれを示し、さらに示した品質が保たれていることを保証することは、通常に行われている行為である。製造物が、表明した品質を満たしていない場合や、品質のばらつきが大きい場合には、その製造物への信頼は失われる。製造物の品質の保証の中には、その品質が得られる製造法の検討と確立、その製造法を管理下において逸脱がないように監視すること、製造物が品質を満たしているかの確認が含まれている。分析値は一見「物」とは見えないが、その品質保証の考え方は同じである。

分析値における製造法はサンプリング法と分析手順であり、監視はこれらの手順を守ることの他、分析環境を一定に保つこと、使用する試薬の管理、機器のメンテナンス、あるいは分析者の教育も含まれる。しかし、分析値の品質の確認は簡単ではない。分析値の品質を定義するのは簡単で、真の値に近い確率が高ければ、品質の高い分析値、真の値との差が大きい、あるいは真の値との差が一定していなければ、品質の低い分析値である。分析依頼された試料の分析目的となる特性(量、濃度等)の真値は未知である。既知であればそもそも分析は依頼さ

れない。従って、その分析値と真値の差も未知であり、品質が良いか、品質がスペックを満たしているかも未知であるから、品質を確認することはできない。

一般の製造物では、そのものの測定可能な特性(大きさ、重さ、色等)を評価すれば品質が分かることが多く、例えば抜き取り検査を行ってその結果を品質の評価、品質の管理・保証に利用することができる。品質(真の値にどれだけ近い)を知ることが困難な分析値では、品質の管理・保証に別の方法を用いなければならない。そのために、分析法の性能評価、内部品質管理、標準手順書の作成、不確かさの推定のような手法が考案されてきた。これらが実施され、決められた規準を満たしている証拠を示すことにより、間接的に分析値の品質が保証される。

本稿では、分析値の中でも、食品に関わる分析値の品質あるいは品質保証についての、現在の枠組みとその問題点、分析法の性能評価について解説する。

## 2. 分析値の品質に関わる用語

本論に入る前に、用語について述べる。現在の食品分析においては、分析値の品質に関わる用語として「精度管理」が汎用されている。しかし、「精度」は、分析法の性能の一つとして、「1

つ1つの分析値が一致する程度」と定義されている。極端に言えば、1つ1つの分析値が真値とは異なる値に常に一致していた場合、精度は非常に優れているが、そのような分析法が優れているとは言えない。従って、分析値の品質を「精度」のみで表すことは適切ではない。

「管理」、「確保」、「保証」も厳密な区別なく使用されている。(内部)精度管理、信頼性確保(部門)は、厚生労働省からの通知にも記載されており、疑うこともなく使われている用語である。しかし、意味の曖昧な用語を使用することで、実施する行為の方向を知らず知らずのうちに変えてしまうこともある。

「管理」は、ある規準などから外れないよう、全体を統制することである。「確保」は確実に手に入れること、あるいは自分のものとしてしっかり保つことであり、「保証」は責任をもって、間違いなくとすることである。どの用語も、品質をつければ、その品質を良い状態に保っていることを意味しているが、「管理」は分析システムに対して行われ、「確保」は分析システムから得られる分析値の品質に対して行われ、「保証」は他者に対して「管理・確保」の結果を示すという違いがある。「管理・確保」は内向きであり、「保証」は外向きの行為といえる。ここでは、分析値の品質保証を、分析値が真の値に近い状態を、分析システムを管理することによって確実にし、そのプロセスを科学的な証拠として他者に示すことと定義して、話を進めたい。

### 3. 分析値の品質保証の枠組み

分析値の品質を保証するための手段をまとめた規格として、ISO/IEC 17025<sup>1)</sup>「試験所及び校正機関の能力に関する一般要求事項」がある。ISO/IEC 17025は、食品分野のみを対象としているわけではないが、Codex ガイドラインであるCAC/GL27<sup>2)</sup>(1997)では、食品の輸出入管理に関連した試験所の能力を保証するための要求事項の第一として、「ISO/IEC 17025に挙げられる試験機関に関する一般的なクライテリアを

遵守すること」を挙げており、食品分野においてもISO/IEC 17025の認定を受ける試験所が増えていることから、食品分野での分析値の信頼性保証において重要な国際規格と考えられる。日本国内の食品分析に関わる品質保証の枠組みとして、「登録検査機関における製品検査の業務管理要領(以下、業務管理要領)」<sup>3)</sup>がある。業務管理要領は、制定当時の国際的文書Guide 25 (ISO/IEC 17025の前身)に基づいて作成された。

ISO/IEC 17025と業務管理要領の比較を通じて、現在の食品分析値の品質保証の問題点を考えてみる。ISO/IEC 17025の序文には、「この規格は、試験所及び校正機関がマネジメントシステムを運営し、技術的に適格であり、かつ、技術的に妥当な結果を出す能力があることを実証しようと望む場合、それらの試験所及び校正機関が満たさなければならないすべての要求事項を含んでいる。」と謳われている。「試験所及び校正機関が・・妥当な結果を出す能力があることを実証しようと望む場合」には、ここに挙げられた要求事項を満たせば実証できると書かれており、「実証することを望む」のは「試験所及び校正機関」である。

業務管理要領の目的は、「食品衛生法に基づく登録検査機関における製品検査の業務管理について細則を定め、製品検査の信頼性を確保することを目的とする。」と明記されている。この文の主語は書かれていないが、業務管理要領は厚生労働省から発出された通知であり、細則を定め、信頼性を確保することを目的とする者は、厚生労働省と考えられる。

ISO/IEC 17025は分析値の品質(信頼性)を証明するために、試験所が自発的に取り組む際に従う指針であり、強制されるものではない。これに対し、業務管理要領は厚生労働省が定めた要領であり、明示的に書かれてはいなくても、記載された事項は必ず実施しなくてはならないという、厚生労働省からの強制のような感覚を与える。

ISO/IEC 17025の管理上の要求事項を表1に、

表 1 ISO/IEC17025 の要求事項

管理上の要求事項	技術的要求事項
4. 1 組織	5. 1 一般
4. 2 マネジメントシステム	5. 2 要員
4. 3 文書管理	5. 3 施設及び環境条件
4. 4 依頼、見積仕様書及び契約の内容の確認	5. 4 試験・校正の方法及び方法の妥当性確認
4. 5 試験・校正の下請負契約	5. 5 設備
4. 6 サービス及び供給品の購買	5. 6 測定トレーサビリティ
4. 7 顧客へのサービス	5. 7 サンプリング
4. 8 苦情	5. 8 試験・校正品目の取扱い
4. 9 不適合の試験・校正業務の管理	5. 9 試験・校正結果の品質の保証
4.10 改善	5.10 結果の報告
4.11 是正処置	
4.12 予防処置	
4.13 記録の管理	
4.14 内部監査	
4.15 マネジメントレビュー	

表 2 業務管理要領の項目

3 製品検査室等の管理	11 製品検査結果通知書
4 機械器具の管理	12 試験品の保存
5 試薬等の管理	13 内部点検
6 動物の管理	14 精度管理
7 有毒な又は有害な物質及び危険物の管理	15 外部精度管理調査
8 試験品の取扱いの管理	16 データの作成
9 製品検査の操作法等の管理	17 標本、データ等の保存
10 製品検査の結果の処理	18 研修

業務管理要領での事項を表 2 に示した。両者で扱いが大きく異なるのは、「マネジメント」と「見直し」である。前述のように、ISO/IEC 17025 の序文には、「マネジメントシステムを運営し」と書かれており、管理上の要求事項の 2 番目にマネジメントシステムが挙げられている。分析値の信頼性を保証するためには、分析値を作り出す手順が管理されていることは当然必要であるが、試験所という組織として、個々の手順を総合的に運用していくためには、その方針を示し実施するマネジメントシステムが不可欠である。一方、業務管理要領にはマネジメントシステムへの言及はなく、組織に対する要求としては、「検査業務から独立して、内部点検、精度管理調査等の信頼性確保業務を行う職員を設置する」がある。しかし、これは組織の一部に信頼性を担当する部署を設けるというのみで

あり、技術的に妥当な結果を出すためのシステムの一部でしかない。

さらに、ISO/IEC 17025 には「マネジメントレビュー」が明記されているが、業務管理要領の項目とはなっていない。どんな手順であっても、これで完全ということではなく、まして最初に作ったものを、そのまま変更せずにいつまでも使えることはほとんどない。このため多くの分野で PDCA サイクルが推奨されている。見直し手順が明確されていないと、一度決めた手順等を変えることなく使用し続けることになりがちである。言い換えれば、ISO/IEC 17025 では信頼性を保証するために、それぞれの手順の管理と共に、システムの見直しと改善を継続することが求められているのに対し、業務管理要領では、本文ではない別添の 1 一般的事項の(3)に、「試験に対しての継続的な適切さと適合性

を確実にするため、標準作業書の定期的な見直しを行い、必要に応じて改定すること。」と書かれている。ISO/IEC 17025 のマネジメントレビューの対象が、方針及び手順の適切さ、管理要員及び監督要員からの報告、最近の内部監査の結果、是正処置及び予防処置、外部機関による審査、試験所間比較又は技能試験の結果、業務の量及び種類の変化、顧客からのフィードバック、苦情、改善のための提案、品質管理活動、経営資源、職員の訓練、その他の関係要因と非常に広範囲にわたっているのに対し、業務管理要領の見直し範囲は限定的である。業務管理要領では、手順を遵守し記録を残すことが重要視されている。その時々で違った手順を用いては、信頼性が保証されないのは明らかであるが、ただ遵守しているだけで、見直しを行い自ら誤りを正す姿勢がなくては、他者を納得させることはできない。

総合的に見ると、ISO/IEC 17025 は、自ら方針を決めていくマネジメントシステムと、常に誤りの是正あるいは改善を目指す見直しによって、分析値の品質を保証できる組織となると考えている。一方の業務管理要領は、国が決めたルールを守っていれば分析値の品質を保証できる組織となると考えているように見える。極度に要約すれば、めざしている目的地は、自主的な組織と他主的な組織といえるだろう。

#### 4. 分析法あるいは分析値の妥当性確認

ISO/IEC 17025 の技術的要求事項では、5.4.2 方法の選定に

試験所・校正機関は、サンプリングの方法を含め、顧客のニーズを満たし、かつ、請け負う試験・校正に対して適切な試験・校正方法を使用すること。国際規格、地域規格又は国家規格として発行されている方法を優先的に使用すること。(中略) 試験所・校正機関が開発した方法又は採用した方法も、それらが意図する用途に適切であり、かつ、妥当性確認が行われている場合は、使用することができる。(中略) 試験所・校正機関は、規格に

規定された方法を試験又は校正に導入する前に、自身がその方法を適切に実施できることを確認すること。

と記載されている。一方、業務管理要領では、9 製品検査の操作等の管理の項に

- (1) 製品検査の方法は、当該検査項目に関する省令、告示、関係通知等で定められた方法とすること。
- (2) 関係通知で定められた方法以外の試験法によって検査を行う場合には、当該試験法の妥当性を評価し、内容について詳細に記録し、検査実施標準作業書とともに保存すること。

と定められている。両者ともに公的規格に定められた方法(いわゆる公定法)を使用することを求めている。公定法が重視されていることには、いくつかの要因が考えられる。

分析の対象によっては、決まった手順によることにより結果が得られる。食品分析であれば「水分」がその一つである。「水分」は、試料を決められた温度で、決められた時間乾燥した時の重量の減少である。実際には、水以外の低沸点成分も失われるので、「水分」は水の量とは厳密には一致しない。このような分析では、決められた通りに実施することが必須である。このような方法は公定法に多く含まれている。

また、分離技術、検出技術が未熟であった時期には、分析対象の官能基の特性に基づいた方法、例えば呈色反応に基づく比色法、が広く用いられた。このような方法では、共存する成分の影響を受けやすく、条件を変更すると分析結果が変化することが多かったため、定められた条件に厳密に従う必要があった。また、食品分析で公定法と認められる Codex 法は、試験所間試験により真度と室間精度を確認したいいわゆるバリデートされた方法であり、多くの試験所で一定した結果が得られると期待される。しかし、公定法の通りに実施したとしても、試験所の力量が不足していれば、正しい分析値が得られるとは限らないため、ISO/IEC 17025 では公定法を適切に実施できることの確認が求められ

ている。業務管理要領では、操作法として通知された方法を記載されたとおりに実施することが管理であるとされており、正しい分析結果が得られていることの確認は求められていない。これは、品質保証中の製造法の管理としては不十分であろう。

分析法の性能に関しては、妥当性が確認されていることが求められている。業務管理要領は基本的に製品検査に使用される分析が対象である。近年、クロマトグラフィー等の分離技術、質量分析計のような検出技術が進歩したことから、選択的に分析することが可能となり、標準物質あるいは試料への添加により、分析値が正しいかどうかを確認することも可能となってきた。従って、分析手順を厳密に守るのではなく、分析値が正しいかどうかに基づいて、分析法の性能が評価されるようになった。これが妥当性の確認である。妥当性が確認されていれば、公定法であっても、試験所が開発した方法であっても、その分析値の品質は同等とみなしうる。

分析の目的によって、必要とされる分析値の品質あるいは正しさの程度は異なると思われる。どのような目的の分析であっても真度は100%に近いほどよく、精度は0%に近いほど良いことは自明だが、現実的な実行可能性、分析の効率等を考慮する必要がある。食品が規格に適合しているかの判定を目的とする検査のための分析法の真度及び精度は、基準値近くの濃度での性能が最も重要である。検査機関で継続して検査が実施されるのなら、併行精度ではなく長期にわたる室内精度がより重要である。室内精度には、使用する試薬、機器、分析者の技術、環境の変動が反映されるからである。定量限界あるいは検出限界は、一般には分析法の性能として重視されているが、これらが基準値より十分に低いことが分かれば、その正確な値は重要ではない。また、定量できる濃度範囲もそれほど重要ではない。

しかし、分析の目的がサーベイランスあるいは摂取量推定であれば、濃度は基準値よりもはるかに低濃度を含む広い範囲にわたっていると

考えられるため、広い範囲における性能が重要である。検出限界が高い分析法で摂取量推定のための分析を行えば、結果はNDばかりになり、何も推定できない。サーベイランスでも同様で、NDばかりでは何の統計量も得られない。これらの目的の分析ではNDではない分析値が十分に得られることが重要であるから、定量限界・検出限界は重要な性能である。また、検査ではそれぞれの分析値で適合判定が行われるのに対して、サーベイランスでは多数の分析値全体から、統計パラメータ、分布等を推定するのが目的であるから、精度の重要性は相対的に小さくなる。

研究開発のための分析であれば、その研究に必要な分析法の性能は何かを、研究目的に応じて決める必要がある。対象とする食品と分析対象化合物は限定されており、すべての食品に一律基準が適用される農薬等のように、広い範囲の食品において性能を確認する必要はないだろう。

このように、分析法あるいは分析値が妥当であるかどうかの判定は、分析値の使用目的に依存するため、広範囲の分析を対象とするISO/IEC 17025には、妥当であることの規準は示されていない。業務管理要領にもこのような規準はないが、「食品中に残留する農薬等に関する試験法の妥当性評価ガイドライン」および「食品中の有害物質等に関する分析法の妥当性確認ガイドライン」には、それぞれ食品に成分規格が定められている農薬及び有害物質の適合判定のための分析をする際に、用いる方法の妥当性を確認する方法と規準が示されている。これらのガイドラインが導入された背景には、農薬等あるいは有害物質の基準値が非常に多数の食品に設定されているという現状がある。農薬等は基本的にすべての食品に一律基準が設定されている。一方、分析法の検討時には代表的な食品への適用を検討しているとはいえ、すべての食品での検討は不可能であり、実際にその分析法を適用できない食品があることも少なくない。このために、「同等以上の性能を有する方法」

の使用も認められていたが、どのようにして同等以上の性能を有することを評価できるかは定められていなかった。このために、まず食品の検査において必要とされる分析法の性能規準を定め、それを満たす方法は同等以上の性能を持つ試験法と考えるとされた。また、公定法で検査を行ったとしても、同等以上とされる性能を満たせなければ、検査に使用することはできない。この考え方から、ガイドラインで妥当性評価の対象となる分析法は「食品規格への適合判定のために使用される試験法であって、妥当性が未評価の方法」とされ、告示法、通知法、その他の方法の区別なく、使用する分析法の妥当性評価を行い、試験を実施することとされた。この点では、ガイドラインと業務管理要領の規定には齟齬があるが、ガイドラインの考え方はISO/IEC 17025 が求めている、「その方法を適切に実施できることを確認する」に近づいている。ガイドラインで求めている妥当性の確認とは、それぞれの機関が、検査の結果が正しい(間違っていない) 確率を十分に高くできる分析値を得られることの証明である。ガイドラインの名称中には試験法あるいは分析法の妥当性とあるが、実際には分析法のみならず、試験環境、機器、分析者の技術をすべて含めた分析システムが、正しい分析値を作り出す性能を有していること、つまり検査に使用できることの妥当性が確認される。

このように、妥当性確認のガイドラインがあったとしても、それに適合していれば妥当性が確認されたと考えるのは誤りである。まず、分析の目的を考え、ガイドラインがその目的に合っているかを確認しなくてはならない。ガイドラインに示される性能の目標値が適切でなければ、必要とされる性能目標を自ら決めることから、妥当性確認は始まる。また、その性能目標について分析の依頼者との合意も必要である。

さらに、分析法の性能を評価し、性能基準を満たしたことで、分析値の正しさが保証されるわけではない。性能の確認は出発点であり、そ

の性能が維持されていることを継続して確認する必要がある。この手段が内部品質管理の実施と、技能試験への参加である。内部品質管理により評価時の性能が維持されていることが示される。さらに、技能試験に参加することにより、分析値の正しさが客観的に評価される。

## 5. 信頼性保証の要因としての分析者

ISO/IEC17025 の技術的要求事項の最初に挙げられているのは、(妥当な分析を行える) 要員についての要求である。一方、業務管理要領では、要員に関する事項は、最後の研修だけであることが、正しい分析値を得るときの、分析者の役割に対する考え方の違いを表しているように思える。

ISO/IEC 17025 の技術的要求事項を並べれば訓練された分析者が、ふさわしい施設で、妥当性確認された方法で、よくメンテナンスされ校正された装置を使って、しっかり管理された標準品を使って、適切に採取された試料を、取り違えたりしないで分析していることを示せば、信頼性のある分析値が得られていることを保証できます。

ということになる。ここで、最初の「訓練された分析者」が前提でなければ、方法の妥当性確認も、装置のメンテナンスも、標準品の管理も、試料の採取と扱いも、正しく行われているという保証はなくなってしまふ。

あるいは、SOP を遵守したら、分析法の妥当性を評価したら、内部品質管理を行ったら、技能試験に参加したら、分析値の品質が保証されるわけではない。それらの科学的背景を理解して実施、その結果を正しく評価し、適切に対処する分析者がいてこそ、分析値の品質が保たれる。正しい分析値を得るためには、分析者に分析化学の知識、統計の知識が求められる。色々なところで示されている分析法やガイドラインは、多くの場合に適用できると考えられる最大公約数であり最低限の要求である。また、公示されている試験法で採用されている手法には、それぞれの科学的背景があり、それぞれの

手順が検査結果に及ぼす影響は異なっている。どの手順が検査結果の変動に与える影響が大きいかを認識して変更を加えていくことが必要である。それぞれの分析者は、自らの分析値の品質を保つために最適な方法を自ら選ぶ必要がある、それには分析化学、統計の知識が不可欠である。このためには、知識と共に「信頼性の高い分析結果を得るために、どのようにすればよいかを考え、実施しよう」という motivation が必要である。目的意識なく、統計的根拠、科学

的根拠を考えずに、徒に何かに書かれている手順通りに行うことは、信頼性保証に繋がらない。

信頼性保証が目指すのは、分析者が、自身の分析値の使用目的に必要とされる信頼性を考え、決定し、それを証明するのに必要な手段を選択し、結果を示すことにより、信頼性を保証することである。分析者自身が、考え、選択し、決定する力を持つことが、信頼性のある分析値を得るために最も重要である。

### 参考文献

1. ISO/IEC 17025 : General requirements for the competence of testing and calibration laboratories
2. CAC/GL 27 : GUIDELINES FOR THE ASSESSMENT OF THE COMPETENCE OF TESTING LABORATORIES INVOLVED IN THE IMPORT AND EXPORT CONTROL OF FOOD
3. 食安監発第 0709001 号（平成 20 年 7 月 9 日）登録検査機関における製品検査の業務管理について

**白石カルシウムの炭酸カルシウム**

**炭酸カルシウムとは？**

古くから食品に使用されている安全性・吸収性に優れたカルシウム源です。用途も栄養強化はもちろんのこと、練製品の弾力増強などの品質改良、粉体の流動性向上・固結防止といった加工助剤などその目的は多彩です。

分散性・混合性に優れたものや、飲料用として沈澱を抑制したタイプ等、品揃えております。

- 一般の栄養強化には、「ホワイトン」
- 機能を求めるならば、「コロカルソ」
- 飲料用には、スラリー状の「カルエッセン」

詳細につきましては、弊社営業担当にお気軽にお尋ね下さい。

**白石カルシウム株式会社**

食品部：東京都千代田区岩本町 1-1-8 TEL. 03-3863-8913  
 本社：大阪市北区同心 2-10-5 TEL. 06-6358-1181

## 新健康食品素材

# 「ホヤ由来プラズマローゲン」の機能性について

大川原 正喜 (OKAWARA Masaki)

三生医薬株式会社 研究開発本部 企画開発部

Key Words：ホヤ プラズマローゲン アルツハイマー型認知症

### はじめに

脳機能活性化および認知症予防を謳う健康食品は多数上市されており、2016年の市場は200億円を超えている<sup>1)</sup>。対前年比では10%を超える高い成長率を示しており、今後も高い成長率が期待される。一方、製品の有効成分としてはドコサヘキサエン酸(DHA)、イコサペンタエン酸(EPA)、イチョウ葉エキス等が主で新しい素材が求められている。本稿では当社が開発したホヤ由来プラズマローゲンオイルについて概要を述べたい。

### 1. プラズマローゲン

プラズマローゲンはリン脂質の一種でグリセロリン脂質に分類される。図1にプラズマローゲンとトリグリセリドの構造を示す。魚油の成分である脂肪酸トリグリセリドと比較して、リン脂質でありsn-1位の脂肪酸がビニルエーテル結合しているという特徴がある。プラズマローゲンは哺乳動物の脳神経細胞、心筋、リンパ球、マクロファージ等に多く含まれており、ヒトの脳に含まれるリン脂質のうち約20%がプラズ

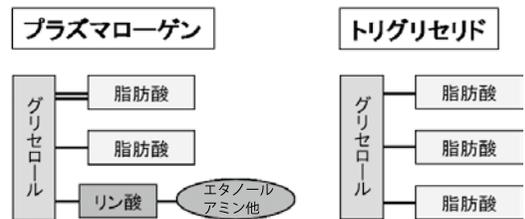
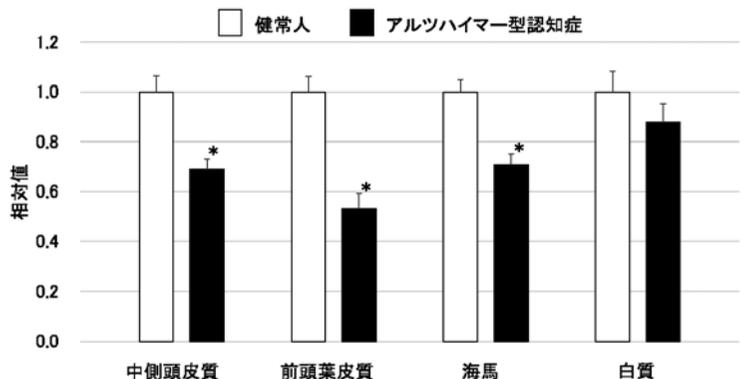


図1 プラズマローゲンとトリグリセリドの構造

マローゲンである<sup>2,3)</sup>。ヒト血漿中のプラズマローゲンは加齢により減少し<sup>4)</sup>、また、アルツハイマー型認知症患者の脳においても減少することが報告されている<sup>5,6)</sup>。さらに、認知機能に關与する大脳皮質、並びに記憶機能に關与する海馬においても、顕著な減少がみられている(図2)。



健常人のプラズマローゲン量を1としたときの相対値 (\* $p > 0.01$ )

図2 アルツハイマー型認知症患者脳中のプラズマローゲン量

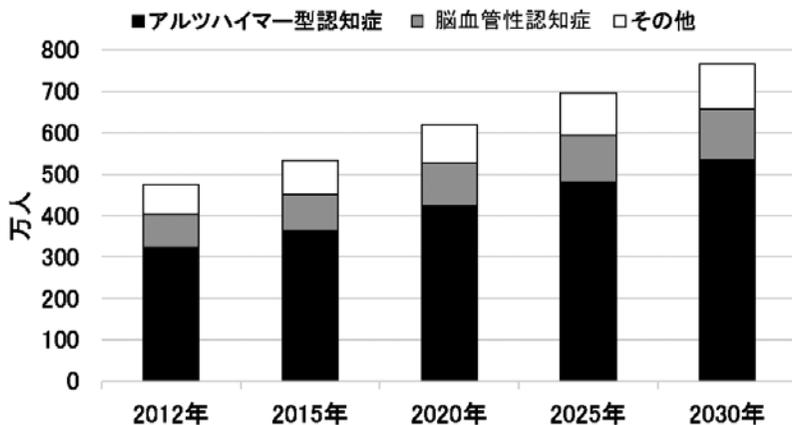


図3 日本における認知症患者数の将来推計

## 2. 高齢化社会と認知症の状況

内閣府の高齢社会白書によると日本の高齢者人口は増加傾向にあり、2025年には65歳以上の高齢者数は3,500万人を超え、総人口の3割を占めることが予想されている<sup>7)</sup>。図3に日本における認知症患者数の将来推計を示す。高齢者人口の増加に伴い認知症患者数も増加傾向にある。2025年には約700万人にのぼるとの推計もあり<sup>8)</sup>、実に65歳以上の5人に1人が認知症を発症すると試算される。

ファイザー株式会社の65歳から70歳の健康な男女を対象とした病気に関するアンケートによると、「健康寿命を損なう可能性のある病気のうち、気になるもの」に対し約半数が「認知症」と回答している。これは「がん」に続き第2位であり、認知症に対する不安の強さが表れている<sup>9)</sup>。

認知症は、アルツハイマー型認知症、脳血管性認知症、レビー小体型認知症、前頭側頭型認知症などに分類され、中でもアルツハイマー型が50 - 75%で大半を占めている<sup>10)</sup>。アルツハイマー型認知症の発症機序は明らかになっていないが、脳神経細胞にアミロイドβタンパクが蓄積することにより、細胞障害やアポトーシスが起り認知症を発症すると推察されている。主な症状は中核症状と行動・心理症状で、中核症状は脳の神経細胞が破壊されることによる記憶障害を、行動・心理症状は妄想、幻覚、徘徊

を引き起こすことが知られている。

アルツハイマー型認知症に対する薬物治療は、現在わが国ではコリンエステラーゼ阻害剤であるドネペジル、ガランタミン、リバスチグミンと、NMDA型グルタミン酸受容体拮抗剤であるメマンチンによって行われているが、いずれも対症療法である。症状が進行すると薬物治療でも十分な効果を得ることが困難であるため、発症する前の予防が重要であると考えられている。

## 3. プラズマローゲンとアルツハイマー型認知症

近年、プラズマローゲンの機能性研究が積極的に行われ、認知症への効果が明らかになってきている。

宮澤らの行った、プラズマローゲンのアミロイドβタンパクの凝集抑制および分解に関する検討結果を図4に示す。ホスファチジルエタノールアミンおよびホスファチジルコリンと比較して、プラズマローゲンの効果が高いことを報告している。プラズマローゲンを構成する脂肪酸の組成に関する検討では、アラキドン酸結合プラズマローゲンと比較して、DHA結合プラズマローゲンで効果が高いことを明らかにしている<sup>11)</sup>。

Yamashitaらは、マウス神経芽細胞腫細胞を使用してアポトーシス抑制効果を評価し、プラ

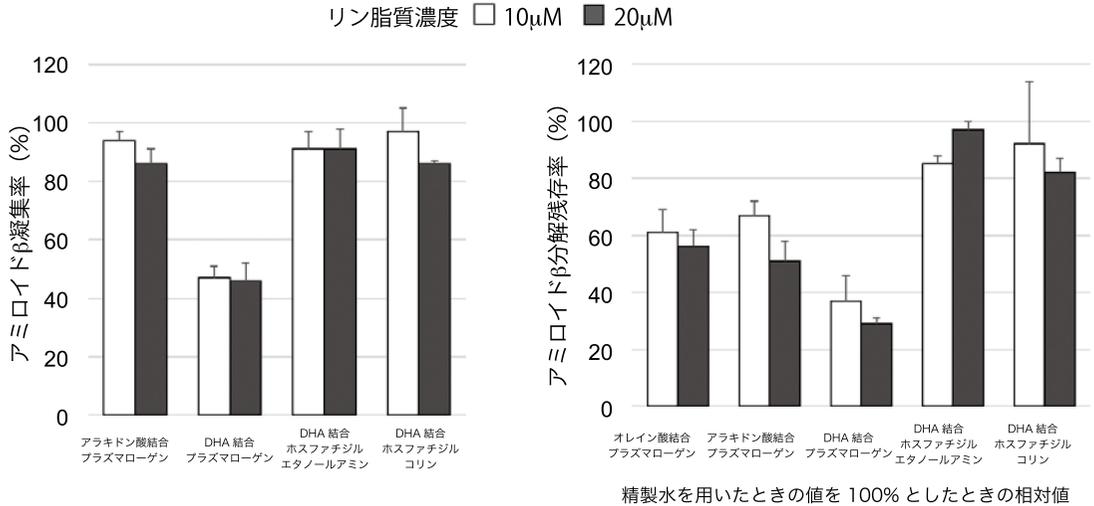
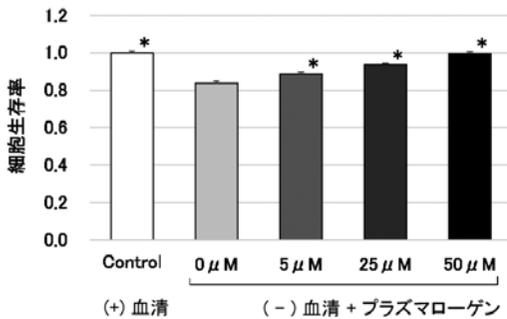
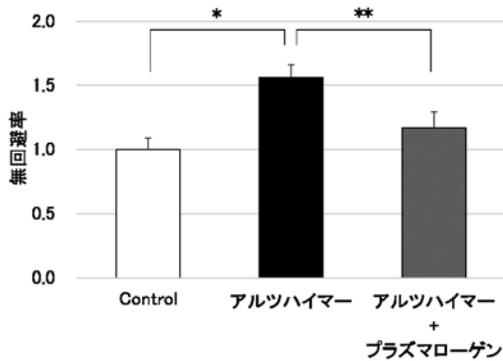


図4 プラズマローゲンのアミロイド $\beta$ タンパク凝集・分解残存率



Control (血清存在下で培養) を 1 としたときの相対値 (\* $p$ <0.01)

図5 プラズマローゲンのアポトーシス抑制効果



Control を 1 としたときの相対値 (\* $p$ <0.05 vs Control, \*\* $p$ <0.05 vs Alzheimer)

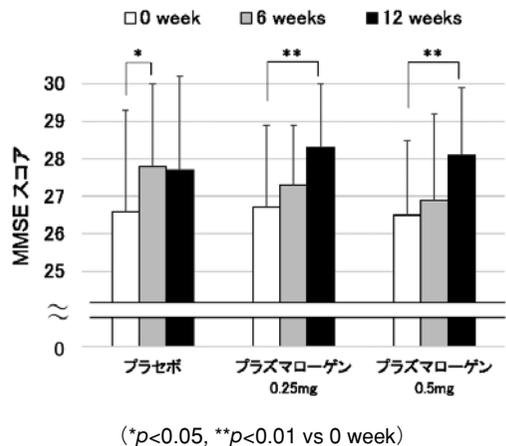
図6 アルツハイマーモデル動物の電流回避率

ズマローゲンの用量依存的な抑制効果を報告している<sup>12)</sup> (図5)。

さらに、宮澤らは、アルツハイマー型認知症モデルラットを用いて、シャトルアボイダンス法による電流回避行動を測定することにより学習・記憶能力を評価した (図6)。プラズマローゲン経口投与により無回避率が減少し、学習機能の低下を緩和したことが推察されている<sup>13)</sup>。

#### 4. 臨床試験の進行状況

プラズマローゲンの機能性を評価したヒト臨床試験は複数行われている。



(\* $p$ <0.05, \*\* $p$ <0.01 vs 0 week)

図7 プラズマローゲンによる臨床試験結果

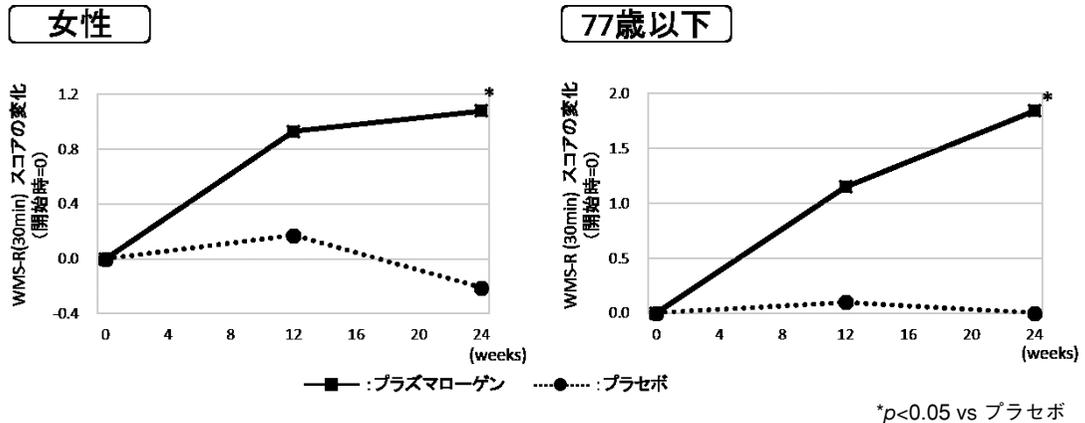


図 8. ホタテ由来プラズマローゲンによる臨床試験結果

Najima らは、プラズマローゲン含有ソフトカプセル（プラズマローゲンとして 0.25 または 0.5mg/日）を、認知機能障害の愁訴はあるが疾患と診断されない健常日本人ボランティアが 12 週間摂取したところ、認知機能テスト（MMSE）スコアが改善したことを報告している<sup>14)</sup>（図 7）。

Fujino らは、ホタテ由来プラズマローゲン含有ゼリー（プラズマローゲンとして 1mg/日）を、MMSE-J スコア 20 - 23 の軽度アルツハイマー型認知症患者が 24 週間摂取したところ、女性または 77 歳以下で記憶機能の評価尺度である WMS-R スコアが改善したことを報告している<sup>15)</sup>（図 8）。

ホヤ由来プラズマローゲンの臨床試験は報告されていないが、当社では、健常人を対象とした臨床試験を計画しており、2018 年には機能性表示食品としての届出を行うことを目標としている。

## 5. ホヤと東北支援

ホヤは原索動物の一種で、わが国では宮城県三陸沖を中心に養殖されている（写真 1）。ホヤは病気や気候変動にも強く、養殖が盛んに行われているため、安定供給が可能であると言われている。2011 年の東日本大震災で三陸の養殖業は大打撃を受け、ホヤは出荷できない状況が続いていたが、ようやく 2014 年から水揚げ

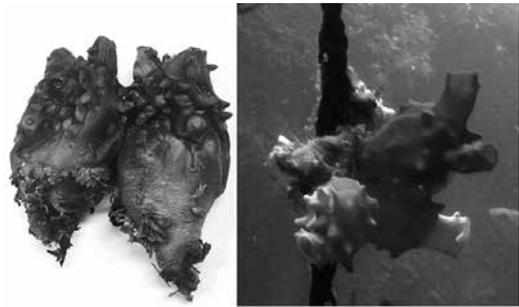


写真 1 ホヤの外観

が復活し、2015 年には宮城県の水揚げ量は全国シェア 60% の 4,900t にのぼった<sup>16)</sup>。三陸沖で養殖される海産物であるため、放射能による汚染を心配する声もあるが、原料であるホヤの分析結果は宮城県漁協のホームページで公開されており、放射性ヨウ素および放射性セシウムは国の基準値である 100Bq/kg の 1/10 を定量下限値に設定して管理されている。また、抽出・精製工程を経て製造されるホヤ由来プラズマローゲンオイルにおいて、放射性ヨウ素および放射性セシウムは現在まで検出されていない。

## 6. ホヤ由来プラズマローゲンの製造

プラズマローゲンは魚介類、哺乳類などに含有されている。図 9 にホヤ、鶏、ホタテの脂肪酸含量を示す。ホヤは必須脂肪酸である EPA および DHA の含有割合が高く、プラズマローゲン含有量も多いため、原料として適している。

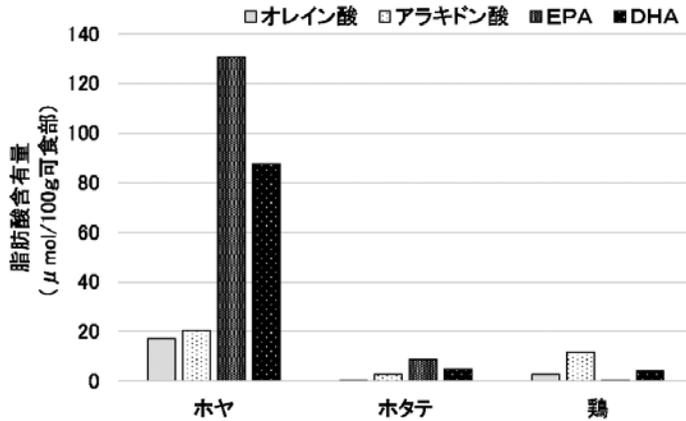


図9. ホヤ、ホタテ、鶏の脂肪酸含量

当社が開発した本製品は、プラズマローゲンを1%以上含有する褐色から黒色のオイル状の液体で、独自製法により温度や酸素からプラズマローゲンを保護しながら製造を行っている。

## 7. ホヤ由来プラズマローゲンオイルの酸安定性

プラズマローゲンは酸性条件で安定性が低いことが知られている。経口投与後のホヤ由来プラズマローゲンオイルの酸安定性を評価することを目的として検討を行った。ホヤ由来プラズマローゲンオイルを水、日本薬局方溶出試験第1液 (pH1.2)、溶出試験第2液 (pH6.8) へ添加し、120分後の残存率を評価した。水での残存量を100%としたときのプラズマローゲン残存率は、溶出試験第1液で28%、溶出試験第2液で75%であった。プラズマローゲンは様々な食品に含まれているが、食品の形態で摂取したもののうち、多くは胃で分解されてしまうことが予想される。

## 8. E-カプセルクリア

プラズマローゲンの胃酸による分解を抑制するためには、腸で溶出する製剤に加工することが有効である。従来は、カプセル等に充てんした後に腸溶性コーティング処理が行われていたが、当社ではコーティング処理を行うことなく腸溶性を付与できる、E-カプセルクリアとい

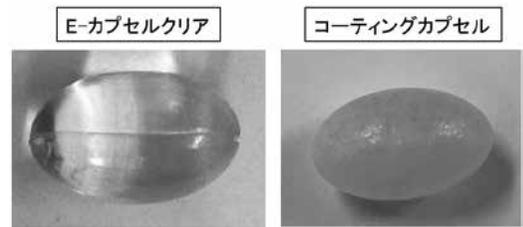


写真2 E-カプセルクリアとコーティングカプセル

う技術を開発した。E-カプセルクリアはコーティングを行わずに腸溶性を付与することができるため、加工費用を抑えることができる。さらに、カプセル表面の光沢が失われないため、外観を損ねることも無い(写真2)。

## おわりに

近年、脳機能活性化および認知症予防の市場は拡大傾向にあるが、新しい素材は少ない。プラズマローゲンが体内に存在することは以前から知られていたが、その機能性に関する研究は始まったばかりである。古くて新しく、安全性が高い素材として、プラズマローゲンの注目度は高まっている。

プラズマローゲンは加齢またはアルツハイマー型認知症で減少するが、補給することにより、認知症を予防することが期待される。経口摂取したプラズマローゲンの一部は胃で分解されるが、E-カプセルクリアにより、腸まで届けることができる。ホヤ由来のプラズマローゲ

ンには EPA および DHA が多く含まれ、他の原料由来のプラズマローゲンと比較して認知症予防効果が高いことが期待される。

本原料のプロモーションをホヤの産地である

宮城県を始めとする東北の自治体や、研究機関と共同で行っていく予定であり、ホヤ由来プラズマローゲンオイルを通して東北地方の復興にも協力したいと考える。

## 参考文献

1. 戦略企画：健康関連食品の現状と将来展望 2015-2017, 2016.
2. 宮澤陽夫：ほや（海鞘）プラズマローゲンによる認知症予防への取り組み，日本水産学会誌 **75**(2)：309-311, 2009.
3. Yamashita S, Kanno S, Honjo A, *et al.*: Analysis of plasmalogen species in foodstuffs., *Lipids* **51**(2)：199-210, 2016.
4. Maeba R, Maeda T, Kinoshita M, *et al.*: Plasmalogens in human serum positively correlate with high-density lipoprotein and decrease with aging., *J Atheroscler Thromb.* **14**(1)：12-18, 2007.
5. Ginsberg L, Rafique S, Xuereb JH., *et al.*: Disease and anatomic specificity of ethanolamine plasmalogen deficiency in Alzheimer's disease brain., *Brain Res.* **698**(1-2)：223-226, 1995.
6. Guan Z, Wang Y, Cairns NJ, *et al.*: Decrease and structural modifications of phosphatidylethanolamine plasmalogen in the brain with Alzheimer disease., *J Neuropathol Exp Neurol.*, **58**(7), 740-747, 1999.
7. 内閣府：平成 28 年版高齢社会白書
8. 二宮利治：日本における認知症の高齢者人口の将来推計に関する研究 平成 26 年度 総括・分担研究報告書, 2015.
9. ファイザー株式会社：高齢者の「健康寿命と予防」に関する意識調査，[http://www.pfizer.co.jp/pfizer/company/press/2014/2014\\_12\\_16.html](http://www.pfizer.co.jp/pfizer/company/press/2014/2014_12_16.html)
10. Alzheimer's Disease International: World Alzheimer Report 2009.
11. WO2008/093709 アミロイド蛋白質の凝集抑制および分解促進によりアミロイドーシスと関連する疾患を予防または治療するための組成物
12. Yamashita S, Kanno S, Nakagawa K, *et al.*: Extrinsic plasmalogens suppress neuronal apoptosis in mouse neuroblastoma Neuro-2A cells : importance of plasmalogen molecular species., *RSC Adv.* **5**：61012-61020, 2015
13. 特開 2004-26803 神経細胞死予防剤
14. Najima M, Munekata M, Nakano T, *et al.*: Improvement in cognitive function by supplement contained plasmalogen for healthy Japanese –a randomized, double-blind, placebo-controlled study-, *診療と新薬* **53**(12)：1125-1135, 2016.
15. Fujino T, Yamada T, Asada T, *et al.*: Efficacy and blood plasmalogen changes by oral administration of plasmalogen in patients with mild Alzheimer's disease and mild cognitive impairment : a multicenter, randomized, double-blind, placebo-controlled trial., *EBio Medicine* **17**：199-205, 2017.
16. 農林水産省：平成 27 年漁業・養殖業生産統計

# ヒメマス飼料への魚油添加効果

酒本 秀一 (SAKAMOTO Shuichi) 佐藤 達朗 (SATO Tatsuro)<sup>1</sup>

<sup>1</sup> (元) 中禅寺湖漁業協同組合

Key Words : ヒメマス 養成魚 天然魚 発眼率 魚油添加飼料 成長 臓器体重比 精巢 卵巣 卵 一般成分 脂質クラス 脂肪酸組成

前報<sup>1)</sup>で中禅寺湖産天然親魚と中禅寺湖漁業協同組合(以下、漁協と略記)で油無添加飼料を与えて飼育した養成親魚を用いて種苗生産を行うと、養成親魚の受精卵で発眼率が低いことを説明した。その原因として飼料中の脂質や色素量の不足による魚体の蓄積脂質、必須脂肪酸、色素量等の不足が疑われた。また、油無添加飼料で飼育したヒメマスを試食すると中禅寺湖で甲殻類を中心とする天然餌料を食べて育った天然魚に比べて味にコクが無く、バサバサしている事も分かった<sup>2)</sup>。

これらの問題点は飼料に油や色素を添加することによってある程度解決出来る可能性が有ると考え、脂質の量的、質的改善と味の改善を目的とし、飼料への油添加効果を調べた。試験は3回行い、試験-1で飼料に添加すべき油の種類、試験-2で添加すべき油の量、試験-3で油添加飼料を長期間与えて成熟させた養成親魚と中禅寺湖産天然親魚の体成分組成を比較した。

## 試験 -1

### 1. 方法

#### 1-1. 供試油と飼料

ヒメマス用飼料に添加すべき油を決める為、リノール酸(18:2n6)が大部分を占め、炭素数20以上のn3系高度不飽和脂肪酸(n3HUFA)

を含まない大豆油と、n3HUFAに富む魚油を供試した。大豆油は市販の大豆白絞油、魚油はイワシ油とタラ油の等量混合油を用いた。なお、大豆油の外観はうすい黄色、魚油は赤味掛った褐色であった。

両油の脂肪酸組成を表1に示す。

表1 供試油の脂肪酸組成

供試油	大豆油	魚油
14:0 (%)		5.8
16:0	10.3	12.9
1n7	0.1	6.7
18:0	3.8	2.3
1n9	24.3	10.7
1n7		4.1
2n6	52.7	1.1
3n3	7.9	0.8
4n3		4.8
20:0	0.3	2.6
1	0.1	2.6
4n3		0.6
5n3		14.4
22:0	0.4	0.8
1		5.8
5n3		1.8
6n3		9.4
Σn3	7.9	31.8
Σn6	52.7	1.1
Σn3/Σn6	0.15	28.9
Σn3HUFA		26.2
Σ飽和酸	14.8	24.4
Σモノエン酸	24.5	29.9

魚油：イワシ油50%＋タラ油50%

表2 飼料の分析値

試験区	大豆油区	魚油区
水分 (%)	8.5	8.5
タンパク質	42.4	42.9
脂質	14.2	14.8
灰分	8.9	9.0
炭水化物	20.3	22.3
14:0 (%)	1.3	3.8
16:0	15.3	16.6
1n7	1.4	5.0
18:0	4.5	4.1
1n9	22.6	17.5
1n7	1.8	3.2
2n6	35.7	9.5
3n3	4.3	1.2
4n3	0.3	1.5
20:1	1.1	4.6
5n3	1.9	8.9
22:1	0.6	3.4
5n3	0.3	1.4
6n3	4.0	9.1
Σn3	10.8	22.1
Σn6	35.7	9.5
Σn3/Σn6	0.30	2.33
Σn3HUFA	6.2	19.4
Σ 飽和酸	21.1	24.5
Σ モノエン酸	27.5	33.7

魚粉、大豆油粕、小麦粉、米糠、ビタミン・ミネラル混合、微量のカンタキサンチンより成るハードペレット飼料<sup>3)</sup>に外割で5%大豆油あるいは魚油を添加して混合し、しばらく放置して十分に油を吸着させた。両飼料の分析値を表2に示す。両飼料で一般成分（水分、タンパク質、脂質、灰分、炭水化物）に殆ど違いは無かったが、脂肪酸組成は添加油の脂肪酸組成を反映し、大豆油区はn3系脂肪酸が少なく、n6系脂肪酸が多かった。n6系脂肪酸の大部分は18:2n6であった。大豆油区の飼料にもEPA(20:5n3)やDHA(22:6n3)等のn3HUFAが含まれるのは飼料原料中の魚粉に含まれる油による。魚油区はn3系脂肪酸が多く、n6系脂肪酸は少なかった。従ってn3系脂肪酸とn6系脂肪酸の比(Σn3/Σn6)は魚油区が高かった。

### 1-2. 供試魚と飼育試験

漁協において油無添加飼料で飼育していた平均体重約200gのヒメマス2才魚を用いた。2

月5日から3月18日の1カ月余両飼料を与えて飼育した。飼育池は漁協においてヒメマスやニジマスの養殖に使用している屋外の角型コンクリート池で、飼育環境や管理法は従来通りであった<sup>1)</sup>。

### 1-3. 魚体測定と成分分析

試験開始時と終了時に両区から10尾ずつサンプリングし、魚体測定と背肉、肝臓及び血漿成分の分析を行った。また、これとは別に6尾ずつ取上げて全魚体の分析に供した。

魚の処理手順、分析項目、分析法等は前報<sup>1)</sup>と同じであった。

## 2. 結果

### 2-1. 飼育成績

表3に飼育成績を示す。生残率は両区共95%以上で問題無く、飼料効率(増重量×100/給餌量)とタンパク質効率(増重量×100/給与タンパク質量)は魚油区の方が高かった。大豆油区の飼料効率75.6%は油無添加飼料で飼育した場合に得られる値よりやや高い程度であった。飼育成績から判断するとヒメマス用飼料に添加する油は魚油の方が適している。なお、両区で給餌量が違っているのは飼育途中で漁協組合員から出荷の要請があったので3月10日に大豆油区の魚を減らした為で、飼育期間中の魚1尾当り給餌量は両区同じであった。

表3 飼育成績

試験区	大豆油区	魚油区
生残率 (%)	98.9	97.7
総重量 (kg)		
開始時	160	200
終了時	191	252
増重量 (kg)	31	52
給餌量 (kg)	41	57
飼料効率 (%)	75.6	91.2
タンパク質効率 (%)	178.2	212.2

### 2-2. 魚体測定

表4に魚体測定の結果を示す。大豆油区の魚は魚油区の魚より明らかに白っぽく、飼育期間中に褪色した感じであった。肥満度(体重×

表4 魚体測定

	開始時	終了時	
		大豆油区	魚油区
外観	正常	白っぽい	正常
体重 (g)	190	264	319
尾叉長 (cm)	25.3	28.7	29.5
肥満度	1.17	1.12	1.24
臓器体重比 (%)			
内臓全体	7.97	6.82	9.42
肝臓	1.15	1.11	1.38
DL*	1.85	1.56	1.78
脾臓	0.12	0.09	0.11
精巢	0.08	0.14	0.16
卵巣	0.57	0.66	0.58

\* : 腹腔内脂肪蓄積組織

100/尾叉長<sup>3)</sup>および心臓と腎臓を除く内臓全体、肝臓、腹腔内脂肪蓄積組織 (DL) 等の体重比は魚油区の方が大きかった。生殖腺体重比は雌雄共両区間で差が無く、上記の違いは魚油区の内臓に脂質が多く蓄積していたのが原因と判断出来る。大豆油区の魚は試験開始時より肥満度と臓器体重比が小さくなっており、飼育期間中に痩せて蓄積脂質が減少していた事が分かる。

### 2-3. 一般成分

全魚体、背肉、肝臓および卵巣の一般成分を表5に示す。精巢は小さくて量が少なかった

表5 全魚体、背肉、肝臓、卵巣の一般成分

	開始時	終了時	
		大豆油区	魚油区
全魚体			
水分 (%)	71.2	71.0	70.2
タンパク質	18.7	18.5	18.9
脂質	8.0	8.4	9.0
灰分	2.1	2.3	2.3
背肉			
水分 (%)	73.8	74.1	73.8
タンパク質	23.3	23.1	22.7
脂質	1.3	1.1	1.5
灰分	1.7	1.8	1.7
肝臓			
水分 (%)	74.6	75.6	75.4
タンパク質	16.3	16.6	15.3
脂質	4.7	4.6	4.6
灰分	1.6	1.6	1.5
卵巣			
水分 (%)	72.8	67.1	70.6
脂質	14.1	20.2	17.3

ので分析出来なかった。また、卵巣も4成分全てを分析するには量が不足していたので、水分と脂質のみ分析した。全魚体では両区共試験開始時から水分は僅かに減少、脂質と灰分は増加傾向であった。終了時の値を比較すると魚油区の水分が少なく、脂質が多かった。背肉は魚油区の脂質が多く、水分とタンパク質は大豆油区がやや多かった。大豆油区の脂質は開始時より少なくなっていた。肝臓では大豆油区のタンパク質が魚油区より多かった以外に殆ど違いは認められなかった。魚においても肝臓には可也の量のグリコーゲンが含まれ、栄養状態が良い程度が多い事が知られている。タンパク質含量の違いは魚油区のグリコーゲン含量が多かった事によるのかも知れない。

卵巣の水分と脂質は供試油の違いに関係無く、卵巣体重比との関係が強く、卵巣体重比が大きくなるに従って水分は減少し、脂質は増加していた。卵巣体重比 (x) と水分含量 (y) の間には  $y=1222.2x^2-1505.6x+532.27$ 、脂質 (y) との間には  $y=-1194.4x^2+1473.6x-443.88$  の近似式が得られた。また、水分 (x) と脂質 (y) の間には  $y=-0.9286x+74.21$ 、相関係数  $R^2=0.953$  の強い負の相関が存在した。供試油の種類が違って飼料成分が略同じであれば卵巣の水分と脂質含量は卵巣体重比の変化によって動き、変動の主因は脂質である事が分かる。

### 2-4. 脂肪酸組成

表6に背肉の脂肪酸組成を示す。魚油区のn3系脂肪酸の占める割合 ( $\Sigma n3$ ) が高く、n6系 ( $\Sigma n6$ ) は低かった。従って  $\Sigma n3/\Sigma n6$  比も魚油区の方が高かった。魚油区の  $\Sigma n3$  と  $\Sigma n3HUFA$  が高かったのは主としてEPAやDHAによっており、大豆油区の  $\Sigma n6$  が高かったのは18:2n6によっていた。試験終了時には魚油区の  $\Sigma n3$  と  $\Sigma n3HUFA$  は開始時より高くなり、大豆油区では低くなっていた。  $\Sigma n6$  は魚油区で変化無く、大豆油区は増加していた。  $\Sigma$  飽和酸は両区で殆ど差が無く、  $\Sigma$  モノエン酸は大豆油区が高かった。

魚体の脂肪酸組成が飼料の脂肪酸組成の影響

表6 背肉の脂肪酸組成

	開始時	終了時	
		大豆油区	魚油区
14:0 (%)	1.3	1.2	1.4
16:0	20.4	20.3	21.3
1n7	2.2	2.0	2.0
18:0	5.6	5.6	5.3
1n9	23.5	23.0	18.8
1n7	1.9	2.1	2.1
2n6	8.6	10.8	8.0
3n3	0.6	0.8	0.6
20:1	1.0	1.0	1.0
4n6	1.4	1.5	1.6
5n3	3.3	2.8	4.3
22:5n3	1.1	0.8	1.1
6n3	22.2	20.0	24.6
Σn3	28.4	25.5	31.9
Σn6	11.9	14.7	11.5
Σn3/Σn6	2.39	1.73	2.77
Σn3HUFA	27.5	24.3	30.9
Σn飽和酸	27.3	27.1	28.0
Σモノエン酸	28.6	28.1	23.9

を強く受けることはよく知られている。モノエン酸以外は略この通りになっていた。飼料のモノエン酸が占める割合は魚油区が高かったが、背肉のモノエン酸は大豆油区が高かった。これは飼料のn7系脂肪酸(16:1n7, 18:1n7)は魚油区で高かったが、背肉では両区に差が無かった事による。

## 2-5. 血漿成分

表7に血漿成分の分析結果を示す。総タンパク質(TP)と総コレステロール(T.Cho)含量は両区間で差が無く、トリグリセライド(TG)含量とアルカリ性フォスファターゼ(ALP)活性は魚油区の方が高かった。飼料に添加する油が同じで、しかも飼料の脂質含量が同じであれば、飼料を多く食べて成長が良い個体のTG含量とALP活性が高い傾向が認

表7 血漿成分

	開始時	終了時	
		大豆油区	魚油区
TP (g/dL)	4.0	5.0	4.8
Glu (mg/dL)	63	111	87
TG (mg/dL)	404	431	678
T.Cho (mg/dL)	190	205	200
ALP (K-A.U)	3.6	3.9	5.5

められる事はこれまでのニジマスの試験で明らかである。グルコース(Glu)含量は大豆油区の方が高かったが、Gluは採血前の魚の取扱い他多くの要因で大きく変化することが知られている。両区共正常値より可也高い値だったので、この差は飼料以外の要因が関与していた可能性が高いと推測する。

TPとT.Cho含量に両区で違いが無かった事から、大豆油区でも未だ問題になる程の栄養的な欠陥は表れていなかったと判断出来る。飼育期間が約1カ月と短かった為であろう。

## 3. 要約

魚の成長、飼料の効率、魚体の蓄積脂質量と脂肪酸組成および血漿成分等からヒメマス用飼料に添加する油はn3系脂肪酸、特にn3HUFAを多く含む魚油が適していると判断した。

## 試験-2

試験-1でヒメマス用飼料に添加する油は魚油が適している事を明らかにした。本試験では飼料に添加すべき量を検討した。

## 1. 方法

### 1-1. 供試魚

大型魚を用いた長期間の試験で、しかも魚油の添加量を変えた数種類の飼料を用いて現場で飼育試験を行うことは物理的にも経費的にも不可能に近い。よって受精卵から孵化して摂餌を開始する時期の稚魚を用いて試験する事にした。稚魚と成魚で飼料に添加すべき油の量が同じで良いか否かは不明であるが、参考にはなると考えた。

### 1-2. 試験飼料

ハードペレットクランブル<sup>3)</sup>である市販の餌付け用飼料を基本飼料として用いた。魚油の添加量は外割で0, 2.5, 5, 7.5および10%の5段階とした。基本飼料に必要な量の魚油を添加して十分に混合し、暫く放置して均等に吸着させた。表8に各飼料の一般成分を示す。魚油

表8 飼料の一般成分

油添加量 (%)	0	2.5	5	7.5	10
水分 (%)	9.0	8.8	8.5	8.4	8.3
タンパク質	52.0	50.6	49.2	48.0	47.0
脂質	7.7	10.0	12.0	14.1	15.7
灰分	12.6	12.2	12.0	11.6	11.4
炭水化物	17.6	17.4	18.2	17.6	16.1

表9 飼育終了時の魚体測定

油添加量 (%)	体重 (g)	尾叉長 (cm)	肥満度
0	3.2	7.1	0.89
2.5	5.0	8.2	0.91
5	4.9	8.1	0.92
7.5	4.5	7.9	0.91
10	4.9	8.0	0.96

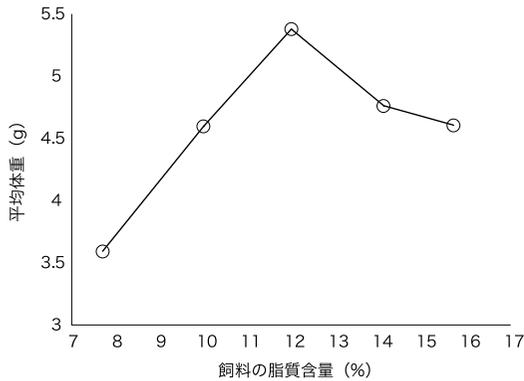


図1 飼料の脂質含量と成長

の添加量が多くなるに従って脂質が多くなり、  
 その他成分は少なくなっていた。何れの飼料も  
 略理論値通りの脂質含量を示したので、魚油は  
 正しく飼料に吸着されていたといえる。

### 1-3. 飼育試験

漁協の室内稚魚飼育池5面を用いて餌付け時  
 から中禅寺湖に放流する直前の6月14日まで  
 飼育を継続した。飼育管理は漁協の従来通りの  
 方法で行った。

### 1-4. 魚体測定と分析

6月14日に各試験池から分析に必要な量の  
 魚約500g(尾数で105から156尾)をタモ網  
 で取上げてFA100で麻酔し、タオル上で水を  
 切った。区毎に全体の重さを測定してから尾  
 数を調べ、平均体重を求めた。各区共その  
 中から30尾ずつ無作為に取り出し、個別別  
 に体重と尾叉長を測定して肥満度を求めた。  
 測定に供した30尾も残りの魚と一緒にして  
 区別に凍結し、全魚体の一般成分、脂質ク  
 ラス、脂肪酸組成の分析に供した。

## 2. 結果

### 2-1. 飼育成績と魚体測定

図1に各区の平均体重を示す。魚油添加量  
 が5%まで体重は直線的に増加し、それ以上  
 になると減少していた。成長から判断するとヒメ  
 マス用飼料の至適魚油添加量は5%で、その時  
 の飼料の脂質含量は12.0%であった。

表9に魚体測定の結果を示す。肥満度は魚  
 油無添加区で低く、2.5~7.5%区で差は認め  
 られなかったが、10%になると高くなって  
 いたと推測出来る。

### 2-2. 一般成分

表10に一般成分を示す。魚油添加量が増え  
 るに従って水分は減少し、脂質が増加して  
 いた。タンパク質と灰分は魚油添加量との間に一定  
 の傾向は認められなかった。

飼料の脂質含量(x)と全魚体の脂質含量(y)の  
 間には、 $y=0.6115x-0.1168$ ,  $R^2=0.9551$ の強い正  
 の相関が認められた(図2)。魚体の脂質含量  
 は飼料の脂質含量によって決められている。同  
 様に水分含量(x)との間には $y=-0.5155x+82.555$ ,  
 $R^2=0.9396$ の負の相関が有った。魚体の水分含  
 量(x)と脂質含量(y)の間には $y=-1.1611x+95.895$ ,  
 $R^2=0.97$ , 乾物換算した脂質含量(x)とタンパク

表10 全魚体の一般成分

油添加量 (%)	0	2.5	5	7.5	10
水分 (%)	79.0	76.7	76.5	75.4	74.5
タンパク質	14.6	15.1	14.4	14.7	14.5
脂質	4.1	6.5	7.6	8.3	9.3
灰分	1.9	2.0	1.9	1.9	2.0
タンパク質(%乾物)	69.5	64.8	61.3	59.8	56.9
脂質	19.5	27.9	32.3	33.7	36.5
灰分	9.0	8.6	8.1	7.7	7.8

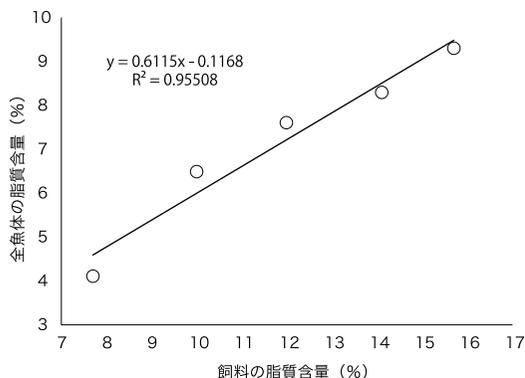


図2 飼料の脂質含量と全魚体の脂質含量

質含量 (y) の間には  $y = -0.7248x + 84.19$ ,  $R^2 = 0.9791$ , 脂質 (x) と灰分 (y) の間には  $y = -0.0791x + 10.612$ ,  $R^2 = 0.9084$  の負の相関が存在していた。

魚体の脂質含量は飼料の脂質含量によって決まり、魚体では脂質含量が水分、タンパク質、灰分の量を決めている事が分かる。魚体成分の変動は脂質量の変化によって起こり、水分、タンパク質および灰分は脂質の変化によって相対的に変動しているといえる。

### 2-3. 脂質クラス

脂質クラスを表 11 に示す。魚油添加量が増えるに従って魚体の NL (中性脂質) が占める割合が増え、PL (極性脂質) は減っていた。中性脂質の主体は TG (トリグリセライド) で、その他に SE (ステリールエステル) や FFA (遊離脂肪酸), DG+FS (ディグリセライド+遊離ステロール) 等も存在していた。

飼料の脂質含量と魚体の NL が占める割合の関係を図 3 に示す。飼料の脂質含量が 11% まで魚体の NL が占める割合は急角度で高くなり、それ以上になると傾きが小さくなって増加していた。

NL の占める割合を x, TG の占める割合を y とすると、両者の間には  $y = 2.1901x - 121.41$ ,  $R^2 = 0.9688$  の強い正の相関が認められた。魚体の脂質含量は飼料の脂質含量によって決められ、魚体脂質の主体は蓄積脂質である NL であり、NL の量は TG によって決められている。

PL で最も多いのは PC (フォスファチジル

表 11 脂質クラス

油添加量 (%)	0	2.5	5	7.5	10
NL (%)	89.8	95.3	96.4	96.9	97.4
PL	10.2	4.7	3.6	3.1	2.6
NL (%)					
SE	5.9	2.0	4.2	2.3	2.3
TG	74.9	89.1	88.4	91.4	91.2
FFA	3.0	1.7	1.7	1.5	2.0
DG+FS	6.0	2.5	2.0	1.7	2.1
PL (%)					
PEA	2.1	0.9	0.5	0.5	0.5
PS		0.2	0.1	0.1	
PC	7.1	3.2	2.3	2.2	1.8
SM+LPC	0.9	0.4	0.7	0.4	0.5

NL: 中性脂質, PL: 極性脂質, SE: ステリールエステル, TG: トリグリセライド, FFA: 遊離脂肪酸, DG: ディグリセライド, FS: 遊離ステロール, PEA: フォスファチジルエタノールアミン, PS: *p*-セリン, PC: *p*-コリン, SM: スフィンゴメリン, LPC: リゾ-*p*-コリン

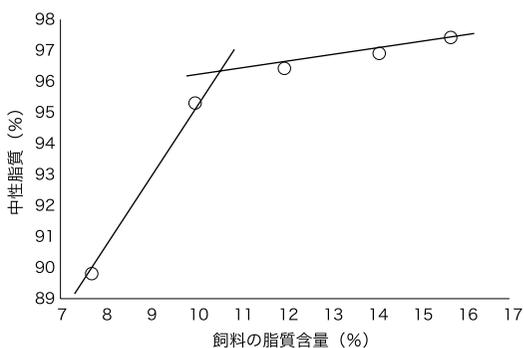


図3 飼料の脂質含量と全魚体の脂質で中性脂質が占める割合

コリン) で, PEA (フォスファチジルエタノールアミン) がそれに次ぎ, PS (フォスファチジルセリン) と SM+LPC (スフィンゴメリン+リゾフォスファチジルコリン) は少なかった。

脂質クラスの分析値から飼料の至適魚油添加量を決める事は出来なかったが、少なくとも飼料の脂質含量が 11%, 魚油添加量で約 4% 以上は必要であると推測する。

なお、脂質クラスと脂肪酸の分析用にクロロホルム:メタノール=2:1 混液で抽出した脂質の色は使用した魚油の色を反映し、添加量が多くなるに従って薄い黄色から赤味掛った褐色にまで変化していた。

表 12 脂肪酸組成

油添加量 (%)	0	2.5	5	7.5	10
14:0 (%)	2.4	3.2	3.3	3.2	3.9
16:0	18.9	19.0	17.0	15.7	17.3
1n7	3.5	4.4	4.4	4.5	5.2
18:0	5.7	5.4	4.9	4.7	4.7
1n9	23.3	22.8	20.9	19.9	20.0
2n6	10.9	9.3	8.3	8.0	7.5
3n3	0.7	0.7	0.8	0.8	0.7
4n3	0.7	0.8	1.0	1.2	1.3
20:0	1.0	1.3	1.7	2.1	2.2
2n6	0.5	0.3	0.2	0.3	0.2
4n6	0.9	0.8	0.8	0.9	0.9
5n3	3.6	4.6	5.6	6.7	6.8
22:1	0.9	1.3	1.9	2.5	2.4
5n3	1.3	1.6	2.0	2.3	2.2
6n3	17.4	15.2	15.8	16.7	14.5
Σn3	23.7	22.9	25.2	27.7	25.5
Σn6	12.3	10.4	9.3	9.2	8.6
Σn3/Σn6	1.93	2.20	2.71	3.01	2.97
Σn3HUFA	22.3	21.4	23.4	25.7	23.5
Σn 飽和酸	28.0	28.9	26.9	25.7	28.1
Σモノエン酸	27.7	28.5	27.2	26.9	27.6

## 2-4. 脂肪酸組成

表 12 に脂肪酸組成を示す。魚油添加量が増えるに従って n3 系脂肪酸が増え、n6 系脂肪酸は減少する傾向が認められた。従って  $\Sigma n3/\Sigma n6$  比も魚油添加量に従って高くなり、7.5% で最高値を示し、それ以上になるとやや低くなった (図 4)。n3HUFA も同様であった。

サケ・マス類の必須脂肪酸はアラキドン酸 (20:4n6) や EPA, DHA 等の n3HUFA で、特に DHA が重要とされている。表 12 の値は各脂肪酸の組成比であり、魚体に存在している量ではない。大雑把な存在量は各脂肪酸の組成比に脂質含量を乗じて求めれば良い。この様にして求めたアラキドン酸の量は魚油添加量が 10% でもまだ直線的に増加していた (図 5) が、n3HUFA (図 6) や DHA は添加量が 7.5% まで直線的に増加して略一定の値に達していた。

## 3. 要約

魚の成長、魚体の脂肪酸組成、魚体の脂質含量×各脂肪酸の組成比等の結果から、ヒメマス用飼料の魚油添加量は 5～7.5% が適切である

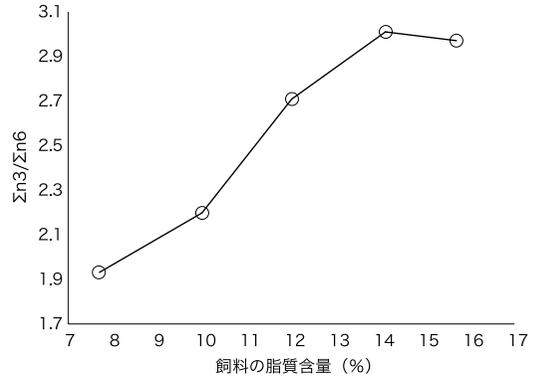
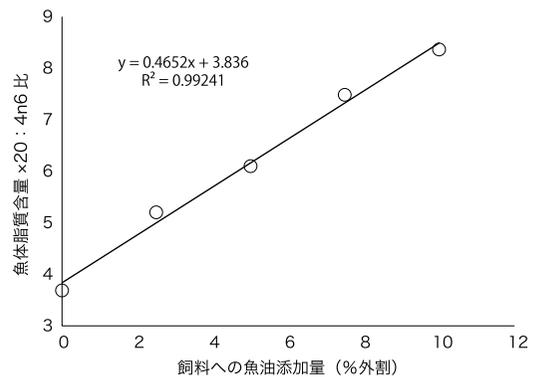
図 4 飼料の脂質含量と魚体脂質の  $\Sigma n3/\Sigma n6$ 

図 5 飼料への魚油添加量と全魚体のアラキドン酸 (20:4n6) 含量

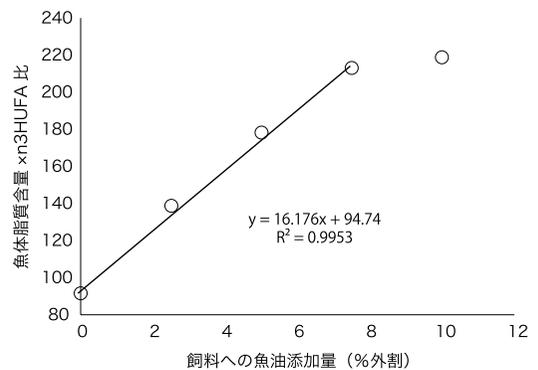


図 6 飼料への魚油添加量と全魚体の n3HUFA 含量

と判断した。但し、この添加量は基本飼料の配合組成や原料の違いによって多少変化する可能性が有ることと、稚魚と成魚で適切な添加量と同じであるか否かは未だ確認出来ていない点に注意が必要である。

## 試験 -3

試験 -1, 2 でヒメマス用飼料に魚油を添加すると飼育成績、魚体の一般成分、脂質クラス、脂肪酸組成等が改善され、天然魚の値に近づく事が分かった。また、稚魚の試験であるものの、飼料の魚油添加量が5～7.5%で良い結果が得られる事も分かった。

本試験では魚油添加飼料でヒメマス成魚を長期間飼育して成熟させ、採卵、採精を行った。その間定期的に魚をサンプリングし、魚体測定と体成分の分析を行った。その結果を油無添加飼料で飼育した従来の養殖魚や中禅寺湖産の天然魚と比較することによって、ヒメマス用飼料への魚油添加効果を調べた。

### 1. 方法

試験 -1 の魚油添加区の魚をそのまま同じ飼料で9月9日まで継続して飼育した。よって飼育期間は2月5日から9月9日までの約7カ月間になる。但し、飼料サイズは魚の成長に従って大きくしたので、飼育期間中に数度飼料を製造した。その都度一般成分と脂肪酸組成を分析したが、試験 -1 表2の値と大きな違いは無かった。

試験魚の調査は月1回としたが、8月には実施出来なかった。毎回の採取尾数は魚体測定と背肉、肝臓および生殖腺の分析用に10尾、全魚体の分析用に6尾とした。2月5日から5月13日までは雌雄分けずに分析し、それ以降生

殖腺が大きく発達したので雌雄別々に調べた。

## 2. 結果

### 2-1. 成長

図には示さないが魚油を5%添加した飼料で飼育した魚の成長は魚油無添加飼料で飼育した従来の魚の成長<sup>2)</sup>より可也早く、魚油添加によって明らかに成長が改善された。死魚数や全体の体重、給餌量等を正確に記録してなかったので数字で示すことは出来ないが、試験 -1 同様飼料の効率も可也改善されていたと推測出来る。

### 2-2. 魚体測定

魚体測定の結果を表13に示す。肥満度は生殖腺が大きくなるに従って雌雄共個体差が大きくなり、雌の値が雄より小さい傾向が認められた。内臓全体の体重比は雄で6月以降小さくなり、逆に雌は大きくなっていった。この変化には生殖腺の大きさが最も大きな影響を及ぼしていた。雌の肝臓体重比は排卵後小さくなっていったが、これは卵に栄養成分を送り込むのに必要なビテロゲンinを肝臓で合成する必要が無くなる事と関係している。排卵前の卵が急速に発達する時期に雌の肝臓体重比が大きくなるのはヒメマスに限らず他魚種でも同じである<sup>4)</sup>。

DL量は雌雄共生殖腺の発達に伴って急速に減少し、放精、排卵時には殆ど残っていなかった(図7)。雄では主としてエネルギー源、雌では卵への脂質供給源とエネルギー源として消費されてしまうのであろう。成熟初期の6月に

表13 魚体測定

	2月5日	3月18日	4月14日	5月13日	6月10日		7月15日		9月9日	
					♂	♀	♂	♀	♂	♀
体重 (g)	190	319	326	333	587	441	487	442	544	466
尾叉長 (cm)	25.3	29.5	30.3	30.4	36.8	33.7	34.8	34.5	35.3	35.2
肥満度	1.17	1.24	1.17	1.19	1.18	1.15	1.16	1.08	1.24	1.07
臓器体重比 (%)										
内臓全体	7.97	9.42	8.64	7.80	10.3	9.68	8.23	11.7	6.13	17.5
肝臓	1.15	1.38	1.34	1.35	1.13	1.68	1.03	1.55	1.59	1.24
DL	1.85	1.78	1.49	1.11	0.50	0.75	0.23	0.12	ND	ND
脾臓	0.12	0.11	0.16	0.14	0.16	0.14	0.13	0.09	0.16	0.11
精巢	0.08	0.16	0.58	2.04	4.77		4.66		2.95	
卵巣	0.57	0.58	0.79	1.35		3.46		7.31		13.9

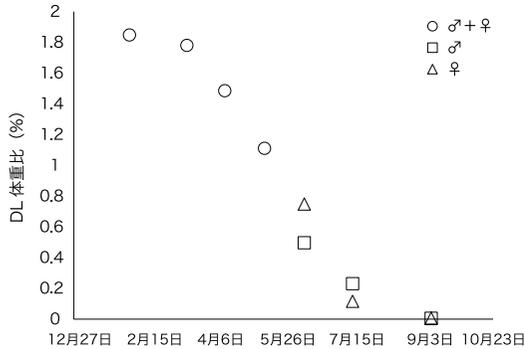


図7 DL 体重比の経時変化

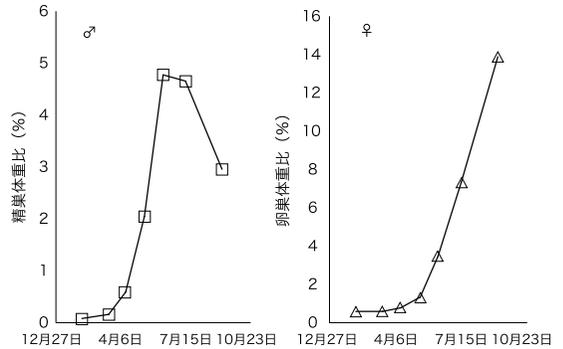


図8 生殖腺体重比の経時変化

表 14 天然魚の魚体測定

	♂	♀
体重 (g)	440	430
尾叉長 (cm)	33.1	33.2
肥満度	1.21	1.18
臓器体重比 (%)		
内臓全体	7.85	20.8
肝臓	2.00	1.09
DL	ND	ND
脾臓	0.10	0.07
精巢	3.94	
卵巣		17.6

は雄で減少割合が大きかったが、7月には殆ど差が無くなっていた。これは雄が雌より早い時期に成熟する事や、雌では成熟後期に卵へ脂質が大量に送り込まれる事と関係しているであろう。

脾臓体重比は雄の方が大きい傾向が有り、他魚種と同様であった。

生殖腺体重比の経時変化を図8に示す。精巢は放精開始前の6月、7月に最大値を示し、放精が始まると小さくなる。卵巣は排卵まで一方的に大きくなり、小さくなることは無かった。

肥満度と肝臓、脾臓、生殖腺等の体重比は魚油無添加飼料で飼育した従来の魚と大きな違いは認められなかったが、DL 体重比は魚油添加飼料で飼育した魚が明らかに大きかった。飼料に魚油を添加することによって魚体に蓄積された脂質の量が増えたといえる。

成熟直前に中禅寺湖で漁獲し、漁協の陸上池で成熟するまで短期間無給餌で蓄養していた天

然魚を9月27日に雌雄5尾ずつサンプリングして魚体測定に供した結果を表14に示す。雄は放精、雌は排卵していた。魚油添加飼料で飼育した試験魚も9月9日には放精、排卵していたので、両者を比較すると、雌雄共に天然魚の方が内臓全体と生殖腺の体重比が大きかった。油無添加飼料で飼育した従来の魚でも同じ傾向であった<sup>1)</sup>。

天然魚、試験魚共にDLは殆ど認められず、肥満度と肝臓体重比にも違いが無かったことから、試験魚の蓄積成分が多い事によって生殖腺体重比が小さかったのではない事が分かる。養殖魚と天然魚では成育環境が大きく違い、運動量も著しく違っている筈なので単純にはいえないが、配合飼料で飼育した魚は天然魚より体重に占める生殖腺の割合が小さい可能性が有る。これは親魚の体重が同じであれば天然魚の方が多くの卵を得られる事や、より大きな卵を得られる事を表しており、種苗生産にとっては重要な要因である。

### 2-3. 全魚体、背肉、肝臓の一般成分

表15に示す様に、全魚体では生殖腺が急速に大きくなる前の5月13日から雌雄共水分が増加し、脂質は減少していた。水分の増加は雄の方が急激であったが、脂質の減少は雌雄で大きな違いは認められなかった(図9)。タンパク質は放精、排卵が起こると減少するが、雄の減少が著しかった。灰分は雄が高かったが、これは灰分が増えたのではなく、他成分が減少した事によって相対的に高くなったのではないか

表 15 全魚体、背肉および肝臓の一般成分

	2月5日	3月18日	4月14日	5月13日	6月10日		7月15日		9月9日	
					♂	♀	♂	♀	♂	♀
<b>全魚体</b>										
水分 (%)	71.2	70.2		71.7		72.2	74.2	72.7	82.0	77.7
タンパク質	18.7	18.9		17.8		18.6	17.9	18.6	14.5	17.0
脂質	7.96	8.98		8.43		6.94	5.98	6.02	2.15	3.07
灰分	2.08	2.29		2.25		2.03	2.07	2.48	2.05	2.40
<b>背肉</b>										
水分 (%)	73.8	73.8	73.6	74.4	74.3	73.7	76.4	76.0	80.8	79.7
タンパク質	23.3	22.7	23.1	22.4	22.6	22.6	20.9	20.9	17.2	18.0
脂質	1.31	1.45	1.64	1.08	1.40	1.30	0.96	1.09	1.18	1.40
灰分	1.66	1.65	2.03	2.01	2.00	1.81	1.63	1.64	1.21	1.33
<b>肝臓</b>										
水分 (%)	74.6	75.4	75.4	76.4	75.5	76.2	76.8	75.6	78.9	78.9
タンパク質	16.3	15.3	16.0	16.4	15.4	17.0	15.5	18.4	13.0	16.6
脂質	4.72	4.62	4.97	4.16	3.07	3.60	2.91	3.77	3.18	3.01
灰分	1.62	1.52	1.69	1.60	1.52	1.65	1.50	1.79	1.45	1.59

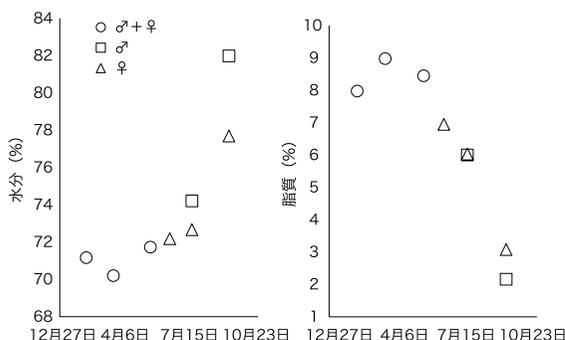


図9 全魚体の水分と脂質含量の経時変化

と推測する。

水分 (x) と脂質 (y) の間には  $y = -0.6001x + 50.583$ ,  $R^2 = 0.9224$  の負の相関, さらに乾物換算した脂質 (x) とタンパク質 (y) の間には  $y = -0.897x + 89.562$ ,  $R^2 = 0.9792$ , 灰分 (y) との間には  $y = -0.2174x + 13.668$ ,  $R^2 = 0.8632$  の負の相関が認められた。全魚体の成分変動は脂質の変化によっており, 脂質の変化によって水分, タンパク質, 灰分が変動しているのは試験-2と同じであった。

背肉も同様で, 生殖腺の発達に伴って水分が高くなっていったが雌雄差は小さく, 何れの時期においても雄の値がやや高い程度であった。タンパク質, 脂質, 灰分は生殖腺の発達に伴って次第に低くなり, 雌雄差は認められなかった。

肝臓でも水分は増加, 脂質と灰分は減少傾向

表 16 天然魚の体成分

	♂	♀
<b>全魚体</b>		
水分 (%)	77.7	75.4
タンパク質	16.3	17.7
脂質	4.34	4.93
灰分	2.91	2.24
<b>背肉</b>		
水分 (%)	79.4	78.1
タンパク質	17.2	18.1
脂質	1.69	2.03
灰分	1.33	1.41
<b>肝臓</b>		
水分 (%)	77.3	79.1
タンパク質	13.4	16.0
脂質	3.76	3.76
灰分	1.42	1.64

が認められたが, 背肉程変化が明確でなかった。雌雄共肝臓成分は最終成熟時に大きく変化していた。タンパク質と灰分は常に雌が高く, 脂質は排卵前に雌が高かったが, 排卵後は殆ど違いが無くなっていた。

天然魚の一般成分を表 16 に示す。背肉と肝臓は表 14 の魚と同じ個体で, 全魚体の分析には雌雄 3 尾ずつ別個体を供した。なお, 全魚体分析用の魚も放精, 排卵していた。全魚体の分析値を試験魚 9 月 9 日の値と比較すると, 雌雄共天然魚の水分が少なく, タンパク質と脂質が多かった。特に脂質含量の違いが大きかった。

表 17 精巢の一般成分

	試験魚					天然魚
	4月14日	5月13日	6月10日	7月15日	9月9日*	9月27日*
水分 (%)	83.1	82.5	81.3	78.4	74.9	78.9
タンパク質		15.8	17.6	21.8	28.0	23.5
脂質	1.28	0.92	0.81	0.93	1.63	2.10
灰分		2.20	2.44	4.37	4.59	4.19
タンパク質(%乾物)		90.3	94.2	101	116	111
脂質	7.59	5.26	4.33	4.30	6.49	9.94
灰分		12.6	13.1	20.2	18.3	19.8

\* : 放精

表 18 卵巣の一般成分

	試験魚								天然魚
	2月5日	3月18日	4月14日	5月13日	6月10日	7月15日	9月9日	9月9日(卵)	9月27日(卵)
水分 (%)	72.8	70.6	62.7	61.5	58.2	57.8	60.9	65.3	65.9
タンパク質			11.4	15.9	22.3	26.3	26.2	22.7	22.5
脂質	14.1	17.3	22.8	18.5	15.1	11.1	9.16	8.46	8.31
灰分				1.13	1.39	1.91	1.74	1.91	1.68
タンパク質(%乾物)			30.5	41.2	53.2	62.4	66.9	65.3	65.9
脂質	52.0	58.9	61.1	48.0	36.0	26.2	23.4	24.4	24.3
灰分				2.93	3.32	4.52	4.45	5.50	4.92

背肉と肝臓でも天然魚の脂質が著しく多かったが、水分、タンパク質、灰分は違いが小さかった。

5% 魚油添加飼料で飼育した試験魚より天然魚の方が魚体に脂質が多かった事から、飼育魚を最終成熟段階で天然魚と同じ体成分にするには、飼料に添加する魚油の量が5%では未だ不足していた可能性が有る。

#### 2-4. 生殖腺の一般成分

精巢の一般成分を表 17 に示す。一般成分の合計値が 100 を超え、乾物換算値でタンパク質含量が 100 を超える値が有るのは、窒素のタンパク質換算係数を定法通り 6.25 として計算した為である。精巢の窒素源にはタンパク質以外に核酸が相当量含まれており、タンパク質と核酸では窒素の占める割合が異なっている。

精巢の発達に従って水分は次第に減少し、タンパク質 (+ 核酸) と灰分は増加した。脂質は 6 月 10 日まで減少した後増加した。乾物換算値で脂質は 7 月 15 日に最低値を示した後放精状態になると増加していた。灰分は逆に 7 月 15 日に最高値を示してから減少した。精巢中で精子 + 精液の占める割合の変化が影響しているであろう。

試験魚の 9 月 9 日の値と天然魚の値を比較すると、湿物での水分と脂質は天然魚が高く、特に脂質が高かった。逆にタンパク質 (+ 核酸) と灰分は低く、特にタンパク質 (+ 核酸) が低かった。乾物換算値では天然魚の脂質が著しく多く、全魚体と背肉成分の値がそのまま精巢にも反映されていた。精巢の一般成分は成熟程度や放精後の経過日数によって大きく変化するので、天然魚は放精開始後の日数が試験魚より少なかった可能性が有る。放精開始からの日数が同じであれば試験魚と天然魚で精巢の一般成分に違いが無かったのかも知れない。

卵巣の一般成分を表 18 に示す。水分は卵巣の発達に伴って減少し、排卵には未だ可也間が有る 7 月 15 日に最低値を示し、排卵時にやや増加していた。また、卵巣全体と卵では卵の水分含量が高かった (図 10, 左図)。タンパク質は逆で、7 月 15 日に最大値を示し、それ以降殆ど変化していなかった。また、卵巣全体と卵との比較では、卵巣全体のタンパク質含量が高かった (図 10, 右図)。

脂質は 4 月 14 日に最高値を示した後排卵まで急激に減少していた (図 11, 左図)。但し、

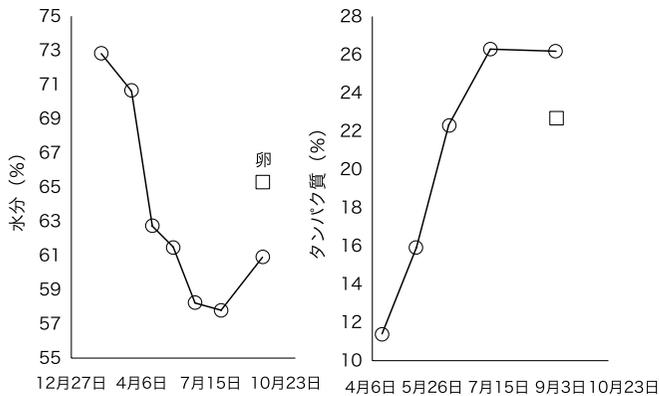


図 10 卵巣の水分とタンパク質含量の経時変化

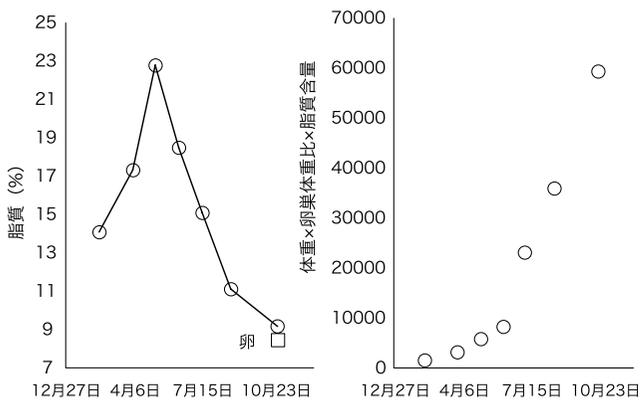


図 11 卵巣単位重量当り脂質含量と卵巣全体脂質含量の経時変化

この結果は卵巣全体に含まれる脂質量が4月14日に最大値を示し、その後減少した事を表しているのではない。卵巣全体に含まれる脂質量は体重×卵巣体重比×脂質含量で求めなければならない。こうして求めた卵巣全体に含まれる脂質量の経時変化が図11の右図である。卵巣全体の脂質量は卵巣体重比の増加、つまり卵巣の発達に従って高くなり、排卵時に最大値を示していた。卵1個当たりの脂質含量は卵の成熟に伴って次第に高くなり、排卵時に最大になることを表している。卵1個当たりの脂質含量が急激に高くなるのは5月13日以降で、最終成熟に向かって卵へ大量の脂質が送り込まれている事が分かる。なお、排卵時(9月9日)の値では、卵巣全体と卵の脂質含量に湿物、乾物共大きな違いは無かった。9月9日に未だ排卵していなかった個体も排卵直前だったのだろう。

灰分は7月15日に最大値を示した後排卵まで殆ど変化しなかった。卵巣全体と卵では卵の灰分含量が高かった。

試験魚の卵と天然魚の卵で一般成分を比較すると、水分、タンパク質および脂質含量に両者で殆ど違いは無く、灰分含量は試験魚の方が高かった。魚油を5%添加した飼料でヒメマス成魚を7カ月間飼育すると、卵の一般成分は天然魚と略同じに出来る事が分かった。

## 2-5. 生殖腺の脂質クラス

脂質クラスを表19に示す。精巣では卵巣、卵よりNLの占める割合が少なく、その原因は蓄積脂質の主体であるTGが存在しなかった事によっていた。PLの主体がPCであるのは雌雄共通であるが、精巣にはPEAが可也の割合で存在していた。一方、卵巣と卵にはNLが多く、大部分はTGであった。DG+FSも多少含まれていたが、FFAは認められなかった。PLの主体はPCであったが、PEAの占める割合は精巣より著しく少なく、SM+LPCは認められなかった。

精巣と卵の分析値を試験魚と天然魚で比較すると、何れの成分も両者で殆ど同じ値を示していた。生殖腺の脂質クラスは雌雄共に5%魚油添加飼料で飼育した魚と天然魚で違いが無いこ

表 19 生殖腺の脂質クラス

	試験魚 (9月9日)			天然魚 (9月27日)	
	精巣	卵巣	卵	精巣	卵
NL (%)	49.0	66.6	71.9	52.1	71.9
PL	51.0	33.4	28.1	47.9	28.1
NL (%)					
TG		60.7	67.3		67.0
FFA	8.4			8.8	
DG+FS	40.6	5.9	4.7	43.3	4.9
PL (%)					
PEA	18.3	1.6	1.1	17.5	1.7
PC	31.7	31.8	27.0	29.1	26.4
SM+LPC	1.1			1.3	

表 20 生殖腺の脂肪酸組成

	試験魚 (9月9日)			天然魚 (9月27日)	
	精巢	卵巣	卵	精巢	卵
14:0 (%)	1.0	1.5	1.5	2.2	2.6
16:0	21.5	13.8	13.4	17.1	11.1
1n9	0.6	1.0	0.8	1.0	1.9
1n7	1.0	3.3	3.2	3.7	7.8
18:0	4.0	4.7	4.6	3.1	3.8
1n9	13.1	23.9	24.5	8.4	10.8
1n7	4.2	3.0	2.9	3.4	2.6
2n6	6.1	9.6	9.6	4.5	5.1
3n3	0.2	0.6	0.6	5.6	8.3
4n3		0.6	0.6	1.8	3.7
20:1	0.6	0.9	1.1	1.0	
3n6	0.8	1.7	1.6	0.3	0.4
4n6	6.0	1.8	1.8	8.1	4.1
4n3	0.4	0.7	0.8	4.3	3.5
5n3	13.7	5.7	5.7	11.4	9.8
22:5n3	1.3	1.9	1.9	2.3	3.0
6n3	21.6	20.2	20.1	12.4	13.0
Σn3	37.2	29.7	29.7	38.0	41.3
Σn6	12.9	13.1	13.0	12.9	9.6
Σn3/Σn6	2.88	2.27	2.28	2.95	4.30
Σn3HUFA	37.0	28.5	28.5	30.4	29.3
Σn 飽和酸	26.5	20.0	19.5	22.4	17.5
Σモノエン酸	19.5	32.1	32.5	17.5	23.1

とが分かった。魚油無添加飼料で飼育した魚の結果<sup>1)</sup>とは明らかに異なり、5%魚油添加飼料で飼育する事によって生殖腺の脂質含量や脂質クラスは著しく改善され、天然魚と違いが無くなっていた。

## 2-6. 生殖腺の脂肪酸組成

表 20 に脂肪酸組成を示す。精巢では n3 系と n6 系脂肪酸の占める割合は試験魚と天然魚で違いが無く、Σn3/Σn6 比にも違いは無かった。n3HUFA、飽和酸、モノエン酸は試験魚の方が高かった。これは EPA と DHA、16:0、18:1n9 によっていた。18:2n6 は試験魚がやや高かった。

精巢では試験魚と天然魚で脂肪酸組成に殆ど違いが無いか、試験魚の方が優れているのではないかと思える結果であった。

卵は天然魚の n3 系脂肪酸が多く、n6 系は少なかった。特に n3 系の違いは大きかった。従って Σn3/Σn6 比も天然魚が高かった。n3 系脂肪酸の違いは 22:6 以外の脂肪酸が占める割合が天然魚において著しく高かった事によっており、DHA は試験魚の方が多かった。n3HUFA と飽和酸は両者で違いが無かった。モノエン酸は試験魚で多かったが、18:1n9 の違いが主であった。20:4n6 は天然魚が多かった。

卵の n3 系脂肪酸は天然魚で多かったが、n3HUFA は試験魚と天然魚で違いが無く、脂質含量にも差が無かった事から、飼料に魚油を 5% 添加する事によって卵の脂肪酸組成は改善され、天然魚と略同等になっていたと推測出来る。

試験魚と天然魚の脂肪酸組成の違いは食べた餌の脂肪酸組成の違いを反映していたのであろう。

## 2-7. 血漿成分

TP の経時変化は比較的小さかったが、7月15日以降雌の値が高くなっていった。Glu と T.Cho は雌雄共生殖腺の発達に伴って高くなり、放精、排卵が起こる最終成熟時に低下していた。雄は6月10日から高くなり、雌は7月15日から高くなっていった。TG は3月18日に最高値を示した後次第に低くなり、7月15日以降雌雄差が生じ、雌の値が高かった。ALP 活性の経時変化は小さかったが、雌雄共最終成熟時にやや低い値を示していた。

表 21 血漿成分

	試験魚								天然魚			
	2月5日	3月18日	4月14日	5月13日	6月10日	7月15日	9月9日	9月27日	♂	♀		
	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀				
TP (g/dL)	4.0	4.8	4.4	4.6	4.4	4.3	4.1	5.1	3.8	4.6	4.8	5.0
Glu (mg/dL)	63	87	73	97	104	97	135	129	79	98	134	156
TG (mg/dL)	404	678	552	487	425	428	252	435	65	142	54	125
T.Cho (mg/dL)	190	200	193	194	249	194	240	211	227	152	369	270
ALP (K-A.U)	3.6	5.5	3.3	3.0	3.4	3.3	3.0	3.3	2.5	2.9	3.4	3.7

7月15日から雌のTPとTGが高くなっていったのは、卵へのタンパク質と脂質の供給と関係し、9月9日に全ての成分で雌の値が高かったのは、最終成熟時期の違いによる魚体の衰弱程度の違いを表していたのであろう。

試験魚の9月9日の値と天然魚の値を比較すると、雌雄共TG以外全て天然魚の方が高かった。飼料への魚油添加によって脂質は天然魚と略同等になるまで改善出来たものの、養殖魚には未だ改善すべき点が残っている様に思われる。但し、これが配合飼料のみの改善によって可能であるかは疑問で、飼育環境も含めた養殖形態全体での検討が必要であると考ええる。

## 2-8. 味

生殖腺が急速に発達する前の試験魚と、同じ時期に中禅寺湖で釣りによって漁獲された天然魚を塩焼きにして食べ比べてみた。魚油を5%添加した飼料で飼育した魚は魚油無添加飼料で飼育した魚に比べて明らかに味が良くなっており、パサパサ感が無くなり、コクが出ていた。

但し、まだ天然魚との味の違いは大きく、甲殻類を多量に食べて育った魚特有の風味が試験魚には無かった。味の面では飼料の組成や原料を検討する事によってさらに改善出来る点が残っていると考える。

## 3. 要約

魚油を5%添加した飼料でヒメマス成魚を7カ月間飼育する事によって魚体、特に生殖腺の一般成分、脂質クラス、脂肪酸組成等は天然魚と殆ど違いが無くなるまで改善出来、飼料への魚油添加効果が明確であった。

試験魚から得られた精液と卵を用いて種苗生産を行い、発眼率が改善されるか否かを確認する予定であったが、試験魚が細菌性腎臓病(BKD)の原因菌を保有している事が分かり、残念ながら断念した。今後魚油添加飼料で飼育した親魚より得られた受精卵の発眼率が天然魚と同等になるまで改善されるか否かを確認する必要が有る。

## 参考文献

1. 酒本秀一, 佐藤達朗: ヒメマスの天然親魚と養成親魚の違い. *New Food Industry*, **59** (5): 67-79, 2017.
2. 酒本秀一, 佐藤達朗: 異なる水温で飼育したヒメマスの成長と体成分. *New Food Industry*, **59** (4): 30-44, 2017.
3. 北村佐三郎: 飼料. 魚類の栄養と飼料 (新水産学全集 No.14, 荻野珍吉編), 恒星社厚生閣, 東京, 247-306 (1980)
4. 酒本秀一: 成熟がニジマスの臓器や体成分に及ぼす影響 -3. 発達, 完熟, 過熟. *New Food industry*, 投稿中.

好評発売中

定 価：(本体3,200円+税)  
判 型：A5版  
頁 数：215頁

# 酵母との対話

偶然の機会から、酵母菌を研究材料にすることになった。これはどんな生き物だろうかという素朴な疑問から始まり、どのように解析技術を工夫をしたら自分が知りたい内容に近づけるだろうか、という試行錯誤の連続。こちらも相手も生き物だから、素直な対話で相手を理解しようという姿勢から、生理学、生化学、分類学、生態学等の成果が生まれた。それらの成果を応用し、実用技術が企業を支えるまでになった。



## 内容紹介

- 序 章 油脂を蓄積する酵母との出会い
- 第 1章 教育・研究環境を整備する
- 第 2章 合成培地で培養する：生理学実験の出発点
- 第 3章 感覚的に把握できる内容を客観的な数値へ導く
- 第 4章 培地中の無機栄養源の増減がもたらす効果
- 第 5章 油脂を蓄積する生化学的機構の解析
- 第 6章 アルコール発酵をする酵母との対話
- 第 7章 新しい胞子形成用培地を作る
- 第 8章 Lipomyces属酵母を新しく分離し分類する
- 第 9章 分子生物学を門の前から覗く
- 第10章 生態系で果たすLipomyces酵母の役割
- 第11章 社会ですぐに役立つ工学への参加

## 著者プロフィール

著者／**兎束 保之** (うづか やすゆき)

農学博士。東北大学農学部、同大学院を経て昭和41年に第一製薬株式会社へ入社。

1968年 山梨大学工学部発酵生産科助教授。

1988年 山梨大学工学部発酵生産科教授

2002年 山梨大学退官。名誉教授

2002年 放送大学山梨学習センター所長。

2007年 放送大学山梨学習センター退官。

<受賞>

日本醸造協会技術賞

お申し込み・お問い合わせは、  
FAX・お電話・WEBにて

電話：03-3254-9191 FAX：03-3256-9559  
<http://www.newfoodindustry.com/>

株式会社 食品資材研究会  
〒101-0038  
東京都千代田区神田美倉町 10 (共同ビル新神田)

城西大学薬学部 白瀧 義明 (SHIRATAKI Yoshiaki)

## スイカズラ *Lonicera japonica* Thunberg (スイカズラ科 Caprifoliaceae)

梅雨の晴れ間，山歩きをしていると何処からともなく，あまい香りが漂い，あたりを見渡すと黄色と白色の花をいっぱいつけた蔓性の植物を見かけることがあります。これがスイカズラです。本植物は日本，朝鮮半島，中国，台湾に分布し，道端や林縁など，やや湿り気のある場所によく生育する常緑の蔓性木本です。5～7月頃，花は2個並んで咲き，芳香がします。花は独特の形をしており，筒状の5枚の花びらのうち4枚は合生して上側に反り返り，1枚は下側に曲がり込んでいます。見方によっては手のひらのようで親指以外の4本がくっついて上に反らし，親指を下に広げたようにも見えます，花は，はじめ白色ですが徐々に黄色くなり，一つの枝に白色と黄色の花を同時に付けることから，金銀花（キンギンカ）とよばれます。「スイカズラ」の名は「吸い葛」の意で，古くは花を口にくわえて甘い蜜を吸うことが行なわれたことにちなみ，甘いものの乏しかった頃は，砂糖の代わりとして用いられていたようです。スイカズラ類の英名 honeysuckle も花の蜜を吸うことから付けられた名称で，洋の東西を問わずスイカズラやその近



写真1 スイカズラ（遠景）



写真2 スイカズラ（咲き始めの白色の花）



写真3 スイカズラ（白色と黄色の混ざった花）

縁の植物の花を口にくわえて蜜を吸うことが行われていたと思われます。本植物の蔓は右巻き（上から見て）で周囲の木に絡みついて良く伸び、若枝は毛で覆われていますが、後に毛は無くなります。葉は楕円形で対生し、大きさは3～7cm程度、葉は全縁、冬でも堪え忍んで葉を付けているという意味で忍冬（ニンドウ）ともよばれます。果実は球形で秋になると黒く熟します。欧米では観賞用に栽培されていますが、野生化して畑地の雑木になってしまっているそうです。本植物は薬用としても有用で、花を乾燥したものはキンギンカ（金銀花）、葉及び茎を乾燥したものはニンドウ（忍冬, *Lonicerae Folium Cum Caulis*) または忍冬藤（ニンドウトウ）といいます。キンギンカやニンドウは、銀翹散、治頭瘡一方などの漢方処方に解熱、解毒剤として、化膿性疾患、神経痛、リウマチの疼痛などに利用され、ニンドウは第17改正日本薬局方にも収載されています。生の花や蕾は香りが良いので焼酎に浸し、薬用酒（忍冬酒）にもされます。この忍冬酒は利尿作用があり、膀胱炎、腎臓病や皮膚病、強壮にも良いとされています。成分としては、フェノール化合物の chlorogenic acid, イリドイド配糖体の loganin, フラボノイドの luteolin, lonicerin (luteolin-7-rhamnoglucoside) やタンニン、サポニンなどが報告され、キンギンカ、ニンドウは両者とも浴湯料として、腰痛や痔の痛み、あせもやただれに用いられ、肌をきれいにし美容にも良いそうです。



写真4 スイカズラ（満開の黄色い花）

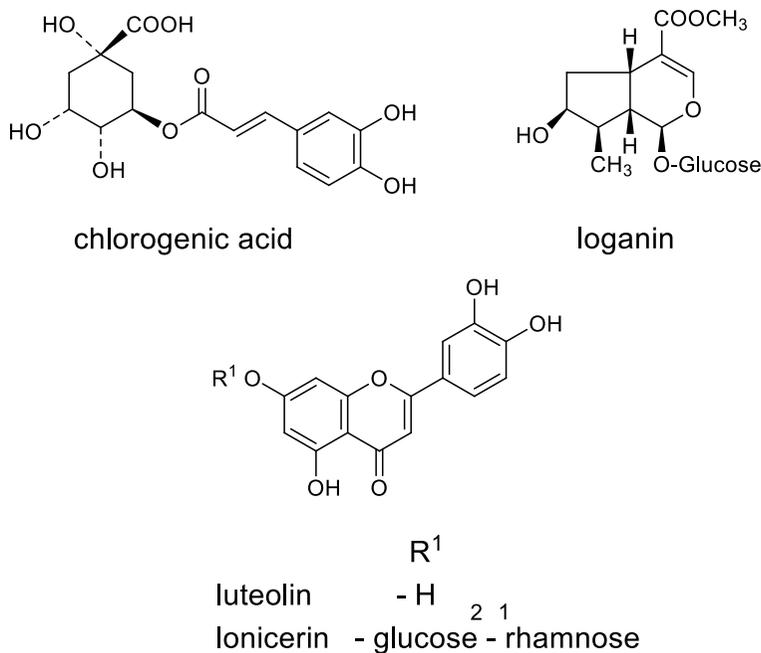
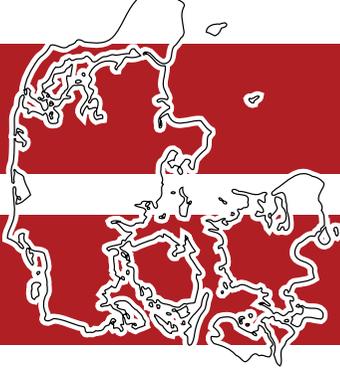


図1 成分の構造式



## デンマークでは寿司が人気

今回はデンマークのお寿司にまつわる話を紹介したいと思います。

お寿司は、世界各国で受け入れられている日本食の代表格だと思いますが、デンマークでも例外ではありません。デンマーク人の健康志向に後押しされるかのごとく、寿司は、デンマークでは大人気で、その浸透率は、日本人もびっくりするくらいではないでしょうか。

例えば、スーパーには、お寿司を家で作れるように、SushiRice（通常はジャスミンライスやバスマティライスのような細長い種のコメが通常なので、日本米のような、もちもちとしたお寿司に適したコメをSushiRiceとして販売してる）が売られているし、街を歩けば、SUSHIと看板を掲げるレストランや小さな食堂をよくみかけます。またRUNNING SUSHIという看板を見かけることもあります。それは回転ずし屋さんのごとく、日本と同じように、コンベアーベルトに乗った寿司を売りにしています。また、お総菜売り場には、すぐに食べられるようにパックになっているお寿司の詰め合わせもあります。これらは、コペンハーゲンや都市部に近いところでは、当たり前のように目にする光景で、寿司という食文化が、いかにデンマークに浸透しているかということを表している証でしょう。



お寿司屋さん、その名は SUSHI SAN



デンマークの握り寿司



色とりどりで創造性豊かな裏巻き寿司

ではどんな種類のお寿司があるのかというと、まず、日本と同じようにデンマークでも Nigiri という名前で各種の握り寿司があります。サーモンやマグロ、エビなどは定番ですが、ウニや甘エビ、イカ、中トロなどはあまり見かけません。また Maki という名前で、巻き寿司もあり、巻き寿司には、カリフォルニアロールなどのような裏巻き（海苔が内側でごはんが外側に巻かれたもの）もあれば、細巻きや太巻きもあります。かっぱ巻きや鉄火巻き、サーモン巻きはよくありますが、ネギトロ巻きやかんぴょう巻きはあまり見かけません。

デンマークのお寿司は、日本に比べると、魚や貝類の種類自体は少ないですが、その代わりに、魚や貝以外の食材を豊富に使って、色々な組み合わせで豊富な味を表現する巻き寿司の種類が多くあります。サーモンやアボガドを使った裏巻きや、マグロにチリで味付けをしてスパイスシーツナをつかった裏巻き、エビのてんぷらを巻いたクリスピーシュリンプ巻き（天ぷらのころものカリカリ感が受ける）などは、結構な人気で、多くのデンマーク人に好まれています。またチリの効いたマヨネーズがあしらわれていたり、マンゴーやクリームチーズが使用されたりと、こちらの寿司は、創造性豊かで、色とりどりで見た目も華やかにプレゼンテーションされており、日本の「お寿司」の枠を超えて独自に発達した、「SUSHI」という新しいカテゴリーといってもいいのかもしれない。

さて、デンマーク人の中には、シーフードは苦手でも、寿司は大好き、という人も少なくありません。健康志向の強まりと、寿司は高いけどヘルシーでちょっと贅沢な食べ物、というイメージが相まって、デンマーク人に愛される食材としての地位を獲得しているようです。また以前、ホットドックの紹介をした時にも触れましたが、数年前のファーストフード（お持ち帰りフード）消費者調査で、寿司の店舗数がホットドックの店舗数を抜いた、という調査結果が発表されたことがあります。デンマークの国民的ファーストフードのホットドックの店舗（道端でもよく見かけるホットドックワ



中華料理も併売する寿司屋さん、Nihao Sushi&Wok

ゴンも含む)が、海外からやってきた異国の食文化である寿司に抜かれた、というのは大きな話題になったものです。

寿司の店舗には色々ありますが、テイクアウトを主にしている小さな店舗もあれば、チェーン展開している比較的大きな寿司レストラン、地元で人気の寿司レストランなど様々です。また、他のアジアの料理を併売していることも多くあり、例えば、寿司のセットメニューの中に、ベトナム生春巻きが入っていたり(巻き寿司に似た感覚)、中華料理やタイカレーもメニューと一緒に並んでいることもあります。またデンマークで有名な寿司チェーン店といえば、Stick&Sushiで、Stick=串焼きと寿司を中心に提供しており、高級店ながら、常に多くの人で賑わっているレストランで、デンマーク国外にも展開しています。

デンマークに来る機会があれば、ぜひこちらのSUSHI文化を垣間見て、日本の寿司と比較してみるのも面白いかもしれません。

# ギリシャワイン 発見の旅へ

—Discovery-Journey of of the Greek Wine—

深澤 朋子 (FUKAZAWA Tomoko)<sup>1</sup>

坂本 静男 (SAKAMOTO Shizuo)<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 早稲田大学大学院スポーツ科学研究科 坂本静男研究室

<sup>2</sup> 早稲田大学スポーツ科学学術院

## はじめに

2016年6月20日に東京、22日に大阪で、エンタープライズ・ギリシャおよび駐日ギリシャ大使館の共催により「ギリシャワイン マスターワインセミナー 2016」が開催された。講師は、ギリシャからマスター・オブ・ワインの称号をもつコンスタンティノス・ラザラキス氏。この日プレゼンテーションされたワインは白ワイン6種類（うち甘口ワイン1種類含む）、赤ワイン5種類の合計11種類、7地域におよんだ。ギリシャワインとフランス、イタリアの有名産地とのワインの比較による講義は、とても密度の濃い内容であった。



ギリシャワイン マスターワインセミナー 2016



コンスタンティノス・ラザラキス氏

ギリシャには個性あるバラエティ豊富なワインが各地域に存在する。その生産量は2014年で290万ヘクトリットル。世界で17番目となっている。赤ワインと白ワインの比率は約1:2、圧倒的に白ワインの生産の比率が多い。従前は国内消費が中心であったが、世界のワイン市場を意識しオペレーションを取得、体系的に整理されてきたギリシャワインについて紹介する。

## 1. ギリシャワインの役割と変遷

ワインは古代からギリシャ文化を語る上で不可欠なものであり、ギリシャはおそらく世界で最も古くからワインの歴史を持つ国の一つである。古代ギリシャを起源とされるのは、ブドウ栽培、ワインの醸造、法律、貿易そしてワインの楽しみ方というように、ワインのあらゆる側面を含めた文化を発展させたことである。ワインは、文明を伝播する媒体として比類なき水準まで引き上げられ

ていた。オペレーション制度の開発からワインライターの登場、饗宴における現在のソムリエに相当する「オイノコス」と呼ばれた給仕が演じた役割まで、古代ギリシャにおいて、ワインは最も洗練された水準として取り扱われていた。

ギリシャ国内に数千年という長い歴史を持つブドウ園が数多く存在するが、名高いブドウ園はサントリーニ島にある。それは自生のブドウネアブラムシに襲われたことのないブドウ園があり 3,000 年以上の歴史を誇る世界遺産となっている。

こうした豊富な過去の遺産があるギリシャワインであるが、この 30 年間の間ギリシャのワイン生産には変化の風が吹き、どちらかという伝統的農業分野に位置づけられてきたワイン生産が、今日、世界の最先端へ舵をとる方向へと変わってきた。ワイン生産者は人材、教育、ノウハウ、技術に多大な投資を行い、今日では知識やノウハウが急速に蓄積されている。



## 2. ギリシャワインの価値

ブドウの栽培面積に限りがあるためワインの生産量も限られ、年間数百万ケースを販売することは考えにくく、その価値はギリシャワインの希少性であるといえる。平均的なヴィンテージでみれば、ギリシャ全体で、ボルドーの生産量の半分をわずかに超えるぐらいの量しか生産されないうえ、ギリシャ人はほとんどギリシャワインしか飲まず、しかも大量に飲むため、輸出市場に向けてはきわめてわずかな量しか残されていないことになる。世界市場では、こういった希少性によりワインの輸出量は減ることにはならず、むしろ増えていく傾向にあるといえるだろう。

## 3. ギリシャワインを特別な存在に高める特徴と努力

伝統の長所を失わず近代化され、人口に見合った規模を維持している。近年では多くのベンチャーが設立されているが、最新の機器を用いながら小規模あるいは、中規模にとどまっている。また他方で、「新規参入者たち」と競争し、市場のニーズと課題に対応できる伝統的なワイナリーも存在する。これらワインは個性が前面にあらわれるような生産プロセスを手の内にした生産者たちによって造られている。こうした特徴は植栽から剪定さらには収穫まで、ワイナリーで行われるため、個性的な味わいとして現れてくる。その結果ワイナリーで手作業の割合が高まることで労働にかかるコストが増加するものの、最高のブドウを選びだす能力が確保され、より細かなところまで行き届いた手作業こそが独特な味わいを生み出すための手法となっている。サントリーニ島のブドウの仕立て方法「クルラ」や、パロス島の「アプロタリア」方式がその一例である。

ギリシャのワイン生産者は職人であり、イノベーションと伝統とが相互に絡み合い、さらに「人」という要素のフィルターを通すことで、ギリシャワインの大きな魅力の一つとなっている。新しい世代は最先端のノウハウと国際的な経験を培うために外国で勉強し、ギリ



シャに戻り専門知識を有するワイン専門家として、またワイン生産者として活躍している。また、ギリシャの大学でも次世代のワイン専門家たちを育成している。

ギリシャはブドウの在来種の宝庫であり、この在来種こそが今日、市場の競争力における原動力となっている。ギリシャ人はほとんど全てのシチュエーションでワインを消費し、豊かな香りと爽やかで軽やかという独特のスタイルのワインを好んできた。ギリシャワイン生産者は全体として国内市場をターゲットにしてきたためギリシャ人の嗜好にあわせてワインを生産することを求められてきた。このため、ややもすると世界のワイン業界の中でグローバルなトレンドからは時代遅れに映っていたかと思われがちであったが、昨今、改めてギリシャワインの基礎をなすコンセプトに注目しようとしている動きが高まっている。

ギリシャワインは料理との相性がよい。優雅さテクスチャー、口の中を爽やかにする作用、そして複雑かつ深みがある。料理との相性の良さ、中アルコール度数、徹底した飲み口のよさの追求という条件はギリシャワインが持つ特徴である。

## 4. 地域とオペレーション

### 4.1. テロワール

あるひとつのブドウの品種は、世界中ほぼどこでも栽培できるが、「土地の感覚」を伝えることのできるワインは、明らかにその場所に根付いた独自のものである。21世紀の優れたワインは、その香りと風味を通じて、その産地が「どこでもよい」のではなく、「特定のどこか」であることを示すことが求められている。



「テロワール」の概念で世界トップクラスのワインの権威の間でさまざまな見解がなされているが、マーケティング戦略とは別にテロワールに根差したワインを生産する上で、テロワールのポテンシャルを十分に把握するため、何世代にも及ぶ時間をかけ、小規模の生産様式の重要性を上げている。

ギリシャの気候は沿岸部の地中海性気候とマケドニア、イピロス、トラキア、中央ギリシャ、ペロポネソス半島の中央部分の大陸性気候に大きく分けられる。また、ワイン生産地域は5つの区域に分けられる。

- ①ギリシャ北部（スラキ、マケドニア、イピロス）
- ②中央ギリシャとアッティカ、
- ③ペロポネソス半島とイオニア諸島
- ④クレタ島
- ⑤エーゲ海の島々



#### 4.2. ギリシャ北部

この地域で有名な品種はクシノマヴロ、表情が豊かで力強く深みがある。複雑で難解な知的な好奇心をそそぐ個性を持っている。少なくとも2年間はオーク樽とボトルで熟成した後で市場に流通する。レッドフルーツ、トマト、オリーブ、乾燥プラム、煙草やナッツ等の複雑で個性のある香りを見出すことができる。熟成中に香辛料の香りが加わることは明らかである。



#### 4.3. 中央ギリシャとアッティカ

テッサリア、エヴィア島、ヴィオティア、アッティカのブドウ栽培地が含まれている。ここ数十年でブドウ栽培に対するスタンスが変化してきた地域である。過去は平地で、暑くて肥沃な地域の大規模なブドウ園が主流で、ロディティスとサヴァティアノであったが、バルクワインと低価格に重点を置き、品質はそれに見合うものであった。しかし、1980年



代になるとワイン生産の哲学に変革の嵐が吹いた。新たな世代のブドウ栽培者たちは、それまでに確立されていたブドウ栽培地、伝統的な品種や栽培技術に疑問を抱き、まず、第一段階としてオリンポス山の麓、アタランティ渓谷などの、標高200～700メートルのかなり涼しい地域を選択した。そして、第二段階は植栽する品種を選択することにより3つのトレンドの発展に繋がった。ひとつはアシルティコ、マラグジアなどギリシャの他の場所からの在来種の植栽、2つ目はソーピニオン・ブラン、シャルドネ、シラーやカベルネ・ソーピニオンなど国際品種を選び、三つ目はリムニオ、マヴロクンドゥラといった忘れられた在来種を復活させるというトレンドであった。これらの異なるアプローチを独自の形で組み合わせることにより、ギリシャワインがコンクールで受賞する成果となった。

アッティカはアテネとその周辺を含むエリアで生産量の面だけではなく、ギリシャの首都であるアテネが位置することからもギリシャワインにとって重要性の高い地域である。アテネはワイン取引の中心地で多くの流行がここで誕生している。もっとも、アテネの重要性は近隣のブドウ栽培地にとっては諸場の剣となっている。なぜならば、都市化が進むにつれて、ブドウ園の維持が経済性、合理性の面から立ち行かなくなっているからである。

#### 4.4. ペロポネソス半島とイオニア諸島

白ワインのアペラシオンの最上位にあるのがペロポネソス半島の中心にあるマンティニアで、白ワインの生産に用いられるエキゾチックなモスコフィレロのアペラシオンである。モスコフィレロ



はピンク皮の品種、新鮮さとミネラル風味に溢れている。アルコール度数は中程度か低くほとんど12.5%を超えることはないにもかかわらず、爽やかでチャーミングでありながら、風味と酸味がバランスよく強調されるワインである。マンティニアは標高650メートルを超える高原で、気候は大陸性気候、夏は厳しくなく、夜は涼しくそよ風が吹き湿度が低い。その様な好条件を生かしてオーガニックのブドウ園の割合が増加している。

コリントスの南東の端の近くに位置するネメアは、ギリシャで最大の単独品種で醸造した赤ワインのアペラシオンとなっている。1460年、当時ネメアがアギオス・ゲオルギオス（ギリシャ語で「聖ゲオルギオス」の意）と呼ばれていたことから正式にアギオルギティコと名づけられた赤品種がネメア全体に栽培されている。ネメアは、通常は辛口の赤ワインであるがアペラシオンの下では甘口タイプの認証も受けている。色が深く、レッドフルーツの凝縮した香りは複雑である。丸みのあるボディは、高品質の熟成したタンニンと酸味の新鮮さによって緩和されている。またネメアには他の表情もあり、オーク樽熟成を経ずに収穫後数ヶ月で流通するPDO認証を受けている赤ワインもある。

ネメアの気候は温暖な地中海性気候と大陸性気候が組み合わさったものであるが、日照時間が長いのが特徴である。冬は穏やかで、夏は夜間と日中の気温の変化が大きい。またネメアの地形はきわめて複雑で、多様な土壌を有し標高は250～850メートルと広範囲である。土地の手入れは自然の恵みに対する見返りと考えられ、冬の剪定から収穫まで広範囲にわたって手作業で行われる。

マヴロダフニ・オブ・パトラはギリシャで有名な甘口ワインである。マヴロダフニは「黒い月桂樹」を意味し、この名称がほのかに強く複雑な、香り豊かな性格を持っている。

イオニア諸島全体で有名な品種はロボラである。そしてケファロニア島のロボラはこの地域で唯一の辛口ワインのアペラシオンを持つ。ロボラはレモンのようなフルーティーさと新鮮な酸味を帯びながら、深さ、ミネラル風味を十分に含む優雅な白ワインが造られる。他の重要な品種にチャウシがあり、レモンやハチミツの香りとともにスパイシーな性格が見え隠れしている。

#### 4.5. クレタ島

クレタ島はギリシャで最南端にある最も大きい島でブドウ栽培の観点から最も重要な島である。クレタ島は山々が多いため高山気候の性格が強い。ブドウ園はアフリカから吹く南風を防ぐため北向きの斜面にある。ギリシャのブドウ園の約 15% が存在し、その面積が最も多いのはイラクリオン県、ハニア県、レシムノ県そしてラシシ県と続く。土壌の大部分は粘土と石灰岩で、多くの場所では粘土の比率が多い。



クレタ島には 7 つのアペラシオンがある。やや伝統のあるイラクリオンの 3 つのアペラシオンは、辛口ワインと甘口ワインのダフネス、辛口の赤ワインのみを醸造するアルハネスと、辛口の白ワインと赤ワインが造られる、最大のアペラシオン、ペザが有名である。

#### 4.6. エーゲ海の島々

数え切れないほどの島々があるエーゲ海には、多くの最高のテロワール、固有の品種やワインのスタイルがある。その中でも特に独自性が高いのがサントリーニ島だといわれている。サントリーニ島の主な品種はアシルティコ、若くても熟成しても楽しめる辛口白ワインが造られる。新鮮で、特徴的な酸味、シトラス系の独特な香りと強いミネラル風味を持っている。オーク樽で熟成しているワインはしっかりとした骨格となり風味は複雑になる。サントリーニ島のテロワールは、世界でもユニークなもので、島の火山のカルデラとエーゲ海によって形付けられている。土壌は溶岩、火山灰と軽石でできており、有機成分は認められない。気候は地中海性気候で、穏やかな冬、涼しい夏、干ばつと「メルテミア」と呼ばれる強い風が特徴である。また海から発生する霧は夏の間、ブドウに必要な湿度を提供する。驚くべきことは、ブドウの実を病気その他の危険から保護するユニークなエコシステムがあるということである。このエコシステムにより一度もヨーロッパを襲ったブドウネアブラムシ（フィロキセラ）の影響を受けたことがない。ブドウネアブラムシが伝播するためには土壌には少なくとも 5% の粘土質が必要であるが、サントリーニ島の土壌の粘土は 0% であるため、ブドウネアブラムシがいないだけでなく、ブドウネアブラムシに感染する恐れがないのである。

サモス島、リムノス島ではマスカット種から最上級のワインが造られている。サモス島で栽培されているのはマスカット・ブラン。酒精強化ワインから、天日干しされたブドウを用いた甘口ワインまで生産されておりヨーロッパでは最高の甘口ワインに数えられている。

リムノス島はエーゲ海北部でワイン生産が行われる 2 番目に大きな島で、マスカット・オブ・リムノスは甘口ワインの全ての製造方法に適しているアペラシオンである。

ロドス島はドデカニソス諸島の最も大きな島で、ボトル発酵の非常にチャーミングで飲みやすい白とロゼのスパークリングワインを生産しており、ロドスのアペラシオンに含まれている。パロス島はキクラデス諸島の中央に位置し古代ギリシャ初期からのワイン生産地のひとつといわれており、パロスと呼ばれるアペラシオンがある。

## おわりに

「ギリシャでは水代わりにワインを飲む」と聞いて 1999 年にはじめてギリシャを訪れた。ギリシャ政府のご招待でアテネ近郊アナピソスにある国立スクール・オブ・プロフェSSIONズに滞在し、ギリシャ料理を学ばせていただくためであった。初めてのギリシャは、強い日差しと太陽でキラキラ輝く青い海をはじめ、すべてがとても衝撃的であった。ワイン、チーズ、料理は「気候と風土から」といわれるがまさにそのとおりで滞在中に多くを体感した。滞在先の近くのスーパーでは数種類のワインをバルクからペットボトルに購入する量り売りがあり、1リットル2～300円位であったが、これが実にフレッシュでおいしかった。

その後、13回ほど大学院の研究・調査を含めてワイナリーも訪問した。今回のセミナーでは、当時訪れたアタランティのワイナリーで体験したギリシャの特徴的な品種の講義もありとても懐かしかった。

昨今、世界的なトレンドとして、土地に根付いた品種をソーピニオン・ブラン、カベルネ・ソーピニオン、シラー、シャルドネに植え替えていく傾向が強まっている。マイナー品種からメジャー品種にという発想のようだが、風土と気候に根付いたその土地ならではの品種から生産されるワインやそのワインにぴったりの料理を今後とも文化、歴史として継承してもらいたい。

ギリシャワインに関して、この数十年で今回のように体系的に知識がまとめられたことは喜ばしい限りであり、今後、ブドウ生産者からワイン醸造専門家まで、また、ワイン販売者から消費者まで、世界のワイン市場に広がっていくことを期待する

## 引用文献：

「ギリシャワイン 発見の旅へ」Enterprise Greece

## 協 力：

エンタープライズ・ギリシャ Enterprise Greece INVEST & TRADE

マスター・オブ・ワイン コンスタンティノス・ラザラキス Mast of Wine, Konstantinos LAZARAKIS

駐日ギリシャ大使館経済商務部 参事官・経済商務部長 ディオニシオス・プロトパパス  
Counsellor, Head of Economic and Commercial Section, Embassy of Greece in Japan Dionyssios PROTOPAPAS

駐日ギリシャ大使館経済商務 諷訪本・コンスタンティノス 信  
Economic and Commercial Section, Embassy of Greece in Japan Konstantinos-Makoto SUWAMOTO

KATOGLI & STROFILIA ジョン・バイラクタリス John BAIRAKTARIS

日本ギリシャ協会 事務局長 川上 修二 Secretary general, Japan Greece Society Shuji KAWAKAMI

早稲田大学スポーツ科学学術院 教授 坂本静男 Professor, Faculty of sport Sciences & Graduate School of Sport Sciences, Waseda University Shizuo SAKAMOTO

**Corresponding author**：深澤 朋子 (Tomoko FUKAZAWA)

早稲田大学スポーツ科学研究センター 招聘研究員 (坂本静男研究室)

料理・食文化研究家 日本ソムリエ協会認定ソムリエ

Adjunct Researcher, Waseda Institute for Sport Sciences (Prof. SAKAMOTO Lab.)

Cuisine and cuisine culture specialist, Sommelier in Japan Sommelier Association

# 国際的コミュニケーション能力の重要性 (4)

## 「中国料理」に見られる日本と中国における嗜好の相違

### Importance of international communication capability (4) —difference in the palatability of Chinese cuisine between Japan- and China—

中国語：跨文化交流能力の重要性 (4) –日中两国在中餐上嗜好的不同

坂上 宏 (SAKAGAMI Hiroshi)<sup>1</sup> 肖 黎 (XIAO Li)<sup>2</sup> 戴 秋娟 (DAI Qiujuan)<sup>3</sup>  
大石 隆介 (OISHI Ryusuke)<sup>4</sup> 神崎 龍志 (KANZAKI Tatsushi)<sup>5</sup>

<sup>1</sup> 明海大学歯科医学総合研究所 (M-RIO), <sup>2</sup> 日本歯科大学生命歯学部薬理学講座, <sup>3</sup> 北京外国語大学日本語学部,  
<sup>4</sup> 明海大学経済学部, <sup>5</sup> 明海大学外国語学部

#### Abstract

Chinese cuisine from China has been arranged according to the taste of the Japanese, and has made quite different "Chinese cuisine". By importing abundant natural resources and food stuffs from China and combining them with traditional Japanese cuisines, we can create a healthy and tasty menu.

中国的饮食文化从中国传入日本之后, 依据日本人的味觉和嗜好进行了改造, 由此形成了一种似是而非的日式中国菜则“中华料理”。“中华料理”以由中国国内进口的丰富的天然资源和食材与日本的传统料理的合理搭配, 使既健康又美味的菜谱成为可能。

中国から伝わった中国料理は, 日本人の好みに応じてアレンジされ, 全く異なる「中国料理」を作り上げてきた。中国から豊富な天然資源や食材を輸入し, 日本の伝統な料理と融合させることにより, 健康的で味わい深いメニューを生み出すことが可能である。

#### はじめに (坂上 宏)

##### (I) 中国の勢い

中国は, 2021年の「中国共産党結党百年」と2049年の「中華人民共和国建国百年」という目標を設定して, 「偉大な中華民族の復興」の実現を目指そうとしている<sup>1)</sup>。一帯一路は, 中国が提唱する経済圏構想である。中国から欧州に至る陸上(一帯), 海上(一路)ルートの地域経済を開発する。土地の集団所有, 地方政府間の競争, 企業の混合所有制, 中国式のイノベーション, 不確実性に対する対応能力を日本はもっと学ぶ必要がある<sup>2)</sup>。習首席は, 第18期中央委員会第6回総会(六中全会)では, 毛沢東や鄧小平と並ぶ「核心」の地位を確認した。今後, トランプ時期大統領との首脳会談において, 米国と対等の立場で臨む布石を築きつつある<sup>3)</sup>。

中国は, 15年, 新規導入風力発電容量は, 前年比で31.5%増の3050万キロワットとなり, 世界全体の48.4%を占めるシェア1位となった。世界各地の風力発電所500箇所以上において約1万7000台の風力発電設備にメンテナンスなどのサービスを提供している<sup>4)</sup>。また, 香港ニカラグア運河開発投資は, 500億ドル(6兆円)という莫大な総工費(ニカラグアのGDPの約5倍)を調達して, 19年度にニカラグア運河を完成させる予定である。運河完成後100年間は, 中国の管理下に置かれ

るので、中国はアメリカに知られることなく大西洋に物資や武器を運ぶことができる<sup>5)</sup>。中国南西部の貴州省のくぼ地には、充実開口電波望遠鏡としては世界最大級の500メートル球面電波望遠鏡が2016年完成された<sup>6)</sup>。中国は、宇宙空間で軍事力を増強して続けており、情報収集、航行支援、通信、気象観測のための人工衛星を142基打ち上げている<sup>7)</sup>。

中国は、揚子江以南以外は雨が少なく乾燥した土地が多いため、農地を拡大できない。そこで、中国種子企業は、耐乾燥性のあるトウモロコシや小麦の遺伝子組換え種子を開発中である<sup>8)</sup>。中国の国家並列計算機工学研究所センターが開発した「神威太湖之光」と呼ばれるスーパーコンピューター（スパコン）は、1秒間に約9.3京回（1016倍）の浮動小数点演算を実行でき、その計算速度は、3位のアメリカのタイタンの約5倍、日本の理化学研究所と富士通が開発した「京」の約9倍以上である<sup>9)</sup>。

中国の新興勢力であるオッポやピーボは、ハイエンド（最上級）な半導体を使用し、スマホ出荷台数を倍に伸ばしている<sup>10)</sup>。中国では、スマートフォンのアプリを使ったモバイル決済が広がっている。客が事前に銀行口座からアプリに設定したアカウント（口座）に人民元をチャージ（入金し）、店頭でスマホ画面に表示されるQR（2次元）コードを読み取ってもらうと、代金が支払われる仕組みである。このモバイル決済を世界レベルの決算プラットフォームに発展させることができるか、中国政府の手腕が問われている<sup>11)</sup>。

## (II) 中国を支える食生活について

このような躍進を続ける中国を支える食生活はどのように変わろうとしているのか？日本人とは全く嗜好性が異なるのか？食品業界は何を目指そうとしているのか？

### 肖 黎 (XIAO Li)

#### 日中中国料理の同異——四川料理

中国料理の中に八大菜系（八大中国料理）といった山東料理、江蘇料理、浙江料理、安徽料理、福建料理、広東料理、湖南料理、四川料理がある。その中で中国では最も人気があるのは四川料理だ。日本では、四川料理と言えば、麻婆豆腐、担担麵、火鍋などが知られている。四川料理は麻辣（マラー）味が特徴で、唐辛子と四川山椒の他に、八角（バージャオ）や草果（ツァオグウー）、白蔻（バイコウ）等の数十種類の香辛料（中に多くの香辛料は胃腸機能を調節する漢方薬として知られている。）を使っている。筆者は元々辣味が好きではなかったが、興味で初めて故郷の河南省に上陸した四川火鍋を食べた時、テーブルに置いていた人数分のティッシュ箱を不思議に思ったが、実際に真っ赤な鍋を食べると、その芳醇な香りと舌を麻痺するほどの辛さに驚き、食べているうちに刺激で涙と鼻水が大量に出て、なんとティッシュをひと箱も使った。それで人数分のティッシュ箱の必要性が分かった。その時食べた後の爽快感が一生忘れられない。それで四川料理に魅了され、麻辣味の大ファンになった。ちなみに、四川省出身の中国人は大体料理が上手で、特に男性の方がもっと料理が得意である。また、四川省の成都と重慶は、どんなボロボロな店でも美味しい担々麵と酸辣粉を出せるぐらい美食の天国である。

中国には「郷に入れば郷に従え」という俗語がある。それは、その土地やその環境に入ったならば、そこでの習慣ややり方に従うべきという意味の表現である。四川料理も例外ではなく、国と地域の文化と特色に従って、食材も調理法も味付けも現地化し、多彩な技法や味のバラエティを持つ。物流が発達している今日は、日本でも四川料理用の香辛料を入手するのは難しくないと思われるが、和食と洋食に慣れた日本人にとって、八角等の香辛料が入った料理はあまり好まれないので、日本

の四川料理は種類豊富な香辛料の代わりに砂糖、みりん等お酒類の調味料が加えられている。また、食材に使われる豆腐、肉類、野菜なども中国産のものより味があっさりしているため、中国の四川料理と比べると、日本の四川料理は弱めの麻辣味以外に優しい甘味を感じる独特の風味があり、胃腸への刺激が少ないといった点が挙げられる。ただし、鮮烈でコクのある複雑な味が好きな中国人にとっては、味の奥深さが感じられない。なお、味とは別に、日本の中国料理店にいくつかの特徴がある。例えば、客が好みによって選択できるように、メニューに唐辛子のマーク等で辛さの目安を表示している店が多い。また、中国のレストランでは、大皿に盛られた料理を取り分けるのが普通だが、日本の中国料理レストランでは、フランス料理のように一人前ずつ盛った麻婆豆腐、担担麵などをコース順に出し、現代的に洗練されたヌーベルシノワスタイルがよく採用される。

### 戴 秋娟 (DAI Qiujuan)

中国は「辛いものがなければ、喜ばない」という時代を迎え、食卓には辛い料理が不可欠になってきている。現在、中国はすでに唐辛子の大国になり、唐辛子の栽培面積、消費量、生産量とも世界一となってきている。ある消費者に対する好み調査によると、酸味、甘味、苦味、塩味、辛味という五味の中で、「辛味」が三年連続で首位の座を維持し、辛味を特色としている四川料理と湖南料理も人気料理として選ばれているという。また、外国料理の中で辛味の韓国料理の人気ももっとも高い。このような「辛味」ブームの中で、伝統的なファーストフードの店ケンタッキーフライドチキン、マクドナルドなども負けず、辛味のハンバーガーを相次いで販売している。

中国の西南大学歴史学部の藍勇教授は各地域の飲食習慣について分析してから、中国の辛味地図を作成した(図1)。「重辛味」の地域は四川省、湖南省、湖北省、貴州省、雲南省で、「微辛味」の



図1 辛味好み地域の分布注：▲のマークは辛味を好んでいる程度を表している。

地域は北京、山東、山西、陝西、甘肅、青海、新疆で、「薄辛味」の地域は東南沿海地域の上海、江蘇、浙江、福建、広東となっている。図1からもわかるように、北部と南部の一部の地域を除いて、中国全土はほとんど「辛味」に覆われている。

### (I) 中国における唐辛子

**鑑賞用植物としての唐辛子:** 唐辛子は今からおよそ400年前にアメリカ大陸からマラッカ海峡を経由して、中国の東南沿海から中国大陸の江南地域に伝わってきたのである。最初は観賞用の植物として知られていた。当時は中国の明朝末期であり、もっとも豊かな江南地域は食物の本来の鮮度、美味を重視し、甘味が多く使われていた。辛味はまだ認識されていなかったのである。

明の末期から清の初期にかけて、貴州の人が先に辛い物に挑戦: それでは、唐辛子はどのようにして観賞用植物から食卓に不可欠な食物に変身してきたのか。いかにして、江南地域から西南部の貴州、湖北、湖南、雲南、四川に伝わってきたのか。食材の普及、味の遷移は人の移動と不可欠な関係があると思われる。政治、経済、社会の変遷から食物の変化を探る必要がある。

明の末期から清の初期にかけて、天災と戦乱が中国を席卷した。人々が戦乱から身を守るために、ふるさとを離れ、遷移して、また全国的に食物が極めて窮乏していた。こうした中で、唐辛子が登場した。もっとも早く唐辛子を食べ始めたのが西南部の山に囲まれている貴州省である。唐辛子は高くても普段なかなか食べられない塩の代わりに使われたり、苦味のお野菜、腐った野菜と一緒に食べられたりした。さらに、唐辛子を食べてから、全身的に暖かくなり、長い夜を忍ぶことができるのだらう。このように、唐辛子が食べられるようになったとはいえ、当時の食物の本来の味を大切にす主流料理とはまだ程遠くて、一時貧乏のシンボルとされていた。

貴州、湖南、湖北などの西南部において、辛い料理が人気のある理由はその地域の湿気の多い気候と関係があるという説もあるが、それだけでなく、庶民が生き残るために、食物に対する需要つまり社会的な需要も無視できないだろう。

**辛味料理の発展、拡大:** 清朝から民国期、新中国が成立されてからの長い時期において、唐辛子が調味料としてその影響力が限られていた。改革開放されてからの巨大な人口移動は辛味料理の本格的な発展を促した。筆者の住んでいる北京は2015年末までの常駐人口は2151.6万人で、そのうち、外来人口が818.7万である。上海、広州、深圳などの大都市も同じである。全国各地からの人口が都市に集まることによって、それぞれの都市の流行料理も定着し続けてきている。北京を例にしてみると、90年代半ばから「酸味湯魚」、「辛湯魚」、「麻辛味火鍋」、「四川火鍋」が相次いで流行ってきて、これらの料理の共通点は辛味である。辛い料理が中国において、90年代から徐々に登場し、21世紀に入ってから、爆発的に拡大してきたと思われる。

### (II) 中国人は何故辛い料理を

**栄養たっぷり:** 近年、唐辛子にはビタミンA、C、E、Kとニンジン、カロチン、葉酸、鉄分、カルシウム、植物繊維などがたっぷり含まれているため、その栄養効果が広く評価されている。また、唐辛子を食べることによって、血液循環の改善、美容、ダイエット、冷え性の治療、鎮痛などの役割が期待できるという。

**食欲の刺激:** 唐辛子は消化液の分泌を促す役割があり、食欲のないときは唐辛子を食べると、多く食べられると見られ、唐辛子味噌などが中国人の食卓に不可欠な味付け調味料になってきている。  
**ストレスの解消:** 他の四種類の味と違い、厳密にいうと、「辛い」は味というより、身体が感じた痛みに近い刺激である。このような刺激はエンドルフィンの分泌につながり、一種の愉快感が生じる。

刺激がなくなると、ストレスも同時に解消できる。また、心理学者の研究によると、赤は人を元気付ける色であり、赤くて、油がピカピカ光る四川料理は疲れた人の心癒す役割があると見られている。

**刺激で味覚を蘇らせる：**味覚芽は人々の速い生活リズムによって変えられたという。仕事、生活の中での圧力は味覚芽の役割を鈍化させた。人々は食べたものについて「味がぜんぜんない」という文句を漏らしたりする時は、「辛味」による刺激に対する追求も必然的な選択であろう。

**辛い料理ができる調理人の輩出：**飲食業界において、ピラミットの頂点に立っている一人前の調理人になるためには、長い修行が必要とされている。中国において、調理師の教育レベルと社会的な地位がそれほど高くなく、流動性の高い職業である。伝統的なおいしい料理を作成するためには腕と創造力が求められているので、それはあまり教育を受けていない調理人にとって難関とも言えよう。こうした中で、辛味、痺れた感じ、油を重視する料理は彼らにとって、美味を作り出すための近道である。スープを入れるタイミング、火加減に対する把握などの腕がなくても、唐辛子を活用して味が効いた料理を作り出すことができる。四川料理のできる調理人が比較的に多いのはそのためであろう。供給は需要を左右している。多くの四川料理の調理人はオリジナルな創作辛味料理で消費者の心を掴んできている。

世界には食用の唐辛子が数百種類もある。唐辛子の種類によって、地元の人が味覚に対する体験と態度が反映されている。調味料としての唐辛子は食材に潜んでいる限りない美味を引き出し、瞬間に普通の食材を美食にアレンジすることができる。「辛味」は複雑で言葉で表現できない味覚である。塩味、酸味、甘味、苦味との組み合わせを通じて、食材に一層の活力を注ぐ。唐辛子はすぐれ



図2 中国人の食事生活 A, B, C は筆者家の家庭料理, D は四川省の辛い会席料理, E は人気が高い火鍋料理, F は家族が料理をしているところ。

た出自がなく、その平凡さで中国人の一日三食を豊かにして、中国人の日常生活において、不可欠な存在になってきている (図 2)。

## 大石 隆介

### (I) 中国料理と唐辛子の歴史

世界三大料理の一つが中国料理と言われている<sup>12)</sup>。中国料理は八つの地方料理があるが、その代表の一つが四川料理である<sup>12)</sup>。四川料理はその辛さが特徴で、その辛さを麻辣といい、麻・花椒=しびれる、辣・唐辛子=辛いが融合した味付けを言う<sup>12)</sup>。

四川料理に大量の香辛料、特に唐辛子が使われるようになったのは明朝末期 (17 世紀) と言われている<sup>13)</sup>。古くから中国にあるように錯覚してしまうが、原産は中南米で、1493 年にコロンブスがヨーロッパに持ち帰ったと言われている<sup>14)</sup>。この辛さが警戒され、中南米からもたらされたトマトやジャガイモ同様、当初はなかなか普及しなかった<sup>14)</sup>。ジャガイモは現在ドイツでは国民食と言われるほど食べられているが、このように広く普及したのは 19 世紀も半ばになってからのことだった<sup>14)</sup>。

中国料理には地域による差があるが、四川料理のような辛さは日本料理にはない。中国料理では強火で高温の油を使う調理法が極めてポピュラーで油の香りづけに唐辛子が多用される。日本料理は、強火を使うことはあまりなく、唐辛子や山椒等の香辛料も使うが、中国料理のように多用することはない。また日本料理は素材の味を大切にし、甘さや塩味はあっても唐辛子のような辛さは少ない。

前述のように唐辛子は 17 世紀に伝わり、中国の料理書に登場するのは 19 世紀になってからだ<sup>13)</sup>。それまでは四川料理といえども辛くなかったようだ<sup>13)</sup>。広大な中国では唐辛子の利用に関してかなり地域差がある。全てが当てはまるとは思わないが、近代中国の革命家は激辛好きが多いそうだ<sup>14)</sup>。湖南省出身の毛沢東や四川省出身の鄧小平は唐辛子が大好きだったようだ<sup>14)</sup>。それに対し、国民党の広東省出身の孫文や浙江省出身の蒋介石、客家出身の李登輝も辛いものは好きではなかったと言われている<sup>14)</sup>。

### (II) 世界における中国料理と日本料理について

中国料理は世界中いたるところで食べる事ができる。これは中国人の外向き志向とも関連していると考えられる<sup>15)</sup>。中国人はその人口の多さもさることながら、積極的に海外へ移住し、移住先で中国人のコミュニティを形成することが多い<sup>16)</sup>。そのため、世界の多くの都市に中国人街が存在している。筆者も海外留学中に中国料理はよく食べる機会があった。特に英国に留学していた際はよくロンドンの中華街へ食事をしに出かけた。ここでは多くの中国料理店が軒を連ね、ロンドンのちょっとした観光名所となっていた。ただし前述の通り、一言で中国料理といっても地域によってその特徴が異なる。ロンドンの中華街の場合、中国料理の中でも特に香港の料理を提供する店が多かった。これは英国が過去、香港を統治していた歴史的背景が関係していると考えられる。

一方、海外で日本料理を提供する店も多く存在するものの、概ね高級で学生的身ではなかなか手が届きにくく、リーズナブルな値段の日本料理は韓国人や中国人経営のものが多く、日本料理とはかけ離れているように思う。そして、これはあくまで筆者自身の経験に基づく個人的な意見ではあるが、海外で日本食というと、代表的なものは寿司、天ぷらである。日本において寿司ネタの代表格といえばマグロだが、海外の日本料理店でマグロはかなり高級な店にしか置いていない。そして海外で最もポピュラーな寿司ネタと言えばサーモンである。さらにカリフォルニア・ロールに代表される創作寿司も海外では日本食として認知され、人気も高い。

日本人の筆者から見れば、海外で提供されている日本食の多くは高級店を除けば日本で提供されているものとは大きく解離し、それに比べ中国料理は大衆的な店でも海外においてそれなりに本格的なものが提供されているように見える。しかし日本における中国料理が中国本土のものとは完全に一致しないように、やはり中国料理も海外で提供されるものはその国の人々の味覚に合わせたもの、その国の食材を利用したものが多いようだ。ロンドンでの留学時代、筆者には香港出身の留学生の友人が何人もいたが、彼らに言わせれば香港で提供されている料理と同等の水準のものはロンドンの中華街にもほとんどないとのことだった。

日本、中国に関わらず、どの国の料理の場合も海外に進出する際は自国の食文化を守りながら進出先でそれを受け入れてもらうための変化が必要なのかもしれない。文化や伝統を重んずるあまり、変化を拒むと他国でそれを受け入れてもらえない可能性がある。しかし逆にその文化や伝統を軽んずる人々が提供する料理は本物とは大きく解離したいわゆる似非日本料理・中国料理に成り下がってしまうのだろう。

### (III) 日本における唐辛子の輸出入の状況について

ここでは中国料理（特に四川料理）の大きな特徴である唐辛子の日本における輸出入の金額・量から日本人の近年の唐辛子の消費動向について推察してみる。

近年、日本人の嗜好も多様化し、東京をはじめ多くの大都市では世界中の料理が食べられる。日本人も特に若者を中心に日本食にこだわらず、香辛料の強い料理を好むようになってきた。日本人の食生活に今までなかった辛さが深く浸透してきているということだ。ちなみに日本国内で一番売れている漬物は韓国のキムチだそうだ<sup>14)</sup>。

海外からの唐辛子の輸入 [ 量 (A) および金額 (B) ] は圧倒的に中国からのものが多い<sup>17)</sup> (表1)。日本は、中国からの唐辛子の輸入に強く依存していることがわかる。これは中国の人口の多さや国土の広さによる唐辛子の生産能力の大きさ、そして地理的優位性などがその理由と考えられる。また他の輸入元を見てもメキシコやチリといった唐辛子の原産地である中南米、ヨーロッパ (スペイン)、そして唐辛子が食文化の中で極めて大きな位置を占める韓国などが名を連ねる。

唐辛子は日本でも生産され、その一部は海外に輸出されている。しかし、日本国内での唐辛子の生産 (量および金額) (A)<sup>18)</sup> および日本産の唐辛子の中国への輸出<sup>19)</sup> B) (図3) は、中国からの

表1 日本における唐辛子輸入量の推移<sup>17)</sup>

	唐辛子輸入数量 (年度別)									
	A (単位: トン)					B (単位: 百万円)				
	2012	2013	2014	2015	2016	2012	2013	2014	2015	2016
中華人民共和国	9,670	12,123	9,972	10,153	9,147	3,352	4,541	4,303	4,888	3,934
スペイン	709	827	806	897	510	281	389	409	447	229
大韓民国	486	417	345	289	335	337	316	237	238	221
チリ	247	246	224	182	124	297	384	338	305	165
メキシコ		121	165	120	115		52	79	73	57
インド				117					58	
その他	363	286	235	195	254	215	234	170	186	207
合計	11,475	14,020	11,747	11,953	10,485	4,482	5,916	5,536	6,195	4,813

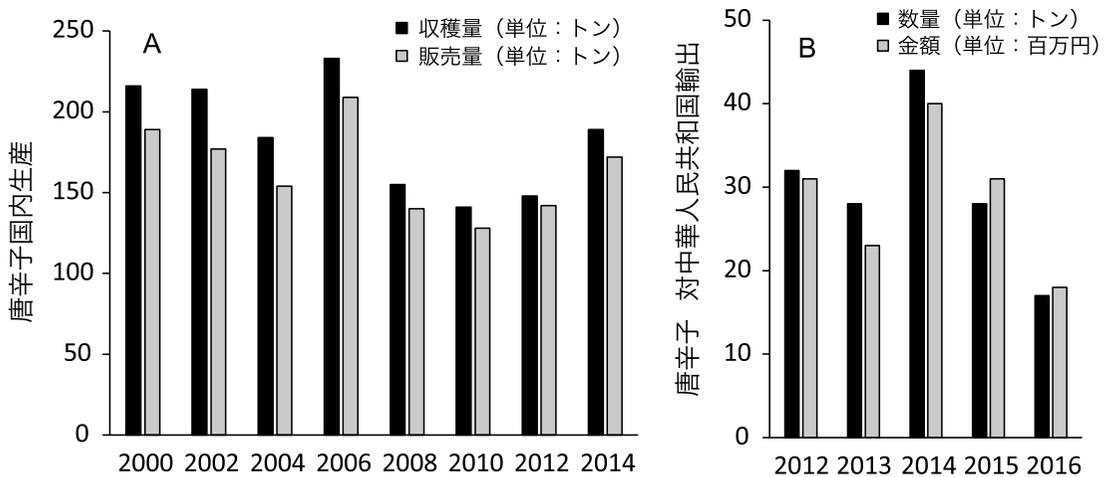


図3 日本における唐辛子の生産 (A) <sup>18)</sup> および日本産唐辛子の中国への輸出 (B) <sup>19)</sup> の推移

輸入のそれとは比較にならないほど小さい (表1)。これにより日本で消費される唐辛子の量に対し国内生産量は非常に小さいため、日本における唐辛子の消費は中国なしには成り立たないことがわかる。甘草は、漢方製剤の主要な構成生薬であり、痛み、アレルギーや炎症を緩和することが報告されている。日本は、甘草の約90%を、中国から輸入している<sup>20)</sup>。中国はまさに、天然資源の宝庫である。

## 神崎 龍志

### 食品安全をめぐる日本と中国の現状

中国料理を嫌いだという人に出会ったことがない。日本人が定番とする中国料理は、「国民食」とされるラーメンに始まり、餃子、マーボ豆腐、チンジャオロースー、春巻き、杏仁豆腐等々があるが、食べたことのない人はほとんどいないはずである。本場のそれとはだいぶかけ離れてはいるが、中国料理はたしかに日本人の食生活に深く浸透している。

では、中国産野菜はどうか。日本は中国最大の食品輸出相手国であり、どこのスーパーにも多くの中国産野菜が並んでいる。しかし、日本人の中には、食の安全性を脅かす事件、とりわけ2007年から2008年にかけて発生し、両国の外交問題にまで発展した毒入り餃子事件以来、中国食品へのアレルギー状態がいまも存在していると言ってよい。結果的には、天洋食品の元従業員の個人的な犯罪行為を、日本のメディアがまるで国家の仕業のようにセンセーショナルに報道しつづけた点、それによって消費者の間に中国産食品はすべて疑わしいという風評が定着してしまった点、また、同事件について中国当局から明確な謝罪がなかった点等の理由によって、中国産野菜や食品に対するイメージ、ひいては中国という国そのものに対するイメージも、不信感というベールに覆われたままになってしまっているように見える。

さて、すでに『史記』に、「民以食为天 (民は食を以って天となす)」という言葉があるように、中国においては古来より食文化が重んじられてきた。近年は、その対句として、「食以安为先 (食は安きを以って先となす)」が付されるようになった。中国経済が持続的成長を続け、庶民の生活レベルが向上するにつれて、食の安全性に対する国民の関心度が増してきたゆえである。実際、富裕層や中間層を中心に「緑色食品」や「有機食品」を求める動きも出てきている。

中国政府も、習近平国家主席自らが、「保障人民群眾舌尖上的安全（庶民の食卓の安全を確保する）」という言葉をつたつたように、食品の安全・安心を喫緊の課題と位置付け、近年、施策の強化につとめている。

2009年には「食品衛生法」が施行され、その後、何度かの改正を経て、2016年にも新たな「食品衛生法」が発表された。その第123条には、「使用を禁止あるいは制限する農薬に関するリスト」が明示され、残留農薬や食品添加物の危険性が指摘されている。かくして、農薬や添加物がいかにひとの健康を害するかというフードリテラシーは、ネットユーザーによる情報発信と拡散も相まって、すでに国民の間に広く認知されはじめている。ただ、ネット上で知識や情報をいくら入手できても、無農薬野菜や有機野菜は通常の野菜に比べて割高なため、それを享受できるかは収入に大きく左右される。貧富の格差や地域間の経済格差が原因となり、結果、食の分断が起こっていることも否めない。

実際、北京、上海、武漢などいくつかの大都市では、米国サンフランシスコ発祥の「農夫市集（ファーマーズマーケット）」が定期開催されるようになってきているが、まだ限られた動きであり、全国的な広がりにはなっていない。しかし、一部の大都市周辺を中心に、民間の有機野菜生産農家が存在するという事実は、「三農問題（農業・農村・農民に関する問題）」が依然として国家的な懸案事項となっている中国において、小さいながらも風穴を開けるような新たな希望の見える展開である。時間はかかるだろうが、この動きが広がることによって、中国の農産品の品質が上がり、農民の収入が増え、農業の活性化につながることを期待したいものである。

さて、振りかえって日本はどうか。私たちは普段、中国食品をはじめとした輸入食品の安全性や品質の低さにばかり目が行きがちだが、足許の日本の食の安全性は果たして本当に信頼しうるものなのか。実際には、おぼつかない点はまだある。

たしかに、地産地消、有機野菜、ファーマーズマーケット、ベジタリアン、スローフード、マクロビオテックなどという用語が日本でもはやされ、健康志向が高まり、関連の活動や運動もおこなわれている。しかし、オーガニック食品は、健康食品専門店かごく少数のスーパーでしか取扱われておらず、まだ庶民にはさほど浸透してはいない。それらはむしろ割高で特殊な贅沢品と見られることのほうが多く、そういう食品を積極的に買い求める人たちを「健康オタク」などといって揶揄する向きさえある。

日本は耕地面積当たりの農薬使用率が世界トップ3位に入る農薬大国である。また、食品に含まれる硝酸態窒素（硝酸イオンのように酸化窒素の形で存在する窒素）、トランス脂肪酸などの発がん性物質や、ミツバチの大量死（CCD: 蜂群崩壊症候群）で注目されるようになった毒性の高いネオニコチノイド系農薬などに対する規制がなく、EUやアメリカに比べるとかなり立ち遅れているとされている。

スーパーの棚に並んでいる野菜が表向きには新鮮に見えることと、それが安全かどうかは別の話である。我々消費者は、食品安全問題に関して、時に度が過ぎるほど敏感な反応をすることがある一方で、事件化されていない、既存の食品中にすでに含まれている農薬や添加物などの隠れたリスクに対してはまだまだ危機感が薄く、悠長に構えているふしがある。

矢野顕子の音楽に、「You are what you eat（食べたものがあなたになる）」という曲があるが、もし健康な生活を送りたいのであれば、輸入、国産の別なく、個々人が「自分の身体と精神の一部となる」食品へのリテラシーを高めていかなければならないだろう。

中国では、食品安全関連の制度の整備が急ピッチに進んでいるが、現実がそれに追いついていない<sup>21)</sup>。一方、日本は、制度の整備は緩慢だが、消費者の食の安全性に対する意識が総じて高いとい

うこともあり、食品関連企業も「安全・安心・信頼」の確保をとっても重要視している。経済のグローバル化に伴い、食品のグローバル化が益々、進む昨今において、日中両国は互いの国情の違いを踏まえながら、二国間での協力体制の構築のみならず多国間の協力枠組みへの積極的な参画を進め、食品安全に関するリスク対策を国内外で講じていく必要があるだろう。

## まとめ (坂上)

中国から伝わった中国料理は、日本人の好みに応じてアレンジされ「中国料理」になった。そのために、旅行で日本に来た中国人からは、日本料理の一種とみられている。例えば、杏仁豆腐は、日本人向けの「中国デザート」として定番になっているが、日本に来て初めて食べたという中国人留学生も多い。したがって、日本と中国における「中国料理」は根本的には、異なると思われる<sup>22)</sup>。

日中の中国料理に対する嗜好性の違いには、習慣による影響も考慮すべきかと思われる。唐辛子に含まれる苦味物質のカプサイシンは、transient receptor potential vanilloid-1 (TRPV-1) という受容体に結合して、痛みや辛味を誘発する<sup>23)</sup>。中国人が辛い物に強いのは、毎日摂取することにより、耐性機構が発生するためではないだろうか？

中国人は日本に旅行に来てはじめて日本の良さを知る。日本を知る中国人やリピーターの数も着実に増えている<sup>24)</sup>。これから訪れる高齢者社会、そして、人材不足という問題に対処するには、有能な人材の確保、待遇の改善<sup>25)</sup>、中国からの資本の導入<sup>26)</sup>も考慮すべきである。「コミュニケーション」は、「運動」、「知的活動」とともに、生活の質の向上に重要である<sup>27)</sup>。国際的コミュニケーション能力を改善し、天然資源の豊富な中国の食文化を取り入れることにより、より健康で明るい生活を送りたいものである。



## Introduction (Hiroshi Sakagami)

### (I) Momentum of China

China has set up two goals: 2021 "Chinese Communist Party 100 years" and 2049 "One hundred years of the foundation of the People's Republic of China", aiming at the realization of "Reconstruction of great Chinese people"<sup>1)</sup>. "One step" is an economic zone concept proposed by China. China is exploring the regional economy of the land (One area) and sea (One way) route from China to Europe. Japan should learn the know-how from China about the group ownership of land, the competition among local governments, the mixed ownership system of companies, the Chinese innovation, and how to approach the uncertainty<sup>2)</sup>. Chinese President Xi Jinping has confirmed his status of "core" in line with Mao Zedong and Deng Xiaoping at the 18th Central Committee Sixth General Assembly (All-Chinese Medium). He is paving a way for establishing an equal status with the United States in the summit with the next president Trump<sup>3)</sup>.

China's newly introduced wind power capacity reached 30.5 million kilowatts in 2015, getting the 1st

share position in the world (occupying 48.4% of the world). China provides maintenance services towards approximately 17,000 wind turbines in more than 500 wind farms around the world<sup>4)</sup>. Hong Kong Nicaragua Canal Development Investment is procuring huge total construction cost as high as \$ 50 billion (6 trillion yen) (about 5 times GDP of Nicaragua) and will achieve the construction of Nicaragua canal in 2019. During 100 years after the construction of canal, China can freely transport supplies and weapons to the Atlantic Ocean without being known to the United State<sup>5)</sup>. The world's largest 500 meter spherical radio telescope (fully encompassing aperture radio telescope) will be constructed in the southern part of Guizhou Province, the southwest China in 2016<sup>6)</sup>. China is increasing the military power in the outer space and launching 142 satellites for the report collection, navigation support, communication and weather observation<sup>7)</sup>.

In China, rain is few except for the southern part of the Yangtze River, and the resultant dry lands have prevented the expansion of the farmland. Therefore, Chinese seed companies are developing genetically modified seed corn and wheat seeds<sup>8)</sup>. Supercomputer developed by the National Parallel Computer Engineering Laboratory Center in China can do the floating point calculation approximately 9.3 Kyo times (Kyo= 1016 times) per second. Its computing speed is about 5 times that of American Titan in third place, about 9 times that of "Kyo" developed by RIKEN and Fujitsu of Japan<sup>9)</sup>.

Oppo and Vivo, China's emerging forces, have doubled the number of shipments of smartphones using high-end (top class) semiconductors<sup>10)</sup>. In China, mobile payment using a smartphone application is spreading. The customers should first charge (deposit) Renminbi to the account that they have previously set up in Appli from their bank account, and then they ask the clerks to read the QR code displayed on the smartphone screen, the fee is paid. The ability of the Chinese government to develop this mobile payment into a world-class settlement platform is being watched<sup>11)</sup>.

## **(II) About the dietary life that supports developing China**

How will the eating habit that supports the progress of China change? Do Chinese people have different palatability of daily food from Japanese? What is the future direction of food industry in both of country?

### **Li Xiao**

The "Eight Regional Cuisines" of China include Anhui, Cantonese, Fujian, Hunan, Jiangsu, Shandong, Sichuan, and Zhejiang cuisines. In China, the most popular cuisine is Sichuan cuisine. In Japan, Mapodoufu, Dandanmian, and Huoguo are well known dishes from Sichuan cuisine. The main feature of Sichuan cuisine is the combined taste of Ma (peppercorn) and La (Sichuan pepper). Sichuan cuisine uses many spices including hot pepper, Sichuan peppercorn, star anise, caoguo and baikou (some of those spices are known as the herbs used in Traditional Chinese Medicine). I did not like spicy food when I was a young girl. One day I went to a newly opened Sichuan Hot Pot restaurant because I was curious. I saw there are many boxes of tissue on the table. I felt a little bit strange about that. But when I ate the food I knew how necessary the tissue was. The Hot Pot had a very delicious smell and red color. The very first taste burned my lips and tongue. I had to wipe away my tears and blow my runny nose all the time while eating. I eventually used a whole box of tissue. However, after eating I felt very exhilarated. Since then I became a big fan of Sichuan food. By the way, almost all people from Sichuan prefecture are good at cooking, especially men. In the cities Chendu and Chongqing in Sichuan, almost all restaurants can serve delicious Dandanmian and Suanlafan, no matter how small and simple they are.

There is an old proverb in China which says "When in Rome do as the Romans do". It means that when you

go to a new place, do what the local people do. Sichuan cuisine is the same. Outside of China, Sichuan cuisine always combines the local style and culture. In Japan, Sichuan cuisine is less spicy and a little sweeter than the original in China. Because Japanese do not like star anise and some other spices, the chefs reduce the spices and put more sugar in to the food. Although this is better for the stomach, for Chinese people who like hot and spicy food, Japanese Sichuan cuisine is not as tasty as the Chinese one. Also in Japanese Chinese restaurants, they use the red pepper markers to rate how spicy the food is. So customers can choose the food they like. Instead of using a big plate to contain one dish for everyone, they like to use small plates for each person.

## Qiujuan Dai

Heralded by the expression of this era, "there is no pleasure without spicy tastes," spicy dishes are becoming indispensable for Chinese dining tables. China is a major producer of red peppers. The area under cultivation, production, and consumption of red peppers in China is the largest in the world. A survey of preferences revealed that, among the five tastes (sour, sweet, bitter, salty and spicy), spicy has been the most preferred taste in China for three consecutive years. Regional dishes seasoned with spicy tastes, such as Sichuan and Hunan cuisines, are popular, and Korean cuisine—known for its spiciness—is the most popular foreign food in China. Further evidence for this spicy-tastes boom in China is that fast food restaurants such as Kentucky Fried Chicken and McDonald's are selling spicy hamburgers.

Prof Lion Yong (Department of History, Southwest University, China) analysed regional eating habits and created a map revealing the popularity of spicy tastes among the Chinese (**Figure 1**). As Figure 1 indicates, areas favoring 1) heavy spicy tastes include Sichuan, Hunan, Hubei, Guizhou and Yunnan Provinces; 2) moderate spicy tastes include Beijing, Shandong, Shanxi, Shaanxi, Gansu, Qinghai, Sinkiang; and 3) light spicy tastes include Shanghai, Jiangsu, Zhejiang, Fujian and Guangdong. As the figure reveals, people across almost all of China, except for certain parts of northern and southern China, exhibit a preferences for spicy tastes.

## 1 Red peppers in China

**Red peppers used for decoration:** Red peppers were transported to China from America via the Malacca Strait and south eastern China 400 years ago, but initially tended to be used for decoration and not consumption. During the late Ming dynasty, China and Jiangnan were the region's richest areas and the residents valued freshness, originality, and sweetness over spiciness in ingredients.

Between the end of the Ming and start of the Qing dynasty, people in Guizhou first tried spicy tastes: Red peppers transformed from decorative plants to indispensable seasonings in Guizhou, Hubei, Hunan, Yunnan and Sichuan. The spread of ingredients and tastes is tied to human migration induced by political, economic and social changes. Between the end of the Ming and beginning of the Qing dynasty, natural disasters and warfare swept China. People abandoned cities for the countryside, where food was scarce, and red peppers became foodstuffs.

The Chinese first started to eat red peppers in mountainous Guizhou Province, in the southwest of the country. Salt was expensive and, as such, often unavailable; red peppers became a salt substitute as well as a seasoning for bitter and rotten vegetables. Moreover, red peppers offer a warming effect that can help people endure long and cold nights. At that time, however, red peppers were not mainstream Chinese cuisine, which valued original flavors and ingredients. Indeed, the consumption was a symbol of poverty. Theories hold that spicy foods are popular in southwestern China because of its humid climate, but socio-cultural factors should not be ignored in understanding and explaining demand.

**Proliferation of hot foods** : Between the Qing Dynasty and establishment of the People's Nation, red peppers enjoyed only limited favour as a seasoning. Reform-driven migration and opening up of the nation encouraged development of spicy foods. The population of Beijing totalled 21.5 million people in 2015, including 8.2 million refugees. Like other major cities (such as Shanghai, Guangzhou and Shenzhen), Beijing has seen its population climb over time as China's predominantly rural population felt pulled to migrate to urban areas, establishing new trends in cuisine in the process. Since the mid-1990s, for example, hot and sour fish, hot and spicy fish, hot hemp pots, and Sichuan fire pots have become popular in Beijing. In short, in the 1990s spicy foods were firmly established on the mainstream culinary stage in China following a build-up and expansion in popularity in earlier parts of the century.

## 2 Why the Chinese have spicy dishes

**Nutrition:** The nutritional merits of red peppers include vitamins A, C, E and K, as well as carotene, folic acid, iron, calcium and vegetable fibre. Eating red peppers has been associated with improvements in blood circulation and they have been lauded for their roles in beauty, dieting and alleviating colds and pains.

**Appetite stimulation:** Red pepper promote secretion of digestive juices and restores appetite. For this reason, seasonings such as red pepper miso are common on Chinese table.

**Stress relief:** Unlike the other four tastes, spicy tastes occasion physical sensations akin to pain. They prompt secretion of pleasurable endorphins and the subsequent relief of stress. Also, red is a cheery color, according to psychologists, and Sichuan cuisine, with its red seasonings and shiny oils, is considered to relieve depression.

**Revitalised sense of taste:** The sense of taste is thought to be altered by the pressures of work and life and restored by spicy flavors.

**Training chefs who can cook spicy foods:** Long training is required to become a premier chef, but in China the education and social standing of chefs is relatively limited. Because chefs need skills and creativity to cook delicious traditional dishes, doing so is difficult for those who are poorly trained. Use of red peppers and oils that yield spicy tastes and numbness can help lesser-skilled chefs cook tasty dishes—which may explain the large number of chefs who cook Sichuan cuisine.

There are hundreds of varieties of edible red peppers in the world. Their use depends on people's experience and tastes. Red peppers can bring out the delicacy in foodstuffs and enhance unaccomplished gastronomy. However spicy tastes are complex and cannot be easily described. They enliven dishes by combining salty, sour, sweet, and bitter tastes. Red peppers enrich Chinese meals and are indispensable in Chinese daily life (**Figure 2**).

## Ryusuke Oishi

### (I) The history of red peppers in Chinese cuisine

Chinese cuisine is known as one of the world's three biggest cuisines<sup>12)</sup>. There are eight regional dishes in Chinese cuisine. Sichuan is one of Chinese cuisine's representative dishes<sup>12)</sup>. Sichuan food is characterized by its spicy taste called "mala." Mala expresses a fusion of two tastes; one is spicy, and the other induces a feeling of numbness<sup>12)</sup>.

According to history, large amounts of red peppers began to be used in Sichuan cuisine at the end of the Ming Dynasty (17th Century)<sup>13)</sup>. Many people are under the impression that red peppers have been used since antiquity; however, they originated in Latin America, and Columbus introduced them into Europe in 1493<sup>14)</sup>. Initially, the Europeans were cautious about the spiciness of red peppers and, much like the case of tomatoes and

potatoes, red peppers did not easily spread across Europe<sup>14)</sup>. Nowadays, the consumption of potatoes is to such an extent that it is considered central to Germany's national cuisine; however, their popularization in the country did not start until the middle of the 19th century<sup>14)</sup>.

Even though Chinese cuisine exhibits regional differences, a unifying feature across Japanese cuisines is their lack of spicy taste.

In Chinese cuisine, cooking methods using high temperature oil and strong fire are popular, and red peppers are frequently used for scenting this oil. By contrast, Japanese cuisine does not use strong fire or spices (i.e., red peppers and Japanese peppers) as heavily as Chinese cuisine does. In addition, Japanese cuisine promulgates ingredients that invoke sweet and salty tastes, rather than spicy. The history of red peppers in China is relatively short-standing, and there is no mention of them in Chinese literature until after the 16th century<sup>13)</sup>. They have been mentioned in Chinese cookbooks only since the 19th Century<sup>13)</sup>. Therefore, it appears that before then Sichuan cuisine was not very spicy<sup>13)</sup>. Since China is a vast country, there are considerable regional differences in cuisines *vis-à-vis* the use of red peppers. Even though there are exceptions, it seems that modern Chinese revolutionaries like spicy tastes<sup>14)</sup>. For example, Deng Xiaoping and Mao Zedong, born in the Sichuan and Hunan provinces, respectively, seemed to like the taste of red peppers<sup>14)</sup>. On the other hand, Sun Yat-sen from Guangdong Province, Chiang Kai-shek from Zhejiang Province, and Lee Teng Hui from Hakka did not seem to particularly like it<sup>14)</sup>.

## (II) Chinese and Japanese cuisine in the wider world

Restaurants serving Chinese food can be found in many places around the world. This has been associated with, and is indicative of, China's increasing "outward orientation"<sup>15)</sup>. Despite its large population, Chinese citizens exhibit positive migration tendencies, and Chinese communities are formed in various destination countries<sup>16)</sup>.

There are so-called "Chinatowns" in many cities of the world, and I had several chances to experience Chinese cuisine while studying abroad.

In particular, while studying in the UK, I often went to eat in the Chinatown in London where many Chinese restaurants stand side by side. Aside from the food service provision function, it simultaneously exists as a tourist attraction. However, as I have mentioned, the characteristics of Chinese cuisine are spatially heterogeneous, and in the case of London's Chinatown, there were many restaurants offering cuisine derived from Hong Kong. This is likely due to the political history the countries share, the UK having ruled Hong Kong until 1997.

In terms of Japan food, even though there are restaurants serving Japanese food across the world, it can be relatively expensive, particularly for students, which reduces its appeal and accessibility relative to other dining options. Indeed, reasonably priced Japanese cuisine is often managed by Korean or Chinese people. I personally think such "Japanese" cuisines are very different from the original. This is a personal opinion based on my own experience. Representative menus of Japanese restaurants abroad offer sushi and tempura. In Japan, tuna is fairly commonly material used in sushi, whereas tuna is only served in very high-class, elite Japanese restaurants abroad. The most popular sushi material abroad is salmon and not tuna. In addition, creative sushi such as California rolls is recognized as Japanese cuisine abroad and is indeed popular. From my perspective as a Japanese person, I find most Japanese food provided abroad is derived from the original cuisine rather than being representative of that cuisine. By contrast, Chinese dishes offered and served abroad better resemble the original dishes that originate from that country; in other words they are more authentic. Nevertheless, Chinese food

served in Japan does not perfectly match that served in China. Indeed, many Chinese dishes served abroad are adjusted in some way to accommodate tastes prevailing in different countries. Moreover, Chinese cuisine abroad is likely to use local ingredients produced in the host country. During my study period in London, I had various classmates from Hong Kong. In their opinion, restaurants serving food of quality similar to that available in Hong Kong were hardly to be found in London. When entering overseas, any new cuisine has to make some changes to gain acceptance among the consumers while trying to protecting the original nature of and culture inherent to that cuisine. Refusing to make these changes, perhaps by placing particular importance on the culture and tradition of food, can reduce demand abroad. The corollary is that high responsiveness to foreign tastes can mean disregarding culture and tradition, leading to degraded Japanese and Chinese style dishes, rather than authentic alternatives.

### (III) Import and export of red peppers

Next, we discuss trends in the Japanese people's consumption of red peppers—specifically, the quantity and price dynamics of Japan's trade in red peppers (a notable ingredient in Chinese cuisine, especially Sichuan dishes). In recent years, Japanese tastes have diversified, and international cuisine is common in large Japanese cities. In particular, younger Japanese people exhibit positive preferences for strongly spiced dishes, and spicy flavors have now penetrated Japanese dining. For example, Korean kimchi is the most popular pickled dish in Japan<sup>14</sup>.

In terms of quantity and price, Japan's import of red peppers from China dominated imports from all other countries between 2012 and 2016 (**Table 1**)<sup>17</sup>. This may be attributed to China's population and land area, which give it extensive capacity to produce red peppers. As shown in **Table 1**, Latin American countries (where red peppers originated), such as Mexico and Chile, produce red peppers, and Spain is Japan's second-largest source of imported red peppers. Moreover, red peppers are prominent in South Korean cuisine. Japan grows and exports red peppers as well. **Figure 3** shows the quantity and value of production of Japanese red peppers (A)<sup>18</sup>; however, their export to China (B)<sup>19</sup> ranks far below the import of red peppers from China (**Table 1**). Ergo, Japanese consumption of red peppers is unsustainable without Chinese imports.

Licorice is a major component of Kampo medicines and is used to alleviate pain, allergies, and inflammation. Approximately 90% of the licorice consumed in Japan is imported from China<sup>20</sup>. For this and other reasons, China is considered to be a treasure house of natural resources.

## Tatsushi Kanzaki

### Food safety in Japan and China

Chinese dishes regarded as classics in Japan include ramen—the national food of Japan—dumplings, mapo tofu, chinjaoro-su, spring rolls, and almond jelly. Although Chinese dishes in Japan differ from those served in China, Chinese food has penetrated Japanese food culture. Japan is China's largest market for exported food and Japanese supermarkets stock many Chinese vegetables.

However, some Japanese reject Chinese foods largely for reasons of safety, owing to occurrences such as the poisoned dumplings incidents in 2007 and 2008. This brought about diplomatic tensions between Japan and China and instilled distrust among the public for Chinese vegetables and foods; further, the image of China more generally was sullied. Criminal acts by former employees of Tianyang Food Products were reported by Japanese media, creating rumors that all Chinese foods are to be looked at suspicion. The Chinese authorities never directly

apologized for the incident.

Since antiquity, right from when historical records proclaimed, "eating food is to be in heaven," food culture has been important in China. More recently, however, the record proclaims that "safety should be a priority for food." As China's economy grows and living standards rise, concerns for food safety have increased. Both wealthy and middle-class Chinese people want organic foods and food without artificial colors and preservatives. President Xi Jinping often speaks of "ensuring the safety of people's dining table."

China's government takes food safety seriously and strengthened relevant legislation in this domain. China enacted the Food Sanitation Law in 2009 and, after several revisions, announced a replacement law in 2016. Section 123 therein specifies restricted or prohibited pesticides and indicates the dangers of residual agricultural chemicals and food additives. The Chinese populace has become educated about the harm of agricultural chemicals and additives, and the internet disseminates such information.

Organic vegetables are expensive; therefore, their consumption is concentrated among those people who are relatively affluent. Consequently, the division of the responsibility of food safety, based on the wealth in different areas, is the need of the hour. Although major cities such as Beijing, Shanghai and Wuhan host farmers' markets, such markets have not spread nationwide. Nonetheless, increasing numbers of farmers grow organic vegetables, mainly around large cities. Agriculture, rural issues, and the welfare of farmers remain national concerns; over the long term, these very factors may raise the quality of agricultural produce and the incomes of Chinese farmers, thus revitalizing Chinese agriculture.

Despite concerns about the quality of imported Chinese foods, the safety of Japanese food is also open to question. Terms such as "local production," "organic vegetables," "farmer's market," "vegetarian foods," "low food," and "macrobiotic" have become commonplace as Japan promotes national health and fitness. However, organic foods are sold only by specialty shops and select supermarkets; moreover, they are expensive and luxurious, and consumers of such foods are dismissed as "health geeks."

Of concern is the use of pesticide per acre of arable land in Japan, now the third highest in the world. Carcinogens such as nitrates, *trans*-fatty acids, and *neo*-nicotinoid pesticides are not regulated, even after the mass death of bees attracted widespread attention. Japanese organic farming practices lag behind those in the European Union and the US. The appearance of freshness in the vegetables that are displayed in supermarkets can unfortunately belie the backstory in terms of their safety for human consumption. Japanese consumers have, paradoxically, become oversensitive to food safety while sensing little danger from pesticides and additives. "You are what you eat," declares a song by Yano Akiko. To enjoy a healthy life, consumers must raise their awareness until "foods become part of your body and spirit." Systems relating to food safety have progressed rapidly in China; however, in reality sellers have not kept pace with these changing systems. Although Japan has been slow in terms of system change, consumers generally relatively aware about food safety-and food companies promote it, at least ostensibly. As food globalizes concomitant with regional and national economies, Japan and China should promote bilateral and multilateral cooperation efforts that accommodate differences in national circumstances. Moreover, it will be necessary to take political measures to mitigate against food safety both at home and abroad.

## **Conclusion (Hiroshi Sakagami)**

Chinese cuisine handed down from China has been arranged and completely changed into the taste of the Japanese, becoming "Chinese cuisine" in Japan. For that reason, Chinese regard them as a kind of Japanese

cuisine, but not that of China, when they visit Japan. For example, Annin tofu has become a standard as "Chinese desert" for Japanese, but many Chinese students experience it for the first time only when they visit Japan. Therefore, "Chinese food" in Japan and China fundamentally are totally different<sup>22)</sup>.

We should consider the possibility that different eating habit between Japan and China may lead to the different palatability against Chinese cuisine. Capsaicin, a bitterness substance contained in red pepper, binds to the receptor known as transient receptor potential vanilloid-1 (TRPV-1) and induces pain and pungency<sup>23)</sup>. Daily intake of capsaicin may have induced tolerance mechanisms against bitter substances.

It is not until the Chinese came to Japan to know the merit of Japan. The number of Chinese and repeaters who know Japan is steadily increasing<sup>24)</sup>. In order to deal with coming elderly society and talent shortage problems, it is important to secure the talented personnel, improve the working environment<sup>25)</sup> and introduce the huge capital from China<sup>26)</sup>. "Communication", along with "exercise" and "intellectual activity", is important for improving the quality of life<sup>27)</sup>. By improving international communication skills and deeply understanding the Chinese food culture rich in natural resources, we will be able to spend a more healthy and enjoyable life.



M.Y.

## 引文 (坂上 宏)

中国正在以 2021 年的中国共产党成立一百周年和 2049 年的中华人民共和国成立一百周年作为两个重要的时间节点，为实现中华民族的伟大复兴而进行奋斗<sup>1)</sup>。“一带一路”是中国跨地区经济的合作倡议。我认为日本应该在土地的集体所有，地方政府与地方政府之间的竞争，企业的混合所有制，中国式创新，针对不确定因素的应对能力等方面多学一学中国的经验<sup>2)</sup>。“一带”指的是陆上“丝绸之路”，从中国到欧洲的一条带状之路。“一路”是指海上“丝绸之路”。在第十八届六中全会第六次全体会议中明确习近平主席为党的核心，赋予与毛泽东，邓小平同等领导地位。不难预测在不远的将来习近平主席与美国的下一任总统特朗普的一定要举行中美两国首脑会晤，中国作为与美国对等立场的超级大国正在为首脑会谈的举办构建坚实的基础<sup>3)</sup>。

2015 年，中国的新增风力发电容量同比增长 31.5% 为 3,050 万千瓦，占全球总量的 48.4% 跃居世界第一。并在世界各地的 500 多所风电站的约一万七千台风电机提供维修保养等服务<sup>4)</sup>。

同时，针对香港尼加拉瓜运河开发的总投资规模约达 500 亿美元（6 万亿日元，约为尼加拉瓜 GDP 5 倍），预计将在 2019 年完工。由于承建运河的中国企业拥有 100 年经营权利，可使中国在美国不知情的情况下向大西洋输送物资和武器<sup>5)</sup>。在贵州省的四面环山的低洼地带正在建设的世界最大单口径射电望远镜——500 米口径球面射电望远镜，主体工程已于 2016 年完工<sup>6)</sup>。中国的太空武器也得到了进一步的增强，为继续巩固信息收集，支援导航，信息通讯，气象观测等方面的发展，已成功发射了 142 颗人造卫星<sup>7)</sup>。

## 肖 黎

中华八大菜系中有鲁菜，苏菜，浙菜，徽菜，闽菜，粤菜，湘菜和川菜。其中在中国最受人欢迎的要数川菜了。在日本提起川菜，麻婆豆腐，担担面和火锅都是耳熟能详的中国料理。川菜以麻辣味为特征，除了众所周知的辣椒和四川花椒之外，川菜还用大小茴香，草果和白蔻等数十种香料来调味（其中许多调味香料还作为具有健脾和胃功效的中药被人熟知）。笔者原本不喜欢吃辣的，曾经因为好奇去了在故乡河南省刚开业的一家川菜馆。当时看到餐桌上放了很多的餐巾纸，觉得很不可思议。等到吃上通红的火锅，我才明白大量餐巾纸的用途——那鲜香麻辣的火锅麻痹了我的唇舌，刺激了我的泪腺和鼻腔黏膜——结果就是我不需要用大量的餐巾纸去擦拭大量涌出的眼泪和鼻涕。虽然如此，饭后我感到从来没有过的爽快。自此以后，我成了川菜的忠实粉丝。顺便说一句，四川人几乎个个都是烹饪高手，尤其是男士。在四川的成都和重庆，无论多么破烂的小店都能端出咸鲜辣香的担担面和酸辣粉，是美食的天国。

中国有一句古话，叫做入乡随俗，川菜也不例外，被华侨传到世界各地的川菜大多结合当地的文化 and 特色，材料，味道和烹饪的方法都受到当地的影响，呈现出多样化。日本的川菜也体现了日本的风格——减少了大茴等日本人不喜欢的香料，添加了糖类和调味酒。另外日本产的豆腐，肉类和蔬菜比中国产的味道清淡。因此，和中国的川菜比起来，日本的川菜麻辣不足，甜味有余，虽然对胃肠的刺激作用小，可对于习惯于辛辣厚味的中国人来说就有点欠缺厚实醇浓了。另外，除了味道之外，日本的中国料理店也有自己的服务特色。例如，用辣椒的图形来标识辣味的程度（辣椒图形的数目越多表明越辣），客人可以根据自己的喜好选择。再有，很多日本的中华料理店还模仿法国餐馆的上菜方式，每道菜都按人数分成小份，将麻婆豆腐和担担面用精致的餐具装盘，按照顺序上菜。

## 戴秋娟

中国人正在进入“无辣不欢”的时代。无论是豆瓣酱还是老干妈，中国人的餐桌上已经越来越离不开辣的味道，中国也成了一个名副其实的辣椒大国：辣椒种植面积居世界第一。在中国，辣椒的种植面积仅次于“国民蔬菜”大白菜，辣椒产量居世界第一，辣椒消费量居世界第一，吃辣椒的人数也是世界第一。

一项调查显示，在酸甜苦辣咸五味中，老百姓最喜欢“辣”；辣”连续3年居首。菜系中，以辣为特色的川菜和湘菜位居前两名；国外饮食上，也是偏重辣味的韩国料理排在首位。全球快餐连锁肯德基和麦当劳自然也不落后，一改美国少辣的饮食习惯，在中国餐饮市场竞相比辣。肯德基推出主打川味的口水鸡汉堡后，麦当劳紧接着推出了“看看你能吃多辣”的三款辣汉堡，而后肯德基再次出招，推出“川辣嫩牛五方”。

西南大学历史地理研究所蓝勇教授对中国饮食辛辣口味分析后，绘制出了中国“吃辣”版图（图）。“重辣区”包括四川，湖南，湖北，贵州等地；北方是“微辣区”，包括北京，山东，山西，陕西，甘肃，青海，新疆等地；山东以南的东南沿海，包括江苏，上海，浙江，福建，广东等地，为“淡辣区”。除南部和北部省市外，中国已经被“辣”所覆盖。

### (I) 辣椒在中国

作为观赏植物的辣椒：辣椒起初只是作为观赏作物和药物自明末从美洲经马六甲，中国东南沿海传入中国江南地区的。明末时期，江南富庶，富庶之地，讲究饮食，那时的饮食是以原味为美，任何烹饪理念都以体现食材原味为境界。从口感上，以甜为贵，甜是更为体现身份的味道。辣这种味道在当时是难以登上大雅之堂的，也难以在烹饪中占据哪怕半点席位的。

明末清初，贵州人先吃辣：那么辣椒是如何从一种观赏性植物成为人们餐桌上必不可少的味道？又

是如何从江南传到中国广大的西南片区，湖南，湖北，江西，云南，贵州，四川是如何成为嗜辣之地？每一种食材的普及，每一种味道的迁移，都来源于人的迁徙与融汇。如果不从经济，政治，时代变迁的角度看食物的变化，犹如缘木求鱼。明朝末年，一场天灾和战乱席卷了大半个中国，在食物及其紧缺的情况下，辣椒打进了中国人的肠胃。根据记载，最先食用辣椒的是万山环抱的贵州，因为食盐昂贵，蔬菜极其短缺，辣椒起到了盐的作用。边民日子辛苦，只能以野菜为生，野菜往往有苦涩味，难以下咽，以辣椒混合，可以掩盖苦涩，使野菜也有滋有味；食物放久了，往往有腐败变味，即便食材不新鲜，与辣椒一起食用，也可以勉强下咽；辣椒吃完身体发热发汗，令人感觉温暖，可以捱过苦寒之夜。至乾隆年间（1736年至1795年），贵州地区已经开始大量食用辣椒。需要注意的是，即便在清末民初，吃辣也是一件不上台面的事，当时的官府菜也是遵循着尚本味的吃法。

还有一种说法吃辣与当地地形和气候有关，比如四川位于盆地，贵州，湖南，湖北多为丘陵，这些地方都很潮湿，冬天更是阴冷。人们需要多吃辣椒，以达到除风发汗，行痰除湿的作用。笔者认为，作为观赏植物的辣椒在中国演变为一种重要的食材，与气候和社会需求皆有关系。

**辣江湖初登场：**真正的辣江湖启蒙运动也是伴随着一场巨大的人口迁移开始的。在改革开放之后的30年中，也是城乡二元对立逐渐松绑的30年，更迅猛的移民潮发生在中国大地。以我生活的北京为例，根据官方数字，2015年末北京常住人口2151.6万人中外来人口达到818.7万。上海，广州，深圳等大城市莫不是如此，来自全国各地的人口在城市聚集，势必会影响城市的普遍口感。以北京为例，自90年代中期开始先后流行酸菜鱼，水煮鱼，麻辣香锅，四川火锅，几乎所有民间流行的味道都与辣椒有深厚的关联，可以说辣的新世界发轫于上世纪80年代中后期，蓬勃于90年代，爆发于21世纪最初的10年。

## （II）中国人为何对“辣”如此青睐

**营养丰富：**近年来，辣椒的营养价值被广为称赞，促使人们尝试吃辣。首先，辣椒富含多种维生素，包含B族维生素和维生素A，维生素C，维生素E，维生素K，胡萝卜素，叶酸等；其次，辣椒含有钙，铁等矿物质以及膳食纤维。国内外最新研究还表明，吃辣有暖胃驱寒，促进血液循环，美容，降脂减肥，止痛散热等益处。

**开胃：**有研究表明辣椒能促进消化液分泌，可开胃，消食。人们在没有食欲时，只要吃些辣椒，马上就会胃口大开，因此辣椒也成了人们佐餐的宠儿。

**有助缓解压力：**与酸甜苦辣咸不同，严格讲“辣”并不是一种味道，而是身体灼烧的刺激感。这种刺激感所带来的痛，会促使身体分泌大量内啡肽（一种化学物质），让人产生愉悦感。当刺激消退，人的压力也随之得到释放。有心理学者表示，红色本身可以振奋人心，辣椒的“红”也有这样的作用，能让疲惫的人在心理上得到振奋。这也是红晃晃，油亮亮的川菜之所以受欢迎的原因之一吧。

**味觉“退化”，需要刺激：**有专家指出“快节奏的生活改变了人们的味蕾。”现代生活的压力，使味觉变得迟钝。当人们在很多东西抱怨“没味道”时，诸如“辣”这样的刺激性口味就成了追求的必然。

**会做辣菜的厨师人才辈出：**在餐饮这个江湖中，有名厨有大师，然而这都是金字塔的顶端。行业从业者普遍来说，教育程度不高，苦出身的居多，这就决定了厨师行业是一个流动率很高且社会地位不高的劳动服务业。而烹饪一道好的美食更是需要高超的技巧与创新能力。这对大多数教育程度不高，没有太多味觉阅历的厨师来说，几乎是一件不可能的事。重麻，重辣，重油的菜品自然是一个方便之门。并不需要太多吊汤的技术，也无需反复锤炼的刀功，甚至不需要太多火候的精妙掌握，就可以做出一份重口味的美食。供给在一定意义上可以决定市场走向，重口味的川菜红遍大江南北与此不无关系。

世界上能够食用的辣椒有上百种，不同的辣椒种类可以代表当地人对味觉的体验与态度。作为辅料和佐料的辣椒一旦出现，总是能够加倍地激发出主料食材的无限潜能，伴随着辣的味觉同时传达出的

香，鲜，爽，让所有普通食材瞬间出落成款款美味，饕餮着人们的舌尖感受。辣这种口味让人难以捉摸，它有时甚至包含了所有其它的味觉感受，它能像咸一样提味，又有着酸的刺激，苦的回味，还像甜一样使人产生迷幻和欲罢不能的感受。辣椒没有显赫身世，家常而平凡，它慰藉着一代又一代清贫的胃口，也关照着数亿中国人的一日三餐。从辣椒来到中国的那一刻起，就注定与中国人的日常生活休戚相关。

## 大石 隆介

### (I) 中餐与辣椒的历史

中餐被誉为世界三大菜系之一。中餐有八大地方菜系，四川菜是其代表之一<sup>12)</sup>。川菜的特点是辣，而这种辣称之为“麻辣”，花椒的“麻”和辣椒的“辣”融合而成的味道<sup>12)</sup>。

据说川菜大量使用香辣调料，尤其是辣椒，始于明朝末期（17世纪）<sup>13)</sup>。人们往往误以为辣椒是中国土生土长的，其实原产地是中南美，据说1493年哥伦布将它带回欧洲<sup>14)</sup>。由于其辣无比，人们产生了戒备心，使得从中南美带来的西红柿和土豆也没能普及<sup>14)</sup>。而如今，土豆广为所食，甚至堪称德国的国民食品，如此广泛的普及还是到了19世纪后半期<sup>14)</sup>。

中餐地域差异很大，而像川菜这样的辣在日本料理里是没有的。

用大火和高温油烹调是中餐中最为常用的烹调方法，人们常在油里放入辣椒煎出香味。而日本料理不太使用大火，辣椒，花椒等香辣调料也不如中餐中用得那么多。日本料理非常注重保持食材原有的味道，有甜味，咸味，但辣味较少。

如上所述，辣椒是17世纪传入，19世纪在中国的食谱中才有记载。之前的川菜是不辣的<sup>13)</sup>。

中国幅员辽阔，不同地区在辣椒的使用上差异很大。

尽管不能一概而论，据说近代中国的革命家似乎嗜好极辣味的居多。湖南出生的毛泽东，四川省出生的邓小平都嗜好辣味。相比之下，国民党广东省出生的孙中山，浙江省出生的蒋介石，客家出生的李登辉据说不爱吃辣的<sup>14)</sup>。

### (II) 世界各国的中餐和日本料理

世界上任何地方都能吃到中餐。这与中国人的外向性不无关系<sup>15)</sup>。中国拥有庞大的人口，而且积极向国外移民，并在当地形成一个中国人居住区<sup>16)</sup>。因此，世界上的很多城市都有唐人街。笔者在国外留学时也常有机会品尝中餐。特别是在英国留学时，经常去伦敦的唐人街吃饭。那里中餐店鳞次栉比，堪称伦敦的一处观光点。但正如我刚才所说，同样是中餐，不同地区味道各异。伦敦唐人街以香港中餐居多。这与英国曾经统治过香港的历史背景有关。

一方面，国外也有很多日本料理店，但大多是高级餐厅，对于学生来说有点高不可攀。而价格实惠的日本料理店大多是韩国人或中国人经营的，与日本料理似是而非。出于本人的经验，笔者个人认为，寿司和天妇罗在国外是代表性的日餐。在日本，最具代表性的寿司当推金枪鱼，而在国外一般只有非常高级的日本料理店里才有。国外最常见的寿司可以说是三文鱼。以“加州卷”为代表的创意寿司在国外认知度高，很受欢迎。

笔者从日本人的角度来看，国外的日本料理，除了高级餐厅以外，大多与日本本土的料理大相径庭，而相比之下中餐店即便是大众级别的也与正宗的中餐不相上下。但是，正如日本的中餐与中国本土的并不完全一致，国外的中餐也迎合了当地人的口味，使用的也大多是当地的食材。伦敦留学时，笔者有几位香港的留学生朋友，他们说伦敦的唐人街也几乎没有与香港的中餐同等水平的。

无论是日本还是中国，任何国家的饮食在输出到别国之际，也许都必须在维持本国饮食文化的同时，进行必要的变革，以便被当地人所接受。如果一味注重保持文化和传统而拒绝变革，将有可能不被他国所接受。然而，反之轻视文化和传统的人所提供的饮食将与正宗的大相径庭，从而沦落为似是而非

的日本料理或中餐。

### (III) 日本的辣椒进出口情况

辣椒是中餐（尤其是四川菜）的一大特色，接下来我想从日本的辣椒进出口的金额和数量上来分析日本人近年来辣椒的消费动向。

近年来，日本人的嗜好日趋多样化，在东京等许多大都市都能品尝到全世界的各种料理。日本人，尤其是年轻人已不再拘泥于日本菜，越来越多的人开始喜欢香辣调味料较浓的菜肴。这说明以前不曾有过的辣味正渗透到日本人的饮食生活中。顺便介绍一下，据说日本国内卖得最好的腌菜是朝鲜辣白菜。国外进口的辣椒 [量 (A) 与金额 (B)] 中国占绝大多数<sup>17)</sup> (表 1)。由此可见，日本在很大程度上依赖于中国的辣椒进口。这是因为中国人口多，幅员辽阔，辣椒产能大，同时具备地理上的优势。除中国以外，日本还从辣椒原产地中南美的墨西哥，智利以及欧洲（西班牙）进口。此外，辣椒在饮食文化中占据重要地位的韩国也榜上有名。

日本也生产辣椒，一部分出口到国外。但是日本国内的辣椒生产（量与金额）(A)<sup>18)</sup> 以及日本产辣椒对华出口<sup>19)</sup> B) (图 3) 远远不及从中国的进口 (表 1)。由此可见，日本国内的辣椒产量远远小于国内的辣椒消费量，因此，日本的辣椒消费离不开中国的进口。甘草是中药的主要药材之一，具有缓解疼痛，过敏和炎症的作用。日本 90% 的甘草从中国进口。中国不愧是天然资源的宝库。

## 神崎 龍志

### 日本与中国食品安全的现状

从没见过不喜欢吃中餐的人。日本最常见的中餐，从被称为“国民食品”的拉面到饺子，麻婆豆腐，青椒肉丝，春卷，杏仁豆腐等等，几乎没有人没吃过。虽然与正宗的中餐相去甚远，却的确已渗透到日本人的饮食生活中了。

那么，中国产的蔬菜怎么样呢？日本是中国最大的食品出口国，无论那家超市都摆放着许多中国产蔬菜。但是，威胁到食品安全的事件，尤其是 2007 年到 2008 年所发生的甚至升级为两国外交关系的“毒饺子事件”，使日本人对中国食品至今依然心有余悸。本来是天津食品原职工的个人犯罪行为，经日本媒体的大肆渲染报道，似乎成了国家谋划的罪行，致使消费者中广为流传只要是“中国产食品”就可疑的谣传。而中国当局也无就此事件明确表示道歉。结果，出于上述种种原因，中国产蔬菜和其他食品，甚至中国整个国家形象都被笼罩了一层无信用的阴影。

《史记》中记载：“民以食为天”，中国自古以来就十分注重饮食文化。近年来，又出下联：“食以安为先”。这是因为伴随着中国经济的持续增长，老百姓生活水平的不断提高，人们对食品安全的关注度越来越高。事实上，以富裕阶层和中产阶级为主，已经出现了对“绿色食品”，“有机食品”的需求。国家主席习近平曾不止一次地提到“保障人民群众舌尖上的安全”，中国政府也将食品的安全可靠定位为当务之急，近年来正在强化这方面的措施。

2009 年《食品安全法》实施，之后经过了几次修改，2016 年又公布了新的《食品卫生法》。其中第 123 条明确提出“禁止或限制使用的农药清单”，指出了残留农药和食品添加剂的危险性。人们开始逐步认识到农药和添加物等对健康的危害，伴随着网络用户的信息发送和扩散，“食品素养”已渐渐被老百姓认知。但是，即便从网络上获取再多的知识和信息，由于无农药蔬菜，有机蔬菜比普通蔬菜昂贵，能否享受得起还要看收入情况。不可否认，贫富差距，地区间的经济差异也造成了饮食领域的两极分化。

事实上，北京，上海，武汉等一些大城市已开始定期举办发祥于美国旧金山的“农夫市集”，但毕竟还只是局限于部分大城市，尚未推广到全国范围。尽管如此，生产有机蔬菜的农民已悄然出现在部

分大城市周辺，这一事实对于全国“三农问题”（农业，农村，农民相关的问题）依然悬而未决的中国来说，就好像开启了一扇虽小却充满光明的希望之窗。也许路程还很遥远，但随着这一动向的不断扩大，中国农产品质量的提高，农民收入的增加，搞活农业定会前景有望。

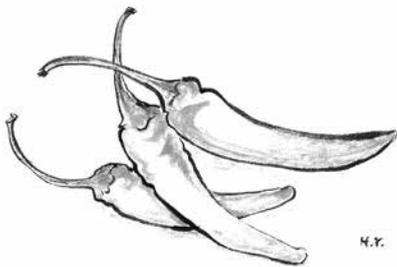
再回过头来看一下日本。我们平时只知道以中国食品为主的进口食品安全性和品质较低，而我们身边的日本食品的安全性真的就那么令人信赖吗？其实，也未必如此。

的确，地产地消，有机蔬菜，农夫市集，素食者，慢餐，粗粮素食养生法等时髦词语在日本也很流行，人们的健康意识得到提高，并开展各种相关活动和运动等。但是，有机食品只有在健康食品专卖店，或极少数的超市才能买到，尚未渗透到普通百姓人家。人们将其视为昂贵的特殊奢侈品，甚至有人奚落那些积极寻求这些食品的人，称他们为“保健迷”。

日本每单位耕地面积的农药使用率是世界前三名，堪称农药大国。对于食品中所含硝酸态氮（像硝酸离子之类的以氧化氮的形式存在的氮），反式脂肪酸等致癌物质，以及因蜜蜂大量死亡（CCD：蜂群崩溃综合症）而引起关注的高毒性新烟碱类杀虫剂等没有限制，远远落后于欧盟和美国。

超市货架上摆放的蔬菜看上去很新鲜，但是否安全却是另一码事。我们消费者对于食品安全问题有时表现得过于敏感；而另一方面对于尚未构成事件的现有食品中已经含有的农药和添加物等隐患，却缺乏危机感，等闲视之。

矢野显子有一首歌《You are what you eat（吃什么你就是什么）》，如果想过健康的生活，就不应该拘泥于其是否是进口食品，是哪个国家生产的食品；而必须提高个人对食品的素养，因为食品将变成“你自身的肉体和精神的一部分”。



中国正在紧锣密鼓地推进食品安全相关制度的建设，但现实还没有跟上<sup>21)</sup>。而日本，建立制度的步伐虽然缓慢，但消费者拥有相当高的食品安全意识，因此，食品相关企业十分重视确保食品的“安全，安心，可靠”。随着经济的全球化进展，食品也越来越全球化，日中两国有必要在认识到两国国情各异的基础上，构筑双边合作体制，同时积极推进多边合作框架，在国内外采取食品安全风险对策。

## 参考文献

1. 小原凡司：中国が試す日米の抑止力，週刊東洋経済，11.12, p56-57. 2016.
2. 梶谷懐：一带一路の「あいまいさ」を高評価する欧州の知識人，週刊東洋経済，11.5, p84-85. 2016.
3. 金子秀敏：中国視窓，トランプ大統領旋風は習氏「核心体制」に追い風，週刊エコノミスト，12/6, p61. 2016.
4. 富岡浩司：新疆金風科技，世界最大の風力関連企業，エコノミスト 94(31): 68-69, 2016.
5. 小原凡司：中国がいよいよニカラグア運河建設へ，米国の裏庭で築く「植民地」，Wedge, July, 70-74. 2016.
6. Wei Yang: Boost basic research in China, *Nature* 534: 467469, 2016.
7. ジョナサン・ブローダー：米軍が宇宙で敗北する日，*Newsweek* 12.13, p29-31. 2016.
8. 茅野信行：農薬・種子会社の再編進む 中国が狙う農業の世界覇権，週刊エコノミスト，11.15. p42-43. 2016.
9. 小林雅一：中国スパコンが速度で圧勝，米国は AI チップに舵を切る。エコノミスト 94(31): 86-87, 2016.
10. 東出拓己：絶好調の半導体装置，日中台で上昇気流，週刊東洋経済，11.26, p23. 2016.
11. 矢作大祐：中国で普及するモバイル決済，世界共通プラットフォーム構築か，週刊エコノミスト，12/6, p78-80. 2016.

12. 中川正道, 張勇: 四川料理の旅, 書肆侃侃房 (しょしかんかんぼう) 2014 年 1 月
13. 張競: 中国料理の文化史, ちくま文庫, 2013 年 6 月
14. 山本紀夫: トウガラシの世界史, 中公新書, 2016 年 6 月
15. 大石隆介, 坂上宏: 国際的コミュニケーション能力の重要性 (2), *New Food Industry*, **58** (8) 72—79, 2016.
16. 坂上宏, 生宏, 大石隆介: 国際的コミュニケーション能力の重要性 (1)- 語学力は強力な武器になる—, *New Food Industry*, **58** (7), 81-94, 2016.
17. 財務省貿易統計: 品別国別表 ([www.customs.go.jp/toukei/srch/index.htm?M=01&P=0](http://www.customs.go.jp/toukei/srch/index.htm?M=01&P=0))
18. 農林水産省: 地域特産野菜生産状況 ([www.estat.go.jp/SGI/estat/GL02020101.do?method=extendTclass&refTarget=toukeihyo&listFormat=hierarchy&statCode=00500501&tstatCode=&tclass1=&tclass2=&tclass3=&tclass4=&tclass5](http://www.estat.go.jp/SGI/estat/GL02020101.do?method=extendTclass&refTarget=toukeihyo&listFormat=hierarchy&statCode=00500501&tstatCode=&tclass1=&tclass2=&tclass3=&tclass4=&tclass5))
19. 財務省貿易統計: 国別品別表 ([www.customs.go.jp/toukei/srch/index.html?M=03&P=0](http://www.customs.go.jp/toukei/srch/index.html?M=03&P=0))
20. Oishi R: Chapter 3 Trading of Licorice between Japan and China: Future Market Prospects. "Biological Activities and Action Mechanisms of Licorice Ingredients " (Ed. Sakagami, Intech, ISBN 978-953-51-5195-1. pp.37-56 (April, 2017)
21. 氷川殊恵: 食のグローバル競争 食品規格の統一目指す国際企業 出遅れた日本はシェア縮小も, 週刊エコノミスト, 12.13, p92-95. 2016.
22. 山下清海: 新・中華街, 世界各地で, 華人社会は変貌する, 講談社選書メチエ, 9.10, 2016.
23. Nilius B, Appendino G.Spices: the savory and beneficial science of pungency. *Rev PhysiolBiochemPharmacol*. 2013;164:1-76. doi: 10.1007/112\_2013\_11.
24. 麻生晴一郎: 中国人は日本人を本当はどう見ているのか? 宝島社新書, 12.24, 2012.
25. 結城康博: 外国人労働者を介護分野へ 人材不足の切り札ちとはならず, 週刊エコノミスト, 11.22, p38-39. 2016.
26. 坂本幸雄: 漂流ものづくり大国の治し方, 私が中国資本と手を組み半導体企業を設立したわけ, *Wedge* **28** (5): 45, 2016.
27. 浦上克哉: 認知症予防の Q&A, 週刊東洋経済, 10.8, p74-75. 2016.

---

連絡先

坂上宏: 明海大学 歯科医学総合研究所 (M-RIO)  
e-mail: sakagami@dent.meikai.ac.jp

肖黎: 日本歯科大学生命歯学部薬理学講座  
e-mail: xiaoli@tky.ndu.ac.jp

戴秋娟: 北京外国語大学日本語学部  
e-mail: daiqiujuan@yahoo.co.jp

大石隆介: 明海大学経済学部  
e-mail: r-o@meikai.ac.jp

神崎龍志: 明海大学外国語学部  
e-mail: kanzaki@meikai.ac.jp

イラスト: H.Y.

## くるみの摂取で“精子の質”が改善する可能性を示唆

くるみを摂取すると、男性の生殖能力にとって重要な“精子の質”が改善されるという可能性が、最近の研究で示唆されました。

一日当たり 75 グラム（約 2.5 オンス）のくるみを加えた食事を摂取することで、精子細胞の障害（脂質過酸化反応）が減少し、精子細胞の質を決定する主要要素である運動性（動き）や形態（正常な形状）が改善される可能性があることをデラウエア大学の研究者が発見しました<sup>1)</sup>。

脂質過酸化反応による細胞の障害は、主に多価不飽和脂肪酸（PUFA）で構成される精子の膜に害を及ぼします。PUFA は体の細胞の成長、維持にとって重要な栄養素の供給源です。くるみは大部分が PUFA で構成された唯一のナッツで、くるみ 1 オンス（約 28g）に含まれる総脂質 18 グラムのうち、13 グラムを PUFA が占めています。

国際家族計画（Family Planning International）によると、現在世界中の夫婦の約 10% が不妊であるといわれています。不妊の原因の 25% を占めるとされる男性不妊症はますます重要な課題となっています。厚生労働省の直近の発表では、日本における合計特殊出生率は 2015 年では 1.45 と、2005 年の 1.26 を底に緩やかな回復傾向にある一方、2016 年の出生率（人口千対）は 7.8 と推計され 2015 年の確定値である 8.0 から減少傾向にあります。

「くるみを摂取することで精子の質が改善され、その要因が精子細胞の過酸化による損傷を減少することである可能性が発見できました」と研究を率いたデラウエア大学の Patricia A. Martin-DeLeon 博士（PhD）は述べています。「くるみのどの成分が原因であるかを把握するにはさらに研究が必要ですが、この研究結果はくるみが精子の健康に役立つ可能性を示唆しています。」

この研究は既に発表されているカリフォルニア州立大学の Wendie A. Robbins 博士による研究結果の裏付けとなりました。Robbins 博士の介入試験では、くるみを一日 75 グラム（約 2.5 オンス）摂取した群、くるみを摂取しなかった群と比較し、精子の活力、運動性、形態が改善したことが示されていました<sup>2)</sup>。

2012 年に「生殖生物学（Biology of Reproduction）」で発表されたこの結果に着目した Martin-DeLeon 博士は、くるみを加えた餌によって精子が改善されるメカニズムについて研究を始めました。健康な雄のマウスと遺伝子的に不妊（Pmca4-/- 遺伝子欠失）であるマウスにくるみを加えた餌とくるみを含まない餌（対照群）を無作為に割り当て、9-11 週間追跡調査を行いました。くるみ入りの餌を与えたマウスのうち、生殖能力のあるマウスでは精子の運動性と形態に有意な改善があり、生殖能力のないマウスでは精子の形態に有意な改善がみられました。どちらのグループにも脂質過酸化反応の有意な減少がみられたものの、遺伝子欠失によって生殖能力を失っているマウスの精子の運動性におよぼす傷害を覆すことはできませんでした。



この動物実験ではくるみがどのように精子の質を改善するかに焦点を当て、くるみにどのような効果をもたらすかを証明した臨床試験の結果を追跡しています。精子の質改善の要因に目を向けたこの研究は、今後の研究にとって大変価値があると思います」と Robbins 博士は述べています。

カリフォルニアくるみ協会は25年以上にわたりくるみの健康効果についての研究をサポートしており、この研究に必要なくるみを提供しました。

## ■参考

- 1) Coffua LS, Martin-DeLeon PA.: Effectiveness of a walnuts-enriched diet on murine sperm: involvement of reduced peroxidative damage. *Heliyon*. **3** (2): 2017.
- 2) カリフォルニア州立大学公衆衛生学科および看護学科 Wendie A. Robbins 博士 (PhD, RN, FAAN) が率いた無作為化比較対象試験で男性の生殖能力におけるくるみの潜在的な役割を証明。  
Robbins WA, Xun L, FitzGerald LZ, *et al.*: Walnuts improve semen quality in men consuming a Western-style diet: randomized control dietary intervention trial. *Biol Reprod*. **X**, **87** (4) :101, 2017.

## ■カリフォルニアくるみ協会 (California Walnut Commission/CWC) とは

現在、カリフォルニアのくるみ産業界は4,000以上の生産者と90以上の加工・販売業者から成り、世界で取引されるくるみの2/3を生産しています。1987年に設立されたカリフォルニアくるみ協会は、生産者の課徴金と米国連邦農務省からの資金を得て、カリフォルニア州食品農業局 (CDFA) の管轄のもとに各種調査・研究、輸出相手国で商品の販売を伴わない啓蒙活動を行う非営利団体です。対日活動は1986年にスタートし、その主な役割はカリフォルニア産くるみの需要拡大を目的とする宣伝、PR、販売促進、調査などを企画実施することにあります。海外では日本のほか、韓国、中国、インド、ドイツ、スペイン、EU、トルコに代表事務所を置き、高品質なカリフォルニア産くるみを広めるための様々なマーケティング活動を展開しています。

カリフォルニアくるみ協会のホームページでは、くるみのレシピ、栄養や健康効果を紹介しています。くるみと魚のレシピ、地中海食レシピなど、くるみを使ったレシピこちら。

<http://www.californiakurumi.jp/recipe/>

カリフォルニアくるみに関する健康情報、レシピ、または産業界に関する情報は、  
<http://www.walnuts.org/> (英語) および <http://www.californiakurumi.jp/> (日本語) まで。

## ●本件に関するお問合せ●

カリフォルニアくるみ協会 日本代表事務所

担当: 中川 聡美・金子 美和

TEL : 03-3505-6204

FAX : 03-3505-6353

Email: [kurumi@uniflex-marketing.com](mailto:kurumi@uniflex-marketing.com)

URL : <http://www.californiakurumi.jp/>

## New Food Industry のアドバイザーボード

月刊 New Food Industry は、「アドバイザーボード」を設置しております。本「アドバイザーボード」は、弊誌の学術業界誌としてふさわしい論文・解説記事の掲載、査読誌としての編集課題等、社外の有識者の意見を得ることを目的としております。また、研究者のご紹介など有意義なご指導・ご助言をいただき、編集委員会として貢献していただいているものです。

■ボードメンバー（敬称略 / 五十音順）	
氏名	所属
大石 隆介氏	明海大学 経済学部経済学科
大谷 元氏	信州大学名誉教授
岡 希太郎氏	東京薬科大学名誉教授
坂上 宏氏	明海大学歯科医学総合研究所（M-RIO）
宮尾 茂雄氏	東京家政大学教授
山口 正義氏	University of California, Los Angeles (UCLA) 医学部 (University of Hawaii Cancer Center Adjunct Professor 兼務)

<http://www.newfoodindustry.com/>

### ニューフードインダストリー 第59巻 第6号

印刷 平成 29 年 5 月 20 日  
 発行 平成 29 年 6 月 1 日  
 発行人 平井 朋美  
 編集人 今西 和政  
 発行所 株式会社食品資材研究会  
 〒101-0038 東京都千代田区神田美倉町10(共同ビル新神田)  
 TEL : 03-3254-9191 (代表)  
 FAX : 03-3256-9559  
 振込先: 三菱東京UFJ銀行 京橋支店(普通)0070318  
 三井住友銀行 日本橋支店(当座)6551432

印刷所 株式会社マイク  
 定価 本体2,000円 + 税 (送料100円)

e-mail: newfood@newfoodindustry.com