

New Food Industry

食品加工および資材の新知識

<http://www.newfoodindustry.com>

2016 Vol.58 No.6

6

論 説

- 生めんの保存性に及ぼすエタノールおよびエタノール蒸散剤の影響
- 海洋性カロテノイドの健康機能
- 今食肉流通に求められる衛生管理手法
- ポジティブリスト制度施行10年目を迎えて

連 載

- 野山の花 – 身近な山野草の食効・薬効 –
ドクダミ *Houttuynia cordata* Thunb. (ドクダミ科 Saururaceae)

これだけは知っておきたい 豆知識

- 品質問題への対応について

ILSコラム

- L-カルニチンフマル酸塩による運動選手のエネルギー代謝への影響

解 説

- シロザケ放流種苗生産時の体型と体成分の変化
- オリザセラミド[®]のヘアレスマウスにおける保湿および皮膚セラミド増加作用
- 昆布の抗酸化作用
- ホスファチジルセリンの機能性および「ブレインフード」としての可能性

ベジタリアン栄養学

- 歴史の潮流と科学的評価
(第5節 ベジタリアン食の世界規模の問題と非栄養学的視点)
18章 肉のない食事：道徳的な規範なのだろうか？



論 説

- 生めんの保存性に及ぼすエタノールおよびエタノール蒸散剤の影響
..... 平田 健 1

- 海洋性カロテノイドの健康機能
..... 細川 雅史 7

- 今食肉流通に求められる衛生管理手法
..... 小林 光士 13

- ポジティブリスト制度施行 10 年目を迎えて
..... 藤吉 智治 19

連 載

- 野山の花 — 身近な山野草の食効・薬効 —
ドクダミ *Houttuynia cordata* Thunb. (ドクダミ科 Saururaceae)
..... 白瀧 義明 24

これだけは知っておきたい 豆知識

- 品質問題への対応について
..... 一般財団法人 食品分析開発センター SUNATEC 26

ILS コラム

- L- カルニチンフマル酸塩による運動選手のエネルギー代謝への影響
..... I L S 株式会社 30

Contents

2016 年 6 月号

論 説

- シロザケ放流種苗生産時の体型と体成分の変化

..... 大橋 勝彦, 酒本 秀一 31

解 説

- オリザセラミド® のヘアレスマウスにおける保湿および皮膚セラミド増加作用

..... 単 少傑 47

- 昆布の抗酸化作用

..... 白杉 一郎, 松井 隆史, 伝宝 啓史, 黒木 勝久, 榊原 陽一, 水光 正仁 53

- ホスファチジルセリンの機能性および「ブレインフード」としての可能性

..... 山田 龍太郎 59

ベジタリアン栄養学

- 歴史の潮流と科学的評価

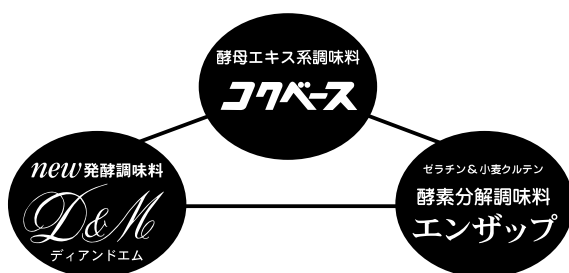
(第 5 節 ベジタリアン食の世界規模の問題と非栄養学的視点)

18 章 肉のない食事：道徳的な規範なのだろうか？

..... ジョアン・サバテ, 訳：山路 明俊 64

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



(新発売!) 乳製品にベストマッチな調味料

コクベース
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
特長がある乳糖酵母エキスです。



大日本明治製糖株式会社

食品事業部

〒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

生めんの保存性に及ぼすエタノール およびエタノール蒸散剤の影響

平田 健 (HIRATA Takeshi)

比治山大学

Key Words : めん類 生めん ゆでめん エタノール 保存性

緒 言

めん類は生めん類、乾めん類、即席めん類、マカロニ類に分類されている¹⁾。生めん類はさらに、生めん、ゆでめん、むしめんに分類され、種々の製品が市販されている。一般に、生めんの流通範囲は、ゆでめんのそれと比べて格段広いことから長期間の保存性が求められている。そのため、水分調整²⁾、加熱³⁾、低温⁴⁾、凍結⁵⁾、ガス置換包装⁶⁾、pH調整⁷⁻⁹⁾、添加物利用¹⁰⁻¹²⁾などの方策で保存性の向上が図られている。

これらの保存性向上技術の中で、現下、最もよく利用されている技術の一つにエタノールによる添加物利用がある¹³⁾。この方法は簡便で、保存性の効果が顕著である反面、製造工程中にエタノールが飛散すること、および製品にアルコール臭が残留するとい

う欠点がある。
今回、エタノールとエタノール蒸散剤との併用で生めんの保存性を向上することの知見を得たので報告する。さらに、ゆでめんの品質はテクスチャーが最も重要である

が、ゆでめんのテクスチャーに及ぼすエタノールの影響に関する報告は見当たらない。したがって、ゆでめんのテクスチャーに及ぼすエタノールの影響も調べたので併せて報告する。

実験方法

1. 供試材料

製めんに用いた小麦粉は日清製粉株式会社製の白椿（水分 13.8%、たんぱく質 8.3%）、エタノールは関東化学株式会社製の 99.5% 特級試薬、エタノール蒸散剤はフロイント産業(株)製のアンチモールドマイルドであった。

2. 試料調製条件の設定

(1) 生めん調製の原材料の配合

生めんの調製は表 1 の配合表に基づいて行っ

表 1 生めんの原材料の配合

	小麦粉 (g)	蒸留水 (g)	食 塩 (g)	エタノール (g)	エタノール 蒸散剤 (g)
対照区	1,000	350	20		
対照区 + 蒸散剤	1,000	330	20		4.8
3% エタノール区	1,000	320	20	30	
3% エタノール区 + 蒸散剤	1,000	320	20	30	4.8
4% エタノール区	1,000	310	20	40	
4% エタノール区 + 蒸散剤	1,000	310	20	40	4.8



図1 プロミキサー



図2 製めん機

た。生めんとしては生うどんを想定した。すなわち、小麦粉に食塩水およびエタノールのみを添加したものを生めんとした。

一般に、生めんエタノールを添加し、その添加効果を比較する場合、生めん全体の水分含量を同一にしないと添加効果は正確には比較できない。そこで、いずれの試料も生めんの水分含量を同一にするために、小麦粉の重量を一定にして蒸留水、エタノールの量を変えて調製した。その際、エタノールは蒸留水と異なり密度が約 0.79g/cm^3 であるので、このことも考慮し、エタノールも重量基準で配合することとした。

(2) 生めんの調製

小麦粉 1,000g に食塩水と所定のエタノールを加え、2kg 容の平山プロダクツ株式会社製プロミキサー (14 × 30cm) を用いて、40rpm で 12 分間混合し、めん生地を調製した。このミキサーは図 1 から分かるように、ミキサーの容量に対し回転軸が太く、加水量の大小に関係なく、混合、混練が容易にできるという特徴がある。めん生地を戸畑糧機有限会社製の製めん機を試験機として改造した製めん機に移し、複合 1 回、圧延 3 回した後、角の 10 番の切刃で、幅 $3.0 \pm 0.1\text{mm}$ 、厚さ $1.5 \pm 0.1\text{mm}$ 、長さ 10cm のめん線に切断して生めんを表 1 に示したように 6 種類調製した。生めんはめん線の幅に対し厚さが半分の平めんになっているが、これは後述するテクスチャー測定をする際、圧延麺と切断面を間違わないように同じ圧延麺で測定が容易にできるように考慮したためである。この製めん機は、図 2 に示したように、上記ミ

キサーの容量に相応した小規模の大きさである (45 × 100cm)。この製めん機の特徴と優位性は、この規模の製めん機の大きさに対してロール径が $\phi 33\text{cm}$ と大きく、幅広い加水量に適用できることである。それで、多種多様なめん類を製造することができる。

次に、生めんの水分、エタノールが蒸散しないように考慮し、レトルト用のガスバリアー性の高いポリ袋に入れ、試料とした。

(3) 貯蔵試験

いずれの試験区の試料も 30℃ の恒温器で 20 日間貯蔵し、1, 2, 3, 5, 8, 12, 14, 16, 20 日間経過するごとに生菌数、pH、テクスチャー、香りおよび外観を調べた。なお、エタノールの測定は試料調製直後のものについてのみ行った。

i) 生菌数

標準寒天培地を用い、37℃、 48 ± 2 時間混釈平板培養したときのコロニー数を測定し、試料 1g 当たりの生菌数として表した。

ii) pH

試料に同量の蒸留水を加えてストマッカーで破碎した懸濁液について測定した。

iii) テクスチャー

ゆでめんの品質に及ぼすエタノールの影響をみるためにゆでめんのテクスチャーを測定した。すなわち、生めんを 40 倍の湯で 15 分間ゆで、1 分間水洗し、1 分間水切りした後、ポリ袋に入れ測定用の試料とした。使用したゆで器は種々検討し、独自に考案した。すなわち、図 3 に示したように、セパラブルフラスコ ($\phi 15 \times 20\text{cm}$) の底部にガラス管の中にニクロム線ヒー



図3 ゆで器

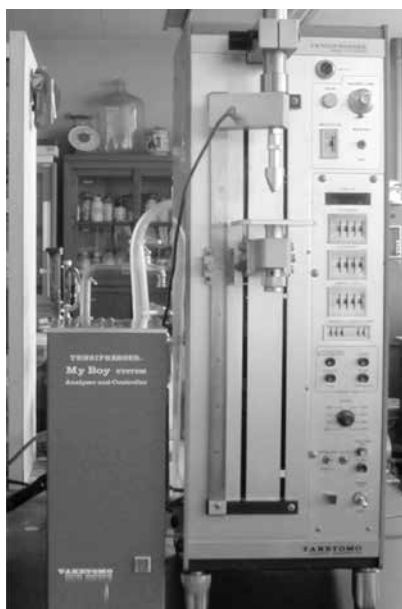


図4 テンシプレッサー

ターを入れたものを装着し、温度コントローラーで温度制御をした。最大の特徴は生めんを沸騰したゆで湯に投入後、再沸騰に要する時間が1分間以内であることである。試料のテクスチャーは図4に示した有限会社タケトモ電機製のテンシプレッサー（TTP-50BX）を使用して測定した。アルミ合金製のV型プランジャーを用いて低（20%）・高（90%）の2回圧縮した。パラメーターとしては図5に示したテンシプレッサーカーブから硬さ，付着性，こし，もろさを算出した。なお，いずれの試料の測定も5回行い，平均値と標準偏差を求めた。

iv) エタノール

試料を3～4g ホモジナイザーカップに採取し，冷蒸留水（5℃）を30～40mL 加え，日本精機(株)製のホモジナイザーで1分間摩砕した後，冷蒸留水（5℃）で200mLに定容した。エタノールを完全に抽出するために5℃で一夜放置した。次に，5,000rpmで15分間遠心分離を行った後，No.5Cのろ紙でろ過し，ろ液をガスクロマトグラフにより測定した。

実験結果及び考察

1. 貯蔵試験

対照区，対照区＋蒸散剤，エタノール区およびエタノール区＋蒸散剤を30℃で20日間貯蔵したときの生菌数およびpHの経時変化

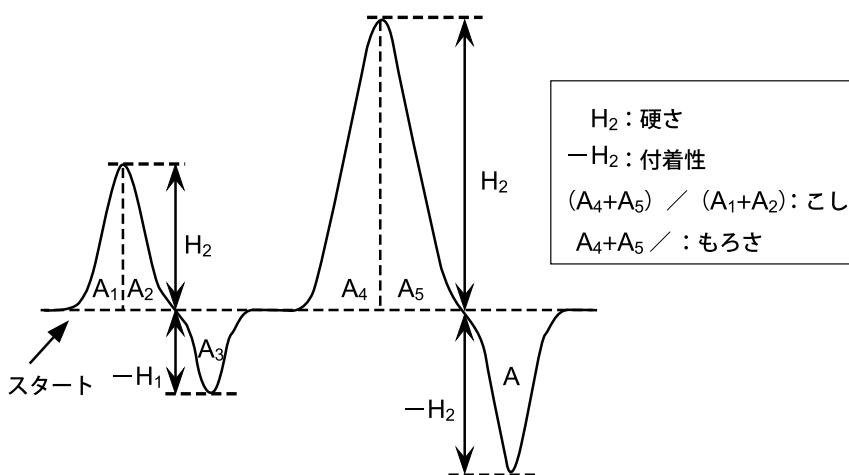


図5 テンシプレッサーカーブとパラメーター

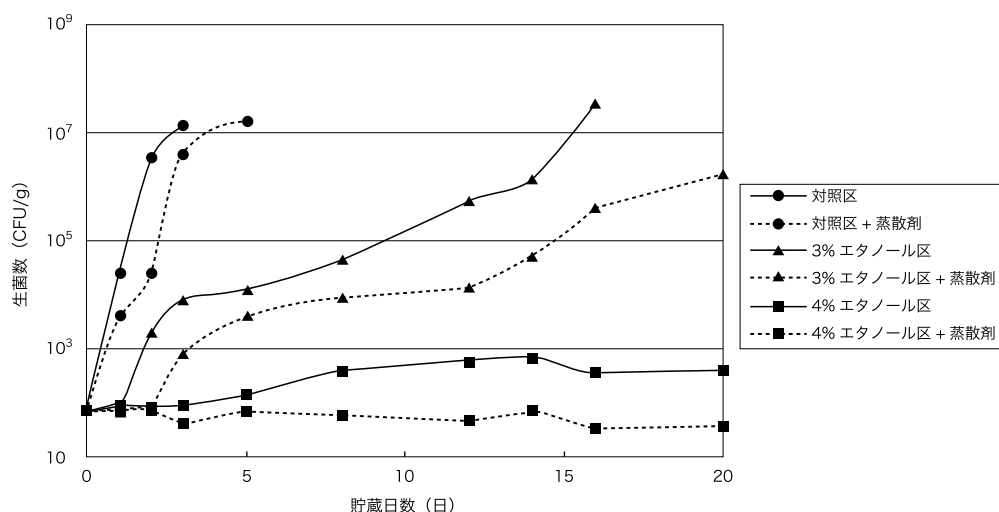


図6 生めん貯蔵中の生菌数の挙動

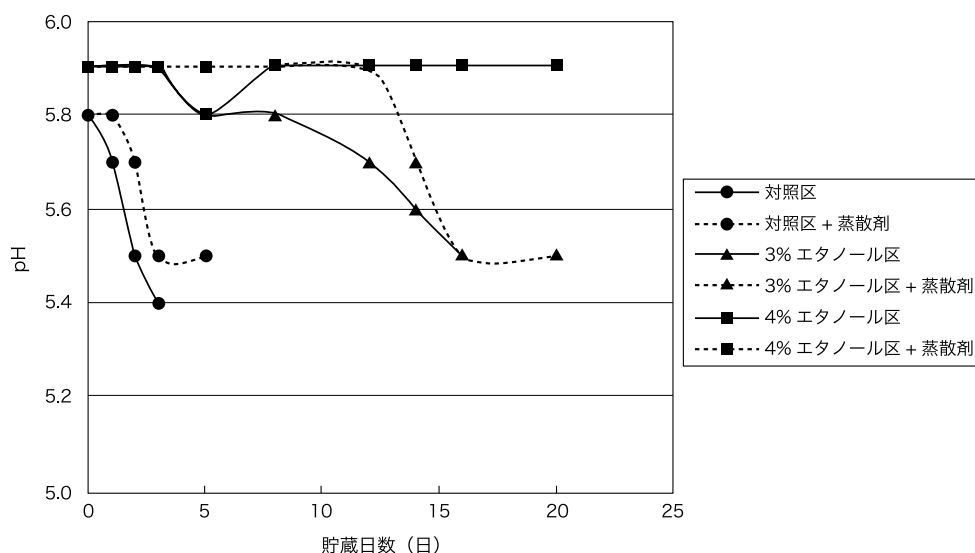


図7 生めん貯蔵中のpHの挙動

を図6および図7に示した。生めんを貯蔵したときの保存性は生菌数, pH, 外観および香味を指標として判断した。

いずれの試料も調製直後の生菌数は10²CFU/g以下, pHは5.8~5.9であった。対照区の場合, 30℃, 1日間経過後10⁴CFU/g台, 30℃, 2日間経過後10⁶CFU/g台に増大し, pHはそれぞれ5.5および5.4に低下した。30℃, 1日間経過後, 香味および外観はやや劣化し, 30℃, 2日間経過後, カビの発生を認めた。対照区+蒸散剤の場合, 30℃, 3日間経過後10⁶CFU/g台に増

大し, pHは5.5に低下し, かびの発生を認めた。3%エタノール区の場合, 30℃, 9日間経過後に10⁶CFU/g台に増大し, pHは5.6に低下し, かびの発生を認めた。3%エタノール区+蒸散剤の場合, 30℃, 14日間経過後に10⁶CFU/g台に増大し, pHは5.5に低下し, かびの発生を認めた。3%エタノールに蒸散剤を併用すると保存日数が約1.5倍延長でき, 蒸散剤の併用効果が認められた。4%エタノール区および4%エタノール区+蒸散剤の場合, いずれも30℃, 20日間経過後も10²CFU/g台以下で, 生菌数,

pH, 香味および外観はいずれもほとんど変化がなかった。

以上, エタノール無添加では蒸散剤を併用してもほとんど保存効果が認められなかった。エタノール無添加にするとエタノール臭がせず, 品質的には優れている。エタノール無添加の場合, 保存性の向上を図るには, 貯蔵温度を低温にすることが重要であると考えられる。

エタノール 3% 添加の場合, 蒸散剤を併用するとその保存日数が 1.5 倍延長し, 保存効果が認められた。エタノールを 4% 添加すると蒸散剤を併用しなくても, 30℃, 20 日間経過後で生菌数, pH および外観のいずれもほとんど変化がなかった。すなわち, エタノールを 4% 添加すると蒸散剤を併用しなくても 30℃, 20 日間の保存が可能であった。

エタノール添加量が多くなるにつれエタノール臭が強くなる。本実験の結果から判断して, エタノール臭を低減して, 保存性を高めるには蒸散剤を巧妙に使用する方策もあることが示唆される。

2. エタノール含量

調製直後の対照区, 3% エタノール区, 4% エタノール区のエタノール含量を測定した。その結果を表 2 に示した。

製めん中にエタノールが飛散しないことを前提で計算すると, エタノール含量は対照区, 3% エタノール区および 4% エタノール区はそれぞれ 2.2 および 2.9g/100g になる。しかしながら, 表 2 から明らかなように 3% エタノール区および 4% エタノール区は製めん中に飛散し, 生めん中にエタノールがそれぞれ 68.2 および 72.4% 残留していた。エタノールを 4% 添加すれば実質 2.1g/100g のエタノールの作用で 30℃, 20 日間以上, 生菌数の増加を防止できるが, 3% の添加では実質 1.5g/100g の効果で 30℃, 9 日間の保存性しか示さなかった。エタノールの 0.6g/100g の差が生めんの保存性に対し顕著な差を示した。

以上, 生めんエタノールを添加すると 3%

表 2 生めん調製直後のエタノール含量

	実測値	計算値	残留率 (%)
対照区	0.0	0.0	0.0
3% エタノール区	1.5	2.2	68.2
4% エタノール区	2.1	2.9	72.4

エタノール含量は生めん 100g 当たりの重量 (g) で示した

の場合, 約 32% 飛散し, 約 68% 残留した。同様に, 4% の場合, 約 28% 飛散し, 約 72% 残留した。生めんに約 3g/100g 残留すれば, 生めんを 30℃ で 20 日間以上保存できることが分かった。

3. テクスチャーの経時変化

生めんエタノールを添加した場合, ゆでめんのテクスチャーが変化するかどうかを検証することは重要である。ゆでめんのテクスチャーに及ぼすエタノールの影響をみるため, 生めんを 10℃, 1~5 日間貯蔵した後のゆでめんのテクスチャーを測定した。

その結果を図 8 に示した。硬さ, 付着性およびこしは 1 日間経過後やや変化するが, それ以後 5 日間経過後まではほぼ一定であった。もろさは 5 日間経過後まではほぼ一定であった。また, エタノール濃度による差も少なかった。

以上, ゆでめんのテクスチャーに及ぼすエタノールの影響は小さいことがわかった。このことから, 生めんエタノールを添加して保存性を向上する方法は, 実用的に有意義であると考えられる。

要約

生めんの保存性に及ぼすエタノールおよびエタノールと蒸散剤との併用の影響を調べた。さらに, ゆでめんのテクスチャーに及ぼすエタノールの影響も調べた。

- (1) 生めんを 30℃ で貯蔵したときの保存性は生菌数および pH を指標として判断した。
- (2) エタノール無添加区の保存日数は 30℃, 1 日間であった。
- (3) エタノールを 3% 添加すると保存日数は

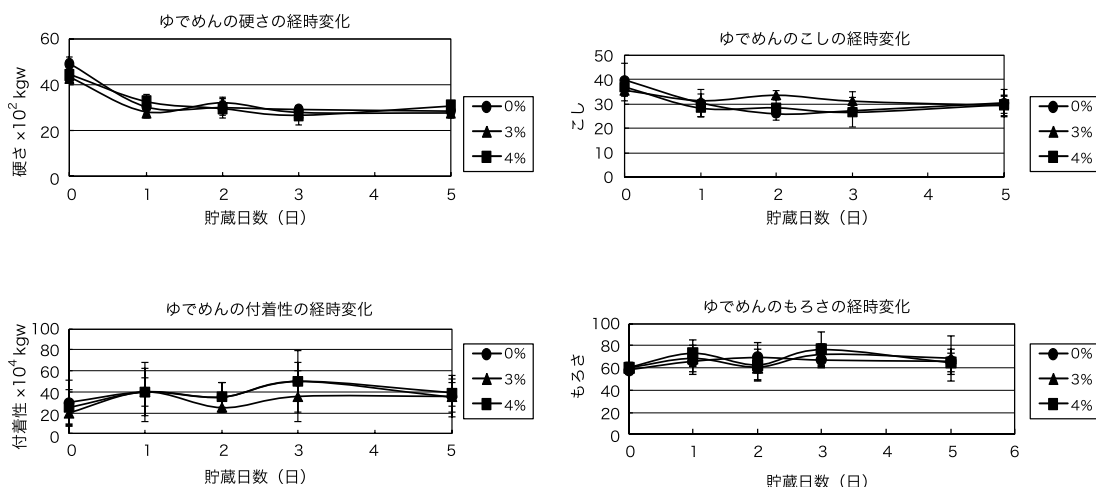


図8 ゆでめんのテクスチャーの経時変化

30℃, 9日間, 蒸散剤を併用すると1.5倍保存日数が延長した。

- (4) エタノールを4%添加すると保存日数は30℃, 20日間以上に増大した。蒸散剤を併用しなくても保存性は維持された。
- (5) 対照区, 3%エタノール区および4%エタノール区のエタノール含量はそれぞれ0, 1.5および2.1g/100gであり, 3%エタノール区および4%エタノール区の残留率は約

70%であった。

- (6) 生めん中に3g/100g以上のエタノールが残留すれば30℃, 20日間の保存は可能になることが分かった。
- (7) ゆでめんのテクスチャーに及ぼすエタノールの影響は小さかった。
- (8) 生めんエタノールを添加して保存性を向上する方法は, 実用的に有意義であると考えられる。

参考文献

1. 全国生めん類公正取引協議会, 生めん類の表示及び解説, pp11-12, 2004.
2. 小田閑多, 「新めんの本」, (食品産業新聞社, 東京) pp.79-88, 1994.
3. 米虫節夫, 上野武美, 生中華麺の保存性に及ぼす温度効果, 食品工業, **38**(22), pp.31-36, 1995.
4. 小田閑多, 「新めんの本」, (食品産業新聞社, 東京) pp.94-96, 1994.
5. 小田閑多, 「新めんの本」, (食品産業新聞社, 東京) pp.112-115, 1994.
6. 宮尾茂雄, *New Food Industry*, **27**(1), pp.7-12, 1985.
7. 白石俊訓, 麺類のpH調整と保存の関係について, *New Food Industry*, **22**(7), pp.4-7, 1980.
8. 野坂宣嘉, pH調整によるめん類, 特にゆでめんの保存性向上法について, *New Food Industry*, **22**(6), pp.20-25, 1980.
9. 野坂宣嘉, ゆでめん私用されるpH調整剤の表示と品質保持効果, *New Food Industry*, **32**(12), pp.17-26, 1990.
10. 関根正裕, 山本さやか, 原田勝利, 鈴木敏正, 生めん類の保存性向上技術に関する研究(第1報)市販保存製剤の効果について, 埼玉県食品工技業務報告, 1989, pp.36-41, 1990.
11. 有田俊幸, 宮尾茂雄, 日本そばの保存性改善(第3報)生そばに対する保存性向上剤の効果, 東京都立食品技術センター報告, **3**, pp.1-10, 1994.
12. 大塚暢幸, 桑原祐二, 真部正敏, ゆでめんの保存性に及ぼすε-ポリリジンの添加効果, 日食工誌, **39**, pp.344-347, 1992.
13. 成瀬治己, アルコールの生麺への応用, *New Food Industry*, **27**(12), pp.32-36, 1990.
14. 松田敏生, 「食品微生物制御の化学」, (幸書房, 東京) pp.341-342, 1998.
15. 遠山 良, 関澤憲夫, エタノール添加による半生めんの保存性向上について, 日食工誌, **34**, pp.586-591, 1987.

海洋性カロテノイドの健康機能

細川 雅史 (HOSOKAWA Masashi)

北海道大学大学院水産科学研究院

Key Words：カロテノイド アスタキサンチン フコキサンチン 潰瘍性大腸炎予防 抗肥満 抗糖尿病

はじめに

カロテノイドは、黄 - 橙 - 赤色を呈する脂溶性色素化合物であり、これまでに天然物から750種類以上が同定されている。代表的なものとしてニンジンなどに含まれる β -カロテンがあげられ、ビタミンAに開裂して栄養素として働く。このようなカロテノイドは、野菜や果物などの陸上植物に加え、海藻や微細藻類、シアノバクテリア等によって生合成される。その一方で、動物では生合成できないため、我々は食品によってカロテノイドを体内に取り込んでいる。

海洋生物が持つカロテノイドの中には、陸上生物とは異なるものがみられる。代表的なものとして、サケなどに含まれるアスタキサンチン、ワカメやコンブなどの褐藻に含まれるフコキサンチンが上げられる(図1)。これらは、他のカロテノイドと同様に優れた抗酸化作用^{1,2)}を有するばかりでなく、社会的に大きな問題となっている肥満を基盤としたメタボリックシンドロームに対する予防効果が報告^{3,4)}され、サプリメントの開発も

進められている。本稿では、それら海洋性カロテノイドの健康機能について紹介する。

1. アスタキサンチン

1-1. 構造と食品含量

アスタキサンチンはイソプレレン骨格の両端にある β -イオノン環にヒドロキシル基とケト基が結合した深赤色のカロテノイドである(図1)。特に、分子内に酸素原子を含むためキサントフィルに分類される。天然界には、エビやカニなどの甲殻類、サケ、マダイなどの魚類をはじめ水産生物中に広く分布する。そのため、我々

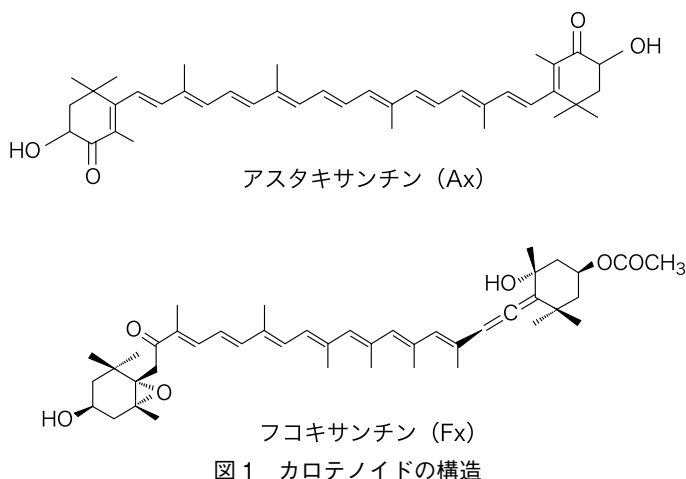


図1 カロテノイドの構造

が日常的に摂取している食品成分といえる。ベニザケには魚肉 100 g 当たり約 3-4 mg, 甘エビでは 0.4 mg 程度含まれている。一方, 工業的なアスタキサンチン生産に用いられているヘマトコッカス藻では, 1000-4000 mg/100 g と他に比べ含量が極めて高いことが特徴である。

1-2. 吸収と代謝

アスタキサンチンを経口摂取した場合, 血中で検出される⁵⁾。吸収されたアスタキサンチンは, 血漿のみならず赤血球に移行し, 肝臓や腎臓, 肺, 心臓, 腓腹筋などの末梢組織にも蓄積する⁶⁾。一方, カロテノイドの吸収性は油脂の共存により促進されることが報告⁷⁾されている。アスタキサンチンとオリーブ油またはコーン油から調製したエマルジョンをラットの 12 指腸に強制投与した場合, リンパ液中に検出されたアスタキサンチン回収量はコーン油群で 13%であったのに対し, オリーブ油群では約 20%と高い値であった。これらの結果は, 油脂の共存に加えその構成脂肪酸の違いによってもカロテノイドの吸収効率が変化することを示している。

1-3. 抗酸化作用

組織や細胞内の脂質やタンパク質の酸化は, 細胞障害へとつながり様々な疾病発症と密接に関わる。その原因となる一重項酸素やラジカルに対する消去活性は生体の健康機能を守るうえで極めて重要な活性と考えられる。

①一重項酸素の消去活性

アスタキサンチンの一重項酸素消去活性は, 非極性溶媒中において β -カロテンやゼアキサンチンと同程度であるが, トコフェロールと比較した場合では高い。また, 極性溶媒中ではアスタキサンチンの消去活性が β -カロテンやゼアキサンチンよりも高いことが報告¹⁾されており, カロテノイドの中でも高い抗酸化活性が特徴である。さらに, 生体膜モデルであるリポソーム中でもアスタキサンチンは強い一重項酸素の消去活性を示し, トコフェロールよりも強

い抗酸化作用を示すことが報告⁸⁾されている。

②ラジカル捕捉作用

アスタキサンチンのラジカル捕捉作用に関しては多くの研究が見られる。2,2'-Azobis (2,4-dimethylvaleronitrile) (AMVN) によって引き起こされるリノール酸メチルのラジカル連鎖反応に対するカロテノイドの抗酸化活性を溶媒中で調べたところ, β -カロテンに比べ 4,4' 位にオキシ基を持つアスタキサンチンやカンタキサンチンの活性が高いことが明らかにされている⁹⁾。

③低密度リポタンパク質 (LDL) の酸化防止効果

活性酸素により LDL の酸化変性がおけると, マクロファージに貪食され泡沫細胞を形成するとともに, 平滑筋細胞の遊走や血管内皮細胞に損傷を与え血栓形成し, アテローム性動脈硬化につながる。オキアミより精製したアスタキサンチンをサプリメントとして健康人に経口摂取してもらい, 摂取前と 14 日後にそれぞれ LDL を分離して薬剤によって誘導される酸化への影響が評価された。その結果, アスタキサンチン摂取により摂取前と比べ有意に抑制されることが *ex vivo* の実験で明らかにされている¹⁰⁾。

1-4. メタボリックシンドローム予防効果

肥満を基盤として糖尿病や高脂血症, 高血圧症を併発するメタボリックシンドロームは, 脳梗塞や心筋梗塞のリスクファクターとなることからその予防が大きな課題である。そのため, 肥満やメタボリックシンドロームの予防に有効な食品成分の探索は社会的にも注目されている。

高脂肪食を投与し食事性肥満を誘導したマウスに対し, 6 または 30 mg/kg/day のアスタキサンチンを投与することにより, 体重および脂肪組織重量の増加抑制がそれぞれ認められている¹¹⁾。2 型糖尿病モデルマウスである db/db マウスに対して 0.02% アスタキサンチン含有飼料を 6 週齢から 12 週間投与した結果, 糖負荷後のインスリン分泌量の増加と 2 時間後の血糖値の有意な低下も報告されている¹²⁾。併せてアスタキサンチン投与による DNA 酸化障害マー

カーである 8-OHdG (8-hydroxydeoxyguanosine) の抑制と腎糸球体におけるメザンギウム領域の面積比が低下していた。これらの結果は、アスタキサンチンによる酸化ストレスの軽減が糖尿病の進行過程でみられる腎症の進展を抑制する可能性を示している。

最近の研究では、アスタキサンチンの非アルコール性脂肪肝 (NASH) に対する予防効果が明らかにされている。Ni ら¹³⁾ は、0.02% アスタキサンチン含有飼料を NASH モデル系マウスに投与すると肝臓の脂質蓄積や過酸化、炎症、繊維化に加え、インスリン抵抗性が予防されることを明らかにした。この効果は、ビタミン E よりも顕著でありアスタキサンチンの有用性が推察される。

ヒト臨床試験では、血清トリセリド (TG) が高めの被験者 (120-200 mg/dl) にアスタキサンチン 12 または 18 mg/日を 12 週間投与することによって血清 TG 濃度の低下に加え、HDL- コレステロールおよびアディポネクチン濃度の上昇が確認されている¹⁴⁾。健康人 73 人にアスタキサンチン 4 mg/日を 4 週間投与した試験においても、空腹血糖および収縮期血圧が高値を示す被験者に対してそれぞれ減少傾向および有意な低下が見られている¹⁵⁾。また、

NASH 患者に対して 12 mg/日を 24 週間投与することにより、その進行抑制傾向とともに脂肪肝の改善がみられたことが報告¹³⁾ されており大変興味深い。

1-5. 潰瘍性大腸炎および大腸癌予防作用¹⁶⁾

近年、増加の一途をたどる潰瘍性大腸炎は炎症性腸疾患の一つであり、その発症原因が特定されていないため、クローン病とともに特定疾患に指定されている。さらに、炎症性腸疾患が大腸発癌のリスクファクターであることが明らかにされており、大腸癌の予防からも、潰瘍性大腸炎の予防や緩解が重要といえる。

アスタキサンチンを 200 ppm 含有飼料を用いて 4 週間マウスを飼育後、1.5% デキストラン硫酸塩 (DSS) 含有水を 1 週間与え、大腸炎を誘発した。その結果、アスタキサンチン 200 ppm 投与群では大腸の炎症スコアが DSS のみを与えたコントロール群と比較して有意に低い値となり、予防効果が推察された (図 2)。さらに、発癌剤である AOM と DSS の併用処理によって誘発する炎症を基盤とした大腸発癌系においてもアスタキサンチンは予防効果を示した。このようにアスタキサンチンは大腸炎やそれによって誘発される大腸癌に対して予防効

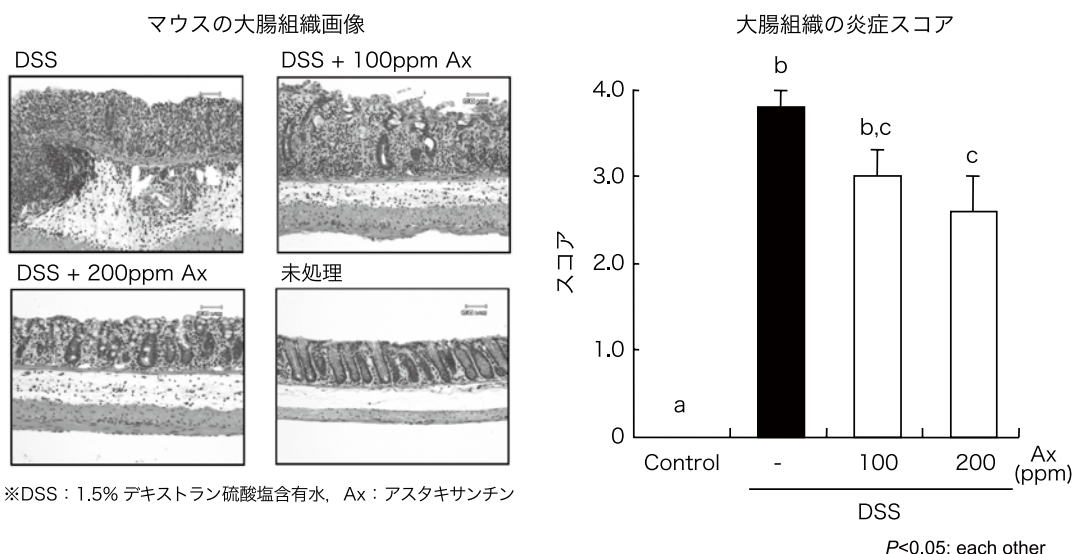


図 2 アスタキサンチンによる潰瘍性大腸炎の予防効果¹⁵⁾

果を示すカロテノイドとして期待される。

2. フコキサンチン

2-1. 構造と食品含量

海藻は伝統的な水産物であり、我々日本人の食生活にとってなじみの深い食品である。このような海藻の主要成分は糖質であり、乾燥重量当たりで全体の 60-80% を占める。ついで、タンパク質やペプチドを主体とする含窒素化合物が 15% 程度含まれており、脂質成分は 0.5-3% 程度である。海藻中に含まれる健康機能成分としては、ミネラルや食物繊維が広く知られている。また、粘性多糖やタンパク質の消化物による血圧降下作用も明らかにされている。

一方で、海藻脂質中にも陸上植物とは異なる特徴的な成分や組成が見られる。その一つに挙げられるフコキサンチン（図 1）は、海藻の中でも褐藻に含まれるカロテノイドであり、アレン結合や共役カルボニル基、エポキシ基などの構造的特徴をもっている。代表的な食用褐藻であるワカメやコンブを購入してフコキサンチン含有量を測定した結果、乾燥藻体当たりでそれぞれ 0.5-1.0 mg/g、0.3 mg/g であった。また、函館近郊で採取できる褐藻中のフコキサンチン含有量を測定した結果、最も含有量が多かったのはアカモクであった（図 3）。アカモクは、東北地方を中心に一部が食用とされている海藻

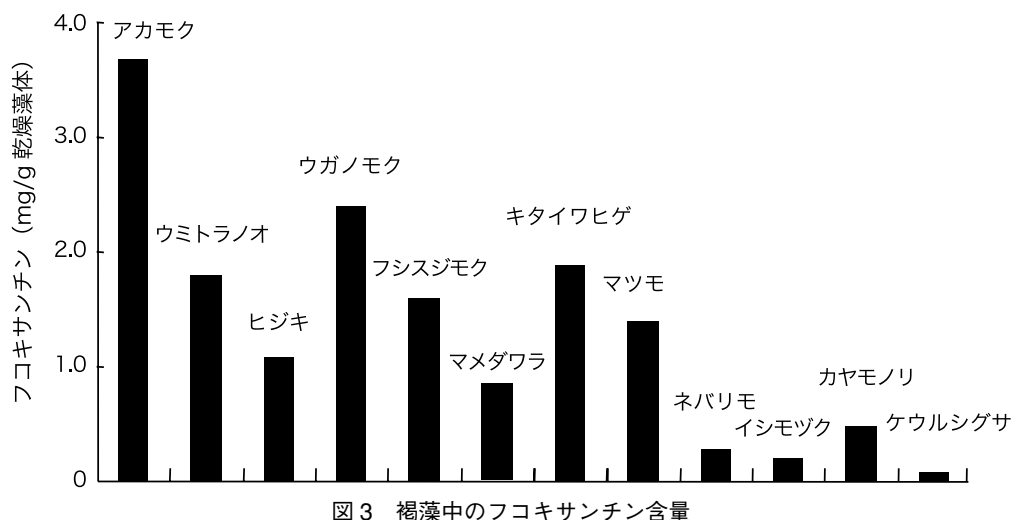
であることから、フコキサンチン資源としての活用が期待される。

2-2. 吸収と代謝

フコキサンチンをマウスに経口投与した場合、生体内ではフコキサンチンは検出されずアセチル基が脱離したフコキサンチノールとその酸化物であるアマロウシアキサンチン A が検出される¹⁷⁾。一方、ヒトに 31 mg のフコキサンチン含有コンブ抽出物を単回投与した場合では、血漿中においてフコキサンチノールが検出されている¹⁸⁾。また、LC-MS/MS を用いた測定法¹⁹⁾ も開発されており、フコキサンチンの生体内代謝と活性発現との関連性がより明確になることが期待される。

2-3. 抗肥満作用

ワカメから精製したフコキサンチンを飼料中に 0.2% 加え、5 週齢の糖尿病 / 肥満マウス（KK-*A^y*）に 4 週間経口投与した結果、その体重増加が抑制された（図 4）²⁰⁾。一方、健常マウス（C57BL/6J）に対する影響はほとんど見られなかった。また、フコキサンチンを投与した KK-*A^y* マウスの白色脂肪組織（WAT）重量はコントロール群と比較して低く、その増大が抑制された（図 5（A））。フコキサンチンの抗肥満作用に特徴的な機構としてとして、WAT



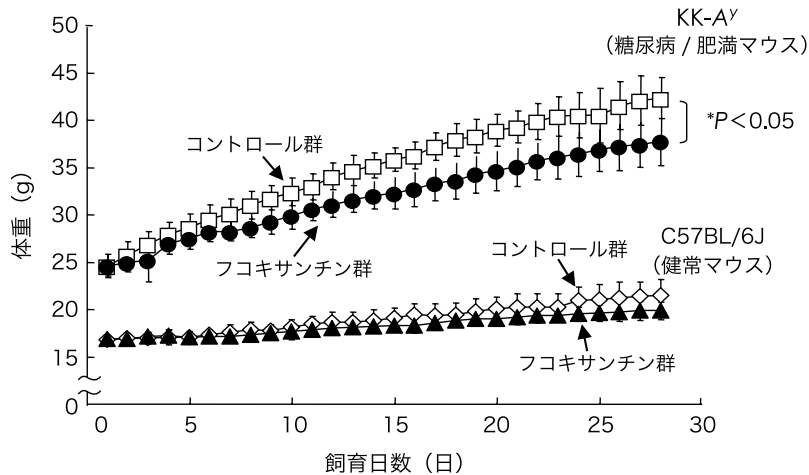


図4 フコキサンチンの糖尿病/肥満マウスに対する体重増加抑制効果³⁾
0.2% フコキサンチン (Fx) 含有飼料を4週間経口投与したマウスの体重の推移

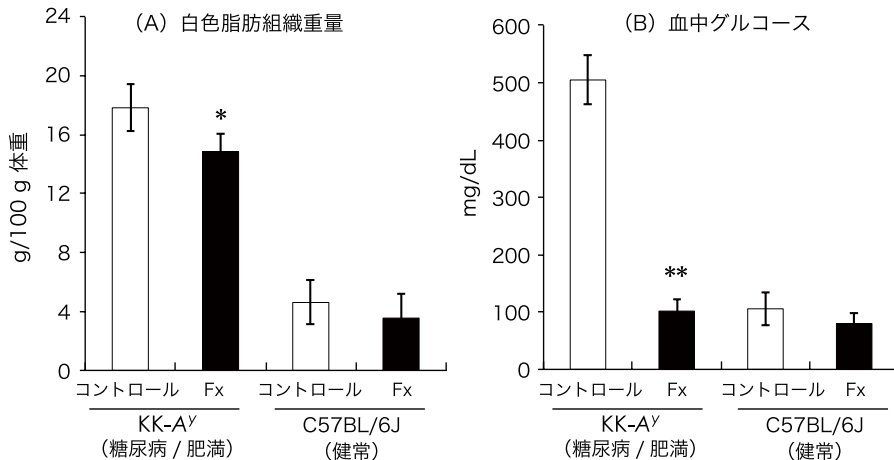


図5 フコキサンチンによる糖尿病/肥満マウスの白色脂肪組織増大抑制効果および血糖値改善効果³⁾
0.2% フコキサンチン (Fx) 含有飼料を4週間経口投与した。** $P<0.01$, * $P<0.05$ vs コントロール

中でのミトコンドリアタンパク質である脱共役タンパク質1 (uncoupling protein 1, UCP1) の発現誘導が挙げられる。UCP1は、通常、褐色脂肪組織に高発現して脂肪酸を熱へと変換するタンパク質であり、WATでの発現量は極めて低い。フコキサンチンは、このUCP1を白色脂肪組織において発現誘導することができる²¹⁾。これによって、生体でのエネルギー代謝を亢進し、抗肥満作用を発現する可能性が予想される。フコキサンチンの抗肥満効果は、ロシア人女性に対して報告²²⁾されており、フコキサンチンを2.4 mg含む海藻脂質を16週間摂取する

ことにより体脂肪の減少とエネルギー代謝の亢進が確認されている。

2-4. 血糖値改善効果

フコキサンチンを飼料中に0.2%添加し、糖尿病/肥満KK-A^yマウスを4週間飼育したところ、血糖値の改善がみられた(図5(B))²⁰⁾。このように、フコキサンチンは抗肥満効果に加え、糖尿病に対しても予防や改善効果が期待できる海洋性カロテノイドである。フコキサンチンの抗糖尿病作用に関わる作用機構として、インスリン抵抗性を惹起させ糖尿病発症の原

因となる TNF- α や IL-6 の mRNA 発現を WAT において抑制することがあげられる。さらに、生体内において最大のエネルギー消費器官である骨格筋組織において、フコキサンチンは糖取り込み機能を担うグルコーストランスポーター 4 (GLUT4) を活性化した²³⁾。血糖値改善効果に関しては、ヒト試験による有効性が明らかになっていないことから今後の検証が期待される。

おわりに

海洋性カロテノイドであるアスタキサンチンやフコキサンチンは、多くのカロテノイドがもつ抗酸化活性に加え、潰瘍性大腸炎に対する予防効果や抗肥満、血糖値改善効果、NASH に対する予防、改善効果など、我々の健康を守る上で重要な作用が期待できることを紹介した。その有効性に関しては、今後のヒト試験によるさらなる検証が必要であるとともに、ユニークな構造に起因する作用機構の解明に興味がもたれる。

本総説は一般財団法人 食品分析開発センター SUNATEC e-Magazine に掲載された内容【#092】を一部改変したものである。

参考文献

1. Miki W. Biological functions and activities of animal carotenoids. *Pure & Appl. Chem.*, **63**: 141, 1991.
2. Sachindra N.M., Sato E., Maeda H., *et al.*: Radical scavenging and singlet oxygen quenching activity of marine carotenoid fucoxanthin and its metabolites. *J. Agric. Food Chem.*, **55**: 8516-8522, 2007.
3. 吉川敏一, 食品と疾病 - アスタキサンチン, *Functional Food*, **5** (4), 2012.
4. 宮下和夫, 細川雅史, 食品と疾病 - フコキサンチン, *Functional Food*, **6** (4), 2013.
5. Østerlie M., Bjerkeng B., Liaaen-Jensen S. Plasma appearance and distribution of astaxanthin *E/Z* and *R/S* isomers in plasma lipoproteins of men after single dose administration of astaxanthin. *J. Nutr. Biochem.*, **11**: 482-490, 2000.
6. Jewell C., O'Brien N.M. Effect of dietary supplementation with carotenoids on xenobiotic metabolizing enzymes in the liver, lung, kidney and small intestine of the rat. *Br. J. Nutr.*, **81**: 235-242, 1999.
7. Clark R.M., Yao L., She L., *et al.*, A comparison of lycopene and astaxanthin absorption from corn oil and olive oil emulsions. *Lipids*, **35**: 803-806, 2000.
8. Fukuzawa K., Inokami Y., Tokumura A. *et al.*, Rate constants for quenching singlet oxygen and activities for inhibiting lipid peroxidation of carotenoids and alpha-tocopherol in liposome. *Lipids*, **33**: 751-756, 1998.
9. Terao J., Antioxidant activity of beta-carotene-related carotenoids in solution. *Lipids*, **24**, 659-661, 1989.
10. Iwamoto T., Hosoda K., Hirano R., *et al.*, Inhibition of low-density lipoprotein oxidation by astaxanthin. *J. Atheroscler. Thromb.*, **7**: 216-222, 2000.
11. Ikeuchi M., Koyama T., Takahashi J., *et al.*, Effects of astaxanthin in obese mice fed a high-fat diet. *Biosci. Biotechnol. Biochem.*, **71**: 893-899, 2007.
12. Naito Y., Uchiyama K., Aoi W., *et al.*, Prevention of diabetic nephropathy by treatment with astaxanthin in diabetic db/db mice. *Biofactors*, **20**: 49-59, 2004.
13. Ni Y., Nagashimada M., Zhuhe F., *et al.*: Astaxanthin prevents and reverses diet-induced insulin resistance and steatohepatitis in mice: A comparison with vitamin E. *Sci. Rep.*, **5**: 17192, 2015.
14. Yoshida H., Yanai H., Ito K., *et al.*, Administration of natural astaxanthin increases serum HDL-cholesterol and adiponectin in subjects with mild hyperlipidemia. *Atherosclerosis*, **209**: 520-523, 2010.
15. Satoh A., Tsuji S., Okada Y., *et al.*, Preliminary clinical evaluation of toxicity and efficacy of a new astaxanthin-rich *Haematococcus pluvialis* extract. *J. Clin. Biochem. Nutr.*, **44**: 280-284, 2009.
16. Yasui Y., Hosokawa M., Mikami N., *et al.*, Dietary astaxanthin inhibits colitis and colitis-associated colon carcinogenesis in mice via modulation of the inflammatory cytokines. *Chem. Biol. Interact.*, **193**: 79-87, 2011.
17. Asai A., Sugawara T., Ono H., *et al.*, Biotransformation of fucoxanthinol into amarouciastaxanthin A in mice and HepG2 cells: formation and cytotoxicity of fucoxanthin metabolites. *Drug Metab. Dispos.*, **32**: 205-211, 2004.
18. Hashimoto T., Ozaki Y., Mizuno M., *et al.*, Pharmacokinetics of fucoxanthinol in human plasma after the oral administration of kombu extract. *Br. J. Nutr.*, **102**: 1566-1569, 2009.
19. 三上奈々, 阿部真幸, 細川雅史, *et al.*, LC-MS/MS を用いたヒト血中フコキサンチノール測定系の検討. 平成 26 年度日本水産学会春季大会要旨集: 118, 2014.
20. Hosokawa M., Miyashita T., Nishikawa S., *et al.*: Fucoxanthin regulates adipocytokine mRNA expression in white adipose tissue of diabetic/obese KK-*A^y* mice. *Arch. Biochem. Biophys.*, **504**: 17-25, 2010.
21. Maeda H., Hosokawa M., Sashima T., *et al.*, Fucoxanthin from edible seaweed, *Undaria pinnatifida*, shows antiobesity effect through UCP1 expression in white adipose tissues. *Biochem. Biophys. Res. Commun.*, **332**: 392-397, 2005.
22. Abidov M., Ramazanov Z., Seifulla R., *et al.*, The effects of Xanthigen in the weight management of obese premenopausal women with non-alcoholic fatty liver disease and normal liver fat. *Diabetes Obes. Metab.*, **12**: 72-81, 2010.
23. Nishikawa S., Hosokawa M., Miyashita K. Fucoxanthin promotes translocation and induction of glucose transporter 4 in skeletal muscles of diabetic/obese KK-*A^y* mice. *Phytomedicine*, **19**: 389-394, 2012.

今食肉流通に求められる衛生管理手法

小林 光士 (KOBAYASHI Mitsushi)

飛騨ミート農業協同組合連合会

Key Words : HACCP 食肉処理 安全性 管理システム 飛騨牛

はじめに

我が国においては、1996年（平成8年）に腸管出血性大腸菌 O157 を原因とする大規模な食中毒の発生を契機に食肉の安全性確保が重要視されるようになり、食品衛生法やと畜場法等の関連法規が改正され、食肉処理施設の衛生管理基準が定められるとともに、HACCP による衛生管理が義務付けられたが、十分な浸透まで至らず形骸化してしまった施設も多い。また、近年では平成27年4月1日のと畜場法等の改正により、と畜場や食肉処理場には HACCP 手法の導入する、または現行の衛生ガイドラインを遵守するかのどちらか一方の選択が義務付けられた。

このことは、我が国の食品安全のために HACCP が不可欠であり、近い将来において日本の全ての食品分野に HACCP が義務化されることは間違いない。（いち早く、畜産大国である宮崎県は、県内全ての食肉処理場と大規模食鳥処理場に HACCP を導入したことを発表した。平成27年3月27日）食肉処理施設は、これに基づき必要な施設整備を行うとともに作業手順等を定めて実施しているが、その手法は統一されておらず、また、それぞれの施設に合った正しい HACCP の構築がなされているとはい

えない。その反面、消費者の食肉の安全・安心に対するニーズはますます高まってきており、特に流通業界は食肉処理施設の一層の衛生の高度化を求めている。

ただし、本来 HACCP は、自らが予防のために実施すべきもので、決してその認証を目的とするものであってはならない。（HACCP を認証するしくみには ISO22000 や SQF22000, FSSC22000 などのマネジメント手法がある。）

また、我が国では牛肉を中心とした海外への農畜産物輸出が重要政策とされ、輸出食肉施設認定や相手国との食肉輸出要綱が結ばれているが、必須条件として相手国が求めるのは HACCP である。

HACCP は、国際的に認められた衛生管理手法で、特に米国、香港、EU などへの牛肉輸出施設認定の必須条件であるが、牛肉の輸出の有無を問わず食品の安全を確保するための唯一の科学的手段である。我々食肉処理施設においても、食肉の安全確保のみならず経営の安定を図るためには、製品の高品質化と衛生による高付加価値化が必要となっている。

食肉の衛生の高度化を図るためには、家畜の生産から、食肉処理、そして消費者に届くまでの流通にかかる全ての過程（from Farm to

Table) において、衛生的な管理が必要となり、生産者、食肉処理・流通業者そして消費者が連携をとり、一体となって衛生対策に取組むことが求められ、食肉処理施設は、この流通体系の中で最も重要な拠点である。

1. 食肉衛生処理高度化のための HACCP の構築

1-1. 食肉衛生処理高度化のための HACCP 構築の目的

食肉センターにおける HACCP 構築では、微生物などの専門的な分野に対応するため、と畜検査員などの専門家にも参加してもらい、それぞれの現場に合った HACCP が実施できる体制を作ることが必要である。HACCP を確実に、また効率的に実施するためには、経営者が衛生向上の必要性を明確にすることと、管理責任者、衛生管理責任者、作業責任者や作業員のすべての職員がその構築に関与することが必要であり、各担当者が自ら現場に合ったマニュアルを作成し、常に見直し、必要に応じ修正していくことが重要である。

経営面からは、衛生管理の向上のためには施設や作業体制の整備などに問題がある場合が多く多額の費用がかかること、また、直接的に生産性の向上をもたらす事が全てでなく、積極的に取組みたいと考えていても経営面を考えるとなかなか進まない場合が多い。しかし、費用対効果が表れるのは先であっても、消費者は常に「食肉の安全・安心」を求めており、食肉処理衛生の高度化は消費者ニーズに添った方向であるとともに、衛生に優れた食肉処理施設の差別化は経営安定上においても最も重要な事であることを認識することが重要である。

1-2. HACCP と前提条件プログラム (PP)

食肉センターの衛生は、工場全体を前提条件プログラム・PP (一般的衛生管理プログラム) で管理し、PP で管理できないものを HACCP プランで管理する。

したがって、最初に前提条件プログラムを完

成させ、それにもとづいて後で述べる HACCP 構築手順の 1～5 で準備し、手順 6 (原則 1) の危害要因分析において全ての危害要因を列挙し、PP で管理するかまたは HACCP 管理するかを決定する。

前提条件プログラム (PP) には、施設・設備の衛生管理、廃棄物や使用水、作業員の衛生管理や教育訓練、食肉の取扱い方法など、HACCP システムで管理するための基礎的 (土台) な内容が的確に示す最も重要なもので工場全体にわたるプログラムが中心であり、製品ごとに作られる HACCP との違いは明確にしておく必要がある。

PP は、危害物質を食肉に混入、汚染、増加させないために、危害要因の存在しない原材料や衛生的な作業環境を確保することを目的としており、可能な限り PP で管理し必須管理点 (CCP) は少ないほうが全体の管理はし易くなる。食肉センターにおける衛生管理は、前提条件プログラム (PP) と HACCP とで確立されるもので、食品安全の国際規格 ISO22000, SQF2000 や FSSC22000 などのマネジメントに取り組む場合などにおいても、これらの正しい構築が必要である。

1-3. HACCP システムによる食肉処理の管理

HACCP とは、「危害要因分析と必須管理点」の英訳で、危害要因 (Hazard)、分析 (Analysis)、必須 (Critical)、管理 (Control)、点 (Point)、の頭文字をとった略称である。

通常 HACCP は、表 1 に示すとおり 7 原則、12 手順で構築されるが、最初の手順に、経営者のコミットメントと HACCP チームリーダーの任命の 2 つの手順を加えることが必要である。

①経営者のコミットメント

経営者は、食品安全のための HACCP の構築と実施に対して、自ら積極的にかかわり指示を与える。

HACCP の導入、維持は、組織全体の仕事であるから、経営者自身が真剣に取り組む経営方

表1 HACCP 構築の7原則と12の手順

経営者のコミットメント、HACCP チームリーダーの任命	
手順 1	HACCP チームを編成する
手順 2	製品を記述する
手順 3	意図される用途を特定する
手順 4	フローダイアグラムを作成する
手順 5	フローダイアグラムの現場確認をする
手順 6 (原則 1)	ハザードアナリシス (危害要因分析) を行う
手順 7 (原則 2)	必須管理点 (CCP) を決定する
手順 8 (原則 3)	許容限界 (CL) を確立する
手順 9 (原則 4)	モニタリングの手順を確立する
手順 10 (原則 5)	是正処置を確立する
手順 11 (原則 6)	検証の手段を確立する
手順 12 (原則 7)	記録付けと文書の保管の手段を確立する

針としなければ、システムとしての実現はできない。また、食品安全方針を設定し、組織全体に周知するとともに、必要な資源の提供を行う。

② HACCP チームリーダーの任命

経営者の任命する HACCP チームリーダーは、経営者から HACCP 構築と実施に関する責任と権限を与えられた実務上の最高責任者である。チームリーダーは、HACCP 委員会等の決定を経営者に伝え、また、経営者の意思をチーム全体に伝える役割をもち、HACCP に関し十分な知識を持つことが望ましい。

十分な能力をもつチームリーダーの存在は、HACCP 構築の成功の鍵になる。前提条件プログラムや HACCP において、従業員や経営者の教育・訓練は最も重要である。経営者は HACCP について必要性や要点を十分理解した上でコミットメントを表示し、従業員は自分の持ち場の仕事を HACCP プランにより理解することが最良である。

また、従業員は、自分の持ち場の作業がライン全体の HACCP 構築にどのように貢献しているかを理解することが大切で、そのためには教育・訓練に十分な時間と経費が必要である。教育・訓練を実施した後は、実際に現場でそれが生かされているか、十分な知識を習得したか等を評価し、十分な効果がない場合はその方法や内容等を検討するとともに、評価結果に

ついては必ず記録を残しておく。それぞれの従業員のレベルに当てはめた、最も適した教育・訓練の方法を考案するが、このことは経営者の教育にも同様である。HACCP 手法による衛生管理は、管理者から言われたことのみを行うのではなく、現場職員が HACCP の内容を理解し、仕事のやり方について提案し、自らが標準作業手順 (SOP) や衛生標準作業手順 (SSOP) を改訂することに携えることである。

HACCP を実行することは、ある面では仕事を増やすこととなるが、手抜きをしないことが重要であり、これを行うためには現場の作業員の HACCP に対するインセンティブをどのようにして向上させるかが極めて重要であることが分かる。

2. 食肉処理に関連する ISO 等の認証取得

HACCP システムにより、安全・安心・高品質な食肉生産をしていることを食肉卸業者、消費者、生産者に広く認識させること、また、このことが第三者によって認められる手段として、ISO 等の認証取得がある。

食品安全のための国際規格である ISO22000 は Codex の一般原則と HACCP を基礎とし、ISO9001 のマネジメントサークル (PDCA サークル) で運用していくシステムで、適用範囲は食肉にかかるフードチェーン (生産者、食肉センター、食肉流通業者、資材業者、消費者など) 全体で食肉の安全を確保するシステムであり、食肉センターだけのマネジメントでなく、フードチェーン全体で、「安全・安心」を確保していくものである。

3. 輸出食肉施設としての認定

我が国の食肉の高品質な風味が世界的に認められるようになり、黒毛和種においては世界的

な規模で需要が増大してきた。食肉の輸出については二国間での衛生条件等の取り決めがあり、この条件をクリアすることで輸出施設として認定されることとなるが、ほとんどの国が HACCP システムを認定の必須条件としている。

◆二国間協議で輸出要綱が定められている国 平成 28 年 1 月現在（要綱制定年月）

米国(平成 2 年 5 月), カナダ(平成 17 年 12 月), 香港(平成 19 年 2 月) アラブ首長国連邦(平成 21 年 2 月), マカオ(平成 21 年 7 月), タイ(平成 21 年 10 月), EU(平成 25 年 3 月), メキシコ(平成 26 年 2 月), ニュージーランド(平成 26 年 3 月), フィリピン(平成 26 年 5 月), カタール(平成 26 年 8 月), インドネシア(平成 26 年 12 月), ロシア(平成 27 年 2 月), パーレーン(平成 27 年 6 月), ミャンマー(平成 27 年 10 月), シンガポール(平成 21 年 5 月), ベトナム(平成 26 年 2 月)

現在, その他の多くの国と協議中

4. 食肉衛生処理における from Farm to Table への取り組み

ISO22000 は, 食肉の生産, 流通から消費, それに関連する全ての段階で衛生対策のマネジメントを目指すものである。したがって, 食肉センターは 農場から食卓まで (from Farm to Table) の中核的な役割を荷うべく, 食肉処理場以外の家畜の生産, 流通, 消費に至る全ての過程での衛生対策について努力しなければならない。

食肉センターにおける具体例としては, 職員が直接農家に出向き牛の衛生管理やポジティブリストの遵守等の指導確認を行うとともに, 食肉の販売業者には冷蔵庫の温度管理保存方法や作業場の衛生管理等について指導を行う。

食肉販売店や料理店には, 表示はもとより衛生状況などの指導を行うとともに消費者への情報提供を行い, 食肉に対する正しい知識(安全な取り扱いや食べ方)についても啓蒙を行い, 食肉処理施設に対する理解を深めさせる努力も必

要である。

これらフードチェーン全体において, 「安全・安心」を確保するための中核機関として食肉センターの必要性を位置付けることで, 消費者はもとより流通業者や生産者の信頼を得る事ができ, 職員の HACCP システム実施のインセンティブと自覚が生じるという効果を生むことになる。また, 現在は生産段階での農場 HACCP 構築がすすめられてきているが, 今後は食肉の卸・小売部門まで HACCP を普及することで, 農場から消費者までの食肉流通のトレーサビリティが構築できることとなる。

5. 食肉の衛生高度化のもたらす成果

食肉センターにおける衛生高度化の成果としては, 次のことがあげられる。

- (ア) 細菌数の少ない枝肉により, 部分肉の賞味期限も長くできる。
- (イ) 細菌数の少ない製品(部分肉)は, 高品質の必須条件である。
- (ウ) 「安全・安心」は, 必ず経営をも良くする。

6. JA 飛騨ミートにおける食肉衛生対策が経営改善に及ぼした効果

JA 飛騨ミートは, 「日本一の飛騨牛を日本一の衛生基準で」を企業の理念として, 施設の整備と HACCP 手法を基本とした食肉処理を行ってきた。また, 国際規格である ISO9000 ならびに ISO22000 を取得することにより, JA 飛騨ミートの食肉製品の品質と衛生管理が国際的にも広く認められるようになってきた。

このことは, 衛生検査の結果でも表われており, 日本でも最も細菌数の少ない高品質な食肉が生産されていることから立証されている。食肉処理施設の HACCP システム導入は, 施設の整備や委員会の設置, マニュアルの整備, モニタリングのコスト等を要し, 経営上から見れば大きな負担が必要という考えもあるが, JA 飛騨ミートの事例から見ても科学的根拠による衛生管理は, 食肉処理施設が企業として今後も継続していく為の必須条件であ

飛驒牛



ることが分かる。

すなわち、消費者は「安全・安心」な食肉を求めており、食肉流通の起点である食肉処理施設が細菌数の少ない食肉処理を行っていることを科学的根拠により消費者に理解してもらうことやフォーラム等により積極的に食肉の安全についての啓蒙を図り消費者の信頼を高めることが、ひいては、食肉の流通業界全体の信頼も高めることとなり、企業としても安定した経営をすれば家畜の集荷増も可能となる。

現在、JA 飛驒ミートにおいて、どの部門の事業も順調に推移しており、特に市場での枝肉取引価格は大消費地の食肉市場より常に高い水準で推移している。この経営状況は「飛驒牛」という銘柄牛に負うところも多いが、食肉センターの衛生高度化により生産農家、出荷業者、

流通業者、消費者の信頼を勝ち得たことによるところが大きいものと考えられる。また、JA 飛驒ミートの経営規模から、一人の作業員が、と畜処理・枝肉市場・食肉処理などの各業務を全てこなしている。

この業務体形ではどの部署においても、それぞれが決められた衛生管理手順を遵守することが必要であるため一人が2～3ヶ所の工程を完全にこなすことが必要で、そのための現場における教育・訓練も重要になってくるが、衛生観念はもとより労働効率の向上が経営の安定に結びついていることも特徴の一つであり、施設規模の大小その他の条件など、それぞれ実情に合わせた中で HACCP 構築をすることが重要である。

また、HACCP の実施を通じ職員の食肉衛生

の意識が向上するとともに、作業技術の向上が図れるなど、経営者のもとより管理職員、現場職員が一体となり、「日本一清潔な食肉生産工場」を目指すという職場環境が出来てきたものと考えられる。

企業として社会に貢献することも大切な責務で、これらが評価され2009年2月には中央畜産会による「畜産大賞・地域畜産振興部門」優秀賞を受賞した。これらの活動を通じ、積極的に情報を公開することで、全国の食肉センターの衛生レベル向上に寄与し、食肉処理の業務に携わることに對する職員の誇りの醸造がなされているものと考えられる。

おわりに

食肉処理における HACCP は、消費者に対する「安全・安心」の確保ならびに流通のグローバル化に対応するための必須条件となっており、食肉センターはそれぞれの現場に合った HACCP の構築を検討し実践することが緊急の課題となっている。これまで、長い歴史をもつ食肉センターに HACCP を構築するには、職員と膝を突き合わせながら、(じみちにこつこつと)時間をかけてきた。

現在でも、その製造工程では機械化できない部分が多く特殊な作業のため、いままでの古い慣習や職人技的な手法、考え方で作業するという、HACCP 構築にとっては大きな壁があったのは事実である。

そこで問題提起したのは、食肉の衛生管理は流通にとって必須のものであり、消費者に対して自分達の扱う製品が「安全・安心」であることをどうしたら理解してもらえるのかということ。やはり現代は、食肉センターは「安全・安心」についてどのような科学的根拠に基づき、またどのような法令を遵守しているかという情報を消費者につねに発信し公開して行くことが大切だと思う。また、衛生管理の原点は、やはり 5S (整理・整頓・清掃・清潔・躰) であり、この 5S が当たり前出来る人を育てることだと考え実践してきた。

基本はしっかりと守り、それぞれの施設や作業現況にあった、作業員が理解でき確実に取り組める HACCP、ハードよりもソフト (人) が動かせる HACCP が理想であり、また本来あるべき姿だと考える。企業経営はしっかり利益を上げ、衛生管理と従業員の教育・訓練には十分な経費と人材を充て、経営者は自ら積極的に HACCP の構築に力をそそぐことが大事である。ここで働く職員は、自分の職場が消費者から継続して「信頼」される企業でありつづけることが、自分の生活を守る唯一の手段であるという自覚を常に持つことが大事である。

この原稿を書きながらふと目をやると、あちこちでひたすら掃除に励んでいる職員の姿に感謝する毎日だなあ・・・とつくづく思う。

ポジティブリスト制度施行 10 年目を迎えて

藤吉 智治 (FUJIYOSHI Tomoharu)

一般財団法人 食品分析開発センター SUNATEC

Key Words : ポジティブリスト制度 輸入食品 残留農薬 QuEChERS 法

はじめに

2006 年 5 月より、食品中に残留する農薬、動物用医薬品、及び飼料添加物（以下、農薬等）について、原則として全ての農薬等に残留基準を設定し、基準値を超えた農薬等が残留する食品の販売等を禁止する制度、いわゆるポジティブリスト制度が施行された。この制度の施行により、残留農薬は食品の安全性における重要なリスク管理項目となった。2016 年はポジティブリスト制度が施行されてから 10 年目にあたる。この間、残留農薬に関する様々な問題が発生し、残留農薬に対する消費者の視線は一層厳しさを増している。分析機関で残留農薬分析に従事する立場としても、残留農薬分析を取り巻く状況は大きく変化してきたと感じる。本稿では、ポジティブリスト制度の施行から 10 年目となる節目の年を迎えるにあたり、制度導入から今日に至るまでを振り返り、分析機関の視点で改めてポジティブリスト制度について考えてみたい。

1. 多成分一斉分析の時代へ

従来、食品中に残留する農薬等の一部の農薬等（約 280 種類）に対してのみ基準値が設定されており、基準値が設定されていない農薬等に

については規制が無いため、ネガティブリスト制度と呼ばれていた。ポジティブリスト制度の施行に伴い、規制対象農薬は約 800 種類と大幅に増加し、基準値が設定されていない農薬等に対しては人の健康を損なう恐れのない量として一律基準（0.01ppm）が設定された。

従来の残留農薬等の分析法は、農薬等の物理的、化学的性質に基づいた系統別一斉分析や個別分析が主流であったが、対象農薬等の大幅な増加と一律基準に対応するため、精度の高い多成分一斉分析法の構築が急務となった。そのため、厚生労働省から、一斉試験法が通知された。しかし、通知一斉試験法は代表的な食品を対象として妥当性が確認されたものであり、必ずしも全ての食品に対して良好な結果が得られることが保証された試験法ではない。当然、食品によっては精製不足により分析が困難となるため、追加精製法を検討しなければならなかった。当所においても通知一斉試験法を基礎として適用可能な食品、及び分析対象項目の拡大を迫られた。毎日、異なる食品を分析対象とする分析機関においては、全ての食品に対して妥当性評価を実施することは現実的に困難である。

こうした状況から、食品ごとに添加回収試験を実施して常に精度を確認しながら施行錯誤を

繰り返し、多成分一斉分析法を構築した時期であった。

2. 輸入食品における農薬等の残留実態

日本は食料自給率がカロリーベースで約 40% であり、食料の多くを海外からの輸入食品に依存している。諸外国では日本で未登録の農薬が使用される場合があるため、輸入食品中の残留農薬の監視は重要である。国内の検疫所では輸入食品に対して残留農薬等をはじめ、様々な項目でモニタリング検査を実施し、毎年、その結果が厚生労働省より公表されている。2005 年からの 10 年間におけるモニタリング検査数と違反件数を図 1 に示した。

輸入届出数の増加に伴い、モニタリング検査数は年々増加傾向であるのに対して、違反件数は 2006 年をピークに低下傾向にある。モニタリング検査で基準値違反が確認された場合、日本政府は輸出国政府に対して違反情報を提供し、二国間協議等により再発防止策を講じるよう要請している。違反件数が低下傾向にあるのは、このような対策の成果が表れてきた証ではないかと推測する。ポジティブリスト制度が施行された 2006 年には検疫所におけるモニタリング対象項目が農薬では 200 項目から 450 項目、動物薬では 60 項目から 100 項目となり、いずれも大幅に増加した。

制度導入前の 2005 年と比較して 2006 年に違反件数が大きく増加した理由は、項目数の増加に起因した残留農薬等の違反件数の増加が要因であると考えられる。違反件数に占める農薬等の割合はここ数年、減少傾向にあるが、依然として全体の約半数を占めており、今後もモニタリング検査による残留農薬の監視が重要であることがうかがえる（図 2）。制度の導入前には検査対象とされなかった農薬等についての残

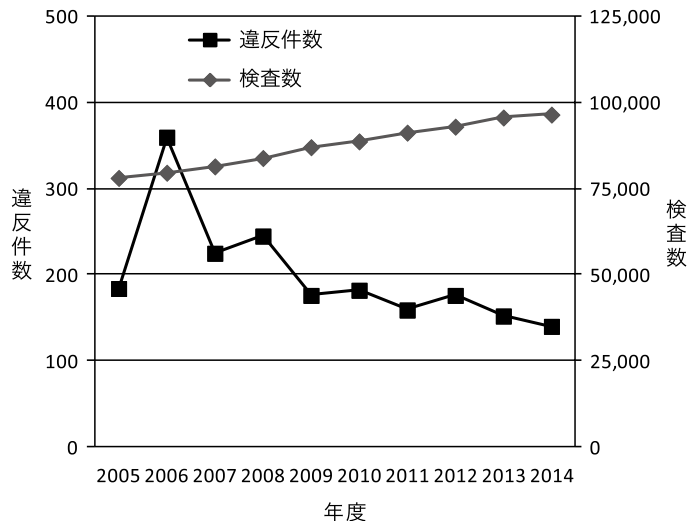


図 1 モニタリング検査数と違反件数

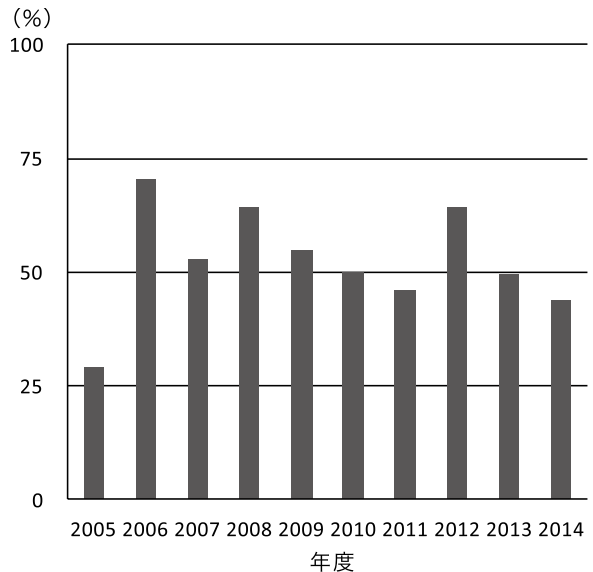


図 2 違反件数に占める農薬等の割合

留実態が明らかとなり、残留量を低減する改善策を講じるきっかけになったと考えれば、ポジティブリスト制度は食の安全性の向上に大きく貢献しており、食品衛生上、重要な制度であることは間違いない。

3. 残留農薬のリスク

農薬は農産物の生産性や品質の向上に欠かせないが、薬理活性を有する化学物質であり、

表 1 残留農薬等に関する主な事件・事故

年	内容	農薬等
2008	中国産冷凍餃子への農薬混入事件	メタミドホス、ジクロルボス
	清涼飲料水への農薬混入事件	グリホサート
	事故米不正転売事件	メタミドホス、アセタミプリド、アフラトキシン
2013	国内冷凍食品への農薬混入事件	マラチオン

適正に使用しなければ人や環境に悪影響を及ぼすため、適切な管理が必要となる。残留基準とは、農薬が食品に残留することが許容される限量である。この限量（残留基準値）は、適正に農薬を使用した場合の作物残留試験の結果に基づき、毒性評価試験により導かれた一日摂取許容量^{*1}（ADI）を超えることがないよう設定されている。原則として、適正に農薬を使用した結果として残留する量を許容する考え方であるため、基準値を超える場合には農薬の不適正な使用が疑われる。農林水産省が実施している国内農産物の農薬残留状況の調査においても、基準値を超過した原因の多くは農薬の使用方法を誤ったことであると報告されている。

基準値は ADI を超えないよう設定されているため、一時的に基準値相当の農薬を摂取しても健康への影響はないと考えられる。基準値を超える農薬の検出が確認された際、「基準値を超えた」という言葉が強調され、あたかも危険であるかのような報道をよく目にする。風評被害を防止する意味でも、基準値とは何かを丁寧に説明し、基準値違反という言葉に過剰反応するのではなく、正しい情報をもとに冷静に行動しなければならない。従来は長期的な農薬の摂取量を推定し、ADI を指標として残留基準を設定していたが、近年は短期的な農薬摂取に対するリスク評価の指標として急性参照容量^{*2}（ARfD）も考慮した基準値

の設定が進められている。

4. 残留農薬に関する事件・事故

ポジティブリスト制度が導入されるに至った背景は、2002 年に発生した中国産冷凍ホウレンソウから基準値を超過したクロルピリホスが検出されたことをきっかけに、国内において残留農薬に対する規制の必要性が議論されたことによる。この問題は、輸出国との基準値の相違によるものであり、輸入食品に対する残留農薬の監視が重要であることを示した事例である。その一方で、残留農薬の問題とは全く異なり、意図的に農薬等が混入された事件等が発生し、大きな社会問題に発展した（表 1）。

このような事件が発生すると分析機関は対応に追われ多忙を極めるが、分析結果が社会に与える影響の大きさを考えれば、決して慌てることなく迅速に確実な分析を実施しなければならない。残留農薬分析の目的は基準値適否を判断することであるが、農薬等の意図的な混入に対しては健康被害が懸念される高濃度の残留（混入）を確認することが目的となる。この目的を見誤ると、緊急性を要する案件に対して無駄な時間を費やし、被害拡大につながりかねない。意図的な混入を想定した分析の場合、健康被害が生じるような高濃度残留の有無が判断できれば目的が達成されるため、分析対象とする農薬等の ARfD を参考にして定量下限を高く設定することで煩雑な精製操作を省き、迅速に結果を得る

^{*1} 一日摂取許容量（ADI:Acceptable Daily Intake）

ヒトがある物質を毎日、生涯食べ続けても、健康に悪影響が生じないと推定される一日あたりの摂取量

^{*2} 急性参照容量（ARfD:Acute Reference Dose）

ヒトが 24 時間、またはそれより短時間の間の経口摂取によって、健康に悪影響が生じないと推定される摂取量

ことが重要である。2013 年 3 月に厚生労働省より通知された「加工食品中に高濃度に含まれる農薬等の迅速検出法」においては、毒性の高いトリアゾホスの ARfD に対応できるよう定量下限を 0.1ppm に設定している。分析者は日頃から常に分析の目的を考え、求められる結果に対して適切な分析計画を立案できる能力を身につけることが大切である。食品分析はルーチン作業と思われがちであるが、様々な知識と経験、技術が必要とされる。これまでに発生した事件を教訓として、分析の目的を考えることの重要性を改めて考えさせられた。

5. 残留農薬分析の変遷

ポジティブリスト制度の施行当時は農薬等の残留実態に関するデータがないため、できる限り多くの項目を確認できる一斉分析が必要とされた。当時の主力機器は GC-MS であり、精製法が限定的な一斉分析においては、試験溶液中の食品成分が分析上の妨害となることが多く、良好な結果を得るために測定機器の分離能、選択性は重要な要素であった。そのため、選択性に優れた GC-MS/MS 及び LC-MS/MS が急速に普及した。現在では機器の高感度化が進み、個別分析においては煩雑な精製操作を省き試験溶液を希釈して注入することが可能となり、短時間で分析結果を得ることができるようになった。その反面、過去に用いられてきた分析技術（オープンカラムによる精製、誘導体化など）を経験する機会が減り、分析者の技術力維持、向上については新たな課題が生じたと思う。どれだけ高性能な機器を使用しても、分析結果を最終的に判断するのは人（分析者）であり、得られた結果が妥当であるかを判断するうえで、分析工程の原理を理解することは極めて重要である。精度の高い分析結果を得るためにも、分析者は機器に頼り過ぎることのないよう、日頃から分析技術の向上に励まなければならない。当所でのこれまでの分析状況を振り返ってみると、分析に対する考え方が変化してきており、当初の分析項目数を重視した一斉分析から、現

在では使用履歴や過去の違反事例、検出実績の多い農薬など、分析対象を必要な農薬のみに集約した一斉分析にシフトしてきた。この変化は、これまでの残留農薬分析の結果がフィードバックされ、圃場レベルでの適切な農薬管理体制の構築へつなげられていることが大きく寄与しているためと考えられる。ポジティブリスト制度は分析を義務付ける制度ではなく、使用農薬の管理、残留実態の把握など、原材料の安全性確保は生産者や食品事業者が管理するものであり、残留農薬の検査体制についても同様の考え方が根底にある。我々が安全な食品を手にすることができるのは、生産者や食品事業者の並々ならぬ努力のおかげであることを忘れてはならない。

分析法に関しては、国内においては新たに登録された農薬等や、基準値が設定されているが試験法が未通知であった農薬等の分析法開発が継続して進められている。世界的な動向としては分析法の「効率化」が重視されている。その代表例として、迅速かつ簡易な一斉分析法として QuEChERS 法が世界的に広く普及していることが挙げられる。QuEChERS 法は 2003 年に報告されて以来、迅速かつ簡易な方法として注目を集め、AOAC 法や EN 法といった国際的な分析法としても採用されている。QuEChERS 法で採用されている分散固相抽出は、ミニカラム等による固相抽出と比較して精製効果が劣るため、分析対象食品と農薬等の組み合わせによっては十分な結果が得られない場合もあり、分析法の導入にあたっては事前に妥当性評価を実施し、良好な結果が得られることを確認することが重要である。

おわりに

ポジティブリスト制度施行から 10 年目を迎え、施行当時の慌ただしさは落ち着きを取りもどし、制度に対する理解は十分広がったのではないかと思う。今後は、ポジティブリスト制度に関するこれまでの知見を活用し、制度そのものをどのように有効利用していくかを考えるこ

とが重要であろう。これまでに得られた膨大な分析結果や農薬等に関する知見は大きな財産である。分析結果をただの数値として扱うのではなく、食品別の違反実績項目や項目別の残留傾向を把握するなど、リスク管理に有効な情報として積極的に利用すべきと考える。当所においては、この 10 年間で培ってきた残留農薬分析

に関する技術と経験を活かして、検査精度の向上、社会のニーズに応える検査商品を提供することにより、今後も食の安全に貢献できるよう日々努力し続ける所存である。本稿がポジティブリスト制度について改めて考えるきっかけとなれば幸いである。

参考文献

1. 「輸入食品監視指導計画に基づく監視指導結果」(厚生労働省ホームページ)
2. 「加工食品中に高濃度に含まれる農薬等の迅速検出法について」(厚生労働省事務連絡 平成 25 年 3 月 26 日付)
3. 「国内産農産物における農薬の使用状況及び残留状況調査結果について」(農林水産省ホームページ)
4. M. Anastassiades, S.J. Lehotay, D. Tajnbaher and F.J. Schenck, Fast and easy multiresidue method employing acetonitrile extraction/partitioning and 'dispersive solid-phase extraction' for the determination of pesticide residues in produce, *J. AOAC Int.* **86**, 412-431, 2003.

野山の花

— 身近な山野草の食効・薬効 —

城西大学薬学部 白瀧 義明 (SHIRATAKI Yoshiaki)

ドクダミ *Houttuynia cordata* Thunb. (ドクダミ科 Saururaceae)

6～7月ごろ、山歩きの途中、人家近くの湿り気がある半日陰地で白い花びらのようなものをつけた植物を見かけることがあります。葉がハート型をしているのも特徴です。その葉を揉むと何とも言えない独特の臭いがします。これがドクダミです。ドクダミは東アジア一帯に分布し、日本では低湿地で普通に見られる多年草です。茎は無毛で直立し高さ 15～50cm になり、葉は互生、有柄、無毛、心臓形をしていて長さ 4～8cm。茎葉ともに緑色ですが、暗紫色を帯びることもあります。“ドクダミ”という名は特異臭がするので「毒を溜めている」ことによるという説、「毒下しの妙薬」を縮めたという説などがあります。また、生薬名の“ジュウヤク”は中国名の「葳」によりますが十種の薬に値するという意味から同音の「十薬」あるいは「重薬」の字が通用していると思われます。他にも花が十の字に見えるとか、重宝する薬草だとか、これも、また、諸説があります。花と見えたのは、茎の先端についた小さな花の集まりで、個々の花は黄色の花が穂状に多数ついたものなのです（穂状花序）。そして、4枚の花弁に見えたのは一番下の花の苞なのです。個々の花は1本の雌しべと3本の雄しべからなり、^{がく}萼と花弁はありません（無花被花）。

特異臭の本体は decanoylacetaldehyde（デカノイルアセトアルデヒド）、laurylaldehyde（ラウリルアルデヒド）などの精油成分で、強い抗菌作用があります。この臭いは乾燥すると揮散し無くなります。また、葉にはフラボノール配糖体の quercitrin（クエルシトリン）、花には isoquercitrin（イソクエルシトリン）を含



写真1 ドクダミ（花1）



写真2 ドクダミ（花2）



写真3 ヤエドクダミ

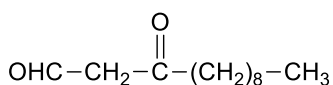


写真4 ハンゲショウ

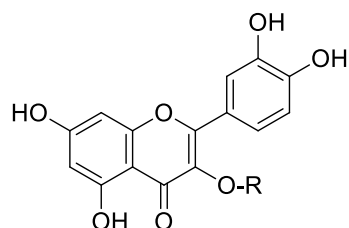
み，利尿，強心，血管収縮作用などがあります。花期の地上部を採り，直ちに陽乾したものをジュウヤク（十葉，*Houttuyniae Herba*）とよび，煎剤を化膿，腫瘍，胎毒，蓄膿などの解毒薬として，また利尿薬や緩下剤としても使われます。民間では生の葉を少し火にあぶり，腫れ物，化膿，

痔疾等にはりつけると有効であるといわれ，センブリ，ゲンノショウコとならび日本3大民間薬の一つでもあります。

近年，八重の品種（ヤエドクダミ）や葉がカラフルで庭などに植えられるゴシキドクダミが市販されています。科名の *Saururaceae*（ドクダミ科）ですが，語源はギリシア語の「サウロス・ウーラー」に由来し，「トカゲの尾（しっぽ）」の意だそうです。ドクダミの穂状花序からは想像しにくいのですが，同科のハンゲショウ *Saururus chinensis* の花序を見れば，納得できますね。また，ドクダミの英語名は *fish mint* といい，魚の生臭さを想像させます。



decanoylacetalddehyde



quercitrin : R=rhamnose

isoquercitrin : R=glucose

図1 成分の構造式

豆 知 識

一般財団法人 食品分析開発センター SUNATEC

品質問題への対応について

今年1月に、HACCPを含む日本発の食品安全管理規格・認証スキームの運営や人材育成、海外への情報発信を担う団体として、「一般財団法人 食品安全マネジメント協会 (Japan Food Safety Management Association 略称:JFSM)」が設立された。今後の取組みに注目されている方も多いと思われる。また、2014年に「食品等事業者が実施すべき管理運用基準に関する指針 (ガイドライン)」が改定され、HACCPを用いた衛生管理の基準が追加されたことや、近年のISO22000、FSSC22000 認証取得組織の増加など、様々な形で食品事業者のHACCPへの取組みが促進される状況となってきた。

HACCPへの取組みにより健康被害を引き起こす問題の発生を防ぐことは、食品を取り扱う事業者において極めて重要であり、今後もその取組みが促進されるべきであると考えられる。

しかし、取組みがHACCPだけに限定されてしまうとその他の品質問題への対応が不十分な状況となってしまう危険がある。

一般財団法人 食品産業センターがインターネットで公表している「食品事故情報告知ネット (<http://www.shokusan-kokuchi.jp/KokuchiInfo/index>)」の中には、一般的に健康危害に繋がりにくいと考えられるような事例もみられる。

このことから、本稿においては一般的に健康危害に繋がりにくいと考えられるような品質問題への対応について紹介する。

1. 品質問題の発生要因抽出の難しさ

品質問題の発生を防止する為には、健康被害を引き起こす問題の発生防止と同様に、それらの発生要因を適切に把握することから始まる。

しかし、品質問題は、例えば風味や見た目の問題、軟質異物の混入や包装の汚れの問題など、非常に多岐にわたる。その発生要因も使用する原材料 (Material)、製造方法 (Method)、製造に関わる人員 (Man)、製造に使用する機器 (Machine)、製造環境 (Environment) によって異なる (4M+E)。

また、品質問題の想定やその要因の抽出内容は検討する人によっても異なる。残念なことに、全ての製品に対して画一的に品質問題の発生要因を抽出することが出来るシステムは無いのが現状である。

これらのことから、品質問題の発生要因抽出及びそれらへの対策の実施については、それぞれの組織が模索しながら取組むことが必要と考えられる。また、このような取組みを進めることにより、それらに関係する者の認識強化を図り、結果として組織全体の管理強化に繋げることが出来ると考えられる。

以下に取組み例を記す。

2. 品質問題の発生要因抽出の取組み例①

「自組織にてこれまで発生した問題（組織外からの指摘，自組織内での発見含む）の水平展開の取組み」

これまで自組織にて発生した問題については多くの事業者は再発防止のため，原因調査を実施の上，原因となった事象を取り除く改善措置を実施されていると考えられる。

しかし，その対策は，問題が発生した当該ラインや当該部署のみの対応となっている場合もある。確認された問題を別ラインや別部署の危害分析に反映させ，それらにおいても同様のリスクがあるかについて検討を進めることによって，同様の問題が今後組織で再発することが無いように組織全体で取り組むことが出来る。

このことから，これまでに組織内外で発生した問題の一覧をまずは作成し，取組みを進めるメンバー（食品安全チーム：例えば生産部門の各担当者や品質保証部門担当者，更に必要に応じて工務部門や購買部門，開発部門などの担当者）が中心となって，重要な問題から優先的に取組みを進めることが推奨される。

次に，近年製品回収なども多く発生している一般的に健康危害に繋がりにくいと考えられるような品質問題への取組み方法例を記す。

3. 品質問題への取組み例②

「既に自組織で挙げている発生要因の深堀」

自組織の危害分析にて既に挙げている発生要因についてクレームの発生状況などを鑑みてテーマを決め，自組織内にてより詳細に発生要因の検討を進め，協議の上で対策を実施することで発生要因を管理する取組み。以下に異物をテーマにした例について述べる。

＜異物発生要因の深堀検討例＞

深堀検討を進めるにあたり，闇雲に検討するよりも原料，中間製品，製品（以下，原料等）への影響が高い箇所から優先的に取り組むことが推奨される。この中で健康被害に繋がるような大きさの硬質異物や前者に当てはまらない硬質異物，健康被害には繋がりにくいが数多く発生する危険のある軟質異物などについて，異物の種類と問題の大きさを併せて検討することが推奨される。

（1）『原料等に直接触れる設備・機器，器具，作業内容の再確認』

原料等に直接触れる箇所においては，通常，ガラスのような破損しやすい材質の使用は少ないと考えられるが，金属製や樹脂製の硬質異物の発生源は多く存在する。更に，ビニール片などの軟質異物の発生源も多く存在することを認識する必要がある。

例えば，スライサー，粉砕機などの機器では刃の欠損が起こりやすい。また，移送のために用いられるポンプも羽根の設置不備が生じた際にケーシングと接触することで羽根の破損やケーシングの削れが生じる。異物除去として使用される篩でも，金網部分が破損し，製品に混入した事例がある。もちろん，ネジやボルト，ワッシャー，スプリング，ベアリングなどの設備・機器の部品の欠落なども金属異物に繋がる。また，樹脂製のバットやコンテナ，攪拌のためのカイなどの器具が破損し，樹脂製の硬質異物として製品に混入する事例も多い。

これらの硬質異物は発生箇所や発生原因によって、健康被害に繋がるような尖った形状で大きな異物が発生する場合もあれば、例えばポンプのケーシングの削れのように細かな異物が多数発生する場合もある。

一方、軟質異物（ビニール片、糸片、塗装片、毛髪、虫など）では、健康被害に繋がりにくい異物が多数発生する事例もある。例えば、原料を包んだビニールを誤って原料と共に粉砕機に投入し、小さなビニール片が多数混入した事例はよく発生する。また、原料等に触れる機器のコンベアの一部がほつれた状態となり、繊維やコーティング部分が混入した事例もある。

このように原料等に直接触れる箇所には様々な異物発生源が存在する可能性があることから、自組織で使用する設備・機器、器具や作業内容がどのような状況で、どのような状態の異物が発生するかについて事前に検討することが必要である。このためには検討を進める品質保証担当者などが製造担当者や工務担当者と設備・機器、器具の管理状況を再確認した上で、必要に応じて管理ルールや作業手順、作業時のチェック体制の見直などが推奨される。

〔2〕『原料等の周辺に存在する設備・機器、器具、人員が保有する用具の確認』

原料等の周辺に存在する設備としては、例えば、機器の水圧計などのカバーや、労働安全のために設置されるカバーなどが挙げられる。これらの設備がいつの間にかひび割れた状態で放置されていることも多い。また、製造ラインの上部に位置する蛍光灯の基盤部分が錆びていることや、配管に埃等の汚れが蓄積していることも多い。原料等が開放状態で扱われる箇所については特に注意が必要である。

このような設備・機器に対しては、年間の保全・清掃計画を策定し、管理することが推奨される。また、原料等の周辺に存在する器具では、計量カップや温度計、Brix 計などの計測具、製造ライン周辺に置かれている開封用のハサミ、カッター（一枚刃）などが挙げられ、人員が保有する用具では、自組織の工場内で携帯が許可されている筆記用具、計測具、携帯電話などや労働安全のためのゴーグルなどが挙げられる。

これらについても、例えば、使用する間に製造ライン内に落下しない場所で仮置きするルールや使用後の定位置・定数管理の実施状況の再確認が推奨される。

〔3〕『施設全体の確認』

最後に施設全体における異物発生源としては、多種・多様なものが存在する。

例えば、製造ラインから離れた場所にあるガラス製や樹脂製の設備として、蛍光灯、窓、ドア、姿見、フォークリフトのランプカバー、時計などが挙げられる。これらのように破損した際に多くの破片が発生する可能性のあるものは、リスト化し、漏れなく把握した上で破損時に破片が飛散しない対策を施し、定期的に破損チェックを実施することが推奨される。

同様に、天井や壁、配管、空調設備などもカビや塗装片の落下による異物混入や、そ族昆虫の外部からの侵入あるいは内部での発生が懸念されるかの確認についても、必要な頻度で保全・清掃・洗浄計画を策定し、管理することが推奨される。

4. 品質問題への取組み例③

「組織外で発生した問題の自組織への置き換え検討」

次に、組織外での問題が報道された場合、自組織でも同様の事象が発生することがないか検討することが推奨される。このためには、問題事例の情報や業界内あるいは行政の情報など、必要な情報の入手を担当する部署を決め、定期的に協議を行う体制の構築が必要となる。

5. 品質問題への取組み例④

「ISO/TS 22002-1 を参考にした自組織の確認」

最後に、製品製造に関する前提条件プログラムとして FSSC22000 にて要求される ISO/TS 22002-1 を利用して自組織の状況を確認する方法が挙げられる。ISO/TS 22002-1 の各項目について自組織に該当するかの検討及び該当する項目が発生要因として挙げられ、管理できているかの確認を進めることが推奨される。



L- カルニチンフマル酸塩による運動選手のエネルギー代謝への影響 I L S 株式会社

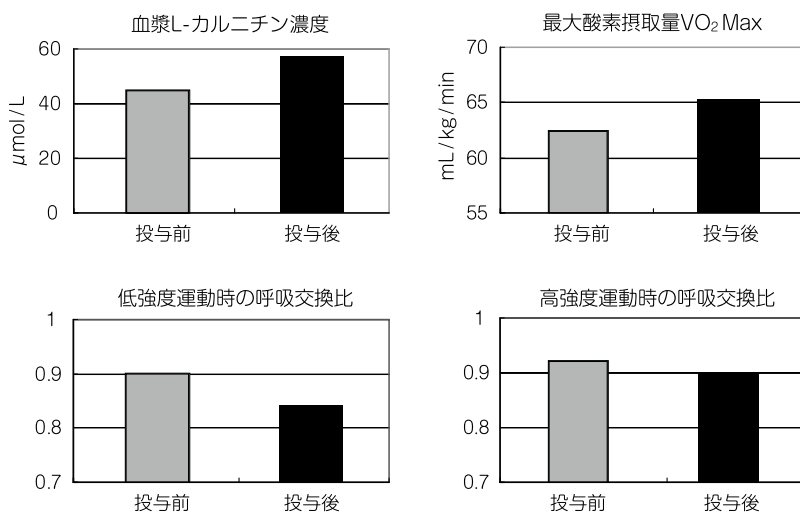
L- カルニチンの吸湿性を抑制した機能性食品素材「L- カルニチンフマル酸塩」を摂取することによりダイエット効果や持久力アップなどが期待されるということが、「第 60 回 日本体力医学会大会」にて発表されました。この研究発表は日本女子大学および鹿屋体育大学との共同研究によって、L- カルニチンフマル酸塩の摂取による運動選手のエネルギー代謝への影響について、調べたものです。

被験者は大学ボート部の男子学生 8 名で、L- カルニチンフマル酸塩 3.4g/ 日 (L- カルニチンとして 2g/ 日)あるいはプラセボを摂取 30 日間, ウォッシュアウト 30 日間, 摂取 30 日間のクロスオーバー二重盲検法で試験しました。測定項目は、摂取前後の血漿中の遊離 L- カルニチン濃度、最大酸素摂取量 (VO₂Max), 呼吸交換比などを測定しました。

図に示す通り、L- カルニチンフマル酸塩の摂取により血漿 L- カルニチン濃度は有意に増加し、さらに、最大酸素摂取量 (VO₂Max) も有意に上昇しました。最大酸素摂取量とは 1 分間で体に取り込む事が出来る酸素の最大量で、運動能力の指標として利用されています。

また、低強度運動時 (35%VO₂Max 強度) および高強度運動時 (80%VO₂Max 強度) の呼吸交換比は、有意に低下しました。呼吸交換比はエネルギー源が糖質 (ブドウ糖) のみであれば 1 で、脂肪が利用されれば低下し 0.7 に近づきます。有酸素運動である低強度運動時だけでなく、無酸素運動に近い高強度運動時においても、エネルギー源として脂肪の利用度が上昇しました。

これらの結果は L- カルニチンフマル酸塩が有酸素系のエネルギー代謝を促進し、運動パフォーマンスの向上にも寄与すると考えられます。そのような事から、メタボリックシンドロームや抗疲労、アンチエイジングにも応用可能と思われるます。



本コラムに関する
お問い合わせは：
大塚化学グループ
I L S 株式会社
〒 302-0104
茨城県守谷市
久保ヶ丘 1-2-1
TEL:0297-45-6342

シロザケ放流種苗生産時の体型と体成分の変化

大橋 勝彦 (OHASHI Katsuhiko)* 酒本 秀一 (SAKAMOTO Shuichi)

* 日本ドナルドソントラウト研究所

Key Words : シロザケ 種苗生産 体型 体成分 卵内発生 給餌

シロザケ種苗は北日本を中心に毎年膨大な数が放流されており、日本に回帰して来る親魚の大部分は人為的に種苗生産された魚であると云われている。シロザケは卵が大きいので栄養成分も多量に含まれており、卵内で可也発生が進んで大きくなってから孵化する。その為、2～3mmで孵化する一般的な海産魚と違ってシオミズツボウムシやアルテミア等の生物餌料を与える必要が無く、直接配合飼料に餌付け出来る飼育し易い魚である。

日本で種苗生産されている魚種の中では、シロザケの生産技術¹⁻³⁾は大変進んでいると云えるが、自然環境が厳しい北日本の冬場を中心に生産が行われることや、特別な物性や栄養成分を有する配合飼料でなくても生産出来てきたこと等から、物理的・機械的な技術の進歩は著しいが、飼料⁴⁾や魚自体に関する研究はやや立ち遅れている感じがする。

著者ら⁵⁻¹³⁾は使用する配合飼料と生産魚の質について調べてきたが、その過程でサケ・マス類の成長段階別の体成分に関する研究は少なく、ニジマスで可也古い数例の報告¹⁴⁻¹⁷⁾がなされているものの、シロザケでは認められないのが分かった。そこで本研究では、シロザケにおける適切な餌付時期や成長段階別に適した飼料の質等を検討するのに必要な基礎資料を得る為、卵から放流種苗に至るまでの生産段階で体

型や体成分がどの様に変化するかを調べた。

調査は2013年11月から2014年4月までと、2014年9月から2015年4月までの2シーズンに渡って行った。夫々を試験-1、試験-2として説明する。

シロザケ放流種苗生産法の詳細は生産マニュアル¹⁾を参照して欲しいが、関係者以外には入手が難しい資料なので、必要部分のみを簡単に記しておく。なお、生産法は孵化場毎に多少違っているが、ここに記すのは調査した道東の西別川流域の孵化場で行われている方法である。

稚魚が放流された母川に回帰、遡上して来た親魚を捕獲場で捕え、完全に成熟するまで上流域で短期間蓄養する。完熟して排卵した雌を開腹して卵を授精盆に掻き出す。数尾分の卵に雄の腹部を圧迫して放出させた精液をかける。通常雌5尾に対し、雄1尾を使用する。盆中の卵を手で十分に攪拌し、水を加えて受精、吸水させる。1時間ほど放置して十分に吸水させてから卵を洗浄し、付着していた腹腔内液や精液等の汚れを洗い落とし、受精卵管理水槽へ収容する。ひとつの管理水槽に約50万粒の卵を収容し、水温9℃の湧水中に静置する。発眼(卵内で発生が進んで目が出来、卵外から眼が確認出来る様になった状態)前の受精卵は物理的な刺激に弱いので、静置状態を保つ。発眼して物理的なショックに対して強くなった段階で選卵機

(卵1個1個に光を当て、透過状態で卵の生死を判断する機械)にかけ、未受精卵や死卵を取り除く。正常に発生している卵は洗浄後、インジンの200倍希釈液で約30分間消毒し、管理水槽に戻す。

孵化直前になった卵は底に小石を敷いた室内の細長いコンクリート水槽に移す。卵は密度が均一になる様に水槽内に散布し、水深は浅くして静かに水を流しておく。水槽内に光が入らない様に室内は暗くしておく。水槽内を暗くするのは、孵化仔魚は光を避ける性質を持ち、光が入ると暗い所へ集中して酸素欠乏を引き起こす可能性が有るからである。孵化仔魚はまだ腹部に大きな卵嚢を持っており、腹部が突出して正常なサケ型の体型ではない。

孵化水槽内で发育し、卵嚢を略吸収して浮上し、水面近くを泳ぐようになった魚は流れに乗って水槽末端部の魚溜りに集まってくる。この魚をサイホンによって屋外の餌付、飼育池に移す。魚の状態を見ながら配合飼料への餌付を行い、本格的に放流種苗の生産がスタートする。飼育期間中必要に応じて寄生虫(主としてトリコディナ)対策の為、食酢と塩による処理を行う。

川の水が溶け、海では流水が去って水温も略安定する時期になると1~2gに育った魚を川に放流する。更に、一部の魚は海中での中間飼育の種としてトラックで海面生簀まで活魚輸送する。

試験 -1

1. 方法

調査の流れを表1に示す。2013年11月29日に採卵、人工授精して卵管理水槽に収容されていた受精卵を12月6日に採取して卵径、卵重の測定と一般成分(水分、タンパク質、脂質および灰分)の分析に供した。残念ながら11月29日の受精・吸水前後の卵は調べることが出来なかった。2014年1月20日に孵化池に散布した孵化直前の卵、1月26日に孵化仔魚(24

表1 魚体測定と体成分分析の実施日

年月日	発達段階他	調査内容
2013年11月29日	人工授精	調査せず
12月6日	受精卵	測定&分析
2014年1月20日	孵化直前	測定&分析
1月26日	孵化仔魚	測定&分析
2月7日	仔魚	測定
2月21日	仔魚	測定
3月13日	浮上稚魚	測定&分析
4月16日	無給餌魚*	測定&分析
	給餌魚**	測定&分析

*: 浮上魚をそのまま絶食させた

** : 3月17日から4月13日まで給餌

日頃から孵化を開始し、終了まで5日ほど要した)、3月13日に浮上稚魚(10日頃から浮上を開始し、終了するまでに1週間ほど要した)を採取して測定と分析を行った。仔魚と稚魚の測定は体重と尾叉長であった。2月7日と2月21日にもサンプリングを行ったが、魚体測定のみで体成分の分析は行わなかった。その後給餌の効果調べる為、3月13日に得られた稚魚を2分し、片方には餌を与えずに絶食させ、片方には3月17日から給餌を行った。両区共4月16日に測定と分析用サンプルを採取して試験を終了した。与えた配合飼料は日本配合飼料(株)製の鮭稚魚用で、水分8.3%、粗タンパク質48.3%、粗脂肪7.0%、粗繊維0.8%、粗灰分13.3%の市販品であった。給餌量はライトリッツの給餌率表に従った。

卵と魚体の測定には各回100個体、体成分の分析には卵450個、魚体は分析に必要な100gを確保する為に120~500尾を供した。卵とFA100で麻酔した魚体はペーパータオル上で水を切り、卵重と魚体重は電子天秤、卵径と尾叉長はノギスを用いて測定した。卵径から卵の体積($4\pi r^3/3$, r =半径)、卵重と卵体積から比重(卵重/卵体積)を求め、魚体では肥満度(体重×1000/尾叉長³)を計算した。

体成分は試料をホモジナイズして均一にした後、水分は常圧加熱乾燥法、タンパク質はケルダール法、脂質はソックスレー法、灰分は直接灰化法で分析した。

2. 結果

2-1. 卵と魚体の測定

表2に測定結果を示す。受精・吸水後の卵は孵化するまで卵重、卵径共に変化せず、体積（12月6日:210mm³、1月20日:209mm³）、比重（1.205, 1.206）も同様であった。孵化時に体重が41mg（卵重の約16%）減少したが、これは孵化によって卵膜と卵内液が失われる為である。卵膜は卵内で发育する魚体を保護するのが役割であり、体組織には含まれない。体重の経時変化を調べる場合には、最初から卵膜の重さを差し引いておくべきなのかも知れない。

孵化仔魚から浮上稚魚までの間は無給餌であるにも拘らず、体重、尾叉長共に増加しており、肥満度は逆に減少していた。孵化時にはまだ腹部に大きな卵嚢が存在しており、この卵嚢に含まれる栄養成分を利用して魚が成長していることを示唆している。無給餌で体外から栄養成分の取込みが無いので、魚体のタンパク質や脂質が増えることは考え難く、体重の増加は主として水分の増加によるものと思われる。また、尾叉長は伸び、肥満度は逆に減少していたので、この間孵化仔魚の腹部に残っていた大きな卵嚢が次第に吸収されて腹部が小さくなり、正常なシロザケの体型に移行して行ったことが分かる。

浮上後の魚を無給餌下に放置しておくことと次第に痩せて体重は減少するが尾叉長は殆ど変化しない。よって肥満度は減少する。給餌を行うと外部から栄養が供給されるので魚は成長し、体重、尾叉長、肥満度共増加する。

受精卵から試験終了時までの卵重と魚体重の

表2 卵径、卵重、体重、尾叉長、肥満度の経時変化

調査日	サンプル	卵径 (mm)	卵重 (mg/個)	体重 (g/尾)	尾叉長 (cm)	肥満度
2013年						
12月6日	受精卵	7.37	253			
2014年						
1月20日	孵化直前	7.35	252			
1月26日	孵化仔魚			0.211	2.31	17.12
2月7日	仔魚			0.252	2.75	12.12
2月21日	仔魚			0.289	3.26	8.342
3月13日	浮上稚魚			0.338	3.68	6.782
4月16日	無給餌魚			0.270	3.73	5.203
	給餌魚			0.822	4.85	7.205

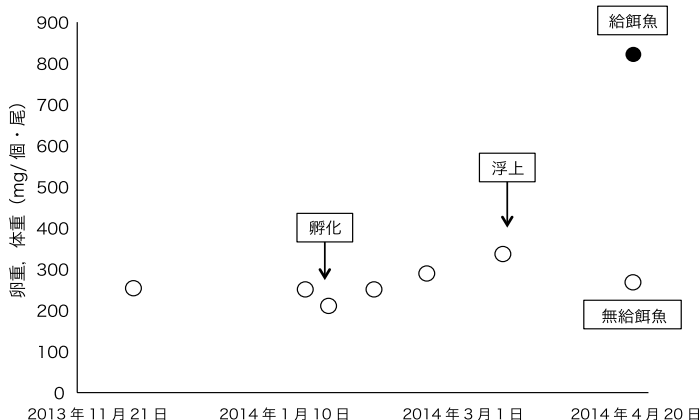


図1 卵重、体重の経時変化

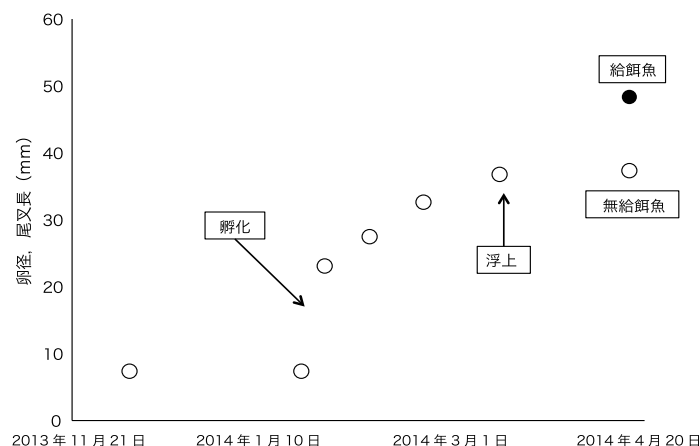


図2 卵径、尾叉長の経時変化

変化を図1、卵径と尾叉長の変化を図2、肥満度の変化を図3に示す。

図1から卵内で魚が发育しているにもかかわらず卵重は変化せず、孵化時に体重が減少すること、孵化から浮上までの間は無給餌であるに

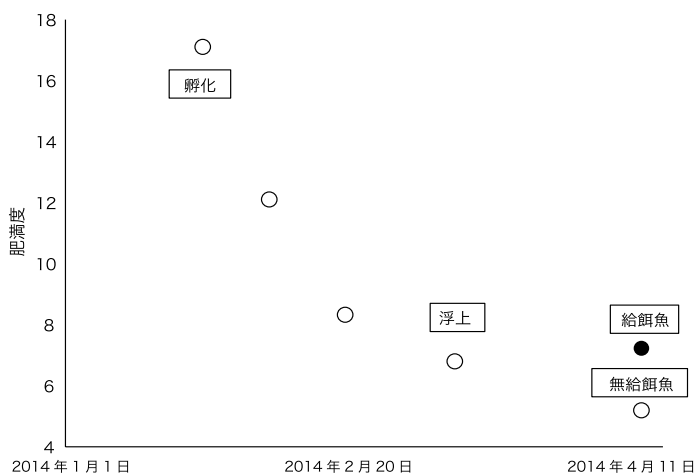


図3 肥満度の経時変化

表3 卵と全魚体成分の経時変化

調査日	サンプル	水分	タンパク質	脂質	灰分	合計
2013年						
12月6日	受精卵	61.7	26.1	11.2	1.4	100.4
2014年						
1月20日	孵化直前	62.9	25.2	10.7	1.5	100.3
1月26日	孵化仔魚	60.0	26.4	8.3	1.7	96.4
3月13日	浮上稚魚	79.3	14.7	4.0	1.3	99.3
4月16日	無給餌魚	84.9	12.8	1.3	1.8	100.8
	給餌魚	80.4	14.9	2.8	1.8	99.9

単位: %

も拘らず体重は直線的に増えること、浮上後給餌しないと体重は減少するが、給餌すると著しく増加すること等が一目で分かる。

卵径は孵化まで殆ど変化せず、孵化時に急に尾叉長が大きくなる。孵化から浮上まで直線的に尾叉長は伸びるが、その後給餌しないと浮上時の値に留まり、給餌すると引き続き直線的に伸びる(図2)。孵化時に尾叉長が急に大きくなるのは、それまで卵内に丸まって収まっていた全身を卵膜が無くなることによって伸ばせるようになったことによる。孵化から浮上までの尾叉長の直線的な伸びは卵嚢に含まれていた栄養成分を利用して魚が成長していたことを示し、浮上後給餌しないと尾叉長が伸びないのは、浮上時には外部から栄養成分を取りこまないと成長出来ない段階に至っていることを表す。浮上時までに卵嚢内の栄養成分を略使い切り、成

長の為のエネルギーが殆ど体内に残っていなかったものと考えられる。一方、浮上後給餌を行うと尾叉長は直線的に伸びるので、浮上以降は魚の成長にとって外部からの栄養供給が必須であることが分かる。浮上は成長の為の内部栄養が不足し始めたとの魚からの合図なのかも知れない。

図3から孵化直後にはまだ腹部に大きな卵嚢が残っているため尾叉長に対する体重が大きく、肥満度は異常に高い値を示すこと、その後次第に卵嚢が吸収され、同時に尾叉長も伸びるので肥満度は急激に小さくなること、浮上後給餌しないと体重が減少するので肥満度は更に小さくなるが、給餌すると魚は成長して体に栄養成分が蓄積されるので肥満度も大きくなること等が分かる。

2-2. 卵と魚体の成分

表3に卵と全魚体の分析結果を示す。卵内で発生が進んで孵化直

前になるまで水分は次第に増加し、タンパク質と脂質は減少していたが、灰分は極僅かに増加しているにすぎなかった。孵化時に水分と脂質は減少し、タンパク質と灰分は増加していた。これは卵膜と卵内液が無くなったことによる変化で、卵膜には水分と脂質が多く、タンパク質と灰分は少ない事を示唆している。孵化から浮上までの間に水分は著しく増加し、タンパク質と脂質は減少していた。灰分も減少していたが、減少の程度はタンパク質と脂質に比べて小さかった。浮上後給餌しないと水分と灰分は増加し、タンパク質と脂質は減少していた。一方、給餌を行うと水分とタンパク質には殆ど変化が無く、脂質は減少、灰分は増加していた。

表3の値は卵あるいは魚体100g当りの成分量で、卵あるいは魚1尾当りの成分量ではない。魚は次第に成長するので成分量の変化は卵1個

表4 卵1個、魚体1尾当たり成分量の経時変化

調査日	サンプル	水分 (mg)	タンパク質 (mg)	脂質 (mg)	灰分 (mg)	合計 (mg)	重量 (mg/個・尾)
2013年							
12月6日	受精卵	156	66	28	3.5	253.5	253
2014年							
1月20日	孵化直前	156	63	27	3.7	249.7	252
1月26日	孵化仔魚	128	56	18	3.6	205.6	211
3月13日	浮上稚魚	268	50	14	4.4	336.4	338
4月16日	無給餌魚	229	35	3.5	4.9	272.4	270
	給餌魚	659	122	23	15	819	822

当り、あるいは魚1尾当りの数字で比較しないと分からない。そこで表3の値を卵1個、魚1尾当りの成分量に換算したのが表4である。

魚体が卵内に有る孵化直前まで水分含量は変わらなかったが、タンパク質と脂質はやや減少し、灰分はやや増加していた。孵化時に水分、タンパク質および脂質は減少し、特に水分と脂質の減少が大きかった。灰分の変化は少なかった。これは卵膜と卵内液が失われたことによる変化である。孵化から浮上までの間に水分と灰分は増加し、タンパク質と脂質は減少していた。特に脂質の減少が大きかった。浮上後給餌しないと水分、タンパク質、脂質は減少し、中でも脂質の減少が大きかった。灰分は増加していた。一方、給餌を行うと何れの成分も増加し、特に灰分の増加割合が大きく、脂質の増加割合は小さかった。水分とタンパク質の増加割合は略同じであった。この給餌後の体成分変化は、使用した飼料には脂質(=エネルギー)がやや不足していた可能性を示している。絶食魚の水分が減少し、摂餌魚の水分が増加したのは一見逆の結果の様に思えるが、絶食魚は痩せて体重が

減少したこと、給餌魚は成長して体重が増えたことによっている。

卵1個当り、魚1尾当りの各成分量の経時変化を示したのが図4～7である。水分量(図4)

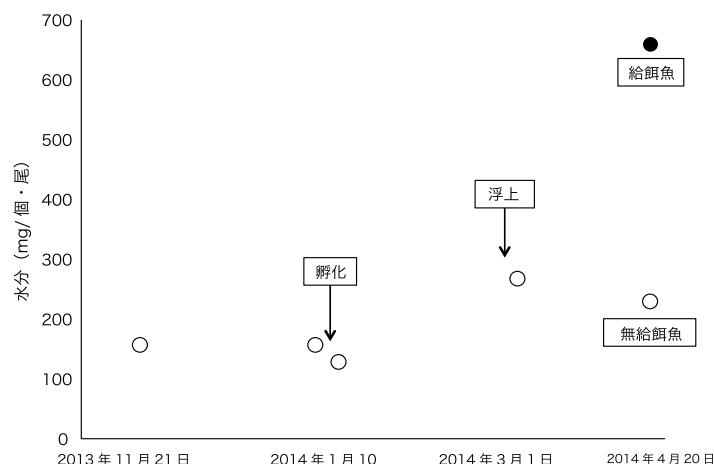


図4 卵及び魚体1個体当たり水分含量の経時変化

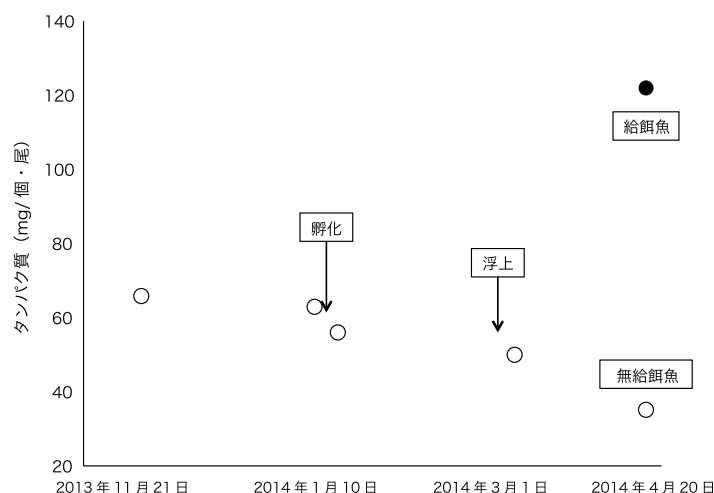


図5 卵及び魚体1個体当たりタンパク質含量の経時変化

は卵内発生時には殆ど変化が無く、孵化時にやや減少し、孵化から浮上まで次第に増加した。浮上後は給餌しないと減少し、給餌すると増加した。浮上までの変化パターンは表3と同じであったが、浮上後無給餌魚の水分含量が給餌魚より少なかった点は異なっていた。これは魚100g当りの水分量は無給餌魚の方が多いが、絶食によって魚は痩せて体重が小さくなるので、魚1尾当りの水分量は少なくなることを示している。逆に給餌区の魚は成長して体重が大きくなるので、魚1尾当りの水分量は増えるが、魚100g当りの水分量は減少する。この様に分析値のみで判断すると誤った結果を導きかねないので注意が必要である。タンパク質(図5)は卵内発生の際に伴って僅かに減少し、孵化時に急に少なくなっていた。表3の値では孵化時にタンパク質量は増加していた。これは卵膜や卵内液に含まれるタンパク質の割合より孵化仔魚に

含まれるタンパク質の割合が高いことを表している。孵化から浮上にかけても減少するが、減少の傾きは卵内発生時よりやや大きい程度であった。浮上後無給餌だとタンパク質は引き続き減少し、減少の傾きも大きくなるので、浮上後には給餌が必須であるのが分かる。一方、給餌するとタンパク質量は著しく多くなっていた。浮上後のタンパク質量変化は水分同様絶食による魚の痩せと給餌による魚の成長が反映されている。脂質量(図6)はタンパク質と全く同じパターンの変化を示したが、孵化時の減少率がタンパク質より高かった。これは卵膜に含まれる脂質の量がタンパク質より多く、更に卵膜に含まれる脂質の割合が魚

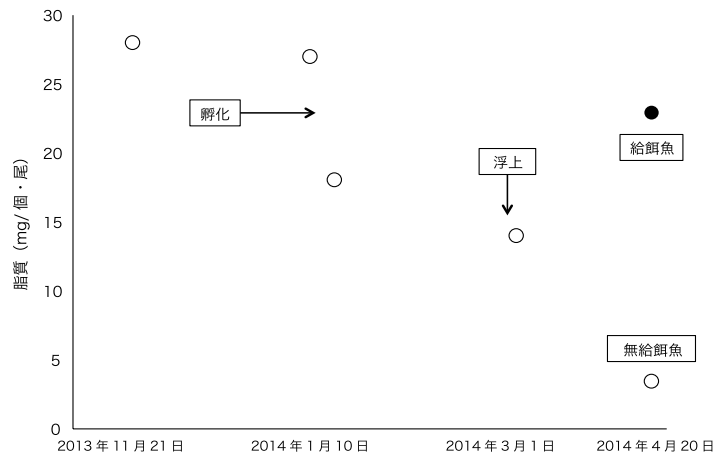


図6 卵及び魚体1個体当たり脂質含量の経時変化

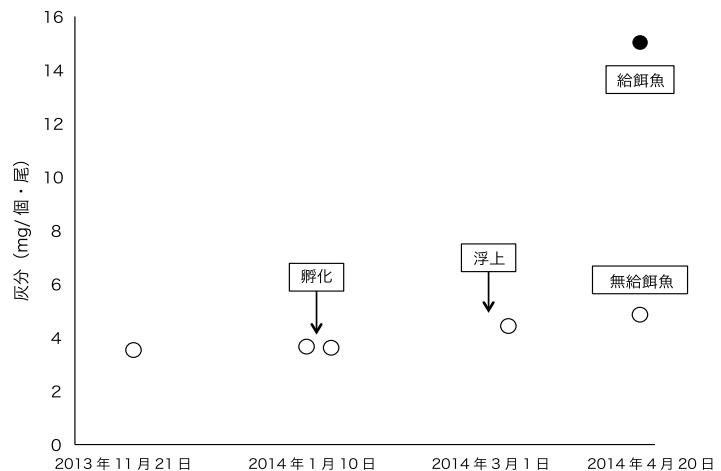


図7 卵及び魚体1個体当たり灰分含量の経時変化

体に含まれる脂質の割合より高かったことを表しているであろう。浮上後無給餌であると脂質減少の傾きがより大きくなるので、これからも浮上後給餌の必要性が分かる。灰分量(図7)は卵内発生時にも僅かに増加し、孵化時にも殆ど減少は認められなかった。これは卵内発生時にも少しずつ骨の分化が進んでいることと、卵膜には殆ど灰分が含まれていないことを表している。孵化後浮上まで灰分量は一定の傾きで増え続け、浮上後無給餌でも同じ傾きで増えていた。これは孵化から浮上まで、更に浮上後無給餌でも骨の形成は一定の割合で進んでいることを示している。骨の形成にはCaとPが必須である。Caは水中

から吸収し、Pは水中には殆ど含まれていないので体内のPを骨の形成に利用しているのであろう¹⁸⁾。浮上後は給餌によって灰分量も他成分同様急増していた。この間の灰分量の変化は表3の動きとは全く異なっていた。これは骨の形成によって灰分量は略一定の割合で増えて行くのに対し、無給餌あるいは給餌によって水分、タンパク質、脂質は大きく変化することによって、この様な違いが生ずるのであろう。

上記の結果から体成分量の変化は試料100g当りの量(=分析値そのままの数字)で表記する場合と、1個体当りの量で表記する場合で明らかに異なるのが分かる。体成分の経時変化を調べる場合には1個体当りの変化で見なければ

ならない。

2-3. エネルギー源

卵内発生から浮上に至るまで、更にはその後の無給餌期間でも生命を維持する為にエネルギー源が必要である。水分と灰分はエネルギー源になり得ないので、この間体内のタンパク質と脂質(炭水化物は非常に少ないので無視し得る)をエネルギー源として利用している筈である。ここでは発育ステージ別にタンパク質と脂質がどのような割合でエネルギー源として利用されているのかを調べた。

図8にステージ別タンパク質と脂質の減少量を1個体当りで示す。2013年12月6日から2014年1月20日は卵内発生時の変化、1月20日から1月26日は孵化直前から孵化直後で孵化に伴う変化、1月26日から3月13日は孵化から浮上までの変化、3月13日から4月16日は浮上後無給餌期間の変化を示している。孵化時以外のステージでは全て脂質よりタンパク質の減少量が大きかった。孵化時に脂質の減少量が大きかったのは、卵膜に脂質が多く含まれる為である。この結果からするとタンパク質が脂質より重要である様に思えるが、エネルギー源として比較するには、それぞれが持つカロリー量も含めて比較する必要がある。そこでタンパク質を4Cal/g、脂質を8Cal/gとして図8の値を計算し直すと図9のようになる。孵化時に卵膜と卵内液が無くなるので、1月20日から1月26日の値は参考にならない。その他の時期の変化では、卵内発生時にはタンパク質由来エネルギーの消費量が脂質由来エネルギーより多いが孵化後は脂質由来エネルギーの消費が多くなっており、しかも発育が進むに従って両者の差が次第に大きくなる傾向が認められた。この結果は卵内発生時には主としてタンパク質がエネルギー源

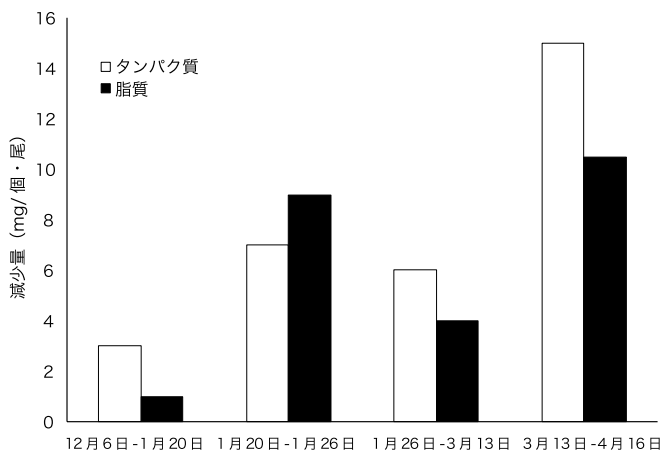


図8 1個体当たりタンパク質と脂質の減少量

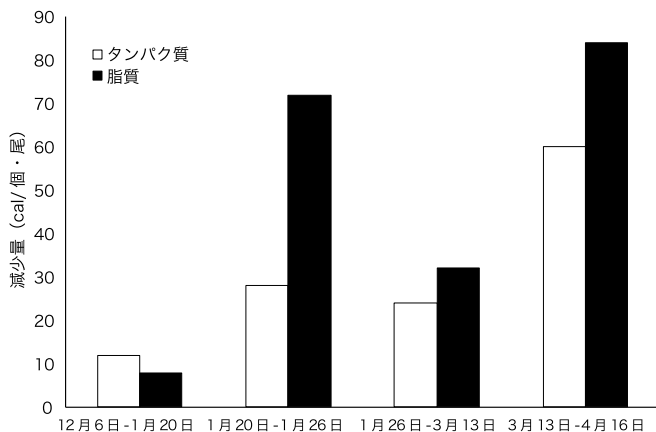


図9 タンパク質と脂質由来エネルギーの減少量

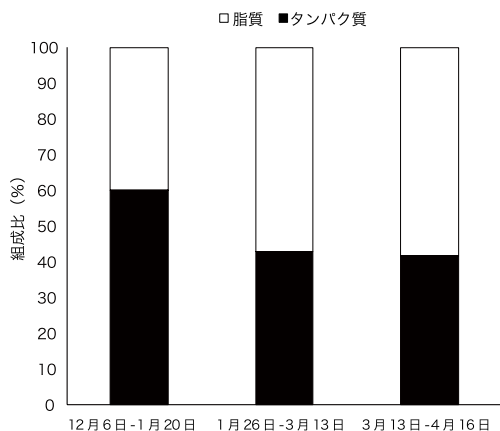


図10 エネルギー源比率の変化

として消費されているが、孵化後は次第に脂質がエネルギー源の主体へと変化して行くことを示唆している。ステージ別のタンパク質と脂質由来のエネルギー比率を示したのが図10である。卵内発生時にはタンパク質由来のエネルギー消費が約60%であったのが孵化後には40数%まで減少し、脂質由来エネルギーの消費が50数%まで増えていた。卵内発生時のエネルギー供給源の主体はタンパク質であるが、孵化後発生が進むに従って脂質へと移行して行くことが分かる。

上記の結果と著者らがこれまでに行った飼料への魚油添加効果を調べる試験の結果を併せ考えると、浮上時にはまだ卵嚢由来の栄養成分が魚体内に残っていることに加え、主たるエネルギー源はタンパク質なので、餌付時の飼料に油を添加する必要は無いが、給餌開始後一定期間を経て卵嚢由来の栄養成分が無くなり、脂質がエネルギー源の主体に変化する段階で飼料へ油を添加する必要性が生じるものと考えられる。この様に考えれば餌付時から飼料に魚油を添加すると嗜好性が悪く、その影響が長期間残って飼育成績も優れないが、餌付数日後から油を添加する方法では嗜好性に問題無く、飼育成績は油無添加区より可也良い結果が得られる理由が無理なく分かる。卵嚢由来の栄養成分が魚体内に略無くなった時が飼料へ魚油添加を開始すべきタイミングなのであろう。魚の代謝量は飼育水

温によって大きく変化するので、魚が飼育されている水温によって飼料への油添加を開始すべき時期が違うのではないかと推測する。

最後に給餌区の飼育成績を付記しておく、飼料効率(増重量×100/給餌量)139.6%,タンパク質効率(増重量×100/給与タンパク質量)289.0%と実際の生産現場で得られた結果としては高い値であった。本試験では魚油無添加飼料を用いたが、適切な時期から飼料に魚油を添加してやれば更に良い結果が得られたものと推測する。

3. 要約

- ・受精卵は孵化するまで卵径、卵重共に変化しない。
- ・孵化時に卵膜と卵内液が失われることによって卵重量の約16%が減少する。
- ・孵化から浮上まで無給餌であるにも拘らず体重、尾叉長共に増加する。
- ・肥満度は孵化から浮上までに著しく減少する。
- ・浮上後無給餌状態を続けると体重は減少するが尾叉長は変化しない。従って肥満度は減少する。
- ・浮上後給餌すると魚は成長し、体重、尾叉長、肥満度とも増加する。
- ・卵内発生時に水分量は変化しないが、タンパク質と脂質はやや減少する。灰分はやや増加する。
- ・孵化時に何れの成分量も減少し、特に水分と脂質の減少量が大きい。
- ・孵化から浮上までの間に水分と灰分は増加するが、タンパク質と脂質は減少する。
- ・浮上後も無給餌状態を続けると水分、タンパク質、脂質は減少し、特に脂質の減少が大きい。水分の減少は体重の減少による。一方、灰分は増加する。
- ・浮上後給餌すると魚は成長し、何れの成分も急増する。
- ・卵内発生時、孵化から浮上まで、浮上後無給餌の何れの時期においても脂質よりタンパク質の減少量が多い。

- ・卵内発生時にはエネルギー源の主体はタンパク質であるが、孵化後は次第に脂質へと移行する。
- ・卵内発生時にもタンパク質と脂質はエネルギー源として消費されている。分解産物であるアンモニアや炭酸ガス、代謝に必要な酸素等は卵膜を通じて吸収、排泄出来るのであろう。
- ・骨の形成は卵内発生時から始まっており、魚の発育に従って次第に灰分量は増える。浮上後無給餌でも一定の割合で骨の形成は進行する。
- ・孵化から浮上まで成分量変化のパターンと浮上後無給餌の場合のパターンは明らかに違う。浮上時には卵嚢由来の栄養成分が体内に残っている。卵嚢由来の栄養成分が無くなった段階で外部からの栄養供給(=給餌)が必要となる。
- ・体内に卵嚢由来の栄養成分が無くなり、エネルギー源の主体が脂質へと移行した段階で飼料へ魚油を添加すべきである。

試験 -2

1. 方法

1-1. 卵から浮上魚までの調査

シロザケ放流魚の生産は資源の安定化を図る為に様々な遺伝的性質を有する魚を残すのも目的の一つである。道東地域への親魚の回帰は8月から12月の長きに亘っているため、回帰量が多い時期を三つに分けて生産が行われている。そこで2014年9月12日、10月21日、11月21日と略1月毎に採卵した卵を前期卵、中期卵、後期卵として受精卵から浮上魚までの調査に用いた。測定と分析のサンプルは採卵直後で受精・吸水前の卵、受精・吸水後1時間の受精卵、孵化仔魚および浮上魚であった。夫々のサンプリング時は前期卵では吸水前後の卵が2014年9月12日、孵化仔魚が12月5日、浮上魚が2015年2月6日であった。中期卵は夫々2014年10月21日、2015年1月1日、3月6日で、

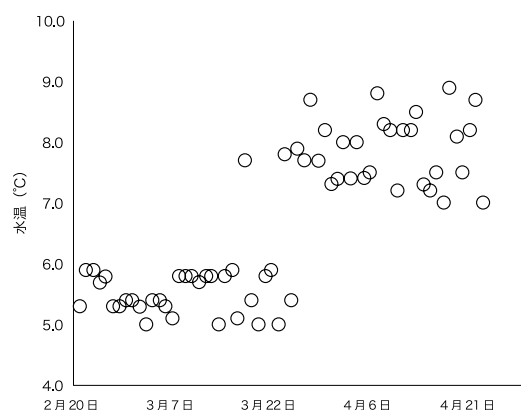


図 11 飼育期間中の水温変化

後期卵は2014年11月21日、2015年2月9日、3月30日であった。夫々の日に試験-1と同じ測定と分析を行った。また、本試験では試験-1で調べることが出来なかった受精・吸水による卵の大きさと成分の変化も調べた。

1-2. 給餌効果

前期卵より得た浮上稚魚を用い、給餌が体型や体成分に及ぼす影響を調べた。2015年2月6日に浮上稚魚3000尾をアトキンス式水槽(2間水槽)に収容し、2月9日から給餌した。飼料は日本配合飼料(株)製の鮭稚魚用で、水分9.8%、粗タンパク質47.3%、粗脂肪6.8%、粗繊維0.4%、粗灰分12.5%の市販品であった。飼育は日本ドナルドソントラウト研究所のシュワンベツ事業所で行い、4月22日まで続けた。給餌量はライトリッツの給餌率表に従った。午前10時に測定した水温の変化を図11に示す。2月6日から20日の間は豪雪の為自記水温計が不調で水温は不明であったが、可也低水温だったのではないかと推測している。試験-1および本試験の浮上魚までの飼育水温(9℃)より低水温下での飼育であった。飼育中間時の3月22日と終了時の4月22日に試験-1と同じ魚体測定と成分分析を行った。

2. 結果

2-1. 卵径、体型の変化

受精・吸水の前後で卵の大きさが如何変化し

表5 卵の吸水前後での物性変化

供試卵	前期	中期	後期
卵径 (mm)			
吸水前	7.529	7.613	7.459
吸水後	8.030	7.861	7.544
後/前	1.067	1.033	1.011
卵重 (mg)			
吸水前	231	236	239
吸水後	287	283	257
後/前	1.242	1.199	1.075
体積 (mm ³)			
吸水前	72.408	74.159	69.672
吸水後	86.911	81.647	72.382
後/前	1.200	1.101	1.039
比重			
吸水前	3.255	3.238	3.487
吸水後	3.329	3.504	3.596
後/前	1.023	1.082	1.031

(注) 卵径と卵重は測定値を使用。

体積は卵が真球であると仮定して求めた。

たかを表5に示す。卵径と卵重は実測値であるが、体積と比重は計算値である。吸水前の卵は柔らかく、卵径測定時に指でつまむと変形するし、肉眼でも真の球形ではないことが分かった。吸水前の卵径、体積、比重は参考値として見て欲しい。

吸水前後の卵を比較すると、何れの値も吸水によって大きくなっており、吸水後の卵は明らかに大きくなっていたことが分かる。また、比重も大きくなっていた。前述の理由から断言は出来ないが、吸水前の卵には水より比重が小さい成分、多分脂質が多量に含まれていたと考え

られる。

採卵時期が遅くなるに従って吸水による卵の大きくなり方が小さくなる傾向が認められた。そこで数値として最も正確である卵重が吸水前後で如何変化したかを図12に示す。この結果は採卵時期が遅い卵程単位重量当りの吸水量が少なかったことを表している。何れの調査日でも卵に水を加えてからサンプリングするまでの時間は略同じで、測定法も同じであったので、この違いが方法の不備によるとは考え難い。但し、採卵時期に2カ月間の違いがあったので、採卵時の外気温が次第に低くなったことによって卵に加えた水の温度が放置している間に低くなったことは考えられる。何故この様な結果になったのか大変興味があるが、再現性の確認が先決である。比重の変化は採卵時期によってバラバラで、統一性は無かった。これは吸水前の卵が真の球形でなかったことが影響しているであろう。

孵化、浮上に伴う体サイズの変化を表6に示す。吸水卵の重さは後期卵が、孵化仔魚の体重は中期がやや小さかったが、浮上稚魚は前期、中期、後期と時期が進むに従って小さくなっていた。孵化仔魚の尾叉長は後期、前期、中期の順に大きかったが、浮上稚魚は前期=後期>中期の順であった。孵化仔魚、浮上稚魚共肥満度は前期>中期>>後期の順に大きかったが、孵

表6 吸水卵から孵化魚、浮上魚への体サイズ変化

供試卵	前期	中期	後期
体重 (g)			
吸水卵	0.287	0.283	0.257
孵化魚	0.253	0.227	0.258
差	-0.034	-0.057	0.001
浮上魚	0.363	0.354	0.343
差	0.110	0.127	0.085
尾叉長 (cm)			
孵化魚	2.431	2.379	2.739
浮上魚	3.830	3.808	3.826
差	1.399	1.429	1.087
肥満度			
孵化魚	17.637	16.858	12.513
浮上魚	6.439	6.369	6.088
差	-11.198	-10.489	-6.425

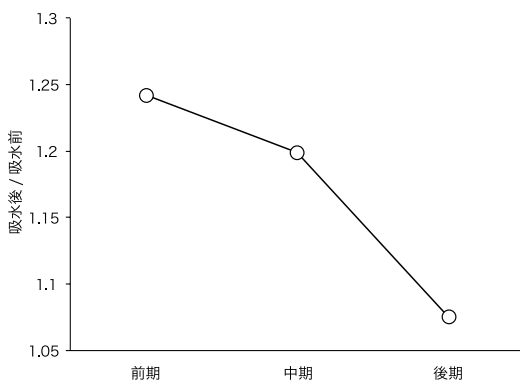


図12 吸水による卵重量の増加倍率

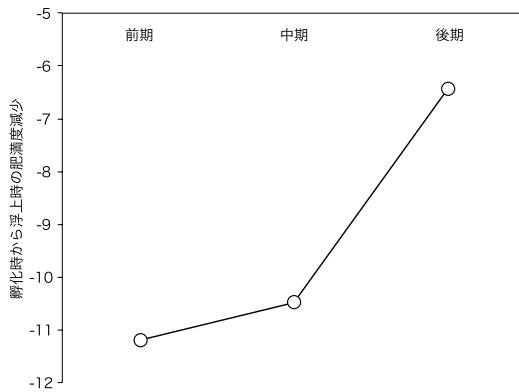


図13 孵化から浮上までの肥満度減少

化から浮上までの肥満度の減少は逆に後期 << 中期 < 前期の順に小さかった (図13)。孵化以降浮上まで体重と尾叉長は次第に大きくなることや、採卵日が同じでも全ての卵が同時に孵化、浮上するのではなく、一週間程度の時間的なズレが有ること等から、孵化仔魚、浮上稚魚共孵化、浮上が始まって何日目にサンプルを採取したかと、その時に孵化、浮上後何日目の魚がどれ位の割合で存在していたかが問題になる。それによって体重と尾叉長の値は変化すると推測出来る。この様に考えると全てのサンプルを全く同

表7 給餌による体型の変化

調査日	体重 (g)	尾叉長 (cm)	肥満度
2月6日*	0.363	3.83	6.46
3月22日	0.786	4.81	7.06
4月22日	1.52	5.84	7.63

*: 浮上時

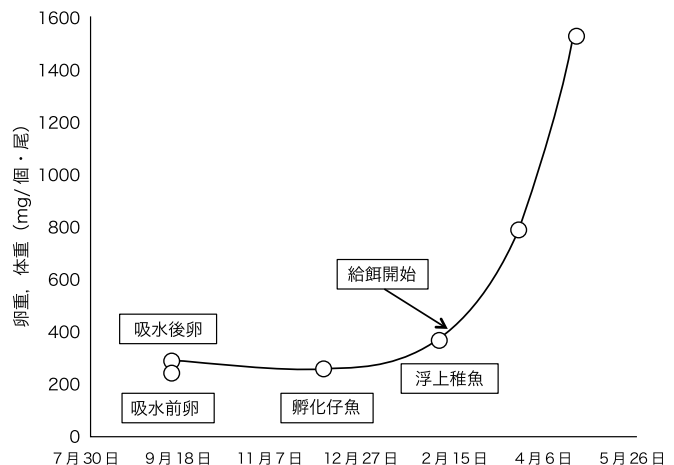


図14 卵重、体重の経時変化

表8 試験-2の纏め

		魚体測定			体成分量			
		重量 (mg)	径、長 (mm)	肥満度	水分 (mg/個、尾)	タンパク質 (mg/個、尾)	脂質 (mg/個、尾)	灰分 (mg/個、尾)
2014 年								
9 月 12 日	卵	231	7.5		130	68.7	28.8	3.94
9 月 12 日	受精卵	287	8.0		177	74.6	30.9	4.00
12 月 5 日	孵化仔魚	253	24.3	17.6	157	63.4	21.5	4.04
2015 年								
2 月 6 日	浮上稚魚	363	38.3	6.44	272	51.1	13.0	4.80
3 月 22 日	給餌魚	786	48.1	7.01	637	113	25.5	13.5
4 月 22 日	給餌魚	1520	58.4	7.63	1190	236	62.3	28.9

じ条件で採取したとは云い難く、表6の値は参考値として見るべきなのかも知れない。

浮上後給餌によって体型が如何変化するかを示したのが表7である。給餌によって尾叉長と肥満度は浮上時から略直線的に大きくなって行くのに対し、体重は曲線を描いて急速に大きくなる。

卵から飼育試験終了時までの結果を纏めたのが表8である。これに試験-1で得られた結果を併せると以下の様になる。

吸水時に卵重は増えるが、その後孵化するまで殆ど変化しない。孵化時に卵膜と卵内液が失われることによって孵化仔魚の体重は孵化前の卵重より減少する。孵化から浮上まで無給餌であるにも拘らず体重は少しずつ増加する。これは水分の増加による。浮上後給餌を開始すると外部から栄養成分が供給されるので魚は成長

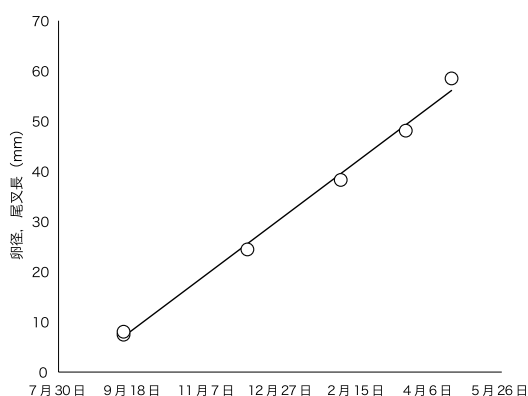


図 15 卵径, 尾叉長の経時変化

し, 体重も急速に増加する (図 14)。

卵径は吸水時に僅かに大きくなる。孵化前の卵径に比べて孵化後の尾叉長は著しく大きくなるが, これは孵化前卵内に丸まっていた体は卵膜が無くなることによって伸びるからで, 孵化時に急に尾叉長が大きくなる訳ではない。その後浮上, 給餌に伴う成長によって尾叉長は次第に大きくなるが, 体重の変化と違って直線的に伸びる (図 15)。

肥満度は孵化から浮上にかけて著しく小さくなる。これは孵化時にはまだ腹部に大きな卵嚢を有することによって体が曲がっており, 体重に対する尾叉長が小さいことと, 卵嚢内の栄養成分が消費されるに従って腹部が小さくなり, 体長も伸びて正常なシロザケの体型へと変化するのに対し, 体重はそれ程大きくならないからである。浮上後給餌すると魚の成長によって尾叉長も大きくなるが, 体重の伸びがより大きいので肥満度は直線的に大きくなる (図 16)。

2-2. 体成分の変化

卵の分析値と卵重より計算した吸水による卵 1 個当たりの成分量変化を表 9 に, 増減率 (増減量 $\times 100$ / 吸水前量) を表 10 に示す。どの時期の卵も吸水によって水分が増加しているが, これは当然である。理解し難いのは前期卵ではタンパク質, 脂質, 灰分, 中期卵ではタンパク質も極僅かではあるが増加していることである。単純な吸水現象であれば短時間で水分以外の成分が変化するとは考えられない。分析誤差

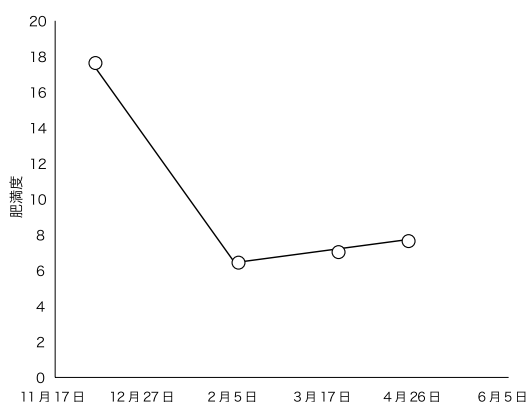


図 16 肥満度の経時変化

ではないと思えるので, 原因として推測出来るのは卵表面に付着していた汚れの落とし方の違いや, 吸水前後で違う授精盆から卵を採取する (雌親魚の栄養状態が違ふと卵の成分も多少違ふ可能性が有る) 等である。ところがこのような人為的なミスに原因を求めようとすると時期別の卵成分の変化傾向に不可解な点も生じる。吸水時の卵成分の変化については, 今後キチンと

表 9 吸水前後での卵成分の変化

供試卵	前期	中期	後期
水分 (mg/個)			
吸水前	129.7	130.5	135.0
吸水後	176.9	167.3	167.2
差	47.2	36.8	32.2
タンパク質			
吸水前	68.7	69.3	73.6
吸水後	74.6	69.7	68.8
差	5.9	0.4	-4.8
脂質			
吸水前	28.8	32.4	31.5
吸水後	30.9	28.9	31.2
差	2.1	-3.5	-0.3
灰分			
吸水前	3.94	4.02	4.16
吸水後	4.00	3.78	4.07
差	0.04	-0.24	-0.09

表 10 吸水前後での卵成分の増減率

供試卵	前期	中期	後期
水分 (%)	36.36	28.20	23.90
タンパク質	8.58	0.66	-6.47
脂質	7.26	-10.71	-1.17
灰分	1.01	-5.97	-2.16

(注) 増減率 = 増減量 $\times 100$ / 吸水前量

表 11 吸水卵から孵化魚、浮上魚への体成分変化

供試卵	前期	中期	後期
水分 (mg/尾)			
吸水卵	176.9	167.3	167.2
孵化魚	156.8	137.8	167.4
差	-20.1	-29.5	0.2
浮上魚	272.5	284.2	275.6
差	115.7	146.4	108.2
タンパク質			
吸水卵	74.6	69.7	68.8
孵化魚	63.4	60.4	58.4
差	-11.2	-9.4	-10.4
浮上魚	51.1	51.8	48.8
差	-12.3	-8.6	-9.6
脂質			
吸水卵	30.9	28.9	31.2
孵化魚	21.5	21.0	22.0
差	-9.4	-8.0	-9.2
浮上魚	13.0	13.9	12.7
差	-8.4	-7.1	-9.2
灰分			
吸水卵	4.00	3.78	4.07
孵化魚	4.04	3.69	4.80
差	0.04	-0.09	0.73
浮上魚	4.80	5.00	4.81
差	0.76	1.31	0.01

した調査を行って判断する予定である。

受精卵から孵化仔魚、浮上稚魚へと発育するに従って魚1尾当りの成分量が如何変化したかを示したのが表11である。孵化時に水分、タンパク質、脂質は減少し、灰分はやや増加していた。これは孵化時に卵膜と卵内液が失われることと、卵中でも発生が進み、タンパク質と脂質がエネルギー源として利用されていることによる。灰分の増加は卵膜や卵内液に灰分が殆ど含まれていないことと、魚体がまだ卵内に在る間にも骨の発生は進んでいること等を示すのであろう。孵化から浮上までの間に水分と灰分は増加し、タンパク質と脂質は引き続き減少していた。この間無給餌であるにも拘らず体重が増えていたので、体重増加の原因は体内に水を取り込んだことによるのが分かる。灰分の増加は無給餌下でも骨の発生は進むことを表している。

受精、吸水前の卵から飼育試験終了時までの

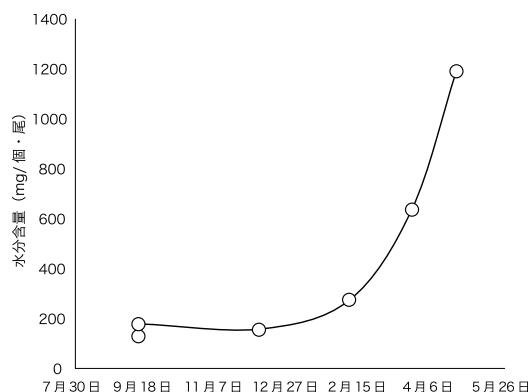


図 17 卵あるいは魚1個体当たり水分含量の経時変化

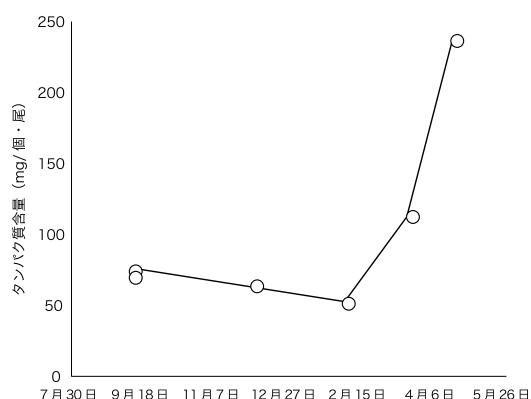


図 18 卵あるいは魚1個体当たりタンパク質含量の経時変化

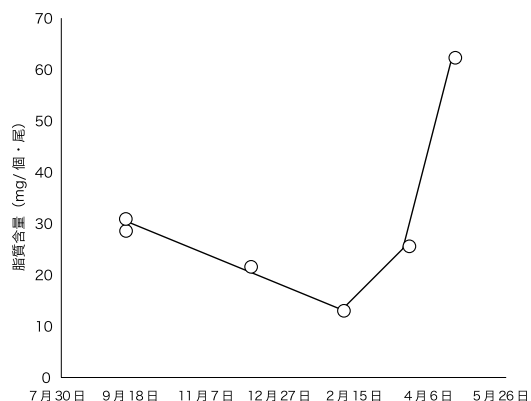


図 19 卵あるいは魚1個体当たり脂質含量の経時変化

魚1個体当たりの水分量変化を図17に示す。給水によって水分が増え、卵内発生の間は殆ど変化せず、孵化時にやや減少し、孵化から浮上まで次第に増加し、浮上後給餌すると魚は成長し、

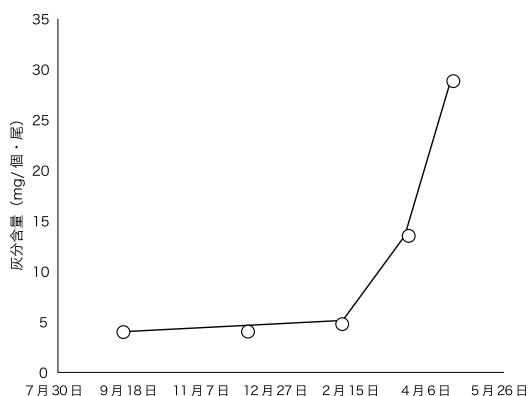


図 20 卵あるいは魚 1 個体当たり灰分含量の経時変化

それに伴って水分量も急激に増える。タンパク質（図 18）は卵から浮上稚魚まで略一定の割合で減少し、浮上後給餌すると著しい増加に転じる。脂質（図 19）も同じパターンの変化を示す。灰分（図 20）は卵から浮上稚魚までゆっくりではあるが一定の割合で増加し、給餌による魚の成長に伴って急速に高くなる。

この卵から試験終了時までの一般成分の変化は試験 -1 の結果と良く一致していた。受精から浮上までの間は体内のタンパク質と脂質をエネルギー源として発育すること、孵化から浮上までの体重増加は主に水分の増加によること、骨は魚体が卵内に在る発生初期から形成され始めていること、浮上後給餌すると魚は成長し、それに伴って全ての成分が急激に増加すること等が再確認出来た。

給餌試験の結果は、飼料効率 108.8%、タンパク質効率 230.0% で、9℃の生産現場で行った試験 -1 の結果より劣っていた。水温と飼育環境の違いが影響したのであろう。

3. 要約

- ・吸水によって卵重、卵径共に大きくなる。
- ・孵化から浮上までの間無給餌であるにも関わらず体重と尾叉長は大きくなる。体重の増加は水分量の増加、尾叉長の伸びは体型の変化と骨の形成の進行による。
- ・卵から浮上までの間は体内のタンパク質と脂

質をエネルギー源として発育している。

- ・浮上後に給餌すると魚は成長し、それに伴って全ての一般成分も急増する。
- ・魚体が卵内に在る発生初期から骨の分化は始まっており、灰分量は浮上時まで一定の割合で増える。浮上後給餌すると他成分同様に急増する。
- ・吸水卵から飼育試験終了時までの体型と体成分の変化パターンは試験 -1 の結果と良く一致していた。
- ・吸水前後の成分変化は再検討が必要である。

まとめ

シロザケ放流種苗の生産は回帰親魚の捕獲で始まり、人工授精、卵管理、孵化仔魚管理、浮上稚魚への餌付、飼育管理へと進み、放流で終了する比較的単純な行程で行われる。親魚を天然魚によっていることと、卵が大きく可也発生が進んでから孵化するので、その後の飼育管理が楽なことから、良質な水、設備、人手さえあれば 1 事業所で膨大な数の生産が可能である。このような生産行程であるからこそ、これまで必要尾数の生産が出来てきた。この為、物理的、機械的な生産法の改善は著しく進んだが、配合飼料の改良や魚自体の基礎的な研究はやや立遅れたのであろう。

本試験ではシロザケの卵から放流種苗に至るまでの体型と体成分の変化を調べ、以下の点を明らかにした。

体型の変化

受精、吸水によって卵は大きくなる。吸水前の卵は丈夫な袋に内容物が十分に満たされていない状態なのでフニャフニャで歪な形をしている。吸水すると内容物が充満し、球形に膨れ上がるので卵径、卵重共に大きくなる。物性も変わって弾力が増し、プリプリした感じになる。比重も大きくなる様であるが、これは卵内に水より比重が小さい脂質が多量に含まれていることによる。吸水後の卵は孵化するまで卵径、卵重とも殆ど変化しない。孵化時に卵径に比べて

尾叉長が著しく大きくなり、体重は卵重より小さくなる。尾叉長が大きくなるのは魚体が卵内に在る間は丸まっていた体が孵化によって卵膜が無くなり、自由に体が伸ばせるようになった為で、孵化時に突然尾叉長が伸びる訳ではない。体重の減少は卵膜と卵内液が無くなることによる。孵化から浮上までの間は無給餌であるにも拘らず体重と尾叉長は大きくなり、肥満度は著しく小さくなる。体重の増加は水分量の増加により、尾叉長の伸びは卵囊の吸収によって曲がっていた体が真直ぐになると同時に骨の形成も進むからである。肥満度の変化は体型の変化と尾叉長の伸びによる。浮上後給餌しないと魚は痩せて体重は減少するが、尾叉長は殆ど変化しないので肥満度は減少する。給餌すると魚は成長し、体重、尾叉長、肥満度共急速に大きくなる。

体成分の変化

吸水によって卵の水分量は多くなる。卵内で発生が進行している間水分量は殆ど変化せず、タンパク質と脂質は少しずつ減少する。逆に灰分は少しずつ増加する。孵化時に水分、タンパク質、脂質、灰分の何れも減少するが、水分と脂質の減少が大きい。これは卵膜には水分と脂質が多く、タンパク質と灰分は少ないことを示している。孵化から浮上までの間に水分と灰分は増加するが、タンパク質と脂質は減少する。浮上後無給餌であると水分、タンパク質、脂質は減少し、特に脂質の減少が大きい。灰分は無給餌であるにも拘らず増加する。水分の減少は体重の減少による。一方、給餌を行うと魚は成長し、何れの成分も増加する。

卵内発生時、孵化から浮上まで、浮上後無給餌の何れの時期においても脂質よりタンパク質の減少量が大きい、エネルギー量に換算すると卵内発生時には主としてタンパク質がエネルギー源となり、孵化後は次第に脂質がエネルギー源の主体へと移行するのが分かる。

孵化から浮上までと浮上後無給餌の場合で成分変化のパターンが明らかに違う。浮上時に

は卵囊由来の栄養成分がまだ体内に残っているが、浮上後数日経って卵囊由来の成分が無くなると摂餌（＝外部からの栄養成分の取り込み）しなければならないことを表している。体内に卵囊由来の栄養成分が無くなり、エネルギー源の主体が脂質に移行した段階で飼料へ魚油を添加すべきと推測出来る。

骨の形成は卵内発生時から進んでおり、魚の発育に伴って次第に灰分量が増える。孵化から浮上までの無給餌下でも骨の形成は進行している。

上記の体型と体成分の変化を併せ考えると、体内に卵囊由来の栄養成分が略無くなりかけた時点で浮上して遊泳を始めるのは理解出来る。自分で泳いで餌を捕えないと飢え死にするだけだからである。ところが孵化は何故この様に中途半端な時期に起こるのであろう。まだ自分では泳げず、外敵に対する備えも無い時期に孵化する必要は無い様に思える。直ぐに泳げる状態になってから孵化するのが理に適っているのではないか。浮上まで摂餌せずに発育するのであるから、栄養成分が原因でないことは明らかである。卵容積と魚体容積の関係でこれ以上卵内に留まれない、卵膜を通しての代謝産物の排泄や酸素の取込みが限界に達している、あるいは全く別の理由で孵化せざるを得ない等のことが考えられるが、何が本当の理由なのであろう。大変興味がある。



河川で産卵する場合に雌親魚は産卵後卵に小石や砂を被せるが、これは外敵による卵の被害を防ぐだけでなく、孵化仔魚を外敵から守る意味も有ると考えることが出来る。また、人為的に生産した孵化仔魚も光を避け、水槽底に小石が敷いてあると隙間に潜ってしまう性質など理に適っている。自然とは本当に良く出来ていると思う。

謝辞

測定資料の取り纏めに阿部信行氏の協力を得ました。お礼申し上げます。

参考文献

1. (社)北海道さけ・ます増殖事業協会:さけ・ますふ化放流事業マニュアル(北海道水産孵化場監修), 1-103 (2007)
2. 野川秀樹:さけます類の人工ふ化放流に関する技術小史(序説). 水産技術, **3** (1), 1-8 (2010)
3. 野川秀樹, 八木沢功:さけます類の人工ふ化放流に関する技術小史(飼育管理編). 水産技術, **3** (2), 67-89 (2011)
4. 能勢健嗣, 村井武四, 秋山敏男:シロザケ放流種苗の栄養特性-5ヶ年の研究のとりまとめ-. さけ別枠 1981 河川型研究グループレポート, 189-204 (1982)
5. 酒本秀一, 大橋勝彦:飼料の違いがシロザケ稚魚に与える影響. *New Food Industry*, **54** (2), 41-48 (2012)
6. 酒本秀一, 大橋勝彦:シロザケ飼料の魚油添加効果-1. *New Food Industry*, **54** (3), 49-58 (2012)
7. 酒本秀一, 大橋勝彦:シロザケ飼料の魚油添加効果-2. *New Food Industry*, **54** (4), 28-38 (2012)
8. 酒本秀一, 大橋勝彦:シロザケ飼料の魚油添加効果-3. *New Food Industry*, **54** (5), 41-49 (2012)
9. 大橋勝彦, 酒本秀一:シロザケ飼料の油脂源. *New Food Industry*, **55** (1), 53-68 (2013)
10. 酒本秀一, 大橋勝彦:シロザケの天然種苗と人工種苗. *New Food Industry*, **55** (12), 40-57 (2013)
11. 大橋勝彦, 酒本秀一:シロザケ飼料の魚油添加効果-4. *New Food Industry*, **56** (1), 71-85 (2014)
12. 大橋勝彦, 酒本秀一:低水温下でのシロザケ飼料への魚油添加効果. *New Food Industry*, **57** (4), 47-60 (2015)
13. 大橋勝彦, 酒本秀一:シロザケ飼料の魚油添加効果-5. *New Food Industry*, **58** (5), 47-62 (2016)
14. 平尾秀一, 山田充阿彌, 菊地嶺:ニジマス卵の灰分と発眼率. 日本水産学会誌, **21** (4), 240-243 (1955)
15. 須山三千三:ニジマス発生中の蛋白構成アミノ酸の変化. 日本水産学会誌, **23** (12), 789-792 (1958)
16. 安藤一夫:にじます卵発生中の脂質の変化. 日本水産学会誌, **28** (1), 73-76 (1962)
17. 須山三千三, 荻野珍吉:ニジマス発生中の一般成分の変化. 日本水産学会誌, **28** (1), 785-788 (1962)
18. 酒本秀一:マダイにおける飼料無機質の必要性和その欠乏症. 九州大学農学部附属水産実験所報告, No.5, 1-99 (1981)

白石カルシウムの炭酸カルシウム	
	<p>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。</p>
<p>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。</p> <p>一般の栄養強化には、「ホワイトン」</p> <p>機能を求めるならば、「コロカルソ」</p> <p>飲料用には、スラリー状の「カルエッセン」</p> <p>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。</p>	
<p> 白石カルシウム株式会社</p>	
<p>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</p>	

オリザセラミド® のヘアレスマウスにおける保湿および皮膚セラミド増加作用

単 少 傑 (HITOE Shoketsu)

オリザ油化株式会社 食品開発部

Key Words：オリザセラミド® 植物由来 米由来スフィンゴ脂質 肌質改善効果

はじめに

オリザセラミド® は米ぬかおよび米胚芽から抽出、精製された製品である。この製品には米由来スフィンゴ糖脂質の一種グルコシルセラミドが多く含まれている。20 年ほど前から、当社は米および米ぬかに含まれている生理活性物質について長年に渡って研究開発を行い、その中から、 γ -オリザノール、トコフェロール、トコトリエノール、ステロール、フェルラ酸およびスクワラン等数多くの有効成分を抽出し、製品化してきた。これらの製品がすでに医薬品、健康食品、食品添加物、化粧品用素材として高く評価され、広い分野で応用されている。なかでも、当社は世界に先がけて植物由来セラミドを米および米ぬかから製造することに成功しバイオニアである。

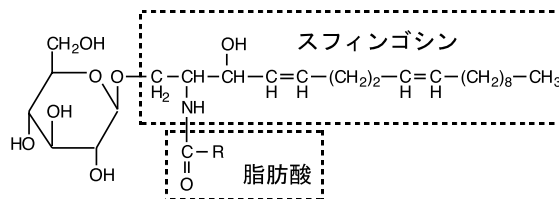
セラミドは皮膚において角質層細胞間脂質の主成分であり、表皮構造の形成と安定、水分やバリア機能の維持に重要な役割を果たしている。また、植物由来のグルコシルセラミドの摂取が表皮角質の水分保持やバリア機能を改善することが証明されている^{1,2)}。化粧品用素材として、合成セラミドやウシ由来セラミドが利用されているが、動

物愛護の観点や狂牛病の原因であるプリオン型ウイルス感染を予防するため、近年米をはじめとする植物性セラミドの利用が広がっている。

オリザセラミド® には細胞や動物における表皮バリア機能の改善効果³⁾ やヒトにおける肌質改善効果が見出されている⁴⁾。本稿では、表皮のトリートメント作用を有する天然素材として、オリザセラミド® のヘアレスマウスにおける保湿および皮膚セラミド増加作用について紹介する。

1. オリザセラミド® の主要成分

オリザセラミド® は米由来スフィンゴ脂質として動物性スフィンゴ脂質と同様に、長鎖塩基スフィンゴシンに脂肪酸が酸アミド結合した疎水性セラミドが基本骨格となっている。米由来



- R: 1. $-(CH_2)_7CH:CHCH_2CH:CH(CH_2)_4CH_3$ 2. $-(CH_2)_{14}CH_3$
3. $-(CH_2)_7CH:CH(CH_2)_7CH_3$ 4. $-(CH_2)_{16}CH_3$

図1 オリザセラミド® 成分の構造と組成

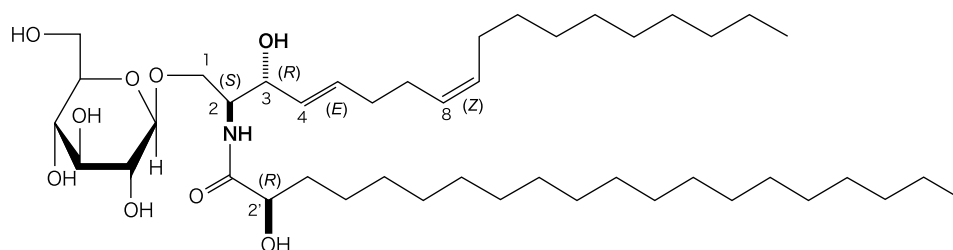


図2 オリザセラミド®の主成分

スフィンゴ脂質は長鎖塩基スフィンゴシンおよび脂肪酸の炭素数の違い、水酸基や二重結合の有無により分子種に多様性があり、帯広畜産大学藤野教授らの報告では少なくとも20種類以上のスフィンゴ脂質分子種が存在する⁵⁾。

我々は各種クロマトグラフィーおよびNMR分析よりオリザセラミド®の成分の構造解析を行い、4種類のスフィンゴ糖脂質(図1)の化学構造を明らかにした。さらに近年、北海道大学大学院薬学研究科五十嵐教授らとの共同研究により、含量が多いと予想される米由来スフィンゴ糖脂質について化学構造の解析を試み、主スフィンゴ糖脂質の平面構造を決定した。その後、京都薬大との共同研究により、コメ由来セラミドの主成分の構造を図2のように決定している。

2. ヘアレスマウスにおける保湿作用

ヘアレスマウスに米由来スフィンゴ糖脂質(GCFr, グルコシルセラミド含量: 98%以上)またはオリザセラミド®-PT(FGC, グルコシルセラミド含量: 3.5%)を9日間経口投与し(図3A), 背部の経表皮水分蒸散量(TEWL)を測定した。その結果, 図3B左に示すようにFGC(256 mg/kg)で有意な改善がみられた。

さらに, 投与期間中9日目から12日目の3日間, 10%ドデシル硫酸ナトリウム(SDS)を1日1回背部右側に塗布し皮膚バリア障害を惹起させた。再びTEWLを測定したところ(12日目), 正常部位,

SDS塗布部位ともに, TEWLの改善が認められた(図3B)。図3Cはこの時の正常部位とSDS塗布部位のTEWLの差をグラフにしている。GCFr, FGCともに有意なTEWLの改善作

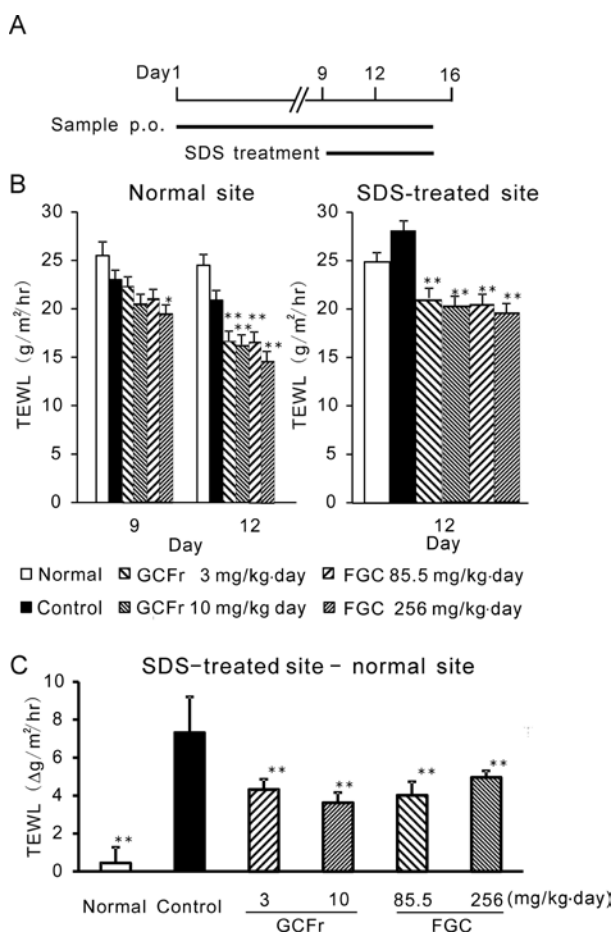


図3 コメセラミド(GCFr)およびオリザセラミド®-PT(FGC)のマウスにおける経表皮水分蒸散量(TEWL)改善作用

A) 投与, SDS塗布スケジュール, B) 正常部位, SDS塗布部位のTEWL, C) 投与12日目における正常部位とSDS塗布部位のTEWLの差

平均値±標準誤差, n=5-6

用を示した。

3. ヘアレスマウスにおける角質セラミド産生促進作用

前述のヘアレスマウスにおいて、GCFr投与16日目にSDS塗布部位の皮膚を採取し、脂質を抽出後に薄層クロマトグラフィー（TLC）による脂質の分離解析を行った。その結果、皮膚に存在するセラミド1, 2（Cer 1, 2）およびグルコシルセラミド（GlcCer）EOS（セラミド1の前駆体）、A/B（4種類のGlcCerの混合物）のスポットが確認できた（図4）。クロマトスキャナーによる定量の結果、GCFrの投与により、セラミド1の含量が有意に増加し、逆にグルコシルセラミドEOS, A/Bの含量が低下した（表1）。角質中のセラミドは、セラミドにグルコースが結合したグルコシルセラミドから産生される。したがってこの結果は、SDSの塗布により低下した角質セラミドを補うため、GCFrの投与により表皮グルコシルセラミドからセラミドの変換が促進したものと考えられる³⁾（図5）⁶⁾。図6には、マウス皮膚のセラミドとグルコシルセラミドの免疫染色画像を示す。免疫染色においても、

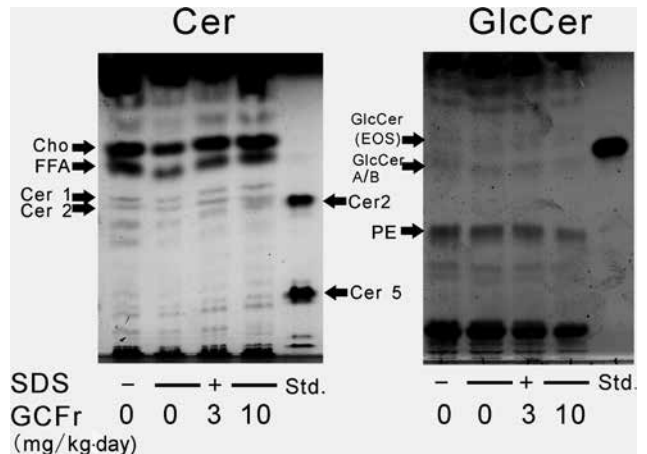


図4 マウス皮膚から得られた脂質のTLCクロマトグラム
Cho: コレステロール, FFA: 遊離脂肪酸, PE: フォスファチジルエタノールアミン, Cer: セラミド, GlcCer: グルコシルセラミド

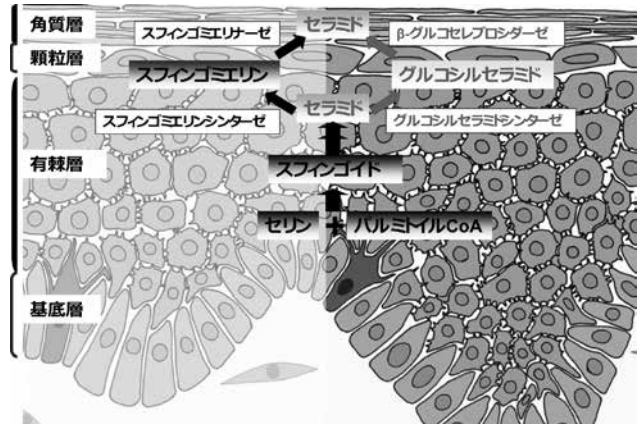


図5 表皮のセラミドとグルコシルセラミドの変換イメージ図⁶⁾

表1 GCFr投与によるSDS塗布部位皮膚の脂質量の変化

	スポット面積			
	Cho	FFA	Cer 1	Cer 2
Normal	0.711 ± 0.094	0.469 ± 0.097	0.139 ± 0.028	0.112 ± 0.024
Control	0.669 ± 0.057	0.390 ± 0.054	0.158 ± 0.028	0.126 ± 0.022
GCFr (3 mg/kg)	0.732 ± 0.026	0.623 ± 0.096	0.184 ± 0.026	0.137 ± 0.021
GCFr (10 mg/kg)	0.840 ± 0.119	0.724 ± 0.088*	0.211 ± 0.036*	0.135 ± 0.020
	スポット面積			
	GlcCer (EOS)	GlcCer A/B	PE	
Normal	0.035 ± 0.005	0.044 ± 0.007	0.071 ± 0.020	
Control	0.034 ± 0.007	0.042 ± 0.005	0.064 ± 0.008	
GCFr (3 mg/kg)	0.032 ± 0.009	0.033 ± 0.008	0.103 ± 0.018	
GCFr (10 mg/kg)	0.016 ± 0.004*	0.017 ± 0.006*	0.069 ± 0.011	

Cho: コレステロール, FFA: 遊離脂肪酸, PE: フォスファチジルエタノールアミン, Cer: セラミド, GlcCer: グルコシルセラミド

セラミドおよびグルコシルセラミドの各面積は、それぞれの標品で補正した。平均値±標準誤差, n=5-6, *: $p < 0.05$.

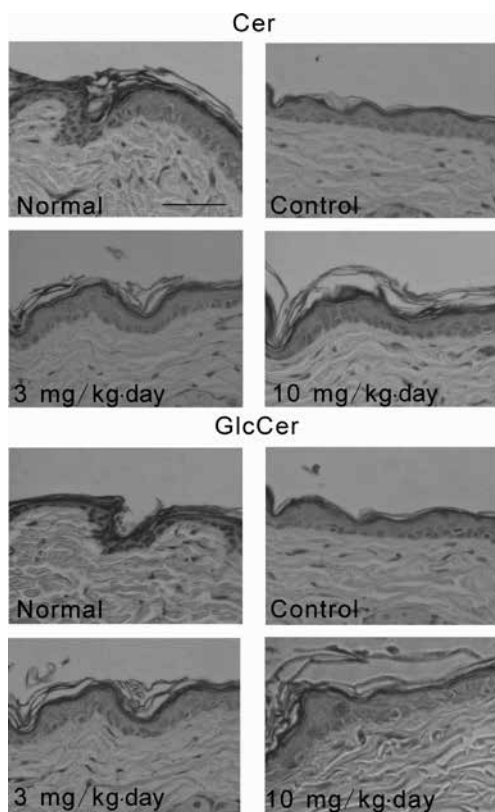


図6 GCFr投与マウス皮膚におけるセラミド (Cer) およびグルコシルセラミド (GlcCer) の免疫染色画像

スケールバーは50 μ m。CerおよびGlcCerは茶色に染色されている。

セラミド含量が増加し、グルコシルセラミド含量が低下していることが示された。

4. ヘアレスマウスにおけるセラミド変換酵素の発現に及ぼす作用

前述のヘアレスマウスにおいて、採取したSDS塗布部位の皮膚からタンパク質を抽出後にウェスタンブロッティングによるタンパク質の発現解析を行った。実験の結果、GCFrの投与により、グルコシルセラミド合成酵素 (GCSase) および β -グルコセレブロシダーゼ (GCCase) の発現量が増加した (図7)。この結果より、GCFrの投与により、

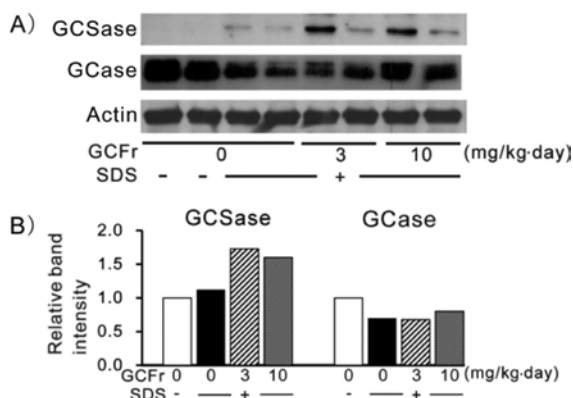


図7 GCFr投与マウス皮膚におけるグルコシルセラミド合成酵素 (GCSase) および β -グルコセレブロシダーゼ (GCCase) の発現

A) 10% SDS-PAGEでのウェスタンブロッティング画像

B) 各タンパク質の発現量をアクチンで補正後 control を1として数値化した。

表皮のグルコシルセラミドの合成と分解 (セラミドへの変換) が亢進したものと考えられる。

以上の結果より、オリザセラミド®は経口摂取により表皮のセラミド含量を高めることで、角質層の保湿やバリア機能を補う働きがあることが明らかになった。

5. ヒト表皮三次元培養系におけるセラミド増加作用 (in vitro)

ヒト表皮三次元培養系の基底層側にオリザセラミド®の主成分 [GlcCer (d18:2)]、図2を添加し、3日間培養後にセラミドおよびグルコシルセラミド含量を測定した (図8)。その結果、

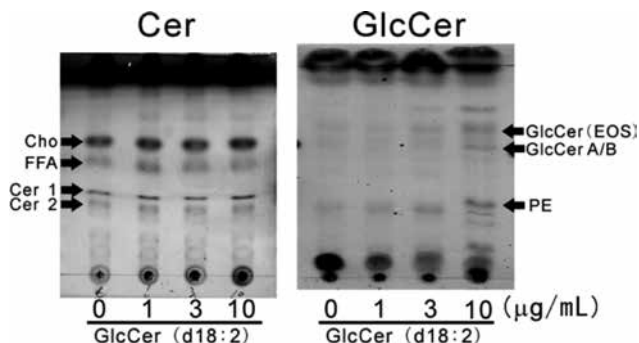


図8 ヒト表皮培養系から得られた脂質のTLCクロマトグラム
Cho: コレステロール, FFA: 遊離脂肪酸, Cer: セラミド, GlcCer: グルコシルセラミド, PE: フォスファチジルエタノールアミン

表2 GlcCer (d18:2) 添加によるヒト表皮三次元培養系における脂質量の変化

		スポット面積		
		GlcCer (EOS)	GlcCer A/B	PE
Control	-	0.034 ± 0.004	0.020 ± 0.004	0.052 ± 0.017
GlcCer (d18:2)	1	0.049 ± 0.010	0.020 ± 0.009	0.069 ± 0.007
	3	0.081 ± 0.009*	0.067 ± 0.003**	0.117 ± 0.017*
	10	0.084 ± 0.005*	0.049 ± 0.010*	0.104 ± 0.010

Cho: コレステロール, FFA: 遊離脂肪酸, PE: フォスファチジルエタノールアミン, Cer: セラミド, GlcCer: グルコシルセラミド
セラミドおよびグルコシルセラミドの各面積は, それぞれの標品で補正した。平均値±標準誤差, n=3, *: $p<0.05$, **: $p<0.01$.

Cer 1, Cer 2, GlcCer (EOS) および GlcCer A/B が有意に増加した (表2)。

図9に示すように, 免疫染色画像においても GlcCer (d:18:2) によるセラミドとグルコシルセラミドの増加が認められた。

さらにウェスタンブロッティングによるタンパク質の発現解析を行った結果, GlcCer (d:18:2) は, GCase の発現に影響を与えなかつ

たが, GCSase や表皮の成熟指標であるインボルクリンやトランスグルタミナーゼの発現を高めた (図10)。

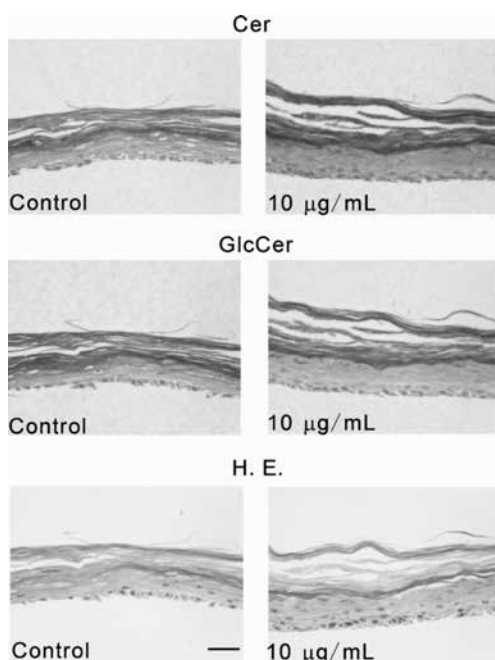


図9 GlcCer (d:18:2) 添加によるヒト表皮三次元培養におけるセラミド (Cer) およびグルコシルセラミド (GlcCer) の免疫染色画像

スケールバーは 50µm。Cer および GlcCer は茶色に染色されている。

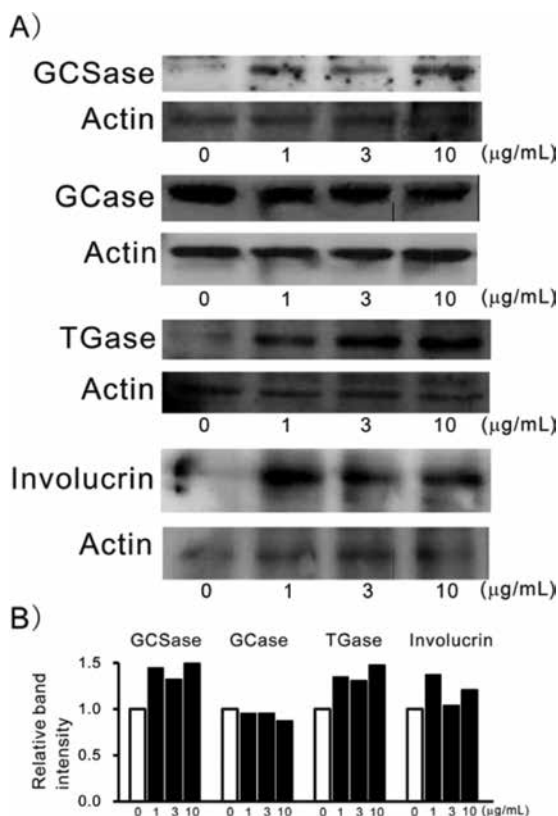


図10 GlcCer (d:18:2) 添加によるヒト表皮三次元培養系におけるグルコシルセラミド合成酵素 (GCSase), β -グルコセレブロシダーゼ (GCase), トランスグルタミナーゼ (TGase) およびインボルクリンの発現

A) 10% SDS-PAGE でのウェスタンブロッティング画像。

B) 各タンパク質の発現量をアクチンで補正後 control (サンプル未添加群) を 1 として数値化した。

おわりに

本稿では、オリザセラミド®の表皮トリートメント作用について紹介した。当社は、健康食品・化粧品に利用できる植物由来セラミド開発のパイオニアとして、オリザセラミド®の機能性について研究を続けている。去年4月より、機能性表示食品制度が発足し、特定保健用食品や栄養機能食品に続く、第三の機能性表示制度である。機能性表示食品を販売する企業や生産者は、その根拠となるための研究データやメカニズムを消費者にわかりやすく公開する義務を負う。そのため、消費者は自分の選んだ機能性表示食品について、そのメカニズムや自分との相性をきちんと確認したり調べたりしやすくも

なる。当社製品「オリザセラミド®」の機能性表示食品への申請に必要なシステマティックレビュー（SR）作業を完了している。SRの結果から、一日1.8mgの摂取量で連続経口摂取により、一つの表示例として、以下の機能性表示が可能と考えている：「本品には、米由来グルコシルセラミドが含まれます。米由来グルコシルセラミドには、肌の乾燥を緩和する機能があることが報告されています」。現在、「オリザセラミド®」を使った最終製品で、ともに機能性表示食品を目指していただける企業を広く募集し、多くの届け出を目指したいと考えている。

参考文献

1. Duan J. *et al.*, *Experimental Dermatol.*, **21** (6): 448-452, 2012.
2. Tsuji K. *et al.*, *J. Dermatol.Sci.*, **44** (2): 101-107, 2006.
3. Shimoda H. *et al.*, *J. Med. Food.*, **15** (12): 1064-1072, 2012.
4. 下田博司, 細胞, **41** (5): 203-205, 2009.
5. Fujino Y. *et al.*, *Agric. Biol. Chem.*, **49** (9): 2753-2762, 1985.
6. Imokawa G, *J. Dermatol. Sci.*, **55** (1), 1-9, 2009.

昆布の抗酸化作用

白杉 一郎 (SHIRASUGI Ichiro) ¹ 松井 隆史 (MATSUI Takashi) ¹ 伝宝 啓史 (DEMPO Keiji) ^{1,2}
黒木 勝久 (KUROGI Katsuhisa) ³ 榎原 陽一 (SAKAKIBARA Yoichi) ³ 水光 正仁 (SUIKO Masahito) ³

1: 株式会社くらこん, 2: 株式会社くらこんホールディングス, 3: 宮崎大学農学部

Key Words: 昆布 Nrf2-ARE 経路 抗酸化酵素 薬物代謝酵素

はじめに

昆布は褐藻類に属する海藻で、日本の伝統的な食品の一つである。昆布の国内生産量のほとんどは北海道から採集されており、全体のほぼ95%に相当する。残りの5%は青森県、岩手県、宮城県で採集されている（東日本大震災前）¹⁾。昆布は生育する環境が色や形、さらには味にも影響するので産地が銘柄となる。昆布の種類としては真昆布、細目昆布、利尻昆布、羅臼昆布、長昆布、日高昆布などがある¹⁾。

昆布は炭水化物で約60%占められており、そのうち約50%が食物繊維である。食物繊維はラミナリン、アルギン酸、フコイダンといった多糖類で構成されており、これまでに昆布に含まれている上記の多糖類が様々な生理活性を有することが報告されている²⁻⁴⁾。中でもL-フコースが α -1,2結合と α -1,4結合で数十から数十万個連なった硫酸化多糖であるフコイダンは、現在非常に注目されている海産多糖類の一つである。フコイダンはグルクロン酸を含むU-フコイダン、硫酸化フコースのみで構成されるF-フコイダン、ガラクトースを含むG-フコイダンの3種類に分類される。フコイダンはラミナリンやアルギン酸とは違い、アレルギー抑制作用や免疫賦活作用、さらには抗がん作用

が報告されている⁵⁻⁷⁾。近年では抗がん作用に注目が集まっており、がん細胞におけるアポトーシス誘導作用メカニズムの解明について多くの研究がなされている。濃いオレンジ色をしたカロテノイドの一種のフコキサンチンも抗糖尿病効果や抗肥満作用などの生体調節作用が報告され、注目されている^{8,9)}。我々は昆布にはまだ多くの知られていない生体調節作用があると期待し、抗酸化作用に関する研究を実施した。抗酸化作用には様々な疾病の原因となる活性酸素を消去する抗酸化物質の直接的（化学的）な作用と、活性酸素を消去する酵素の働きを高める間接的（生理学的）な作用の二種類がある^{10,11)}。

本稿では昆布および、昆布加工食品抽出物の抗酸化酵素誘導作用について紹介する。

1. Nrf2-ARE 経路による生体防御システム

Nuclear factor (erythroid-derived 2) -like 2 (Nrf2) は転写因子で、非ストレス下ではKeap1とよばれる分子に補足され、細胞質内に局在している。Keap1は細胞質でCullin3と会合してNrf2をユビキチン化し、分解する。細胞が酸化ストレスを受けるとNrf2はKeap1か

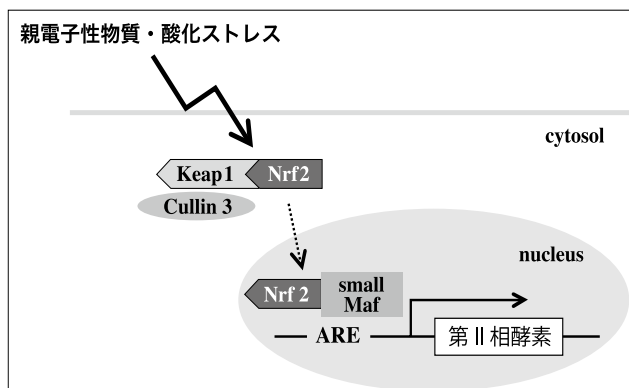


図1 Nrf2-ARE 経路による生体防御システム

ら解離し、核内へ移行する。核内では sMaf とよばれる分子と複合体を形成し、抗酸化剤応答配列である antioxidant response element (ARE) に結合することによって第Ⅱ相酵素で抗酸化酵素の heme oxygenase-1 (HO-1) や薬物代謝酵素の NAD (P) H dehydrogenase, quinone 1 (NQO1), glutathione S-transferase (GST) の発現が誘導される (11)。この調節機構によって酸化ストレスから生体を防御する (図1)。

2. 昆布および昆布加工食品

本研究では北海道の日高産、釧路産、羅臼産、道南産、利尻産、他の昆布よりも粘性多糖類を多く含むがごめ昆布、そして中国産の昆布を用いた。昆布加工食品は昆布を酢漬けにして柔らかくした後に切断、プレス、切削の工程を経てできたとろろ昆布と調味料で炊いた佃煮、さら

には調味料炊きした昆布を乾燥させた後、弊社が特別に調合した塩を塗した塩昆布を用いた (図2)。

3. 実験方法

(1) HO-1 の発現量測定

本研究で用いたヒト肝がん由来細胞株である HepG2 細胞は、DMEM (Dulbecco's modified Eagle medium, 10% ウシ胎仔血清, 100 UI/mL ペニシリン, 50 µg/mL ストレプトマイシンを含む) を用いて 37°C, 5%CO₂ 条件下で培養した。48 穴マルチプレートに 2.0 × 10⁴ cells/well 播種し、播種してから 24 時間後にサンプルを添加した。なお、コントロールには DMEM に 1% となるように DMSO を添加したものを用いた。

サンプルはそれぞれの産地・種類の昆布粉末または、凍結乾燥で水分を除去した昆布加工食品 2 g に対し 40 ml のエタノールを加え 24 時間抽出した後、ろ過・濃縮乾固し DMSO に再溶解したものを用いた。サンプルを処理した 24 時間後に培地を除き、リン酸緩衝食塩水 (PBS) で洗浄した。リン酸カリウム緩衝液 (pH 8.0) に 1% となるように TritonX-100 を加えて細胞を可溶化した。可溶化後、遠心分離し、上清を細胞抽出液とした。タンパク質濃度は Lowry 法を用いて測定した。各サンプルを処理した細胞抽出液のタンパク質濃度を



図2 株式会社くらこんの昆布製品

調整後、ウエスタンブロッティング法にて抗酸化酵素である HO-1 の発現量を調べた。一次抗体として、抗 HO-1 ウサギ抗血清および、抗 β -actin 抗体を用いた。二次抗体は HRP 標識した抗ウサギ抗体および、抗マウス抗体を用いた。検出試薬は ImmunoStar® LD を用い、ChemiDoc XRS (Bio-Rad) で発現量の定量解析を行った。

(2) Nrf2-ARE 経路のメカニズム解析

HepG2 細胞を 24 穴マルチプレート 4.0 \times 10⁴ cells/well 播種し、播種してから 24 時間後に昆布エタノール抽出物と MAP (Mitogen-activated protein) キナーゼファミリーのリン酸化阻害剤を処理し、24 時間後に培地を除き、以下は (1) と同じ方法で HO-1 の発現量の定量解析を行った。なお、リン酸化の阻害剤は SB203580 (p38MAP キナーゼ), PD98059 (ERK), AS60125 (JNK) を 40 μ M の濃度で用いた。

MAP キナーゼファミリーのリン酸化は HepG2 細胞を 24 穴マルチプレートに 4.0 \times 10⁴ cells/well 播種し、播種してから 24 時間後にウ

シ胎仔血清を含まない DMEM に培地を置き換え、さらに 48 時間後に昆布エタノール抽出物を処理した。処理してから 1, 2, 6 時間後にそれぞれ回収し、ウエスタンブロッティング法にて Jun-N-terminal kinase (JNK) のリン酸化の検出を行った。一次抗体については抗 phospho-JNK 抗体、抗 JNK 抗体を用いた。二次抗体は HRP 標識した抗ウサギ抗体を用いた。検出試薬は ImmunoStar® LD を用い、ChemiDoc XRS (Bio-Rad) で活性化型のリン酸化された JNK の解析を行った。

4. 結果

(1) 昆布および昆布加工食品エタノール抽出物の HO-1 発現誘導作用

様々な産地および種類の昆布を 200 μ g/mL の濃度で処理したとき、HO-1 の発現量はコントロールと比較して著しく上昇した。産地間や種類での誘導作用の違いは見られず、全ての昆布エタノール抽出物において HO-1 発現誘導作用を確認することができた (図 3)。

昆布加工食品においても 200, 1,000 μ g/mL

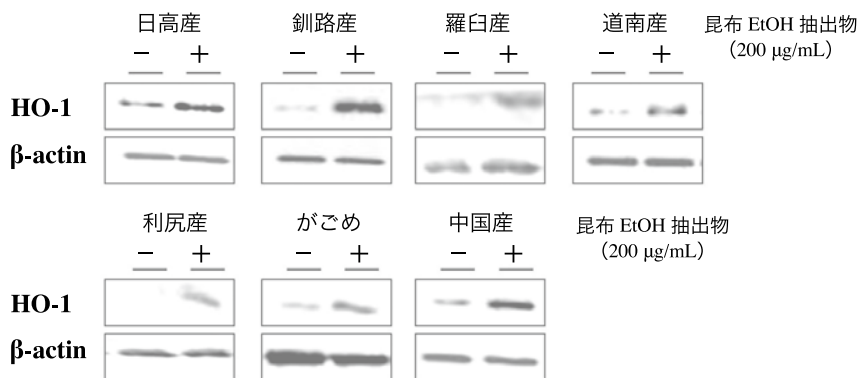


図 3 昆布エタノール抽出物による HO-1 発現誘導作用 (産地別)

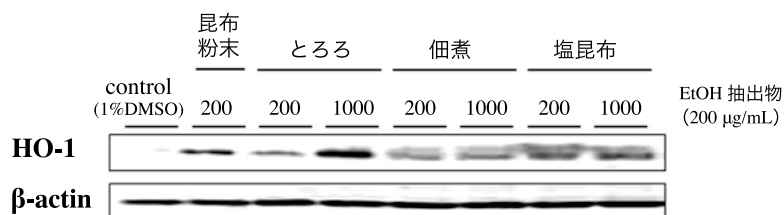


図 4 昆布加工食品エタノール抽出物による HO-1 発現誘導作用

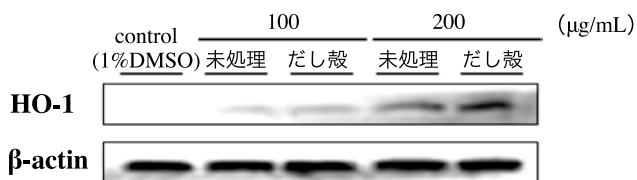


図5 だし殻昆布エタノール抽出物による HO-1 発現誘導作用

の濃度で処理したとき、とろろ昆布、佃煮、塩昆布エタノール抽出物全てで HO-1 発現誘導作用を確認することができた。最も強い発現誘導作用を有するのが黒酢以外の調味液を使っていないとろろ昆布で、調味料炊きを行う佃煮、塩昆布においては、発現誘導作用は見られたもの、とろろ昆布と比較すればその作用は小さいものであった。したがって、この効果は昆布そのものが有する作用であることが示唆された (図4)。

さらにだしを取った日高産昆布 (だし殻) を凍結乾燥し、エタノール抽出したサンプルにおいては、何も処理を行っていない日高産昆布のエタノール抽出物よりも強い HO-1 発現誘導作用が見られた。このことから昆布に含まれている HO-1 発現誘導作用を有する成分は水には溶け出さない性質であることが判明した (図5)。

(2) 昆布エタノール抽出物の MAP キナーゼファミリーのリン酸化への影響

Nrf2-ARE 経路の活性化には MAP キナーゼファミリーのリン酸化が関与していることが示唆されている。MAP キナーゼファミリーには p38MAP キナーゼと Extracellular signal regulated kinase (ERK) と JNK が存在する。MAP キナーゼファミリーはあらゆる細胞に広く発現しており、多岐にわたる機能性を有している。Nrf2 の Keap1 からの解離および、核内移行にも MAP キナーゼファミリーのリン酸化は関与していると言われている^{12, 13)}。

p38MAP キナーゼ、ERK そして JNK のリン酸化阻害剤を用いて HO-1 の発現誘導作用が阻害されるか否かを検証したところ、JNK の阻害剤のみで日高産昆布エタノール抽出物が誘導する HO-1 の発現上昇を抑制した (図6)。次に、JNK のリン酸化が日高産昆布エタノール抽出物を処理によって誘導されているか否かを検証したところ、処理1時間後には JNK のリン酸化を確認することができた (図7)。

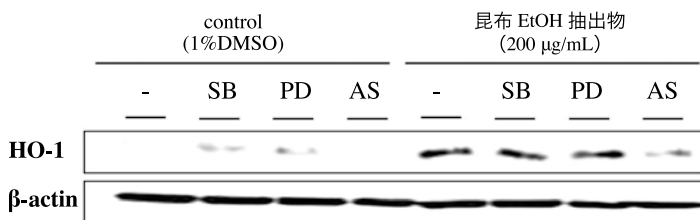


図6 HO-1 発現誘導作用への MAP キナーゼリン酸化阻害剤の影響

SB: SB203580, PD: PD98059, AS: AS60125

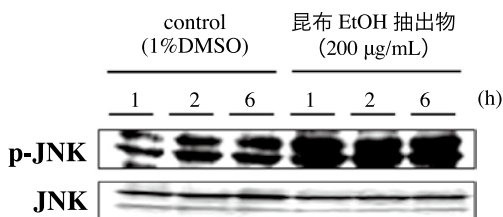


図7 昆布エタノール抽出物の JNK のリン酸化誘導作用

5. 考察

現代の社会はストレス社会と言われ、偏った食事や多量の飲酒、喫煙、運動不足だけでなくハードな仕事や著しい環境の変化によって多くの人たちがストレスを抱えながら生活している。こういった生活が続くと活性酸素の生成と消去のバランスが崩れ、酸化ストレスが生じ、この

酸化ストレスががんや糖尿病、アルツハイマーなど様々な疾病を引き起こす原因になると言われている¹⁴⁻¹⁶⁾。また、老化の促進にもつながると言われている¹⁷⁾。酸化ストレスを防御するには抗酸化物質の摂取または、生体内の抗酸化酵素を活性化させる必要がある。

直接的に活性酸素を除去する抗酸化物質の

代表例としては水溶性のビタミンCと脂溶性のビタミンEが挙げられる。ビタミンCは活性酸素の強力な除去剤であり、体内では細胞質や細胞外の血漿に存在する¹⁸⁾。ビタミンEは細胞膜脂質や血漿リポタンパク質内に存在し、そこで進行する脂質過酸化のラジカル連鎖反応を停止させる¹⁸⁾。また、野菜や果物に含まれるフィトケミカルであるカロテノイド類やポリフェノール類の化合物なども抗酸化作用を有することが報告されている¹⁸⁾。生体内に備わった抗酸化酵素としてはスーパーオキシドジスムターゼ (SOD) やカタラーゼ、グルタチオンペルオキシダーゼ (GPX) などが挙げられる¹⁸⁾。

本研究では、生体防御機構として重要な役割を有している Nrf2-ARE 経路に着目して研究を行った。様々な産地、種類の昆布エタノール抽出物をヒト肝がん由来 HepG2 細胞に処理したとき、全てのサンプルにおいて ARE 配列を有する抗酸化酵素の HO-1 の発現が上昇したことから、活性成分は昆布に普遍的に含まれている成分であることが示唆された。さらにだしを取った後の昆布においても発現誘導作用を示したことから、だし殻昆布の中に活性物質は残っており、この物質は極めて極性が低い物質であること、さらに調味料炊きを行う佃煮、塩昆布においても発現誘導作用は失われていなかったことから熱安定性も高いこともうかがえた。

抗酸化酵素誘導作用のメカニズムとしては転写因子である Nrf2 の核移行を MAP キナーゼファミリーが制御していると言われている。昆布エタノール抽出物による HO-1 の発現誘導作用を MAP キナーゼファミリーのリン酸化阻害剤を用いることによって誘導阻害が起こるか、否かを検証したところ JNK のリン酸化阻害剤を用いた時のみ HO-1 の発現誘導作用が阻害された。さらに JNK のリン酸化を調べたところ、昆布エタノール抽出物を処理して1時間後には、コントロールと比較して顕著にリン酸化が誘導されていることが示された。したがって、

昆布エタノール抽出物は JNK のリン酸化を誘導することによって、転写因子である Nrf2 を Keap1 から解離させ、そして核内へ移行した Nrf2 は sMaf とよばれる分子と複合体を形成し、抗酸化剤応答配列である ARE に結合することによって第Ⅱ相酵素で抗酸化酵素の HO-1 の発現を誘導することが示唆された。以上の結果より、昆布には酸化ストレスを防御する生体調節作用があることがわかった。

昆布エタノール抽出物には脂溶性の化合物が多く含まれており、今後活性成分の同定が必要になってくる。

おわりに

約 2,000 年前、秦の始皇帝が求めていた不老長寿の薬が実は「昆布」であったという言い伝えがあるが、もしかしたら昔の人は昆布が持つ様々な生体調節作用を非科学的ながら分かっていたのかもしれない。

日本における昆布の採取は、江戸時代の徳川幕府による蝦夷地（北海道）開拓以来盛んになり、昆布を食べる地域も広がってきた。沖縄では琉球王国時代に清（中国）への交易品として入ってきたものが人々の間に広まり、特に豚肉との組み合わせが嗜好に合い、消費量が増えたと言われている。ミネラルや食物繊維を豊富に含み、様々な生体調節作用を有する可能性がある昆布が沖縄県の人々の長寿に貢献していたのかもしれない。

2013 年 12 月に日本人の伝統的な食文化「和食」はユネスコ無形文化遺産に登録されたが、和食の4つの特徴のうちの2つ、「健康的な食生活を支える栄養バランス」と「正月などの年中行事との密接な関わり」に昆布は大きく関与している。

現代の日本人の食事は欧米化してきているが、改めて世界中から注目されつつある和食の素晴らしさを再認識していただければ幸いである。

参考文献

1. 大野正夫, 有用海藻誌. 東京, 中山書店, 9-11, 2005.
2. Besterman EM, *Atherosclerosis*, **12**, 85-96, 1970.
3. Paxman JR, Richardoson JC, Dettmar PW, *et al*, *Nutr. Res.*, **28**, 501-505, 2008.
4. Torsdottir I, Alpsten M, Holm G, *et al*, *J. Nutr.*, **121**, 795-799, 1991.
5. Kwasniewski FH, Landgraf RG and Jancar S., *Int. Immunopharmacol.*, **8**, 371-378, 2008.
6. Bermudez LE, Parker A and Goodman JR, *Infect Immun.*, **65**, 1916-1925, 1997.
7. Hyun JH, Kim SC, Kang JI, *et al*, *Biol. Pharm. Bull.*, **32**, 1760-1764, 2009.
8. Hosokawa M, Miyashita T, Nishikawa S, *et al*, *Arch. Biochem. Biophys.*, **504**, 17-25, 2010.
9. Jeon SM, Kim HJ, Woo MN, *et al*, *Biotechnol. J.*, **5**, 961-969, 2010.
10. Shang F, Lu M, Dudek E, *et al*, *Free Radic. Biol. Med.*, **34**, 521-530, 2003.
11. Johnson J, Maher P and Hanneken A, *Invest. Ophthalmol. Vis Sci.*, **50**, 2398-2406, 2009.
12. Lee DS, Kim KS, Ko W, *et al*, *Int. J. Mol. Sci.*, **15**, 8863-8877, 2014.
13. Itoh T, Koketsu M, Yokota N, *et al*, *Food Chem. Toxicol.*, **69**, 330-338, 2014.
14. Schwarz KB, Kew M, Klein A, *et al*, *Dig. Dis. Sci.*, **46**, 2173-2178, 2001.
15. Sun GB, Qin M, Pan RL, *et al*, *Toxicol. Appl. Pharmacol.*, **271**, 114-126, 2013.
16. Halliwell B, *J. Neurochem.*, **97**, 1634-1658, 2006.
17. Xie J, Tong PJ, Shan LT, *et al*, *Zhonggu. Gu Shang.*, **26**, 332-335, 2013.
18. 栄養機能化学研究会, 栄養機能化学, 東京, 朝倉書店, 169-177, 1996.

ホスファチジルセリンの機能性および「ブレインフード」としての可能性

山田 龍太郎 (YAMADA Ryutaro)

日油株式会社 食品研究所

Key Words : ホスファチジルセリン 動物由来 大豆由来

はじめに

ホスファチジルセリン (PS), ホスファチジルコリン (PC), ホスファチジルエタノールアミン (PE), スフィンゴミエリン (SPH) などのリン脂質は、ヒトの脳や神経組織に豊富に含まれているが、その存在意義や生理機能は、まだ十分解明されているとは言えない。

PS の構造は、ジグリセリド-3-リン酸のリン酸基にアミノ酸の一種であるセリンが結合したものである (図 1)。ヒトの脳のリン脂質には 10~20% の PS が存在し、PS の構成成分である L-セリンやセリン由来脂質は、高次機能の中樞をなす神経細胞・グリア細胞の長期生存維持と樹状突起などの形態形成にきわめて重要であることが報告されている¹⁾。

L-セリンは、グリシン、トリプトファン、システイン、スフィンゴシンなどの前駆体である。そのため、L-セリンの欠乏は、細胞膜の構築に欠かせない膜リン脂質の PS やスフィン

ゴ糖脂質の生合成障害を引き起こす。神経細胞に L-セリンが欠乏すると、アポトーシス (細胞死) に至ることが報告されている²⁾。

L-セリンは親水性酸性アミノ酸であり、そのまま血液脳関門を構成する細胞膜を通過できず、取り込みは膜上のトランスポーターに依存するが、アミノ酸どうしの競合阻害が考えられる³⁾。PS はセリンをホスファチジン酸で脂溶化させた物質であり、血液脳関門からの取り込みが期待される。これらの知見から、PS は脳機能との関連が示唆され、多くの研究が行われてきている。

1. PS の工業化

1-1. 動物由来 PS

PS は 1948 年に Folch⁴⁾ により単離されてから半世紀以上もの間、多くの研究が行われ、1990 年代までは動物由来、特にウシの脳から抽出した PS を用いて、アルツハイマー病⁵⁾ や加齢に伴う記憶障害⁶⁾ などの脳機能に関する研究が盛んに行われた。しかし、ウシの脳 1 個から採取できる PS は約 1 g と少なく、そのため製造コストが高く、安定した原料確保に課題があることから工業化が困難であった。さらに、イギリスに端を発した BSE (ウシ海綿状脳症)

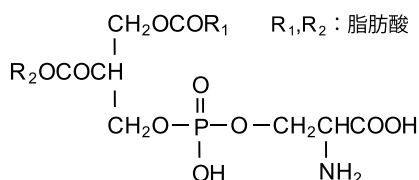


図 1 PS の構造

問題により、ウシの脳由来の PS は、1990 年代半ばに開発が中止されている⁷⁾。

1-2. 植物由来 PS

植物由来の PS は、主に大豆レシチンから採取されている。当初、大豆由来 PS とウシ脳由来 PS では脂肪酸組成が異なるため、大豆由来 PS はウシ脳由来 PS と同様の脳機能改善効果はないと考えられていた⁸⁾。しかし、後で述べる大豆由来 PC をホスホリパーゼ D (PLD) により塩基交換した大豆由来 PS をマウスに腹腔内投与すると、ウシ脳由来 PS と同程度の脳内グルコース量の増加が認められた。脳内グルコース量の増加は、脳機能改善効果のバイオマーカーと考えられており、この結果から、ウシ脳由来 PS と脂肪酸構成が異なる大豆由来 PS であっても同様の脳機能改善効果を示すことが証明された⁹⁾。

大豆レシチンに含まれる PS は 0.3% 以下と非常に少なく、1 g の PS を採取するには、大豆として約 150 kg、脱脂大豆レシチンとして約 1 kg が必要となる。このため、当初大豆由来 PS の工業化は困難であった。しかし、大豆および大豆レシチンは原料確保が容易であり、また、食経験も豊富で安全性も高いため、現在では、大豆レシチンから PS を製造する方法が工業化され、食品素材として流通している PS のほとんどは大豆由来である。

1-3. 大豆由来 PS の製造方法

PS は、生体内では PS 以外のグリセロリン脂質のリン酸に結合した塩基がセリンに置換される、いわゆる塩基交換反応によって産生されているが、この反応を触媒する酵素がホスホリパーゼ D (PLD, EC3.1.4.4) である。

食品製造に使用が認められているホスホリパーゼは、既存添加物名簿収載品目リストに、基原・製法・本質が指定されている。それによると、ホスホリパーゼは、「動物のすい臓若しくはアブ

ラナ科キャベツ (*Brassica oleracea* LINNE) より、冷時～室温時水で抽出して得られたもの、または糸状菌 (*Aspergillus oryzae*, *Aspergillus niger*)、担子菌 (*Corticium*)、放線菌 (*Actinomadura*, *Nocardia*) 若しくは細菌 (*Bacillus*) の培養液より、冷時～室温時水で抽出して得られたもの、除菌したもの、冷時～室温時濃縮したもの、またはこれより含水エタノール若しくは含水アセトンで処理して得られたもの、樹脂精製後、アルカリ性水溶液で処理したものである。」と規定されている¹⁰⁾。

PLD はリン脂質に反応し、リン酸と塩基部分の加水分解反応を触媒する。すなわち、この酵素は PC ホスファチドヒドロラーゼである。また、リン脂質と 1 級アルコール化合物をこの酵素存在下で反応させると、アルコール化合物にホスファチジン酸残基部分を転移する反応を生体内の酵素と同様に触媒する。PLD が塩基交換反応を触媒できる化合物、すなわち分子内に 1 個以上の 1 級アルコール基を有する化合物には、オリゴサッカライド、ヌクレオチド、ビタミン類、ポリアルコール、脂肪族アルコール、芳香族アルコール、複素環アルコールが含まれる。

セリンは、タンパク質を構成するアミノ酸の一つで 2- アミノ -3- ヒドロキシプロピオン酸、すなわち含窒素脂肪族アルコールである。そのため、大豆 PC のコリン基を PLD によりセリンと塩基交換反応を触媒することで、大豆 PS を工業的に製造できるようになった (図 2)。

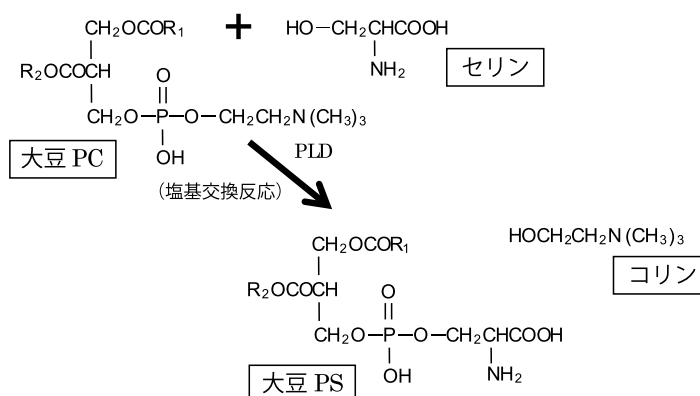


図 2 塩基交換反応を利用した大豆 PS の製造方法

2. 大豆由来 PS の安全性

大豆由来 PS は、述べたように食経験が豊富で BSE 感染のおそれもなく、安全な食品素材である。動物試験においても、変異原性試験、ラットへの経口単回投与さらに 1 ヶ月および 6 ヶ月の反復投与試験などでも毒性は認められていない⁷⁾。

わが国では、PS は厚生労働省医薬局食品保健課長発の食其発第 20 号（2001 年 6 月 28 日付）により、「医薬品の効能効果を標榜しない限り食品と認められる成分本質（原材料）」リスト、「3. その他（化学物質等）」に掲載された。そのため、医薬品の効能効果を標榜しない限り、PS は一般食やサプリメントの原材料として、わが国では食品として販売および摂取することが認められている。

米国では、大豆由来 PS は米国食品医薬品局（FDA）より GRAS（Generally Recognized As Safe、一般に安全と認められる食品）認証を取得している。さらに、2003 年 5 月には、大豆由来 PS の認知機能障害および認知症リスク低減効果の限定的強調表示が認可されており、米国では大豆由来 PS を配合したサプリメントに対して、上記機能の限定的強調表示が可能となっている。

韓国では、2013 年に韓国食品医薬品安全庁（KFDA）より、メーカーを問わず PS を 300mg 配合しているサプリメントに対して、「高齢者の認知力の低下をサポートする」という旨の強調表示を認可している。

3. PS の臨床報告について

PS は述べたように、米国や韓国をはじめとする海外では、脳機能を改善するブレインフードとして広く認知されている。脳機能以外にも、様々な臨床報告がなされている¹¹⁾。臨床報告例として表 1 に列挙したように、アルツハイマー病、認知症、加齢に伴う記憶力低下、抑うつ症、てんかん患者の発作、の改善効果、ストレス耐性の向上効果、ホルモン分泌（甲状腺、甲状腺刺激ホルモン）リズムの正常化、体内時計の異常修復効果、が確認されている。

4. 脳機能改善

わが国は既に超高齢社会であり、内閣府による平成 27 年版高齢社会白書によると、2025 年には高齢化率 30%、2060 年には 40% に達する見込みである。高齢化の進行に伴い、2012 年に 462 万人だった認知症患者数も増加が見込まれており、厚生労働省による最新の推計値では、各年齢の認知症有病率が上昇した場合、2025 年に 730 万人、2060 年に 1154 万人に達する見込みである。このようなわが国にとって、認知症対策は非常に重要である。そこで、より詳細に PS の脳機能改善効果について説明する。

4-1. アルツハイマー病の症状改善¹²⁾

ウシ脳由来 PS を 300 mg/ 日摂取することにより、アルツハイマー病の症状改善が報告されている。軽度～中等度のアルツハイマー病を持つ被験者 35 名（65 ～ 91 歳）を対象に、摂取期間 6 週間の摂取で、認知および記憶に関する RCT 試験を実施した。その結果、認知力の

表 1 PS を用いた臨床報告例¹¹⁾

1. アルツハイマー病：	300mg/ 日を投与で有効
2. 認知症：	300mg/ 日を投与で有効
3. 加齢に伴う記憶力低下（AAMI）：	300mg/ 日を投与で有効
4. 抑うつ症：	300mg/ 日を投与で有効
5. てんかん患者：	発作の減少
6. ストレス耐性：	若者の運動時ストレスの cortisol 低下
7. ホルモン分泌障害：	甲状腺刺激ホルモン分泌リズム回復
8. 体内時計（サーカディアン・リズム）の以上を回復	
9. 甲状腺ホルモン分泌リズムの正常化	

指標となる、クリクトン尺度、ペリ尺度、サークルクロッシング試験のいずれも、摂取前と比較して改善が認められ、ペリ尺度についてはプラセボ群と比較して有意な改善を示した ($p<0.01$)。

4-2. 加齢に伴う記憶力低下 (AAMI) の改善¹³⁾

大豆由来 PS を 100 mg/日、または 300 mg/日摂取することにより、加齢に伴う記憶力低下 (AAMI) の改善が報告されている。加齢に伴う記憶力低下を自覚している健常な被験者 73 名 (50 ~ 69 歳) を対象に、摂取期間 6 ヶ月間の長期摂取で、認知および記憶に関する RCT 試験を実施した。その結果、全被験者においてはプラセボ群と比較して有意な認知機能の改善は認められなかった。しかし、開始時のリバーミード行動記憶検査 (RBMT) スコアが相対的に低かった被験者 (RBMT<19)、すなわち相対的に記憶に関する機能が低下している被験者について、大豆由来 PS 摂取群の摂取終了 3 ヶ月目 (摂取開始から 9 ヶ月目) に、大豆 PS 100 mg/日、300 mg/日のいずれも、認知機能の有意な改善を示した ($p<0.05$)。この報告は、PS を 100 mg/日以上摂取、かつ、相対的に記憶力が低下している中高齢者であれば、健常者に対しても効果が得られることを示唆している。

PS による脳機能改善効果の作用機序については様々な仮説があり¹⁴⁾、脳内アセチルコリンの増加¹⁵⁻¹⁷⁾、脂質過酸化反応の抑制¹⁸⁻²⁰⁾、神経細胞の形態維持²¹⁾、 α タンパク質の異常なリン酸化重合の抑制²²⁾、生態膜機能の向上^{23,24)}、アポトーシスの抑制²⁵⁾、などがあげられている。

5. ストレス耐性向上

現代はストレス社会といわれ、人々は様々な精神ストレスに晒されている。そのことが原因で引き起こされる「うつ病」などの精神疾患は近年大幅に増加しており、厚生労働省の発表によると、精神疾患により医療機関にかかっている患者数は、平成 23 年は 320 万人となっている。一般的に「うつ病」は女性、若年者に多いとさ

れるが、わが国では中高年でも多く、社会経済的影響が大きい。そこで、より詳細に PS の精神ストレス耐性向上効果について説明する。

大豆由来 PS を 300 mg/日摂取することにより、精神ストレス耐性の向上が報告されている²⁶⁾。若年成人健常男性の被験者 48 名 (20.8 ± 2.6 歳) を対象に、摂取期間 30 日間の摂取で、暗算などの精神的負荷を伴う作業ストレス負荷時のストレス耐性に関するクロスオーバー RCT 試験を実施した。その結果、全被験者においてはプラセボ群と比較して、ストレススコアの有意な差は認められなかった。しかし、ストレスを感じやすい被験者、すなわちプラセボ群において作業後のストレススコアの上昇が大きかった被験者について、大豆 PS 摂取によるストレス耐性の有意な向上を示した ($p<0.01$)。

また、PS にはトレーニングや過度な運動による肉体ストレスの緩和作用も報告されている。アスリートやスポーツ愛好家にとって、試合やトレーニングによる肉体ストレスの緩和は、身体パフォーマンスを向上させるための重要な要素である。そこで、より詳細に PS の肉体ストレス緩和効果について説明する。

大豆由来 PS を 600 mg/日摂取することにより、肉体ストレスの緩和が報告されている²⁷⁾。成人健常男性の被験者 10 名 (26.2 ± 1.5 歳) を対象に、摂取期間 10 日間の摂取で、運動ストレス負荷時のストレス耐性に関するクロスオーバー RCT 試験を実施した。その結果、運動初期において、プラセボ群と比較して、大豆 PS 摂取による血中コルチゾール濃度の有意な低下が認められた。また、血中コルチゾール濃度の AUC (血中濃度-時間曲線下面積) についても、プラセボ群と比較して、大豆 PS 摂取による有意な低下が認められた。

コルチゾールは作業負荷による精神ストレスや過度な運動による肉体ストレスの増加により分泌が促進され、精神や肉体の疲労に繋がるということが知られている。PS はこのコルチゾールの分泌を抑制するため、ストレス耐性向上効果があると考えられる。

おわりに

ホスファチジルセリンは半世紀以上もの間研究されてきた歴史ある健康食品素材であり、脳機能改善を初めとして、様々な機能が臨床試験により確かめられている。特に、脳機能改善効果については「ブレインフード」として、超高齢社会に突入したわが国にとって、非常に重要

な素材となる。また、述べたように PS の臨床試験報告には、成人健常人を対象にした報告も複数含まれており、機能性表示食品制度にも対応可能な素材であると考えている。今後、イチョウ葉、DHA に次ぐ第三の脳機能関連素材として、市場に定着していくことを期待している。

参考文献

1. J. Mitoma *et al.*, *Neurosci. Res.*, **30** (2), 195, 1998.
2. J. Mitoma *et al.*, *J. Biol. Chem.*, **273** (31), 19363, 1998.
3. 日比野英彦, 月刊ファインケミカル, **34**(11), 30-41, 2005.
4. Folch J., *J. Biol. Chem.*, **174**, 439-50, 1948.
5. P.J. Dwlwaide *et al.*, *Acta Neurol. Scand.*, **73**, 136, 1986.
6. T.H. Crook *et al.*, *Neurology.*, **41**, 644-9, 1991.
7. 工藤聡, *Food Style* **21**, **6**, 45, 1999.
8. A. Bruni *et al.*, *Nature.*, **260**, 331, 1976.
9. M. Sakai *et al.*, *J. Nutr. Sci. Vitaminol.*, **42**, 47, 1996.
10. 公益財団法人 日本食品化学研究振興財団, 既存添加物名簿収載品目リスト, 17, 最終改正 2014 年 1 月 30 日.
11. 田中和彦, *New Food Industry.*, **41**, 21, 1999.
12. Delwaide P. J. *et al.*, *Acta Neurologica Scandinavia.*, **73**, 136-140, 1986.
13. Kato-Kataoka *et al.*, *J Clin Biochem Nutr.*, **47**(3), 246-55, 2010.
14. 酒井正士ら, 栄養と健康のライフサイエンス, **4**, 177, 1999.
15. G. Pepeu *et al.*, *Neurosci. Res. Commun.*, **13**, S63-6, 1993.
16. 田中康一ら, 脂質栄養学, **2**, 27, 1993.
17. H. Yamatoya *et al.*, *Jpn. J. Pharmacol.*, **84**, 93-6, 2000.
18. K. Yoshida *et al.*, *Biochem. Biophys. Res. Commun.*, **179**, 1077-81, 1991.
19. L. Amaducci *et al.*, *Ann. N.Y. Acad. Sci.*, **640**, 245-9, 1991.
20. C.X. Xie *et al.*, *Arch. Biochem. Biophys.*, **327**, 222-6, 1996.
21. M.G. Nunzi *et al.*, *Aging.*, **8**, 501-10, 1987.
22. T.B. Shea, *J. Neurosci. Res.*, **50**, 114-22, 1997.
23. Y. Tanaka *et al.*, *Brain Res.*, **506**, 46-52, 1990.
24. A. Tsakiris *et al.*, *Biochem. J.*, **220**, 301-7, 1984.
25. K. Uchida *et al.*, *J. Biochem.*, **123**, 1073-8, 1998.
26. Benton D *et al.*, *Nutr Neurosci.*, **4**(3), 169-78, 2001.
27. Starks MA *et al.*, *J Int Soc Sports Nutr.*, **5**, 11, 2008.

歴史の潮流と科学的評価

(第5節 ベジタリアン食の世界規模の問題と非栄養学的視点)

ジョアン・サバテ (Joan Sabate) *¹ 訳：山路 明俊 (Akitoshi Yamaji) *²

*¹ ロマリンダ大学栄養学部, *² 食のフロンティア塾

Key Words：ベジタリアニズム，動物の権利，うさぎの悲鳴，脱牛肉文明への挑戦

18章 肉のない食事：道徳的な規範なのだろうか？

1. はじめに

20年以上の間、著名な哲学者、保護主義者と健康提唱者は、ベジタリアンの生活法を人々に積極的に訴えてきました。これらの年数以上に、ベジタリアニズムの提唱者には、証明の重荷が降りかかってきました。一般の文献と哲学色の薄い学術論文では、肉食の利点が疑問視されていて、その害がさらに明白となっています。このことは、屠殺される生物、生活している土地とそれらの肉を食べる人に対しても害となっています。近代の肉産業がもたらすものは、誰も良くなることはなく、何も良くなることはない。ベジタリアニズムの提唱者は、唱えています。

ベジタリアニズムの提唱を通じて多くのことがすでに実現してきました。米国では、現在、ベジタリアニズムは、一般的に広く取り入れられていて、社会的にも受け入れられています。ベジタリアニズムの提唱は正しい；それは良い

生活法であることが複数の研究が示しています。そして、われわれが、ベジタリアニズムを「より良い生活法」と言う時、科学的研究と要約した報告書を超えた価値ある世界へと超越することになります。ベジタリアニズムの論理は、しばしば、道徳の問題を求めするために肉のない食事の健康効果を執拗に勧誘することも超越します。ベジタリアン食の採用は道徳的な義務なのでしょうか？ 様々な方面から得られた膨大なデビデンスにもかかわらず、肉食をしないことに道徳的な義務があるということを論じてはいけないのでしょうか？

動物の権利についての傑出した提唱者である、Tom Regan は、一部の人が「倫理的なベジタリアニズム」¹⁾と呼ぶ議論を、道徳の世界に移す手助けをしました。1982年、彼は言いました。「道徳的な観点から、ベジタリアンの生活法は道理のある根拠を有すると見ることができるとするのが私の信念です。これが私が示そうとしていることで…」²⁾

ベジタリアニズムの提唱者は、一般的に、大衆から非常に高い期待があります。健全な議論を考慮しながらという前提で、大衆はベジタリ

アンになることを選択すべきと彼らは信じています。実際に、Regan は軍隊で、信念とベジタリアニズムの道理ある論理の実証性を示し、その時、「私の論理が健全とするならば、この考えを聞いた人の殆どは、極めて基本的な方法で生活を変化させるべきと考えるようになるだろう」と暗示しました³⁾。他の多くの人と同じように、Regan は、ベジタリアニズムの際立った事例を示すことを単に求めていたわけではありません。むしろ、人々が考える方法でなく、食事の方法を変える生活を詳しく言っていたのです。

最近、われわれが勤務する大学の栄養と食事療法部門を訪問した際、著者の一人は学生が日常の学習と食事をするラウンジで待っていました。彼は一人の学生を見つけ、微笑みかけ、プログラムについて質問しました。プログラムへの許可の要件として、志願者はベジタリアンであることが必須条件ですかと、彼は質問しました。学生は後ずさりした様に見え、即座には答えませんでした。質問を聞いていた行政補佐官が、こんな質問をするのは一体誰なのかと確認するためにコーナーにやってきました。「いいえ」彼女と学生は声を揃え、力強く言いました。「そんなことはありません」

恐らく、彼らはベジタリアンではなかったのでしょう。しかし、そうでなくても、なぜなのでしょう？ なぜ、このような有力な証拠を学習する人はベジタリアンにならないのでしょうか？ 肉のない食事の論理は、知的な同意と行動の変化を生じさせるのには十分な力はないのでしょうか？

これらの問題に頭を悩ますことは、ベジタリアニズムの利益になるような論理を熟考させることになります。これらの殆どは、経費と利益の分析を超越して、道徳的な義務の提唱の方向へと向かわせます。これらの論理は様々な方法でグループ分けされ⁴⁾、われわれは、次の5つのカテゴリーを選択しました。

A. 健康論

最も古い論理の一つは、ベジタリアン食は肉食よりも健康的ということです。米国では、このことは、勝利するには特に難しい論理です。人の食事では、肉のたんぱく質は必須の要素であるという社会的な推測が広まっていて、また、それを覆す科学的な研究が不足しているので、証明する負担がベジタリアンの健康を提唱している人の肩に様々な方面から降りかかっています。しかし、動物性たんぱく質は私達の食事に於いては必須要素ではないことを、ベジタリアニズムの科学研究は示してきました。さらに、ある種の疾患罹患率が、肉のない食事をするると有意に低下することをいくつかの研究は示しました⁵⁾。

キリスト教の視点から問題に取り組んだ人は、ベジタリアニズムは神の「オリジナル食」であったと論じました。彼らは、聖書のエデンの物語と神が庭でアダムとイブに与えた多くの物を指摘しています。「緑の植物」から提供された果物とナッツは、「命の息」を持つ人を意図しています。この点からすると、肉が無くて人も人々は成長するように設計されていました。キリスト教の視点からの第2の論理は、ベジタリアン食は、人類にとって健康的であるという科学的証拠に由来していることです。神は、私達の体を神聖な精神の住家としたので (1 Cor. 3:16-17 and 6:19-20)、人はできるだけ、最も健康に生きることを強いられているのです。こうして、一旦、ベジタリアニズムは健康的な食事の実施可能であることになれば、道徳的に望ましい食事となります。

B. 動物の権利

動物の権利と実用的な利点を混ぜ合わせて、一部の著者は、動物に対する倫理的な義務に関心を寄せました⁶⁾。この視点のつらいところは、害を認識することと、動物を育て、食品のため

に屠殺すると言う経験をすることです。このような苦痛を単に味覚を満足させるために起こさせるのは不道德と考えられます。全ての知覚ある生物は権利と固有の価値を持つということが受容されたことは明白にすべきです。動物を人の消費のために飼育するという手段がとられるので、工場農場は特別な火災に会います。工場農場での「命」は、延長された死でしかありません。John Robbins は好評を博した本、*A Diet For a New America* の紹介の中で、工場農場動物の非道な扱いについて次のように書いています。

「これらの動物が受けている苦痛は大変に強いので、これらの生き物から得られる食品をたிரげるといことは、彼らの生活であった、卑劣な不幸を知らずにたிரげることになるのです。ここでの主要な問題は動物を殺すことではなく、生きることを強いられた、口に出すことができない生活の質なのです。」

Paul R. Amato と Sonia A. Partridge は、動物の権利の見通しという視点から、ベジタリアニズムの提唱の範囲を明らかにし、重大な道徳的な問題であると考えています：

「道徳的なベジタリアンは、工場農場が全て根絶する日が来ることを願っています。それまでの間、彼らは、小さな道徳的な勝利としてでも動物の苦痛の量がとにかく減ることを望むのです。」⁸⁾

もう一度言いますが、動物の権利を論じる多くの人が持っている望みは、一般の人がベジタリアンになることを選択することなのです。そして、彼らが成功を取めている証拠があります。彼らの本に於いて最高位となる研究（新しいベジタリアン：健康の増進と生活の予防）の中で、Amato と Partridge は、人々がベジタリアンのライフスタイルを選ぶ 11 の理由を示しました。リストに上がった最初の理由は「動物の苦痛への関心あるいは動物の権利への信条」⁹⁾でした。権利という言葉が広く一般的に理解された

ので、特に簡単な論理は受け入れられています。しかし、悲しいことに、知られない権利、気がついてもらえない牛、鶏と豚はしばしば味覚の欲望の為に無視されます。さらに、哲学的な基盤と権利の考え方を実用的に実施することの双方が、人間の社会に対して、ましてや動物にとっても根を下ろすには困難すぎる状態が続いています。

C. 環境問題

環境問題からの視点で、ベジタリアニズムを論じる多くの人の哲学的な支えは、Aldo Leopold の「砂の国の暦 (*A Sand Country Almanac*)」です。Leopold はベジタリアンではありませんでしたが、いわゆる「大地の倫理 (land ethic)」は、「山のごとく考える」必要性を広く気付かせることを促進しました¹⁰⁾。Leopold の大地の保全問題に対する関心は、環境哲学や環境倫理と、現在は一般的になっている「深遠な生態学」等の学問の分野を確立することを援助しました¹¹⁾。

もっと一般的なレベルでは、Jeremy Rifkin の「脱牛肉文明への挑戦 (*Beyond Beef*)」が肉食と関連した環境問題への関心を呼び起こし続けています。Rifkin は、牛肉産業と拡大する世界規模の環境危機間の関係を強調し、特に、世界人口への食料供給に関して「世界の牛頭数の増大によって作り出される環境破壊が、他の多くの目に見える環境汚染を超えている」と彼は警告しています¹²⁾。

Francis Moor Lappe の本、「小さな惑星の為の食事 (*Diet for a Small Planet*)」は、環境問題の視点から読むべきです。多くの読者は彼女の著作を健康増進と分類していますが、環境の重要性を同じ程度で表現しています。彼女の現在の著名な随筆「逆さまのたんぱく質工場 (*A Protein factory in Reverse*)」¹³⁾ は、現代の農業が消費している大量の地球資源に関心を集めさせています。道徳的な観点から、彼女の著作は、

環境の提唱と健康増進そして、私達が「社会革命」(次のカテゴリー)と呼んでいることを融合させています。

Pifkin と Lappe 等の提唱の努力にもかかわらず、そして彼らの業績の大きな成功にもかかわらず、環境問題の成果として、ほんの一部の人しか食事を変更しないように見えます。例えば、上記しましたが、Amato と Partridge の調査は、環境への関心からベジタリアンになったのはたった5%であることを示しました¹⁴⁾。このように、環境倫理派は、注意深い大地の利用と保全を主張しますが、彼らは、たとえあったとしても道徳的な義務としてベジタリアニズムを、はっきりとは口に出さないのです。

D. 社会革命

この項では、様々な著者と社会政治的变化と称される視点を展開します。ここでは、他のカテゴリーと重複する箇所が多少あります。例えば、Lappe, Singer と Rifkin の業績は1つ以上のカテゴリーと考えられるべきです。例えば、彼女の関心事は、単に他の人の個人的な食習慣を変える手助けをすることではなく、社会全体の食事パターンを変えるということなので、Lappe の業績はこのカテゴリーに含めています。「小さな惑星の為の食事」の改訂版の巻頭で彼女が主張していることに注目して下さい。

「私が人々の生活に対して提唱してきた方向は何なのか、影響は何なのか、深い疑いを持っていました。私の本の読者は、あまりにも栄養のことに興味がありすぎるので、結局本当のメッセージを忘れてしまうか、無視してしまうのでしょうか？(斜体は追加)¹⁵⁾」

Lappe が望んだ「本当のメッセージ」とは何だろう？ この巻頭では、彼女は着る物がないと皇帝に言った小さな少年を彼女自身に喩えました。「私達夫々の個人の食事が、全ての人類に対する食品供給の、最も幅広い問題にいか

関連しているか」を書籍の中で強調することを彼女は望みました¹⁴⁾。改訂版と最新版を出版し、彼女は、料理と食事をより簡単により上手にするだけでなく、根本的に、食事の選択には「政治的で社会的な重要性」が伴うことに特に関心を示しました¹⁷⁾。

Peter Singer もまた、この考え方に立っています。Singer は、彼の既刊の本「動物解放」で、拡大するベジタリアニズムに対する主張を、過去の社会的な変革運動に等しいとしました。ベジタリアンのライフスタイルは、他の「抑圧と不正に対する大きな運動」に良く似た「排斥(ボイコット)の姿」なのです。南アフリカのアパルトヘイト、農場労働者に対する Caesar Chavez の実績、スペインの闘牛、カナダの赤ちゃんあざらしの狩猟、奴隷売買、国家間の戦争と産業革命中の児童搾取は、ベジタリアニズムと比較して選択する際の具体的な事例と称される、社会・政治的な出来事です¹⁸⁾。

Jeremy Rifkin は、「脱牛肉文明への挑戦」の中で示している証拠の目標は、単に記述しているだけでなく、社会・政治的な行動を求めるのが議題なのです：

「脱牛肉文化の行動は革命的な行動で、自分自身を立て直す意思の表れで、自分自身の人格を作り上げることです。近代牛舎の解消と人類の食事から牛肉を排除することは、人の良心を広げる新しい章の前兆となります。」

E. 責務

責務の理念は、最後のカテゴリーに概念的な枠組を提供することです。Lohn Robbins は、好評を博した本「新しいアメリカ」の中で、彼の夢を米国社会に披露する時、責務をわかりやすく表現しています。

「それは命に敬意を払うことが土台になっているので、すべての生物が分かち合う成功の夢なのです。全ての形ある命と調和しながら共に

生き、尊敬するという、良心を携えた平和な社会という夢なのです。創造という法律に従い生活し、自然環境を大事にし、自然を破壊するのではなく守る人々の夢なのです。真に健康で、バランスの取れた環境システムを賢く、情け深く責務を果たす社会への夢なのです。」²⁰⁾

責務の概念は、同じく環境倫理学者と動物権利活動家によって発せられる関心事を含んでいます。過去に於いて、この概念は情があるかないかにかかわらず、専制君主的な力を持った人間中心の強迫観念と言われていたので、批判はこの論理のレベルにありました。環境のコントロールと市場操作（時折、「責務」と誤解された）への人類の絶え間ない努力は、実際、環境破壊の拡大を導き出しました。しかし、責務を提唱する多くの人は、これらの批判に耳を貸しましたが、自分自身と他者双方のある一部を管理する人種的能力を持つ、地球上唯一の生物として、責務を果たさなければならないとそれでも主張し続けています。責務のあまり人間中心でない概念の刷新には、John Robbins が「賢明で情け深い」とする責務を思い描くことのできる一つの理由があります²¹⁾。

クリスチャンの見方から責務を書いた Andrew Linzey は、神の創造全体に対する関係を説明するという方法で過激な変化をうながします。この世界とそれに含まれる全ては、人類の向上のみに作られたとする伝統的なクリスチャンの概念に、Leinze は挑んでいます。人は創造という次元で特異的な存在ですが、この特異性は特別な状態ではありません。事実、この特異性は人に「奉仕者の種属」の役割を演じる特別な義務を要求します。この全ての創造の奉仕者の役割の中で、奉仕者は、丁度神が気遣うように、創造に注意を払うべきなのです。悩める神の論理的な概念の上に立って、Leinze は宣言しています：

「世界中の苦しみを阻止するためにしなけれ

ばならないという否定的な見方だけを持つだけでは、十分ではありません。世界の苦しみをどのように背負うのか、そして、神聖な精神力でどのように改善していくのか、積極的な見方が必要です。」

クリスチャンは、人が苦しむ時だけ神が苦しむという概念を超越して行動しなければならないと、Leinze は主張します。「神は全ての生物の苦しみと共にある」という事実を十分に受け入れた時、私達は、奉仕者としての役割をさらに受け入れることができるでしょう²³⁾。

Aldo Leopold は、非クリスチャンの視点から、責務の人間中心的な理解から離れて行動することに対して、大きな影響を持っています。彼の「大地の倫理」は、「大地の共同体」の征服者の一人から、「その単なる一員と市民」の一人への役割に変化することを要求しています²⁴⁾。彼は、責務の考え方と大地の保全を表すのに「畜産」という時代遅れの表現を用い、その考えは、「ある種の管理方法が一部の人に理解される土地に適用される」ということです²⁵⁾。彼の基礎的な業績は、現在環境哲学と称されるものを育てたことです。

Leopold のように、Paul Taylor は、人は自分だけの独占的な利益になるように環境システムを操作するという、責務の人間中心的な概念を拒絶しています。「環境倫理学の生命中心システム」という Taylor の考えは、まだ、人に対するこのシステムの、管理あるいは責務の役割の強力な要素となっています。そして、彼の考えは「理解ある一部の人」による管理を主張する Leopold の考えに影響しています。Taylor は次のように言っています：

「生命中心論の視点から、私達は、野生の植物と動物を地球上の生命共同体の一員として加えるという、明白な道徳的な義務を有しています。私達は、彼らにとっての美德を守り、促進するという道徳的な義務（他の事と同様に）が

あります。私達の義務は、自然の環境システムの高潔を尊敬すること、危険に晒されている種を保全すること、そして、野生種の集団を自然な状態に到達し、健全性を保持することを可能にする方法があるという事実から発生する環境汚染を避けることです。」²⁶⁾

最後に、William Aiken は、農業の責務に関心を持つ環境倫理学者として記述していて、地球上の現在の人口を養うために必要な何らかの農業形態を続けるならば、「自然環境システムの一部の介入」は避けられないということに注目した現実的な視点を述べています。彼の言う相互作用は責務の理念を表しています。彼は、「生物生存層の安定性と多様性を保持することを伴う、持続的で調和が取れていて、そして両立可能な農業形態と、人々に必要な食品を適性に供給する農業形態」の発見を望んでいます²⁷⁾。

再構成され、人間中心的感觉が少ない中で理解されている責務の理念は、概念的なレベルに於いて広く受容されるという利点があります。しかし、責務の提唱者に対し、つまり他の論理のそれぞれの提唱者に対して、観衆は、単純な反応を示すように見えます；つまり、「そうですが、しかし…」非常に簡潔な論理の場面でも、この特別な話題に対しては、応答者はしばしば言い返します。「はい、しかし私は肉が好きです」しかし、ベジタリアンのライフスタイルの提唱者は、健全な論理を提供することを目標とする仕事にだけ従事しているわけではありません。人々の生活は「極めて基本的な方法で変化するべき」という彼の論理の結果としての、Tom Regan の提言を思い出して下さい。ベジタリアニズムを選択する人はそれ程多くないという事実は、不可解なことです。

2. 「そうですが、しかし…」を乗り越えた先

前記の夫々の論理は、哲学的で一般的な人の双方に広く受け入れられてきましたが、ベジタリアンのライフスタイルを選んだ人の数は、受容の程度を反映しているわけではありません。人々は、一方ではまだ別のハンバーガーを楽しんでいるという論理に対して知性で同意しているのです。私達が観衆として感じる義務感覚が、多くの転換をもたらさないとしても、これらの倫理的ベジタリアニズムの偉大な提唱者は、肉食は少なくとも道徳的に問題があると言う事実を定着させました。ベジタリアニズムは、20、30年前よりは受容され易くなっていますが、なぜ、もっと人々はライフスタイルを変えないのでしょうか？ Amato と Partridge の調査が示したように、変化を実行する人は、人に消費されるという残酷な運命に苦しむ動物に対し、大きな関心を示さないのはなぜだろうか？

A. 哲学的論点、個人の信念と実際の行動

Leopold の主張「私達の内部で知的な主張、誠実さ、愛情と信念の変化がなければ、今まで、倫理上の重要な変化はありませんでした」は正しかったのです²⁸⁾。Singer もまた、「知的な信念と生活習慣を壊すために必要な行動との間」には大きな溝があることを知っています。提唱者は、肉食に関連する道徳的問題について発言するすばらしい仕事をしますが、責務と個人的行動を命令するという言い難い状態になった時は、観衆の心を持たなければなりません。個人の実行における変化は、しばしば、頭よりも心から表れます。Singer が言い続けているように、「本の中に溝を埋める方法はありません。最終的に、信念を実行するのは、読者なのです」²⁸⁾ 良い論理は、必ずしもライフスタイルの変化を生むような個人的信念をもたらすわけではあり

ません。

ベジタリアニズムにとって最も広く成功を取めた道徳的論理と哲学的な論理は、動物の権利運動と環境問題です。これらの2つの論理が提供した証拠の重みは、ベジタリアニズムに対し「道徳的な規範」となるべきと、Michael Allen Fox は信じています。しかし、彼は、大衆のグループ間にある食事法の違いには大いに衝撃を受けてきました。動物の権利を支持する人は、環境活動の組織にいる人よりかなりベジタリアンのようです。Fox は、会議やセミナーの際、それぞれのグループと食事を共にしたと言っています。会議では常に、動物の権利グループはベジタリアン食を要求し、一方、環境グループは、2、3の特別な食事を依頼しただけでした。彼は、知的論理とベジタリアニズム間の「関係」を見ないか、あるいは、単に「彼らを見捨てるか、埋没させるかあるいは合理的に考える」だけと環境保護者を責めます。Fox は、「もっと繊細で、彼らの選択を合法と認めるような知的な方法」を持つべきと要求しています。Leopld と Singer と共に、Fox は以下のように認識しています：

「理論と実践間の理論化を一貫したものにすることは、哲学者が大事にしたり、また、誰もが理解することを目指す必要がある、単なる純粋な「合理的な」価値ではありません。それは、私達が、信じ、信奉しそして実行することの間にある関係性を知り、私達の選択によって起こる損害を最小限にすることの意味と、より少ない影響で地球上で生活する意味が何かを理解し易くするようにする関係性を知る問題なのです。」³⁰⁾

多くの環境保護グループの共通した批評として、Sharon Bloyd-Peshkin は、「M 文字（仲間とお金）を失うことを恐れるあまり、V 文字の拡大ができない」と責めています。食習慣は全く個人的なことであるというありふれたいいわけに頼って、環境保護グループは、問題を無視し

てきました。環境保護グループが強調し、そのようにしてきた方法の問題に関する Bloyd-Peshkin の見方は、ベジタリアンのライフスタイルに対する実際の行動は、個人が知的にそして感情的に動くことからのみ生まれるという、私達が指摘することをさらに示しています。

環境保護グループはベジタリアンではないように見えると Bloyd-Peshkin は分析したように、難しい選択を人々に勧めることは全く健全な論理ではなく、むしろ、ゆるぎのない結果をもたらす人々の感情の動きであることを彼女は示しました。Alan Durning の世界監視協会が会員のランクを上げるために、グループがこの行動過程をどのように理解する努力をして行ったかを、彼女は引用しました：

「あなたが会員を獲得する方法は、厚かましい違反を見つけ、それについて人々に腹を立てさせるのです。もし、それが『何か大きなもの』であれば、憤慨を集めることは簡単です。もし、それが『皆がほんの少し変化するのに必要なもの』であれば、人々を興奮させることは困難です。」³¹⁾

Bloyd-Peshkin が言った「肉食の環境影響はあまりに間接的」ということは正しいのです。人は、食品店のレジで肉を手放す行動はしません。しかし、食品店の棚にある肉を見る前に動物の苦悩や苦痛の場面に出会った場合は、憤慨し行動を起こします。Bloyd-Peshkin が指摘したように、人は、「帰り道にある工場に腹を立てやすいようです。堆積したものから排出される汚物を見ることになります。」³²⁾

B. David Hume と人の感情変化

勿論、道徳的な行動要因は理屈よりも感情に動かされるという実態は、新鮮で思いもよらない出来事ではありません。David Hume の哲学的仕事は、18 世紀の中期、後期にこの事実を強調しました。しかし、西欧社会の道徳の中においての合理主義の支配は、道徳的な論理を作

る過程で、感情に対するアピールを利用することは、哲学者らが偏見を持つ役目をしてきました。道徳的な論理の中での感情の利用は、しばしば活気に溢れた感情として生まれます³³⁾。

David Hume は、人類の道徳的な生活の中での感情の力を無視することは拒んでいます。事実、その日の人間の特異性を感じながら、道徳的な生活を送る人間の能力を区別することは感情なのです。私達人間が、犯罪や不道德等の行動を判断する助けとなる「背信行為や裏切りの懸念を嫌が上でも感じる」というのは、不都合の感情なのです。人間の行動は、「冷静に離れる」理由には決して影響を及ぼさないと Hume は主張しています。理屈は「真実とうその知識」を伝えるかも知れませんが、美德と悪徳の価値、道徳の真髄は決して付与する助けにはなりません。さらに、理屈は、人に行動をさせる動機付けはしません。感情は「最初の欲求と決断力へのバネか推進力」です。Hume の視点というのは、

「人間の行動の最終の到達点は、どんな場合でも、理屈では決して説明はできないが、知的な能力に頼ることなく、人間としての感情や感動に自分自身をゆだねることが望ましい。」³⁴⁾

というものです。現在、Hume の最も際立って実力のある擁護者である、Annette Baier は、この点を要約しています。「行動を起こすための動機が何であっても、またどんな意味のある行動であっても、理屈は感情に合わなければなりません。頭脳は心に作用しなければなりません」³⁵⁾ このように、道徳的な生活をするという現実を可能にするのは、人間の感情の修練と実践なのです。性格には特性があること、あるいは思いやりと同情の良さを他人に伝える人間は、道徳的な生活をするようになるでしょう。

C. 明快な個人別の間奏曲

個人的なライフスタイルの変化は、知的な挑戦と感情双方を約束するものでなければならな

いということを認識することで、私達は、経験の中に変化をどのように取り入れるか自分自身に問い掛けてきました。動物を殺すことに対する私達の心情に深く影響する物語を列挙することができることを、私達は見出しました。これらの物語は反響と変化をもたらすものと理解していました。人間は、道徳的な想像を活性化する刺激的な経験の組み合わせや、確信が持てる知的な構成を生み出す合理的な論理により、ライフスタイルを変化させるためのより効果的な動機付けが出来るかも知れないというポイントをここで、2つ列挙します。

・「ウサギの悲鳴」(Carr)

私達が注目する来客用の小屋に2、3本の常緑樹がそびえ立っていました。父と弟のPeteと私は、ミシガンの祖父の農場で、最初のウサギ狩に出かけました。父によると、これらの木の間に住んでいるうさぎは特に早いということでした。Peteと私は、小屋の後ろで息を潜めていました。もし、私達がいることを知ったなら、ウサギはすばやく逃げ去り、仕留めることはできないことを知っていました。

私は、20ゲージの散弾銃を用意し、小屋の端を回りました。父は反対側に行き、囲いの端にある低灌木に向かってウサギが飛び出すのが見える範囲に着きました。父の言われた通りに目をこらし、神経をうさぎに集中しました。散弾銃を打つためにはもっと近づく必要がありましたが、距離を縮める前に狩は終わりました。父のライフルの衝撃波が私を覆うのとウサギが倒れるのは同時でした。ウサギの悲鳴で、父の発砲は即死ではなかったと気付きました。悲鳴があまりにも激しく、つんぎくようだったので、私達は苦痛でもだえ苦しんでいる場所に急ぎました。父は近づき、後脚を掴み、土の上に置き、足をウサギの頭に置いて引っ張りました。ウサギの体から血がほとぼしり、心臓が生命を維持

する最後の努力を果しました。

私は、感じた恐怖を隠すことはでないと確信しました。父はそれを私の顔に見たに違いありません。なぜなら、彼が言ったことは、2人の少年を前にして彼の行動を正当化する必要があったことを示していました。彼は、言いました「これが、悲劇を感じない最速の方法なのだよ」

・「こうらいきじの羽」(Winslow)

私は、さや豆の収穫で稼いだお金で手にした、新品の12ゲージの散弾銃を大変に誇りにしていました。私の目標は、Willamette Valleyに多数生息する、こうらいきじ、カナダのがちょうと「狩猟鳥」を狩猟する技術を学ぶことでした。私の両親は、14歳はこの行動をするには十分と信じているようでした。

友人のBobとの最初の狩猟は収穫はありませんでした。中国こうらいきじは、飛び始めの時は遅く騒がしい実態と、私達が努力したにもかかわらず、どれも取り逃がしてしまいました。湿り気のある、秋の朝に長い距離を歩き、興奮してことばを中断することもありましたが、狩猟はがっかりでした。最後に、ある週末の朝、「頼れる人」である、Bobのお兄さんと彼の友達と狩猟に行きました。年少者だったので、Bobと私はとうもろこし畑の端の先に行き、そこで待つように指示されました。ドイツ刈りのレトリバーを引き連れた他の2人は、私達の方向で狩猟をしました。もし、彼らが獲物を逃した時は、私達の方向に飛んできた鳥を撃つのが私達の仕事だからです。

そして、そのことが起こりました。見事な中国こうらいきじの「雄鳥」が飛び立ちました。私がかがみこんでいるところの頭めがけて飛んできました。丁度頭上に来た時、ねらいを定め発射しました。羽が飛び散りました。犬が走ってきて、こうらいきじの残った部分を引き出しました。ほとんどは吹き飛ばされ

ていました。しかし、残った部分で、首は白い輪になっていて、頭は赤く、濃い緑色の羽で、ふさふさとした長い尻尾の羽がわかりました。Bobのお兄さんは、死んだ鳥を一瞥し、家に持ち帰る価値はないと言い、ブラックベリーの木に投げ入れました。

失望を装い、空威張りのふりをして、私は、長い羽を狩り用の帽子に付けました。後で、家で一人になった時、じっと羽を見つめました。あの色彩のある鳥のイメージを払拭できずに、自分自身の問題と心に留め、納得できる理由はありませんでした。取り返しのつかない愚かさが私全体を覆いました。私は散弾銃を物置にしまい、翌年それを売り払い、二度と決して狩猟はしませんでした。

ベジタリアニズムにとって、このことは一体どんな意味を持つのでしょうか？ 人々に食習慣を変えさせるにはもっと努力が必要です。良い哲学的な論理が、ベジタリアンを生み出すわけではありません。しかし、道徳的な感情がしばしばそれを実行します。私達は、夕食の皿に乗った肉に起こったことを見させるように、子供達全てに不愉快な狩猟の旅を勧めたりはしません。しかし、ベジタリアンのライフスタイルを選択するための必須の論理的な要素なので、道徳的な力が心の動機付けになることを推奨しています。動物権利の提唱者がベジタリアニズムに転向することに効果的であったということは、理由の一つです。動物の苦痛が文字と映像で示されることで、大衆の心は変化します。苦痛を減らしたり、除いたりする行動に対する同情や哀れみを通して、大衆は変化します。

3. ベジタリアンの美德について

A. 同情

同情は、しばしば「他人に関わる」と見なされる美德に分類されるものの一つです。この特

性の主要な焦点は、関心が目的ですが、当人は利他的で、感情移入ができる能力を前提としています。このように、他の人が苦しんでいる時、私達は、苦痛を癒す方法で対応するために同情に変化していきます。同情は他人の苦境を気の毒に思い、慈悲深く対応するように動かされる機構であると、Hume と Edward F. Mooney は書いています。

B. 哀れみ

哀れみは、また他人に関わるという点で、同情と密接に関連しています。語源的には、文字通り苦しんでいる他人と一緒に感じている人を強調しています。この美德には、他の人間と社会を共有する感覚が存在し、このことは前段で注目した責務の考えを提唱する為でもあり、感情を持つか、また持たない人全てを含む共有社会を発展させる感覚が存在します。当人の感情を感じるという別の美德のように、哀れみは、単なる情緒的な状態から飛び超えて行動へと移行します。しかし、Lawrence Blum が美德の点から注目したように、哀れみは、基本的には、他人への関心なので、気分と好みとは大きく異なって行動することを示しています。事実、その行動が他の人の苦しみを即座に解消しない時でも、多くの他人を改善するという器械的な美德とは別に、苦しんでいる人自身にとって価値があります³⁷⁾。

4. まとめ

ベジタリアニズムにとって、知的な論理で同情と哀れみを実行すると、どのような実用的な効果が生じるのでしょうか？ 私達の主張は、これらの美德が評価され、実行される社会に向けて行動できるとすれば、ベジタリアンは増え、肉食の人は減るだろうということです。これらの美德は、ベジタリアニズムの実践に向

け、知的な同意を必要とせずに、ベジタリアンのライフスタイルのための論理へと移行して行く手助けとなります。同様に、David Hume に影響を受けた姿勢を討議しながら、William O. Stephens は、次のことを示唆しています。

食に供する動物を自ら飼育し、大きくし、そして屠殺しなければならない情け深い人は、全く嫌々ながら実施させられるのです。飼育動物の苦痛に満ちた悲鳴、恐怖からの反抗そしてほとぼしる血は、多くの人が食事のために動物の頭を切り落とすことを間違いなく、思い留ませます。動物の息を止めるという残虐で俗悪な経験は、期待している新鮮な食事を全く食欲のないものにしてしまう程、感受性の高い人に潜んでいる同情に衝撃を与える引き金になるかも知れません³⁸⁾。

道徳的な感情で行動し、ベジタリアンになったので、私達は、ベジタリアニズムに対する哲学的な論理の力に支えられています。どんな単一の論理あるいはそれらの組み合わせでも、ベジタリアニズムを駆り立てる社会・政治的姿勢に対し、組み立てられた指針を提供することが可能ですが、ベジタリアンのライフスタイルに転向する手助けにはなりません。

A. 道徳的に賞賛に値するベジタリアニズム

哲学的な論理の重さは、ベジタリアニズムに対する道徳的な責務を確立するのに手助けとなるのでしょうか？ 美德の要素の追加は、肉食者がベジタリアンになるべきということを強要するのでしょうか？ そして、もしそうであれば、社会は、肉の生産と消費を禁止する次のステップを取るべきなのでしょうか？

道徳的なあるいは法的な責務の強要は、ベジタリアニズムにとっては強力な論理ではありませんが、問題は残ります。特に、社会革命という段階では、人々は高潔である必要はなく、何らかの食品を食べるために必要なのです。おそら

く、この惑星で人間社会が直面する環境と社会・政治的な危機により、政策者がこれらの食事を強制統治する時にその時期が到来するでしょう。現在、ベジタリアニズムは単に道徳的に賞賛の値があるという概念を固めなければなりません。ベジタリアニズムの提唱者は、個人、国家と世界的な規模で食事の改善を促進できるのです。そしてすべきなのです。ベジタリアンのライフスタイルを支持し、賞賛する哲学的で一般的な道徳的理由が豊富にあります。事実、社会は、他人に対し同情と哀れみを抱く人を賞賛し、時にはこれらの特性を示すことが出来ない人を罰したりします。

例えば、獲物が死ぬ様子をヒステリックに笑うようなことになれば、私達の家族それぞれは道徳的な成長を危惧することになったかも知れません。その後も、私達の誰かが傷ついたうさを追う競争をさらに続け、頭を引きちぎるよ

うな人になった場合には、父は人としての成長を心配することになったでしょう。同様に、もし、他の人が獲物に対して至近距離で散弾銃を使いたいという心の欲望を大きくしたとすれば、家族は彼の成長を心配すべきです。反対に、これらの極端な感情的な出来事は、同胞の苦しみに対し、認識し、反応する多くの方法を作り出しました。

人間社会に対し、もっと適切な娯楽活動を作る仕事は、「醜い人間の心」の中に受け入れられるものを作ることに焦点を合わせるべきであると、かつて、Leopold は書きました³⁹⁾。Leopold からの手掛りを取り入れ、ベジタリアンを創り上げるのは仕事で、ベジタリアニズムを支える難しい論理を構築することではなく、依然として醜いままである人間の心の中に受容性、同情、哀れみと特質を構築することであると私達は考えます。

・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 参考文献 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・

1. “Ethical vegetarians” are not vegetarians who are morally upright persons. Rather, this term refers to vegetarians who choose this diet for ethical reasons. See the following for some discussion of the term and its implications: Paul R. Amato and Sonia A. Patridge, *The New Vegetarians: Promoting Health and Protecting Life*, New York: Plenum Press, 1989, p. 35ff; Andrew Linzey and Jonathan Webber, “Vegetarianism,” *Dictionary of Ethics, Theology and Society*, New York: Routledge, 1996; Gotthard M. Teutsch, “Killing Animals: Reflections on the Ethics of Meat Eating,” *Universitas* 2/1993, pp. 98-107.
2. Tom Regan, *All That Dwell Therein: Animal Right and Environmental Ethics*, Berkeley: University of California Press, 1982, p. 4.
3. Ibid. Peter Singer, *Author of Animal Liberation: A New Ethics for Our treatment of Animals*, New York: Avon Books, 1975, also moves the question beyond the realm of simple concern for the treatment of animals when he says, on p. 165, that vegetarianism is “not merely a symbolic gesture... Becoming a vegetarian is the most practical and effective step one can take toward ending both the killing of nonhuman animals and infliction of suffering upon them”
4. William O. Stephens in “Five Arguments for Vegetarianism,” *Environmental Ethics: Concepts, Policy, Theory*, Mountain View, CA: Mayfield Publishing Company, 1998, surveys arguments of the following types: Distributive Justice, Environmental Harm, Feminist, Moral Consideration for Animals, and Health. Jordan Curnutt, in proposing “A New Argument for Vegetarianism,” *Journal of Social Philosophy*, vol. 28, no. 3, Winter 1997, pp. 153-172, treats only two “old” arguments, namely, Peter Singer’s utilitarian argument and Tom Regan’s right-based argument. In the *Dictionary of Ethics, Theology and Society*, Andrew Linzey and Jonathan Webber include arguments from the following perspectives: Health, Spiritual or Ascetic, Ecological, and Animal-centered.
5. For a good introduction to one line of research that illustrates this point, see Fraser, G.E., “Association between diet, cancer, ischemic heart disease, and all-cause mortality in non-Hispanic white California Seventh-Day Adventists” *American Journal of Clinical Nutrition*, 1999, Vol. 70 supplement; pp 5325-5385.

6. Peter Singer and Tom Regan are the two most prominent authors who fall under this category. Peter Singer's *Animal Liberation*, 1975 really served to move the advocating of vegetarianism into the moral realm. See the bibliography for a selection of the works of these two important authors.
7. John Robbins, *Diet For A New America*, Tiburon, CA: H.J. Kramer Inc., 1987, pp. xiv-xv.
8. Paul R. Amato and Sonia A. Partridge. *The New Vegetarians: Promoting Health and Protecting Life*, New York: Plenum Press, 1989, p. 264.
9. Ibid., p. 34.
10. Aldo Leopold, : *A Sand Country Almanac; With Essays on Conservation from Round River*, New York Ballantine books, 13th printing, 1978.
11. See Part Two of Environmental Philosophy: from Animal Rights to Radical Ecology, Michael Zimmerman and others, Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall, 1998, pp. 165-262.
12. Jeremy Rifkin, Beyond Beef: *The Rise and Fall of the Cattle Culture*, New York: Dutton Books, 1992, p. 4.
13. See *Diet for a small Planet*, rev. ed., New York: Ballantine Books, Ninth printing, 1978, pp. 7-16.
14. Amato and Partridge, ibid.
15. Lappe, ibid., p. xviii.
16. Ibid.
17. Ibid., p. xix.
18. Singer, *Animal Liberation*, pp. 167-169, 189.
19. Rifkin, p. 291.
20. Robbins, ibid., p. xiii.
21. A recent illustration of the popular usage of environmental stewardship is found in President Clinton's Saturday radio address of May 29, 1999. From the banks of St. Mary's River in northern Florida, Clinton referred to the years of effort that he and Vice President Al Gore have put into raising awareness of the need for "environmental stewardship". His comments reveal an assumption that Americans both understand and appreciate the notion of stewardship of the environment: More than ever, the American people recognize the inherent value of pristine peaks, unspoiled beaches, clear and safe water. They believe in the value of environmental stewardship. I think all of us believe in the value of that stewardship." Radio Address of the President to the Nation, The White House, Office of the Press Secretary, Saturday, May 29, 1999.
22. Andrew Linzey, *Animal Theology*, Chicago: University of Illinois Press, 1995, pp. 58-59.
23. Ibid.
24. Leopold, ibid., p. 240.
25. Ibid., p. 293.
26. Paul Taylor, "The Ethical of Respect for Nature," in *Environmental Philosophy* p. 72.
27. William Aiken, Ethical Issues in Agriculture," in Earthbound: introductory Essays in *Environmental Ethics*, Tom Regan, Ed. Prospect Heights, Illinois: Waveland Press, Inc., 1990, p. 249.
28. Leopold, ibid., p. 246.
29. Singer, ibid., p. 182.
30. Michael Allen Fox, "Environmental Ethics and the Ideology of Meat Eating," *Between the Species*, Summer 1993, p. 131., 1991, p. 72.
31. Sharon Bloyd-Peshkin, "Mumbling About Meat," *Vegetarian Times*, October
32. Ibid.
33. Tom Regan reveals this disposition when he writes in *All That Dwell Therein*, p. 4, that it is possible to suppose that vegetarian, "suffer from a perverse sentimentality." That they "represent a way of life where an excessive sentimentality has spilled over the edges of rational action." Thankfully, Regan rejects this response, but he does ignore the force of sentiment as he proceeds with his effort to provide a "rational foundation" for vegetarianism.
34. David Hume, *An Enquiry Concerning the Principles of Morals*, reprinted from the edition of 1777, La Salle, Illinois: Open Court Publishing, 2nd ed., seventh printing, 1995, p. 134.
35. Annette Baier, "Hume, David," *Encyclopedia of Ethics*, New York: Garland Publications, 1992.
36. Edward F. Mooney, "Sympathy," *Encyclopedia of Ethics*.
37. Lawrence Blum, "Compassion", in *Explaining Emotions*, A. Rorty, Ed., Berkeley: University of California Press, 1980, p. 515.
38. Stephens, ibid., p. 299.
39. Leopold, ibid., p. 295.

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、今後の弊誌編集上の課題、学術業界誌としてふさわしい論文・解説記事の掲載等、社外の有識者の意見を得ることを目的として設置しているものです。弊誌の経営状況や編集課題を踏まえた、有意義なご指導・ご助言をいただき、今後の編集業務に役立てております。

■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	（明海大学大学院教授）
宮尾 茂雄 氏	（東京家政大学教授）
山口 正義 氏	（エモリー大学 医学部）

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

ニューフードインダストリー 第58巻 第 6 号

印 刷 平成 28 年 5 月 25 日
発 行 平成 28 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）
T E L : 03-3254-9191（代表）
F A X : 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 モリモト印刷株式会社
定 価 本体2,000円 + 税 （送料100円）

e-mail: newfood@newfoodindustry.com