

ISSN 1883-2911

紀 要

第5号

2013年

東京聖栄大学

原著論文

塩漬処理した野沢菜中のクロロフィル分解物の挙動

Behavior of Chlorophyll Degradation Pigments in the Bringing Nozawana

眞木 俊夫、鈴木 裕貴

Toshio MAKI, and Hiroki SUZUKI . . . 1

原著論文

光照射によるジャガイモ芽中のグリコアルカロイド生成量への影響

Influence of Light Irradiation on the Glycoalkaloid Content of *Solanum tuberosum*

眞木 俊夫、清川 鮎夏、久保田 渚絵

Toshio MAKI, Ayuka KIYOKAWA, and Nae KUBOTA . . . 9

原著論文

現代アメリカの大学における“アカデミック・フリーダム”と“テニチャー制”に関する研究

A Study of the "Academic Freedom" and the "Tenure System" in Present American Universities and Colleges

加澤 恒雄

Tsuneo KAZAWA . . . 15

原著論文

教科における啓発的経験教育の試み

—キャリア教育の観点から啓発的経験をさせる自然科学系科目の授業事例—

Enlightening Experiences on the Subjects — Class Practice Examples of the Natural Science Subjects

to Let Students Do Enlightening Experiences from the Viewpoint of Career Education —

加澤 恒雄、湯尾 慎一

Tsuneo KAZAWA, and Shin-ichi YUO . . . 23

原著論文

石を使わずにつくる焼き芋の簡易調理法の開発—IHヒーターの場合—

Study on Convenient Method of Cooking for Baked Sweet Potato in Pot

— Case of Induction Heating Cooker —

品川 弘子、哥 亜紀、山中 咲、樋山 直美

Hiroko SHINAGAWA, Aki UTA, Saki YAMANAKA, and Naomi HIYAMA . . . 31

翻訳ならびに解題

臨床栄養学 糖尿病コントロールのための有効な心得

Clinical Nutrition The Fundamentals of Diabetes Management

アンジェラ・ネル・スチュアート、加澤 恒雄・訳ならびに解題

Author : Angela Nell STUART, Ms., Translation and Commentary : Tsuneo KAZAWA . . . 37

再録 報文

レーズン起源酵母によるワイン醸造

渡邊 悟、篠原 尚子、中村 健人、雨宮 義人、時友 裕紀子、小宮山 美弘 . . . 43

学会口頭発表

シルクパウダー添加マフィンに関する研究

目黒 仁志、筒井 知己、田所 忠弘、小林 謙一、山本 祐司 . . . 44

再録 口頭発表

セロピオースのヒト腸内環境改善効果

丸井 正樹、町田 誠 . . . 44

学会口頭発表

ラットにおける餌中カルシウム給源ならびに脂肪組成の違いがカルシウムの体内利用に及ぼす影響について (3)

大塚 静子、青山 美子、渡辺 修弘、梶原 智子、阿左美 章治、北野 隆雄・・・ 45

学会口頭発表

ラットにおける餌中のカルシウム給源ならびに脂肪組成の違いがマグネシウムの体内利用に及ぼす影響について～その3～

渡辺 修弘、大塚 静子、青山 美子、梶原 智子、阿左美 章治、北野 隆雄・・・ 45

学会口頭発表

コーヒー抽出液を用いたキノコ栽培について

渡邊 悟、高橋 智美、中村 友幸、藤井 繁佳・・・ 46

学会口頭発表

異なる栄養素組成の食事が睡眠の質とエネルギー代謝に与える影響

矢島 克彦、日比 壮信、徳山 薫平・・・ 46

学会口頭発表

梅干の色調における食塩添加効果

品川 弘子、柳瀬 昌弘、高増 雅子、津久井 亜紀夫・・・ 47

学会ポスター発表

青年期女子におけるBMI、腹囲、体脂肪率に及ぼす運動習慣、食習慣および肥満・糖尿病・高血圧の家族歴の影響 (第3報)

橋場 直彦、藤田 弘美、鈴木 和枝、本吉 光隆・・・ 48

学会ポスター発表

異なる栄養素組成の夕食が睡眠の質とエネルギー代謝に与える影響

矢島 克彦、日比 壮信、徳山 薫平・・・ 48

学会ポスター発表

ケーキサレの調理性についての検討

荒木 裕子、大原 祐一郎・・・ 49

学会ポスター発表

ケーキサレに関する研究

荒木 裕子、渡部 昌世・・・ 49

塩漬処理した野沢菜中のクロロフィル分解物の挙動

眞木俊夫、鈴木裕貴

Behavior of Chlorophyll Degradation Pigments in the Brining Nozawana

Toshio MAKI, and Hiroki SUZUKI

Fresh Nozawana vegetables were obtained from local farmer and these vegetables were divided into four samples as follows. The first-sample was sealed with aluminium foil. The secondary-sample was retting in 3% NaCl solution. The third-sample was exposed to sunlight for 5 hours and retting in 3% NaCl solution. The fourth-sample was covered with aluminium foil, and exposed to fresh air for 5 hours and retting in 3% NaCl solution. All of the samples were chilled at 5°C until analyzed. High performance liquid chromatography method was applied to monitor changes in three chlorophyll degradation pigments (pheohorbide-a, pyropheohorbide-a, methylpheohorbide-a) during the processing of these samples. The highest level of these degradation pigments was in the sample shielded from sunlight, however, the lowest was in the exposed sunlight sample. The three different Nozawana vegetables samples were incubated for chlorophyllase activation test for 2 hours at 37°C. As a result, pheohorbide-a and pyro-pheohorbide-a were increased immensely and methylpheohorbide-a was decreased by half. The behavior of methylpheohorbide-a was different from pheohorbide-a and pyropheohorbide-a. The chlorophyll degradation pigments of the Nozawana vegetables samples are discussed in relation to the behavior of increased and decreased amount.

Keywords : pheohorbide, pyropheohorbide, methylpheohorbide, brining Nozawana

緒言

わが国では古くから高菜漬け、野沢菜漬け、広島菜漬け、生彩漬けなど多くの漬物が愛用されている。これらは野菜を中心とした食品でクロロフィルを高濃度に含んでいる。長期間にわたって保蔵されることが多いのでクロロフィル(Chl)からクロロフィル分解物(Chl分解物)の生成が指摘されてきた。このChl分解物の含有量によっては、光過敏症皮膚炎を引き起こす危険性が指摘されている¹⁾。しかしその種類や生成量は動物体と植物体ではかなり異なる。アワビ²⁾ではピロフォオホルバイド-a(PyPB-a)、植物では主にクロロ

フィライド-a³⁾やフェオホルバイド-a(PB-a)⁴⁾を含有する。天野ら⁵⁾は植物体に存在しないと言われていたPyPB-aが植物体にも存在することを明らかにした。高菜漬け⁶⁾からPyPB-aが、野沢菜漬け⁷⁾、生彩漬け⁸⁾、古漬け高菜漬け⁹⁾からPB-a、PyPB-aが検出された。著者ら⁷⁾はHPLCによるChl分解物の同時分析法を開発し、生の野沢菜や野沢菜漬けにもPyPB-aを含むことを明らかにした。同時にこれまで報告がなされていないメチルフェオホルバイド a(MePB-a)が葉や茎から検出することも報告した。しかし、試料によっては検出されない野沢菜も存在するなどバラツキが生じ

*東京聖栄大学健康栄養学部

ていることも分かったがこの理由は不明である。これまでPB-aやPyPB-aの含有量や生成要因に関する調査はなされているが、MePB-aを合わせて野沢菜の塩漬処理したときの挙動に関する報告はない。

そこで農家より新鮮な野沢菜を購入し、生、塩漬、日光照射、遮光処理を行い、それぞれ冷蔵保存をしたときに生成するChl分解物PB-a、PyPB-a、MePB-aをHPLCで測定し、その生成量から衛生学的な考察を行った。

実験方法

1. 試料および方法

1) 試料

野沢菜：平成22年3月から9月にかけて長野県で栽培している野沢菜を直接農家から購入した。試料は十分に水洗いを行ってから、試料の調整をした。

2) 試薬

フェオホルバイド a (95.0%、和光純薬社)、ピロフェオホルバイド a (97.7%、タマ生化学株式会社)、メチルフェオホルバイド a (98.7%、タマ生化学株式会社)の標準物質 10mg をそれぞれ少量のアセトンで溶解し、メタノールで全量を 10.0mL として HPLC 用標準原液とした。

(2) リン酸緩衝液：1/15M リン酸水素二ナトリウム・12水 (和光純薬社製) と 1/15M リン酸二水素カリウム (和光純薬社製) を 95:5 の割合で混合し pH8.0 に調整した。

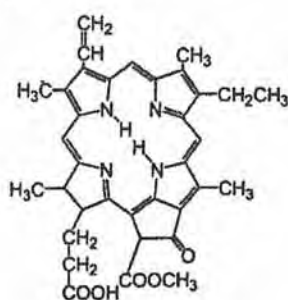
(3) Sep-Pak Classic C18 (Waters)：予め 70%メタノールで洗浄したものをを用いた。

(4) DISMIC-25HP (0.45 μm、東洋濾紙社製)：予め 70%メタノールで洗浄したものをを用いた。

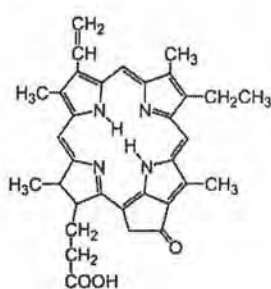
3) 標準溶液の調整

標準原液から PB-a、PyPB-a、及び MePB-a を同量混合し、適宜メタノールで希釈して標準溶液を調整した。Figure 1. に PB-a (1)、PyPB-a (2)、MePB-a (3) の構造式を示した。

(1)



(2)



(3)

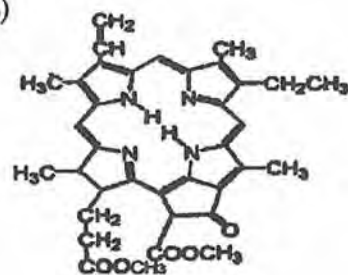


Fig. 1. Chemical structure of PB-a (1), PyPB-a(2), MePB-a(3)

4) 装置

高速液体クロマトグラフ (SHIMADZU) LC-10Ai 型、
検出器 SPD-10Avp 型

ワーリングブレンダー：ULTRA-TURRAX

遠心分離機：KUBOTA 8420 型

5) HPLC の測定条件

カラム、移動相、測定波長などは、山本ら⁷⁾の方法に準じた。

6) 試料作製

生試料：野沢菜を水洗し水切り後、密封し 1 日目とし 5℃に冷蔵保存した。

塩漬試料：野沢菜を水洗し水切り後、3%-食塩水に浸漬し 1 日目とし 5℃に冷蔵保存した。

日光照射試料：野沢菜を水洗し水切り後、5 時間日光照射を行い、3%-食塩水に浸漬し 1 日目とし 5℃に冷蔵保存した。

遮光試料：野沢菜を水洗し水切り後、アルミ箔で覆い外気温に 5 時間置いた後、3%-食塩水に浸漬し 1 日目とし 5℃に冷蔵保存した。

上記試料の 1 日目、3 日目、10 日目の PB-a、PyPB-a、MePB-a の生成量を HPLC で測定した。なお、測定値は全て乾燥重量に換算した。

(2) クロロフィラーゼ活性度試験

内山らの方法¹⁰⁾に従い、生、日光照射、遮光試料のクロロフィラーゼ活性度 (Chl-act) 試験を行った。細切りにした試料 1g にリン酸緩衝液 (pH8.0) とアセトンの 7:3 混液 10mL を加え、37℃で 2 時間インキュベートした後、10%塩酸で弱酸性とし得られた試験溶液を下記の 3) に従い抽出を行った。

3) 試料からの抽出法

試料を水洗し、1g を精秤する。メタノール 20mL と 1%酢酸 8.5mL を加えホモジナイズした後、3000rpm で

5分間遠心分離した。得られた上澄み液は別の容器に移し、残留物について同様の操作を一回繰り返した後、全上澄み液を Sep-Pak Classic C18 に負荷した。次に水 10mL、次いで 70%メタノール 5mL で Sep-Pak Classic C18 を洗浄後、メタノール:0.025M 酢酸アンモニウム (95:5v/v) 18mL とアセトン 2mL を混合した溶離液で Chl 分解物を溶出し、ナスフラスコに採取した。得られた画分をエバポレーターで濃縮した後、メタノールで洗いこみを数回繰り返し、正確に 10mL としたものを HPLC 試験溶液とした。

結果

PB-a、PyPB-a、及び MePB-a の 3 種類の標準試薬を混合した標準溶液を HPLC により分析したクロマトグラムを Figure 2 に示した。PB-a の保持時間は 3.3 分、PyPB-a は 4.3 分、MePB-a は 8.1 分にそれぞれピークが溶出した。試料中の PB-a、PyPB-a のピーク付近に不純物のピークが現れたが、MePB-a の分離は良好であった。本法を用いて検量線を作成したところ 3 成分とも 0.1~15 $\mu\text{g}/\text{mL}$ の範囲で良好な直線性を示

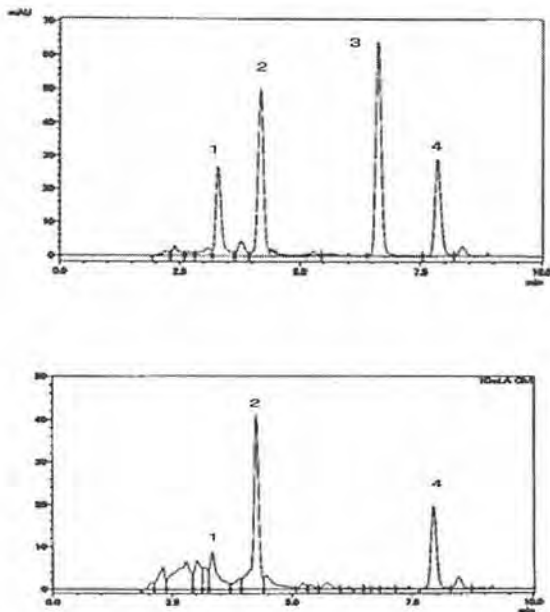


Fig.2 Typical Chromatogram of Extract from Nozawana

Operating conditions: column; Ascentis Express C18., mobile phase; methanol-ammonium acetate(95:5 v/v), flow rate; 0.6mL/min, detection wavelength; 360nm. Peaks; 1,PB-a; 2;PyPB-a; 3, Chl-e₆; 4, MePB-a.

した。10 μg 及び 100 μg の各成分を試料に添加して回収率を求めたところ PB-a は 65~78%、PyPB-a は 89~111%、MePB-a は 58~92%の範囲でそれぞれ得られた。尚、得られた濃度は、回収率で補正を行っていない。上記 HPLC 分析条件で生野沢菜、日光照射、遮光、塩漬にした試料の 1 日目、3 日目、10 日目の Chl 分解物を測定し、その結果を Table 1 に示した。保蔵日数に係らず全試料から PB-a、PyPB-a、MePB-a が検出された。1 日、3 日、10 日目までの保蔵日数内での含有量は、生試料中の PB-a が 13, 32, 45 $\mu\text{g}/\text{g}$ 、PyPB-a は 36, 55, 50 $\mu\text{g}/\text{g}$ 、MePB-a は 53, 112, 66 $\mu\text{g}/\text{g}$ を得た。日光照射試料は PB-a が 13, 20, 37 $\mu\text{g}/\text{g}$ 、PyPB-a は 29, 43, 47 $\mu\text{g}/\text{g}$ 、MePB-a は 9.3, 7.6, 18 $\mu\text{g}/\text{g}$ であった。遮光試料の PB-a は 80, 172, 181 $\mu\text{g}/\text{g}$ 、PyPB-a は 27, 53, 114 $\mu\text{g}/\text{g}$ 、MePB-a は 46, 60, 64 $\mu\text{g}/\text{g}$ であった。塩漬試料では PB-a は 35, 49 $\mu\text{g}/\text{g}$ 、PyPB-a は 41, 76 $\mu\text{g}/\text{g}$ 、MePB-a は 60, 96 $\mu\text{g}/\text{g}$ であった。全試料中、PB-a の最高値は遮光試料 181 $\mu\text{g}/\text{g}$ 、PyPB-a は遮光試料の 114 $\mu\text{g}/\text{g}$ 、MePB-a は遮光試料の 64 $\mu\text{g}/\text{g}$ で、いずれも 10 日目の試料であった。

4 処理方の試料と生成量は、1 日目の生、日光照射、遮光試料は PB-a が 13, 13, 80 $\mu\text{g}/\text{g}$ 、PyPB-a は 36, 29, 27 $\mu\text{g}/\text{g}$ 、MePB-a は 53, 93, 46 $\mu\text{g}/\text{g}$ であった。3 日目の PB-a は 32, 20, 172, 35 $\mu\text{g}/\text{g}$ 、PyPB-a は 55, 43, 53, 41 $\mu\text{g}/\text{g}$ 、MePB-a は 112, 7.6, 60, 60 $\mu\text{g}/\text{g}$ であった。10 日目の PB-a は 45, 37, 181, 49 $\mu\text{g}/\text{g}$ 、PyPB-a は 50, 47, 114, 76 $\mu\text{g}/\text{g}$ 、MePB-a は 60, 18, 64, 96 $\mu\text{g}/\text{g}$ であった。いずれの保蔵日数も遮光試料中の Chl 分解物生成量は高かった。この傾向は 10 日目の保蔵日数でも同様であった。

次に生、日光照射及び遮光の 1 日目の試料を用いて Chl-act を行い、活性化前後の Chl 分解物の生成量の結果を Table 2 に示した。Chl-act 活性化前の生試料は PB-a は 20 $\mu\text{g}/\text{g}$ が活性化後には 27 倍の 540 $\mu\text{g}/\text{g}$ 、PyPB-a は 70 $\mu\text{g}/\text{g}$ が活性化後には約 5 倍の 370 $\mu\text{g}/\text{g}$ と著しく増加した。しかしながら MePB-a は 160 $\mu\text{g}/\text{g}$ が活性化後には約 1/2 の 70 $\mu\text{g}/\text{g}$ に減少した。日光照射試料の場合、PB-a は 10 $\mu\text{g}/\text{g}$ が活性化後に 19 倍の 190 $\mu\text{g}/\text{g}$ に増加した。しかし PyPB-a は 10 $\mu\text{g}/\text{g}$ が活性化後には 40 $\mu\text{g}/\text{g}$ 、MePB-a の場合は 10 $\mu\text{g}/\text{g}$ が活性化後も 10 $\mu\text{g}/\text{g}$ と増加することはなかった。遮光試料の PB-a は 10 $\mu\text{g}/\text{g}$ が活性化後に 21 倍の 210 $\mu\text{g}/\text{g}$ と著しく増加した。PyPB-a は 40 $\mu\text{g}/\text{g}$ が活性化後に

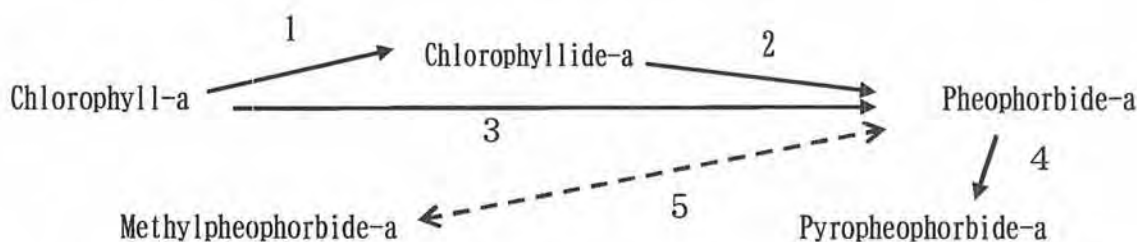


Figure 3. Possible Conversion Pathway of Chlorophyll Degradation Pigments

1: chlorophyllase¹¹⁾ 2: acid¹²⁾ / Mg-dechelataase¹³⁾ 3: strong acid¹²⁾
 4: pheophorbidase¹⁴⁾ / pheophorbide demethoxycarbonylase¹⁵⁾ 5: unclear

Table 1. Chlorophyll Degradation Pigments Contents of Four Different Nozawana ($\mu\text{g/g}$)

Storage days	Chlorophyll degradation	fresh	sunlight exposure	shielded from sunlight	salted
1 st day	PB-a	13	13	80	—
	PyPB-a	36	29	27	—
	MePB-a	53	9.3	46	—
3 rd day	PB-a	32	20	172	35
	PyPB-a	55	43	53	41
	MePB-a	112	7.6	60	60
10 th day	PB-a	45	37	181	49
	PyPB-a	50	47	114	76
	MePB-a	66	18	64	96

約 2 倍の $90 \mu\text{g/g}$ に増加したが、MePB-a は $70 \mu\text{g/g}$ が活性化後に $20 \mu\text{g/g}$ まで減少した。

考 察

(1) 生、日光照射、遮光、塩漬による Chl 分解物量

野沢菜は栽培している農家から直接提供された。極めて新鮮でみずみずしい状態の野沢菜で一束が約 2kg 程度あった。これを用いて Chl 分解物量の挙動を調査した。試料の調整に先立って十分に水洗し、水切り後に試料調整を行った。今回、塩漬の調整を行うために市販の野沢菜漬物汁の食塩濃度を測定したところ平均 2.5% であったことから食塩濃度を 3% に設定した。また日光照射時間については日光線が十分に得られる時間帯を鑑み 5 時間とした。野沢菜中の Chl-a から Chl 分解物の生成する経路を Figure 3 に示した。生成経路 1 では Chl-a は Chl-ase の作用でフィトール基が外れたクロロフィライドを生成する¹¹⁾。経路 2 では酸¹²⁾ や Mg-dechalataase¹³⁾ によりマグネシウムを脱離

させた PB-a が生成する。経路 3 では Chl-a から強酸¹²⁾ により直接 PyPB-a を生成する。経路 4 では PB-a に pheophorbidase¹⁴⁾ の働きで PyPB-a が生成することが分かっている。一方、経路 5 は PB-a から MePB-a が生成するルートの意味する。その逆の経路も存在するが、いずれも明確な要因は報告されていない。

試料を個別に見ると、生試料の PB-a は $13 \mu\text{g/g}$ が 10 日目には約 3 倍の $45 \mu\text{g/g}$ に増加していた。この試料は食塩無添加の野沢菜を密封して 5°C に保蔵したのみで増加が見られた。PB-a は Chl-ase の活性化 (経路 1) によりクロロフィライドを経由し (経路 2)¹¹⁾ PB-a が生成する。これまでクロロフィライドが検出された植物は、ムラサキウマゴヤシ³⁾ や緑茶¹⁶⁾ がある。しかし殆どの植物は強酸下や Mg-dechelataase¹³⁾ の活性化 (経路 2) により脱マグネシウムや同時にフィトール基の脱離から PB-a を蓄積している。今回も経路 1 と 2 を介して PB-a が生成増加したものとする。日光照射や遮光試料の PB-a の増量も同様な経路を介

Table 2. Comparison of Chlorophyll Degradation Contents by Pre- and Post-Chlorophyllase Activation ($\mu\text{g/g}$)

chlorophyllase Activation	Chlorophyll Degradation	Fresh	Sunlight Exposure	Shielded from sunlight
pre-	PB-a	20	10	10
	PyPB-a	70	10	40
	MePB-a	160	10	70
post-	PB-a	540	190	210
	PyPB-a	370	40	90
	MePB-a	70	10	20

したものと推定した。また Shioi ら¹⁴⁾はアカザの葉から抽出した可溶性タンパク質が触媒様の働きで PyPB-a を PB-a に変換することを確認した。野沢菜に同様のタンパク質が存在するか不明だが PyPB-a が多量に存在し、このタンパク質が作用すれば再び PB-a は増量する。PB-a から PB-a が生成するには、pheophorbide¹⁴⁾, pheophorbidedemethoxycarbonylase¹⁵⁾ (経路4)の活性化で生成するが、PyPB-a の穏やかな生成量を見る限りこの変換反応は起きていないと思われる。MePB-a は3日目までに $53\mu\text{g/g}$ から $112\mu\text{g/g}$ と急激な増加が見られたが、10日目には約半分の $66\mu\text{g/g}$ に減少した。これは MePB-a が何らかの酵素作用により MePB-a の C17 位の脱メチル化が生じた可能性もある(経路5?)。また MePB-a が生成増量するには PB-a の C17 位のカルボキシル基がメチルエステル化する必要があるが、メチル基の由来が不明であった。経路4?を介することが最も簡単と考えるが、漬物中における MePB-a の生成経路は不明な点が多く確実な報告はない。メチル化に関して佐賀¹⁷⁾は *in vitro* でフェオフィチン-a のメタノール溶液を氷冷しながら硫酸を滴下するとフィトール基が外れ、同時に遊離のカルボン酸とメタノールが脱水縮合反応により MePB-a が得られると報告している。フェオフィチンは、PB-a の C17 位にフィトール基が結合した構造であるが、このフィトール基を切り離すには、強酸を必要とする。一般の野菜では長時間を要する。今回の実験ではフェオフィチンを分析していないが、1日目の新鮮な野沢菜では考えにくい。また強酸も用いていないのでそれは見当たらない。しかし確認のために抽出溶媒などで用いたメタノールで PB-a を溶解し 37°C で2時間インキュベートを行い、MePB-a の生成量を測定したが、検出されることはなかった。また水

分による誤差をできるだけ避けるために測定値はいずれも乾燥重量に換算しているのもその可能性は低いと思われる。著者らは MePB-a を検出する野沢菜としないものを確認しているが、1日目から MePB-a が検出される原因は明らかにすることは出来なかった。

日光照射した試料の PB-a は、1日目の $13\mu\text{g/g}$ が10日目に $37\mu\text{g/g}$ と穏やかな増加に留まった。日光照射や3%-食塩水に浸漬したことだけでは著しい増加につながらず生試料の増加傾向に似ていた。野沢菜表面に注ぐ日光線単独だけでは極端な増加作用がないことを裏付ける結果になった。一方、遮光した試料は保蔵日数に係わらず Chl 分解物の著しい増加が観察された。3日目の PB-a は $172\mu\text{g/g}$ 、10日目には $181\mu\text{g/g}$ と最も高い生成量であった。遮光した試料の生成量と保蔵日数との相関は低い、保蔵日数が長いほど増加していた。日光線から遮光された試料は、ある種の酵素や微生物の働きが活発になったとも考えられる¹⁷⁾。塩漬試料は3日目から測定を行い、3日目と10日目を比較すると PB-a では $35\mu\text{g/g}$ が1.4倍に、PyPB-a では $41\mu\text{g/g}$ が1.8倍に、MePB-a では $60\mu\text{g/g}$ が1.6倍にそれぞれ増加し、3%-食塩水の影響が考えられたものの著しい増加にはならなかった。

次に試料ごとに生成量を比較してみると1日目の生試料は PB-a が $13\mu\text{g/g}$ 、日光照射試料は $13\mu\text{g/g}$ 、遮光試料は $80\mu\text{g/g}$ と遮光試料は他の試料よりも6倍高い生成量であることが分かった。この状態は3日目、10日目でも同じ様な挙動を示した。日光線から遮光されることが増加の要因になったと思われる。3日目で最も低い生成量を示したのは日光照射試料であった。10日目でもこの傾向は変わらなかった。PyPB-a では10日目の遮光試料の $114\mu\text{g/g}$ 以外は、試料の処理方に関係なく殆ど同レベルに留まった。塩漬試料の

PyPB-a は 76 $\mu\text{g/g}$ とやや高めであったが、遮光試料の 114 $\mu\text{g/g}$ 程にはならなかった。MePB-a 生成量は、日光照射試料のみが 9.3 $\mu\text{g/g}$ と低く、生試料や遮光試料の約 1/5 であった。3 日を経過しても 7.6 $\mu\text{g/g}$ と殆ど変化なく、10 日目で 2 倍の 18 $\mu\text{g/g}$ に増加したに過ぎなかった。日光線の関与は抑制作用に働いたと思われる。

(2) クロロフィラーゼ活性化前後の Chl 分解物量

塩漬処理した野沢菜中の酵素活性化から Chl 分解物の生成量を調査するため Chl-ase 試験を行った。試料は再度、新鮮な野沢菜を用いて上記の実験方法 6) の処理方法に従い調整し、この 1 日目を実験に用いた。

各試料ごとの Chl 分解物生成量を検討した。生試料の活性化前の PB-a が 20 $\mu\text{g/g}$ であったのが、活性化後に 27 倍に増加し、日光照射試料は 10 $\mu\text{g/g}$ が 19 倍に、遮光試料も 21 倍と著しく増加した。いずれの試料に対してもこの酵素の活性は極めて高いことを示した。活性化後の野沢菜に Chl-ase 活性 (経路 1, 2) が認められた。PB-a が原因で光過敏症皮膚炎を誘発させたクロレラにも Chl-ase 活性度が極めて高い製品¹²⁾が存在し、再び中毒を発症させることも有り得るとの指摘があった¹⁸⁾。また Kohata ら¹⁶⁾も緑茶などの Chl-ase 試験から PB-a が急増したと述べている。いずれも Chl-ase が残存していたことは野沢菜と同様の傾向であった。

次に PyPB-a では生試料は 70 $\mu\text{g/g}$ が活性化後には約 5 倍増加し、日光照射試料は 10 $\mu\text{g/g}$ が 4 倍に、遮光試料では 2.5 倍にそれぞれ増加した。PB-a から PyPB-a の生成要因 (経路 4) は pheophorbide¹⁴⁾ や pheophorbide demethoxycarbonylase¹⁵⁾ の関与が推定された。この pheophorbide はアブラナ科の植物に分布¹⁴⁾するので、この科である野沢菜はこの酵素の関与があったと思われる。MePB-a では生試料は 160 $\mu\text{g/g}$ から活性化後に 70 $\mu\text{g/g}$ に減少した。日光照射試料は増減が見られなかった。遮光試料は約 1/3 に減少した。PB-a や PyPB-a 分解物は増加したにも係らず、MePB-a が減少した。MePB-a の C17 位の脱メチル化が生じたか、PB-a のメチル化が起きなかったか、いずれにしても経路 4 に他の経路の酵素と全く異なる酵素が関与したと考えられた。

3 つの処理試料を Chl 分解物の生成量で比較検討した。活性化前の PB-a 生成量は、生試料、日光照射試料、遮光試料ともそれぞれ 20, 10, 10 $\mu\text{g/g}$ と低値であった。しかし活性化後に増加率は 27 倍、19 倍、21 倍と著し

く増加があった。いずれの処理試料も Chl-ase の活性度が高いことが判明した。Chl-ase 試験により PyPB-a は増加したが、生試料が最も高かった。Shioi ら¹⁴⁾は pheophorbide の作用により PB-a から PyPB-a に変換 (経路 4) されたと報告している。この酵素の作用が存在したと推定した。一方、MePB-a は活性化前の生試料は 160 $\mu\text{g/g}$ 、日光照射試料は 10 $\mu\text{g/g}$ 、遮光試料は 70 $\mu\text{g/g}$ であったのが、活性化後には生試料では約 1/2 の 70 $\mu\text{g/g}$ に減少したことが分かった。日光照射試料では増減はなく、遮光試料は約 1/3 に減少していた。Chl-ase の関与は認められず、Chl-ase と異なる酵素の関与が示唆された。

MePB-a は強い光過敏症皮膚炎を発現させる Chl 分解物の一つである。MePB-a の生成増減に関しては PB-a、PyPB-a と異なる挙動を示していることが分かった。野沢菜での生成要因は未だ不明な点が多いが、漬物として多くの人に愛され喫食されていることから、食品衛生上その危険性を軽減、回避するようさらなる研究が望まれる。

要約

新鮮な野沢菜を生、塩漬、日光照射及び遮光試料を作製した後 5℃に冷蔵し、1日、3日、10日目に PB-a、PyPB-a、MePB-a の生成量を調査した。PB-a、PyPB-a は遮光した試料で多く生成したが、MePB-a は低かった。Chl 分解物が最も低くかったのは、日光照射した試料で抑制的に作用した。生試料と塩漬試料の Chl 分解性度では PB-a、PyPB-a は著しく増加したが、MePB-a は減少した。他の Chl 分解物の挙動とは異なっていた。

文献

- 1) 木村修一：食物と光皮膚炎 とくにフェオフォルバイドによる皮膚過敏症発症のメカニズムについて、皮膚 33 (11), 8-11 (1991).
- 2) 橋本芳郎、堤 淳三：動物の食餌性光過敏症、食品衛生学雑誌、4 (4), 185-191 (1963).
- 3) Clare, N. T : Work of the biological sections, Ruakura animal research station, J. New Zealand Inst. Chem. 17, 57-76 (1963).
- 4) Hwang D. F., Tsai Y. S., Liu S. M., Tu W. C., : HPLC determination of pheophorbide a and pyropheophorbide a in dried laver product implicated in food poisoning. 食品衛生学雑誌

- 46 (2), 45-48 (2005).
- 5) 天野立爾、池 慶子、内山 充: クロレラ中のクロロフィル分解物に関する化学的試験、食品衛生研究 28 (9), 7-13 (1978).
 - 6) 三橋隆夫: 植物性加工中のクロロフィル分解物含有量、兵庫県立衛生研究所報告第 24 号、116-119
 - 7) 山本直子、今井亮輔、大内麻友、眞木俊夫: 高速液体クロマトグラフィーによるクロロフィル分解物の同時分析法、東京聖栄大学紀要、2, 1-6 (2010).
 - 8) 眞石尚子、片桐 進: せいさいつけ中のクロロフィル分解物、山形県衛生研究所報 16, 31-35 (1983)
 - 9) 武田 由比子、内山 充、斉藤行生: 高速液体クロマトグラフィーによるつけ物およびクロレラ中のフェオホルビド a、ピロフェオホルビド a の分析、食品衛生学雑誌、26 (1), 56-60 (1985).
 - 10) 内山 充: フェオホルバイドの生成、生体影響および試験法について、食品衛生研究、31 (6), 29-42 (1981).
 - 11) Silvia Schelbert, Sylvain Aubry, Bo Burla, Birgit Agne, Felix Kessler, Karin Krupinska, and Stefan Hortensteiner: Pheophytin Pheophorbide Hydrolase (Pheophytinase) is Involved Chlorophyll Breakdown during Leaf Senescence in *Arabidopsis*, The Plant cell, 21, 767-785 (2009).
 - 12) 田村 行弘、眞木 俊夫、嶋村 保洋、西垣 進、直家壽太、クロレラ錠摂取による光過敏性皮膚炎の原因物質とその生成過程について、食品衛生学雑誌、20 (3), 173-180 (1979).
 - 13) 高橋芳弘、足立 勝、古田宗幸、倉田裕文、東 理恵、三好博文、下川敬之: ブロッコリー花らいおけるクロロフィル代謝: Mg-デキレターゼの関与、園学雑、70 (1), 121-125 (2001).
 - 14) Shioi Y., Watanabe K., Takamiya K.: Enzymatic conversion of pheophorbide a to the presursor of Pyropheophorbide a in leave of chenopodium album, Plant Cell Physiol 37 (8), 1143-1149 (1996).
 - 15) Suzuki Yasuyo, Doi Michio & Shioi Yuzo: Two enzymatic reaction pathways in the formation of Pyropheophorbide a, Photosynthesis Research, 74, 225-233 (2002).
 - 16) Kohata K., Yaguchi Y., Horie H., Pheophorbide a content and chlorophyllase Activity in Green Tea., Biosci Biotechnol Biochem 62 (9), 1660-1663 (1998).
 - 17) 佐賀佳央: 海洋性光合成微生物に含まれるクロロフィルの分解挙動解析、平成 20 年度助成研究報告書 I、253-260 (2012).
 - 18) 観 公子、田村行弘、眞木俊夫、小関正道、直井家壽太: クロロフィル分解物およびクロロフィラーゼ活性度の分析法の検討、都立衛研年報 33, 208 -213 (1982).

原著論文

光照射によるジャガイモ芽中のグリコアルカロイド生成量への影響

眞木俊夫、清川鮎夏、久保田渚絵

Influence of Light Irradiation on the Glycoalkaloid Content of *Solanum tuberosum*

Toshio MAKI, Ayuka KIYOKAWA, and Nae KUBOTA

Three genotypes, *Solanum tuberosum* which were obtained from retail stores were irradiated by sunlight, a fluorescent lamp, an ultraviolet ray lamp and an infrared ray lamp for 25 hours. α -Solanine and α -chaconine as poisonous glycoalkaloid in sprouts of light-irradiated *Solanum tuberosum* were determined by using high performance liquid chromatography. By comparison with the *Solanum tuberosum* preserved in the dark, the highest level of glycoalkaloid was found in the *Solanum tuberosum* exposed to sunlight and fluorescence was the second level, however, the glycoalkaloid did not generate by an ultraviolet ray lamp and an infrared ray lamp. The wavelength of a fluorescent lamp was divided into three ranges. It was found that the wavelength from 500nm to 570nm range was contributing to the formation of increase and the generation rates of α -solanine and α -chaconine were 1.6 fold highest than the other wavelength, respectively. In this research, the *Solanum tuberosum* which has been sold under a fluorescent lamp at large stores or indirect sunlight at retail stores were found to have problems on food hygiene.

緒言

ジャガイモ (*Solanum tuberosum*) などナス科植物は有毒なグリコアルカロイドを含有している。特にジャガイモの芽部位や緑化した周辺には多量含まれ、これを喫食し食中毒が発生している¹⁾。有毒なグリコアルカロイドは、 α -ソラニン (α -sol) と α -チャコニン (α -cha) 以外に構成糖が異なる β -、 γ -ソラニン、 β -、 γ -チャコニンも存在するが、主成分は α 型が殆どを占めている²⁾。

通常、ジャガイモは収穫後から 2°C~10°C 前後の冷暗所に長期保蔵されるので、 α -sol、 α -cha の生成速度は緩和で極少量である³⁾。しかし日光に曝された場合には芽部位の緑化などにより α -sol などが多量に生成する⁴⁾。小売店では間接的に日光に曝され

販売されているケースや大型店舗では蛍光灯の下で陳列販売されていることが多い。特に蛍光灯による照射でもグリコアルカロイドが生成すると指摘されている⁵⁾。

これまで光照射によるジャガイモ中のグリコアルカロイドの影響⁶⁾ に関して森⁷⁾ は太陽光に曝されたときの緑化とグリコアルカロイド含量との関係、久野らは⁸⁾ 光源の明度による α -sol の変動、小机ら⁹⁾ は光照射度と照射時間の差異、Lafta ら¹⁰⁾ は高温と低日射量によるグリコアルカロイド含量、真空状態に保存したときの生成抑制効果^{10, 11)}、原田らは遠赤外線照射による α -sol への影響¹²⁾ などの報告がある。しかし照射波長を設定し調査した報告は殆どない。

そこで日光照射以外に光源として紫外線 (254nm)、

三波長型蛍光灯(可視 400~740nm)、赤外線(0.7 μ m~100 μ m)を用いて波長の違いが芽中の α -sol や α -chaの生成に関与するか検討を行うことにした。さらに三波長型蛍光灯の照射により上記 2 成分の生成が誘導されるのなら、いかなる波長領域が関与しているか、HPLC 分析により 2 成分の生成量の追跡調査を行い、その生成量から衛生学的評価を行った。

実験方法

(1) 試料

農家で保蔵されている種芋(出島)、休眠中の男爵、市販の男爵と北あかりの 4 種を用いた。

(2) 照射条件

1日5時間、連続5日間照射を行った。光源は日光以外に三波長型蛍光灯、紫外線ランプ、赤外線ランプを用いた。さらに蛍光灯には青色、緑色、赤色のセロファンで覆い照射した。照射を行わない夜間帯は全て暗所にて保存した。

(3) 試薬

- 1) α -ソラニン標準溶液： α -ソラニン (EXTRASYN-THESE S. A. 社製) 10mg をメタノールで溶解し 10mL とした。
- 2) α -チャコニン標準溶液： α -チャコニン (EXTRASYNTHESSES. A. 社製) 5mg をメタノールで溶解し 10mL とした。
- 3) 混合標準溶液： α -ソラニン標準溶液、 α -チャコニン標準溶液を混合し、10~50ppm の 3 種の濃度に調整して検量線用標準液とした。

Figure 1. に α -sol、 α -cha の構造式を示した。

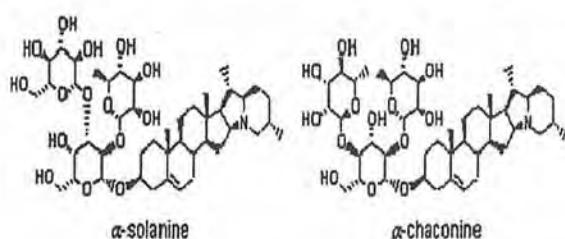


Figure 1. Chemical structure of α -solanine and α -chaconine

4) 固相抽出カラム：Sep-Pak Classic C18 (Waters 社製)、予めメタノール10mL、次に水10mLで洗浄しコンディショニングをした。

5) その他の試薬：アセトニトリル、メタノールは高

速液体クロマトグラフ用、その他試薬は特級品を用いた。

(4) 装置

- 1) 高速液体クロマトグラフ：ポンプ LC-20AT (SHIMADZU 製)、検出器 SPD-20
- 2) ワーリングブレンダー：ULTRA-TURRAX T-25
- 3) 三波長型蛍光灯 (Panasonic) 27W：青色セロファンで遮光し 450~490nm、緑色セロファンで遮光し 500~570nm、赤色セロファンで遮光し 620~740nm の波長を利用した。セロファンは、オキナ巻カラーセロファン、青色、緑色及び赤色を用いた。
- 4) ハンデー紫外線ランプ SLUV-6 型 (AS ONE 製)
- 5) 赤外線ランプ500W (DAICHI ELECTRIC 製)

(5) 高速液体クロマトグラフィ測定条件

- カラム：LiChrosorb NH₂ 5 μ m 4.6 \times 250 (Merck 社製)
 移動相：アセトニトリル：0.02mol/L リン酸 1カリウム (4:1) pH5.5、
 検出波長：208nm
 流速：1.5mL/min
 注入量：20 μ L

(6) 試験溶液の調製

ジャガイモの発芽部分1gを精秤し細切した後、メタノール20mLを加え、ホモジナイズし、吸引ろ過した。残渣にメタノール10mLを加え、同様の操作を2回繰り返した。ろ過後に残渣をメタノール5mLで洗い流した。濾液を集め、50mLにした後に5mLを水8mLに加えて混合し、予めコンディショニングした Sep-Pak Classic C18 カートリッジに負荷した。さらに40%メタノール5mLで洗浄した後、メタノール15mLで溶出した液を減圧乾固し、この残留物をメタノール2mLで溶解後 HPLC 試料溶液とした。

結果

(1) HPLC 分析条件の検討

ジャガイモの α -sol 及び α -cha を HPLC で定量するために、カラムとしてアミノプロピル化学結合シリカゲル LiChrosorb NH₂、LiChrosorb RP18、Inertsil ODS-4 の 3 種を、移動相はアセトニトリルと 0.02mol/L リン酸 1カリウム pH5.5 及び pH6.5 に調整し、それぞれ 75:25 及び 80:20 に混合した溶液を、測定波長を 202nm、208nm、212nm に設定し、それぞれの条件で検討した。その結果、LiChrosorb NH₂、pH5.5 の混合溶液 80:20 とした移動相、測定波長 208nm のときが最も

分離が優れていた。妨害ピークもなく、約18分以内に極めて安定したピークが得られた。Figure 2にHPLCクロマトグラムを示した。以後、上記の分析条件を用いた。次に濃度の異なる α -sol及び α -cha混合標準溶液を用いて検量線を作成したところ10~50ppmの範囲で直線性を示した。また本法を用いてジャガイモからの回収率を求めたところ、 α -solで82%、 α -chaで83%と良好な結果が得られた。

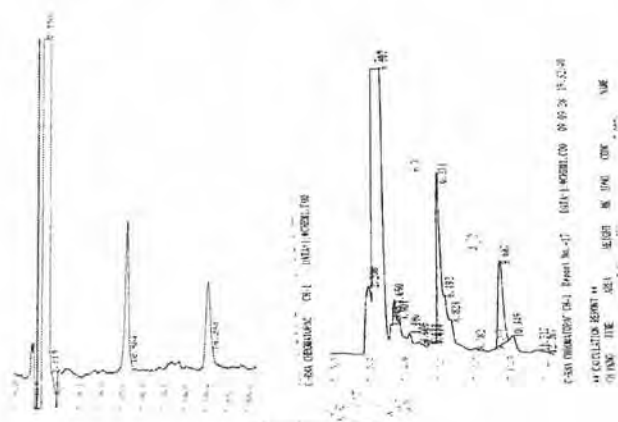


Fig. 2. HPLC chromatograms of α -solanine (right peak) and α -chaconine (left peak)
Operating conditions, column:LiChrosorb NH2
mobile phase:Ch3CN:0.02M-KH2PO4 pH5.5 (4:1)

2) 各種照射により α -ソラニン及び α -チャコニンの生成量の増減

農家で種芋として保蔵されていた出島、休眠中の男爵の2種を用いた。光源は上記4種を用いて1日5時間、5日連続照射を行った。夜間は暗室に保存した。 α -sol及び α -chaの生成量を光源別にまとめFigure 3に示した。出島と男爵の芽中の α -chaは α -solよりも生成量が多かった。これはどの照射においても同様の傾向であった。 α -chaは休眠中の男爵であるにも係らず検出されたが、その量は出島の10分の1程度であった。Percivalら⁴⁾も休眠中の芋もソラニンが生成することを確認している。出島及び男爵ともpre(照射前)とdark(暗室)に5日間保存したときの2成分の生成量に殆ど変化がなかった。一方、sun(日光照射)では著しい増加が見られた。次に増加が見られたのはflu(三波長型蛍光灯)のときで三波長型蛍光灯からの光の影響が認められた。しかしUV(紫外線)及びIR(赤外線)照射は、照射前と暗室保存と比較しても大差のない

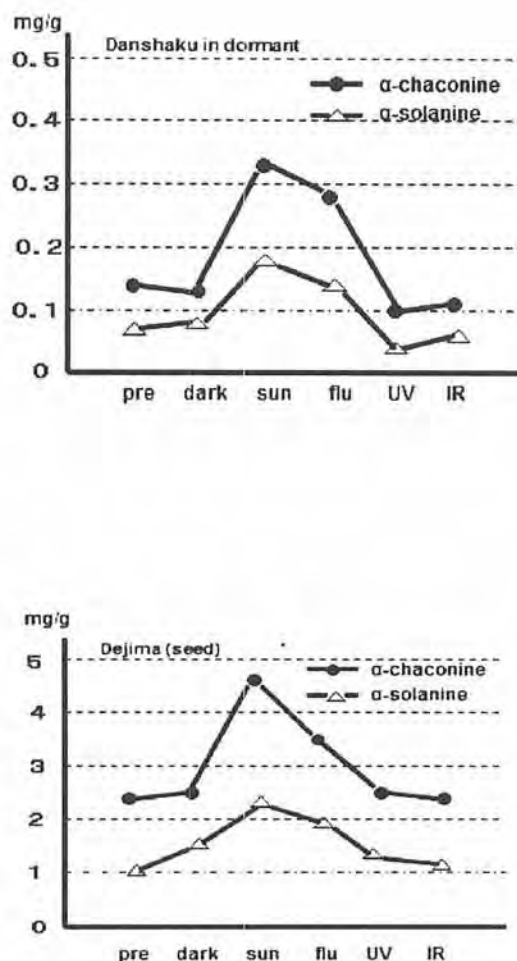


Figure 3. Glycoalkaloid contents of "Dejima" (upper) and "Danshaku" (down) in the sprout after light irradiation

結果であった。通常、三波長型蛍光灯の光は、青色域、緑色域、赤色域の三原則を利用した蛍光灯である。波長領域としては450~700nm付近の波長を発光していることから、いかなる波長領域が2成分を増加させるか、再度、市販の男爵2種と北あかり1種を用いて検討した。青色、緑色及び赤色セロファンをそれぞれ三波長型蛍光灯に覆い被せ1日5時間、5日間連続照射を行った。照射後の芽中の α -solと α -cha生成量を波長別にまとめTable 1に示した。青色の波長領域450~490nm、緑色の波長領域500~570nm、赤色の波長領域620~740nmが主な範囲である。450~490nmのときの非照射試料の α -solは、平均3.5mg/g、照射したと

Table 1. Influence of Light Irradiation on the Individual Glycoalkaloid Contents of Sprouts (mg/g)

genotype	Blue wavelength (450~490nm)				Green wavelength (500~570nm)				Red wavelength (620~740nm)			
	α -solanine		α -chaconine		α -solanine		α -chaconine		α -solanine		α -chaconine	
	light irradiation		light irradiation		light irradiation		light irradiation		light irradiation		light irradiation	
	none	post	none	post	none	post	none	post	none	post	none	post
Danshaku	3.4, 3.8	4.2, 3.8	8.3, 9.2	9.1, 6.5	1.3, 1.7	2.2, 3.5	4.0, 4.5	6.0, 7.2	2.3, 2.5	2.6, 2.7	5.1, 5.8	5.9, 7.6
Kitaakari	3.4	3.6	7.8	6.4	3	3.7	7.2	8.4	3.5	3.1	8.9	6.5
average	3.5	3.9	8.4	7.3	2	3.1	5.2	7.2	2.7	2.8	6.6	6.6

Table 2. Generation ratio on the Individual Glycoalkaloid of Sprouts

wavelength	α -solanine			α -chaconine		
	450~490nm	500~570nm	620~740nm	450~490nm	500~570nm	620~740nm
ratio	1	1.6	1	1	1.6	1.1

きは平均 3.8mg/g と照射しない試料と大差がなかった。 α -cha は、非照射試料が平均 8.4mg/g、照射試料は平均 7.3mg/g でやや減少傾向にあった。次に 500~570nm の場合、非照射試料の α -sol は平均 2.0mg/g、照射した試料は平均 3.1mg/g で増加していた。 α -cha は非照射試料が平均 5.2mg/g、照射は平均 7.2mg/g と増加していた。620~740nm の場合、非照射試料の α -sol は平均 2.7mg/g、照射の場合、平均 2.8mg/g とほぼ同レベルであった。 α -cha の非照射試料は平均 6.6mg/g、照射した場合は平均 6.6mg/g と同濃度で増量することはなかった。

次に非照射試料の平均含有量に対して照射試料の平均含有量で割った値を増減比として Table 2 にまとめた。 α -sol の生成比は 450~490nm が 1.0、500~570nm は 1.6、620~740nm は 1.0、最も高い増加率を示したのは 500~570nm の波長領域であった。一方 α -cha の生成比は 450~490nm が 1.0、500~570nm が 1.6、620~740nm は 1.1 であった。2 成分とも 500~570nm の波長領域が生成に強く関与していた。

考 察

有毒な α -sol、 α -cha は、基本骨格がテルペノイド等非アミノ酸に由来し、窒素源をアンモニア性窒素とするグリコアルカロイド¹³⁾だが、双方は結合位置の異なる 3 個の糖とソラニジンから構成されている極めて類似する化合物である。このグリコアルカロイドの約 95% は α -sol、 α -cha であることから、照射による生成量の調査を行った。試料はジャガイモの芽が 0.3~

0.5cm 前後伸びた状態のものを基準として使用した。照射時間の設定は、日光照射の観点から 1 日の日差しの強い時間帯を考え 5 時間程度が適切と考え、またジャガイモが店内陳列されて全て消費者の手に渡るまで 4~5 日以内という都内スーパーの統計に従い 5 日間に設定した¹³⁾。また照射距離はスーパー等の店舗の平均的な天井の高さが 3.5m~4m で 110W、約 2m の蛍光灯を使用していることから、その比を求め三波長型蛍光灯の照射距離を 60cm とした。

今回、実験に用いた種芋の出島と休眠中の男爵の発芽成長に大きな差が生じた。この差は休眠中であることが影響したと思われる。休眠中の男爵は殆ど発芽が認められず、 α -sol と α -cha の生成量に影響が見られた。グリコアルカロイドは日光照射により著しく生成することが指摘されている^{6~8)}。日光線は多数の波長をもつ光が地球上に降り注いでいることから強く関与することは十分に考えられた。森ら⁷⁾は日光に曝されたときの緑化はグリコアルカロイド生成を促進させると述べている。またジャガイモを生育中、地上にできた塊茎中のグリコアルカロイドは、地下茎にあるときよりも高く、光照射や傷によりグリコアルカロイドの生成が促進されることを Percival ら¹⁵⁾は報告している。さらに尾崎ら¹⁶⁾は光照射によりジャガイモの表面の緑化が促進し、グリコアルカロイド生成に影響をもたらしたと述べている。いずれも日光線が関与し、ジャガイモの発芽周辺の緑化が促進されたことを意味していた。さらに三波長型蛍光灯がもつ狭い波長領域であるにも係らず、僅か 25 時間の照射で 2 成分に影響を

与えることがわかった。特定の波長が関与することは大変興味深い。しかしながら紫外線や赤外線による照射の感受性は、殆ど見られず照射前の試料や暗室保存の試料と同レベルであった。原田ら¹²⁾は遠赤外線による照射では α -solの増加は起こらなかったと述べている。遠赤外線の波長は約4~1000 μ mと幅広い電磁波であるが、僅かな波長の違いが2成分の生成に影響することが分かった。生成するメカニズムに関しては今後の研究に待たれるところである。

三波長型蛍光灯照射による生成増加が認められたことから、蛍光灯から発光する色の三原則、即ち青色、緑色、赤色がもつ波長領域を3区分に設定した。青色が450~490nm、緑色は500~570nm、赤色は620~740nmの波長領域に相当する。この蛍光灯の光波長は、混合波長で自然光により近い色もつ蛍光灯である。この混合波長のどの領域が生成に強く関与しているか、それぞれ青色、緑色、赤色のセロファンで蛍光灯を覆って限定した波長で照射実験を行った。

緑色の波長領域は、青色や赤色がもつ波長領域よりも α -solで1.6倍、 α -chaでも同様に1.6倍増加させた。2成分の光感作用は、双方の化学構造が酷似していることと深く関係していると推定した。その要因として緑色がもつ波長領域はクロロフィルの緑化が促進されたためではないかと推定した。しかし今回用いたジャガイモの芽の周辺の緑化は可視的に確認できなかったが、HPLC分析では2成分を確実に検出させることができた。日光線には緑の波長が最も多く含まれていることから、蛍光灯から発する緑の波長による生成増加と一致する結果になった¹⁵⁾。従って日光照射のみならず三波長型蛍光灯による照射を長期間続けたのなら著しい増加が生じ、中毒量に達する危険性があると考ええる。

市販されているジャガイモは、殆どの店舗で裸のままか、透明なビニール袋に入れられ陳列販売されているので遮光効果は無い。また陳列から販売までは4、5日間と言われていることから、この期間中に生成増加し続けていると思われる。今回のジャガイモの芽は1ケにつき約0.5g程度までは成長したが、中野ら¹⁷⁾は発芽したジャガイモの皮や芽を取り除くと α -sol含有量は約60%除去できると試算した。昼間中、店先に陳列されたり、長時間蛍光灯の下に置くことは避けるべき試算値である。緑の波長をカットするビニールまたは光は通さないビニールで包装するなど工夫をしな

い限り、いずれは中毒を引き起こす量になる可能性がある。食品衛生上その陳列方法に工夫が必要と考える。

要約

種芋、休眠中の男爵、市販の男爵及び北あかりの4種を用いて1日5時間、計25時間照射を行い、ジャガイモ芽中の α -ソラニン、 α -チャコニン生成量の調査を行った。日光照射以外に紫外線、三波長型蛍光灯、赤外線による照射を行い、最も高い生成は日光線、次に三波長型蛍光灯であった。紫外線や赤外線照射は殆ど生成増加することはなかった。三波長型蛍光灯のうち500nm~570nmの波長領域が生成に強く関与していることが分かった。他の波長と比較して α -ソラニンは1.6倍、 α -チャコニンが1.4倍増加した。三波長型蛍光灯の下に長時間曝すことは、食品衛生上好ましいことではなく包装形態などの工夫が必要であった。

文献

- 1) 八木沢和夫:食中毒等事件例 ジャガイモによる食中毒 2、食品衛生学雑誌 43 (5), J. 306-307 (2002).
- 2) 忠田吉弘、津田昌吾、高田明子、小林晃、森元幸、小林裕、吉田充:バレイショ中のグリコアルカロイドのLC/MSによる高感度分析法 食品研究成果情報 17, 50-51 (2005).
- 3) 新藤哲也、牛山博文、舘 公子、安田和男、斉藤和夫、ジャガイモ中の α -ソラニン、 α -チャコニンの含有量および貯蔵中の経時変化、食品衛生学雑誌、45 (5), 277-282 (2004).
- 4) Percival, G, Dixon G. R. : Glycoalkaloid Concentration in Aerial Tubers of Potato (*Solanum tuberosum* L), J. Sci. Food Agric 70 (4), 439-448 (1996).
- 5) Griffiths, D. W., and Dale, M. F. B. : Effect of light Exposure on the glycoalkaloid content of *Solanum phureja* Tubers. J. Agric. Food Chem. 49, 5223-5227 (2001).
- 6) Haddadin M S Y., Humeid M A, Qaroot F A : Effect of exposure to light on the solanine content of two varieties of potato (*Solanum tuberosum*) popular in Jordan, Food Chemistry 73 (2), 205-208 (2001).
- 7) 森元幸、小机信行:バレイショ塊茎のグリコアルカロイド含有:緑化程度による品種系統間差異、

- 日本作物学会九州支部会報、(61), 77-79 (1995).
- 8) 久野加代子、三浦博史、杉井通泰：長崎産パレイシヨの Solanine に関する研究 (第1報) 塊茎の Solanine 含量と光によるその変動の品種間差異、生薬学雑誌、34, 110-116 (1980).
 - 9) 小机信行、土田広信、水野 進；光照射ならびに照射時間の差異がパレイシヨ皮層部のクロロフィルおよびグリコアルカロイド含量に及ぼす影響、園芸学会雑誌、62 (3), 669-673 (1983).
 - 10) Lafta, A. M., Lorenzen, J. H. : Influence of High Temperature and Reduced Irradiance on Glycoalkaloid levels in Potato Leaves. J. Am. Soc. Hortic Sci. 125 (5) 563-566 (2000).
 - 11) Wu M.T., Salunkhe D.K., Effect of vacuum packaging on light-induced greening and glycoalkaloid formation of potato tubers. Can Inst Food Technol 8 (4), 185-187 (1975).
 - 12) 原田和夫、中村 賢：光を利用したジャガイモの萌芽抑制技術、北海道電力(株)総合研究所年報 41, (2010).
 - 13) アルカロイド (alkaloid) について http://www2.odn.ne.jp/had26900/constituents/about_alkaloids.htm
 - 14) 串田篤彦、百田洋二：ジャガイモシストセンチュウ国内地域個体群の H1 抵抗性品種での増殖性 第2号日本線虫学会誌第35巻 2005
 - 15) Percival G: Light-induced glycoalkaloid accumulation of potato tubers (*Solanum tuberosum* L.). J. Sci. Food Agric. 79 (10), 1305-1310 (1999).
 - 16) 尾崎英樹、三浦秀穂、森元幸：ジャガイモの光照射における緑化とグリコアルカロイド生成の品種間差異、育種学研究 11 (2), 158 (2009).
 - 17) 中野真衣、古賀秀徳、小川慶一：ポテトチップス中グリコアルカロイド含有量とその味覚への影響 日本官能評価学会誌 11 (2), 107-111 (2007).

現代アメリカの大学における“アカデミック・フリーダム”と
“テニチャー制”に関する研究

加澤 恒雄

A Study of the “Academic Freedom” and the “Tenure System” in Present
American Universities and Colleges

Tsuneo KAZAWA

This paper seeks to compare the faculty's personnel systems for members of faculty in Japan and America. At present all universities and colleges in Japan are subject at reform. National universities changed into corporatized institutions (Dokuritsu-Gyosei-Houjin) in 2004 (spring). This is a great change or revolution in Japanese universities and colleges.

For this reason, it has been called the third university reform in Japan. In Japan a fixed-term contract law (“Ninkisei-law”) was constituted in 1997 and has been introduced to many Japanese universities. In addition, many other universities may introduce Ninki-sei in the future. By the way, the aims of this establishing “Ninki-sei” are 1)the chemicalization, namely, the revitalization of teaching and research, and 2)the mobility of faculty. There is a further problem of “accountability” under Japanese government's financial pressure.

In comparison with Japanese and American fixed-term contract system, both are greatly different. In American universities, in general, fixed-term contracts are restricted to assistants, part-time instructors and assistant professors, excluding full professors and associate professors. In other words, as a whole, such faculty as professors and associate professors are given positions of “tenure”. Moreover, in principle, the tenured positions are life-long, because in American society, at large, there is no compulsory retirement age under their law.

On the other hand, in American society fixed-term contracts system is prevalent. Therefore many different criticisms for the faculty's tenure system remains in the present day. But the tenure system of American universities has been sustained in order to insure academic freedom and faculty's academic life. Nowadays, American universities are changing rapidly. For example, virtual universities and for-profit universities have appeared in recent years. One of such university is Phoenix university where 75,000 students registered in 2000. This university does not require full professors and associate professors with tenure, but employs part-time professors or instructors. We should pay attention to changes in the American universities' system of tenure in the future.

緒言

伝統的なテニチャー制を採用しているアメリカの大学では、テニチャーの授与を決定するまでは、若手の教員に対して有期契約 (term contract : 3 年任期で 1 回更新可、つまり最長 6 年までのケースが多い) による「仮採用 (probation : 試用採用)」を行っている。彼らは、その期間内に十分な研究・教育業績を上げ、大学に貢献できる能力を証示しなければ、テニチャー (終身在職権) を授与されず、その大学から解雇され、去らなければならない。

現代アメリカの大学の慣行であるテニチャー制は、教員の初期キャリアの段階で有期契約制が取り入れられ、中間の準教授 (associate professor) 段階ならびに最終キャリア段階の正教授 (full professor) には、テニチャー制が適用されているのである。

ところが、日本の大学において最近導入されつつある教員の「任期制」は、助手から教授まで全職階の全教員を一律に対象として、任期満了後は再任なしとか、助手だけでなく助教授 (準教授) の任期が 1 年であるとか個別大学によってさまざまなケースが見られる。あるいはまた、「任期制」の恣意的運用をめぐる裁判所への提訴事件に発展したケース¹⁾も出現しており、「任期制」導入に関わる混乱や模索が続いている。

1997 年 6 月 6 日に「大学の教員等の任期に関する法律」が制定されたことや、2004 年 4 月 1 日に国立大学が独立行政法人化したことなどを直接の契機として、わが国において、これから「任期制」を導入する大学がますます増加しつつある趨勢の中で、よりよい「任期制」の導入・運用の在り方を模索し論ずるために、「任期制」導入の先進国であるアメリカの大学における人事制度について考察してみよう。

1. アメリカにおける伝統的なアカデミック・テニチャー制

1.1 テニチャー制導入の背景

「終身在職権」と邦訳されている“tenure” (テニチャー) は、アメリカの大学における教員人事制度について語る場合、不可欠の用語である。それではテニチャーとは何か。テニチャーは、ごく簡単に言えば、大学教員本人の意に反して解雇されたり、その地位を剥奪されたりしないで、学問の研究と学生の教育に従事することができる権利を保障するものである。ここで“academic tenure system”のルーツを簡単に見ておこう。テニチャー制は、1920 年頃、すなわち今から約 80 年余前に導入された。その導入の直接の背景には、大学教員の「学問の自由」 (academic freedom)、すなわち研究・教育の自由をいかにして保障し保護するかという問題があった²⁾。その後 AAUP (アメリカ大学教授協会) と AAC (アメリカ大学協会) による『1940 年学問の自由とテニチャー制に関する声明』が公式に発表され、現在のテニチャーの基盤が確立されたのである³⁾。

1960 年代のアメリカが学生紛争の時代であったとすれば、1970 年代のアメリカは、大学教員紛争の時代であったと言わねばならない。紛争の焦点は、大学教員の「被用者性」をめぐる問題であった。教員の雇用不安が増大し、雇用条件が悪化する傾向に対抗するために、教員の組織化が重要課題であった。1970 年に、組織化された 177 のキャンパスで 4 万 7 千名の組合員しかいなかったのが、1979 年には、組合化キャンパスの数は 648 に増加し、組合員数も、約 3 倍弱の 13 万名に急増した。とくに公立大学において、管理運営からの教員の疎外が問題となり、教員の組合加入者が増え、「学者の共同体」から「労使関係の大学」へ、という大学観の変容が顕著化した⁴⁾。

1.2 テニチャーの授与基準

それでは次に教員はテニチャーをどのようにして取得することができるのだろうか。テニチャーの授与基準⁵⁾について見てみよう。授与基準は、大学の機能に応じて、研究・教育・社会的サービスに関わる 3 つの側面の基準が設けられている。ただし、一般的には研究大学では「研究」にウエイトが置かれるし、大学院大学や総合大学は「教育」を重視する傾向がある。さらに、教養カレッジやコミュニティ・カレッジの場合は、とくに「教育」面での活動、実績を重視している。

「研究」面での評価について具体的に述べると、委嘱研究は奨学寄付金の獲得、論文や著書等の研究成果の発表、それから学会における研究発表、司会 (座長) あるいはパネリストやディスカッサント等々が考慮される。この面での業績は、明確な形で存在するので、客観的評価がなされやすい。次に、「教育」面での評価は、テキストなどの教材の開発や、教授法の改善の努力や、学生による授業評価 (teaching evaluation) の結果等々を参考として行われるが、関係者が必ずしも教室に足を運んで教員の講義を実際に参観しないこともあり、教育活動に対する全体的な評価は、研究業績の評価と比較してかなり大ざっぱであり、厳密かつ適正に行われていないこともあるようだ。さらに、社会的サービスの面での評価対象としては、講演会や大学の公開講座の講師としての活動や、政府機関の各種の委員会の委員長や委員としての協力活動等々が挙げられる。その他に、所属する大学の管理運営に関わる役割や各種の学内委員会の委員、あるいは学科における担当業務・任務等々についても、大学運営への協力・貢献として考慮される。

上述した教員の諸々の活動を評価して、テニチャーの授与が決定されるのであるが、実はここに 1 つの大きな問題がある。それは、実際には客観的な評価がしやすい研究業績の評価に偏ることである。教員は、いわゆる“publish or perish” (研究業績を上げるかさもなければクビか)、あるいは“up or out” (昇進かさもなければ辞職か) というプレッシャーに晒されているのである。若手の教員にとってテニチャーの取得は死

活問題であり、勤務査定におけるそのような研究業績主義によって、彼らは学生に対する教育活動よりも自分の研究活動の方によりウエイトを置き、より多くの時間を使い、少しでも研究業績を増やすために教育活動を犠牲にしても研究志向にならざるをえないという事情がある。

2. テニユア制をめぐる歴史的な経過⁶⁾

2.1 テニユア制の歴史

アメリカの大学における教員の人事政策の歴史をひもといてみると、1970年代後半から1990年代半ば頃までは、tenure制度をめぐることは比較的静穏な状況にあった。つまり、tenure制の改革へ向けた声高な非難は多くなかった。ところが、1990年代後半になると、その静穏さが突如破られ、1998年にはNYタイムズが「テニユアを部分修正するかまたは削除するための圧力」が生じていることを報道した。それではなぜ大学のテニユアに関する論争が再燃し、かつ、それが大きな問題になっているかを見てみよう。1970年代後半に始まった大学のテニユア制に関わる相対的な静穏さは、テニユア制についての激しい論争の後にもたらされたものであった。「激動の1960年代」は、1960年代半ばにアメリカの多数のキャンパスで勃発した学生の騒乱がきっかけとなった。自由な演説、市民権を要求し、また、反ベトナム戦争運動として展開された学生の座り込みやデモ行進や抗議行動などが活発化した。

キャンパスの外部の社会的な問題が、当初の運動の引火原因であったが、学生運動は大学キャンパスの内部問題にまで矛先が向けられ拡大した。たとえば、大学運営における学生の参加・役割や、カリキュラムの有効性ないし適切性、さらには大学の官僚制の非人間的性格などのようなさまざまな問題が提起された。学生デモがより破壊的になり、エリート役人の立場から見れば、学生はより非愛国的になり、アメリカの大学のキャンパスが管理不能になってしまったことに対して、誰がその責任を問われるべきか、という問題が浮上した。

役人の中には、大学教授たちを反米国主義者として、また、学生たちの騒乱の煽動者として激しく非難した者たちもいた。大学の管理職たちにとって、教授はあまりにも多くの特権と多くの保障が付与されているので、彼らに干渉・介入することは不可能であると思われた。これらの不満や反感が以下の形で大学教授のテニユア制に集中的に向けられたのである。すなわち、1960年代半ばから1970年代半ばまでの10年間にわたって、学生反乱に関するアメリカ国家の3つの報告書は、テニユア制は再考されるべきであると提言し、20の州ではテニユアを改正し、縮小しあるいは廃止するための法律制定を行った。つまり、テニユア制を修正するための外部からの最初の圧力は、本質的に政治的なものであったのである。言わば、それはキャンパスに対する権力の平衡ないしバランスを回復するため

の、より大きな公的政策開始の第一歩であった。

一方、大学の内部では、テニユア制の改革に対する大きな動きは全くなかった。それどころかテニユア制に対する攻撃・批判は、多くの領域からの激しい反駁を招来した。テニユア制に対する、かつて充満していた敵意のある雰囲気に対する応答として、“AAUP”(アメリカ大学教授協会)と“AAC”(アメリカ大学協会)は、1971年に、大学のテニユア委員会を設立した。当委員会の下した結論は、学問の自由と教授の質を維持するという積極的な価値のために、大学のテニユア制は是認されるべきであるというものであった。なお、当委員会は、大学のテニユアに関する諸々の欠陥を是正するために、かなり長い、詳細な改正リストを提出したが、根本的な改革には着手しなかったし、テニユア制の1つの代替策としての契約任期制に対しても消極的な態度を示した。さらにまた、多くの学長たちは、テニユア制を正式に擁護したが、Yale Universityのキングマン・プリュースター学長こそは最も雄弁にテニユア制を擁護した人である。

ところで、管理職者たちは、テニユア制についての疑問を表明しなかったし、彼らの主要関心事は、社会的不況の開始による新規採用者や移動者がほとんどいない教授団についての展望であった。すなわち、成長ゼロならびに教授団の移動なしの状況下で、管理職たちが心配したのは次の点であった。新しい学位へのプログラムの模索、カリキュラム改革、それから学際的な研究が課題となるだろうということ。そして、教授団の更新率の不足は、教授団の多様化と活性化を臆縮するだろうということであった。

2.2 テニユア制論争と改善の萌芽

さて、キャンパスにおける騒乱が鎮静化するにつれて、テニユア制に関する論争もまた後退したが、完全に消失してしまっただけではなかった。というのも、テニユアの問題は、保守的な評論家たちにとって、アメリカ高等教育に関する相変わらずの主要な標的であったからである⁷⁾。しかしながら、テニユア論争は、いくつかの有力な新聞によって大きく取り上げられたにもかかわらず、実際的な効果はほとんどなかった。その理由はこうである。公的政策の問題としての大学のテニユアは、①大学入試へのアクセス ②大学教育の費用が適正かどうか ③学生の学習成果の問題 ④教授たちの質の問題 ⑤アフターマティブ・アクション、それから⑥政治的正義(PC)の問題などのようなより緊急の課題によって優先され、たいていは不活発で、尖鋭化しなかったのである。つまり、テニユアに関するより大きな疑問も、派生的な政治問題も、全米的には優先事項とはならなかったのである。

サイクス(C. J. Sykes, 1988)によれば、テニユア改革に関する、いくつかの調査結果が1990年初頭までに示された。ま

ず、1994年に実施されたカーネギー財団による研究調査によれば、全米の大学機関の39%は、この調査に先立って5年以内に、テニチャー基準について変更を行っていたし、残りの22%は、テニチャー基準を変更するための検討を行っていた。また、26%の大学が仮採用期間の長さを変更していたし、さらに、9%の大学がそれを検討中であった。さらにまた、34%の大学は、テニチャーなしの契約更新を実行していたし、17%の大学はそれを検討中であった。1999年の調査では、1,511人の教授団メンバーの32%が「所属している自分の大学で、テニチャーを廃止し、あるいは修正するために、過去2年以内に」検討されたと回答した。

3. テニチャー制を採用していない大学

3.1 非テニチャー制導入の背景

1716年、ハーバード大学法人局は、もし「新しい選択希望によって継続」されないならば、「講師」(tutor)の任命を3年以下に制限することを票決した。1世紀以上も後、ハーバード大学学長のジョシア・クインシー (Josiah Quincy) は、期間任命制度を導入するためにその決定理由を熟慮考察した。まず何よりも彼は次のように報告した。すなわち、法人局は、「期限なしで」(ハーバード大学で今なお使われている用語)任命された才能ある教員は、他の大学から誘われるかもしれないが、一方で、それとは反対に「大学専門職で著名になる才能を持たない教員は、その大学に一生定着するだろう」ということを明らかに信じている。と。さらにまた、再任命を希望選択する期間契約は、講師を「彼らの仕事に対し大きな関心と忠誠心をもって絶えず発奮させるための」効果的な手段と見なされた。これら2つの根本的な理由は、テニチャー (終身在職制)

制に対する現代における攻撃の原則とでも言うべきものである。第1の理由は、今日では「優秀な者はテニチャーの必要もなく、逆にテニチャーを必要とする者は優秀ではない」(Metzger, 1973.)⁸⁾ と言い換えられる。また、第2の理由は、現代的経営という言葉において期間契約は、「業績を上げる動機」と「社会的説明責任を要求するための定期的な機会」を提供するということを示唆する。

今日、期間契約は、伝統的なテニチャー制の普通の局面を構成している。伝統的なテニチャー政策を採用しているほとんどのユニバーシティとカレッジは、仮採用の教員に本質的には特定の期間を超えて奉仕契約を行う任命文書を与える。そのキャンパスにやってくる新入教員は、典型的に1年または多分2年契約を受け取る。十分に満足いく業績や活用することができるといえるならば、テニチャーが決定するまで一連の多年契約が継続される。同様に非常勤講師や助手それから臨床講師は、通常1セメスターの短い期間契約かまたは数年にわたる長い期間契約を受け取る。この場合、期間契約は、新しいことでも稀なことでもない。現代の大学慣行の枠内で新しく珍しいのは、「テニチャーの排除のために」契約を利用することである。

3.2 ハンプシャー大学の非テニチャー制

テニチャーを排除する契約制は、比較的小くわずかのキャンパスでしか行われていない。テニチャーをほとんど避ける傾向にあるカレッジは、独特の類型であるが、その代表的な事例として、1970年にマサチューセッツ州のアマーストに創設されたハンプシャー大学の契約制⁹⁾について、その概要を以下に示しておこう。

表 <ハンプシャー大学の契約制>

	最初の契約制	改訂された契約制
最初の任命	3年、4年または5年。	3年のみ;もし再任されない場合、4年が最後の年。
最初の再任 契約の長さ 資格審査プロセス	3年、4年または7年。 “CCFRAP”への大学からの推薦。 “CCFRAP”から学長への推薦。 学長から理事会への推薦。	4年のみ;もし再任されない場合、5年が最後の年。 大学から学長への推薦、大学と候補者にとって自由選択の“CCFRAP”。
2回目の再任 契約の長さ 資格審査プロセス	3年、5年または7年。 最初の再任のプロセスと同じ。	10年または非再任。 もし再任決定について反対がある場合に、学長が“CCFRAP”と会合する以外、変化なし。
その次の再任 契約の長さ	3年、5年または7年。	もし候補者が1回以上の10年契約を受けている場合は、10年または非再任;または3年の条件付きの契約。
資格審査プロセス 秘密性	最初の再任のプロセスと同じ。 大学または“CCFRAP”は認めない。 学長は認めたが、秘密の情報を受け取るように奨励されることはない。	2回目の再任資格審査プロセスを参照のこと。 学生は、大学レベルで公開ファイルのために要約された資料によって秘密の資料を提出することを認めた。 学長は、秘密の資料を受け取ることを認めなかった。

<注> CCFRAP (「教員の再雇用および昇任に関する学内委員会」) は、5人の教授団メンバーから構成されており、少なくとも上級ランクにある教授団メンバーのうちの3人は、教授団によって2年の任期で選ばれる。また、学生たちによって2人の学生が1年の任期で選ばれ、職権によって学部長もこの委員会のメンバーとなる。

そのような大学は、新しく、小規模で、革新的で、全員参加的であるという傾向を指摘することができる。過去の先例や教員組合によって束縛されず、他と異なっていることを決意することによって、新しい大学は、新しい人事政策を考案し実行する際に、明らかにより自由度が大きい。非テニチャー制を導入しているいくつかの大学の各々の制度は、異なる名称を持ち、少なくとも1つの異なる優れたアイデアを持っている。たとえば、「成長契約」、「学習契約」、「延長契約」、それから「期間変更可能契約」などがある。これらの大学に共通しているのは、契約満了後の日付を超えて継続する雇用を保障しない限定された一定期間での任命(つまり解雇、追放を前提とする)であるということである。

テニチャー制を採らないキャンパスは実にユニークであり、伝統的なカレッジとユニバーシティにも少なからぬ示唆を与えている。経営方針は、既に授与したテニチャーの約束を取り消すことはないだろうがしかし、いくつかの大学は、もはやテニチャーを与えないだろう——たとえば、1972年にヴァージニア・コミュニティ・カレッジが取った行動——ということを決めるかもしれない。カレッジまたはユニバーシティが、伝統的なテニチャーの替わりに今後期間契約に切り換えようとする際に、先導的な非テニチャー制を行っている大学の経験は、教訓的で有益であろう。さらに、多くのカレッジは、何名かの教員には期間契約を与え、他の何名かはテニチャー・コースの地位を与え、より多くのカレッジは、多分そうした改革を行うであろう。契約制の大学の成功と失敗は、教授たちがテニチャーなしの期間契約で勤務するキャンパスにおいて全く該当するだろう。

4. テニチャー制についてのそれぞれの関心

4.1 一般大衆の見方

Carlin (1999) の説明¹⁰⁾ を援用すると、一般の市民からすれば保障された生涯雇用の概念は、時代遅れで、しかも非常識であると見なされる。なぜなら1998年にはわずか7ヵ月の間に、Raytheon (14,000人)、Hewlett Packard (2,500人)、Merrill Lynch (3,400人) それに Intel (3,000人) などにおける大規模な倒産が起こったし、その後も2年間に Eastman Kodak (2,500人)、Compaq Computer (8,000人)、それから Honeywell (8,000人) その他で、レイオフ(一時帰休)が行われたし、さらに2000~2001年には、次のように爆発的なレ

イオフが発生した。すなわち、Daimler Chrysler (26,000人)、Lucent (16,000人)、Nortell (10,000人) それから Motorola (10,000人) などである。このような状況下で、何人も安泰ではなかったし、誰もそうしたレイオフの不安から免除されえなかった。ただし、それは大学の教授たちと学校の教師たち、あるいはテニチャー付きの連邦判事を例外としてであるが。

全米の大学の理事の出自は、その約40%が企業であり、上述したような企業における大規模なレイオフと、テニチャー付きの教授団が享受している確固たる安全度を比較して、理事だけではなく、一般大衆もまた、異和感を感じはじめたのである。これらの人たちの下した結論は、高等教育は企業とは根本的に異なっているのでテニチャーは認めざるをえないとしても、その制度においては、高い業績を上げるように要求されるべきである、というものであった。大衆の立場からすれば、大学のテニチャーは、傲慢なうぬぬれと、時代錯誤的で不当な特権化の象徴であった。

大衆にとってテニチャーに関するもう1つの中心的な関心は、日常的な問題である。彼ら大衆は、大学教授に対して大学院のクラスだけではなく、導入的・入門的な学士課程コースも重視して、できるだけ効果的に教授活動を行うことを期待している。テニチャーは「枯れ木」(deadwood)を保護するという大衆の認識が支配的であり、「悲しいことにそれは当たっている」とStanford大学の元学長は告白している。つまり、大衆である顧客と納税者たちは、「枯れ木」の教授たちが能力を十分に発揮していないと感じているということである。それゆえ、テニチャー取得後の再吟味、再評価への大衆の関心が、テニチャーについての論議を活発化させることになったのであるが、AAUPが出した声明は、「そうした再吟味があまり利益をもたらさないだろうし、…かつ、学問の自由を脅かすだろう」という見解を示し、テニチャー取得後の再吟味は、説明責任を目的としてなされるべきではなく、主として“FD”(教授団資質開発)に焦点づけられる限りにおいて認められるべきだということを表明した。

慢性的に不十分な業績によって、これまで教授に解雇通知がなされることは、極端に稀有のことであったので、テニチャー制は依然として維持されるだろう。たとえば、Hawaii大学では、1件もなかったし、別の大規模な州立大学でも再吟味された2740名の教授団メンバーのうち誰1人として解雇されな

かった。ただし、Licata & Morreale (1997) も警告している通り¹¹⁾、テニチャーへの大衆の懐疑心が弱体化したり、消滅してしまったということではもちろんないのだが…

4.2 経営者と理事たちの見解

最近の30年におけるアメリカの高等教育に関わる以下のような語彙の変化は、テニチャーについての新しい展望を予測させるだろう、とEwellら(1999)は見ている¹²⁾。たとえば、presidents→CEOs、administration→management、long-range plans→strategic plans、administrator→manager、trustee→fiduciaryなど。また、現代の大学人は、“productivity gains”(生産性の獲得)とか、“market share”(市場シェア)、“yield management”(生産管理)などの言葉を使って日常的な会話を交わしている。さらにまた、ノーベル賞とポールドリッジ賞は混交したし、大学は、明かに「ビジネスのように」なってしまったと彼らは指摘している。

こうした状況の中で、多くの経営者たち(managers)や理事たち(fiduciaries)は、大学のテニチャーをもはや教授職に関する不変な原理とは考えず、むしろ組織の人事政策の1つとして、つまり、他の操作すべき諸々の事項とそれを同じようにみなすのが当然となってきたのである。それゆえ、彼らにとってテニチャー付きの教授団は、大学機関を改革するための経営権を制限する重大な障害のように受け取られたのである。

Dennis O' Brien (Rochestre 大学および Bucknell 大学の名誉学長)は、大学の使命とプログラムを変えるために、あるいは大学を縮小しなければならぬ際、最良の教授団メンバーを確保するためにはテニチャーの効力を削減するべきだ、と主張した。また、多くの理事や管理職者たちは、テニチャーがあまりにもしばしば教授たちの「説明責任」を免除したり、不十分な業績しか上げられない人を、確実により良い業績を上げる人に取り替える自分たちの裁量権をきわめて制限するものだと見なした。

教授団は、保証された終身雇用によって、説明責任から保護され、ポストはいないと自ら宣言し、業績審査の有効性については甚だあいまいである、と経営者や理事たちは批判し、これらは競争的な経営環境とは両立しないと考えている。このような認識の下に、理事会によるテニチャー批判が強硬になり、これに抵抗・反駁する教授団と理事会が対立する構図となっているのである。

4.3 教授団メンバーの立場

アメリカの教授団メンバーたちは、全体としては大学のテニチャーを支持している¹³⁾。ただし大学のテニチャーに反対する人々も存在する。広範な調査の結果から具体的な数字を示すと、1989～90の全教授団メンバーの46%が、テニチャー

は時代遅れであると考えているし、また、1995～96年の全教授団メンバーの46%が、さらにまた、1998～99の全教授団メンバーの33%と女性教授団メンバーの39%が、それぞれテニチャーに反対している。このように教授団メンバー全体の3分の1以上が、テニチャーは時代遅れであることに同意し、反対しているのである。そして、彼らは、テニチャーが段階的にすべて廃止されるべきであることに同意している。テニチャー制に反対する大学の小集団は、とくに女性たちと有色の教授団メンバーたちにおいて顕著である。その理由は、白人男性たちと比較して、両者は昇進やテニチャーのプロセスの際に、高度のストレスとデリケートな差別を受けていることである。

1999年の調査によれば、テニチャー付きならびにテニチャーなしの教授団の両方の52%が、テニチャーは修正されるべきであるが、廃止されるべきではないという結果が示された。そして、両方のそれぞれ39%と28%がテニチャーは「現状通り」であることを支持している。テニチャーのプロセスについての教授団メンバーの主な批判点は、①あいまいで、かつ、しばしば矛盾する基準、②あいまいで、しかも秘密裡に行われる審査手続きや、③大学の論理と報酬構造の実際のギャップなどである。このような理由によって、テニチャーコースならびに非テニチャー制に対して不快の念を表明している。いずれにせよ、教授団メンバーの多くは、当然のこととして「現状のまま」を支持しているわけだが、大いに注目すべきことは、アメリカの教授たちの約3分の1は、現状の維持とテニチャーの廃止の両方を同時に要求している点であろう。つまり、これらの数字は、テニチャー政策と慣行を再考するのに十分に足りる批判人数であるということである。

5. 新しい環境の出現と今後の展望

5.1 ヴァーチャル教育大学、利益追求大学の出現¹⁴⁾

テニチャーに関わる新しい議論の端緒となったのは、より大きな環境において生じたもう一つの大きな変化である。その変化とは、今始まったばかりであるが、ヴァーチャル教育と利益追求のための大学の出現である¹⁵⁾。相当数の大学で、オンライン教育が開始されている。あるものは学位に直結し、他のあるものはそうではない。また、企業や他の大学機関による利用のために認可されているものもある。具体例を挙げれば Duke, Columbia, Cornell, あるいは Johns Hopkins などの各大学は、利益追求の子会社として、企業を立ち上げている。それから、Unext, Sylvan Learning Systems のような利益追求会社や、単独でまたは非利益追求大学とパートナーを組んで、次々に大学市場に参入している。Phoenix 大学は、「アポログループ」として NASDAQ と取引し、15の州とプエルトリコそれからカナダにおける55のサイトと80の学習センターで、2000年に75,000人以上の学生を学籍登録した。

1人の教授が多数の大学で非同期的に教授活動する場合、テニユアーは何を意味するだろうか。テニユアーに対する影響は自明的であり、テニユアーという言葉が語彙の中から消えてしまったか、利益を追求する商売人の個人的な戦略として無意味化してしまったのである。Phoenix大学は、5,000人の非常勤の「実務家」を雇用し、年間3コースを担当する140人の専任の教授団を有している。これらの専任教授たちは、主として経営・管理に当たるのが重要な任務である¹⁶⁾。それからまた、Harcourt Higher Educationの場合は、4人の専任と30人の非常勤の教授団でスタートする計画を進めている。

5.2 今後の展望

さて、以上見てきたように、教授団メンバーの雇用の在り方と大学の伝統的なテニユアー制度は、いろいろ変化してはきたが、多くの点で依然として同じである。つまり、テニユアーに対する基本的な正当化の根拠は、学問の自由と経済的な安定であり、これらは継続しており、これらを支援する議論が非常に多くなされているということである。テニユアーを有する専任の教授の割合は、1975年から1998年まで約52%で、きわめて安定していた。1970年代の初めに、テニユアーを獲得する割合は、10人中7人強であったし、近年(1992~93年)に算定された割合も依然としてそれと同率であった。テニユアー制は、全大学を通じて優勢であり続けているし、主要な4年制大学や州政府は、大学教授のテニユアー制を廃止していない。テニユアーに関する厳しい議論が存続する一方、それらは現実の変化の大きさはほとんど連動していないのが、アメリカの現状であるようだ¹⁷⁾。しかしながら、現在のテニユアー論争が、今後、どのような顕著な変化につながっていくのか、われわれは、日本の教員任期制への示唆を得るためにも、アメリカのテニユアー制に関する経験に注目していく必要がある。

結語

以上において、われわれはアメリカの大学における人事制度としてのテニユアー制について、その歴史的経過と現在の動向について概観した。アメリカの大学においてもテニユアー制が常設の状況変化によって、揺るぎないものではなくなってきたこと、また、その一方でいわゆる「学問の自由」と、「教員の経済生活」の保障を根拠とした伝統的なテニユアー制が、早急に全面的に廃止される状況でもなく、伝統的な大学の人事慣行であり続けるだろうということ、ただし、テニユアー制を維持しながら、修正はいし改善が行われていることもまた事実であるということが判明した。

日本において「任期制」の導入に関わる今後の課題は、①「学内規則」を作成して教員の業績評価の基準を明確化し、再任用手続きを整備すること、②恣意的な制度の運用を防止する

ための方策を整備すること、③優秀な教員の流動化の促進が達成されるような条件整備を早急に実現すること、などが挙げられよう。

注

- 1) たとえば、京都大学医学部再生医学研究所(再生研)で起こった教授再任拒否事件(2003年)や放送大学教授再任拒否事件(1988年)などがある。
- 2) 清水一彦「米国における教員の任期制と流動性」『大学と学生』No. 391(平成9年10月号)pp. 31-34
- 3) その「1940年声明」には、テニユアー制について、「テニユアー教員は、定年退職または財政危機による特別な状況以外には、適正な事由によらずして解雇されるべきではない」と規定されており、これが現代アメリカのテニユアー制の確立に貢献したことを川内嘉(「団体交渉とテニユアー制」『大学論集』第8集、広島大学大学教育研究センター、1982年、p. 90)は指摘している。
- 4) 川内嘉、前掲論文、pp. 80-90。
- 5) Cf. 江原武一『現代アメリカの大学 ポスト大衆化をめざして』pp. 155-156 玉川大学出版部、1994。
- 6) Cf. Chait, Richard P. (edited) 2002. *The Questions of Tenure* Massachusetts: Harvard University Press pp. 6-31.
- 7) Sykes, Charles J. 1988. *Profscam: Professors and the Demise of Higher Education* Washington, D. C. Regenery Gateway.
Huber, Richard M. 1992. *How Professors Play the Cat Guarding the Cream: Why We are Paying More and Getting Less in Higher Education* Fairfax, Va: George Mason University Press などを参照されたい。
- 8) Metzger, Walter. P. 1973. "Academic Tenure in America: A Historical Essay." In Commission on Academic Tenure in Higher Education, *Faculty Tenure*. San Francisco: Jossey-Bass, p. 117.
- 9) ハンプシャー大学(Hampshire College)の人事制度におけるより詳細な「契約制」については、Chait, Richard P. & Andrew T. Ford. 1982. *Beyond Traditional Tenure: A Guide to Sound Politics and Practices*. San Francisco: Jossey-Bass のChapter 3を参照されたい。なお、ここに掲げた「table」(表)も、同書の記述をもとにして筆者がまとめたものである。
- 10) Carlin, James F. 1999. "Restoring Sanity to an

- Academic World Gone Mad.” *Chronicle of Higher Education*, November 5, p.A76.
- 11) cf. Licata, Christine, & Joseph Morreale. 1997. *Post – Tenure Review: Politics, Precepts and Provisions*, Washington, D.C.: American Association for Higher Education.
 - 12) Ewell, Peter T. 1999. ” Imitation as Art: Borrowed Management Techniques in Higher Education.” *Change*, 31 (6) pp. 10–15.
 - 13) この記述は、主として P.R. Chait (2002) の前掲書に拠っている。
 - 14) 筆者は、全米最大のヴァーチャル教育大学である Phoenix 大学の功罪について詳しく論述している文献を、次の通り抄訳・紹介したので、御参照いただきたい。 Gary A Berg, *Lesson from the Edge: for-Profit and Non-traditional Higher Education in America*. American Council on Education, Praeger Publishers, 2005. 加澤恒雄訳「周縁からの教訓—アメリカにおける営利追求の非伝統的な高等教育—」『広島工業大学紀要 研究編』第42巻、2008. 2, pp. 335–344.
 - 15) この記述は、Winston, Gordon. 1999. ” For – Profit Higher Education: Godzilla or Chicken Little”, *Change* 31 (1) pp. 12–19 に拠っている。
 - 16) Leatherman, Courtney, 1998. ” U. of Phoenix’ s Faculty Members Insist They Offer High-Quality Education.”, *Chronicle of Higher Education*, October 16, pp. A14–16.
 - 17) Cf. Chait, Richard P. 2002, *ibid.*, p. 25.

教科における啓発的経験教育の試み

—キャリア教育の観点から啓発的経験をさせる自然科学系科目の授業事例—

加澤 恒雄、湯尾 慎一

Enlightening Experiences on the Subjects

—Class Practice Examples of the Natural Science Subjects to Let Students Do
Enlightening Experiences from the Viewpoint of Career Education—

Tsuneo KAZAWA, and Shin-ichi YUO

We must make students do the enlightening experiences through our total school educational activities. It is established by Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology. But, as for the present conditions, the enlightening experiences are carried out mainly by extracurricular activities. In a subject, it is thought that it is difficult to let students do enlightening experiences. Above all, it is thought that it is so difficult in a physical science subject. I challenged that I did education to lead to students' enlightening experiences in two subjects. In physical science and mathematics, I show the practice report that I carried out to lead to enlightening experiences. We wish enlightening experiences will become to be carried out in our total school education.

緒言

筆者らは、「日本キャリア教育学会」（5年前に「日本進路指導学会」から名称変更）の学会員として、共通の関心である「進路指導ないしキャリア教育についての理論と実践」という共通のテーマについて、研究を続けてきた。キャリア教育の重要なテーマのひとつは、「啓発的経験教育」をいかにして効果的に行うか、ということである。

本稿では、筆者の1人である湯尾の通常の授業における啓発的経験について論述する。理系教科において啓発的経験としては、「実験」が挙げられる。理科においては、実験は欠かせないものである。本稿では、理科だけではなく、数学においても啓発的経験を行った記録を述べる。

理科の中でとくに物理は数学との関係が深く、多くの

共通の項目がある。そこで、回転力と2次関数の関係を水をターンテーブル上に載せ、回転させた際にできた水面の2次関数と微積分の関係から、微積分の有用性を示した実践と空間図形を理解させるために、空間座標を段ボールモデルでつくった実践を紹介する。数学と啓発的経験を繋げる機会は多くないが、微積分が物理実験で起こった現象を分析するとき役に立つことを示すことができた。また、空間座標においては実物に触れることによって、生徒自身による発展を助けることになった。

このように、啓発的経験が教科の指導においても重要であることが理解できる。

1. 啓発的経験の現状と課題

啓発的経験については、多くの場合、職業体験やオープンスクールへの参加などの実践や、総合的な学習の時

Keywords: Enlightening experiences, Career education, Mathematics education, Natural science education,

間を中心とした実践が多く報告されている。啓発的経験が重要視されてきたのは、1993年2月22日の「学校教育法施行規則の一部を改正する省令等について(通達)」(文初高第243号 文部事務次官通知)によると、生徒の進路の選択や学校の選択に関する指導は、偏差値に依存して行われるのではなく、学校の教育活動全体を通じて、的確に把握した生徒の能力・適性、興味・関心や将来の進路希望等に基づき、また、進学しようとする高等学校や、学科の特色や状況を生徒が十分理解した上でなされるべきである。1993年6月15日の「中学校における進路に関する啓発的な経験等の充実について」(文初職第355号 文部省初等中等教育局長通達)において、今後の進路指導においては、特別活動の学級活動や勤労生産・奉仕的行事を中核としつつ、学校の教育活動全体を通じて、こうした進路に関する啓発的な経験等の機会を、中学生に積極的に提供するとともに、その内容の充実を図っていくよう、この趣旨の徹底を図ることを通達している。

啓発的経験は、総合的な学習の時間および特別活動を中心として展開されている。中央教育審議会答申「今後の学校におけるキャリア教育・職業教育の在り方について」においては、初等中等教育については、キャリア教育の実践に当たり、総合的な学習の時間や特別活動等を活用している学校が多いが、体系的な指針が十分に示されず、教科・科目等の中でも実践する時間が十分に確保されていない場合も多いことから、それぞれの活動が断片的にとどまってしまったり、学校ごとで取組に偏りができてしまったりするという課題が見受けられる。キャリア教育は、それぞれの学校段階で行っている教科・科目等の教育活動全体を通じて取り組むものであり、単に特定の活動のみを実施すればよいということや、また、新たな活動を単に追加すればよいということでもない。各学校では、日常の教科・科目等の教育活動の中で育成してきた能力や態度について、キャリア教育の視点から改めてその位置付けを見直し、教育課程における明確化・体系化を図りながら、点検・改善していくことが求められる。また、各教科・科目等における取組は、単独の活動だけでは効果的な教育活動にはならず、取組の一つ一つについて、その内容を振り返り、相互の関係を把握したり、それを適切に結び付けたりしながら、より深い理解へと導くような取組も併せて必要である。さらに、各教科・科目等における取組だけでは不十分な内容を把握し、その内容を付け加えていく取組も必要である。

以上のように、キャリア教育において重要である啓発的経験は、学校生活すべてにおいて実施しなければなら

ないものであるにも関わらず、特別活動および総合的な学習の時間が中心となっている。

2. 物理と数学のカリキュラムの関係

物理の教科書に記載された数学の公式についてあげると、物理Ⅰでは、「三角比」「弧度法」「三角関数の公式」「図形の面積」「平行線の錯角同位角」「三角形の重心」「直線の式」「放物線の式」「ベクトル」「指数対数の公式」「2次方程式の解の公式」「平方根」「閉関計算」「近似式」などがある。物理Ⅱではこれに加え、「対数計算の公式」「数列の和」「2次曲線の式」などがある。物理Ⅰの教科書では、数学の知識の掲載されている4ページのうちベクトルは30%を占め、三角比三角関数は25%を占める。

それでは実際に物理を学ぶに当たって必要な知識を数学科で提供しているかを検証する。物理Ⅰでは、力学で「ベクトル」が必要であり、和と差、内積、成分表示(方向を三角比で示す)などの知識が必要である。また、「1次関数」では、区分求積法の様式で面積を求める図が表示されており、重力の影響を受ける宇運動では、「2次関数」が必須である。波動では、「三角関数」の弧度法の知識が必要である。

物理Ⅱでは、ベクトルの演算、三角関数、2次曲線、複比例が必要である。

物理Ⅰでは力学を最初に扱うが、多くの学校では2年生で理系担当になっていることが多い。

1次関数、2次関数、三角比については、数学Ⅰで学習する単元であり、1年生で履修済みである。ベクトルは、2年生以上担当科目の数学Bで扱うが、2年生の後半で扱われることが少なくない。物理の力学との関係からすると、ベクトルは前半で扱われることが望ましい。2年生担当科目の数学Ⅱで扱われる三角関数は、物理では、2学期後半で扱う波動で必要である。できれば数学Ⅱでも、三角関数を2年生の前半で学習しておいてほしいものである。

このように、物理では数学的な知見を多数必要とする。しかしながら、これを物理で必要とされていることを認識していない数学教師は少なくない。湯尾(筆者の1人)のように、数学を自然科学の共通言語として捉えている数学教師は少数である。

実際、授業順の変更を提案したときも、ほとんどの場合、数学科では却下されてきた。また、学校全体のカリキュラムを統括する教務部は、必ずしも教科間の関係に配慮し、調整しているとはいえない。

3. 物理と数学の関係を踏まえた授業実践

ベクトルは、相対速度においてとても重要な分野である。物理では、一般にベクトルを作図することで、相対速度を求めさせる問題がほとんどであるが、数学的な知識を徹底的に使うために、私は、次のような問題を設定した。

この問題は、物理の定期試験で出題したものである。一般に物理では、相対速度はベクトルの差で表され、Figure 1 のように作図するだけで答えを示すものである。

作図させるだけではなく、速度の大きさと向きを求めするのである。このようにすることで、数学的知識が自然科学の理解に役に立つことを実感できる授業展開を、心がけた。

[2] 船Aは東向きに5.0 m/s、船Bは北向きに6.0 m/s、船Cは西向きに7.0 m/s、船Dは南向きに8.0 m/sの速さで、それぞれ静水面上を進んでいる。この時、Aから見たBの相対速度は、北から40°西向きに $\sqrt{61}$ m/sである。次の相対速度を同様な方法で示せ。

(この問題は $\sqrt{\quad}$ はそのままよい)

- (1) Bから見たCの相対速度を求めよ。
- (2) Cから見たDの相対速度を求めよ。

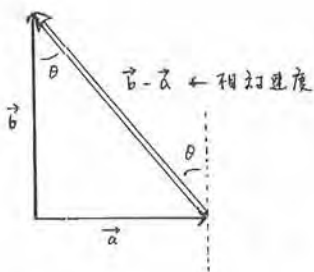
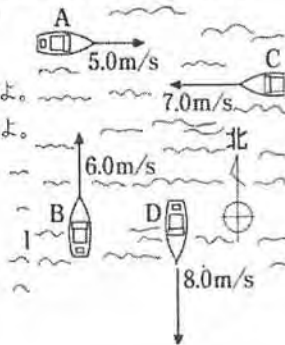


Figure 1

また、物理の教科書には、区分求積法が掲載されている。つまり、自然科学現象の理解には、微分積分は欠かせないものである。しかしながら、物理の教科書にはそのような記述が見られない。

実際に、微積分によって自然科学現象を見ることができるとして、遠心力と中心からの距離の関係を具体的に見るために、次のような実験を行った。

ターンテーブルの上でペットボトルに水を入れて、それを回転させたところ、Figure 2 のようになった。水面

が放物線を描いているように見える。これが放物線であることを証明するには、微分積分とベクトルの知識が必要である。

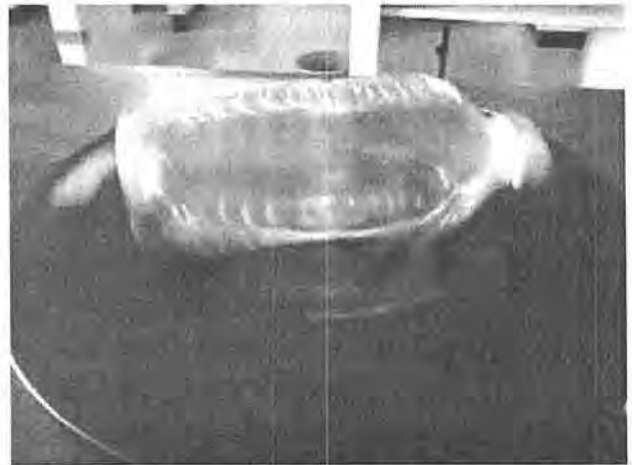


Figure 2 ターンテーブルで回転させたときの水面

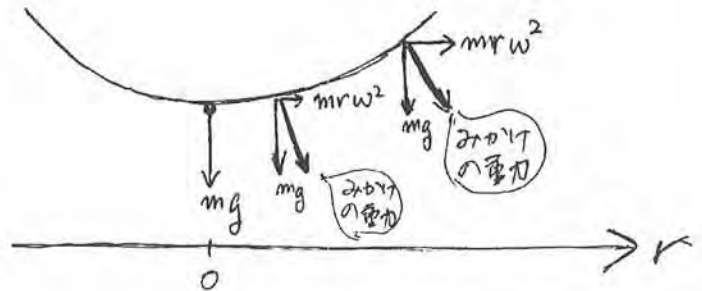


Figure 3 水面の各点における見かけの重力の方向

各点においてどのような力が加わっているかを考えると、Figure 3 のようになる。回転の中心は重力のみで、中心から離れれば離れるほど大きな遠心力がかかる。

重力 $=mg$ 遠心力 $=mr\omega^2$ であり、重力は一定で、遠心力は角速度の2乗と半径に比例する。水面は、この合力の向きと垂直になる。したがって、水面の傾きは $mr\omega^2/mg$ となり、物体の質量に関わりなく $r\omega^2/g$ となる。 g は重力加速度で一定であり、 ω は角速度によって決まるので、Figure 2 は一定の速度で回転していることから、 ω も定数となる。

つまり、水面の傾きは $(\omega^2/g)r$ となる (ω^2/g は定数)。

中心からの距離 r と、水面の傾きの式が得られたので、これを r について積分すると、水面の形状を表す関数となる。

$$\int (\omega^2/g)r \, dr = (\omega^2/2g)r^2 + C$$

C は積分定数で中心の水面の高さを示し、 $(\omega^2/2g)$ は定数であるので、水面の高さは2次関数で表される。した

がって、水面は放物線である。

このような説明を「物理」の時間に行ったところ、生徒たちからは、「数学って役に立つんだ。」という感想が得られた。実際、生徒たちは数学がどのように役に立っているのかを知らないケースが散見される。

目の前で見た現象が、数学の知見によって分析できるということに気づいたのである。これも啓発的経験といえる。

また、物理の教科書には、下の図のような区分求積によって速度と移動距離の関係を示したグラフが掲載されている。これを積分の考え方に基づいて説明すれば、理解が深まると考える。

v-t グラフでは、速度のグラフと時間軸で囲まれた部分の面積が、移動距離になる。

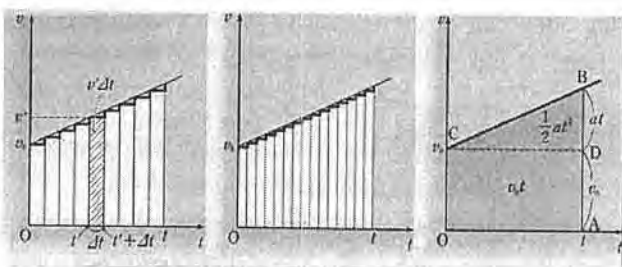


Figure 4 横軸に時間、縦軸に速度をとった v-t グラフ

4. 数学教育における試み

次に、数学の時間に実物に触れる授業を行った記録を紹介する。空間座標モデルの提案である。

空間図形や空間ベクトルを認識するのは、生徒にとって容易ではない。とくに、空間に座標を取って2点を結ぶベクトルを、イメージさせるのは難しい。段ボール箱を分解して、空間座標を作成することを発案し、実践した。以前、針金3本を用いて x 軸 y 軸 z 軸を作り、解説していたが、3軸を直角に固定することが容易ではなく、扱いにくかった。

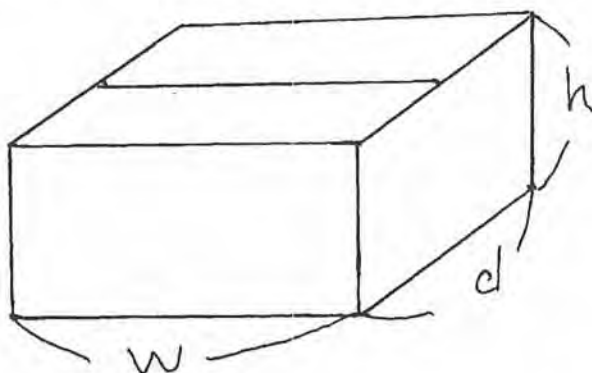


Figure 5 段ボール箱

Figure 5 のような一般的な形状の直方体の段ボール箱

を、Figure 6 のように開き、Figure 7、Figure 8、Figure 9、Figure 10 のように4つのパーツに分け、切れ込みを入れる。

Figure 7 と Figure 9 を組み合わせると、yz 平面と zx 平面となる。これに Figure 8 と Figure 10 を xy 平面となるように入れると、Figure 11 のよう空間座標が完成する。平面の点 A と y 軸対象な点 A' は、黒板に図を描いて説明できる。空間の点 A と zx 平面に対象な点 A' を、段ボールモデルを使って、Figure 11 のように木琴のバチの先端を点に見立てて説明した。

「○○対象な点」は、「○○」に示されていない軸の座標にマイナスがつくことを、容易に空間で理解させることができたので、「2つが3つに増えただけ」が合い言葉となった。

平面座標で、点 A (a_1, a_2) と点 B (b_1, b_2) を結ぶ AB の成分は ($b_1 - a_1, b_2 - a_2$) であることを、図を描いて復習する。空間座標においては、図を描かなくても「2つが3つに増えただけ」で、AB の成分は ($b_1 - a_1, b_2 - a_2, b_3 - a_3$) であることを、容易に理解できるうえに、平面ベクトルの復習にもなる。

この学習の結果を、生徒の感想の主なものから検証する。

- ①「空間ベクトルを勉強するのに、平面ベクトルを復習したときにやっとベクトルの意味がわかった」
- ②「平面が2次元で、空間が3次元、4次元以上では物は作れないけど、計算できることに驚いた」
- ③「○○さんがチョークの箱に、Figure 12 のようにアルファベットを書いて、直方体のモデルを作って説明してくれたので、ベクトルがわかった」

①は、段ボールモデルを示したので、平面に書かれた空間の図から空間の様子を想像する必要がなかったため、成分表示の説明が演算の復習となって出た感想であると考えられる。

②は、平面座標を学習するときから、「ベクトルは図形を計算で求めるシステムである」と繰り返し述べていたため、「2つが3つになっただけ」という理解に進み、4次元以上も受け入れられたのだと考えられる。4次元の話におよんだとき、生徒からクラインの壺に関する発言があった。「図は描くのは難しいけれど計算なら簡単にできる。だから、座標は書けなくても座標の計算はできるので、次元を無限に拡げることができるので、n次元空間が定義できる」と、n次元への発展の可能性を示唆することができた。

③は、身近にあるもので空間モデルを作ったことから、手近にあるもので直方体モデルを作り、友だちに説明し

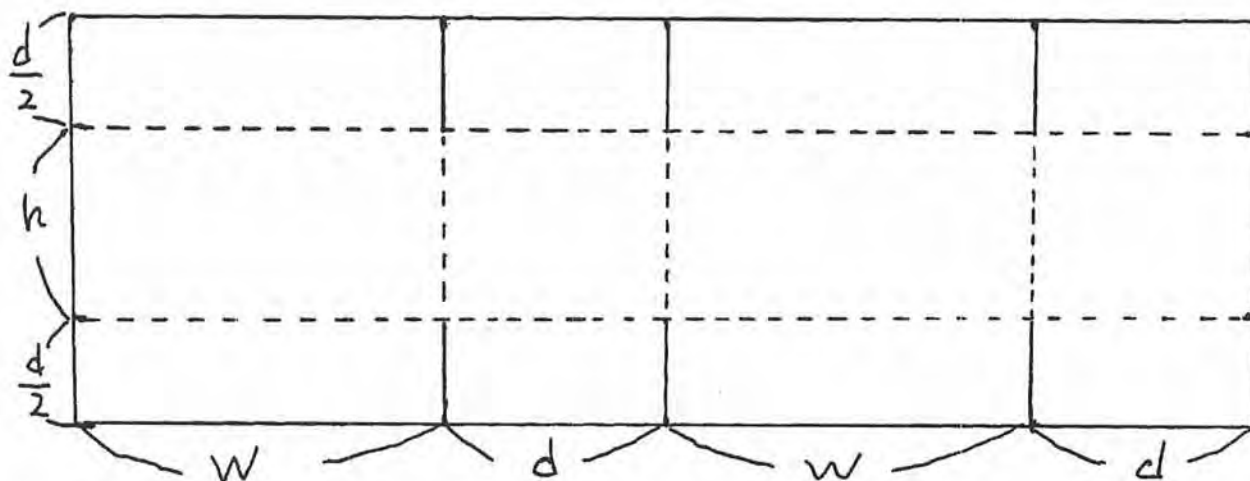


Figure 6 段ボール箱の展開

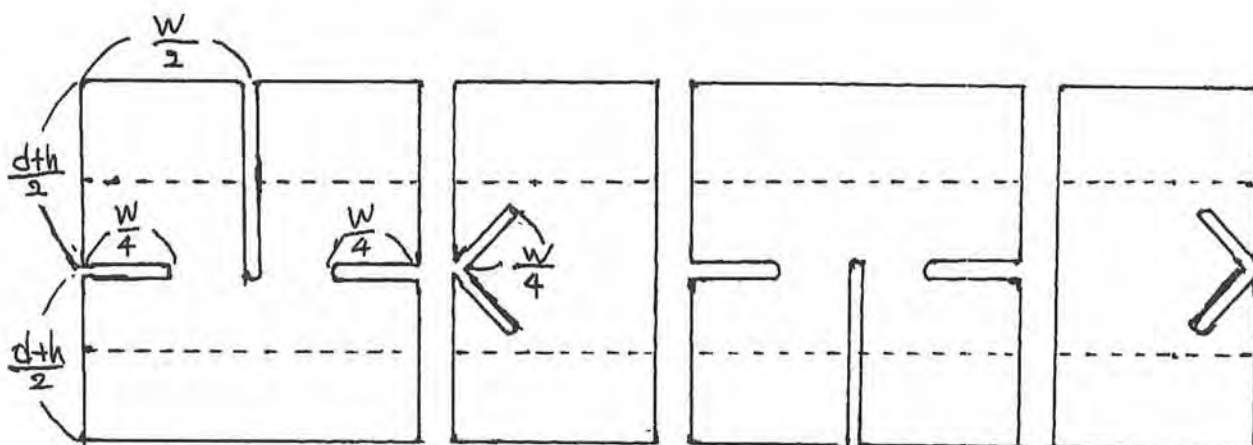


Figure 7 垂直面になるパーツ

Figure 8 水平面

Figure 9 もう一つの垂直面

Figure 10 水平面

たとえられる。段ボールモデルは、容易に作る事ができるので、各教室に放置しておいたところ、Figure 13のように、各平面や軸などが書き込まれていた。一般的には yz 平面であるが、 zy 平面と書いてあるのは、生徒が自主的に書いて間違えたのでご愛敬である。また、書いた本人は、間違ったことには気付いている。

段ボールモデルは、生徒たちの自主的な学習を促し、空間の理解の助けになったと考えられる。

さらに、ベクトルの内積は、力学との関わりで重要であることが物理の教科書の記述から理解できる。これも物理を担当したときには、授業で伝えるように実践した。

5. 授業において啓発的経験させる際に問題となる現状

このように、理科実験は、啓発的経をせるうえでとても大切なことである。しかし、近年、中学高等学校においては、実験ができない状況になってきている。湯尾は、この10年間に6校の私立中高に関わったが、そのうちの1校には実習助手がいなかった。5校にはいたが、そのうちの3校が実習助手を廃止した。つまり、以前は6校のうち5校には実習助手がいたのだが、現在は6校のうち2校にしかいないことになる。

理科の実習助手は、実験室における薬品および実験器具の管理をしている。実験をする際には、教師の指示に従って生徒数分の実験器具を用意したり、必要な薬品の発注をしたりしている。また、実験後は器具類をもとに戻すのである。

まず、実習助手がいなかった学校では、ほとんど実験が行われていなかった。実験をするためには「事前の準備」「事後の片付け」が必要である。これを教員がすると、実験の前の時間と後の時間をその処理のために使わなければならない。前後にほかのクラスの授業があれば、始業前の準備や放課後の後片付けとなってしまう。つまり、実験を行っていない時間も、教室を占拠することになる。理科実験室も、実験に使っていないときは、ほかの目的で使われる。授業時間でもないのに道具を出しっぱなしにして教室を占拠することは、控えなければならない。そうすると、実験自体ができなくなる。

実習助手がいれば、直前の迅速な準備、直後の片付けが可能である。実際、実習助手がいなくなった学校では、いた年は各クラス学期に1回は実験していたが、いなくなったために演示実験のみになった。実習助手については、学校教育法の第六十条には、高等学校には、実験または実習について、教諭の職務を助ける「実習助手」をおくことができる、と規定されている。さらに、高等学校設置基準の第十二条では、「高等学校には、校長、教頭、教諭、事務職員のほか、実習助手及び養護教諭その他の生徒の養護をつかさどる職員を置かなければならない。」と規定されている。

つまり、高等学校においては実験実習助手をおかないことは、明確に文部（当時）省令違反である。これは、後期中等教育を行う高等学校や中等教育学校において、とくに、実習助手の配置に対する需要があると考えられて、規定されているものである。小学校や中学校などに実習助手を置くことも可能であり、置く方が望ましいと考えられる。このように、文部（当時）省令に違反をして、生徒の啓発的経験の機会を奪っていつている現状がある。

結 語

啓発的経験は、特別活動および総合的な学習の時間が中心となっているが、学校生活全体を通じて、と規定されている。そのため、各教科でも、啓発的経験に繋がる授業実践をする必要がある。実験を行うことができる理科では、比較的容易に啓発的経験に繋がる授業実践を行うことができるが、数学では、具体化が難しい側面がある。しかし理科との関係に言及することや空間モデルを作ることなど啓発的経験に繋げることは不可能ではない。

1999年告示の学習指導要領から、「生きる力」を育むことが重視されている。その学習指導要領のもとで、啓発的経験を意識した実践を行った記録である。また、今

年度（2012）から実施された学習指導要領でも「生きる力」を重視していることに変わりはなく、啓発的経験を重視した授業実践を行う必要があることを指摘しておきたい。

なお、本稿は、日本数学教育学会第91回全国算数・数学教育研究（京都）大会（2009年8月）および第93回全国算数・数学教育研究（神奈川）大会（2011年8月）において発表をしたものに筆者らが再度検討し、加筆、修正したものであることをお断りしておく。

文 献

- 1) 加澤恒雄 「大学生の学習理論開発の必要性」大学進学研究会機関誌『大学進学研究』Vol. 16 No. 2、平成6年
- 2) 加澤恒雄 「現代の進路指導から見たフリーター問題」『広島工業大学研究紀要（研究編）』Vol. 35、平成13年
- 3) 加澤恒雄 「適切な教科内容による学習意欲喚起の重要性に関する研究」『広島工業大学研究紀要（教育編）』Vol. 9、平成22年
- 4) 加澤恒雄 「キャリア教育における教育方法の実践的開発」『広島工業大学研究紀要（研究編）』Vol. 45、平成23年
- 5) 加澤恒雄 「高等教育機関におけるキャリア教育の現状と課題」『工学教育』誌日本工学教育協会 Vol. 60 No. 1、巻頭論文、平成24年
- 6) 兵藤申一、福岡登、高木賢志郎 高等学校物理Ⅰ改訂版（文部科学省検定済教科書） 新興出版啓林館 平成18年
- 7) 兵藤申一、福岡登、高木賢志郎 高等学校物理Ⅱ改訂版（文部科学省検定済教科書） 新興出版啓林館 平成19年
- 8) 湯尾慎一 「自然科学の共通言語として数式を捉える数学教育—理科教育における数式の理解と応用力の分析—」『第91回全国算数・数学教育研究（京都）大会 発表原稿集』日本数学教育学会、平成21年
- 9) 湯尾慎一 「 n 次元に発展する空間座標・空間ベクトルの提案—自主学習を喚起する段ボール空間座標モデル—」『第93回全国算数・数学教育研究（神奈川）大会 発表原稿集』日本数学教育学会、平成23年
- 10) 中央教育審議会答申「今後の学校におけるキャリア教育・職業教育の在り方について」
http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chukyoo

- /chukyo3/004/siryu/attach/1303768.htm (2012年10月20日確認)
- 11) 文部省初等中等教育局長通知「中学校における進路に関する啓発的な経験等の充実について」文初職第三五五号 平成五年六月一五日
http://www.mext.go.jp/b_menu/hakusho/nc/tl9930615001/tl9930615001.html (2012年10月20日確認)
- 12) 学校教育法(昭和二十二年三月三十一日法律第二十六号)最終改正:平成二三年六月三日法律第六
- 一号
<http://law.e-gov.go.jp/htmldata/S22/S22HO026.html> (2012年10月20日確認)
- 13) 高等学校設置基準(昭和二十三年一月二十七日文部省令第一号)最終改正年月日:平成一四年三月二十九日文部科学省令第一六号
<http://law.e-gov.go.jp/haishi/S23F03501000001.html> (2012年10月20日確認)

石を使わずにつくる焼き芋の簡易調理法の開発－IH ヒーターの場合－

品川弘子 哥 亜紀 山中 咲 樋山直美

Study on Convenient Method of Cooking for Baked Sweet Potato in Pot

－ Case of Induction Heating Cooker －

Hiroko Shinagawa, Aki Uta, Saki Yamanaka and Naomi Hiyama

The cooking for baked sweet potatoes in Japanese deep frying pot with a IH (Induction Heating) as a gas cooker have been tried out to obtain the equivalent to Ishiyaki-imo. Heating conditions were tested for the temperature and duration of the cooking. In the case of IH, it was not exactly the same as the heating conditions of a gas cooker (for 30 or 35 min). It was found that the heating for 60 or 55 min. in a weak or middle of thermal power can give the highest saccharinity. After 25 min. heating, wapped the sweet potatoes twice with aluminum foil were turned over. The IH was equivalent to the gas cooker in sweetness. The sensory evaluations with respect to the color, flavor, sweetness, texture and total evaluation were not significantly preferred between the IH and gas cooker. It was recognized that the IH method has the same baked sweet potato as Ishiyaki-imo which was cooked by heating gentry in a mass of pebbles.

1. 緒言

これまでに著者らは石を使わずに家庭でも簡単に作れる焼き芋を作る方法として、小石の代わりにアルミ箔で包んだサツマイモを「天ぷら鍋」に入れ、ガスコンロの弱火で焼き上げる調理方法を見出した¹⁾。この方法によるとガスコンロの弱火で 30 分間加熱することにより手軽に美味しい焼き芋をつくることのできる（焦げ目を均一に付すため途中で天地変えを行う）。この方法はオープン加熱原理を応用したものである。オープンの伝熱方法は、庫内の対流熱、天板からの伝導熱、庫壁からの放射熱に起因することから、もっとも石焼き芋に近い「焼き芋」が作れることが判明した。ここでは、サツマイモに多量に含まれるβ-アミラーゼ^{2) 3) 4)}が加熱中に最適温度で十分に作用し、糖度が増し石焼き芋と遜色ない美味しい焼き芋となった。

酵素の失活については、加熱以外に pH、塩濃度、溶媒、他の酵素による要因なども知られているが⁵⁾、サツマイモの酵素作用は 60～70℃で活発に働き、加熱調理器

の火力および加熱温度と時間に依存し、澱粉の糊化温度とも関係が深く澱粉の非還元末端基から規則的に正しく麦芽糖に加水分解されると考えられている^{6) 7) 8) 9)}。

近年は、家庭で使う調理器具として、ガスコンロの他に IH 加熱調理器^{10) 11) 12)}（以下、IH と略す）も増えている。しかし、IH を用い、小石を使わずに焼き芋を作る調理方法に関する研究は未だ見当たらない。

そこで本実験では、ガスコンロの代わりに IH を用い、家庭でも簡単に美味しい「焼き芋」を作る調理法の開発を目的とし、加熱温度や加熱時間を検討し若干の結果が得られたので報告する。

2. 実験方法

2.1 試料

実験に用いたサツマイモ（なると金時：JA 全農とくしま産）は 10 月～11 月末までの期間に同一販売者から購入し、購入後 2 週間以内の実験に用いた。購入後は室温（23±2℃）で保存した。一般的に芋の形状は中央

部より両端が細くなるが、試料に用いたサツマイモはなるべく形の整った芋を選び(中央部の直径 $5.2\pm 0.4\text{cm}$)、皮付きのまま両端を切り落とし、長さ $14.0\pm 0.2\text{cm}$ に揃えた(1本の重量:200~250g)。

2.2 調理方法¹⁾

加熱調理器はIH (Induction Heating :KZ-PH31、パナソニック株式会社製)を用い、IH以外の器具類は既報¹⁾に準じて実験を行った。

鍋は家庭用の天ぷら鍋(片手付き、直径20.0cm、高さ15.0cm、ヒロショウ製)を用い、オープンおよび石焼加熱と同様な熱伝導を可能とするため、一度軽く丸めて皺を作り、凹凸状態にしたアルミ箔でサツマイモを二重に包んだ。蓋には二枚重ねにしたアルミ箔を用い、中央に2箇所を開け(各直径0.6cm)、ここから防水型デジタル温度計(MODEL SK-250WP II-K、佐藤計量器製作所製)の温度センサーを差し込み、これらの条件下で鍋内の温度および芋の中心温度を3~5回測定した。焼き芋としての加熱終了の目安は、サツマイモに竹串を刺し、串がすっと刺さるまでの時間とした。

もともと小石を使わず鍋で焼き芋を作るという著者らの発想は、オープンの伝熱方法を「鍋」で行うという観点からガス加熱(火力:弱火、加熱時間:30分)により成功したものである¹⁾。今回、予備実験としてIH調理器を用いガス加熱と同様の条件下でサツマイモを加熱し、30分後にサンプリングしたところ、食味には不適当な「ごり芋」^{13) 14) 15)}の状態であった。

すなわち、IHの弱火設定で30分間加熱しても美味な焼き芋を作ることができないことが判明した。

そこでまず、IH調理器による鍋内での伝熱の変化を調べることにした。火力を弱火、中火、強火の3段階に設定し、各鍋中にサツマイモ2本を入れた場合と入れない場合について、鍋内の温度上昇ならびにサツマイモの中心温度を測定した。加熱時間は、竹串がすっと刺さる時点を目安に予備実験を行った結果から60分までとした。サツマイモは一本ずつ皺状にしたアルミ箔で二重に包み¹⁾、均一な加熱および焦げ目を付すため加熱開始後25分で天地変えを行った。

2.3 IH加熱調理器^{10) 11) 12)}

IHは電磁調理器とも言われ、炎のない新しい仕組みを持ち近年認知度が高まっている。その仕組みは、ガラストッププレートの下に磁力発生コイルがあり、このコイルに電流が流れると磁力線が発生する。この磁力線が鍋底を通ると渦電流が起こり、鍋底の金属の電気抵抗に

よってジュール熱が発生して鍋底自体が発熱する仕組みとなっている。故に、IHで使用できる鍋は底が平らであり、鍋の素材は磁力に反応する鉄やステンレスに限られていた。しかし2002年以来、「オールメタル対応IH」という製品が出回り、現在はアルミや銅の鍋も使える。IH加熱の調理器といえば、現在多くの家庭で使用されている「IH炊飯器」(1988年発売)がもっとも身近なものと言える。

IHの火力はごく弱火から強火までの火力の設定ができ、これを一定の時間保つことができる。ただし、ガスコンロの場合炎が周囲に向かうので、鍋の側面周辺部のほうが熱くなるが、IHの場合は鍋底部分がもっとも熱くなり、また加熱むらが起こるという特徴がある。

2.4 糖度の測定

予めセラミック製のおろし器ですりおろした生および加熱したサツマイモをブレンダー(Oster Blender ST-2、OSAKA CHEMICAL製)付属のガラス容器(容量:250ml)に20gを精秤し、希釈倍数が4~5倍となるように水を加え、水と共に60秒間磨砕し、ろ紙でろ過後の液を糖度計(APAL-1、アタゴ製)で測定した。生および加熱後の糖度は次式により求めた¹⁶⁾。すなわち、糖度=糖度計の読み(Brix%)×希釈倍数×100/(100-重量減少率(%))として算出した。測定部位は各調理法に用いた1本の芋を3等分し、その中心部から切り取った円柱(高さ $2.0\pm 0.2\text{cm}$)を各測定し、1本分の値とした。測定回数は火力別に行った実施回数と同様とした。

2.5 色調

分光測色計(CR-13、コニカミノルタ製)を用いてハンター尺度の $L\cdot a\cdot b$ 値を測定した。測定部位は糖度と同様にし、その切り口の断面について中心部およびその外側を含めた5箇所を測定した。

2.6 官能評価

2点比較法により、「ガス加熱」および「IH加熱」による焼き芋2種類について、「色」「風味」「食感」「甘味」「総合評価」の項目を評価した。評価法は識別および嗜好試験を行った。パネルは東京聖栄大学健康栄養学部の学生30人とし、同大学官能評価室にて平成24年11月20日に実施した。官能評価の実施に当たり、パネルには事前に実験の目的などを説明し協力を得た。「同意書」については、本学倫理委員会の助言により学務課ならびに教務委員会に報告した。

3. 実験結果および考察

3.1 IHによる加熱温度および加熱時間

空鍋の状態での加熱時間と鍋内の温度およびサツマイモ2本をいれた場合の鍋内温度、サツマイモの中心温度を測定し、弱火設定の結果を Figure 1 に、中火設定の結果を Figure 2 に、強火設定の結果を Figure 3 に示した。加熱開始時の芋および室温は $23.0 \pm 2.0^\circ\text{C}$ であった。

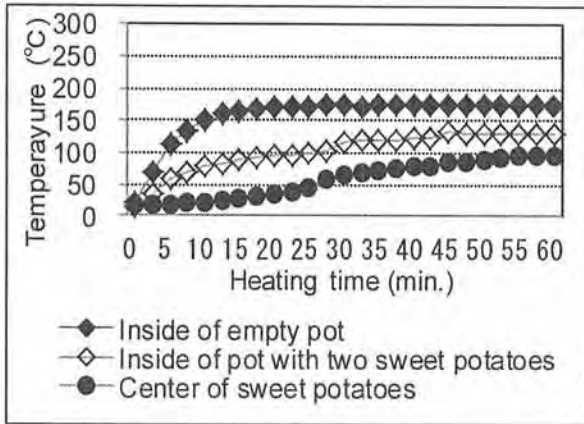


Figure 1 Temperature of heating in weak of thermal power

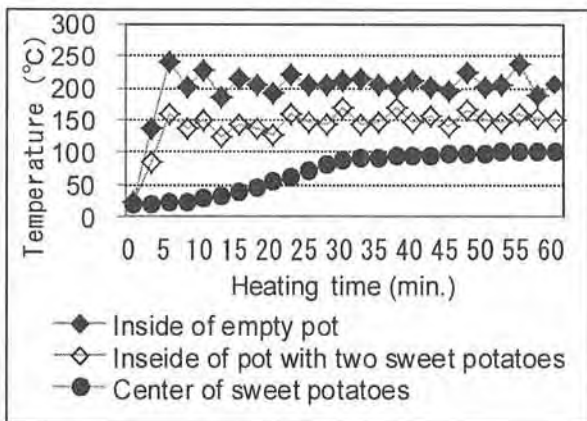


Figure 2 Temperature of heating in middle of thermal power

空鍋内の温度は、弱火設定の場合、立ち上がり10分で 150°C 、その後は $170^\circ\text{C} \sim 180^\circ\text{C}$ にほぼ一定に保たれた。しかし、中火および強火設定では、各温度を平均的に保つため調理器自身が上昇したり低下したりしながら加熱が行われた。中火および強火設定では加熱5分後に 240°C まで上昇し、その後は約 200°C を保ったが、強火のほうが平均的に 10°C 高かった。

いずれの温度設定においてもサツマイモを入れた鍋内

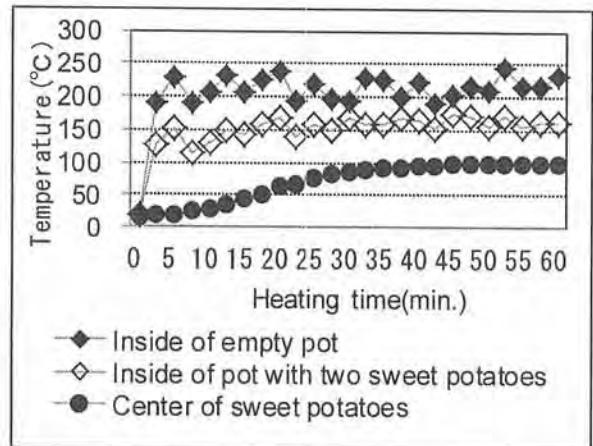


Figure 3 Temperature of heating in strong of thermal power

の温度は低下し、同様な条件下におけるガス加熱のように 200°C まで上昇しなかった。立ち上がり後の温度は、弱火では $80 \sim 140^\circ\text{C}$ 、中火および強火は $140 \sim 160^\circ\text{C}$ であったが、中火より強火のほうが平均的に約 8°C 高かった。天地変えによる温度の影響は見受けられなかった。

3.2 サツマイモの温度と糖度

竹串がすっと刺さる状態になったのは、弱火設定の場合は加熱55~60分 (Figure 1)、中火設定の場合は50~55分 (Figure 2)、強火の場合は35~40分 (Figure 3) であった。いずれもデンプンが充分糊化されている温度帯 $90 \sim 98^\circ\text{C}$ であり、相対糖度3.6が得られ、既報¹⁾のガス加熱と同様の傾向が示された。しかし、強火の焼き芋は明らかに焦げ臭が強かった。強火の場合、天地変え後に一気に温度が上昇し竹串がすっと刺さる状態になり、徐々に焦げ臭が強くなったことが起因すると考える。各火力設定温度において、天地変えを行った25分後の芋の中心温度は $50 \sim 60^\circ\text{C}$ 近辺であった。この温度帯はデンプンの糊化が開始し β アミラーゼが活発に作用している¹⁷⁾¹⁸⁾と推察された。また、 $30 \sim 70^\circ\text{C}$ までの温度上昇時間を20分間保つことが甘い焼き芋をつくるコツであるとされているが¹⁾、本実験でも同様な傾向が示された (Figure 1, 2, 3)。IHの弱火加熱30分では、芋の中心温度は 60°C 程度で、糖度を調べると相対糖度2.5であった。相対糖度は生芋の糖度に対する加熱芋の相対的糖度で示した。この温度帯のサツマイモデンプンは糊化が不十分であるため「ゴリ芋」^{13)~15)}状態となり竹串がすっと刺さらなかったと考える。この結果から、IH加熱の場合、弱火で30分というガス加熱と同様な条件下では焼き芋を作ることができないことが認められた。

以上の結果から、IH 調理器を用いて小石を使わず手軽に焼き芋を作るには、弱火では 55~60 分、中火では 50~55 分の加熱が必要であることが明らかであった。

すなわち、ガス加熱同様に芋を皺状のアルミ箔で二重に包み、IH 対応の天ぷら鍋に入れ、加熱開始後 25 分に天地変えし、蓋をして再び 30~25 分加熱すれば焼き芋となることが認められた。IH 加熱がガス加熱の約 2 倍の時間を必要とするのは、芋を入れた場合、鍋内がガス加熱のように 200℃まで上昇せず、最高でも 160℃という低い温度に保たれていたことが要因と思われる。弱火と中火との肉眼的な違いは、焦げの状態において、前者が薄く、後者が幾分濃く「焼き芋」らしいと思われた点

である。一方、強火では 35 分の短時間で焼き芋となったが、焦げ臭が強すぎるため焼き芋として望ましくないと考える。これは、IH では鍋底のみが加熱されるという仕組みため、強火で強く加熱されて焦げが付与され、その結果焦げ臭が強い焼き芋になったと考える。なお、蒸気抜きの穴がない蓋を使用する場合は、IH においても安全面での観点から加熱と蒸気による温度上昇を適度に調節するため、鍋の淵から竹串の太さ分だけずらして蓋をするのが望ましい¹⁾と考える。

3.3 色調の変化

各調理法で加熱したサツマイモと生のサツマイモの色調 $L \cdot a \cdot b$ 値を測定し Table 1 に示した。

Table 1 Hunter's values of baked sweet potatoes

	L	a	b	Observation
Raw sweet potato	83.1 (0.7)	2.9 (0.9)	23.0 (2.5)	light yellow
IH (middle thermal power)	62.7 (3.4)	-1.3 (0.8)	26.3 (1.7)	light green-yellow
Gas (weak caloric force)	62.2 (5.7)	-1.4 (0.7)	21.8 (4.8)	light green-yellow

n : 10 () : S.D

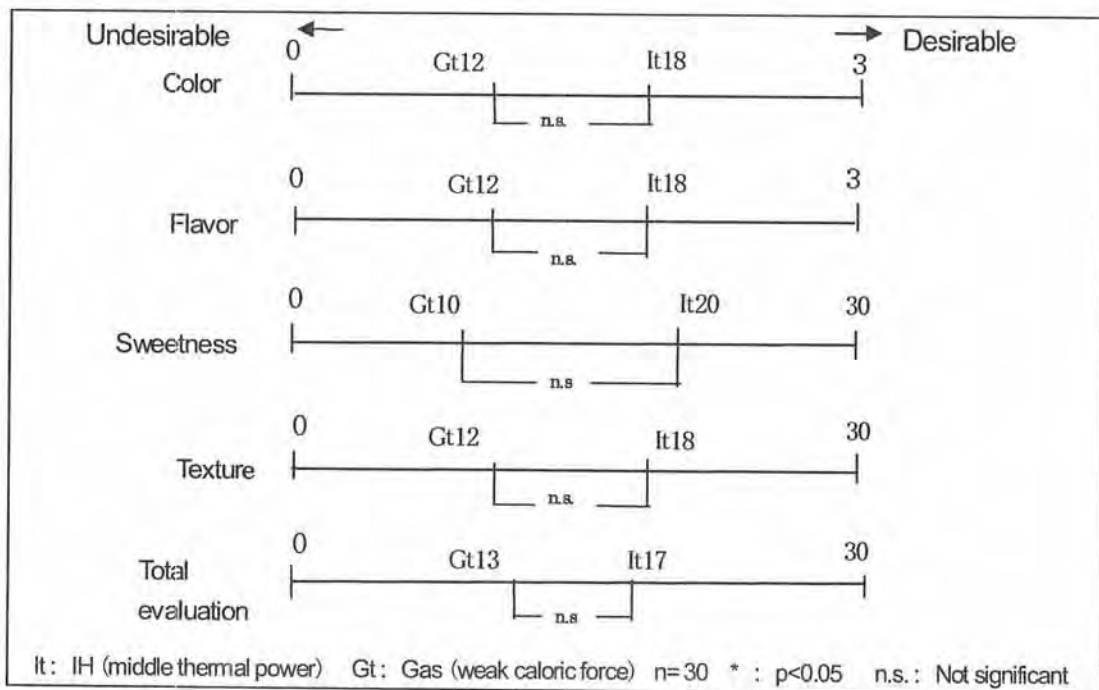


Figure 4 Grade of sensory analysis by paired preference test on baked sweet potatoes

生の芋は明るく淡い黄色であった。加熱後は明度が低下したが、*b* 値には大きな変化は見られず、*a* 値がマイナス方向に移動し、黄を帯びた薄い緑色に変化した。これはサツマイモに含まれるクロロゲン酸に起因するものと思われる。

3.4 官能評価

IH で加熱した焼き芋が食味に与える影響を調べるため、2点比較法により官能評価を行った。

比較の焼き芋として「ガス加熱(弱火で30分)の焼き芋を用いた。IH加熱の試料は中火で55分の焼き芋を用い、有意水準 $\alpha=5\%$ で検定した。

Figure 4 に嗜好試験の結果を示したが、質問項目は識別試験についても同様である。検定結果は識別および嗜好試験のいずれの項目についても有意な差が得られなかった。

すなわち、「IH加熱(中火で55分)の焼き芋」と「ガス加熱(弱火で30分)の焼き芋との間には、食味による差はなく、どちらの調理器で作っても食味の評価は同じであるという結果であった。つまり、「IH加熱(中火で50~55分)の焼き芋」の調理法は「ガス加熱(弱火で30~35分)」の焼き芋と同様な焼き上がりとなると考える。今回は中火加熱の試料を用いたが、先に述べた実験結果からも(Figure 1)、弱火加熱のもの(55~60分)でも同様な結果が得られると推察した。

4. 要約

これまでに、鍋を用いて美味な焼き芋をガスコンロで手軽に作る調理法を開発した(弱火で30~35分加熱)。本実験では、ガスコンロの代わりにIH調理器具を使い加熱時間および温度設定を検討した。鍋は家庭用天ぷら鍋を用い、皺状にしたアルミ箔でサツマイモを2重に包み、IH(火力設定:弱・中・強)で各加熱した。均一に伝熱するため加熱後25分で天地変えを行った。

IHの弱火設定の場合、30分では「ごり芋」状態であったため食味が不可能であった。IHの弱火あるいは中火の設定では、前者は60分、後者は55分の加熱が必要であった。強火の場合には30分後に食味可能となったが、かなり焦げ臭が強い焼き芋であった。IH加熱とガス加熱で調製した各焼き芋について、2点比較法による官能評価を行った結果、有意差は得られず、いずれも同様な評価となった。つまり、IH加熱の場合は、弱火あるいは中火に設定にし、60分あるいは55分の加熱をすれば「石焼き芋」と同様な焼き芋になることが認められた。

5. 謝辞

官能評価に協力していただいた本学の学生に厚くお礼申し上げます。

6. 参考文献

- 1) 品川弘子・根本勢子:東京聖栄大学紀要, 第4号, P. 15-20 (2012)
- 2) 河野昭子・石川和江・川本智・南森隆司:家政誌, 62, 11, 701 (2011)
- 3) Balls A. K. Thompson R. R. and Walden, M. K., J. Biol. Chem., 163, 571 (1946)
- 4) Takeda Y. and Hizukuri S.: Biochem. Biophys. Act. 185, 469-471 (1969)
- 5) P. M. GAMAN and K. B. SHERRINGTON: THE SCIENCE OF FOOD, THIRD EDITION (1990): 中浜信子監修・村山篤子・品川弘子訳:食物科学のすべて、154、建白社(2000)
- 6) Dual Boyer, Henry Lardy and Kale Myrback: The Enzyme, 2nd ed. Academic Press, New York and London, 4, 345 (1960)
- 7) 山崎清子・島田キミエ・渋川祥子・下村道子・市川朝子・杉山久仁子:NEW 調理と理論, P. 169 (2011)
- 8) 佐藤秀美:おいしさをつくる「熱」の科学、柴田書店(2009)
- 9) 調理科学学会編:総合調理科学事典、光生館(2003)
- 10) 中山由美子:日本調理科学会誌, Vol. 39, No. 2 (2006)
- 11) 香西みどり:調理がわかるぶつり・化学の基礎知識, P. 126-127, 光生館(2010)
- 12) 杉田浩一:料理のコツを科学する, P. 199-202, 青春出版社(2002)
- 13) 大越ひろ・品川弘子編著:健康と調理のサイエンスー調理科学と健康の接点ー [第3版], P. 136-137, 学文社(2011)
- 14) 川端晶子・大羽和子:健康調理学, p. 127, 学健書院(2004)
- 15) Linda G. Bartolome and Johan E. Hoff: J. Agric. Food Chem., 20 (2), P. 266-270 (1972)
- 16) 大羽和子・川端晶子編著:調理科学実験, P. 69, 学建書院(2007)
- 17) 竹田千重乃・檜作進:農化, 48, 663 (1974)
- 18) 別所秀子:調理科学, 5, 12 (1972)

臨床栄養学
糖尿病コントロールのための有効な心得

アンジェラ・ネル・スチュアート
加澤恒雄・訳ならびに解題

Clinical Nutrition
The Fundamentals of Diabetes Management

Author: Angela Nell STUART, Ms., Translation and Commentary: Tsuneo KAZAWA

Patients with diabetes face the daunting task of daily managing their chronic diseases. They seek and receive advice from many sources. Unfortunately, the healthcare profession often creates more confusion for the patients. This article respects the patients' difficulties and offers healthcare professionals basic tips for those with diabetes. To help advance appropriate diabetes information, focus on the 5 diabetes fundamentals: diagnostic criteria, glycemic goals, pathophysiology of diabetes, carbohydrate basics, and appropriate nutrition messages.

要旨

糖尿病患者たちは、慢性病を毎日コントロールするという脅迫的な作業に直面している。彼らは、さまざまな発信源からアドバイスを求め、受け取る。不幸なことに健康管理の専門家は、それらの患者たちに対してより多くの混乱を惹起している。当論文は、そのような患者たちの困難や苦悩を重視し、かつ、健康専門職の人たちに、糖尿病患者に対する治療のための基本的な心得を提言するものである。適切な先進的糖尿病情報を提供するために、次の5つの糖尿病に関する基本的な原則に焦点を当てる。すなわち、1) 診断基準 2) 血糖値目標 3) 糖尿病の病態生理学 4) 炭水化物についての基礎、それから 5) 適切な栄養メッセージ、である。

患者についての展望

あなたは今、スーパーマーケットの店内で列に並んで立っている。支払いレジで、あなたの前に居て、話をしている女性の声が聞こえてくる。「そうなのよね、糖尿病を抱えて生活することは困難なのよね、つまり、自分は数年前からそれを患ってきたし、私のかかりつけの医者は、私の血糖値を下げることはできなかったの。ところがある日、隣人の1人が、すべての白色の食物を食べるのを止めるように私に言ったので、そのようにしたら、私の血糖値は、今200以下になっているの。」その後で、夕方には教会で、あなたはラベルに書か

れている「砂糖」—「砂糖なし」の食物でさえも—を含まないどんな食べ物も見つけることはできない、というフラストレーションを、高齢の男性がこぼすのを耳にする。

栄養と糖尿病に関する情報については、あらゆる方面からの批判にさらされている。家族と友人は、彼らの最新の万能薬すなわち自らのお気に入りの情報、ネットサイト、雑誌記事の、つまり、あの「スージーおばさん」のかつての時代の古い療法を情熱を持って共有する。

しかし、この問題は、一般大衆や家族、友人のレベルをはるかに超えている。健康管理施設は、他の情報源よりもさらにずっと多く、しばしば患者の混乱を助長している。以下の場面を考えてみなさい。まず、管理医師の医院の待合室に入っていく。彼女は書類に記入し、受付事務員にこう告げる。私は健康祭りの際に検査室で検査を行った後に、その被験者が糖尿病であることを担当医師に告げなければいけない、とアドバイスを受けた。その被験者の彼女は、悩み心配している。そこで、その受付係の事務員は、彼女がすべき最良のことは、毎日酔を摂取することであり、そうすれば彼女の高血糖値は「良好」になるだろうと、彼女にアドバイスして慰めてくれる。また、彼女の隣に座っている男の人は、2人のその会話を聞いていて、彼女に毎日血糖値をチェックすることを開始すべきだと、アドバイスした。がしかし、その費用は高額だと不平を言った。彼女がそれについてもっと尋ねようとする正にその時に、看護師が名前を呼ばれる。そこで、あな

たは「自分は糖尿病かな?」と考える。その時、その看護師は彼女に1日1時間運動することを開始すべきであると告げる。その哀れな女性は、医師の診察室に入ってくる時、現在の自分の多忙なスケジュールの中で時間のかかる必要な運動をいかにして行うかを、算出しようと試みている。検査1回と検査室で出た数値を吟味した後で、この医師は、彼女が「境界型糖尿病」であるが、それをあまり心配しないように、かつ、体重を減らすことを開始するように彼女に指示する。彼は、炭水化物を摂取しないようにアドバイスする。そこで、彼女は、酢が炭水化物の1つかどうかを疑いながら立ち去る。

101 型糖尿病

栄養士や他の健康管理専門職は、今日、誤った情報の蔓延を防ぐために、糖尿病のコントロールの基本知識について精通していなければならない。糖尿病のコントロールは、率直でごまかしのないやり方ができるし、またそうでなければならぬ。つまり、根拠は明確なものであり、かつ指針(ガイドライン)を利用可能であるということである。しかしながら、進歩しつつある研究の最先端に遅れを取らないということだけで、既にオーバーワーク気味であるのに、専門職者に対してさらに時間と訓練を要求する。この知識を患者の利益のために解説し伝えるためには、まず、患者のニーズをより正確に判断するための面接技術と、患者が成功することを可能にする促進技術の両方を必要とする。より最先端の適切な情報を役立てるための基本的な知識をあなたが身に付けるために、以下の5つの糖尿病に関する基本知識を踏まえて始めなさい。すなわち、1) 診断基準 2) 糖分の目標値 3) 糖尿病に関する異常生理学 4) 炭水化物についての基本知識、そして、5) 適切な栄養に関するメッセージである。

診断基準

糖尿病を診断するための基準ならびに糖尿病のリスク(表1、2)に関する基準を知っておきなさい。「私の血糖値は医院の診察室でほんの160であったので、私はまったく糖尿病ではない」というようなことを患者が言う場合、ガイドラインが使われていないか、または、コミュニケーションがうまくい

表1	糖の診断基準
1.	A1c \geq 6.5% or
2.	FPG \geq 126mg/dl, fasting=no caloric intake for at least 8h or
3.	2-h plasma glucose \geq 200mg/dl during an OGTT or
4.	Random glucose \geq 200mg/dl in a patient with classic symptoms of hyperglycemia
略語	A1c, hemoglobin A1c; FPG, fasting plasma glucose; OGTT, oral glucose tolerance test.
出典	: American Diabetes Association Clinical Practice Recommendations, 2012...

っていないということである。栄養の専門職者たちは、コミュニケーション・ギャップに架橋し、適切な情報を他者に身に付けさせるように援助することができる。受け取った診断基準に基づく、126mg/dlか、または、それより高い空腹時血糖値が、糖尿病の診断になる。糖尿病を診断するための基準はまた、ヘモグロビン A1c (HbA1c) を使うことを含むということに注意しなさい。

血糖値の目標

血糖値レベルと、HbA1c(表3)の目標範囲を知っておきなさい。糖尿病と診断されている多くの患者たちは、食後の血糖値が食事前のそれよりも高いはずだということを認識していなかった。患者の中には、いかなる目標値も指示されていない人もいるし、また、他の患者の中には、糖尿病を診断するための数値が目標範囲のために使われるべき数値と同じだ、と考えている人もいる。

その誤解の範囲は、どの世代であろうと血糖値を200以下に保つことが最適だと未だに思っている患者たちに、非常に厳しい管理を強制するように広い範囲にまで広がっていき、適切な根拠に基づいた数値を患者と共有することは、適切な変化をもたらすように患者がコントロールするのを援助することになる。

表2	糖の増大リスクのカテゴリー
FPG	100-125mg/dl
2hPG(in the 75-g OGTT)	140 to 199mg/dl
A1c	5.7% to 6.4%
略語	2hPG, 2-hour plasma glucose; A1c, hemoglobin A1c ; FPG, fasting plasma glucose; OGTT, oral glucose tolerance test.
出典	: American Diabetes Association Clinical Practice Recommendations, 2012;

表3	糖尿病患者のための目標範囲		
	ADA ²	ACE ³	Joslin ⁴
食事前	70-130mg/dl	<110 mg/dl (fasting)	70-130mg/dl (fasting)
食後	<180mg/dl	<140mg/dl	<180 mg/dl
A1c	<7%	\leq 6.5%	<7%
略語	ACE, American Association of Clinical Endocrinologists ADA, American Diabetes Association		

2型糖尿病の進化した性質

あなたは、患者にその進歩した性質を理解するのを援助することができるように、一般的に、T2DM(2型糖尿病)についての異常生理学を学びなさい。患者がT2DMと診断され

る時まで、膵臓は、十分なインスリンをつくっていない。このプロセスは、時間が経つにつれて悪化し、付加する薬剤のニーズが生じる。そのニーズには、インスリン処置が含まれるだろう。投与者がT2DMの悪化の状態を説明することに失敗して、彼らの血糖値がますます高く上昇し始めた時、彼らが適切なライフスタイルに変えたい時でさえも、患者たちは気おくれを感じてしまう。投与者たちと患者たちは、実際にインスリンの療法を開始する場合、上昇した血糖値に対してしばしば食物を非難する。不幸なことに、インスリン療法を治療管理に付加することは、しばしば不必要に遅延させられる。この遅延は、一貫して上昇する血糖値の原因となる長期の合併症の深刻な開始を惹起すると患者は考える。T2DMは、時間が経過するにつれてより多くの薬剤が必要となるように進行するけれども、失明や腎不全や、手術による手足の切断のような長期にわたる合併症に進むことをインスリン治療によって回避することも理解しておく、大いに役に立つ。研究の成果は、適切な目標値に血糖を保つことは、合併症併発のリスクを大幅に減少させるということを立証した。

炭水化物の算定

炭水化物の算定の基本を知っておきなさい。患者のすべてが炭水化物の算定を学ぶ必要はない。しかしながら、ほとんどの患者は、何らの説明もなしに投げつけられるこの専門用語を聞いたか、あるいはまた、炭水化物についてのさまざまな、しかも、誤れる事実を教える一時的な流行の食事を試みた。もし大多数の健康管理専門職者たちが、栄養に関するこうした側面の基本知識を学ぶならば、患者が一般大衆に対して与える多大な混乱は回避されることを、彼らは知った。

患者の人たちは、炭水化物を含む食物との健全な関係を持つ必要がある。彼らは、炭水化物が自らの身体のエネルギー源として頼っている糖分であるということを理解しておかぬばならない。患者が炭水化物を理解することを助けてくれるやさしい方法のひとつは、そのカテゴリーがかなりの量の炭水化物を持つのを示すために、1つのチャート (plate method pyramid、食事カテゴリーのリストなど) のどれかを使うことである。この単純な最初の一步から、その患者が必要である限り、炭水化物の割合とインスリンを説明する間ずっと、あなたは治療法に関して進歩することができる。もし血糖レベルが患者の炭水化物の消化後、まだ一貫して上昇しているならば、その場合には、薬によるコントロールの変更を指示される。炭水化物それ自体は問題があるわけではないが、病気であれば一度に多量の炭水化物を摂取することはよくないということ、彼らが理解すれば、その場合には、彼らは、より健康に良い食事プランに従う傾向がある。彼らは、自分の身体が一日中等しい間隔で炭水化物を摂取することによって、炭水化物をより効果的に活用するのに役立つ。患者の中には、目標範囲値内に血糖値を保つことができる人もいる。たとえば、一日の食事を一回につき多量に摂取することをや

めて、一日に三回、少量の食事を摂取することによって、効果的に炭水化物の摂取間隔を取るようにするのである。

栄養に関する一般的なアドバイス

科学的な証拠に基づいた栄養に関するアドバイスしか与えてはいけぬ。人は誰でも個人的な栄養経験を持っている(われわれは誰でも食えることが好きだ)し、多くの人たちは、栄養アドバイスを与えることが好きである。新たに糖尿病と診断された人たちが、善意ではあるが矛盾したメッセージを、あるオフィスで数人のスタッフたちから与えられた場合、その患者は、彼らから何らの有益なメッセージを与えられていないことになる。

以下の事柄は、患者への栄養アドバイスを与えるための諸々の心得である。

- 1) 患者にたいする栄養教育に関するあなたの組織の方針を知っておきなさい。もしその方針が無ければ、新たにそれについて提案しなさい。
- 2) もしあなたが栄養についてのカウンセリング免許・資格を持っているならば、適切に糖尿病患者を診断・判定するまでは、彼に栄養に関するアドバイスを与えないようにしなさい。その患者があなたのところにやってきたのは何故かを見きわめなさい。それから次に、彼が家庭で血糖値をモニターしている結果はもちろん、現在の食事習慣について査定しなさい。もし彼の血糖レベルと食事が適切であるならば、別の一連の規制によって、彼に新たな負荷を与える必要はない。変化のための異なる段階の準備に精通しなさい。また、個人レベルの準備にああなたの情報を合致させるように努力しなさい。表4は、行動変化をもたらすために広く使用されている理論的行動変化モデルを提示しているものである。『糖尿自己管理教育の技術と科学』は、それぞれの段階を説明する模範事例の状況を提供してくれる。

段階	定義
備考	個人はその問題について意識していないし、彼女の行為について意図を持っていない。
予想	個人はその問題について意識しており、かつ、行動を変えるつもりがあり、健康行動変化への思慮(メリット)を知っている。それだけでなく、その欠点についても鋭く意識している。そして、あいまいさの状態に陥る可能性がある。
準備	個人は健康行動変化を促進する計画をたてる。
行動	個人は積極的に行動変化に従事する。
維持	個人はその行動変化を維持する能力を示す。

出典：Anderson et al.

- 3) あなた自身のカウンセリング技術を査定しなさい。
- 4) 「動機づけのために面接すること」についてのセミナーに出席、参加することを心がけなさい。

5) このセミナーでは、次の4つの指針原理を含むカウンセリング技術が扱われる。すなわち

- ①共感を表現すること、
- ②不一致点を発展させること、
- ③抵抗に対してそれを柔軟に受け止めること、
- ④自己自身の有効性を肯定し、実感させてやること、である。

6) 低収入で低い識字力しかない患者と面接し、かつカウンセリングをする自らの技術を査定しなさい。

7) Gail Brandt は、『要点に迫るための端緒を工夫することについて』についての最新の問題において、不快感を与えたり、あるいは大げさに見下したりするような態度ではなく、患者を面接する方法について、洞察に満ちたアドバイスを提供してくれるので、参考にするべきである。たとえば、患者たちの台所について説明するように彼らに問うならば、彼らは、標準的な電気機具をもっているかどうかを、あなたに話してくれるかもしれないし、さらにもっと質問し、さらに、何が適切かについて、あなたのアドバイスが的確になるように、あなたを導くことに役立つであろう。

信頼できる情報源

1. オンラインによる情報

糖尿病のための証拠に基づいた包括的なガイドラインは、さまざまな形で利用可能である。「全米糖尿病協会」(ADA) は、「糖尿病のケアに関する注意事項」で、毎年1月に更新される「臨床実践推薦書」を出版している。これらの推薦書は、<http://progeessional.diabetes.prg/ResourcesOfProfessionals.aspx?cid=84160> をクリックすれば、オンラインにアクセスすることは簡単にできる。また、「全米内分泌学者協会」は、そのガイドラインを数年ごとに更新している。これらは、

<https://www.aace.com/sites/default/files/OMG:delinesCCCP.pdf> で利用可能である。それから、「ジョスリン糖尿病センターの臨床実践ガイドライン」は、2~3年ごとにそのガイドラインを更新している。これらは、

<http://www.joslin.org/info/joslin-clinical-guidelines.html> で、アクセスすることができる。さらにまた、「栄養・食事の根拠分析図書館アカデミー」には、栄養専門職のために、根拠に基づいた特別のガイドラインが含まれており、

<http://www.adnevidencelibrary.com> で、利用可能である。

糖尿病の研究は、常時進行中であるので、新たな情報がしばしば利用可能であり、詳しく調べるウェブサイトをお気に

全米糖尿病教育協会	www.diabeteseducator.org
全米糖尿病協会	www.diabetes.org
栄養・食養学会	www.eatright.org
疾病管理・予防センター	www.cdc.gov/diabetes
栄養・食養学会の糖尿病介護・教育委員会	www.dce.org
栄養食養学会の証拠分析の文献	www.adaevidencelibrary.com
Joslin 糖尿病センター	www.joslin.org
全米糖尿病教育プログラム	www.ndep.nih.gov

入りに入れておきなさい。糖尿病関係のウェブサイトの一覧表にアクセスするために、表5を参考にしなさい。

2. 他の情報源

あなたの知識を増やし更新するために、「全米糖尿病会議」に出席しなさい。そして、糖尿病の分野の評判の好い、尊敬すべき専門家に会うようにしなさい。ADAは、年間数回の会議を開催している。また、「全米糖尿病教育協会」(AADE) と「栄養・応用食養額アカデミー」は、それぞれ毎年会議を開催している。

糖尿病ケアの全局面について、あなたの知識を増やすための重要な方法は「糖尿病有資格教師」(CDE) になることである。あなたは、その試験を受けるために、糖尿病教師のための国家認定理事会が規定しているような、特別の実践ガイドラインを満たすように準備しななければならない。自学自習によって、あるいはまた、ワークショップに参加することによって、その受験準備をすることは、糖尿病管理におけるあなたの知識と技術を進展させるだろう。

あなたの個人教師となるような“CDE”を見つけなさい。ほとんどのCDEは、他の仲間を援助するために、その機会を得ることをすすんで歓迎するだろう。AADEは、州ごとに地方グループを有していて、それらのグループは、AADEのウェブサイト(<http://www.diabeteseducator.org>)にリストアップされている。糖尿病のlistservに署名しなさい。たいへん活発なlistservは、「栄養・食養学アカデミー」(<http://www.dce.org>)のメンバーである彼らのための実践グループlistservである。

ウェスト・バージニア州における成功：実例研究

私は、5年前に、ADA認定の糖尿病センターにおいて、CDEとしての臨床実践の仕事から公衆栄養学における研究奨学金を受けたポストで働く仕事に変わった。私は現在、連邦で認定された健康センターとウェスト・バージニア州の郡部で、無料のクリニックを訪問指導している。私は、証拠にもとづいた実践ガイドラインを使用することによって、質の改善に向けて職員たちをガイドすることを援助するために、私の臨床治療技術を使っている。これらの健康センターに来る患者

表5	ウェブサイト
糖尿病管理	www.diabetesincontrol.com
d生活	www.dlife.com
現代の糖尿病	www.presentdiabetes.com
全米臨床栄養(ホルモン) 内分泌学者協会	www.aace.com

たちは、資格登録された栄養士あるいは CDE にアクセスしないようだ。糖尿病の「自己管理教育」と「栄養教育」は、さまざまなやり方で行われている。いくつかの現場では、必要な教育を与えるために、相談員または看護師に頼っている。いくつかの現場では、よりいっそう構造化された教育内容を提供するために、薬局の見本を使用している。他のある現場では、その教育を行うために、社会福祉士、看護師、薬剤師あるいは医療助手など、個別に任命している。さらに、2、3の現場では、糖尿病のためのグループ医療訪問を行い、そのグループ訪問の間中、教育の提供を実施している。ウェスト・バージニア州のかなり大きな連邦認定センターの1つは、別々の10の場所で患者たちを指導している。1ヵ月に1回、全10ヵ所の現場から派遣された相談員たちは、合同会議を行う。その会議中に、35人の相談員たちに、私は炭水化物の考慮訓練を与えた。こうした訓練の私の論理的根拠は、もし私が相談員たち(や、多分、他の患者や残りのスタッフさえも含めて)からなされる不適切な栄養アドバイスを止めさせることができるならば、混乱が少なくなり、かつ、良い習慣を継続するだろう、ということであった。

その現場は、一般的な栄養アドバイスを与えるために、「一皿法」という形を用いているので、私は、この「一皿法」を使って炭水化物の算定を教えることを決定した。私はまるでその相談員たちが私のクラスの患者であるかのように、彼らに対処した。私は慎重に、かつ、ゆっくりと自分の方法によって彼らを指導した。

① 皿の上に、各々のカテゴリーにおける食物を決めて確認しなさい(私はそれらに「脂肪」カテゴリーと「甘い物」カテゴリーを付け加えた)。

② 炭水化物のカテゴリー、つまり果物、ミルク、でんぷん、甘いものと考えられる程のすべての炭水化物と共に、そのカテゴリーを含んだ食物が、どれであるかを確認しなさい。

③ その炭水化物のカテゴリーに焦点を当てて、炭水化物の選択に相当する食物の部分について議論しなさい。

④ 炭水化物の選択から、炭水化物のグラム(重量)に変更しなさい。また、この情報を食物のラベルに関連させなさい。食事ごとに適切な炭水化物の量を議論しなさい。

それぞれの段階において、私は、私たちが次なる段階に移る前に完成させるための宿題を、彼らに課した。たとえば、私は、1回の食事サンプルを述べたが、彼らは、どの食物が炭水化物であるかを判別・確認しなさいとやらなかった。次の段階で、その食事の炭水化物を選択しなさいとやらなかったし、その次に、彼らは、その選択した炭水化物のグラム(重量)を算定しなさいとやらなかった。

私がたいへん驚いたことは、相談員たちが、それに好意を示したことである。彼らは、評価についてたいへん熱心にフィードバックを行ったし、私に応答することを求めた。さらに、私は、患者と一緒に評価する炭水化物を使い始めた1人の相談員から、電話を2度にわたって受けた。それから、こ

れらの患者たちは、ヘモグロビンの改善を急速に達成することに成功した。また、この相談員は、厳しく管理された自分の患者たちと共に摂取すべきインスリンに対応する炭水化物の量を計算することを、自分自身に教えた。

この健康センターは現在、全職員が最も簡潔などの栄養メッセージを患者に与えるかということ、決定する真最中である。これらのたいへん簡単なメッセージを、患者たちは、糖尿病関係のアドバイスとして、誰か他の患者の参考に供するだろう。

結 論

正確で、有用な糖尿病情報を提供することは、患者たち、家族それから一般公衆の糖尿病の増加を予防するという困難で重要な役割を果たすことである。

あなたが、直接、患者と一緒に働こうと、指導員やスタッフを訓練しようと、あるいは公の政策を発展させていこうと、糖尿病のメッセージは、明瞭で、かつ首尾一貫しており、かつ、根拠に基づいていることが必要である。

解 題

1. Paedagogy(学校教育学)から andragogy(成人教育学)へ、そして gerontology(老年学)から長寿研究へ

原著者は、これまで paedagogy(初等・中等教育学)研究をふりだしに、andragogy(成人教育学)研究から gerontology(老年学研究)へと、体系的に研究をすすめてきた。老年学の研究領域の1つとして、健康問題や長寿に関する研究が活発に行われている。筆者も、今春工学部の大学から健康栄養学部の大学に所属が変わり、健康、食事、食べ物などの問題について、日常的に関心を喚起され、それらについての知見を得る機会が増えている。40歳以上の成人が分かりやすい病気である3大「成人病」である「がん」、「脳血管障害」、「心臓疾患」のほか、「高血圧症」「肺気腫」「肝梗塞」「白血病」や「糖尿病」などを含めて、1996年12月に公衆衛生審議会は、「生活習慣病」という概念を導入した。これは、健康的な生活習慣たとえば食習慣、運動習慣、休養、禁煙や、節度ある飲酒等によって、病気の発生を未然に防ぐ一次予防をめざしたものである。すなわち、早期発見、早期治療という第二次予防に先立つ罹病対策の考え方であると言えよう。

ところで、生活習慣病である糖尿病の現状について、「平成19年国民健康栄養調査」によれば、20歳以上でHbA1c 6.1%以上、または治療を現在受けている糖尿病とされる患者は、890万人以上もあり、さらに、HbA1c 5.6%以上の「境界型」を疑われるのは1,320万人で、合計2,210万人と推定されている。ただし、2012年4月から、日本のTDSのHbA1c 6.1%は、国際標準化のために、新しいHbA1c(NGSP)に診断基準が改定され、HbA1c値は、6.5%以上が適用されているので、上記の数値は、当然変わるわけであるが、当局の発表によれば、糖尿病患者ならびに境界型の人は、増加の一途を辿って

いるようである。

さて、今回、ここに翻訳・紹介した論文には、生活習慣病の1つである糖尿病に関するユニークな見解が示されている。周知の通り、糖尿病は、それ自体よりも網膜症、腎症、神経障害、動脈硬化性血管障害などの深刻な合併症を引き起こすのに、自覚症状がないので、たいへん恐い病気であることを、認識しておかなくてはならない。要するに、生活習慣病は寿命の短縮に直結しているのである。当論文で、アンジェラ・ネル・スチュアートは、糖尿病の治療にかかわる側へのアドバイス、ならびに治療を受ける患者たちへの基本的態度についてのアドバイスをを行っているが、正に傾聴に値する指摘である、と首肯されるであろう。世界中のすべての人々にとって、これからの課題は、単なる長寿ではなくて、寝たきりにならない「健康寿命」をいかに延ばすか、ということであろう。

2. 文献紹介

ここに紹介した論文は、The Fundamentals of Diabetes Management, Angela Nell Stuart, Ms, RD, LD, CDE である。当論文は、"Nutrition Today", March/April, 2012, Vol.47, No.2, American Society for Nutrition (ASN) Partner Publication, Wolters Kluwer; Lippincott, Williams & Wilkins に掲載されたものである。

3. 原著者のプロフィール

アンジェラ・ネル・スチュアート(Angela Nell Stuart)は、タフツ大学とボストンのフランス栄養センターの卒業生である。現在は、ウェスト・バージニア大学で「慢性病」担当教員として勤務している。なお、アメリカの全州にある「プライマリー・ケアセンター」のスタッフに対して、彼らの活動の質改善のガイダンスおよび糖尿病治療教育を提供している。

文 献

1. American Diabetes Association. Diagnosis and

classification of diabetes mellitus. *Diabetes Care* 2012;35:S64-S71.

2. American Diabetes Association. Standards of medical care in diabetes. *Diabetes Care* 2012;35:S11-S63.
3. American Association of Clinical Endocrinologists. AACE Diabetes Care Plan Guidelines. *Endocr Pract* 2011;17:(suppl 2).
4. Joslin Clinical Guidelines. Joslin Diabetes Center Web site. http://www.joslin.org/info/joslin_clinical_guidelines.html. Published 2010. Accessed February 26, 2012.
5. Bardsley JK, Ratner RE. Pathophysiology of the metabolic disorder. In: Mensing C, ed. *The Art and Science of Diabetes Self-management Education*. Chicago, IL: The American Association of Diabetes Educators, 2006:143-161.
6. DCCT and EDIC: the diabetes control and complications trial and follow-up study. National Diabetes information Clearinghouse (NDIC). <http://diabetes.niddk.nih.gov/dm/pubs/control>. Accessed February 26, 2012.
7. American Diabetes Association. Implications of the United Kingdom prospective diabetes study. *Diabetes Care*. http://care.diabetesjournals.org/content/25/suppl_1/s28.full.pdf+html. Accessed February 26, 2012.
8. Anderson B, Funnell MM, Tang TS. Self-management of health. In: Mensing C, ed. *The Art and Science of Diabetes Self-management Education*. Chicago: The American Association of Diabetes Educators, 2006:43-58.
9. Brandt G. Interviewing low-income clients. *Cutting Edge*. 2010;31(2):14.

レーズン起源酵母によるワイン醸造

渡邊悟^{* **}・篠原尚子^{*}・中村健人^{**}・雨宮義人^{***}・時友裕紀子^{****}・小宮山美弘^{****}^{*}東京聖栄大学、^{**}一般社団法人食医同源之会、^{***}まるき葡萄酒株式会社、^{****}山梨大学、^{****}テクノ・サイエンスローカル事務所

要旨

飯塚菌はレーズンを起源とする酵母であることから、ブドウを原料とした発酵食品の醸造にも使用できる可能性が高いと考えられる。そこで本研究では同株によるワイン醸造を試みた。飯塚菌にはワイン醸造用酵母として十分な亜硫酸耐性があり、添加する亜硫酸濃度は 100 ppm 以下が適当であった。健全果からの実用規模レベルで醸造したワインの一般成分は、対照ワインよりもエキス分が高く、総酸度が低い傾向があった。特に、マスカットベリーAからは、アルコール濃度とエキス分と還元糖濃度がともに高い傾向の赤ワインを醸造する特性を示した。さらに、におい嗅ぎ分析 (AEDA) による香気成分分析では、3-methylbutanol および β -damascenone と推定される香気成分が高い FD ファクターを示した。これらの結果から、飯塚菌はワイン醸造酵母として十分に適用可能であると考えられた。飯塚菌の特徴を十分に発揮させる醸造条件について、さらに詳細な検討を行う必要があるものと考えられる。

The authors expected that the raisin-origin Iizuka yeast would have potential faculties for wine makings, and performed the new wine making by this yeast. The Iizuka yeast revealed the enough sulfite tolerance for the wine makings and the suitable concentration of sulfite to add was up to 100 ppm. The wine made from whole normal grapes by the yeast showed the certain tendency to higher non-volatile compounds and lower total acidity than commercial control wine. Especially, the red wine produced using Muscat berry A contained the higher levels of alcohol, non-volatile compounds, and reducing sugar. The analysis of aromas of the wines by the application of an aroma extract dilution analysis (AEDA) showed high flavor dilution (FD) factor ranges of certain compounds which can be supposed as 3-methylbutanol and β -damascenone. These results indicated that the Iizuka yeast has the potentially enough faculties for the wine making. Careful and appropriate improvements shall be necessary to make more marvelous wine that is featuring the faculties of the Iizuka yeast.

学会口頭発表

日本食生活学会 第45回大会講演、一般講演2012年10月13日

シルクパウダー添加マフィンに関する研究

目黒仁志¹⁾、筒井知己¹⁾、田所忠弘¹⁾、小林謙一²⁾、山本祐司²⁾

¹⁾東京聖栄大、食品 ²⁾東京農大応用生物化学

要旨

【目的】シルクパウダー（SP）添加マフィン〔対小麦粉3%〕の新規開発を検討した。そこで小麦粉（薄力粉）やSPを添加した小麦粉（SW）の水分吸着量を検討するとともに、小麦粉とSWを用いて、マフィンを製造し、SPがマフィンの品質にどのような影響を及ぼすのか検討を加えた。【方法】小麦粉とSWの単位重量当たりの容積を測定後、常法により水分吸着量を測定した。さらにシルクパウダー、小麦粉、バター、砂糖、牛乳、卵、ベーキングパウダーを用い4種のマフィン（小麦粉のみ、家蚕、柞蚕、黄金蚕）を調製した。調製した4種のマフィンの色調、物性などを常法により測定した。また評点法により官能評価を行った。【結果および考察】焼成したマフィンは、家蚕のもののがもっとも硬く、ついで柞蚕、プレーン、黄金蚕の順であった。各マフィンの硬さ（ Y_1 ）、凝集性（ Y_2 ）と各粉の単位重量当たりの容積（ X_1 ）、水分吸着量（ X_2 ）の間には相関があり、硬さ $Y_1=0.441X_1-0.230X_2+19.120$ ($r=0.977$)、凝集性 $Y_2=0.003X_1-0.005X_2+0.821$ ($r=0.996$) の重回帰式が得られた。官能評価では、味の良さ、総合評価の項目で、家蚕、柞蚕のマフィンが良いとされた。次に各レシピにさらにメープルシロップ、シナモン、糖蜜、ココアパウダーのいずれかを添加したマフィンを製造し上記と同様に分析したところ、家蚕、黄金蚕では、糖蜜を添加したものの総合評価点が向上し、より食べやすいものになった。

再録 口頭発表

日本食生活学会 第44回大会（平成24年5月25日）

セロピオースのヒト腸内環境改善効果

丸井正樹¹⁾ 町田 誠²⁾

¹⁾東京聖栄大学食品学科 ²⁾日本製紙ケミカル㈱

要旨

【目的】セロピオースの低用量摂取における腸内環境の改善効果をみることを目的とする。本方法に効果が認められる場合には、便秘に悩む者の症状改善が期待できる。

【方法】便秘症状を自覚する5名を対象とし、セロピオース製剤の「サンセロピオ-K」（日本製紙ケミカル㈱製）3gを1日1回2週間摂取する。摂取前1週から摂取終了後1週までと、摂取終了後6週を経た1週間の排便状態（回数、量、形態）を観察する。また、各ステージにおける体重と体脂肪量を測定する。

【結果】セロピオース3gの摂取により、排便日数・回数、排便量が増加した。摂取終了後1週間もこの効果は持続した。試験期間中の体重、腹囲、体脂肪量、BMIに大きな変化はなかった。

【考察】セロピオース5g摂取による効果はすでに認められているが、3g摂取でも便秘の改善効果があると考えられる。摂取終了後1週間は、腸内細菌叢の改善が持続していたと推察する。被験者の感想に、水分量の増加により排便がスムーズになったことと、ガスの頻度が多くなったことがあり、これらからも腸内環境の改善が伺える。

学会口頭発表

第 66 回 日本栄養・食糧学会大会 一般講演(2P-02p) 2012 年 5 月 19 日 (東北大学)

ラットにおける餌中カルシウム給源ならびに脂肪組成の違いがカルシウムの体内利用に及ぼす影響について(3)

大塚静子¹⁾、○青山美子²⁾、渡辺修弘²⁾、梶原智子²⁾、阿左美章治¹⁾、北野隆雄³⁾

¹⁾ 東京聖栄大学・健康・管理、²⁾ 天然素材探索研究所、³⁾ 熊本大院・生命科学・公衆衛生・医療科学

要旨

【目的】 演者らは AIN-76 精製飼料中の、脂肪給源 (TAG と DAG) の違いによる腎石灰化との関連について TAG、DAG どちらにおいても低たんぱく質・高脂肪食により腎石灰化への影響が認められた事を報告してきた。そこで、本研究では、低たんぱく質・高脂肪食で、昨年の飼料中のミネラル含有量にさらに考慮を加え、飼料中 P 量 (0.28%)、K 量 (0.51%) とし、Ca の体内利用と腎石灰化への影響について検討を行った。

【方法】 生後 4 週令の Fischer 系雌ラットを 40 日間飼育した。飼料は AIN-76 精製飼料の組成を基本とし、実験群はリン酸 Ca を Ca 給源とする P 群、クエン酸 Ca を Ca 給源とする C 群とした。たんぱく質源にはミルクカゼインを用い、たんぱく質量は 10% とした。脂肪給源には TAG と DAG を用い、脂肪量はそれぞれ 5%、10%、20% とした。

【結果】 腎臓中 Ca 量が増加する要因としては、飼料中の Ca : P 比及び k 量の違いによって尿中 pH にも差が認められる事から、体液の酸塩基平衡も関与している可能性が示唆された。

学会口頭発表

第 32 回 日本マグネシウム学会総会 一般講演 2012 年 11 月 17 日 (大阪 リーガロイヤル NCB)

ラットにおける餌中のカルシウム給源ならびに脂肪組成の違いがマグネシウムの体内利用に及ぼす影響について～その 3～

○渡辺修弘²⁾ 大塚静子¹⁾、青山美子²⁾、梶原智子²⁾、阿左美章治¹⁾、北野隆雄³⁾

¹⁾ 東京聖栄大学・健康・管理、²⁾ 天然素材探索研究所、³⁾ 熊本大院・生命科学・公衆衛生・医療科学

要旨

【目的】 本研究では AIN-76 を基本飼料とし、Ca 給源や脂肪の質 (TAG と DAG) の違いについての検討と、飼料中の P (0.28%)、K (0.51%) 含有量を変化させた場合に、低たんぱく質・高脂肪食が Mg の体内利用にどのような影響を及ぼすか検討を行った。

【方法】 生後 4 週令 Fischer 雌ラットを 40 日間飼育した。飼料は AIN-76 精製飼料を基本組成とし、Ca 給源にはリン酸 Ca を P 群、クエン酸 Ca を C 群とした。脂肪の給源には通常の脂肪組成である TAG とグリセリン骨格の脂肪酸エステル結合が異なる DAG を用い、脂肪量はそれぞれ 5%、10%、20% とした。たんぱく質源にはミルクカゼインを用い、たんぱく質量は 10% とした。

【結果】 ①体重増加量：脂肪の質による影響が認められ、TAG に対して DAG は低値を示した。また、Ca 給源と脂肪の質の違いによる交互作用も認められた②腎臓中 Mg 量 (mg/ kidney)：Ca 給源と脂肪量による影響が認められ、Ca 給源と脂肪量、脂肪量と脂肪の質の交互作用による影響も認められた。

学会口頭発表

日本農芸化学会 2012 年度大会 (2012 年 3 月 25 日、京都)

コーヒー抽出滓を用いたキノコ栽培について

○渡邊 悟**、高橋智美***、中村友幸***、藤井繁佳****

*東京聖栄大、** (社) 食医同源之会、*** (株) ハイファ研究所、****味の素ゼネラルフーズ (株)

要旨

【目的】コーヒー抽出滓は産業廃棄物であり、従来からその有効利用が望まれている。演者らは今回、カフェインとクロロゲン酸がわずかに残存するコーヒー抽出滓を用いて、キノコ栽培が可能であるとともに、キノコの生産する有用物質の製造が可能であることの検討を目的とした。

【方法】培地基材として、コーヒー豆、コーヒー抽出滓、そしてコナラやアカマツのオガクズを用いた。一般成分は常法により、カフェインとクロロゲン酸の含有量は HPLC で測定した。キノコとしては、マンネンタケ (*Ganoderma lucidum*) を含め 6 種類を主に対象とした。各種培地基材を湿熱殺菌後、常法で生育させて生育状態を 5 段階評価した。生育力が強かったマンネンタケにおいては、エルゴステロールとガノデリン酸 A の消長を LC-MS で測定した。

【結果】試したいずれのキノコもカフェイン (89.6 mg%) とクロロゲン酸 (5.6 mg%) がわずかに残るコーヒー抽出滓で生育がみられ、米ぬか 10% の添加でさらに良い生育がみられた。特に、薬用キノコであるマンネンタケは、コーヒー抽出滓のみで栽培でき、薬理作用のあるガノデリン酸 A を含むガノデリン酸類の製造が可能であることを示した。

学会口頭発表

日本睡眠学会学術集会 第 37 回大会

異なる栄養素組成の食事が睡眠の質とエネルギー代謝に与える影響

矢島克彦* 日比壮信** 徳山薫平*

要旨

睡眠の時間や質と生活習慣病との関連性が報告されており、睡眠の悪化が肥満症への一要因である可能性が危惧されている。睡眠と食事には繋がりがあり、現代人の食事の乱れが睡眠へ悪影響を及ぼしている可能性が考えられる。本研究では夕食の栄養素組成への介入が睡眠の質に影響を与えるか睡眠ポリグラフィ検査を行い検証した。また、ヒューマンカロリメータを用いてエネルギー代謝を同時に測定し、脳波との関係性を検討した。方法としては、9 人の成人男性を被験者とし試験を 2 回【高炭水化物食(HC:PFC=10:10:80)、高脂肪食(HF:PFC=10:78:12)】を行い、脳波とエネルギー代謝を測定した。結果、HC での深睡眠は睡眠の第一周期で有意に低値を示した。また、HC では脂質酸化量は低値を示し呼吸交換比、炭水化物酸化量は高値を示した。HF との差は第一周期で大きく、時間が経過するにつれて小さくなっていった。この結果から、夕食での HC は HF と比較し第一周期の深睡眠を減少させること、また睡眠の深さと食後のエネルギー代謝反応の違いに関連がある可能性が示された。

梅干の色調における食塩添加効果

○品川弘子、柳瀬昌弘、高増雅子^{*}、津久井亜紀夫^{**}(東京聖栄大学、日本女子大学^{*}、東京農大^{**})

要旨

【目的】昔から一般家庭で漬けられている方法を用い、塩分濃度を変化させ A (8%), B (10%), C (12%), D (14%) の4種の梅干漬け、梅干の色調と食塩濃度との関係を検討した。原料には紀州産の南紅梅、京都大原産のチリメンシソを用いた。【方法】pH (TOA pH METER HM-40S)、食塩濃度 (硝酸銀滴定法)、色調 L^* , a^* , b^* (色差計: 日本電色工業 Model ND-101DC) を調べた。アントシアニン色素 (AN) は HPLC 分析を行なった。分光光度計 (HITACHI Spectrophotometer U-3200) により吸収スペクトルを測定し $\lambda_{max} 525\text{nm}$ における吸光度を測定した。既報^{*1}に従い精製シソ AN 粉末を調整し、NaCl 添加量の変化による色調を調べた。嗜好性の分析はシッフエの対比較法による官能評価を行い、パネルは女子大学生 72 名、色、香り、酸味、塩味、総合評価の 5 項目を 7 段階尺度で評価した。統計処理には SPSS. V16 を用い分析を行った。^{*1}Shinagawa, H. et. al. : *J. home Econ JPN*, 48, 12 (1996) 【結果】梅干の主要 AN はマロニルシソニン (トランス型、シス型)、シソニン (トランス型、シス型)、Cy3, 5didlc であった。pH は 2.2 で、シソ由来の AN により赤色化し、NaCl の添加量が高くなるに従い濃色効果が高く、梅干 4 種の色度図は赤色の範囲に位置していた。官能評価の結果、有意差の得られた「色」は、B, C, D が A より好ましく、また「塩味」は A, B が C, D より好ましいと評価された。「総合評価」は A, B が有意に好まれ、これらは梅干の製造に向いていることが認められた。

学会ポスター発表

第 55 回日本糖尿病学会年次学術集会 (横浜)

青年期女子における BMI、腹囲、体脂肪率に及ぼす運動習慣、食習慣および肥満・糖尿病・ 高血圧の家族歴の影響 (第 3 報)

橋場 直彦¹、藤田 弘美¹、鈴木 和枝¹、本吉 光隆²

東京聖栄大学健康栄養学部管理栄養学科¹、上総記念病院内科²

要旨

【目的】青年期女子の BMI、腹囲、体脂肪率に及ぼす運動習慣、食習慣、家族歴の影響を知るために、本学女子学生を対象に身体計測とアンケート調査を実施した。【方法】学生 220 名の BMI を算出し、腹囲と体脂肪率を測定した。運動習慣、食習慣および肥満・糖尿病・高血圧の家族歴について、アンケート調査を実施した。【成績】対象学生の BMI は 21.9 ± 3.50 、腹囲は 74.7 ± 7.15 cm、体脂肪率は $29.8 \pm 6.30\%$ であった。運動習慣のある学生の BMI、腹囲、体脂肪率は低下傾向を示したが有意差はなかった。同様に、食習慣にも有意な差異はなかった。肥満の家族歴がある群の BMI は 23.1 ± 3.36 、体脂肪率 $31.5 \pm 6.27\%$ で、ない群の BMI 21.1 ± 3.31 、体脂肪率 $28.2 \pm 5.66\%$ に比べて有意に高かった ($p < 0.05$)。また、両親ともに肥満がある群では腹囲の平均値が 89.5 ± 19.8 cm と、両親以外に肥満あり群 78.4 ± 6.79 cm に比べて有意に高かった ($p < 0.05$)。【結論】青年期女子において、運動習慣や食習慣の相違による BMI、体脂肪率、腹囲への影響は明らかではなかったが、両親ともに肥満の場合には影響力が大きかった。

学会ポスター発表

日本肥満学会 第 33 回大会

異なる栄養素組成の夕食が睡眠の質とエネルギー代謝に与える影響

矢島克彦* 日比壮信** 徳山薫平*

*筑波大学人間総合科学研究科 **花王株式会社ヘルスケア研究所

要旨

第 37 回日本睡眠学会で発表したデータに 1 例のデータを追加し $n=10$ とし、さらに睡眠脳波の周波数解析結果を加えた。人間の脳波は 5 波の周波数から構成される。最も高振幅である Delta 波は深睡眠の状態でも頻繁に検出され、脳の休息状態を示す。睡眠時脳波に周波数解析を用いる事で、より客観的に脳の活動を評価することのできる指標とした。方法としては、10 人の成人男性を被験者とし試験を 2 回【高炭水化物食(HC:PFC=10:10:80)、高脂肪食(HF:PFC=10:78:12)】を行い、脳波とエネルギー代謝を測定した。結果、HC での深睡眠は HF と比較し睡眠の第一周期で有意に低値を示した。さらに、Delta 波も HC では HF と比較し睡眠の第一周期で有意に低値を示した。この結果から、夕食での HC は HF と比較し第一周期の深睡眠と Delta 波を減少させること、また睡眠の深さに加えて Delta 波の出現と依存するエネルギー代謝基質の違いにも関連がある可能性が示された。

学会ポスター発表

日本調理科学会平成24年大会

ケーキサレの調理性についての検討

荒木 裕子 大原 祐一郎

要旨

【目的】ケーキサレの基本生地は油脂とチーズを添加したときの焼成状態と、副材料の添加による嗜好性について比較検討した。【方法】①基本生地の検討 2種類の油脂を基本生地の小麦粉に対し10,15,20%添加したものを調製し、外観、膨化度を比較した。チーズを基本生地に対し60,70,100%したものを焼成し比較した。また、2種類の油脂を基本生地に対し50%添加したものと、油脂を添加しないもの3種焼成し官能検査を行った。②副材料の検討 肉類、野菜類、加工品(惣菜)の3種のケーキサレを調製し、官能評価した。【結果】両油脂とも添加割合が増えるに従い膨化度は低下していった。膨化率はオリーブ油添加区の方が良好な膨らみが確認できた。チーズを添加して焼成した結果、チーズの含量が高くなる程、膨化率は上昇した。油脂の添加による嗜好性の違いを順位法により調べた結果、油脂無添加ケーキサレとマヨネーズを添加したものの間において香りに有意差が見られたものの嗜好性に大きな有意差は見られなかった。3種の副材料による嗜好性の官能検査を評点法により行った結果、副材料として肉類を添加したものが最も好まれた。

学会ポスター発表

日本家政学会 第64回大会

ケーキサレに関する研究

荒木 裕子 渡部 昌世

要旨

【目的】フランス由来のケーキサレの製法について検討を行った。【方法】1) 調製方法について、ケーキサレの基本生地の配合割合と、副材料の種類、配合割合について調査した。2) 副材料として、3種の野菜を用い、添加割合を基本生地の30%、50%、70%とした3種のケーキサレを調製し、嗜好性を比較検討した。3) ケーキサレの一般成分の分析を行った。【結果】基本生地の製法は、薄力粉と膨張剤(ベーキングパウダー)、鶏卵、牛乳を用いるものが多く、さらに油脂として、オリーブオイルやサラダ油、マヨネーズ等が添加され、各種のチーズが用いられていた。副材料として各種野菜、ハム、ソーセージ、肉類など多くの食材の利用が見られ、副材料の添加割合は高いもので90%、低いもので20%であり、平均するとほぼ添加割合は50~60%を示した。副材料の添加割合を変えて、ケーキサレを調製し、官能評価を行った結果、添加率50%が好まれるという結果が得られた。ケーキサレと市販焼き菓子と成分値を比較した結果、ケーキサレは市販焼き菓子に比べ、水分含量が高く、脂質が少ないという結果が得られた。

お詫びと訂正

「紀要 第4号 2012年」におきまして、一部表記に誤りがございました。関係者の皆様へご迷惑をお掛けしましたことを、ここに深くお詫び申し上げます。表記につきましては、以下の通りに訂正させていただきます。

21 ページ

再録 総説

Beneficial Effects of Mulberry on Human Health

ABSTRACT

Results: の5行目

正：～activity than Fr. I, in a ～

誤：～activity than Fr. 1, in a ～

東京聖栄大学
紀要 第5号

平成25年 2月25日 印刷
平成25年 3月 1日 発行

編集兼発行 東京聖栄大学
紀要編集委員会

発行所 東京聖栄大学
東京都葛飾区西新小岩1-4-6
TEL 代表 (03)3692-0211

印刷所 (株)研恒社

ISSN 1883-2911

**MEMOIRS OF
TOKYO SEIEI COLLEGE**

No.5, March, 2013

TOKYO SEIEI COLLEGE