

食品加工および資材の新知識

New Food Industry

New food indust. 60 (5): 2018.

5

- 『第 2 回 食と健康フォーラム』 より
開かれた合意の科学と制度化を目指して (産・学・官・民のコンソーシアム形成に向けて)
— 機能性表示食品制度導入と私たちの食と健康 —
- 霊芝 (赤霊芝: *Red Ganoderma Lucidum*) 子実体における
免疫増強効果および制癌効果に関する研究
- 培養系ヒト腸内細菌叢モデル KUHIMM を利用した食物繊維の影響評価
- 機能性物質の養魚用飼料への添加効果-4. トーアラゼ, β -1,3/1,6-グルカン
- 小・中学生時に食育を受けた大学生の食べる力の現状
- 味噌の神経細胞保護作用



その透きとおった肌のヒミツは、なに？



外部試験機関にて臨床データを取得
ヒト経口摂取による試験にて、「保湿効果」、「バリア機能改善効果」
さらには「美白効果」も確認されました。

初めまして。
食べて身体の中からキレイになる、
パイナップルから生まれたセラミド。

美容素材 **パイナップルセラミド**

パインセラ

自然の恵みを選ぶ

食品営業部

丸善製薬株式会社

【東京】東京食品課 〒150-0021 東京都渋谷区恵比寿西2-6-7 TEL (03)3496-1521 FAX (03)3496-1641

【大阪】大阪食品課 〒541-0045 大阪府大阪市中央区道修町2-6-6(増野日生ビル6F) TEL (06)6203-6918 FAX (06)6233-3806

<http://www.maruzency.co.jp>

リグナンリッチ 黒胡麻マイクロパウダー

(60メッシュ 90%パス セサミン0.8%)

「通常のすりごまより香りが広がる」
セサミンリッチな黒胡麻です。

～プロテイン飲料、菓子、スープ、トッピング等へ～

～リグナンリッチ黒ごままで栽培された～

胡麻若葉末 ●有機認定(島根産)
●九州産(鹿児島)

※特許査定を受けました ※急性毒性、変異原性試験、ORAC値測定

※黒酢との比較でACE活性阻害作用を確認 ※「リグ菜」商標出願中

●胡麻若葉、リグナン胡麻等の情報はこちらをご覧ください。

<http://gomadensetsu.com>

胡麻の伝説

- **リグナンリッチ黒胡麻ペースト**
(セサミン規格値0.8%)
- **リグナンリッチ黒胡麻油**
(セサミン規格値1.2%)
- **発酵胡麻** (ほか)
- **チアシード**

「胡麻若葉」のブランド名が商標登録査定を受けました。
(2017年3月末)



リグナンリッチ黒胡麻で栽培された、胡麻若葉です。

■登録NO: 5939137



胡麻を通じて健康を科学する。
～香と機能、個性ある胡麻をお届けします～

株式会社 **わだまんサイエンス**

本 社 〒604-0845 京都市中京区烏丸御池上る二条殿町546
TEL 075-222-7318 / FAX 075-222-0318
<http://www.wadaman-s.com>

21世紀の食と健康文化会議パネルディスカッション

- 開かれた合意の科学と制度化を目指して
(産・学・官・民のコンソーシアム形成に向けて)
ー 機能性表示食品制度導入と私たちの食と健康 ー
.....『第2回 食と健康フォーラム』より 1

総説

- 霊芝（赤霊芝：Red *Ganoderma Lucidum*）子実体における
免疫増強効果および制癌効果に関する研究
.....具 然和 25

- 培養系ヒト腸内細菌叢モデル KUHIMM を利用した食物繊維の影響評価
.....生田 直子，篠原 涼平，佐々木 大介，佐々木 建吾 37

- 機能性物質の養魚用飼料への添加効果-4.
トーアラーゼ， β -1,3/1,6-グルカン
.....酒本 秀一，佐藤 達朗 45

解説

- 小・中学生時に食育を受けた大学生の食べる力の現状
.....小林 麻貴，三俣 夏弥，池田 小夜子，池田 清和 59

連 載

- **デンマーク通信** デンマークのクリスピーブレッド
..... Naoko Ryde Nishioka 74

- **野山の花** — 身近な山野草の食効・薬効 —
ウスバサイシン *Asiasarum sieboldii* (Miq.) F. Maekawa
(= *Asarum sieboldii* Miq.) (ウマノスズクサ科 Aristolochiaceae)
..... 白瀧 義明 76

Research note:

- **味噌の神経細胞保護作用**
Neuroprotective action of Miso
..... 小島 百代, 佐野 愛子, 鈴木 龍一郎, 白瀧 義明, 坂上 宏 79

解 説

- **グルテンフリーベーカリー食品, グルテンフリーパスタとスナック**
..... 瀬口 正晴, 木村 万里子 84

おいしさと健康に真剣です。

酵母エキス系調味料

コクベス

セラチン&小麦グルテン

酵素分解調味料

エンザップ

new発酵調味料

D&M

ディアンドエム

DM

大日本明治製糖株式会社

食品事業部

新発売! 乳製品にベストマッチな調味料

コクベス
ラクティックイーストエキス

乳加工品・製パン・製菓・チーズ・バターへの
コクづけ、味や風味の底上げなど、ユニークな
特長がある乳酵母エキスです。

酵素分解調味料なら
大日本明治製糖へ

〒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

New Food Industry 投稿規定・原稿執筆要項

1. 最新の情報をもとに提供し、業界の活性化に資することを目的とした論文とする。
2. 原稿の送付先および照会先は出版社とする。
3. New Food Industry に掲載された著者名および論文タイトルは弊 Web ページ及び各種検索システム上に掲載する。
4. 著作権：出版元に準ずる。
5. 掲載の判断基準：原稿の内容は、食品業界に関するもの及びその内容が幅広く食の領域に関わりを持つものを対象とし、掲載の判断基準については、弊誌編集会議で承認したもの、及び弊誌アドバイザー（弊誌指定の研究者）や同クラスの研究者が査読し承認したものとする。
6. 論文提出方法：本文は横書きとし、使用機種、使用ソフト名を明記のうえ、提出する（対応ソフトについては後述参照）。図表内の文字データはテキスト入力とし、画像の貼付、文字のアウトライン化は行わない。また、写真のデータ容量が 20M を超える場合は数回に分けて送信すること。

執筆要項

◆原稿枚数：

NEW FOOD INDUSTRY、刷り上がり 5～12 ページ程度としてください。

本文の文字数としては 8000 字から上限 15000 字ですが図表等の数により文字数は調整してください。図や写真のサイズは当方でレイアウトの際に統一させていただきます。また、フォントについての指定はありません。

◆図に関して

図（例：天地 60mm、左右 50 mm タイトル含）はひとつ当たりが本文文字数 250 字に相当します。図・写真・表にはタイトルをいれてください。

◆表に関して

表の文字数は左右 44 字詰め、40 行までを上限として作成してください。

◆写真は鮮明なものに限り、印刷物などからスキャニングする場合は 300dpi 以上の解像度で保存してください。複写原稿は出来るだけ避けてください。

◆引用文献を最終ページ書き入れる場合で、文献数だけが羅列されてページ数を使ってしまうことがありますので、書き入れる文献数は最小限にとどめていただき重要な文献以外は参考図書として書き入れてください。

◆引用による図・写真・表などは予め著作権者の了解を出来る限り得るようにしてください。

<対応ソフト>

・Windows および Macintosh、Microsoft Word、Excel、PowerPoint、Photoshop、Illustrator

【校正について】

著者校正は原則として 1 回行いますが、訂正は誤字、データの修正に止め、大幅な加筆などの訂正はご遠慮ください。

◆投稿料は原則いただいておりませんが、製品解説記事等についてはご相談ください。

◆提出締切日：毎月 10 日締め切りで翌月号に掲載

◆送付先：New Food Industry 編集室宛

◆メールによる原稿添付送信先：newfood@newfoodindustry.com

お問い合わせ、ご質問についてはメールにてご連絡くださるようお願い申し上げます。

『第2回食と健康フォーラム』より

開かれた合意の科学と制度化を目指して

(産・学・官・民のコンソーシアム形成に向けて)

一 機能性表示食品制度導入と私たちの食と健康 一

司会

(株)日経BP社 特命編集委員

宮田 満

パネリスト

渥美和彦記念未来健康医療財団 理事長

渥美 和彦

一般財団法人消費科学センター 理事

犬伏 由利子

早稲田大学 特命教授

笠 貫 宏

東京農業大学応用生物科学部 教授

清 水 誠

本編は、2015年10月9日に開催されたシンポジウム『第2回食と健康フォーラム 食産業と健康長寿社会の発展を目指して(主催:NPO法人21世紀の食と健康文化会議, 於:星薬科大学)』内で行われたパネルディスカッションの様態を弊誌で一部編集した内容です。

平成27年4月に施行された機能性表示食品制度を中心として、各方面からの専門家をパネリストとして迎え、制度を取り巻く状況と今後の課題や展望について議論されています。

1. 機能性表示食品

(1) 制度導入を評価するか、どの点を評価するのか？

宮田 それでは、これから2時間ほど皆さんにお付き合いいただいて、パネルディスカッションを行いたいと思います。まず皆さんに質問します。

今般導入された機能性表示食品制度をよいと思う人は手を上げてください。3人。問題があると思う人はいかがでしょうか。専門家の先生方はだいたい問題有りという感じですね、わかりました。このような状況にあるということをつまえた上でパネルディスカッションを行いたいと思います。

まず先ほどご紹介がありましたけれども、犬伏さんの方から自己紹介とこの機能性表示食品制度との関わり、全く無関係ということでも結構ですけれども、それをお話していただきたいと思います。その後私の自己紹介をした上で、笠貫先生からまず機能性表示食品の制度導入をどう評価しているかという話を順番に皆さんに伺いたいと思います。犬伏先生、どうぞよろしく願いいたします。

犬伏 私は消費科学センターというところから参りました。私どもの会は昭和39年に、主婦連というのを皆さんよくご存じだと思いますが、主婦連の中にいた5人の副会長がこれからは消費者も勉強しなくてはいけないということで、東京オリンピックの年に消費科学連合会という消費者団体と、消費科学センターという財団法人を作り消費者教育を主体に活動してきた団体です。その頃の消費者団体は専業主婦の集まりでしたから、お金はそんなにありませんでした。それぞれご主人からいろいろと助成はしていただいていたと思います。それで企業さんに賛助会社になっていただいたりしながら今

日までできました。

しかし、一昨年前に、私どもは消費科学連合会を解散いたしました。人数は力なりと言われていた時代がありましたが、現代はネット社会でもあり員数に頼る必要性も薄くなったとの思いから、消費科学連合会の方は解散し、目下は一般財団法人消費科学センターのみとなっております。団体名にサイエンスという冠を載せているものですから、科学的な考え方ができるのだらうと錯覚をされてしまう方が多いのですが、それはあくまでも願望でしかないことを白状しておきます。

先の東京オリンピック以降、日本は大きな経済成長を遂げました。先ほど先生方のお話の中にもありましたけれども、さまざまな進歩があつて、その進歩に追いつくためには私たちも学んでいかなければいけないことが多くなりました。平成20年辺りからは、国民生活白書にも消費者市民社会という言葉が謳われるようになり、私たちの自己責任という言葉もかなり押し付けられるようになってきました。でもその自己責任をとるだけの素養というか、力というのは私たちにはまだまだありません。

では、今の若い方たちは、教育の中でそういうものを受けてきたかといわれますと自己責任意識は植えつけられてはいないと言えるのではないかと思います。生まれたときから安全で安心な真綿で包んだような生活をしてしまった方たちがいま成人になり社会人になっていきますから、リスクの所在すら定かではない。そこに何かことが起きるとどう対処したら良いのかわからずただただ不安ばかりが一人歩きするという状態にあると思います。そこで少しでも科学的なものを見る、論理的思考力をつけていきたいと思っています。とはいっても科学至上主義ということではなく、論理的に考えるあるいは費用対効果といった、その時代その時代に依りてものの考え方をしっかりしていかなければいけないという意味での科学でございまして、科学と名がついたものは全てそのまま鵜呑みにするというところではございません。

今回の機能性表示食品ということですが、先ほどお話がありましたように機能性といわれる部分、栄養素的なことを主とするならば、あえてここで機能性表示ということは必要なかったのではないかと思います。私たちは栄養素といわれる部分と機能性といわれる部分と、どこが違うのかがよくわからないままに購入してしまうのではないかと危惧しております。栄養素と機能を誤認しないように、これは国が認可しているものではありませんという言葉をつけるとはいわれていますが、それは少しも科学的ではないという気がします。表示とはどのようなべきものかという点について今一生懸命勉強しようとしているところでございます。

宮田 ありがとうございます。もっとも重要な意見であると思っております。私は日経PB社の宮田と申しまして、今は特命編集委員をやっています。駆け出しの頃からずっと30年から40年近くバイオテクノロジーの報道をやっています。先ほど渥美先生のご講演にもありましたが、ライフサイエンス、まさにライフサイエンスをずっと報道しておりまして、急速にこの研究が進んでまいりまして、人間というものがかんたんわかってきました。

一方で、食品というものが物質レベルでずいぶん分析できるようになってきています。物質と物質との相互作用という意味で、食品を摂食するとわれわれはどんな成分をとりこんでどのような変化が起こるかということが今ほのかに見えてきて、それを今度はシステムとして私たちの体全体がどう対応するかというところの解析に進む段階にいま来ていると思っております。これが間違いなく食品あるいは食品の機能表示、それを咀嚼した消費者の行動変化、その結果どうなったかの検証というような、すべてのプロセスにライフサイエンスが関わってくるといわれておりまして、そういう意味では今回の表示制度の導入ということとはとても意味深いというふうに考えております。

私はどちらかといいますと賛成でございませ

て、もともとトクホがつくられる前から、それよりも米国の健康栄養食品表示教育法でしたか、まさにそれぞれのエビデンスのクレデビリティを測るような表示ですけれども、そのような方がいいのではないかと論を展開してきています。今日は皆さんと議論するのとても楽しみにしております。先ほど反対した人が多かったのでぜひお話を伺いたく思いますので、よろしく願います。それでは笠貫先生、第一問として、機能性表示食品の制度導入をどう評価するか、もしよい、あるいは悪いというならば、どの点がそういった評価に値しているのかということをお伺いしたいと思います。どうぞよろしくお願いいたします。

笠貫 私はこの4月に始まったということで、今日の準備をするまで詳細は知らなかった、これは消費者としての立場です。消費者のためにある制度ですし、医薬品、医療機器もすべて患者のための制度です。患者のため、消費者のためといいながら制度をつくったときにどういふものができあがるか、そのプロセスはどうかということが非常に問題になります。

私は清水先生のお話から、この制度ができるまでのプロセスの中で専門家の意見がどう吸い上げられていたか疑問だと感じました。それから、科学的根拠といいながら科学的根拠というものが見えてこないですね。そういう意味で信頼が十分に得られるかということも疑問です。もう一つは消費者側からみたときに、いつの間にかテレビのCMがかなり増えましたね。みんな飲んでますということだけで消費者に十分な情報が正確に伝わっていないまま、健康表示が先へ進んでしまったという問題があります。私はこの制度がどうかといった時には、まず出来上がってくるプロセスに問題があったと思いますし、出来上がった制度がどうかについては、ベネフィットとリスクを十分考えなくてはいけないと思います。

ベネフィットの一つとして、清水先生が言われたように、消費者が健康志向になり自分でお

金を出して健康になろうとすることは、消費者の健康意識を高めることになると思います。それに伴い、産業が伸びていくのはよいこととして認めるべきです。そこで問題なのは、研究者と消費者の意識です。機能性表示という機能性の評価をどこまでできるかということがリスクとして出てきます。そのリスクは健康被害を起こすかどうかというリスクだけではなく、効くと誤解した上でお金を出していることにリスクが伴ってきます。結局は何をもたらすかという行政、産業に対して国民の信頼を失ってしまいます。国民の信頼を一度失ってしまうと大変なことになるのではないかと危惧します。

しかし、本制度のよい面を活かして、どのようにして運用していくのか、それに付加的なシステムをどうつくるかについて、議論したいところです。今日のお話を聞いただけでもいくつか見えてきます。出来上がった法律に対してどのような運用システムにするかということで、消費者にとっても産業にとっても良いかたちになるような仕組みづくりは、お話ししたレギュラトリーサイエンスの立場として、いろいろ考えられるかなと思いました。

宮田 ありがとうございます。では後ほどご指摘いただいた点に関してはしっかり議論させていただきますと思います。それでは清水先生。

清水 機能性表示食品制度をどう考えるかというのは、立場によって答えが変わってくるということが正直な話あると思います。まず一人の国民としてこのような制度ができたことをどうとらえるかという、国にとってどういうメリットを及ぼすかということ、消費者一人ひとり、国民に対してどういうメリットがあるかという、その2つの見方ができると思います。

まずここでは何でも言っていることなので正直に申し上げると、国民にとってのメリットというのは当面大したことはないと思うんですね。そういう食品も興味を持って選ぶということはもちろん何の問題もないし、それで

ハッピーになればいいのですが、それで実際に健康向上においてどれだけの効果を示すかということは、現時点ではまだはっきりしたことは言えないという話だと思うんです。そういう意味では、機能性表示食品が出たことによる国民が得る利益というのはそんなに大きくないと思います。むしろこれは国にとってあるいは産業にとって非常に大きな意味があるので、アベノミクスはそういうことを考えてこのようなものを推進したものと思いますが、それによって国や産業が元気に、あるいは農業が元気になって日本の国力が高まるという点でいえば、そこからみんなある種の利益を得ることもあるかなということも言えるわけです。そういう意味ではこういうものができたということは、一定の評価をしなくてはいけないというのが一つ、国民としてあります。

もう一つは研究者としての立場です。研究者としての立場では、われわれは何十年にわたって非常に地道にいろいろな研究を積み重ねてきて、食品の中にはわれわれの健康に影響を及ぼすような何かがあるということを示唆するデータをたくさん見つけてきた。いろんな実験をやり人の試験などもやりまして、だけどその出口というのが今までトクホしかありませんでした。それ以外に非常におもしろい成分があるのに、いろいろなバリアがあって外に出ていかなかったというのが、今回の機能性表示食品によってそのバリアが一部取り払われたという点では、研究者はある意味では今までの努力が報われたという感覚を持って基礎から応用を目指して研究する意欲が湧いたと思います。そういう点ではこれはいいことではないかと受け取る向きはあります。

それから評価をする立場ですね。国の委員会等で長年審査をしてきた立場から言いますと、これまでのとても厳しい真摯な評価、やり過ぎかもしれないのですがそこまでやってきたというトクホの制度に比べて、今回はあまりにも軽いというか、個別審査をしない。これは性善説の観点であり、企業が本当に誠心誠意やってい

れば多分いいものがたくさん出ると思うのですが、そこがわからないという点で非常にリスクを孕んでいる。そういうリスクの高い制度になってしまうという危惧がマイナス要因になるかと思えます。

宮田 ありがとうございます。うまく整理していただいたと思います。それでは渥美先生いかがでしょうか。渥美先生が提唱する未来の医療にこの機能性表示食品制度のようなものは役に立つとお考えでしょうか。

渥美 私自身は統合医療をというのをやっております、その一部に健康食品が入っていますので、非常に関心を持ってみなくてはいけないと思っています。こういう制度がどうなのか私自身もまだよく理解していませんが、ひとついえることは米国では非常に健康食品が流通していますし、米国のNIHもFDAも健康保健に対する制度がありますよね。そのような意味からすれば、日本もある程度そういう制度ができたということは良いことではないかと思っています。

ただ私が疑問に思うのは、日本の和食が世界遺産になるということ、これは素晴らしいといわれていて、それを日本人はずっと食べてきたわけですよね。それにも関わらずなぜ健康食品が必要なのかという疑問が出て聞かれることもあります。ビタミンが足りないとかカルシウムが足りないという話がでますけれども、それでは本当の意味での日本人の健康な食事とはいったい何なのかというのを例に、専門家の集団から示していただきたいと私は思っております。つまり健康食品は、本当に必要なのか、少し贅沢なものとしてあればいいというものなのかどうか、ここをところを少し皆さんの意見があればお聞きしたいと思っております。このような意味で、制度が出来て今後どうなっていくのか、私自身もこれから経過を見ていきたいと思っています。

(2) 機能性表示食品制度の問題点

宮田 ありがとうございます。食生活全体にどんな効果があるのかということをごきちんと示して欲しいということだと思います。それでは改めて犬伏先生いかがでしょうか。先ほど少しお話をいただきましたが、どう思われますか。この制度でいろいろな商品が出てきます。いちばん喜ぶか、困るかするのは消費者だと思いますが、いかがでしょうか。

犬伏 そうですね。それこそケースバイケースだとは思いますが、いま日本は大変な高齢化社会に突入しています。その高齢ということは、世界に冠たる長寿国として喜ばしいことなのかもしれませんが、すぐ横に認知症のような様々な高齢であるがゆえの不健康が怖いという思いがついてまわります。そうした立場からすでに皆さんいろんなことをお考えになって、その昔「ぴんぴんころり」という言葉が流行ったことがありますが、その日までしっかりしていたいよねという思いを強くしています。多分ここにいらっしゃる方々だつて、歳を取った時のことをお考えになると思います。

そのくらい健康というものに、健康というのは単に生きているというのではなくて普通に生活できる、尊厳を保った生活ができるということとして考えると、恐怖も感じているというのが実情だと思います。それが根底にある状態で、血行をよくするから認知症になりませんか、あるいは脳卒中を起こしませんよ、あるいはコーヒーをいっぱい飲んでおくといいですよという、そのようなお話がたくさん出てくると、あれにもこれにもとすがってしまいたくなる。いくら科学的に考えてみましょうと思いつつも、渥美先生ですらテレビを見てそのような話を聞いたら買おうかと思われてしまうのですから。そこを何とか解決してからでなければ、他力本願と言われるのかも知れませんが、私たち消費者の自己責任を問われている時代であることはわかっていますけれども、表示そのものに

もう少し考えてもらってもいいのかなと思います。

宮田 ありがとうございます。重要なお指摘です。これは後ほど最後の方でも議論させていただきたいと思います。つまりこの制度をどう運用してよりよくするかという、先ほど笠貫先生からもご指摘を受けましたので、結論はそのような感じで出していきたいと思っています。

私が知る限りこの機能性表示食品制度、まず北海道トクホという動きが実はありました。北海道内で生産あるいは開発されている食品に対して、特区として表示制度を新たに作ろうという動きがあるんですね。これに関してけっこう政治家の方や行政官庁を動かしたりしてさまざまながなされていたのですけれども、それを実はアベノミクスの施策として掠めとったというのが今回の動きです。したがって、これは食品表示だけではなくて農産物表示ということに関しても、あらかじめプログラムされたものだと考えています。先ほど清水先生からも先月ででしょうか2種類、豆もやしともう一つみかんですね。これはそういう意味では農産物の振興、それからとにかく地方を元気にするという参議院選挙もふまえた対策としていま練られているということになります。

私が今回の表示制度がなかなかよいと思っていると申し上げましたけれども、笠貫先生がお指摘なさったようにこれはどういうプロセスで出てきたのかということに関しては確かに変な点もあると思っています。これは消費者が望んだものでも、まあ企業は望んでいたかもしれませんが、科学者が望んでいたかどうかというのわからない、しかしできてしまったものはどうするのかというのを議論したいと思っています。板倉先生にお伺いしますが、先生は今回の表示制度についてどうお考えになりますか。

板倉 笠貫先生や清水先生など先生方のおっしゃったことをまとめるような言い方かもしれないですけど、この機能性表示食品制度は

消費者のためのものではなく、食品業界およびその産業の発展のためにまず考えてつくられたものだと思います。これをこれから消費者の健康のために役立つものにつくりあげていくことがこれからの課題だと思っています。また今の制度もこのままでは健康増進にはつながらない状況だと思います。自分がどの食品を摂ったらよいのかをはっきり知りたいことに加え、摂取した結果の評価がされていない状況なので、本当によい結果となったのか、健康になったのか、あるいは健康でなくなったこともあるのか、これらについてモニターされているわけではありません。結局のところ、摂取してもどれだけ効かわからない。そういう意味では本制度は消費者のための、また健康増進のための制度とは言いきれない状況にあるかもしれない。したがって、これからどうするか、これをしっかり検討しなければいけないと思っています。

宮田 板倉先生、一つ質問させてください。どちらかという行き詰ってしまったトクホ制度、これをそのまま推進していくのではなく、今回の新しいきっかけでよりよい制度をつくった方が良いとお考えでしょうか。

板倉 そうですね、トクホ制度をつくったということはそれは評価できますし、それから機能性表示食品制度をつくられたベネフィットも、先ほど先生がおっしゃった、いわゆる食というのが健康のために非常に大事だという意識をこれから広めていく一つの呼び水になるという点においてはその通りだと思います。どのような食品を摂るかが健康のためには大事だということを示せる制度だと思います。

トクホ制度は、ある程度のいろいろな科学的証明といわれているものでつくられていますし、それからその成分をある程度一定量安定的に供給できるという考え方も一つ大事なことです。これら食品の健康への役割を表示できる制度は非常に意味があることですから、それをきちんと機能させるためには、これを消費者が理

解できるようなかたちに誰かがサポートする必要があります。どうにかたちでそれをモニターすればよいのかなど、サポート体制を取り入れながら、トクホ制度と現在の機能性表示食品制度を両方とも活用していくようにしていければよいと思います。

宮田 ありがとうございます。それでは会場の方からご意見を賜りたいと思います。

山田 静岡県立大学の山田と申します。私は長く薬学を専攻してきましたが、本学では、十数年前から薬学部と食品栄養学部の先生方（本日いらしています本学の合田敏尚先生など）と共同で文科省による Center of Excellence (COE) プロジェクトが採択されて、「薬食同源」というコンセプトのもとに、薬に加え食品についても研究してきました。私は、薬学的なアプローチを使って食品の機能性研究を進め、その実績をもとに、平成 25 年から本学では大学院附置施設として薬食研究推進センターが設置されました。私はセンター長を拝命し、産学連携により、薬と食品の基礎研究と臨床研究を進めています。

今回の表示制度自身については只今みなさんからの色々なご意見を伺って、私も基本的には消費者にとっていいことだと思います。反対か賛成かどちらかといわれて、反対の方に挙手しましたが、賛成も上げたく思いました。中間があったら手を上げようと思った次第です。メリットはやはり消費者にわかりやすくなるということで、米国でも既にそういう表示制度が運用されています。

ただし、一番懸念されるのは、やはり届け出制であるということです。つまり、エバリュエーションとかレビューシステムが働かないということです。これは、我々が論文を専門誌に発表する場合、誰でも投稿したら全く審査なしで受理されるということです。つまり、申請者の事業者によるデータ・書類が整っていればそのまま通るということです。そういう意味でトクホ

の場合には、第三者の専門家による機能性と安全性の審査過程を経て、承認の可否がなされています。この役割がない部分が、今回の機能性表示食品制度の一番の懸念材料だと思います。先ほどのお話にもあったように、事業者の企業がちゃんとしたモラルを持っている限りにおいては問題ないと思いますが。

私は 30 数年前に米国に留学しましたが、米国は当時ドラッグストアやスーパーマーケットに行くときサプリメントがたくさん売られていました。当時は、日本ではサプリメントという言葉すらありませんでした。これは保険制度の違いで、米国では健康保険に入っていない人がいて、そういう高い医薬品を使えない人たちが、健康増進や治療のために安価な健康食品を使うわけです。機能性食品の考え方や文化が日本とは違いますね。

それからもう一点は、医薬品の場合には、患者に使用されるようになってからの市販後調査というものが大変重要です。世の中に出てもそのあと何か副作用や有害事象が起こらないかを、患者データの収集・解析する市販後調査により精査しています。そういう意味で、トクホでも機能性表示食品でも、世の中に出たらずっと永久的に再評価なしに使用されるというシステムは良くないと思います。食品が世の中に出ても、安全性などをチェックする制度が必要です。特に、私が専門の医薬品との飲み合わせによる相互作用などの有害事象は、多剤併用している高齢者では市販前には予測できません。世の中に出たら終わりではなくて、やはり機能性や、今までの臨床試験で分からなかった副作用や有害作用、何か不都合が起こっていないかなどを、事業者の責任で行うようなことを義務づけるのがいいと思います。そういったことにより、最終的には消費者が機能性食品やサプリメントを安心して使うことができ、健康維持・増進につながるようになると思います。

宮田 ご指摘ありがとうございます。一つはモニターのことですね、板倉先生にもご指摘い

いただきました。それから教育というところが日本はすっぱり抜け落ちているというところが大きな問題です。米国では本当に栄養機能教育法とか、エデュケーションという言葉が入っています。そこが日本ではすっぱり抜け落ちている。文科省が参画していなかったということが最大の問題かもしれません。まだお二人、論客が残っています。先生いかがですか。

質問者 1 先ほど、反対意見の方に手を挙げたのですが、すべて反対ということではありません。山田先生と同じような意見です。生命の歴史というものを考えた時に、ある特定の成分を高濃度で、または純粋な成分を長期摂取するということは、ほとんど無く、そのような食生活を続けてきた結果の先に我々がいます。一万年後、十万年先を考えた時に、果たして、機能性を謳った食の普及や教育を続けていいのだろうかという疑問があります。正しい食生活を続けることによって病気が治るという話もよく耳にします。神奈川県知事は、長芋を食べさせたことによって父親の末期の肝臓がんが完治したと話されていましたし、病院ではNST (NutritionSupport Team) を導入し、食事で病気を治し、また治癒を早めようとしています。

一方、トクホについては、長期飲用しても効果は頭打ちになってしまうという話も聞きます。食とトクホや機能性食品には、大きな違いがあるように思います。ウィリアムスの輪として例えられていますが、ある特定の成分を長期にわたって摂取していても効果は出ない、却ってバランスを崩すという問題につながっていくのではないのでしょうか。今の科学では十分に説明できない食と科学的に解明できる点のみを強調した機能性食品。遠い未来を見据えた時に、どちらが我々にとって大切なのでしょうか。食というのは、複数の成分がカスケード状に作用していくというようなイメージを私は持っています。ある成分がある部位に作用し改善すると、次は別の成分が別の部位に作用というようなことを繰り返していく。特に、日本の伝統食の良

さはそのようなところにあるのではないかと考えています。機能性食品の良い点は、食に機能性があるということを知ってもらうことによって、食の大切さを知ってもらうことにあると思っています。正しい食生活を続けることによって、医薬品に頼る必要はなくなり、お医者さんも健康食品も必要なくなればとは思っていますが、現実には、規則正しい食事をとることができない、手軽な食事をとるためにバランスを崩してしまい、その結果、体調を崩してしまっています。そういう人々のための医療であり、健康食品であるべきであると考えています。

宮田 ありがとうございます。現代の社会だけではなく老齢化というのがまた一つわれわれを脆弱にしていますので、本当に正しい食というのがそれで解決できるのかどうかというのは非常に疑問にはなってきたのではないかと思います。

中嶋 日本予防医学会副理事長の中嶋です。機能性表示食品制度の話に限定してとのことですが、一応私は問題ありの方に手を上げたのですが、テレビのコマーシャル等で出ているいわゆる健康食品、野放しの健康食品といわれているものについてはですね、この制度ができたことは一歩前進だと思っております。

ただ笠貫先生がおっしゃっていたこの制度が作られたプロセスのことなのですが、私はこう理解しています。まずアベノミクスで政府の目標が決められ、その目標達成のために消費者庁が最初から答えを決めてこの問題に取り組んだというふうに理解しています。そのために本当に短い期間で結論を出してしまった。したがって、そこにはこの目的、最終的な結論に合うようなプロセスの仕方がなされてきたような気がしております。機能性表示食品そのものは、トクホと違って生鮮食品や一般加工食品も入っているという意味では一歩前進というふうに理解していますが、あまりにも検討の期間が短すぎ

かどうかというのは、はっきりいうとまだわからないのですが、ただフラボノイドにしる何にしる、今まで非栄養素ということで、実際に生命の維持にはそれほど関わっていないという旧来の栄養学的な考え方が、実は正しくはなかったのではないかと。というのは、やはりわれわれは長い間そういう成分を食べてきているわけです。人は環境要因としての食品成分とずっと相互作用しながら進化してきた、人体はそれら食品成分にアダプトしているという面が相当あるのではないかと、と最近私は考えています。そうすると、われわれはフラボノイドを食べることによって知らず知らずのうちに体のメカニズムのどこかを調節している、ということもあり得るのです。

従来食べてきたような成分は、そこに機能性成分とか栄養素とかいう区別をしなくても、どちらもわれわれの体に何か作用している可能性が強い。その一部が切り出されて研究データとして出てきているわけです。そういうことを考えると、そういう特殊な成分も必要なものと考えて付き合っていく方がいいのではないかと思います。

宮田 前回は島崎さんのセミナーに呼ばれましたが、その時は中村次次先生（神奈川県立健康福祉大学学長）のお話の中で、栄養素というのは厳密な定義がある。欠乏症があって、その欠乏症は死ぬというのです。だからフラボノイド欠乏症はあるかもしれませんが死にはしないという、これをどうするかと。ただ中村先生もおっしゃっていたと思いますが、その時は貧しい時代の栄養学で、生存ということが栄養の目的だったのですが、多分いまの時代、地球の半分はまだそういうところだと思いますが、われわれくらいになると、良く生きるという、渥美先生には贅沢と言われてしまうかもしれませんが、そういう栄養学が要るようになったのではないかと思います。先生はどう思われますか。

渥美 私はこう考えます。普通のいわゆる日本の日本人が食べている和食というのはやはりいい食事だと思っています。それに対して相反するものがいくつかあるわけです。例えばインスタント食品、それから健康食品、これは少し違うんですね。健康食品は今日議論されているわけですが、インスタント食品というのはこれはよくないというわけで、私の友人で徹夜で仕事をして家に帰らない、そこで毎食ですよ、4種類ほどのインスタントラーメンばかり食べている男がいた。私は注意したんです、これは病気になるよと。本人は結局それをかまわず続けて、5年後でしたか胃がんになりました。それは仕事のせい、がんの原因は食事だけではないとは思いますが、あの頃のインスタントラーメンというのはよくありませんでした。今から30年前の油の多いやつで、長く続けるとやはり病気になるというのを見ました。

宮田 それは重要なご指摘です。トランス脂肪酸の例などを考えると、まさにその通り。悪いものから遠ざかるという手もありますが、今回の表示制度ではそのような悪い方の情報はいいですね。これはトランス脂肪酸が入っていますという表示は企業はやりたくないでしょうけれども、逆に言えばわれわれが身を守るためには、いいという情報だけでなくこれは悪いという情報もエデュケーションする必要があると思います。

犬伏さん、ちょうどいいところなのですが、さっきおっしゃったようにわれわれは老化していますよね。すると多くの消費者は老化に対する恐怖心があって、その恐怖心を背景にするような思いで食品機能というものを期待している。具体的には死ななくなるような機能を望んでいるのですか、どういう機能を望まれているのですか。

犬伏 死なないということは考えていないと思いますが、死ぬその日まで元気でいたいということだと思います。

宮田 ぴんぴんころりですか、それで認知症にもならない、ロコモティブシンドロームにもならないということですね。

犬伏 前に BSE というのが発生した時に、皆さんかなりパニックを起こして大変でした。その昔結核ですとかハンセン氏病といった病気に対して死病としての恐怖から人に内緒にしたりという歴史がありますが、BSE の時も対処療法がなかったから必要以上に恐れたのだと思います。今はがんでもあるいはハンセン氏病といったものでも対処療法ができていて怖いものではなくなっていると思います。

年が若い人には死に対する恐怖はもちろんあると思いますが、高齢者といえるような年代になっている人にはそんなに死が怖いということではなくて、寝たきりや介護で家族や社会に面倒を掛けたくないと考えていると思います。医療費がかかりすぎるの何のと、いろんなところで言われて身を縮めているのが高齢者ではないかと私は思っています。そういう方たちは少しでも医療費を使わないで済むようにしたいから健康でいたいと思っているのではないのでしょうか。

宮田 もう一つは家族や近親に迷惑をかけたくないということですね。いま日本はもう急速に高齢化社会になっています。4人に一人、もうすぐ3人に一人が65歳以上になる。しかも彼らはお金も持っているんですね。逆にいえば機能性表示食品のマーケットはそこにある可能性があるんで、いま率直にお伺いしますけどわれわれは死ぬまで自分自身のことを自分自身でなんとかしたいと思っているのですよね。その切ない思いを騙していいのかというのが今回の一つの議論、あるいはその切ない思いにどう応えて正しい情報を出すのがいいのか、あるいは正しい食生活をとるのがいいのか。

もう一回中嶋先生に伺いますが、結局死ぬまで健康でいるためにというのは予防医学ですよ。なんでも治るといって怪しくなるので、例

えば米国の健康機能表示教育法は当面は確か心筋梗塞と脳卒中でしたよね。そこの辺りをきちんとやらないとなんでもかんでもバスケットみたいに入れて表示をして教育もしてやったら、僕ら生きてるのがつまらなくなりますよ。むしろ今日本人が対応すべき高齢化社会の危機というのは、中嶋先生、これはこう予防するというようなお考えはありますか。

中嶋 基本的には国民医療の問題と絡んでくると思うんですが、一番多いのは高血圧、糖尿病、その次が心疾患、脳血管疾患、そして最後ががんという順に患者が多いですよ。この順番に影響力が大きい。ということは国民的に予防するとすれば、その順番を考慮する必要があるのではないかと思います。

ただ、どういう予防の仕方があるかということに食をどう絡ませていくのか、その部分が結論などももちろん出ていないのですが、例えばいま私どもの方で取り組んでいますのが、予防医学値というのを検討していこうという議論をしています。人間ドック学会が出している検診検査の基準範囲や各専門学会の臨床判断値というのはだいたい決まっていますが、いろんなデータの中からどの数値から自身が努力すれば元の健康状態に戻るのか、すなわち治療などをしなくとも、渥美先生がおっしゃっていたセルフメディケーションでもって元の健康状態に戻せるかという、予防医学値みたいなものが必要ではないかという議論をしています。それができれば、新たなその数値を基準にどう予防していくか、その予防の方法の議論ができるのではないかと思います。

それから死ぬまでという話がありましたが、食品の機能と健康の問題というのは結局人の一生に関わる問題ですよ。そうなりますと薬というのは原因がわかっているでどう対処するかという方法論的には順問題ですけれども、食の場合は逆問題、つまり目標を決めてその目標を達成するためにどうするかという逆問題ですね。まったく方法論的にも食と薬は違うものと同じ

基準、同じ価値観で評価していくというのは少し間違っているのではないかなというのが、私の30年前から疑問に思い悩んでいるところです。そこに今回の機能性の評価科学の根幹があるのではないかと思います。

したがって、人の一生の問題をどう評価していくか、それはまさにトランスサイエンス的な発想が必要ではないかなと思っております。

宮田 ありがとうございます。

渥美 循環器の病気については低コレステロールですよね。それから糖尿については糖、いわゆる炭水化物の抑制ですね、そういう大体大きなものについては分かるんですよね。問題はわれわれ高齢者にとっていちばん怖いのが認知症なんです。これに対する食というのは本当にあるのかどうか。それで日本人の女性の寿命は長いといいますけれども、後半の大部分の健康状況は認知症で生きているんですね。となってくると健康長寿というわけにいかない。そうなってくるとこの認知症というのを表示で可能かどうか、あるいは健康食品で可能なのか。もし健康食品で可能であるならその価値は十分あると思いますので、この辺を少し皆さんにお聞きしたいと思います。

宮田 いまG8でも認知症というのが非常に大きな問題になっていまして、この間のロンドンのサミットで指摘されています。それはどういうことかという、やはりその方をお世話するために大きな家族労働、その結果国民経済に与える影響も非常に大きいというのが一つ。もう一つはやはりもっとも愛していた近親が自分を認識できなくなりなおかつ人間性を失っていく姿を見せるのは、こっちの若い保護者の方にトラウマが起きますよね、これは大問題です。さすがの安倍内閣もこれを取り上げようとしていますが、もう皆さんには時すでに遅いかもしいない。今ベータアミロイドの蓄積とかタウのイメージングができるようになってほしい

んな蓄積しています。

ただ、先生のお話の通り今カリフォルニアのオレンジカウンティで認知症予防運動が始まっています、それは大まかにいって2つ。一つはまさに食事です。それは認知症の背景として糖尿病と血圧が高いことがハイリスクであることがわかっているので、食事によってそれをコントロールしようということ。それからもう一つは明らかに運動です。運動は認知症の予防を非常によくしています。今日は食事ばかりいっていますけれども、インプットとアウトプットのバランスがわれわれの生活を決めますので、運動というのが絶対必要だということがわかってきています。これをやるだけでけっこう防げますので。ただ有効成分がどうかというと、先ほどギンコがありましたよね。先生、さきほどのご説明をお願いします。

清水 ギンコライドというイチョウから抽出したテルペノイドは、昔からそういう作用が多分漢方とかそういうところでも知られていたもので、それを今回SRで評価する対象品目とするのは適当であると判断されたと思います。確かに世界でいろいろ使われていることがあったので、それなりの論文はありました。それでいちおう評価もあった。C評価くらいだったかもしれないですが。(注：後で確認したところ、「認知機能改善」に関してはB評価でした)

宮田 今日は皆さん行きがけに並木道で銀杏を踏んできたはずなのですが、実は可能性がなきにしもあらずです。それではここで認知症を防ぐということを焦点にして議論したいと思います。認知症を防ぐような食品成分あるいは食品を、本当に評価する評価技術をいまわれわれは持っているのかどうか。まず笠貫先生から伺いたいと思います。

笠貫 認知症に対して食品の機能性を評価できるかというベネフィット・リスク評価ですね。ベネフィットをどう評価するかという時に、医

薬品のベネフィットの評価と食品のベネフィットの評価は違います。違うといっても薬品でも医療用薬品と一般用薬品の一類、二類、三類があって、三類一般用医薬品とトクホのどこに差があるかと言うと、効果の強さと確かさに加え、健康被害があるかどうかというリスクからの評価です。

先ほど清水先生のお話と届け出制のお話がありましたけれど、例えば医薬品でなく、私が医療機器の承認審査を10年やってきたとお話しましたが、医療機器は命へのリスクの程度からクラス1, 2, 3, 4に分けられていて、家庭用の肩揉み器などはクラス1として使っています。クラス2は第三者認証制、クラス3, 4は審査の対象ですね。ヨーロッパでは認証、米国では審査です。日本では今回薬機法に改正されましたが、クラス3の機器の一部は第三者認証でよいことになりました。そのためには認証機関とその評価基準をつくることです。

認知症に対する医薬品の評価基準をつくる困難性を考えてみますと、今回のような食品が認知症に効くかという食品の評価基準の話は、無理があるのではないかと思います。むしろ先ほど食品の第一機能、第三機能の話で、食品機能があったとして、一つではなくて併用効果です。

それから大規模臨床研究での食事療法と運動療法の評価をする場合、評価基準がそれぞれ違うので、どこで線を引くかが難しくなり、さらに認知行動療法なども入ってきます。認知症に効くといわれても、具体的にどんな効果に絞ら込むか、血圧と糖尿病ということか、生活習慣病との関連なのか、認知症となったときにマルチファクターが入り過ぎてしまいます。

みんな認知症とがんが一番怖いですね。そしてがんになると、どんなにお金がかかっても、効くと思わないものでもお金を使ってしまう。同じように認知症になったら怖いということで、いろいろなものを飲んでしまいます。機能性表示食品がそこをターゲットにすることにならないかが、私が恐れることのひとつです。

非臨床試験や基礎研究でいろいろなものがま

た出てくるでしょうが、それがヒトに本当に効果があると決めるかどうかというレベルにはまだないようにも思います。ベネフィット評価は先ほど清水先生が言われたように、誰がいつ何を目的とするかによって価値基準が違います。例えば再生医療というみんなに夢を持たせませぬ。それと同じように認知症に効く食品があるという夢を持たせるわけです。夢を持たせ過ぎてからお金を生み出すということは今の時点では少し危険かなというのが私の印象です。

宮田 一種の詐欺ではないかと思っているということですか。

笠貫 いや、詐欺とはまったく質的に異なる問題であり、詐欺とは思いません。先ほどの教育とリテラシーの話がありましたが、そうではないことやわかっていないことをきちんと書くことも大事だろうと思います。それから先生が言われたように、表示法の話になったときには悪いという表示も必要ではないかと思えます。いま日本ではたばこについてどこまで書いているのでしょうか。国際的にも学会でも悪いことがわかっていても表示させてはつきり書けないという実態に、食品表示法というなら消費者庁として検討の時期ではないかなという感じがします。

宮田 おっしゃる通りです。財務省を敵にまわそうと考えていらっしゃると思うのですが。ただ日本はあまりに甘すぎますよ。そういう意味ではたばこの表示に関しては非常にひどい。それからたばこの値段をもっと上げてもいいだろうとも思います。トータルの議論はどこかでできないといけないと思います。

清水先生、嫌な予感がしているでしょうけれども、どうですか。サイエンスとして先ほどのシステムチックレビュー、つまり論文を全部評価して、先ほどのご説明だとかなりきちんとやりましたよね。それでギンコライドは一応Cでした。一方、笠貫先生は今のサイエンスはそ

んな状況にないとおっしゃる。この溝を先生はどうお考えになりますか。

清水 あの時のシステムチェックレビューのトライアルは、やはりあくまでトライアルで、どんな方法であればどこまでわかるかを知ることがむしろ一つの目的だったのです。そこで結論を出そうとしたわけではなくて、あそこで使ったレビューのやり方だとああいう結論になります。それが実は正しい伝え方です。ただ結果が出たらそれが独り歩きして、それが真実かのような受け取られ方をしているということです。ですからあそこでギンコライドがCと出たとすれば、あの時使った手法だとそういう結論になったということで、全く効かないという否定的な論文は少数派であったことが示されたというだけだと思います。

宮田 その通りですが、報道する側としてはあの表について30行書けないです。多分20行くらい。先生の付帯条件もいっぱいについているというような説明までは書けないです。だからそういう調査結果をメディアで伝えるわれわれの機能との間にギャップがあるのです。

清水 話が戻りますが、血圧や動脈硬化などに関しては食品の影響が大きいので、機能性食品にはそれなりの効果は期待できるかもしれない。さて認知症はどうかという話ですが、あのSRの時はそういう視点でギンコライドを評価しましたけれども、多分多くの研究者は、やはり認知症は現時点では、まあ脳血管障害が原因のものはいいとして、アルツハイマーとかそういう世界になるとそれを食品でなんとかしているということが多分考えていない。

枠から外れているもの、多分がんもそんなんですね。研究をやって、効きそうだというものが出て、現実にはそれを表示できるようところまではまだっていない。多分がんもアルツハイマーも現時点では表示食品の中には入ってこれない領域だと思います。

質問者2 大変興味深く聞かせていただきました。機能性表示食品については、一昨日だと思うのですが、届け出によって消費者庁から番号をいただいて今まさに認知機能が大きな議論的になっていると思います。清水先生が12年に日本健康栄養食品協会で検討された中に入っていたのですが、実際システムレビューをその会社さんでやった結果4件のほとんどがポジティブ。成分はイチヨウの葉です、まさにそのギンコライドです。ただいろいろ議論はされていて、企業から出してそのまま素通りという理解で山田先生などはおっしゃっていたと思うのですが、実際4月に出した後には、何度も消費者庁と、それだと文言が広いのではなどといった具体的なやりとりはあったようです。それが一昨日、その届け出に番号がつけられ、役所としてはそういうものが企業責任において出されたものを許可したことになった。今までの例だと取り下げの企業はほとんどないので、恐らく2か月後くらいには関連した商品が消費者の目に触れるし場合によっては利用されていくということになるかと思います。現実にはそこまでいっているということと、いま日本はこれだけ安倍さんが指導して、少し強引ではあったと思いますが、あまりにも急に進んだのでいろいろ軋轢はある気はします。

しかし、何度かお話に出ているように米国ですとかオーストラリア、ニュージーランドといった国々では認知関係ですとか、場合によってはたいへん難しいといわれた免疫関係も部分的に許可されています。免疫関係は、先ほどのお話の通り今回日本でもまだ一つしかないですが取れています。やっと追いついたというような認識なのかなという気も少ししておりますが、さらにこの国内産業の活性化という面と同時に今後やっていかなければいけないのは、人口がどんどん減っていますので、国際的な展開だと思うのです。国際的なレギュレーションに乗せるなどの展開を図る上ではまだまだ今のままでは難しいですし、むしろ制度が不十分な部分もあるんです。こういうやりとりも大事なのです

が、日本の産業を活かす道というのは外に向かっていくためには何が不足しているのか、まだ決して今のものではないと思いますし、清水先生のお話にあった農水省の大きな方向性で日本の農産物を輸出しようという動きがあると思うのですが、それももう全く絵に描いた餅にすぎなくて、恐らく HACCP の問題ですとかいろんなレギュレーションをどうクリアするかという大きな問題があると思うんです。だからその辺もふまえて前向きに考えていいのかなという気がします。

宮田 ありがとうございます。

中嶋 今のお話ですが、認知症関係でどう表示をされるのでしょうか。

質問者 2 一昨日でまだ中身をはっきり見ていないのですが、許可されているものは、認知機能の低下を少し抑制するみたいなイメージです。初めはそれだけ単刀直入に書いていたのですが、指示があって、認知機能の中の記憶に限定をするというような文言になりました。

宮田 メモリーロスということですか、それを抑制するとか。

笠貫 私はシステマチックレビューを見ていないので、一般論になりますが、評価には消費者のニーズが社会的合理性の中に入ります。それと企業にとっては経済効果です。消費者にとってははっきりした機能がわからないまま、お金を出すという状況自体がさっきの健康被害以外の消費者にとってのリスクになります。記憶の話になると、私も記憶は落ちてきていると思っていますから、欲しいですよ。これは非常にタイムリーな話なので、すごい経済効果を生むかもしれません。

ヒトへの効果があると第三者評価がないまま出すことになれば、今の届け出制で本当に良いのかという疑問が生じます。そのニーズの問

題と社会的影響度はどうかという価値判断が評価に入らないといけないと思います。これがリスク・ベネフィット・コスト評価のレギュラトリーサイエンスの考え方です。届出後に、評価基準をもって許可するトクホとは違って、企業が届け出してきた書類をチェックするという話です。そこでこれだけ重大な品目を認知、記憶の話が混じって表示した場合に、誇大広告にならないかということをし危惧します。

(2) 医薬品評価法の延長に食品機能評価はあるのか？

宮田 ここで議論するところです。どこでもって表示を可とするか、非とするかというのを一つの国の機関が決めていたのがトクホですが、今はそれぞれバラバラ。そうするとそのサイエンスレベルというのを本当に日本で共有されていて、一定の基準がある中で企業がそれに基づいて科学的に判断するというのだったらわかりますけど、今のお話の中では、かたや良い、かたやダメというような意見はまだ存在しているし、それがどういうふうにここで線を引きましたという透明性に関してもまだ見えていないのですが。

清水 いまのギンコライドの話、そういうものがあるという話は聞いていましたが、私自身は少し無理かなと思っていました。いま受理ということで驚きました。多分アルツハイマーとかそういうものは実際には関係なくて、脳の血流を高めていくとかそういう話だろうと思いますけれども、でもこれが市場に出た時の影響は、大きいですよ。

宮田 多分この壇上の中で3人くらい買うと思いますよ。

清水 しかもそれが現時点でできうる最高のレビューをやったものであれば、それなりに許せるかもしれないですが、実はその辺はかな

り怪しい可能性がある。それでこのシステムチェックレビューをみんなやって出してくるわけですが、実は今そのシステムチェックレビューの質を評価しようという動きがありますね。それはまた別の機関で、誰がやるのか、時間の余裕があるのかは知りませんが、そういうことが必要だろうという声はかなりあるということが一つあります。そういうことも考えて、いくつかのそれなりの協会がシステムチェックレビューを請け負うということを今始めている。そこには大学の先生が関わったり、いろいろな学識者が関わって評価をするということで、一応そのシステムチェックレビューの質を上げていくという動きがあるということは確かです。それは一つの対処法かなと思っています。

笠貫 今のことは非常に大事なことで、医療では医師が診療するとき常にシステムチェックレビューによるガイドラインに基づき患者さんを診断・治療をおこないます。専門家がMinds診療ガイドライン作成に準拠してシステムチェックレビューを行い、さらに他の専門家や非専門家などによる外部評価や利益相反への対応をきちんとやっていけば、今の科学のレベルでは是とされます。本制度では事業者によるランクが一応つけられていることは良いと思いますが、そのランクへの第三者による質的評価も保証もありません。

例えば、リソースデータの質の話ですね。私も10品目のホームページ見たのですが、ある品目では3つ文献あり、すべて同じ大学医局の論文で、年度が違っていただけです。システムチェックレビューの評価はトクホの審査でやられていたと思いますが、審査期間が長すぎたのかもしれない。お金もかかりすぎるといったことがあったかも知れません。そんなにお金をかけないで期間を短くする方法があるのではないかと思います。先ほどの医療機器はランダム化試験ができないことがほとんどですし、統計の方法も違うという話をしましたが、食品ではどういった試験方法で、統計法をどうするか、ハー

ドな統計ではなくてソフトな統計を使うという知恵が出てくるはずですよ。そういう意味で私は消費者のニーズが高いものについて国民が受容できるベネフィットとリスクのレベルをどう考えるかについて、専門家に非専門家も加えての話し合いで、合意形成をしないといけないと思います。それが私はレギュラトリーサイエンスだと思います。

また科学的コミュニケーションの観点からは、消費者向けのパンフレットを正しく理解する人はほとんどいないだろうということです。本制度の目的が消費者の選択肢を増やすことにあり、ひとりひとりの消費者が選択できるように、その情報がわかりやすくきちんと伝えられなければなりません。医師がインフォームドコンセントを得る時には、患者さんが本当に理解できる言葉で十分説明しなければなりません。これがなかなか難しいのです。いま清水先生が伝えたいと思ったことが、消費者に本当に伝わるかどうか大きなポイントになってくるのではないのでしょうか。それともう一つ大事なことは、医療機器でも少し話しましたが、第3者機関による認証制度がありますよね、この認証制度では認証を請け負う機関に国の監査が入りますし、定められた基準に合っているかどうかで透明性が保証されます。監査の時にひどいものもあるそうです。そういう仕組みも参考にして、トクホの審査のあり方を踏まえて、この機能性表示食品を真に消費者のためのものにするにはどうしたら良いかは、今後の運用とシステムの改善と工夫次第ではないかと思っています。

宮田 おっしゃる通りです。私もそれは大賛成ですね。トクホのように全部国が抱えると、まずは遅くなります。それと費用がかかって税金を使いますね。全然関係ない人たちに関しても負担が出てしまいますので、それは考えながら後ほどまた議論しましょう。犬伏さん、どうでしょうか。

犬伏 いま伺っていて思ったことなのですが、

まずこの機能性表示は、トクホとの差をつけるということでは、認知症にならないあるいは罹患率を低下させられる機能を持っていますよと表示したようなものが今すぐに出てくるという点で、トクホのように何年もかかって出てきたのでは私には間に合わないこともあるといった意味では、そのこと自体は決して悪くはないと思います。

笠貫先生のご講演で評価科学の完成というお話だったのですが、どんな事柄でも、マスコミが私たちに報道してくださることにも、限られたことしか書けないケースがあり、デスクのところでもボツになってしまう、こんな書いても出ないということで書いてもらえない、教えてもらえないという部分が世の中にたくさんあります。それが命に関わる事柄のことも多々あるので、笠貫先生のところのような評価する機関が、これはこういう効果があるものなんですよ、だからそれを狙った機能をこのように研究されているのですよという説明をしていただけると、私たち消費者は納得して受け入れることができるのだと思います。そういう役割を果たす研究や機関というものが、リスク面からだけでなく、あってもいいかなと思います。

また同時に、あの複合汚染というのが添加物でかなり問題になりました。この機能性をもつ食品に関しても食べ方、さまざまな調理法があるわけですが、調理法だけではなくて食べ合わせという言葉も昔から日本にはありますね。そういういろんな素材を食べ合わせた時どうなるかという、その謳われていた機能が倍加する場合はいいですけど、逆に潰れてしまうようなことってないんでしょうかという、素朴な不安の方を私たちは持ってしまいます。この企業が、特に中小企業の方たちまでもいいものを見つけれれば届け出だけですぐというのは素晴らしいことだとは思いますが、その辺のところは何かクリアできないかなと考えます。

宮田 さつき渥美先生もご指摘になったネガ

ティブな機能情報も含めてですけど、どこかの機関がウェブサイトなどを利用してそのようなことを行うというのは重要だと思います。

私どもはメディアをやっていますけれども、やはりどちらかというとメディアは、われわれのやっているマスメディアやテレビは、戦争みたいな勝ち負け、あるいは巨人軍、昨日広島負けましたけれども、ああいうようなものしかできないんです。だから今回のように付帯条件がいっぱいあったり、それぞれ違う状況にあったりするのをどう解釈するかというのは無理なんですね。これは多分インターネットしかできない。

では日本において、食品の情報については調べたことはないのですが、そういう正しい医学情報が流れているかという、流れていないんです。もうなんかカワラタケががんにも効くとかそういう話ばかりが8割くらいあって、2割くらいです。それはなぜかという、日本のアカデミアと大きな病院がしっかり情報を出していない、それから国立の研究機関も含めてです。これは大きな問題です。だから食品に関していえば厚労省がよく考えずに、食品医薬品研究所と医薬基盤研究所をがっちゃんこして目処をつけるためにやったんです。どんどん駄目になっていきますから、そこはもう国民として声を上げないといけないと思います。そこで初めてそういう信頼性のある科学の情報を集めるようなところが、われわれをリードして頂くという体制をまずつくらないといけないと思います。今のところ例えば国立がんセンターで疫学部みたいところが、例えばカロテンを長期に食べると、がんの解毒作用があるかないかみたいな話は公表しています。ここで本質的な話に行く前に、では、村田さんお願いします。

村田 認定NPOセルフメディケーション推進協議会の専務理事の村田です。ただいまいろいろとお話を聞いていて、非常に参考になりました。私は今回の制度は基本的には反対です。いろいろないい点もありますけれども、基本的に

のだとしても、ほぼ医薬品の評価法を転用されているのではないかと。あえていえば疫学の前向きコホートスタディくらいあって、その典型的なものは、二隻の軍艦を使った疫学研究をやった森鷗外に勝った海軍のお医者さんがいましたけれども、片方は米糠か何かを食べさせていて、片方はパンで、こちらの脚気発生率が高かったという大スタディがありました。どうなんですか、医薬品の方法論で食品の機能というのは本当に解明できるのでしょうか。

清水 いま食品の効果をそういうふうに評価する方法が、まだ固まっていないというかわかっていない。システマチックレビューの方法についても、ほとんど医薬品の評価手法、考え方しかないのです、現状では医学の方法を導入したということです。だから実際には多分そこにいろいろな無理があります。

宮田 渥美先生はお医者さんを長くされていますが、健康な人というのは診てますか。健康な人をお医者さんはどれくらい診ているものなんですか。

渥美 私は今まででいたいカルテらしいものを10万人くらい診ました。けれども、まあ大部分が健康ですよ。健康というのはいわゆる病気でくるわけではない、そういう人が多いです。ですから逆に全部100点の人がいないですよ。私は半蔵門病院でVIPを40人くらい健康チェックしたことがあります。そのうち1人だけ満点に近い人がいたんですよ。今でも長生きして活躍してますけど、経営の野田一夫さんです。あの人は今でもゴルフをやってますし89歳かで今でももちろん講演会に行きますし、この間も一緒にハウステンボスに行きました。そういう人もたまにいますけど、われわれの年になったら大部分は何かの病気を持っている。私も病気を持っていま病院に通っていますからね。ですから病気での程度障害されているかということだと思います。私などは腎臓からタ

ンパクが出てるとい症状がありますけれども、しかしいわゆる病気で困るといのはあまりないですね。私たちがいちばん高齢者で困るのは認知症になることですよ。認知症になることをなくしてもらいたいものがあるといいなあといのは、先ほど聞いていて皆さんもあまりいい答えが出ないようですけども、認知症にならないようにするにはどうしたらいいか。それはいろんな方法があつて、いろんな仕事をしようとかいろいろありますけれども、やはり健康な食事と健康な運動ではないですか。その2つがやはり必要だと思います。

宮田 ありがとうございます。そうするとけっこう健康な人もお医者さんは診ているということで、ひよっとしたらテクノロジーが転用できるかもしれませんが、板倉先生どう思われますか。今どちらかというライフサイエンスは医学中心に突出したように進んでいますけれども。

板倉 そうですね、もう少しやはりこれから予防中心にしていくと健康な人あるいはそれを維持する、そういう方向の学問が非常に必要だとは思うんですけども。医学部あるいは医者も含めてむしろ重症化予防の視点が非常に多くて、しかもそれに伴う研究費が出やすいということで、なかなか医者が予防の方に入りにくいというのが現状だと思うんですが、むしろこれからこういう医療と農学関係をいかに強化するかというのが非常に大事だと思います。

いま山田先生と一緒にちょうどお仕事をしているところなんですけれども、農学部で機能性表示食品制度とそのヒト試験でそれを実証するという多くの研究が始まったのですが、そこでさっきの認知症をいかに食品で評価するか。この研究をいまして進めつつあつて、そして最初は動物実験をモデルでやって、それを今度はある程度ヒトで、安全性の高いものはヒト試験で認知症用の効果、認知症も重症例でなく軽度あるいはその前段階のものをどういう指標を使っ

笠貫 私も食品についてもっと勉強しなくてはいけないと感じました。一つはこの保健用食品を消費者がわかりやすく整理し説明し成果をあげなくてはいけないということです。これは大変なことだと思います。3年後に見直しをするならば、3年間でどういうロードマップを書くのか、何をどのようにしていくかを考えなくてはいいけません。その3年間に品質問題や健康被害などの不具合が現実起こってしまったら大変です。ロードマップの中でどのような問題が起こってくるかを予想し、抽出しないといけません。そういう意味で、3年の間にできるかわからないのですが、食品のシステマチックレビューにおける基準づくりということです。少なくとも私がみた10品目の質はバラバラでした。ホームページで一般の人が見られるようにすることのみならず、それを知識のある第三者が評価し、先ほど第三者機関でやっている人がいるということでしたが、その結果をオープンにすることです。

一番大事なことは、今の食品の機能性評価と意思決定には確かなものは絶対ないということです。それを国民、消費者が受け入れられるかどうかについて、是非有識者がホームページを見て評価して欲しいですね。また消費者の方々が見やすく、かつ見てわかるような言葉で説明しないとなりませんし、ここを直していくことがこの3年間の話です。

次に3年以降の話ですが、トクホのように国がすべて審査をして責任を負うレベルではなく、機能性表示食品はそんな時間とお金をかけるという必要はないと思います。その場合に第三認証機関という考え方が出てきます。届け出を受けるといだけでなく、民間の第三認証機関をつくり、透明性がわかる認証基準をつくり、その中で国がその機関を監査をすることです。医療機器でも問題の認証機関の問題がありましたから、そういう仕組みを進めていくことが大事です。専門家の研究会の方々は認証基準をどう作るかという提案がありましたし、次に機関がどうするかということです。

さらに、この3年間ではわからないことについて消費者や団体の方々が声を大きくしていただくことが大切です。そして、それをこういった会議や専門家の人たちが一緒になり常に問題提起していかなければならないと思います。消費者の声と研究者・専門家の努力で、ロードマップをつくることによって、3年後には今よりも良いものができると思います。

日本の行政の決定はややもすると一度つくと壊して新しくするということがあまりしない傾向があります。以前の制度を引きずってそれを辻褄を合わせようとしてより複雑な仕組みになっていきますが、今はダイナミックに変化しようと動き出したと捉えられると思います。その中でわれわれがどうデザインを描き、何を行動すべきかということを考えていくことが必要だと思います。そういう意味ではこの機能性表示食品制度が非常に大事なものであることを、その勉強をさせていただきました。ありがとうございます。

宮田 ありがとうございます。先ほど板倉先生も指摘にもありましたが、不具合の抽出のためにモニターとか、あるいはそういった制度はいかがですか。

笠貫 今年、医薬品の先駆け審査制度ができましたが、その市販後安全対策という意味でもモニタリングの重要性はたいへん大きなテーマになっていますし、ビッグデータも議論されています。この食品の場合のモニタリングをどうするかは、何らかの問題が起こった時の企業からの自発報告です。また消費者用パンフレットを見てよくわからなかったのですが、消費者・団体からのクレームが直接消費者庁に入るような仕組みをつくることは非常に大変なことだと思います。さらにそれをどう対応・処理するかという仕組みづくりをしておかないといけないと思います。

宮田 犬伏さんにお伺いしますが、消費者セン

ターというのはこういうものに対応できるのでしょうか。

犬伏 一般の消費者はいろんなところに声をかけていきますから、消費者センターというところには言いやすいということはあると思います。その消費者センターがどう動くか、ということだと思います。そこの先に先生がいらっしゃるといふふうになっているといけると思います。どうしましょうと、たらい回しという言葉がありますけれども、それが起こってしまうかなと。

笠貫 私は食品制度は十分わからないのですが、米国のサプリメントはFDAでしょうか。日本では食品に対して、食品の安全は別として、以前は厚労省の中に医薬品食品衛生審議会、食品分科会がありました。消費者庁となり、どう変わったかは、私はフォローできなくなっています。食品を予防医学に活用するという目的から、医薬品との連続性を含めて根本的に仕組みを見直さないといけないことになり、もう少し先の話になると思います。

宮田 そうですね、長期的にはそういった国の体制整備が必要になるかもしれません。清水先生はいかがでしょう。

清水 表示制度については、もういま笠貫先生がおっしゃったことに、ほとんど私も同感でございます。3年後の、実際は2年後だと思いますが、見直しに向けていま問題、課題をとにかくたくさん抽出してそれをやろうということを様々なところで言っています。その第三者機関の充実とか評価システムの問題などもありますし、実際どういうふうにしてシステムチェックレビューの条件を決めているかも、見ると本当によくわからないような条件がついてるんですね。例えば被験者は健常者でなければいけないとか。境界域の被験者も勿論対象になっていますが、例えば血圧などは健常者で変化したら問題なんです。ところがそういう条件で評価をや

れと言われてしまっただけでは、まったく矛盾している。そういった細かいことも含めて、課題を抽出して次の見直しの時にもっといいものにするべきです。

宮田 それは誰が課題を抽出するんですか。

清水 例えば私も今そういった関係の委員会、例えば消費者庁から委託を受けた日本健康・栄養食品協会でも関連の委員会が動いていますから、そういった場で、よく先生方とも。

宮田 そういう委員会はやはり透明性を出さないとまずいですね。進行状況でも何でもやるべきですよ。

清水 はい。それからトクホとの整合性ですね。両者があまりにも私の立場から見ると違うところで動いていて、このままでいいわけではない。これもやはり今後の課題として、将来どう統合するか、理想はそうだと思うんですね。

あともう一つだけつけ加えると、あまり議論になりませんでした。機能性表示食品の生鮮食品が出てきている。実際出てしまったのですが、生鮮食料の機能性評価というのはまだ本当にはできない、少なくとも科学的には確立できてないと思います。本当に食品の中にはいろんな成分があつて、それをサプリメントの成分とする場合はまだ評価はしやすいのです。しかし丸ごとの果物とか野菜を果たしてどこまで評価できるかということ、やはり本当にちょっとした可能性が見えるかどうかというレベルなのです。

宮田 いや、三ヶ日みかんは何個か食べるとこの辺が黄色くなってそれで摂取量が推定できるでしょう。

清水 あれは非常におもしろい例だとは思いますが。昨日も大学の講義で話したのですが、まああの場合は機能性成分がクリプトキサンチンと

わかっていて、ただ他のカロテノイド類も入っていて実際にそれがどういうふうに関わってるかわからないという問題があるのです。もう一つの機能性表示生鮮品である豆もやしは、これもまたユニークで、植物工場的なものでつくっているから品質管理ができています。だからそういう意味では機能性成分の含量等が正確ですね。三ヶ日みかんは色を見ると糖度がわかるということが基盤になっていて、熟して黄色からオレンジになってくると、それに比例してクリプトキサンチンがそれなりに含まれているからいいんだという、まあそれはわかります。ただ1日3個ですね、それで2か月食べると骨が強くなるというのだけど、まあ冬の間1日3つずつ食べるのはできる量だと思いますけど、これはその人の食生活にかなり大きな影響を及ぼしますね。

その時それがどういう価値を持つかということとはなかなかわからない。そういうものがたくさん出てきた時に、消費者は多分混乱すると思いますね。サプリメントも一部の愛好家の方などが利用するならいいですけど、一般家庭にたいへん影響が出てきて、お母さん方が献立をつくるときにこういう情報を今度どのようにに活用したらいいかということで、一般的な栄養の世界に大きな影響があります。それを私たちが議論するのを飛び越して製品が出ましたから、個人的には非常に不安なのですが。

宮田 要するに食のビヘイビアに相当なインパクトがきますよね。若い頃はみかんなんかいっぱい食べましたけど、ご老人が1日3個食べるってけっこう大変で、すると他のものも食べなくなるというネガティブな可能性もあるのでですね。いやあ、わかりました。それでは渥美先生、いかがでしょうか、何かご提案があればお願いします。

渥美 この制度で、気になるところがあるとすれば専門家集団が指摘して修正させるというようなことですね。これは今の政府は割合にそ

ういう受容性が高いですよ。ですから割合早く反応して、いいものは取り上げてくれるという傾向がありますので、これをぜひ専門家集団が中心になってやっていただきたいです。このときやはり重要なのは、消費者といいますかユーザーの立場からしっかりと評価をすることが必要だと思います。そういう意味で専門家集団の評価法を提案していただくと、政府は割合それに対応すると思います。

宮田 いいご指摘ありがとうございます。それが多分笠貫先生がおっしゃっていたレギュラトリーサイエンスの一つのサイクルです。それで一番重要な、犬伏さんいかがでしょうか、最後締めくくっていただきたいと思います。

犬伏 よくわからないというのが一般的な消費者だと思います。今日もお話を伺っていて、消費者市民社会ということがいわれて私たちにも自己責任をとれという社会になってきているのに、そのわりに情報がわからない。本当にたくさん情報は書いていただけてますけれども、その書かれた事柄が私たちにはわからないというのが、今までずっと続いてきた実状だったと思います。ここへきてまた機能性表示というものが出てきましたので、先生方は消費者庁にいらっしゃいますし、ことあるごとに消費者教育が大事と常におっしゃっているその消費者庁には、ぜひそこをきちんと整備して欲しいという気がします。私たちは今まで通り何でも安全・安心でなければだめなのよと甘たれようとは思っておりませんので、わかるように私たち自身もきちんと、科学的にまでとはいえませんが、その表示をみながら自分や家族にとって何かいいのかということが判断できるもの、それを判断し、取捨選択できる力をつける消費者教育をぜひやって欲しい。企業としては儲けるということは当然あると思いますけれども、これら消費者教育まで含めた努力もしていただけて初めて、私たち社会に還元するということになるのではと思います。折角の努力が水の泡になって

しまわないようにして欲しい、それだけは特に願っています。

これぜひちゃんとした冊子にさせていただいて、世の中に問うことが重要だと思います。今日はみなさん本当にありがとうございました。

宮田 今日とはなかなか面白かったと思います。

～ 謝辞 ～

NPO 法人 21 世紀の食と健康文化会議は健全な健康長寿社会の構築を目的として平成 19 年 11 月 9 日に内閣府から認証を受け設立されて以来、有識者を交えた意見交換会や企業及び広く一般消費者も対象にした公開シンポジウムの開催などを通じて、食品業界に携わる関係者ならびに一般消費者への知識の共有と普及を目指した活動を行っております。

それらのシンポジウムなどで行われる専門家による講演やパネルディスカッションの内容は、特に食に関わる研究者ならびに食に関心を持つ一般消費者の方々すべてに大変有意義なものと考えております。

これらの情報を当 NPO 法人の機関誌に纏めるなどしておりますが、当 NPO 法人の活動範囲が首都圏エリアに偏っていることもあり、限られた方々にしかご紹介する機会がなく残念に思っております。

この度、当 NPO 法人の趣旨に賛同いただきシンポジウム開催時にもご協力いただいたニューフードインダストリー編集長 今西様から誌面への掲載機会をいただいたことで、より多くの皆様へご紹介できる運びとなりました。

広く食に関わる皆様にお役立ていただけることを喜ばしく思うとともに、このような情報の共有が今後の食品業界を支える礎を築いていくものと信じております。

これからも当 NPO 法人を刷新し、産・学・官必要に応じて民の協調体制を強化して正しい「食と健康の科学」の発展を基盤にして健全な健康長寿社会の進展を目差して鋭意活動していきたいと思っております。

今後ともご指導、ご鞭撻頂きますよう宜しくお願い申し上げます。

NPO 法人 21 世紀の食と健康文化会議
事務局長 島崎秀雄

靈芝（赤靈芝 : *Red Ganoderma Lucidum*）子実体における免疫増強効果および制癌効果に関する研究

具 然和 (*Gu Yeunhwa*)¹

¹ 純真学園大学・大学院保健医療学研究所

Key Words : 免疫増強 制癌効果 放射線防護効果 β -D グルカン 赤靈芝

はじめに

キノコの場合、菌糸体と子実体に大きく分ける。靈芝（赤芝）においても菌糸体・子実体の区別はとても重要である。通常、キノコの上の部分、つまり傘と太い柄のような部分が子実体である。胞子をつくる器官で、糸状の菌糸が集まってできたものである。菌糸体は、子実体の根元から、土壌の中、あるいは樹木や昆虫の体内など、動植物中に伸びていく白い糸状のものである（キノコは植物ではなく、カビの仲間、菌類に属する）。胞子細胞から伸びた無数の菌糸が固まってできたのが菌糸体で、この菌糸体が土中や動植物中で四方八方に伸び、栄養分を吸収して成長し、これが集団化して、一

般にキノコと呼ばれる子実体をつくりだす。一般には、子実体のほうに有効成分が多く含まれるという報告がある¹⁾。靈芝（赤芝）の学名は *Ganoderma lucidum Fruiting body* である。有効成分として主に (1-4) β -D- グルカン, (1-3), (1-6) β -D- グルカン等が子実体に多く含まれ、主な薬理作用として、免疫増強効果、抗癌作用などが報告されている²⁾。

1. 研究目的

現代では豊かな食生活や食の欧米化に伴い、癌（悪性新生物）などの生活習慣病の人が増加傾向にある。なかでも癌（悪性新生物）は死因の第1位を占めている。

β -(1 \rightarrow 3-D) グルカン, β -(1 \rightarrow 6-D) グルカンの化学構造

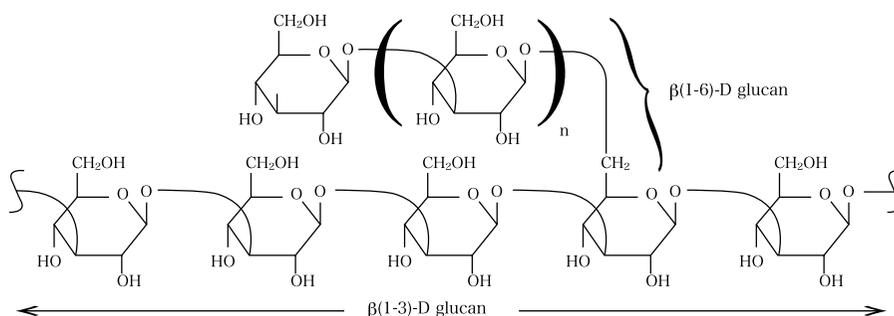


Fig.1 β -D グルカン 1-3, 1-6 配列の構造

癌の治療法は三大療法とされる、手術、化学療法及び放射線治療が一般的であるが、化学療法や放射線治療では、免疫力の低下や皮膚や各組織に対する障害などの副作用が問題となっている。

そこで近年では三大療法に加え、副作用が少ない天然物質による代替医療により免疫力の低下を抑制しつつ、放射線治療などを行う方法が行なわれている現状がある。そのような背景の中で、今回使用した天然物質（投与物）には、先行研究により免疫増強効果や抗癌作用、放射線防護作用があることが報告されている。

そこで上記の効果を持つとされる、天然物質を実際にマウスに投与することにより、効果の発現の有無を調べ、これらの科学的データを資することを目的とした。

2. 研究方法

2-1. 免疫増強効果及び放射線防護効果

2-1-1. 使用動物・飼育条件

使用動物は、雄のICRマウス5週齢を用いた。まずは飼育条件に慣らすために1週間は予備飼育を行なった。

飼育条件は室温を $22\pm 3^{\circ}\text{C}$ 、湿度を60%で一定に保って、水と飼料は自由摂取させた。

2-1-2. 実験群

①control群、②control+2Gy照射群、③霊芝(赤芝)投与群④霊芝(赤芝)投与群+2Gy照射群投与群については上記の通りとした。また、各投与物質を上記のように略して表記した。これは以下についても同様とした。

2-1-3. 投与方法

予備飼育1週間の後、実験終了まで毎日胃ゾンデ法による強制経口投与を行なった。投与濃度は $500\text{mg}/\text{kg}/\text{day}$ とし、control群には同量の蒸留水の投与を行なった。

2-1-4. 測定項目

尾静脈採血については、スピッツメスを用い

て固定したマウスの尾静脈を切開して微細管にて採血を行ない、自動血球測定器を用い、白血球数、リンパ球数の測定を行なった。また経時的変化を観察するために、非照射群については、投与前、投与開始15日後、31日後、46日後に測定を行い、31日後、46日後については眼底採血・心臓採血も行なった。眼底採血で採った血液から血清を採取し、後日マイクロプレートリーダーにてSOD様活性の測定を行なった。照射群については照射前日、3時間後、12時間後、24時間後、3日後、7日後、15日後、30日後に測定を行い、照射15日後、30日後については心臓採血も行なった。心臓採血にて得た血液は後日フローサイトの測定を行なった。

2-2. 放射線防護効果

2-2-1. 使用動物・飼育条件

使用動物は、雄のC3Hマウス5週齢を用いた。まずは飼育条件に慣らすために1週間は予備飼育を行なった。

飼育条件は室温を $22\pm 3^{\circ}\text{C}$ 、湿度を60%で一定に保って、水と飼料は自由摂取させた。

2-2-2. 実験群

①control群、②control+6Gy照射群、③霊芝(赤芝)投与群、④霊芝(赤芝)投与群+6Gy照射群

2-2-3. 投与方法

予備飼育1週間の後、実験終了まで毎日胃ゾンデ法による強制経口投与を行なった。投与濃度は $500\text{mg}/\text{kg}/\text{day}$ とし、control群には同量の蒸留水の投与を行なった。

2-2-4. 測定項目

投与開始から2週間後に癌細胞であるSCC-7を接種し、接種4日後から2日おきに腫瘍の長径、短径を測定し(1)式にて腫瘍体積を算出した。照射群については、癌細胞接種1週間後から1日おきに3回、右大腿部に2Gy局所照射を行った。

腫瘍体積 (mm³) = (1/2) × 長径 × (短径)²... (1)

3. 研究結果

3-1. 免疫増強効果及び放射線防護効果

3-1-1. 非照射群の白血球数とリンパ球数

非照射群白血球数について測定結果の平均値及び標準誤差を Table.1 に示し, Table.1 をグラフ化したものを Fig.2 に示した。霊芝(赤芝)群は, control 群と比較して, 15-31 日後に有意な白血球数の増加が見られた。

非照射群リンパ球数について測定結果の平均値及び標準誤差を Table.2 に示し, Table.2 をグラフ化したものを Fig.3 に示した。霊芝(赤芝)群は, control 群と比較して, 15-31 日後にリンパ球数も白血球数と同様の傾向が見られた。

3-1-2. 照射群の白血球数とリンパ球数

照射群白血球数について測定結果の平均値及び標準誤差を Table.3 に示し, Table.3 をグラフ化したものを Fig.4 に示した。control 群と比較して, 霊芝(赤芝)投与群に照射前日, 照射3時間後, 照射15-30日後に有意な減少抑制が見られ, 早期回復が見られた。

照射群リンパ球数について測定結果の平均値及び標準誤差を Table.4 に示し, Table.4 をグラフ化したものを Fig.5 に示した。リンパ球数も白血球と同様の傾向が見られた。

3-1-3. SOD 様活性

SOD 様活性の測定結果の平均値および標準誤差を Table.5 に示し, Table.5 をグラフ化したものを Fig.6 に示した。コントロール群と比較して霊芝(赤芝)投与群とも SOD 様活性が見られた。

3-1-4. CD4, CD8 及び CD16 の測定結果

非照射群の CD4, CD8 の測定結果と標準誤差を Table.6 に示し, Table.6 をグラフ化したものを Fig.7 に示した。非照射群における CD4 についてはコントロール群に比べて霊芝(赤芝)投与群が優位に増加していた。

照射群の CD4, CD8 の測定結果と標準誤差を Table.7 に示し, Table.8 をグラフ化したものを Fig.9 に示した。照射群における CD8 についてはコントロール群に比べて霊芝(赤芝)投与群が優位な増加が認められた。

また, CD16 の測定結果と標準誤差を Table.8-9 に示し, Table.9-10 をグラフ化したものを Fig.9-10 に示した。非照射群における CD16 についてはコントロール群に比べて霊芝(赤芝)投与群が優位に増加していた。照射群における CD16 についてはコントロール群に比べて霊芝(赤芝)投与群が優位な増加が認められた。

3-2. 抗癌作用

3-2-1. 非照射群の腫瘍体積

算出した腫瘍体積の Table.10 に示し, Table.10 をグラフ化したものを Fig.11 に示した。control 群と比較して霊芝(赤芝)群につ

Table1. Leukocyte counts on different days in mice of different groups. Data mean (×10²/μl) and standard error.

	Control		<i>Ganoderma lucidum</i>	
	Ave	SE	Ave	SE
1da	142.7	6.3	141.5	12.6
15dp	135.6	5.2	164.7*	14.5
31dp	142.7	5.7	173.6*	16.3
46dp	162.8	11.4	181.4*	15.8

da; day after, dp; days post

* Statistically significant (p<0.05)

Table2. Lymphocyte counts on different days in mice of different groups. Data mean (×10²/μl) and standard error.

	Control		<i>Ganoderma lucidum</i>	
	Ave	SE	Ave	SE
1da	108.5	6.4	115.3	11.3
15dp	92.3	10.3	125.7*	13.2
31dp	93.1	12.3	131.2*	14.1
46dp	115.9	11.5	146.9*	12.3

da; day after, dp; days post

* Statistically significant (p<0.05)

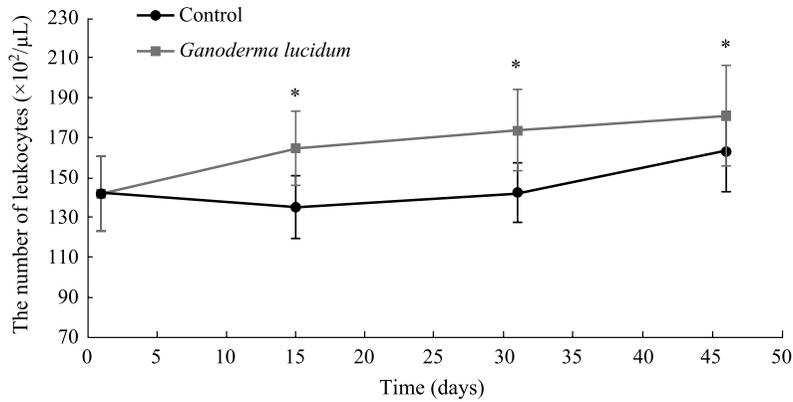


Fig.2. Leukocyte counts on different days in mice of different groups. The number of leukocyte was calculated from values taken as 100%. The bars represent standard deviation. * Statistically significant ($p<0.05$) from the control group.

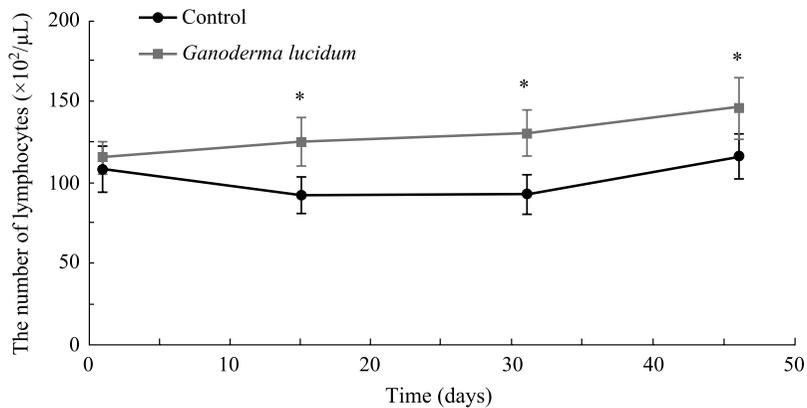


Fig.3. Lymphocyte counts on different days in mice of different groups. The number of lymphocytes was calculated from values taken as 100%. The bars represent standard deviation. * Statistically significant ($p<0.05$) from the control group.

Table3. Leukocyte counts on different days after irradiation in mice of different groups. The number of leukocyte was calculated from the pre-irradiation values taken as 100%. The bars represent standard deviation.

	Control+2Gy		<i>Ganoderma lucidum</i> +2Gy	
	Ave	SE	Ave	SE
-14	135.4	5.5	143.5	4.8
-1	131.9	6.1	142.8	5.6
0.3	61.3	5.9	111.5*	6.1
0.5	60.3	5.3	90.5*	6.5
1	47.5	6.8	61.3*	6.9
3	30.5	7.1	43.5*	6.4
7	35.9	6.8	55.6*	5.8
15	60.3	6.5	105.6*	8.1
30	77.4	5.9	120.8*	6.7

Table4. Lymphocyte counts on different days after irradiation in mice of different groups. The number of lymphocytes was calculated from the pre-irradiation values taken as 100%. The bars represent standard deviation.

	Control+2Gy		<i>Ganoderma lucidum</i> +2Gy	
	Ave	SE	Ave	SE
-14	111.5	6.3	123.8	7.6
-1	110.5	6.5	126.1	7.5
0.3	40.2	5.9	70.3	6.5
0.5	26.5	6.1	45.3	5.9
1	20.4	7.3	27.9	6.3
3	15.3	6.4	36.2	5.8
7	13.6	5.2	65.3	6.1
15	72.3	6.1	89.7	5.9
30	91.1	6.3	104.3	6.8

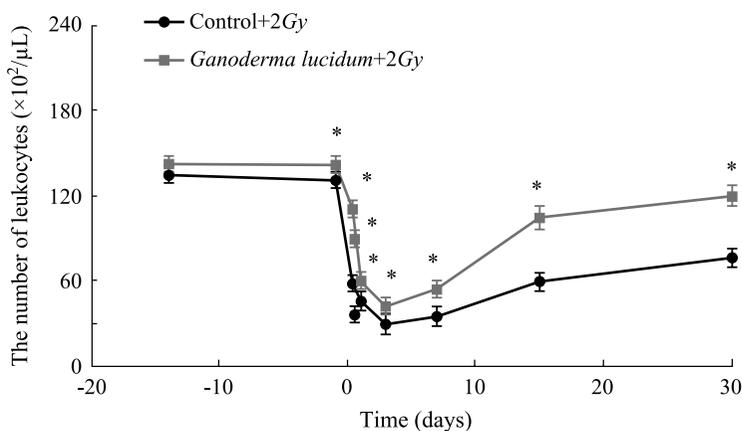


Fig.4. Leukocyte counts on different days after irradiation in mice of different groups The number of leukocyte was calculated from the pre-irradiation values taken as 100%. The bars represent standard deviation. * Statistically significant ($p<0.05$) from the 2Gy group.

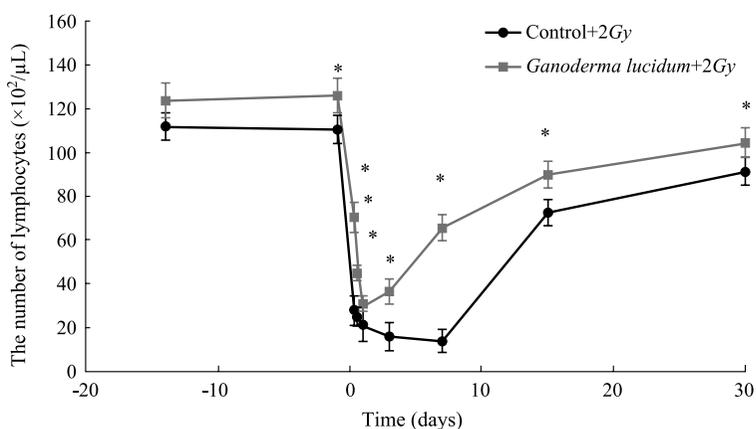


Fig.5. Lymphocyte counts on different days after irradiation in mice of different groups. The number of leukocyte was calculated from the pre-irradiation values taken as 100%. The bars represent standard deviation. * Statistically significant ($p<0.05$) from the 2Gy group.

Table.5. Anti-oxidation activity measurement by the SOD method. * Statistically significant ($p<0.05$) from the control group and *Ganoderma lucidum* group.

	Control		<i>Ganoderma lucidum</i>	
	Ave	SE	Ave	SE
31dp	32.4	2.3	51.3	3.5
46dp	27.1	2.0	49.8	4.1

dp; days post

*Statistically significant ($p<0.05$) from the control group.

Table6. Comparison of the induced frequency of CD4⁺ and CD8⁺ in C3H/HeJ mice (14days). CD4⁺ and CD8⁺ T cells from C3H/HeJ mice were immunomagnetically purified and then cell were sorted for low CD3 expression. Purity was assessed by FACS analysis. Naive status of cells was confirmed by staining for CD4, CD8, CD3, Phenotype of CD4⁺ and CD8⁺ T cells after transfer.

14dp	Control		<i>Ganoderma lucidum</i>	
	Ave	SE	Ave	SE
CD4+	3.7	1.4	12.2*	2.1
CD8+	26	5.4	26.8	6.3

dp; days post

*Statistically significant ($p<0.05$) from the control group and *Ganoderma lucidum* group.

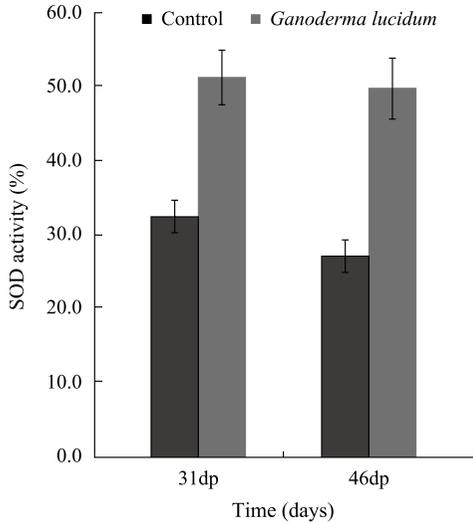


Fig.6. Anti-oxidation activity measurement by the SOD method. * Statistically significant ($p<0.05$) from the control group and *Ganoderma lucidum* group.

Table7. Comparison of the induced frequency of CD4⁺ and CD8⁺ in C3H/HeJ mice (14 days after irradiation). CD4⁺ and CD8⁺ T cells from C3H/HeJ mice were immunomagnetically purified and then cell were sorted for low CD3 expression. Purity was assessed by FACS analysis. Naive status of cells was confirmed by staining for CD4, CD8, CD3, Phenotype of CD4⁺ and CD8⁺ T cells after transfer.

14dp	2Gy		<i>Ganoderma lucidum</i> +2Gy	
	Ave	SE	Ave	SE
CD4+	5.3	1.2	17.5*	2.3
CD8+	2.1	0.7	7.4*	1.5

dp; days post

*Statistically significant ($p<0.05$) from the control+2Gy group and *Ganoderma lucidum* +2Gy group.

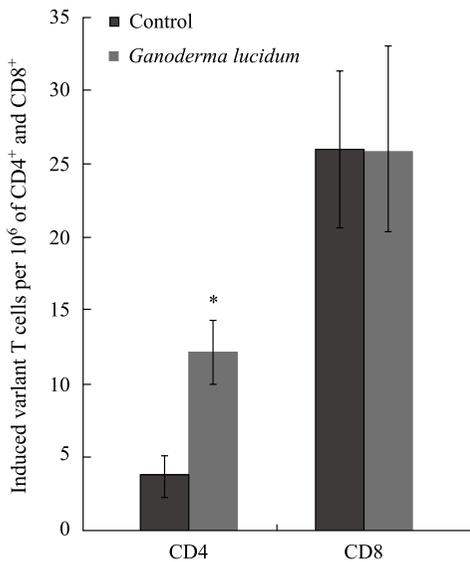


Fig.7. Comparison of the induced frequency of CD4⁺ and CD8⁺ in C3H/HeJ mice (14days). CD4⁺ and CD8⁺ T cells from C3H/HeJ mice were immunomagnetically purified and then cell were sorted for low CD3 expression. Purity was assessed by FACS analysis. Naive status of cells was confirmed by staining for CD4, CD8, CD3, Phenotype of CD4⁺ and CD8⁺ T cells after transfer. *Statistically significant ($p<0.05$) from the control group and *Ganoderma lucidum* group.

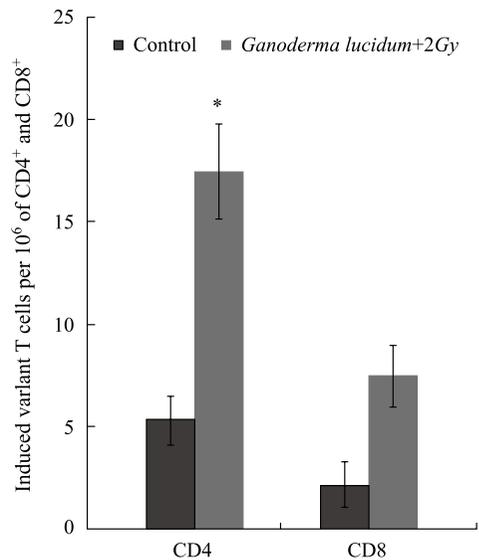


Fig.8. Comparison of the induced frequency of CD4⁺ and CD8⁺ in C3H/HeJ mice (14 days after irradiation). CD4⁺ and CD8⁺ T cells from C3H/HeJ mice were immunomagnetically purified and then cell were sorted for low CD3 expression. Purity was assessed by FACS analysis. Naive status of cells was confirmed by staining for CD4, CD8, CD3, Phenotype of CD4⁺ and CD8⁺ T cells after transfer. *Statistically significant ($p<0.05$) from the control+2Gy group and *Ganoderma lucidum* +2Gy group.

Table.8. Comparison of the induced frequency of CD16⁺ in C3H/Hej mice. (14days)

CD16⁺ T cells from C3H/Hej mice were immunomagnetically purified and then cell were sorted for low CD3 expression. Purity was assessed by FACS analysis. Naive status of cells was confirmed by staining for CD16, CD3, Phenotype of CD16⁺ T cells after transfer. *Statistically significant ($p<0.05$) from the control group and *Ganoderma lucidum* group.

14dp	Control		<i>Ganoderma lucidum</i>	
	Ave	SE	Ave	SE
CD16+	101.5	15.4	131.2*	21.3

dp; days post

*Statistically significant ($p<0.05$) from the control group and *Ganoderma lucidum* group.

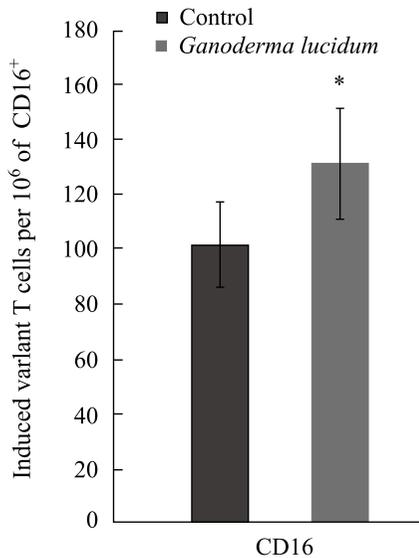


Fig.9. Comparison of the induced frequency of CD16⁺ in C3H/Hej mice. (14days)

CD16⁺ T cells from C3H/Hej mice were immunomagnetically purified and then cell were sorted for low CD3 expression. Purity was assessed by FACS analysis. Naive status of cells was confirmed by staining for CD16, CD3, Phenotype of CD16⁺ T cells after transfer. *Statistically significant ($p<0.05$) from the control group and *Ganoderma lucidum* group.

Table9. Comparison of the induced frequency of CD16⁺ in C3H/Hej mice. (14days after irradiation)

CD16⁺ T cells from C3H/Hej mice were immunomagnetically purified and then cell were sorted for low CD3 expression. Purity was assessed by FACS analysis. Naive status of cells was confirmed by staining for CD16, CD3, Phenotype of CD16⁺ T cells after transfer.

14dp	2Gy		<i>Ganoderma lucidum</i> +2Gy	
	Ave	SE	Ave	SE
CD16+	20.3	2.1	108.6*	43.2

dp; days post

*Statistically significant ($p<0.05$) from the control+2Gy group and *Ganoderma lucidum* +2Gy group.

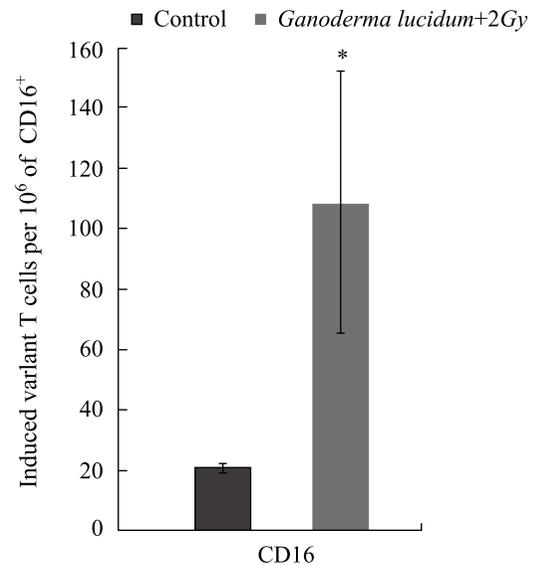


Fig.10. Comparison of the induced frequency of CD16⁺ in C3H/Hej mice. (14days after irradiation)

CD16⁺ T cells from C3H/Hej mice were immunomagnetically purified and then cell were sorted for low CD3 expression. Purity was assessed by FACS analysis. Naive status of cells was confirmed by staining for CD16, CD3, Phenotype of CD16⁺ T cells after transfer. *Statistically significant ($p<0.05$) from the control+2Gy group and *Ganoderma lucidum* +2Gy group.

Table10. Test materials for SCC-7 (Squamous Cell Carcinoma-7) of antitumor effects by oral administration of *Ganoderma lucidum*

	5d	8d	11d	14d	17d
Control	236.5±18.6	385.5±36.2	521.6±62.3	1121.5±151.6	1636.2±236.5
<i>Ganoderma lucidum</i>	192.4±10.5**	259.4±26.8**	271.3±56.6**	578.3±115.9**	812.5±151.8**
	20d	23d	26d	29d	31d
Control	2243.4±214.9	2827.5±402.6	3521.5±289.1	5693.8±356.2	7523.8±456.5
<i>Ganoderma lucidum</i>	1236.5±211.2**	1512.2±245.6**	1654.2±289.1**	2331.8±321.5**	3864.5±421.8**

** Statistically significant ($p<0.01$) from the control group.

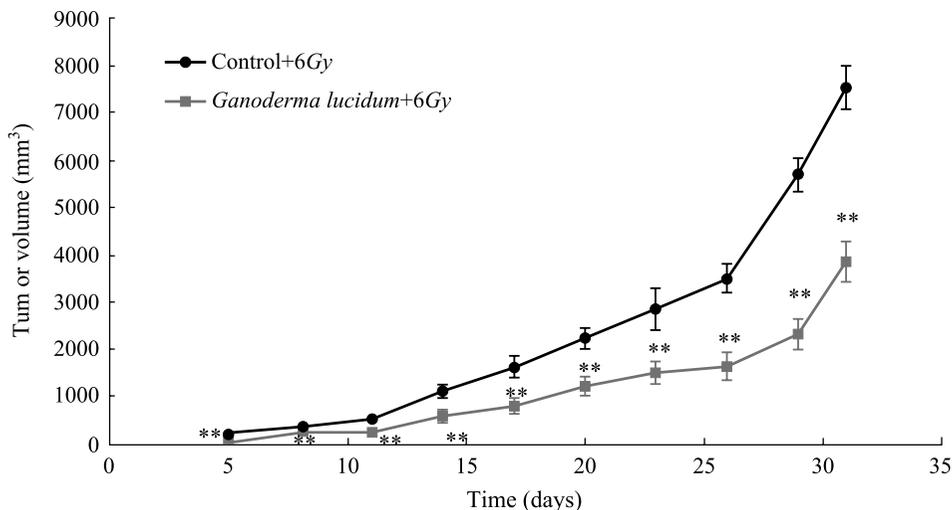


Fig.11. Effect of *Ganoderma lucidum* on the tumor growth in mice inoculated with SCC-7 (Squamous Cell Carcinoma-7). Groups of ten mice each were subjected to each treatment. Results represent means ± S.D. * Statistically significant ($p<0.05$) from the control group. ** Statistically significant ($p<0.01$) from the control group.

Table11. Test materials for SCC-7 (Squamous Cell Carcinoma-7) of antitumor effects by oral administration of *Ganoderma lucidum* +6Gy

	5d	8d	11d	14d	17d
Control+6Gy	161.2±23.1	324.5±51.2	435.5±88.	1237.2±124.5	1547.2±142.4
<i>Ganoderma lucidum</i> +6Gy	46.8±5.4**	91.2±21.2**	242.8±39.8**	375.2±51.2**	623.8±101.2**
	20d	23d	26d	29d	31d
Control+6Gy	1785.4±223.5	2794.5±425.1	3124.2±498.5	4723.5±516.2	6425.8±598.6
<i>Ganoderma lucidum</i> +6Gy	812.5±120.5**	1312.5±214.9**	1596.4±234.1**	1863.5±332.5**	2147.5±215.7**

** Statistically significant ($p<0.01$) from the control+2Gy group.

いては、5日後-31日後まで有意な成長抑制が見られた。

3-2-2. 照射群の腫瘍体積

算出した腫瘍体積の Table.11 に示し、

Table.11 をグラフ化したものを Fig.12 に示した。Control+6Gy 群と比較して霊芝(赤芝)+6Gy 群でも、すべての測定日5日後-31日後までにおいて有意な癌の成長抑制が見られた。

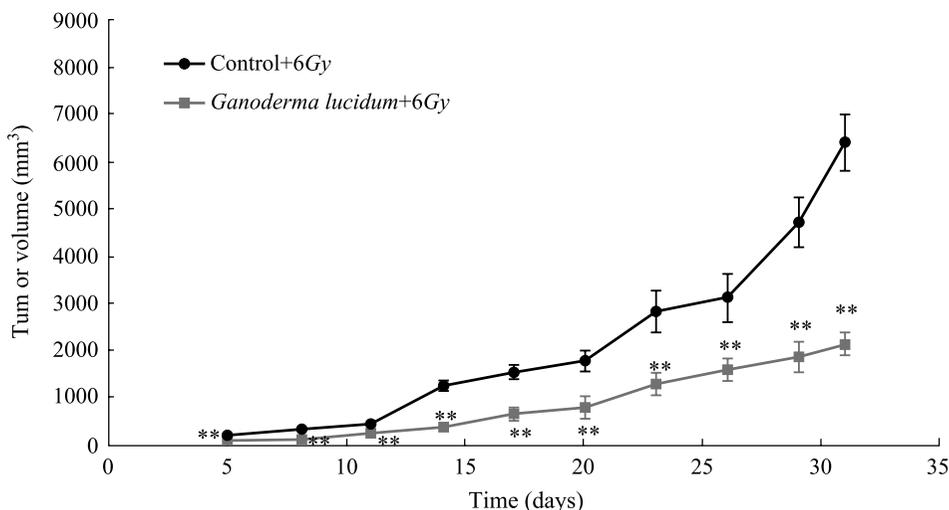


Fig.12. Effect of *Ganoderma lucidum* on the tumor growth in mice inoculated with SCC-7 (Squamous Cell Carcinoma-7). Groups of ten mice each were subjected to each treatment. Results represent means \pm S.D. * Statistically significant ($p < 0.05$) from the control group. ** Statistically significant ($p < 0.01$) from the control group.

4. 考察

4-1. 免疫増強効果

霊芝(赤芝)子実体投与群の白血球数およびリンパ球数は増加が見られた。これは霊芝(赤芝)子実体に含まれる β -Dグルカン1-3, 1-6がTリンパ球を活性化し、それがインターフェロンの働きを強化したためだと示唆される。また、霊芝(赤芝)子実体に含まれる β -Dグルカン1-3, 1-6配列が小腸粘膜に付着し、異物として認識されることにより腸管粘膜を刺激する^{1, 4)}。腸管の上皮層にはCD8陽性の上皮間Tリンパ球(IEL)が存在する。IELはキラーT細胞としての活性をもち、ウイルスなどに感染した腸管上皮細胞の除去を行い、感染物質に対する最前線での防御に関与する。また、固有層に存在するTリンパ球はIELとは異なり、CD4陽性のものが多く、ヘルパーT細胞としての活性をもつ⁴⁾。これらの作用によってTリンパ球が活性化されたためと考えられる^{1, 5)}。

また、SOD様活性が上昇することで、フリーラジカルの除去能力が上昇し血球細胞の損傷や異常な蛋白質の生成が抑制されたため、免疫力が向上したと考えられる⁵⁾。

4-2. 放射線防護効果

放射線単独照射群に対して霊芝(赤芝)子実体群では、白血球、リンパ球ともに照射後の減少が小さいことから放射線に対する防護作用が見られた。放射線照射によって、血球細胞の減少が見られる。低LET放射線による生物の影響は間接作用が主である。間接作用とは、水の放射線分解であり、生体の約60-70%以上を占めている水に起こる。水が放射線分解されるとH \cdot やOH \cdot などのフリーラジカルが生成され、これがDNA損傷や、分子損傷による細胞死を引き起こす要因となっている。Gu YHらによって、 β -Dグルカンにはラジカルスカベンジャー効果があると報告されている⁵⁻⁷⁾。 β -Dグルカンが放射線照射によって生じるフリーラジカルを除去することで血球細胞の損傷や異常な蛋白質の生成を抑制されたためだと考えられる。

4-3. 抗酸化作用

放射線防護としての作用機序は、フリーラジカルの除去作用、すなわちラジカルスカベンジャー効果である。フリーラジカルとは不対電子をもつ原子または分子のことを指し、一般的

に不安定なため、他の原子や分子から電子を奪い取り、酸化する。電子を奪われ、不對電子をもった物質は、フリーラジカルとなり、次々と酸化反応を繰り返していく。これらは、細胞膜を構成する脂質や蛋白質の酸化反応を引き起こし、動脈硬化やがんの原因にもなる。霊芝(赤芝)子実体に多く含まれるβ-Dグルカンの働きにより細胞膜を構成する脂質や蛋白質の酸化反応を抑制するため、SOD様活性が上昇したと考えられる^{1, 9, 10)}。

4-4. 抗癌作用

霊芝(赤芝)子実体に含まれるβグルカンと豊富なミネラルによるT細胞やB細胞の活性化などの間接的に免疫機構として作用したためと考えられる。β-グルカンのメカニズムとしては、マクログルカンが生体内に入るとマクロファージの補体、CR3に結合し、マクロファージを活性化させる。活性化したマクロファージは各種のサイトカイン(IL-1, 8, 12)を放出する。これらのILがNK-cellを活性化するため免疫能を活性化させていると考えられている¹¹⁻¹²⁾。ミネラルは、生体内に入ると酸素を細胞に送り込むことで、INFの産生を促し、NK細胞やマクロファージを活性化するため、免疫能を活性化させていると考えられる⁹⁾。また、βグルカンには、IL-6, IL-11等のサイトカインを介する造血機能への関与する賦活作用が示唆され、また、マクロファージを主体とする免疫担当細胞の活性化が起こると考えられる¹³⁾。このことからNK細胞の活性化とT細胞およびB細胞を増加させ、免疫反応を活性化することにより腫瘍成長抑制傾向が観察されたと考えられる^{14, 15)}。

4-5. CD4, CD8 及び CD16 の測定

T細胞が樹状細胞から抗原提示を受けるときには、T細胞レセプター(TCR)が樹状細胞上のMHC分子の溝に結合した抗原断片を認識することにより、抗原特異的なシグナルがT細胞に入る。このときにCD4あるいはCD8分子が

共受容体として機能する¹⁶⁾。CD4T細胞の大部分は、他のリンパ球サブセットの機能を助ける役目を持ち、ヘルパーT細胞とよばれる。抗原刺激により分化して、その産生するサイトカインの種類によって、Th1型とTh2型に分けられる¹⁴⁾。Th1細胞はIL-2, INF γ を産生して細胞性免疫に関与する。Th2細胞はIL-4, IL-5, IL-10など産生してB細胞の抗体産生を助ける。CD8T細胞は抗原刺激によりキラーT細胞に分化し、細胞傷害性を発揮してウイルスなどに感染した細胞を除去するのに働く。CD16はNK細胞の分子マーカーである。NK細胞は、T細胞やB細胞とは異なり、抗原非特異的に標的細胞を傷害できる。マクロファージが産生するIL-12によって活性化を受けると、NK細胞はさらに強い細胞傷害活性をもつようになるとともに、多量のINF γ を産生する。INF γ はウイルスなどの増殖をおさえ、これはT細胞が働くよりも前の初期の宿主防御に役立つと考えられている。また活性化NK細胞は免疫グロブリン分子のFc部分に対するレセプター(Fcレセプター)を強く発現して抗体が結合した標的細胞を傷害することができる³⁾。今回の測定結果では、CD4とCD8は霊芝(赤芝)子実体投与群がcontrolよりも高い数値を示した。これより、T細胞の活性化に作用し、免疫能を活性化させたと考えられる。CD16は霊芝(赤芝)子実体投与群がcontrolよりも高い数値を示した。このことから、生体内のNK細胞が活性化し、多量のINF γ の産生を促し、マクロファージやT細胞を活性化させたと考えられる¹⁵⁾。

本研究で使用した天然物質である霊芝(赤芝)子実体投与を投与することによりリンパ球数や白血球数の上昇が見られたことから、免疫増強効果があると考えられる¹⁷⁾。また、放射線照射後の血球数の減少抑制が見られたことから放射線防護効果があると考えられる¹⁸⁾。そして、腫瘍の成長抑制効果が見られたことから投与物に抗がん作用があることが考えられる。

[謝辞]

本研究は、チハヤ株式会社研究開発部との産学共同研究の結果であり、資料の提供などについてここに深謝いたします。

参考文献

1. Gu YH, Takagi Y, Nakamura T, Hasegawa T, Suzuki I, Oshima M, Tawaraya H, Niwano Y.: Enhancement of radioprotection and anti-tumor immunity by yeast-derived β -glucan in Mice. *J Med Food*, (2): 154-158, 2005.
2. Gu YH, Choi HJ, Yamashita T, Kang KM, Iwasa M, Lee MJ, Lee KH, Kim CH.: Pharmaceutical production of anti-tumor and immune-potentiating enterococcus faecalis-2001 β -glucans: enhanced activity of macrophage and lymphocytes in tumor-implanted mice. *Current Pharmaceutical Biotechnology*, (8): 653-661, 2017.
3. Kang YN, Itokawa Y, Maenaka T, Yamashita T, Nakamura T, Hasegawa T, Choi IS, Tano K, Ishida T, Gu YH.: Effects of *Ganoderma lucidum* on Immunocompetence in Mice. *Med Bio.*, (2): 90-96, 2006.
4. Ukawa Y, Gu YH, Ohtsuki M, Suzuki I, Hisamatsu M.: Antitumor Effects of Trehalose on Salcoma 180 in ICR mice. *J Appl Glycosci.*, : 367-368, 2005.
5. Gu YH, Fujimiya Y, Itokawa Y, Oshima M, J Choi JS, Miura T, Ishida T.: Tumoricidal effects of beta-glucans: mechanisms include both antioxidant activity plus enhanced systemic and topical immunity. *Nutr Cancer*, (5) : 685-691, 2008.
6. Nakamura T, Itokawa Y, Tajima M, Ukawa Y, Cho KH, Choi JS, Ishida T, Gu YH.: Radioprotective effect of *Lyophyllum decastes* and the effect on immunological functions in irradiated mice. *J Tradi Chi Med*. (1): 70-75, 2007.
7. Gu YH, Park SR, Hasegawa T, Koike M.: Antihypertensive effect of *Lyophyllum decastes* Sing in spontaneously hypertensive rats. *Int J Med Mus.*, (1): 103-110, 2001.
8. Gu YH, Hasegawa T, Suzuki I, Hayashi I, Ahn KS, Twaraya H.: A study of the radioprotection effect of macroglucan (β -1-3 glucan) on fetuses of ICR mice. *J Ori Med.*, (1): 63-70, 2000.
9. Wu JG, Kan YJ, Wu YB, Yi J, Chen TQ, Wu JZ.: Hepatoprotective effect of ganoderma triterpenoids against oxidative damage induced by tert-butyl hydroperoxide in human hepatic HepG2 cells. *Pharm Biol*. :1-11, 2015.
10. Zhang J, Meng G, Zhai G, Yang Y, Zhao H, Jia L.: Extraction, characterization and antioxidant activity of polysaccharides of spent mushroom compost of *Ganoderma lucidum*. *Int J Biol Macromol*. :432-439, 2016.
11. Zhang J, Gao X, Pan Y, Xu N, Jia L.: Toxicology and immunology of *Ganoderma lucidum* polysaccharides in Kunming mice and Wistar rats. *Int J Biol Macromol*. : 302-310, 2016.
12. Vitak TY, Wasser SP, Nevo E, Sybirna NO.: Structural changes of erythrocyte surface glycoconjugates after treatment with medicinal mushrooms. *Int J Med Mushrooms*. (9): 867-788, 2015.
13. Prasad R, Varshney VK, Harsh NS, Kumar M.: Antioxidant capacity and total phenolics content of the fruiting bodies and submerged cultured mycelia of sixteen higher basidiomycetes mushrooms from India. *Int J Med Mushrooms*. (10): 933-941, 2015.
14. Nizhenkovska IV, Pidchenko VT, Bychkova NG, Bisko NA, Rodnichenko AY, Kozyko NO.: Influence of *Ganoderma lucidum* (Curt.: Fr.) P. Karst. on T-cell-mediated immunity in normal and immunosuppressed mice line CBA/Ca. *Ceska Slov Farm*. (4): 139-143, 2015.
15. Reis FS, Lima RT, Morales P, Ferreira IC, Vasconcelos MH.: Methanolic extract of *Ganoderma lucidum* induces autophagy of AGS human gastric tumor cells. *Molecules*. (10): 17872-17882, 2015.
16. Nakamura T, Itokawa Y, Cho KH, Choi JS, Suzuki I, Miura T, Ishida T, Gu YH.: Effects of Propolis on peripheral white blood cells, antioxidative activity and tumor growth in irradiated mice. *J Tradi Chi Med*. (4), 299-305. 2006.
17. Gu YH, Yamasita T, Kang KM.: Subchronic oral dose toxicity study of *Enterococcus Faecalis 2001* (EF 2001) in mice. *Toxi Res.*, (1): 55-63, 2018.
18. Yamashita T, Kato T, Tunekawa M, Gu YH, Wang S, Ma N.: Effect of radiation on the expression of Taurine transporter in the intestine of mouse. *Adv Exp Med Biol.*, :729-740, 2017.

Immunopotentiating effect and anticancer effect in *Red Ganoderma Lucidum* fruiting body

Abstract

Recently, people with lifestyle diseases such as cancer are on an increasing trend accompanying rich dietary life and Westernization of food. Among them, cancer is the leading cause of death.

In present year, immunotherapy based on alternative medicine with natural substances with few side effects has attracted attention. This studies have reported that natural substances used this time have immunopotentiating effect, anticancer action, and radioprotective effect. It was aimed to investigate the presence or absence of the effect by actually administering the natural substance considered to have the above effect to mice and to contribute to these scientific data. For the immunopotentiating effect, 5-week old male ICR mouse was used. The treatment group was a control group, a group treated with *Red Ganoderma lucidum* fruiting body. The effect was examined by measuring the blood count (peripheral blood, lymphocyte) of peripheral blood.

For anticancer effect, 5 week old male C3H mouse was used. The administration group was similar to the study of immunopotentiating effect and radioprotective effect, and it was divided into non-irradiation group and 6 Gy irradiation group by ingesting SCC-7. Tumor volumes were calculated in a timely manner, and tumors were excised on the final day and examined.

The number of leukocyte and the number of lymphocyte of *Red Ganoderma lucidum* fruit body group increased. It is suggested that β -D glucan 1-3,1-6 contained in *Red Ganoderma lucidum* fruiting body activates T lymphocytes, which strengthened the function of interferon.

In the fungus group of *Red Ganoderma lucidum* fruit body of the radiation alone irradiation group, both the leukocytes and the lymphocytes showed a small reduction after irradiation, and thus protective action against radiation was observed. It is thought that β -D glucan suppressed damages of blood cells and abnormal protein production by removing free radicals generated by irradiation.

The mechanism of action as radiation protection is the free radical scavenging action, the radical scavenger effect. *Red Ganoderma lucidum* is considered that the SOD-like activity increased due to the inhibition of the oxidation reaction of lipids and proteins constituting the cell membrane by the action of β -D glucan contained in fruiting bodies. It is thought that it acted indirectly as an immune mechanism such as activation of T cell and B cell by β glucan contained in fruiting body and abundant minerals of *Red Ganoderma lucidum* fruiting body. From this, it is considered that the tendency to suppress tumor growth was observed by activating NK cells, increasing T cells and B cells, and activating the immune reaction. It is thought that NK cells in vivo were activated, promoted the production of large amounts of INF- γ , and activated macrophages and T cells.

To the administration of fruit body of *Red Ganoderma lucidum* which is a natural substance used in this study increased the number of lymphocytes and the number of leukocytes, it is thought that there is an immunopotentiating effect. In addition, it is considered that there is a radioprotective effect since the suppression of decrease in the number of blood cells after radiation irradiation was observed. And, as tumor growth inhibitory effect was seen, it is conceivable that the administered substance has anti-cancer action.

培養系ヒト腸内細菌叢モデル KUHIMM を 利用した食物繊維の影響評価

生田 直子 (IKUTA Naoko)¹ 篠原 涼平 (SHINOHARA Ryouhei)¹
佐々木 大介 (SASAKI Daisuke)² 佐々木 建吾 (SASAKI Kengo)²

¹ 神戸大学大学院医学研究科, ² 神戸大学科学技術イノベーション研究科

Key Words : 食物繊維 腸内細菌 ヒト腸内細菌叢モデル

1. 背景

腸内細菌叢は宿主への栄養分を提供して健康状態を保ち、腸管内の恒常性や宿主の免疫反応における重要な役割を担っている¹⁾。また、腸内細菌叢のバランスの乱れと肥満や2型糖尿病、大腸炎などの疾病を関連付けた研究が多く報告されており²⁻⁵⁾、腸内細菌叢のバランスを保つことが健康の維持・増進に重要であることが広く知られるようになった。食物繊維は、「ヒトの小腸内で消化・吸収されにくく、消化管を介して健康の維持に役立つ生理作用を発現する食物成分」と定義されており⁶⁾、それ自体が栄養素ではないにも関わらず、健康の維持・増進に重要な機能を有するので、第6の栄養素とも呼ばれている。近年、食物繊維は大腸まで届き腸内細菌叢に様々な影響を及ぼすことが様々な研究から明らかになってきており、生活習慣病の予防や健康増進のためにサプリメントとして食物繊維を利用する人が増えてきている。食物繊維の種類については、水への溶解度や粘性などの物性によって、水溶性と不溶性の2種類に分類されており、その物性の違いが機能性にも影響することが多くの研究によって明らかにされている⁶⁾。難消化性デキストリン (DEX) は特定保健用食品 (トクホ) 素材として認定され

ている水溶性食物繊維で、トウモロコシでん粉を熱処理し加水分解を行った後、精製を行い、食物繊維画分を分取して得られたものであり、食物繊維を85~95%含有する。難消化性デキストリンは機能性食品表示制度においても、整腸作用、食後血糖上昇抑制作用、食後中性脂肪上昇抑制作用について研究レビューを利用した機能性表示の届出が受理されている。さらに、難消化性デキストリンは米国食品医薬品局 (FDA) より、マルトデキストリンに合致するとされ、GRAS 認証 (Generally Recognized As Safe) を1990年に得ている。小腸で一部が分解されるが、摂取したうちの半分が大腸で腸内細菌に資化されると言われている。一方、水溶性食物繊維である α -シクロデキストリン (α CD) はグルコース6個が α -1,4グルコシド結合により連なった環状オリゴ糖で、天然に存在する無味の糖質である。工業的にはトウモロコシなどから取り出されたでん粉にCD生成酵素を作用させて製造されている。 α CDは低粘性の水溶性食物繊維であり、摂取時にヒトの生体内の消化酵素では分解されないが、大腸にて腸内細菌に分解される性質を持つ⁷⁾。近年、アメリカ国立衛生研究所 (NIH) にて α CDの血中コレステロール低下作用に関する臨床研究

が開始される⁸⁾など、 α CDの機能性について、特に抗メタボリックシンドローム素材として大きく注目されている。 α CDは中性脂肪低減効果や血糖値上昇抑制効果などの健康効果⁹⁻¹¹⁾や乳化作用などの物性改善効果を有していることから、現在広く食品に配合されている。

我々の研究では、それらを含めたいくつかのオリゴ糖に着目し、神戸大学で開発された培養系ヒト腸内細菌叢モデルを利用して、食物繊維が腸内細菌叢に及ぼす影響について評価を行った。

腸管モデルについての研究は1990年代から活発になり、2010年以降になると腸内細菌叢の網羅的な解析技術が飛躍的に向上した背景により腸管モデルや腸内細菌関連の論文数が増加している。近年、腸内細菌叢は健康と関連付けて注目されるようになり、腸内細菌叢を改善する食品素材としての食物繊維は、前述の通り、健康面から注目される第6の栄養素とされている。2016年にOsawa¹²⁾によってまとめられた腸管モデルに関する総説では、食品成分の腸内動態、腸管モデルの構築と使用例について1979年の光岡らの書籍から2016年までの文献を元にまとめられている。本稿では神戸大学で開発された培養系ヒト腸内細菌叢モデル(KUHIMM: Kobe University Human Intestinal Microbiota Model)とそれを利用した*in vitro*試験と臨床との関連及び腸内細菌叢に及ぼす種々の食物繊維の影響について、我々の研究例を中心にまとめ、さらに食品開発への応用技術などについて紹介する。

2. 培養系ヒト腸内細菌叢モデル KUHIMM の特性

日本に先駆けて30年以上前から欧米諸国の研究グループは*in vitro*培養系でヒトの腸管や腸管内の細菌叢を模した腸管モデルの開発に取り組み、この技術を用いた食品の安全性や機能性の評価が行われてきた。例えば、ベルギー・ゲント大学のSHIME (Simulator of the Human Intestinal Microbial Ecosystem)、オランダ・TNO

社のTIM (TNO Intestinal Model)、といった培養系ヒト腸管モデルが開発されてきた。しかしながら、いずれも外観や物理的な機構面でヒトの消化管を模擬しているシステムであり、長時間培養すると培養液中の細菌叢によって産生された短鎖脂肪酸(SCFAs)やアンモニア等の代謝物量や構成比が実際のヒト腸内の値とギャップが生じ、実際のヒト腸管内の菌数を再現するに至っていない。体内で起こる消化された栄養素の動態を再現することは難しいのが現状である。これらのシステムの問題点を解決すべく神戸大学で開発したKUHIMM(図1)は一槽式で構成がシンプル、短時間で評価が可能、動的な解析が可能、という特徴を有し、他のヒト培養系腸管モデルと比較して次の点でより正確にヒトの腸内を模している。①培養24~30時間後において、ヒト大腸内の全菌種(500-1,500種)や菌多様性を保持し、個人ごとの菌叢を維持している¹³⁾。②偏性嫌気性細菌(門レベルでFirmicutesとBacteroidetes)が優勢である。③難培養の細菌種も増殖している。④代謝プロファイルを維持している。短鎖脂肪酸の構成比が実際のヒト大腸内を模している。(酢酸:プロピオン酸:酪酸=3:1:1)

本モデルは前述の通り、小容量の培養槽を複数備えた嫌気性の培養装置で、ヒト糞便をスターターとし、複数のサンプルを同時にかつ比較的短時間に培養することができる。また、経時的にpHやアンモニア濃度をモニタリングす



図1 培養系ヒト腸内細菌叢モデル KUHIMM

表1 KUHIMM での評価に用いた食物繊維の種類とグルコースの結合様式および分子量

食物繊維	結合様式	分子量
難消化性デキストリン (DEX)	α -1,4*, α -1,6, α -1,2, α -1,3	1,800-2,000
α -シクロデキストリン (α CD)	α -1,4*	972
デキストラン (DXR)	α -1,6*, α -1,4	32,000-45,000

* : 主要な結合様式

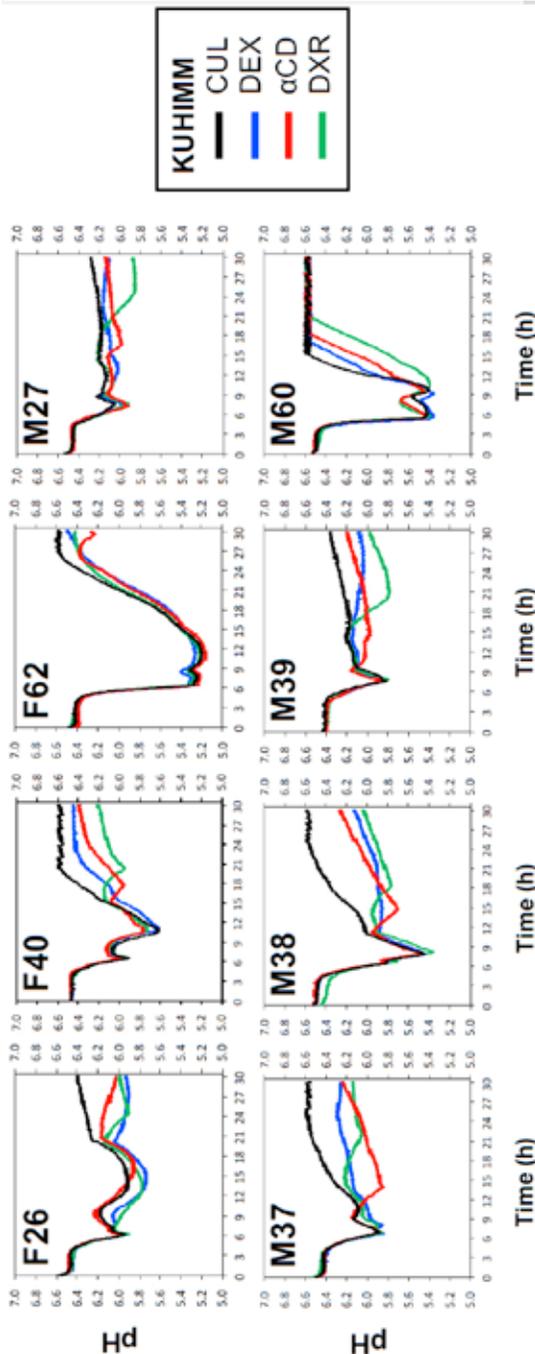


図2 8名の健康人から提供された検体を KUHIMM にて 30 時間培養中の pH の経時変化
 CUL: 無添加での培養, DEX: 難消化性デキストリン添加での培養, α CD: α -シクロデキストリン添加での培養, DXR: デキストラン添加での培養

ることが可能で、サンプリングした培養液中の短鎖脂肪酸濃度やその他の代謝物の分析結果を菌叢と関連付けて考察することができる。

3. KUHIMM を利用した食物繊維の評価 - 臨床試験との比較

前述の難消化性デキストリンは、摂取量の 90 パーセントが大腸まで届き、40 パーセントは排泄されるのでおよそ 50 パーセントが大腸で腸内細菌に資化される。一方、 α CD を経口摂取すると消化酵素では分解されず、摂取量の 99 パーセントが腸に達する¹⁴⁾。 α CD は CDase を産生する *Bacteroides ovatus* などの腸内細菌によって資化されることが報告されている¹⁵⁾。同じ量を摂取した場合に大腸まで届く量が若干異なり、また、構造が違うことから、それぞれを資化する腸内細菌が異なる可能性がある。我々は食物繊維の資化性を詳細に検討することを目的として KUHIMM を使った評価を行った。

健康人 8 名から提供を受けた糞便をスターターとし、構造の異なる食物繊維（難消化性デキストリン、 α -シクロデキストリン、デキストラン；各 0.2g/100mL、表 1）を添加し 30 時間培養を行った¹⁶⁾。経時的な (0, 6, 9, 12, 24, 30 h) 培養のモニタリングとサンプリングを実施し、次世代シーケンサーを用いたメタ 16S による菌叢解析と代謝物解析を行い、非添加培養時の結果と比較し、種々の食物繊維のヒト

大腸内の細菌群集への影響について評価した。

実験の結果、非添加培養時の pH の変遷は個人ごとに異なり、ヒト個人の特徴を示している(図2)。食物繊維の添加によって、発酵過程後期に特異的な pH の低下が観察された点が非常に興味深い。この pH の低下は難消化性の食物繊維が分解されたことを示唆している。短鎖脂肪酸(主に酢酸、プロピオン酸、酪酸)については、食物繊維の添加により酢酸・プロピオン酸の増加が観察された(図3)。次に、難消化性デキストリン、 α -シクロデキストリンおよびデキストラン添加時と無添加時について30時間培養後の細菌群集の構造を次世代シーケンサーにより解析した。その結果、全ての培養液

中より *Bacteroidetes* 門に属する細菌群の優占が観察された(図4)。食物繊維の摂取によって *Bacteroidetes* 門に属する細菌群の割合が増加するとの報告例¹⁵⁾とは異なる結果であったが、この理由については、我々の実験での添加濃度が0.2g/100mLと低いことに起因すると考えられる。しかしながら、本濃度はヒトが1日に摂食する食物繊維量を反映しており、現実的な濃度条件で KUHIMM が *Bacteroidetes* 門の代謝活性(酢酸・プロピオン酸生成)の増加を検出できた点は興味深い。

次に、顕著な結果が得られた検体提供者4名を対象としたヒト介入試験を計画し、神戸大学医学倫理委員会にて承認後、KUHIMMの結果と比較することを目的として実施した。試験デザインは2期前後比較試験で、4名の健常人から同意を得たのち、2週間のウォッシュアウトの後に1回目の採便、 α CDを1日6g、1週間食べた後に2回目の採便、その後2週間のウォッシュアウトの後に3回目の採便、難消化性デキストリンを1日6g、1週間食べた後に4回目の採便を行った(図5)。食物繊維の摂取量は先に実施した培養系ヒト腸内細菌叢モデル KUHIMM での添加量(0.2g/100mL培養液)を参考に、ヒトの消化管内を1日に通過する液体量を3Lとして、1日6gと算出した。

その結果、検出された種数による β -diversity の比較では、糞便由来のプロットは菌叢の変化が少なく、摂取の有無に関わらず個人ごとの菌叢を維持していた。4名の健常人を対象としたヒト介入試験では、ダイナミックな菌叢変化は観察されず、KUHIMMの結果と一致していた(図5)。しかしながら、KUHIMMの結果も併せると、食物繊維の摂取が菌叢の代謝プロファイルに影響を及ぼすことは確からしいと考えられる。これらの結果から、KUHIMMを用いた解析により、*in vivo*解析では難しい代謝プロファイル(pH、短鎖脂肪酸)の変化を予測できる可能性が示された。

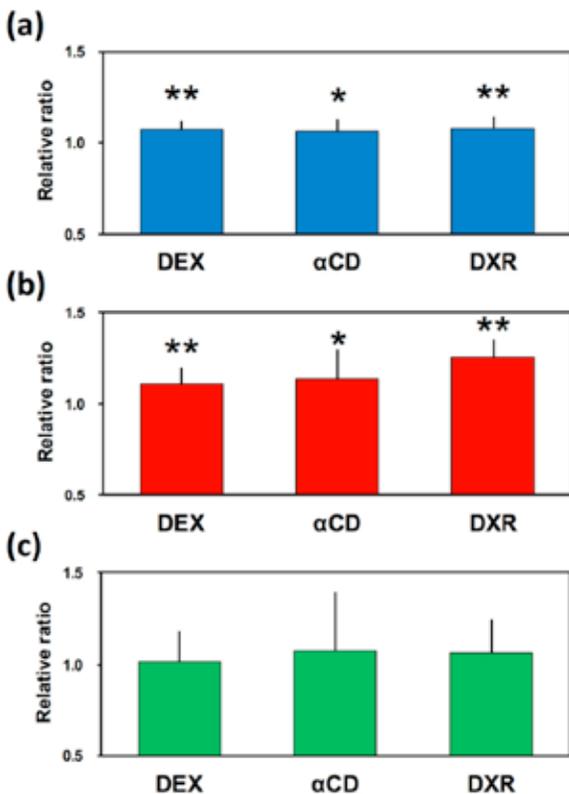


図3 KUHIMMに食物繊維を添加し30時間培養後の短鎖脂肪酸の相対濃度(無添加時を1.0とした)

(a) 酢酸, (b) プロピオン酸, (c) 酪酸

DEX: 難消化性デキストリン添加での培養, α CD: α -シクロデキストリン添加での培養, DXR: デキストラン添加での培養

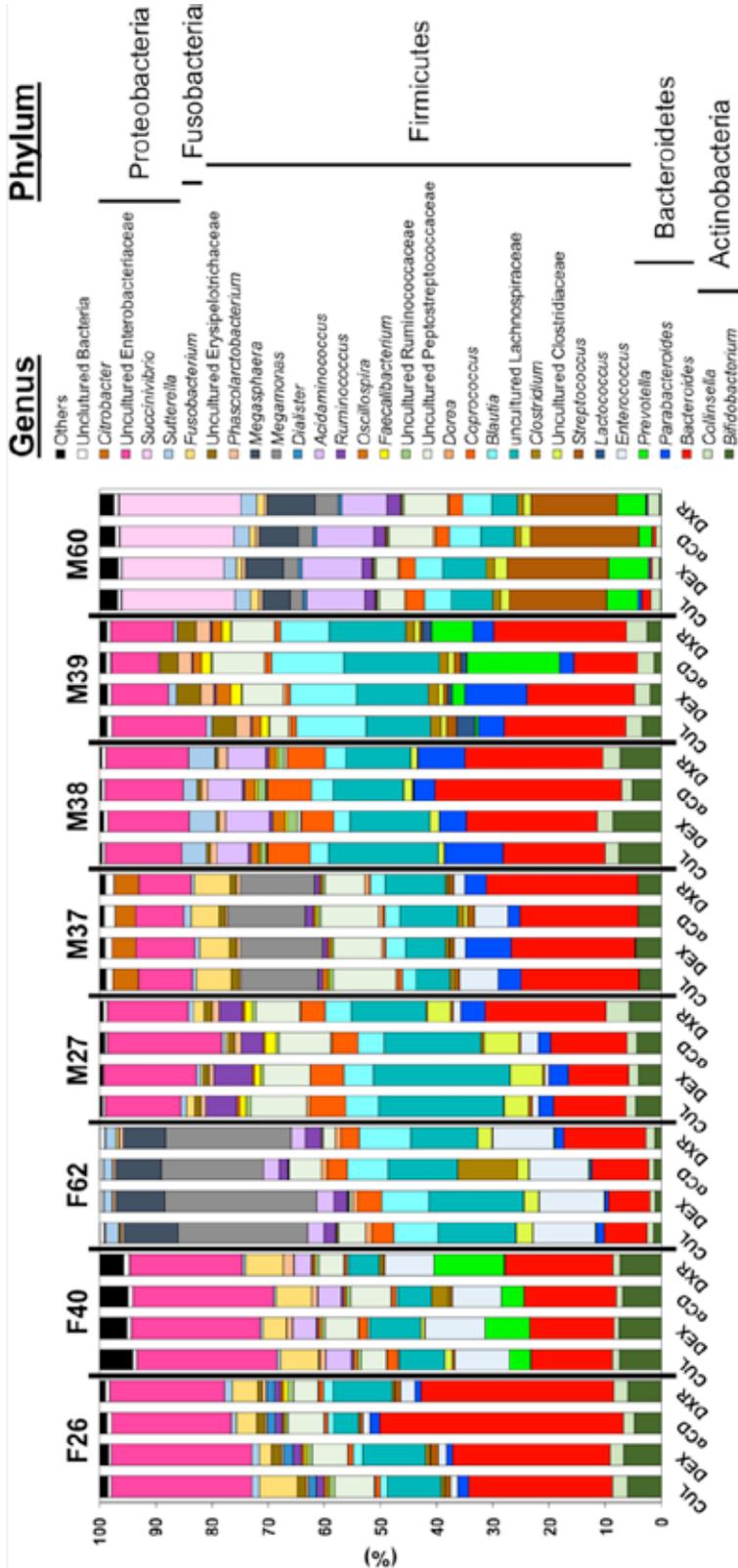


図 4 KUHIMM に食物繊維を無添加あるいは添加し 30 時間培養した後の細菌群集構造

CUL: 食物繊維無添加での培養, DEX: 難消化性デキストリン添加での培養, αCD: α-シクロデキストリン添加での培養, DXR: デキストラン添加での培養

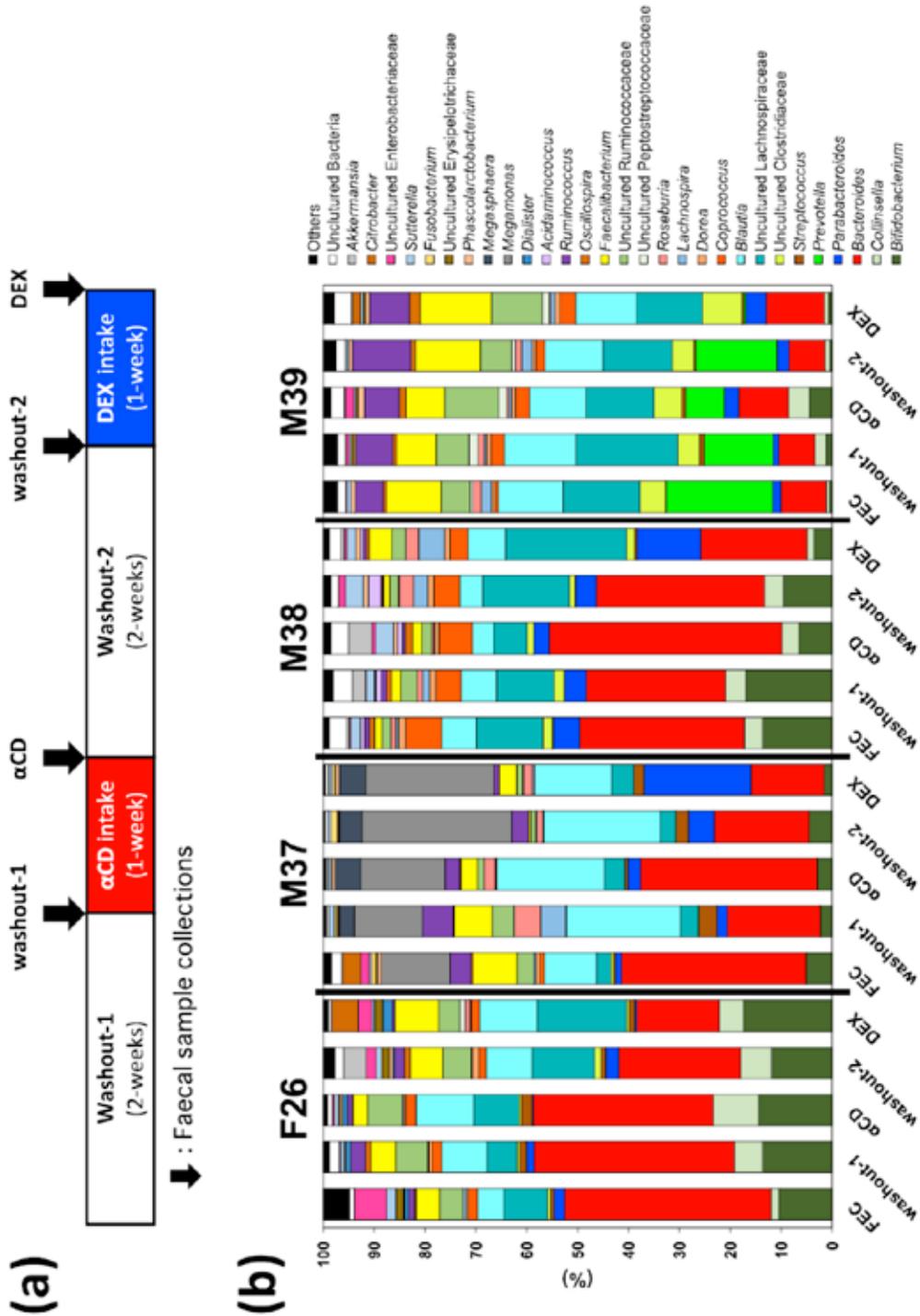


図5 ヒト介入試験のプロトコル (a) と各被験者の糞便中の腸内細菌群集構造 (b)

DEX: 難消化性デキストリン摂取後のサンプル, αCD: α-シクロデキストリン摂取後のサンプル, washout: 休薬期間後のサンプル

おわりに

本稿では、腸管モデルの歴史を簡単に振り返り、神戸大学にて開発された培養系ヒト腸内細菌叢モデル KUHIMM の特徴について概説した。我々はヒト介入試験も実施し、KUHIMM への食物繊維添加により、個人ごとに異なる代謝プロファイル (pH, 短鎖脂肪酸) およびその変化に対応した細菌群の変遷を予測できる可能性を示した。

近年、食物繊維は生活習慣病や腸内細菌が関わる様々な疾病の予防あるいは改善に期待され

ていることがよくわかる。しかしながら、ヒト介入試験は倫理的にハードルが高く、膨大な時間やコストが必要になるため、とりわけ食品開発において実施するのは極めて困難である。大腸内での現象を模した培養系ヒト腸内細菌叢モデル KUHIMM が、食物繊維や大腸まで届く可能性のある食品成分の開発において、スクリーニングや安全性評価に利用されることを我々は大いに期待する。KUHIMM への関心が高まり、食品開発への応用技術が進歩することには大きな意義があると筆者らは考えている。

参考文献

- Robles Alonso V., Guarner F.: Linking the gut microbiota to human health. *Br J Nutr.* **109**(52): S21–S26, 2013. doi: 10.1017/S0007114512005235.
- Canì, P.D., Bibiloni, R., Knausf, C., Waget, A., Neyrinck, A. M., Delzenne, N. M., *et al.*: Changes in gut microbiota control metabolic endotoxemia-induced inflammation in high-fat diet-induced obesity and diabetes in mice. *Diabetes.* **57**(6): 1470–1481, 2008. doi: 10.2337/db07-1403.
- Qin, J., Li, Y., Cai, Z., Li, S., Zhu, J., Zhang, F., *et al.*: A metagenome-wide association study of gut microbiota in type 2 diabetes. *Nature.* **490**(7418): 55–60, 2012. doi:10.1038/nature11450.
- Serino, M., Fernández-Real, J. M., García-Fuentes, E., Queipo-Ortuño, M., Moreno-Navarrete, J. M., Sánchez, A., *et al.*: The gut microbiota profile is associated with insulin action in humans. *Acta Diabetol.* **50**(5): 753–761, 2013. doi: 10.1007/s00592-012-0410-5.
- Uronis, J. M., Mühlbauer, M., Herfarth, H. H., Rubinas, T. C., Jones, G. S., Jobin, C.: Modulation of the intestinal microbiota alters colitis-associated colorectal cancer susceptibility. *PLoS One.* **4**(6): e6026, 2009. doi:10.1371/journal.pone.0006026.
- 海老原 清, 早川 享志, 奥 恒行 編集: ルミナコイド研究のフロンティア. 建帛社, 2010 年.
- Kaewprasert, S., Okada, M., Aoyama, Y.: Nutritional effects of cyclodextrins on liver and serum lipids and cecal organic acids in rats. *J. Nutr. Sci. Vitaminol.*, **47**: 335, 2001.
- <http://clinicaltrials.gov/show/NCT01131299>
- Grunberger, G., Jen, K. L., Artiss, J. D.: The benefits of early intervention in obese diabetic patients with FBCx: a new dietary fibre. *Diabet Metab Res Rev.* **23**(1): 56–62, 2007. doi: 10.1002/dmrr.687.
- Comerford, K. B., Artiss, J. D., Jen, K. L., Karakas, S. E.: The beneficial effects α -cyclodextrin on blood lipids and weight loss in healthy humans. *Obesity.* **19**(6): 1200–1204, 2011. doi: 10.1038/oby.2010.280.
- Amar, M. J., Kaler, M., Courville, A. B., Shamburek, R., Sampson, M., Remaley, A. T.: Randomized double blind clinical trial on the effect of oral α -cyclodextrin on serum lipids. *Lipids Health Dis.* **15**: 115, 2016. doi: 10.1186/s12944-016-0284-6.
- Osawa, R.: Evaluation of functionality and safety of Food components by human intestinal models: Kobe University's approach. *Japanese Journal of Lactic Acid Bacteria.* **27**(2): 93-100, 2016.
- Takagi, R., Sasaki, K., Sasaki, D., Fukuda, I., Tanaka, K., Yoshida, K., Kondo, A., Osawa, R.: A single-batch fermentation system to simulate human colonic microbiota for high-throughput evaluation of prebiotics. *Plos One.* **11**: e0160533, 2016. doi: 10.1371/journal.pone.0160533.
- Van Ommen, B., De Bie, A. T., Bär, A.: Disposition of ^{14}C - α -cyclodextrin in germ-free and conventional rats. *Regul Toxicol Pharmacol.* **39**: S57-S66, 2004. doi: 10.1016/j.yrtph.2004.05.011.
- Robert, N. A., James, K. P.: Enzymatic Degradation of α - and β -Cyclodextrins by Bacteroides of the Human Colon. *J Agric Food Chem.* **32**: 1321-1325, 1984. doi: 10.1021/jf00126a025.
- Sasaki, D., Sasaki, K., Ikuta, N., Yasuda, T., Fukuda, I., Kondo, A., Osawa, R.: Low amounts of dietary fibre increase *in vitro* production of short-chain fatty acids without changing human colonic microbiota structure. *Sci Rep.* **8**: 435, 2018. doi: 10.1038/s41598-017-18877-8.

機能性物質の養魚用飼料への添加効果－ 4. ト－アラ－ゼ, β -1,3/1,6- グルカン

酒本 秀一 (SAKAMOTO Shuichi) 佐藤 達朗 (SATO Tatsuro)*

* 中禅寺湖漁業協同組合

Key Words : 養魚飼料 機能性物質 ト－アラ－ゼ β -1,3/1,6- グルカン ビタミン C ビタミン E
和金 ニジマス アユ 飼育成績 IHN ヘルペスウィルス病 冷水病

ト－アラ－ゼ

ト－アラ－ゼとは東亜薬品工業 (株) より市販されている水産用混合飼料で、同社の製品パンフレットによると 3 種類の活性生菌 (乳酸菌 : *Streptococcus faecalis*, 酪酸菌 : *Clostridium butyricum*, 糖化菌 : *Bacillus mesentericus*) と 2 種類の消化酵素 (アルカリ性プロテアーゼ, リパーゼ) を主成分とし、小麦粉, ビール酵母, デンプンで希釈した飼料である。それぞれの含量は飼料 kg 当たり乳酸菌 6×10^9 個, 酪酸菌 2×10^8 個, 糖化菌 2×10^8 個, アルカリ性プロテアーゼ 1×10^6 IU, リパーゼ 4×10^4 IU である。期待される効果は、生菌の共生および消化酵素の相乗作用によって飼料の消化吸收を活発にし、摂餌促進と飼料の有効利用を図ると共に悪玉菌の抑制等による魚の健康維持とのことである。

酒本は前報¹⁾で養魚飼料の原料としてブロメライン (パイナップル由来のタンパク質分解酵素) を添加してモイストペレット (MP) を製造すると、ブロメラインの添加量に従って飼料の水溶性 N 量が増加すること、無胃魚であるコイの幼魚は飼料の水溶性 N の増加に従って飼育成績が改善されること等を報告した。

コイ同様和金も無胃魚なのでペプシンと塩酸の分泌が無く、摂取された飼料が強酸性下に曝

されることが無い。もしト－アラ－ゼの効果でアルカリ性プロテアーゼが重要な役割を果たしているのなら、ト－アラ－ゼの飼料添加によって和金でも著しく飼育成績が改善される可能性が有る。よって本試験では和金を用いてト－アラ－ゼの飼料への添加効果を調べることにした。

1. 方法

1-1. 試験飼料

ト－アラ－ゼの分析値を表 1 に示す。水溶性窒素が 2.07% (タンパク質として 12.9%) 含まれており、タンパク質中の 32.0% が水溶性である。

酵素は水が共存しなければ作用出来ない。よって試験飼料の形態として水を殆ど含まないハードペレット (HP) と水を大量に含む MP の 2 種類を選択した。それぞれの飼料の製造法は以下の通りである。

表 1 ト－アラ－ゼの分析値

水分 (%)	5.90
タンパク質	40.3
脂質	0.46
灰分	10.9
炭水化物	33.4
水溶性 N	2.07

表2 試験飼料の組成と分析値

飼料の形態 トーアララーゼ添加量 (%)	ドライペレット (DP)				モイストペレット (MP)			
	0	0.5	1	2.5	0	0.5	1	2.5
組成								
魚粉 (%)	60	60	60	60	31	31	31	31
小麦粉	27	27	27	27	31	31	31	31
ミネラル混合	4	4	4	4	4	4	4	4
ビタミン混合	4	4	4	4	4	4	4	4
α -セルロース	5	4.5	4	2.5	5	4.5	4	2.5
トーアララーゼ	0	0.5	1	2	0	0.5	1	2.5
魚油					25	25	25	25
分析値 (湿物)								
水分 (%)	4.05	3.92	3.82	4.26	22.8	25.3	23.5	22.2
タンパク質	48.5	48.9	48.8	48.9	22.3	21.8	22.1	23.3
脂質	5.21	5.23	5.38	5.48	23.2	22.5	23.6	23.9
灰分	14.6	14.5	14.8	14.4	7.12	6.83	7.06	7.38
炭水化物	22.4	21.9	22.9	23.3	19.4	19.0	18.8	19.1
水溶性 N					0.25	0.26	0.29	0.32
分析値 (乾物)								
タンパク質 (% 乾物)	50.5	50.9	50.7	51.1	28.9	29.2	28.9	29.9
脂質	5.43	5.44	5.59	5.72	30.1	30.1	30.8	30.7
灰分	15.2	15.1	15.4	15.0	9.22	9.14	9.23	9.49
炭水化物	23.3	22.8	23.8	24.3	25.1	25.4	24.6	24.6
水溶性 N					0.32	0.35	0.38	0.41

HP：全ての原料を混合し、粉碎する。極少量の加水を行って混合し、小型のペレットマシンで直径約3mmのHPを成型する。棚式乾燥機内で約70°Cの熱風で水分が数%になるまで乾燥する。

MP：魚油以外の原料を混合し、粉碎する。これに魚油とMPを成形するのに好適な物性になる量の水を添加し、十分に混練する。小型の電動ミートチョッパーで直径約3mmのヌードル状に押し出し、必要な長さに包丁で切る。MPは製造後-20°Cで凍結保存した。給餌前日の夕方に必要量を冷蔵庫に移し、解凍して魚に与えた。

HP, MP共にトーアララーゼの添加によって飼料製造上に問題は生じなかった。

消化酵素の面から見れば、HPでは熱風乾燥の工程で熱変性していなければ、飼料が魚に摂取されて消化管内で作用することになる。MPは製造から凍結保存するまでの間、解凍して魚に与えるまでの間、さらに消化管内でも作用することになる。よって、MPの方がより強く効

果が表れる可能性が有る。

生菌の面から見れば、HPは熱風乾燥時に死んでいなければ消化管内で作用するし、MPは問題無く消化管で作用する。

表2にそれぞれの飼料の組成と分析値を示す。トーアララーゼの添加量はHP, MP共に0, 0.5, 1および2.5%とした。魚による脂質の消化吸収率は非常に高いので、トーアララーゼに含まれるリパーゼによって飼料脂質の利用率が著しく向上することは望めないと思えるが、大量の脂質を添加した場合には如何なるのかと思ひ、MPには魚油(理研ビタミンのフィードオイル Ω)を25%添加した。

当然のことながらHPの方がMPより水分と脂質が少なく、タンパク質、灰分、炭水化物が多かった。MPのトーアララーゼ添加量と水溶性N量の関係を調べたのが図1である。トーアララーゼの添加量が増えるに従って直線的に水溶性Nの量も増えているが、この水溶性Nの大部分はトーアララーゼ由来で、ブロメラインとは違ってMP製造中にタンパク質が分解されて水

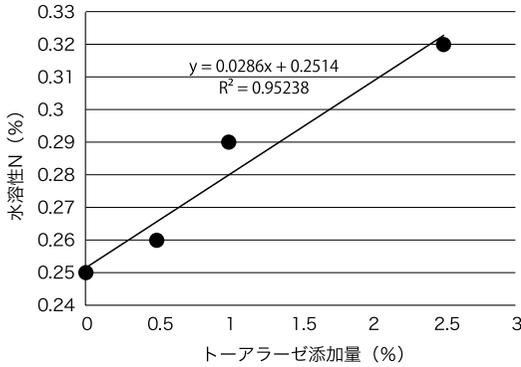


図1 トーアラージェ添加量と水溶性N量の関係

溶性になっていることは無い様である。HPの水溶性N量は測定していないがMPと同様の結果ではないかと思われる。

1-2. 飼育試験

市販飼料で飼育した和金をDP試験には1区当たり24尾(平均体重17.9g), MP試験には13尾(平均体重33.4g)用い, 両試験で各区の総体重が略等しくなるように設定した。60L容透明角型プラスチック水槽に供試魚を收容し, 流水, 通気下で水温を20.2-21.4°Cに調節して2月18日から3月9日まで飼育した。給餌は日に3回(午前, 正午, 午後)に各1回で, 食べ残さない量を丁寧に与えた。

1-3. 調査項目

飼育試験終了時に各区の尾数と総体重を測定して生残率と増重量を, 増重量と乾物給餌量から乾物飼料効率(増重量×100/乾物給餌量)とタンパク質効率(増重量×100/給与タンパク質量)を求めた。

飼育試験終了時に各区から10尾ずつサンプリングし, 以下の処理を行った。供試魚の体重は測定しなかった。FA100で麻酔し, ヘパリン処理した1mLプラスチック注射筒を用いて心臓から各尾0.3mLずつ採血した。血液は区毎にプールし, 3000rpmで15分間遠心分離して血漿を単離し, 成分分析を行った。残りの魚体は区毎に凍結した後半解凍状態で包丁を用いて無理なく小型の電動ミート

チョッパーにかけられる程度に細切した。数回ミートチョッパーを通した後さらにホモジナイザーで均一化し, 一般成分の分析に供した。

2. 結果

2-1. 飼育成績

表3にHPでの飼育結果を, 表4にMPでの飼育結果を示す。HP, MP共に生残率は各区共100%で, 区間差は無かった。増重量, 乾物飼料効率, タンパク質効率はどれもトーアラージェ添加区の方が無添加区より優れており, トーアラージェの飼料添加効果が認められた。トーアラージェ添加区では0.5%添加区が最も優れた飼育成績を示し, それ以上の添加量になると反って添加効果が低下した。DP, MP共にトーアラージェの至適添加量は0.5%であったが, MPの方がより明確に添加効果が表れる様である。

トーアラージェの製品パンフレットには0.5-1.0%の添加量が推奨されているが, 和金にとってはやや多すぎるのではないかと思われる。魚種による違いや, 魚の発育ステージの違いによる差なども考えられるので, その都度必要な添加量を予め調べてから利用の方が良いと思われる。

和金による水溶性N摂取量と増重量, 乾物飼料効率, タンパク質効率の関係を図2, 3に示す。トーアラージェ無添加区の水溶性N摂取

表3 DPでの飼育結果

トーアラージェ添加量 (%)	0	0.5	1	2.5
生残率 (%)	100	100	100	100
増重量 (g)	262.8	295.4	281.2	281.5
給餌量 (g)	336	336	336	336
乾物給餌量 (g)	322.4	322.8	323.2	321.7
乾物飼料効率 (%)	81.5	91.5	87.0	87.5
タンパク質効率 (%)	161.1	179.8	171.4	171.3

表4 MPでの飼育結果

トーアラージェ添加量 (%)	0	0.5	1	2.5
生残率 (%)	100	100	100	100
増重量 (g)	223.1	285.1	264.8	240.8
給餌量 (g)	515	515	515	515
乾物給餌量 (g)	397.6	384.7	394.0	400.7
乾物飼料効率 (%)	56.1	74.1	67.2	60.1
タンパク質効率 (%)	194.1	254.1	232.6	200.9

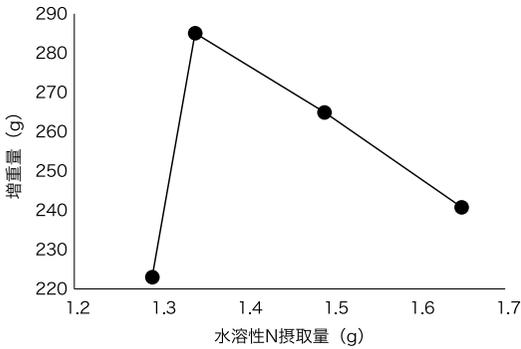


図2 水溶性 N 摂取量と増重量

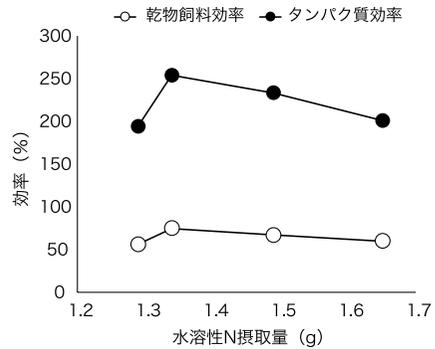


図3 水溶性 N 摂取量と飼料効率, タンパク質効率

量 1.29g から 0.5% 添加区の 1.34g の間で何れの指標も著しく高くなり, 1% 添加区の 1.49g, 2.5% 添加の 1.65g と水溶性 N の摂取量が多くなるに従って何れの指標も直線的に低下していた。コイでのプロメラインの試験¹⁾では本試験より遥かに水溶性 N 量が多かったにも拘らずこの様な低下は認められなかった。

トーアララーゼのリパーゼによって飼料脂質の利用率が著しく向上することも考えにくい。

トーアララーゼの有無による飼料成分の消化吸収率の違いを測定していないので断言は出来ないが, 和食ではトーアララーゼの添加効果を消化酵素, 特にアルカリ性プロテアーゼの効果と判断するには無理があるように思える。消化酵素より生菌の影響の方が強いのではないだろうか。

納得出来る理由はまだ見出せていないが, 和食ではトーアララーゼを飼料に添加すると飼育成績が改善することと, トーアララーゼを 0.5% 以上添加すると反って飼育成績が低下することは確かである。トーアララーゼの添加によって何故飼育成績が改善され, 添加量を増やすと何故飼育成績が低下するのかが分かれば, 今後色々な展開が図れるのではないだろうか。

DP と MP の摂取量を比較してみると MP の方が多く (DP: 1.46%/日/体重, MP: 2.25%/日/体重), 魚が自分で摂取量を調整していることが分かる。MP 区

は魚体にどうしても必要な量のタンパク質を取り込むために摂取量を多くしているのではないかと思われる。DP 区のタンパク質摂取量は約 164g に対し MP 区は約 122g と DP 区の方が多い。一方, 脂質の摂取量は DP 区の約 18g に対し MP 区の約 119g と MP 区の方が遥かに多い。これから云える事は, DP 摂取魚はタンパク質がエネルギー源として利用される割合が高く, MP 摂取魚は脂質がエネルギー源として利用される割合が高いであろうということである。

2-2. 全魚体の分析値

DP 飼育魚の分析値を表 5, MP 飼育魚の分析値を表 6 に示す。DP, MP 共にトーアララーゼ無

表 5 全魚体の分析値 (DP 飼育魚)

トーアララーゼ添加量 (%)	0	0.5	1	2.5
水分 (%)	65.0	68.4	65.5	68.1
タンパク質	14.5	14.7	14.4	15.1
脂質	15.9	12.7	15.8	13.0
灰分	3.28	3.35	3.32	3.43
タンパク質 (% 乾物)	41.4	46.5	41.7	47.3
脂質	45.4	40.2	45.8	40.8
灰分	9.37	10.6	9.62	10.8

表 6 全魚体の分析値 (MP 飼育魚)

トーアララーゼ添加量 (%)	0	0.5	1	2.5
水分 (%)	59.3	59.3	60.6	57.3
タンパク質	14.3	13.7	13.8	13.6
脂質	22.1	23.2	21.4	24.4
灰分	3.09	2.95	2.75	3.10
タンパク質 (% 乾物)	35.1	33.7	35.0	31.9
脂質	54.3	57.0	54.3	57.1
灰分	7.59	7.25	6.98	7.26

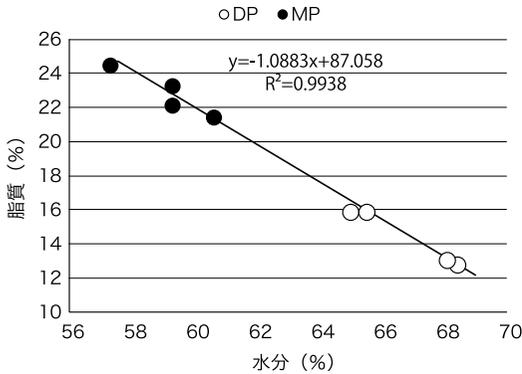


図4 水分と脂質の関係

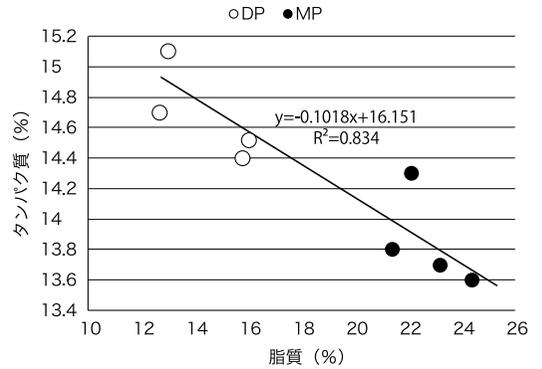


図5 脂質とタンパク質の関係

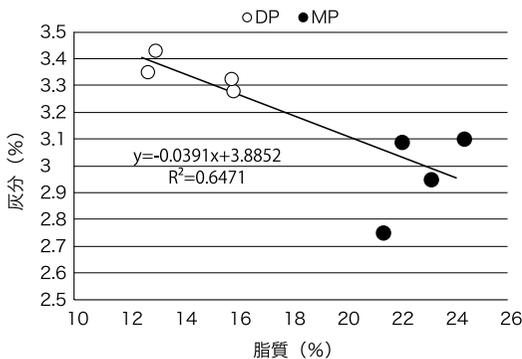


図6 脂質と灰分の関係

添加区と1%添加区, 0.5%添加区と2.5%添加区が略同じ分析値を示した。1%添加区を除いて比較すると, DP飼育魚ではトーアラージェの添加量が増えるに従って水分とタンパク質が増え, 脂質が減少する傾向が認められ, MP飼育魚では逆に水分とタンパク質が減少し, 脂質が増加する傾向が認められた。全く統一性が無い結果で, 飼育成績との相関が認められない。普通この様な事は起こり得ない。本試験では供試魚の体重を測定していないので体重と体成分の

関係は議論出来ないが, 同一グループの魚では体重が大きい魚の方が脂質が多く, 水分, タンパク質, 灰分が少ないのが一般的である。DP飼育魚はトーアラージェ無添加区と1%添加区の供試魚が0.5%添加区と2.5%添加区の供試魚より大きく, MP飼育魚は逆に小さかった可能性が高い。

DP飼育魚とMP飼育魚は明らかに体成分組成が違い, DP飼育魚はMP飼育魚より水分とタンパク質が多く, 脂質が少ない。これは試験飼料の組成に起因している。

水分と脂質, 脂質とタンパク質, 脂質と灰分の間をそれぞれDP飼育魚とMP飼育魚が占める位置には明確な違いが有るものの, 何れにも負の相関が認められた。これは魚体成分の変動の主因となっているのは脂質で, 脂質量の変化に連動して水分, タンパク質, 灰分が動いていることを示している。

2-3. 血漿成分

血漿成分の分析値を表7に示す。DP飼育魚の1%添加区は血漿が凝固して分析出来な

表7 血漿成分

飼料の形態 トーアラージェ添加量 (%)	ドライペレット (DP)				モイストペレット (MP)			
	0	0.5	1	2.5	0	0.5	1	2.5
Glu (mg/dL)	47	39		34	111	41	121	60
T-Pro (g/dL)	3.36	2.89		3.59	3.12	3.76	2.77	4.09
TG (mg/dL)	263	155		242	525	462	242	495
T-Cho (mg/dL)	463	378		414	416	437	414	438
ALP(K-A.U)	4.0	3.9		4.3	3.6	3.7	4.4	3.9

かった。また、MP 飼育魚の血漿は 1% 添加区以外は乳濁していた。

全魚体の分析値同様 1% 添加区の値を除いて比較すると、DP 飼育魚、MP 飼育魚共にトーアララーゼ添加区の方がグルコース (Glu) とトリグリセライド (TG) が高い傾向が認められた。これにはトーアララーゼ中の糖化菌やリパーゼの影響が有るのかも知れない。また、DP 飼育魚ではトーアララーゼ添加区の方が総コレステロール (T-Chol) が、MP 飼育魚では総タンパク質 (T-Pro) が高い傾向が認められたが、アルカリ性フォスファターゼ (ALP) 活性には一定の傾向は認められなかった。DP 飼育魚と MP 飼育魚を比較すると MP 飼育魚の方が著しく TG が多かったが、これは飼料の脂質含量の違いによるものである。この高い TG 含量が血漿の乳濁を引き起こしたものと考える。

飼料へのトーアララーゼの添加によって血漿成分が変化している様であるが、添加量との関係がハッキリしないので、何故この様な変化が起こるのか不明である。同一グループでも魚の大きさによって血漿成分含量が違うことがこれまでの試験で分かっているため、供試魚の大きさも関係しているのかも知れない。

3. 要約

- ・ DP 飼育魚、MP 飼育魚共に飼料へのトーアララーゼ添加量が 0.5% の区が最も飼育成績が良く、和食飼料へのトーアララーゼの至適添加量は 0.5% であると判断した。

- ・ トーアララーゼの添加効果は DP 飼料より MP 飼料の方がより明確に表れる様である。

- ・ 飼料からの水溶性 N 摂取量、飼育成績などからトーアララーゼの効果は消化酵素が主体ではなく、生菌の影響が大きいのではないかと推測した。

- ・ 魚体成分の変動の主因をなしているのは脂質で、脂質量の変化に連動して水分、タンパク質、灰分が変化する。魚体の脂質含量に最も大きな影響を及ぼすのは飼料の脂質含量である。

トーアララーゼ, β -1.3/1.6- グルカン, VC, VE

和金の飼育結果からトーアララーゼの効果は乳酸菌、酪酸菌、糖化菌等の生菌の影響が可也大きいのではないかと推測した。生菌の効果であれば魚の抗病性にも良い影響を及ぼしている可能性が有る。よって本試験では先ずトーアララーゼが魚の抗病性を強化しているか否かを調べ、次にトーアララーゼを用いて実際の養殖現場で利用可能な抗病性物質の開発を行ない、その効果を調べた。

魚類の養殖業を成り立たせる上で魚病対策は重要な要因の一つである。例えばサケ科魚類に IHN、アユに冷水病、海産魚にイリドウィルス病やウィルス性神経壊死症 (VNN) 等が一度発生すると生残率が大幅に減少するので生産効率が低下し、経営を大きく圧迫することになる。

本試験ではトーアララーゼを用いた抗病性物質のニジマスの IHN とヘルペスウィルス病、アユの冷水病に対する効果を調べた。

1. IHN (稚魚)

IHN とは Infectious Hematopoietic Necrosis の略で、ラブドウィルス科ノビラブドウィルス属の IHN ウィルスが原因のウィルス病である。伝染性造血器壊死症とも云われるが、IHN の方が一般的である。

吉水²⁾によるとサケ科魚類のさい嚢吸収直後から 3g 程度の仔稚魚に多く発生し、特にニジマスと在来マスの被害が大きい病気である。症状として体側に線状あるいは V 字状の出血、強度の貧血、腎臓と脾臓の造血組織の壊死、腹水貯留による腹部膨満、眼球突出等が見られるが、全ての症状が同一個体で見られる訳ではない。共通しているのは造血器の壊死による強度の貧血である。

孵化水槽で孵化して浮上したニジマス仔魚は稚魚池に移されて餌付けされる。餌付け後暫くすると魚は池底に沈み、池底にある飼料の食べ残しや糞を盛んに口に入れ、飼料はそのまま食

べるが、糞は吐き出す行動を繰り返すようになる。この様な行動をするようになって暫くすると大体 IHN が発生する。何年間もこの様な経過を見ているうちに、糞に IHN ウィルスが含まれていて経口的に IHN の感染が拡大しているのではないかと推測するに至った。そうであれば飼料に何らかの機能性物質を添加することによって IHN の被害が軽減出来るのではないかと考えていた。

この様な事を考えている時に某県の水産試験場の方からトーアラゼを飼料に添加すると理由は分からないが IHN の被害が軽くなるとの情報を頂いた。早速、実際の養殖場で飼料にトーアラゼを添加してニジマス稚魚を繰り返し飼育したところ、確かにトーアラゼの添加によって IHN の被害が軽減されることを確認出来た。但し、トーアラゼのみの添加では被害の軽減程度が期待した程ではなく、養殖現場での厳しい環境下での使用には耐えないであろうと判断した。

トーアラゼに IHN の被害を軽減する効果が有るのは確かなので、トーアラゼに何か他の機能性物質を併用することによって養殖現場での使用に耐える抗 IHN 作用を持つ物が出来るのではないかと考えた。

酒本はこれまでの試験³⁻⁷⁾でブドウ(皮, 種, 種子抽出物), パン酵母由来 β -1,3/1,6-グルカン, ビタミン C, ビタミン E 等の飼料添加によって魚の抗病性が向上することや, それぞれの至適添加量を明らかにしてきた。この中ブドウは抗酸化作用が主たる作用^{5, 6)}なので除き, トーアラゼに β -1,3/1,6-グルカンとビタミン C, E を併用して IHN に対する効果を調べることにした。

トーアラゼの添加量は和金で最も飼育成績が良かった 0.5%, β -1,3/1,6-グルカン, ビタミン C, ビタミン E の添加量はニジマスの *Flavobacterium* 感染予防に最も効果が有った濃度(それぞれ 0.1, 0.3 および 0.05%)とした。

トーアラゼ(東亜薬品工業: トーアラゼ Hi) 50 部, β -1,3/1,6-グルカン(Acucareira

Quata S.A.:MacroGard) 10 部, ビタミン C(武田薬品工業: ビタミン C タケダ) 30 部, 50% ビタミン E(エーザイ: ユベラフード 500) 10 部をミキサーで十分に混合して機能性物質の混合物(以下抗病性物質と略記)を調整した。これを養魚飼料に 1% 添加すれば上記の濃度になる。

効果の確認試験はニジマスの養殖場で行ったが, 養殖現場なので同一グループの魚を 2 群に分け, 片方には抗病性物質無添加飼料, もう一方には添加飼料を与えると云う手間のかかる試験法が取れなかったので, 数年にわたって片方ずつ試験して記録を取った。

16.5kL 容コンクリート製稚魚池に毎回多少の尾数の違いは有るが約 6 万尾のニジマス稚魚を収容して飼育した。その間毎回 IHN が発生したので, 発生から終息までの間毎日の死魚数を記録し, 生残率の変化を調べた。飼育水は地下水で, 水温は 14°C で一定であった。以下抗病性物質無添加飼料で飼育した事例と添加した飼料で飼育した事例を 3 例ずつ紹介する。

無添加の事例

この試験を行った当時, 近隣のニジマス養殖業者に聞き取り調査を行ったところ, IHN による死亡率は平均 75% で, IHN による被害の大きさが浮き彫りになった。

IHN による斃死には色々なパターンが有る。約 1 週間程度大量死が続いて略全滅する事例, グラグラと斃死が続いて全滅には至らないものの可也生残率が低くなる事例, 1 週間弱数は比較的少ないが集中的に死亡し, 後は極僅かずつ斃死が継続する事例などである。養殖場で最も困るのは中途半端な数が生き残った場合で, 一つの池に収容して飼育するには数が少なすぎ, かといって処分するには勿体無いと云う場合である。いっそ全滅してくれた方が後の対策が立て易い。

事例-1(図7)

平均体重 2g で IHN が発生し, 直ぐに大量死を起こして結果的に略池全部の魚が死亡すると云う大きな被害が生じた事例である。このパ

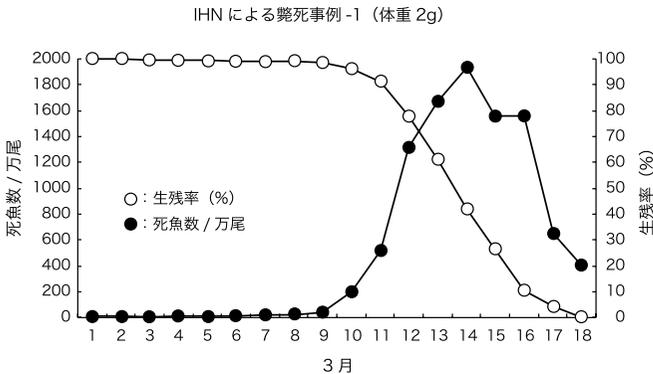


図7 IHNによる斃死事例（無処理-1）

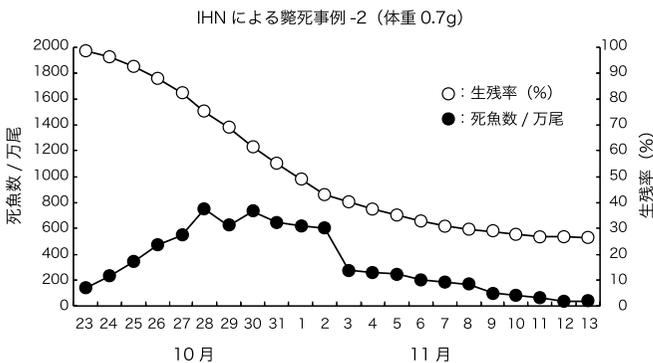


図8 IHNによる斃死事例（無処理-2）

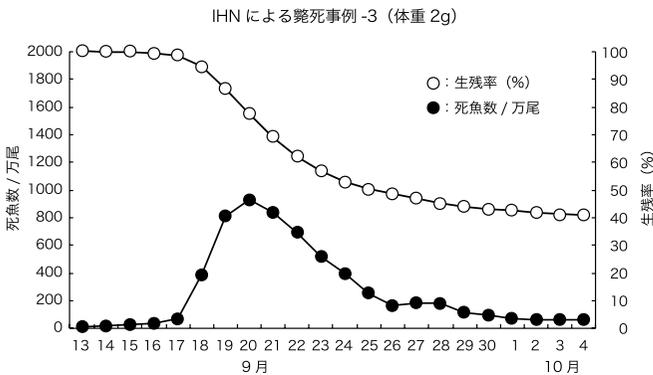


図9 IHNによる斃死事例（無処理-3）

ターンは一般的ではないものの、時々起こる。

事例-2 (図8)

平均体重 0.7g で発生し、毎日の死魚数は著しく多い訳ではないが、長期間ダラダラと斃死が続き、結果として 20-30% 程度しか生残しなかった事例である。このパターンが最も多いように思える。

事例-3 (図9)

平均体重 2g で発生し、5 日ほど 5-10% の斃死が続いてから治まり、40% 程度が生残した事例である。IHN が発生しても運が良ければこの程度の被害で収まる。

添加の事例

市販のニジマス稚魚用飼料に必要な量の抗病性物質を添加して養魚用ミキサーで混合する。さらに魚油を添加して十分に混合し、抗病性物質を魚油で均一に吸着させた。使用比率は飼料 100 部に対して抗病性物質が 1 部、魚油が 3 部であった。

餌付けは普通の市販飼料で行い、十分に餌付いた後抗病性物質添加飼料に切り替えた。抗病性物質添加飼料の給与は IHN が終息するまで継続した。

事例-1 (図10)

平均体重 5g で発生し、2% 程度の斃死が 10 日ほど続いてから治まり、70% 位の魚が生き残った事例である。

事例-2 (図11)

平均体重 9g で発生し、2-4% の斃死が 10 日ほど続いてから治まり、60 数% の魚が生き残った事例である。

事例-3 (図12)

これは 3 倍体の魚に IHN が発生した事例である。平均体重 3g で発生し、10-12% 程度の斃死が 3 日間続き、その後次第に治まって 40% 位の魚が生き残った。抗病性物質を添加した

飼料で飼育した事例では、この生残率は著しく低かった。

3 倍体の魚は 2 倍体（普通の魚）に比べて赤血球が大きくて数が少なく、酸素不足に弱いことは良く知られている。IHN は造血器を壊死させるので赤血球数が少なくなると同時にヘモグロビン量も少なくなり、強度の貧血症状（鰓が

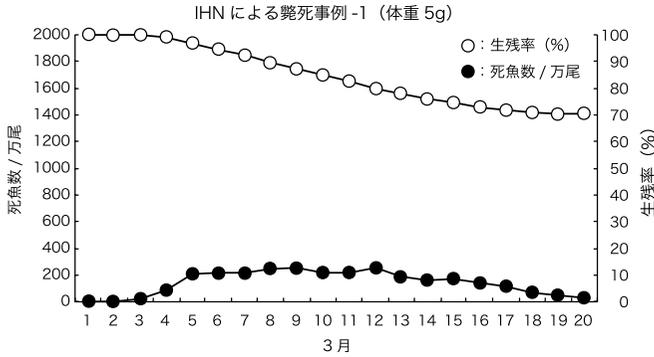


図 10 IHN による斃死事例 (処理-1)

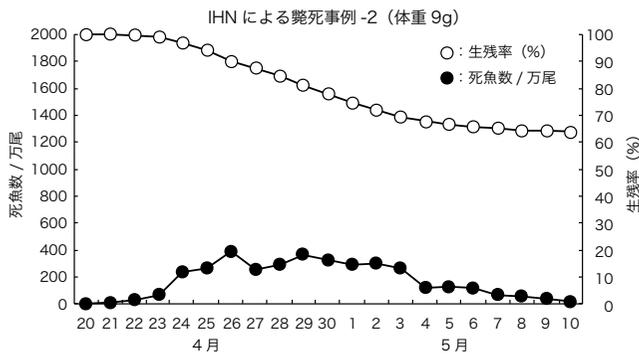


図 11 IHN による斃死事例 (処理-2)

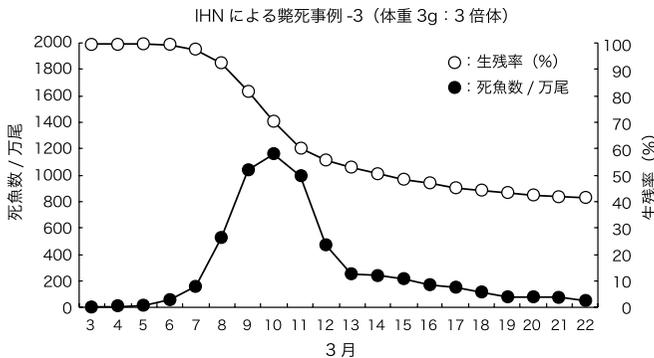


図 12 IHN による斃死事例 (処理-3)

白く見える)を呈するのが普通である。3倍体の魚は正常な状態であっても酸素不足に弱いのに、IHNによって水からの酸素取り込み力がさらに弱くなっているため、2倍体の魚より生残率が低くなるものと思われる。抗病性物質を添加した飼料を与えていなければ恐らく全滅していたものと思われる。

以上紹介した抗病性物質無添加飼料と添加飼料での飼育結果から以下の事が云える。

トーアラゼ, β -1,3/1,6-グルカン, ビタミンC, ビタミンEより成る抗病性物質の飼料添加によってIHNの発生を完全に予防することは出来ないが、その被害は大きく軽減出来る。普通の魚であれば抗病性物質添加飼料を与えることによってIHNが発生しても70%程度の生残率が期待出来る。また、抗病性物質添加飼料を与えることによってIHNの発生時期が遅くなる様で、魚が大きくなってから発生するので被害が軽くなっている可能性が有る。

2. IHN (成魚)

中井⁸⁾によるとサケ科魚類仔稚魚期のウィルス病であったIHNが近年は成魚にも発生するようになり、産業上問題になっているとのことである。

症状は仔稚魚期と基本的には同じで、体色の黒化、貧血症状、腹膜・脂肪組織・肝臓などの点状出血、筋肉内出血等が見られる。累積死亡率は50-60%以下の場合が多いが、時に90%に達することも有る。魚体が大きい程死亡率は低い傾向にある。死亡期間は1-3カ月に及ぶことが多く、仔稚魚の場合より長期間である。

中禅寺湖漁業協同組合で1池に4000尾收容して飼育していた平均体重270gのニジマス成魚(2+)にIHNが発生し、毎日1-2.5%の斃死が続くようになったので、死魚の記録を取り始めてから8日目から22日間抗病性物質を市販飼料に添加して与えた。飼料への抗病性物質の添加は、抗病性物質1部を魚油3部に添加して十分に懸濁し、飼料に対して抗病性物質が1%になるように油と共に均一

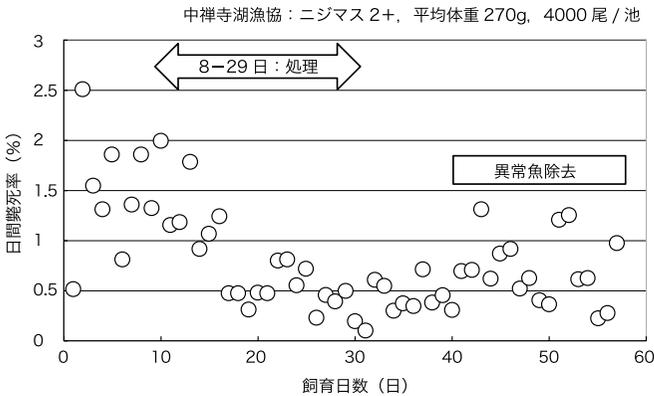


図13 大型魚のIHNによる斃死事例

に吸着させた。

IHNが発生した池の魚を2群に分けて一方には抗病性物質無添加飼料を、もう一方には添加飼料を与え、効果が直接比較出来る設定が取れば良かったが、そうするとIHNによる被害が拡大することが目に見えているし、池繰りの点でも難しかったので、対照区は設けなかった。

図13に示す様に抗病性物質を投与し始めると直ぐに死魚数が減り始め、約1週間で安定した状態に戻った。40日以降死魚数が増えているのは、IHNによって体に異常を呈して後遺症が残った魚を取上げ処分したためで、IHNが再発したためではない。

この様に本試験で開発した抗病性物質はニジマス大型魚のIHNの被害軽減にも有効であることと、IHNが発生してから投与しても効果が認められるのは確かである。IHNが重症化した魚は多分摂餌しないであろうから、軽症魚や未感染魚が抗病性物質を添加した飼料を食べることによって被害が軽減されたのではないかとと思われる。

3. ヘルペスウイルス病 (成魚)

ヘルペスウイルス病はヘルペスウイルス科に属する *Salmonid herpesvirus* によるウイルス病で、体表の糜爛・潰瘍と肝臓の白斑などの特徴的な症状を示す⁹⁾。

10kL容の水路型コンクリート水槽において水温14°Cで飼育中の平均体重100gのニジマス

成魚が体表のスレや穴開き、肝臓の小白斑などのヘルペスウイルス病特有の症状を呈して毎日5-10尾ずつ死亡する状態が続いた。そこで抗病性物質のヘルペスウイルス病に対する効果を調べるため、抗病性物質1部を魚油5部に懸濁し、市販飼料に抗病性物質が1%になるように油と共に吸着させて与えた。その結果、多くの魚に見られた体表のスレや穴開き、肝臓の小白斑などの症状が漸次回復していく様子が確認出来た。池

中の魚の数を把握していなかったため、毎日の死魚数の変化を図14に示す。抗病性物質を投与するようになって数日で死魚数が減少していることが分かる。ヘルペスウイルス病の被害軽減にもこの抗病性物質は効果が有るのではないと思われる。

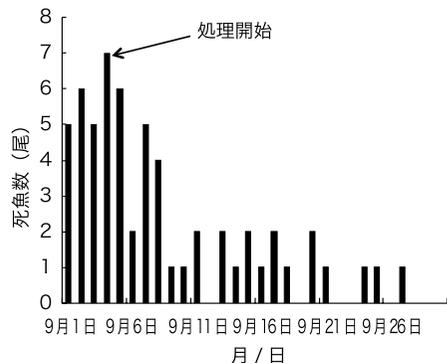


図14 ヘルペスウイルスによる死魚数の変化

4. 冷水病 (アユ)

冷水病はグラム陰性の桿菌 *Flavobacterium psychrophilum* によって起こる細菌病で、体表の糜爛、潰瘍、下顎部の出血や欠損、貧血など多様な症状を呈する¹⁰⁾。アユの養殖において最も被害が大きい病気で、アユ養殖業の衰退を招いた原因の一つである。

ブドウ種子抽出物、 β -1,3/1,6-グルカン、ビタミンC、ビタミンEの混合物がニジマスの冷水病に対して効果が有ることは既に確認しているので、本試験では今回開発した抗病性物質の

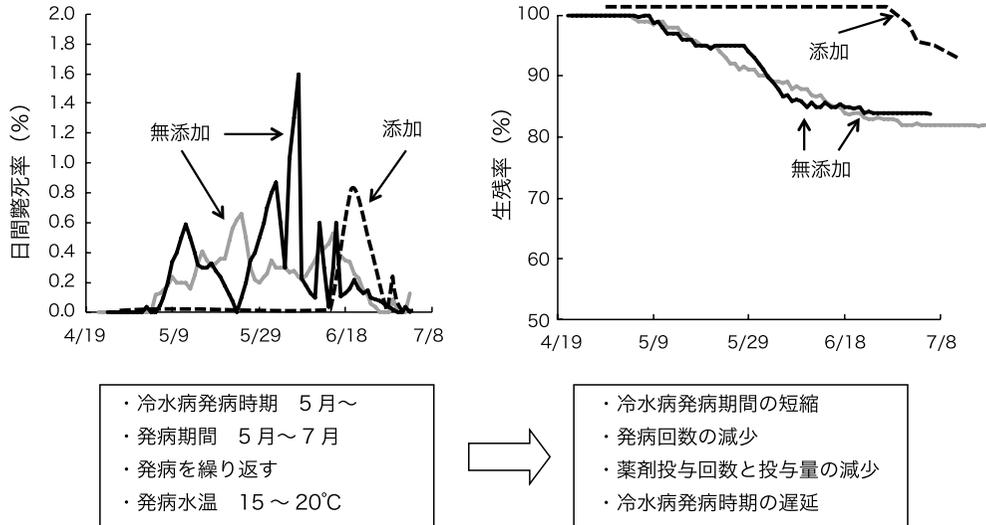


図 15 アユの冷水病に対する効果

アユ冷水病に対する効果を調べることにした。

某県の漁業協同組合で試験を行った。この漁協では飼育水に河川水を用いている関係で、毎年冷水病が発生していた。20kL容の円形コンクリート水槽に平均体重6gのアユを約5000尾収容して飼育する方法なので、抗病性物質無添加の対照区と添加の試験区の両方を設けて試験を行うことが出来なかったため、3年間別々に試験を行った。最初の2年間は無添加飼料で飼育して基礎資料を集め、最後の年に添加飼料で飼育して前2年間の結果との違いを調べた。

飼料への抗病性物質の添加法は以下の通りである。市販のアユ用飼料をプラスチック製の角型コンテナに入れ、これに飼料の1%量の抗病性物質を加えてペンキ攪拌羽を付したハンドドリルで均等になるまで混合する。さらに3%量のサラダ油を添加して同様の方法で混合し、暫く放置して油を飼料に均一に浸み込ませると共に抗病性物質を吸着させた。この方法を用いれば飼料の混合中に砕けは殆ど無く、抗病性物質と油は均一に飼料に吸着される。飼育期間は4月下旬から7月上旬の約3カ月間で、水温調整は行わなかったため、飼育期間中に水温は15℃から21℃まで上昇した。

結果は図15に示す通りで、抗病性物質無添

加の2年間は5月上旬より冷水病が発生し、日間斃死率が高くなっている。斃死率が高くなると投薬を行うので死魚数は一時的に少なくなるが暫くすると再発し、また斃死率が高くなる。この状態がシーズン終了時まで繰り返された。一方、抗病性物質を添加した年には6月上旬まで冷水病の発生は無く、死亡のピークは6月下旬の1回のみであった。生残率は無添加の2年間は約80%であったが、添加した年は約90%で、抗病性物質の添加で10%程度生残率が高くなった。また、抗病性物質の添加によって冷水病の発生時期が遅くなるので、発生回数の減少と発生期間の短縮が起こり、薬剤の投与回数と投与量が大幅に少なく出来ることが分かった。アユの養殖において薬剤費がコストに占める割合は結構高いので、生残率が高くなると共に薬剤の使用量が少なくて済むと云うのは大きなメリットである。

この様に今回開発した抗病性物質はアユの冷水病にも可也効果が有ることが分かった。

5. 要約

・トーアラージェの飼料添加はニジマス稚魚のIHN被害を軽減するが、養殖現場での使用に耐えるほどの効果ではないと判断した。

・トーアラージェ, β -1,3/1,6-グルカン, ビタミンC, ビタミンEより成る抗病性物質を作成し, それぞれの飼料への添加量はトーアラージェ0.5%, β -1,3/1,6-グルカン0.1%, ビタミンC0.3%, ビタミンE0.05%とした。

・上記抗病性物質のニジマスのIHNとヘルペスウィルス病, アユの冷水病に対する効果を調べたところ, 発病自体を阻止する程の効果は認められなかったが, 被害は大きく軽減出来, 養殖現場での使用に耐え得ると判断した。

・餌付け後抗病性物質を添加したニジマス稚魚はIHNの発生時期が遅くなる。大きくなった魚での発病なので死魚数が減少するのではないかと思われた。

・ニジマス稚魚にIHNが発生した場合の平均生残率は25%程度であったが, 抗病性物質を与えると70%程度の生残率が期待出来る。

・ニジマス成魚でのIHNとヘルペスウィルス病の試験から, この抗病性物質は発病してから投与しても効果が有ると判断した。重症魚は摂餌しないであろうから, 軽症魚と未感染魚が抗病性物質を食べることによって被害の拡大を防いでいるものと思われた。

・ニジマス稚魚のIHN同様, アユの冷水病においても未発病魚に抗病性物質を与えると発病時期を遅くすることが出来た。発病時期が遅くなるのでアユ生産シーズン中の冷水病の発生回数が減り, 発病期間が短くなった。その結果として生残率が10%程度高くなった。また, 投薬回数と投薬量が可也減らせたので, コスト的に大きなメリットが有った。

考察

β -1,3/1,6-グルカン, ビタミンC, ビタミンEが魚の抗病性を高める理由については既に報告^{4,5)}してあるので, ここではトーアラージェについて考える。

粕谷¹¹⁾によって多くの魚種は消化管が魚病の主な感染経路の一つになっており, 感染に伴ってこれを冒す場合が多く, 摂餌による消化

管への負担の増加が斃死に繋がることが示唆されている。

著者らは消化管が魚病の主な感染経路の一つであることに着目し, トーアラージェ, β -1,3/1,6-グルカン, ビタミンC, ビタミンEより成る抗病性物質を作成した。それぞれの使用目的は以下の通りであった。

トーアラージェ:配合飼料の消化率を向上させ, 消化時間を短縮することによって消化管にかかる負担を軽減する。また, 生菌による整腸作用, 悪玉菌の排除, 善玉菌の供給等の作用によって病原菌を消化管に居付かせない。

β -1,3/1,6-グルカン:食細胞, 中でもマクロファージを活性化させ, 免疫力を高めて抗病性を強くする。

ビタミンC, ビタミンE:抗酸化作用, 細胞間結合力および全身性免疫力を高めて消化管を含む体表の抵抗力を高める。

この抗病性物質の飼料添加によってニジマスのIHNとヘルペスウィルス病, アユの冷水病では被害が大きく軽減出来る事が確認出来た。トーアラージェはその組成と作用から, 飼料の消化を助けることによって魚の消化管の損傷を防ぐ, 消化管を強くする, 病原菌が消化管から魚体内に侵入するのを阻止する, 病原菌を消化管に居付かせない等の役割を担っているものと思われた。このトーアラージェの働きと β -1,3/1,6-グルカン, ビタミンC, ビタミンEの免疫賦活作用が一緒になって本試験で認められた大きな抗病性効果を生み出したものと考ええる。

なお, 魚病発生時には給餌を止めたり給餌量を減らしたりするのが一般的であるが, これを行うと反って発病期間が長引き, ダラダラと斃死が継続して死亡率も高くなることを本試験で確認した。恐らく飼料不足によって軽症魚や未感染魚の体力が落ち, 軽症魚が重症化すると共に未感染魚への感染が拡大し, 被害が大きくなったものと思われる。

魚病発生時に給餌を継続して行うと確かに一時的に死魚数が増える。これは重症魚が早く死亡するため, 給餌を行っても行わなくても死

魚数は変わらない。死亡時期が早いか遅いかの違いだけである。給餌を継続した方が病気が早く収まり、予後も良い。給餌を行って軽症魚と未感染魚の体力維持を図り、軽症魚をいかに早

く回復させ、未感染魚の感染を防ぐかの方がより重要である。この時に与える飼料に抗病性物質が添加されていれば尚良い。

文 献

1. 酒本秀一：機能性物質の養魚用飼料への添加効果－1. プロメライン, グルタチオン. *New Food Industry*, **59** (12): 77-87, 2017.
2. 吉水守：伝染性造血器壊死症 (IHN). 新魚病図鑑 (畑井喜司雄, 小川和夫監修), 緑書房, 東京, **14**, 2006.
3. 酒本秀一, 糟谷健二：魚類の細菌感染症に対するブドウ種子抽出物と β -1,3/1,6-グルカンの予防効果. *New Food Industry*, **53** (7): 26-40, 2011.
4. 酒本秀一, 糟谷健二, 海野徹也, 古澤修一：パン酵母 β -グルカン, ブドウ皮粉砕物, ビタミンCおよびビタミンEの投与で魚の抗病性が向上する理由. *New Food Industry*, **53** (8): 1-11, 2011.
5. 酒本秀一, 糟谷健二, 山本眞司, 村田修, 海野徹也：パン酵母 β -グルカンとブドウ種子抽出物を生物餌料経由でマダイおよびゼブラフィッシュ仔魚に与えた効果. *New Food Industry*, **53** (9): 15-26 (2011)
6. 酒本秀一, 山本眞司, 糟谷健二, 村田修：パン酵母 β -グルカンとブドウ種子抽出物のヒラメ腹面黒化症抑制効果. *New Food Industry*, **53**(10): 15-26, 2011.
7. 酒本秀一：養魚用飼料への機能性物質の添加効果. *New Food Industry*, **54** (8): 58-70, 2012.
8. 中井裕：伝染性造血器壊死症 (IHN-大型魚). 新魚病図鑑 (畑井喜司雄, 小川和夫監修), 緑書房, 東京, **15**, 2006.
9. 熊谷明：ヘルペスウィルス病. 新魚病図鑑 (畑井喜司雄, 小川和夫監修), 緑書房, 東京, **16**, 2006.
10. 三浦正之：細菌性冷水病 (BCWD). 新魚病図鑑 (畑井喜司雄, 小川和夫監修), 緑書房, 東京, **58**, 2006.
11. 粕谷浩：栃木県におけるサケ, マス類の疾病発生状況とウィルス病対策. *養殖*, **26** (10): 71-75, 1988.

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、飲料用として沈殿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ください。</p>	
 白石カルシウム株式会社	<p>食品部：東京都千代田区岩本町1-1-8 TEL03-3863-8913 本 社：大阪市北区中之島2-2-7 TEL06-6231-8265</p>

小・中学生時に食育を受けた大学生の 食べる力の現状

小林 麻貴 (KOBAYASHI Maki)¹ 三俣 夏弥 (MITSUMATA Natsumi)¹
池田 小夜子 (IKEDA Sayoko)¹ 池田 清和 (IKEDA Kiyokazu)¹

¹ 神戸学院大学栄養学部

Key Words : 食育 食習慣 食文化 アンケート調査 食べる力 大学生 生活習慣病

はじめに

食育は、生きる上での基本であって、知育、徳育、体育の基礎となるものであり、様々な経験を通じて「食」に関する知識と「食」を選択する力を習得し、健全な食生活を実現することができる人間を育てることである。わが国では平成17年7月に食育基本法が施行され¹⁾、同年より栄養教諭制度²⁾が始まり、小・中学校で食育が推進されている。平成28年3月に公表された国の食育政策の指針となる「第3次食育推進計画」³⁾では、①若い世代を中心とした食育の推進、②多様な暮らしに対応した食育の推進、③健康寿命の延伸につながる食育の推進、④食の循環や環境を意識した食育の推進、⑤食文化の伝承に向けた食育の推進の5項目が重点課題とされている。そのうち①若い世代を中心とした食育の推進は、他の重点課題である「多様な暮らしに対応した食生活」、「健康寿命延伸」、「食の循環や環境への配慮」、「食文化の伝承」を達成するためにも非常に大切である。

現在の20歳代及び30歳代の若い世代は、食に関する知識に乏しかったり、意識が低かったり、実践状況の面で他の世代よりも多く課題があるとされている³⁾。健康であるが故にその大切さや、必要性を感じていない可能性も高い。さらに、20歳代～30歳代はこれから親になる世代でもあるため、健全な食生活の実践力を身

につけていくことは、次世代につなげるためにも重要である³⁾。

大学生の時期は、社会人になる手前の時期であり、若い世代に差し掛かる時期となる。大学生になると、高校生までと比較して生活の自由度、金銭的な自由度が飛躍的に増すため、高校生までと比較をすると食生活に大きな影響があると考えられる。また、大学生の時期に身についた食生活を社会人になってから大幅に変更するのは難しく、将来の食生活や健康寿命、次世代の食生活へ影響する可能性が高い。

現在、大学に在籍する学生の多くは、平成17年に栄養教諭制度が施行された時、小学校低学年の児童である。そのため、義務教育期間に長期間にわたり食育の授業を受けている可能性が高い。そのため、現在の大学生が平成22年に文部科学省が発表した「食に関する指導の手引き—第一次改訂版—」の「食に関する指導目標」⁴⁾をどの程度達成できているのかを把握するため、食に対する知識、食に対する意識、食行動などの「食べる力」についてアンケート調査を行い、小・中学生への食育の効果が大学生の時点で維持できているのかどうかを調査した。また、「食物」や「栄養」に興味がある学生が集まる栄養学部管理栄養学専攻(管理栄養士養成課程)(栄養系)に所属する学生と、文系学部や他の資格取得を目指す専攻に在籍する学生

(その他)では、食べる力について差がある可能性がある。そのため、小・中学生時に食育を受けた大学生の「食べる力」の現状だけでなく、「食べる力」に栄養系の学生とその他の学生で差が見られるのかを調査した。

1. 方法

1-1. 対象者および調査方法

兵庫県内の男女共学4年生大学の栄養学部管理栄養学専攻の学生とそれ以外の学部・学科の学生211人に自己記入式質問紙調査を行った。調査は、大学での講義開始前もしくは開始後に集団調査によって実施し、回答用紙はその場で回収した。本調査は、プライバシー保護のため、無記名で行った。またこの調査は成績には関係なく、調査への参加は自由であることを調査の前に対象者に告げてから行った。調査は2018年1月に実施した。

1-2. 調査内容

大学生の「食べる力」を測る尺度としては、平成22年3月に食に関する指導の手引き—第一次改訂版—⁴⁾の「食に関する指導目標」を達成できているか確認する内容とした。食に関する指導目標は、①「食事の重要性(食事の重要性, 食事の喜び, 楽しさを理解する)」、②「心身の健康(心身の成長や健康の保持増進の上で望ましい栄養や食事のとり方を理解し, 自ら管理していく能力を身につける)」、③「食品を選択する能力(正しい知識・情報に基づいて, 食べ物の品質及び安全性等について自ら判断できる能力を身につける)」、④「感謝の心(食物を大切にし, 食べ物の生産等に関わる人々へ感

謝する心を持つ)」、⑤「社会性(食事のマナーや食事を通じた人間関係形成能力を身につける)」、⑥「食文化(各地域の産物, 食文化や食に関わる歴史等を理解し, 尊重する心を持つ)」の6つである。この目標を達成できているかを確認するため、文部科学省「小学生用食育教材 楽しい食事つながらる食育」⁵⁾、「食生活学習用教材(中学生用) 食生活を考えよう 一体も心も元気な毎日のために—」⁶⁾を抜粋した内容から質問項目を作成した。また、平成28年度食育に関する意識調査(農林水産省)⁷⁾の設問項目の一部も使用した。

1-3. 統計調査

栄養学部管理栄養学専攻の学生(栄養系)とその他の学生(その他)差の確認には χ^2 検定を用いた。解析ソフトはExcel 2016を用い、有意水準は5%未満とした。

2. 結果と考察

2-1. 対象者

(1) 対象者の内訳

解析対象者は栄養学部管理栄養学専攻(栄養系)の学生90人と、それ以外の学部・学科に所属する学生(その他)121人の計211人であった(表1)。対象者の性別は男性28%, 女性72%, 居住形態は家族と同居73%, 一人暮らし27%であった。

(2) 食育授業受講の有無

小・中学校での食育授業の受講の有無について調査したところ、74%の学生が授業を受けたことがあると答えた(表2)。一方、「ない」と答えた人は4%、「覚えていない」と答えた人

表1 対象者の概要

	全体 (n=211)		栄養系 (n=90)		その他 (n=121)		
	人数	%	人数	%	人数	%	
性別	男	59	28.1	14	15.7	45	37.2
	女	151	71.9	75	84.3	76	62.8
住居形態	家族と同居	152	73.1	63	70.0	89	75.4
	一人暮らし	56	26.9	27	30.0	29	24.6

人数の%は欠損値を除いて集計

表2 小・中学校での食育授業受講の有無

設問	全体 (n=211)		栄養系 (n=90)		その他 (n=121)		p 値 *
	人数	%	人数	%	人数	%	
受講したことがある	154	73.7	67	75.3	87	72.5	0.104
受講したことがない	8	3.8	6	6.7	2	1.7	
覚えていない	47	22.5	16	18.0	31	25.8	

人数の%は欠損値を除いて集計 * χ^2 検定

は23%であった。また、栄養系の学生とその他の学生の間で差はみられなかった。平成17年から栄養教諭制度が施行され、現在の大学1年生は小学校6年間、中学校3年間の計9年間食育授業を受講する機会がある。さらに、解析対象者全体でも6年間～9年間食育授業を受講する機会がある。そのため今回の対象者多くが食育授業を受講していたと考えられる。

2-2. 食事の重要性

(1) 健全な食生活を実践することの心がけ

日頃から健全な食生活を実践することを心掛けているのか調査したところ、「心掛けている」と答えた学生の割合は63%、「心掛けている」と答えた学生が37%であった(表3)。健全な食生活を実践する心掛けについて栄養系の学生とその他の学生の間で差はみられなかった。平成28年度食育に関する意識調査⁷⁾

では、日頃から健全な食生活を実施することを「常に心掛けている」もしくは「心掛けている」と回答した割合が76%、「あまり心掛けていない」または「全く心掛けていない」と回答した割合が24%であり、全国的な調査と比較して、今回の対象者は健全な食生活の実践には消極的であった。若い世代は食に関する意識は低いと言われているが³⁾、今回の対象者も同様傾向が見られた。

(2) 食事の働き

食事は①人間が生命を維持するために必要なものであり、②空腹感を満たし、気持ちを静める働きをもち、③心を豊かにし、④自分の持てる力を十分に発揮できるようにするものである。現在の大学生の食に関する知識を確認するため、「食事の働きはどのようなものだと思いますか(複数回答可)」という設問で食事の意味を把握しているのか調査をしたところ、食事

表3 健全な食生活を実践すること

設問	全体 (n=211)		栄養系 (n=90)		その他 (n=121)		p 値 *
	人数	%	人数	%	人数	%	
心掛けている	132	62.6	59	65.6	73	60.3	0.444
心掛けていない	79	37.4	31	34.4	48	39.7	

* χ^2 検定

表4 食事の働き(複数回答可)

設問	全体 (n=211)		栄養系 (n=90)		その他 (n=121)		p 値 *
	人数	%	人数	%	人数	%	
生きるために必要なもの	183	86.7	82	91.1	101	83.5	0.078
空腹感を満たし、気持ちを静める働きがあるもの	98	46.4	51	56.7	47	38.8	
心を豊かにするもの	105	49.8	51	56.7	54	44.6	
自分の持てる力を十分に発揮できるようにするもの	28	13.3	7	7.8	21	17.4	

* χ^2 検定

を「生きるために必要なもの」と考える人は全体の87%であったが、「食事が気持ちを静める働きがあること」、「食事は心を豊かにすること」、「食事が自分の持てる力を十分に発揮できるようにするもの」という認識をしている人それぞれ46%、50%、13%でとなり、あまり認識されていなかった(表4)。そのため、現在の大学生は食に関する知識が乏しいことが明らかとなった。また栄養系学生のほうが、その他の学生と比較して食事の働きを認識している傾向が見られた。

(3) 食事の頻度

食事の摂取頻度について調査したところ、1日3食喫食する人が78%、4食以上喫食する人が7%となり、全体の85%は一日3食以上食べていた。また、1日2食以下の人は16%存在し、その多くが朝食の欠食であった(表5)。また、朝食の摂取状況について平成28年食育に関する

意識調査⁷⁾では、朝食を「ほとんど毎日食べる」または「週に4~5日食べる」と答えた割合が89%であったが、今回の調査の結果は69%がほとんど毎日食べると回答し、週4~5日食べる人が14%と合計83%の人がおおむね朝食を摂取しているが、他の世代と比べると低い値となった(表6)。朝食を「ほとんど食べない」または「週2~3日食べる人」は全体の17%であり、一日2食以下の人の数値とほぼ一致した。また、朝食を食べなくなった時期については、成長と共に増えてくる傾向が見られたが、大幅に増加したのは「大学生になってから」であり、全体の54%を占めたため、大学生の時期に大きく食生活が変化することが示唆された(表7)。

(4) 食事のバランス

バランスの良い食事がとれているのか確認するため、主食、主菜、副菜を3つそろえて食べるのが1日に2回以上あるのは週に何日あるのか

表5 食事の摂取頻度

設問	全体 (n=211)		栄養系 (n=90)		その他 (n=121)		p 値 *
	人数	%	人数	%	人数	%	
1食/日	2	0.9	0	0.0	2	1.7	0.599
2食/日	31	14.7	13	14.4	18	14.9	
3食/日	164	77.7	72	80.0	92	76.0	
4食以上/日	14	6.6	5	5.6	9	7.4	

人数の%は欠損値を除いて集計 *χ²検定

表6 朝食摂取の有無

設問	全体 (n=211)		栄養系 (n=90)		その他 (n=121)		p 値 *
	人数	%	人数	%	人数	%	
ほとんど毎日食べる	145	68.7	66	73.3	79	65.3	0.337
週に4~5日食べる	30	14.2	11	12.2	19	15.7	
週に2~3日食べる	13	6.2	4	4.4	9	7.4	
ほとんど食べない	23	10.9	9	10.0	14	11.6	

*χ²検定

表7 朝食を食べなくなった時期(表6 朝食をほとんど毎日食べると答えた人以外に質問)

設問	全体 (n=211)		栄養系 (n=90)		その他 (n=121)		p 値 *
	人数	%	人数	%	人数	%	
小学生の頃から	7	10.3	4	14.8	3	7.3	0.128
中学生の頃から	11	16.2	3	11.1	8	19.5	
高校生の頃から	13	19.1	6	22.2	7	17.1	
大学生になってから	37	54.4	14	51.9	23	56.1	

人数の%は欠損値を除いて集計 *χ²検定

調査をしたところ、主食、主菜、副菜を3つそろえて食べる割合は「ほぼ毎日」という回答が全体の25%であり、非常に低い割合となった(表8)。平成28年度食育に関する意識調査⁷⁾では「ほぼ毎日」と答えた人が57%であった。また、「週に4～5回」、「週に2～3回」、「ほとんどない」のいずれの回答も今回の調査のほうが高い割合となった。食に関する意識の低さ、食に関する知識が乏しいことが明らかとなる回答であった。また、「主食・主菜・副菜を3つそろえて食べる回数を増やすためにはどのようなことが必要ですか」という質問には、「時間があること」、「手間がかからないこと」、「食費に余裕があること」という回答が多かった。またこの傾向に学生の所属学部との関係はみられなかった。(表9) この回答傾向は平成28年食育に関

する基本調査⁷⁾と同様であった(表9)。

(5) 外食や中食を利用する頻度

外食や中食の利用について調査したところ、朝食はほとんど利用しない人が全体の69%であったが、昼食では全体の18%しかいなかった(表10)。また、夕食ではほとんど利用しない人が全体の36%であり(表10)、外食や中食の利用は昼食で非常に多く、朝はあまり利用していなかった。学生の所属による差はみられなかった。

(6) 自炊能力

自ら調理ができる自炊能力は生きていく上で必要である。自炊ができることは生きていく上で必要と考えている人は全体で92%に上り、学生の所属による影響は見られなかった(表11)。また、自炊能力については全体の71%が

表8 主食・主菜・副菜を3つ揃えて食べることが1日に2回以上あるのは週に何日か

設問	全体 (n=211)		栄養系 (n=90)		その他 (n=121)		p 値*
	人数	%	人数	%	人数	%	
ほぼ毎日	52	24.9	21	23.9	31	25.6	0.977
週4～5日	38	18.2	17	19.3	21	17.4	
週に2～3日	56	26.8	23	26.1	33	27.3	
ほとんどない	63	30.1	27	30.7	36	29.8	

人数の%は欠損値を除いて集計 * χ^2 検定

表9 主食・主菜・副菜を3つ揃えて食べる回数を増やすためにはどのようなことが必要か(複数回答可)

設問	全体 (n=211)		栄養系 (n=90)		その他 (n=121)	
	人数	%	人数	%	人数	%
手間がかからないこと	91	43.1	41	45.6	50	41.3
時間があること	109	51.7	50	55.6	59	48.8
食費に余裕があること	75	35.5	33	36.7	42	34.7
自分で用意することができること	50	23.7	27	30.0	23	19.0
食欲があること	25	11.8	11	12.2	14	11.6
3つそろえて食べるメリットを知っていること	23	10.9	12	13.3	11	9.1
家に用意されていること	61	28.9	27	30.0	34	28.1
外食やコンビニ等で手軽に取ることができる環境にあること	21	10.0	9	10.0	12	9.9
その他	1	0.5	1	1.1	0	0.0

人数の%は欠損値を除いて集計

「自炊できる」と答えた。内訳は栄養系の学生では81%，それ以外の学生では63%となり栄養系学生が有意に高い値を示した（表12）。

2-3. 心身の健康

(1) 手洗いの有無

食事の基本である手洗いに関して調査をしたところ、手を洗える環境あった場合に「毎回洗う」、「ほとんど洗う」と答えた人が全体の85%であったが、15%は「まったく洗わない」という回答であった（表13）。この回答に学生の所属学部は特に影響がなかった。手洗いをす

る習慣は多くの人が習慣となっていることが示唆された。

(2) 咀嚼状況

ゆっくりとよく噛むことは満腹中枢を刺激し、少ない量の食事で満腹感を感じることができ、肥満の防止につながる。「ゆっくりとよく噛んで食べている」または、「どちらかといえばゆっくりよく噛んで食べている」と答えたのは全体の51%であったが、栄養系の学生は62%，その他の学生は42%であり、栄養系の学生のほうがよく噛んで食べている学生が多い

表10 外食や中食を利用する頻度

設問	全体 (n=211)		栄養系 (n=90)		その他 (n=121)		p 値 *
	人数	%	人数	%	人数	%	
朝食							
ほとんど毎日	19	9.4	7	8.0	12	10.5	0.758
週に4～5日	8	4.0	5	5.7	3	2.6	
週に2～3日	15	7.4	6	6.8	9	7.9	
週に1日程度	21	10.4	8	9.1	13	11.4	
ほとんど利用しない	139	68.8	62	70.5	77	67.5	
昼食							
ほとんど毎日	31	14.9	11	12.2	20	16.9	0.618
週に4～5日	39	18.8	20	22.2	19	16.1	
週に2～3日	60	28.8	23	25.6	37	31.4	
週に1日程度	40	19.2	19	21.1	21	17.8	
ほとんど利用しない	38	18.3	17	18.9	21	17.8	
夕食							
ほとんど毎日	7	3.4	3	3.4	4	3.4	0.636
週に4～5日	12	5.9	4	4.5	8	6.8	
週に2～3日	52	25.4	27	30.7	25	21.4	
週に1日程度	61	29.8	24	27.3	37	31.6	
ほとんど利用しない	73	35.6	30	34.1	43	36.8	

人数の%は欠損値を除いて集計 *χ²検定

表11 自炊は生きていくために必要か

設問	全体 (n=211)		栄養系 (n=90)		その他 (n=121)		p 値 *
	人数	%	人数	%	人数	%	
必要だと思う	193	92.3	83	92.2	110	92.4	0.954
必要だと思わない	16	7.7	7	7.8	9	7.6	

人数の%は欠損値を除いて集計 *χ²検定

表12 自炊能力の有無

設問	全体 (n=211)		栄養系 (n=90)		その他 (n=121)		p 値 *
	人数	%	人数	%	人数	%	
自炊できる	149	71.0	73	81.1	76	63.3	0.005
自炊できない	61	29.0	17	18.9	44	36.7	

人数の%は欠損値を除いて集計 *χ²検定

ことが示唆された(表14)。平成28年度食育に関する意識調査⁷⁾でも、「ゆっくりとよく噛んで食べている」または「どちらかといえばゆっくりとよく噛んで食べている」と答えたのが全体の51%であり同様の傾向であった。

(3) 生活習慣病予防への意識

生活習慣病予防に対する意識は普段から適正体重の維持や減塩などに気をつけた食生活を実施していますかという質問に対して、「実践している」と答えた人が全体の43%であった。平成28年度食育に関する意識調査⁷⁾では、同様の質問に対して「いつも気をつけて実践している」もしくは「気をつけて実践している」という回答が70%であり生活習慣病予防に対する意識が低いことが明らかとなった。今回のアンケート対象者は平均年齢約20歳であることから、生活習慣病の予防や健康に対する意識は他の年代と比べて低いと考えられる。また「生

活習慣病予防のために、普段から適正体重の維持や減塩などに気をつけた食生活を実施していない理由は何ですか」という質問に対しては「面倒だから取り組まない」、「生活習慣を改善する時間的ゆとりがない」が多かったが(表16)、平成28年度食育に関する意識調査⁷⁾と同様の結果であった。また、生活習慣病予防や改善への食意識について詳細を調べたところ、エネルギーを調整することを意識している人は全体の59%であったが、その割合は栄養系の学生では67%、その他の学部の学生では53%であり、栄養系の学生のほうが意識をしている傾向が見られた。塩分を取り過ぎないようにしている人は全体の48%であったが、その割合は栄養系の学生では52%、その他の学部の学生では44%で、栄養系の学生のほうが意識をしている傾向が見られた。脂肪の摂取量は全体の53%、糖質の摂取量は全体の48%、野菜の摂取量は

表13 食事をとる前には手を洗うか

設問	全体 (n=211)		栄養系 (n=90)		その他 (n=121)		p 値 *
	人数	%	人数	%	人数	%	
毎回洗う	70	33.2	28	31.1	42	34.7	0.646
ほとんど洗う	109	51.7	46	51.1	63	52.1	
全く洗わない	32	15.2	16	17.8	16	13.2	

* χ^2 検定

表14 咀嚼状況

設問	全体 (n=211)		栄養系 (n=90)		その他 (n=121)		p 値 *
	人数	%	人数	%	人数	%	
ゆっくりとよく噛んで食べている	30	14.2	18	20.0	12	9.9	0.024
どちらかといえばゆっくりよく噛んで食べている	77	36.5	38	42.2	39	32.2	
どちらかといえばゆっくりよく噛んで食べていない	81	38.4	25	27.8	56	46.3	
ゆっくりよく噛んで食べていない	23	10.9	9	10.0	14	11.6	

* χ^2 検定

表15 普段から適正体重の維持や減塩などに気をつけた食生活を実施しているか

設問	全体 (n=211)		栄養系 (n=90)		その他 (n=121)		p 値 *
	人数	%	人数	%	人数	%	
実践している	91	43.1	40	44.4	51	42.1	0.743
実践していない	120	56.9	50	55.6	70	57.9	

* χ^2 検定

全体の76%、果物を食べることは全体の45%であった。野菜の摂取量を意識する割合が多かったが栄養系学生とその他の学生の間で特に差はみられなかった(表16)。平成28年度食育に関する意識調査⁷⁾と比較して、「エネルギーを調整すること」に関しては同様の結果であったが、「塩分をとりすぎないようにすること」、「脂肪分の量と質を調整すること」、「甘いものをとりすぎないようにすること」、「野菜をたくさん食べるようにすること」、「果物を食べること」いずれの項目も「とても気をつけている」、「気をつけている」と答えた人の割合は低くなった。現在、病気でないが故にその大切さや、必要性を感じていないと考えられる。

2-4. 食品を選択する能力

(1) 食品の選択(表18)

食品を選択する際に重視することは、優先順位の高い方から「おいしさ」、「価格」、「好み」、「安全性」、「分量・大きさ」であった。平成28年度食育に関する意識調査⁷⁾では、優先順位の高い方から「鮮度」、「価格」、「安全性」、「国産」、「おいしさ」であった。選ばれる項目

はほぼ同一であるが、優先順位が全国調査と違う結果となった。また、食費にお金をかけることについては、「お金をかけたいが、ゆとりがない」または、「食費は抑えたい」という回答が67%であり、平成28年度食育に関する意識調査⁷⁾ではその割合が48%であったことから、食費を抑えたいと考えている学生が多いようである。また、栄養系の学生はその割合が60%、その他の学部の学生は72%と開きが見られた。そのため、栄養系の学生は食費にある程度お金をかける必要性を感じている可能性が示唆された。

(2) 食べ物の品質に関する意識

食べ物の品質に関する意識として、食品表示を確認する割合を調査したところ、「必ず確認する」または「だいたい確認する」人が、全体の84%であった。所属学部による差はみられなかった(表20)。また、賞味期限を過ぎた商品の取り扱いについては全体の90%の人が状況に応じて判断を「している」、「だいたいしている」と答えており、こちらも所属学部の差はみられなかった(表21)。現在の大学生の多くが、食品表示を確認し、自分の目でよく確認し

表16 普段から適正体重の維持や減塩などに気をつけた食生活を実施していない理由

設問	全体 (n=211)		栄養系 (n=90)		その他 (n=121)	
	人数	%	人数	%	人数	%
自分の健康に自信がある	10	6.0	4	4.5	6	7.7
病気の自覚がない	18	10.8	10	11.2	8	10.3
病気になってから治療すればよい	4	2.4	1	1.1	3	3.8
生活習慣を改善することがストレスになる	20	12.0	11	12.4	9	11.5
生活習慣を改善する時間的ゆとりがない	26	15.6	17	19.1	9	11.5
生活習慣を改善する経済的ゆとりがない	12	7.2	5	5.6	7	9.0
社会的な環境が整っていない(栄養成分表示、運動施設)	6	3.6	4	4.5	2	2.6
面倒だから取り組まない	56	33.5	29	32.6	27	34.6
当てはまるものはない	15	9.0	8	9.0	7	9.0

人数の%は欠損値を除いて集計

表 17 生活習慣病の予防や改善への食意識

設問	全体 (n=211)		栄養系 (n=90)		その他 (n=121)		p 値 *
	人数	%	人数	%	人数	%	
エネルギー (カロリー) を調整すること							
とても気をつけている	27	13.0	13	14.4	14	11.9	0.085
気をつけている	96	46.2	47	52.2	49	41.5	
あまり気をつけていない	58	27.9	24	26.7	34	28.8	
全く気をつけていない	27	13.0	6	6.7	21	17.8	
塩分を摂り過ぎないようにすること							
とても気をつけている	16	7.7	9	10.0	7	5.9	0.080
気をつけている	83	39.9	38	42.2	45	38.1	
あまり気をつけていない	91	43.8	40	44.4	51	43.2	
全く気をつけていない	18	8.7	3	3.3	15	12.7	
脂肪 (油) 分の量と質を調整すること							
とても気をつけている	16	7.7	4	4.4	12	10.2	0.341
気をつけている	94	45.2	45	50.0	49	41.5	
あまり気をつけていない	79	38.0	34	37.8	45	38.1	
全く気をつけていない	19	9.1	7	7.8	12	10.2	
甘いもの (糖分) を摂り過ぎないようにすること							
とても気をつけている	19	9.1	7	7.8	12	10.2	0.405
気をつけている	81	38.9	32	35.6	49	41.5	
あまり気をつけていない	81	38.9	41	45.6	40	33.9	
全く気をつけていない	27	13.0	10	11.1	17	14.4	
野菜をたくさん食べるようにすること							
とても気をつけている	41	19.7	18	20.0	23	19.5	0.992
気をつけている	118	56.7	50	55.6	68	57.6	
あまり気をつけていない	38	18.3	17	18.9	21	17.8	
全く気をつけていない	11	5.3	5	5.6	6	5.1	
果物を食べること							
とても気をつけている	21	10.1	11	12.2	10	8.5	0.517
気をつけている	72	34.6	28	31.1	44	37.3	
あまり気をつけていない	80	38.5	33	36.7	47	39.8	
全く気をつけていない	35	16.8	18	20.0	17	14.4	

人数の % は欠損値を除いて集計 * χ^2 検定

て食品を取り扱っていることが示唆された。

2-5. 感謝の心

(1) 食事の際の挨拶

食事の挨拶については「いただきます」という挨拶を全体の 56%、「ごちそうさまでした」という挨拶を全体の 49%がいつもすると答えた (表 22, 23)。「いただきます」という挨拶は学生の所属の影響は特にみられなかったが、「ごちそうさまでした」という挨拶では、栄養系の学生のほうが、その他の学生よりも挨拶をする割合が多い傾向が示唆された。食事前後の挨拶は、全体の半分程度しか日常的に行ってい

ないが、食事の挨拶をする習慣はその他の学生と比較して、栄養系の学生のほうがより身につけていることが明らかとなった。

(2) 自然の恵みへの感謝

食生活は自然の恵み、生産者をはじめとする多くの人々の苦労や努力によって支えられている。自然の恵みによって成り立っていることを実感しているかどうか調査したところ、「いつも実感している」もしくは「時々実感している」人は全体の 68%であった (表 24)。また、日ごろの食生活で生産者をはじめ多くの人々の苦労や努力に支えられていることを実感しているかについては全体の 70%の人が「いつも

表 18 食品を選択する際に重視すること（複数回答可）

設問	全体 (n=211)		栄養系 (n=90)		その他 (n=121)	
	人数	%	人数	%	人数	%
価格	159	75.7	78	86.7	81	67.5
美味しさ	171	81.4	79	87.8	92	76.7
好み	147	70.0	71	78.9	76	63.3
鮮度	63	30.0	28	31.1	35	29.2
安全性	73	34.8	37	41.1	36	30.0
国産	47	22.4	19	21.1	28	23.3
地場産	7	3.3	3	3.3	4	3.3
分量・大きさ	70	33.3	36	40.0	34	28.3
栄養価	54	25.7	22	24.4	32	26.7
季節感・旬	36	17.1	21	23.3	15	12.5
天然素材・自然素材	7	3.3	4	4.4	3	2.5
生産者・食品メーカー	14	6.7	9	10.0	5	4.2
簡便性（手間がかからない）	42	20.0	23	25.6	19	15.8
見栄え	33	15.7	21	23.3	12	10.0
環境への配慮	5	2.4	1	1.1	4	3.3
特がない	2	1.0	0	0.0	2	1.7

人数の%は欠損値を除いて集計

表 19 あなたは食費にお金をかけることについてどう思いますか

設問	全体 (n=211)		栄養系 (n=90)		その他 (n=121)		p 値 *
	人数	%	人数	%	人数	%	
お金をかけることは惜しまない	35	16.7	18	20.0	17	14.2	0.388
お金をかけたいがゆとりがない	75	35.7	29	32.2	46	38.3	
食費は抑えたい	65	31.0	25	27.8	40	33.3	
あまり意識していない	35	16.7	18	20.0	17	14.2	

人数の%は欠損値を除いて集計 * χ^2 検定

表 20 食品表示の確認

設問	全体 (n=211)		栄養系 (n=90)		その他 (n=121)		p 値 *
	人数	%	人数	%	人数	%	
必ず確認する	72	34.4	29	32.2	43	36.1	0.737
大体確認する	104	49.8	45	50.0	59	49.6	
ほとんど確認しない	27	12.9	14	15.6	13	10.9	
全く確認しない	6	2.9	2	2.2	4	3.4	

人数の%は欠損値を除いて集計 * χ^2 検定

表 21 賞味期限を過ぎた食品の取り扱いについて食品の状態に応じて判断しているか

設問	全体 (n=211)		栄養系 (n=90)		その他 (n=121)		p 値 *
	人数	%	人数	%	人数	%	
している	94	45.4	36	40.4	58	49.2	0.484
大体している	92	44.4	42	47.2	50	42.4	
ほとんどしていない	15	7.2	7	7.9	8	6.8	
全くしていない	6	2.9	4	4.5	2	1.7	

人数の%は欠損値を除いて集計 * χ^2 検定

表 22 食事の挨拶 (いただきます)

設問	全体 (n=211)		栄養系 (n=90)		その他 (n=121)		p 値 *
	人数	%	人数	%	人数	%	
いつもする	117	56.0	51	56.7	66	55.5	0.532
時々する	65	31.1	30	33.3	35	29.4	
ほとんどしない	21	10.0	6	6.7	15	12.6	
全くしない	6	2.9	3	3.3	3	2.5	

人数の%は欠損値を除いて集計 * χ^2 検定

表 23 食事の挨拶 (ごちそうさまでした)

設問	全体 (n=211)		栄養系 (n=90)		その他 (n=121)		p 値 *
	人数	%	人数	%	人数	%	
いつもする	103	49.3	43	47.8	60	50.4	0.059
時々する	71	34.0	37	41.1	34	28.6	
ほとんどしない	27	12.9	6	6.7	21	17.6	
全くしない	8	3.8	4	4.4	4	3.4	

人数の%は欠損値を除いて集計 * χ^2 検定

表 24 日頃、食生活は自然の恵みによって成り立っていると実感しているか

設問	全体 (n=211)		栄養系 (n=90)		その他 (n=121)		p 値 *
	人数	%	人数	%	人数	%	
いつも実感している	48	23.0	19	21.1	29	24.4	0.187
時々実感している	94	45.0	35	38.9	59	49.6	
あまり実感していない	56	26.8	31	34.4	25	21.0	
全く実感していない	11	5.3	5	5.6	6	5.0	

人数の%は欠損値を除いて集計 * χ^2 検定

表 25 食生活は生産者をはじめ多くの人々の苦労や努力に支えられていることを実感しているか

設問	全体 (n=211)		栄養系 (n=90)		その他 (n=121)		p 値 *
	人数	%	人数	%	人数	%	
いつも実感している	47	22.5	19	21.1	28	23.5	0.099
時々実感している	99	47.4	37	41.1	62	52.1	
あまり実感していない	56	26.8	32	35.6	24	20.2	
全く実感していない	7	3.3	2	2.2	5	4.2	

人数の%は欠損値を除いて集計 * χ^2 検定

表 26 食べ残しをしない努力をしているか

設問	全体 (n=211)		栄養系 (n=90)		その他 (n=121)		p 値 *
	人数	%	人数	%	人数	%	
いつもしている	145	69.0	62	68.9	83	69.2	0.434
時々している	52	24.8	23	25.6	29	24.2	
あまりしていない	10	4.8	5	5.6	5	4.2	
全くしていない	3	1.4	0	0.0	3	2.5	

人数の%は欠損値を除いて集計 * χ^2 検定

実感している」もしくは「時々実感している」と回答した(表 25)。管理栄養学専攻の学生は62%と低かったが、その他の学生は76%と高い値を示した。平成28年度食育に関する意識

調査⁷⁾では、食生活が自然の恵みによって成り立っていると「いつも実感している」もしくは「時々実感している」人は全体の81%であった。また、日頃の食生活で生産者をはじめ、多

表 27 食料自給率は何パーセントが知っているか

設問	全体 (n=211)		栄養系 (n=90)		その他 (n=121)		p 値 *
	人数	%	人数	%	人数	%	
約 30% 以下	119	57.5	45	50.6	74	62.7	0.328
約 40%	64	30.9	33	37.1	31	26.3	
約 50%	10	4.8	4	4.5	6	5.1	
約 60%	13	6.3	7	7.9	6	5.1	
約 70% 以上	1	0.5	0	0.0	1	0.8	

人数の % は欠損値を除いて集計 * χ^2 検定

表 28 箸の持ち方

設問	全体 (n=211)		栄養系 (n=90)		その他 (n=121)		p 値 *
	人数	%	人数	%	人数	%	
正しく持てている	178	85.2	77	85.6	101	84.9	0.892
正しく持てていない	31	14.8	13	14.4	18	15.1	

人数の % は欠損値を除いて集計 * χ^2 検定

表 29 茶碗や汁椀を手に持って食べているか

設問	全体 (n=211)		栄養系 (n=90)		その他 (n=121)		p 値 *
	人数	%	人数	%	人数	%	
いつも持つ	166	79.8	74	82.2	92	76.7	0.176
時々持つ	39	18.8	15	16.7	24	20.0	
ほとんど持たない	1	0.5	1	1.1	0	0.0	
いつも持たない	2	1.0	0	0.0	4	3.3	

人数の % は欠損値を除いて集計 * χ^2 検定

くの人々の苦労や努力に支えられていることを実感しているかについては、「いつも実感している」もしくは「時々実感している」人が 87%であった。どちらの値も今回の解析対象者の結果は大幅に低く、若い世代の食生活が自然の恵みの影響や生産者をはじめ多くの人に支えられている実感を持ちにくい状況にあるようである。また、食べ残ししないように気をつけているかについて調査したところ、全体の 69%の学生が食べ残しをしない努力を「いつもしている」と回答した。学生の所属による差はみられなかった。この結果は平成 28 年度食育に関する意識調査⁷⁾と同様の結果となった。

(3) 食料自給率 (表 27)

平成 28 年度の食料自給率は 38%である⁸⁾。そのため全体の 31%の人が正解となる。また、食料自給率が約 30%以下と答えた学生が全体の 58%いた。食料自給率の正答率が低いことは問題であるが、食料自給率が実際よりも低い

約 30%以下と回答した学生が非常に多かったことから、日本の食料自給率が低いことは認識されていると考えられる。

2-6. 社会性 (食事マナー)

箸の持ち方は全体の 85%の学生が正しく持っていると回答した (表 28)。所属学部による差はなかった。茶碗や汁椀をいつも手にもって食べている人は全体の 80%であり、栄養系の学生とその他の学生で特に差はなかった (表 29)。また、口に食べ物を入れたまま話をいつもする人は 48%おり、栄養系の学生で 54%、その他では 43%であり、管理栄養学専攻の学生のほうが多い結果となった。(表 30) 栄養学部管理栄養学専攻の授業でも、その他の学部・学科の授業でも食文化を習う機会がほとんどないが、食や栄養に関わる唯一の国家資格である管理栄養士を目指す学生として、食事のマナーについてはその他の学生よりも秀でてい

表 30 口に食べ物を入れたまま話をすることがあるか

設問	全体 (n=211)		栄養系 (n=90)		その他 (n=121)		p 値 *
	人数	%	人数	%	人数	%	
いつも話をする	4	1.9	1	1.1	3	2.5	0.002
時々話をする	96	45.9	48	53.3	48	40.3	
ほとんど話をしない	86	41.1	39	43.3	47	39.5	
いつも話をしない	23	11.0	2	2.2	21	17.6	

人数の%は欠損値を除いて集計 * χ^2 検定

表 31 日本の各行事食の認知度

設問	全体 (n=211)		栄養系 (n=90)		その他 (n=121)		p 値 *
	人数	%	人数	%	人数	%	
正月 (行事食：おせち料理、雑煮)							
正解	206	99.0	87	98.9	119	99.2	0.828
不正解	2	1.0	1	1.1	1	0.8	
端午の節句 (行事食：ちまき、柏餅)							
正解	125	60.1	63	71.6	62	51.7	0.004
不正解	83	39.9	25	28.4	58	48.3	
冬至 (行事食：かぼちゃ)							
正解	145	69.7	69	78.4	76	63.3	0.019
不正解	63	30.3	19	21.6	44	36.7	
節分 (行事食：福豆、恵方巻、いわし)							
正解	197	94.7	86	97.7	111	92.5	0.086
不正解	11	5.3	2	2.3	9	7.5	
土用の丑の日 (行事食：うなぎ)							
正解	189	90.9	85	96.6	104	86.7	0.011
不正解	19	9.1	3	3.4	16	13.3	
桃の節句 (行事食：ちらし寿司、ハマグリのお吸い物、菱餅)							
正解	185	88.9	82	93.2	103	85.8	0.090
不正解	23	11.1	6	6.8	17	14.2	

人数の%は欠損値を除いて集計 * χ^2 検定

があると考えられる。

2-7. 食文化

日本の行事食の認知度は、正月料理が最も高く、続いて節分、土用の丑の日、桃の節句、冬至、端午の節句の順に高かった (表 31)。正月の行事食は、おせち料理もしくは雑煮と答えた人が全体の 99% で、ほとんどの人が認知していた。正月の行事食の認知度に、学生の所属学部の影響は見られなかった。端午の節句の行事食は柏餅もしくはちまきと答えた人が全体の 60% であり、栄養系の学生のほうが、その他の学生よりも有意に正解率が高かった。冬至の行事食は「かぼちゃ」と回答した人は全体の 70% であり、栄養系学部では 78%、その他の学部では 63%

となり、栄養系学生のほうがその他の学生と比較して有意に正答率が高くなった。節分の行事食は福豆、恵方巻もしくはいわしと 95% の人が認知していた。栄養系の学生のほうがその他の学生よりも正解率が高い傾向にあった。土用の丑の日の行事食はうなぎと 91% の人が認知していた。また、栄養系学部では 97% が認知していたのに対し、その他の学部では 87% であり栄養系の学生は有意に正解率が高くなった。桃の節句の行事食はちらし寿司、はまぐりのお吸い物またはひし餅であることを 89% の人が認知しており、学生の所属学部の影響は特にみられなかった。そのため、行事食については栄養系の学生のほうがその他の学生よりもよく認知していることが示唆された。

表 32 外国の影響を受けた料理がどこから伝来したかについての認知度

設問	全体 (n=211)		栄養系 (n=90)		その他 (n=121)		p 値 *
	人数	%	人数	%	人数	%	
餃子 (伝来: 中国)							
正解	181	87.0	74	84.1	107	89.2	0.292
不正解	27	13.0	14	15.9	13	10.8	
カレー (伝来: イギリス)							
正解	4	1.9	0	0.0	4	3.3	0.066
不正解	204	98.1	88	100.0	116	96.7	
あんぱん (伝来: ポルトガル)							
正解	5	2.4	3	3.4	2	1.7	0.433
不正解	203	97.6	85	96.6	118	98.3	
天ぷら (伝来: ポルトガルもしくはスペイン)							
正解	23	11.1	11	12.5	12	10.0	0.576
不正解	185	88.9	77	87.5	108	90.0	

人数の % は欠損値を除いて集計 * χ^2 検定

また、普段親しんでいる料理のうち、外国の影響を受けた料理がどこから伝来したのかについて認知しているのか調査をしたところ、餃子に関しては全体の 87% が正解したが、カレーに関しては正解率 2%、あんぱん 2%、天ぷら 11% であり認知度が低かった (表 32)。小・中学生の時に食文化について習う機会はあるが、大学では栄養学部管理栄養学専攻の授業でも、その他の学部・学科の授業でも食文化を習う機会がほとんどない。そのため、社会に出る一歩手前の時期である大学生時に食文化についても一度学ぶ機会を作る必要があると考えられる。

総括

小・中学生時に食育を受けた大学生の食べる力の現状を調査したところ、多くの学生が小・中学生の時に食育授業を受けているが、日頃から健全な食生活の実践には消極的であった。

今回の調査で、食事の意味について「生きるために必要なもの」と考えている人が多かったが、食事が心理的働きをすること、食事のとり方が自分のパフォーマンスにつながることを認識している人は少数だった。また、朝食を毎日摂取する人は約 70% であり、この値は他の世代と比較すると低い値であった。また、朝食欠食習慣がついたのは半数以上が大学生になってからであり、大学生の時期に大幅に食生活が乱

れることが明らかとなった。さらに、バランスの良い食事をしている割合は他の世代と比べて非常に低く、バランスの良い食事をとるためには、「時間がある」、「手間がかからない」、「食費に余裕がある」ことが必要であると回答していた。自炊ができることに関しては生きていく上で必要と考えている学生が非常に多かったことから、食事は生きるために必要なものであるが、それ以外の役割ついてあまり理解されておらず、重要視していないようである。

また、生活習慣病予防に対する意識が低く、普段の食品の選択の際には、おいしさ、好み、価格が重要視されていた。また、食費にお金をかけることについての意識は、お金をかけたいが、ゆとりがないもしくは、食費を抑えたいという意見が全体の 67% あり、心身の健康を保つために望ましい食生活を心掛ける大学生は少ないのが現状であった。

一方、現在の大学生は、食物の品質及び安全性等について自ら判断する能力は非常に高いことが明らかとなった。近年、食の安全性について問題が多発したり議論されることが多い。そのため現在の大学生の多くが、食品表示を確認し、自分の目でよく確認して食品を取り扱っているようであった。さらに、食事前に手洗いをする習慣は多くの大学生で身につけていたため、衛生面に関して注意をしている人が多い傾

向が見られた。

食生活が自然の恵みによって成り立っていること、日頃の食生活で生産者をはじめ、多くの人々の苦労や努力に支えられていることを実感している割合は低かった。一方、日本の食料自給率が低いことは認識されていた。日本の食料は海外から多くを輸入していたり、加工された状態で販売されるものが増えているため、原料を見ることは少ない。そのため、食生活が自然の恵みによって成り立っていたり、生産者をはじめ多くの人に支えられていることをあまり実感することがないと考えられる。さらに、食事マナーは多くの学生は身につけているようであるが、食文化に関しては行事食に関しては認知度が高いが、外国の影響を受けた料理がどこから伝来したかについての認知度は低かった。近年、訪日外客数が増加しているため、日本人が日本食に関する食文化、歴史等を理解して尊重する心を持つことが必要であると考えられる。

また栄養系の学生は、その他の学生と比べて、食事の働きについて認識している傾向にあり、

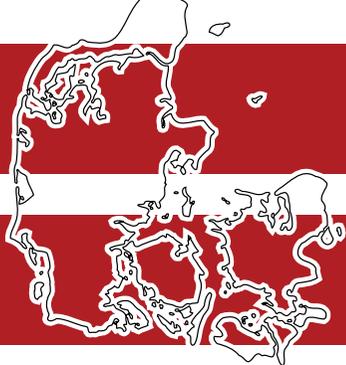
自炊能力が高い人が多く、生活習慣病への予防意識が大学生の中では高かった。そして、食費にある程度お金をかける必要性を感じている割合が高かった。よって栄養系の学生のほうが、食に関する知識、意識が高いこと、自炊能力が高いことから健全な食生活の実践ができる可能性が高いが、現在の食行動には結びついておらず、その他の学生とあまり変わらないことが示唆された。そのため、社会人になる手前の時期である大学生の時期に、もう一度「食べる力」を身につける機会を設け、健全な食生活の実践力を身につけていく必要があると考えられる。また、栄養系の学生は卒業後自らが食に関するスペシャリストとなる自覚を持ち、大学生のうちに健全な食生活を実践する必要があると考えられる。

[謝辞]

今回の研究にご協力くださった調査対象者の皆様に深く感謝する。

参考

1. 農林水産省：食育基本法
http://www.maff.go.jp/j/syokuiku/pdf/kihonho_28.pdf (2018年2月2日アクセス)
2. 文部科学省：栄養教諭制度の概要
http://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/eiyou/04111101/003.htm (2018年2月2日アクセス)
3. 内閣府：第3次食育推進基本計画
<http://warp.da.ndl.go.jp/info:ndljp/pid/9929094/www8.cao.go.jp/syokuiku/about/plan/pdf/3kihonkeikaku.pdf> (2018年2月2日アクセス)
4. 文部科学省：食に関する指導の手引―第1次改訂版―(平成22年3月)
http://www.mext.go.jp/a_menu/sports/syokuiku/1292952.htm (2018年2月2日アクセス)
5. 文部科学省：小学生用食育教材「たのしい食事つながる食育」(平成28年2月)
http://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/eiyou/syokuseikatsu.htm (2018年2月2日アクセス)
6. 文部科学省：食生活学習教材(中学生用)(平成21年3月)
http://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/eiyou/1288146.htm (2018年2月2日アクセス)
7. 農林水産省：食育に関する意識調査報告書(平成29年3月)
<http://www.maff.go.jp/j/syokuiku/ishiki/H29PDF.html> (2018年2月2日アクセス)
8. 農林水産省：日本の食糧自給率
http://www.maff.go.jp/j/zyukyu/zikyu_ritu/012.html (2018年2月2日アクセス)



デンマークのクリスプブレッド

今回はデンマークのいろんな場面に登場する、クリスプブレッドについて紹介したいと思います。

デンマークで生活していると、いろいろな場面で、Knækbrød と言われるクラッカーよりも大きめなクリスプブレッドをよく見かけます。Knækbrød は、乾燥させ、カリカリとさせたパンのような味で、水分が少ないため、保存に適しており、スナックやお昼ご飯によく使われます。ヨーロッパでも特に北欧では Knækbrød が普及しているらしく、長持ちする便利さからも、一般家庭の台所の食品棚によく入っています。

この Knækbrød, 材料はライ麦を主材料とすることが多いですが、そのバリエーションも様々です。ひまわりの種をまぶしたものや、胡麻やかぼちゃの種を入れたものなど、スーパーに通常陳列される品数も多く、デンマークで Knækbrød が、とても身近な製品であることが伺えます。通常は、クラッカーよりも大きく、どちらかといえば、パンをイメージした大きさになっていますが、スーパーなどに行けば、細長くそのままカリカリ食べやすいような形状になっているものや、クラッカーのように手のひらに収まるサイズのものなどもあり、その種類は様々です。

では、Knækbrød をどのように食べるのかについてですが、基本はパンのように食べるものであり、そのままカリカリと食べることもできますが、それだとやや味気なく感じます。通常は、Knækbrød の上に、バターをぬったり、レバーのパテをのせたり、スモークサーモンをのせて食べたりと、様々な食べ方をします。パンと同様に、Knækbrød は主食としての役割を果たすものなので、Knækbrød に他の食材を合わせて食べるのが定番です。サラダのお供にするもよし、トッピングをしてパンの代わりに食べるもよしです。

Knækbrød を家庭の台所に保存するにはとても便利な食材ですが、それにはデンマークの気候も関わっているように思います。例えば日本でクラッカーなどを買って、一度封を切ると、湿気ることなく、カリカリの状態でも長く保存するのは難しいと思います。しかしデンマークは、



Knækbrød サラダのお供にするもよし、そのまま食べるよしの優れたもの



スーパーの Knækbrød 売り場、Wasa ブランドが多く並ぶ

基本的に湿度が日本よりも随分低い
ため、封を切っても、カリカリの
状態で保存がきくことが大きな
利点です。ライ麦ベースであれば
健康にもいいため、非常食にも、
最適の食材ではないでしょうか。

Knækbrød は、子供のいる家庭では、
子供のスナックによく使われますし、
オフィスでのちょっとしたスナック
にも使われます。もちろんお弁当の
一品としても便利に使うことが
できます。ヘルシーで、長持ちし
保存に気を使わない便利食品と
して、多くのデンマーク人に親
しまれていると言ってもいいで
しょう。

日本の食卓では、暖かくてウェットなものが好まれる傾向がありますが、ここ北欧では、冷たくて湯いたものも、広く受け入れられています。冷たいままでも食べられる主食、という意味では、Knækbrød の他にも、オートミールや、ダークブレッドなど、ここデンマークでよく見かける食材がたくさんあります。

デンマークのスーパーに行く機会があれば、ぜひ Knækbrød のコーナーをのぞいてみると面白いかもしれません。代表的なブランドとしては、Wasa というブランドが市場に多く出回っていますので、保存に適した Knækbrød は、観光のお土産として最適かもしれません。

城西大学薬学部 白瀧 義明 (SHIRATAKI Yoshiaki)

ウスバサイシン *Asiasarum sieboldii* (Miq.) F. Maekawa (= *Asarum sieboldii* Miq.) (ウマノスズクサ科 Aristolochiaceae)

桜の季節が過ぎ、木々の青葉が目にしみる頃、山歩きをしながら、ふと足元に目をやるとハート型の葉を2枚、そして葉の根元には隠れるようにして茶褐色の小さな壺型(つぼがた)の花を付けた植物を見かけることがあります。ウスバサイシンです。本植物の仲間は狭い地理的分布域があることからカンアオイ *Asarum nipponicum* をはじめ、とてもたくさんあり、しっかりした鑑別が出来るようになるには、かなりの勉強が必要です。ウスバサイシンは日本から中国にかけて分布し、林床に生える多年生草本で、葉は冬には落葉し、早春に長い柄を出し、薄く光沢の無い深緑色心臓型の葉を多くは2枚生じ、春に葉の間から淡汚紅紫色をした花を1つ咲かせます。花に花弁はなく萼(がく)裂片が花弁状になっています。すなわち3枚の三角形の裂片が萼片です。近縁の植物にフタバアオイ *Asarum caulescens* がありますが、こちらは薬用とはならず、5月に行われる京都の賀茂神社(上賀茂神社・下鴨神社)の葵祭のシンボルとして、また、フタバアオイの葉をアレンジし3枚組み合わせた「三つ葉葵」は徳川家の家紋(葵の御紋)としてよく知られています。ウスバサイシンの花の形は近縁のカンアオイとよく似ていますが、ウスバサイシンの花筒の内部には縦溝だけがあって横溝がない点で区別できます。

ウスバサイシンの名は中国に分布するサイシン(細辛)の仲間で、葉が薄いのでウスバ、サイシンとは根が細く咬むととても辛いことに由来しています。本植物およびケイリンサイシン(鶏林細辛) *Asiasarum heterotropoides* の根および根茎を乾燥したものを生薬、サイシン(細辛, *Asiasari Radix*) といい、ちんがい 鎮咳、きよたん 去痰、ちんつう 鎮痛を目的として、しょうせいりゅうとう 小青竜湯、まおうぶしさいしんとう 麻黄附子細辛湯、とうきしげやくとう 当帰四逆湯などの漢方処方に配剤されます。成分としては、根に2~3%の精油成分(methyleugenol, safrole,



写真1 ウスバサイシン (1)



写真2 ウスバサイシン (2)



写真3 ウ斯巴サイシン (花)



写真4 カンアオイ (1)



写真5 カンアオイ (2)



写真6 フタバアオイ (花)

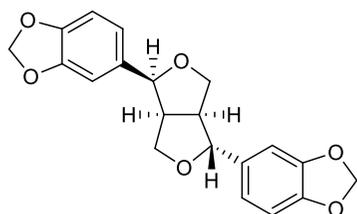
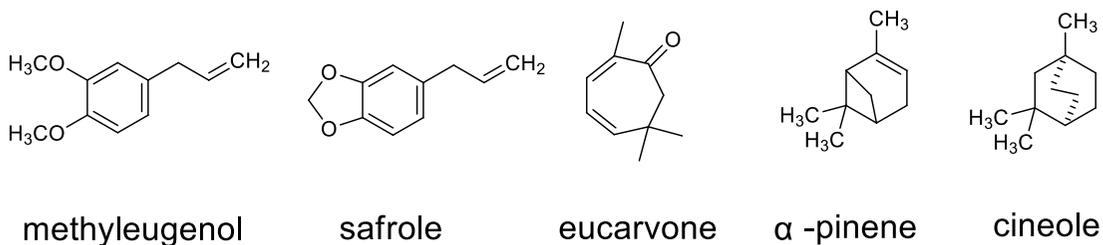
eucarvone, α -pinene, cineole), リグナン ((-)-asarinin), 辛味成分 (pellitorine), アルカロイド (higenamine) などが含まれています。また、ウ斯巴サイシンやカンアオイの仲間は、蝶の食草としても知られ、ウ斯巴サイシンはヒメギフチョウの食草、カンアオイやフタバアオイは春の女神ともいわれるギフチョウの食草となっています。このような蝶と食草の間には、長い年月をかけた蝶や昆虫と精油などのいろいろな植物成分との深い関係があるものと思われまます。また、本植物の種子は上胚軸休眠種子とよばれ、植物体が種子を飛散させる状態になっても、種子内部の胚は未成熟で、湿潤埋蔵期間中(土壌中で発芽時期までの期間)に胚が肥大成長し発芽するようになります。



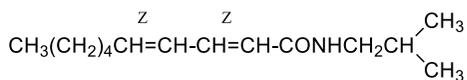
写真7 生薬：サイシン (細辛)

なお、本植物の地上部には、重篤な腎障害を起こす恐れのある aristolochic acid I を含有する

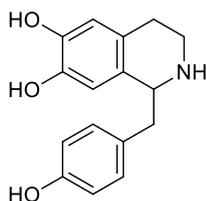
ので要注意です。また、本植物の学名について APG 分類では *Asarum sieboldii* Miq. と *Asiasarum sieboldii* (Miq.) F. Maekawa があり、第 17 改正日本薬局方では *Asiasarum sieboldii* F. Maekawa を使用しています。



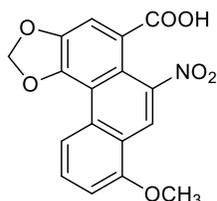
(-)-asarinin



pellitorine



higenamine



aristolochic acid I

図 1 成分の構造式

味噌の神経細胞保護作用

Neuroprotective action of Miso

小島 百代 (KOJIMA Momoyo)¹ 佐野 愛子 (SANO Aiko)² 鈴木 龍一郎 (SUZUKI Ryuichiro)²
白瀧 義明 (SHIRATAKI Yoshiaki)² 坂上 宏 (SAKAGAMI Hiroshi)³

¹ 明海大学歯学部, ² 城西大学薬学部生薬学, ³ 明海大学歯科医学総合研究所 (M-RIO)

Key Words : 味噌 PC12 細胞 NGF 神経細胞分化 アミロイドペプチド 神経保護

要約

味噌は長年、私達の食生活を支えてきた伝統的な発酵食品である。味噌は、様々な疾患の予防、美容効果やダイエット効果を示すことが知られている。味噌の新しい薬理作用を探索する過程で、味噌が、細胞前駆細胞の増殖を促進し、アミロイドペプチドによる神経障害を軽減することを見出した。味噌の神経保護作用は、高齢者社会における認知症発症の予防に貢献する可能性が示唆された。

SUMMARY

Miso is a traditional fermented food that has supported our diet for many years. Miso is known to prevent various diseases, and exerts beauty and diet effect. In the process of searching for a new pharmacological action of miso, we found that miso promotes proliferation of undifferentiated neuronal cells and alleviates neuropathy induced by amyloid peptides. It is suggested that the neuroprotective action of miso may contribute to the prevention of the onset of dementia in the elderly.

はじめに

味噌は1300年もの長い間、基礎調味料の一つとして私達の食生活を支えてきた伝統的な発酵食品である。味噌は大きく分けて米味噌、麦味噌、豆味噌、調合味噌の4種類に分類することができる。現在国内で生産されている8割が米味噌である。米味噌は豆味噌と比較し、炭水化物が多く、タンパク質、カリウム・リン・鉄分などのミネラル、ビタミン類が少ないという特徴を有する。味の違いにより、甘味噌、甘口味噌、辛口味噌の3種類に分類される。味噌の旨味はタンパク質が分解してできるアミノ酸(主にグルタミン酸)に影響され、熟成の進ん

だものほど旨味が強くなる。また、色の違いにより、赤系味噌、淡色系味噌、白味噌の3種類に分類される¹⁾。

味噌は、骨粗しょう症、高血圧、糖尿病、胃腸病、がんの予防、コレステロールの低下、肝臓の健康、二日酔いの改善、胃腸の負担の軽減、美容効果(アンチエイジング)やダイエット効果を示すことが知られている²⁾。

現在の日本の国民の21%が65歳以上の超高齢社会であり、認知症が大きな社会問題となっている。アルツハイマー病は認知症全体の60%を占め、脳にアミロイド-β(Aβ)やタウと呼ばれる特殊なタンパク質が溜まり、神経細

胞が壊れて死んでしまうために発症する³⁾。

我々は、味噌の新しい薬理効果を探索する過程で、味噌抽出液が神経細胞の増殖を促進し、A β 誘発性神経細胞死を抑制することを見出したので報告する。

1. 味噌のアミノ酸組成

筆頭著者 (MK) の祖母が調製した味噌 (米味噌・甘口・赤味噌) を 0.1 mg 秤量して、エッペンドルフチューブに入れ、ミリQ水を 1 mL 加えた。これを 16 本用意した。37°C, 56°C, 90°C, 100°C にセットしたブロックに載せた。それぞれ 4 本のエッペンドルフチューブを 3 分間、加温した。各温度毎にプールして、1000 rpm, 5 min 遠心して、不要物を除き、ミリポアフィルターでろ過滅菌した。浸透圧は、いずれの抽出液でも大差なく、若干高張気味であった :392 mOsm (37°C), 456 mOsm (56°C), 412 mOsm (90°C), 510 mOsm (100°C) (明海大学

分子生物学研究施設, ゴノテックオズモメーター)。

抽出液 100 μ L に 10% trichloroacetic acid (TCA) を 100 μ L 添加し、混和後、10000 rpm, 5 min 遠心して徐タンパクを行った。上清は、-20°C のフリーザー中に保存した。全自動アミノ酸分析機で各種アミノ酸を定量した。溶出順に、アスパラギン酸 (Asp), スレオニン (Thr), セリン (Ser), グルタミン酸 (Glu), グリシン (Gly), アラニン (Ala), バリン (Val), メチオニン (Met), イソロイシン (Ile), ロイシン (Leu), チロシン (Tyr), フェニルアラニン (Phe), アンモニア (NH₃), リジン (Lys), アルギニン (Arg), プロリン (Pro) が検出された。グルタミンは検出されなかった。37°C, 56°C, 90°C, 100°C いずれの温度で加温しても、抽出されるアミノ酸の相対比は変わらず、グルタミン酸が最も高かった (図 1)。このことは、100°C に熱しても、アミノ酸は安定であることを示す。アミノ酸の

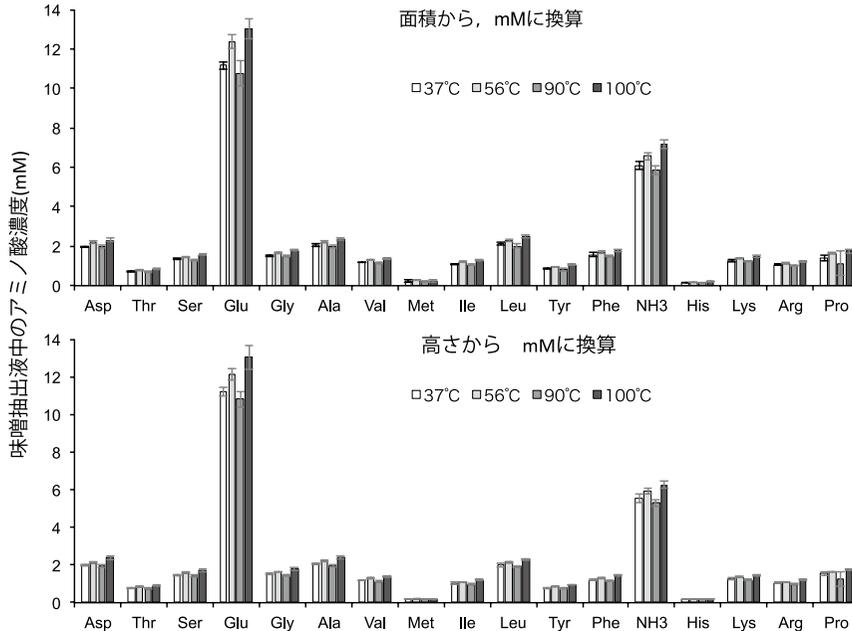


図 1 味噌抽出液中のアミノ酸の組成

味噌を、37°C, 56°C, 90°C, 100°C で 3 分間抽出、その 5%TCA 可溶成分を、日本電子 JLC-500/V 型全自動アミノ酸分析機で分析した。

充填剤: LCR-6, カラム :4mm i.d. \times 120mm, 溶離液: 生体アミノ酸分析用緩衝液キット, 検出: ニンヒドリン発色法 (ニンヒドリン試液ワコー アミノ酸自動分析装置用 日本電子用), 各点は、平均値 \pm S.D. (n=3)

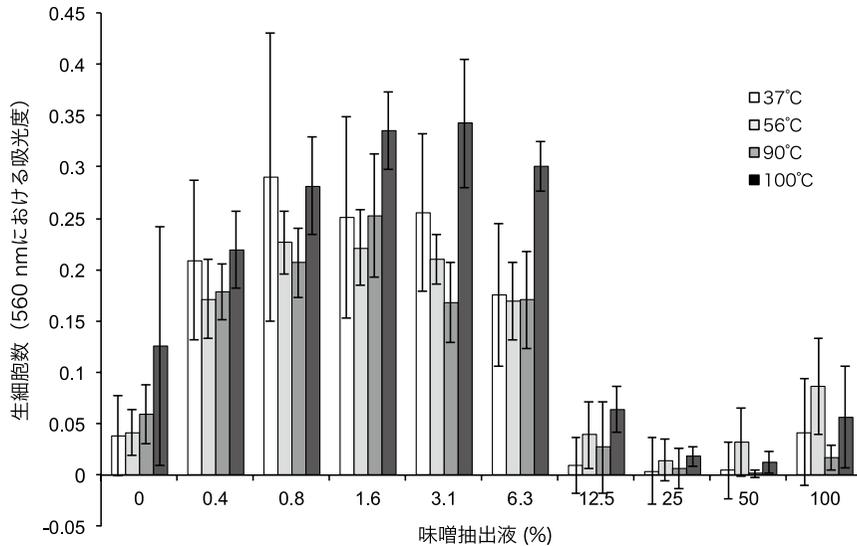


図2 味噌抽出液による未分化神経細胞の増殖促進効果

PC12細胞を、種々の味噌抽出液を含む血清無添加DMEM培地で4日間培養し、生細胞数をMTT法で測定した。各点は、平均値±S.D. (n=6)

総量は味噌の重量の5%程度であった。

2. 未分化PC12細胞の増殖に与える影響

ラット副腎髄質クロム親和性細胞腫から樹立されたPC12細胞を、神経前駆細胞のモデルとして使用した。PC12細胞は、神経成長因子(NGF)の存在下で培養すると、神経突起を伸ばし始め、交感神経細胞様に分化するため、神経細胞の分化機構の解明やNGFの作用機構解明のために多くの研究者に使用されている。

まず、未分化PC12細胞の増殖に及ぼす影響を検討した。我々は、DMEM培地がPC12細胞の増殖とアミノ酸の消費を最も高く維持でき、これにHam12培地や非必アミノ酸を添加すると、逆に増殖とアミノ酸消費が約半分低下してしまうことを見出した。これらの結果を踏まえ、PC12細胞の維持には、DMEM培地に10%の牛胎児血清(FBS)を添加した培地を用いている⁴⁾。

未分化PC12細胞は、血清なしのDMEM培地で4日間培養すると細胞は死んでしまうが、味噌抽出液の添加により、細胞増殖が促進した。この味噌の増殖促進効果は、37°C、56°C、

90°C、100°Cいずれの温度で調整しても観察された。増殖促進の味噌の至適濃度は、0.8~1.6%であった。12.5%を超すと、その強い酸性度のため、細胞は死滅した(図2)。

顕微鏡観察により、血清を含まない培地で生育した細胞は、4日目ではほとんど死滅した。この培地に味噌抽出液を添加すると、死細胞の出現が減少した。

3. 味噌抽出液は、アミロイドβ-ペプチド誘発性神経細胞傷害を抑制する

我々は最近、NGF(50 ng/mL)の添加によりPC12細胞を神経細胞様に分化誘導する方法を確立した⁵⁾。NGF(50 ng/mL)処理で神経細胞に分化させると突起を伸ばす。細胞増殖を抑えて神経分化を誘導するために低濃度(1%)のFBSをDMEMに添加した。この時、あまりに低密度で細胞を播種すると細胞は死滅する。おそらく、分化した細胞から放出される増殖因子が細胞の生存に必要なのではないかと考えている。放出される因子がNGFと同一であるか否かは明らかにするためには、さらなる研究が必要である。

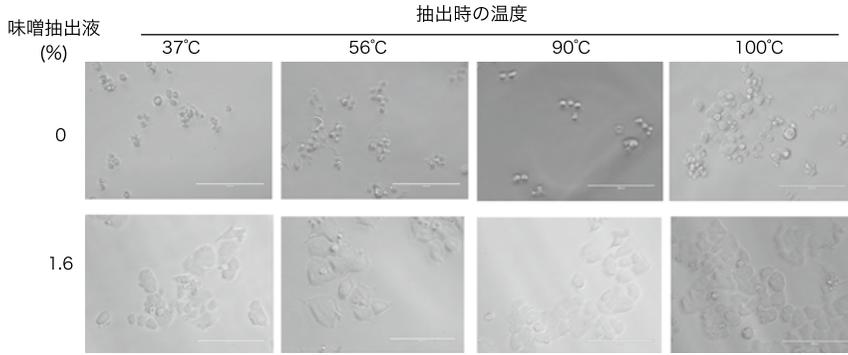


図3 味噌は未分化 PC12 細胞の細胞死を抑制した。培養条件は、図2と同じである。

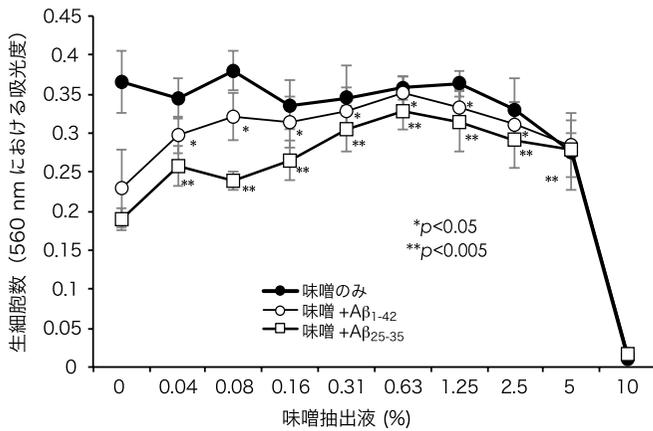


図4 味噌抽出液の神経細胞保護効果

この分化した PC12 細胞を、アミロイドβ-ペプチド (Aβ₁₋₄₂あるいは Aβ₂₅₋₃₅) で処理すると、生細胞数は、対照の 63% および 52% まで低下した。0.04% 以上の濃度の味噌を添加すると、この神経細胞傷害が有意に緩和された。0.63% の味噌が存在すると、対照の 98% および 92% まで生存率が復帰した (図4)。味噌の 50% 細胞傷害濃度 (6.9%) の 1/11 の濃度の味噌で神経細胞傷害がほぼ完全に抑制された。

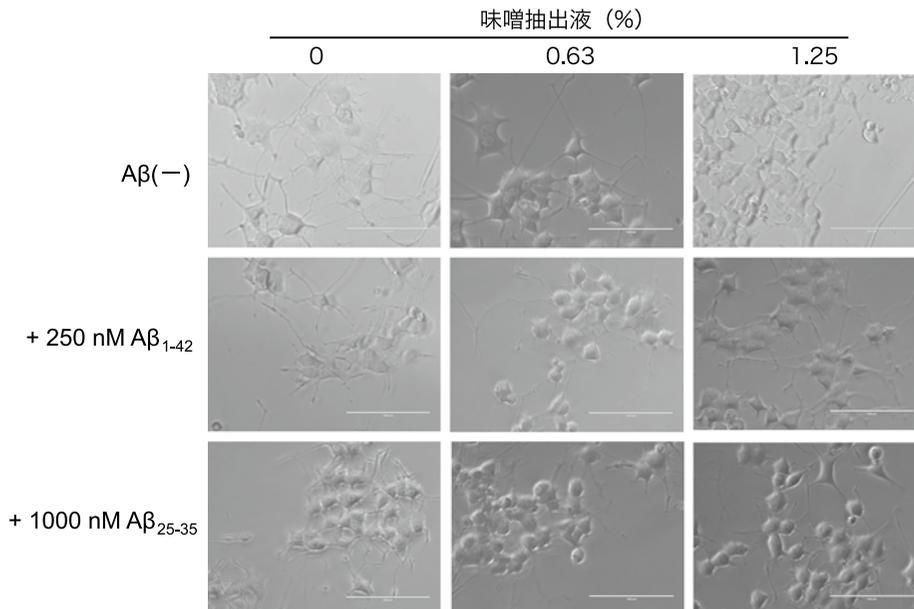


図5 味噌抽出液は、アミロイドによる神経突起の切断を緩和する。

アミロイドβ-ペプチド (Aβ₁₋₄₂ あるいは Aβ₂₅₋₃₅) で処理すると、分化した PC12 細胞の神経突起が切断された。味噌抽出液を添加すると、神経細胞は神経突起を介して連結するのが確認された (図 5)。この結果は、味噌は、アミロイドβ-ペプチドによる神経障害を抑制することを示す。

4. 今後の研究の方向性

本研究により、味噌抽出液は、未分化神経細胞の増殖を促進するばかりでなく、アミロイドによる神経細胞傷害を抑制することが判明した。これらの作用を示す物質が同一のもので

あるか否かを明らかにするためには、更なる研究が必要である。本研究で使用した培養液 (DMEM) の中には、豊富なアミノ酸が含まれているため、未分化 PC12 細胞の死滅は、ただ単純にアミノ酸の不足だけによるものとは考えにくい。味噌の中には、神経細胞の増殖を促進するものが含まれているのかもしれない。

我々は、分化した PC12 細胞の増殖が、神経毒性で知られるパクリタキセルだけでなく、ドキタキセルによっても、低濃度 (1~5 nM) で有意に抑制されることを見出した^{6,7)}。味噌が、これらの抗がん剤の副作用を抑えることができるか否かは、今後の検討課題である。

参考文献

1. <https://www.marukome.co.jp/miso/>
2. <http://cocoaru.net/554>
3. <https://info.ninchisho.net/type/t10>
4. Sakagami H, Suzuki R, Shirataki Y, Iwama S, Nakagawa M, Suzuki H, Tanaka K, Tamura N and Takeshima H: Re-evaluation of culture condition of PC12 and SH-SY5Y cells based on growth rate and amino acid consumption, *In Vivo* **31** (11): 1089-1095, 2017.
5. Sakagami H, Tsuji M, Tomomura M, Masuda Y, Iwama S, Nakagawa M, Suzuki H, Tanaka K, Abe T, Tamura N, Tomomura A, Yokose S, Takeshima H, Natori T, Horiuchi M, Fujisawa T, Kiuchi Y, Oguchi K, Yasui T, Oizumi H and Oizumi T: Protection of differentiating neuronal cells from amyloid β peptide-induced injury by alkaline extract of leaves of *Sasa senanensis* Rehder. *In Vivo* **32**: 231-239, 2018.
6. Hara Y, Sakagami H, Shi H, Abe T, Tamura N, Takeshima H, Horie N, Kaneko T, Shiratsuchi H and Kaneko T: Partial protection of paclitaxel-induced neurotoxicity by antioxidants. Submitted to *In Vivo*.
7. Sakagami H, Hara Y, Shi H, Iwama S, Nakagawa M, Suzuki H, Tanaka K, Abe T, Tamura N, Takeshima H, Horie N, Kaneko T, Shiratsuchi H and Kaneko T: Change in anticancer drug sensitivity during neuronal differentiation of PC12 cells. Submitted to *In Vivo*.

連絡先：

〒350-0283

埼玉県坂戸市けやき台 1-1

明海大学歯学部 小島百代 p.horn.1004@gmail.com

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

〒350-0295

埼玉県坂戸市けやき台 1-1

城西大学薬学部薬科学科 佐野愛子 yk15028@josai.ac.jp

城西大学薬学部薬科学科生薬学研究室 鈴木龍一郎 ryu_suzu@josai.ac.jp

白瀧義明 shiratak@josai.ac.jp

グルテンフリーベーカリー食品, グルテンフリーパスタとスナック

瀬口 正晴 (SEGUCHI Masaharu)^{1,2} 木村 万里子 (KIMURA Mariko)¹

¹ 神戸女子大学, ² 日本穀物科学研究会会長

Key Words : グルテンフリー ベーカリー パン 小麦タンパク質

要約

本論文「グルテンフリーベーカリー食品, グルテンフリーパスタとスナック」は, “Gluten-Free Baked Products” 2014 by AACC International, Inc. 3340 Pilot Knob Road St. Paul, Minnesota 55121, U.S.A. の一部を翻訳し紹介するものである。

パスタ

小麦パスタ生産は, ドウ形成と成型加工であり, まずデュラム小麦胚乳粒の加湿, 可塑化から始まる。続いて攪拌, ニーデングし, 固まったドウの塊をつくり, 最後にそのドウをダイに高圧で通して長い, あるいは短い成型物を作る。加工プロセスの間, 不連続のデンプン粒を包み込む連続したタンパク質相を作るが, それはピーナッツバターと類似の構造で, トフフィがグルテンとなり, ナッツがデンプン粒を示す。適当に成型されれば, このタンパク質ネットワークは十分に押し出し成型するとパスタになり, 乾燥すると高度に力強くなり, 冷蔵すると嚼んで固く, 粘りは小さくなる。伝統的なパスタの好ましい感覚は, グルテンの品質に基づくものである。はっきりしている事は, デュラム小麦グルテンの機能は, 良好なパスタ製造に重要であるということである。グルテンフリーパスタ製造への挑戦では, その出来た物が製造上小麦パスタと比較できるような物でなければならぬし, さらにテクスチャー面で消費者の予想に合致できる構造でねばならない。

グルテンフリーパスタ製造は小麦スタンダードパスタとは連続相の成分がちがう。図 5.1 はこれまでの小麦ベースパスタの顕微鏡写真であり, ここではグルテンはグリーンに染色し, 連続相として見える (本図, モノクロのため不明)。コーンベースの相では, 図 5.2 のようにタンパク質成分はグリーンに染色しているが (モノクロのため不明), 連続相ではない。グルテンフリーパスタでは α 化デンプンを使って生デンプン粒の周りを結合した連続相として取り囲む。加工中にパスタドウ構造を連続的に作るために, 前処理段階, あるいはパスタ加圧のバーレルで, ドウの加熱ができるエクストルーダーを用いる。ある道具製造者は小麦粉のスタンダードのパスタプレス機を多少修正して, それを使ってグルテンフリーパスタの製造ラインを作った。前処理装置とプレミキサーでは食品の水分含量と温度をすばやくあげ, 例えばドウ

グルテンフリーパスタは, 一部 α 化デンプンを用いて天然のデンプン粒の周りを取り囲む粘性連続相として用いる。

塊の温度を 75°C以上にするのに用いた。プレコンディショニングステップで蒸気が吹き込まれて加水され、デンプンを糊化する。加熱した水が次にミキサー中に入れられ、そして材料がシリ

ンダーに入った時好ましい温度で食品を保持するようになる。加熱したシリンダーは、これまでの小麦パスタ用に用いられるものより長く、十分な滞留時間を与えられ、温度をあげ、エクストルードにかけた材料の糊化レベルを目標のものにする。Jacketed twin-screw エクストルーダーもグルテンフリーデンプン材料の部分的糊化をするのに用いる。この加工プロセスを図 5.3 に示した。エクストルージョン加工では、蒸気と 60-70°Cの水がミキサー中に粉重量の 8-10%と 25-30%それぞれ吹き込まれる。ミキサーのカバーは 60-70°Cに保持される。材料は続いてミキサーから加圧シリンダー中に移され、そこで 50-60°Cに保持され、加圧して 65°Cでダイを通す。理想的な糊化程度は、最終的プロダクトで約 40-45%である。

グルテンフリーパスタの生産に用いられる材料は、エクストルージョンでのレオロジーの性質を受けとめられる材料であること、そしてその結果、最終的に出来たものが料理中にロス(料理水への固形物の損失)の少ない事、あるいはデンプンの低可溶化、噛んだ時の固さの小さい事、及びパスタ外側の粘りの少ない事等である。これらの性質は、理想的には調理時間中も保持され、さらに高“クック・トレランス”をもつ

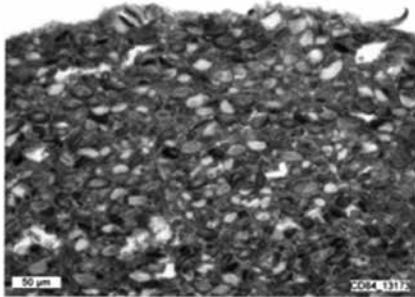


図 5.1 小麦パスタ

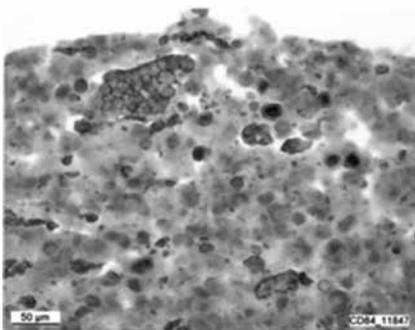


図 5.2 コーンパスタ

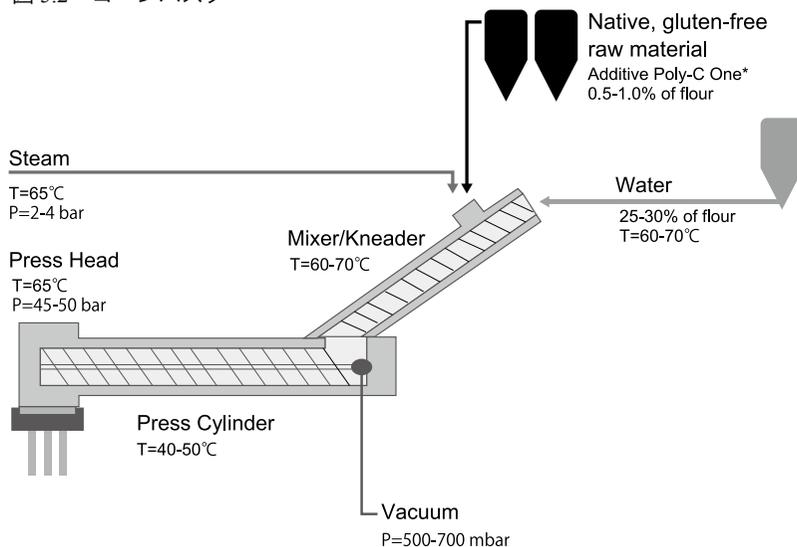


図 5.3 2軸エクストルーダーによるグルテンフリーパスタ製造図

ような最終物であること（低”クック・トレランス”を持つものとは、十分な料理状況で料理水に素早く柔らかくなり、固いものが素早く可溶化するということ）。グルテンフリーパスタにとって、考えねばならない鍵となる重要な事は、アミロース含量、脂質含量、中間粒子サイズ、粒子サイズ分布である。グルテンフリー粉では全デンプン中のアミロース含量は、25%以上である。パスタ生産に用いる材料のアミロース含量が増えるほど、クッキングロスとパスタの粘りは低下する。そして固さとクック・トレランスは増加し、それはアミロースとアミロース-脂質ネットワークの形成によるためである。コーン、ハイアミロースコーン、ハイアミロース米、テフは、グルテンフリー生産にとり理想的な材料であるが、それはこれらが高アミロース含量で低脂質含量のためであろう。ある材料、例えばキノアは、非常に低アミロース含量、高脂質含量であるが、機能的グルテンフリーパスタ材料と比べるとより栄養的側面から改良がある。そこでこれを利用出来るパスタを作るためにしばしばコーンにブレンドされる。オート麦はかなり高いアミロース含量であるが、しかし脂質含量が問題となりデンプン構造を弱くするように働き、エクストルージョン中可塑剤の様に働き、そして悪変化に働き、シェルライフを短くする。材料は均一な粒子サイズとして水相を確かなものにし、加工中最も糊化程度の良いものとする。理想的には粉の100%は、粒子サイズが300 μ m以下とすべきである¹⁾。

モノグリセリドのような乳化剤は、アミロースと水不溶複合体をつくり、溶解性が低下し、デンプンの水保持能を低下する²⁾。これらの効果は好ましく、それらがクッキングの間、パスタが粘り、あるいはその完全な構造を失うスピードの低下を助けるためである。それは伝統的なパスタへの連続的タンパク質相が与える機能である。モノグリセリドはグルテンフリーパスタで粉の1%のレベルで用いられる。酵素、リパーゼも又、理論的にアミロース-脂質複合体の形成に用いられる。研究は少ないが、酵素

の利用はグルテンフリーパスタの品質改良に有用である。

グルテンフリーパスタのエクストルージョン後の水分含量は、スタンダード小麦パスタのそれよりも高い傾向にある。スタンダード小麦パスタがほぼ32%水分含量でエクストルードされる反面、グルテンフリーパスタはほぼ37-38%の水分含量であった³⁾。グルテンフリーパスタ中の水分は小麦パスタよりも早く抜けるが、それは水がタンパク質よりデンプンと結びついているからであり、チェックのリスクを低くしている。チェックとはパスタに生じるワレを意味する言葉であり、出来た物の中の不均一な水分含量によって生じる力による。食品中の水の拡散がより均一、及び素早いため乾燥時間は普通小麦パスタよりも約25%短い³⁾。

伝統的グルテンフリーヌードル

アジアでは、ヌードル製造用 α 化デンプンの利用がずっと行なわれてきた。アジアのヌードルは調理米、もやし、マメ、イモ、例えば甘藷のような物で作られるが、同じ様なものが作られる：連続した糊化デンプンの相が構造を作る。米ヌードルは、アジアヌードルの最も普通のものだが、これは高アミロース米を水につけ、砕き、調理し米ドゥをエクストルードでヌードルする。ヌードルは最後のプロセスは冷やし、アミロースを老化させ、調理のあいだ固さを保持するネットワークを作る。

スナックとシリアル

多くのスナック、シリアルははじめからグルテンフリーであった。ポップコーン、ポテトチップス、コーントルティーヤチップスは全て家庭用スナック食品であり、元々グルテンフリー材料で、特にレビューする必要はない。エクストルドスナック、エクスパンドスナックは、グルテンフリー材料を用いて仕込まれさらにメイストリーム食品としてうまくいっている。しかしながらこれらのスナック製品を改良、修正に用いられる成分の多くは、本質的にはグルテ

ン含有穀物からくるものであり、そこでこれらのスナックを作るためのキーは材料元と供給までのチェーンを知る必要がある。

プレッツェル

非常に長い歴史のあるスナック、プレッツェルは、今日まで人気が続くものである。はつきりしていることは、セリアック病患者にも人気がある。事実グルテンフリープレッツェルはその要求を満たすように作られてきた。プレッツェルはソフトとハードの品種があり、前者はぱりぱりした乾燥したスナック、後者はチューイング性のある、パンのようなものを示し、サンドイッチの用な物に使われる形態である。殆どの利用されるグルテンフリー提案物は固い品種である。

仕込みと加工はソフトタイプをまねたもの、あるいはグルテンフリーパン食品に製造の類似した物である。ハードプレッツェルの加工に必要な道具類は、小麦ベースのプレッツェルに対する物に類似していて、そのステップとしては；攪拌、エクストルージョン、発酵、調理、塩掛け、ベーキング、ドライイングである。ドウ攪拌では、バッチかあるいは連続攪拌システムを用いる。グルテンフリー粉あるいはデンブン、ハイドロコロイド、ショートニング、塩、イースト、あるいは化学膨剤は、ミキサー中で加水されドウを作る。ドウは小麦ドウのような粘弾性を欠き、そして時に粘りがある。しかし出来た物はエクストルージョンにかけるので、ドウは標準のモールド操作のための小麦ドウの力強さは必要ない。グルテンフリープレッツェル用の普通のデンブン、粉は、ポテトデンブン、タピオカ

多くの成分は本質的にはグルテンフリーだが、時にはそれらは修正されるか、あるいはグルテンの含まれた材料で加工される。

デンブン、コーンデンブン、精製した米粉が使われる。エクストルーダーでパスタ製造のようにドウを適当な型にダイを通し、ギロチンカッターでドウのカットを行なう。ブルーフィンク（発酵）に必要なのは、部分的に用いられる膨化システムとプレッツェルのサイズである。もしも化学膨剤が用いられるならば、多少の膨化は調理の間に起こるのであろう。調理のステップでは、部分的に膨張したドウをNaOHあるいはNaHCO₃（炭酸水素ナトリウム）の苛性塩基性溶液に浸けるかあるいはそれをかける。このプロセスは、部分的にドウの表面を糊化し塩に対する結合性を与える。高pHがアルカリ溶液に浸けることで得られ、さらにプレッツェルに特徴的色とフレーバーがつく。グルテンフリー成分の利用は、時間、温度が仕込みに最も適していなくても表面に過剰な糊化を引き起こす。ベーキング時間は、好ましい色、最終的水分含量によって決まってくる。伝統的な小麦プレッツェルは約8-9%の水分含量まで焼かれ、乾燥ステップは包装後に得られるパリパリする食感を出すのに必要である。スナック用乾燥プロセスは、一般に水分を低下させるようにデザインされ、そこで温度は110-130℃とし、必要時間は最終食品中の水分が約2-3%になるようにセットする。

朝食用シリアル

多くの朝食用シリアルはグルテンフリーであり今日小売店マーケットで売っている。これらはセリアック病患者にとって全く問題にならない穀物からつくられたもので、食品の多くはそのまま数十年間存在していた。製造業者にとって第1の挑戦は、用いられて成分にグルテンがコンタミしていない、加工途中コンタミしない事を確かめることである。

参考文献

1. Buhler Group. Internal communication; used with permission.
2. Bhatnagar, S., and Hanna, M.A.: Amylose-lipid complex formation during single-screw extrusion of various corn starches. *Cereal Chem.* **71**: 582-587, 1994.
3. Demaco Corporation, internal communication, used with permission.

New Food Industry Editorial Board

■ボードメンバー（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)
齋藤 忠夫氏	(東北大学名誉教授・農学博士) ・アジア乳酸菌学会連合 (AFSLAB) 日本国代表理事 ・日本酪農科学会 (JDSA) 会長 ・日本農芸化学会フェロー
坂上 宏氏	(明海大学歯科医学総合研究所 (M-RIO) 所長)
須見 洋行氏	(倉敷芸術科学大学名誉教授)
早田 邦康氏	自治医科大学附属さいたま医療センター 自治医科大学大学院 基礎系総合医学 教授循環器 病臨床医学研究所 所長
宮尾 茂雄氏	(東京家政大学教授)
山口 正義氏	(University of California, Los Angeles (UCLA), 医学部)

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

ニューフードインダストリー 第60巻 第5号

印刷 平成 30 年 4 月 25 日
発行 平成 30 年 5 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(喜助新神田ビル3F)
 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 株式会社メイク
定 価 本体2,000円 +税 (送料100円)

e-mail: newfood@newfoodindustry.com