

Science Café concerning
Food and Health

静岡大学
公開講座
ブックレット7

食と健康を科学する

竹下温子+木寄暁子+日野真吾
静岡大学社会連携推進機構(編)

食と健康を科学する

静岡大学^{イノベーション}社会連携推進機構(地域連携生涯学習部門)=編

第1回 食の安全・安心を考える

はじめに／放射能の汚染問題／食中毒／いろいろな食品で力を発揮する微生物／食品偽装／鹿児島黒豚のルーツを探る／食生活も含めた生活習慣から安全・安心な健康づくり／それぞれの年代の食文化／私たちの遺伝子型／運動の効果／まとめ

竹下 温子

3

第2回 食とバイオサイエンス

i P S細胞／育種／遺伝子・タンパク質／遺伝子の組換え

木嵯 暁子

35

第3回 食物繊維の効能——免疫とアレルギー——

はじめに／非栄養素の栄養学／免疫系／アレルギーとプロバイオティクス／おわりに

日野 真吾

63



本書は、静岡大学^{イノベーション}社会連携推進機構(地域連携生涯学習部門)の主催により、以下の要領により行われた公開講座「食と健康を科学する」の講演録である。

- ・日時:(第1回) 2012年10月13日(土)、(第2回) 10月20日(土)、(第3回) 10月27日(土)
14:00～16:00
- ・会場:沼津市民文化センター

食の安全・安心を考える

竹下 温子

はじめに

皆さんにまずお断りしておかなければならないことが二点あります。私は静岡に来て二年目で、研究のほとんどが鹿児島島の食材にちなんだものになっています。静岡の食材でなくて申し訳ないのですがご了承ください。もう一つは、「食の安全・安心を考える」というときに、今、皆さんは放射能汚染の問題が一番気になっていると思いますし、それを聞きたいと思っただけの方が多いと思います。ただ、私は放射能の専門家ではないので、それなりに勉強した中で、私自身はこうするということを皆さんにお話しできたらと思います。

今回は、「食の安全・安心」の中でも食中毒の話を中心にしたいと思います。もちろん、食だけでは健康は守れません。

ですので、運動やストレスの問題等について、今まで私が研究してきた成果を踏まえながら触れていきたいと思えます。今日お話しする、「食の安全・安心」は、次の六つの内容で構成されています。

- ① 放射能の汚染問題
- ② 食中毒
- ③ 食品添加物
- ④ 遺伝子組換え食品
- ⑤ 残留農薬
- ⑥ 食品偽装

②は、飲食店で食中毒にかかってしまうときは防げませんが、皆さんが知識を持っていただければ、家では簡単に

防げる問題です。③は、表示義務を見ながら、皆さんがどこまで許せるかを考えていただきたいと思います。⑤では、よく中国が挙げられています。確率からいうと、実はアメリカの方が残留農薬の検出頻度は高いです。ただ、中国の野菜がたくさん出回っていますので、中国が目立っているのです。⑥については、二〇〇七年頃、食品偽装についていろいろな問題が出てきました。私は鹿児島で鹿児島黒豚の遺伝子解析を主に研究していましたので、その方向からお話しさせていただきます。

放射能の汚染問題

†ある学会での話

私は放射能の研究者ではありませんが、いろいろな学会に所属しており、たくさんの話の聞いてきました。福島で試験的に一年間米を育て、どれぐらい放射能に汚染されているのかを調べたという研究をされている方がいました。その方は、田んぼをA・B・C・Dと区分けして、その中を非常に細かく調べていったところ、一本の稲ではなく、一粒の米に対して高い濃度のセシウムが見られたと言われていました。そのほかの場所では、ほとんどセシウム

が基準以上検出されないのに、たった一粒にだけ二七〇〇ベクレルという非常に高濃度の濃縮が見られたのです。その研究者は、「だからすべてが駄目なわけではない」と話されました。

ここで皆さんが考えるべきことは、「たった一粒だったら、それ以外は大丈夫かもしれない」となるのか、「もし検査の結果から漏れて入っていたとしたら、そのたった一粒に当たる可能性がある」となるのかということですが、

図1は、放射性

セシウムの一回摂取と長期摂取による体内残存量の経時推移です。先ほどの米一粒は二七〇〇ベクレルだったと言いましたが、一〇〇〇ベクレルのものを一回だけ食べたときと、一年で約一〇〇ベク

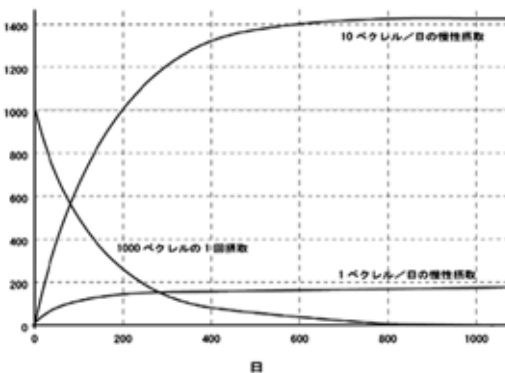


図1 放射性セシウムの一回摂取と長期摂取による体内残存量の経時推移

レル以下になります。しかし、約一〇ベクレルのものを毎日摂取すると、体内の被ばく量は非常に高濃度になってきます。ですから、先ほどのお米の話をどう考えるかというのがそれぞれ皆さんの価値観で変わり、自分の許せる信頼できる方を見極める必要があります。

↑避けた方がいい食品は？

どの学会でも研究者が「これだけは避けましょう」と言われた食品がキノコでした。キノコは重金属をためやすい性質を持っています。

食品の放射線物質の検査は各自治体が行っていて、どのような食材から検出されたか発表しています。宮城県では原木のシイタケ二三件が基準を上回っていました。栃木県も四五件、群馬県は三件、千葉県は四件、岩手県は一八件、神奈川県でも一件上回っていました。データは二〇一二年四月一日以降のもので、静岡県は今回の検査では検出されなかったようですが、広島県でも一件検出されています。ですから今回の原発事故の影響が広範囲にわたっていることが分かるかと思えます。キノコはほんの少量でも吸収して濃縮してしまうので、できるだけ避けた方がいいというお話でした。更にこういうことを言っではいけないのだから

うとその方は言っておられました。特に福島のものに關しては今ではできるだけ避けてほしいということでした。

今、原木という話をしましたが、一般的には木に生やして山で育てるのが原木です。もちろんハウスで育てているところもあります。スーパーに売っているシメジなどの裏に栽培形態として原木か菌床か記述する欄があります。放射物質がよく検出されているのは原木の方です。菌床の方はハウスの中で育てます。ただ、水に含まれていればそれを吸収している可能性はありますが、まだ低い値にあります。よって皆さんは、キノコをどう食べるのか、もしくは食べないのかという話になるわけです。

↑今、問題になっている海洋性の食品は？

表1は、三重大学生物資源学部の勝川俊雄先生のホームページから引用したものです。食物段階によつて分かれているのですが、イカやタコ

表1 水生生物の放射性セシウムの濃縮係数

水産食品名	セシウム (Bq)
イカ・タコ	9
植物プランクトン	20
動物プランクトン	40
藻類	50
エビカニ	50
貝類	60
魚	100
イルカ	300
海獣(トド)	400

(出典)「勝川俊雄公式サイト」
http://katukawa.com/?page_id=4304

は実は非常にセシウムを吸収しにくいそうです。植物プランクトンはセシウム二〇ベクレルですが、食物連鎖によって最終的に魚では一〇〇ベクレルに濃縮されてしまいます。ですから、海が汚染されて二〇ベクレルぐらいというところ魚にはだいたい二〇〇ベクレル含まれていることになるそうです。

一九八五年のチェルノブイリの原発事故では、その一年はスズキからセシウムは出ていません(図2上)。しかし、翌年(一九八六年)に一キログラムに対して九〇〇ベクレルが検出されたそうです。その後、徐々に下がっていき、約一〇年で今の

私たちの暫定基準(一〇〇ベクレル)に入ってくると思います。

一方、小魚などを食べるマダラなどは、食物連鎖によって二年后に高濃度(一六〇〇ベク

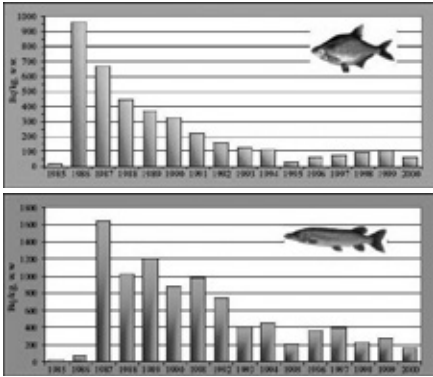


図2 食物連鎖を通じた放射性セシウムの移動(チェルノブイリ事故で汚染されたキエフの貯水湖)
(出典) http://katukawa.com/?page_id=4304

レル)になります。そして、一〇年たっても二〇〇ベクレルを下回らない状態にあるそうです(図2下)。

↑どこまでを良しとするか

これだけ放射線の問題があり、福島周辺のキノコや海産物は危ない状況になっています。では、たとえばすべての商品を静岡県産のもので揃えたいと思っただとしても、すべての栄養素を静岡県産のもので満たすことはなかなか困難です。やはり東北のものを購入しなければならぬときもあるでしょう。そこで、皆さんがどこまで許せるのが食の安心に関わってきます。

今の状態で「100%安全です」と言えるものがあるのかというと、ほとんどないと思っただけだと思っています。なぜなら、その後、私たちの体にどのように蓄えられ、どのような被害をもたらすのかデータも少なく、ほとんどの研究者もまだ分かっていないからです。それを「安全ですか」と聞くのが、まずおかしいのです。安心と思えるところはどこなのか、いろいろな話を聞いて、自分で考え許せるところを決めるのが「安心」ということになります。

↑調理法と食べ合わせ

福島原発事故が起こった後に、かなり高濃度の汚染物質が海に流されました。そこで私は、「魚を食べるのをやめてみよう」と思いました。一ヶ月目はまだ大丈夫でした。二ヶ月目になってくると、魚を食べたくて食べたくて仕方なくなりました。そしてどうなったかというところ、その後一週間、魚ばかり食べ続けたのです。

偏った食べ方をしていると絶対に長続きしません。例えば野菜が切れ始めたら、野菜を無性に食べたくなることはありませんか。私たちは、「危険、怖い」ということである食材を避けても、食べ続けないでいられるわけがないのです。そして、最終的に爆発的に食べてしまいます。

では、どうしていけばいいのかというと、できるだけ調理の方法や食べ合わせの方法で、体内被ばくを避けることを考えていくことだと思います。

まず、放射能セシウムは水に溶けやすく流れていきます。ですから、野菜・果物・穀類は水でよく洗いましょ。昔はエコの考え方で、ニンジンなども包丁の背でさつと落とすぐらいで食べていましたが、今はしっかりと皮をむいてください。それだけでも五分の一から一〇分の一ぐらいは落とせると言われています。

それから、キャベツは外側が甘くておいしいのですが、二三枚むきましょう。中もよく洗ってください。ゆでるとさらに出ます。それから、水で長くさらすことで除去するところができます。ただ、ゆで水は使わないでください。

肉や魚も、焼くよりも煮て、煮汁は食べない方が、セシウムによる体内被ばくを避けられます。また、体の中で解毒作用機能を果たすのが肝臓です。肝臓にはセシウムなども蓄積しやすいので、内臓部分は避けましょう。サンマは内臓がとてもおいしいですが、今回は食べないようにして、気を付けていく必要があります。

また、放射性ストロンチウムは骨にたまりやすいので、魚の骨を揚げて食べるととてもおいしいのですが、今は避けた方がいいと言えるでしょう。

あとは食物繊維です。食物繊維は血糖上昇を緩和すると聞いたことがあると思いますが、一緒に食べるとセシウムの排出を早めてくれます。いろいろなものを一緒に取り込んで外に出してしまう腸内の掃除の役割があるので、セシウムの排出を早めるために、食物繊維をたくさんとるようにしましょう。食物繊維には水溶性と不溶性があり、排出しやすいのは水溶性の食物繊維です。例えば果物に含まれているペクチンです。ですから、リンゴなどを食後に一緒

に食べる。それから、海藻類には、排便を促すアルギン酸が豊富に入っています。夜に手のひらに少し盛ったぐらいの刻み昆布を食べるだけで、次の日に下すように出てくるほど昆布は排便を促します。セシウムが気になる方は昆布と一緒に食べるとか、寝る前や小腹がすいたときに昆布を食べるなどして排便を促してほしいと思います。

それから、免疫力を高めることも必要です。ガンなども、免疫力を高めた食材を摂取するといわれていますが、キールードは「抗酸化」です。体の中が酸化されると遺伝子が傷ついてガンになっていくという話をよく聞くかと思えます。それに効くのが赤ワインなどのポリフェノールです。それと同じで抗酸化機能のあるビタミンが、ビタミンC、ビタミンA(β-カロテン)です。

ビタミンCはレモンや果物に多いのですが、ビタミンCを摂取したいときに栄養士がよく使うのが、ブロッコリーです。ブロッコリーは野菜の中でも非常にビタミンCが豊富で、たくさん食べることができます。それから、ビタミンEはナッツ類にありますので、一日一〇粒程度食べていけばいいかと思えます。β-カロテンはニンジンなどに多く含まれる、ビタミンAと言われるものです。

そしてポリフェノールです。静岡ではお茶をよく飲まれ

ますね。お茶は非常に抗酸化作用があります。ポリフェノールの一種であるカテキンがその効果を発揮しています。それから、アントシアニンは、なすや赤シソに入っています。赤紫色をした色素のことです。あとは大豆サポニンが大豆にはあるので、高野豆腐など大豆製品をよく食べるといいでしょう。免疫力が上がります。

そのほかの成分としては、リコピン、クリプトキサンチンがあります。トマトに入っているカロテノイドのひとつをリコピンといいます。クリプトキサンチンはミカンの中に入っています。お茶でカテキン、ミカンでクリプトキサンチン、静岡の食材を食べていると、意外に免疫力を高めていることとなります。

まったく違う話ですが、健康寿命という言葉があります。介護なしで生きられる期間のことですが、それが全国で一番長いのは静岡県です。ですから、免疫力を高める食材を自然と習慣的に取り入れているということが、健康寿命を延ばしているのではないかと思えます。

＋セシウム、ストロンチウムを体内に取り込まないようにしよう

図3は化学の授業で出てくる周期表で、縦が同族を示しています。セシウム(Cs)はカリウム(K)、ストロンチ

ウム (Sr) はカルシウム (Ca) が同族になります。私たちが微量栄養素として必要とするのが、カリウムとカルシウムですから、これを満たす食材をたくさん取っておくと、間違つてセシウムやストロンチウムが吸収されにくくなる可能性があります。逆に不足すると、同族ですからセシウムやストロンチウムを体内に吸収してしまう恐れがあります。ではどんなものにカルシウムが多いかというと、小松菜です。ゆでて一人が食べるぐらいの量 (八〇グラム) で二二三ミリグラムも入っています。それから牛乳です。ヒジキも乾燥した量の八グラムで一・二ミリグラムです。そして凍り豆腐が二〇グラムで一・八ミリグラム入っています。一日に六〇〇ミリグラム取ろうと言われているので、それ以上を毎日取るようにすることを心がけましょう。カリウムは、わかめ、納豆、アボカド、山芋などに多く

Periodic Table of the Elements

1 H																	2 He
3 Li	4 Be											5 B	6 C	7 N	8 O	9 F	10 Ne
11 Na	12 Mg											13 Al	14 Si	15 P	16 S	17 Cl	18 Ar
19 K	20 Ca	21 Sc	22 Ti	23 V	24 Cr	25 Mn	26 Fe	27 Co	28 Ni	29 Cu	30 Zn	31 Ga	32 Ge	33 As	34 Se	35 Br	36 Kr
37 Rb	38 Sr	39 Y	40 Zr	41 Nb	42 Mo	43 Tc	44 Ru	45 Rh	46 Pd	47 Ag	48 Cd	49 In	50 Sn	51 Sb	52 Te	53 I	54 Xe
55 Cs	56 Ba	57 La	58 Ce	59 Pr	60 Nd	61 Pm	62 Sm	63 Eu	64 Gd	65 Tb	66 Dy	67 Ho	68 Er	69 Tm	70 Yb	71 Lu	
87 Fr	88 Ra	89 Ac	90 Th	91 Pa	92 U	93 Np	94 Pu	95 Am	96 Cm	97 Bk	98 Cf	99 Es	100 Fm	101 Md	102 No	103 Lr	

図3 元素の周期表

含まれています。果物にも多く含まれているので、高血圧の患者さんにもできるだけ果物を取ろうという話をします。これらの食品をたくさん食べて、体内に取り込む可能性を少しでも抑えたいものです。図4は、デザイナーフーズ・ピラミッドといえます。ガン予防のためのリストで、上から、んにく、生姜、ニンジン、キャベツ、その下が玉ねぎ、お茶、ターメリック (うこん)、玄米、一番下に、メロン、パジルなどと書いてあります。上に行けば行くほどガン予防の効果が高く、免疫力が上がると思われる食材になります。こういう食材も毎日の中でうまく取り入れて行きましょう。ここまでが放射能の食品の話です。食べ合わせによって自分たちで体外に出すことができるということですから、選択の時点で出来る限り排除するのか、それとも、どの道食べなければならぬのであれば調理法を工



図4 デザイナーフーズ・ピラミッド

夫して食べていくのかということをご自身で考えて、安全か安心を得ていただきたいと思っています。

食中毒

分類と発生原因

食中毒は知識のワクチンと言われている方がいるように、知っておくと予防ができます。

食中毒は微生物性、自然毒、化学性の三つに分類することができます(図5)。私たちがよくかかるものは微生物性の食中毒で、細菌性とウイルス性のものがあります。自然毒食中毒は、間違つて毒キノコなどを食べてしまうような場合です。

食中毒の発生原因になるものの中で一番多いのが細菌、ウイルスです(図6)。このウイルスはほとんどノロウイルスで、生カキに多く存在し、冬になると発生し始めます。

季節別発生状況

暖かい時期になると、皆さんも

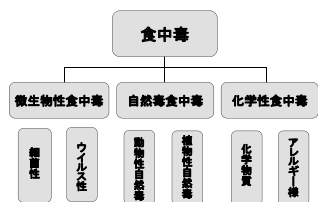


図5 食中毒の分類

気を付けるので、細菌性の食中毒はだいぶ少なくなってきました(図7)が、九月は少し増えます。一二月に食中毒が多いのはノロウイルスが増えるためです。二〇一一年度は二月の寒い時期にかなり細菌性の食中毒が増えています。条件さえそろえば菌は非常に速いスピードで増殖するので、少し気が緩んでしまうところのような結果になってしまいます。

代表的な微生物の食中毒には、腸炎ビブリオ、サルモネラ、ノロウイルス、黄色ブドウ球菌、腸管出血性大腸菌(O157/O111)、ボツリヌス菌があります。

黄色ブドウ球菌

黄色ブドウ球菌は私たちの体にも存在します。生体外毒素型でエンテロトキシン(毒素)を産生します。エンテ

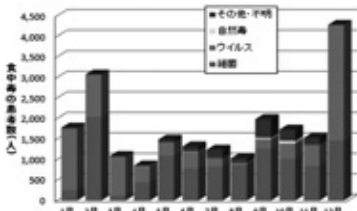


図7 月別食中毒患者数(2011年)
(出典) 農林水産省ホームページ

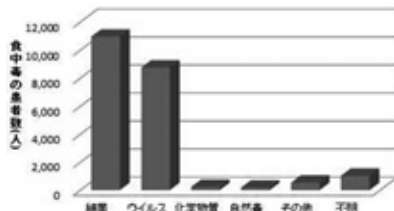


図6 食中毒の原因(2011年)
(出典) 農林水産省ホームページ

ロトキシンはタンパク質ですが、一〇〇度で沸騰させても壊れません。傷ができて化膿するところにたくさんすんでいます。鼻や耳などどこにでも存在します。

これはスタヒロコッカス属の菌なのですが、普通私たちは皮膚常在菌としてブドウ状球菌を持っています。私たちが他の菌から守ってくれているのです。しかし、その中で、スタヒロコッカス・オウレウスというブドウ状球菌が存在すると、食中毒の原因となってしまう。「ブドウ状」という名前は、ブドウの房のような形をしていることから名付けられました。

ではどのように予防していけばいいかというと、手指に傷がある場合、直接食材に触れず、手袋をしてください。それからピアスを開けられている方は、そこにも存在しますので十分注意してください。黄色ブドウ状球菌は冷蔵領域では増殖できないので、低温管理を徹底し、あまり室温に放置しないようにすることが重要になります。

では、毒素型というのはどのようなものでしょうか。包丁で傷を負った手でおにぎりを握ると、ブドウ状球菌はおにぎりにくっつきます。毒素型というのは、ブドウ状球菌がたくさん増え悪さをするのではなく、ちょうどいい温度帯になったときに沢山増えた黄色ブドウ状球菌がタンパク

質（毒素・エンテロトキシン）をたくさん産生します。そして、おにぎりをお弁当に持っていき、温め直してから食べようかと電子レンジでチンします。ブドウ状球菌は死にますが、毒素は一〇〇度でも生き残ります。こうして食中毒を起こしてしまうのです。ですから、ブドウ状球菌は付けない、増やさないことを徹底しなければなりません。絶対に傷を負っている手で、そのまま食べるようなおにぎりなどに触れないことが重要です。

鼻の穴からも、たくさんブドウ状球菌が採れます（図8）。子どもがたまに食べたりますが、なぜ食中毒にならないかという点、増殖しないうちにすぐに胃に入ってしまうため、胃酸で死滅してしまうからです。これがずっと増殖されて、毒素のタンパクを作ってしまうと食中毒が起きることになります。

黄色ブドウ状球菌の食中毒事例で皆さんの記憶に新しいのは、おそらく雪印事件でしょう。牛乳を飲んで食中毒にかかった方がたくさん出ましたが、どうしてそうなったかという点、北海道の積雪の時期に、工場の屋根の上に雪がたくさん

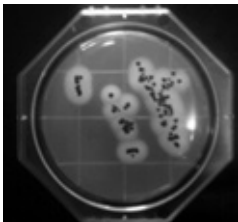


図8 鼻の中の黄色ブドウ状球菌(TGSE寒天培地使用)

積み重さで電線が切れて停電が二時間おこったそうです。牛乳は約一二〇度二秒で煮沸消毒するので、大丈夫だろうと思っただけです。ただ、牛乳を作る過程で黄色ブドウ球菌に汚染されており、二時間ぐらい停電している間に黄色ブドウ球菌は毒素を大量に作っていて、一二〇度二秒の加熱では毒素が残ってしまい食中毒を起こしてしまっただけです。

↑腸炎ヒブリオ

腸炎ヒブリオは海に多くすんでいる菌で、日本人が初めて発見しました。魚を生食するので、日本でかなり感染が見られます。発育が極めて早く、ほかの食中毒は二〇分に一回細胞分裂しますが、腸炎ヒブリオは八分から一〇分に一回菌を増やしていきます。そして非常に塩分を好み、海水の中に多くすんでいます。

ではどのように予防すればいいかというと、魚を真水で洗うことです。それだけでかなりの量が死滅します。それから非常に熱に弱い菌です。六五度で一分加熱すればいいのですが、中まで浸透していた場合、中心温度が六五度に達するには、やはり五分から一〇分、焼いたり煮たりすることが重要だと思います。表面に付いているものは六五度

一分ですぐに死んでしまいます。

そして、魚調理をした後の包丁とまな板を使って、生食で食べるものを切らないでください。魚を切った後は必ず腸炎ヒブリオがいますから、まな板と包丁を熱湯消毒します。それから、この菌も低温ではあまり繁殖しないので、低温管理を徹底してください。

私はずっと食品衛生の授業にかかわっていて、このような菌を培養することがあるのですが、東北の地震以降、なぜか腸炎ヒブリオ菌が採れなくなっています。恐怖をおおるようですが、微生物が生きられないほど汚染されているのか、それとも除染として徹底して洗われているのかわかりません。

腸炎ヒブリオによる食中毒は、一九五〇年にしらす干しの食中毒で一六名が亡くなっています。一九九九年にアオヤギでも一人死亡しているので、注意しなければならぬ食中毒の一つです。

↑カンピロバクター

カンピロバクターという鶏肉に多く含まれている菌があります。好気性（酸素が少量のときに生きられる）で、三から一五パーセントの酸素中で発育できます。ですから、

普通の大気中ではそんなに簡単には発育できないのですが、今、このカンピロバクターが非常に食中毒の中で多くなってきたいます。鶏肉を使った加工食品の中で繁殖してしまふ場合があります。カンピロバクターは、感染型の食中毒ですから、菌が少量でも中毒を起こします。

予防のポイントは、これも調理後の器具の熱湯消毒、および手指の十分な洗浄です。手から手へ、また手からほかの食材へ移さないようにします。中心温度が七五度一分以上加熱しましょう。それから、生食と調理済み食品を別々に保管します。また、カンピロバクターはペットにも非常に多くすみついていますので、調理台、食台に上らせないようにし、料理するときにもペットがその辺をうろつかないうよう、十分にしつけをしておく必要があります。ペットからの感染がとても多いです。

†サルモネラ属

昔サルモネラ菌は卵の殻に多く存在していました。なぜかという、昔は産んだ卵をそのまま売っていましたので、卵の殻から感染してしまう人が多かったのです。しかし、今は卵の殻をきれいに洗浄していますので、サルモネラにかかるとはなくなってきました。それでも鶏肉や食肉

を主な感染源としてかかる人がいます。それから、少量の乾燥では生きられるとても強い菌です。

殻の周りに付いていることをオンエッグ (On Egg) というのですが、生卵を食べるときに注意しなさいと言われるのは、まれにインエッグ (In Egg) があるからなのです。ただ日本では〇・〇三パーセントで、そんなに確率は高くないのですが、欧米に行くと〇・五パーセント、サルモネラ菌が中に入り込んでしまっていることがあります。特に海外旅行に行ったときには、疲れがたまって免疫力が低下していますので、生のもので出たときはできるだけ食べないのも予防のポイントだと思います。

サルモネラ菌も予防のポイントは、調理器具の十分な加熱、指の十分な洗浄です。そして、食肉の生食は避け、七五度一分以上、中心まで火を通すことが重要です。卵や生肉の低温管理も重要です。ほとんどの菌が同じような予防ポイントになります。

†エルシニア・エンテロコリチカ

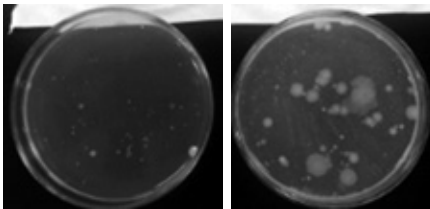
ただし一つだけ注意してほしいのが、エルシニア・エンテロコリチカという菌です。これは四度以下でも発育するため、冷蔵庫に入れていても発育してしまいます。特に豚

が保菌しています。それから人や動物のふん便にもいるので、ペットがいる方は注意した方がいいでしょう。

これはほとんどのものに言えますが、七五度一分以上の加熱、それから、十分な洗浄が予防対策です。魚や豚肉は寄生虫がいるので必ず中まで火を通します。生の豚肉を触った手でほかのものを触って増えることもあります。消費期限は必ず守るようにしてください。魚なども、少し過ぎていたらしょうゆ漬けにして、焼いて食べてください。生食で食べるなら、買ってきたその日のうちに食べるように心掛けてください。

↑ 冷蔵保存と室温保存

図9は冷蔵保存した鶏ひき肉と室温保存したもので、どれぐらい菌量が変わるのかという実験を行った結果です。一般生菌なので、カンピロバクターも黄色ブドウ球菌もいる状態です。左側は冷蔵保存で、右側が室温で二、三時間出しっ放しにした状態です。冷蔵保存の方では、食品一グラム中に



食品1g中 35万8,500

食品1g中 36.7億

図9 鶏ひき肉の冷蔵保存(左)と室温保存(右)の違い

三五万八五〇〇の菌だったのに対して、室温保存したものは三六・七億個いました。二時間くらいで二〇〇〇倍以上増えていくので、できる限り「忘れていた」ということがないように、帰ってきたらすぐに冷蔵庫に入れてください。

↑ 病原性大腸菌

病原性大腸菌は去年(二〇一一年)死者も出して有名になりましたが、六つのカテゴリーに分類されます。皆さんがよく知っているのは腸管出血性大腸菌です。そして、O157、O111、O104という名前がありますが、Oというのは血清型のことです。111や104などは何番目に見つかったかということです。ですから、O157は一五七番目に発見された菌であり、O血清型は一七〇種類以上確認されています。

これは生食を避けることがポイントなのですが、今年(二〇一二年)の七月一日にレバーの生食が禁止になりましたから、ある程度下火になってくるのではないかと思います。これも七五度一分以上の加熱調理をすれば大丈夫です。腸管出血性大腸菌による食中毒は、去年(二〇一一年)の「えびす」や、欧米でもO104で死者が一六名出ています。欧米では感染源を間違えてしまったため、非常に感染が広がっ

てしまいました。ですから、食中毒が起こったときにはすぐに病院に行つて原因を追及することが大事です。この場合はきゅうりが原因と騒がれていましたが実際の原因はスプラウト（かいわれ大根）でした。

もう一つ、皆さんの記憶に残っているか分かりませんが、一九九六年に学校給食で、死者三名、患者八〇〇〇名を出しました。この原因がかいわれ大根だったのです。この事件以降、学校給食はすべて火を通して、生野菜は出さないことになっていきます。ですから、火を通せば、こういうものに感染するのは二次汚染以外ないことになります。

次に皆さん、家で台ふきをされると思いますが、その台ふきを洗つて日に当てて乾燥させるだけでは、ふきん一グラム中に大腸菌群は三五万八七七個います（図10右）。ですから、皆さんがきれいに洗つて、きれいに机をふいたと思つても、そこから大腸菌群を増やしていることになります（そのうち先ほどのような大腸菌は一〇二個存在しています）。では一〇

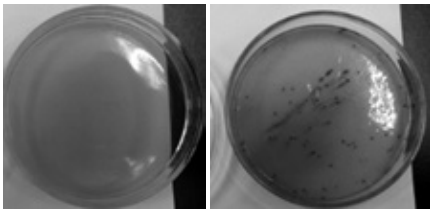


図10 台ふきの煮沸滅菌後(左)と通常洗濯後(右)の違い

分間煮沸したらどうなるかというと、図10左のように全くいなくなります。ですから、ふきんもできるだけ熱湯消毒したり、ハイターに漬けるなど、小まめな管理が必要になってきます。

↑ウエルシユ菌

今までお話した菌は、七五度一分以上だとたい死ぬような菌でした。ここからの菌は芽胞形成菌といって、芽胞(芽のようなもの)を持っています。これは休眠型といって、普通の温度帯では発育しません。菌を殺そうと一〇〇度で加熱すると突然休眠型から栄養型に変わってしまう菌なのです。煮沸後に三七度ぐらいの状態ですつと置いてみると目覚めさせることになります。

どういうものにいるかというと、実は発酵食品に使われています。バチルス納豆という納豆菌(枯草菌)が芽胞を形成しているのです。稲わらを煮沸して、その後煮大豆を入れて三七度に保つことによって、納豆が作られます。一〇〇度に稲わらを煮沸する理由は、他の雑菌を殺し、納豆菌の中の芽胞を目覚めさせるためです。ですから、芽胞を持つ菌のすべてがやっかいで悪いわけではありません。

ウエルシユ菌は芽胞を形成し、偏性嫌気性で、酸素があ

る状態では生きられません。ですから、大気中に出してればほとんど死んでしまいます。では、どういうところで起るかというと、大量に作ったカレーの、表面にはないのですが、中で増殖してしまいます。カレーなどは大量に作ると家庭が多いかと思いますが、何度も火にかけますね。これが冷める間に栄養型になったウエルシュ菌が増殖してきますので、もう一度食べるときに加熱してないと食中毒にかかります。最近、この事例が非常に増えていきます。

ですから、余ったものは小分けにして、短時間で冷却してください。そして、すぐに低温保存してください。この菌も低温では生きられません。あとは、食べる前に必ずグツグツ煮立つほど再加熱してください。自分が食べられるほどの温め方であつたら、一気に増殖してしまいます。

それから、食肉、魚介類、野菜などの調理では十分に熱を通してください。ただ芽胞があつても、十分に加熱し調理後すぐに食べてしまえば安心です。

†セレウス菌

次に、セレウス菌も芽胞を形成しています。嘔吐型、下痢型の二種類あります。これは穀類の大量調理、スパゲティーやチャーハンをたくさん作り、それを置いておいた

ときに発生してしまう菌です。これも再加熱が重要なのですが、できるだけ穀類に関しては、食べきる分だけ作ってください。加熱調理した食品は放置しておくのではなく、冷蔵庫に入れて保存し、食す前には必ず加熱してください。

†ボツリヌス菌

ボツリヌス菌という名前を聞いたことがあるでしょうか。これは非常に強い毒素を形成する芽胞形成菌です。実はボツリヌス菌の毒素は、二五グラムで全世界の人を抹殺できると言われるぐらい、非常に強力な毒性を持っています。しかしあまり耳にしないのは、偏性嫌気性なので普通の空気にさらされると死んでしまうからです。土の中など酸素の無い場所に存在しています。ですので多くは、真空パックの商品が感染源になっています。

一九八四年に熊本の子蓮根で死者が一名出ました。神経伝達にはアセチルコリンという物質を介するのですが、神経末端部にあるタンパクにボツリヌス菌が作用し、そのタンパクを切断してしまうのです。それでアセチルコリンが使えなくなり、いろいろな神経の麻痺が出てきます。

初期症状は消化器官の症状が見られるのですが、目に来ることが多いそうです。ですから、何か真空パックのもの

を食べて、少ししてからまぶたが閉じられない、目の焦点が合わないなどのときは、すぐに病院に行き、「真空パックのものを食べました」と必ず言ってください。対処法を間違えると死に至りますが、ちゃんと対処していただければ助かる確率も高いです。これは、脳はやられず、呼吸器系が止まる毒ですので、非常に苦しい思いをして死ぬことになりません。

最近出てきた例では、「あずきばっとう」という岩手県の郷土料理を真空パックにしたものを食べた鳥取県の六〇歳代の夫婦が呼吸困難、言語障害を訴えて病院に搬送されました。今も意識不明の状態が続いているそうです。

では、どのように見分けるのでしょうか。まず真空パックで膨らんでしまっているものは、捨ててください。「食べられるのではないかな」と思うのではなく、必ず捨ててください。

もう一つ、このボツリヌス菌は毒素を出しますが、ブドウ球菌の毒素とは違って熱に弱いので、加熱すれば毒は死んでしまいます。ですから、調理済みの真空パックのもの、必ずしっかりと加熱をして食べるようにしてください。

↑静岡県内の食中毒の発生状況

二〇一二年六月一日現在、西部で六名、浜松市で三七名の患者さんが出ています。東部で一六名、静岡市で二名です（表2）。四件で合計六一名の方が食中毒にかかってしまっている状況です。すべて自宅ではなく、食堂などによつています。それから、六月五日に、もんじゃ焼き店にてノロウイルスが発生してしまいました。これはカキのバター焼きで、ちゃんと加熱されていなかったものを食べてノロウイルスに感染してしまったという例です。全国的レベルから見ると静岡は少ない方で、非常に優秀です。

表2 静岡県内の食中毒発生状況(2012年)

日時	管轄保健所	患者数(人)	施設(業種)	原因物質	原因食品
12/27	西部	6	食堂	ノロウイルス	会食料理
3/3	浜松市	37	食堂	ノロウイルス	会食料理
3/25	東部	16	すし屋	ウエルシュ菌	会食料理
6/5	静岡市	2	食堂	ノロウイルス	牡蠣

※2012年6月11日現在 4件61人
(出典) 静岡県ホームページ

↑細菌性食中毒を防ぐために

おさらいですが、非常に簡単な三つの原則があります。絶対に菌を付けない。増やさない。そして最終的にやっ



図11 家庭でできる食中毒予防の6つのポイント

けましょう、加熱をしつかりするという事です。

「家庭でできる食中毒予防の6つのポイント」という厚生労働省から出されている、食中毒予防のパンフレットがあります(図11)。

「食品の購入」のときは、消費期限を必ずチェックしましょう。切れているものはないですか。そして、肉と魚はそれぞれ分けて包むということです。なぜかという、やはり汁が垂れて、それが野菜にかかっているのに気付かず軽く洗って食べ、腸炎ビブリオの食中毒にかかったという人もいますからです。ですから、パックのものでも、必ずもう

一度袋に入れて分けてください。それから、短時間で爆発的に菌が増えるので、寄り道しないで真っすぐ家に帰りましょう。これが購入の際のポイントです。

次に、「家庭での保存」です。帰ったらすぐに冷蔵庫に入れましょう。皆さんの冷蔵庫には食品がどれぐらい入っていますか。冷気を保つためには七割が限度です。それ以上入れてしまうと、温度が高くなってしまつて、下手すればエルシニアなどが爆発的に増えてしまいます。ですから、たくさん買ってくるのではなく、冷蔵庫の七割ぐらいに収めるようにして、冷気がちゃんと届くようにしておいてください。冷蔵庫の中でも、もちろん魚・肉は包んで、汁がこぼれない状態にしておいてください。

「下準備」の段階では、手は小まめに洗ってください。手には皮膚常在菌としてブドウ球菌がいるという話をしましたが、中に黄色ブドウ球菌も少しはいますので、必ず手は洗うようにしてください。

先ほど言いましたが、台ふきやタオルは小まめに洗濯して、消毒してください。

パンフレットは冷蔵庫に張っておいて、たまに確認しながら注意していただきたいと思えます。

↑手指菌の検査

手指の菌の検査も学生と一緒にを行いました(図12)。Aがそのまま今の状態の手です。Bが手を洗ってハンカチでふいたもの。Cが手を洗って滅菌したガーゼでふいたもの。それから、七〇パーセントエタノールで消毒したものがDになります。

人によって持っている菌数はそれぞれ違います。Aの写真のように菌がいます。手を洗ってハンカチでふいたBでは、そんなに菌は落ちません。皮膚常在菌もいますが、実はハンカチにも菌がいます。ポケットの中にずっと濡れたハンカチを入れて一日中それを使っていると、ここでも菌が増えますので、ハンカチでふいた方が手洗い前より増えるときもあります。気を付けてください。

せっけんで手を洗って滅菌ガーゼでふいても、Cの写真ぐらいは

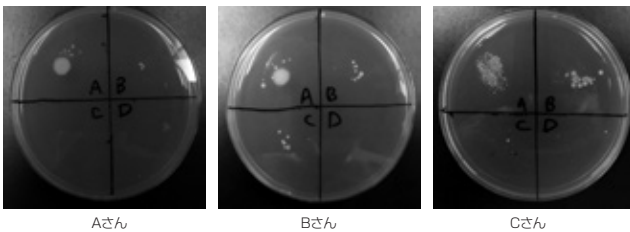


図12 手指菌の検査(2012年10月5日)

残ります。七〇パーセントエタノールで、すべて殺菌できることになりました。ただ、だからといって、むやみに七〇パーセントで消毒していると、自分の皮膚を守ってくれている常在菌を殺してしまいますので、ほかの菌に感染してしまう恐れがあります。外に出て帰ってきたときは、必ず七〇パーセントで消毒する、それぐらいはしていただきたいなと思います。

↑先人の知恵から学ぶべきこと

先人の知恵から学ぶべきこととして、すしと日の丸弁当を挙げました。

日の丸弁当の梅干しには抗菌効果作用があります(図13)。それぞれ左のシャーレが一〇倍希釈されたサンプルです。シャーレに菌が塗られていて、梅干しを一〇倍希釈するとほとんど効能は出ませんが、梅干しの周りだけ少し円(阻止円)ができています。この部分だけ菌が増殖しなかった、抗菌効果を示しました。大腸菌に対し

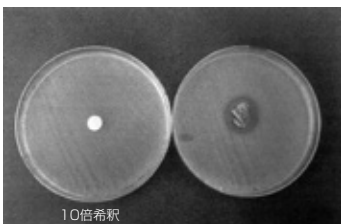


図13 梅干しの抗菌効果(サルモネラ菌)
(出典) 東京都衛生局生活環境部食品保健課



図15『東京新聞(夕刊)』1996年8月10日

ても同じように抗菌の作用があり(図14)、意外に日の丸弁当というのは理にかなっているのが東京都衛生局の実験データからわかります。

次に緑茶も殺菌作用があります。図15は東京新聞夕刊の記事です。通常のお茶を入れたとき

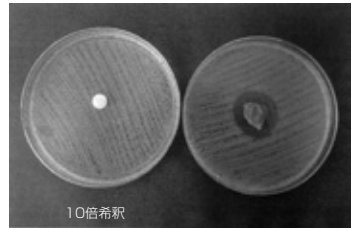


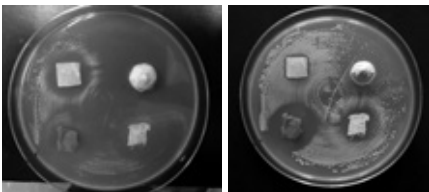
図14 梅干しの抗菌効果(大腸菌 O-157)
(出典) 東京都衛生局生活環境部食品保健課

いものはあまり抗菌効果を示さないという研究結果もあります。

四八時間もおすしを常温で置くことはありませんが、実験では三七度で培養しており(図16右)梅干し、酢、わさびも非常に高い抗菌効果を示しています。生姜は少なくなっていますが、このようにおすしというのは、知ってか知らずか、食中毒が起らないよう

に、一万個いた菌が一時間後にだいたい一〇〇分の一、最終的に五時間後には〇になるという抗菌効果がありました。ですから、「ちよっと痛んだものを食べたかもしれない」というときには、お茶を飲むようにすると食中毒を防ぐ可能性があります。

図16は、私が行ってみた抗菌実験です。写真はそれぞれ、普通に売られているガリ、本わさび、梅干し、酢です。おすしは、黄色ブドウ球菌にたいして抗菌を示していることが分かります。二四時間経過後、本わさびは非常に抗菌効果があり、(図16左) 四八時間後も持続していますが、チューブの本わさびと書いていな



24時間培養結果 48時間培養結果
図16 黄色ブドウ球菌 抗菌実験(ガリ、梅干し、わさび、酢)

に工夫されているのです。ですからおすしを食べに行ったり、ときにガリを食べたり、お茶を飲んだりすることで生食による食中毒を防いでいることとなります。

いろいろな食品で力を発揮する微生物

ここからはいろいろな食品に力を発揮している微生物の話、私の研究経験から少しいたします。鹿児島県の伝統食品である福山黒酢には、乳酸菌が主に関わっています。

福山黒酢というのは、江戸時代から二〇〇年以上続く鹿児島独自の酢で、色が黒いことから黒酢と呼ばれていて、自然の微生物を用い、ほとんど人の手は加わっていません。つばに材料を加えるだけで自然発酵と熟成によってお酢を作っています(図17)。これにはいろいろな効能があると言

われており、血圧の調節作用、脂質代謝の改善、血糖値の調節など、ほかにも多くの研究者が研究して、いろいろな効能があることが分かってきています。

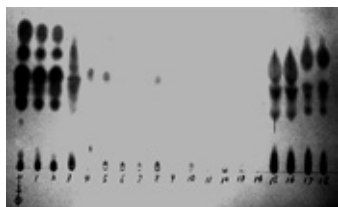


図17 福山黒酢

酢を作るときには、米の炭水化物をアスペルギルス・オリゼーという麹(カビ)がグルコースまで分解します。このグルコースを、腸内環境にいいと言われる乳酸菌が食べて、酸を作ります。それから、酵母菌がグルコースを食べてアルコールに分解していきます。そのアルコールを酢酸菌が食べて酢ができていきます。

最初にグルコースができてくると、乳酸菌が爆発的に増加します。この乳酸菌はいつたい何をしているのかというと、実は乳酸ができることによってpHが下がるため、他の雑菌を殺す作用があるのです。それによって、酸に強い酵母だけが生き残り、うまくアルコール発酵が進むことになります。乳酸菌は、自分で出した酸で、死んでしまうこともあるちよつとおつちよこちよいな菌でもあります。

図18では、簡易的な方法でアミノ酸を測っています。左側が鹿児島島の黒酢、右側が同じ黒の、ブドウから作るイタリアのバルサミコ酢、真ん中が市販の酢です。アミノ酸量のスポットが大きいほど非常にたくさん量が含まれ、ス



黒酢0~2、市販酢4~14、ハルサミコ酢3:15~18
図18 黒酢と市販酢の遊離アミノ酸量

ポット数が多いほど多種のアミノ酸を含有していることを示します。バルサミコ酢に比べると、黒酢では検出されるアミノ酸の種類が多く、うま味が増えています。

微生物がいろいろなタンパク質、ペプチドなどを作り出して、先に述べたような効能を与えているのです。

また、鹿児島では静岡と同様、水産業も盛んで、鹿児島のある会社の酒盗に関する微生物を調べました。先ほど皆さんにブドウ球菌はスタヒロコッカス属だとお話ししましたが、実は鰹の酒盗にもたくさんスタヒロコッカス属が存在しています(図19)。食中毒が起こるのではないかとと思われるかもしれませんが、スタヒロコッカス属の中には先にあげた手指の常在菌や、発酵食品の匂いに関係する菌もいて、特に魚系の発酵食品にはいい香りを出す役目を果たしているスタヒロコッカス属が存在します。このように微生物や細菌は私たちの食品保存のため、健康のため、おいしさのためになくてはならない存在でもあるわけです。

皆さんは同じような食品

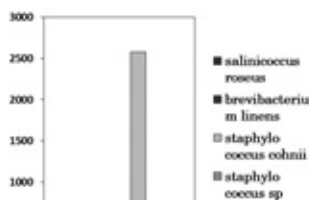


図19 鰹の酒盗に含まれるスタヒロコッカス族

を購入するときに、値段の安いものを選びますか。それとも、少々高くても食品添加物の少ない方を選びますか。どちらかを選ばれるわけですが、消費者の選択が企業を動かします。安い方が売れば、コストをできるだけ下げようとする力して、すべてが悪いわけではないですがいろいろな食品添加物が入っていくこととなります。

この鹿児島黒酢も一リットル三〇〇〇円ぐらいです。伝統食品は非常に高いのですが、普通の酢に比べるといろいろな効能が含まれています。伝統食品は高いから買わないのか、それとも守っていくのかは、消費者の私たちが考えていかなければなりません。安全は提供されるものではなく、獲得していくものだと考えてみましょう。

食品偽装

食の安全・安心では、食品偽装の問題もあります。今までのいろいろな偽装がありました(図20)。皆さんの記憶に新しいのが、船場吉兆の食べ残しの再利用事件でしょう。それから、「白い恋人」の賞味期限偽装、赤福による消費期限偽装がありました。さらにはミートホープが、豚肉・鶏肉などの混合を牛ひき肉として売っていたものや、ウナギの

産地偽装が挙げられます。

食べ残しの再提供をさせないために、皆さんもできることがあります。残したものをすべて混ぜてしまってください。洗ってまでは使わないと思いますから、パセリなども残したものがあれば、小さく刻んでしまうなど、次の人のことを考えて行動を起こしていただければ、偽装にはつながりません。

賞味期限は、非常に早い段階で期限としています。ですから、少し長く置いてもおいしく食べられると思いますが、その関係もあって、おそらく「まだ食べられる、もったいない」という日本人の心が偽装につながってしまったのだと思います。

研究者が最近行っていたのは、食品偽装を遺伝子から追跡するということでした。食品からDNAを抽出して、PCRという遺伝子をたくさん増幅する機械で遺伝子を増幅

2002年	食肉偽装事件（雪印食品関西ミートセンター、本社ミート営業調達部偽装30トン） 福岡食肉会社、輸入スジ肉120トン 日本ハム（株）内部告発、牛肉偽装
2003年	飛騨牛偽装事件
2007年	船場吉兆による食べ残しの再提供 石屋製菓に「白い恋人」の賞味期限偽装 赤福による消費期限偽造（10月）
2007年	ミートホープによる豚肉・鶏肉等の混入 挽肉販売
2008年	うなぎ産地偽装

図20 残留農業以外の輸入および食品偽装による国内の食の問題

した後に遺伝子を同定します。それから、制限酵素という酵素を使って、増幅した遺伝子のバンドの長さを確認するという方法を使います。

静岡理工科大学では、ウナギの簡易遺伝子判定法を確立しました。そうすると、いつ検査されるか分かりませんが、かなり高い確率で偽装がなくなっていくこととなります。

鹿児島黒豚のルーツを探る

私は偽装の問題よりもルーツを探ることに携わっています。鹿児島黒豚は、鼻と足と尾が白くて「六白」といいます（図21）。この状態で黒豚の見分けはつくのですが、肉になったときに本当に黒豚肉かどうかは、相当な目利きでないと消費者には分かりません。そのために鹿児島県では、黒豚認定のシールなどを作っているのですが、これも偽造できますので、その偽造シールを張られてしまふということが起こってきます。

それで私は遺伝子解析を始めたのですが、豚は



図21 鹿児島黒豚

非常に雑種なのです。いろいろな豚がいて、交配も複雑です。黒毛で非常に美味しいと言われる代表的な豚がスペインのイベリコ豚です。これは、牛肉に近い味がし、ドングリのみで育てられたものです。それからヨークシャー、ランドレースという白豚、ハンプシャーといって、体のところが少し白い豚、それからデュロックが赤毛です。栃木県には、デュロックとヨークシャーを合わせていて、非常においしいと有名な豚がいます。それから黒毛の中にはパークシャーという英国の豚もいます。

鹿児島黒豚は、そのパークシャーと、もともと鹿児島にいた島豚を掛け合わせて作られたものです。種になっていく豚の血液から遺伝子を採取して、どういう系統に分けられるのかを調べました。そうすると、鹿児島黒豚の純系もいますし、メイシャン豚という中国で非常においしいと言われている黒毛豚の純系もありました。それから、鹿児島黒豚の純系かメイシャン豚の純系と島豚の混合の遺伝子が出てきました。この研究で白豚は判別がつかのですが、黒毛の豚だと非常に遺伝子が似てきて、判定がつかなくなってきました。

では黒毛豚の遺伝子解析をしてみようということで、沖縄の島豚、スペインのイベリコ豚、中国のメイシャン豚と

いう、おいしいと言われる豚について、黒毛豚の遺伝子解析をしたところ、九パーセントが猪豚と相同性を示しました。

猪豚というのは、中国のメイシャン豚と猪の掛け合わせとされています。そこで、おいしいと言われているのは鹿児島黒豚ではなく、実はメイシャン豚が由来しているのではないかと、黒毛豚と遺伝子の関係について現在は調べられているわけです。

このように偽造の判定ではなく、おいしさを追求しようと思った一つの理由は、ある日Aさんに言われたことがきっかけでした。「偽装は問題かもしれないけれども、その人が信じておいしいと食べているものを、遺伝子レベルで追求して、違うと判明して……、おいしいと思って食べていた人の気持ちはどうなるのか。また、どうするのか」と。そこで初めて、消費者には、正義だけがすべてだと思っていない人もいるということに気付かされたのです。

では、消費者は食に何を求めているのか。価格の安さですか。それともおいしさですか。それとも、コストが高くても害にならないものを求めていますか。自分が求めているものが何かによって、安心・安全というものが変わってくるのです。

ですから、自分は一体何に目標を定めて食べていくのか。ただ単に生きるために食べていくのか、おいしさ求めていくのか、健康をもとめていくのか、そこを自分自身で考えて、では何を選ぶべきかを自分自身で決めていくことが本当の安心・安全だと私は考えます。

食生活も含めた生活習慣から安全・安心な健康づくり

今回「食と健康を科学する」という題名でしたが、健康というのは食だけで維持できませんので、いろいろな面から見ていきたいと思えます。

皆さんはBody Mass Index (BMI) を聞いたことがありますか。簡単に今の自分がどれぐらいの体型なのか図ることができる計算式のことです。

「体重÷身長(メートル)の2乗」です。標準のBMIが22プラスマイナス2であれば、ちょうどいい体型です。25から30以上になると肥満になってきます。最近の若い子に非常

表3 BMIと肥満の判定

BMI	判定	
≥25 ~ 30 >	肥満1度	肥満
≥30 ~ 35 >	肥満2度	
≥35 ~ 40 >	肥満3度	
≥40	肥満4度	
≥18.5 ~ 25 >	普通体重	
<18.5	低体重	

(注) BMIの計算式

$$\text{BMI} = \text{体重 (kg)} \div \{\text{身長 (m)}\}^2$$

※標準BMI=22±2

(出典)『日本人の食事摂取基準』2010年版、厚生労働省

表4 性別・年齢別の基礎代謝基準値

年齢(歳)	男(kcal)	女(kcal)
1~2	61.0	59.7
3~5	54.8	52.2
6~8	44.3	41.9
9~11	37.4	34.8
12~14	31.0	39.6
15~17	27.0	25.3
18~29	24.0	23.6
30~49	22.3	21.7
50~69	21.5	20.7
70以上	21.5	20.7

※1日体重1kg当りの基礎代謝量目安

$$\text{標準体重} \times \text{基礎代謝基準値} = \text{基礎代謝量}$$

(出典)『日本人の食事摂取基準』2010年版、厚生労働省

に多いのですが、18・5以下ですと低体重になります(表3)。どうしてこのような基準になったかというところ、22の値の人が一番病気になりにくいという統計的なデータが出ていたためです。興味がある方はおうちに帰ってからBMIを算出してみてください。

では、どれぐらいの量を食えばいいのか。自分に必要な推定エネルギーを知るために、まず標準体重を求めてください。身長160センチの場合、「身長(1・6)×身長(1・6)×22」で、だいたい標準体重は56キロと出てきます。

次に、基礎代謝基準値により基礎代謝量を求めます。基礎代謝量とは、私たちが眠っているとき、安静にしているときにどれぐらいエネルギーを消費しているかというものです。「性別・年齢別の基礎代謝基準値」(表4)がありま

表5 身体活動レベル

身体活動レベル		低い (Ⅰ)	普通 (Ⅱ)	高い (Ⅲ)
		1.50	1.75	2.00
日常活動の内容		生活の大部分が座位で、静的な活動が中心の場合	座位中心の仕事で、移動や立位の作業・接客、あるいは通勤・買い物・軽スポーツなどを含む場合	移動や立位の多い仕事への従事者。あるいは、スポーツなど余暇における活発な運動習慣を持っている場合
個々の活動分類 (時間/日)	睡眠	7～8	7～8	7
	座位または立位の静的な活動	12～13	11～12	10
	ゆっくりとした歩行や家事など	3～4	4	4～5
	長時間持続可能な運動・労働	0～1	1	1～2
	頻繁に休みが必要な運動・労働	0	0	0～1

(注) 基礎代謝量 × 身体活動レベル = 推定エネルギー必要量

(出典)「日本人の食事摂取基準」2010年版、厚生労働省

すので、ご自分の性別・年齢に合わせた、「標準体重×基礎代謝基準値」の式で基礎代謝量を算出します。

今、基礎代謝量(何もしていないときのエネルギー消費)が分かりましたが、私たちは動きます。ご飯を食べたり、歩いたりします。これは「身体活動レベル」という、日常活動の内容、個々の活動分類で調べます(表5)。

睡眠時間が七から八時間で、ずっと座っている状態、もしくは立っていてもずっと立っているだけという、非常に静かな活動が、二四時間中、一から一三時間、ゆっくりとした歩行や家事が三、四時間、長時間持続可能な運動・労働が一時間程度という人は身体活動レベルが低く、一・五〇という数値になります。自分の身体活動レベルがいくつなのか表5から確認していただいて、基礎代謝量にその数値を掛けてください。そうすると、自分が一日に必要なと思われるエネルギー量が出てきます。

興味のある方はおうちに帰って、自分のエネルギー量を調べてみてください。二〇代の女性だと二〇〇〇キロカロリーを少し超えるぐらいです。四〇代、五〇代の女性だと一六〇〇〜一八〇〇キロカロリーぐらいの人が多いと思います。一日一六〇〇キロカロリーで、どのような食事バランスが良いのかというと、図22のような食事になってき

ます。

朝はご飯が軽く茶わん一杯半、オクラと納豆、きんぴらゴボウ、具だくさんのみそ汁、オレンジ、これだけでほしい四五〇キロカロリです。お昼は、ご飯、豚肉の生姜焼きの豚肉三切れぐらい、野菜の添え、カボチャ五個ぐらい、サヤインゲンのごまあえ、リンゴが一つで五〇〇キロカロリぐらいです。中間食で牛乳を一杯飲みました。そして夜は、ご飯を軽く一杯半に山芋の二倍酢、キノコとナスの炒めもの、炊き合わせを食べて五五〇キロカロリ。これで、ほしい一六二〇キロカロリにな



夕食



昼食



朝食

図22 1日1600kcalの食事
(出典)『食品交換表 第6版』日本糖尿病学会

ります。

皆さん、これを見て、自分の普段の食事と比べてどうですか。同じぐらいですか。それとも、タンパク質をもっと取りますか。もっと少ないですか。これは非常に野菜が多く、食物繊維が非常に高く取れる献立になります。

次はダイエットに効く落とし穴という話をします。一つのものダイエットに効くからといって、過剰に反応するような人をフードファディズム (food fadism) といいます。ダイエットには納豆が効く、トマトが効く、と聞いたからそれだけを食べるような行為を指します。確かに効力はあるのでしようが、そればかり大量に摂取してしまつては、栄養のバランスが完全に崩れます。

それから一品ダイエットです。例えばリンゴを食べ続け一六〇〇キロカロリ取るには、一日に七個ぐらいのリンゴを丸ごと食べないといけません。その代わり、タンパク質、脂質は全く足りません。糖質だけで、あとはビタミンが少し補える程度です。エネルギー的には非常に少ないので、すぐにやめます。効果があるように見えますが、その後で、食べたものをすべて吸収しようと体が考え、リバウンド率はかなり高くなります。ですから、一品ダイエット、置き換えダイエットは避けてほしいのです。

それぞれの年代の食文化

昔の話になりますが、それぞれの年代と食文化を比べてみましょう(表6)。卑弥呼の時代はものすごくたくさん食べています。一日二回食でした。それから源頼朝の時代、徳川家康の時代、篤姫の時代、戦前です。現代は洋食が入ってきています。

エネルギーで見えていくと、卑弥呼の時代はだいたい一三〇二キロカロリーで、篤姫の時代(江戸時代後期)は意外と少なく九八五キロカロリーです(表7)。戦前の食事は食べられるものもなかったもので八四〇キロカロリー。現代は、平均二〇二五キロカロリーを取っています。

戦国時代では、平均寿命は短かったのですが、武士には非常

表8 戦国武将の寿命

武将	享年
天海	108
北条幻庵	97
真田信之	93
北条早雲	88
島津義弘	85
尼子経久	84
宇喜多秀家	84
細川忠興	83
鍋島直茂	81
大久保彦左衛門	80
伊達成実	79
本多正信	79
島津義久	79
細川幽斎	77
柳生宗矩	76
酒井忠勝	76
徳川家康	75
毛利元就	75
立花宗茂	74
毛利輝元	73
村上義清	73
北条綱成	73
土井利勝	72
立花道雪	71
伊達政宗	70

(出典) 永山久夫『武士のメシ』宝島社、2012年

表6 それぞれの年代の食文化

卑弥呼の時代 (弥生)	<ul style="list-style-type: none"> ・ハマグリのお汁 ・長芋の煮物 ・ノビル ・くり 	<ul style="list-style-type: none"> ・鮎の塩焼き ・カワハギの干物 ・くるみ ・もち玄米のおこわ
源頼朝の時代 (鎌倉)	<ul style="list-style-type: none"> ・イワシの丸干し ・里芋とワカメの味噌汁 	<ul style="list-style-type: none"> ・梅干し ・玄米のおこわ
徳川家康の時代 (江戸前期)	<ul style="list-style-type: none"> ・ハマグリのお汁 ・里芋とゴボウの煮物 ・鯛の焼き物 	<ul style="list-style-type: none"> ・納豆 ・麦飯 ・カブの味噌汁
篤姫の時代 (江戸後期)	<ul style="list-style-type: none"> ・かまぼこ ・白身魚の吸い物 ・カレーの煮物 	<ul style="list-style-type: none"> ・豆腐の味噌汁 ・ご飯 ・カブとウリの漬物
戦前 (昭和初期)	<ul style="list-style-type: none"> ・大豆の味噌炒め ・たくあん ・野菜の味噌汁 	<ul style="list-style-type: none"> ・麦飯 ・にんじんと大根の煮物
現代	<ul style="list-style-type: none"> ・ミックスグリル ・にんじんソテー ・フライドポテト 	<ul style="list-style-type: none"> ・パン ・コーンスープ ・オレンジジュース

(出典) 社団法人東京都歯科医師会「歯と口の健康からはじめる食育サポートブック」東京都福祉保健局医療政策部医療政策課、2009年

表7 各時代の復元食のエネルギー

	咀嚼回数(回)	食事時間(分)	エネルギー(kcal)
卑弥呼の時代 (弥生)	3990	51	1302
紫式部の時代 (平安)	1366	31	1019
源頼朝の時代 (鎌倉)	2654	29	1131
徳川家康の時代(江戸初期)	1465	22	1450
篤姫の時代 (江戸後期)	1012	15	985
戦前(昭和初期)	1420	22	840
現代	620	11	2025

(出典) 社団法人東京都歯科医師会「歯と口の健康からはじめる食育サポートブック」東京都福祉保健局医療政策部医療政策課、2009年

に長生きしている人もいます（表8）。静岡だと徳川家康が七五歳まで生きました。このような人たちがどのようなものを食べていたのかを研究している人もいます。一つは、玄米を食べています。玄米ですから一晩水に漬けて軟らかくして炊いています。それからよく噛んで食べています。そして、常に体を動かしてカロリーを消費していました。野菜を汁物にたくさん入れて食べていました。海藻からカルシウムをたくさん取っていました。飲み物は日本茶を飲んでいました。このように、昔の食生活から学ぶべきことはたくさんあるわけです。

では、咀嚼回数はどうかという点、弥生時代は三九〇回、一回の食事で噛んでいました（表7）。物を軟らかく煮るなどの技術があまり発達していないので、かなりよく噛んで食べていたのです。ですから、食事時間も五十分もかかっていました。現在は一分で食べてしまっています。

私たちの遺伝子型

ここから遣伝子の話に移りますが、私たち人類の歴史をみていくと、要らないものは退化し、必要なものは進化しています。昔は固いものを食べていたので、あごが非常に

発達していたのですが、火が使えるようになり、煮炊きができるようになった現在では、あごは小さくなってしまっています。そして頭が発達してきて、頭が大きくなっていきます。

ビタミンCは、人、サル、モルモットのみが体内合成できません。その昔はビタミンCを体内で合成できていました。木に登って果実を取ることができたサルは、ビタミンCを非常に多く取っていました。たくさん取れば、自分で合成しなくて済むことから、合成するために必要な酵素の遣伝子が退化して、サルから進化している私たちはビタミンCを取らなければならない体質になったと言われています。

さらに欧米人には少ないのですが、日本人は乳糖不耐症の方が多いです。これはなぜでしょうか。六七五年の飛鳥時代に天武天皇が仏教の思想により肉食禁止令を出しました。実際の動物の肉の量が人間に比べて非常に少なく、あまり食べられない状態になったのでこの禁止令を出したと言っている人もいますが、それによって、私たちは牛乳を体に摂取する機会が減りました。そして、ラクターゼという牛乳に入っている糖（ラクトース）を分解する酵素が欧米人に比べて弱くなっています。遣伝子の変異がそうさせ

ているということになります。

遺伝子には一塩基多型 (SNP: Single Nucleotide Polymorphism) というものがあるのですが、私たちの遺伝子は非常に長く、必要な情報と必要でない情報を持ち合わせています。必要な情報のところで、顔の形を作ったり、酵素を作ったりしているわけですが、一〇〇〇塩基に一個の割合で、SNPが存在しています。

生命の設計図である遺伝情報は、A・T・G・Cという四種類の塩基を用いて、DNA上に記述されています。お酒に強いか強くないかを判定できる遺伝子に、アルデヒド脱水素酵素というものがあります。ACT、GAA、GTGというこの三つの暗号がアミノ酸を作ります。GAAという暗号であれば、グルタミンが作られます。たった一つの塩基GがAに変わってしまっただけで、グルタミンがリジンというアミノ酸に変わってしまい、リジンに変わったために、タンパク質を作る情報も変化し、酵素の活性が弱くなってしまうのです。ですから日本人にはこの部分にSNPを持ち合わせている人が多く存在しお酒に弱い人が多いのです。

このように、重要な情報の中で一塩基だけが変わってしまったものを一塩基多型といいます。これは長い食生活

の中で培われているものもあるのです。

では、人類の歴史を一日に短縮して考えると、二〇万年前の人類誕生から二四時間後が現在です。私たちの食生活は今、飽食の時代を迎えています。人類の歴史はずっと飢餓を繰り返してきています。農業が始まったのは、一日で例えたらどれぐらいなのかというと、一五分前です。商業が始まったのはたった一分前です。その前まではずっと私たちは飢餓を経験してきたのです。今、初めて飽食の時代になったのです。

私たち日本人は、飢餓耐性型の遺伝子を獲得できている人が多く生き残っています。遺伝子は弱いものがどんどん淘汰されてきます。ですから、飢餓に弱い人は亡くなってしまい、飢餓に強い人たちが遺伝子を残していき、私たち日本人の多くは飢餓耐性型の遺伝子を持つことになったのです。

それに比べて、放牧民族の欧米人たちは、飢餓になれば自分が飼っている動物を食料にし、ミルクを使った料理などでエネルギーを沢山得ることができたので、エネルギー多消費型で体力の強い人たちだけが残っていったのです。

飢餓耐性型の遺伝子というのは儉約遺伝子といって、飢餓を生き抜くために獲得した遺伝子の一つなのですが、エ

エネルギー消費を抑え、貯蔵を促進するように働きます。

私たち日本人は、欧米人に比べると、やせている状態でも二型糖尿病を発症する人がいます。なぜかというのと、欧米人はエネルギー多消費型といって、エネルギーを常にたくさん取ることができました。よって細胞に取り込むためのインスリンの量が、私たち日本人の三倍多く出ます。ということ、欧米人と同じだけのエネルギー、ブドウ糖を取ったときに、私たちの方が吸収しづらく、細胞の中に取り込みにくい、つまり血液の中に糖が流れ続けてしまい、最終的に糖尿病を引き起こしてしまうことになるのです。

つまり、私が言いたかったのは、遺伝子型を見て食生活を考えていかなければいけないということです。たった数十分前までは飢餓だったのが、今、飽食の時代を迎えています。欧米人と同じようにエネルギーを取ってしまつては、病気になる確率が高くなるのは当然なのです。ですから、私たちは、昔の人に倣つて、食物繊維を多く取る食生活を行わなければいけません。乱世で長生きした人たちの例を挙げていますので、また参考にしてください。

野菜は一日三五〇グラムぐらい食べようと言われてます。そのうち一二〇グラムは緑黄色野菜、色も濃いものを食べてくださいと言われています。体の中が酸化すると遣

伝子が傷ついてがんになってしまいます。それを防ぐために緑の濃い野菜を取りましょう。

活性酸素が発生する要因は、激しいスポーツ、喫煙、紫外線、大気汚染、加齢、ストレス、肥満です。それから放射能も同じです。

では、遺伝子が傷ついたらすぐにがんになるのかというと、そうではありません。遺伝子を修復する酵素を私たちは持っています。それがSOD (Superoxide dismutase) という酵素で、これが多ければ多いほど寿命が長く寿命とSOD活性に相関があるとされています。マウスは非常に短命ですが、人が非常に長く生きられるのは、SODの活性がとて高いからなのです。

運動の効果

激しい運動は良くないとお話ししましたが、実は運動と死亡率の関係は図23のようにV字型を示します。これは一週間の歩行距離と死亡率を示していて、一週間に八キロしか歩かない人の死亡率を一〇パーセントとしたとき、一番死亡率が低くなるのが四八から五三キロメートルの運動となります。一人の歩をだいたい〇・七メートルとしたと

き、一日一万歩歩いたのに匹敵する値です。それ以上運動すると死亡率は上がります。なぜ上がるかというところ、活性酸素が増え

てしまうからです。では、どうすればいいのかというと、運動を多くする方は、やはり緑黄色野菜、抗酸化能のあるポリフェノールの多い食品を多めに取ることが必要です。この統計データをみてもわかるように、食事だけではなく、一日一万歩歩くことも健康を維持・増進するためには非常に重要になってきます。

私は管理栄養士ですが、運動にも非常に興味があつて、マウスを六か月運動させる研究を行っていました。最近の実験ではあまりみられなくなりましたが、バケツの中で泳がせると、マウスは非常にストレスを感じます(図24)。また最近多く使われている回転車で生活スペースが、スチール製のものでもストレスを感じてしまいますが(図25)、お

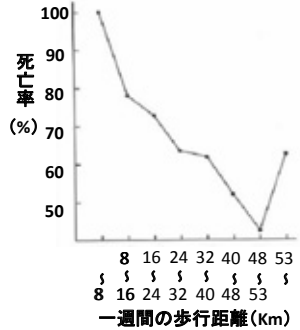


図23 1週間の歩行距離と死亡率との関係
 (出典) 津田謹輔「健康科学—知っておきたい予防医学」丸善、2003年

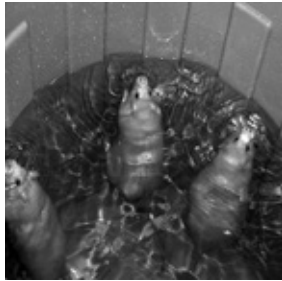


図24 運動負荷の方法(水泳)

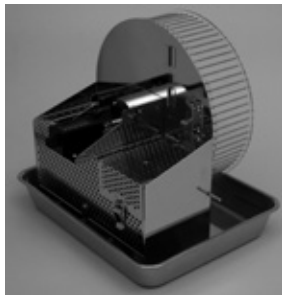


図25 運動負荷の方法(回転車)

がくずの中で育てると、そんなにストレスは大きくありません(図26)。それは体重の増加を見ることで分かります(図27)。

では、マウスはどれぐらい走るのか。寿命はだいたい二年ですので、六週齢で一二歳ぐらい、十週齢で二〇歳ぐらいになるかと思いますが、このときが運動の一番のピークで、七・二プラスマイナス〇・四キロメートル走ります(図

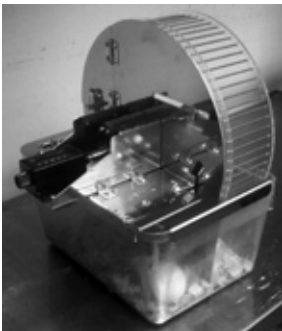


図26 ケージ装着型自発運動装置

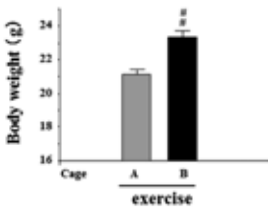


図27 運動量と体重の増加率

28)。その後、どんどん落ちてきて、四・九プラスマイナス〇・二キロメートルで一定を保ちます。私たちは二四週間（だいたい六ヶ月）、この運動を観察しました。最初のうちには運動による負荷が考えられますが、一定になったところが習慣的な運動と考えると、いろいろな検査をしていきました。体重に比べて摂食率は運動をしているマウスの方が高く、消費エネルギーの影響であると考えられました。

また、血中のアミノ酸について調べてみると(図29)、精神病や不安定、うつになったときにセロトニンが投与されることがあり、これは不安を解消するものですが、

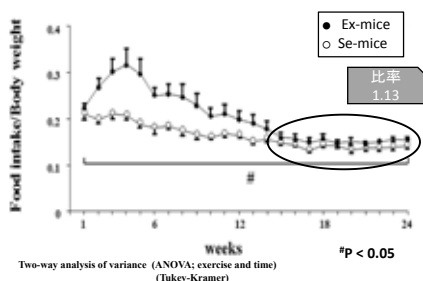


図29 Food intake during the experiment

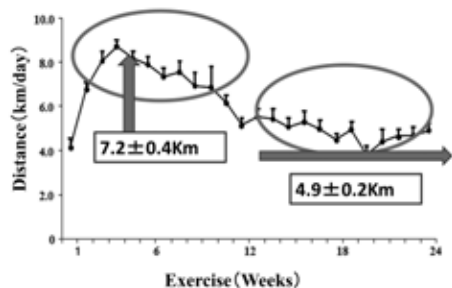


図28 Voluntary activity during the experiment

このセロトニンは芳香族アミノ酸であるトリプトファンというアミノ酸が前駆体となっています。

トリプトファンは活動力を抑えるものですが、フェニルアラニン、チロシンは、アドレナリンの前駆体で活動を活性化させます。さらに、分岐鎖アミノ酸といって、バリン、ロイシン、イソロイシンがあります。実はこの七種類が同じトランスポーターを介して脳の中に入っていくのです。

では、六か月運動を続けると、これら血中アミノ酸はどうなるかというと、運動をしたときには、芳香族アミノ酸の分岐鎖アミノ酸の値が低くなります。つまり、トリプトファン、フェニルアラニン、チロシンが吸収されやすくなっている状態です。よつてもしかすると、運動をするとうつ状態を和らげてくれるかもしれないという結果が出てきたわけです。ただ、これは断定的ではありません。そのような傾向があるということです。しかし非常に運動は重要だという話です。

このマウスが走っている距離は、人間に例えると一日一万キロぐらいです。そうすると、ストレスから回避されるようになっていくのではないかということです。

まとめ

最後のまとめとなりますが、自分が安心できる妥協点を皆さん自身で見つけてください。そして、食べ合わせと調理法の工夫によってうまく付き合ってください。それから、偏った食事をしないでください。食物繊維もたくさん食べましょう。野菜は食べ過ぎと思うほど食べても、食べ過ぎではありません。また、フードファディズム (food fadism)、一つの食品だけを過信して食べ続けるのはやめましょう。食事だけでは健康は絶対に守られません。体を動かしましょう。そして、病気になる一番のものはストレスですから、休養もしっかりと取っていきましょう。

「健康日本21」のときに言われていた「運動・栄養・休養」という言葉は、健康のために本当に必要で重要なことなのです。

質疑応答

質問——デザイナーフーズ・ピラミッド (図5) の、上の方にんにくなどが出ています。たくさん食べると問題があるのではないかと思うのですが、例えばこういうものはど

のように食べていけばいいのでしょうか。きっとそれなりに体にとって良いものが入っていると思うのですが、にんにくなどは丸ごと入った缶詰などありますね。ぱくぱく食べるわけにもいかないし、どのように食べていけばいいのでしょうか。

竹下——確かに、にんにくを一日丸ごと一個ずつ食べてしまったら鼻血が出るという話を小さいころ聞いたことがあります。私個人的には、必ず一日一かけは食べるようにしています。キャベツなどは取り過ぎにそんなに気にする必要はありません。にんにくは免疫力を高め、体を温める効果もありますから、一日一かけは食べてもいいと思われ

食とバイオサイエンス

木寄 暁子

私は理学部生物科学科に所属し、植物の分子生物学が専門です。タンパク質や遺伝子の働きを調べる仕事をしています。直接食べ物を扱っているわけではありませんが、今日は食べ物と関係がありそうなところで重要な遺伝子組換えの話を中心にさせていただきます。

i P S細胞

↑細胞の全能性

i P S細胞は山中さんのノーベル生理学医学賞受賞でおなじみになりました。直接は食べ物に関係ありませんが、私が専門とする分野に携わっている人間にとって非常に大きな問題で、今の時期に話さずにはられないので、少しお話しさせていただきます。

最近は何年間にわたって日本人がノーベル賞を取っていますが、生物の生理学医学賞は意外と少なく、二十五年前に利根川さんが取られてから二人目です。非常に素晴らしいと思うています。

この問題は、実は今日の話に全く関係ない話ではありません。ポイントとなるのは細胞の初期化です。その応用として、今は再生医療の道への期待が非常に高まっています。

動物細胞は、一度分化すると、ほかの機能を獲得する能力が失われます。要するに、発生が不可逆的で元に戻ることはできないのです。元に戻ることができる能力のことを全能性といいます。動物細胞の場合は一般的に全能性がなく、少しずつ言われてきました。ですから、一度器官がなくなってしまうと、再び得ることはできない、それが医療の分野などで問題になっていたのです。

ただ例外はあります。受精卵は受精してから個体に分化していきますから、受精卵や受精して間もない細胞は、まだ全能性を持っています。動物細胞の場合はこのような性質を持っています。

ただ植物の場合は、一度分化した細胞からいくらかでも完全な個体を再生することができます。これが植物細胞と動物細胞の大きな違いです。皆さんもよく経験されていると思いますが、挿し木は一度切つても根が出てきます。また、ある種の植物ホルモンを与えると細胞一個からでも個体に再生することができます性質を持っています。これは、現在のバイオテクノロジーにとって、実は非常に重要な性質です。これが動物細胞とは違うところで、動物細胞の場合はこの全能性が失われていることが問題になっていました。

↑ES細胞

この問題を解決する方法としてES細胞(胚性幹細胞)が出てきました(図1)。受精卵や受精してまだ間もない、分裂を何回かしたぐらいの細胞は、まだ全能性を保っているのです、それを使ってこの研究は進められていたのですが、受精卵を使うので倫理的問題があります。動物の場合はまだ実験できますが、ヒトの受精卵を使わなければいけな

いとなると非常に抵抗があり、宗教的にも認められず、アメリカでは選挙の争点にもなりません。非常に有望ではありましたが、いろいろな倫理的問題や、拒絶反応という多少技術的な問題もあったわけです。

山中先生は、幹細胞はいろいろな細胞に分化でき非常に有用なので、この問題をどうにか克服しようとして、今のiPS細胞を作られました。

↑細胞の初期化

今年のノーベル賞で山中先生と同時に受賞されたジョン・ガードン博士が、最初に細胞の初期化についての実験に成功しています。一九六二年ですから五〇年前の話ですが、今これが注目を浴びて受賞されました。

ガードンは、カエルを使った実験で、カエルの受精卵か

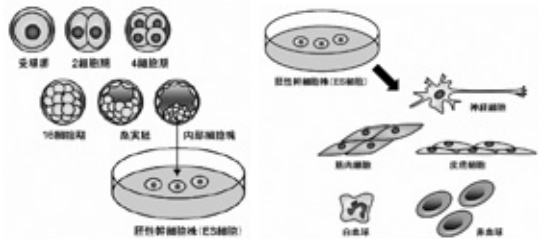


図1 ES細胞(胚性幹細胞)
(出典) 文部科学省iPS細胞等研究ネットワーク <http://www.ips-network.mext.go.jp/about/story/no05.html>

ら核を不活化して、オタマジャクシの体細胞から核を採って受精卵に入れました。そうすると、元のカエルまで発生します。幹細胞のような全能性を取り戻すことができたという実験でした。これが最初の細胞の初期化を示す実験となりました。

その後、実は哺乳類で同じような実験をした人がいました。「羊のドリー」（一九九七年）の話の聞いたことがあるのではないのでしょうか。これも結構衝撃的でした。イアン・ウィルマット博士の実験ですが、この人も一緒にノーベル賞を取ってもよかったのではないかと思います。ノーベル賞受賞者をどのように選択しているのかよく分かりませんが、いずれにしてもこれは非常に衝撃的な実験、大きな研究成果でした。山中さんもこの研究に刺激されて自分もiPS細胞を作ろうと思ったということです。両方とも非常に大きな話です。この二つの話が相まって、iPS細胞ができました。

iPS細胞は何がすごいかというと、受精卵を使わずに全能性細胞を作れるということです。いろいろな器官や細胞に分化する細胞を作れるということが、非常に大きな点です。図2は皮膚細胞ですが、そこに四つの遺伝子を導入します。今、この遺伝子の中身はいろいろ変わっていま

すが、発見当時は四つの遺伝子を細胞の中に入れて、今まで失っていた全能性が復活し分化する細胞に作り直す初期化に成功したのです。

ノーベル賞のニュースの一週間か二週間か前に、卵細胞ができたという報告も、新聞で見られた方がいらつしやるかと思えます。精子は既にできているので、これで精子も卵細胞もすべてiPS細胞からできることになっています。

十 再生医療への道

iPS細胞が非常に注目されているのは、やはり再生医療です。いろいろな細胞にできるので、もちろん移植にも使えますし、病気を研究するための細胞を作ることでもできます。どのような体細胞でも、ヒトから細胞を採って、いろいろな細胞に分化させて、病気を持っている細胞にも分化できるので、サンプルを病人から採らなくても病気の研

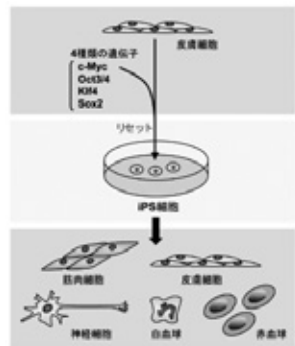


図2 iPS細胞
(出典) 文部科学省iPS細胞等研究ネットワーク <http://www.ips-network.mext.go.jp/about/story/no06.html>

究ができるメリットがあります。

ただ、やはり倫理的な側面が問題になります。受精卵を使用しなくてもよい点は非常にアドバンテージで、宗教的にES細胞には反対という人でも、iPS細胞ならいいのではないかと意見が変わるほどです。これはプラス面なのですが、問題は、iPS細胞から卵子も精子もできるので、下手をすると一人の間から卵子と精子を作って、そこからクローン人間をつくることも、やろうと思えばできる段階にきています。ですから、非常に期待を持っている研究であると同時に、倫理的な問題を常にはらんでいるので、ここは皆でどこまで行けるのかをしっかり話し合って、規則を作っていく必要があります。

↑クローン技術

私は動物の専門ではないので、このことについて研究しているわけではないのですが、クローンの技術は実は既に畜産に応用されています。

クローン技術はiPS細胞と少し違うのですが、畜産で使われているクローンの技術は二つあります。一つは受精卵を使った「受精卵クローン」という技術です。これは受精卵に対して別の受精卵から採った核を移植する方法です。

もう一つは「体細胞クローン」といって、先ほどのドリーの場合と一緒に、受精卵に体細胞から採った核を移植する方法です。

実は、受精卵クローンに関しては既に技術が進んでいて、肉が流通しています。表示は任意だそうで、「Cビーフ」と表示することになってはいるようですが、表示メリットがない限りはたぶん表示されていないでしょう。皆さんも「Cビーフ」を食べたことがありますか。たぶんありませんよね。私も見たことがあります。ただ、これは普通に出回っているようです。

なぜクローン牛をつくるかというと、だいたいい想像はつくと思います。例えば、非常に肉質がいい、お乳がいい牛と同じ性質を持つ牛を育てたいとき、受精では違う個体の遺伝子が入りますが、受精しなくてもいいので純系の遺伝子を継ぐことができます。同じ性質のものを増やすという意味でメリットがあると考えられ、この技術が使われています。

一方、体細胞クローンは流通していません。食べても大丈夫という安全性の確認はしているのですが、やはり消費者の抵抗があるので流通していません。受精卵クローンの場合は受精卵から核を採ってくるので、どのような個

体ができてくるかは見てみないと分かりません。体細胞クローンの場合、牛を見て「こいつはいい牛だ」と分かった時点で細胞を採って、その核を使って導入できるというメリットがあります。形や形質を見てからクローンを作れるという意味で、こちらの方が優れている場合もあるということです。しかし、今のところ、これは流通していません。既にこのようなクローンの技術は、家畜の中では受精卵だけではなく使われているという話です。一応クローン技術は全部、安全性は確認されているということをご承知おきください。

育種

↑新しい作物を作る

ここからは私の専門の植物の話です。植物の組換えの話を最終的にさせていただきますが、その基礎として育種について考えなくてはいけないので、これについてお話しします。

育種というのは、新しい作物を作ることなのですが、目標としてはいろいろあります。生産を向上させる、収量を上げる、ストレスに強いものを作ることが一つです。あと

は品質を向上させる、味を良くするとか、栄養価を上げるとか、いろいろなことを目標にして育種が行われています。

↑育種の歴史

図3は、どのような歴史をたどってきたかを示しています。人が定住したとき、植物の栽培が始まりました。それが「農業の始まり」です。最初はその辺に生えている植物から、いろいろな性質のものがあると、実が大きい、根が太っているなど、何か良さそうなものをピックアップしてきて、その種を採って、蒔いて、その中からまた良さそうなものを採ってくる、ということをしてきました。たまたま性質がいいものができてくるというのは、遺伝子に突然変異が起こって、とてもいい性質が植物について、それをピックアップしてくる。

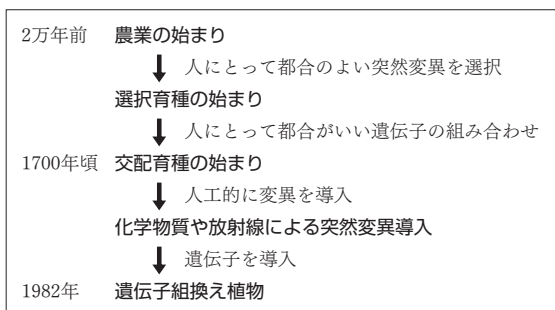


図3 育種の歴史

人にとって都合のいい突然変異を選択してきたということ
です。

次は交配を始めます。人にとって都合がいい遺伝子、い
いもの同士を掛け合わせて、どんどんいい遺伝子を組み合
わせていきます。これは一七〇〇年ごろに始まりました。

二十世紀が始まってからは、人工的に変異の導入を始め
ています。化学物質や放射線によって突然変異を誘発し、
そこからいいものを選ぶということ。さらに遺伝子を
導入するのが、組換えの話です。実験的に一九八二年に成
功したという話で、実際に市場に出始めたのは一九九四年
ぐらいだったと思います。

↑野生種から栽培種へ

もともとどのような植物だったかをご紹介します。私た
ちが知っているものと比べていただきたいのですが、非常
に違うことが分かる

と思います。図4は

トウモロコシの原種

です。数も違います

し、硬そうな実が付
いています。これか



図4 トウモロコシの原種

ら選択され、掛け合わ
されて、今、私たちが
食べているようなトウ
モロコシが出来上がっ
ています。

図5はレタスです。

これを見ると、レタス
が何科かよく分かりま
す。菊の葉っぱに似て
いますが、レタスはキ
ク科なのです。丸まっ
ているレタスを見てい
る限りは分からないと
思います。キャベツと同じだと思っ
ている人がいますが、
科が全然違います。



図5 レタスの原種



図6 イネの栽培種(左)と原種(右)

図6はイネです。左側がわれわれの知っているイネです。

右が原種(祖先種)です。実の数が違います。左はびっ
り実が付いています。稲穂は収穫期になると、実が付いた
ままだからこうべが垂れてくるのですが、野生種は脱粒性
といって種がすぐに落ちます。実が落ちてしまったら、私
たちは収穫できなくなるので都合が悪いのですが、植物は

子孫を残すために種を付けているので、稲穂に付いたままではいいことはありません。種が落ちないと意味がないのです。私たちの祖先は、この脱粒性がないものを選んできています。

その他には休眠性もあります。すぐに芽が出たら困るので、休眠性が強いものを取っています。また、野生種には長い芒のきのようなものがあります。たぶん野生種にとっては動物に引っ掛かって運搬してもらうためなどに必要なのだと思いますが、われわれにとつてこの長い芒は邪魔なので、こういうものがないものが取られてきています。ですから、かなり性質が変わってきているのが分かるかと思いますが、これらは全部遺伝子が変わってきているからなのです。

トマトも野生種は小さく、毒性もあります。植物には毒のあるものが結構多いのです。下手に食べられたりしないよう、自分を守るために毒を持っているのですが、そういうものが野生種には結構あります。トマトの場合はトマチンという物質があるのですが、われわれが食べる時点ではもう減っています。そういう毒性の低いものを選択してきているということです。

図7は教科書によく載っています。アブラナ科の野菜です。レタスとキャベツは、形は似ていますが祖先は全然



図7 アブラナ科の野菜

違って、キャベツはカラシナから変化してきました。ナタネのようなものです。そこからカリフラワー、フロッコリなどの野菜をわれわれが進化させてきた、そういうものをピックアップしてきたのがよく分かると思います。

これだけ形が変わってきて、これはすべて遺伝子が変わしているという事で、われわれは昔、農業が始まった時点から遺伝子に手を加えてきたと考えていいと思います。

十 交配

交配とはどういうものか、簡単に漫画で説明します(図

8)。例えば、味が良
いけれど病気に弱い
トマトと、味は悪い
けれど病気に強いト
マトがあります。わ
れわれが欲しいもの
は、味が良くて病気
に強いトマトです。
そうすると、これを
掛け合わせる。しか
し、当然、二つの遺

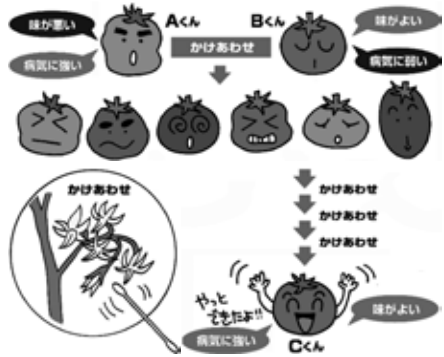


図8 トマトの交配育種

伝子はわれわれの意図する交じり方をしませんので、適当に交じって、いろいろなものが出来上がります。その中で何となく味が良くて病気に強そうなものをピックアップします。また、その良さそうな同士を掛け合わせます。そして何代も何代もそういう選択と掛け合わせを繰り返して、ようやく味が良くて病気に強い品種をゲットするというのが交配品種です。

これは掛け合わせをずっとすることが必要で、長い年月がかかります。当然掛け合わせられるもののみで、掛け合わせられるもの同士、交配できるもの同士ですから、種が

一緒など、近いものでないと掛け合わせは無理という問題はありますが、長い間この方法でやってきました。

↑ 突然変異育種

先ほど、人工的に突然変異を起こさせる育種もあるという話を出しましたが、ガンマーフィールド、放射線育種場という施設が茨城県常陸大宮市にあります(図9)。これまでは自然に起こる突然変異からいいものをピックアップしていたのですが、自然に起こる突然変異は非常に頻度が低いので、頻度を上げようということで放射線を使っています。この中からいいものをピックアップするという育種です。



図9 独立行政法人農業生物資源研究所放射線育種場 ガンマーフィールド
(出典) <http://www.irb.affrc.go.jp/photo/>

実際にこれできてきているものが幾つかあるようです。私が見た本では「二十世紀梨」に突然変異を与えて、「ゴールド二十世紀」という病気に強い品種を作りました。成功した育種も幾つかあるようです。

遺伝子・タンパク質

† 遺伝子・タンパク質とは

遺伝子は、タンパク質を作る情報が書き込まれているものです。タンパク質というのは、二〇種類のアミノ酸からできている物質です。それがどういう順番で、どういうアミノ酸が連なるかによってタンパク質の性質が変わってきます。

たぶん一般の方がタンパク質と聞いたときに、筋肉、髪の毛をつくっているコラーゲンなどを思い浮かべるか、あるいは食べ物の中の栄養素としてのタンパク質を思い浮かべると思います。実はタンパク質というのは、もつと大切な働きをするものがたくさんあり、体内はほとんどこれで持っています。

酵素は、いろいろな化学反応を触媒し、いろいろなものをつくります。あるいは遺伝子の働きを調節する転写因子というタンパク質もあります。細胞間や細胞内の情報を伝達するための受容体や、免疫反応を担っている抗体もあります。これらが全部タンパク質なのです。こういうものをつくるための情報が遺伝子の中にあるということです。

† DNAとは

では遺伝子はどこにあるかというところ、核の中に染色体があり、染色体はDNAからできています。これが遺伝子の本体になります

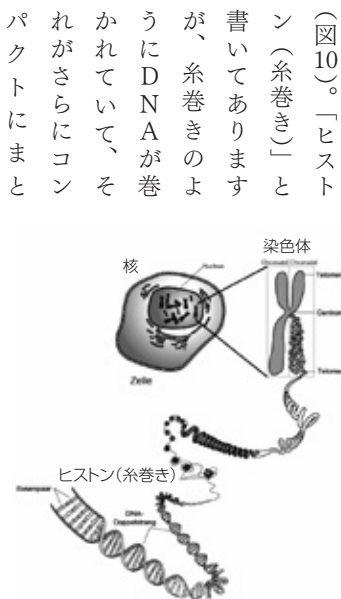


図10 染色体の中にはDNAが積み込まれている

まって、染色体の形になっています。ほどくと非常に長いひもになります。これがDNAです。

DNAはどういうものか。ちょっとこの辺から多少専門的なところが入ってくるかと思いますが、細かい構造はいいとして、四種の塩基を持つヌクレオチドという物質がつながってできているということだけ頭に入れていた

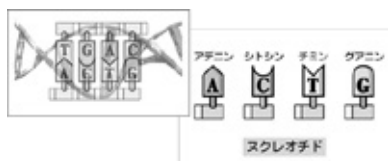


図11 DNAは4種類の塩基をもつヌクレオチドがつながってできている

いたらいいと思います(図11)。アデニン、シトシン、チミン、グアニンという四種類が、いろいろな順番で連なってできています。四つの塩基が文字、それで書かれている文章のようなものが遺伝情報だと思ってください。

ヒトは三〇億個、イネは四億個、酵母では一〇〇〇万個のヌクレオチドがつながっています。この数は、たまたまヒトはイネより多いですが、高等な動物ほど多いというわけではありません。酵母はビール酵母やパン酵母などがありますが、単細胞生物、非常に単純な生物で、さすがに多細胞のイネやヒトよりは少ないのですが、多細胞生物以上になると、生物の形が複雑だから多いということはありません。例えば植物だと、イネは四億ですが、ユリなどはヒトよりもずっと多いヌクレオチドを持っています。ですから、ものによっていろいろ変わってきます。

↑ 遺伝子はDNA上の機能単位

遺伝子とはどういうものかというところ、DNAの中のもの全部というわけではありません。図12に「遺伝子1」「遺伝子2」などと書いてありますが、DNAのうちの中のものについているものうち、タンパク質の情報を持つ部分が遺伝子と言われています。これは必ずしも正確な定

義ではないのですが、今まですつと、タンパク質になる情報を持つている部分、遺伝子と呼んでいます。このようにして遺伝子がDNAの上ののっていると考えてください。

およその遺伝子の数は、ヒト二万、イネ三万、酵母六〇〇〇ですが、これも遺伝子の数だけで言うと、イネの方がヒトより多くなっています。必ずしも複雑なつくりをしているからといって遺伝子の数が多いというわけではないのが、これを見れば分かっていただけだと思います。

植物の場合、同じような遺伝子がたくさんある場合があるために数が多くなるというのは一つありますが、もう一つは、タンパク質の情報を持っているところが遺伝子の数と定義されているため、このような数になっているという理由もあります。ヒトもネズミもほぼ同じ遺伝子の数です。ネズミとヒトでは大きく違うのになぜ同じぐらいの遺伝子

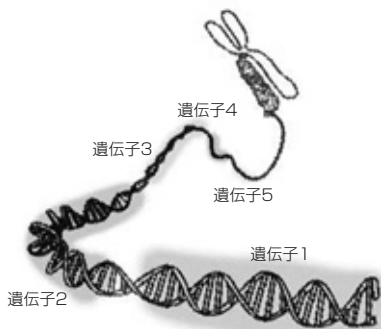


図12 遺伝子はDNA上の機能単位

の数なのか疑問に思うかもしれませんが、実はタンパク質の情報としては同じぐらいの情報しか持っていないというのが実情です。

幾つかの生物では、既にDNAの遺伝情報がすべて読まれていて、ヒトは二〇〇〇年ぐらいに解読されています。ネズミも読まれています。

植物では、シロイヌナズナという、ナズナの種類で雑草のようなものが、非常に遺伝子の研究がしやすいのでよく使われていますが、その塩基配列は全部読まれています。

あとはイネです。イネはやはり穀物の非常に重要な植物なので、日本のグループなどが中心になって結構頑張っている。全塩基配列を読んでいます。最近、いろいろな植物についても全塩基配列が明らかになってきています。

「ポストゲノム時代」

一つの生物種の塩基配列全体をゲノムという言い方をします。

遺伝子のすべての配列が読めると、いろいろな研究が進みます。遺伝子の塩基配列を読んだ後は、どういった遺伝子がどのような働きをしているかということが研究されています。それを「ポストゲノム時代」といって、遺伝子の

配列がどういう働きをしているかを一生懸命調べている段階です。

今年（二〇一二年）九月六日の朝日新聞には、「ヒトゲノム、8割に役割 遺伝子の働き調節」という見出しの記事が出ました。身体をつくるタンパク質の構造を決める遺伝子は、全遺伝子情報（ゲノム）のうち約二パーセントにすぎず、残り九八パーセントの働きは分かかっていませんでした。つまり、私たちは今まで、あとの九八パーセントの、遺伝子の間にあるようなところは要らない配列だと考えていました。ところが、最近のポストゲノムの研究から、無駄と思われる領域が実はちゃんと機能があると分かってきたのです。記事には、「80・4%が、生きていくのに必要なたんぱく質を必要な場所・タイミングで作るよう、遺伝子に指示するスイッチ役などを果たしている」とわかった」と書いてありますが、タンパク質にはならず、RNAという形で、遺伝子の働きを調節している部分が8割に上るといふことです。

結局、先ほど話をしたヒトとマウスの違いで、タンパク質になる部分は二万や三万個と大して数は変わらないのですが、遺伝子のスイッチになる部分、タンパク質にならない部分が、ヒトはネズミより圧倒的に多いということが分

かってきたようです。

タンパク質の設計

タンパク質は、二〇種類のアミノ酸から成っています。先ほどヌクレオチドを文字として考えていただいたらいいたと言いましたが、DNAは四種類のヌクレオチド、四文字からできていると考えてください。

ヌクレオチド一個が一つのアミノ酸を指定するとしたら、たった四文字なので四種類のアミノ酸しか指定できません。区別ができません。もし二文字のヌクレオチドがアミノ酸を指定するとしたら、一つの文字に四つありますから、四×四で一六種類のアミノ酸を指定することができます。ただ、一六種類だと二〇には少し足りません。

では、三文字になるとどうなるか。四×四×四で、六四文字指定できるようになります。うまくできているもので、DNAはヌクレオチド三文字で一つのアミノ酸を決めるという仕組みになっています。一文字、二文字では少ない。三文字あれば十分。けれども、六四文字できてしまうので、アミノ酸は二〇しかないのですから、ダブリが出てきます。

どのような文字を使ってアミノ酸を指定しているかを示した、コドン表というものがあります(図13)。この三文字

続きのことをコドンとい

うのですが、一応読み方だけ紹介します。一文字目が例えばC、二文字目がCで、三文字目がAだとすると、コドン表では「プロリン」と書いてあります。だからCCAは、

プロリンというアミノ酸を指定しているという意味です。ただ、見ていた

だいて分かるとおり、コドン表ではプロリンが四つ書いてあります。だからCCの後が、何であろうと実はプロリンになるのです。先ほど言いましたように三文字使うと六四種指定できるので、必ずこのようにダブリが幾つかは出てきます。そういう仕組みです。このように三文字で一つのアミノ酸を指定していることだけ、何となく頭に入れてください。

DNAの情報がどのようにタンパク質になるかという流れだけ簡単に紹介します(図14)。実はDNAが直接タンパク質になるわけではなく、ここにRNAが加えます。「m」

	U	C	A	G	
U	フェニルアラニン フェニルアラニン ロイシン ロイシン	セリン セリン ロイシン ロイシン	チロシン チロシン 終止 終止	システイン システイン 終止 トリプトファン	UUU UUC UUA UUG
C	ロイシン ロイシン イソロイシン イソロイシン	プロリン プロリン スレオニン スレオニン	プロリン プロリン スレオニン スレオニン	アルギニン アルギニン アスパラギン アスパラギン	CUU CUC CUA CUG
A	ロイシン ロイシン イソロイシン イソロイシン	プロリン プロリン スレオニン スレオニン	チロシン チロシン 終止 終止	アルギニン アルギニン 終止 終止	AUU AUC AUA AUG
G	バリン バリン バリン バリン	アラニン アラニン アラニン アラニン	グルタミン酸 グルタミン酸 グルタミン酸 グルタミン酸	グリシン グリシン グリシン グリシン	GUU GUC GUA GUG

図13 コドン表
(出典) 京都大学人文科学研究所・加藤和人ホームページ
<http://www.zinbun.kyoto-u.ac.jp/~kato/atgenome/cont02/pt10.html>

はメッセンジャーの略で、mRNAというものに写し取られます。これは核の中で起こっています。当然DNAは核の中にあつて、ここでmRNAができるのですが、転写と呼ぶ段階を経てmRNAができ、これが核の外に出て、タンパク質とRNAが合体したりリボゾームと

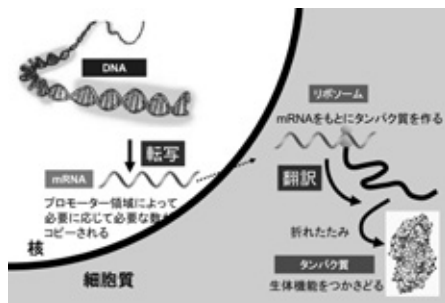


図14 DNAの情報をもとにタンパク質が作られる

いう工場のようなところでタンパク質が出来上がってきます。この流れを「セントラルドグマ」といいます。DNAからRNAになって、それからタンパク質になるという流れです。

考え方としては、料理を作ろうとするときに、例えば図書館で料理本を見て、今日カレーを作りたいと思ったとき、本全部は別に要らないので、必要なカレーのところだけをコピーして、家を持って帰って料理をする、そしてタンパク質を作る、そのような感じと思ってください。

なぜなら、すべての核に同じDNAが入っているので、

私たちの体はいろいろな部分から成り立っていますが、そのすべてのDNAから、上につけているタンパク質の情報が必要です。読み取られているわけではありません。場所によって必要なタンパク質だけが作られる仕組みになっています。DNAの中に入っている遺伝情報の中の、この細胞ではこのタンパク質が必要だ、というような情報だけが写し取られるのです。それがRNAで、RNAで写し取られたものがタンパク質になる仕組みになっています。この流れは何となく覚えていただいた方がいいかと思います。

先ほど、タンパク質にならないところが重要な働きをしているとお話ししましたが、実は、RNAにも結構それだけで働くものがあることが最近分かってきました。

実は数年前に、マイクロ (micro) RNAの発見者がノーベル賞を取っています。山中さんも発見から五年ぐらいでノーベル賞を取っています。発見からノーベル賞までの期間が結構短かったです。このマイクロRNAというRNAが重要な働きをしていることを発見した人も、たぶんすごく短い期間にノーベル賞を取っています。だから非常に重要な発見だったのです。

遺伝子の組換え

↑ 遺伝子組換え植物とは

青いバラはご存じですか。紫と言えば紫なのですが、サントリーが開発して、アプローズという名前で、二、三年前から売っています。一本三〇〇〇円から五〇〇〇円と高価です。組換えは結構反対の人が多いのですが、これは結構人気のようです。

バラはもともと青い色素を作る遺伝子を持っていないので、その遺伝子を他から採ってきて、例えばピンクのバラ

のDNAに追加します(図

15)。アプローズは、スミ

レか何かの遺伝子を探ってきて入れたのだったと

思います。組換えとは言っ

ていますが、遺伝子を追加

するといふ考え方で頭

に入れてください。交配

だと、ここにいろいろな

ものが交じってしまいま

すが、もともとあるとこ

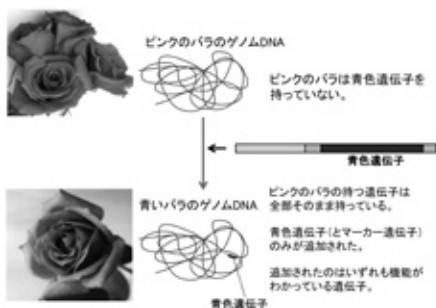


図15 青いバラにするための遺伝子組換え

ろに加えるという概念です。

↑ 植物の形質転換

われわれがよく使っている組換えの技術は、アグロバクテリウムを用いた方法です。いろいろな方法がありますが、これが一番効率良く遺伝子を導入できます。

アグロバクテリウムとは普通の土壌細菌なのですが、これが感染した植物はコブができます(図16)。これは、アグロバクテリウム自体が植物の中に遺伝子を導入するのです。寄生のような感じですが、自分の持っている遺伝子の一部を植物の中に入れます。その入れた遺伝子が、ホルモンの

遺伝子(オーキシシンやサイトカイニン)です。先ほど全能性の話で、植物の細胞は分化した細胞でも、後で未分化状態に戻っているいろいろな組織になることができるという話をしましたが、そのときに必要な植物ホルモンがオーキシシンやサイトカイニンです。

そういう植物のホルモンを作る遺伝子をバクテリアが持っていて、植物の中に入れてしまいうのです。そして、自



図16 トマトにできたクラウンガール

分が作るのではなくて、植物に植物ホルモンを作らせます。そうすると、カルスという、細胞が分裂して塊になる性質が植物にはあるのですが、コブができます。これはバクテリアがすむ家になります。

オパインはアミノ酸で、バクテリアの食べ物です。こういうものも植物に作らせてしまいます。自分の持っている遺伝子の一部を植物の中に入れて、すみかと食べ物を植物に作らせ、そこに寄生するというバクテリアがアグロバクテリウムです。これを利用しています。

われわれは、このバクテリアが作らせている、植物に導入するオーキシニン合成酵素、サイトカイニン合成酵素といった酵素の遺伝子を全部抜きとって、代わりに自分が入りたい遺伝子を入れます。それでそういう遺伝子を持ったバクテリアを植物に感染させると、DNAが植物のDNAの中に組み込まれるという仕組みです(図17)。だから意外と簡単にで

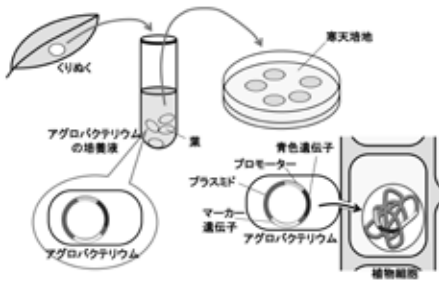


図17 植物の形質転換(青いバラの場合)

きます。

葉っぱの切片にバクテリアの培養液を感染させるとDNAが組み込まれます。この細胞全部が組み込まれるわけではないのですが、一部の細胞が遺伝子組換えになります。そのままだとそこで終わってしまうのですが、植物は全能性があるので、ホルモンを加えてやった培地に植えておくと、どんどん大きくなって、元の植物体に戻ってくれます。全能性があり、ホルモンを加えるだけで再生ができるという植物の性質がバイオテクノロジーには非常に重要だと言ったのは、こういう理由です。細胞から個体を簡単に再生できるので、このようなことができます。

↑ 除草剤抵抗性作物

では、どういう植物が出回っているかというと、主なものには除草剤耐性と害虫抵抗性の二つです。

除草剤の重要な性質は、草は殺すけれども動物は殺さないということ。そのため、動物は持っていない、植物だけが持っている代謝系を阻害することによって、植物を殺すことができます。そういうものを選んでるので、動物には効かず、動物は殺さないようにできています。昔はそこがあいまいで、毒性が出たものもありますが、今は安

全性の高いものを使うようになっていきます。もちろん飲んでしまったらどうなるかは分かりませんが、普通に使う分には問題ありません。あとは分解です。昔は残留性が非常に問題になったのですが、今はすぐに分解されるような除草剤がよく使われるようになっていきます。

ただ問題は、植物と動物の代謝系は結構違うところがあるので区別をつけやすいのですが、植物同士はみんな同じようなもので、作物でも雑草でも区別が付きません。ですから、雑草だけを殺す除草剤はありません。結果として、雑草をうまく殺すためにはいろいろな種類の除草剤をいろいろな時期にまかないといけません。雑草のコントロールは結構大変だったのです。

これを解決しようとして生まれたのが、除草剤耐性の植物です。これはモンサントという会社が作っているグリホサートという除草剤の耐性植物に関する



図18 除草剤抵抗性の効果(グリホサート抵抗性大豆の例)
(写真提供) 日本モンサント

話です。グリホサートは、動物には無害、土壌ではすぐに分解されるという非常に優秀な除草剤なのですが、問題は植物の中で区別をつけることができないということでした。そこでグリホサート耐性の植物を作ろうとモンサントは考えました。図18の写真はモンサント提供のもので、大豆と雑草が生えているところで、一度グリホサートをまくと二週間後に雑草は枯れて、耐性植物だけが残るという非常に画期的な効き方をしています。

↑除草剤抵抗性の仕組み

仕組みについては、除草剤がどのような効き方をするのか、毒の効き方を知ることが非常に大切です。それによってどういう使い方をするかが分かってきます。

グリホサートの作用は、フェニルアラニン、チロシン、トリプトファンという芳香族アミノ酸を作る経路の酵素を阻害します。これは植物にしかない経路で、動物にはありません。必須アミノ酸というものを「ご存じかと思いますが、必須アミノ酸は食べないといけない、つまり自分たちでは作れないというものです。これらは必須アミノ酸で、基本的にこの経路は動物には作れない、植物だけが持っている経路です。ここを阻害するのがグリホサートなのです。動

物はこの経路を持っていないので、阻害するものがあっても害は受けません。

どうやって耐性のものを探ってきたかというところ、グリホサートに耐性のEPSPSという酵素があります。この薬剤があってもちゃんと働く酵素の遺伝子を細菌から採ってきて、植物に導入しています。

↑ 除草剤抵抗性作物の栽培状況

二〇〇五年のデータでは、世界の大豆の六〇パーセント、ナタネの一八パーセントが組換えとなっております。結構な割合ですが、今はもっと増えています。

何が良かったかというところ、要するに、除草剤を何回かに分けてまかないといけなかったのが、一回で済むというメリットがあります。特にアメリカなどは除草剤を飛行機でまきます。そういうことが一回で済むので、燃料コスト削減になります。環境に対しても除草剤は少なくて済みます。誤解されている方もおられるかと思いますが、実は除草剤の量は非常に減ります。その意味で非常にメリットがあるということ、今、広まってきています。

ほかにも違う除草剤に効くものもありますが、代表的なものを紹介しました。大切なのは、「除草剤耐性」というところ

とてもあいまいな感じですが、ある種の除草剤に対してだけ効くということです。すべての除草剤に耐性なわけではなくて、一対一対応であるということが非常に重要です。

↑ 害虫抵抗性植物

もう一つ重要なのが、害虫抵抗性の作物です。図19は、下が組換えのトウモロコシで、上は非組換え体です。上には、少し見えにくいですが、ガの幼虫がいます。アワノメイガというトウモロコシの害虫で、これによる被害が非常に大きいのです。これにやられると実がなくなったりしますが、組換えにすると害が少なくなります。

ここで組換えになつているのはBtタンパク質です。微生物 *Bacillus thuringiensis* (バチルス・チューリンゲンシス) が殺虫性のタンパク質を作るのですが、さまざまな種類があつて、それぞれ特定の昆虫に効果があります。これは鱗翅目(チョウやガの幼虫)に効きます。



図19 害虫抵抗性作物(トウモロコシ)

ほかには効きません。

実は一時期、レイチェル・カーソンが書いた『沈黙の春』などで、殺虫剤や化学物質などが問題になりました。先ほど言った作用機作の問題や、分解がなくて残留してしまうなど問題があつてまづいのではないかということで、いろいろ研究されていきました。その中で、このBtタンパク質は、生物が作り出しているものなので、分解性が非常に良く、毒性が少ないのです。われわれには毒性がないので、生物農薬として非常に有力視されていて、有機栽培にも四〇年以上使われています。非常に安全なものと確認されています。

問題となるのは次のようなことです。アワノメイガの幼虫は茎の中に入つてしましますが(図20)、すると外からBtをまいても、中にいる虫は死なないのです。分解性がいいというのは非常にメリツトではあるのですが、逆に言うと雨が降れば流れて分解されてしまします。Btは非常にいい農薬なのですが、効果をなかなか発揮しにくいところ

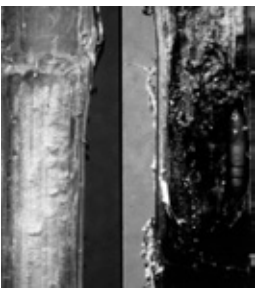


図20 アワノメイガによるトウモロコシの被害
(写真提供) 日本モンサント

があり、それを克服するために作られたのがこの遺伝子組換えのトウモロコシなのです。

Btはたまたまタンパク質だったので、遺伝子を入れればそのまま作ってくれるため、トウモロコシにBtを作らせてしまおうという仕組みです。そうすると、アワノメイガの幼虫は茎の中で食べ散らかしてトウモロコシを駄目にしてしまうのですが、組換えにするとなくなりません。

↑Btタンパク質の特異性

Btタンパク質はどういうものかというと、鱗翅目の幼虫がBtタンパク質を食べると、消化管にBtタンパク質の受容体があつて、消化管が破壊されて死んでしまいます。われわれはこのタンパク質の受容体を持っていないので、普通の食べ物として消化され、大丈夫という仕組みになっています(図21)。これも害虫抵抗性で効いています。「幼虫が死

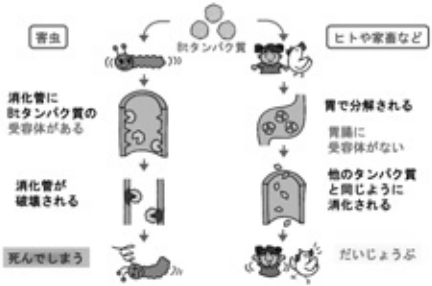


図21 Btタンパク質の特異性

んでしまう、そんな怖いものが入っているなんて」と思うかもしれませんが、実はこういう理由でわれわれには全く無害というものなのです。

Btタンパク質も細菌によっていろいろなものがあり、ガについてもどういうガに効くかによって違うので、いろいろなBtタンパク質を作らせた組換えが、今開発されています。

ただ、こればかり植えてしまうと抵抗性の虫などが出てくる可能性があるので、緩衝地帯をつくり、一定の組換えでない品種を植えることによって抵抗性のあるものが出てこないようにする必要があります。栽培には気を付けないといけません。

今のが二大組換え植物で、日本では作っていませんが、既に世界中で作られているものです。

↑ウイルス抵抗性パパイヤ

ウイルス抵抗性パパイヤは、実は昨年（二〇一一年）十二月に日本で販売が開始されています。食べられた方はいらっしやいますか。私も食べていません。どこで売っているかわかりませんが、とにかく販売開始にはなっていないです。

これは、ハワイのパパイヤがウイルス感染して絶滅に近い状態になってしまったので、どうにか抵抗性の品種を作ろうと、一九九八年にハワイで実用化承認されました。それから結構作られて、半分以上、今は八〇パーセントぐらいではないかと思いますが、組換えです。日本でも最近になって安全性が承認されて販売されているそうです。こういう形で売り出されるというのはなかなか珍しいです。これはハワイのパパイヤを絶滅から救った組換えの話になります。

↑次世代組換え植物

これまで紹介してきた組換えは、どちらかというかわれにメリットがなかなか見えにくいものでした。嫌いな人が結構いらっしやるかもしれないませんが、どちらかという生産者にとっていいことがある組換えでした。それだけではいけない、もっと消費者にメリットのあるものを作っていこうということで作られているのが、次世代の組換えです。

例えば栄養を付加したもので、有名なのがゴールデンライスです。ゴールデンライスは、β-カロテンというビタミンAの基になるものがたくさん含まれている米で、アフ

リカなどを中心にビタミンA欠乏のところが多く、これをどうにかしようということで作られました。遺伝子を入れることによって金色っぽくなったのでゴールドンと名付けられました。

最初はスイセンから遺伝子を採って入れたのですが、スイセンの遺伝子を使ったときはビタミンAの量はそんなに増えなかったようです。その後いろいろと改良を加えて、今はトウモロコシから採った遺伝子を入れてるので、結構ビタミンAの含量も増えています。このころは実用化はあまり良くなかったのですが、今は使えるぐらいになっているという話です。このように栄養を付加した植物を作ることが盛んにされています。

次世代組換え植物は、医薬品や栄養強化、有害物質の低減などを目的に開発されています。油の成分の中で健康にいいと言われているオレイン酸含量を上げるようにした「高オレイン酸ダイズ」や、よく健康番組などで取り上げられるアントシアニンをたくさん含んだ「アントシアニン高含有トマト」、あるいは、鉄がたくさん含まれている「高鉄含量イネ」、スギ花粉症を緩和する「スギ花粉症緩和米」なども作られています。実は、この米は農水省所管の研究所が作っていて、非常にいい効果があるらしいのですが、申請

したら、法律的な関係で食品としての認可が下りなかったようで、医薬品になってしまったそうです。結構いいものができたらしいのですが、政治的な問題もあり、結局、目の見ずに今は眠っているようです。

↑遺伝子組換え作物の安全性

では、皆さんが気になる安全性についてお話します。

先ほど、農作物や育種の話をしました。いろいろな方法で新しい品種が出てきていますが、実はその一つ一つについて安全性の確認はしていません。「何となく大丈夫だろう」という感じではやっていないと思います。実は組換え作物が、安全性をきちんと確認している最初の作物になります。たぶん組換え作物だけです。突然変異を起こせるガンマ線の話でしたが、それも別に安全性の試験はしていません。組換え作物だけは安全性の試験をきちんとして、安全だと承認されたものだけが外に出る仕組みになっています。

遺伝子組換え作物の食品・飼料としての安全性評価のポイントは四つあります。

① 遺伝子を組み込む前の作物…安全に長年食べられて

きたものか？

② 組み込まれた遺伝子：由来は？どのように働くか？

③ 組み込まれた遺伝子がつくるタンパク質：アレ

ギーの原因にならないか？毒性はないか？

④ 組換えによって意図しない変化が起きないか：有害

成分が増えていないか？栄養素などに増減がない

か？（増減が見られる場合には、それが健康に悪影

響を及ぼす心配はないか？）

③のアレルギーに関しては、非常に多岐にわたる検査を

します。消化がちゃんとできるか、当然今までアレルギー

だと分かっているタンパク質は入らないようにしています。

今までアレルギーを起こすと分かっているものと類似性が

ないか、実際に実験的にもそういうことを全部調べて、結

構細かい試験をしています。

もちろん組換えがきちんとできたものについては、栄養

源、栄養素が変化していないか、有害成分が増減していな

いかは、全部チェックされています。それをクリアしたも

のだけが外に出ていくということになっています。「実質的

同等性」といって、導入された前のものと後のもので、組

換えした遺伝子が作るタンパク質以外に違いがないという

考え方です。害虫抵抗性のトウモロコシであれば、Btタン

パク質が作られますが、それ以外の成分は全部変わらない

というのが「実質的同等性」です。それを調べて、パスし

ただけが出ています。検査項目は多岐にわたる、導入

遺伝子の存在状態や安全性、有毒物質の蓄積量、タンパク

質の消化効率、圃場において他の植物と交雑する可能性な

どの項目があります。

パスしなかった場合もあったのではないかと思われるで

しょう。だいたい、パスしなかったものは外に出てこない

ので、われわれがなかなか知りにくい話ですが、一つ有名

な話があります。ブラジルナッツというナッツは、非常に

栄養価が高いのですが、アレルギーの原因になることが分

かっています。そこで、どこかの企業が、非常に栄養価が

高いので、アルブミンというブラジルナッツの貯蔵タンパ

ク質の遺伝子を入れたダイズを開発しました。そして、終

わった段階でやはりこの検査に引っ掛かるのです。当然と

いえば当然なのですが、パスしませんでした。だから市場

には出ていません。

この一つの教訓としては、初めからアレルギーになる原

因が分かっているようなものを入れるなということです。

危険だと分かっているものを、研究や別の目的で入れる場

合はあるかもしれませんが、商品として作る場合、初めから入れるべきではない。そこまで行くまでになぜ気付かなかったのかという問題が一つあります。けれども、逆に検査の段階でちゃんと引掛かったところは評価すべきです。チェック機構がちゃんと利いているということはでもあります。私が知っているのはそれぐらいですが、ほかにもあるかもしれません。

↑ 遺伝子組換え食品の表示

組換え作物は「遺伝子組換え」という表示をしなければいけません。表1で示しているものが組換え作物として認可されています。分からない場合は、「組換え不分別」です。非組換え作物は表示を義務付けていませんから、表示する必要はありません。

表1 日本で食品としての安全性が確認されている遺伝子組換え作物(2003年6月30日現在)

大豆	4品種	除草剤の影響を受けない オレイン酸を多く含む
ジャガイモ	8品種	害虫に強い ウィルスに強い
ナタネ	15品種	除草剤の影響を受けない 雄性不稔性雌性回復性
トウモロコシ	16品種	害虫に強い 除草剤の影響を受けない
ワタ	9品種	害虫に強い 除草剤の影響を受けない
テンサイ	3品種	除草剤の影響を受けない
合計	55品種	

。「組換えでない」と書けるのですが、実は手続きが必要です。

先に手続きの話をします。組換えでない場合、「組換えでない」という表示をよく目にすると思います。これは「任意」です。しなくていいけれども、わざわざ書いてあります(表2)。「わざわざ書いてあるのは、皆が組換えではない方が喜んで買う、それだけの理由です。」

そのためにはIPハンドリングが必要です。ですから「組換えでない」というのは法律的に勝手に書けません。法律が変わったとは聞いていないので、これはまだ効いているはず。IPハンドリングというのは「Identity Preserved Handling」の略で、分別生産流通管理のことです。生産場所から輸送の場所まで全部分別して持ってきたことを証明する書類が必要です。それにはお金が掛かりますから、お金を掛けてこの表示をしているわけです。

ただ、表示をしなくていいものもあります。例えば油や

表2 遺伝子組換え食品の表示

原材料	表示方法
遺伝子組換え農作物を分別生産流通管理	遺伝子組換え
遺伝子組換え農作物と非遺伝子組換え農作物が分別されていない	遺伝子組換え不分別
非遺伝子組換え農作物を分別生産流通管理	遺伝子組換えでない 不使用など

しょうゆです。油の中から組換えの遺伝子を解析しているという宣伝を見たことはありませんが、油はタンパク質やDNAが入っていないので、非常に大変だと思います。ほとんど混入していませんから、どうやってやっているのかなと思うぐらい、できないのではないかと思います。ですから、そういうものには表示する義務はありません。

しょうゆも、発酵してしまうので、元のタンパク質・アミノ酸が残っておらず、分析ができませんから表示義務はありません。ただ、「組換えでない」という表示はできません。「組換えでない」と表示するためには、必ずIPハンドリングが必要です。普通はしない方がいいはずなのです。

私としては、組換えは絶対に表示の義務がありますから、組換えでない場合は「組換えでない」という表示は必要ないのではないかと思うのですが、それをすることによって売り上げが良くなるのでしょうか。油に表示をしても本当は仕方がないのです。

義務の対象は、「組み込まれたDNAや生じたタンパク質が検出可能である三〇品目の加工食品群」で、「豆腐などの品目は必要です。また、ここがややこしいのですが、組換え作物由来原材料の使用割合については、「全原材料中重量が上位三品目以上で、かつ、食品に占める重量が五パーセ

ント以上のもの」が義務になるため、五パーセント以下の混入は義務がありません。多少、輸送の段階で意図せず入ってしまった場合はオーケーになっています。そこが嫌だという人もいるかもしれませんが、そうなっています。

日本で大豆は、結構な割合が輸入品だと思います。このうちアメリカのシェアが六六・九パーセントですが（表3）、その中でも米国内におけるGM大豆の栽培率は九四パーセントです。業者はやはりそこを気にされるので、みそやしょうゆで「組換えでない」と表示するために、組換えでない大豆を手に入れないといけないのですが、最近、相当苦労されていると思います。残りの六パーセントの大豆を手に入れないといけない。これをどう思われるかということですが。

† 遺伝子組換え作物についての誤解

組換えに興味がある方は、遺伝子組換え作物でチヨウが死ぬという話を聞いたことがあると思います。実はこれは実験的に行っている問題がありました。後になって、論文を

表3 ダイズの日本への輸入状況(2011年)
単位:千トン、%

生産国	輸入量	シェア
米国	1,894	66.9
ブラジル	533	18.8
カナダ	355	12.5
その他	49	1.8
合計	2,831	100

(出典) ISAAA (国際アグリバイオ事業団)

書いた人たちが生態系内で起こり得ることではないと訂正論文を出しているにもかかわらず、マスコミでは取り上げられず、今でもセンサーシヨナルなところだけが一人歩きしています。

組換えのジャガイモでラットが免疫不全になるというパスタイ博士の報告も、実験の不備があったということです。

このような話により、組換えの技術自体に問題があると思われるかもしれないませんが、そうではなくて実際は、何が入っているか、どういう遺伝子を入れているかが非常に問題になります。先ほどのブラジルナッツのような話ですが、組換えジャガイモの場合はもともと毒性がありません。これは食品として出すために入れたものではなく、実験的にもともと毒性があることが分かっているタンパク質の遺伝子を入れて、それを与えているわけですから、当然の結果なのです。これが市場に出回ることはないのですが、こういうことだけが一人歩きしてしまつて、危険だという印象だけが付いてしまいました。

チョウが死んでしまう話も、Btタンパク質に関してはチョウとガの幼虫は死ぬようにできているのですが、実際にチョウの幼虫が組換えの花粉を大量に食べる機会があるかという、実際にはあり得ません。

このような実験は強制的に食べさせるわけです。強制的に毒を盛る感じですが。そういう環境をつくつて実験をしているので、死ぬのは当然といえば当然なのです。実際にそれが世の中で起こるかというところ、起こりません。しかし、そういう事実は知らされず、死んだということだけが出回つてしまうために、怖いと思つてしまうのが実情ではないかと思ひます。

遺伝子組換えの場合は、特に、どういう遺伝子が入つていて、どういう働きをしているのかということが大切であつて、組換えの技術自体を否定したい人もいるかもしれないが、否定はしていただきたくない。よく知つて、正しい選択をしていただきたいと思います。

質疑応答

質問——遺伝子組換えの安全性については、長期的にきちんと検証されているのでしょうか。

木寄——長期的な検証については、今も続いていると思ひます。遺伝子組換えのものが実際に市場に出た一九九四年から、もう十年以上はたつています。今まで問題はないので、

今のところは大丈夫です。それでも皆さんの懸念はあると思いますが、長期間にわたるものに関しては今も研究が続いていると思います。

予期せぬ変化に関しては「遺伝子組換え作物の食品・飼料としての安全性評価のポイント」のところでご説明しました。やはり意図しない変化はないとは言えないので、実際に成分がどう増えているか、どう変わっているのかというのには調べられています。場合によっては遺伝子がどこに入っているかをきちんと調べていると思います。私が考える限り、遺伝子が増えることはありません。意図しないところに入ったことよって有害になることがあるとすれば、野生種はもともと毒性のあるものがありました。毒性が抑えられたものが育種でピックアップされているので、たまたま遺伝子を導入したことよってその遺伝子が動き出す可能性はあると思います。ただその場合、ここでチェックがかります。

質問——自分で判断して選択できる力を私たちはどうしたら身に付けられるのですか。やはり自己責任なのでしょうか。

木暮——やはり一〇〇パーセント安全というものはありませ

ん。しかしそれは組換えだからというわけではなく、すべての農作物、食べ物に対して一〇〇パーセント安全というものはないと思います。

医療についても、iPSに関しても、病気の人のとっては希望の技術ではありますが、いろいろな問題があり、一〇〇パーセント安全というわけでもなく、倫理的な問題もある。それはどのようなものなのか、技術を知っておく必要があります。

その上で、「だけど、私は嫌いだ」「食べたくない」という人はいると思いますし、それはそれで仕方がないと思います。「何となく」とか、「マスコミが危ないと言っているから危ない」という考え方はしないでいただきたいと思えます。

質問——この点については、放射能の問題も似ていると思うのですが。

木暮——そうかもしれません。ただ放射能と違うのは、遺伝子組換え作物で市場に出ているものに関しては、危険性はないということです。しかし、全部が安全と言っているわけでもありません。何が入っているか、どういうものを作っ

ている植物であるかは、見極めていかなければいけません。また、食べ物なので、何でも食べすぎなどは良くありません。水だって飲みすぎると死ぬのですから、そういう世界だと思ってください。よく判断していただき、それでも食べたくないのであれば食べなければいいと思います。ただ、何となく嫌だと全部拒否していると、そのうち食べるものがなくなると思います（笑）。

質問——確かに、食品としての安全性はかなり精査されていると思うのですが、ただ栽培するときの環境への影響については、また別の問題があるのではないかと感じています。そのことについてはいかがでしょうか。

木暮——環境に関しては、確かに問題があります。私が一番心配なのは、組換え植物が外に出てしまって生態系に影響を及ぼすという問題です。これは、やはり避けなければならぬので、そこはきちんとした栽培条件を付けなければいけません。

あとは多様性です。同じような作物ばかりが栽培されてしまうと良くないので、組換えを全面的に否定するのではなく、少しずついろいろなものを育てていくことが必要な

のではないかと思います。

このことについては、「遺伝子組換え生物等の使用等の規制による生物の多様性の確保に関する法律」、通称「カルタヘナ法」という法律があります。多様性をなくさないように、組換えが外に分散しないように、私たちも実験するときはこの法律によって割とうるさく規制されています。

質問——『複合汚染』が出てから三十数年たっていますか、あのような考え方はもう取り下げてもいいということですか。

木暮——農薬のことですね。レイチェル・カーソンの『沈黙の春』と一緒に思うのですが、当時の農薬や除草剤はやはり危険なものが多かったのです。作用機作がまだよく分からない、どう効いているかよく分からないものもありました。あるいは有機リン酸系といって、虫だけでなくわれわれの神経にも効いてしまう可能性があるものがあつたり、リン酸系は結構分解しないものが多く、そういうものが出回っていました。

その反省から、今はそういうものを排除して、分解しやすく、特異的に効く薬品が使われるようになっていきます。

国によって違うのですが、日本では結構気を付けています。

質問——確かにそういう意味ではかなり進歩した気がするのですが、虫が死ぬということは、やはり毒なので、人間には影響はないのか、そこが一番気になるのですが。

木寄——Btタンパク質自体は人には効きません。かなり特異性が高く、チョウやガの幼虫のみに効きます。

危ないのは神経に効いてしまうようなもの、例えば呼吸を止めるような薬剤は、たぶん農薬などには使われなと思います。また、葉もどうい効き方をするかが非常に大切で、例えば細菌を殺す、バクテリアを殺すための薬が人に効いてしまつてはまずいわけです。細菌と人間はいろいろなものが違うので、特異的に細菌だけを殺す薬は作りやすく、植物と動物も結構違うので効き方を変えることができます。しかし、動物や昆虫は割と共通のところが多くあります。神経系に効くようなものは人にも効く可能性がありまするので、全く使われていないことはないのですが、それはそれで気を付けて使わないと思います。

付記

本文中で出典表示のない図版は、日本植物生理学会から提供されたものを使用しています。

食物繊維の効能

免疫とアレルギー

日野真吾

はじめに

私は、食物繊維が体にとってどのような役割を持つのかを研究しています。ですので、一般的に、現状として人も当てはめることができる、実際にそのようになると思われることを前半でお話しします。

「免疫とアレルギー」という副題ですが、現状で「効く」と決まったものではありません。あくまで、動物実験で見えていったときに「効くかもしれない」という可能性が見えてきたという段階のものです。ですから、アレルギーが治るなどをうたって、意識させるCMがテレビでもたくさんあると思いますが、現状では、そのような効果は決まっています。先にそれだけを断っておきます。

私は今、栄養化学という研究室にいます。栄養について

研究していますが、実際には、食物繊維、お茶やワインに含まれているポリフェノールなどを材料に、動物が食べたときにどのような効果があるか、いろいろな機械や顕微鏡などを使って解析しています。そして、この実験結果を基に推論と仮説を繰り返して、実際の人に役立つような基礎的な研究が徐々に進んでいくというサイクルを繰り返していきます。

非栄養素の栄養学

↑より健康になるために必要なもの

「非栄養素の栄養学」とは何のことかと思われる方がいらっしゃるかもしれません。食物繊維は栄養素ではないのです。栄養素と一般的に言われるのは、「栄養状態レベル2」

と書いたところまでです(図1)。

なければ死んでしまうものが栄養素です。そこには米やパンの炭水化物、そして油があります。油を控え過ぎる方が最近多いのですが、油も体をつくるには必ず必要です。そして、タンパク質は魚や肉、牛乳に多いのですが、動物性のもに多く含まれる成分です。必ず動物は、体のほとんどがタンパク質でできており、タンパク質がなければ体の形がなくなってしまうです。

体を正常に動かすために必要なものとしてビタミン、カルシウムやナトリウムやカリウムのような金属類を含む無機質があります。

講座の第一回で「デザイナーフーズ・ピラミッド」を見たと思います。がんになりにくい食べ物をピックアップしてピラミッドにしたデザイナーフーズ・ピラミッドは、栄養学に携わる人たちにとって画期的ではあったのですが、食べなくても



図1 健康ピラミッド

死にません。デザイナーフーズの考え方は、より健康になるためにどのようなものを食べるか、つまり、生きるのに必ずしも必要ではないけれども、病気を予防し、長期間の健康を守るためには食べるとより良いでしょうということです。図1の「レベル3」段階のピラミッドを書いたものがデザイナーフーズ・ピラミッドになります。食物繊維は、食べなくても死なないので「レベル3」に入ります。

栄養学というのはそもそも、昔、寿命が短かったとき、「レベル1」や「レベル2」の、生きるのに何が必要か分からなかった時代に発達したものです。現代では、食べ物はスーパーに行けば買えますし、畑で作ることもできます。ある程度生存に必要な栄養素が満たされた上で何が必要かというときに、新たな機能的食品、いわゆる「特保」などができてきました。食物繊維は昔から知られていますが、基本的にはこのような部分に入ってきます。つまり、私は栄養学者ですが、非必須栄養素についての栄養学を研究しているのです。

ナルミナコイドとは何か

私は食物繊維学会というところに所属しています。今日は皆さんに新しい言葉を覚えていただきたいと思えます。

今から十二年前（二〇〇〇年）に提唱された、ルミナコイド（Luminacoid）という言葉です。大ざっぱにいうと食物繊維なのですが、腸管の中に入って、おなかの調和を取る、調子を良くするものという意味で提唱しています。

それには一般的に食物繊維といわれるものやオリゴ糖があります。オリゴ糖でおなかの調子が良くなるというのは本当です。また、糖アルコールも加工食品に入っています。そしてレジスタントスターチというものがあります。スターチとはデンプンのことです。繊維をたくさん入れた飲み物がありますが、そのようなものに入っているのが難消化性デキストリンです。飲み物で繊維が取れるとうたっている

ものには、ほとんど入っていません。これは化学的に作ったものですが、こういうものも含めて「ルミナコイド」と提唱しています（図2）。

食物繊維の写真を図3に載せておきました。食物繊維というからには繊維でないといけないのですが、実際は繊維というより殻のようです。人間や動物

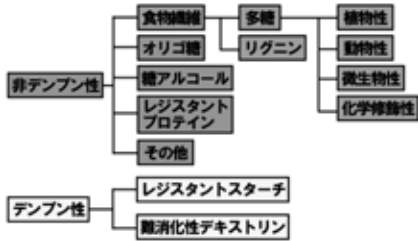


図2 ルミナコイドの分類

は、細胞が集まって体ができますが、植物は、外側に殻を持っています。この殻を生物学の言葉では「細胞壁」といい、食べる時には「食物繊維」といいます。ですから、これは植物の細胞一つ一つの殻です。この中に一個一個の細胞が入っているのです。この抜け殻が食物繊維になります。

↑食物繊維とは何か

そもそも食物繊維とは、「人の消化酵素で消化されない食物中の難消化成分の総体」です。つまり、油やタンパク質や炭水化物は、必ず食べたなら栄養として体の中に吸収され、自分たちが体をつくるのに使っているはずですが、食物繊維は消化できませんから、食べたなら、うんちとしてそのまま出ていきます。

図4は食物繊維の分類です。セルロースというのは紙です。これも食物繊維なのですが、食べません。ペクチンは

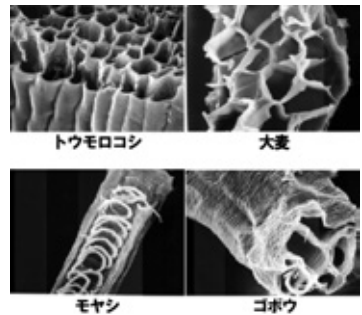


図3 食物繊維の写真

果物や野菜などに多く含まれるもので溶けます。産業的に多く使われており、ジャムのとろみを付けている成分です。けれども、植物に元から入っている成分なので、果物をそのままグツグツ煮てもとろみは出ません。キッチンパウダーは、「それも食物繊維なのか」と思われるかもしれませんが、カニの甲羅、エビの殻です。これも人の体では分解できないので、一応食物繊維になります。グルコマンナンはこんにゃくです。こんにゃくゼリーのぷるぷるとした感触は、この成分が入っているからできているのです。もう一つ、微生物が作る食物繊維がナタデココです。ナタデココは酢酸菌という菌が作る食物繊維を固めて食べています。ですからナタデココは、食物繊維の固まりなのです。

↑植物細胞壁の構造モデル

では、生物学の勉強です。皆さんが普段食べているゴボウを三〇〇〇倍くらい拡大してみたものが図5です。この全部が食物繊維なのですが、これが殻だという話をしまし

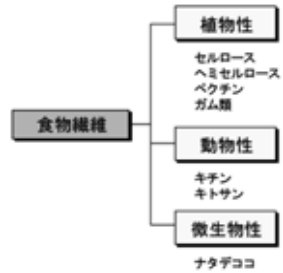


図4 食物繊維の分類

た。

図6の細胞壁より内側の部分に細胞があります。その外に殻があるので、殻をもう少し細かく見ていきます。まず、家です。家です。家の梁を形成しているのがセルロースで、その梁同士をばらばらにならないように固めているのがペクチンやヘミセルロースです。さらに外側にもペクチンがあつて、家の外壁のような形で覆っています。こういうものは細胞の外側にあるのですが、細胞には水分が必要で、水を通さなければいけないので、穴が開いていて水を吸いやすい性質を持っています。

食物繊維でお

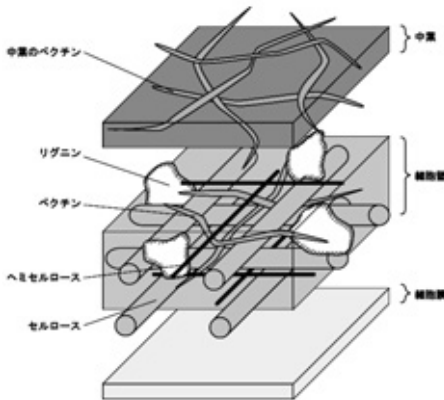


図6 植物細胞壁の構造モデル

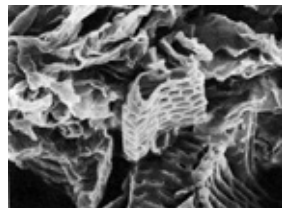


図5 ごぼうから調整した食物繊維の走査電顕像

通じが良くなるというのは、食べたときに水を抱えて、一緒に腸の中を運んでいくからです。それで、うんちが硬くなり過ぎない。そういう意味でお通じが良くなります。

↑食物繊維の消化管各部位における働き

まず、口では唾液の分泌を促進します。これは食物繊維の機能ではありませんが、例えばゴボウをあまり噛まずに飲み込むことはできません。噛む回数が多ければ多いほど、唾液はどんどん出てきます。その意味で、唾液の分泌を促進します。唾液の分泌が促進されると何がいいのかというと、口の中は外と接していて病原菌もカビもいますが、口を湿らせることによってその菌が働かないようにできるという効果があります。その意味でたくさん噛むことによって、虫歯になりにくい、風邪をひきにくいという効果が期待できるといわれています。

次に胃です。食べたものは一度胃にたまって、ある程度分解されてから腸に行くのですが、腸へ移っていく時間を遅くします。また、遅れることによって、グリセミックインデックス（血糖値）が上がり過ぎないようにする効果があります。そのような効果は、ひいては糖尿病の予防につながると言われています。

小腸では、栄養素の消化吸収を抑制します。ここでの栄養素は主に油のことです。過剰な油が取られたときに、食物繊維が吸着してそのまま出すという効果を持っているので、消化吸収を抑制します。ですから、食物繊維を食べると、高脂血症やコレステロールや中性脂肪が高い方に効果的に効くのではないかとわれています。

大腸はお通じの話です。水を捕まえてそのまま流すので、便秘や大腸がんの予防につながります。水を捕捉した上に、内容物（うんちのもと）の通過時間、おなかにいる時間を短くする効果があります。便秘がひどくなり過ぎて、憩室症という、うんちが固まって腸の形がおかしくなってしまう病気があるのですが、それに対して予防的な効果があるといわれます。

後で詳しく話をしますが、腸内細菌の栄養になると発酵を受けます。発酵というのは、微生物が何かの成分をエネルギーとして使う行為のことをいいます。それがまずいもの、食べられないものになった場合は腐敗といいますが、腸内の場合には発酵です。この腸内細菌の栄養素になるのが食物繊維です。この発酵産物が大腸の正常な機能に必要であることが分かっています。

糞便については省略します。

食物繊維といっても大きく二つあり、溶けるもの、溶けないものがあります。溶けないものはキチン、セルロースなどです。全粒粉、麦の皮や米のみが、食べることでできる非水溶性の食物繊維になります。水溶性のものに関しては、おそらく一番食しているのはペクチンです。日本人はこんにゃくのグルコマンナンもよく食べていると思います。

↑血糖・インスリン応答の抑制

食パンを食べたときやジュース(ブドウ糖)を飲んだとき、通常なら血糖値が一気に上がります。糖尿病を患っている方の場合、糖濃度が高いと、糖濃度を下げることができません。下げることができている間はいいのですが、これが下がらなくなってくるのが問題になってきます。けれども、食物繊維を食べることで、そもそもそんなに血糖値を上がらなくすることができます(図7)。

インスリンが効かなくなっているのが糖尿病ですが、穏やかな血糖上昇に対して、体は穏やかなインスリン応答をします。つまりインスリンをそこそこ出すのです。そこそこ出している間は、インスリンが効かないという体の応答は出ません。ですから、糖尿病になりにくくなるというのが、

食物繊維を食べた効果なのです。

なぜそうなるのかというと、胃はさらさらに分解したものを腸に運ぶという性質があります。食べていつまでもネバネバしているものは、まだ分解できていないと体は勘違いするのです。その結果、少しずつしか出しません。糖分は腸で吸収されるのですが、血に入るのは腸からなのです。腸に少しずつしか行かないということは、ゆっくり入っていくということなのです。

血糖値を上げている間にも、体は血糖値を落とそうとしています。分かりにくいかもしれませんが、血糖値というのはジュースを飲んでからずっと上がっているはずなのです。けれども実際には、ある程度まで上がったら落ちてきます。これは、入っていくものに対して、体の中で血液中

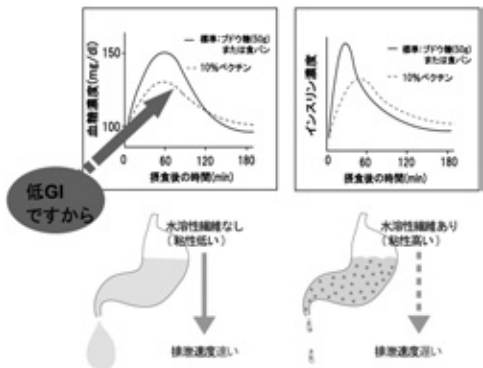


図7 食物繊維は血糖・インスリン応答を抑制する

から組織へ吸収していつている量の方が多いので、血の中に見えるものは少なくなるからです。ですから、細胞が取り込んで、肝臓などの細胞や筋肉が糖をどんどん使って、血糖値は一定以上上がってこないのです。しかしこれが緩やかに入っていけば、ベースに戻すのは簡単ですよ。急激に上がっていくものをベースまで落とすのと、少し上がったのを落とすのでは、体への負担が全然違います。負荷を掛け過ぎると、糖尿病になるといわれています。

今の流れを示したのが図8です。ジュース、炭酸飲料な

どを飲むと、急激な血糖上昇が体の中で起きます。急に血糖が上がると体はびっくりして、急激にインスリンを出します。インスリンは血糖値を下げる効果もありますが、脂肪を増やしますが、脂肪を増やす効果もあります。体脂肪の合成が起こると、脂肪細胞が

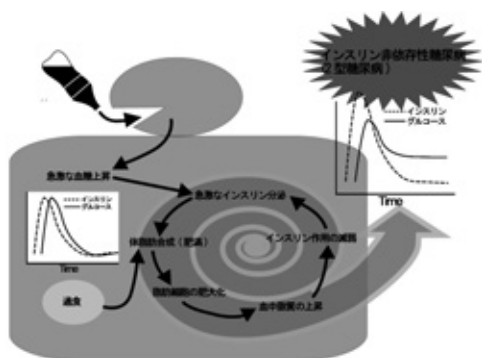


図8 急激な血糖・インスリンサイクルの破綻

大きくなる、つまり肥満になります。肥満になると、体の中にたくさん脂がありますから、血の中にも脂がたくさん出てきます。そうするといわゆる「ドロドロの血」の状態になります。そうなると、今度はインスリンの効き目が悪くなってきます。太っていくときは、このサイクルを繰り返しているのです。食物繊維を取ることで、このサイクルを止めることができますと考えられています。

↑糖化は恐ろしい

体は脂をためてでも血糖値の上昇を防ぐのですが、何が問題なのでしょう。

糖尿病のとき、白内障や動脈硬化になるとよくいわれます。なぜこれが起こるかという、糖というのは生体内の物質（タンパク質）と非常に反応しやすいのです。タンパク質がうまく働くことによって体が動くなど、いろいろなことができますが、糖がタンパク質とくっ付くと、タンパク質は正常に反応できなくなります。この糖が付くことをグリケーション（Glycation・・糖化）とこののですが、グリケーションを起こしたタンパク質は、本来働かなくなっていくところで働いたり、働かないといけないのに働けなくなったりします。

白内障になる場合、見るために必要な目のタンパク質は、一、二年間同じタンパク質が働き続けるのですが、グリコーションが起きることで、悪くなったタンパク質を変えることなく変成していくので、だんだん目が白く濁り、視力が低下し、最終的には目が見えないという形になります。糖が上がること自体が問題なのではなく、糖が上がったことによって体の正常な機能が障害される。これが糖尿病の怖いところ、問題なのです。これを起こさないために、体は一生懸命インスリンを出して、血中糖濃度を上げないようにしています。

十 肥満の歴史

今、肥満の人が増えています。

四百万年前から人類は見つかっており、狩りや木の実を取って食べるという狩猟採集生活をしていました。このよ
うな時代は常に食べられるわけではなく、食べられるときに食べなければ死んでしまうかもしれない、ですから食べられるときにたくさん食べるとい生活をしていきます。ただ、このとき人類は火を使っていないので、生のものばかり食べていて、消化が悪いのです。吸収できる糖も少なかったため、食べられるときに食べながらも血中のグルコー

スはずっと一定で保てていました

(図9)。

そして、農業革命が起こります。

弥生時代の稲作文化ができた時代です。稲作を始めたときは一度に大量摂取はしませんでした。一日五、六回の食事少量ずつ食べるので、血

中のグルコース濃度はそんなに上がりません。しかも彼らの時代は、小麦粉を作ったり、小麦粉を白くする技術がないので、もう少し消化の悪いパンや米を食べています。そういう意味で血糖値はそんなに上がっていません。

ここまでは食べられるときに食べて、体としても食べられるときに栄養素を体のために食べなければいけません。ですから、食べたときに血糖値が上がったら、脂を作ってエネルギーとしてためていました。

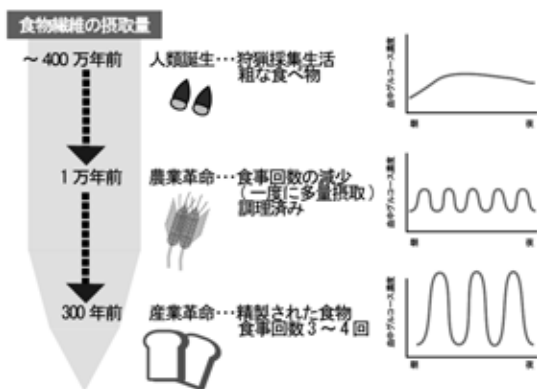


図9 肥満の歴史・栄養的背景

そして、一八〇〇年代の産業革命が起きてからは、精製された、つまりきれいな食べやすいもの、消化にいいものをずっと求めて作ってきています。食事の回数は一日三、四回に減りました。消化がいいのでこの回数で十分エネルギーが取れるようになったのです。けれども、吸収がいいので、食事のたびにものすごい量の糖を吸収できるようになってしまいました。現代の食事を食べることによって、わざわざ体に負荷を掛けることになったのです。

けれども年代を考えてください。四百万年前に人が誕生して、きれいなものを食べてから三百年しかたっていないません。ですから、この時代の名残があり、食べられるときに食べて、体のためという反応をまだ持っているのです。体が変わってくればいくら食べてもいいかもしれないですが、これを引きずっているので、結局、血糖値がぐいぐい上がり、体に負荷が掛かり、脂を作らなければいけない。そして、産業革命と同時に肥満という病気ができてきたのです。

十種々の食物繊維と糞便量

少し話が変わります。図10は食物繊維を食べたときのうちの量を示したものです。ペクチンはリンゴやニンジン

にも入っているのですが、ペクチンだけを取ってきて飲んだ場合と、ニンジン、リンゴ、キャベツ、セルロース、小麦ふすま（ウィートブラン）、それぞれ食物繊維一日二〇グラム食べてもらったとき、うんちの量はどうなるでしょうか。

ペクチンの場合にはドリンク剤と一緒にです。水溶性食物繊維（ペクチン）が多いものは、ペクチンだけよりは、やはりうんちの量が増えます。もつと繊維質のキャベツやセルロース（ゴボウ）や小麦ふすまを食べたときには、同じ量の食物繊維を食べていても、糞便量が全然違うのです。図10を見ていただくと、お通じが良くなる、「水に溶けて飲みやすい」とCMをしているのに疑問を持つと思います。

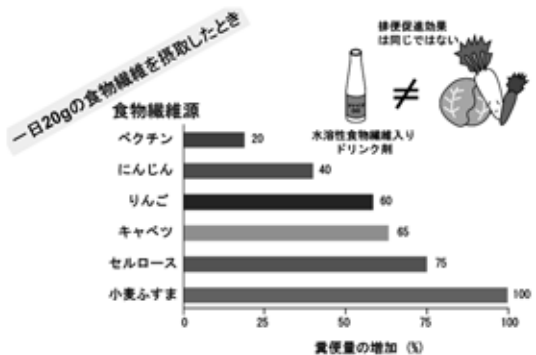


図10 種々の食物繊維と糞便量

↑あるがままに食べよう

EAT AS IT ISは、「あるがままに食べましょう」ということです。結局、加工して食物繊維を取ったとしても、元の野菜や果物には決してかきません。あるがままに食べた方がいいのです。

血糖値の上昇も、清涼飲料水を飲んだときよりも、一〇〇パーセントの野菜や果物のジュースを飲んだときのほうが血糖値の上がりか鈍くなり、リンゴのまま食べればもっと抑えられます。

図11は化石の写真です。五千五百年前の人の糞の化石です。この中には草や枝などがいっぱい入っています。人はこのようなものを食べていたのです。こういう食べ物を食べたときにも栄養を吸収できる能力をおなかは持っています。それに対して、非常に吸収のいいものを食べれば、過剰に吸収してしまいます。ですから、ありのままを食べる。機能性食品はあくまで補うものですが、食物繊維に関しては元のものにはかなわないというのが現状です。

ここまでは小腸の話でした。

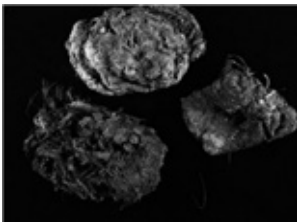


図11 人の糞の化石写真

↑腸内細菌

次は大腸の話させていただきます。腸には一〇〇兆個の細菌がすんでいます。これは病原菌ではありません。乳酸菌、ビフィズス菌、大腸菌など四〇〇種類くらいの腸内細菌がいると現在いわれています。人間の体をつくっている細胞が約一〇〇兆個といわれていますから、同じくらい別の生き物がすんでいるのです。

つまり、体の半分は腸内細菌でできているともいえます。全体で一〇〇兆個いるのですが、食べ物を食べて胃を通るとき、胃酸があるので、食べ物から入ってきた菌はほとんど殺され、ここにすめる菌は限られています。すめる菌で最近有名になっているのはピロリ菌で、胃がんを引き起こす原因として注目されていますが、せいぜい一〇〇個から一〇〇〇個です。

次に小腸の上は、胃酸がなくなるので多少増えてくるのですが、それでも一〇万から一〇〇万、もう少し下の方に行くと、一〇〇〇万から一億です。大腸には山ほどいます。腸内細菌は何をしているかというと、食物繊維でいわれる効果の半分ぐらいは、実際は腸内細菌に頼っています。

「短鎖脂肪酸」という言葉を聞いたことがありますか。食物繊維が入ってきたときに、腸内細菌がそれを食べて出す

ものです。つまり腸内細菌のうちなのですが、体にとつては非常にいろいろな効果を持っていることがここ二十年ぐらいで分かってきました。

一番大事なのは、「上皮組織のエネルギー源」になっているということ。人間は食物繊維をエネルギーとしては使えないのですが、大腸で腸内細菌が食物繊維を使って短鎖脂肪酸を作ります。人は短鎖脂肪酸を使うことはできません。かつ、大腸を作っている細胞のエネルギーの八〇パーセントくらいはこの短鎖脂肪酸です。もちろん血管が来ているので糖が流れてくるのですが、大腸の細胞は糖より短鎖脂肪酸が好きで、これをエネルギーとして使っています。ですから、腸内細菌が食物繊維を食べて、出したうちを人が使っている。そういう形で大腸の表面を覆っている上皮細胞が生きています。

もう一つよく言われるのが、大腸がんの予防効果です。短鎖脂肪酸は酸性物質なので、大腸の酸性度が増します。酸というと悪そうな感じもしますが、酸が増えることによつてpHが下がると、いわゆるおならの臭い成分や、大腸がんを誘発する成分ができにくくなります。肉を食べ過ぎるとタンパク質が大腸に来て、タンパク質を大腸で腸内細菌が使うと、臭い成分や発がんを誘発する物質が作られます。

食物繊維を食べて短鎖脂肪酸が作られると、pHが下がってタンパク質が入ってきても、そういうものができなくなります。そのため、食物繊維は大腸がんの予防に効くということが分かっています。

また、先ほどエネルギー源になるという話をしましたが、セルロースでも何でも、食物繊維を食べたとき、腸内細菌はまず食物繊維をはさみで切ります。そうすると、ただのグルコース（糖）ができます。けれども、このまま刻みあげていたら腸内細菌は生きられませんから、腸内細菌は自分で使います。ここでエネルギーを作り出し、これ以上使えないと吐き出すのが、酢酸、プロピオン酸、酪酸などです。これらをまとめて短鎖脂肪酸といいますが、こういうものを腸内細菌は吐き出します。

これを大腸はエネルギーとして使っているので、分厚くなります。図12は、上が食物繊維を食べていない状態のラットの大腸です。特に問題のある状態ではありませんが、薄いです。食物繊維を食べるとエネルギーが供給されますので、分厚くなります。

また、短鎖脂肪酸の効果としてほかにも知られていることがあります。図12の右側の写真はラットのお尻から撮ったものです。下の食物繊維を食べたものでは、食べていな

いものに比べて血行が良くなっています。血行が良くなっているという事は、大腸の動きも活発になり、もちろん大腸から吸収した栄養も体に運ぶことができます。血流量が増えるというのは活動が盛んになっている証拠で、このような違いが食物繊維からできた短鎖脂肪酸によって起きてきます。

↑食物繊維と大腸かん

ここで残念なお知らせです。現在（二〇一二年）、世界中で毎年いろいろながんにかかっている人口当たりの人数の統計が取られています。日本は五年くらい前まで二位くらいで頑張っていたのですが、トップに上がってしまいました。特に男性の大腸がんにかかる率はトップです。

ただ、不思議なことがあります。食物繊維を多く取れば取るほど大腸がんにかかりにくいといわれています、日本人

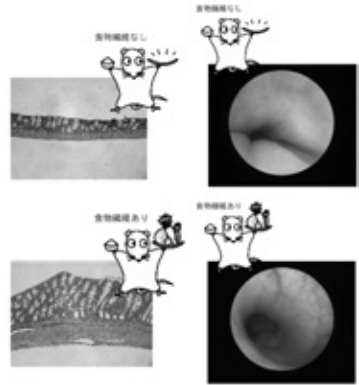


図12 食物繊維の大腸内発酵と短鎖脂肪酸

は、今でこそ減っていますが、もともと野菜や海藻をよく食べます。こういうものは食物繊維が割と豊富なのです。それにしても日本人はやたらと大腸がんにかかりやすいのです。戦前や戦後すぐの時代、日本は大腸がんにかかる人が非常に少なかったのです。それが西洋式の食事になっていくほど、どんどん増えていきました。

表1は国民栄養調査で、一日当たり何をどのくらい食べているかという統計です。一九五〇年から一九九九年、野菜の摂取量は増えて

います。海藻も同じくらい食べています。食物繊維を食べればがんにかかりにくいのではないのか、おかしい、話が違うと思われるかもしれませんが、

では何が減ったのかを見ていくと、一番大きいのは穀類（ごはん）で

表1 国民栄養調査

食品群別	1950年 昭和25年	1955年 昭和30年	1985年 昭和60年	1994年 平成6年	1999年 平成11年
穀類	471.3	474.9	308.9	280.7	254.4
種実類	0.9	0.4	1.4	1.7	2.2
芋類	127.3	80.8	63.2	62.2	67.7
砂糖類	7.2	15.8	11.2	10.0	9.5
菓子類	/	/	22.8	19.6	23.1
油脂類	2.6	4.4	17.7	17.6	16.5
豆類	53.7	86.2	66.6	66.8	70.4
動物性食品	81.8	114.9	318.7	347.0	350.1
野菜 果物類	283.5	290.5	402.3	360.1	409.7
海藻類	3.0	4.3	5.6	5.8	5.5
総量	1031.3	1072.2	1218.4	1171.5	1209.1

す。一九五〇年に四七一グラム食べていたものが、現在は二五四グラムです。芋類にしても、一二七・三グラムが六七・七グラムにまで減っています。炭水化物を食べる量が減ってきたのです。日本人の大腸がんの発症率はずっと上がっています。それはこの穀類が減っていったことと関係があるのです。

なぜ穀類なのかというと、レジスタントスターチ(resistant starch) によるのではないかといわれています。デンプンや米は、小腸で糖分になって吸収されるので、炭水化物、エネルギー源になるものとして食べているのですが、実際には消化されないデンプンがあることが分かってきました。大腸が悪くなった人の手術で、小腸だけを残して人工肛門を作るといふ治療法がありますが、その方たちがごはんを食べて、小腸まで出てきた中身を調べたときに、デンプンは分解されるはずなのに残っていることが分かりました。消化に対してレジスタント(resistant)、抵抗性のデンプンという意味で、レジスタントスターチという言葉ができました。消化吸収されないデンプンのことです。

レジスタントスターチは現在、四種類に分かれています。RS1は玄米・全粒粉など、むき出しではなく、何かに覆われた形で存在しているものです。デンプンが露出してお

らず分解しにくいために消化抵抗性を得ているものです。

RS2はもう少し細かい話です。デンプンにはアミロペクチンとアミロースというのがあり、アミロペクチンが分解できるデンプンです。アミロースはデンプンの粒が真横に整列していて、アミロペクチンは枝分かれしています。枝分かれしていれば切れるところから切っていくので消化できるのですが、ガチガチにくっ付いて、はさみを入れるところがないというのがアミロースで、こういう形状を持つデンプンとしてRS2が存在しています。また、粒が単純に大きいデンプンもこれに含まれます。

RS3は糊化したデンプンで、いわゆる冷ごはんです。温かいごはんを一度冷やすと、カチカチになり、消化の悪いデンプンができます。以前、テレビで、冷やし茶漬けを食べると分解が悪いのでやせると言っていました。やせるかどうかは定かではありませんが、食物繊維の代わりになるものです。ただ栄養は満たして、その上で食物繊維を取るのが基本ですので、温かいごはんで食べた方が当然栄養の吸収はいいです。そこは勘違いしないようにしてください。

RS4は、人工的に化学結合を入れて分解をわざと悪くしたものです。このRS4はお菓子などに食品添加物の形

で一部入っているものがあります。また、生のデンプンは輸入のときに量が決まっているのですが、このような加工をするところに入れることができるようです。そういう形で入れていると、味や性質はほとんど変わらないので使われるものがRS4です。

人のおなかの中で腸内細菌が短鎖脂肪酸を作ると言いましたが、その餌となるのは食物繊維かレジスタントスターチです。実際の大腸の中身を見たとき、人が食べているものの中で腸内細菌が使うものは、レジスタントスターチの方が食物繊維より圧倒的に多くなっています。食物繊維は食べれば食べるほど、大腸がんの発症リスクは抑えられます。これは短鎖脂肪酸ができるからなのですが、実際に短鎖脂肪酸のもとになるのはレジスタントスターチの方が多いのです。

図13はアメリカのグループの研究で、デンプンの摂取量と大腸がんの発生率を見たものです。これを見ると、食物繊維は何となく多く食べると下がっていくかなというぐらいですが、デンプンでは違ってきます。デンプンを食べているほど大腸がんになりにくく、摂取量が少ないほど大腸がんにかかりやすいという関係が明らかになりました。これが明らかになったのは一九九四年なのですが、これは日

本人の大腸がん発生率が上がってきた原因を説明するものではないでしょうか。

昔は、米を茶碗で何杯も食べて、肉は少なく、魚を少し食べ、野菜を食べてという健康的な生活をしていたのですが、

ごはんを食べる量が減り、肉が増え、野菜も減りという食生活に変わり、腸内細菌が作る短鎖脂肪酸などができなくなることで、大腸がん発生率が上がっているのではないかとわれています。

図14では大腸の流れを示しています。どのような食事を食べていても、大腸に入りたてのものはみんな割と発酵しています。不消化物がある程度入ってくるためですが、通常の場合、ずっと発酵が続いています。ですから、発酵に使うための食物繊維やレジスタントスターチが品切れになります。そうすると酸がなくなりますからpHが上がってきます。すると、二次胆汁酸、腐敗物質、発がん誘導物質

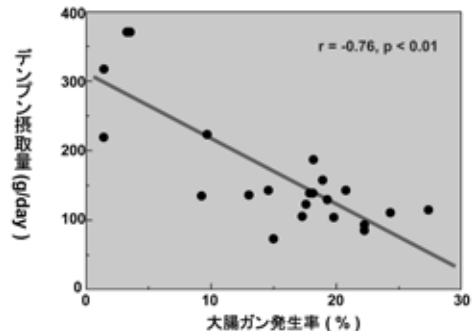


図13 国別に見た大腸がんの発生率とデンプン摂取量 (Cassidy.A.ら Brit. J. Cancer, 1994)

が徐々にできてきます。

大腸がんになるのはほとんどが肛門から少し上った、大腸の最後の辺りなのです。ここに問題があります。食物繊維やレジスタントスターチは、消化が悪いです。ということは、なかなかなくなりません。食物繊維やレジスタントスターチをたくさん食べていけば、ここでもまだ腸内細菌が使う原料があるのです。ここまで届かせるために食物繊維やデンプンが必要になります。ここで仮にpHを下げることであれば、あとは出るだけです。悪いことは起きないでしょう。これが、食物繊維が大腸がんや腸炎にとって大事な理由です。pHを最後の最後まで下げることが大事なのです。

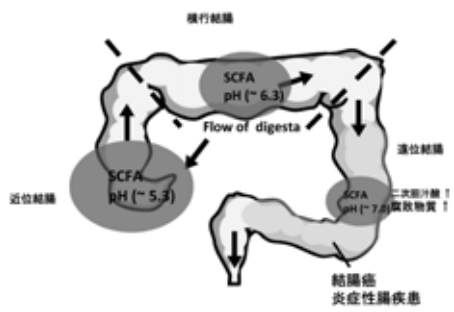


図14 大腸内環境の部位による違い

免疫系

アレルギーとは

アレルギーという言葉をご存じだと思います。じんましん、花粉症、食中毒で下痢をしてしまう症状などがあります。私が主に考えるのは食物アレルギーなのですが、アレルギーとはそもそも何でしょうか。別に無駄なことをしているわけではありません。疫（病気）を免れるための仕組みが免疫ですが、これが暴走したものがアレルギーです。

アレルギーはずっと増えています。非常に面白いのですが、食べているものに対して増えています。牛乳や乳製品を、昔はそれほど日本人は取っていなかったはず。乳製品の供給が増えると同時に、アレルギーが増えました。果物も肉もそうです。

現在主力となっているアレルギーは、卵、乳製品、小麦。これらは昔、毎日食べていたでしょうか。おそらく比較的少なかったと思います。逆に、昔は多かったのが減っている大豆などは、昔はアレルギーの人が多かったのですが、今はほとんどいません。

アレルギー性皮膚炎や鼻炎はずっと増えているのですが、よく対比して出てくるのが、寄生虫の感染がなくなった

いう事実です。これは有名な先生がいろいろな本を書いておられますが、昔は寄生虫の検査で陽性の方が比較的多かったようです。そのときにはアレルギー患者が少なかったのですが、それがなくなったらアレルギーが出てきたという話です。

これはなぜか。アレルギーに関わる免疫システムは、もともと寄生虫感染に対し防御するためのシステムなのです。これが、寄生虫という敵がいなくなったものだから、自分を間違って攻撃し始めたというのがアレルギーだといわれています。

アレルギーの原因は、もちろん遺伝により家族全員がアレルギー体質という例もあるのですが、生活環境や衛生状態という後天的な要因が非常に大きく関わってくるのが分かっています。ただ、生物というのは、物をいろいろ食べますが、それに対してすべて免疫を起こしていたら切りがなく、何も食べられなくなってしまう。基本的には免疫寛容（許して内部に落とす）という形で、普通はアレルギーを起こさないようになっているのですが、何らかの理由で寛容というシステムが破綻したときにアレルギーになります。

スギ花粉は別に悪いことはしません。飛んでいるだけな

ら何もしいはず。それで病気になるはずがないので許していればよかったです。「許さん」と免疫システムが思ったら、何もしないのに攻撃することによってアレルギー症状が出る。花粉症はそのように発症します。

↑免疫系の成り立ち

免疫は、自然免疫と獲得免疫の大きく二つに分かれます。自然免疫の「自然」は、自然に対してというわけではなく、生まれながらに持っているという意味です。「一般に病気に対する免疫力を高める」というのは、不特定多数に対して免疫力を高めるという意味で持っている機能です。例えば病原体を壊す、がん細胞やウイルスに感染した細胞など、体にとって悪いものを壊して食べるのが自然免疫だといわれています。健康食品が「免疫力が上がります」と訴えているのは、こちらの部類になります。

自然免疫が生まれながらに持っているのに対して、獲得免疫は、生まれながらには持っていない、生まれた後にできる免疫のシステムという意味です。ワクチンを打ったときに二度目がないのが、獲得免疫がうまく働いた免疫機構になります。

子どものときにいろいろワクチンを打ちますね。そうい

うものほとんどの場合一生かかりません。一回無毒化した菌を注射することによって、「それは悪いやつだ」と覚えさせ、次に来たときに迅速に反応して病気にならないようにするという意味で、「二度なし現象」が獲得免疫だといわれています。

この獲得免疫の一種に、液性免疫、細胞性免疫があります。液性免疫は抗体が関わるもので、抗体の中でIgEが花粉症や食物アレルギーの即時型アレルギーに関わるものです。

↑免疫に関わる登場人物

白血球やリンパ球という言葉が聞かれたことがあると思います(図15)。

白血球の中でそれぞれの役割は違うのですが、肥満細胞(マスト細胞)はアレルギーの原因となるヒスタミンやロイコトリエンなどを放出する細胞です。好中球は体の膿みです。膿みは好中球の死骸、好中球がばい菌と戦ったたなれ果てです。戦争で言う歩兵です。山ほどばい菌がいたときにとっと押し寄せて殺していく、その代わり自分も果てる、それが好中球になります。好塩基球もアレルギーに関わるのですが、非常に数が少ない細胞です。ただ最近、アレルギーとの関連でかなりいわれてきています。好酸球は、

炎症が起きたときに一斉に大挙して押し寄せるとタイプの細胞です。

リンパ球の中で、T細胞とB細胞がいます。

T細胞のうちヘルパーT細胞は、獲得免疫の司令塔です。これがほとんどもすべてをコントロールする形で動かし

ます。命令をする細胞です。キラーT細胞は、命令するのではなく、自ら殺しに行きます。

よく言われるのは、がん細胞を攻撃する、インフルエンザに感染した菌を攻撃するという形で関わります。B細胞は抗体を作ります。これがIgE抗体を作って、実際にアレルギーを引き起こします。ナチュラルキラー細胞、ナチュラルキラーT細胞など、この辺は全部役割が似ています。ウイルスとがん細胞を殺す役割です。

マクロファージは、菌が入ってきたり、死にかけた細胞



図15 免疫系に関する登場人物

がいたり、がん細胞がいたときに食べる細胞です。これは食べるだけです。取りあえず体からなくす、延々と食べる細胞です。抗原提示細胞は、獲得免疫のコーチです。これがヘルパーT細胞に情報を渡して「こうした方がいいよ」とコーチングするのです。

＋自然免疫と獲得免疫の連携プレー

実際どのように起こっているかというところ、免疫は、悪いものを排除するのが基本的な役割になります。そこでまず、自分か自分ではないかを認識します。自分でないものは、体に必要ないもののはずなので、自分ではないものを危ないものと認識します。

それは、もともとなかった、急にできてしまったがん細胞、病原菌、ウイルスです。食べ物も栄養として、自分ではないですが必要なものです。腸内細菌も最初からすんでいますから、要ります。けれどもがん細胞や、同じ菌でも病原菌の場合は問題があり、こういうときに免疫が働きます。

病原体が来たとき、まず自然免疫の機能で殺しにかかります。これが第一の防波堤です。取りあえず食べる、殺すことで対処しようとしています。そのすきに、樹状細胞（抗原提示細胞）がT細胞に「こういう敵が来ている、何かした

方がいいのではないか」と伝えます。するとT細胞がB細胞やキラーT細胞に命令を出して、B細胞は例えば抗体を出して病原体を排除するように働き、キラーT細胞は自ら殺しに行きます。このような形で、自然免疫で取りあえず防波堤を作り、そこで時間を稼いでいる間に獲得免疫が動いて、最終的にこれを排除するという連携プレーで成り立っています。

安全なものに対しては、免疫寛容、腸管免疫寛容、経口免疫寛容というシステムを働かせています。

＋サイトカイン

覚えておいてほしいのが、サイトカインという言葉です。サイトカインは細胞から離れたところにいる細胞に情報を伝えるタンパク質です。ホルモンと似ていますが、少し違います。インターロイキン（IL）、インターフェロン（IFN）を聞いたことがありますか。インターフェロンはウイルス性肝炎の治療薬として使われています。インターロイキンも、ウイルスではないかもしれませんが使われているはずですよ。

TNFは、炎症を起こしたとき、例えば狂犬病の犬にかまれたとき、血中の濃度が上がってくるものです。通常状

態でもある程度出されていて、そのような命令するのに必要となるものがインターロイキンやインターフェロンといったサイトカインと呼ばれるタンパク質になります。

実際の流れを示したのが図16です。樹状細胞はコーチです。これは病原体を一部サンプリングしてきて、お皿に載せて「こんな菌が来ています」とT細胞に見せます。そうすると、T細胞はインターロイキン12、インターフェロン γ を使って、マクロファージや好中球を動かします。一方で抗体を作りたいときは、インターロイキン4、インターロイキン6、インターロイキン13を使って、B細胞に抗体を作るように指令を出します。

しかしほとんどの場合、免疫寛容は、「それは無毒なので放っておいてください」とするので、そのような指令を出すときにはIL-10、T

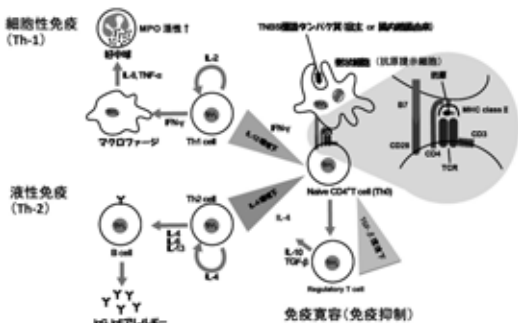


図16 免疫系の調節 細胞間クロストーク

G β を使って細胞間の情報伝達を行います。

十細菌、食事抗原の侵入

アレルギーになったり病気にかかるときは、必ず外からしか入ってきません。外のどこから入ってくるかというと、粘膜組織です。鼻、器官、口、食道、肺、腸などです。これは体の外と直接つながっています。心臓などは外部と一切つながっていませんが、腸や泌尿器系は外とつながっています。このようなところから病原菌が入ってきます。

粘膜で一番どこが大きいかというと、腸です。口から入って腸までは一本の管ですから、外とつながっているのです。ここから入ってくるがあります。

腸は外とつながっているとイメージできますが、生物の研究者は、腸は内臓ではなく外と言います。そのまま外とつながっていますから、腸の管の中は外なのです。

皮膚も外とつながっている場所ですね。皮膚は体と外を仕切るものですが、皮膚は割と硬くて、図17が角質と呼ばれるケラチン層です。細胞の死骸を積むことによって外と隔てているのが皮膚なのです。

一方、腸はこのようなものを持っておらず、粘膜上皮といわれる細胞がむき出しで並んでいます。外と接している

にもかかわらず、むき出しなの
です。その意味で、外からの異
物、病原体や食事の抗原が入り
やすい状況にあり、粘膜から
入ってくる確率が一番高いので
す。

では、なぜ腸はむき出しなの
でしょうか。腸にはそもそも二
つ役割があります。第一の役割
は、栄養を取り込まなければ死
んでしまうので、栄養をたっ

り取り込めるようになっていま
す。腸は管になって、中が折
りたたまれていきます。これを
全部伸ばすと腸の面積はテ
ニスコート一面積になります。
ここからすべて栄養を吸収
できるようにできています。面
積が大きくなればなるほど、
栄養素と接する機会が増えま
すから、栄養の吸収がとても
いいのです。人は一日（乾物と
して）四〇〇グラムくらい食
べるといわれていますが、実
際は、もっと食べても吸収
できるだけの能力を備えてい
ます。ですから、非常に高い
消化能力と吸収能力を持っ
ています。

一方で、外とつながっていて、
腸内細菌もいて、入れて

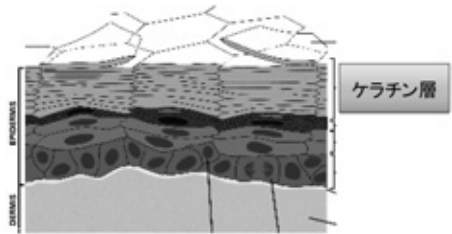


図17 ケラチン層

はいけないものがたくさんあり
ます。ごはんを食べるたび、
呼吸をするたび、常に粘膜は抗
原にさらされています。一年間
に一五キロくらいの「自分では
ないもの」である食べ物と遭
遇します。腸内細菌や病原菌も
数キログラム接します。

これは全部取り込んではいけ
ないものです。食べ物を吸収す
るために面積を大きくしたせい
で、抗原と接する面積も増え
ました。ですから、腸は免疫器
官よりはるかに免疫が発達して
いて、体の八割のリンパ球は腸
にいます。八割方、そこから入
ってくるということを体は分か
つています。免疫の命令系統や、
ほかの指令される側、する側も
含めて、腸にかなりの部分が集
まっています。それはすべて、
入れなければいけないけれども
入れてはいけないものです。こ
れに対応するために、免疫器官
を腸に集中させているので
す。

↑腸管免疫寛容は現実的対応

ただ、いちいち対応していても
切りがないので、免疫寛容とい
うシステムを持っています。免
疫寛容は現実的対応です。非常
に大量の異物と遭遇しますが、
完璧に遮断することは事実上不
可能に近く、ごはんを食べる
たびに異物は

体の中に実際入っていくので、このようなものにいちいち対応すると、全部アレルギーや炎症という体を疲労させる方向に働いてしまいます。だったら、いつそ無視しなましようというのが免疫寛容です。

これには後で食物繊維も絡んできますが、幼児期に定着する腸内細菌の種類が非常に大事だといわれています。生まれたとき、赤ちゃんを一集団にして、アレルギーにその後かかった人、かからなかった人を見ると、かかった人に対してかからなかった人の方がビフィズス菌や乳酸菌が多かったという結果が出ています。これを金科玉条のように掲げているのがヨーグルトです。

幼児期という時期が、非常に大事です。大人は年を取るたびにビフィズス菌や乳酸菌が減っていくのですが、赤ちゃんはもともと非常に多いのです。しかし、赤ちゃんにもかわらずこれが少なかった人は、その後アレルギーになりやすいということです。

寛容して、入ってくるものがある程度無視してしまうことを体は行いますが、これが破綻した場合に出てくるのがアレルギーです。今、日本人にも増えているのが、セリアック病という小麦に対する寛容の破綻です。アメリカはパン食が非常に多く、昔は日本では少なかったのですが、今は

パン食をされる方が増えてきています。また、腸内細菌に異常が出てきて、それが原因となって腸炎になるというクローン病という病気もあります。

↑経口免疫寛容の実験

図18は簡単な実験系です。実際に僕もこのような実験をしたことがあります。このとき使ったのは、まさにこのようにになりました。

をまずネズミに注射します。すると抗体ができて、次にもう一度注射するとアレルギーが発症します。何もなっていない二例目は、ネズミに注射せずに卵白を飲ませ、飲ませた後に注射したものです。「口から取ったものだから恐らく食べ物だ、害のないものだ」と体が覚えてい

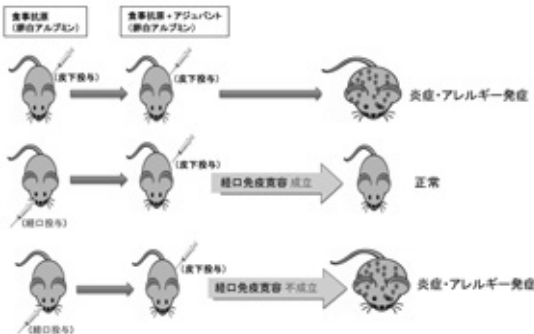


図18 経口免疫寛容の現象は古くから知られていた

なので、次に注射で入っても無視します。これは問題ないでしょうと、正常を保ちます。

けれどもこれがうまくいかないときがあります。経口で飲ませたのですが、そのときネズミに少しストレスを与えておくと、飲ませても免疫寛容が成立せず、次に注射したときは炎症を起こします。ほとんどの食べ物、腸内細菌に対しては、人間を含め動物も二例目の状態です。この状態が何かの拍子に三例目に触れると、アレルギー発症につながっています。

十 即時型アレルギーの発症機序

アレルギーでは実際にどのようなことが起きているのでしょうか。今、小さい子で四割ぐらいが何らかのアレルギーを持っているといわれています。

アレルギーを止める、鼻水を止めるときに抗ヒスタミン剤をよく飲まれると思います。ヒスタミンというのは、血管の透過性を上げたり、分泌物の量を増やして鼻水をふやすように働くものですが、ひどい方はアナフィラキシーショックというけいれん状態、呼吸できない状態になって亡くなります。その意味ではアレルギーは怖いものです。それを実際起こしているのが、肥満細胞です。

最初に何が起こっているかというところ、抗原提示細胞（マクロファージを含む樹状細胞）がヘルパーT細胞に花粉が入ってきたと知らせ、B細胞がIgE抗体を作ります。抗体をたくさん出し、この抗体が肥満細胞に結合し、表面にくっ付きます。次に抗原が来るときまで、抗体を持ったままじつとしていくのです。

そしてもう一度、例えば牛乳を飲むと、それは悪いものだと勘違いをします。そのときに、ヒスタミンなどを出して、アレルギーの症状が起きます。

十 衛生仮説

衛生仮説というのは、潔癖症の方には残念な情報で、掃除があまり好きでない人には喜ばしい情報かもしれません。これが言われたのは随分昔（一九八九年）です。「兄弟の多い子どもはアレルギーを発症するリスクが低い。アレルギー疾患の増加は幼少期における感染の機会が減少したことによる」。これは、お兄ちゃんがいて小さい子がいたときに、お兄ちゃんが外で遊んで泥を付けて帰ってきます。ここには菌も抗原もいっぱいあります。そのようなもので赤ちゃんを触ると、赤ちゃんは汚れてしまします。ある程度汚れることでアレルギーにならないというのが、この衛生仮説

です。衛生的にすればするほど、菌への接触機会が減ってしまつて、本当は何ともないので寛容を起せばいいのに、ずっときれいなところにいたので、大したことないものが来たときに過剰に反応して、ヒステリーを起こしてしまう。そういうことがアレルギーで起こっているのではないかというのが衛生仮説です。

ほかに言われているのは、同じ国で、同じくらいの栄養を取っている、都市部に住んでいる人と田舎に住んでいる人の例です。田舎に住んでいる人はアレルギーにならない、都会に住んでいる人はなる。なぜかというところ、都会がきれい過ぎるけれど、田舎は土があつて接触する機会がある。そういうことで寛容がうまく成立してアレルギーにならないというのが衛生仮説です。

ここでもう一つ、Th-1/Th-2パラダイムというものがあります。これは、汚れている土などにいる菌は、Th-1という免疫状態を誘導します。アレルギーはTh-2というバランスです。Th-1とTh-2は互いに抑え合っています。都市部に住んでいる人はTh-1の発達が少ない。都会に住んでいるとTh-1があまり発達しないから、Th-2ばかり大きくなり、その結果アレルギーになる。田舎にいれば土に触つてTh-1が鍛えられる。するとTh-2ばかりい

顔をさせないと、お互いが抑え合い、アレルギーになりません。こういうものがTh-1とTh-2のバランスで保たれているというパラダイムです。

この衛生仮説が一九八九年からずっと言われて、かなり実証されてきています。

十 衛生仮説から腸内フローラ仮説へ

しかし最近になって、衛生仮説から腸内フローラ仮説というもの変わってきました。土や菌に触つたからアレルギーが抑えられるという話を先ほどしましたが、そもそもおなかの中に山ほど腸内細菌がいる、触らなくても十分あるということから、腸内フローラ（腸内細菌）が大事なのではないかと言われてきたのです。

実際に実験データとして分かったことは、腸内細菌がいるのといないとでは、免疫寛容の成立のしやすさが変わってしまう。無菌動物では免疫寛容、つまり無視できなくなる。だから、いちいちいろいろなものに反応して、アレルギーを患つたり腸炎になつたりするのではないかということが、ネズミで分かりました。

実際の疫学データで、幼少期にビフィドバクテリアやラクトバチルスが少なく、クロストリジウム、スタフィロコッ

カスが多いと、アレルギーになりやすいというデータが出てきました。

Woldという人が、一九九八年に、最大の免疫系を有する腸管と、そこに生息する腸内共生細菌が変化することで、免疫系自体が不十分な幼児期においてアレルギーを誘発するのではないかと提唱しました。

これはどういうことでしょうか。先ほどの図18のマウスの実験に、腸内細菌が入った図が図19です。腸内細菌がいやすく、腸内細菌がいないと悪くなる。または、腸内細菌の中でもクロストリジウムやスタフィロコッカスという菌がいると、免疫寛容が起こらずアレルギーの炎症が起こる。

ビフィドバクテリアやラクトバチルスが多いと正常に働く。これが大事だということ、

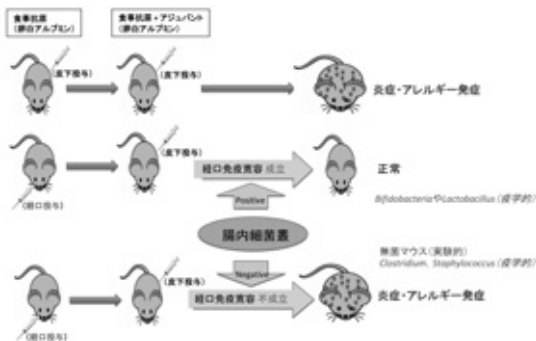


図19 経口免疫寛容の現象は古くから知られていた

乳酸菌を取ったらいいのではないかということが分かってきました。

↑ 過剰な免疫応答を抑制する腸内細菌

おなかの中には乳酸菌やビフィズス菌がいます。実際アレルギーにかからなかった人々には、これが多かったのです。そこから科学者がどのようなことを考えたかというのが図20です。今もこれをもってアレルギーが収まるのではないかと研究している人がたくさんいます。

体の中、腸の中にはパイエル板という場所があります。パイエル板にはM細胞（マクロフォールドセル）という特別な細胞がいて、わざと菌などを体の中に入れることで、腸内環境、腸管の中に何があるかを常にチェックしています。乳酸菌やビフィズス菌が取り込

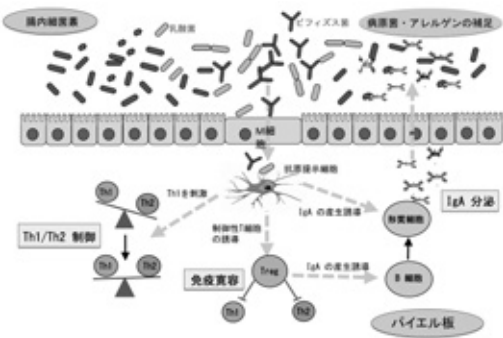


図20 腸内細菌は過剰な免疫応答を抑制する

まると、菌ですからTh-1を刺激します。けれども、アレルギーの人はもともと、Th-2が強くTh-1が弱いというバランスなので、菌がTh-1を刺激して、シーソーのバランスを戻すのではないか、これがアレルギーを抑制するのではないかといわれています。

もう一つは、菌があることによって免疫寛容が起きやすいのではないかということです。これは、Th-1がTh-2を抑えるという意味で、菌がいいのではないか。これが二番目です。

もう一つは、菌が入ると抗体（IgA）がたくさんできます。これは腸の中や鼻や器官に分泌されるのですが、炎症やアレルギーを起こすのではなく、悪い菌やアレルギーをキャッチして、そのままうんちとして出すということをします。このような全部が起きて、乳酸菌やビフィズス菌が過剰な免疫応答を抑制しているのではないかというのが、現在考えられているモデルです。

アレルギーとプロバイオティクス

では、実際の試みを説明します。似たような言葉で、プロバイオティクス（Probiotics）とプレバイオティクス

（Prebiotics）という言葉があります。プロバイオティクスは生きて腸に届くバクテリアのことで、CMでも聞いたことがあると思います。しかし大事なものは、有益な作用を発現するバクテリアだということです。ただ菌を飲むのがプロバイオティクスです。一方、プレバイオティクスは、食物繊維やオリゴ糖などのことです。腸内に乳酸菌やビフィズス菌などがもともといて、これを食物繊維を食べて増やそうというのがプレバイオティクスです。

実際の実験では、生後すぐにこういうものを与えると、その後アトピーやアレルギーになりにくいことが分かっています。これは動物でも証明され、人でも割と効果があります。そうだとすることで認識されています。

二番目は、図20の話で、免疫寛容を起こしたり、IgAを分泌させたりするだろうというものです。ただしこれは科学者の想像です。

これらをやったときに何が起るかという点、非常に个体差が大きく、効く人、効かない人がどうしても出てきます。ですから、本当に効いているのかよく分かりません。

私たちはよく、体にいいと信じて毎日乳酸菌を取っていますよね。しかし、動物実験では、ビフィズス菌を飲ませると、四十八時間以内に排泄されます。乳酸菌は生きて腸

に届くのですが、生きたまま出ていきます。腸にとどま
てはくれないのです。外に出てしまう。これが問題です。

また、ここが一番強調したいところなのですが、おなか
の調子を整えるというのが、現在認められている唯一の効
果だということです。特定保健用食品で乳酸菌飲料などが
ありますが、アレルギーを抑えるような、免疫系をコント
ロールする特保は一つありません。それは薬の領域だと
言われています。だから厚生省がノーと言いつい、いかがわし
いとも言っています。ヨーロッパにも特保のような制度が
あるのですが、ヨーロッパでは実際に乳酸菌飲料は承認さ
れませんでした。アメ
リカもまだノーです。
日本だけです。です
からまだ確定はして
いません。世界中で
みんなが認めてい
るわけではないの
が現実です。

図21は実際に動物モ
デルの実験です。L
55はどこかのヨーグル

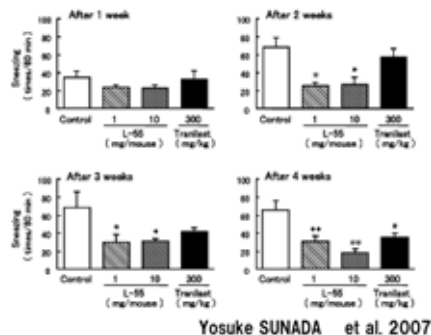


図21 動物モデル試験

トに入っている菌だと思いま
す。こういうものを動物に飲
ませておくと、アレルギー応
答が抑えられると分かっ
ています。これはいずれもネズミ
を使った実験です。

ヒトでもいろいろなところ
で試験されていますが、結果
を言うと、上から順番に、「効
果なし」「効果なし」「生活の
質が向上しました」「生活の
質が向上しました」「多少良
くなりました」「生活の質が向
上しました(多少良くなりました
した)」「鼻水が減りました」
「鼻水が減りました」「効果な
し」「鼻水が減りました」「効
果なし」「IgEが入りました」
と割れています(表2)。本
当のことがまだ見えな
いというのが現状です。

表2 ヒト介入試験

TABLE 1 Probiotics in the treatment and prevention of allergic disease¹

Disease/marker	Reference	Participants	Type of probiotics	Duration	Type of study	Outcome
Probiotics effects in clinical studies of allergic rhinitis and asthma						
Asthma	Whelan et al. (97)	15 adults	<i>L. acidophilus</i>	1 mo	DB, CB	No effect on clinical parameters
Allergic rhinitis	Hahn et al. (98)	36 adults	<i>L. rhamnosus GG</i>	5.5 mo	R, DB, PC	No effect
Allergic rhinitis	Wang et al. (99)	60 adults	<i>L. paracasei-23</i>	1 mo	R, DB, PC	Quality of life improved
Allergic rhinitis	Peng et al. (58)	90 adults	<i>L. paracasei-23</i>	1 mo	R, DB, PC	Quality of life improved
Allergic rhinitis	Wada et al. (51)	49 adults	<i>L. acidophilus L-92</i>	8 wk	R, DB, PC	Decrease in nasal symptoms
Allergic rhinitis	Xiao et al. (52)	44 adults	<i>B. longum BB-136</i>	13 wk	R, DB, PC	Decrease in nasal symptoms
Allergic rhinitis	Tanaka et al. (53)	109 adults	<i>L. casei strain Shirota</i>	10 wk	R, DB, PC	No effect
Asthma and Allergic rhinitis	Gleason et al. (54)	167 children	<i>L. casei D9014303</i>	12 mo	R, DB, PC	Decrease in rhinitis episodes
Serum IgE to <i>E. coli</i> antigens	Morita et al. (55)	142 adults	<i>L. rhamnosus GG</i>	4 mo	R, DB, PC	No effect
Inflammatory markers in Allergic rhinitis	Iway et al. (56)	10 adults	<i>L. casei strain Shirota</i>	5 mo	R, DB, PC	Decrease in antigen-specific IgE and antigen-induced cytokines

Marko Kalliomäki et al. 2010

おわりに

最後に、私が行っている実験をご紹介します。先ほど、腸はむき出しでいろいろなものにさらされると言いましたが、本当はちよつとしたバリアを持っていると言いますが、ムチンという粘液です。痰や唾が多少ネバネバしていますが、その成分がムチンです。同じように腸の中にもムチンがあります。これは糖タンパク質というタンパク質で、胃にも小腸にも大腸にもあります。

このようなムチンを増やす、バリアを厚くすることが食物繊維でできないかという研究をしています。

図22では効いたものしか示していません。食物繊維を食べると短鎖脂肪酸が増えるという話はしました。大腸がんの予防などにはいいと思います。ムチンも増えるとはわかりました。なぜ増えているかというと、ムチンを作る、カップのような形をしている杯細胞さかずきというものがあります。食物繊維を食べると、この細胞

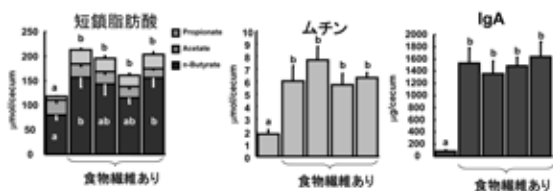


図22 Prebioticsによる腸管バリア機能の強化

が増え、それによってムチンが増えることがわかりました。これは、よりガサガサしたかさのあるものや、よりネバネバしたものを食べるほど増えてくると分かっています。IgAに関しても増えることが分かってきました。これらはすべて動物の場合です。

このような実験を繰り返して、no effect(効果なし)が減っていけば、そのうち本当に効くであろう食物繊維やプロバイオティクスやプレバイオティクスができるのではないかと思います。

最後に、Eat more Fiber & Starch(食物繊維とデンプンをもっと食べましょう)というメッセージを伝えたいと思います。食物繊維とスターチは、食経験が非常に長いのですが、毒があるというものは一切言われていません。そういう意味では副作用のない、健康にいいものです。よりたくさん食べていただければということで、発表を終わらせていただきます。

質疑応答

質問—アレルギーの予防や治療は、これから可能性が大きいとみてよろしいのでしょうか。

日野——これはあちこちでいつも聞かれるのですが、炭水化物など、基本的な食事のバランスが取れていれば、アレルギーにかかるようなことは基本的にはないと思います。何かバランスが悪いから、かかっているのです。乳酸菌や食物繊維が、直接効果があるものとして認められるかどうか分かりませんが、とにかくバランスのいい食事を取ってくださいといつも言っています。病にならないという意味で「未病」という言葉がありますが、その概念を強く持って、バランスのいい食事をしていただきたいと思います。

静岡大学公開講座ブックレット

生涯学習教育研究センターでは、2008年度より、『公開講座ブックレット』の刊行を開始しました。当センター主催の公開講座の記録を講演録という形でまとめて発行するというものです。

公開講座を実施してそのまま終わりにするのではなく、記録として残し、公開していくことによって、知の蓄積と共有を図ろうと考えています。

これらのブックレットは、静岡大学附属図書館や静岡県内の公共図書館で閲覧することができます。また、静岡大学学術リポジトリ (<http://ir.lib.shizuoka.ac.jp>) でも公開しています。

静岡大学公開講座ブックレット1

身近な自然環境・里山との付き合い方

富田 昇「里山の性格とその変貌——史資料に見る山林利用の変遷」／小嶋睦雄「海岸人と人の共生関係論」
／小南陽亮「里山の自然環境——生態学からみた里山の森林」
【発行日】2009年3月31日 【頁数】74ページ

静岡大学公開講座ブックレット2

浜松の戦争遺跡を探る

荒川章二「浜松の陸軍基地」／村瀬隆彦「浜松空襲について」／竹内康人「浜松の戦争遺跡」
【発行日】2009年11月20日 【頁数】76ページ

静岡大学公開講座ブックレット3

高齢化社会における地域とまちづくり

中條暁仁「高齢者は弱者なのか？——「ポジティブな高齢者」像をめざして」／矢野敬一「祭りを継続させる・町屋のまちづくりを立ち上げる——空洞化・高齢化する市内中心部とその存続戦略」／南山浩二「家族・地域社会のゆくえと高齢者介護」
【発行日】2010年3月20日 【頁数】72ページ

静岡大学公開講座ブックレット4

いま、再び〈いのち〉を考える

松田 純「検証 生命操作の現在」／田島靖則「検証 いのちの「はかなさ」をめぐる——米国の中絶論争に学ぶ」
／石川憲彦「検証 現代人に突きつけられた生と死の課題」
【発行日】2012年1月20日 【頁数】62ページ

静岡大学公開講座ブックレット5

〈いのち〉と環境を考える

宗林留美「海のしくみと駿河湾深層水」／松田 純「遺伝子技術のゆくえと〈いのち〉の現在」／芳賀直哉「いのちの森を守る闘い——南方熊楠の思想」
【発行日】2012年3月1日 【頁数】74ページ

静岡大学公開講座ブックレット6

沼津の古代遺跡を考える

滝沢 誠「古墳出現期の沼津」／篠原和大「農耕文化形成期の沼津」／菊池吉修「古墳時代後期の東駿河の様相——埋葬施設からみる特徴」
【発行日】2012年3月21日 【頁数】68ページ

[講師紹介]

竹下 温子 (静岡大学教育学部准教授)

1978年鹿児島県生まれ。鹿児島大学医歯学総合研究科博士課程修了。静岡大学教育学部助教を経て2012年より現職。博士(医学)。管理栄養士の資格を持つ。専門は栄養学、食品衛生学、調理科学である。近年の論文に、Long-term voluntary exercise, representing habitual exercise, lowers visceral fat alters plasma amino acid levels in mice (2011 environ Health Prev Med)がある。

木寄 暁子 (静岡大学理学部准教授)

1965年神奈川県生まれ。京都大学大学院農学研究科博士後期課程修了。日本チバガイギー研究員、カリフォルニア大学バークレー校アシスタントスペシャリストなどを経て2004年より現職。博士(農学)。専門は植物分子生物学。Activity of transcription factor JACKDAW is essential for SHR/SCR-dependent activation of SCARECROW and MAGPIE and is modulated by reciprocal interactions with MAGPIE, SCARECROW and SHORT ROOT (Plant Mol.Biol.,2011)など。

日野 真吾 (静岡大学農学部助教)

1981年島根県生まれ。名古屋大学大学院生命農学研究科博士課程修了。博士(農学)。名古屋大学大学院生命農学研究科GCOE研究員を経て2010年より現職。専門は食品栄養化学、生化学。『ルミナコイド研究のフロンティア——食物繊維・オリゴ糖・レジスタントスターチの最新研究動向』(共著、建帛社、2010)ほか。

静岡大学公開講座ブックレット7

食と健康を科学する

発行日——2012年3月26日

編集・発行——静岡大学社会連携推進機構

〒422-8529 静岡市駿河区大谷836

☎054-238-4817

印刷——株式会社三創

