

農林水産叢書 No.40

おさかな普及学術諮問会議 議事録

平成 15 年 3 月

財団法人 農林水産奨励会

まえがき

農林水産奨励会は、大日本農会、大日本山林会および大日本水産会の三会で組織されている公益法人です。

農林水産業の発展のため、種々の公益事業を行っていますが、その一環として昨年度に引き続き、おさかな普及学術諮問会議の開催に協力致しました。

ご周知の通り、昨年から今年にかけて、お魚天国の歌などがヒットすると共に、何かとおさかなに関する話題が増えてきたようにも感じておりますが、実際の水産物の売れ行きについては、経済情勢の現状から中々厳しいものがあります。最近の総務省の家計調査でも、魚介類消費の伸び悩みが指摘されています。

一方、食品に関する安全意識、健康指向の高まりから、安全面だけではなく、栄養面での水産物の有用性についての情報は種々の形で、マスコミの話題にも頻繁に取り上げられるようになってきており、人々の食生活に、おさかなの果たす役割の重要性は、益々重要になっております。

会議の内容を取りまとめたこの小冊子が、皆様のご参考になれば、幸甚です。

平成15年3月5日

財団法人 農林水産奨励会会長 山極 栄司

おさかな普及学術諮問会議主催者挨拶

社団法人 大日本水産会
会長 佐野 宏哉

おさかな普及学術諮問会議を開催するに当たり、一言ご挨拶申し上げます。今年で3年目の当諮問会議も、通算10回目を数える事になり、本会議の情報発信、交換の役割はすっかり定着するまでに至りました。この間の皆様のご支援ご協力に感謝申し上げます。

さて、昨年から今年にかけて、お魚天国の歌などがヒットすると共に、何かとおさかなに関する話題が増えてきたようにも感じておりますが、実際の水産物の売れ行きについては、経済情勢の現状から中々厳しいものがあります。最近の総務省の家計調査でも、魚介類消費の伸び悩みが指摘されています。

一方、食品に関する安全意識の高揚から、安全面だけではなく、栄養面での水産物の有用性についての情報は種々の形で、マスコミの話題にも頻繁に取り上げられるようになってきており、今後は人々の購買行動に少しでも反映されるように願っている次第です。

10回目を迎えた事を一区切りにして、来年度より、会議の名称、内容などを一新した形で、引き続き先方のご研究と生活者の消費の現場をより強く結びつける役割を果たしてまいりたいと念願しております。

以上

目 次

はじめに
おさかな普及学術諮問会議主催者挨拶

第1回

浜崎 智仁
「DHAと情動行動について」…………… 4

第2回

池田 和夫
「栄養素としての微量元素」…………… 25

遠藤 英明
「バイオセンシングシステムの水産分野への応用」…………… 33

第3回

鈴木 たね子
「水産加工食品の栄養価と機能」…………… 40

鈴木 平光
「水産物からの保健機能食品の開発」…………… 50

おさかな普及学術諮問会議メンバー表…………… 60

DHAと情動行動について

富山医科薬科大学
教授 浜崎智仁

今日はスライドを見ながら三つのことについて話をしてみたいと思います。一つは魚の油の話、特に心臓関係との話です。二つ目は、私が今まで研究してきたことについて、最後は魚と精神疾患に関することについてです。

魚の油に関する研究の最初の出発点は、グリーンランドのウペルナヴィックでの調査の結果からです。ここは昔から栄え捕鯨を中心に生活をたてていた地区で、今ではあまり捕鯨はしていませんが昔ながらの生活をしている人はたくさんいます。このウペルナヴィックでは1,800人いて、25年間で心筋梗塞で死亡したのが3人で、もともと心筋梗塞で死亡することは少ないとは知られていましたが、20数年前にはっきりとしたデータが出てき、デンマーク人と比べると1/10以下ということになり、心筋梗塞の死亡率が非常に低いのです。最初はあまりにも大きな差なので、こんな差があってよいものかという考えがありました。私自身もこの差はたまたま出た数値だと思っていましたが、最近ではこれはひょっとすると本物だったのではないかという気がしています。別に疑っているわけではありませんが、あまりにも本当に差が大きかったのです。10倍ぐらいの差は本当に起こった可能性はあるようで、後での疫学調査でわかってくることです。とにかくグリーンランドで心筋梗塞の死亡率が非常に少ない、動脈硬化が少ない。これは解剖してみてもわかりますが、年をとっても血管がきれいだったのです。これが魚の油を研究するという出発点です。

バンとダイエルベルグの二人がこんなに差があるのなら、研究

に値するという事で、先ほどの疫学調査が出る前から研究していましたが、グリーンランドへ7~8回行きいろいろと調べました。彼らが調べたのは主に食事です。どのような食事調査をしたかという、我々の場合では普通はアンケートですが、彼らののは徹底していて、例えば6人家族だったら7人分の食事を作ってもらい、1人分はもらい、1週間以上どんどんと集めデンマークに送ります。そしてその食事を完全に分析します。粉々にして抽出し、油の量などを調べます。ある意味では正確ですが、これにも欠点があり、全部食べたのか、人によっても違うのではといろいろありますが、とにかく少なくともこの食品にこれだけ油が入っているはずだという計算はしなくてもすみます。

もともとウペルナヴィックの人たちの主食はアザラシです。肝臓などは生で食べ、エスキモーという言葉は生で食べるという意味です。魚の油、アザラシもそうですがEPA、DHAがあり、これがどうできるのか簡単に説明すると、寒い地方のプランクトンはリノール酸という油を作り、これがプランクトンの中で α -リノレン酸に変わり、これがEPA、DHAの基の油で、これが動物性プランクトン、小魚に食べられ肝臓でEPA、DHAになります。その魚をアザラシや大きな魚が食べるので、海の動物には多くあります。一方リノール酸はご存じのように植物油にたくさん入っていて、昔はいい油だとされていましたが、今はいい油だとされていません。量が多すぎるからなのです。実際9月に函館で開かれる日本油質栄養学会でこのリノール酸の摂取量を減らそうという学会ガイドラインを出す予定です。これは理事の3/4の賛成が必要なのですが、おそらく3/4集まるので学会のガイドラインとしてリノール酸を減らそうということになると思います。なぜ、リノール酸を減らさなくてはいけないかという、EPA、DHAは心臓に関して非常にいいのですが、まさにこれと拮抗する油なのです。リノール酸は肝臓でアラキドン酸に変わり、このアラキドン酸がプロスタグランディン、ロイコトリエン、トロン

ボキサンという局所ホルモンに変わります。これがたくさんできるといわゆる現代病になるわけです。動脈硬化、心筋梗塞、アレルギー、ガンなどがあります。これらの元凶なのでない方がいいのです。EPA、DHAはアラキドン酸が悪さをするブレーキ役として働きます。

DHAは頭の中の神経細胞にたくさんあり、その神経細胞が成熟した細胞になるときにコーンというものがあります。コーンとは神経細胞は手を出したり足を出したりしますが、その基の部署に錐体（コーン）といわれる部分があり、そこにDHAがたくさん集まり、そして十分に集まれば神経細胞が発達するときに長い手や足を出して情報を次の細胞に与えることができます。ですからこのときにDHAが必要になるのです。DHAは脳、神経、心臓、特に網膜にたくさんあります。アザラシを食べることがいいことかということ、 ω 3、n-3の系統の油が多く、重要な時に必要な働きをし、しかもアラキドン酸の代謝をある程度止めることができるからです。

今まではグリーンランドの疫学調査でしたが、日本でも魚を食

魚を食べる回数と死亡率比較

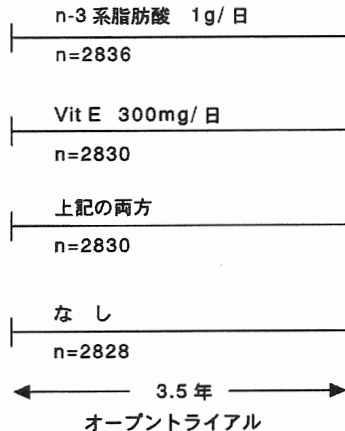
死因	魚介類摂取頻度			
	毎日	時々	稀	食べぬ
総死亡	1.00	1.07	1.12	1.32
胃ガン	1.00	1.04	1.04	1.44
肝臓ガン	1.00	1.03	1.16	2.62
子宮頸ガン	1.00	1.28	1.71	2.37
心臓病	1.00	1.09	1.13	1.24
脳血管疾患	1.00	1.08	1.10	1.10
高血圧症	1.00	1.55	1.89	1.79
肝硬変	1.00	1.21	1.30	1.74

17年間に死亡した人約55,000人につき、魚介類を毎日摂取する人たちの死亡率を1.00として、毎日食べない人たちの死亡率を年齢と性別で標準化して算定。中外医薬3:157(1992)より改変。

べる、あるいは魚介類を食べることが非常にいいということがわかっていて、平山先生が40歳以上265,000人の食事調査をし、17年間フォローしたデータを見てみると、55,000の方が亡くなりました。その中で毎日魚介類を食べて死んだ人の割合を1とすると、週に2~3回の方は1.07、月に2~3回の方は1.12、ほとんど食べない人は1.32となっていて総死亡率が増えているというデータです。いろいろな死に方がありますが、これも増えています。この他に、例えば50歳代ぐらいの男性に限って見ると、大腸ガン、直腸ガンの死亡率は数倍違います。70歳以上の女性の乳ガンの死亡率を見ると、3倍ほどの差が出てきます。骨粗鬆症に関しても魚を食べているかないかで大きな影響が出ています。平山先生のデータに関して累積死亡率という方向から見ると、魚を全く食べない人は80歳になるとほぼ100%死んでいます。毎日食べている人とは寿命が5年違います。

これからは証明の話をしていきます。疫学調査はなかなか証明とはいいいくいののですが、実際に患者さんなり正常人に、魚あるいは魚の油を食べてもらうことで差が出た場合、これは証明になります。介入試験と言いますが、疫学調査とはちょっと訳が違い、証明力があります。今までに魚の油で大きな介入試験が三つ行われていて、一つは一番最近イタリアで行われたGISSIと呼ばれる検査で、11,000人の

GISSI
最近心筋梗塞を起こした11324人を
次の4群に分けて治療した。



Lancet1999;354:447-455.

心筋梗塞を起こした患者さんを集めてきて、四つのグループに分けて介入したものです。魚の油（EPA、DHA）、ビタミンE、魚の油とビタミンE、何も投与しない、患者さんを全くランダムに分け、このランダムに分けるというのが大切で、3年半追跡しました。魚の油と

GISSI
n-3系脂肪酸による死亡率の低下

	n-3 vs 対照	{ n-3 n-3 + vit E } vs { 対照 vit E }
総死亡	20% ↓	14% ↓
心血管系疾患による死亡	30% ↓	17% ↓
突然死	45% ↓	26% ↓

すべて有意差あり。Vit Eと対照群には有意差なし。

Lancet 1999;354:447-455

何にも投与しないグループを比較すると、総死亡率で20%減り、心血管系で30%、突然死で45%減っています。先ほどグリーンランドではデンマークと比べると心筋梗塞で10倍の差があると言いましたが、実はその当時心筋梗塞の診断は、突然死を起こした場合はまず心筋梗塞だろうとほぼ自動的になっていました。たった3年半の介入試験で2倍ほど突然死の差が出てきたので、グリーンランドで出てきたデータは、私は最初オーバーかなと思っていましたが、最近はその思いません。一生涯に亘ってそれだけ食べていけば10倍ぐらいの差が出てもおかしくないと思います。

ビタミンEが入った分で見ると、数字はちょっと落ちますが、統計的な有意差はもちろんあります。この研究ではビタミンEでは別に良くも悪くもなっていません。ビタミンEは普段たくさん摂っているので、さらに加えてもあまりいいことはないのだと思います。

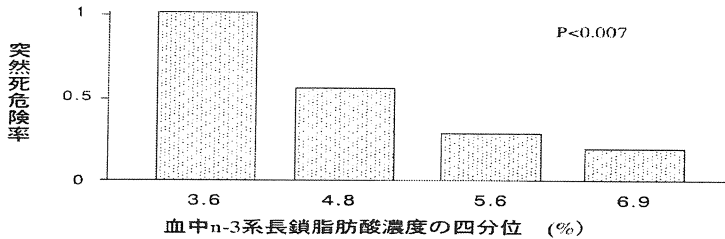
さらに突然死の話ですが、22,000人の男性医師を17年間フォローしたというとてもいい調査です。血液全部を凍らせて保存し、突然死を起こした人とマッチするような人をペアであわせて、

血液の中のEPA、DHAを測定しました。次にEPA+DHA量が少ない人から順番に四分の一ずつのグループに分け、EPA+DHAの割合が一番少ない人が突然死の起こす割合を1とした場合、一番多い群は1/5以下となりました。さらに脂肪酸のいろ

Physicians' Health Study

(22,071名の男性医師、40-84才(1982年)、最長17年間の追跡)

前もって血漿を保存しておいた健康な男性医師の中で、心血管系疾患の最初の症状として突然死した94名と、年齢喫煙状態をマッチさせた対照184名で脂肪酸を比較。



Albert CM et al. N Engl J Med 2002; 346: 1115

いろなデータを使って多変量解析すると1/10になります。そうするとデンマークとグリーンランドの差が10倍ぐらいあるというのがここに出てきます。ということは特別な話ではなく普遍的なものであると言えます。同じアメリカの中でも食べている人と食べていない人の差が出てきてしまいます。

ここまでの話は魚の油、特に心臓に的を絞ってこのようなことから魚の油のいいところが研究され始めましたということでした。実際に最近の介入試験で証明されました。最近のUSA TODAYという新聞にも、「魚がいいですよ、魚を食べましょう」というアメリカの医師団体のガイドラインも記事として載っています。

これからは私がやった研究、特に敵意性とか攻撃性とかに関する話をします。攻撃性でもいいのですが、敵意性とはどのようなものかという、昔タイプA行動様式というのが有名でした。これは時間に追われているとか、人と競争するとか、一生懸命がんばるような人たちで、心筋梗塞に非常になりやすいということ

脚光を浴びた行動様式です。ところがこれは一緒にはならないような考え方が混じっていて、人と競争するというのはいいのですが、時間に追われることとは一緒になるとは限られていません。いろいろな要素が含まれているので、もっと整理してきれいなものを取り出そうとして、取り出されて出てきたのが敵意性です。攻撃性という言葉で分けて考えてみると、非常に相関がよく、敵意性が高い方が危険だとはっきり出てきました。例えば、医学部の学生を敵意性の多い群と少ない群のちょうど半分に分け、50歳になるまでフォローしてみると、死亡率が6倍から7倍も違います。もちろん敵意性が高い方がよく死にます。大部分はハートアタックで、ガンも入っています。最近では敵意性症候群という言葉もあるくらいです。これに着目しました。なぜ敵意性、攻撃性に着目したかということ、いろいろな先生方のデータ、例えば名古屋市立大学奥山先生のネズミのデータ、鈴木平光先生のネズミのデータを見てみると、ネズミの行動に落ち着きがあります。ですから本当は落ち着きを見たかったのですが、落ち着きというのは測る尺度がなく、ちょっと離れている部分はありますが、そこでちょっと変えて、敵意性に着目しました。

最初に敵意性に関する研究は学生を使いました。3ヶ月間に亘りDHAを1.5g～1.8g摂ってもらい、対照の学生には植物油をベースとした偽のカプセルを飲んでもらいました。これは二重盲検法といい、投与した人がどちらのカプセルを渡したかはわからないし、渡した人がわからないので、当然学生もどちらのカプセルを飲んでいるかわかりません。こうすると、飲んでる人も先入観はないし、判定する方にも先入観が入り込む余地はありません。非常に科学的な検査方法です。特に心理テストを行う場合は、二重盲検法は必要です。二重盲検法をやらないで、これはいい油だよと言って心理検査をすると、必ずいいデータが出てしまいます。

PFスタディーという検査をします。Picture Frustration の

略です。例えば、「この帳簿の付け方はなんですか」と叱られて、それに対してどう反応するかを見て、敵意性を見ます。「もっとよく見て下さい。どこも間違えていません。」と反論すれば敵意性がありということです。これはサンプルで使いませんが、このような絵が他に24枚あり、一つだけのコメントでそれに敵意性があれば1点、二つコメントがあって一つに敵意性がありもう一つには敵意性がなければ0.5点と数えます。これで24分のいくつという計量ができ、敵意性を計量しました。敵意性はどうかだったかというと、対照群ではほとんど全員が上がり、コントロール群では2/3が下がり、1/3は上がっています。対照群は普通のことをしたのになぜ敵意性が上がったのか、これは最後のカプセル服用の数日後に病理の試験があり、この試験は10人に1人は落ちるという過酷なもので、このストレスがあるときにPFスタディーを行ったためだと思われます。DHAを十分摂っていれば、このようなストレスがあっても前と同じようにキレないですみます。

アメリカではどのようにして敵意性を調べるかということ、PFスタディーもやりますが、もっと詳しい検査がありますが、我々にはできません。一つの部屋にビデオを設置し、検査をする人が座っていて、被験者が入ってきて面談するのです。それがすごく、相手を平気で怒らせるのです。「あんた服はコーディネートになっていない」といったような調子です。中には椅子を蹴飛ばして出ていく人もいます。相手にしゃべらせるのですが、どうやって敵意性を計るといって、相手の表情ですか、言葉の内容ですか、表情とか言葉に出る人はいいいのですが、なかなかそれでは計りようがありません。全部ビデオに撮っておいて、1分間に単語をいくつしゃべったかという調べ方をします。怒った時を考えて下さい。早口になりますよね。本当はこうしたかったのですが、何十人も見ることが出来ないの出来ませんでした。

学生でいいデータが出たので、次は年をとっている人で調査してみようと思いました。実は日本でやってみようと思ったので

すが、日本での研究はあきらめました。なぜなら、富山県でやろうと思って高齢者を捜しました。確かに高齢者はいるのですが、ところが皆さんよく魚を食べているからです。少なくとも2日に1度ぐらいは食べていて、差が出ないだろうということで、あまり魚を食べないタイの人に参加してもらいました。タイの人も魚は食べていますが、エビが主体で、エビの中にはあまりEPA、DHAは入っていませんし、食べている魚でもあんまり入っていないので大丈夫だろうということで、参加してもらいました。シルパコーン大学の職員と大学の近くの農村の人に参加してもらいました。3ヶ月間飲んでもらうのが大変だったので、2ヶ月間に減らしました。それから、50～60歳というと別に試験はないので、PFスタディーの直前にビデオを見てもらいました。これは20分ものかなりひどいビデオです。犯罪そのもの、犯罪的な不注意による事故、汚職など、見て頭にくるようなものばかりそろっているものです。これを使って敵意性を亢進させたつもりだったのですが、農村の人たちは敵意性が下がってしまいました。対照群の方も下がったので、DHAが全然効いていないということで、よくよく調べてみると、終わった後「どちらのカプセルを飲んでいたと思いますか」というアンケートを取ったところ、プラセーボ（偽薬）だと答えた人はなくて、「わからない」か、「自分たちの飲んでいるカプセルはDHAだろう」と判断していました。何故こうなってしまったのか、二重盲検法をちゃんと説明したにもかかわらず、よく理解していなかったかもしれません。最初から自分たちが飲んでいるカプセルは、DHAだと誤解していたかもしれません。それから、最初は理解していたかもしれませんが、途中で忘れてしまったかもしれません。実は両方のカプセルとも魚の臭いがします。ですからどっちですかと聞けば、魚の方だと答えてしまうかもしれません。最初にプラセーボの方も魚の臭いがしますという説明はしましたが、どうも農村の人は不慣れなのかもしれません。これだけ偏るとプラセーボ効果が出てき、心理

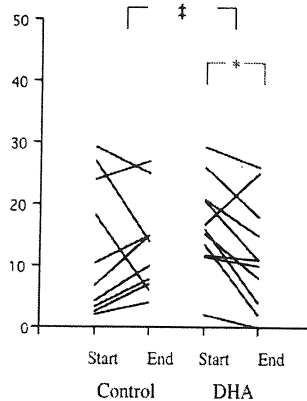
テストをやると先ほどのようによくなってしまいます。

一方、大学職員では理解力があり、自分のカプセルの推定は両群ともバランスよく分かれていて、その結果、敵意性はDHA群では下がり、対照群では上がり、有意差が現れました。このように実験条件を整えば、中高年にも敵意性制御効果は見られることがわかりました。

小学生ではどうなるかということで、本当は1~3年生を加えてもいいのですが、1~3年生という理解力がまだ無く言葉による調査が難しく時間がかかるので、4~6年生を対象としました。

全部で250名ぐらいの応募がありましたが、50名ほどが来なく、その後アレルギーがあったりで、179名でスタートしました。最終的に残ったのは166名で、かなりいい歩留まりです。もちろん二重盲検法でやりました。どのような方法で魚の油を摂ってもらったかという、DHA入りのパン、ソーセージ、スパゲッティを食べてもらいました。DHA群にはどれだけDHAが入っているかは知らせてあり、対照群にもどれだけDHAが入っているはずだと通知して渡してあります。ただしどちらを渡しているかは知らせていませんが、もしDHAが入っていたらこれだけ入っていますと説明してあります。1週間に3.6g、1日に直すと0.5g強のDHAを摂ってもらいました。いついつにこれを食べなさいとは言っていないで、2週間で食べてもらい、DHA入りのパンとソーセージだけで十分1週間で3.6gになるのですが、食

大学職員での敵意性の変化



* : $P < 0.05$ ‡ : $P < 0.01$ (Fisher exact test)

べ残したり飽きたりするのので、土日にスパゲッティを食べてもらいました。対照群も同じようにしました。

いろいろと検査をしましたが、WISK-IIIとHAQCについて話をします。PFスタディーもやったのですがうまくいきませんでした。何故かと言うと、非常に不運なことに、全く無作為に2分したのですが、敵意性に関しては最初の時にすでに有意差があったのです。最初に有意差があつて検査がしにくいので、棄ててしまいました。

これはWISK-IIIという知能テストです。

1番はこのような記号、
2番はこのような記号と、3番は……と、覚えるのです。15秒間ぐらい練習して、枠に記号を90秒で書いていきます。

Number-and-mark test of WISC-III

1 2 3 4 5 6 7 8 9
 \cdot) + \perp \neg \vee (\div \perp

2	1	4	6	3	5	2	1	3

Toiyama Medical and Pharmaceutical University

HAQCでは攻撃性を調べました。20数個の中から今日は四つの例を持ってきました。

1. 言語の攻撃性を調べる「友達と考えが合わないとき自分の考えを通そうとする」
2. 短気を調べる「すぐに怒るほうだ」
3. 短気を調べる「かっとなってもすぐにおさまる」
4. 身体敵攻撃性を調べる「たたかれたらたたきかえす」

で、「とてもよくあてはまる」、「よくあてはまる」、「あまりあてはまらない」、「まったくあてはまらない」のどれかに○をつけさせます。

83名のコントロール群、ベースラインが43.7で、終わった後が51.2、有意によくなっています。DHA群は43.4から始まって、48.9でこれも有意に上がっています。統計的にこの部分だけ

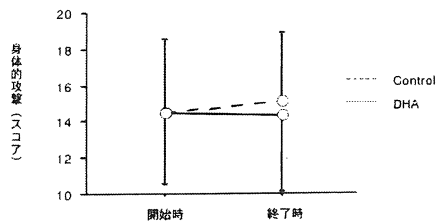
を見れば、両方とも有意によくなっていますが、この差を比較すると差がありません。ですからこれは知能指数が上がったという意味ではありません。ネズミの実験、赤ちゃんの実験では知能がよくなることはあるのですが、あるいは赤ちゃんの時にDHAが全く摂れないような状態の場合と母乳の場合、この場合小学生になって知能指数が変わってしまうことがあります、成長した人に3ヶ月間ぐらいDHAを投与しても頭がよくなるということを我々はまだ今のところ見つけていません。これは大人でも学生でも小学生でも行いましたが、まだ一度も頭がよくなるというデータは見つかりません。歌みたいにくまはいきません。2~3年間行えばよいのかもしれませんが、なかなかできません。

これは身体的攻撃、先ほど言いました「たたかれたらたたきかえす」の頻度を前後で調べたものです。対照群の方は少し上がっていますが、有意差はありません。DHA群の方は少し下がっていますが、これも有意差はありません。しかし、両群間には統計的に有意差があり、5%以下の危険率で差があります。すなわちDHAを摂っていた方が、身体的攻撃が制御されます。ここで注意してほしいのは、統計的にはちゃんと差が出ましたが、非常に差が小さいというこ

とです。ものすごく怒りっぽかった子が、おとなしくなったというような大きな差はありません。しかし、これは学生やタイで行った研究と似ていて、ちゃんと差が出ています。

この研究でもっといい差が出ていいはずなのですが、出なかった

DHA投与における小学生の身体的攻撃の変化

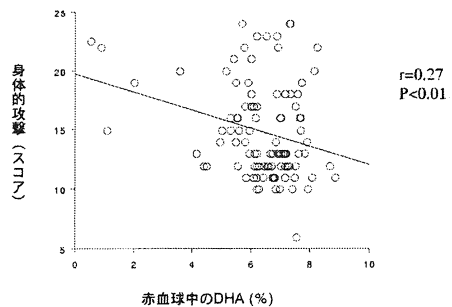


3か月間にわたりDHAあるいはプラセボを投与し、攻撃性を測定した。

理由が一つあります。学生の場合は進級試験というストレスがありました。タイの場合はひどいビデオを見せられて、頭にきていました。しかし、小学生の場合にはそのようなことが出来なかったのです。例えば、タレントに「君たちだね、非常に成績が悪いのは」と言わせて、怒らせる予定だったのですが、これだと倫理委員会に通らないので、あきらめて何もしない素直なデータです。もし、ストレスをおいた場合は、P Fスタディーではっきりとした差が出たと思います。

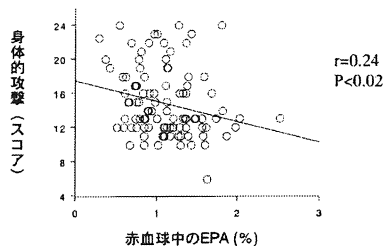
採血が出来た人が179名中51名いました。その子供たちの赤血球中のDHAのパーセントを取りました。縦軸は先ほどの差が出た身体的攻撃のスコアです。○は一人一人を表しています。ただし検査を始める前と終わった後の両方のデータが出ています。ですからどこかわかりませんが、一人が二つの○を持っています。採血した子全部、対照群、DHA群も載っています。統計を取ってみると、相関係数が0.27、まああのデータが出てきました。

赤血球中DHA濃度 (%) と身体的攻撃の相関



3か月間DHAあるいはプラセボを投与した際の前値および後値をプロットした。

赤血球中EPA濃度 (%) と身体的攻撃の相関



3か月間DHAあるいはプラセボを投与した際の前値および後値をプロットした。

DHAが少ないと、身体的攻撃が出てきやすいという感じです。大人の場合、この身体的攻撃は意味が無くなり、小学4~6年生というのがみそで、この子供たちはまだ言葉が完全に発達してなく、言葉で相手をやっつけられなくて手が出てしまうので、身体的攻撃がいい指標になります。これが血液の成分で関連し、下がっているので因果関係があるだろうと思います。

EPAで見ても同じような相関があります。EPAが少ないと危険だろうと思います。

今までは、昨年実施した「DHAが小学生の情動行動におよぼす影響」についてでした。これから先は、特にアメリカを中心とした最近の研究を紹介します。

囚人の話です。7月1日に出てきた本当に新しいデータです。イギリスのゲッシュ氏が発表したもので、231名の18歳以上の若い囚人に二重盲検法で2種類のカプセルを投与しました。投与期間は1週間から9ヶ月間、2週間と書いてありますが最初の1週間はベースの値を取っていません。囚人なので移動し

ビタミン、ミネラル、必須脂肪酸が囚人（若年成人）の反社会的行動の及ぼす影響（無作為二重盲検試験）

・231名で2週間から9ヶ月の試験

・必須脂肪酸は	リノール酸	1260 mg
	γ-リノレン酸	160 mg
	EPA	80 mg
	DHA	44 mg

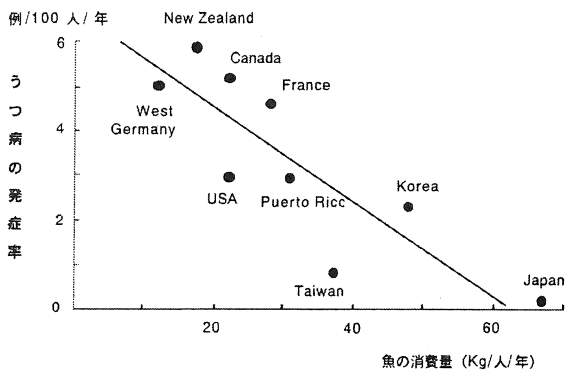
Gesch CB et al. Br J Psychiat 2002; 181: 22.

たり釈放されたりで、期間はまちまちです。どのようなものを投与したかという、ビタミンはマルチビタミンで普通の市販されているビタミン剤です。ミネラルも市販されている普通のもので、必須脂肪酸はリノール酸が1260mg入っていますが、これは入れる必要は全然無いと思います。なぜなら魚を全く食べていない人でも、肉を食べれば結構リノール酸が入ってきて、欠乏症にはならないからです。γ-リノレン酸もこれで行動が変わるというデータはないので、入れる必要はありません。リノール酸、γ-リノレン酸は意味がないと思いますが、ゲッシュ氏は一応加えて

います。EPAは 60mg、DHAは 44mg という非常に少ない量です。このような量で効くかどうかは私にはわかりません。マルチビタミンが効いたのかもしれませんが、一つだけ言えることは、あまりいい食事をしていない場合、イギリス人だったらどのくらいEPA、DHAが入るかと言うと、せいぜい全部で40mg ぐらいです。牛肉を食べても豚肉を食べてもEPA、DHAは入ってきます。それらを全部足すと 30mg や 40mg は入ってきます。比べてEPA、DHAを足すと 124mg あるので、普通より 3~4 倍ぐらい多めに取ったことになります。一方、リノール酸の方はどんなに少なくとも 10g ぐらい取っているので1割増え、EPA、DHAの方は 3~4 倍増えたということで、影響力が強かったことは想像つきます。結果はインテンションアウトリートという方法で調べると（これは研究に参加した人総てを入れてしまいます。実はカプセルを飲まなかったという人まで入れてしまいます。ある意味ではこの方が实际的です。）プラセボ 115 名に対して実薬群は 116 名で、26.3%暴力沙汰が減っています。ではビタミンで行動がよくなるか、普通の人では絶対よくなりません。今までわかっていることは、変な行動を起こす人にある種のビタミンが少ないということで、投与して証明したということはありません。

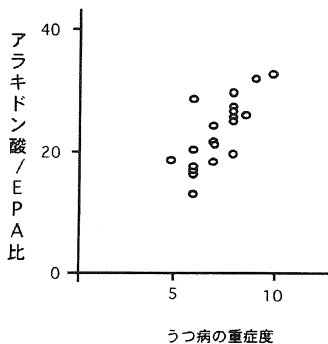
少なくとも飲んでいないということを目撃された人は除き、本当にカプセルを 2 週間以上飲んでいた群で、前値と比較して調べてみると、実薬群では暴力沙汰、規律違反が 35%減っています。対照群ではほとんど標準偏差内の変化で、ここでも有意差が出ています。つまり、囚人でも魚の油を摂ることはよさそうだといいことです。もちろんビタミン、ミネラルが入っているので何とも言えませんが、証明されている部分は魚の油だけなので、関係あると思います。この研究がされると知ったのは 5 月でしたが、非常に残念なのは私自身がやりたかったことだからです。しかし、どうあがいても倫理委員会は通らないし、刑務所の方で参加出来ないと断られたので、諦めた経緯がありました。

国別の魚の消費量とうつ病の発症率を見てみると、魚を食べているとうつ病の発症率が少ない。まとめて言うと、魚の油は人間のムードに関係あることがわかってきました。



オーストラリアの研究ですが、縦軸は魚を食べていない割合と考えてください。横軸はうつ病の重症度ですが、これらには相関があり、どうも魚を食べていない人の方がうつ病の重症度が上がってくるということです。先ほどの国別の魚の消費量とよく似ています。

うつ病の重症度と赤血球リン脂質中アラキドン酸/EPA比の相関



このようなデータはあと一つや二つあるのですが、それでは、うつ病の患者に魚の油を投与したらどうなるか。

論文にはなっていませんが、今まで二つデータがあり、一つは全く効いていません。もう一つは効いているというのですが、その学会に出ていなかったのどのようデータか知りません。効くのか効かないのかよくわからないところに、最近三番目のデータ

Adams, PB, et al. : *Lipids*1996 ; 31: S157

が出てきました。それはDHAは効かなかったのですが、EPAでうつ病の症状が軽減したというものです。しかし、まだ学会発表すらされていませんので、内容はよく知りませんが、ひよっとするとうつ病に効く可能性はあります。

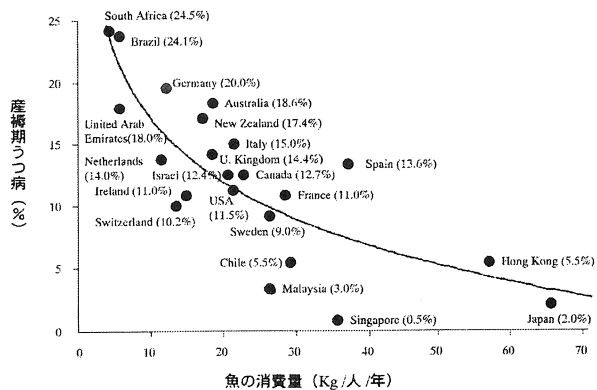
うつ病についてはもう一つ話があります。これは2日前に発表されたデータです。産褥期うつ病というのがあり、これが魚の消費量と逆相関

するというデータです。

0.84の相関係数がありますが、アウトライヤーを除いても0.64ぐらいの相関があるということで、疫学的には間違いないと思いま

す。産褥期うつ病は、だいたい赤ちゃんを産むと精神的にかなり不安定になりますが、母乳の中にかなりDHAを出します。お母さんの方はDHA不足になる可能性が非常に高いのです。とにかく母乳にDHAをどんどん出して、赤ちゃんの頭の発育のために尽くそうとするのです。普段魚を食べている人は、母乳にDHAが出て大丈夫なのですが、もともとDHAのリザーブがない人は偉いことになります。先ほども言いましたがEPA、DHAはムードに関係しているので、もともとちょっとあやしかった人が極端なDHA不足になると、うつ病になる可能性があります。これが産褥期うつ病です。これは魚の消費量で出しましたが、もう一つ、妊娠した時の母乳中のDHA濃度と産褥期うつ病の頻度に

魚の消費量と産褥期うつ病の関連



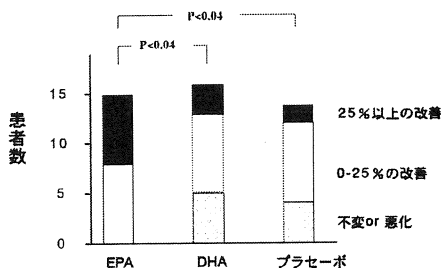
も同じような相関があります。ということで産褥期うつ病に魚の油が関係ある。これは簡単に介入試験が出来ます。妊産婦に魚の油を投与するという研究は、今までに10回ぐらい行われていますが、危険なことは何も起こっていません。日本人が妊娠中に魚を食べてもおかしくないで、魚の油のカプセルを飲んでもおかしくありません。実際に妊産婦にカプセルを投与すると、何が起こるかという、母乳中のDHAが増えます。産褥期のうつ病はプラセボと比較しなければいけませんが、介入試験が行えます。安全な検査ですから、これによって産褥期うつ病を予防する研究が出来るはずで、すでに考えられていて、来年ぐらいから始まると思います。

双極性疾患とはそううつ病のことです。うつ病の場合だと最新のデータによると、二つは効いて一つは効いていないという研究ですが、そううつ病に関しては一つ出ている、効いているということです。二重盲検法で1日EPAとDHAを合わせて9.6g、かなりの量を4ヶ月間にわたり投与しました。本当は6ヶ月の研究だったのが、あまりに効き過ぎて、プラセボ（オリーブ油）を飲んでいる人に対し非倫理的だということで4ヶ月で中止になりました。研究にちょっと問題があったのですが、それはともかく明らかな寛解期間の延長が見られ、14名中9名が有効で、コントロール群では16名中3名のみが有効だった。何が問題だったかという、二重盲検法だったのですが、コントロール群には魚の油の臭いがついていなくて、大部分の人にはばれていたことです。自分の服用しているカプセルが分かれば、やはり影響は受けます。プラセボ効果が効き過ぎて、疑問符がつきますが、まあいいデータが出ています。今、アメリカで他施設二重盲検法が進んでいて、もうすぐにデータが出る予定です。

今度は分裂病です。二重盲検法は今まで五つ行われていて、一つは全然効いていません。残りの四つはなにかしらで効いていません。しかし、4/5で効いていますがそんなに強くは効いていませ

ん。これは効いている例です。分裂病になって比較的時間が経っていない人たちを対象としたものです。プラセボとDHAはほとんど差がありません。EPAだとよくなっているというデータです。リード氏は分裂病でた

EPA、DHA（ともに1.7g/日、3ヶ月）による分裂病の治療（二重盲検法）



Positive and Negative Syndrome Scale で判定。

主に、EPAでは陽性症状の低下が見られた。

抗精神薬の投与量は一定とした。

Peet M et al. Schizophr Res 2001;49:243.

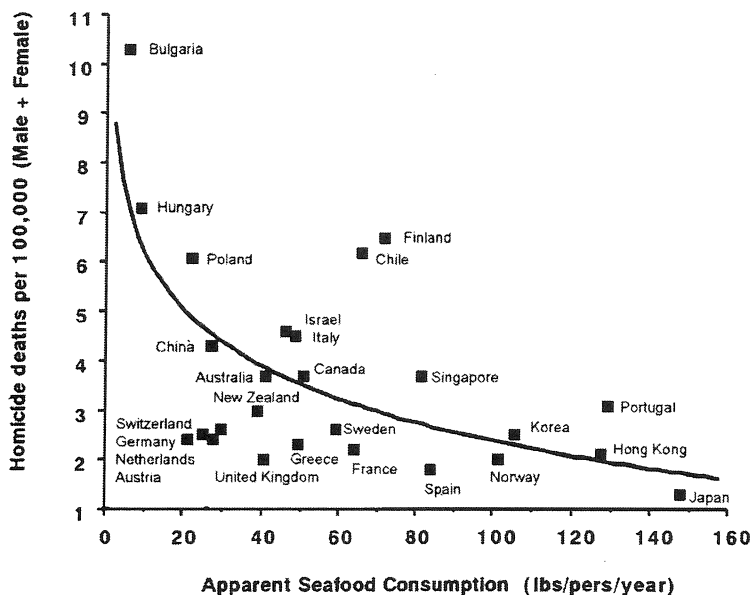
くさん研究していますが、おもしろいことに、うつ病は血液中のEPAの量と逆相関する、あるいは魚の消費量と逆相関するという疫学調査が出ています。ところが、分裂病の場合はこのような疫学調査は一切出ていません。これから段々と出てくるのだらうと思います。

今度は痴呆症です。ロッテルダムで痴呆症ではない5,386名の男女(55歳以上)を2.1年追跡し、飽和油脂肪酸とコレステロールの危険因子を調べたものです。魚は負の危険因子だということがわかりました。

今度は自殺と他殺です。自殺企図と魚の油とはかなり関係することがわかってきました。最近自殺を試みて精神科へ入院した50名の内30名はうつ病と診断され、残り20名は大部分が衝動性精神疾患だった。衝動的に自殺を図った人たちの血液を見てみると、EPAと逆相関しています。EPAが多ければ多いほど重症ではないということです。これはアメリカの研究ですが、50名というのがちょっと少ない気がします。今何を行っているかという、日本にはなかなかいないのですが、自殺未遂がものすごい国が中国です。実は中国で、自殺未遂の患者80名集めて血液を採りまし

た。対照群に年齢、性別、アルコール、喫煙を加味して80名集めました。最終的には100名になります。今詳細な測定をし、研究している最中で、来年あたり発表になる予定です。

他にも自殺の研究がいくつかあり、フィンランドでは魚を食べるのが週2回以上と2回未満というように分けると、アンケート調査では、うつ傾向の人は2回未満の人の63%と低くなっています。それから、自殺願望の頻度が半分です。先ほどから魚の油とムードが関係していると言っていますが、まさにその通りで、魚を食べている方がムードが安定するのです。先ほど紹介した265,000人を17年間調べたという平山先生の疫学調査の中



(Hibbeln J)

にも、自殺による死亡率が出ていて、毎日魚介類を食べている人はそれ以外の人に比べて19%低く、本当に自殺で死んだ人が少な

いのです。自殺願望、自殺未遂だけではなく、本当に死んだ人にも差が出ています。

最後は魚嫌いに殺されるという、魚の消費量と殺人による死亡率の話です。縦軸に人口 10 万人に対する殺人による死亡者数、横軸は魚の消費量で、ものの見事に逆相関しています。(前ページ参照) これは敵意性の話、ムードの話を考えれば簡単に想像できると思います。私の結論は、最近いつ魚を食べたかわからないような人が近くにいたら、出来るだけ離れるように、ということです。

ご静聴ありがとうございました。

栄養素としての微量元素

(独)水産総合研究センター
中央水産研究所利用化学部
池田 和夫

今日は四つのことについて話をさせていただきます。一つは元素の起源について、要するにヒトを形成している元素は何が起源になっているのかということです。次にこの元素の組成がどうなっているのか。そしてその研究の進展に何に関係してきたか。最後に私は今まで亜鉛について研究してきましたので、この辺の話をさせていただきますと思います。

まず、私たちと言いますか、無論森羅万象という意味ですが、それが何に由来するのかについて話をし、少し興味を持っていたきたいと思います。

元素の起源

地球上には約 110 種類の元素があります。「宇宙には」と言っても良いのですが、宇宙の元素組成は大部分が水素で、地球上の組成とは大きく異なります。このうち生物が使用している元素の種類は 30～35 元素程度です。

宇宙は今から 150 億年ほど前に「ビッグバン」として始まり、太陽系は 46 億年ほど前に直径 10 万光年の天の川銀河の中ほどに出現したと考えられています。宇宙開闢のビッグバンの直後から核融合が起こり、重い元素が出来ていきました。今も、天然核融合炉の太陽では水素の原子核がヘリウムの原子核へと融合していき、その時に発生するエネルギーのごく一部が地球上の生命を支えていることはご存じの通りです。ヘリウムからさらに重い原子

核へと順番に、しかし、劇的に融合していくわけですが、その理論的な終点は鉄と言うことになっています。ここで、大きな疑問がおきてきます。「では、必須微量元素の亜鉛（亜鉛は必須微量元素であり、これなしでは生命は存在できません）は鉄より重い元素なのに、なぜ、地球に存在して、生命を維持しているのか？」太陽の8倍以上の恒星が燃え尽きようとしている最後のときに超新星爆発が起こり、その時に、鉄より重い元素が生成するというのが現在の天文学の結論となっていますので、「超新星爆発で生成された鉄より重い多くの種類の元素を含む状態で、今の太陽系が形成されたために、地球にも種々の重い元素が存在することとなり、これを利用して、地球上の生命の誕生・進化が始まった」ということになります。人の体の中には1.4gから2g程度の亜鉛が含まれ、3百種類以上の酵素の活性中心で働いて生命を維持しています。（DNA polymeraseの活性中心は亜鉛です、という事だけでも、亜鉛の重要性が理解できると思います。この酵素がなければ、DNAの複製は起こらず、当然それ以後の細胞分裂も起こらない訳ですから）が、その起源は現在の太陽系が形成される遙か以前の超新星爆発に由来しています。

生体内元素含量と必須微量元素

ヒトの元素組成（重量）を下に示します。これは、体重70kgのヒトを構成する元素を重さの順に並べたものです。

		体重70gのヒトの含有量	
多量元素	酸素	45500	グラム
	炭素	12600	
	水素	7000	
	窒素	2100	
	カルシウム	1050	
	リン	700	
少量元素	イオウ	175	

	カリウム	140
	ナトリウム	105
	塩素	105
	マグネシウム	105
微量元素	鉄	6
	フッ素	3
	ケイ素	2
	亜鉛	2
	ストロンチウム	0.32
	ルビジウム	0.32
	鉛	0.12
	マンガン	0.1
	銅	0.08
超微量元素	アルミニウム	0.06
	カドミウム	0.05
	スズ	0.02
	バリウム	0.017
	水銀	0.013
	セレン	0.012
	ヨウ素	0.011
	モリブデン	0.01
	ニッケル	0.01
	ホウ素	0.01
	クロム	0.002
	ヒ素	0.002
	コバルト	0.0015
	バナジウム	0.0015

(桜井 弘・田中英彦、生体微量元素、廣川書店、1994)

普通に人体内に存在する元素のうち、鉄よりも含量が少ない元素を微量元素といますが、このうち、特に含量の少ない元素を超微量元素として表現する場合があります。

微量元素のうち「欠乏症が現れ、これに特定の微量元素を与えると劇的に回復し、その微量元素が、体内で働いている証拠が認められる」ということを満足すれば、その微量元素は必須微量元素であるということになります。人体内には、これらの条件を満

足りない元素も含まれており、それらは、無くても生命の維持には無関係で、いわば迷入してきた微量元素とすることができます。しかし、測定精度や精製程度が上がり、ほぼ完全に食事から抜いたときに欠乏症が現れることが分かってきた元素もあります。これまで、ヒ素や鉛やカドミウムなどは生命を脅かす元素としか考えられてきませんでした。完全に欠乏すると、成長などに影響が出てくることが分かり、現在では必須微量元素と考えられるようになり、種々の実験が進められています。しかし、通常の食料を用いた食事に含まれている程度の極微量で、必要量を満たすため、恣意的に補給する必要は全くありません。万一補給すれば重篤な過剰症に見舞われる事になります。

必須微量元素は生体機能の維持や調節に関係する酵素や生理活性物質などの構成成分となっている元素で、他の元素と基本的には代替できません。必須微量元素はヘモグロビン・ミオグロビンという酸素の伝達や貯蔵に関する分子、チトクロームのように電子伝達系に組み込まれてエネルギー産生に関連する分子、ビタミン、各種の酵素などの構成成分又は活性中心として存在し、生体の恒常性維持に不可欠な働きを担っています。生体内の濃度はほぼ一定に保たれており、欠乏した場合にはこれらの恒常性維持機能が低下し、生命の維持に直接的な影響を与えることとなります。逆に、多量に体内に取り込まれた場合などのように、体内濃度を一定に保つことができなくなった場合には、種々の過剰症が発現することとなります。

必須性の認められた歴史をみると、すでに、古代の中国やギリシャなどでは、微量成分の必須性が知られていましたが、精度の高い測定法が開発されるのに比例して、より微量な元素の必須性が証明されていきました。以下に「必須性が最初に証明された年と元素と事項」を示します。

必須性が最初に証明された年と元素と事項

1745年	鉄	貧血
1820	ヨウ素	甲状腺腫
1928	銅	ヘモグロビン形成 (ラット)
1931	マンガン	成長、卵巣機能 (マウス、ラット)
1934	亜鉛	成長、食欲、皮膚障害、生殖機能
1935	コバルト	成長 (ヒツジ、ウシ)
1953	モリブデン	キサントキシダーゼ活性
1957	セレン	肝壊疽の回復
1959	クロム	グルコース代謝、脂質代謝
1970	スズ	成長 (ラット)
1971	バナジウム	成長 (ひよこ、ラット)
1972	フッ素	成長 (ラット)
1972	ケイ素	生育 (ひよこ)、頭蓋骨変形
1974	ニッケル	生育 (ひよこ、ラット)
1975	ヒ素	繁殖、出生率 (ヤギ、ブタ)
1981	鉛	成長、繁殖、造血に必須

(桜井 弘、金属は人体になぜ必要か、講談社、1996)

鉄が 1745 年と書かれていますが、これは記録としてある年であり、例えば古代ギリシャや中国では、紀元前頃から事実として認められていましたが、書かれたものとして残っているのが 1745 年ということです。これを見てみると鉄、ヨウ素、銅は比較的濃度が高く検出が楽で、段々下の方になってくると検出が難しくなり、つまり検出する測定技術の進歩により、あれも必須元素だ、これも必須元素だということがわかってきたこととなります。

研究の進展、必須性の証明のためには

非常に微量な元素を対象とした研究では、発光分析法、原子吸光法、ICP (誘導結合プラズマ) 発光分光光度法、ICP-MS (誘導結合プラズマ質量分析法)、原子炉を用いた中性子放射化分析法などの測定法を用いて、飼育ケージ (ビニルアイソレーターなど)、精

製飼料、飲料水、空気、などに対象元素が含まれていないことや、添加する元素の純度が極限まで高いことなどを、明確に数値として示す必要があります。

最近、ある刑事事件の証拠調べで亜ヒ酸に含まれる種々の夾雑元素の定量に、兵庫県下にあるスプリングエイトという放射光を用いた測定施設が使用されましたが、今後、超微量元素の栄養学的又は毒性学的研究には、この様な極めて鋭敏な測定方法を必要とする場合も考えられ、目的に適合した種々の定量手法が利用・開発されていくと考えられます。

通常、必須微量元素が欠乏すると、種々の生理機能が阻害されるために、最終的には成長の遅延として表現される場合が多くあります。そのためにスクリーニングとしては成長の比較を行う場合がほとんどです。

亜鉛について

必須微量元素としては量の多い、亜鉛について述べてみます。この元素は、300種類以上の酵素の活性中心で働く大変重要な元素です。これがないと、生命は存在できないと言うよりも、そもそも生命が誕生できなかつたと考えられます。

水産物に含まれる亜鉛

「日本食品標準成分表」と言う便利な書籍があります。書名の通りの内容の本ですが、無機質としては、カルシウム、リン、鉄、ナトリウム、カリウムがあるだけで、必須微量元素は鉄についてだけ記載があります。平成5年に、徳島大学の先生が、鉄以外の27の微量元素と常量元素のマグネシウムについて測定した「食品の微量元素含量表」を出版されました。258種類の魚介類食品、38種類の藻類食品、獣鳥鯨肉類としてカエルとクジラ、などについて記載されています。

特徴的な水産物に含まれる亜鉛含量は、以下の通りです。

水産物に含まれる亜鉛

カレイ	生	380 μ g / 100g
	子持ちカレイ	1000
サケ	生	540
	スジコ	3100
タラ	生	320
	タラコ 生	3400
ニシン	生	590
	かずのこ塩蔵	1200
ボラ	生	520
	からすみ	7600
カキ		31000
イガイ		12000
他の貝類		740~2900
クラゲ (塩クラゲ)		32
ナマコ		140
練り製品		150~340
魚肉ハム		730

まとめてみますと、

- ・魚類については

筋肉部分とたまご (スジコ、タラコやからすみ) を比べると後者に多い。

一般にプランクトン補食魚の方に多い。

筋肉より内蔵の方に多い。

- ・貝類では

カキとイガイが断トツで多い。

他の貝類に続いてシジミ、サザエ、アサリなどにも多い。

(農産品では豆類にも多い)

- ・クラゲ、ナマコは少ない。(可食部の測定のため?)

- ・練り製品にも少ないが、例外的に魚肉ハムは多い。
(添加されない限り、加工工程が多いほど、失われる傾向がある)
- ・藻類にも比較的多い。

ということになります。

鉄を見てみると、貧血になると牛、豚のレバーが良いとよく勧めます。これらは好き嫌いが多いいやがる人が多いのですが、どうして煮干し、ハマグリ、ヒジキのように鉄分が多く食べやすいものを勧めないのでしょうか。驚いています。

銅を見ても、鉄は貧血の時に原料になるもので、銅は鉄を含んだヘモグロビンを作る時に必要なのです。例えば、鉄を充分取っているのに、なぜ貧血になるのか、銅の摂取が少ないからとすることになるのです。銅を多く含む食品は亜鉛と同様にカキで、ホタルイカ、スジコにも多く含まれています。その他の必須微量元素の供給源として、水産物はもっと目を向けられても良いのではないのかと思っています。

「必須微量元素」または「ミネラル」として、おお括りで考えられることが多いのですが、鉄不足が貧血を惹起するように、それぞれの必須微量元素はヒトに対して、厳然とした「特定元素の欠乏と欠乏症」という因果関係、機能性を示すことから、日常の食品からの供給は、ビタミンと同様に考慮する必要があります。

バイオセンシングシステムの水産分野への応用

東京水産大学食品生産学科

助教授 遠藤 英明

今日は、次にあげる順序で話を進めていきたいと思えます。

1. バイオセンシングとは？
2. 食品衛生監視用バイオセンシングシステム
 - ・フローサイトメトリーの応用
水産食品中の菌数測定
大腸菌の特異的検出
 - ・水晶振動子の応用
サルモネラ属菌の特異的検出
3. 食品・環境分析用バイオセンシングシステム
 - ・電気化学的手法の応用
鮮度・養殖魚の健康診断
 - ・光ファイバーの応用
 - ・原子間力顕微鏡の利用

バイオセンシングシステムとは？

簡単に言いますと生物の持つ非常に素晴らしい機能を利用し、その機能をかりてものをセンシング、検出しようというのがバイオセンシングシステムの基本的な考え方です。

近年、安全で良質な食品の生産・確保に有効な管理手法として、水産食品業界においても Hazard Analysis Critical Control Point (HACCP) が注目され、その導入が進められて

います。HACCPは従来の品質管理と異なり、原料が工場を経てそれが食卓に運ばれるまでの全ての過程において、予測される健康危害因子をモニタリングすることを求めています。これらの危害因子は、細菌やウイルスなどの生物学的危害、薬剤や自然毒などの化学的危険、そして金属片ガラス片等の食品への混入による物理的危険に大別することができます。HACCPではこれら因子を、可能な限り連続的にリアルタイムでモニタリングする必要があります。この中で、物理的危険については金属探知器等の利用により、そのモニタリングが可能であるといわれています。しかし、その他の危険、特に生物学的危害因子については、それらを直接認識してモニタリングすることは、現在のところ極めて困難です。したがって、細菌やウイルスのような危害因子を、それらのコントロールに関連した温度、湿度、時間、圧力等のパラメーターにおきかえることによって、間接的にそれらをモニタリングし、監視を行っているのが現状です。

一方近年になって、生体の持つ優れた機能とエレクトロニクス技術とを組み合わせたバイオセンサーの開発研究が国内外において精力的に進められ、様々な物質の測定が可能になってきました。バイオセンサーは図1に示すように、酵素、生物代謝、免疫反応などの生体機能を、目的の物質を識別する分子識別素子として利用します。

図に示すような生体機能素子は、目的の物質に反応する際、化学物質、熱、光、音等の変化を生じます。バイオセンサーは、この変化を電極や半導体等の種々の物理化学デバイスを用いて電気信号に置き換えることにより、目的の物質を定量あるいは検出する原理に基づいています。本システムの最大の特徴は、目的とする生化学情報を特異的に迅速かつ簡単に

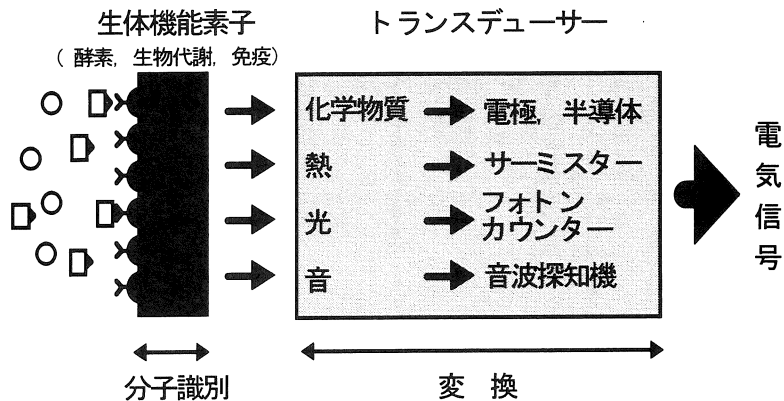


図1 バイオセンサーの原理

測定できるところにあり、最近ではこのような情報の計測・収集をバイオセンシングとよんでいます。

私たちは、HACCPにおいてこれまで直接的なモニタリングが困難とされてきた危害因子を検出するため、バイオセンシング技術を用いた新しい測定法の確立を試みてきたので、以下にその概要を述べます。

食品衛生監視用バイオセンシングシステムの開発

我々は、HACCPに対応可能な食品衛生監視用バイオセンシングシステムの開発を目指して、近年微生物学の分野でも利用が注目されているフローサイトメトリー (FCM) と、時計の発信素子として広く用いられている水晶振動子を応用したセンシングシステムについて研究してきました。

1) FCM を応用したセンシングシステム

FCM とは、細胞にレーザーを照射し、そこから得られた情報により、細胞の形態や細胞内情報を解析する手法です。図 2 に示すように、FCM は試料となる細胞とシース液をフローチャンバーの中に移送することにより、細胞を 1 個 1 個遊離した状態で一列に並べてレーザーを照射し、個々の細胞情報を解析することができます。

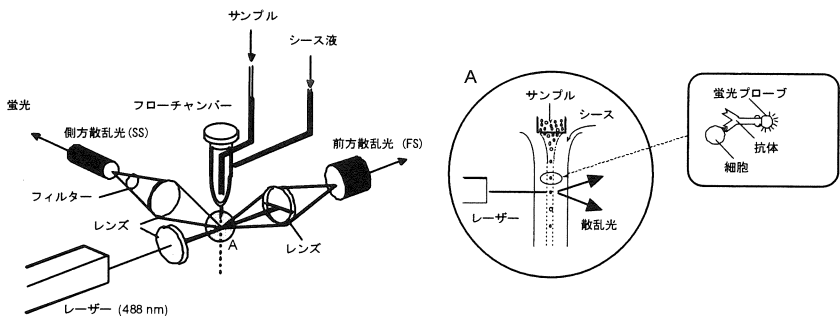


図2 FCM の原理

細胞に当たった光は前方に散乱する光（前方散乱光）と、この光に対して直角に散乱する光（側方散乱光）に分けられ、前方散乱光は主に細胞の相対的な大きさを表し、側方散乱光は細胞の複雑さを表す指標となります。また試料細胞を、蛍光プローブで標識あるいは染色することによって、細胞の特異的検出や細胞内 DNA やタンパク質含量などを測定することができます。また、図のように FCM は、レーザーの前を細胞が 1 個 1 個遊離した状態で通過する構造であるため、単位時間当たりの通過した細胞の数をカウントすることにより、試

料中の細胞数の測定が可能です。さらに特定の細胞を検出するには、その細胞の特異的抗体を作製し、蛍光プローブで標識した後、その蛍光を測定することにより可能となりました。そして、FCMを応用した水産食品中の微生物数の迅速測定、大腸菌の特異的検出、抗生物質の検出等が出来るようになりました。

2) 水晶振動子を応用したセンシングシステム

しかし、FCMが結構迅速に、またある程度の感度で測れることがわかりましたが、実際にFCMを食品工場で使うのはかなり難しいのです。一つはコスト的に高く、リーズナブルな値段になったといってもまだ1台1,500~2,000万ぐらいします。またシステムも非常に大型で、テクニカルな面で誰でも簡単に使えるという機械ではありません。もっと簡単に菌体測定が出来ないかと、ある食品メーカーから相談され、私たちは全く違った角度から、FCMよりも小型軽量なバイオセンシングシステムの開発を目指し、検出デバイスとして水晶振動子を利用することを考えました。

水晶振動子は、腕時計の発振素子として現在広く利用されており、一定の電圧を加えると規則正しく歪み、それが共振することにより一定の周波数および抵抗値を維持する性質を有します。また振動子の表面に、物が付着あるいは堆積すると、その重みにより共振周波数が変化するので、この特性を利用することにより、水晶振動子と抗原抗体反応とを組み合わせたサルモネラ属菌の特異的検出を試みました。すなわち、抗原と抗体が反応した際、それらは互いに結合し、凝集して沈降します。この沈降物が水晶振動子の表面に堆積し、振動子の共振周波数が変化するのではないかと考えました。その結果、上述の凝集反応を共振周波数の変化としてとらえ

ることができ、サルモネラの特異的検出が可能であることがわかりました。

食品・環境分析用バイオセンサーシステムの開発

迅速な食品分析法の確立を目的に、魚肉の鮮度、水産食品中のリン濃度、各種ビタミン類、魚肉中のトリメチルアミン濃度等を測定するための各種バイオセンサーシステムを開発しました。これらのシステムは、固定化酵素膜または固定化微生物膜とクラーク型酸素電極とを組み合わせることにより、生体触媒の生化学反応によって生じた溶存酸素量の変化から目的の物質を定量する原理に基づいています。

また、最近いろいろな養殖魚が出回っています。従来養殖魚というのは、病気にさせないためにかかなりの抗生物質を餌に混ぜて投与し、病気にならない状態で出荷していました。ところが最近 HACCP がらみもあり、安全で安心な養殖魚を流通させなければいけないということで、むしろ薬に頼らずに健康な養殖魚を育てる気運が高まってきました。結局この健康な魚というのは、何を持って健康な魚ということになりますが、本学の舞田先生らの研究によると、魚の血中コレステロールの濃度を測ることは、細菌感染症に対する抗病性の経過を示す重要な指標となる。コレステロールの量が変わることによって、感染症が強くなったり弱くなったりすることが、最近わかりました。このことから、コレステロールを瞬時に測れるバイオセンサーが出来れば、毎日魚の健康管理が出来るという話から、コレステロールを測れるようなバイオセンサーを作った経緯があります。基本的なシステムは、先ほどの鮮度を測るセンサーと殆ど同じです。

最近、私たちの研究室では新しいデバイスとして、いろい

ろなものを扱っています。先ほど話しました鮮度センサーにしてもコレステロールセンサーにしてもシステムが大型です。なるべく現場で簡単に測れるものが出来ないか、特にコレステロールを養殖現場で簡単に測れないか、一番理想的なのは魚がいてぱっと簡単に測れるものが一番良いということで、最近 IT 社会で話題の光ファイバー、ニードル型光ファイバーを利用したバイオセンサーを開発中です。

最後になりましたが、原子間力顕微鏡が何かに使えないかと今実験しています。原子間力顕微鏡は従来の光学顕微鏡と全く原理が違います。光学顕微鏡は光の屈折度合いから肉眼で像を見ている、原子間力顕微鏡は非常に細いカンチレバー、数何ミクロンを直接試料表面にあて、触りながら像をとります。光で見るのではなく、目を閉じて触りながら形を見るという原理です。何が素晴らしいかという、今までの顕微鏡は見ているだけで、その物性はわかりませんでした。例えばそれがつるつるしているのか、ざらざらしているのか、固いのか柔らかいのかわかりませんでした。ところがこの顕微鏡は実際に触りながら測定するので、この辺の物性が非常に良くわかります。

もう一つこの顕微鏡の良いところは、解像度でいうと電子顕微鏡と同じかそれ以上あります。電子顕微鏡はサンプルを乾燥させなければいけませんが、原子間力顕微鏡は直接触りながら測っているので、極端な話、ウェットな状態、ぬれている状態でも測れます。従って、食品を扱っている我々には非常に好都合な顕微鏡です。これは今後いろいろな面で有効活用していきたいと思っています。

以上、私たちが行っている最近の研究内容です。

水産加工食品の栄養価と機能

国際学院埼玉短期大学

客員教授 鈴木 たね子

大日本水産会おさかな普及協議会の功績でしょうか、最近では主婦の方々を初め誰でも、魚を食べると健康に良いということが非常に浸透してきました。ただその前に、魚は何かと頭の中でイメージしているのは鮮魚のことで、水産加工品に関しては、逆にまだ健康に良くないというイメージがあるようです。水産加工品を定義するとお刺身の盛り合わせは加工品になるという、非常にややこしいことになっています。残念ながら一般的には水産加工品は生産が減っていて、デパ地下で売っているような総菜物がどんどん増えています。今日は総菜品のことまで話が出来ませんので、明らかな水産加工品と昔から言われているねり製品、干物、缶詰について話していきたいと思います。

なぜ水産加工品が健康に良くないと思うのかを聞いてみると、まず食品添加物が沢山入っている。2番目は食塩が多いからだということです。鮮魚なら良い、お刺身などお醤油を沢山つけて食べるのは良いけれど、水産加工品に食塩が多いのはだめだというのが、消費者のイメージのようです。

今日は、

1. 魚を加工すると栄養成分はどのように変化するか？
2. 加工するとたんぱく質の栄養価の変化があるか？
3. 水産加工食品はほかの加工食品とくらべて食塩濃

度が高いか？

4. EPA、DHAを多く含む水産加工品はどれか？
5. DHA等機能性成分を多量に含む水産加工食品の製造技術

の順で話していきたいと思います。しかし、鮮魚を獲ってきてそれを加工し、どのように成分が変わるかというような実験の結果からではなく、あくまで「五訂日本食品標準成分表」に基づいて調べた栄養価などを取り入れたものです。

まず、ねり製品についてですが、消費者はねり製品という、板についた蒲鉾のようなものがイメージとして飛び込んでくるようですが、「あんなに白いのはおかしい」、「あんなにぷりぷりしているのはおかしい」と。従って「かなり晒して真っ白にしている」、「沢山の食品添加物をいれてぷりぷりさせている」ので健康に良くないと思っています。なおもっと成分を調べる人は「防腐剤が入っている」ということで、あんまり人気がないようです。私の大学で好きな水産加工食品は何かと聞くと、75%以上の人が「はんぺん」と答えます。これほどに歯ごたえのあるものが嫌いになって、ふかふかな物が好きのようです。「はんぺんはねり製品ですよ」というと、皆びっくりしてしまいます。

水産ねり製品の成分を調べたものが、表1です。今はすけとうだらだけがねり製品の原料ではありませんが、すけとうだらを原料に、このすけとうだらを冷凍すり身にした物ではなく、流通しているすり身、板かまぼこ、焼きちくわ、はんぺんを比較したものです。水分にはちょっとばらつきがあります。脂質が原料より増えているのは、今はすけとうだら以外のいろいろなすり身を使っているからだと思います。確実に減っているのは水溶性のビタミンです。最近の若い女性に

表1 原料魚と水産ねり製品の成分比較 (可食部100g当たりの成分g)

食品名	水分	たんぱく質	脂質	炭水化物	Ca*	P*	ビタミンB	多価不飽和FA
すけとうだら	80.4	18.1	0.2	0.1	41mg	270mg	0.26mg	0.07mg
すり身	75.1	17.5	0.2	6.6	7	130	0.09	0.08
蒸しかまぼこ	74.4	12.0	0.9	9.7	25	60	0.02	0.23
焼きちくわ	69.7	12.2	2.0	13.5	15	110	0.14	0.72
はんぺん	75.7	9.9	1.0	11.4	15	110	0.08	0.44

五訂日本食品標準成分表による。*Caはカルシウム、Pはリン、ビタミンBはB₁、B₂、B₆の合計
多価不飽和FAは多価不飽和脂肪酸でEPAやDHAを含む

は貧血が多く、貧血に良いのはビタミンB₁₂です。今の女性はダイエットということで、求めているのは身長165cm、体重45kg、痩せすぎです。表4を見てみると、ビタミンB₁₂はすり身、蒸しかまぼこ、はんぺんにすると明らかに減少してしまいます。しかし、これで加工品はだめかということ、性急に結論を出したくはありません。だいたいねり製品をメインディッシュにする人はまずいないと思います。幸か不幸かねり製品は副菜になっています。従って、ねり製品だけを食べるのではなく、いろいろな食品を取り合わせて食べるので、ビタミンBが少し減っても殆ど問題はありません。カルシウムも結構沢山あります。すり身にリンを加えるからけしからんと消費者は言います。確かにリン酸塩は入っていますが、この表を見るとそれほどリンは多くありません。

次は干物です。干物は昔保存性がよい食品で、保存のために干物にしたのです。表2を見てみると、鮮魚のまあじ、オランダから輸入された太平洋あじ、これの開き干しの水分はあまり減っていないくて、限りなく鮮魚に近いというのが現在の干物です。干物の場合、成分は限りなく鮮魚に近いので、保存が良ければ原料の鮮魚と殆ど成分の違いはありません。

表2 原料魚と塩干し品の成分比較（可食部100g当たりの成分g）

食品名	水分	たんぱく質	脂質	炭水化物	Ca*	P*	ビタミンB	多価不飽和FA
まあじ	74.4	20.7	3.5	0.1	27	230	0.70	0.95
大西洋あじ	69.9	19.6	9.1	0.1	26	230	0.60	1.89
開き干し	68.4	20.2	8.8	0.1	36	220	0.56	1.88
さんま	55.8	18.5	24.6	0.1	32	180	0.78	4.58
開き干し	59.7	19.3	19.0	0.1	60	140	0.84	3.94
まいわし	64.4	19.8	13.9	0.7	70	230	0.83	3.81
丸干し	59.6	20.6	16.0	1.1	65	270	0.70	3.93

五訂日本食品標準成分表による。*Caはカルシウム、Pはリン、ビタミンBはB₁、B₂、B₆の合計
多価不飽和FAは多価不飽和脂肪酸でEPAやDHAを含む

さんまの場合、そのさんまを開き干しにして成分を測ったものではないので、干物の方が水分が増えています。それほど鮮魚に近いのです。まいわしの丸干しは少し水分が減っていますが、干物の場合、水分はみな鮮魚とあまり変わりません。ビタミンB₁₂も表4のように殆ど変わりません。表5を見ると、昭和62年のちょっと古いデータですが、脂溶性のビタミン、すなわち油に溶けるビタミンDとEは、天日乾燥、低温乾燥すると減少しています。シイタケに多く含まれているプロビタミンDは干すとビタミンDになりますが、魚の場合、干してもビタミンDが増えないのが特徴です。

次に缶詰ですが、液汁を除いたもので比べると、ビタミンBは減っています。しかしその他の成分では殆ど差がありません。

表3 原料魚と缶詰の成分比較（可食部100g当たりの成分g）

食料品	水分	たんぱく質	脂質	炭水化物	Ca*	P*	ビタミンB	多価不飽和FA
びんなが	71.8	26.0	0.7	0.2	9	310	1.17	0.23
水煮フレーク	77.6	18.3	2.5	0.4	6	200	0.25	1.73
油漬フレーク	56.0	18.8	23.6	0.1	2	270	0.33	11.73
大西洋さば	54.5	17.2	26.8	0.4	7	210	0.84	6.76
味付け**	59.6	21.4	12.6	4.0	180	300	0.63	3.56
缶詰								

五訂日本食品標準成分表による。*Caはカルシウム、Pはリン、ビタミンBはB₁、B₂、B₆の合計
多価不飽和FAは多価不飽和脂肪酸でEPAやDHAを含む、**は液汁を除いたもの

表4 水産加工食品のビタミンB₁₂
（可食部100g中μg）

食品名	ビタミンB ₁₂
すけとうだら	4.0
すり身	0.6
蒸しかまぼこ	0.3
はんぺん	0.4
大西洋あじ	8.1
開き干し	8.5
大西洋さば	8.1
味付け缶詰*	10.5

五訂日本食品標準成分表による。
*液汁を除いたもの

表5 マイワシ乾製品のビタミンDの変化
（μg/乾物100g）

乾燥方法	ビタミンD	プロビタミンD	ビタミンE
原料イワシ	59	351	1.25
天日乾燥	40	71	0.87
低温乾燥	41	67	0.73

（資料：『魚介類有効栄養成分利用技術研究成果の概要』
水産庁研究部、昭和62年6月）

次に水産加工食品のたんぱく質の栄養価についてです。加工するとたんぱく質の消化性が落ちたり栄養価が落ちたりするのではないかという懸念がありますが、調べてみると、表6のようになりました。現在と比較する標準値が少し違いますが、1973年のアミノ酸パターンでは、すり身にしてもか

まぼこにしても魚肉ソーセージにしてもアミノ酸スコアは決して落ちてはいません。従って、たんぱく質の栄養価はねり製品にしても減っていないということです。

缶詰にした場合、必須アミノ酸の有効性リジンが減るのではないかと、昭和61年に調査したものが表7です。たんぱく質の消化率も減少するのではないかと、高温加熱すると消化が悪くなるのではないかと、いう懸念で、実験的に調査したものです。リジンは加熱時間が長くなれば確かに減っています。消化率もやや減っています。しかし、目くじらを立てるほどのことはありません。

次に問題になるのは食塩です。表8を見てみると、20年前と比較すると、現在は塩が甘くなっていることがわかります。ところが、ロースハム、ウインナーソーセージ、プロセスチーズ、醤油（濃い口）を見ると、減塩になっていません。この意味では水産加工品だけ食塩が非常に多すぎると非難される根拠はありません。たらこ、いか塩辛は塩辛いと有名で

表6 水産加工品のたんぱく質の栄養価

食品名	アミノ酸スコア*	制限アミノ酸
すけとうだら肉	7.0	トリプトファン
冷凍すり身	9.0	トリプトファン
かまぼこ	9.6	バリン
魚肉ソーセージ	9.0	バリン

*FAO/WHO (1973) アミノ酸パターンによる

表7 メバチの缶詰加工による有効性リジンと消化率の変化

加熱温度	加熱時間 (分)	有効性リジン ($\mu\text{g}/\text{mg N}$)	たんぱく消化率 (%)
115℃	0	641	96.8
	60	598	95.7
	83	580	94.2
	143	532	90.8
124℃	0	634	96.7
	3.5	592	96.2
	12.5	510	95.9
	18	452	94.8

(資料：菊池武昭ほか『昭和60年度 魚介類有効栄養成分利用技術研究成果の概要』水産庁、昭和61年6月)

表8 水産加工食品等の食塩含有量

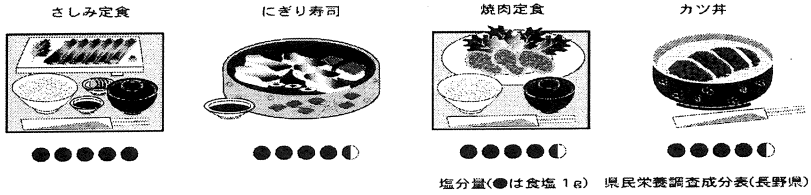
食品名	食塩含有量 (100g 当たり g)	常食量 g	常食中食塩 g
かまぼこ	1.1~2.6 (2.5)	50 (4片)	0.55~1.3
はんぺん	1.5 (2.0)	50 (小1枚)	0.75
あじ開き干し	1.6 (3.0)	45 (一尾の可食部)	0.72
塩さけ	1.8 (8.1)	50 (1切れ)	0.9
たらこ	2.7 (6.6)	30 (1/2腹)	0.8
いか塩辛	6.7 (11.4)	20 (大さじ1杯)	1.34
ロースハム	2.5 (2.8)	50 (3枚)	1.25
ウインナーソーセージ	1.8 (2.3)	50 (4本)	0.9
プロセスチーズ	2.7 (2.8)	20 (2枚)	0.5
醤油 (濃い口)	14.3 (15.0)	6 (小さじ1)	0.9

五訂日本食品標準成分表のナトリウム含量に2.5を掛けて計算、その他は農林水産費技術センター広報誌、()は1982年四訂日本食品標準成分表の食塩量

すが、20年前と比べると甘塩になっています。常食量は1回で食べる量で、その中に含まれる食塩を右に書いています。確かに、いか塩辛をどんぶり1杯食べれば大変な食塩量になりますが、大さじ1杯だとロースハム3枚食べたのとあまり変わりません。塩さけ1切れ食べるのとウインナーソーセージ4本食べるのと変わらないということです。

図1は長野県の県民栄養調査成分表を拝借したのですが、さしみ定食は醤油をつけるのとおしんこがついているのが良くないのだと思いますが、1人前食べると4gの食塩を取ってしまいます。にぎり寿司の上を食べると4.5g、焼肉定食4.5g、カツ丼4.5gとなります。日本人1日の食塩摂取量の推奨量は10g以下ですが、現在日本人は1日に12gぐらい取っています。ラーメンはここに出ていませんが、おつゆを全部飲むとかなりの塩分を摂取すると新聞などにでています。図1のような外食すると1回で4.5~5gの食塩を

図 1

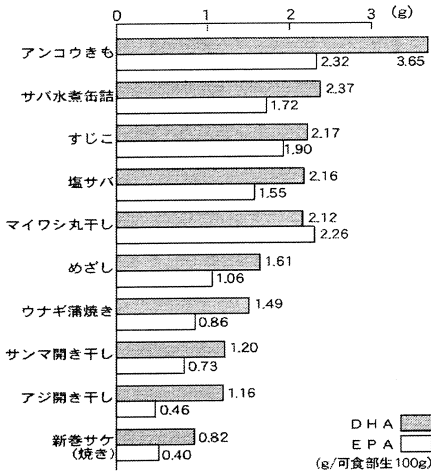


取ってしまいます。以上が水産加工食品における食塩その他の栄養成分について比較をしたものです。

次に、この学術諮問会議でも話題になっているDHA、EPAが水産加工品にどの位含まれているかについて、話していきたいと思えます

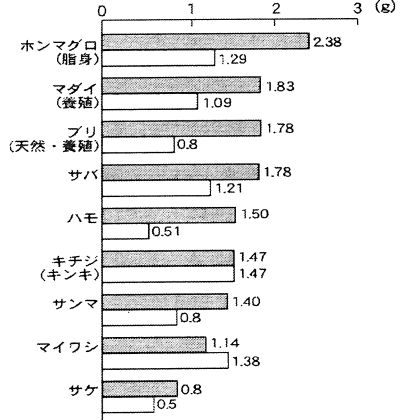
アンコウきもを筆頭にかかなりのDHA、EPAが含まれています。

図2-1 DHA、EPAの多い水産加工品



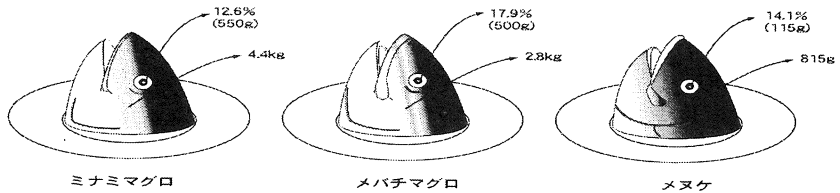
(資料:『日本食品 脂肪酸・コレステロール・ビタミンE成分表』医歯薬出版から作成)

図2-2 DHA、EPAの多い魚



最近、かぶと焼きやかぶと煮が好まれています。成分はどうか、本当にDHA、EPAは多く含まれているのだろうか、表8を見てください。また、図3は魚の頭の目方と目玉の割合を調べたものです。当然どこまでを目というか議

図3 魚の頭の目方と目玉の割合



魚の頭部の目方に対し、目玉が何%くらいを占め、その目方がどのくらいかを()内に示した。
鈴木たね子『魚とつきあう健康法』農文協

論はありますが、目の組織には、ビタミンA、ビタミンE、EPA、DHAが多く含まれています。目の筋肉、頭の筋肉、かまにはDHAが大変多く含まれています。従って、かぶと焼き、かぶと煮にはDHAが沢山含まれていることがわかります。実際目にある脂からDHAを抽出する技術があります。良く魚は目玉があるから怖くて食べたく無いという子どもがいますが、大いに目玉の周辺を食べて、DHAを沢山摂取した方がよいと思います。

「高濃度にDHAを含む乳化すり身の製造法」という、中央水産研究所の岡崎恵美子さんたちによる発明があります。魚肉すり身に多量の油を加えると、ゲル形成能が阻害されたり、油の分離を引き起こし、ねり製品の製造は困難とされていました。しかし、油を多量に加え乳化した中間素材の乳化すり身をつくることができました。冷凍すり身に水を加え、一定水分(約86%)に調整し、魚油を中間素材に対して30~50%加え、真空下で高速攪拌すると、乳化すり身になりま

す。この製造時にシュクロース（乳化すり身の水分に対して0.5～1.0M）を添加するとエマルジヨンの安定化が得られます。さらに多量の魚油を入れるには、すり身たんぱく質の30%を乳清アルブミン、カゼイン、魚肉水溶性たんぱく質で置き換えると、100～170%の魚油を加えても乳化できます。このようにして製造した乳化すり身を中間素材として、これをすり身に混合し、高濃度にDHAを含むねり製品をつくるのが可能になります。乳化すり身を混合したねり製品は弾力が強く、また油の分離をおこしません。魚油、DHAのほか、キトサン、タウリン、カルシウムなど各種機能性分を添加して、複合型の乳化すり身も製造できるようになりました。

結論を言いますと、ねり製品、干物、缶詰の三つの加工食品を調べてみると、このような加工処理をしてもたんぱく質そのものの栄養価は鮮魚と全く変わりません。ねり製品では水溶性のビタミンBがやや減少しますが、他の食品と食べ合わせをすることで食習慣上何ら問題はありません。食塩については20年前と比較して、水産加工品はかなり減塩されています。しかし、畜産加工品の食塩含有量は20年前と殆ど変わっていません。また、かぶと焼きやかぶと煮のように、魚の頭を好んで食用にすれば、DHA、EPAの摂取に良いと思います。そして、DHAを多量にねり製品に混入し、あるいはその他の機能性成分も一緒に入れて乳化すり身という中間素材をつくることにより、機能性のあるねり製品を製造することが可能になりました。以上です。

水産物からの保健機能食品の開発

独立行政法人食品総合研究所
機能生理研究室長 鈴木 平光

「水産物からの保健機能食品の開発」というタイトルですが、実際にはこの開発をする時の基本的なことについてお話ししたいと思います。

1. 機能性食品とは？

昭和 59 年度から昭和 61 年度の文部省特定研究「食品機能の系統的解析と展開」で提唱された概念に、

一次機能：栄養機能（従来の栄養性）

二次機能：感覚機能（嗜好性）

三次機能：生体調節機能（生理活性）

があるが、この三次機能を効率よく発現するように設計され、作成される加工食品が機能性食品のことです。

2. 食品の機能性を考える上での基礎知識

食べて体にどのように効くかということなので、まず始めに食べたものの通り道での変化を頭においておく必要があります。よくご存じのように口から食道を通過して胃へ、それから腸へ、最後に排泄されるのです。その過程での食品成分の消化吸収は、以下ようになります。

蛋白質：主に、小腸で分解（消化）されアミノ酸とペプチドになり、小腸上皮細胞に取り込まれる。このう

ち、ペプチドは小腸の細胞内でさらにアミノ酸にまで分解される。

大部分の蛋白質はアミノ酸となって血液中に入っていく。

炭水化物（糖質）：口腔内で一部が α -アミラーゼにより結合鎖が切断され、適当な大きさの少糖となる。小腸の細胞内で、単糖にまで分解されて吸収される。

吸収される単糖の大部分はブドウ糖である。

脂 質：小腸内で、膵リパーゼにより分解され、遊離の脂肪酸やモノグリセリドとなって、小腸上皮細胞に取り込まれる。

取り込まれた遊離の脂肪酸やモノグリセリドは、上皮細胞内でトリグリセリドとなり、これに蛋白質が結合し、リポ蛋白質となってリンパ管に放出され血液中に現れる。

ステロイドなどの他の成分も同様にリポ蛋白質としてリンパ管を通り血液中に現れる。

ビタミン、無機質：そのままの形で腸管から吸収され、血液中に移行する。

このことから、例えば、開発したい成分が何かによって、途中で壊れてしまうものか、そのまま移行できるかが重要なのです。

簡単にまとめてみると、

- 1) 蛋白質や炭水化物は、その大部分がアミノ酸やブドウ糖になって血液中に移行するため、食品中の形と異なり、生理機能を発現しにくい。しかし、腸管に対する

生理効果は期待できる。

- 2) 脂質（脂肪酸）、ビタミン、無機質などは、そのままの形で血液中に移行するため、その生理機能は十分期待できる。

ということになります。

3. 食品の機能性評価の原則と問題点

各種の評価法が考案されていますが、大別して、*in vitro*（試験管内）による方法と *in vivo*（生体内）による方法があります。それぞれの長所、短所は

in vitro 法：短時間で多くの食品を試験できる。（長所）
ヒトにあてはまる効果は少ない。（短所）

in vivo 法：6割近くがヒトでも同じ結果をもたらす。
（長所）

多くの労力を必要とする。（短所）

となり、従って、*in vitro* 法で、食品の機能性を明らかにすることは非常に難しく、多くの問題を生じます。しかし、*in vivo* 法でも、設定が正しくなければ、間違いを生じるものとなります。

つまり、目的にあった実験条件を設定する必要があります。まずは実験動物の選択で、だいたいネズミ（マウス、ラット）を使うことが多く、栄養のことを調べる時、ヒト（50 kg）は1日に 450～500 g、マウス（25 g）は約 4 g、ラット（200 g）は約 20 g の固形物を摂取していることを頭に入れて、ヒトが摂取している量に相当させて、マウス、ラットにパーセンテージで同じような量を摂取させる方法をよく使っています。この小動物使うことの長所は

- ① 一定の食餌で長期間飼育し、生理機能を明確にでき

る。

② 生きたヒトからは採れない臓器を採ることができる。

③ 寿命が短い。(ネズミは2~3年)

となります。しかし、ウサギ、モルモットとなるとそれらは草食性で、ヒトは雑食性なので食性が違い、消化吸收などを考えると違ってきます。従って、雑食性のマウス、ラットが実験動物に適しているわけです。

また、試験食品または成分の配合は、ヒトが通常摂取している量の2~3倍が限度です。なぜならば、ヒトが通常摂取している量の10~20倍以上与えて、生理効果が認められても、通常の摂取量ではその効果が認められないことが多いからです。従って、新機能性食品の開発に当たっては、ヒトが摂取できる量に相当した割合で、その試作品を配合した飼料を用いる必要があります。

そして、試験期間および使用動物の年齢も設定することです。ちなみに毒性試験の場合、急性毒性試験は2週間以内、亜急性毒性試験は2~3ヶ月、慢性毒性試験では半年~一生涯です。単純計算では、ネズミの1ヶ月はヒトの2年に相当し、3ヶ月のネズミはハイティーンから成人に相当します。従って、例えば、成人を対象にした機能性食品の開発に当たっては、3ヶ月齢以上のネズミを用いるべきです。

もう一つ、ヒトへの応用が可能な指標の選択が必要で、臨床的に用いられている指標を使うことやヒトと動物の代謝の違いを十分考慮する必要があります。例えば、血液中のコレステロールについては、ヒトは内因性60~80%、食事性20~40%で腸管吸収率は小さく、ラットでは内因性15~30%、食餌性70~85%で腸管吸収率は大きい。従って、高コレステロール食によるネズミの試験では、ヒトの血液中のコレステ

ロール低下効果を明らかにすることはできないので、コレステロール無添加食による試験を行う必要があります。

4. 小動物を用いた食品の機能性評価

まず、生体機能のどこに焦点を当てるか？で、試験食品の機能性を予測しておく必要があります。例えば、循環器（心血管系）機能、脳（記憶学習）機能、他の臓器疾患予防機能、老化予防機能などなどです。その予測の上で一般的にはマウス、ラットを用いて試験します。マウスは小さいので1年以上の長期試験に適し、ラットは大きいので正確な摂取量が求められる試験に適し、それぞれ多少の良し悪しはあります。試験飼料の作成では、試験食品または成分の作用が明らかとなるような配合を行い、必ずコントロール食を1種以上用意する必要があります。また、飼育、解剖、採集した臓器の処理、資料の保存などは、小動物飼育実験法に従ってください。

5. 機能性食品開発におけるポイント

以下の通りです。

1. 社会的ニーズに適合しているか？

多くのヒトにとって必要なモノか？

2. 科学的根拠はあるか？

生理作用の強さは十分か？

動物実験、疫学的研究、健常人での研究、臨床研究

3. 食べて安全か？

PL（製造物責任）法

4. 食品に添加する場合、添加される食品の風味を損なわないか？

5. 素材（原料）が十分な量、容易に入手可能か？

6. リーズナブルな価格設定が可能か？

7. その他（共同研究の必要性、研究資金の目途）

このようなことを頭に入れながら研究をスタートしないと、途中でつまづくことになります。

現在特別用途食品というものが国で認められていて、いろいろなものがあります。その中で我々が今一番注目しているのは、保健機能食品です。保健機能食品としては特定保健用食品と栄養機能食品が認められています。ただ、特定保健用食品では表現が限られていて、限られた項目しか表示できません。以下の通りです。

- ・ お腹の調子を整える食品
- ・ お腹の調子を整える食品＋コレステロールが高めの方の食品
- ・ お腹の調子を整える食品＋ミネラルの吸収を助ける食品
- ・ コレステロールが高めの方の食品
- ・ 血圧が高めの方の食品
- ・ ミネラル（カルシウム・鉄）の吸収を助ける食品
- ・ 虫歯になりにくい食品
- ・ 血糖値が気になり始めた方の食品
- ・ 食後の血中中性脂肪を抑え、体脂肪をつきにくくする食品＋コレステロールが高めの方の食品
- ・ 食後の血中中性脂肪が上昇しにくく、体脂肪がつきにくい食品
- ・ 食後の血清中性脂肪の上昇を抑える食品

また、栄養機能食品は現在ではビタミンとミネラルだけなので、新たなものを入れていくのは大変です。

特別用途食品に関する情報の収集については、インターネットによる検索が有効です。キーワードは特別用途食品、保健機能食品、特定保健用食品、栄養機能食品です。

実際に、例えば痴呆予防改善食品を開発しようとした時、どのようにすればよいのか。まず、資金と予算の問題があります。研究資金をどうするか。自社の研究開発費があればよいのですが、そうでなければ公的資金の導入を考える。いろいろな公的資金がありますが、例えば、農林水産省総合食料局食品産業企画課技術室の「食料産業技術対策事業」があります。このようなこともインターネットで調べられます。結構いろいろなものがありますので、是非チェックしてみてください。

公的資金を得るためのポイントは

1. 提出書類を丁寧にわかりやすく書く。
第一次審査は書類で決まる。
2. 実現の可能性を明確にする。
アドバイザー、研究協力者を選ぶ。
食品の製造技術、食品の分析技術、動物およびヒトでの効果の確認技術などが要求される。
3. 社会的貢献度や緊急性などが明確である。
4. 会社の大小は関係ないが、実体のない幽霊会社はだめ。
5. ヒアリングはポイントをわかりやすく、要領良く説明する。

ということです。

このような研究を進めようとする、旧国立研と民間との協力が非常に重要になってきます。旧国立研は、現在独立行政法人になっていますが、設備と研究ノウハウがあり、動物

実験およびヒトを用いた研究を推進しているし、マスコミへの公表もスムーズにいきます。一方の民間は民間で、研究者の派遣、健康食品の製造または試作品の提供もできるし、ボランティア研究費もあるということで、一緒になって提案できるようなシステムができています。単独ではなくいろいろなところと共同で一つの提案をし、公的資金を得て、新しい健康食品の開発・商品化をしていけば良いと思います。

6. 水産物の保健機能性

水産物に含まれる主な機能性成分という表（次頁）がありますが、これは今まで言われているものを書いています。確実なものとしては、DHA、EPAは間違いないと思いますが、タウリンもかなり効果的です。それ以外のビタミンも栄養成分として、またカルシウムも当然必要なものです。しかし、少し多めに取ったからといって、その機能が出てくるとは限りません。欠乏している場合は障害が出てきます。ところが、DHA、EPAはある程度多めに取っていくと効果が出てきます。タウリンもそうです。最近私が研究しているのは、糖代謝機能についてです。今、これが血糖値を下げた、あれが血糖値を下げたと大騒ぎです。しかしながら本物は何かということで、我々が摂取しうる量で与えてみると、これが血糖値を下げるというものでも、血糖値が下がらないものができます。今いくつかの食品や成分についてスクリーニングをしています。血糖値を下げるものは魚油、タウリン、ガーリック、お茶の抽出物などは確認できています。このような方法で確認されたものなら間違いはないと思います。

以上です。

水産物に多く含まれる主な機能性成分

機能性成分	機能性成分を多く含む水産物	期待される主な効果
DHA	マグロ(脂身)、スジコ、ブリ、サバ、サンマ、ウナギ、イワシ、サケ	脳の発育促進、脳機能の維持向上、視力低下予防、痴呆症予防、ガン予防、アトピー性皮膚炎の改善、動脈硬化・高血圧の予防
EPA	マイワシ、マグロ(脂身)、サバ、ブリ、サンマ、ウナギ、サケ	血栓予防、ガン予防、アトピー性皮膚炎の改善、動脈硬化の予防
ビタミンA	アンコウのキモ、ウナギのキモ、ウナギ、ヤツメウナギ、ウニ、アナゴ、ホタルイカ	網膜機能や皮膚の健康および味覚や聴覚の維持、夜盲症の予防
ビタミンB ₁₂	ハマグリ、カキ、シジミ、アサリ、サンマ、カツオ、サバ、マグロ	悪性貧血の予防、知覚異常や精神障害の改善
ビタミンD ₃	アンコウのキモ、イカナゴ、ウナギ、カジキマグロ、カツオ塩辛、サケ、ニシン、ムツ	カルシウム吸収促進、骨軟化症および骨粗しょう症の予防、インスリン分泌の調整
タウリン	タコ、カニ、イカ、エビ、カキ、アジ、イワシ	血中コレステロール低下、動脈硬化・高血圧の予防、心疾患・脳卒中の予防、胆石の予防
食物繊維	コンブ、アラメ、アオノリ、ヒジキ、ワカメ	大腸ガン予防、便秘の改善、動脈硬化・高血圧の予防、肥満予防

カルシウム	小魚のつくだ煮、煮干し、タタミイワシ、ドジョウ、タニシ	骨軟化症および骨粗しょう症の予防
鉄	ホッキガイ、バカガイ、シジミ、アサリ、カキ、マグロ、スジコ、ワカサギ	貧血の予防、口腔疾患の予防
亜鉛	カキ、タラバガニ、サザエ、エビ、サバ、イワシ	味覚の維持、発育不全の予防、生殖機能の維持
リチウム	コンブ、スルメ、ノリ、アサリ、カキ、ワカサギ	気力の維持、精神障害の改善
ヨウ素	コンブ、テングサ、アオサ、ワカメ、ノリ	甲状腺機能の維持、甲状腺腫の予防

おさかな普及学術諮問会議メンバー表

氏 名	役 職
野中 道夫	(財)日本水産油脂協会顧問
鈴木 平光	独立行政法人食品総合研究所機能生理研究室長
浜崎 智仁	富山医科薬科大学教授
植木 彰	自治医科大学大宮医療センター教授
和田 正江	主婦連合会会長
鈴木 たね子	国際学院埼玉短期大学客員教授
國崎 直道	女子栄養大学教授
遠藤 英明	東京水産大学助教授
池田 和夫	独立行政法人水産総合研究センター利用科学部長

(座長は、鈴木たね子先生)

佐野 宏哉	大日本水産会 会長
事務局	大日本水産会 おさかな普及協議会

「おさかな普及学術諮問会議」議事録
平成15年3月

編集発行人 財団法人農林水産奨励会
東京都港区赤坂1-9-13
三会堂ビル
電話(03)3582-7451

