

農林水産叢書 No.15

～魚を食べると頭の働きがよくなる!!～

「DHAシンポジウム」

平成2年12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、いわゆる三会で組織している公益法人であります。この農林水産奨励会は、独自に、また三会と協力して農林水産業界の諸問題について講演会、シンポジウム、研究会の開催、印刷物の発行などいろいろな公益事業を行っております。その一つとして、大日本水産会の協力を得て～魚を食べると頭の働きがよくなる!!～「DHAシンポジウム」を開催いたしました。

本書は、このシンポジウムにおける講演内容を収録整理したものです。大方の参考になれば幸いです。

平成2年12月25日

農林水産奨励会会長 徳安健太郎

目次

まえがき	農林水産奨励会会長 徳安健太郎	1
講演Ⅰ・頭の働きと魚 —どこまで証明されたか	名古屋市立大学薬学部教授 奥山治美	4
講演Ⅱ・人の進化における水産物の役割	英国脳栄養化学研究所教授 ナフィールド比較医学研究所栄養化学部長 ノッティンガム大学特別教授 マイケル・クロフォード	26
パネル・ディスカッション 「私たちの記憶学習とDHAの関係」		46
〈パネリスト〉	講演Ⅰ／奥山治美 NHK番組制作局チーフディレクター／門目省吾 講演Ⅱ／マイケル・クロフォード 東京大学医学部助教授／真鍋重夫 明治乳業株式会社中央研究所課長研究員／米久保明得	
〈コーディネーター〉	農林水産省食品総合研究所主任研究官／鈴木平光	

講演 I

頭の働きと魚——どこまで証明されたか

奥山 治美

名古屋市立大学薬学部教授

魚介類に豊かに含まれているDHA（ドコサヘキサエン酸）が、学習能力を高めたり、視力を強めたりすることが、ネズミを使った実験により証明されました。また、ガン、アレルギー、心筋梗塞などの慢性疾患を抑制することもわかりました。

食べ物が頭の働きに影響を与える

本日のDHAシンポジウムのサブタイトル「魚を食べると頭の働きがよくなる！！」これは実はお隣の中国の言い伝え「吃魚可使頭腦聰明」からきております。イギリスにも同じ、「Fish is brain food」フィッシュがブレイン（脳）・フードであるという言い伝えがあるそうです。しかし、こういう言い伝えがあるからといって、本当に魚を食べると頭がよくなるかどうか、みなさんほとんど疑っておられる、眉唾だと思っておられると私は思います。食べ物が頭の働きとか性格、行動、こういったものに影響を与えるなどという話をしますと、ほとんどの科学者はそういう考えを受け入れません。それにはそれなりの理由があります。

食べ物の中にはいろいろな重要なものが含まれています。例えば酵素はタンパク質からできておりまして、非常に多くの作用をします。しかし、そのタンパク質を食べても消化の過程で分解されてしまいますので、作用は残らないわけです。

さらに、いろいろな食べ物から小さく分解された成分が血管の中に入っても、血管と脳の間には関門があって、必要なものだけを脳に取り込むシステムになっていますから、食べ物が変わって血液の成分が多少変わっても、脳はほとんど影響を受けないと一般には考えられています。

ところが、これからお話しする脂肪酸に関しては例外と考えていいと思います。そのへんの実験のデータをこれからお示しします。

私どもは植物油を主に実験に使っております。これは、リノール酸が非常に多いベニバナ油と、シソの実からとった油、シソ油（あるいはエゴマの油）であります。ベニバナ油、シソ油をネズミに長期に渡って食べさせても、見かけ上は全く差がありません。同じように成長して同じように子が生まれます。ところが、頭の働きを調べてみますと、差が出てくるわけです。

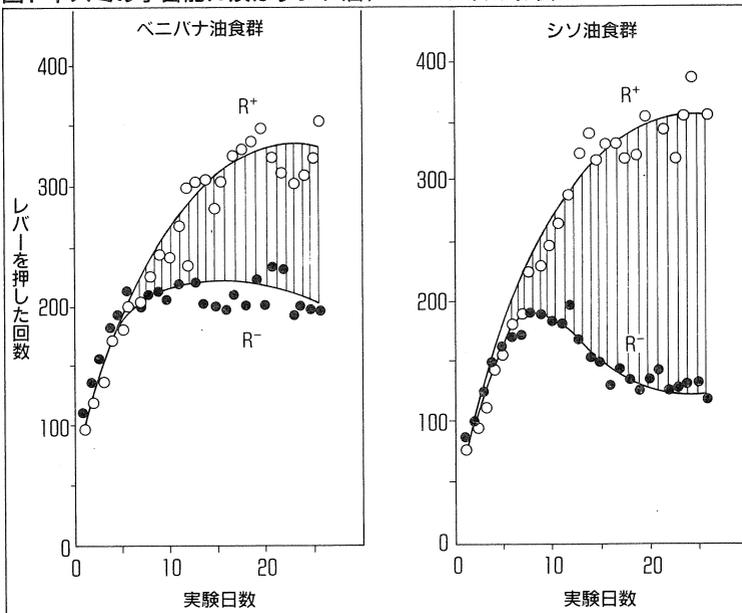
明度識別学習能実験の仕組み

最初の実験は明るさを識別するタイプの学習能試験であります。簡単に説明しましょう。空腹のネズミをエサ箱の前におきます。そして、レバーを押すとエサが出るという仕掛けを作ります。ネズミは空腹なものですから、すぐエサ箱に近づいていろいろな動作を始めます。隣の部屋にいる実験者が、ネズミが鼻を近づけるとボタン

を押す、するとレバーがカシャンと下がってエサが出ます。この繰り返しで訓練しますとネズミが自分でレバーを押してエサをとるようになります。10分間に40個以上のエサをとるようになりますと、餌付けが終わったと判断します。

その後、本実験に入ります。本実験では箱の上にスクリーンがありまして、スクリーンに明るい光と暗い光を照射します。ランダムですが照射の回数は同じです。そして、明るい光のときにレバーを押すとエサが出るけれども、暗い光のときにはレバーを押してもエサが出ないという条件にし、ネズミがレバーを押した回数は自動的に記録できるようにしました。

図1 ネズミの学習能に及ぼすシソ油、ベニバナ油の影響



図(1)で縦軸はレバーを押した回数です。横軸は実験の日数で30日まで、1日1回の実験をしております。上の「R+」は明るいときにレバーを押した回数、すなわちエサをもらった回数で、下の「R-」は暗いときにレバーを押した回数です。初めの数日間は明るい、暗いの識別ができなくて両方とも同じように増えていきます。しばらくしますと、暗いときにレバーを押してもエサがでませんから、「R-」のほうは頭打ちになりまして、減少傾向になります。

学習能の高いシソ群

図(1)では左のほうがベニバナ油食群、右のほうがシソ油食群であります。 「R+」のほうはどちらもよく似ております。「R-」のほうに大きな差がありまして、シソ群では頂点に達した後、積極的に減少しております。この「R+」と「R-」の差、すなわち縦線を引いた面積が明るさを識別した学習能ということになり、シソ群のほうかベニバナ群よりも学習能が高いという結果が得られたわけです。

この実験は、今まで私どものところでラットのいろんな系統、4系統のネズミを使って、ここ数年ずっと繰り返し実験しておりますが、非常に再現性のよい結果が得られています。

図(2)は、このデータから正しい答えの率を計算したものです。正答率は「R+」をトータルのレバーを押した回数で割ったものです。初めの10日間は差がありませんが、その後の正答率はシソ群が一番高く、次に普通食群（ダイズ油食群）、それからベニバナ群という順番になっています。

図2 明暗の逆刺激に対する応答

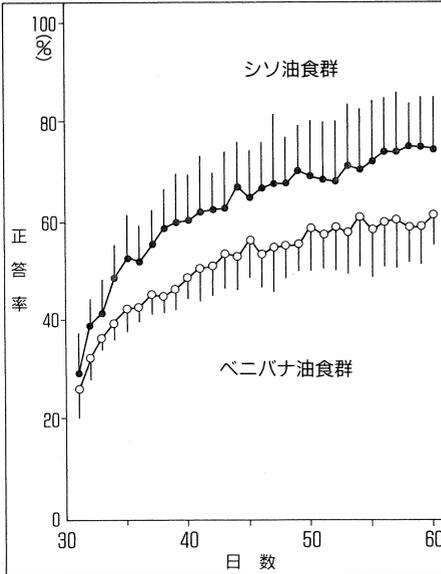
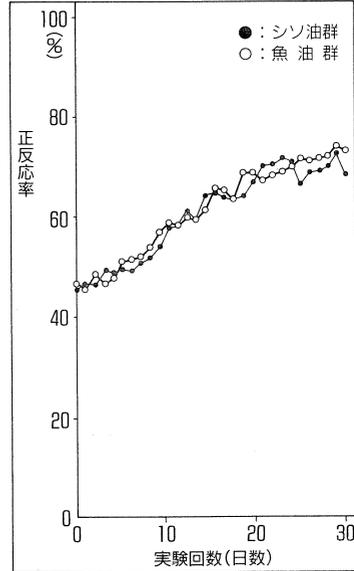


図3



図(3)の実験は、魚油を与えてみたものですが、シソ油も魚油も同じように高い学習能を示しています。

次の図(4)の実験では30日の実験の後、条件を変えてみました。餌有り と 餌無しを逆転させたのです。明るい光のときにレバーを押してもエサが出ないようにしました。そうしますと、反応数が落ちるんですが、その落ち方は、シソ群のほうがベニバナ群よりも速やかに落ちております。下のほうは暗い光のときにレバーを押してエサがでるようにしての回数ですが、シソ群は急速に増えております。それに対してベニバナ群はだらだらと増えているというのが分かります。これの正答率を見ますと条件を交換した直後からこういうふうに差が出てきて、シソ群がベニバナ群よりも識別能力が高いとい

図4 明度識別型学習能試験—明暗逆転の影響

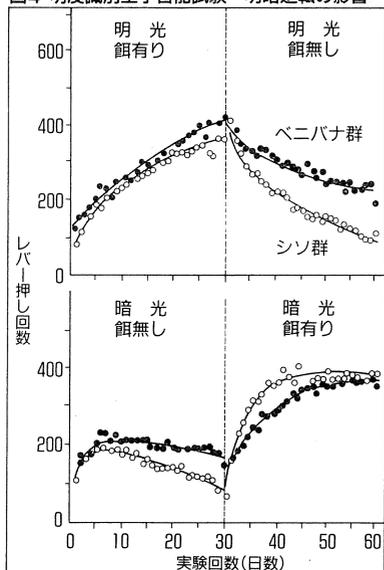
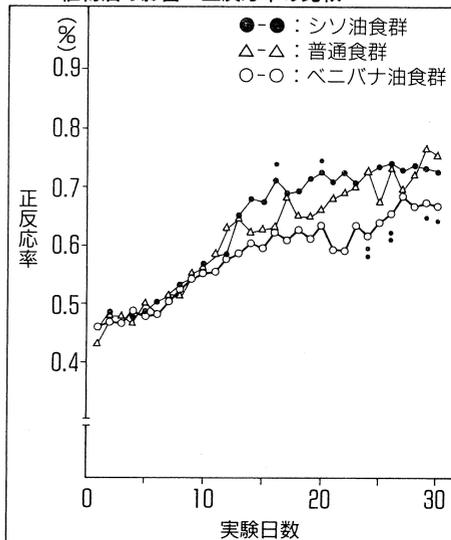


図5 ラットの学習能に及ぼす
植物油の影響—正反応率の比較



うことがわかりました。

正答率が50%ということは、明るいときと暗いときにランダムにレバーを押しているということですが、その50%を越えるのに図(5)が示すようにシソ群は4日ぐらいですが、ベニバナ群は10日以上かかるという結果が得られています。

脳の脂肪酸は食物で変わってくる

以上の実験から、シソ群と魚油群は明度識別学習能が高い、ベニバナ群は低いということがわかりました。これはどこに差があるのか。まず、油の脂肪酸組成が違います。油脂の脂肪酸組成は、非常にたくさんありますが、大きく三つに分けて考えます。

一つは飽和脂肪酸と一価不飽和脂肪酸の系列で、これは体の中でつくられます。したがって、必須でも何でもありません。主にエネルギー源として使われていて、動物性脂肪と一般にいられているもので、本日はこの系列の問題はほとんどお話ししません。

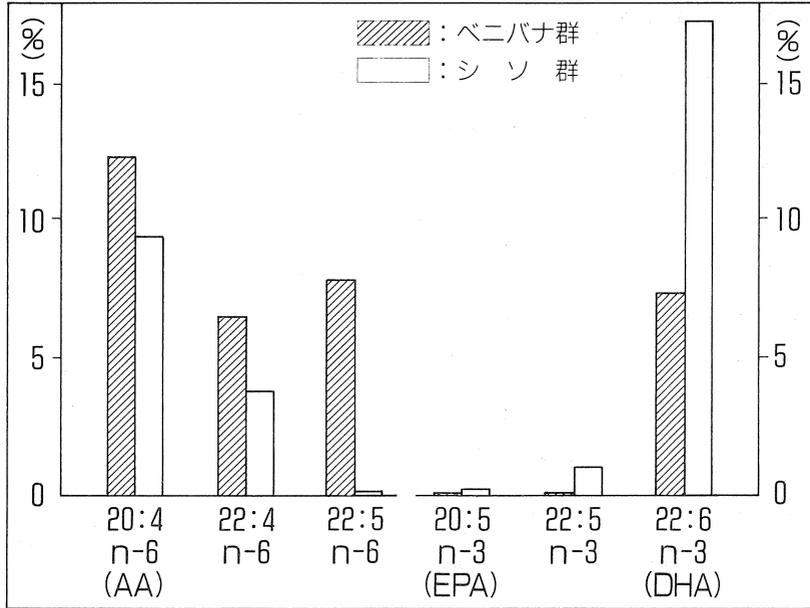
次のリノール酸と α -リノレン酸は植物がつくります。リノール酸は我々の体の中でつくられません。しかし、これを食べますとアラキドン酸に変換されます。 α -リノレン酸はアイコサペンタエン酸（あるいはエイコサペンタエン酸）といいますが、EPAに変換され、それからドコサヘキサエン酸（DHA）に変換されます。リノール酸の系列と α -リノレン酸の系列は我々の体の中で相互変換しません。したがって、食べ物をどういう割合で食べるかによって、体の中のこの二つの系列のバランスが変わってくるのです。

リノール酸は一般に、植物がつくりますと穀類、種子のほうに多くたまります。したがって穀類で育つ家畜類は、リノール酸の系列（オメガ6系列、N-6系列）が多くなるわけです。一方、 α -リノレン酸は植物の葉や根に多いのですが、プランクトンがこれをたくさんつくりますので、これの食物連鎖にある魚介類は、EPAやDHAをたくさん持っていることになります。

そうしますと、肉を食べるか魚を食べるか、穀類、あるいは葉っぱのほうを食べるか、こういう食べ物の選択によってリノール酸の系列と α -リノレン酸の系列のバランスが変わってくるわけです。それが体の中の脂肪酸組成に影響を与えます。脳にも影響を及ぼします。

図(6)はベニバナ油とシソ油を食べさせたネズミの脳のリン脂質の

図6 脳リン脂質(PE)の高度不飽和脂肪酸



脂肪酸ですが、一番右にDHAが出ております。ここで分かりますように、ベニバナ油というのはリノール油が多いのですが、 α -リノレン酸がほとんどないので、DHAがこんなに少なくなっております。シソ群はDHAの前駆体がたくさんありますので、脳に非常にたくさん蓄積しております。こういう差が先程の学習能の差というものを説明できると考えております。

脳の発達とDHA

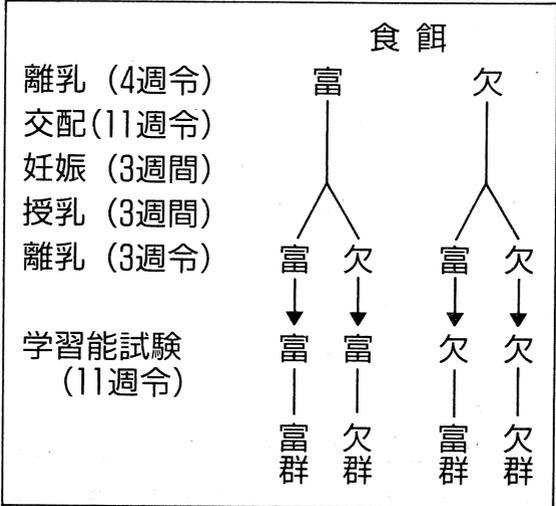
頭の発達は胎児のときと離乳期まで急速で、このへんまで脳は非常に発達すると一般に考えられております。神経細胞は離乳期以後

はあまり数が増えないと言われています。したがって、妊娠の時期の母親の栄養と離乳期までの栄養が非常に重要だというわけです。

今、お話ししましたのは、DHAの前駆体の多いシソ油を母親の離乳時から、子供の11週令まで与えた一番左の群、それからDHAの前駆体の欠乏状態にあるエサを二世代まで与えた一番右の群、この二つで比べたものです<図(7)>。それでは、離乳期以後にエサを変えたらどうなるかというのをやってみますと、一番右の群だけが学習能が低いという結果が得られました。

この結果は何を示しているかといいますと、たとえ離乳期まで欠乏食を与えておいても、その後、豊富なDHA前駆体、あるいはDHAを与えると、学習能は戻るということを示しておりまして、私どももひと安心したわけです。

図7 食餌変換と学習能



それから、母親から離乳期まで豊富なエサを与えておきますと、その後、3週令から11週令までの間、欠乏状態にしても学習能は下がらないという結果を示しております、体の中はかなり蓄積する能力があるということも示しております。

脳のDHAを調べてみますと、ほぼそれに対応しております、一番右の二世代にわたって欠乏食を与えた群のみがDHA含量が非常に低いという値を示しております。

DHAが欠乏すると網膜にも異常が出る

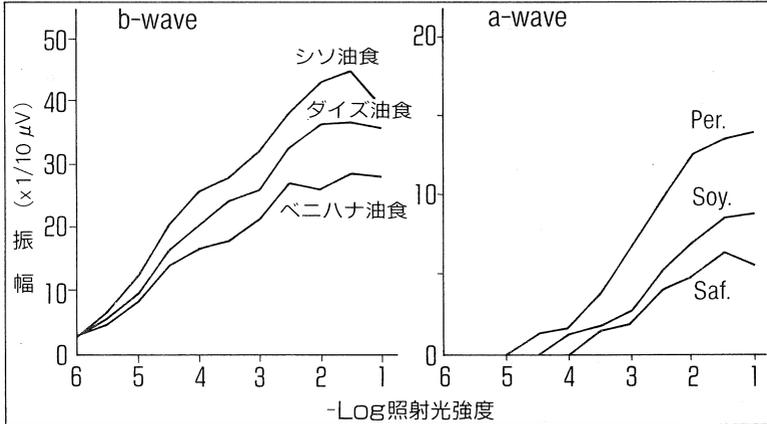
次は網膜のお話ですが、目というのは脳の一部が陥没してできたというように考えられますので、網膜と脳とは性質の非常に似たところがございます。光が当たりますと、視細胞層というところで、オプシン-ロドプシンという反応が起こります。そこで反応が起こったよということが神経を介して脳に伝わり、ものを見たということを知覚するわけです。

この視細胞層に膜構造がありますが、この部分にDHAが蓄積するので。

ベニバナ油のようなものを二世代に渡って与えますと、先程の脳のデータと同じように、DHAがこの部分で半分くらいになります。そのときの網膜の機能を調べたのが、図(8)の網膜電位図で、その振幅を比較してみました。

横軸は、当てた光の強さです。縦軸は、その振幅を表しています。振幅はシソ油、ダイズ油、ベニバナ油群というように、先程の学習能と同じ順序で出てきたわけです。このことから、DHAが欠乏

図8 ラットの網膜反射能に対する食用油の影響



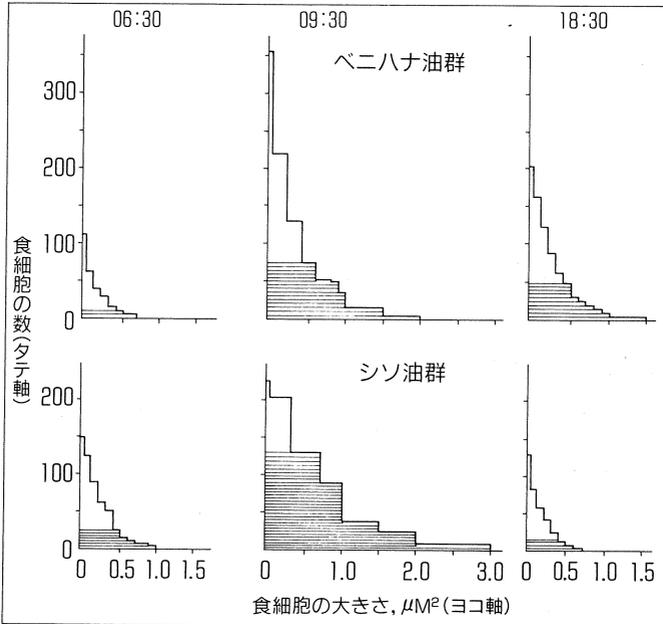
すると網膜の反射能が落ちることが分かりました。この実験では網膜の反射能の低下が視力にどう影響するのか、よく分からなかったのですが、アメリカのコナーズのグループがサルを使った実験をしております、DHAが低下すると視力が落ちるということを証明しております。

ここで先程の学習能のことをちょっと振り返ってみたいんですが、学習能のときは明るい、暗いという条件を識別させました。ここでは網膜に異常があるというお話をしました。そうしますと、ひょっとすると、網膜だけに異常があって、学習能には差がないんじゃないかという可能性が考えられます。しかし、先程の実験で使いました明るい光、暗い光の、暗い光のときでも、網膜反射能は十分にしているということが分かります。そういうわけで、DHAが欠乏しますと網膜にも異常が出るし、学習能にも異常が出ると結論しております。

網膜ではおもしろい現象がありまして、ネズミは夜行性ですから夜、一生懸命エサを探します。朝になると眠りに入りますが、光が当たるとしばらくして、DHAに富んだ膜構造が脱落します。毎日10分の1ずつ脱落して、下の方から新しいものができるので、10日で全部置き変わります。脱落したものは、一番上に色素上皮層があり、そこに食細胞があって、脱落した破片を消化してしまいます。

したがって、光が当たってしばらくしますと、食細胞の非常に大きなものが増えてきます。図(9)では、横軸が食細胞の大きさ、縦軸が数を示しています。横に線を引いたところは大きい食細胞です。6時半、光を当てる前は大きい食細胞が少ないのですが、光をあて

図9 食細胞の増加と大きさ



てから1時間半くらいたちますと、大きい食細胞が非常にたくさんワッと出てきます。それで脱落したものを消化してしまうのです。夕方になると、一番右ですが、その食細胞がなくなってしまいます。こういう形で毎日食細胞が、視細胞の端のほうから要らなくなったものを消化しているわけです。

上のベニバナ群を見てみますと、9時半になっても食細胞の数が少ない。出かたが少ないのです。夕方になっても、大きなものも少し残っている。膜構造が脱落して、食細胞がそれを消化するというプロセスが、DHAの欠乏によって障害を受けているという結果が得られました。

DHAは一般行動にも影響を与える

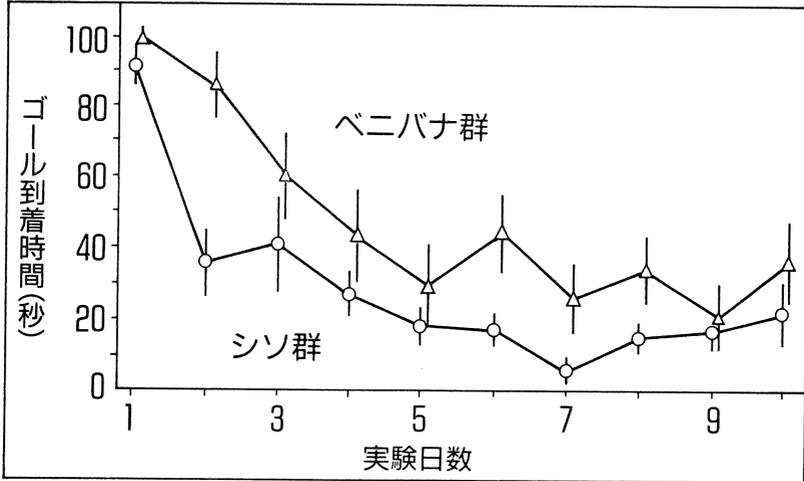
次に、いろんな食用油、あるいはDHAの含量がほかの一般行動に影響を及ぼすかどうかを調べてみることにしました。

実際にマウスを使って、例えばこういう場所でどれぐらい動くか、あの線を何回横切るか、立ち上がるのは何回か、あるいは毛なめ行動、いろんな行動をしますが、目で観察して見ますと、シソ群もベニバナ群も全く差が見られませんでした。

(1)水迷路学習能の実験

ネズミを泳がせて、プラットフォームに到達するのにどのくらい時間がかかるかを測る実験です<図(10)>。水に墨を入れて、ネズミにはプラットフォームが見えないようにしてあります。この実験は場の認識をテストするということになります。実験室の中のどこにウォータープールがあるか、プールのどこに安全なプラットフォーム

図10 マウスにおける水迷路試験



ムがあるか、これの認識の程度を測るわけです。

10日間フォローしますと、ゴールに到着するまでの時間はシソ群のほうが短くて、ベニバナ群が長くかかっています。すなわち、水迷路学習能試験でもシソ群のほうが学習能が高いということがいえます。

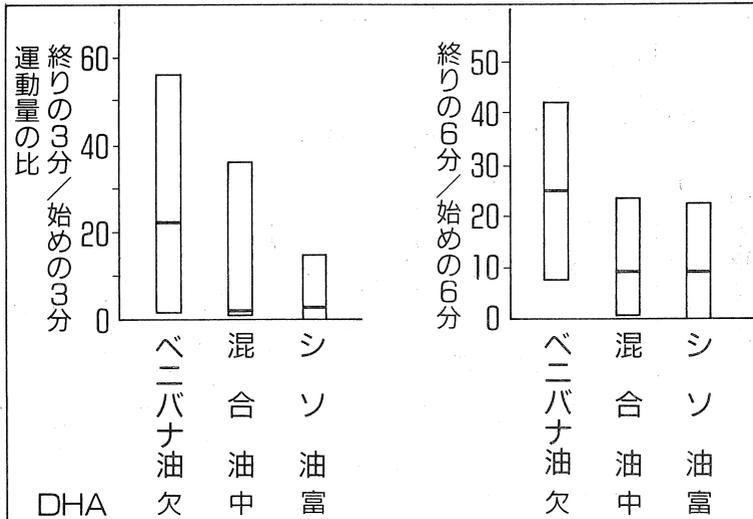
(2)場に慣れる程度の実験

明るい光の下に箱を置いてネズミを入れると、初めは動き回ります。しばらくすると、この場に慣れて、あまり動かなくなります。

これは、場になれる程度を調べる実験です。図(11)は30分間の行動を自動的に記録したものです。

縦軸に終わりの3分間でどれぐらい動いたかを、初めの3分間の運動量との比をとって示してあります。そうしますと、ベニバナ群

図11 場慣れ行動と食餌脂肪酸



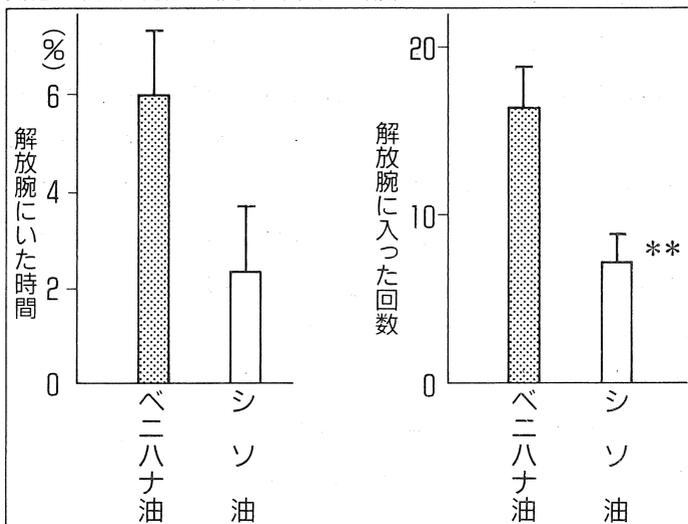
が高くてシソ群が低い。混合油はベニバナ油とシソ油を1対1に混ぜたものです。終わりの6分と初めの6分を比較しても同じ結果が得られます。この結果を端的にいいますと、ベニバナネズミは初めから終わりまでよく動いていますよ、ということになります。

(3)不安誘発試験の実験

高いところに十字迷路を作っておきます。白いオープンアームには囲いがありませんから、不安になります。ネズミは暗い囲いのあるほうに入っていて、そこにじっとしていますが、しばらくするとそこにいるのが不安になって、オープンアームに出てきます。その出てくる回数と時間を測ります。この実験は、不安誘発試験、不安誘発の程度を見るものです<図12>。

実験の結果、オープンアームにいた時間も回数もベニバナ群のほ

図12 不安誘発試験(高架式十字迷路)



うがシソ群よりも多いということが分かりました。

(4)人間の症例報告

結果をまとめてみますと、ベニバナネズミは運動量が多いものの落ち着きが悪い。学習能を見ますと、明暗識別でも水迷路でも識別能力が低い、視力も低いという結果が得られました。ベニバナ群はDHAの前駆体がないのでDHAが欠乏状態になっていますが、シソ群はそれが豊富にあるわけです。

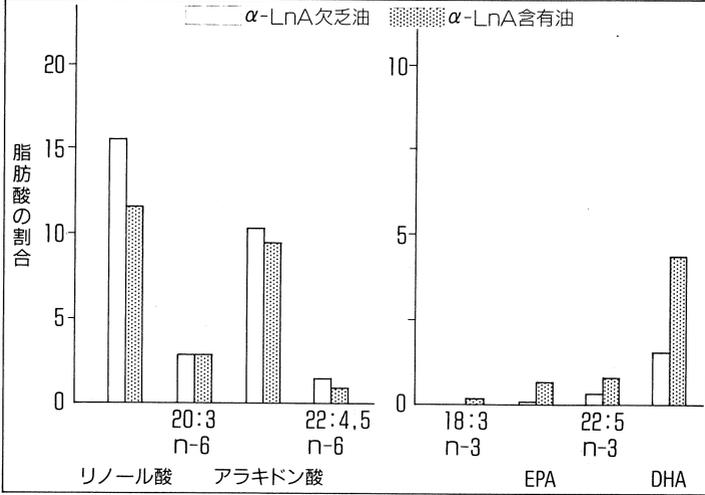
こういうように多くの実験をしてみますと、大体、ベニバナネズミはどういう性格か、シソネズミはどういう性格かが、おぼろげながら分かってきます。我々の周辺でもベニバナネズミに似た人がいるのではないのでしょうか。しかしながら、これはたかだかネズミの実験で、人は非常に複雑で高度に発達していますから、人間の行動

にすぐに結びつけることはできません。

人間でそういう実験はできませんが、症例報告はあります。ホルマン先生の症例報告ですが、これは銃の暴発で小腸を3メートル切除した、9歳の少女の話です。小腸をとりますと栄養分が吸収されないで、静脈から栄養分を入れていました。そのときの脂肪はベニバナ油です。そうすると、一番下の視覚のブレ（これは視力の異常だと思えます）、しびれとか視覚異常（脳、神経にかかわる症状）がみられました。血液を調べてみると、DHAが非常に低くなっていた、そこで α -リノレン酸を含む油に替えますと、これらの症状がなくなったという症例報告です。ホルマン先生は必須脂肪酸の分野での先駆者で、これが唯一の信頼できる症例報告だと思っております。

そのときの血液の脂肪酸—脳の脂肪酸は測れませんので—を測っ

図13 HOLMANらの症例報告(1982)



た結果が、図(13)です。D H Aが一番右に書いてあります。ベニバナ油を使っていたときのD H Aに対して、 α -リノレン酸の多い油に替えますとD H Aがこのように増えているわけです。動物の実験と非常によく似た反応を示しております。

こういうことから、食べ物の選択がリノール酸系列のバランスと α -リノレン酸系列のバランスに影響を及ぼして、それが脳の働きにまで影響を及ぼすことがかなり明らかになってきたわけです。

懸念される子どもの魚離れや野菜嫌い

日本人がこれまでどういう脂肪酸を摂取してきたかを調べたのが

図14 脂肪摂取総量および系列別脂肪酸摂取量の年次変化

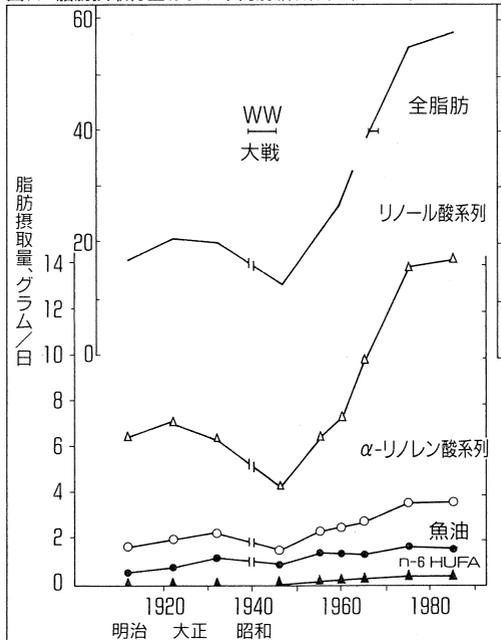


図14です。一番上が全脂肪量です。その下にリノール酸の摂取量が出ておりまして、従来、日本人は6グラムくらいであったのですが、1960年以後、非常に増えて、今は毎日、14～15グラム食べていることとなります。それに対して、 α -リノレン酸の系列（DHAの前駆体）の摂取量はあまり増えていません。魚油の摂取量は横這い傾向です。

とくに重要なことは、これは日本人の平均値ですが、最近の子供たちに魚離れ、野菜嫌いの傾向が非常に強くて、実際に血液の脂肪酸を測ってみますと、やはりオメガ3系列、 α -リノレン酸系列が非常に少なくなっています。それを動物実験と対比させると、日本人の子供の油の摂取量のバランスは、かなりクリティカルなところまできているということを感じ非常に懸念しています。

健康な生活は食べ物の選択から

こういうことから、健康を保持するために、あるいは頭の働きをよくするために、どういう食べ物の選び方をしたらいいかということを私なりに考えてみました。ただし、先程の脳の働きということからこれが出てきたものではありません。実はリノール酸系列と α -リノレン酸系列のバランスが多く慢性疾患とかかかわっていることが分かったからです。すなわち、できるだけリノール酸のほうを減らして、 α -リノレン酸系列を増やしますと、ガン、アレルギー、心筋梗塞、脳梗塞、その他いろんな慢性疾患が抑えられるということが動物実験で証明されました。

したがって、 α -リノレン酸系列、オメガ3系列の多い魚介類を

たくさん食べることが望ましいわけです。野菜類、根菜類、海藻類もよろしい。食用油では今のところシソ油とエゴマ油しか良いがありません。肉類は牧草で育ったものと穀類で育ったものとは、脂肪酸組成が違いますから、これも選ぶ必要があります。

子供のミルクというのは頭の形成時に非常に重要ですが、現在、粉ミルクの脂肪酸組成は混乱状態にあり、あるものは魚油やシソ油を添加してありますが、別のものはリノール酸を添加するという間違った方向にいつているものもあります。そして、料理するときに注意すべきことは、リノール酸の多いものは使わないで調理することが大切だということです。

以上のような研究は、実は私のところだけではとてもできませんので、それぞれの分野で専門家のご協力を得ております。明度識別学習能の試験は、藤田学園保健衛生大学の永田豊教授の専門でございます。それから埼玉医科大学の野村正彦教授のご専門でもあります。ネズミの視力の測定は、名古屋近辺では浜松医科大学の渡邊郁緒先生しかできないという、テクニックの必要な分野です。一般行動は名城大学の亀山勉先生、名古屋大学医学部の鍋島俊雄先生、こういう先生方との共同研究の結果です。

これらの実験から、食べ物の選択がリノール酸の系列と α -リノレン酸の系列のバランスを介して、頭の働き、一般行動にまで影響を及ぼすということ、さらに、各種の慢性疾患の症状がこのバランスで変わってくるということが、明らかになりました。そういう意味から、食べ物の選択には、今後、とくに注意して、健康な生活を送るように心がけたいと思っております。

<プロフィール>

奥山 治美（おくやま はるみ）

名古屋市立大学薬学部教授。昭和14年徳島県生まれ、51歳。東京大学薬学部卒、同大学院博士課程修了後米国ミシガン大学医学部、米国バイラー医科大学留学。日本薬学会奨励賞、日本脂質生化学研究会千田賞受賞。専門／脂質生化学。

主な著書／「油 このおいしくて不安なもの」(農山漁村文化協会)

人の進化における 水産物の役割

マイケル・クロフォード
英国脳栄養化学研究所教授

文明は、水と陸との接地点で誕生しました。
この事実は、人間の進化と魚介類に含まれる
DHAに、密接な関係のあることを物語って
いるのです。脳の発達にとって、DHAは欠
くことのできないものなのです。

魚介類が人間の脳の発達に大きく寄与

日本と英国の間にはいろいろな共通点があります。両国とも島国で、本州があって、その向こう側に大陸があるわけで、大陸をまたぐ形で両国は位置しているわけです。また、私どもはそれぞれ独立国として今まで生き残ってきました。我々の周りは大洋で取り囲まれていますから、英国も日本と同じように、魚介類、あるいは海藻類に栄養の面でも収入の面でも頼ってきました。

ただ、歴史的にいろいろと過ちも犯してきました。イギリスが犯した間違いのひとつは、もちろん日本も犯しつつあるわけですが、それは海産物あるいは海というのがいかに豊かな資源であるか、を

忘れつつあり、魚介類をあまり使わなくなっているということです。19世紀は、例えば、カキなどもロンドンの人たちは非常に多く食べていたわけです。サケといったようなものも豊かにありました。安いものであったわけです。前世紀のことです。ところが、だんだん減ってきている。同じようなことが日本でも起こっているのではないかと思います。西洋の影響を受けて、今までの伝統が少しずつ浸食されつつあるわけです。

イギリスの歴史を見てみますと、今や心臓病の死亡率が非常に高くなっております。日本も最近では、心臓病による死亡率が少しずつ増えてきていると思います。イギリスよりは低かったのですが、日本も同じように心臓病の罹患率が増えてきている。これは、我々が伝統的な食べ物に背を向けてきたことから発生するものです。

皆さんに強く申し上げたいのは、政府の教育という観点からも、あるいは業界でもメディアでも、そういうものを通じて我々が伝統的に培ってきたものをもう一度見直すように、維持していただくだけでなく、強く奨励し、世界に広めていっていただきたいということです。魚介類が非常に重要な進化の要素であり、いかに大きく人間の脳の発達に寄与してきたかを今日はお話しします。

惑星の誕生と生物の起源

まず最初に、生物の起源について見てみたいと思います。物質がこのような惑星として誕生するわけですが、生物が生まれるにも、さまざまな条件があるわけです。そしてこの理論というのは、例えば惑星自体が創造の条件によって変わってくるだけでなく、人間が

進化していくのにもいろいろな条件、例えば栄養といった条件に大きく依存しているわけです。

太陽系の起源、あるいは惑星の起源は、大きな意味での栄養の起源であるといえます。このような星がつくられる過程においてガスが充満し、それが重力を生み、加熱し、その加熱によって原子という物質の起源、すなわち水素ができ、より高位の分子へと成長し、このような形ですべての要素が惑星を形づくっていき、エネルギーを膨張させていきます。これは水素ガスが膨張していくわけですが、これをより高位の要素へと転換し、そして抱えきれなくなるので爆発するわけです。それをスーパーノヴァ、あるいは噴煙と呼んでいます。物質が分散し、宇宙に蔓延する。これが星の爆発によったわけです。大きな規模で星の噴煙、爆発が起こります。この爆発はいろいろな微量元素をつくります。例えば炭素、酸素、水素といったような元素ができあがってくるわけです。

もちろん太陽系にも同じような現象が起こりつつあるわけです。非常に大きな核エネルギーのプラントであるといえます。

私どもの惑星というのは、こういう星の爆発から起こってきたものですが、このような形で誕生し、それぞれの星に必要な要素によって構成されています。

次に、太陽系の中の惑星は太陽のエネルギーを受けています。原子力エネルギーのプラントといわれる太陽の光を受けているわけですが、この中で生化学反応によっていろいろな生物が生まれてきました。30億年前のことです。

ここで重要なことは、惑星が必ずしも0からは誕生しなかったこ

とです。たくさんの化学的な物質があったわけです。例えば、海洋が濁っていたら、そして塩が、あるいはリンやその他の微量元素があふれかえていたらどうなるのか想像してみてください。このような状態では状況は悪くなってしまいます。我々の惑星は、我々に必要な元素を持った形で生まれてきました。

もうひとつおもしろいのは、生命が誕生した段階でいろいろなものが加熱した状態で与えられたという点です。水素と酸素が生成され、冷却され、結合して水になりました。その水が地表に維持され冷却が進むにつれて表面に蓄積されていった。水が蓄積すると、豊富な科学物質が泥、あるいはスープのような形で海洋を形づくってきました。この海洋によって生命が誕生したわけです。

海に流れこんだ地上の栄養素

この地表の洗浄のプロセスはなんだったのか、大きな海洋という3分の2をカバーする面積のものを生んだのみならず、土壌の豊かさを剥ぎ取ったということでもあります。地面の豊かな物質が海に流れこみ、その豊かな海から生命が生まれたわけです。もちろん海は豊かな資源を今ももっています。

この洗浄のプロセスを見てみますと、人間の健康という側面からいかに海が重要かということが分かると思います。これは進化のすべてにかかわっているわけです。

もちろん惑星が冷却するには非常に長い時間がかかります。地殻は薄く、溶岩は表面から少し下のところで熱くなっています。日本にも火山がたくさんあります。

ニュージーランドのロトルア火山は冷却が十分に進んでいない状態の代表例です。まだ新しく、沸騰点に近い泥の状態です。これは惑星が誕生したのと同じような状況です。これに冷却というプロセスが入ると、冷たい海に徐々に蓄積されるような過程が起こるわけです。マッキンレー山でも、凍結という形ではありますが、川が流れ出て、三角洲に入ります。地上にあったものが栄養素として、このような濾過を受けて海に流れこみ、海での食物連鎖がはじまります。

これが何世紀にもわたって人々の食物源になり、歴史的に人々を支えてきたわけです。一方、内陸部に住んでいる人々にとってはどうでしょうか。

WHOの調査によるクル病の分布をしらべますと、非常に驚くべき事実があります。すべての水路、あるいは水に面しているところと、高地の部分を比べてみますと、高地の部分にクル病の発生が集中しています。土壌が豊かでない、微量元素があまりない、すなわち山の上から水にすべて流れてしまっているところにクル病が多いのです。

クル病は、人間の文化の恩恵にあずかれないのですから、発達遅滞あるいは精神遅滞というようなことが起こるわけです。

豊かな水の資源のあるところは、たくさんの食物がありますからクル病も内陸部ほどはありません。はっきり、高地、内陸部と水系の豊かなところとの差が分かります。

脳の発達とDHA

具体的にDHAの話をする前に脳の科学について説明をします。人間がいかにして大きな頭脳を蓄えるようになったかを、DHAと脳の発達ということにかぎっていろいろな実験をしております。脳の障害とDHA、妊娠中のDHA、新生児のDHAなどです。

脳の進化は人間と他の動物との比較で表します。四歳のサイ、体重は1トンです。しかし、脳は掌に入るくらい小さい。タンパク質やミネラルが十分にとれ、骨格が大きく質量も大きい動物でも、きちんと脂肪酸をとらないと脳が発達しないという典型的な例です。

陸地だけで生きているサイのようなものは、体が大きくても脳は小さいまま。ところが人間は成長につれて脳がどんどん発達して大きくなります。

脳の成長にはいろいろな要素が絡み合っています。脳の成長のパラメーターと、体の成長のパラメーターは違います。体に対してはカルシウム、リン、タンパク質が必要です。ところが必須脂肪酸やDHAなどは脳の成長に非常に大きく関わっている。いわゆる道筋が違うということです。

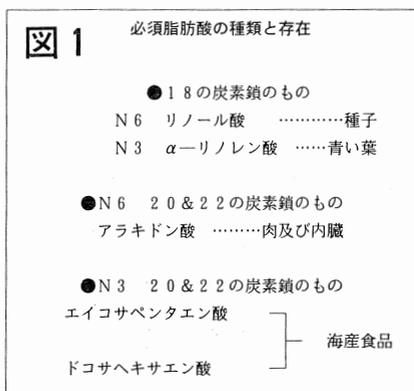
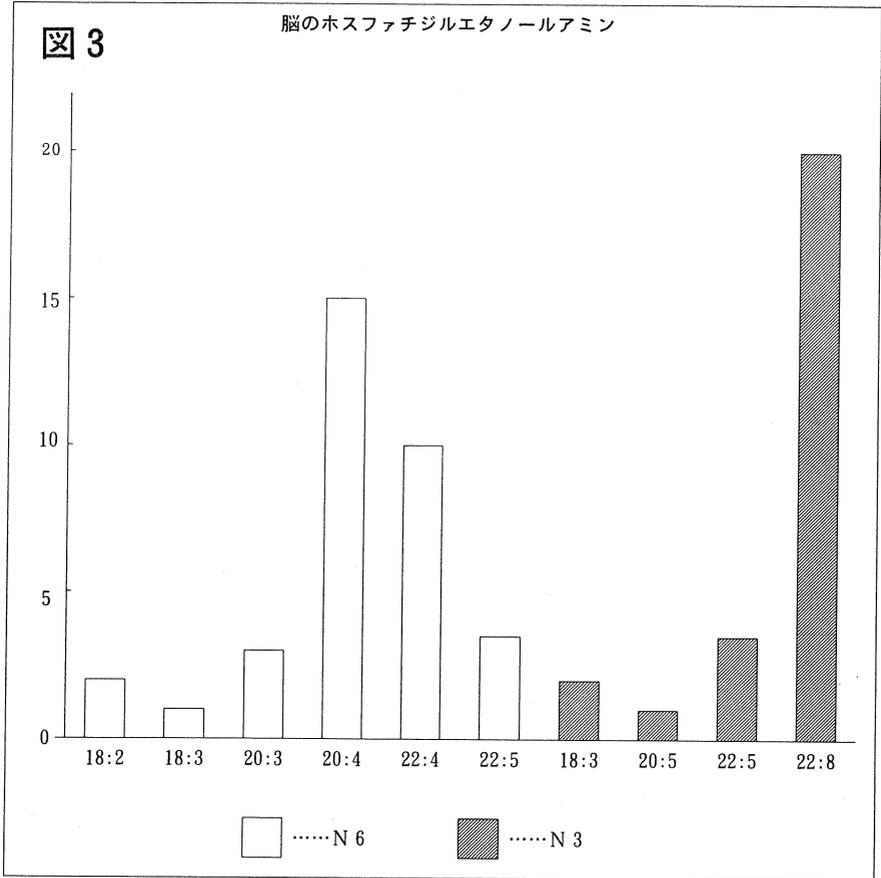


図 3

脳のホスファチジルエタノールアミン



DHAは光受容器では、全体の脂肪酸の60%に及びます。動物は光が見えないと食物が捕れないので、非常に重要なものです。ということで、脂肪酸が動物の王国の秘密であるといえます。(図4)

DHAはまた、情報伝達に関わる器官にたくさん蓄積されています。酵素の活性などというところにもDHAが必要だとする例が非

図 4

脳 の 発 達

情報伝達のための構造上の必要性

- 20 : 4 & 22 : 6 の要求 $n6/n3$ 比
- 22 : 6 光受容器における特異性 (脂肪酸の 60%)
- 20 : 4 信号の伝達
- 酵素活性

図 5

神 経 の 発 達 必須脂肪酸欠乏の実験

- 膜の完全性 (1965)
- 妊娠及び授乳期、永久的な学習能の欠如 (1974)
- 酵素活性 (1978)
- N3欠乏の特徴 (1965~1990)
学習能 視力 老化 小脳の発達 人間の視覚

常にたくさんあります。奥山先生が挙げられた例以外のものをまとめてみましょう。(図5)

1972年に我々は、必須脂肪酸の不足が脳の障害になることを発表しました。それ以後、日本、イタリア、フランス、ドイツ、スイス、米国などから、必須脂肪酸の重要性に関する研究結果が寄せられました。こういう知識を利用して、人間の健康を増進したいということです。

人間の進化のカギを握るDHA

脳を作るにはDHAがなければ駄目ですが、同時にアラキドン酸もなければいけません。この比率は1対1です。アラキドン酸を、N-6といっておりますが、種子の中にありますから陸地にあるものです。DHAは水中の植物、魚介類にあります。海の世界の連鎖にしかないものです。

ちょっと時間を遡って考えてみましょう。26億年前に青、緑の藻が陸上に発生しました。15億年から20億年まではこの藻は何もせず、青藻、緑藻のままでした。光合成によって酸素が出、βカロチン、DHAがでてきました。βカロチンはレチノールでありまして、DHAはDHA自体だったわけですが、これが光の受容器として使われたわけです。

5億年か6億年前、酸素の量がどんどん増えて、動物の生命が誕生しました。重要なことは、原始的な動物から人間に進化するまで神経がどんどん複雑になってきたということです。そのベースになるのは光受容器です。このフォト・リセプターが電気エネルギーを使って、どちらの方向にいけば、食物が捕れるかを判断できるようになった。これが脳の進化の第一歩です。視覚によって食物の捕り方がわかる。それによって脳が、神経系統が発達してくる。光受容器が電気をベースにして機能することが、脳の発達の一歩になった。

さらに5億年たって、恐竜や何かが出てきて、死に絶えていきました。重要なことは、神経系が海の動物をベースにして発達してきたということで、N-3の脂肪酸、DHAをベースにしていた、こ

これは今の人間と同じです。DHAが光受容器になって脳が働いていることは変わらないわけです。N-3の脂肪酸は恐竜の場合でも、人間の場合でも光受容器であることには変わりはないわけです。いろいろな花や植物がN-6脂肪酸やリノール酸などをどんどん出しました。それにより、哺乳類の出現が可能になりました。

1億年くらい前に人間が出始めた。進化の最後の段階ですが、ホモサピエンスが出てきたのは大体500万年ぐらい前だということです。非常に長い間かかって人間は進化しましたが、人間の生理的な状況は、周囲の環境の化学的な条件によって規定されました。それに対して現代の食生活の変化は一瞬に過ぎません。ですから、長い間積み上げてきたものを瞬時に損なうということは、今までの遺産をないがしろにするということになるわけです。短い期間で、昔からずっと積み上げてきた食物の文化を変えるのは罪悪です。

サルから人間が出てきたと一般には言われていますが、私はこの理論には賛成しかねます。挙動学的な点、生化学的な点、生理学的な点から納得ができません。

ダーウィンが言っております。「サバンナで狩りをするために人間は四つ足でなく、二本足で立つようになったんだ」。どうも私は首を傾げざるを得ません。サバンナにいて脳が大きくなり、立ち上がったから狩猟ができたのだとっていますが、立ち上がっているものだけが大きな脳を持っているとは限りません。ダーウィンもその著書の中で狩猟について述べています。イギリス人がタスマニアに住んでいて、原住民を駆逐したときがあります。国境線を引いて兵隊に守らせ、ここから入っちゃいかんということで、原住民を

追い出したわけです。余ったものはほかへ強制輸送しました。こうしてタスマニアの原住民の絶滅を図りました。ダーウィンは言っております。「そうやろうと思ってもできなかった。ロープの下をくぐり抜けて原住民が這って狩猟をやっていることがわかった」と。この描写は非常に如実に、一般の理論が間違っていることを示しています。立ち上がったから狩猟ができたのではなく、狩猟をするときには地面を這っていかなければ、そして動物に近付かなければ駄目だということです。

もうひとつサバンナ理論の間違った点は暑さに対する認識の欠如です。サバンナは乾燥した草原で、水を必要としています。動物ではラクダのように暑い気候に対処できるようなものもありますが、人間の場合、ベドウィンなどは非常に苛酷な状況で住んでいます。人間は水がなければ生きていけない。暑くて乾燥しているところでは1時間に1.5リットルの割合で水分を失います。ですから水を廃棄することによってしか体温を調節できません。

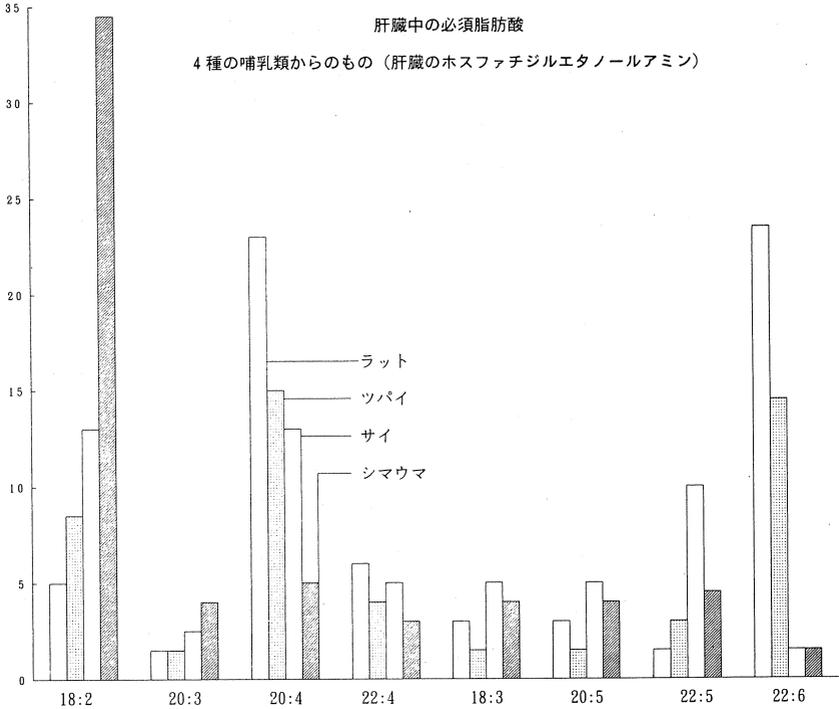
脳の容量と体の大きさ

もうひとつは脳の化学です。サバンナに生息する動物、例えばサイは脳が非常に小さい。脳の必要容量を満たすためには、地上の脂肪酸だけではなく、DHAがどうしても必要です。その観点からいろいろな動物を調査してみました。

その結果、DHAがなくなる、あるいは欠乏すると体が大きくなることが分かりました。脳はそのままです。ネズミのような小さな動物はDHAの量が組織内に多く、そのような形で転換できますか

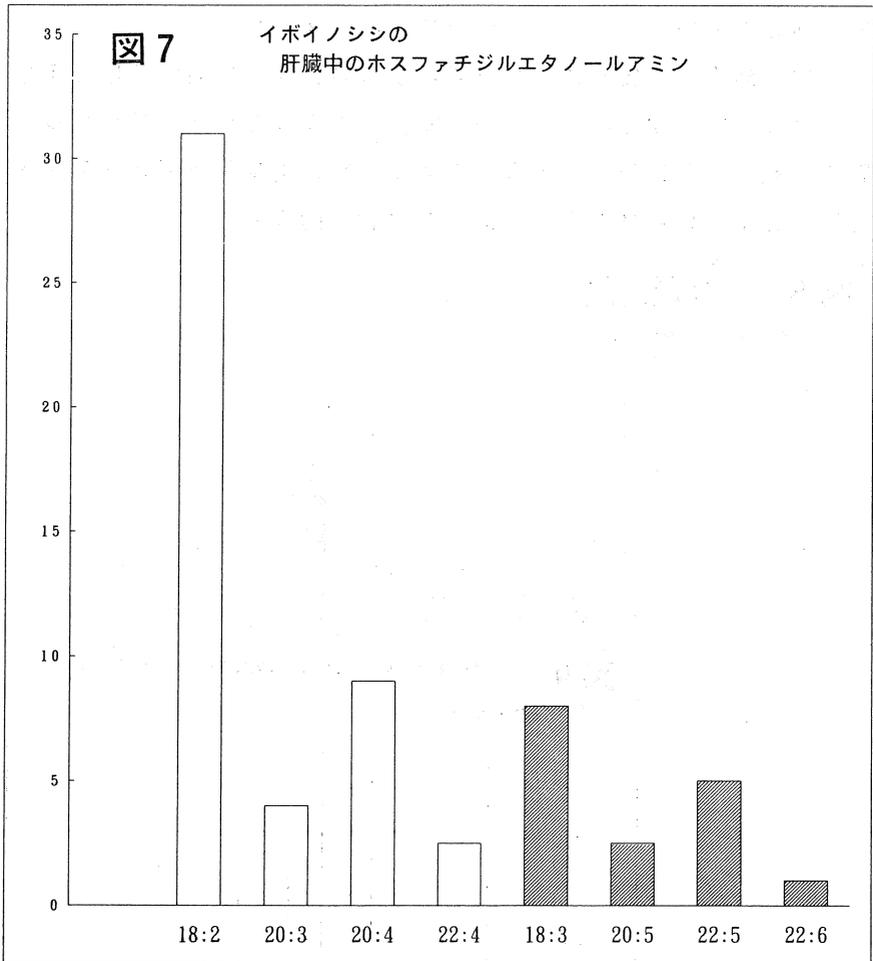
図 6

ホスファチジルエタノールアミン中の脂肪酸



ら大きくなりません。例えばウマのように体が大きくなっても脳はそのままだけ、つまり体の大きさに対して十分な脳の容量を保つだけのDHAがないという状態です。（図6）

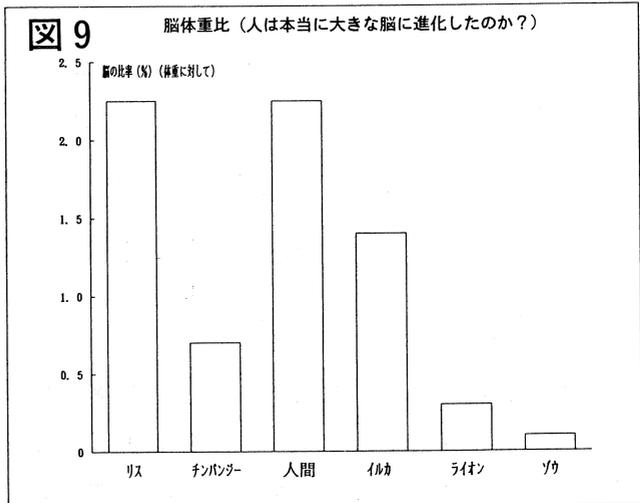
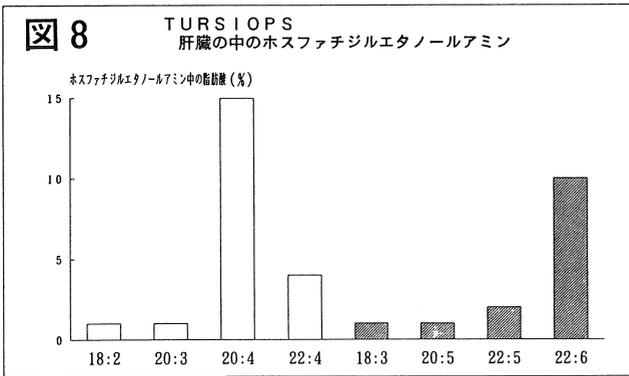
体が大きくなると体内で、植物からDHAを合成できなくなる、つまりDHAが陸上の食物連鎖では欠乏してくるわけです。DHAが摂取できないので、大きな脳になれません。大型のブタでは、リノール酸、あるいはリン酸といったものはありますがDHAは非常に少なくなっています。（図7）



それに対して、人間の脳はどうして発達したのでしょうか。手掛りはふたつあります。ひとつは海産哺乳類であるイルカ。イルカの組織内にはDHAもN-3脂肪酸も両方豊かにあり、脳の容量は人

間と同じくらいのパーセンテージです。(図8)

小型の動物も手掛りになります。リスの、体重に対する脳の重さの比は2%で人間と同じくらいです。このような小さな哺乳類は、脳の重量が体重に対して大きいのです。脳の重量対体重は容量が大きいほど小さいわけで2%が最大です。(図9)



人間は水と陸上の接地点で文明を礎いた

人間とイルカを比較してみましょう。人間の脳の容量の比率はほぼリスと同じです。これは、人間が大きな脳を発達させたということではなく、栄養素を十分に摂ることによって、脳の容量と体重の比率を維持してきたわけです。ほかの例えばウマやゾウなどは、体が大きくなったけれども、脳の比率を保つだけの栄養素を得られなかったわけです。このように陸上ベースの動物の脳がだんだん縮まってきた例があります。サイですが、頭の中で脳が占めるところはほんの少しです。大型の動物の脳の容量がいかに少なくなってしまったかが分かります。リスは体が小さかったから容量を保った、イルカは海産哺乳類であり、陸上の性質を残しています。ヒレは人間の手に似ています。海で生きてきたときの構造を少し残しながら陸上で生きられる構造が、この手のようなものです。そして人間は水と陸の接地点に、イルカは海産哺乳類として生きることになったのです。そして海洋の中の食物連鎖による、脳の発達に必要な要素の提供を受けてきました。

ですから人間の脳の発達というのはサバンナではなく、水と陸の接地点で生活してきたことにあり、魚介類を食物として生きてきたからです。この500万年間、人間は水と陸地の接地点で生きてきたわけです。この考え方を裏付ける意味でいろいろな側面を挙げることができます。新生児でも泳ぐことができます。体毛がなくなり、皮下脂肪があります。血圧や心搏が、例えば水に飛び込んだときに抑えるといったような形で調整をしてきているわけです。そして生理学的にも熱い乾燥した環境では生きられるものではありません。

これが脳の化学であります。

また、五つの言語が水の傍から誕生したことからも分かります。黄河、ナイル、ガンジス、チグリス・ユーフラテス。文明も水の傍から誕生しました。そして内陸へと伝わっていきました。

日本もそうですが、遺蹟も海岸沿いにあります。例えばアフリカのアルタの遺蹟は5千年から6千年前のもので、岩に漁師の絵が描かれています。文化的な発達も水とともにあったわけです。

脳の発達の遅れは母親の栄養に関係している

脳の研究における最近の結果をご報告します。

ひとつは出生率の低下に対する懸念です。脳の発達の遅れといったようなことも影響しているのではないか、それが精神的な遅滞にも影響を及ぼしているのではないかということに関心を持っています。まだきちっと実証はなされていませんが、研究に値すると思っています。

これに関連すると思われるのが寿命のデータです。これは生物学的な能力とも考えられます。二つの漁業国、アイスランド、日本が現在のところ最長寿の国であります。ほかにも二か国あります。

とくに日本は心臓病の罹患率が非常に低いことが挙げられます。アイスランドもそうです。

これからも明らかなように、出生率が低いというのは、知性の発達が遅いということに関係しているということもあるわけです。未熟児の生存率に対して西洋諸国では、生き延びるけれども神経索の発達が非常に遅いということが分かっています。

例えば小児麻痺ですが、英国とスウェーデンでは67年から3倍にふえているというデータがあります。私どもの研究結果から、神経素のものに対する重度な障害が、小児麻痺の増加と出生率の低下に大きく関係していることが分かりました。

妊娠した段階で栄養が欠乏していきます。脂肪酸に関しては、技術的にまだ研究が不可能できちっとできていませんが、DHA（N-3）とアラキドン酸を、出生率の高い母親と、低い母親を比べてみると明らかです。すなわち栄養的にも母親の栄養が大きく関係し、また、妊娠の結果が出生率にも影響を及ぼしていることが分かっています。

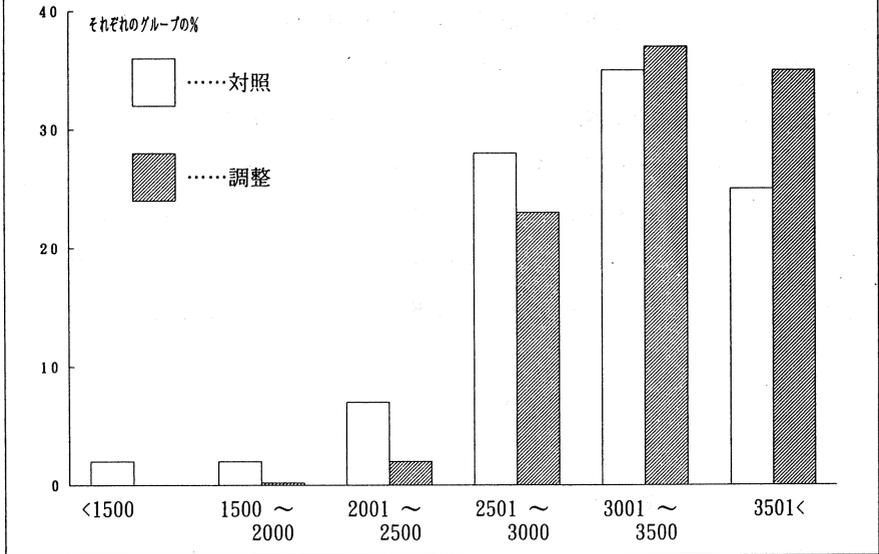
今や、DHAを胎児の組織内で測れるようになりました。へその緒で測れるようにもなりました。そしてDHA、アラキドン酸は出生率に大きく影響していることが分かっています。

また、中期的な中絶のデータからは、ある程度のDHAが胎盤に集中し、肝臓に集中し、その後、脳に集中することも分かっています。DHAがいかに取り込まれているのか、そして発達の段階で、いかに脳に集中してくるかが分かります。

出生率と関連して、疫学的にも、科学的なデータから、脂肪酸が人間の初期の発達にいかにかが分かります。スーザン・カルソンとテキサス大学（米）の岡田先生とのデータです。未熟児の場合DHAが急激になくなっています。例えば盲目で生まれる、あるいは成長の遅れといったようなことがDHAが少ない場合は予期できるわけです。DHAを十分にとるということは、発達の遅れを減らすことにも、出生率の激減を抑えることにもつながるわけです。

図10

栄養調整による出生時体重の向上



母親にDHAを強化することによって、出生率の低下を抑えることはできます。強化された母親は、3千グラム未満の子どもを出産するケースが少なくなっています。そのため、出生率が高くなっており、逆に投与をしない場合は出生率が低くなっています。(図10)

DHA欠如が文明の行方を左右する

最後にDHAのケミストリーについて申し上げます。データが非常にまとまってきました、DHAの重要性が実証されてきています。人間の進化にDHAが大きくかかわっている。そして、水と陸地の接点において初めて脳が発達しうるし、脳を維持できるということ

がお分かりだと思います。人間は水なくしては生きられません。文明の発達を見ても分かるはずです。

ですから、長期的に見てDHAの欠如が文明の方向を左右することになります。どの国においても海の資源、食物を維持し、利用していくことが次の世代に引き継ぐ我々の責任だということです。

<プロフィール>

マイケル・クロフォード (Michael A. Crawford)

英国脳栄養化学研究所教授、ナフィールド比較医学研究所栄養生化学部長、ノッティンガム大学特別教授。60歳。

栄養学の分野では世界的に著名で、多くの著書及び論文を発表。また栄養学に関する問題で、しばしば放送にも登場している。主な著書 / Crawford, Michael and David Marsh, *The Driving Force: Food, Evolution, and the Future*, London, Heinemann, 1989.

私たちの記憶学習と

D H A の関係

脳の構造と機能

鈴木 これより「私たちの記憶学習とD H Aの関係」と題しましたパネルディスカッションを行います。先程、クロフォード先生、奥山先生の基調講演の中で水産物に多いD H Aというのはとくに脳の発達に重要であるということでありましたが、21世紀は、脳の科学の時代であるということをよく耳にします。まず始めに東京大学医学部の真鍋先生から脳というのはどのような臓器なのかということをお伺いしたいと思います

真鍋 大変難しい質問ですが、脳は、肝臓や腎臓などの臓器とは非常に異なっています。第一に解剖学的と申しますか、形態学的に非常に複雑であります。第二点は極めて多数の重要な機能を有するということがあり、簡単に申し上げることは難しいわけです。形態学的な点から簡単に申し上げますと、脳はいわゆる間脳、中脳、橋（キョウ）、延髄とからなっていて、周りを大脳が取り囲み、その下に小脳がくっついていてかたちになっています。細胞レベル

でこれを見ますと非常に多数の神経細胞がありまして、その間をグリアという支持細胞が埋めております。さらに神経細胞は突起を伸ばして、神経細胞同士がつながっていて、神経回路網として、脳全体に張り巡らされております。神経回路網の一部分を切り出して調べましても脳の全体を見ることはできないわけで、ごく一部分の情報から全体を見るのが非常に困難な臓器であるわけです。この脳について今まで分かっている機能という面から見ますと、大脳皮質には運動、知覚、視覚、聴覚、味覚という中枢がありますが、本日のシンポジウムのテーマでもあります記憶学習ということに大きく関係しているといわれるのは、海馬であります。海馬と申しますのは大脳半球の外側面にあるもので、人間でも非常に貴重な事例が2例ありまして、海馬が記憶の形成過程で非常に重要であるという知見が得られています。この2例と申しますのは、1例はてんかんが非常に重篤であり、手術で海馬を切り出した例と、もう1例は心臓のトラブルで脳に血液が流れなくて、その結果として海馬がやられた障害が有名であります。その結果では海馬を取り去ると昔のことは覚えているが、新しいことは覚えられないという学習の初期の記憶をもたらす最初のステップを海馬がつかさどるということです。ただし、記憶の保持、保持したものを呼び出すということについては、人間の事例ははなはだ少なくはっきりとした見解は出ていません。その他、脳幹には体温調節だとか感情、食事行動、ホルモンの調節機能あるいは呼吸循環という生命維持に重要な中枢もあります。従って、脳というものは少なくとも生命維持、活動する全ての中核が集まった臓器であるということがいえると思います。

鈴木 ただいまの真鍋先生のお話をお聞きしますと、非常に脳というものは重要な組織であると思いますが、まだまだ分からない点が多いようですね。

真鍋 そうですね。

鈴木 そういった脳ですが、研究者仲間では、先ほどのクロフォード先生、奥山先生の話にもありましたが、昔から何を食べても脳の成分には影響はないんだということが常識になっていました。ところが最近、奥山先生を始めとした研究では、主にネズミを用いた研究で食べ物によって脳の脂質の成分も変わるし、記憶学習能も異なるのだということがはっきりしてきたのです。

門目 いきなり専門的な話になってきたのですが、食物が脳の働きを良くするのだというその食物の成分が、実は魚の中に含まれているDHAということですか。

アレルギーや成人病予防効果のある ω -3高度不飽和脂肪酸

鈴木 そうですね。そのDHAというのが、実は先ほどの説明にもありましたように、 ω -3とかn-3とかいっているような高度不飽和脂肪酸なのです。奥山先生、高度不飽和脂肪酸が私たちの体に入りますと、どのような効果があると言われているのでしょうか。

奥山 ω -3系列は、本日お話ししましたように脳、神経、網膜

の機能を高く保つ上で必須であるということがほぼ確実になっております。先程ちょっとお話ししたのですが、慢性疾患との係わりで ω -3系列を多く与えると良いという慢性疾患が見つかりました。その一つがガンなのです。ガンの中でも今日本でどんどん増えております肺ガン、大腸ガン、乳ガンその他膵臓・腎臓ガン…こういうふうに非常にたくさんのガンが動物実験で、 ω -3系列を増やすことによって予防されるということが証明されています。もう一つは、アレルギーです。過去30年の間に、アレルギー患者が数倍に増えたといわれています。これは、どうしても体質が過敏になって、体のアレルギー反応性が高まっていると考えざるをえないデータがたくさん集まっているのです。体の方のアレルギー反応を抑えるのに ω -3系列が有効であるということが動物実験で証明されているわけです。その他皆さんよくご存じの心筋梗塞、脳梗塞といったような血栓性の病気には予防効果があります。さらに言いますと、老化防止、老化抑制的な作用があるということが動物実験で証明されているわけです。

門目 先ほどの奥山先生、クロフォード先生のお話を聞きましたが、このDHAという物質は、これまで一般にはあまり知られていなかったものだと思うのですが、実は人間の体にいろいろな影響を与え、大切な働きをしているということが言えそうですね。

海洋食物連鎖でDHAが増幅された

鈴木 そうですね。このような効果が期待される ω -3高度不飽

和脂肪酸であるDHAですけれども、これが水産物に多いということなのですが、もう一度クロフォード先生、これはどういうことなのですか。それとどのような魚に多いのかということをお教えいただきたいのですが。

クロフォード DHAの受容体を解析すると非常に面白い構造をもっていると考えられます。これは、シリコンチップのような構造だと考えていただければよいわけで、光受容体、その他の受容体によって受け取った信号を増幅するわけです。そしてどうしてそうなったかというのは難しいのですが、血液すなわち光受容体を作っているところで必要な物質を生成します。非常におもしろいことです。光を受け取ることと同じことになるのです。この解明がよりすすみますと、化学的な物質すなわち光を受容するということと、物理的にこれを一つの物質に変えてプロトプラストに変える構造も分かるようになりますし、光受容体がどういう役割かも分かるのです。ご存じかも知れませんが β -カロチンは使われません。この構造というのは近代のプロトプラストと同じようなかたちになるのです。 α -リノレン酸はつくりますが β -カロチンはつくらないということになるわけです。いわゆる光受容体のより高位の機能であるということが考えられるのです。このような膜構造になっているのが光受容体でありまして、このためDHAは脂肪酸の60%を占めているのです。ですから光受容体が一体何をしているのか、すなわち光のフォトンを取りましてこれを増幅させているわけです。これを何千倍にも増幅させているのです。ですからここで行われていることは、

電氣的な増幅と同じようなかたちなのです。半導体のチップと同じようなかたちです。もともと受け取った信号すなわち光から受け取った信号を増幅しているのです。このようなことから、いったいどこから出てきたかが分かると思います。そもそも光合成から始まっているのです。そして海洋食物連鎖がそれによって増幅されます。まず最初は小動物、プランクトンのようなものです。これがEPAやDHAを生成する、そして別の動物が別の小動物を食べるとなりますと、どんどん増幅されていくということで、より食物連鎖が広がっていきます。どんどん飽和の状態になってくるのです。例えば母親の胎盤に、胎児に、胎児の脳に、というような連鎖にたとえることもできるわけです。このような連鎖というのが陸上ではなく海のなかで起こったのです。そのようなことによってDHAが豊かに海産食物から得られるようになってきたということが考えられます。次に、人間へのDHAの供給源についてであります。寒流の魚の方がより密度が高いということが言えます。いわば飽和状態になっているということが言えると思います。例えばマグロ、イワシなどがあげられるでしょう。

門目 例えばマグロ、イワシなどというお話がありました。イワシは日本ではたくさん捕れております。400万トン以上も捕れています。ですから、日本人は秀れた食品をもっている。このイワシだけでも食いつなげるのではという感じさえます。

脳中にはEPAは存在せずDHAのみが存在する

鈴木 ところで奥山先生、D H A以外の ω -3高度不飽和脂肪酸として例えばE P Aというものがありますが、これは脳にあるのでしょうか。

奥山 魚のなかの主要な ω -3高度不飽和脂肪酸は、E P AとD H Aですが、脳にはE P Aはないのです。ところが血小板であるとか、マクロファージとかリンパ球、白血球などの血球細胞に、 ω -3を投与しますとE P Aが溜ってきます。こういう細胞では、E P Aが非常に重要な役割をします。アレルギー、炎症とかそういう面ではE P Aが防御、予防ということで主役をなしています。しかし脳では、E P AからD H AになったこのD H Aが主役をなしており、E P Aについてはほとんどないということです。

D H Aの消化吸収システム

鈴木 それではクロフォード先生、 ω -3高度不飽和脂肪酸を食べますとそれがどのように消化吸収されて脳に取り込まれるのかということをご説明下さい。

クロフォード 消化吸収というのは他の脂肪と似ております。ただ一つ例外がございます。ほとんどの人間、教科書をみてみますとトリグリセライドという体の皮下脂肪がエネルギー源になっています。例えば油ですが、胃に入り分解され、再合成され脂質形になります。そして余分なものを出すことになっているわけですが、それが人間の皮下脂肪になっています。ただ魚のなかにも、筋肉、肝臓、脳あ

るいは目という部分があって、そこには、リン脂質があるわけです。このリン脂質は、魚の場合は違っております。というのはリン脂質のある一部分だけが脂肪細胞にいくからです。ほかはタンパク質と同じようなかたちになります。すなわち肝臓に入りそして体内に運搬され、細胞の成長、維持に回されるのです。組成を見てみましょう。タラ、マグロのトリグリセライドをリン脂質と比べてみますと、DHAはリン脂質のほうが多いのです。ですからこれは魚油か魚そのものかで変わってきますけれど、魚そのものというのは、トリグリセライドに脂肪酸が集中しております。そしてこれは、細胞の成長に使われるということでエネルギー源ということではありません。もう一つここで考えなければいけないのは、DHAということだけではなく、すなわち付随的な栄養物にどういう影響があるのかということです。例えばビタミンE、C、 β -カロチン、メタノールあるいは微量元素もそうです。魚にはこういうものが全て含まれているのです。魚油だけを見ても、トリグリセライドしかないということですから、魚油の使用法と魚自体の用途というのはよく考えて使いわけないとならないわけです。もう一つ非常におもしろい違いがあります。これはDHAの前駆体、すなわち α -リノレン酸ですが、1972年に、これが吸収され脳に取り込まれる率をラットで見てみたのです。そうしますと、DHAは脳に取り込まれる速度が30倍速かったわけです。DHAの前駆体である α -リノレン酸よりも効果があるということが分かります。

門目 ω -3脂肪酸を豊富に含んでいる魚を食べていけば、自然

に脳の方にD H Aが多くなるようなお話と思うのですが、先生のお話を聞きまして思い当たる節があります。私は、長い間日本の漁村地帯を取材してきたのですが、漁村で会うお年寄りは非常に元気なのです。ここ20年各地の沿岸を歩きまわっているのですが、痴呆性の老人に出会ったことがないのです。漁村にはそういう人がいないというのではないのですが、大変元気な方が多く、現役で仕事をしております。85歳を超えても実際自分で船をこぎながら魚を捕っています。あるいは浜で網をつくったりする仕事をしています。これは食物だけでなく、社会的、経済的な条件がいろいろあるのでしょうけれども、少なくともこの人たちが魚を多く食べているということだけは確かだと思います。健康を保つには魚の効果は、大きいのだなという気がします。

学習能の向上とD H A含有粉ミルクの開発

鈴木 こういった漁村などの話も実は心血管系の疾患では、疫学的な研究もやられておりまして、書物にも書かれておりますがこの場ではそのままにいたしまして、先ほどの講演のなかで、脳にD H Aが多くなるような食事、先ほど奥山先生のお話では、シソ油といったようなものを食べているとネズミの記憶学習能が高くなるということでした。ここで、粉ミルクに魚油を添加した製品を開発し、商品化され、またそのなかでいろいろな実験をなさり、学会でも発表しておられる米久保さん、粉ミルクに魚油を添加すると本当に記憶学習能が良くなるかどうかということをお話しいただきたいのですが。

米久保　　私どもは1987年3月に魚油を用いてDHA含量が母乳レベル並になるようにした粉ミルクを販売しています。この粉ミルクの開発に当たって最初に魚油中に含まれるDHA、EPAなどの栄養学的な意味、あるいは安全性を確認する必要があると考えましていろいろな点から動物実験を行いましたので、その一つを紹介したいと思います。まず差がでやすいよう飼料中のDHA含量を粉ミルクの10倍量にしておきます。この食餌を9週令のメスのラットに与え、3～4週間ぐらいでオスのラットと交配させ妊娠させました。妊娠中と出産後のラットの親、とその子供ともにDHAを含む同じ飼料を与えております。コントロールとしては、DHAを全く含まない飼料を与えております。その結果、DHAを与えた群では肝臓とか脳のリン脂質に含まれるDHA含量が、コントロール群に比べ胎児期に非常に高くなることが認められてきました。生まれた後の子ラットの方では、胎盤経由のDHAがなくなって、あるいは子ラットでのDHAの合成能力が弱いためもあるかも知れませんが、一時的にDHA含量が下がる時期があります。その後食餌からDHAをとることによって、組織中のDHA量が再び上昇してまいります。しかし、生まれた後、7週令にもなると子供の脳あるいは肝臓のDHA含量は、DHAをとった群も、コントロール群も同じくらいのレベルになってしまいます。この7週令の子供の時点で、先ほど奥山先生のスライドにもありましたようなプールをつくりまして、その中に湯をはり、ラットを泳がせてみたのですが、泳いでいる間にラットは水面下の円柱の台の位置を覚えたり、到達した後はその台に上って周りを観察したりします。また、さらに泳がせる

わけですが、その間にいろいろと周りの環境を覚えるよう見受けられました。このテストを日を変えて何回も行ったところ、バラツキがあるのですが、DHAを含んだ餌を食べたラットの方がコントロール群に比べて優位に早く円柱の台に到達することが分かったのです。これは、日を変えてみても同じであり、徐々にその傾向が強まっていくことが分かりました。また、最後の日にはプラットホームの台を変えて、全く逆の場所にしてテストしましたが、場所を変えますとラットはある程度記憶していた部分があり、前にあったところをさがします。そして違うところをさがします。これを何回かやっていると、DHAを投与した群の方が記憶力が良いように思えると同時に、早く新しい場所を覚えるというようなことが分かりました。コントロール群に比べてDHA投与群の方が早く台を見つけることができたという結果を得たわけです。このように興味のある結果なのですが、この学習効果の良さは、ラットの胎児の間に母親のおなかの中、胎盤の中でDHAをとったことによる効果あるいは生まれた後にDHAをとり続けた効果による脳中でのDHAの高さと関係するのではないかと考察したわけですが、もう一つ母乳レベルのDHA含量を含んだ餌をラットに与えた場合に、これは学習能力のテストではないのですが、比較的長期に与えた場合に肝臓中のGOP, GPTのレベルも比較的ノーマルレンジの中で少し低く良い方向に動いているように思えましたし、血清中の脂質改善効果も少しみられました。このようにDHAの良さを私たちも確認しております。

DHAは胎児期の中枢神経系発達に必須

鈴木 それではちょっと話題を変えたいと思いますが、奥山先生、 ω -3高度不飽和脂肪酸をあまり食べていなくて、途中から魚を一生懸命食べたという場合に記憶学習能の向上は期待できるのでしょうか。

奥山 脳というものは非常に安定したものと一般に考えられているのですが、実は東京都老人研究所の安藤先生等が研究されていますが、脳の脂肪酸の代謝回転はかなり早くて二週間ぐらいで半分が入れ替わるぐらいの早い代謝回転をしているのです。その代謝回転の速度は、安藤先生によりますと老ネズミでも若いネズミでも変わらないということです。そういうことで脂肪酸の代謝回転は脳でもかなり早いことが考えられます。それで機能がもとに戻るかということですが、アメリカのコナー先生がサルを使って網膜の視力の研究をされています。コナー先生の結果によりますと、離乳後 ω -3を補給しても機能が変わらないと報告されています。私のところの明度識別学習能については、これは先ほどお見せしましたように機能が変わっています。従って恐らく脳神経の機能といいましてももとに戻るものともとに戻らないものがあるのではないかと思っております。

クロフォード 重要な点を奥山先生のコメントにつけ加えたいと思います。すなわち、我々が脳の働きで知っていることは、例えば聴覚、感覚、視覚といったようなものにかかわっているということで

す。このような初期の段階から発達しているもの、すなわち胚あるいは胎児としての成長期から发育している器官、感覚ですから、例えば構造化されていく発達の中でプログラム化されている段階になりますと、脳の構造が整備されていく段階で非常に重要になってきています。今、確実に我々が知り得ている事実があります。このような細胞分裂の初期の段階にダメージがありますとこれを後で取り戻すことができないということです。子供が生まれて、しかも重篤な障害、例えば網膜にかかっていた、あるいは神経系、例えば脳に関連するところで障害があった子供であれば、このような細胞は初期に分裂しているので、後の段階でいかにDHAを投与しても取り戻すことができないのです。このように、胚の初期の段階であるいは胎児の初期の段階で、発達するものに関しては無理だということです。ここで重要な点は、すなわち一番最初の時期に適宜これがなくてはならないということです。DHAは最初に摂取するもので、後で取りつくろっても無理だということです。

鈴木 最初に摂取しておかないでダメージがきたときは、ちょっとどうしようもないということになるかと思うのですが、ある程度あればその後は可能性が高いのですね。今までのお話の中では、大体がネズミの実験を主として考えてきたわけですが、クロフォード先生から紹介された人の話も妊娠の前の話しですが、大人つまり今の我々にとってDHAの効果はどの程度期待できると考えたらよいのでしょうか。

人間の臨床データが今後の課題

クロフォード　もちろん大人ということになると全く話が変わってくるのです。1日に1万個ぐらい細胞がなくなりますから、研究を進めていかななくてはいけないのですが、いかにこのような細胞の損失を防ぐかということが研究の課題となるでしょう。これから老化のプロセスにもかかわっているからです。非常に加速的にたとえばアルツハイマー病などでは痴呆が進む。これは細胞の損失が非常に早く進むということに関連していることです。また非常に重要な点だと思います。例えばいかに脳を維持していくかということは、もちろん脳の成長発達とは別の話ですが私としても興味のある話です。

真鍋　奥山先生、クロフォード先生からもお話があったように、いわゆる胎児期という発生の初期にDHAが中枢神経系の発達には必須であると思います。しかし、この中枢神経系の発達に必須であるということと、それから記憶学習に対して効果があるということは、一緒に考えるべきではないと思います。それは、もちろん発生の段階でダメージを受けていれば、欠乏状態が分かっている、後で添加しても効果がないことは予想されることであります。欠乏しているという状況があるというところに添加すれば、例えばそれを学習効果でみれば、ポジティブな効果が出るだろうと思いますし、現実的に各種必須栄養素が欠乏しているケースには添加すれば有効であると思います。しかし、欠乏していないものに加えて、あるいは摂取させて記憶学習が改善したということは知られていません。今までのところ少なくとも動物実験で記憶学習効果があったというも

ので、人に効果があったというものは一つもありません。そういった意味で、奥山先生も非常にきれいなデータを整理しておられますし、この機会に人間に対して確かな効果があるのではないだろうかとか、あるいは老人ではそういったD H Aが欠乏に近い状態であるとか、そういった臨床的データがこれからは必要ではないかと考えています。

鈴木 この件について奥山先生、いかがですか。

α -リノレン酸摂取が減少している日本の子どもたち

奥山 人と動物は違いますから、いろいろな差が出てくると思います。必須脂肪酸であるリノール酸系列、 α -リノレン酸系列については、人と動物（ネズミ）でどれだけ違うかというのがポイントですが、代謝という意味では非常に似ているということです。最近、アメリカのダンジュ教授が詳しく実験報告されていまして、食べたリノール酸、 α -リノレン酸のバランス、それからからだの中のリノール酸、 α -リノレン酸のバランスが非常に人でもネズミでも似ているという報告を出されています。クロフォード先生は今日はお話しになりませんでした。かなり以前にベニバナ油を与えたサルで行動異常が起こるとい報告をしています。従って、サルでもそういう脳神経に係わる異常が出てくるとい報告があるということです。それから先ほど私が申しましたホルマンの人間のケースレポートがあります。この1982年くらいに記載されました症状が私どもがずっとやってきた動物実験の結果と非常に合うという

ことで、私は人でも大丈夫かということ（動物と同じ状態になりはしないかということ）を心配しているのです。それでは日本人の今の食生活はどうか、リノール酸系列、 α -リノレン酸系列は十分摂っているかという話ですが、欧米に比べてはるかに日本人の方が良いのです。ところが先ほどもちょっと話しましたがけれども、子供の食べ物が非常に欧米化しておりまして、油の摂る量と ω -3、 ω -6のバランスは子供の場合にほとんどアメリカ人の平均と同じです。ですから、人でもクリティカルなところにきているのではないかと心配しています。ただし、動物実験の結果が人にどれだけ適用できるかということは、これから臨床関係の先生の御協力を得て研究していかなければいけないと思っています。

鈴木　　確かにこのことはクロフォード先生もおっしゃいましたように、非常に難しい問題だと思います。現時点では人でのデータは不足しておりますので、はっきりしたことは言えないわけですが、動物実験の結果等からいたしますと一応、人でも同じようなDHAの効果がみられることが期待できそうな気がします。それではこの辺で記憶学習能からはなれまして、それ以外にもいろいろ魚の油にはいい効果があると考えられていますので、この点について簡単に触れさせていただきたいと思います。一般に日本人は、他の民族と比べまして、魚が好きな、魚をよく食べる民族であると言われております。また、これと直接関係はないと思いますが長寿であります。欧米と比べますと、特に心血管系疾患での死亡率が低くなっています、これが魚油と関係があるのではないかとということいろいろ

と研究がなされて、多くの論文が出されていますが、この辺のところを簡単に真鍋先生に整理してご紹介いただきたいのですが。

心血管系疾患を予防する魚油

真鍋 魚油と心血管系疾患との関係について、人の場合ですが、最近知見が集積されていまして、簡単に申し上げますと次の4点になるかと思います。第1点は、抗圧作用すなわち血圧を下げる。第2点は、抗血栓作用、すなわち血栓をできにくくする。第3点は、1、2点に申しあげました抗圧作用、抗血栓作用に関連しますが、虚血性疾患すなわち狭心症、あるいは心筋梗塞といった疾患の発生を予防する。それから第4点につきましては、これは問題点もありますが、脂質代謝に関しては悪い作用はもっていない。すなわち、油でありながら脂質代謝については悪い作用はもっていないのではないかということです。この4点になるかと思います。第1点目の抗圧作用については、人間のデータがありまして、魚油を摂取していきますと、収縮気圧、拡張気圧がともに5～10mmHg程度であります。低下させることができる。その作用としては動脈をリラックス、弛緩させることによって血圧を低下させるというふうと考えられています。抗血栓作用というのは、血小板の凝集を阻害することによって、血栓をできにくくするものです。これは、血小板というのは当然我々の体の中で最初に出血を防止するために働く、核はありませんが細胞でありまして、例えば動脈硬化があったり、心臓に問題がありますと血栓をつくっていく原動力になるわけですが、そういったものの凝集を抑制することによって血栓をできにくくします。

先ほど申しました2点が動脈をけいれんさせない、弛緩させる、血栓をできにくくするという作用が恐らく強く絡まりあって虚血性疾患の発生を防止しているのではないかと考えられています。それから脂質代謝に関しては従来動脈硬化の発生には、LDLと略していますが、低比重リポタンパクが強く関係していて、それが魚油で低下させることができると以前は言われておりました、私どもはごく最近まで信じておりましたが、奥山先生から必ずしもそうではないというお話を伺いまして、この辺については少なくとも悪い作用はないと申し上げて間違いないと思います。以上が少なくとも人間に対する ω -3脂肪酸の効果としてほぼ確立している点だろうと思います。

門目 血管系については、体のどこでも同じと考えてもよいのですか。例えば脳の中も同じと考えてよいのですか。

真鍋 非常に難しいのですが、私が判断するところでは、少なくとも脳梗塞の60%は脳血栓によるわけですが、そういった点を考えますと血管（動脈）がけいれんを起こすということは、さらに血栓の形成を促進するということがありますし、少なくとも魚油は、脳梗塞に関しては予防的に働くと考えて間違いないと思います。ただ脳出血については、日本人は脳卒中の2分の1が脳出血ですが、この点につきましては通常の抗血小板効果をもっている薬が逆に脳出血のリスクファクターになっていることが臨床家では常識ですが、エスキモーに脳出血の多いこととこれがかわりがあるかというこ

とについては、将来まだまだ検討が必要な問題と思います。

増加しつつある老人性痴呆症

鈴木 ところで21世紀は長寿社会とも、高齢化社会とも言われ、お年寄りが増えていくということが一般に言われています。また、一般的にはボケ老人といわれるような老人性痴呆症などの患者が増えるのではないかとされています。この点について厚生省が調査結果を公表していると思うのですが、経済情報関係に詳しい門目さんよりお話を伺いたいのですが。

門目 一般的に高齢化社会、長寿社会ということは、誰でもそういう状態になっていくという認識はあると思うのですが、少し数字を整理したいと思います。手もとに島根医科大学のデータがあります。これは昭和63年までに亡くなった200人の患者について、家森先生が解剖の結果をデータにしたものです。65歳から97歳で亡くなられた方の解剖結果で、32%の方が痴呆の症状にかかっていたというものです。島根県というのは非常に高齢化の進んでいるところで、65歳以上の高齢人口が15%を超えていて、日本全体では2000年の状態にあたります。それでは、日本全体に拡げてみた場合なのですが、3つの問題があるかと思います。一般的に高齢者が多くなるとどういう問題があるかということ、一つは、人口構成がどんどん変化していくということです。厚生省の人口問題研究所のデータがありますし、三和銀行の総合研究所もデータをまとめています。これによると、生産年齢層を15歳から74歳にとっています、これが

どんどん減って行って、年少人口が老齡人口をこえるということが、社会的、経済的、文化的にも大変なインパクトを社会に与えるわけです。

厚生省の人口問題研究所の調査によりますと、2008年に1億3039万人になるというデータがあります。そこまで人口がどんどん増えていくということで、その間どういう変化をしていくかということをも3つの型に分けて説明していきます。一つは、1980年のはじめのころは、釣鐘型の人口構成であり、これがどんどん変わってきました、2000年になると紡錘型になるのです。上の方がふくらんで下の方が段々小さくなっていく。さらに2025年になりますとビールダル型になり、ズンドウに近くなります。つまり高齡人口が多くなって、それを支える働き盛りの人口が少なくなるという状態で、社会にいろいろな影響を及ぼすということです。

三和総研の研究ではそれが少し早まります。9月の調査ですから、人口問題研究所の調査から8年ほど経っているのですが、それによると2005年に既に人口のピークを迎えて、そこに向かって人口構成が変わっていくという言いかたをしています。3年ほど早くなっているのです。生産年齢と言われてます15歳から64歳がどういう減り方をするのかというと、1980年代をみますと日本では67.4%という数値があります。アメリカとかドイツが66.4%ですがそれに近いということです。1990年は70%ぐらいだろうといわれています。それが2000年には66.8%ということになってほぼ欧米並に近づく。さらにこれが減ってきました2015年には61.5%という世界で一番少ない働き人口を持つ国になってしまうわけです。

もう一つは、そういった高齢化社会に向かっていくスピードが日本はものすごく速いのです。世界中どこでも高齢化の問題があるのですが、そういった西側諸国の既に高齢化に達している国をみても日本ほど速いスピードで変わったところはないということです。これはいろいろなデータがありまして、一つは総理府のデータであります。これによりますと高齢人口の比率が5%から8%になるには、日本は28年間で到達しています。しかしスウェーデンでは60年かかっています。イギリスでは実に88年かかっています。また、大蔵省のデータによりますと5%から12%になるのに日本は45年かかります。これを外国に比べると西ドイツでは80年、フランスでは175年、スウェーデンでは105年かかっています。つまり1世紀近い年数で到達した段階を、日本はその半分以下で到達してしまうのだということです。さらに新しいところでは、人口問題審議会が「日本の人口、日本の社会」という報告書を出していますが、それには高齢者人口が7%から14%になるにはどれくらいかかるかというデータがあります。日本は26年間かかっています。フランスは115年間、スウェーデンは85年間、イギリスと西ドイツは45年間、どのデータをとってみても日本は高齢化社会に向かって急速に駆け上がっていると言えると思います。その結果どうということが起こるかという、一つは高齢者の罹病率が他の年代に比べ非常に高いということがあります。例えば人口1000人当たりで比べてみますと、国民健康調査ということで、1980年に出しているデータですが、これによりますと高齢人口つまり64歳以上の場合には、386.7人が病気にかかっている。これに比べて35歳から64歳の場合には142.0

人ですから約半分以下です。又、15歳から34歳になりますと36.8人となり、若い人が健康だということは当然のはなしですけれども、病気にかかる率がどんどん高くなるということは、その中にはこれまでいろいろと問題にしております痴呆性の老人も多くなるということになると思います。ですから急速に高齢化社会に向かって駆け上がっている日本の社会の中で、一方ではこういう痴呆性の症状をもつ老人が出てくると、やはり社会全体としてどう対応していくかということが大きな問題となってくるのです。この数をどうやって減らしていくかということが、今一番の問題だと思います。

鈴木 今のお話によりますと、やはり老人性痴呆症の患者が増えていくのではないかということなのですが、真鍋先生、この老人性痴呆症というのはどういった病気なのでしょうか。

真鍋 老人性痴呆症と一般に呼ばれていますのは、狭い意味での知的機能の低下、すなわち記憶力、もの覚えが悪くなるということです。もう1点は、見当識の障害。見当識というのは、自分がどこにいて周りの人たちとどういう関係にあるか、といった認識はだれにでも備わっている機能であります。こういったものが失われてしまうのです。このような知的機能の低下に伴い、問題となるのは、行動異常、情緒の問題、自発性あるいは意欲の低下、さらに問題なのがうつなどの精神障害、こういったものが伴って現れてきます。こういうものが一般的な症状であります。病理的な所見では、神経細胞が極端に少なくなってしまうということです。そこで日本

人の場合は、老人性痴呆症といわれているものの原因を分けてみま
すと、脳血管障害、先ほど申しました脳梗塞とか脳出血も含みます
が、そういったものによって痴呆になってしまうというケースが統
計上は60%くらい、アルツハイマー型といたしまして非常に広範囲に
渡って神経細胞が脱落していくタイプは日本人の場合は少なく、
大体25%ぐらいとされており、残りは両者混合型であります。欧
米ではアルツハイマー型が大多数というふうになっています。この
差というものはどうしてかということは分かっておりません。

門目 アルツハイマー型の痴呆症については、予防法はまだな
いと聞いていますが、治療法もないのでしょうか。

真鍋 予防法も治療法もまったくありません。原因が遺伝的
要因か環境的要因かというあいまいなことを考えている段階で、はっ
きりとした原因は分からないということです。

D H A は動物実験では老化一般に有効

門目 先ほどデータを少し申し上げましたが、その結果厚生白
書によりますと、2000年の段階では 100万人に近い老人性痴呆症の
お年寄りがでるのではないかとこの予測があるのですが、そういっ
た高齢化社会の中で老人性痴呆症を治療するといえますか、例えば
D H A というものを薬のように使ってそれを予防するといえることが
可能かということについて、奥山先生いかがでしょうか。

奥山 動物実験での結果からいいますと幸いなことに老人性痴呆症の半分以上が血栓性ということですから、 ω -3系列は一般に血栓性の疾患を予防することで有効だと思います。同じく動物実験ですが、老ネズミで先ほどご紹介しました明度識別型学習能をやってみましても、 ω -3系列を増やした方が、識別能が高かったという結果を得ておりまして、この点でも ω -3系列は有効だと思います。それから各種の慢性疾患を予防するという点、最終的には動物実験ですが寿命が10%伸びています。こういう点で老化一般について有効であるということが動物実験からは申し上げることができます。しかし、DHAを人が大量にとって本当に効くのかということは全く分かりません。それからどの程度の量をとっていいのかも分かっていません。この辺は、動物実験で決めていかなければいけない段階です。

高齢化社会にむけてのDHA強化食品

鈴木 大量にしかも非常にピュアなものをドンと与えるということは、難しいことかもしれませんがある程度補強するということは、いいかもしれないという段階であると思うのですね。もし、こういうことであれば、米久保さん、例えば魚油またはDHAを強化したような老人向けの食品とか飲料を開発するといったような話は業界サイドではどうなのでしょう。

米久保 これからの高齢化社会に向かって、老人用のなんらかの食事を考えなければならないと思います。そこで、一般的にシルバ

一食品とか老人用食品とかいっておりますけど、現在いろいろな企業で開発されている時期だと思います。その素材の中に魚油、D H A も取り組まれていると思います。我々のところでもそういう意味で取り組んでいるところです。例えば、一番簡単につくれるのは、D H A を強化した飲料だと思いますが、作るとはたやすいのですが、いろいろ問題がでてきます。実用上、魚油による臭いというものがありまして、粉ミルクとか油脂とかいろいろなものが含まれて複雑な風味をもっているものはそれほど気にならないかもしれませんが、飲料のようなものはさわやかさだとか味の良さなど実用化に向けて考えていかなければならないだろうと思います。

クロフォード 一つおもしろい提案を申し上げたいと思います。日本人の食事についてですが、イクラを召し上がりますよね。イクラはD H A のカプセルのようなものです。D H A が非常に豊富であり、その他の栄養素もたくさん含んでいます。ですからこれを今後も開拓し、いわば伝統的な栄養物であるかもしれませんが、食品として開拓していく余地はあるのではないかと思います。また、イクラですが臭くありませんよね。

鈴木 米久保さんのお話もクロフォード先生のお話もこれからだ、ということだと思います。もしそういった飲料などができるものであれば、例えば現在あまり利用されていない大きな魚の頭だとか、こういったところにもかなりD H A がありますので、こういったものの利用というのも今後考えていかれるのではないかと思います。

す。ところでそういった意味では我々が今食べている魚は、何とか不自由なく食べていられるわけですが、これが10年、20年後に本当に食べていけるのかということになるとちょっと心配なのですが、門目さん、このところはどうなんでしょうか。

安定供給が見込める水産物

門目 今クロフォード先生からイクラはDHAのカプセルだというお話を伺い、これは良い食品を日本人は食べているなという気がしました。日本人はこれをスジコという形で食べていますし、外国からもずいぶん輸入しています。これまでの日本人の食生活の中では恐らくイクラの嫌いな人はあまりいないと思いますので心強いかぎりです。

今の鈴木さんのお尋ねに端的にお答えすることは難しいのですが、大ざっぱに言って、ここ10年くらいは今のレベルくらいの生産量と供給量は確保できる、というぐらいは言えるのではないかと思います。10年くらいといいますのは、生産の状況はそういう話ばかりでなく、むしろ悪い要素がたくさん重なってきているのです。遠洋漁業はこういう状態になっていますし、200海里どころか公海でも世界的な資源管理が強調されているような時代で、日本の漁具の使い方までいろいろと外国からクレームが付くという状況だからです。さらに漁業従事者が非常に減っているということも、もう一つ水産物を確保するというところで問題になっています。さらに資源の問題ですと、現在400万トン捕れているイワシが今後どうなるかということ一つとってみても分からないことが多いのです。ペルー沖のア

ンチョビーがどこにいったのかということも分かっていませんし、日本にあればいたニシンがどうなって、これからどうなるかということも分かっていないのです。そういうことを考えると、これから先を予測するとういことは、非常に難しいのですが、今年2月に農水省の「農産物の需要と供給の長期見通し」の報告が出まして、これをもとにお話し申し上げますと、2000年を目標にしているのですが、総需要量でいくと1605万トン、これから140万トン程度増えていくと、10年くらいの間これくらいの総需要量が増えることになるのです。一人一年間当たりの消費量をとってみますと41.0kg、これは魚の頭とか骨とかしっぽとかをすべてとって食べる部分だけで見ますとこうなります。今よりも4kgくらい増えるというわけです。ところが国内生産量の方を見ますと、1160万トンということですから、この10年間くらいの中に、20万トンくらい減ってくるということになるのです。この減った分をどうするかというと、総需要量が増えていくわけですから、そこは実は輸入がさらに増えていき445万トンという数字がありますからこの10年間で119万トンくらい増えるということになるわけです。数字だけを見ますと魚介類の消費はわずかに伸びていく。しかし、国内生産量は減っていく。需要に追い付かないという状況がでてくるであります。しかし、その分輸入でまかなっているので問題はないという見方だと思います。これらの数字を見ていきますと問題は二つあると思います。一つは日本のこれまで誇りにしてきた四つの世界一のうち二つが揺らぎだしてきているということです。四つというのはつまり生産量、消費量、輸入量、技術だと思いますがこの生産量についてはもはや伸び

ていくということは期待できないと思います。イワシの問題や 200 海里の問題もありますが、沖合漁業で増える分を相殺していくとこういふ数字になっていきます。これを生産額で見ますと、国内の生産額は 2 兆 7220 億円なのですが、実は輸入が 1 兆円を超えていますから、魚を食べるといふことでいうと、3 分の 1 は輸入に頼っているといふことが現在でもいえるのではないかと思います。もう一つの消費量についてですが、粗食料といひますか、魚のとれた量を人口割りにした消費量なのですが、OECD が比較しているデータでは日本人は 72.1kg 食べています。魚介類を年間 10kg 以上食べている国は 7 か国ありまして、クロフォード先生の英国もその中に入りますが、これだけ食べていながら自給率をみますと数字の上では減ってきている。現在魚介類の自給率は 88% という数字がありますが、1975 年が 100% でそれからどんどん下降を続けています。水産物の輸入が増えているといふことは、先刻ご承知のことだと思いますが、その中で一番多いのがエビでありまして 28 万トン、全体の 12% を占めております。日本人はエビ好きだといわれまして、世界中からエビを買い集めているといふことで、ある国にいたってはエビを日本に輸出するために、水をどんどん汲み上げたために地盤沈下を起こして家が傾いたといふ話も聞きますが、それほど世界中からエビを集めています。一方、国内の養殖を支えているのは、イワシです。イワシの生産量は 480 万トンという数字がありますが、このうちどれだけ食用にしているかといひますと、2 割なのです。8 割は養殖魚の餌とか家畜の餌とかにまわされていますから、場合によってはそれを人間が取り戻して食べるといふことを考えれば当分魚に不自

由することはないのではないかという気がします。

もう一つには、生産はともかく何とか間にあうとしても、実は食べる方の側に問題があるのです。これは食料の消費の構造が変わってきているということです。日本で食料を自給しているといえば、米と野菜と魚でありまして、1日当たりの日本人の消費は、この12年間で2g増えるということです。12年間に2gというのはほとんど変わらないとみてよいのではないのでしょうか。ところが日本はさておきアメリカのデータがあるのですが、アメリカ農務省が1977年と1985年を比較してデータをつくっているのですが、これは19歳から50歳までの女性についての調査です。現在この世代のアメリカの女性は年間13kgの魚を食べています。ところがこの8年間で18%伸びているのです。確かに絶対量からすれば少ないのかもしれませんが、アメリカの健康食ブーム、日本食ブーム等からいまして、この傾向は他にも広がっていくでしょうし、あるいは続くのではないのでしょうか。魚をめぐる日米が取り合いということが起こることを心配する数字ではないかという気がします。

それでは日本人の魚の食べ方が、どういうふうに変わってきたかといいますと、内村会長の御挨拶にもでてきましたけれども、もともと日本人がタンパク質を摂取するということは、肉よりも魚が多かったのです。それが1975年のデータでは肉が49.4%、魚50.6%で、このときは魚がわずかに勝っていましたが、それが1980年になりますと肉54.0%、魚が46.3%で完全に逆転しているわけです。更に1988年をみますと肉が58.1%、魚が41.9%となっており、先ほど奥山先生のお話にもありましたように、日本の子供の食生活が完全に欧

米型になったと言われましたが、やはり日本人全体の食物の摂取の構造というものが、変わってきているという気がします。ということで魚を量的に確保しようということは、何かと当分はまかなえる気がします。一方では日本人の伝統的な食品である魚の消費が段々少なくなっていくような傾向は変わらないのではないのでしょうか。魚の量を確保するよりは、食事の習慣をどうやってもとに戻すか、クロフォードさんが伝統的な食事ということを言われましたが、やはり日本人の伝統的な食事というものは何であったかということにもう一度立ち返ってみる必要があると思います。

鈴木　　こういった質問をしたのは、高齢化社会を迎えたような時期に、私も魚を食べたいという人が増えてきたとき、果たして十分供給ができるかということをお心配したのですが、今のお話をお伺いしますと、何とかなるだろうということで、魚好きの私としましても安心いたしました。

さほどではない料理法によるDHAの損失

門目　　鈴木さんにお伺いしたいのですが、このDHAという成分が非常に有効だというお話がいろいろでてきたわけですが、摂取する場合、日本はいろいろ活魚ブームとか生の魚を食べる機会が増えてきているのですが、料理の仕方によってはなくなるということはあるのですか。

鈴木　　DHAという高度不飽和脂肪酸は、今まで非常に酸化分

解しやすく、不安定であるという話があったわけです。非常に過酷な条件で飽和脂肪酸などと比較して安定化試験を行いますと、確かに不安定であります。また日のあたる高温のところに長期間置しておきますと、必ず酸化されてDHAとかそういったものも減少し消失していきます。しかしながら、我々が実際に食べるときに煮たり焼いたりしたときには、減少するということはほとんどないわけです。むしろ煮たり焼いたりして鍋の上の方に油がでたとか焼いたときに落ちるだとか、そういうことで油が減少することによって食べるDHAの量が減少するという事は若干あります。そういったことを考えましても、生のものの50から60%はとれていると思いますので、生でなければ駄目だということではなくて、おいしく料理して食べていただければ何とかなるのではないかと考えられます。今までディスカッションをしてきたわけですが、奥山先生、今日のディスカッションの感想を一つ述べていただきたいと思うのですが。

期待される今後のDHAの研究

奥山 動物実験の結果というものがかなり明確になってきたと思いますが、真鍋先生がおっしゃったように、これが本当に人にどの程度あてはまるかは証明できておりません。いくつかについては人では証明できないものがあります。栄養学を振り返ってみますと、やはり人間では証明できないものは動物実験で条件を決めてそれを基準にして人間の栄養指針にしようというのが今までの慣例でした。そういう意味で今までの栄養指針あるいは現在進んでいる食べ物の

欧風化、これは現時点で見直した方が良いのではないかと思います。そういった意味で本日はいろいろな分野の方からご意見をいただきまして、私自身研究に生かしていきたいと思えます。

鈴木 クロフォード先生、これから先生はどういった研究をなさっていききたいとお考えですか

クロフォード 当研究所では診療的な技術を開発しております。これはDHAの量を出生時に計ることができる技術です。これを用いていろいろなテストを行いまして、胎児がDHAの欠乏症にかかっているかどうかということが出生時にチェックできます。その結果、脳障害が起きるのかどうかという因果関係もつきとめることができるでしょう。普通の臨床でもできますが、神経科学的なモニタリングとの両方使ってできるわけです。この出生後の科学的なモニタリングを続行していくためにこの技術を使おうとしています。どの幼児が、出生時にDHAが不足したため脳の欠陥が生じたとか、そうじゃない脳の欠陥症はどれくらいあるとか、あるいは出生後の欠陥がどのようにしてでてきたか、それとDHAの摂取量とはどういう関係があるのかということをも明らかにしていきたいと思えます。今までの研究結果によりますと、アラキドン酸とDHAが胎児のうちにとれだけとれているということが出生後の脳の障害に大きく関連しているという報告があります。それからまた、死産だとか早期の出産というものがDHAの胎児中のレベルに関係しております。また、出生後の能力にも関係しているという報告もあるわけです。

しかし、どれくらい定量的に関連性があるのかといったことは分かってないのです。未熟児の出生率ともどういう関係があるかということも分かっておりません。新生児の栄養レベルを知るのに、組織の中にどういうものがあるかということへソの緒で解析していますが、このデータにより、胎児の出生時の状態と生後のデータとの比較が段々できるようになってきておます。

鈴木 米久保さん、何かご意見がありましたらお願いします。

米久保 私は先生方と立場がちがって企業側の考え方もありますので、こちらの方からみて意見を申しますと、学問的な知識は我々としては大いに必要なわけで、今日得られたものは、これからの研究に非常に大きく寄与すると思います。今、粉ミルクという形で赤ちゃんが飲んでいるわけですが、我々はネズミの実験をやっています。それと人との違いは非常に大きなギャップがあるというお話が先ほどもありましたけれど、非常にそれは大きく感じておりますし、それは超えることができないと思いますが、できるだけ赤ちゃんの健康、順調な発育という意味で先生方の研究成果をもとによりよいものをつくっていきたいと感じております。

鈴木 時間もまいりましたので、そろそろディスカッションを終わらせていただきまして、今までのお話を私なりにまとめてみますと、DHAの多い魚介類を取り入れた食事は、脳の発達や記憶学習能の向上、さらには例えば老化による記憶学習能の低下とか老人

性痴呆症とまではいかないかもしれませんが、そういったものの予防によいという可能性があるのではないかと思います。そういったことから、魚介類は夢の物質といってもいいDHAを多く含む21世紀の食料と言えるのではないかと思います。

<プロフィール>

パネリスト ■ 奥山 治美 (おくやま はるみ)

講演Ⅰに紹介

■ マイケル・クロフォード (Michael A. Crawford)

講演Ⅱに紹介

■ 門目 省吾 (かどのめ しょうご)

NHK番組制作局チーフディレクター。昭和11年宮城県生まれ、54歳。昭和33年NHK入局後、産業科学部等で農林水産、経済番組を企画、制作。現在、経済情報番組プロダクション所属。主な著書／講座学校給食「日本人の食生活」(1987年、名著編纂会・共著)

■ 真鍋 重夫 (まなべ しげお)

東京大学医学部助教授。昭和26年愛媛県生まれ、39歳。専門／内科学、環境衛生学。主な著書／「産業内科学」(医歯薬出版)「産業保健マニュアル」(南山堂)「病態からみた微量金属」(金原出版)～ともに共著～ほか論文多数。

■ 米久保明得 (よねくぼ あきえ)

明治乳業株式会社中央研究所課長研究員。昭和22年生まれ、42歳。専門／食品化学。論文多数。

コーディネイ

ネーター ■ 鈴木 平光 (すずき ひらみつ)

農林水産省食品総合研究所主任研究官。昭和24年東京都生まれ、41歳。専門／食品栄養学。論文多数。

