

各魚種の脂質及び脂肪酸組成の解説

1. はじめに

小型浮魚類の脂質成分等の調査を2002年から実施し、2015年までのデータ等を2019年にホームページに「小型浮魚（マイワシ、マサバ、カタクチイワシ及びサンマ）の脂肪酸組成」として掲載した。これは「データ一覧表」と「グラフ（脂質・脂肪酸の量的関係と特徴）」（以下「グラフ」と略す）、さらにこれらの解説編とも言うべき表題の「各魚種の脂質及び脂肪酸組成の解説」（以下「解説」と略す）の3部構成である。今回は2016年から2020年に採取された88試料（マイワシ63、マサバ23、カタクチイワシ2）の分析データを「データ一覧表」に新たに加えるとともに、「グラフ」と「解説」の改訂を行った。

ホームページに掲載した目的は多数の試料の分析データを収めた「データ一覧表」を利用して頂くためであるが、その例としてデータをグラフ化し脂質と脂肪酸の関係を把握しやすくしたものが「グラフ」である。前回のグラフの説明は箇条書きで一か所にまとめたが、今回はそれぞれのグラフの下に説明をつけた。「解説」では「データ一覧表」のデータを「グラフ」とは少し視点を変えた数値の扱いで各魚種の特徴を示そうとした。また、読み物的な記述にすることで小型浮魚類の脂質等により興味をもって頂けることを期待し資源の動向や利用のされ方を記載すると共に、統一性に欠くことになってしまうが、トピックス的な内容なども加えた。さらに前述のようにデータの扱いが異なる「グラフ」であるが各グラフにつけた説明を「解説」に適宜取り込むことで、両者が補い合う形にした。

2節の「2. 調査事業の趣旨」から6節の「食品の脂質成分としてのデータ」までは今回の改訂で新たに書き加えた。これらは調査事業全体に関わることや各魚種についての解説を読むにあたって役立つと思われる予備知識、またデータとしては大量ではあるが掲載を見送った分析項目、さらにこの事業の進め方に影響を与えた『日本食品標準成分表』との関係などについてである。読み飛ばしても、特に理解に支障がでるものではないが、目を通して頂けるとありがたい。

ところで、この調査は多数の試料を一定の基準のもとに集めることができなければ成り立たないが、千葉県水産総合研究センターのご協力のもと2002年から2020年までに268もの試料を入手することができ感謝申し上げたい。内訳はマイワシ91、マサバ91、カタクチイワシ86である。この他に市販品等を入手し分析した。

2. 調査事業の趣旨

当協会の設立の目的は、かいつまんで言えば水産油脂類の分野において公益活動を行い社会貢献することである。定款にはこの目的に沿った事業活動が3つ定められており、本調査事業はその1つの「水産油脂及び関連物資の機能・性状及び加工利用等に関わる

調査研究」に基づくものである。つまり水産油脂の原料となるマイワシなどの小型浮魚類の脂質成分等の基礎的なデータを収集し加工利用等に役立ててもらおうための事業である。他の事業では、「水産油脂の資源・生産・流通等の調査」がある。魚油の生産量は国が調査し公表してきたが、マイワシの漁獲量が激減し生産量が少なくなり 2000 年まで調査を止めている。そこで魚油の重要性に鑑み、(公財)日本フィッシュ・ミール協会と提携して生産量の調査を行い公表している。これなどはその一つである。さらに、「調査研究並びに啓蒙普及に関わる広報出版事業」があり講演会の開催や出版等を実施しておりホームページへのデータ等の掲載はこの事業にも属する。

本調査事業に話を戻すが 1960 年代に行われた疫学調査でグリーンランドのイヌイットに心筋梗塞などの心疾患が少ないのは食事、つまり水産油脂の摂取量が関係していることが示され水産油脂の機能性が注目されるようになった。そこで、当協会は、魚油の生産量だけでなく水産油脂の中身についてのデータを収集することが水産物を有効利用等に資すると考え、脂質成分等の基礎的なデータの収集を始めた。収集したデータは、まず毎年発行する『水産油脂統計年鑑』の「魚類の分析結果」に前年分の調査結果を載せている。データが溜まったところで前出の「小型浮魚（マイワシ、マサバ、カタクチイワシ及びサンマ）の脂肪酸組成」の形でホームページに掲載している。

この調査事業は、マイワシについては 2002 年、カタクチイワシは 2004 年、マサバは 2010 年から始め、魚種によっては試料の入手が難しくなり一時的に中断したこともあるが条件が整えば再開している。なお、サンマについては 2008 年から 2012 年までで調査は終了し、他の魚種に比べ調査期間が大分短いこともあり『水産油脂統計年鑑』には掲載していない。

3. 脂質と脂肪酸の量的関係

「グラフ」は「データ一覧表」のデータを使い脂質量の変化が各脂肪酸量の増減とどう関係しているのかを見ようとしたものである。実は脂質と各脂肪酸の量的関係が議論されることはあまりない。理由は、例えば陸上動物であれば脂質は飼育の仕方などで変化しても多くは何割かの増減であり、増減に伴い脂肪酸組成が大きく変わることはまずない。つまり、脂質の増減が特定の脂肪酸の増減による可能性をあまり考える必要がないからである。ところが、小型浮魚類では脂質は少ないものと多いものでは何倍も異なり脂肪酸組成の変化も結構大きい。脂質と各脂肪酸の増減の関係は陸上動物とは違いがある可能性があり、そこで脂質と各脂肪酸の量をグラフ化することで両者の関係を明らかにしたいと考えた。しかし、元データ（「データ一覧表」）の脂肪酸組成は各脂肪酸の割合を示すだけなので、試料中に各脂肪酸がどれだけ含まれるかは分からない。脂質量に各脂肪酸の割合を掛けることで試料中の各脂肪酸量のおおよその値を知ることは可能であるが、脂質には脂肪酸以外の成分も含まれるため正確さに欠ける。脂質に含まれる脂肪酸の総量が分かれば正確さは高まる。実はこの総量は、『日本食品標準成分表』の「脂肪酸」に総脂肪酸量として記載されている。マイワシなら脂質 1 g 中に 752 mg で

あり他の小型浮魚 3 種類の数値もある。もちろん、『日本食品標準成分表』の試料と当協会が行った調査で用いた試料とは異なるので、目安的な数字ではあるが、今回の脂質の増減と各脂肪酸との量的関係をグラフ化する目的には使えると考えた。また、脂質と各脂肪酸の相関係数を表示したのでグラフの見た目だけでなく両者の関係性の強弱を数値で知ることできる。

4. 脂肪酸組成のデータの扱い

「解説」では試料中の脂肪酸量ではなく脂肪酸組成の数値で傾向を見ることにした。脂肪酸組成から脂質の特徴を把握することはごく普通に行われており、実際、魚種間の脂肪酸の違いなど理解することが容易になる。比較するために平均値が使われるが、この調査では試料数が大変多いので平均値だけでは、全体の傾向がつかみにくい。したがって、試料の最大値と最小値で示すこともよく行われる。しかし、試料の中に特殊なものが含まれると、最大値と最小値の幅が極端に大きくなる可能性があり全体の傾向がつかみにくい。特に小型浮魚類は脂質、脂肪酸ともに変動が大きいので、その可能性は高く、むしろ主要な試料が収まる範囲を示した方がその魚種の特徴がでると考えられる。そこで、約 68%の試料が入ると推定される 1 シグマ (平均値 $\pm 1\sigma$) を設定し、その範囲を示すことにした。こうしたデータの処理ができるのも試料数が十分に多いからである。

5. 掲載を見送ったデータ

『水産油脂統計年鑑』にはホームページに掲載したデータの他に漁獲場所、分析値では、たんぱく質、灰分、リン脂質、リン脂質の脂肪酸組成がある。これらのデータを省いたのは、この解説においてはあまり重要とは思われない情報だからである。漁獲場所は経度と緯度で示されており漁業の観点からは重要であるが、水揚げ港の記載があればどの方面の海域で漁獲されたものかは推測可能である。また、たんぱく質、灰分は食品などでは基本情報であるが、この解説の目的からは少し外れる。リン脂質とその脂肪酸組成は機能性脂質成分として関心が持たれるが、専門的になりすぎると思われた。

リン脂質について少し説明すると、リン脂質のほとんどは細胞膜に存在する。細胞膜は細胞の内と外を分けるもので、内側では生命活動が行われ、外側は非生命の世界とみなすこともできる。細胞膜は生命活動を維持するために必須であり、リン脂質は細胞膜の主成分であるばかりではなくその構造を維持するため絶対に必要な成分である。細胞の中の小器官も生体膜で包まれた状態で機能するが、これもリン脂質もしくはこれに類する性質の脂質が主成分である。

普通の脂質はトリアセルグルセロールと呼ばれグリセリンと脂肪酸 3 個で構成されその性状は油そのものであり膜には適さない。リン脂質は脂肪酸が 2 個で残りの 1 個は脂肪酸の代わりにリン酸を含む水に馴染む性質の成分である。膜に適する脂質の性質とは、水にも油にも馴染むことである。何故、そうなのかについて興味のある方は

ネット等で簡単に検索できるのでそちらを参照してもらいたい。

ところで、リン脂質は2個の脂肪酸を持つと述べたが何でもよいわけではなく魚の場合DHAが一番多い成分で、多いものでは40%程度含まれる。DHA以外の主要な脂肪酸の種類もほぼ決まっており、それぞれの割合も安定で変動は比較的少ない。したがってリン脂質はその量も脂肪酸の構成も安定的でダイナミックな変動に関心を持つ者にとっては収集されたデータは面白みに欠けるかもしれない。

6. 魚の脂質成分データとしての価値

1) 『日本食品標準成分表』との関係

この調査事業は水産油脂の原料となる魚の脂質成分に焦点をあてて行っているが、「2.調査事業の趣旨」で触れたように、水産油脂は人の健康との関係で注目度が高まっている。したがって、水産油脂の原料としてばかりではなく食品としてデータを収集することは重要と考えられる。『日本食品標準成分表』にはほとんどすべてと言ってよいほど多くの食品の栄養成分が掲載されており、またその数値は日本における標準値の扱いである。『日本食品標準成分表』と同様な方法で分析を行えば、当協会のデータはこれと整合性を有するものとなり、食品のデータとしての利用範囲が広がると考えられる。具体的には、まず分析のための試料の調製法であるが、『日本食品標準成分表』と同様に可食部、つまり、頭、内臓、ひれなどを除きたいいわゆる身の部分を分析対象としている。また分析法も『日本食品標準成分表』の方法に合わせてあり、すべての試料の分析は（一財）日本食品分析センターに依頼した。

ところで『日本食品標準成分表』は、きわめて多数の食品を調査する関係上1つの食品のデータは基本的には限られた数の試料の平均値である。一方、当協会の調査では大変多くの試料を分析している。理由は、対象とした魚種はすべて脂質量が大きく変動するので、どのように変動するかを調査することが目的の1つだからである。脂質が時期により何倍も異なる魚の標準的な脂質の値を1つに決めることは難しい。旬の時期、脂質の少ない時期などの数値も掲載できれば、消費の実態に近づくが、『日本食品標準成分表』は予算等いろいろと制約があると思われ簡単ではない。当協会の調査データなら、平均値だけでなく、個々の試料のデータをそのまま掲載しているので、その中から旬の時期のデータを見れば脂質がどの程度か分かる。また、マイワシ、サンマ、サバなどは脂質量だけでなく、脂肪酸組成も海域や季節でも変ることがある。したがって、脂質ほどではないが、脂肪酸組成も一つに決めるのはそう簡単ではない。つまり当協会の小型浮魚類の多くのデータを利用すれば、『日本食品標準成分表』の数値では分からない、魚の脂質成分の変動を把握することは可能である。そうした意味では当協会の調査データは『日本食品標準成分表』を補完するものとも考えられる。

2) 製造業における魚油との関係

『日本食品標準成分表』と整合性があり食品のデータとして利用可能なことは良いとして、実際に製造されている魚油との関係はどうか心配になる。10年ほど前からマイワシが北海道でたくさん漁獲されるようになり多くは魚油・魚粉の原料として利用され、マイワシを原料とした魚油が多く製造されるようになった。しかし、日本で作られる魚油の原料は、水産加工場やスーパーなどで発生する非可食部分つまり水産廃棄物が7割程度を占めている。水産廃棄物を集めて製造することはサステイナブルの観点からも重要であるが、廃棄物であるがゆえに、原料の魚を特定することは困難である。したがって、この調査事業のデータと直接比較することはできない。一方、前述のマイワシを原料にした油は魚体全部を使って製造される。魚体全部と可食部では、脂質、水分、たんぱく質などの分析結果に違いが出るのは当然であるが、脂肪酸組成についてはそう大きな差はないと考えられる。理由は、魚体に占める可食部の割合が大きいからであるが、部位によって脂肪酸組成は違うということもあり得る。確かに魚の目の周りの脂肪層にDHAが多いことが知られているが、このような部位は限られており、全体に占める割合は小さい。内臓、頭、骨、ひれなどを含む魚体全体と可食部に大きな違いはないと考えられる。当協会が毎年発刊する『水産油脂統計年鑑』にはマイワシを原料に製造された魚油の脂肪酸組成が掲載されているが、この魚油の製造年月日に近い時期に漁獲されたマイワシの脂肪酸組成も掲載しており、両者を比較するとかなり近い数字を示している。

7. マイワシ

1) マイワシ資源

マイワシの日本近海における資源量は1980年代には1,000万トン超の巨大とあってよい水準が続いたが、1990年代に入ると急速に減少して、2000年代には10万トン台と極めて低水準となった。ところが2011年あたりから回復傾向となり2017年には320万トンに達し、こうした資源状況から道東沖での漁獲が盛んになりその多くが魚粉・魚油の製造に使われた。2018年には、20年以上なかった魚油のまとまった量の輸出があり、その後も輸出は続いている。2022年の資源量は500万トン近くまでになっているが、ここ数年マイワシの成長が遅れる現象が顕著になっており、魚体の大きさ（体長、体重）や脂質量など明確に数値に表れている。原因はマイワシの数が増えたことによる餌の不足や、海洋環境の変化で餌となるプランクトンが十分に発生していないなどが考えられている。2000年代に資源が枯渇状態になったのは、海洋環境の大きな変化が主要因であるが、他にも資源が減少しているにも関わらず盛んに漁獲していたこともある。そうした反省に基づき現在は資源が良好であるが、資源に対する漁獲割合は2割程度と低くコントロールされており、マイワシを長く安定的に漁獲するための適切な対

応である。

2) マイワシの主要脂肪酸と脂質

試料総数は 112 であり 2002 年から 2020 年の間に採取したものである。そのうち 91 は前述のように千葉県水産総合研究センターから分けて頂き、残りの 21 試料は 2014 年から 2020 年に道東海域で漁獲されたものを市販品として入手した。

「3. 脂質と脂肪酸の量的関係」に記載のように、「グラフ」では脂質量の変化と各脂肪酸量の増減の関係を調べたが、「解説」では脂肪酸の絶対量ではなく脂肪酸全体の中の各脂肪酸の割合つまり脂肪酸組成と脂質を基に魚種の特徴を見て行く。脂肪酸組成から取り上げる脂肪酸は、「グラフ」で取り上げた 5 種類にオレイン酸 (C18:1) を加えた 6 種類とした。これらの脂肪酸について簡単に触れると、パルミチン酸 (C16:0) とオレイン酸 (C18:1) は動物、植物などに広く分布しマイワシの餌となる動物プランクトンにおいても同様である。また、これらの脂肪酸を魚は体内で作ることができる。EPA (C20:5) と DHA (C22:6) については生合成できない代表的な脂肪酸でありマイワシの必須の栄養素でもある。一方、エイコセン酸 (C20:1) とドコセン酸 (C22:1) は生合成が可能と思われるが盛んに作られることはなく多くは餌のプランクトン由来である。

ここから表-1 などを使いマイワシについての説明に移るが、説明の仕方は他の魚種の節においても同様であるが魚種間の比較が多い。したがって、煩わしいと思われるが適宜他の魚種の表やグラフを参照して頂きたい。パルミチン酸の平均値はマイワシが最高で 18.9%、最低はサンマの 10.4%と、4 魚種共に 10%を超える主成分であり、またすべての魚種は平均値の -1σ と $+1\sigma$ の差が 3.3%以内に収まり変動が少ない脂肪酸でもある。したがって、「グラフ」(各魚種の図-1 脂質量と C16:0 量) に示したようにパルミチン酸は脂質の増減ときれいに連動して変動係数はマイワシ 0.984、マサバ 0.978、カタクチイワシ 0.986、サンマ 0.990 (サンマは特殊と思われる 3 試料を除いた場合の値) である。一方、オレイン酸 (C18:1) の平均値は少し様子が違い、最高はマサバの 15.9%に対し最低がサンマの 4.8%であり 3.3 倍の差がある。また、平均値 $\pm 1\sigma$ は、カタクチイワシでは 7.3~9.6%とかなり狭いが、マサバでは 10.9~21.0%と 1.9 倍の開きがある。とはいえ、2 倍程度の開きは他の脂肪酸でも見られるので、オレイン酸のバラツキが大きいというより、パルミチン酸が小さいことに注目した方が良さそうである。

表-1 マイワシの脂質及び主な脂肪酸 (脂肪酸組成中) の平均値と $\pm 1\sigma$ の範囲(試料数 112)

	脂質	C16:0 パルチン酸	C18:1 レイン酸	C20:1 エイコセン酸	C22:1 トコセン酸	C20:5 EPA	C22:6 DHA
平均値 (%)	15.0	18.9	11.5	4.2	3.4	14.5	11.4
平均値±1σ*	7.6~23.3	17.3~20.5	9.8~13.2	1.6~6.8	1.2~5.5	11.4~17.6	7.7~15.2

*平均値±1σ（バラツキ具合）は全データの約68%が入ると推定される範囲である。

C20:1 と C22:1 の平均値はそれぞれ 4.2%、3.4%で他の脂肪酸に比べ低く、平均値±1σの上と下の数値は表-1 のとおり、その開きは4倍以上である。値が低くバラツキが大きいことからマイワシでは主要な脂肪酸とは言えないかもしれない。これらの脂肪酸については、「グラフ」（図-5 マイワシ脂質量と 20:1 及び 22:1 の合計量）のグラフの説明で触れたが、マイワシは脂質が約5%から15%位まで増えても C20:1 と C22:1 の合計量がほとんど増えない試料が目立つ。したがって、脂質と脂肪酸の相関係数は「グラフ」における最低の値の 0.786 である。

脂質の±1σの範囲は7.6~22.3%（表-1）と大変大きい。6月から11月には20%から30%（「グラフ」（図-7 マイワシ脂質量の季節変化）参照）と脂質量が高いものも多く、道東海域の漁期は7月あたりから始まり、この海域で脂質を蓄えながら、徐々に南下して産卵するのが2月から3月で脂質が5%前後まで低下するものが多くなる。こうした道東沖から銚子沖を経て南下するのが太平洋系群マイワシの豊漁期の回遊パターンである。

EPA 及び DHA 平均値は、それぞれ 14.5%、11.4%であり、EPA>DHA の関係である。実際、EPA>DHA なのは 112 試料中 78 で、その割合は 70%である。多くの魚類は DHA>EPA であるので（『日本食品標準成分表』）、日本では EPA の方が多い魚油はマイワシ油であると考えても良さそうだ。一方、日本はペルーなどから魚油を輸入しているが、ペルー産のカタクチイワシ（anchovy）油は、EPA>DHA の関係で EPA が 20%を超えるものもある。

ところで、EPA と DHA のバラツキ具合であるが、平均値±1σはそれぞれ 11.4~17.6%と 7.7~15.2%（表-1）であり、脂質ほどではないが試料によるバラツキが大きい、特に DHA は上と下で約 2 倍の開きがある。餌の動物プランクトン（主にカイアシ類）は種類、海域、季節などにより脂肪酸組成が変化するためと考えられる。また脂質が 5%を切る位に少なくなると、「5.掲載を見送ったデータ」でリン脂質の脂肪酸組成について触れたが、DHA が 40%程度にもなるため、脂質に占めるリン脂質の割合が高まるためその影響を受ける。

8. マサバ

資源量は 1970 年から 1980 年代は 400~500 万トンの高い水準であったが、その後急速に減少し 50 万トンを超える水準の時期もあった。しかし 2010 年を過ぎるあたりから急に増

加に転じ 400~500 万トンレベルまで資源量は回復した。しかし、このところは海水温等の海洋環境の変化で日本の沖合にあまり寄ってこない状況が続き漁獲量は伸びず、また餌のプランクトンの不足によると思われるが、成長が悪く魚体は小型化している。

漁獲されるマサバのほとんどは食用であるが、サイズが小さく加工に適さないなどの理由で養殖用の餌や、またほとんどないと思われるが魚粉・魚油の原料にまわることもある。

試料総数は 93 であり 2007~2020 年に漁獲されたもので、91 試料は銚子港に、2 試料は八戸港に水揚げされたものである。

表-2 マサバの脂質及び主な脂肪酸（脂肪酸組成中）の平均値と±1σの範囲(試料数 66)

	脂質	C16:0 パルチン酸	C18:1 オレイン酸	C20:1 エイコセン酸	C22:1 ドコセン酸	C20:5 EPA	C22:6 DHA
平均値 (%)	13.8	13.8	15.9	10.5	10.5	7.3	12.5
平均値±1σ*	6.3~21.3	12.1~15.4	10.9~21.0	7.7~13.3	7.2~13.8	5.5~9.0	9.7~15.2

*平均値±1σ（バラツキ具合）は全データの約 68%が入ると推定される範囲である。

表-2 に示すように、脂質の平均値は 13.8%で、マイワシの 15.0%に近く両者ともに脂質が多い魚種である。平均値±1σの範囲は 6.3~21.3%と広く、これもマイワシの 7.6~22.3%に似た数字であり両者共に脂質の変動幅は大きい。最小値は 1.8%、最大値は 27.7%（「データ一覧表」）であり、1.8%の試料は 6 月初旬に銚子港に水揚げされたもので、この付近の海域の産卵期にあたる。一方、27.7%の方は 9 月下旬の水揚げで、このあたりから 2 月下旬位までは脂質の高い試料が多く、いわゆる旬の時期である。

DHA と EPA の平均値は、それぞれ 12.5%、7.3%であり、DHA はマイワシの 11.4%に近いが、EPA は半分程度である（マイワシは 14.5%）。また、全ての試料で DHA>EPA の関係であり、平均値±1σは DHA が 9.7~15.2%（マイワシ；7.7~15.2%）、EPA は 5.5~9.0%（マイワシ；11.4~17.6%）であり、DHA はほぼ同じであるが、EPA についてはマイワシの方が高いものが多い。マサバの缶詰は品薄になるほどの人気であったが、DHA と EPA を共に取りたい人にはマイワシの方が 2 つの脂肪酸の合計値は大分高く有利である。

エイコセン酸（C20:1）とドコセン酸（C22:1）の平均値は、どちらも同じ 10.5%であり、マイワシはそれぞれ 4.2%と 3.4%に比べ格段に高くマサバの主要な脂肪酸である。平均値±1σは表-2 のように下と上の比率が 2%未満で、試料によるバラツキは小さい方である。マイワシの節で C20:1 と C22:1 の合計量と脂質の相関係数が 0.786 であると記載したが、マサバはずっと高い 0.927 である。つまり C20:1 と C22:1 はマサバにとって脂質を増やすには重要な脂肪酸であると言える。

ところで、エイコセン酸（C20:1）とドコセン酸（C22:1）については、「グラフ」（図-5 マサバ脂質量と 20:1 及び 22:1 の合計量）で説明書きをいれているが、より詳しくはホーム

ページに掲載してある（「知っておきたい基礎知識：DHA・EPA 以外の魚油に特徴的な脂肪酸（エイコセン酸とドコセン酸）」）に記載がある。それを引用すると、マサバの主な餌であるカイアシ類の脂質は種類によってはワックスが主成分である。ワックスは脂肪酸と長鎖アルコールが結合したものであるが、エイコセン酸またはドコセン酸と類似の構造の長鎖アルコールをそれぞれ 38% 及び 32% と極めて高い割合で含むものがある。魚はワックスを脂肪酸と長鎖アルコールに分解し、長鎖アルコールは腸粘膜で酸化して脂肪酸に変えて吸収できる。余談であるが、アブラソコムツとバラムツという魚種は油が多く、その分美味に感じるようなのだが、油の正体はワックスである。ワックスと聞くと固体と思いがちであるが、魚類のワックスは常温で液体なので食感としては通常の油である。しかし、人はワックスを消化できないため、下痢など食中毒の症状を引き起こすことがあり食品衛生法で販売等が禁止されている。

この節の最初の方で、マサバのエサ不足で成長が悪くなったと書いたが、その原因の一つとしてマイワシとの餌の取り合いと言われることがある。しかし、エイコセン酸とドコセン酸は、マサバは高く、マイワシはその半分程度で低い。この違いを単純に解釈するとマサバとマイワシは餌の動物プランクトンが違うのではないかという見方もありうる。

9. カタクチイワシ

マイワシの節でペルーから魚粉・魚油を輸入していることに触れたが、ペルーではカタクチイワシ (Peruvian anchovy) であり毎年大量に漁獲 (200~600 万トン程度) し魚粉・魚油を製造している。魚粉は中国をはじめ各国に輸出され、日本も年に数万トンを輸入している。魚粉と共に製造される魚油もまた輸出商品であり、EPA が高いものが多く日本にも輸入されている。

ところで、日本でのカタクチイワシ資源は 1990 年あたりから急速に増大し 100 万トンを超え 2000 年代に 200 万トンを超える年もあった。しかし、その後減少に転じ 2010 年あたりからは 100 万トンを下回る年もあり 2017 年には 20 万トンを切ったが 2019 年以降は増加に転じているようである。マイワシの節で資源量の変化に触れたが、概略は「1980 年代が最高で 1990 年あたりから急減し 2000 年代は底となり 2010 年を過ぎると増加」と書いた。これはカタクチイワシと全く逆の増減であり魚種交代と表現されるほどよく知られている現象である。となると前述のようにカタクチイワシが増加の兆しを見せているので、マイワシ資源は減少に向かうシグナルと見ることもできる。このところマイワシの小型化が顕著となり心配なところである。

カタクチイワシは煮干しやシラスなどの食用と養殖用の餌、他にもカツオの一本釣りで生餌としてまくなど用途は広く、また 1990 年代から資源が急減し漁獲量が少ない時期が長く続いたため魚粉・魚油の原料になることはあまりないと思われる。

さて、表-3 など分析データを見て行くと、分析に用いた 86 の試料は 2004~2017 年にすべて銚子港に水揚げされたもので漁獲は周年にわたっている。

表-3 カタクチイワシの脂質及び主な脂肪酸（脂肪酸組成中）の平均値と±1σ の範囲(試料数68)

	脂質	C16:0 パルチミン酸	C18:1 オレイン酸	C20:1 エイコセン酸	C22:1 トコセン酸	C20:5 EPA	C22:6 DHA
平均値 (%)	3.9	18.5	8.5	4.2	4.2	12.1	22.7
平均値±1σ*	2.1~5.7	17.0~20.0	7.3~9.6	1.4~7.0	1.5~6.9	9.3~14.9	17.2~28.2

*平均値±1σ（バラツキ具合）は全データの約68%が入ると推定される範囲である。

まず、カタクチイワシはマイワシなど他の3種類の魚と異なり、体長が10から14cm程度と小型で脂質をため込むタイプではないので脂質の平均値は3.9%とかなり少ない。平均値±1σは2.1~5.7%、また最大値は9.2%、最小値は0.9%（「データ一覧表」参照）であり、脂質9.2%の試料の各グラフでの位置は他と離れ孤立しているようにも見える。なお、『日本食品標準成分表』では脂質は12.1%である。

カタクチイワシはマイワシやマサバと異なり、ほぼ決まった時期に産卵するのではなくバラバラのようであるが、主な産卵期は4から8月と言われている。しかし、脂質は1年のうちいつが高いということはない。「グラフ」（図-7カタクチイワシ脂質量の季節変化）の説明書きで主な産卵期との関係で7から11月で低いようだとしたが、そのように図が見えなくもないという程度である。そもそも年間を通じて脂質が顕著に高くなることのないので、産卵による脂質の減少が目立ちにくいとは言えそうである。

DHAの平均値(表-3)は22.7%とマイワシの11.4%を約11%上回る。またEPAは12.1%であり、ここで取り上げた4種の魚ではマイワシに続く2番目の高さである。平均値±1σはDHAが17.2~28.2%、EPAは9.3~14.9%であり、多くの試料はDHAもEPAも高い。因みにDHAとEPAの平均値を合計するとカタクチイワシ34.8%、マイワシ25.9%、マサバ19.8%、サンマ18.0%となり、他の魚種に大きな差をつけてトップである。しかし、DHAとEPAをまとめて取るには有利かというところそうはならない。繰り返しになるが、脂質量が他の魚種に比べてかなり少ないので、魚肉中のDHAとEPA総量は多くはないからである。

ところで、健康との関わりで魚を食べることが推奨され、それはDHAやEPAの摂取量を増やすことでもあるが、トリグリセリドの形で摂取であり、リン脂質での摂取についてはあまり触れられない。そもそもリン脂質が魚肉中にせいぜい1%程度と少ないから議論の対象にならないからと思われる。人ではDHAは細胞膜と器官では脳や網膜に多く集まり、しかも大部分はリン脂質として存在する。赤血球の細胞膜のDHAが多くなると赤血球自体の柔らかさが増し毛細血管を容易に通過でき、「血液サラサラ」と表現されることがある。この表現は一般の方でも聞き覚えがあるのではないかと思う。それだけよく知られたDHAを多く含むリン脂質による効果である。

食事でとったリン脂質は消化され結合した脂肪酸は切り離させるが、腸から吸収されるとまたリン脂質に再合成される。DHAの生体内での行き先が上記のように重要な場所では

かもリン脂質の形なら、初めからリン脂質の形で摂取した方が有利と考えてもよさそうである。前述のようにカタクチイワシは脂質が他の魚種よりかなり少ないが、DHAをリン脂質の形で取るためには逆に好都合かもしれない。マイワシの節の最後で「5.掲載を見送ったデータ」のリン脂質の脂肪酸組成について触れたが、DHAは40%程度にもなる。DHAを多く含むリン脂質を魚から取りたいなら、脂質の少ないカタクチイワシは脂質の多いマイワシなどより有利である。それは脂質が多い分魚肉のリン脂質の含量が減じるためだが、有利と言ってもせいぜい2割程度と考えられる。

ところで、カタクチイワシのDHAの平均値は22.7%と4魚種の中では他に大差をつけて高いことを述べた。ここまで読んで頂いた方には想像がつくと思われるが、リン脂質に含まれるDHAの影響が大きい。リン脂質中のDHAは40%程度にもなることはすでに述べたが、脂質が2%ならその半分位はリン脂質になるので、トリグリセリドに含まれるDHAが仮にゼロでも、脂肪酸組成のDHAは約20%となるほど影響は大きい。逆に脂質が20%と高いとリン脂質の脂肪酸組成に対する影響度は1/10程度とかなり小さくなる。

さて、EPAのことであるが、「グラフ」(図-3 カタクチイワシ脂質量の20:5)では相関係数は0.885、他の3魚種が0.9以上でありマイワシに至っては0.960であるので、カタクチイワシは脂質とEPAの相関性は他の魚種に比べて低い。つまり、脂質が増えても他の3つ魚種ほどEPAは直線的には増加しないことを示しており、これはカタクチイワシの特徴といえ言えなくもない。

エイコセン酸(C20:1)とドコセン酸(C22:1)については、平均値はいずれも4%台で多く含まれる脂肪酸ではないところはマイワシと似ている。また平均値 $\pm 1\sigma$ の範囲は表-3のように下と上でその比が4~5倍あり試料によりバラツキが大きく、これもマイワシと類似している。「グラフ」(図-3 カタクチイワシ脂質量の20:1及び22:1の合計量)のグラフを見てもらうと、マサバやサンマのように直線状に並んでおらず、マイワシのように上下に広がるパターンである。オレイン酸(C18:1)の平均値は8.5%で平均値 $\pm 1\sigma$ は7.3~9.6%と幅は大分狭い。平均値が10%に比較的近く、バラツキの幅が小さいところはマイワシに類似している。つまりカタクチイワシとマイワシは二重結合を1個持ついわゆるモノエン脂肪酸と言われるC18:1、C20:1及びC22:1は類似した挙動を示すと思われる。

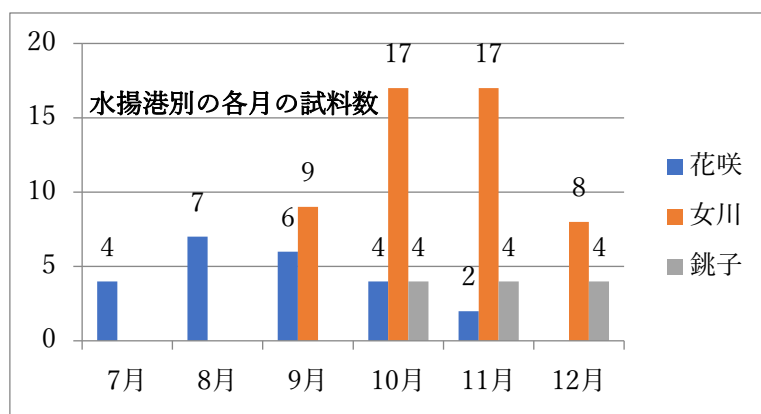
10. サンマ

漁獲量は年により10万トンから50万トンと上下することはあったものの1950年代からほぼ20~30万トン程度であった。しかし、2015年に10万トン程度になるとその後減少傾向が顕著となり2022年には2万トンを切った。水産研究教育機構のホームページ上の資料によると、サンマは太平洋の日付変更線を越えた海域にまで広く分布している。こうした広い海域について推計されたサンマの資源量は2010年あたりから減少傾向であるが、日本に近い海域の減少が顕著で漁獲量に影響しているようである。サンマ資源の中心は公海なので、外国船による漁獲の影響などが報道でも取り上げられており、これも重要な要因ではあるが、海洋環境の変化で餌の動物プランクトン(カイアシ類)がサンマの好む海水

温の海域に少なくなっているということもあるようだ。

用途は、生食や缶詰などであるが、現在のような漁獲量では大衆魚からは外れそうである。もちろん魚粉・魚油の原料となることはないが、長く続いた豊漁期には北海道などでサンマの魚粉・魚油が製造されたこともあった。

試料総数は86で2008～2012年に花咲港（北海道根室市）、女川港（宮城県）、銚子港（千葉県）に水揚げされたもので、そのころは20から35万トンの漁獲量があり現在からみればかなりの豊漁期で魚体は30cmを超え油がのったものが漁獲された。下のグラフに示したように、漁獲時期と試料数は花咲港が7～11月→23、女川港は9～12月→51、銚子港は10～12月→12である。また、グラフからは月を追うごとに北海道、東北、関東と水揚げ港が移って行く様子が分かる。実際、この調査の時のサンマは日本沿岸に沿って南下していたようである。



サンマの寿命は1年半位であるが、北海道などで漁獲されるサンマの産卵は常磐沖や黒潮及びその周辺海域で行われ、生まれた仔魚は成長と共に北上する。初夏になると動物プランクトンが豊富な親潮水域（北海道から千島沖）、さらに一部は東方の海域を回遊して成長し脂質も高くなり、この時期から北海道で漁獲が始まる。その後産卵準備のため8月半ば頃から南下し始め、早いものでは秋から産卵が始まり翌年の春から初夏まで続く。脂質は産卵準備に使われ減少して行くが、「グラフ」（図-7 サンマ脂質量の季節変化）にその様子がきれいに表れ、脂質は直線的に下がるパターンである。このグラフの数値を見ると7月、8月には30%を越えるものがあるが、月が進むにつれて減少し12月には10%程度のものも出てくる。しかし、現在は、サンマは以前に比べれば日本沿岸に殆ど寄ってこなくなり、また魚体は小型化し痩せているとのことなので、2008～2012年の調査時期のように脂質がダイナミックに変動することはないように思われる。

表-4 サンマの脂質及び主な脂肪酸（脂肪酸組成中）の平均値と $\pm 1\sigma$ の範囲(試料数112)

	脂質	C16:0 パルチン酸	C18:1 オレイン酸	C20:1 エイコセン酸	C22:1 ドコセン酸	C20:5 EPA	C22:6 DHA
平均値 (%)	21.2	10.4	4.8	15.9	21.9	6.0	12.0
平均値±1σ*	15.4~27.1	9.1~11.8	3.9~5.7	13.8~18.1	18.7~25.1	4.8~7.1	10.9~13.2

*平均値±1σ（バラツキ具合）は全データの約68%が入ると推定される範囲である。

さて、表-4の脂質の平均値は21.2%であり、ここで取り上げた4魚種では一番高く、次のマサバが13.8%なので大差である。平均値±1σは15.4~27.1%と多くの試料は高いところにまとまっている。また、『日本食品標準成分表』のサンマの脂質は24.6%なのでこの調査と類似した値であるので、一般にサンマは油が多いというイメージがあると思われるが、これを裏付けている。しかし、前述のようにサンマの小型化など近頃のサンマは様子が異なり脂質は上記の数値より大分低いと予想される。

脂質量は現在のサンマと結構違いがありそうであるが、脂肪酸については、10%を超えるような主要な脂肪酸は脂質量ほど大きくは変動しないものなので、現在のサンマでもここで示すデータは当てはまると考えられる。サンマでまず目につく脂肪酸は、エイコセン酸（C20:1）が15.9%、ドコセン酸（C22:1）は21.9%と極めて高いことである（表-4）。また平均値±1σはC20:1が13.7~18.1%、C22:1は18.8~25.1%とその範囲は狭く、まさにサンマの主要な脂肪酸である。サバの節で、これらの脂肪酸の供給源になるワックスを主成分として含むカイアシ類に触れたが、これだけ数値が高いと、この種の動物プランクトンをサンマが好むと言えるかもしれない。

ところで、C22:1は昔のナタネ油（在来種）にはエルシン酸（C22:1n-9）として約40%も含まれていたが、最大の産地のカナダでの品種改良によりエルシン酸はほとんど含まなくなり、こちらが主に流通し1980年頃には在来種のナタネ油と入れ替わった。品種改良の理由はエルシン酸を多く摂取すると心臓に蓄積し機能障害を引き起こすことが動物実験で明らかになったことなどである。しかし、こうしたエルシン酸の悪影響は確定までには至っていないようであるし、サンマを食べる位では食用油とは異なりC22:1の多量摂取にはつながらないので問題視することはない。一方、サンマのC22:1は上記のエルシン酸とは二重結合の位置が2つ違うn-11である点が異なるが、最近の研究報告では、C22:1n-11は腸内細菌叢を介して抗動脈硬化作用を示すデータが得られており、血管の内皮機能の改善がその要因とされている。新たな魚の機能性を有する脂肪酸として注目したい。

他の脂肪酸ではDHAはEPAの6.0%に対して12.0%と高く（表-4）、12%台であるのはマイワシやマサバと同じである。前述のように現在のサンマの脂質は下がっている可能性が高いが、以前のサンマであれば脂質が高いのでマイワシやマサバよりDHAを摂取するには効率が良い食品である。他の特徴としてはC18:1（オレイン酸）が4.8%は他の魚種に比べ格段に低い（マイワシ：11.5%、マサバ：15.9%、カタクチイワシ：8.5%）。これなども餌となるメインの動物プランクトンが他の魚種とかなり異なることを示していると考えら

れる。

11. おわりに

この調査事業は4魚種、総数で377と多くの試料を分析していることが一番の特徴である。また千葉県水産総合研究センターから提供して頂いた試料が多くを占めるため、試料による偏りが少ない分析データが得られたと考えられる。分析項目は水分、たんぱく質、脂質、灰分、リン脂質、抽出油の脂肪酸組成及びリン脂質の脂肪酸組成の7項目と多く、また分析データ以外の情報として、体長、体重、水揚日もしくは試料購入日、漁場もしくは水揚港である。したがって、データはいろいろな利用の仕方が可能と思われる。この調査では脂質と脂肪酸組成の関係を中心に据えて、①「脂質の増減と関係の深い脂肪酸はどれか」②「魚種により脂肪酸組成に違いはあるか」③「脂肪酸の違いで変動に大小はあるか」④「季節による脂質変化」などを見てきた。脂質や脂肪酸組成については全試料の平均値を算出したが、体長のデータあるので、魚の成長との関連を調べる目的で体長により3つのグループ程度に分けて算出することもよく行われており、そうした利用法もある。また、中核となる試料の傾向をみるため平均値 $\pm 1\sigma$ の範囲の脂質や脂肪酸の数値を調べたが、逆にこの範囲から外れた試料にフォーカスをあてて見てみることで、新たな知見が得られる可能性も皆無ではないと思われる。前述の④「季節による脂質変化」では脂質だけでなく、脂肪酸組成もしくは脂肪酸量の季節変化の有無を調べることも考えられる。ホームページ上に掲載したデータをいろいろな形で活用して頂けることを期待したい。

以上