

(8) クリルビジネスのフロー

1) クリル取扱い企業のヒアリング結果からわかる商流

一般的なクリル加工の流れは、主漁場である南極海から、漁獲後、船内加工施設で生もしくはボイル処理後に冷凍された後、若しくは低温乾燥された後、運搬船に積み替えて陸上加工施設に搬送される。通常、クリルオイルは陸上施設にて溶剤処理により抽出・精製される（従来方式）。しかし近年チリやノルウェーの漁業加工船はクリルオイルまで船内で製造することが可能と言われており、これに使用されるクリルは生きている状態のものを真空ポンプで汲み取って漁獲されたものと言われている（非従来型方式）。真空ポンプでくみ上げられたクリルは数分以内に抽出機でオイルになるとされている。クリルオイルを抽出するための溶剤は海上での使用が禁止されているため、溶剤を使用せず（超流体抽出法・未臨界抽出法・酵素支援抽出法）と呼ばれる技術でクリルオイルを製造しているが、技術特許で固められており具体的な技術上のメリットや製法、製品の品質については不明な点が多い。従来方式ではミールも陸上施設で生産されることが多いが、製造ラインを持った漁業加工船内で製造されるものもある（図 3-35）。

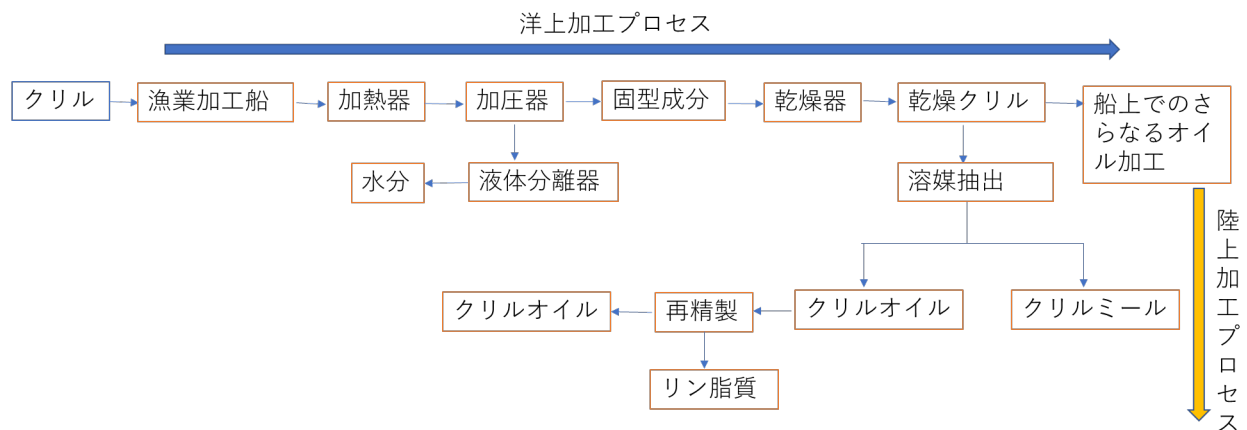
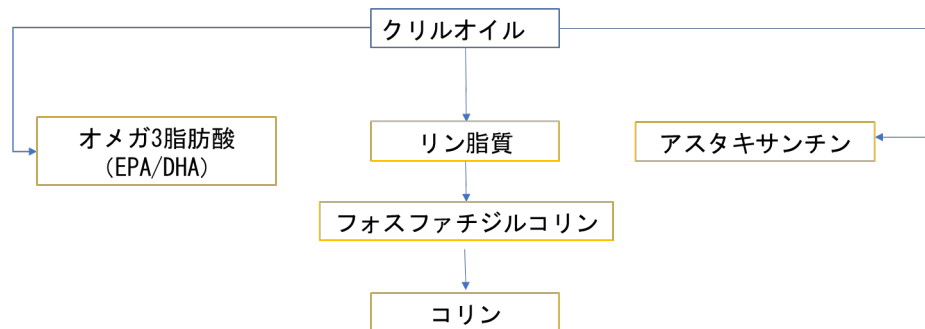


図 3-35 クリルオイル加工工程（調査チーム作成）

クリルオイルは、健康機能性食品としてソフトカプセル詰めされて販売されるものが多い。リン脂質、EPA、DHA などのオメガ 3 脂肪酸、アスタキサンチン、コリンなど加齢と共に増加する慢性の疾病（心臓病、高血圧症、高脂血症、糖尿病など）や、認知症、婦人病、皮膚病などに効能があるとされており、医薬品への応用についても研究が進められている。また、ペットの健康面にも注目されていることからペットフードへの添加も市場を広げる要素となっている。

一般的なクリルオイルの成分構成は図 3-36 のようになっている。



成分構成	グラム（100gクリルオイル当り）
リン脂質合計	≥40
コリン	≥ 5
オメガ3脂肪酸計	24
EPA	≥12
DHA	≥5.5

図 3-36 クリルオイルの成分構成 ²⁹

クリルミールは、養殖用配合飼料（特に初期餌料用）、観賞魚用餌料、ペットフードへの添加、新しいタイプの商品であるが飲料への添加などの用途がある。養殖業に使用されるクリルミールは日本では初期餌料用（モジャコ、サーモン、ウナギなど）及び色付け用（マダイ、トラフグ、エビなど）にほぼ限定されており、量的には多くはない。養殖飼料、加工食品等々に使用される。

クリルオイル及びクリルミール製造のビジネスモデルは図 3-37 のとおりである。

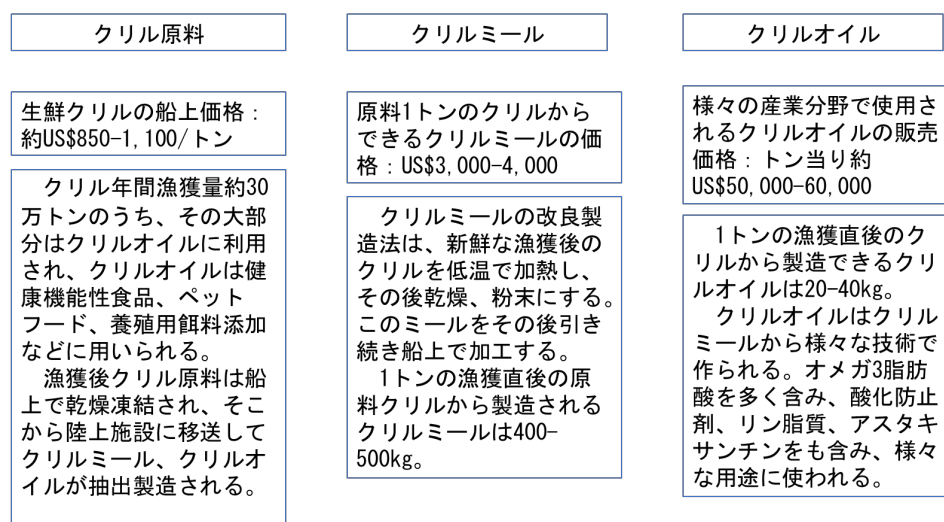


図 3-37 クリルオイル製造のビジネスモデル ²⁹

その他、漁獲されたクリルを船上において生でそのまま冷凍、若しくはボイルしてむき身にして冷凍した釣り餌、加工食品、養殖餌料用の原料用途のクリルがあり、かつて日本漁船が南極海で操業していた時代あるいはそれ以前からソ連などが大量に漁獲していた時代からの用途はこのカテゴリーのものである。摂餌誘因機能が強く、代替生餌が無いために釣り餌として継続的に利用されることが想定される。日本以外では韓国、台湾、ベトナム、タイなどで釣り餌としての需要が根強い。加工食品としてはキムチへの添加、調味料、菓子類、冷凍食品等様々商品化に使用されているが、大きな市場にはなっていない。原料が安価で安定供給できるようになれば、加工食品はエビ類と一緒に混ぜて使うか、またはエビ代用品としてエビより安価である分ポテンシャルがあると思われる。クリル加工食品の商品化は中国、韓国、台湾で冷凍食品を中心に広がりを見せており、また缶詰はロシア、ウクライナで製品化されている。

ノルウェーAker BioMarine社はクリルオイル精製法について多くの特許を取得しており、製造はほぼ独占状態で、市場規模を拡大しつつある（日本ではこれからの模様）。同社は船内工場において真空乾燥機で60℃で乾燥させ、水分を極力少なくし油分を濃縮させた上で米国の精製工場（テキサス州）に輸送し、オイル抽出を行っている。

以上述べてきたクリルビジネスのフローを図解すると次の図 3-38 のようになる。

また、主に冷凍クリルを商品として製造する韓国の精一産業のビジネスフローについて紹介する（図 3-40）。

精一産業は Sae in Leader と Sae in Champion の2隻を用い CCAMLR 指定の 48.1 小海区及び 48.2 小海区で操業している（図 3-39）。漁法は中層トロールであり、水深 150m 未満で曳航される。混獲は非常に少なく、漁獲重量の 99%以上がクリルである。漁獲物は船内冷凍された後、海上もしくはフォークランド諸島の港でコンテナ運搬船に積み替えられる。製品は釜山港（韓国）と福岡港（日本）に陸揚げされる。釜山港に陸揚げされたものは韓国、中国、タイ、カナダの業者へ輸送され、福岡港に陸揚げされた冷凍クリル（生タイプ、ボイルむき身）は国内企業に輸送される（表 3-10）。陸揚げ終了後は Fisheries Monitoring Center（韓国水産監視センター）に陸揚げデータが報告され、そのデータは韓国水産庁等漁業関係機関に報告される。

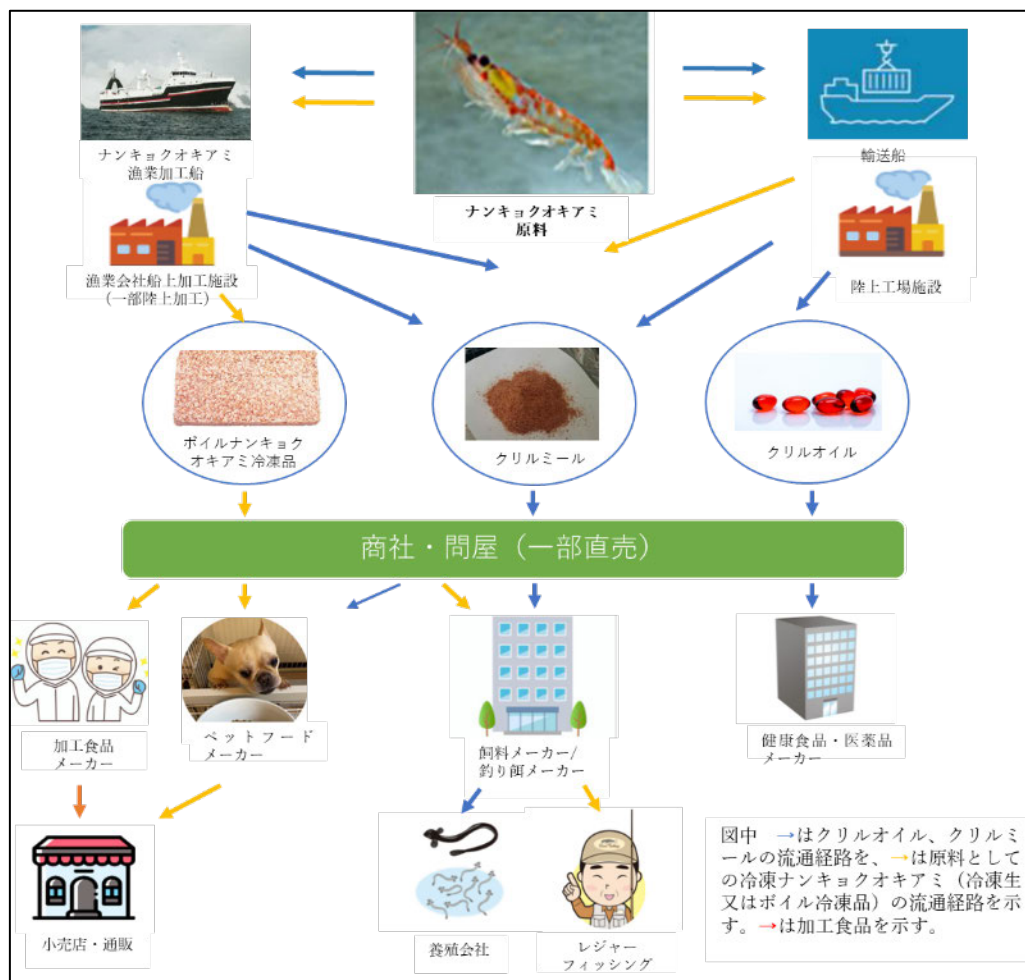


図 3-38 クリルビジネスのフロー（調査チーム作成）

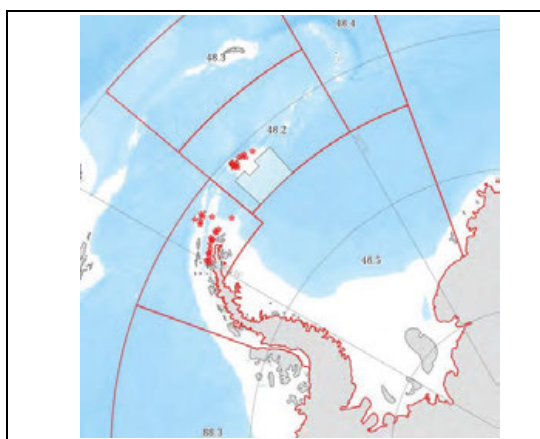


図 3-39 精一産業漁獲水域（MSC 報告書より抜粋）赤点が漁獲水域を示す

表 3-10 精一産業の輸送先国と主要取引先

輸送先 国	主要取引先
韓国	Dayyang Krill Co.,Ltd , Shinshun susan Co.,Ltd
中国	Shanghai Yimin Aquatic
カナダ	Krill Canada Corporation
日本	国内企業
米国	GB Aqua Inc.
タイ	Reefer Tradaing Co., Ltd



図 3-40 精一産業ビジネスフロー

(9) クリル漁業と利用研究の歴史（参考）³⁰

クリルは 1970 年代から南極海において商業漁業で獲られてきた。南極海では重量トン数で常に最大の漁業である。歴史的な変遷を見ると、初期はソ連が圧倒的に多く漁獲を上げていたが、その後日本が座を奪い、近年ではノルウェー漁船が圧倒している。漁獲目的も歴史的変遷があり、初期は主に人の食用にされていたものが、その後は養殖用餌料や少量だが希少なクリルオイル生産目的となっている。漁獲量は 1970 年代終盤から 1980 年代初期にかけてピークとなり、年間 50 万トン前後であった。この頃の主要漁業国はソ連、日本、ポーランド、東ドイツ、チリなどであった。1980 年代中盤以降に漁獲量は急減し、1991 年のソ連崩壊と共に同国による漁獲は無くなった。以後 2009 年まで年間 12 万 5 千トンレベルで低位安定した。この時期には主に日本と韓国による漁獲が多かった。2009 年以降、漁獲量は再び増加に転じ、2013～2014 年には 30 万トンに達した。丁度この頃ノルウェーが参画したことが漁獲量を押し上げた要因だが、韓国、中国の進出も大きく影響した。

初期の漁業は漁労と加工技術を開発することを目的とし、商業ベースで稼働すると人の食糧と動物用の餌としてのミールが中心となった。80 年代に入り、クリルの利用目的が酵素、他のタンパク源、脂質、キトサンなどへと利用目的の広がりを見せた。90 年代以降、養殖用の餌料としてミールと冷凍ホールクリルとしての活用が始まり、さらに近年では人の健康のためのサプリメントとしてクリルオイルが利用されるようになった。

(1970 年代)

動物用飼料、クリルタンパク質ペースト、冷凍ボイルホールクリル、乾燥クリル、筋肉ミンチ、尾部の肉→殆ど人の食用。

クリルは船上に水揚げ後 1 時間以内に加工される必要があった（人の食用）。

同 3 時間以内に加工される必要があった（動物用の餌）

(1980 年中盤)

クリルの外殻（特にカラパス）に高濃度のフッ素の含有が発見され、動物用の餌への使用と人の健康へのマイナスの影響が心配されたため、一旦需要にも影響が出たが、その後フッ素の減少や減量化のための研究が進み、動物用の餌や人用にも利用可能となった。

(1990 年代以降)

企業は研究を続け、プロダクトミックスを試みるようになった。2014～2015 年の CCAMLR 発表によると、内訳が冷凍ホール 18、ボイルむき身 3、ミール 15、オイル 3、その他 5（冷凍クリルミート、加水分解物、脂質複合体、ペースト、むき身など）となっている。これが意味するところは 1 社 1 生産物ではなく、複数の生産物の製造を行っていることを意味す

³⁰ Biology and Ecology of Antarctic Krill edited by Volker Siegel Springer, 2016

る。

依然冷凍クリルのバルク生産物が主流だったが、少量の特殊な生産物が明らかに増加した。

クリル漁業は主要な港から遠く離れた場所で営まれる極めて困難な環境条件下の操業であるため、気まぐれでできるものではなく、高いコストとローリターンが参画企業の悩みであり、長期的な投資計画の中で初めて芽を出すものである。

（1990 年代後半からの特許競争）

1974 年から 2014 年までの間に計 1,040 ものクリル関係の特許が生まれた。最も多く出願、承認されたのは 2010 年から 2014 年までで、355（全体の 34%）ある。同期間、加工技術関係が 45%（例えば低フッ素や医薬品使用目的で使う高品質オイルとミールなどの加工抽出技術など。医薬品利用に限ると 29%も占めており、近年の製薬業界や健康機能性食品分野での高付加価値化に的が当たっている。）であり、中でもノルウェーの過去数年以内の当該分野の特許取得への移行は顕著であった。同国は 1976 年から 2008 年の期間クリル関係の特許は全体の 2%であったが、2010-2014 年は 8%まで増加。中国は 2012 年から 2014 年の間に 129 のクリル関係の特許を取得している。中国の特許は高品質生産品の加工技術に関するものが多い。

【人の消費用製品】

近年、人の食用として利用されているバルクのクリルのごく少量が養殖用に使用されており、それに加え健康サプリ用のクリルオイルに利用されている。人の食用としてのクリル研究も続いているが、人の食用クリルは経済的に有効でフッ素除去の効果的な方法の開発にかかっている。

【釣り餌・観賞魚用の餌】

1990 年代と 2000 年初頭の日本のクリルの 34%はレジャーフィッシング用の釣り餌と、観賞魚用の餌として乾燥クリルが使われていた。現在では日本漁船がクリル操業から撤退したため、これらの目的で使用されるクリルの量や割合を推定することは困難になった。

【養殖用の餌】

過去 30 年間に肉食性魚類の養殖生産量が飛躍的に増加してきた。これに伴いフィッシュミールや海面漁業副産物の需要が伸びた。天然魚の減少の故、養殖産業がこれを補い費用効果の高い餌料が求められている。クリルミールをフィッシュミールの代替として用いる試みも行われている。クリル操業経費が高いため、クリルミール価格も高くなり、用途も特殊なものに絞られる。付加価値の高いタンパク質、摂餌効果を高める試薬、色付け、成長促進剤、オメガ 3 脂肪酸の養殖餌料への添加などである。クリルミールはフィッシュミールに比

較して栄養価が同じかそれ以上とされている。

【キチン】

クリルの外殻はキチンを含み(乾燥重量の40%未満)、この物質の市場を育んでいる。1980年代初頭、ポーランドの研究者はクリルミート製品製造工程において通常捨てられている外殻の廃棄物利用の研究を行った。キチンはキトサン製造の主要原料となり、キトサンは凝集剤、怪我の治療薬、様々の製剤を運ぶ器になる。

【顔料】

クリルの赤色はアスタキサンチンである。他のカロチノイドもその外殻に含んでいる。この顔料を養殖魚種の色付け改善のために養殖用餌料として利用する研究が行われてきた。人工的に合成できる顔料は養殖魚に使用されているが、消費者はより自然の産物を求める傾向がある。

【クリルオイル】

1970 年代初頭、高品質タンパク源としてクリルはそのオイルも人と動物に消費されていた。ダイエットサプリとしてオメガ3脂肪酸に対する需要は増加し、過去15年間、フィッシュオイルが機能性食品、製薬市場で研究されてきた。海産物由来のオメガ3脂肪酸とオメガ6脂肪酸はスポーツ選手の体調維持や病気予防、心臓血管の疾病、月経前症候群などに効果があると長年認識されてきた。

クリルオイルの高脂肪酸は自己免疫性ネズミ狼瘡や心臓血管疾患、関節炎の治療に効果があり、酵素、抗酸化アスタキサンチン、キチンが肝臓の疾病治療に効果的であるとする研究報告がある。また、これらが人の良好な健康状態を維持するとも言われている。これらの効能はフィッシュオイルよりも優れているという研究報告もある。

2004 年、オメガ3脂肪酸製品の欧州市場規模は約 US\$194 百万あり、海産物由来の同等製品の3/4を占めていた。しかしながら価格が高いゆえに、世界のフィッシュオイル市場の5~6%に過ぎなかったと言われている。近年、クリルオイル製品の年間生産量は1,000 トン未満と言われており、それに使われる原料クリルは漁獲量の10%未満と見積もられている。

【酵素】

クリルの消化器官に含まれるタンパク質分解酵素は、漁獲後急速に肉の変質を引き起こすためはじめは大きな課題であった。しかしこれらの加水分解酵素、とりわけカルボヒドラーゼ、ヌクレアーゼ、フォスホリパーゼは異なる医療分野で応用利用されている。脊椎損傷、壊死性の傷、臨床薬応用分野で治療に用いられている。

(10) 国別操業実態の補足（中国・ロシア・ノルウェーの最新情報）

1) 中国

2020 年、ピンタン・マリン建造を中止した。

2021 年 8 月、上海チョンヘ産業グループ（チョンヘ海洋重産業（株）：CMI）は Shen Lan 1 号の運行を上海カイチュワン海洋国際（株）に移転した。運航のための経験豊富な船員と搭載している加工設備の誤動作が原因といわれている。

2021 年に契約した CMI の Shen Lan 2 号は再設計の要求があり契約がまとまらず、フィンランドのワルシタ造船会社が契約を凍結した。

2019 年、Deep Blue は進水し、CCAMLR に登録されたが、実際は 2021 年 12 月黄海で試験航海したばかり。ポンプ式漁獲 24 時間連続操業。船上で冷凍、缶詰、ミール（パウダー）、オイル製造を自動で可能である。³¹

中国市場はクリル需要が高く、養殖用飼料原料としてもよく使用され、中国漁船が漁獲するクリルは自国市場への供給が優先されているように見える。クリルミールもクリルオイルも約 50%は中国に供給されている印象がある（大手日本商社）。



図 3-41 中国漁船 Shen Lan

2) ロシア

1980～1990 年代は世界最大のクリル漁業国。1991 年のソ連邦の崩壊後ロシアはクリルに関心が無かった（以下全文 Tharos 社²⁶）。

クリル操業に進出を果たしたい企業は 3 社（Norebo Holding, Russian Fishery Company（RFC）, V. Lenin Fishing Collective Farm）であった。

年間 30 万トン漁獲したい計画だが、2006 年ムルマンスクの失敗もあり、慎重に市場と生産ラインを研究してから進出する計画（目標としては 2024～2026 年）と言われている。

2021 年 2 月、ロシア連邦水産局は補助金を拠出し、また商業産業開発省の施策として 2013～2030 年の海洋分野における造船と資機材の更新のため、極東地域の造船所で漁船を建造

³¹ Seafood Source, <https://www.seafoodsource.com/news>

した場合に建造費用の 20%を補助することを発表した。

さらに、最近政府の省令（2021 年開始の漁業コンプレックス計画）で、南極のような遠洋操業船の燃料費の 30%を補助することも発表された。

クリル漁船の建造については、建造費の 30%を補助し、クリルミールとオイル生産に必要な資機材についての要望を聞くための省令（案）を準備中のようなのである³²。

2020 年 5 月、AtlantNIRO 号による 5 カ月間の調査の結果、南極大西洋域にはクリルの潜在資源量 6,000 万トン（17 年前より高水準）あり、ロシアは CCAMLR のメンバー国でもあるので、近年のノルウェーや中国が年間 313,000 トン漁獲している中にあっても、年間 62 万トンの上限規制ラインを超えることなく、ロシア漁船が漁獲できる余地があるとしている³³。

クリル漁業ではロシア漁船一隻あたり十分なクォータを与えることができ、高い生産性を上げることが可能であるが、ロシア国内にはクリル製品の安定した需要が無く、市場を見つける必要がある³⁴。

5 隻新造船計画があるが、実際の操業は一部行われている模様。他国からの輸入品である可能性もあるが、日本メーカーに販促の打診があった（2022 年 2 月国内企業）。

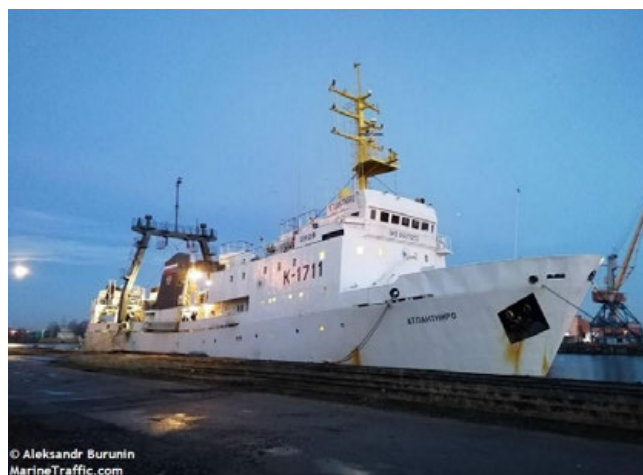


図 3-42 ロシア漁船 AtlantNIRO

³² Seafood Media Group, Fish Information & Services

³³ Ivan Stupachenco, 2021

³⁴ Sergey Sennikov, Norebo (<https://www.neweurope.eu/article/fishing-for-the-future/>)

3) ノルウェー

2010 年代中盤から最大のクリル漁業国となったノルウェーは、漁業加工船、加工設備に対する投資も世界最大である。また、ノルウェーは調査員を乗船させ、科学的調査に協力的であることが国際的に中国よりも大きな存在感を示している（チリ Tharos 社²⁶⁾。

また、同国の最大の特徴は、Aker BioMarine 社がクリルの漁労から加工、運搬、クリルオイル製造、世界 65 カ国以上の国への供給販売、商品の研究・開発を独自に一貫して行っていることであり、他国、他企業の追随を許さない態勢でビジネス展開している。また、持続的な漁業を実践していることを対外的に PR することにも積極的に投資しており、環境保護団体等 NGO 等に定期的な報告も行っている。

同社の商品開発はクリルオイル、クリルミールに絞っており、健康機能性食品、養殖及び、ペットフードの開発を中心に、近年では製薬会社や大学等と研究開発を進め、医療用目的の商品開発も進めている。例としては皮膚の水分や弾力性を保持する商品開発や運動選手のパフォーマンスを向上させる商品開発などがある。ペットの免疫力向上や循環器の強化、関節の強化などペット業界でも注目されている。

長期的投資計画をもって投資額が大きい年の利益は小さいが、翌年は投資を抑えて利益を大きく伸ばし、ここまで順調経営を実践している。（以上 Aker BioMarine 社年次報告書）

2018 年 US\$140 million でハイテク漁業加工船” Antarctic Endurance” 建造・進水させ、さらなる効率的製品製造能力強化を進めている。

同社の日本駐在代表によると、日本市場に対してクリルオイルの供給を強化したい意向であるが、日本市場ではクリルに対する認知度が低いこと、環境に配慮した持続的漁業で漁獲したクリルを商品化したことを PR しても市場（消費者）の関心は低いという印象を持っているということであった。



図 3-43 ノルウェー漁船³⁵

³⁵ The Guardian, <https://www.theguardian.com/environment/2021/sep/07/license-to-krill-the-destructive-demand-for-a-better-fish-oil>

(11) 養殖・家畜用飼料用途クリルミールのポテンシャル

漁獲されたクリルの用途のうち、飼料タンパク質原料として使用されているクリルミールのポテンシャルに注目した。それを把握する上で現状において一般に使用されている各種ミールの調査を行った。Global Krill Fishery Market Analysis (2020)²⁸によると、クリルミールは養殖用飼料（特に仔稚魚期用初期餌料）、家畜用飼料、観賞魚用餌料、ペットフード、加工食品原料として需要があり、中でも飼料用途としての利用が多いとされる。しかしながら価格面では養殖や畜産に使用される配合飼料の主要原料である魚粉、大豆油粕、チキンミール、フェザーミールよりも高価であり、養殖分野では高級魚の栄養強化、疾病耐性強化の観点から初期餌料への配合、若しくはエビ、サケなど肉の色付け目的で使用されている。家畜用飼料としては、同報告書において世界的にはクリルミール需要があるとされているが、どの国でどれくらいの量が実際に使用されているかデータを入手することはできなかった。クリルオイルの成分であるアスタキサンチンは色付けに使用され、卵黄の良い色付け原料になるとされているが、実際には価格が安い合成アスタキサンチンが使用されるのが普通とされる。

日本では1970年代に畜産用飼料としてのクリルの利用性が研究された。養豚飼料中へのクリルのタンパク質原料としての配合が良好な成長を示したことが報告されていた（古橋、1978）^{36, 37}。しかしながら、価格面の課題が多く、現在は畜産用飼料原料としてクリルは使われておらず、利用性についての研究もなされていない。

近年は畜産用飼料原料として抗酸化物質の利用が盛んに研究されている。クリルはアスタキサンチンなどの抗酸化物質を含有しており、これが畜産用飼料原料として活用できる可能性は示唆されている。

飼料用クリルミールの用途として最も可能性があるのは魚粉代替としてのタンパク源としてのものであるが、チリ、ペルー産アジやアンチョビーを原料とする高級魚粉同等かそれ以下の価格で調達できることが要件である。

以下に魚粉、大豆油粕、チキンミール、フェザーミールの世界の生産量、使用量、貿易量について説明を加える。

³⁶ 古橋 圭介、小山 昇、梅本 栄一、菅原 幸（1978）「養豚飼料における南極オキアミの代替利用性について(1)」『神奈川県畜産試験場研究報告』68: 69-74

³⁷ 古橋 圭介、小山 昇、梅本 栄一、菅原 幸（1978）「養豚飼料における南極オキアミの代替利用性について(2)」『神奈川県畜産試験場研究報告』68: 75-79

1) 魚粉

① 世界の魚粉生産量と価格推移

世界の魚粉の生産量と価格の推移について図 3-44 に示した。魚粉価格は 1994 年に最小値を示した以降は上昇傾向となっており、2019 年時点では 157.88 円/kg となった。魚粉の生産量は 1994 年に最大値を示した後は急激に減少しており、2010 年以降は 380 万トンから 450 万トンの間を推移している。

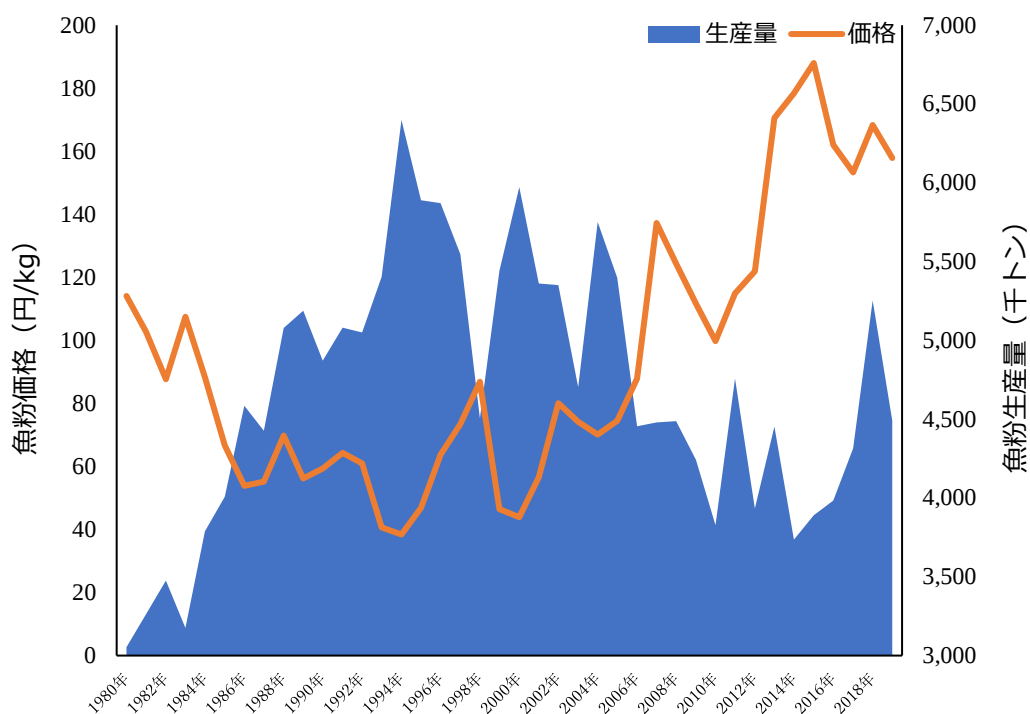


図 3-44 世界の魚粉価格と魚粉生産量の推移³⁸

³⁸世界銀行 Commodity Markets-World Bank, <https://www.worldbank.org/en/research/commodity-markets>

2019 年時点での世界各国の魚粉生産量を図 3-45 に示した。魚粉の生産量は上位 5 カ国で世界合計の 47.8%を占めていた。特にペルー、ノルウェーはアンチョビー魚粉を製造しており、日本への輸出量も多い。

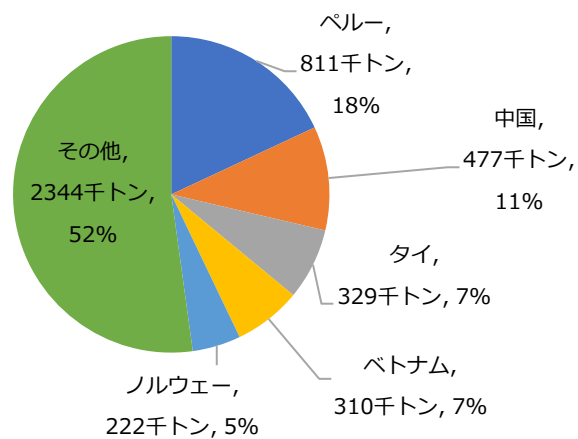


図 3-45 各国の魚粉生産量 (FAO 水産統計) ³

② 世界の魚粉貿易量

2019 年の世界の魚粉輸出量を図 3-46 に示した。世界の魚粉の輸出量は上位 5 カ国で世界全体の輸出量の 55%を占め、特にペルーは 1 カ国で世界の 3 割以上の魚粉を輸出している。

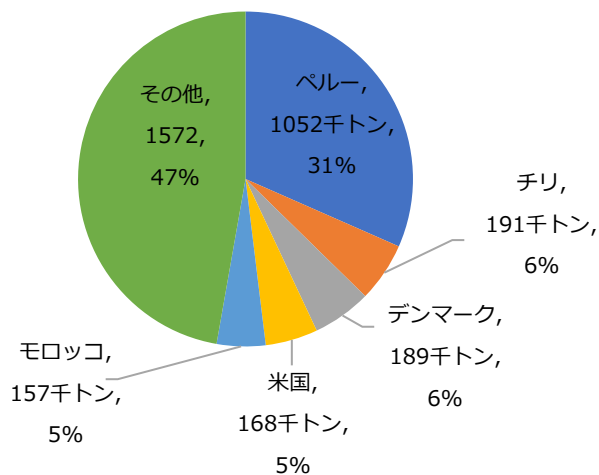


図 3-46 各国の魚粉の輸出量

また、2019 年の世界の魚粉の輸入量を図 3-47 に示した。世界の魚粉の輸入量は上位 5 カ国で世界全体の輸入量の約 59%を占めており、特に中国は輸入量全体の 40%もの魚粉を輸入している。また、中国は世界第 2 位の魚粉生産国でもあり、中国での魚粉消費量が非常に多いと推定される。

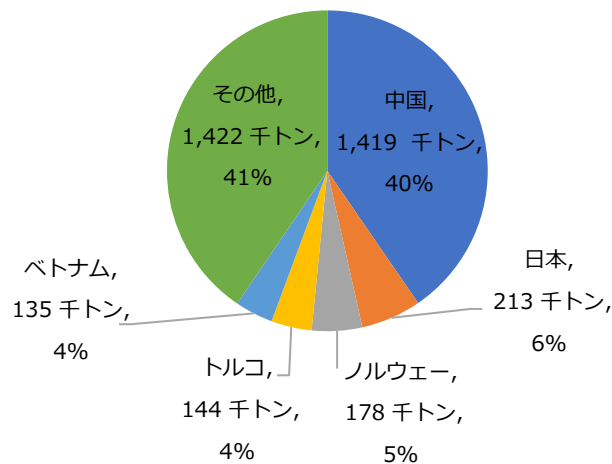


図 3-47 各国の魚粉輸入量

③ 用途別魚粉使用量

魚粉の水産飼料への使用量は表 3-11 の通り報告されている (Kristoferesson and Anderson, 2006)³⁹。1990 年代の魚粉の生産量減少と同時に、水産飼料への使用量は増大しており 2005 年時点では 72%と、魚粉の過半数は水産用飼料へ使用されている。また、魚粉は豚用・家禽用飼料に約 5%含有されることが知られており、畜産用飼料への使用量を考慮すると世界の魚粉のほとんどは飼料用として使用されていると推察される。

³⁹ Dadi Kristoferesson, James L. Anderson (2006) Is there a relationship between fisheries and farming?

Interdependence of fisheries, animal production and aquaculture. Marine Policy, 30 (6), 721-725

表 3-11 世界の魚粉の生産量と水産飼料中の使用量

Year	World '000 MT	Aquafeed	
		use '000 MT	% of world
1980	5000	250	5 %
1981	5100	306	6 %
1982	5400	351	7 %
1983	5300	371	7 %
1984	6200	465	8 %
1985	6300	504	8 %
1986	6700	570	9 %
1987	6570	624	10 %
1988	6900	759	11 %
1989	7000	840	12 %
1990	6400	832	13 %
1991	6450	903	14 %
1992	6300	945	15 %
1993	6550	1048	16 %
1994	7500	1275	17 %
1995	6950	1946	28 %
1996	6900	2139	31 %
1997	6600	2442	37 %
1998	5340	2563	48 %
1999	6650	2727	41 %
2000	7050	3032	43 %
2001	6200	3100	50 %
2002	6250	3313	53 %
2003	5300	3816	72 %
2004	6300	4095	65 %
2005	6000	4320	72 %
2006	5700	3819	67 %
2007	6000	3660	61 %
2008	4970	2850	58%

2) 大豆油粕

① 大豆油粕の生産量と価格推移

世界の大豆油粕生産量の推移を図 3-48 に示した。また、大豆油粕の価格推移を図 3-49 に示した。世界の大豆油粕の生産量は直近 5 年間連続で増加傾向となっており、2021 年には約 2 億 6 千万トンとなった。大豆油粕の価格は大幅な高騰と下落を繰り返しているが、全体を通して上昇傾向にあった。また、2019 年から大豆油粕価格は急激に高騰しており、2021 年には US\$583/トンとなった。

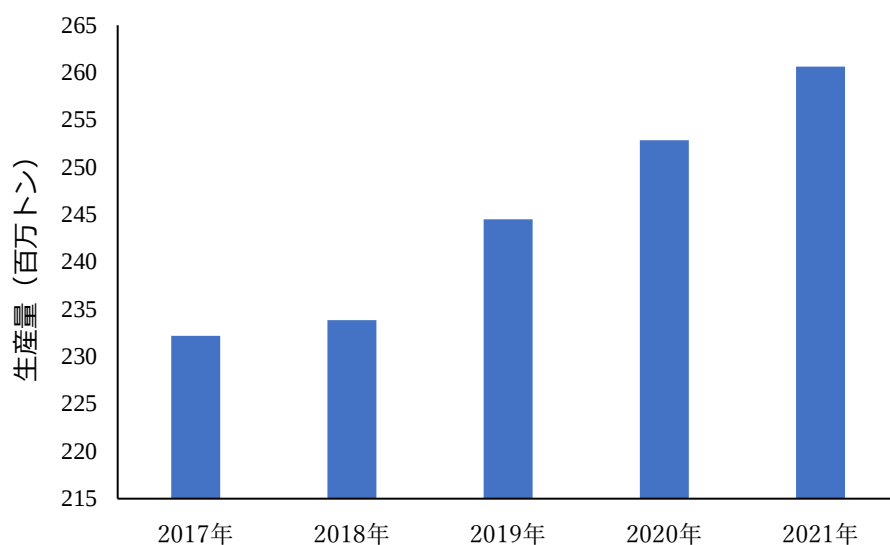


図 3-48 世界の大豆油粕生産量⁴⁰

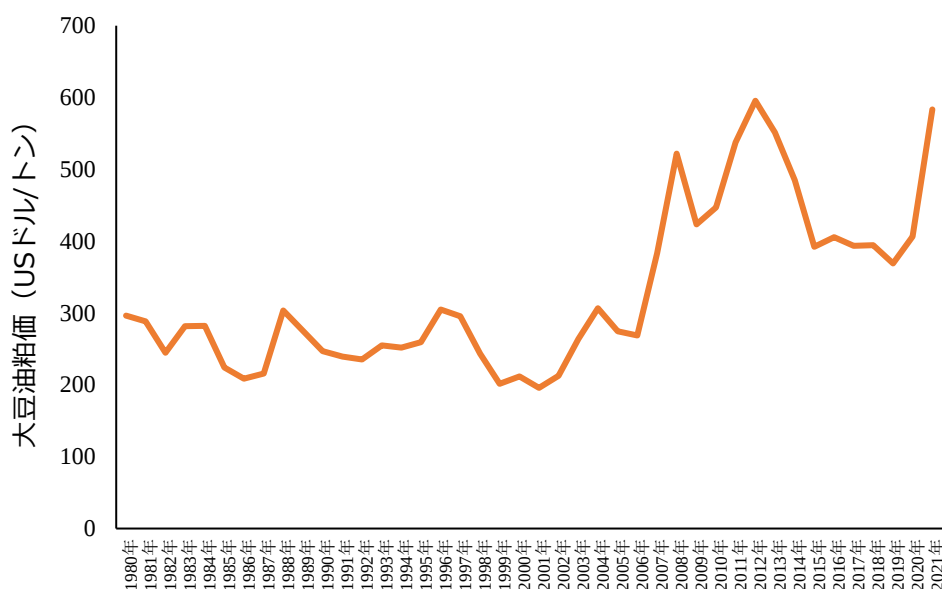


図 3-49 大豆油粕の価格推移⁴⁰

⁴⁰ USDA World Markets and Trade, <https://www.fas.usda.gov/data/grain-world-markets-and-trade>

また、2020 年時点での各国の大豆油粕の生産量を図 3-49 に示した。大豆油粕は、大豆油を生産する際の副産物であり、世界の大豆油粕生産量も大豆油生産量の上位国となっている。大豆油粕の生産量は上位 4 か国で 75%であり、EU を加えると 80%が 4 カ国+EU で生産されている。上位 5 か国の生産量はそれぞれ中国 7,920 万トン（30%）、米国で 4,763 万トン（18%）、ブラジルで 3,697 万トン（14%）、アルゼンチンで 3,315 万トン（13%）、EU で 1,257 万トン（5%）であった。

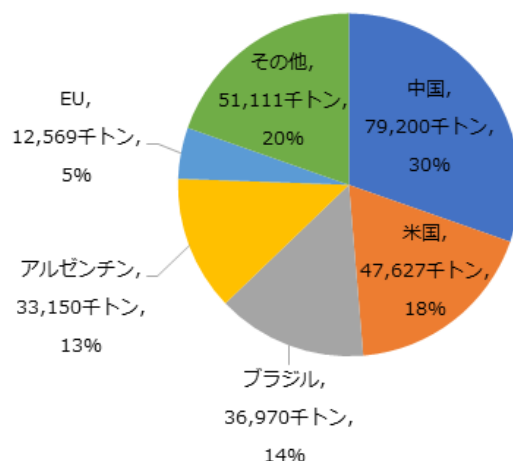


図 3-50 2020 年の各国の大豆油粕生産量 ⁴⁰

② 世界の大豆油粕貿易量

2020 年の世界の大豆油粕輸入量を図 3-51 に示した。世界の大豆油粕輸入量は、上位 5 か国で 51%を占めていた。特に EU は輸入量が最も多く（1,700 万トン）、世界全体の 27%を輸入している。EU は大豆油粕生産量でも上位国であり、大豆油粕使用量が非常に多いと思われる。EU 以外の輸入上位国の輸入量は、ベトナム 530 万トン（8%）、インドネシア 515 万トン（8%）、タイ 267 万トン（4%）、フィリピン 260 万トン（4%）であった。また、日本は輸入量第 10 位であり、180 万トン（3%）の大豆油粕を輸入している。

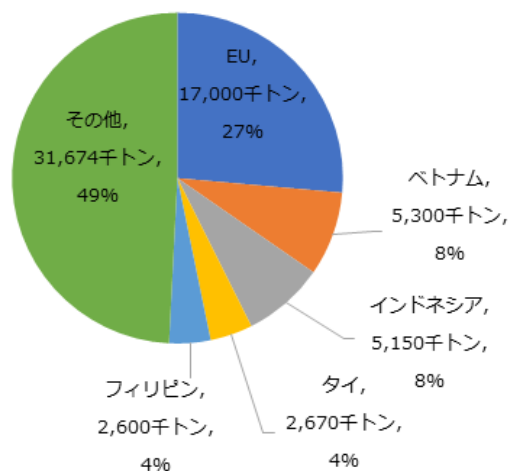


図 3-51 各国の大豆油粕輸入量 ⁴⁰

2020 年の世界の大豆油粕輸出量を図 3-52 に示した。世界の大豆油粕輸出量は、上位 5 か国で 90%を占めていた。大豆油粕生産量でも上位であったアルゼンチン、ブラジル、米国の輸出量が多く、3 か国で 83%を占めている。大豆油粕生産量 1 位であった中国の輸出量は少なく、生産した大豆油粕の大部分は国内で消費されていると推定される。輸出量上位 5 か国の輸出量は、アルゼンチン 2,627 万トン（40%）、ブラジル 1,603 万トン（24%）、米国 1,272 万トン（19%）、パラグアイ 263 万トン（4%）、ボリビア 165 万トン（3%）であった。

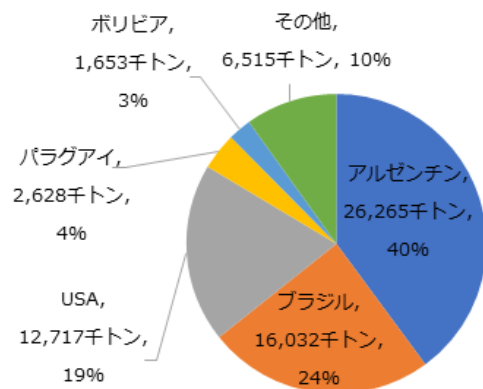


図 3-52 各国の大豆油粕輸出量 ⁴⁰

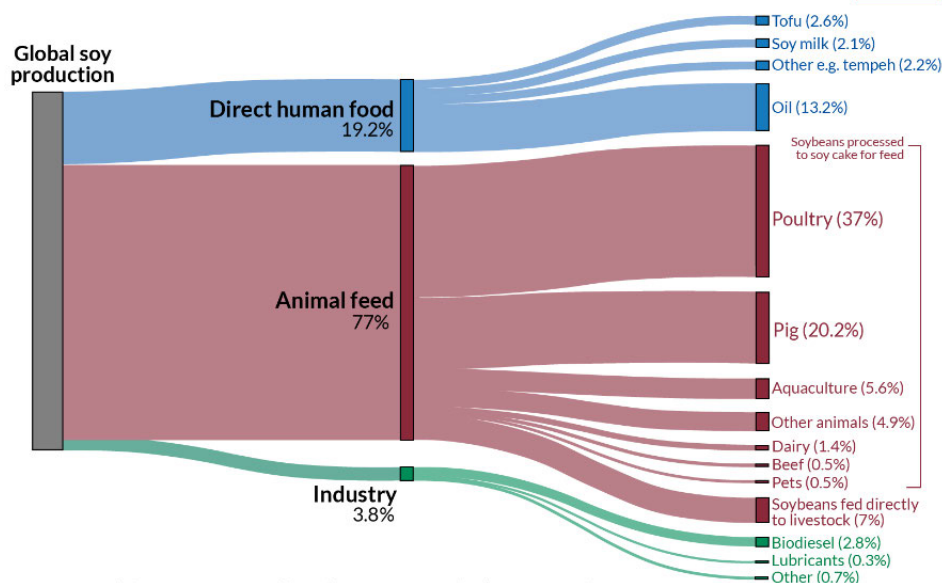
③ 世界の用途別大豆使用量

2017 年から 2019 年の世界の大豆の使用用途を図 3-53 に示した。世界の大豆の使用用途の 77%は動物用の飼料であり、そのうち 70%は大豆油粕によるものであった。また食用に使われる大豆は 19.2%であり、そのうち 13.2%は大豆油であった。また、バイオ燃料といった産業用の大豆は 3.8%であった。

The World's Soy: is it used for Food, Fuel, or Animal Feed?

Shown is the allocation of global soy production to its end uses by weight. This is based on data from 2017 to 2019.

Our World
in Data



Data source: Food Climate Resource Network (FCRN), University of Oxford; and USDA PSD Database.
OurWorldinData.org - Research and data to make progress against the world's largest problems.

Licensed under CC-BY by the author Hannah Ritchie.

図 3-53 世界の大豆の使用用途⁴¹

④ 日本における大豆油粕の使用量

日本における大豆油粕の使用用途は多岐にわたり、主な用途の飼料用のほか肥料、植物性たんぱく質製品、調味料等に使用されている。日本における大豆油粕の流通量を図 3-54 に示した。2020 年の国内の大豆油粕の流通量は約 360 万トン、2021 年は 350 万トンであり、国内生産量と輸入量の比率はおよそ 1:1 であった。国内の大豆油粕生産量は 2003 年に最大値となった後は急激に減少しており、2013 年に最小値となった。それ以降は微増傾向となり、2021 年はおよそ 180 万トン生産されている。

2020 年の国内の飼料用の大豆油粕の使用量を図 3-55 に示した。2020 年の国内の飼料用大豆油粕の使用量は約 320 万トンであり、2020 年の国内大豆油粕流通量の 89%が飼料用として利用されていることが分かった。生産種別大豆油粕の使用量は成鶏用、ブロイラー用が最も多くそれぞれ 93 万トン (29%)、92 万トン (29%) である。その他の生産種では養豚用で 58 万トン (18%)、乳牛用で 37 万トン (12%)、肉牛用で 27 万トン (9%)、養魚用で 3 万トン (1%) であった。

⁴¹ Our World in Data(<https://ourworldindata.org/>)

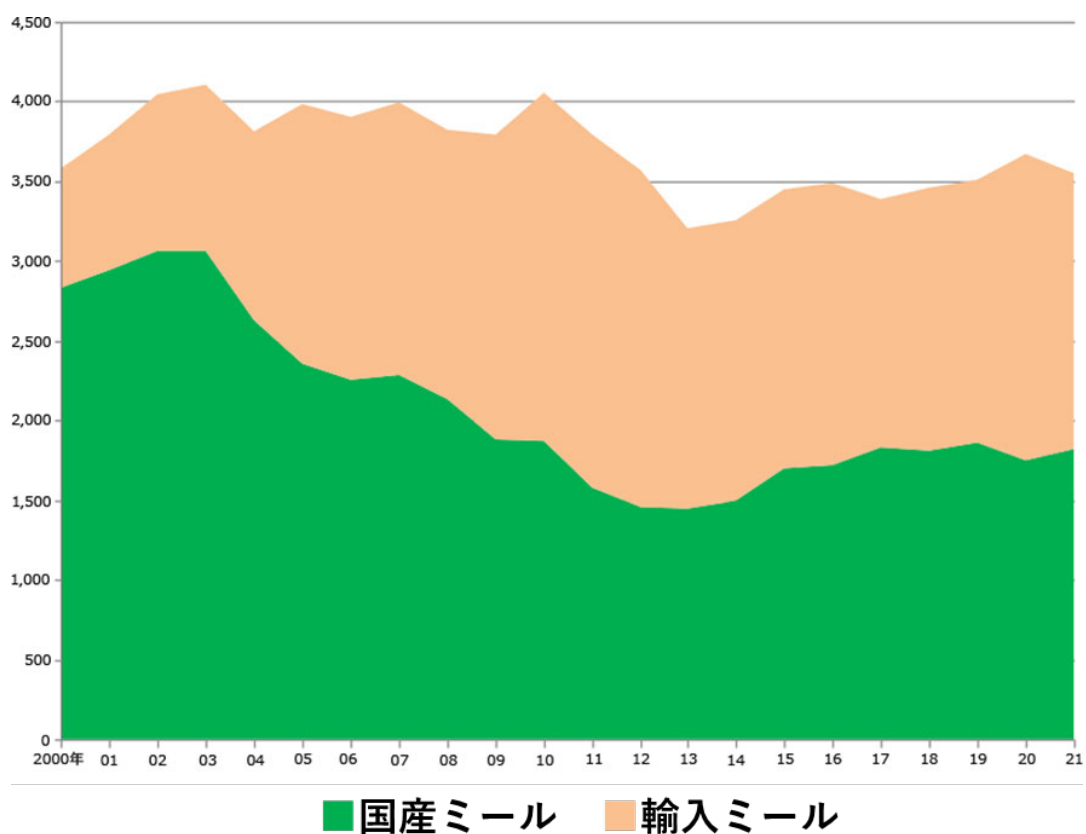


図 3-54 日本国内の大豆油粕流通量（単位：千トン）⁴²

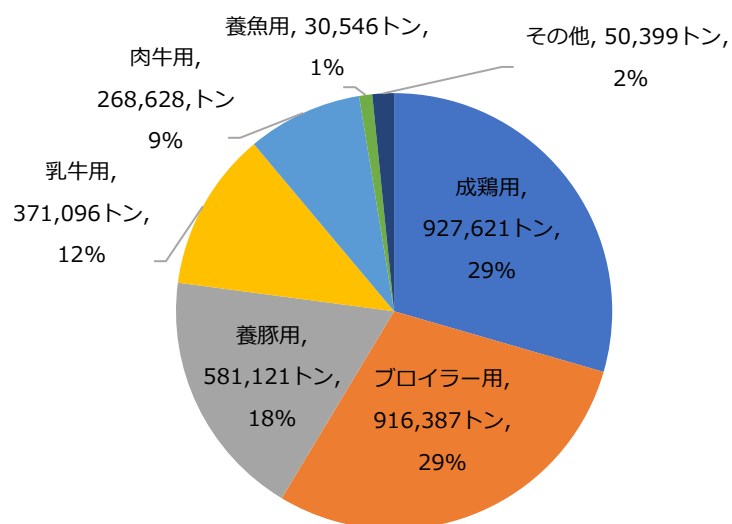


図 3-55 2020 年の日本国内の飼料用大豆油粕の使用量⁴³

⁴² 日本植物油脂協会, <https://www.oil.or.jp/>

⁴³ 農林水産省 飼料月報, https://www.maff.go.jp/j/chikusan/sinko/lin/l_siryo/

3) フェザーミール

① 世界のフェザーミールの生産量

世界で年間処理される鶏 400 億羽から生産される副産物を表 3-12 に示した。年間 400 億羽の鶏を処理する過程で生産される副産物は合計 2,720 万トンであり、そのうち羽毛は 720 万トンであった。Nawaz は羽毛を加工してフェザーミールを製造するときの歩留まり率を 45%と推定しており、それによると世界では年間 320 万トンのフェザーミールが製造可能と推定される。

表 3-12 世界で年間処理される鶏 400 億羽から生産される副産物 ⁴⁴

副産物	生産量 (100 万トン)
羽毛	7.2
内蔵	15.2
血液	2
死体	2.8
合計	27.2

② 日本における飼料用フェザーミールの使用量

日本における 2020 年の飼料用フェザーミールの使用量を図 3-56 に示した。日本では合計 20,950 トンの飼料用フェザーミールが使用されていることが分かった。飼料用フェザーミールはブロイラーで最も多く使用され、13,258 トン (67%) 使用されている。他の生産種では成鶏用 4,584 トン (23%)、養豚用 455 トン (2%)、養魚用 453 トン (2%) であった。日本では家畜由来の原料を牛用飼料へ配合することが禁止されているため、乳牛用及び肉牛用のフェザーミールの使用は認められなかった。

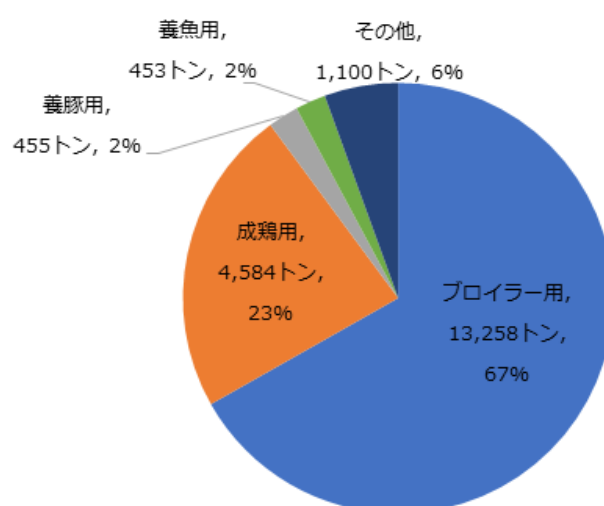


図 3-56 日本における 2020 年の飼料用フェザーミール使用量 ⁴³

⁴⁴ Altech ALLZYME FD, <https://www.alltech.com/en-in/allzyme-fd>

4) チキンミール

① 日本における飼料用肉骨粉の使用量

日本では 2014 年まで牛由来の肉骨粉の飼料原料としての利用が禁止されており、2015 年から養魚用飼料原料としての使用が解禁された。一方で家畜用飼料への使用は許可されておらず、日本で流通している肉骨粉の大部分は鶏、豚由来のチキンミール、ポークミールであると推定される。一方でチキンミールとポークミールを混合したチキン・ポークミールも多く流通しているが、チキンミール、ポークミールの使用量に関する統計がないため、それぞれの正確な使用量は不明である。

日本における 2020 年の飼料用肉骨粉の使用量を図 3-57 に示した。日本では合計約 18 万トンの肉骨粉が使用されていることが分かった。飼料用肉骨粉はブロイラーで最も多く使用され、約 11 万 5 千トン（64%）使用されていることが分かった。他の生産種では成鶏用で 41,256 トン（23%）、養豚用で 15,648 トン（9%）、養魚用で 6,917 トン（4%）であった。肉骨粉は養魚用低魚粉飼料へ配合することで養殖魚の成長を改善させることが知られている。そのため大豆、フェザーミールと比較して養魚用の肉骨粉使用量の割合が多かったと推定される。日本では家畜由来の原料を牛用飼料へ配合することが禁止されているため、フェザーミールと同様に乳牛用及び肉牛用の肉骨粉の使用は認められなかった。

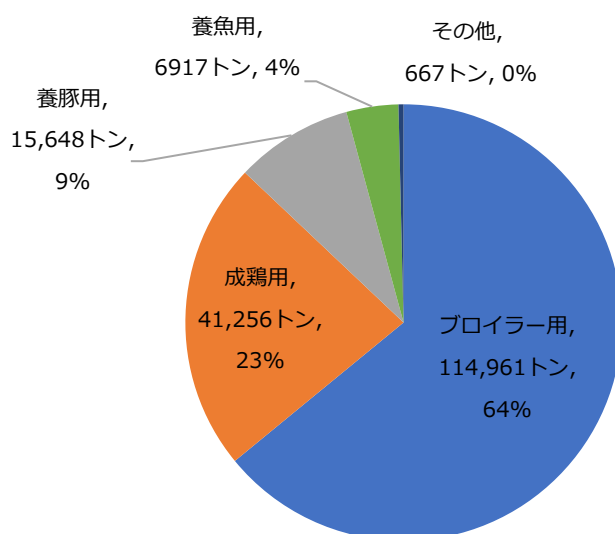


図 3-57 日本における 2020 年の飼料用肉骨粉の使用量 ⁴³

5) 世界の養殖生産量の推移、家畜生産量の推移からみた飼料用ミールの需要

2019 年の世界の漁業、養殖業による水産物の生産量は 2 億 1,371 万トンであり、漁業生産量が 1980 年代以降横ばい傾向であるのに対し、養殖生産量は増加傾向にある⁴⁵。国別にみると、中国、インドネシアの養殖生産量が顕著であり、中国 6,482 万トン（世界の 57%）、インドネシア 1,589 万トン（同 13%）を占めている。

魚種別ではコイ、フナ類が 2,979 万トンと最も多く（全体の 25%）、紅藻類、褐藻類と海藻が続く。

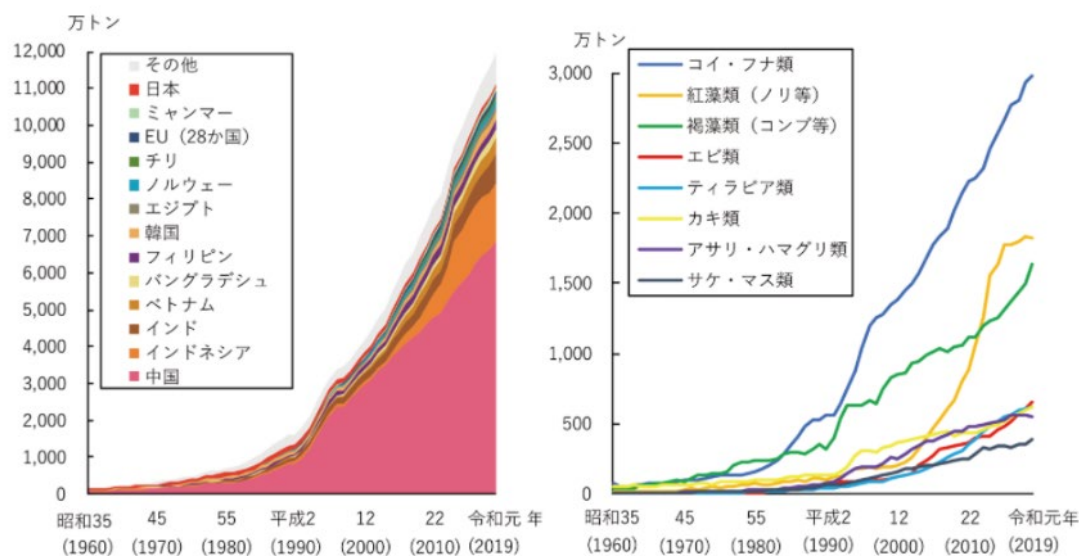


図 3-58 世界の養殖業の国別及び魚種別生産量の推移⁴⁵

養殖生産量が多いコイ、フナなどの淡水魚や海藻類の養殖にはクリルミールの使用は無関係と思われるが、エビ類、サケ・マス類などタンパク要求量の大きい魚種の養殖にはクリルミールを含む飼料の需要が高まっていることが窺える。また、中国、インドネシア、インドなどアジア諸国を中心に養殖用飼料の需要が高まっていることも確実である。

一方、世界の畜肉生産量は増加傾向で推移しており、2024 年には家禽肉が 1 億 3,300 万トンと最も需要が多くなり、次いで豚肉が 1 億 2,800 万トン、牛肉が 7,500 万トンの需要が見込まれている（図 3-59）。

⁴⁵水産庁，令和元年度水産白書 https://www.jfa.maff.go.jp/j/kikaku/wpaper/r01_h/trend/1/t1_3_1.html

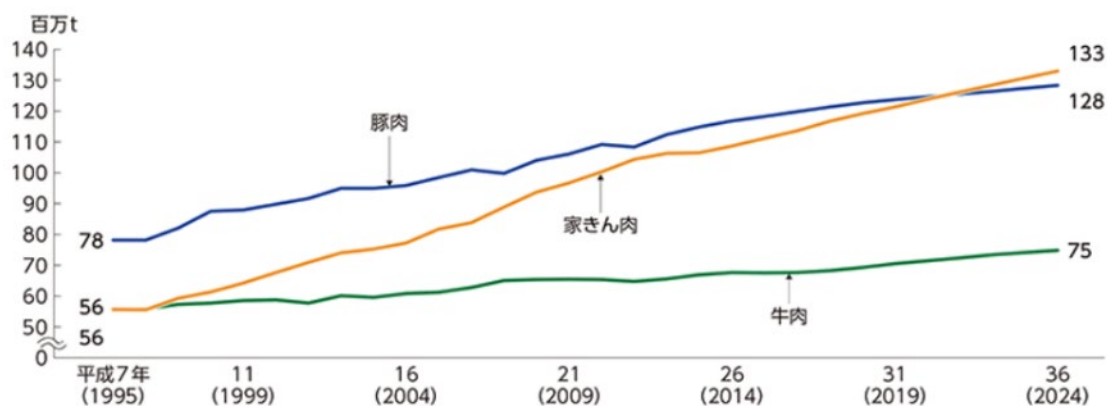


図 3-59 世界の食肉需要の推移と見通し ⁴⁶

家畜用配合飼料にどの程度クリルミールが使用されているか文献やデータが無いため不明であるが、日本では価格面の問題から全く使用されていない（国内飼料メーカーの聞き取り結果）。

6) 各タンパク質原料とクリルミールの利用性についての考察

魚粉は養魚用飼料の主タンパク質原料として使用されてきた。一方で、資源の枯渇と価格の不安定さから近年は魚粉を代替した、低魚粉飼料の開発が急務とされている。魚粉代替原料には価格が魚粉よりも安く、安定供給が可能であることが求められる。ヒアリングの結果から、クリルミールは最高品質のスーパープライムの魚粉と比較しても高価であり、クリルミールが直接の魚粉代替原料となることは価格面の課題から難しい。

現在使用されている魚粉代替タンパク質原料としては大豆油粕、フェザーミール、チキンミールが挙げられる。これらは全て食品副産物であり資源量、価格面の両面から魚粉代替原料として採用されている。しかし、これらの原料のみで魚粉を代替すると飼料に対する嗜好性が低下し、養魚が飼料を摂餌しなくなることが課題となっている。現状ではこれを解決するために、飼料に高価な添加物を配合して嗜好性を改善している。クリルミールは非常に嗜好性の高い原料であり、現在は養殖初期の餌付け用飼料へ限定的に配合して利用されている。そこで、嗜好性の低い低魚粉飼料にクリルミールを配合することで、飼料の嗜好性を改善できると期待される。

加えて、大豆油粕を配合した飼料をニジマスに給餌したところ、魚粉飼料と比較して成長が悪かったことが報告されている。大豆油粕飼料を給餌したニジマスでは腸管の白変が起こり、分泌される胆汁量が減少したことが報告されている（Yamamoto *et al.*, 2007）⁴⁷。胆汁は

⁴⁶ OECD-FAO Agricultural Outlook 2015-2024, <https://www.fao.org/3/i4738e/i4738e.pdf>

⁴⁷ Yamamoto, T., N. Suzuki, H. Fruita, T. Sugita, N. Tanaka and T. Goto (2007) Supplemental effect of bile salts to soybean meal-based diet on growth and feed utilization of rainbow trout *Oncorhynchus mykiss*. *Fishery Science*, 73, 123-131.

摂取された飼料の脂質を乳化させて、脂質消化酵素の活性を向上させる働きがある。したがって、大豆油粕を摂餌したニジマスは脂質消化が阻害されており、成長が悪化していたと推察された。また、大豆油粕飼料に乳化剤「レシチン」を添加することで、胆汁による乳化作用を補助してニジマスの脂質消化と成長が改善されたことが報告されている（Yamamoto *et al*, 2007）⁴⁷。ブリでは大豆レシチンを豊富に含む丸大豆を配合した飼料を給餌したところ成長に悪影響が見られなかったことが報告されている（Shimeno *et al.*, 1997）⁴⁸。ティラピアに対して丸大豆を給餌したところ脂質吸収が向上して成長が改善したことが報告されている（Wee and Shu, 1989）⁴⁹。したがって、大豆油粕を主原料とした飼料に、乳化作用を呈するリン脂質を豊富に含むクリルを添加することで、消化管内の胆汁不足による脂質消化不良を改善して、養魚の成長を改善させると期待できる。

国内の大手養魚飼料メーカー3社はいずれも低魚粉飼料の開発を精力的に行っており、低魚粉飼料の生産量は今後増大していくと推定される。クリルミールにより低魚粉飼料の利用性が改善できれば、養魚飼料の低魚粉化が加速し、クリルミールの国内需要も増大すると考えられる。

⁴⁸ Shimeno, S., Ruchimat, T., Matsumoto, M., Ukawa, M.(1997) Inclusion of full-fat soybean meal in diet for fingerling yellowtail. *Nippon Suisan Gakkaishi* 63(1), 70-76

⁴⁹ Wee, K.L., Shu, S.W. (1989) The nutritive value of boiled full-fat soybean in pelleted feed for Nile tilapia. *Aquaculture* 81, 303-314.