

ホタテガイ副産物の有効利用システムの開発（第2報）

－カドミウム除去後の資源化技術－

袁嶋 裕典、鎌田 樹志、内山 智幸
 松嶋 景一郎、佐々木 雄真、尾谷 賢
 浅野 孝幸、三津橋 浩行、清水 英樹*
 河野 慎一*、秋葉 隆**、百島 敦**
 明井 孝**、打田 悦**、藤江 裕司***

Development of Systems for Utilization of Waste Products from Scallop Processing (PartII)

-The Process after the Removal of Cadmium-

Hironori MINOSHIMA, Tatsuyuki KAMADA, Tomoyuki UCHIYAMA
 Keiichiro MATSUSHIMA, Takema SASAKI, Masaru OTANI
 Takayuki ASANO, Hiroyuki MITSUHASHI, Hideki SHIMIZU*
 Shinichi Kono*, Takashi AKIBA**, Atsushi HYAKUSHIMA***
 Takashi MYOI**, Etsu UCHIDA**, Yuji FUJIE***

抄 録

ホタテガイ副産物の有効利用システムの開発にあたり、本報告では重金属除去後のホタテガイ副産物を肥飼料用原料として再資源化する際の製造技術に関する検討を行った。その結果、既存の魚粉製造工程が適用可能であり、ミールは品質規格の面から肥料化は可能なものの、飼料化に対しては粗脂肪分、過酸化物質等が高く課題を残すことが認められた。一方、オイルは不飽和度が高いが、EPAを既存の魚油の約3倍含有し、高付加価値化が期待された。また、得られた結果をもとに、北海道の各地区でホタテガイ副産物の資源化工程を設備化する際の選択肢を示した。

1. はじめに

本研究では、近年北海道で大きな課題となっているホタテガイ副産物を肥飼料用原料として有効利用するためのシステム開発を目的としている。第1報において、まず第一に問題となるホタテガイ副産物に含有するカドミウムを始めとした重金属類の除去について、作田ら¹⁾が報告した。

本報では、脱カドミウム処理を施されたホタテガイ副産物を、肥料、家畜及び養魚用飼料の原料として再資源化するため、それぞれの用途に適した製造技術を確認する検討を行った。この際、現在流通している同様な製品である魚粉の製造

技術を基礎としてホタテガイ副産物への応用を図った。これにより、早期にホタテガイ副産物の資源化技術の確立を図るとともに、近隣に魚粉製造工場があれば、新規に設備投資をすることなしに同工場を脱カドミウム後のホタテガイ副産物の受け皿とすることが可能となる。おもな工程は、脱脂工程と乾燥工程からなるが、ホタテガイ副産物の物性が既存の魚粉と異なるため、それに対応した操作条件等、ソフト技術の開発をおもに行った。まず、基礎実験を行い、これをもとにパイロットプラントを導入し検討を重ねた。また、試作したホタテミール及びホタテオイルを既存の魚粉及び魚油に対する用途別規格と比較検討した。最後に、これらのデータをもとに、北海道の各地区でホタテガイ副産物の再資源化を計画する際の資源化工程におけるプラントの選択肢を示した。

* 北海道立食品加工研究センター

** 北興化工機株式会社

*** 中山技術コンサルタント(株)

2. 脱脂工程

2.1 脱脂について

(1) ホタテガイ副産物中の脂質含有量と季節変化

林^{2,3)}、中川³⁾らが調査した季節によるホタテガイ中の脂質含有率の測定結果を図1に引用した。図1から、ホタテガイ中の脂質含有率は、中腸腺中にとくに多いこと、季節変化が激しく夏期に多いこと、また、その主体は中性脂質であるトリグリセリドであることがわかる。なお、通常言われる粗脂肪分とは、エーテルに可溶性トリグリセリドの量を指す。また、図1において、脂質含有率はホタテガイ原料の湿量基準で示されており、乾燥された製品ベースとすると5～6倍の値となる。この様に、ホタテガイ副産物中には季節変動によるが1～20WB%（乾燥製品基準では約5～100%）の粗脂肪分を含有する。

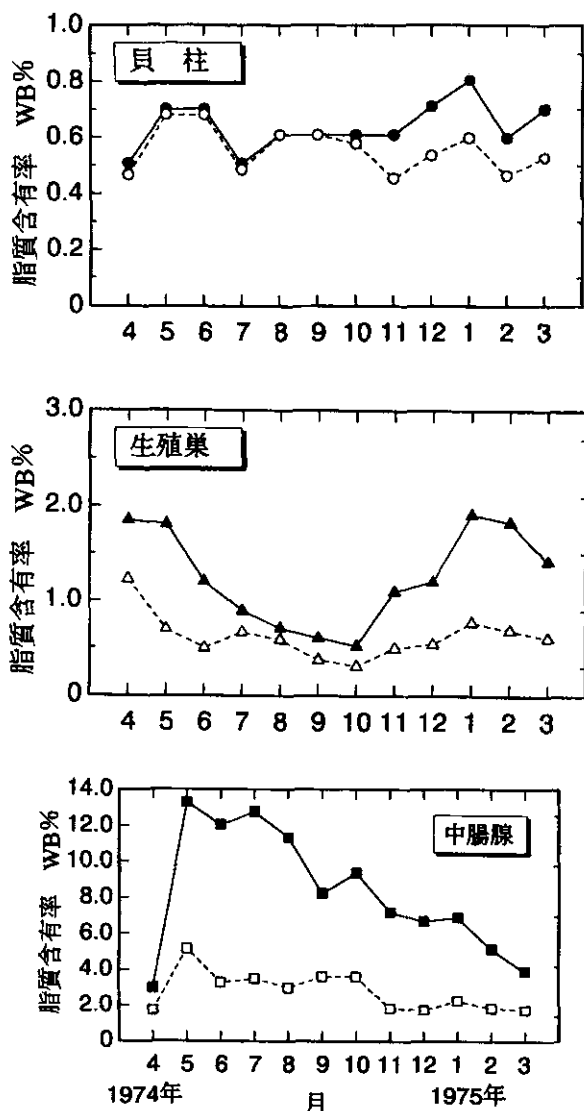


図1 ホタテの脂質含有率の季節変化（サロマ湖産）
 (黒抜き：中性+複合脂質、白抜き：複合脂質)
 中川、林、北水試月報、53.9.58-66 (1978)

(2) 脱脂の目的

脂肪分が多い飼料を動物に与えると、動物肉・卵・乳等が魚臭を持つ様になること、動物体脂を軟化させ食肉としての品質低下となること等の弊害がある⁴⁾。また、脂肪分が多い肥料は発芽障害を生じると言われている。さらには、ミールの貯蔵中に脂肪分が酸化し発熱する結果、自然発火に至る場合がある。従って、原料中の脂質は極力、除去する必要があり、たとえば飼料の公定規格においては魚粉単体飼料の場合、粗脂肪分12%以下とされている。脱脂は、とくに飼料及び飼料化にあたって重要な工程となる。

2.2 脱脂実験及び結果

(1) 基礎実験

魚粉及び各種魚肉蛋白質素材の製造における脱脂方法はいくつかの方法があるが、製造コストを考慮し「圧搾分離法」及び「遠心分離法」をおもに検討した。これらは、基本的に前処理として熱処理－クッキングを行うことは同じである。クッキング工程では、通常、90℃以上において30～60分間処理し、蛋白質を熱凝固させることにより、水と脂肪分を遊離させる。その後、圧搾分離法ではスクリーブレス圧搾により、また、遠心分離法ではデカンター等の遠心分離機により固液分離が行われ、液側から脂肪分（油）とソリブルが回収分離される。

基礎試験として行った、同一漁獲時期の試料による圧搾分離法と遠心分離法の実験結果を比較して表1に示した。それぞれの実験手順は以下の通りである。

表1 圧搾分離法と遠心分離法による脱脂実験結果(10月原料)

脱脂方法	全脂質 DB%	
	原料	製品
圧搾分離法	75.5	44.1
遠心分離法	94.4	87.2

- ① 圧搾分離法：湿式粗碎→加熱型スクリーブレス圧搾
- ② 遠心分離法：湿式粗碎→熱処理（同上）→遠心分離（3,000G, 10min）

表1より、圧搾分離法の方が遠心分離法より高い脱脂効果が得られた。遠心分離法に関しては、水で希釈する方法、酸で熱分解を行う方法、魚油添加煮取法⁵⁾等を試みたが、圧搾分離法を上廻る結果を得るには至らなかった。

(2) パイロットスケール実験

以上の結果より、パイロットプラントの脱脂工程には圧搾

分離法を選定した。パイロットプラントにおける脱脂工程の導入機器は図2の構成とした。

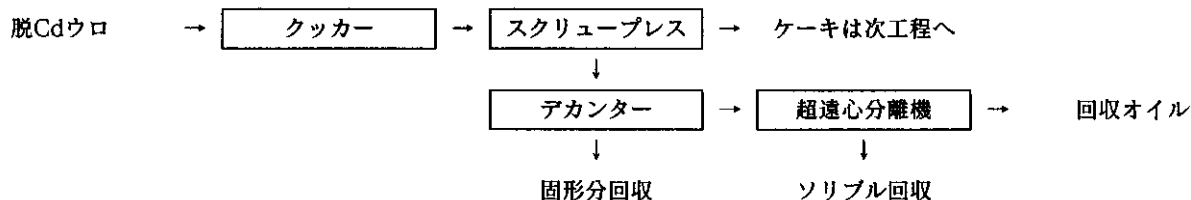


図2 パイロットプラントにおける脱脂工程の構成

これらパイロットプラントを用いた実験の様子を図3に、実験結果を表2に示した。

表2 圧搾分離法によるパイロット脱脂実験結果 (11月原料)

	粗脂肪分 DB %	
	原料	製品
実験-1	38.1	22.0
実験-2	25.2	8.9

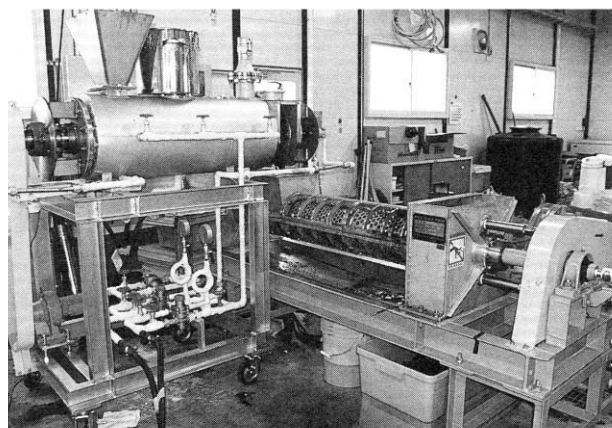


図3 脱脂工程

表2において、実験-2では実験-1よりクッカーでの滞留を良好にしたものであり、プレスとともにクッカーでの熱処理条件も脱脂に大きく影響を及ぼすことを確認した。一方、脱脂に対しては以下に示す様な種々の因子が影響することが認められ、圧搾分離法で安定的に得られる製品中の粗脂肪分

は約20DB%以下程度であろうと考えられる。

- ① 原料因子：漁獲時期、鮮度、ボイルの程度、粗砕の程度
- ② 操作因子：pH、クッキング状態・時間及び温度、プレス速度・圧縮比及び加温状態等

なお、これらについては、今後、さらに実験が必要である。

(3) 高脱脂法

より高い脱脂率を得ることを目的とし、道立中央水産試験場及び道立釧路水産試験場の協力を得て、食品加工用エクストルーダーによる脱脂試験を行った。エクストルーダーは高温下で高剪断力を試料に与えることができる。この作用による蛋白質からの脂質の分離を期待した。その結果を圧搾分離法と比較し表3に示した。

脂効果が得られるとともに

- ① 回収ケーキ及びオイルの変色(油焼け)が少ないこと
 - ② 密閉型のため臭いの発生が少ないこと
- ことが認められた。エクストルーダー法は得られる製品の品質面において有効な方法であり、今後さらに実験を重ねる予定である。

一方、エクストルーダーは装置が高価であることから、高付加価値品の開発を想定した選択肢の一つと考えられる。

この様に、エクストルーダー法は圧搾分離法に比べ高い脱

表3 エクストルーダーによる脱脂実験結果 (11月原料)

	粗脂肪分 DB %	
	原料	製品
エクストルーダー法	25.2	6.6
圧搾分離法	25.2	8.9

3. 乾燥工程

3.1 乾燥の目的

乾燥工程はミール中の水分率を十数%以下に低下させ、腐敗等に対するミールの保存安定性を高めることを目的とする。ホタテガイ副産物の乾燥においては、以下の点を留意しなければならない。

- ① 乾燥時の熱による残留脂肪分の酸化劣化の問題
- ② 水産物特有の悪臭を有する乾燥排気の問題
- ③ 乾燥コストの低減化

3.2 実験及び結果

(1) 基礎実験

上記①項の酸化劣化の問題に対し、減圧乾燥法と常圧乾燥法について比較検討した。また、脱脂工程でのスクリープレスにおける、スクリー軸内のスチーム負荷の有無についても併せて検討した。実験は、これらの手法の組み合わせにより、4種類のホタテミール試料を調製し、これをポリ袋に密閉し20℃恒温室内に遮光して放置した際の過酸化価値(POV)の経日変化を測定した。その結果を図4に示した。

図4から、スクリープレス軸内のスチーム負荷の有無はもとより、減圧乾燥法と常圧乾燥法において、製品ミールの

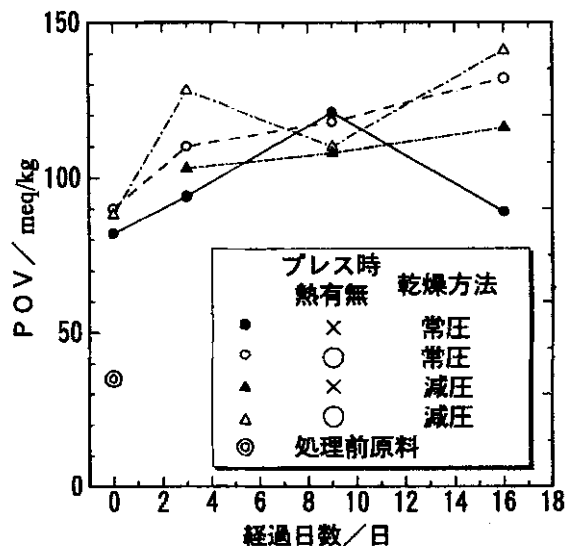


図4 乾燥法による製品のPOV経時変化

POVで評価した品質及び保存安定性に有意な差は見られなかった。従って、パイロットプラントにおける乾燥機はコスト面から常圧乾燥法が、また、上記②項の乾燥排気量を押しさえ脱臭装置の負荷を軽減する目的から間接加熱式乾燥機が有利であると考えられた。

(2) パイロットスケール実験

上記から、パイロットプラントの乾燥機として、図5に示す間接加熱型連続乾燥機を試作した。乾燥室容積は約50lで、攪拌を良好としさらに製品の付着を防止し熱交換を良好とするためツインディスク型とした。

本装置を用いた乾燥試験の結果を表4に示した。プレスを経た水分率の少ないケーキ及び原料状態の水分率の多いケーキでも付着が少なく良好な乾燥製品が得られた。ただし、ホタテガイ副産物に含有する脂肪分は変質し易いため、製品は若干油焼けした茶褐色を呈するが、抗酸化剤を用いることによりこの変色及び脂肪分の酸化を押しさえる効果があることをPOVの測定結果からも確認した。

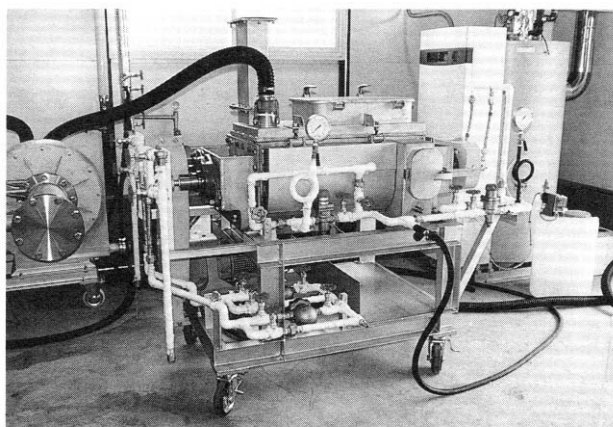


図5 間接加熱型連続乾燥機

表4 乾燥工程における抗酸化剤の効果

	乾燥品の色	酸 価 mg/g	過酸化価 meq/kg	カルボニル価 meq/kg
抗酸化剤なし	油焼け色あり	68.4	105.0	326.4
抗酸化剤添加	油焼け色なし	71.0	44.7	138.7

4. 製品品質の評価

4.1 ミール品質と用途

試作した「ホタテミール」を分析評価し、既存の「魚粉（フィッシュミール）」の用途別品質規格と比較し表5に示した。表5から、ホタテミールを各用途に対して製品化するにあたり以下の知見を得た。

① 「肥料用原料」として

カドミウム、鉛、水銀及び砒素の重金属類を規定値以下にすることで、肥料としての規格上の対応は可能である。

課題：脱カドミウム及び肥料化のコスト低減化が課題

② 「家畜飼料用原料」として

飼料の場合は重金属類のほか粗蛋白質、粗脂肪、粗灰分

等の規格がある。

課題：粗脂肪分を安定して12%（製品ベース）以下に低減する脱脂技術の確立が課題

③ 「養魚飼料用原料」として

飼料の場合はさらに酸価、過酸化価、揮発性塩基性窒素等の規格がある。

課題：粗脂肪分のほか、過酸化価を30以下、酸価を20以下に低減することが必要

④ 備考

なお、実際の肥料及び家畜用・養魚用飼料原料としての実際の施肥試験及び給餌試験は北海道立花やさいセンター北海道立滝川水産試験場及び北海道立中央水産試験場で、それぞれ実験を継続しており、これらの経過は別途報告書^{6,7)}を参照されたい。

表5 魚粉の用途別成分規格とホタテミール

		ホタテ ミール 現状値	肥 料 特殊肥料	家畜用飼料			養魚用飼料
				単体 飼料 公定 規格	有害 物質 指導 基準	A社 内規	全漁連 規格
重金属							
鉛	ppm	1>	—	—	7.5>	—	—
カドミウム	ppm	1>	5>	—	2.5>	—	—
水銀	ppm	0.1>	2>	—	1>	—	—
砒素	ppm	6>	50>	—	7>	—	—
一般成分							
粗蛋白質	%	60~80	—	50<	—	65<	67<
粗脂肪	%	15>	—	12>	—	12>	10>
粗灰分	%	10>	—	27>	—	20>	18>
粗繊維	%	0.5>	—	—	—	1.5>	—
水溶性蛋白	%	測定中	—	—	—	—	—
水分	%	10>	—	—	—	12>	10>
色	—	—	—	—	—	—	—
臭い	—	—	—	—	—	—	—
AV	mg/g	70	—	—	—	—	20>
POV	meq/kg	60~150	—	—	—	—	30>
COV	meq/kg	140	—	—	—	—	—
VB-N	mg/100g	測定中	—	—	—	—	150>
尿素態-N	%	測定中	—	—	—	0.05>	—
IV	g/100g	210	—	—	—	—	—
NaCl	%	測定中	—	—	—	3>	—
P ₂ O ₅	%	1.5	—	—	—	3<	—
ペプシン消化率	%	90	—	—	—	88<	—
PCB	ppm	測定中	—	—	—	5>	—
クロム	ppm	測定中	—	—	—	10>	—
細菌数	個/g	ND	—	—	—	—	—
サルモネラ	—	測定中	—	—	—	陰性	—
ヒスタミン	ppm	測定中	—	—	—	—	500>

4.2 オイル品質と用途

魚粉の製造の際に副生する「魚油」は、おもにマーガリン用原料として有用なものでありミールと同じく貴重な資源となる。試作した「ホタテオイル」と既存製品である「魚油(さんま)」の品質を分析評価し比較した表6に示した。

その結果、「ホタテオイル」は「魚油」に比べ、若干、変

質が進行しており、また、不飽和度が高いことから、魚油の主用途であるマーガリン用原料としての利用は難しく、新たな用途を検討する必要があると思われる。一方、EPAが魚油の約3倍含有することが認められ、今後、高付加価値用途の開発が期待される。

表6 ホタテオイルの評価

		ホタテオイル		フィッシュオイル	
		精製前	精製後	精製前	精製後
酸価	mg/g	13.6	—	2.2	—
ヨウ素価	g/100g	209	—	143	—
ケン化価	mg/g	191	—	185	—
過氧化物価	meq/kg	7.6	32.3	38	—
カルボニル価	meq/kg	330	—	11.5	—
色		暗褐色 16以上	薄黄色 9+	薄橙色 —	—
成分組成					
リン脂質	%	22.7	0.9	0.6	ND
遊離脂肪酸	%	2.1	ND	ND	ND
中性脂質	%	72.8	98.0	99.3	100
ステロール	%	0.8	ND	ND	ND
炭化水素	%	1.6	1.1	ND	ND
脂肪酸組成					
14:0	%	—	6.17	—	11.08
16:0	%	—	14.18	—	10.47
16:1 n-7	%	—	14.43	—	4.57
18:0	%	—	1.34	—	0.81
18:1 n-9	%	—	2.63	—	4.53
18:1 n-7	%	—	4.89	—	0.98
18:2 n-6	%	—	1.31	—	2.16
18:3 n-3	%	—	0.99	—	2.02
18:4 n-3	%	—	4.20	—	8.41
20:1 n-11	%	—	0.40	—	5.59
20:1 n-9	%	—	0.28	—	1.99
20:1 n-7	%	—	1.00	—	0.16
20:4 n-6	%	—	0.31	—	0.57
20:4 n-3	%	—	0.78	—	2.12
20:5 n-3	%	—	31.0	—	11.84
21:5	%	—	0.90	—	0.64
22:1	%	—	ND	—	5.15
22:5 n-3	%	—	0.24	—	1.86
22:6 n-3	%	—	6.26	—	12.43

5. 資源化工程の選択肢

北海道における地区別、月別のホタテガイの漁獲量と推定されるホタテガイ副産物の量を図6に示した。図6から、漁獲量の季節変動が非常に激しいこと、また、オホーツク地区では夏期、噴火湾地区では冬期が主体であることがわかる。一方、図1において夏期は脂肪分が多く冬期は少ないことは既述した通りである。

以上を総合すると、脱カドミウムされたホタテガイ副産物を肥飼料用原料として再資源化を行うにあたり、資源化工程として以下の選択肢が考えられる。

① フルプラントを施工する

- ・ ホタテガイ副産物の処理量が少ない場合コスト高となるため多量処理が望ましい
- ・ ホタテミール化が可能 → ホタテミールとしての用途開発が必要
- ・ ホタテガイ副産物の処理（排出）量の季節変動による稼働率のアップが課題
- ・ 低脱脂または高脱脂プラントの選択

② 魚粉工場へ搬入する

- ・ 近隣に魚粉工場があるか？ → ない場合は輸送費用を要する
- ・ ホタテガイ副産物排出量について
少量の場合（例：10t/D以下）；現状の魚粉（通常、200t/D以上）に混合処理
多量の場合；ホタテミール化が可能
- ・ 魚粉工場に対するソフト・ハード面での技術指導

③ 冬期対象のみのプラント化

- ・ ホタテガイ副産物の排出が冬期間に限られる噴火湾地区に対応する
- ・ 冬期間は脂肪分が少なく、資源化として乾燥工程のみで対応しコスト削減を図る
- ・ 4～10月分に対しては「埋め立て」または「魚粉工場」へ搬入する

6. まとめ

ホタテガイ副産物の有効利用を図るため、本研究では脱カドミウムされたホタテガイ副産物を肥飼料用原料として再資源化する際の製造工程に関する検討を行い、以下の知見を得た。

(1) 脱脂に関して

- ・ ホタテガイ副産物は魚粉と比較し、非常に脱脂が困難な原料である。
- ・ 遠心分離法より圧搾分離法の方が優れているが、原料の鮮度等の変動要因を考慮すると粗脂肪分15～20DB%以下程度と思われる。

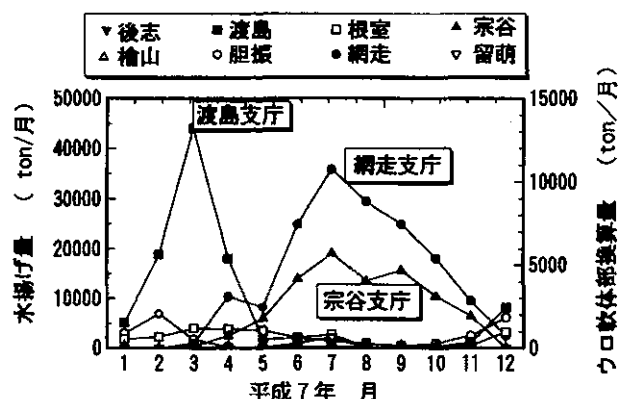


図6 平成7年度支庁・月別 ホタテ水揚げ量実績

- ・ エクストルーダー法は、圧搾分離法より高い脱脂率で品質の良いミールとなる可能性を得た。

(2) 乾燥に関して

- ・ 乾燥品の過酸化価において、減圧乾燥法と常圧乾燥法で差は見られない。
- ・ 乾燥の際に抗酸化剤を添加することが不可欠であり、無添加の場合と比較し過酸化価が半分以下に押さえられることを認めた。

(3) ホタテミールの品質に関して

- ・ 既存製品である魚粉の品質規格と比較した結果、家畜向け飼料用原料としては粗脂肪分の含有量が、養魚向け飼料用原料としては過酸化価、酸価等の低減化に課題を残すことが認められた。

(4) ホタテオイルの品質に関して

- ・ 「魚油」に比べ、不飽和度が高くマーガリン用原料としては難しいが、EPAが魚油の約3倍含有することが認められ、今後、高付加価値用途の開発が期待される。

(5) その他

- ・ 実際に道内各地でホタテガイ副産物の資源化設備を導入する際の選択肢を示した。

参考文献

- 1) 作田庸一ら：北海道立試験場報告，296（1997）
- 2) 林賢治ら：日本水産学会誌，57，7，1397-1401（1991）
- 3) 中川義彦ら：北海道立水産試験場月報53，9，58-66（1978）
- 4) 野中順三九編：“新水産学全集23，水産利用原料”，（株）恒星社厚生閣，95（1987）
- 5) 林賢治：日本水産学会誌，60，6，787-788（1994）
- 6) 北海道：平成8年度北海道地域産学官共同研究事業報告書（1997）
- 7) 北海道：平成9年度北海道地域産学官共同研究事業報告書（1998）