

1. 業務委託名： 三保地下海水を利用した鮑の陸上養殖の餌の開発

2. 委託事業者名： 委託団体:ヤマダユニア株式会社

連携団体:株式会社 グリーンセイジユ

連携大学:東海大学社会連携イノベーションセンター

岡田教授・海洋学部水産学科 秋山教授・

同学部清水教養教育センター 斎藤教授

3. 研究成果概要:

目的：アワビの養殖は北海道南部から沖縄県まで日本各地で行われている。アワビ養殖は海面を使用しないために養殖用水の確保さえ可能であれば国内のどの地域でも可能である。特に陸上で養殖するために漁業権も必要ないために企業体での養殖が可能な生物の一つである。アワビの養殖には飼育用水が重要なカギとなるが、静岡県清水地区では地下海水を取水できることから年間を通して 20℃前後の水を確保することが可能である。この水温帯はアワビの飼育水温としては最も適していると言える。さらに、アワビの養殖を発展させたもう一つの理由として配合飼料の普及があげられる。従来アワビの餌はカジメやコンブなどが用いられてきた。海藻は1年中葉体であるわけではない。初夏には葉体が枯れてしまうことから、冬期から春期にかけて海藻を確保し、冷凍保存していた。これらの海藻の刈り取りには漁業権が発生する場合もある。また、近年日本各地で磯焼け現象が生じているが、無秩序な海藻の刈り取りは磯焼け現象にも拍車をかけることになることから、アワビ養殖の餌料として生の海藻を利用することは環境やコスト面を考慮しても必ずしも良い方策とは言い切れない。一方で海藻粉末と魚粉を主原料としたアワビ用配合飼料の普及に伴い、餌の保存コストが低減するとともに、安定供給されどこでも入手かのようになったために日本各地でアワビ養殖が可能となってきた。このような背景の中、魚粉、小麦などの原料の高騰によってアワビ用配合飼料の価格も高額になっている。

一方、食品工場では昆布だしを取った後の昆布そのものは利用価値がなく、現在産業廃棄物として処分されている。この廃棄されるだし昆布はアミノ酸成分などを抽出した後の残渣であることから栄養面でアワビの餌として十分ではないことは明らかであるが、現在使用されている昆布粉末の一部を代替することが可能となれば、廃棄物を資源として利用することが可能となる。食品残渣の利用のみならず、飼料代の高騰の折廃棄物を利用することによって原料費の低減にもつながると考えられる。そこで、本研究では、食品工場で廃棄されるだし昆布残渣の高度利用を検討することを主たる目的とし、アワビ用飼料の代替原料の可能性を調べた。

3-1. だし昆布残渣のアワビ用飼料としての直接利用

だし昆布残渣は 1cm 四方に切られ、湿った状態であった。腐敗を防ぐために -20℃で冷凍保存した。粉碎品とは異なり、コンブの形状を維持していることからそのままアワビの飼料に

なるかについて検討した。しかしながら、アワビは、全く摂餌せず、摂餌痕すら見られなかった。アワビは餌料を把握する器官を持たないことから脚で海藻類に吸着し歯舌によって海藻を削り取って摂餌する。しかしながら、だし昆布残渣はほぼ海水比重と同一であることから酸素酸欠を防ぐための通気によって飼育水槽の中を常に懸垂していた。そのためアワビはだし昆布残渣を捕捉することができなかつたと考えられる。また、だし昆布残渣はすでにうま味成分が抽出されているために、アワビが餌として認識しなかつた可能性も示唆される。従って、だし昆布残渣をそのままアワビ用飼料として利用することは不可能であると結論した。

3-2. だし昆布残渣の乾燥方法についての検討

だし昆布残渣を乾燥させる方策として今回グリーンセイジュのヒートポンプ式乾燥機を使用した。本製品の場合室温で乾燥でき、エネルギーコストも安価であることが特徴である。だし昆布残渣は 88.6kg あつたが、今回はそれを 4 回に分けて乾燥させた。3 回については、17.3～18.2kg の範囲で乾燥させた。この時の乾燥時間は約 5 時間であり、使用電力は 12.3～13.5kwh であつた。1 回は 35.5kg を 9 時間で乾燥し、電力は 26kwh であつた。これらの乾燥品総重量は 11.1kg (12.5%) となり、含水率は 87.5% であつた。このだし昆布乾燥品を粉碎後、次の試験飼料の原料として用いた。

3-3. 乾燥粉碎後のだし昆布残渣のアワビ用飼料への混合について

魚粉の代替として大豆油粕とだし昆布を用いた飼料を作成した。市販されているアワビ用配合飼料では全飼料中の 20～50% がコンブミールであることから、本試験飼料でもその範囲で前述の乾燥粉碎しだし昆布残渣を用いた。しかしながら、表-1 の配合比で作成した飼料のうち 3 と 4 については海水中で 3～5 倍に膨れ上がってしまい、アワビが摂餌できる状態にはならなかつた。この原因としては、研究室での飼料作成はこれらの原料を配合した後、水道水を加えて練り乾燥させただけである。そのために α デンプンの結着力が十分でなく、昆布末が給水し飼料が著しく膨卵だものと考えられる。そのために、飼料については日本農産工業に市販品と同様の製法で試験飼料を作成依頼した。

飼料番号	1	2	3	4
魚粉	50	20	0	0
大豆油粕	20	50	20	50
だし昆布	0	0	50	20
ビタミン	5	5	5	5
ミネラル	5	5	5	5
α デンプン	20	20	20	20
合計	100	100	100	100

3-4. だし昆布残渣とコンブ漁場の雑草として廃棄されるチガイソウとの混合利用

前述の通り、研究室でのアワビ用配合飼料の製造には十分なノウハウがないことからだし昆布残渣と北海道の昆布漁場の雑草として廃棄されているチガイソウを用いた試験

	チガイソウ・ だし昆布	だし昆布	チガイソウ	市販品
だし昆布	20	20		
チガイソウ	80		50	
コンブミール		80	50	100

飼料を作成し、その効果を検討した。飼料作成については日本農産工業に依頼した。だし昆布、チガイソウの混合については、市販品のコンブミールの配合分を表-2 のとおりの比率で置き換えた。なお、市販品のコンブミールの配合比は全飼料中の 20～50%であるが、製品の企業秘密から今回は全餌中への配合比は明らかではない。

その結果、4種類の餌を与えたアワビの1か月での生残率は 99.2～100%であり、餌の種類による差は認められなかった(表-3)。開始時の殻長の平均値は 58.17～60.09mm であり、4つの試験区に差は見られなかった。1ヶ月後の殻長も 60.15～61.53mm とどの飼料でも成長が見られ、1か月での殻長の成長量は 1.16～1.99mm であった。殻幅では開始時に 40.77～41.76mm で終了時が 41.87～43.12mm となり、増加量が 1.1～1.41mm であり、飼料の違いによる殻の成長差は見られなかった。次に体重について、市販の配合飼料を与えたアワビでは開始時の1個体あたりの重量は 30.37g であったが、終了時には 33.02g となり、その差は 2.65g であったのに対し、20%だし昆布残渣で置き換えた飼料では、開始時が 32.79g で、終了時が 35.15g となり増重量は 2.36g と大きな違いは見られなかった。また、この2種類では飼料効率もそれぞれ 58.5%と 59.8%で大きな違いは認められなかった。しかしながら、チガイソウを用いた場合では 50%代替した場合には開始時 31.67g が終了時でも 33.11g と僅か 1.43g の増重量であり、飼料効率も 38.9%と低かった。さらに、コンブミールを全く使わず 20%をだし昆布残渣、80%をチガイソウにした場合では、開始時には 34.63g であったのが終了時には 35.09g と僅かに 0.46g の増重にとどまり、飼料効率も 11.0%と著しく低かった。

以上のように、チガイソウについてはコンブミールの代替品としては十分ではないが、だし昆布残渣については、20%であれば代替しても成長に影響を及ぼさないことが明らかとなった。今後、だし昆布残渣の代替率をさらに上げた試験を行い、最大代替率を求める必要があると考えられた。さらにだし昆布残渣を用いた飼料で飼育したアワビの味に対する試験も行う必要があると考えられる。

表-4 4種類の飼料を与えたアワビの成長並びに飼料効率

	チガイソウ			
	+だし昆布	だし昆布	チガイソウ	市販品
1か月の総給餌料(g)	1044.8	1006.72	944.14	1041.3
1か月の総個体増重量(g)	115	602	367	609
1個体あたり増重量(g)	0.46	2.36	1.43	2.65
平均殻長増加量(mm)	1.86	1.16	1.32	1.99
平均殻幅増加量(mm)	1.39	1.12	1.41	1.10
飼料効率(%)	11.0	59.8	38.9	58.5

3-5. 飼育したアワビの重金属蓄積について

前述の試験終了後、2月26日に4種類の飼料で飼育したアワビを取り上げ、それぞれの試験区ごとに筋肉については7個体分、内臓については17個体分を食品分析センターに水銀、カド

ミウム、マンガンの分析を依頼した。

その結果、総水銀については、飼育飼料の違いや内臓と筋肉の部位に関係なく、0.01~0.03ppmの範囲である(表5)。一般に有害な水銀は総水銀に含まれるメチル水銀であることから、実際に人体に有害なメチル水銀は今回の測定量よりも少ないことは明らかである。また、特にアワビの重金属の安全基準はないことからこの濃度が高いか低いかという議論はできないが、厚生労働省による妊婦の魚介類の摂取基準を算出する際には総水銀で0.4ppmを超えるものを対象としている。今回検出された総水銀量はこの基準の1/10以下であることから、一般の魚介類と比較して低いレベルと考えられる。

次にカドミウムの含有量について、チガイソウ、チガイソウとだし昆布、市販品の3つの飼料を与えて飼育したものは0.03~0.04ppmであったが、だし昆布を混合した飼料では0.13ppmが検出された(表5)。また、内臓については、どの餌の場合でも1.6~2.0ppmが検出された(表5)。厚生労働省と農林水産省からコーデックス委員会総会でのカドミウム国際基準値がカキとホタテガイを除く海産二枚貝では2mg/kg(ppm)と決定されたことが公表された。アワビの場合には巻貝であることから本基準の適用外であるが、現時点での巻貝の基準がないことから、この値を参考にすると、筋肉中のカドミウムはだし昆布で高いものの基準値の1/10以下であることから問題はないと考えられるが、内臓については、1.6~2.0ppmとなっていることから基準値に近いか基準値に達している。昨年度、三重県産の天然のアワビについて同様の項目の検査をしたところ、筋肉については0.04ppmと養殖の場合とほぼ同様であったが、内臓からは7.7ppmと高濃度のカドミウムが検出された。巻貝やホタテガイでは中腸腺にカドミウムを蓄積する性質があることから、アワビの場合についてもカドミウムを蓄積するものと考えられる。この量を考慮すれば、今回最大2ppmが検出されたが天然のもののおよそ1/4であり、はるかに低い。また、カドミウムは餌料から摂取されるか海水から直接軟体部に侵入することが考えられる。天然では海藻類のみを摂餌しているが、養殖で配合飼料を与えた場合、魚粉をはじめとした各種原料を摂取している。これらの原料をさらに吟味することによってさらにカドミウムの少ないアワビを作出することは可能である。しかしながら、現時点では天然のアワビ同様養殖アワビのばあいにも内臓についてはカドミウムの国際基準値を超える可能性があることから摂取については控えることが望ましいと考えられる。

また、地下海水にはマンガンが含まれていることが通常の海水との大きな違いである。昨年度天然のアワビからは筋肉中から0.04mg/l、内臓からは0.34mg/lが検出されている(表5)。これに対し、筋肉中のマンガンは飼料の違いに関係なく0.04~0.07mg/lであり、天然での個体と大きな違いは見られなかった。一方、内臓の場合については、飼料の違いでおよそ2倍程度の違いはあるが、0.61~1.45mg/lの範囲であった。マンガンについては重金属でないことから特に安全基準はないが、反対に栄養摂取基準は設けてある。これによると1日当たり成人男性で4mg、女性で3mgが栄養摂取基準で、1日の上限が男女とも11mgとされている。これらのことを考慮すると仮にアワビの内臓のみ7リットル分摂取しても1日の上限に達しないことから、食品としては問題ないと考えられる。