

# 室戸周辺の沿岸魚類環境改善に関する提案

1100426 野口貴子

高知工科大学工学部社会システム工学科

近年、日本の沿岸で、「磯焼け現象」が、問題になっている。その原因は、いくつか考えられているが、もっとも大きな要因として挙げられているのが、陸域からの栄養塩の供給不足である。そのため、海の世界だけではなく、陸の世界改善やビバリーシリーズのような人工的に海に栄養を供給する方法、ウニ類除去などの取組が行われている。本研究では、これらのことを踏まえ、魚類に必要なものは何かを考え、高知県の産物で持続的に行える方策を提案するために、エコデザイン研究所の発酵肥料を用いた。これは、産廃扱いでなく製品としての扱いになるので、試験検証により確認されれば栄養塩として使える。そして、そのための試験方法の案を考察した。

**Key Words:** フルボ酸鉄 栄養塩 磯焼け 魚類環境 沿岸部 発酵肥料 試験法

## 1. 序論

近年、日本の沿岸で、「磯焼け現象」が、問題になってきている。磯焼けの原因として以下のものが挙げられる。

- 1) 陸域からの栄養塩の供給不足
- 2) 海流の変化
- 3) 藻食動物(ウニなど)による食害

そして、1)の項目が最も大きな要因として考えられている。文献調査によれば、昭和45年頃までは、土佐湾沿岸の藻場がとても豊かだったことは、60歳以上の方々が話してくれた。これは、陸の山林部の枯れ草の成分を吸い込んだフルボ酸鉄が十分にあったこと、及び、下水道があまり完備されておらず、し尿からの魚にとっての栄養塩が十分にあったことが挙げられている。

本研究では、特に1)の現状に関して、室戸市をプロジェクトの対象として調査し、磯焼け現象の解消のための方策の一つを提案することを本研究の目的とした。

## 2. 研究方法

研究対象を室戸市とした。以下のことについて関係機関にヒアリングをしながら現地調査をした。

- 1) 高知県における漁業の現状
- 2) 現在行われている対策
- 3) 魚類にとって必要な環境
- 4) 栄養塩について
- 5) フルボ酸鉄について

以上のことを踏まえ、発酵肥料の導入の可能性について検討し、それを実証するための実験方法の案を考察する。

## 3. 高知県における漁業の現状

一般には、大型藻場の衰退現象を磯焼けと総称し、沿岸海域で見られる。この海藻群落が衰退・消失する磯焼けと呼ばれる現象は、漁獲高の減少など深刻な問題となっている。磯焼けの原因としては、海水温の上昇、藻食動物(ウニなど)による食害などが挙げられているが、特に最近になって海水中の溶存鉄不足が注目されつつある。特に沿岸部では、陸域からの溶存鉄(フルボ酸鉄)の供給システムである。この植物プランクトンや海藻が吸収しやすいフルボ酸鉄を含むイオン化鉄は、海中には微量しかなく、絶えず地下水や河川から供給を必要とされるが、フルボ酸鉄の給源の森林が開発されたり、間伐が長期間にわたり行われていないことがこの給源を妨げているという報告もある。さらに地下水や地下水からの湧出が河川整備や護岸整備により遮断したことが、溶存鉄(フルボ酸鉄)の供給機能を低減させてきたとも考えられる。

藻場は、魚類などの様々な動物の産卵場、保育場、隠れ場、生息場となっているばかりでなく、海域環境へ果たす役割も大きいと考えられている。室戸周辺においては、藻場が消滅し、現在も磯焼け状態が続いている。そのため、漁業就業者数は年々減少して、最盛期は1万6千人いた就業者数が現在では3千人程度になっている。

## 4. 現在行われている対策

### 4.1 ビバリーユニット(認証対象製品)の設置

ビバリーユニットとは、鉄鋼副産物で鉄分の含有量が豊富な転炉系製鋼スラグと人工腐植土を混合した海藻類の生育に必要な鉄分を海域に供給する海の肥料である。これを波浪に対する安定性を考慮した開口部を有する鋼製箱に充填した製品(ビバリーボツ

クス)を海水中に沈殿するという取組がなされている。2010年5月11日に取り付け、11月の調査で、マクサの繁茂や大型褐藻のホンダワラ類の芽生えが、基盤全面に見られた。図4.1は、室戸港の海にビバリーボックスを設置した当初の海中写真である。



図 4.1.1 ビバリーボックス

#### 4.2 ウニの除去

摂餌量の低下を目的とし、潜水士が海に潜り食藻動物(ウニ類)の除去を行っている。図4.2.1は、平成15年4月から平成18年3月までに「土佐湾の環境変動に対応した藻場の維持回復に関する研究」が行われた時のウニ除去が行われる前の海中の様子である。図4.2.2は、ウニ類の除去が行われた後の様子である。試験前まで大量に生息していた海藻類を食べるウニ類が取り除かれたことで、生育する海藻の種類が無節サンゴモ類からカジメやホンダワラ類へ遷移し始めていると考えられる。



図 4.2.1 ウニ類除去前の海底

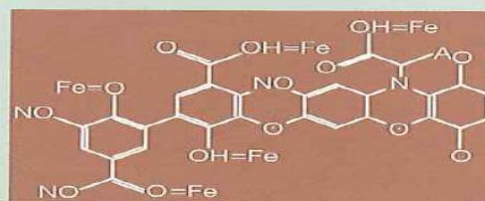


図 4.2.2. ホンダワラ類の生育状況 (H16.12)

#### 5. 魚類にとって必要な環境

海域での食物連鎖は、栄養塩→植物プランクトン→動物プランクトン→稚魚→大型の魚である。栄養塩が食物連鎖の大本であり、これを豊富にすることにより、海域環境が改善されると考えられる。植物プランクトンに必要な栄養は、窒素・リン・珪素(珪藻および珪質鞭毛虫が要求)および微量元素類である。この場合、窒素はアンモニア、硝酸あるいは亜硝酸として、リンはリン酸として、珪素は珪酸としての形態のものが中心であり、通常これらの塩を総称して栄養塩、または微量元素類と特に区別して多量栄養塩と呼ぶ。水産業においては、海苔やワカメといった海藻の生育や、赤潮やアオコの発生などに深く関係しており、非常に重要な条件の一つとなっている。また、1. 序論で述べたフルボ酸鉄とは、森林の落葉が腐る段階で、水溶性のフルボ酸という腐食物質ができる。これが、土中の無酸素状態の中で水に溶けている鉄(イオン化された鉄)と結びついて、フルボ酸鉄という物質になる。このフルボ酸と結合した鉄は森林から河川に運ばれ海へ届く。特徴としては、極めて安定で、そのままの形で海へ届く。この鉄は生体膜を通過できる大きさなので、植物プランクトンや海藻が吸収できる。

腐植土中の腐植酸と二価鉄が結びつき、安定な腐植酸鉄(フルボ酸、フミン酸等)が生成



河川を通じて海へ供給。海藻が吸収

(新日本製鐵株式会社ビバリーシリーズカタログ)

図 5.1 フルボ酸鉄の生成

## 6. 発酵肥料の導入の可能性

### 6.1 エコデザイン研究所の発酵肥料

この原料は下水道汚泥、し尿汚泥、食品残さ、畜産排出物、魚腸骨、その他の有機廃棄物でありこの有機廃棄物を超高温菌により、堆肥化するシステムにより作られる。高知市から出るし尿など 4000～5000 t/年のうち、600～700 t が発酵肥料に製品となる。肥料となる原料の割合は、工場汚泥 40%、下水汚泥 35%、動植物物質原料(魚、食品残さ)15%、その他 10%である。原料の 5%が肥料となり、残りのアンモニアや水分は浮華させる。肥料成分は、窒素 3.0%、リン酸 6.0%、カリウム 1.0%、炭素窒素比は 6 である。肥料の特徴を以下に記す。

- 1) 超高温発酵(発酵温度 90 度以上)により雑草種子や病原菌などが死滅したクリーンな肥料である。
- 2) 農作物の糖度が増し、日持ちが良くなる。
- 3) 水分が 30%程度なので、固形分が多く長期間肥料効果が持続する。
- 4) 四国内の原料から作られたリサイクル肥料である。

表 6.1.1、表 6.1.2、表 6.1.3 は、発酵肥料の分析結果である。これらの結果から、発酵肥料には栄養塩となるリン、窒素、金属類が含まれていることが分かる。しかし、鉛や水銀といった重金属成分も含まれている。そこで、発酵肥料について試験を行い、環境基準がクリア出来るか、魚類環境に対しての効果などを調べる必要がある。

表 6.1.1 分析結果報告書①

分析結果報告書				
第TH-22-09-00175号 平成22年9月29日				
<b>株式会社エコデザイン研究所 御中</b>				
計量証明事業所 高知県 第605号(濃度) 株式会社 東洋テクニサーズ 〒780-8006 高知市萩町二丁目2番25号 電話 088-834-4836				
試料の種類	肥料(含有量試験)	採取年月日	平成22年9月9日	採取時刻
試料名	かんとりスーパーエコデザインミックス	採取者	横山	
採取場所	株式会社エコデザイン研究所	天候	-	気温(°C)
受託年月日	平成22年9月9日	受託方法	持込	水温(°C)
特記事項				

項目名	単位	試験結果		試験方法	定量下限値
		現物	乾物		
水分	w/w%	26	-	加熱減量法	0.1
窒素	mg/100g	740	1000	滴定法	0.01
窒素全量	w/w%	3.0	4.1	ケルダール法	0.01
リン酸全量	w/w%	6.1	8.2	バナドモリブチン酸-吸光測定	0.01
カリ全量	w/w%	1.2	1.6	ICP発光光度法	0.01
全炭素	w/w%	12	16	ニクロム酸化法	0.01
炭素窒素比	-	3.9	-	計算法	-
カルシウム(石灰)	w/w%	13	17	ICP発光光度法	0.01
マグネシウム(苦土)	w/w%	1.1	1.5	ICP発光光度法	0.01
マンガン	mg/kg	-	510	ICP発光光度法	0.01
亜鉛	mg/kg	-	760	ICP発光光度法	0.01
銅	mg/kg	-	240	ICP発光光度法	0.01

備考 1. 試験の方法は、「肥料分析法(農林水産省農業環境技術研究所法 2010年度)」及び「堆きゆう肥分析法(高知県分析測定診断テキスト・分析の手引き・1996年版)」に準拠しました。

肥料の販売価格(工場お渡しの場合。送料は含まれない。)は、以下の通りである。

- 15 kg入袋・・・630 円/袋
- フレコンバッグ(900 kg入)・・・20,000 円/体
- バラ(1 t)・・・18,900 円/t

表 6.1.2 分析結果報告書②

分析結果報告書				
第TH-22-09-00175号 平成22年9月29日				
<b>株式会社エコデザイン研究所 御中</b>				
計量証明事業所 高知県 第605号(濃度) 株式会社 東洋テクニサーズ 〒780-8006 高知市萩町二丁目2番25号 電話 088-834-4836				
試料の種類	肥料(含有量試験)	採取年月日	平成22年9月9日	採取時刻
試料名	かんとりスーパーエコデザインミックス	採取者	横山	
採取場所	株式会社エコデザイン研究所	天候	-	気温(°C)
受託年月日	平成22年9月9日	受託方法	持込	水温(°C)
特記事項				

項目名	単位	試験結果		試験方法
		現物	乾物	
カドミウム	mg/kg	1.1	≤5	ICP発光光度法
クロム	mg/kg	48	≤500	ICP発光光度法
水銀	mg/kg	0.63	≤2	還元気化原子吸光光度法
鉛	mg/kg	3.8	≤100	ICP発光光度法
ニッケル	mg/kg	28	≤300	ICP発光光度法
ヒ素	mg/kg	3.8	≤50	水素化物発生-ICP発光光度法

備考 1. 試験の方法は、「肥料分析法(農林水産省農業環境技術研究所法 2010年度)」に準拠しました。  
2. 表中の「基準値」は、「肥料取締法」の汚泥発酵肥料における公定規格に定める数値を示します。  
3. 試験結果は、乾物換算値で表示しています。  
4. 御依頼を受けた試料についての試験結果は、全項目につきまして基準値に適合しております。

表 6.1.3 分析結果報告書③

分析結果報告書				
第TH-22-03-00101号 平成22年3月23日				
<b>株式会社エコデザイン研究所 御中</b>				
計量証明事業所 高知県 第605号(濃度) 株式会社 東洋テクニサーズ 〒780-8006 高知市萩町二丁目2番25号 電話 088-834-4836				
試料の種類	肥料(含有量試験)	採取年月日	平成22年3月8日	採取時刻
試料名	かんとりスーパーエコデザインミックス	採取者	横山	
採取場所	株式会社エコデザイン研究所	天候	-	気温(°C)
受託年月日	平成22年3月8日	受託方法	持込	水温(°C)
特記事項				

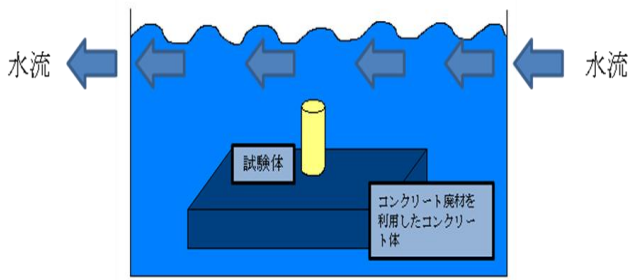
項目名	単位	試験結果		試験方法	定量下限値
		現物	乾物		
水分	w/w%	28	-	加熱減量法	0.1
窒素全量	w/w%	3.1	4.3	ケルダール法	0.01
リン酸全量	w/w%	6.1	8.5	バナドモリブチン酸-吸光測定	0.01
カルシウム(石灰)	w/w%	13	18	ICP発光光度法	0.01
マグネシウム(苦土)	w/w%	1.1	1.5	ICP発光光度法	0.01
マンガン	mg/kg	-	750	ICP発光光度法	0.01
亜鉛	mg/kg	-	500	ICP発光光度法	0.01
鉄	mg/kg	-	40000	ICP発光光度法	0.01
銅	mg/kg	-	230	ICP発光光度法	0.01
カリ全量	w/w%	1.0	1.4	ICP発光光度法	0.01
全炭素	w/w%	19	26	ニクロム酸化法	0.01
炭素窒素比	-	6	-	計算法	-
塩素	w/w%	0.69	1.0	クロム酸法	0.01

備考 1. 試験の方法は、「肥料分析法(農林水産省農業環境技術研究所法 2010年度)」及び「堆きゆう肥分析法(高知県分析測定診断テキスト・分析の手引き・1996年版)」に準拠しました。

## 6.2 発酵肥料の試験方法の提案

試験方法：模擬的な水槽の中に設置場所となるコンクリート体を置き、その中に製作したプラスチックの筒状の容器の中に発酵肥料を充填したものを試験体とする。この試験体の下部はコンクリート漁礁の穴部分に埋め込まれる(図 6.2.1)。上部には小さい穴があいており、海水に少しずつさらされるようにする(図 6.2.2)。水槽の中の環境は、海中と同じように水の流れをつくる。室戸周辺の沿岸の海流の流れは 0.5 ノット程度であるがこれより早い場合、遅い場合についても試験予定。

記録方法：試験の記録は、1 日、10 日、30 日・・・と何日間かごとに水槽の中の成分濃度を記録する。



試験用の水槽

図 6.2.1

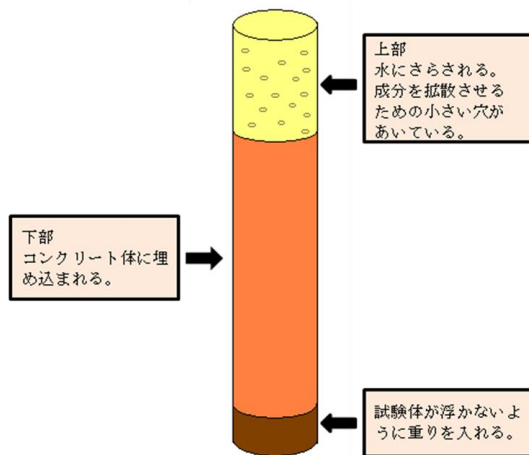


図 6.2.2

試験で効果が実証された後、実際に海域で使用するにあたっての必要事項がいくつか考えられる。環境影響評価で何も問題ないとされても、それはあくまで予測であり、将来的に長い目で見ると何が起こるかは問えない状況にある。そのため、これから先は以下のことについて検証しつつ、進めていく必要がある。

- 1) 海域(場所および規模)の選定方法
- 2) 使用する発酵肥料の物性、種類、量
- 3) 拡散範囲の予測手法
- 4) モニタリング手法
- 5) 経済・社会影響
- 6) 法、条例
- 7) その他

## 7. まとめ

発酵肥料の環境基準の評価、魚類環境へ効果が実証出来れば、これを魚類環境改善に役立てることが出来る。また、この問題に、根っこの部分から解決しようすると、膨大な資金や時間、広く深い多くの専門知識が必要である。その中で、発酵肥料という比較的安価なものを使って魚類環境改善に繋げていくことで、長期的にも非常に経済的であると考える。

(これまでのインタビューヒアリング行程)

11月16日(火) 株式会社轟組 武市光博氏

- ・ビバリーシリーズについて
- ・今と昔の海の環境の違い
- ・現在の海の環境
- ・栄養塩、フルボ酸鉄について
- ・磯焼けの原因について

12月13日(月) 株式会社エコデザイン研究所 横山貴志氏  
共和化工株式会社 倉地 利幸氏

- ・発酵肥料について
- ・発酵肥料の成分をどのようにして海に溶出させるか

12月16日(木) 室津作業ヤード護岸での藻場への取組  
株式会社轟組 吉村明夫氏

- ・室戸のビバリーボックスの途中経過

12月20日(月) 高知大学名誉教授 大野正夫氏

- ・溶質基準、溶質試験について
- ・今と昔の海の環境の違い
- ・現在の海の環境
- ・魚類にとって必要、不必要なものについて
- ・発酵肥料の利用について

12月20日(月) 高知県水産試験所 場長 桑原秀俊氏

- ・発酵肥料を海に利用することについての意識調査

1月17日(月) 室戸地区天然資源回復協議会

- ・建設産業のリサイクル材料の利活用調査について
- ・海のゆりかご造成について
- ・森林の健全度調査について
- ・海中調査について
- ・環境教育、観光への可能性調査について
- ・地域ビジョン作成について

1月21日(金) 西日本科学技術研究所 和五郎氏

- ・海洋汚染防止法について
- ・発酵肥料の利用についての意見

1月24日(月) 高知県林業振興・環境部環境対策課

チーフ 篠崎公一氏  
主幹 北岡裕之

- ・発酵肥料を海に流すための調査必要事項

(参考文献)

- 1) 低炭素社会の環境再生手法 緑の緑化(磯焼け対策)技術資料  
NPO 風土工学デザイン研究所 専門調査役須田清隆
- 2) 海底湧水復活企画書案  
海底湧水再生による海洋資源回復技術の研究  
海底湧水研究PJ
- 3) 高知県庁ホームページ-水産振興部  
[www.pref.kochi.lg.jp/soshiki/kakubu.php?sec\\_sec2=4000](http://www.pref.kochi.lg.jp/soshiki/kakubu.php?sec_sec2=4000)
- 4) フリー百科事典『ウィキペディア (Wikipedia)』  
[ja.wikipedia.org/wiki/](http://ja.wikipedia.org/wiki/)
- 5) 平成21年度「海の森づくり」シンポジウムVI  
海洋施肥と海の森づくり 要旨集  
主催：海の森づくり推進協会  
共催：日本大学理工学部海洋建築学科・(社)国際海洋科学技術協会
- 6) 土壌の汚染に関する環境基準(平成3年環境庁告示第46号)  
<http://www.citynakatsu.jp/download/seikatsukankyou/dosya3.pdf>
- 7) コンクリート廃材を利用した漁礁可能性に関する調査研究  
高知工科大学社会システム工学科平成22年度卒業生  
1100409 竹前朱里