

# 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

1100409 竹前朱理

高知工科大学工学部社会システム工学科

建設業では、解体コンクリート排出量の増加によりこれからの処理方法や処分場不足が問題視されている。漁業では、高齢化により漁業の従事者は減少、排他的経済水域の制定や磯やけにより漁獲高が減少している。そこで、建設リサイクル材料(コンクリート廃材・掘削ずり)を利用し、漁礁を造ることで漁場再生が可能ではないかと考えた。コンクリート廃材の沈設は六価クロム溶出が危惧されていたが、還元剤の硫化鉄を含む製鋼スラグによって解決できる。そして新日本製鐵では、製鋼スラグと腐植物質を使いコンブの生育に成功していた。よって、コンクリート廃材を利用した漁場再生の可能性はある。

**Key Words** : コンクリート廃材、二価鉄、六価クロム、製鋼スラグ

## 1. はじめに

今回の対象地域(高知県室戸市)は、1次産業事業者は約20%を占めるが、高齢化により林業や漁業の従事者は減少の一途を辿っており、磯やけ、漁獲量の低下等が深刻化してきている。逆に、地元建設業の若い人材は公共事業の削減で余剰しており、雇用対策が急務である。

一方、建設産業では、今後10年間のコンクリート廃材の排出量余剰分は3.5億t/年といわれ、処理方法や処分場不足が問題視されている。

そこで、高知県水産振興部などの水産関係の事業において、魚の集行動を利用した構造物(漁礁)がフレッシュコンクリートで造られ沈設されていることから、今回対象地区である室戸地区の建設リサイクル材料を利用し漁礁を造ることにより、コンクリート廃棄物の有効利用として漁場再生が可能であるか検討することを目的とした。

## 2. 現状

### 2.1 コンクリート廃材の現状と将来

コンクリート生産量は、1960年に年間約1億5000

万トンだったが、高度成長期の15年たらずの間に6億t台まで膨れ上がった。コンクリートの需要は今後も6億tくらいで推移していくと思われる。これまでのコンクリート構造物は平均すると、建築は37年、土木は50年で解体されている。都市整備公団が保有する低層のコンクリート住宅も高層化にするべく順次建て替えがおこなわれており、高度成長期に建てられた建物も建て替え時期にきている。このことにより、解体コンクリートの排出量は、2010年には今より1億t以上増えるのではないかと予想される。

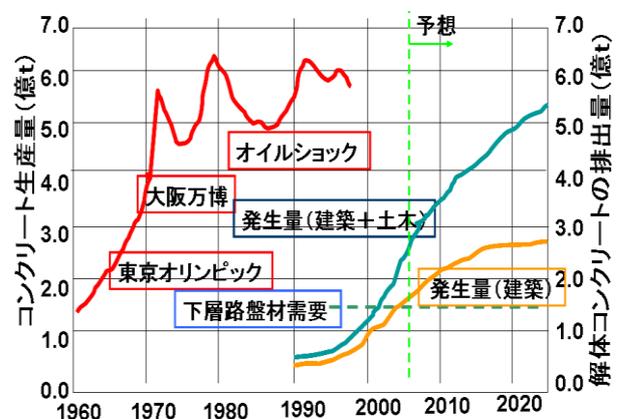


図1 コンクリート生産量と廃材の推移

コンクリート廃材の有効利用は道路の下層路盤材があげられるがその需要は限られており、今後の需要は見込まれない。現在コンクリート廃材を再生化するためにセメント、骨材を分離することなどを国土交通省では勧めているが、コストが高く将来性は見込めない。そして、処理の破碎や分級などの過程で重機を使用するため、二酸化炭素の排出量も多くなる。

本件では、漁礁を計画しており、コストマネジメントの面でリスクを解消できる。

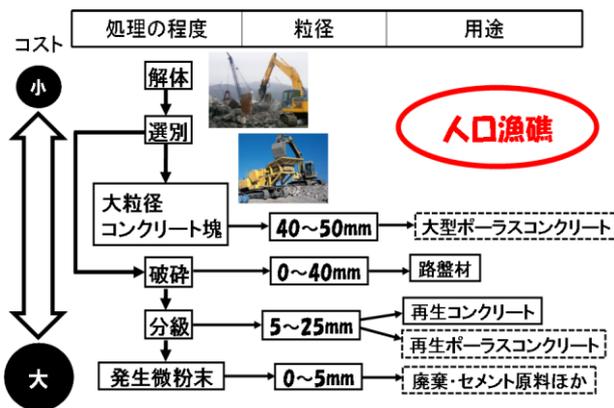


図2 コンクリート廃材の現状

## 2.2 漁業の現状と将来

漁業の漁獲高は、1988年までは伸びてきたが、排他的経済水域（200海里経済水域）の制定に伴い漁獲高は大きく減少した。それ以降、漁獲高は少しずつ減少してきている。このままでは、漁業従事者の高齢化が進んでいることも考えると漁獲高が減少すると思われる。

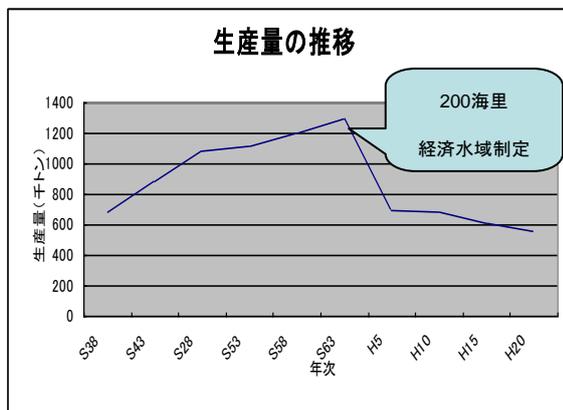


図3 漁獲高の推移

漁獲高減少の原因にはこのほかに、磯やけの問題がある。これにより、コンブやホンダワラ等の有機海藻類が生息できない。原因としては、河川整備などによって河川から二価鉄が供給されなくなったと考える。海藻の生育には鉄分が必要である。海水中に溶存する二価鉄（フルボ酸鉄）である。二価鉄は、海水中の溶存酸素により速やかに三価鉄に酸化され、水酸化物として沈殿してしまう。よって、磯やけの解消には鉄分を海水に混ぜる必要がある。

## 3. 問題解決

### 3.1 鉄炭団子の添加

磯やけの解消には海水中に鉄分を混ぜる必要があることから、鉄炭団子をコンクリート廃棄物と一緒に入れることを考えた。鉄炭団子には使い捨てカイロの利用を考えた。竹炭と鉄分が磯やけの解消に有効であること、今後の詳細な調査が必要ではあるが、ヘドロにも鉄炭団子が有効であることがわかった。

### 3.2 六価クロム溶出

建設リサイクル材料(コンクリート廃材・掘削ずり)を利用した漁場再生を目的としている。すると、コンクリート廃材を人頭台で用いることになる。このため、コンクリート廃材に付着している仕上げ材等の一つ一つ確認する必要がある。塗料の中にエポキシ樹脂が少量含まれる。10年前にその中のビスフェノールAが一時期環境ホルモンに影響ありという問題が指摘されたが、その検証の結果現在では問題なしとされており、環境省も承認している。しかし、セメント原料にはクロムが含まれている。そのほとんどが三価クロムだが、焼成過程で六価クロムに酸化される。この一部が水に溶ける水溶性の六価クロムとなる。六価クロムは硬化後ほとんど溶出しませんが、解体・破碎されたコンクリート塊からの溶出は検討する必要がある。今回は、漁礁として海水中に沈設することから六価クロムの基準は、0.01mg/L以下であることを確認する必要がある。

清水建設技術研究所の黒田氏によれば、六価クロムは、コンクリートの粒径が小さいほど溶出量が大

きくなる。これは、粒径が小さくなるほど試料の表面積が増えるからである。図4より、漁礁で沈めるコンクリート廃材はコストのことも考え、大きい粒径で充填することを考えているため問題ないと考える。心配ならば、振とう時間が長いほど溶出量が大きくなるが、6時間以上振とう時間を延ばせば六価クロムの溶出量は安定するため、どこか他の水槽などにコンクリート廃材を一時つけておき、六価クロムの溶出量を減少させることができると考える。

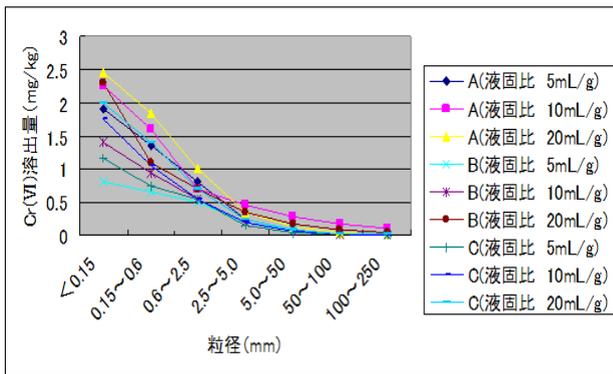


図4 六価クロムと粒径の関係

セメント中の水溶性六価クロム含有量は1996年以降は平均10mg/kg前後を推移している。1998年9月にセメント中の水溶性六価クロム含有量を20mg/kg以下とするガイドラインをセメント業界では設定された。しかし、これから解体される解体コンクリート廃材は1996年以前のものも含まれているため調査が必要である。

六価クロムは塩水中でクロム酸イオンとなる場合がある。クロム酸イオンと化合する還元剤として硫化鉄がある。この還元剤は鋼材生成の際の高炉系製鋼スラグに含まれている。このことから、コンクリート廃材と製鋼スラグを混合物することで六価クロムの溶出防止策となりうるということがわかる。

### 3.3 製鋼スラグの安全性

六価クロム溶出の還元剤として良いとされている製鋼スラグを利用し、ここで、新日本製鐵君津にRD(研究開発)センターの堤直人室長に先生と一緒に

にヒヤリングに行ってきた。新日本製鐵は、自社の副産物であるスラグの有効活用と漁獲高減少という深刻な問題をもたらしている磯やけに着目していた。そこで、鉄分供給材料とし廃木材チップを発酵させた人口腐植土と、二価鉄を多く含有する製鋼スラグを袋詰めした鉄分供給ユニットを製作し沈設している。

この鉄分供給ユニットは、全鉄の溶出量に対する二価鉄の溶出量の比率は製鋼スラグのみの場合約5%に対し、人口腐植土との混合の場合約30~40%に増加する。よって、混合することによって製鋼スラグからの鉄の溶出量、特に二価鉄溶出量が大幅に増加することがわかる。



写真1 鉄分供給ユニット

製鋼スラグと水産加工残渣を発酵させた魚かす発酵加工品(魚粉)のユニットは、製鋼スラグと人口腐植物質のユニットよりもコンブの生育には効果的である。これは、発酵魚粉中に含まれている窒素やリンといった栄養塩の添加も有効であることもわかった。

しかし、新日本製鐵の実験は北海道で行われており、コンブが対象である。そのため、今回の対象地区である室戸の海藻のカジメやホンダワラなどがつくのかという問題がある。こちらは、試験的に実験する必要があると考える。

## 4. 結論

鉄炭団子では、鉄分供給の問題は解決できる。しかし、六価クロム溶出の問題を解決することはできない。

黒田氏の知見により、六価クロム溶出防止には硫

化鉄が還元剤として有効であることがわかった。

新日本製鐵の取り組みより、製鋼スラグが海に沈めても安全であること、製鋼スラグと人工腐植土を混合させると藻場再生の効果があることがわかった。水産加工残渣を発酵させた魚かす発酵加工品(魚粉)のユニットと製鋼スラグを混合させることによって藻場再生に効果がある。

このことから、製鋼スラグにより、六価クロムの溶出防止と磯やけ対策もできる。よって、コンクリート廃材を利用しての漁場再生を提言する。しかし、六価クロムの還元剤が硫化鉄であるという知見が少ないのが問題である。

六価クロム以外の危険物質の問題はないか。などの課題がある。これは35項目にわたる環境六法に基づく検査を依頼することを提案した。中でも、鉛・六価クロム・セレン・ダイオキシソ類の4つが特に重要である。

水底土砂に係る判定基準	
項目	判定基準
アルキル水銀化合物	アルキル水銀化合物につき検出されないこと。
水銀又はその化合物	検液1Lにつき水銀0.005mg以下
ガドミウム又はその化合物	検液1Lにつきガドミウム0.1mg以下
鉛又はその化合物	検液1Lにつき鉛0.1mg以下
有機燐化合物	検液1Lにつき有機燐化合物1mg以下
六価クロム化合物	検液1Lにつき六価クロム0.5mg以下
ヒ素又はその化合物	検液1Lにつきヒ素0.1mg以下
シアン化合物	検液1Lにつきシアン1mg以下
PCB	検液1LにつきPCB0.003mg以下
銅又はその化合物	検液1Lにつき銅3mg以下
亜鉛又はその化合物	検液1Lにつき亜鉛5mg以下
ふっ化物	検液1Lにつきふっ素15mg以下
トリクロロエチレン	検液1Lにつきトリクロロエチレン0.3mg以下
テトラクロロエチレン	検液1Lにつきテトラクロロエチレン0.1mg以下
ベリリウム又はその化合物	検液1Lにつきベリリウム2.5mg以下
クロム又はその化合物	検液1Lにつきクロム2mg以下
ニッケル又はその化合物	検液1Lにつきニッケル1.2mg以下
バナジウム又はその化合物	検液1Lにつきバナジウム1.5mg以下
有機塩素化合物	試料1kgにつき塩素40mg以下
ジクロロメタン	検液1Lにつきジクロロメタン0.2mg以下
四塩化炭素	検液1Lにつき四塩化炭素0.02mg以下
1,2-ジクロロエタン	検液1Lにつき1,2-ジクロロエタン0.04mg以下
1,1-ジクロロエチレン	検液1Lにつき1,1-ジクロロエチレン0.2mg以下
シス-1,2-ジクロロエチレン	検液1Lにつきシス-1,2-ジクロロエチレン0.4mg以下
1,1-トリクロロエタン	検液1Lにつき1,1-トリクロロエタン3mg以下
1,1,2-トリクロロエタン	検液1Lにつき1,1,2-トリクロロエタン0.06mg以下
1,3-ジクロロプロペン	検液1Lにつき1,3-ジクロロプロペン0.02mg以下
チウラム	検液1Lにつきチウラム0.06mg以下
シマジン	検液1Lにつきシマジン0.03mg以下
チオベンカルブ	検液1Lにつきチオベンカルブ0.2mg以下
ベンゼン	検液1Lにつきベンゼン0.1mg以下
セレン又はその化合物	検液1Lにつきセレン0.1mg以下
ダイオキシソ類 (溶出試験)	検液1Lにつきダイオキシソ類10pg-TEQ以下
ダイオキシソ類 (含有量試験)	150pg-TEQ/g以下

図5 35項目の調査項目と判定基準

製鋼スラグの他に候補があったがこれが実験実証済みであることからこの方法を室戸のプロジェクトに提案することを決定した。

参考文献

- 1) 農林水産省統計部『漁業・養殖業生産統計年報』
- 2) 解体コンクリートからの六価クロム溶出に関する研究 黒田泰弘・興石直幸日本建築学会構造系論文集2009.12
- 3) セメントに含まれる微量成分の環境への影響 高橋茂
- 4) 海域施肥時のコンブ等の生育に関する実海域実験 - 転炉系製鋼スラグ等を用いた藻場造成技術開発(1) - 木曾栄滋他
- 5) 製鋼スラグ等の海域施肥試験における海域Fe濃度分布に関する検討 - 転炉系製鋼スラグ等を用いた藻場造成技術開発(2) - 加藤敏朗他
- 6) 海域施肥時のコンブ等の生育に及ぼす施肥原料成分の影響に関する水槽実験結果 - 転炉系製鋼スラグ等を用いた藻場造成技術開発(3) - 堤直人他
- 7) 鉄分供給ユニットによる藻場造成技術の検討 加藤敏朗他
- 8) 日本海洋工学会・日本船舶海洋工学会 平成20年3月