

経年コンクリート建造物の海域利用による資源化と巨大地震時における都市のレジリエンス向上（概要）

研究責任者 中央大学 理工学部

教授 有川 太郎

共同研究者 (元)名古屋大学 減災連携研究センター

教授 西川 智

1. 背景および目的

1. 1 産業廃棄物としてのコンクリートがらの実態

1960年代以降都市域に鉄筋コンクリート建造物が急増し、それらが順次老朽化し解体の時期を迎えており、大半は産業廃棄物として多大なコストとエネルギーを消費して再生骨材等として再利用されているが、需給のアンバランスから近未来には利用に限界がくることが指摘されている¹⁾。なかでもコンクリートがらは年々増加し、2050年においては2015年の1.5倍程度に増加するという報告もある²⁾。

現状においては、コンクリートがらの再生利用用途の大部分を路盤材が占めているが、将来的には、路盤材の需要を上回るコンクリートがらの発生が見込まれることになる。そのため、コンクリートがらの新しい需要の確保・促進が必要となる。また、再処理材として利用するにあたっては、その処理コストは高い。

他方、震災発生時には一瞬にして大量の構造物が使用不能となり、迅速な撤去と処分をしなければ、災害復興に影響を及ぼす。首都直下地震の被害推定結果によると、災害廃棄物の発生量は、約6500万トン～1.1

億トンと推定されており、その6割がコンクリートがら（コンクリート塊）で占められる³⁾。それは、年間の東京都におけるコンクリート塊の約10倍以上となる⁴⁾。復旧・復興にあたり、仮置きし、復興資材に用いられるが、仮に処分場が、地震に対して健全であったとしても、かなりの年数を要することが想像できる。そのため、このような土石系資源の循環について、様々なアイデアを実証していくことの重要性が指摘されている⁵⁾。

1. 2 コンクリートや捨石の海域における需要

需要側として、陸域での需要に限界がみられるが、防波堤や護岸といった防護施設の建造や、藻場や浅場の造成など、海域での利用も考えられる。

漁礁への活用は、以前から取り組まれている。鈴木・高橋(1997)⁶⁾は、産業副産物として石炭灰をコンクリートブロックとして海域に利用することを提案している。その際、湧昇流を人工的に発生させるマウンド礁⁷⁾を構築することで、①湧昇流の効果で沖合に大規模な好漁場が創造される、②石炭灰の大量利用により浅海域の埋立てが減

少する、③ 水産業と電力産業の共生の可能性が増大する、④ 植物プランクトンの増殖はCO₂の固定、およびO₂の生産につながるとした。このようなマウンド漁場造成は、平成7年度から12年度まで(社)マリノフォーラム21を事業主体として長崎県と共同で行なわれた⁸⁾。また、人工湧昇流域におけるCO₂の固定化に関する評価技術も開発されている⁹⁾。さらに、効果に対する数値計算手法の開発¹⁰⁾や、その実態を把握のための現地調査¹¹⁾も行われている。

一方で2009年に国連環境計画の報告書において、藻場・浅場等の海洋生態系に取り込まれた炭素がブルーカーボンと命名され、藻場・浅場は、新しいCO₂吸収源として注目されている。

藻場や浅場の造成にも捨石などの石材やコンクリートブロックが必要となるため、そのような場所にリサイクルできれば、需要の増大に寄与するのみならず、カーボンニュートラル化にも寄与することになる。

1. 3 海域利用に対する注意点

陸上で発生したコンクリートがらを海域で利用する場合には、ロンドン条約(1972)¹²⁾の制約があり、その関係の発生場所と適用場所について簡単にまとめたもの

を図-1に示す。

それに対して、東日本大震災で発生したコンクリートがらを海域で利用した事例がある¹³⁾。ここでは、コンクリートがらを200mm程度の大粒径のまま粗骨材として利用し、パッキングするような形で、ブロックを作成した。また、伊藤ら(2016)¹⁴⁾は、このようなコンクリートがらの適用について次のように記載している。

「東日本大震災における災害廃棄物の処理指針(マスタープラン)において、再生利用が可能なものは、極力、再生利用することとされた。一方、コンクリートがらを利用する場合に考慮すべき法的制限として、廃棄物処理法や海洋汚濁防止法がある。」

さらに、「廃棄物処理法(第2条)では、廃棄物とは不要になり廃棄の対象となった物および既に廃棄された無価物を指している。廃棄物は産業廃棄物又は一般廃棄物に分類される。ここで、「不要物」とは「占有者が自ら、利用し、又は他人に有償で売却することができないために不要になった物」であることから、有価物は廃棄物ではないと判断される。」

そのうえで、「本研究で扱うコンクリートがらは、粒径ごとに集積および再生利用に必要な粒径の選別などを行うことから、有価物と見なすことが可能なため、廃棄物処

		発生した場所	
		陸	海
再利用する場所	陸	破碎して再生砕石, 再生路盤材(40mm程度)	
	海	ロンドン条約(1972)の壁	クラッシャーラン500mm程度, 又はセメントパッキング

図-1 ロンドン条約(1972)の制約

理法の対象外になる。海洋汚染防止法に規定する廃棄物の定義では、「人が不要とした物（油及び有害液体物質を除く）」としており、漁場施設としての効果を有するものを製作すれば、現在の法の枠組みで利用が可能である。」と続けている。

他方、海域における土砂類の有効利用に関する指針(環境省 H30)¹⁵⁾によると、次のように記載される。

「実施しようとする事業が事業の目的等に照らして真に有効利用と客観的に判断される要件は、次の2点に集約される。

1. 施行者側における十分な管理の下に、積極的に材料等として利用すること

この要件を充足するためには、

- (1) 材料として利用するための実施計画を立案し、当該計画に沿って事業を実施すること
- (2) 海洋環境への影響及び事業目的の達成状況について、モニタリングを行うための計画を立案し、当該計画に沿ってモニタリングを実施すること
- (3) 当該モニタリング結果に基づいて、海洋環境への影響及び投入目的の達成状況を確認し、計画と齟齬が生じた場合には必要な手当を講じることが、十分な管理を行う上で必要であると考えられる。

2. 投入される物の材質が社会通念上、埋立材等として認められること

この要件を充足するためには、

- (1) 有害性がある、環境への影響が懸念されるような物を海洋に設置することは社会通念上、是認されないことから、土砂類に有害性がないこと等海洋環境の保全に著しい障害を及ぼすおそ

れがないこと

- (2) 使用する土砂類が有効利用の目的に要求される品質を満足していることが、投入される物の材質が社会通念上、埋立材等として認められるためには必要であると考えられる。」

したがって、単に、有価材であるだけでなく、社会通念上からもそれが有価材であると認められる必要があることがわかる。これは、東京湾などにおける埋め立てにおいても同様の懸念がなされている¹⁶⁾。

1. 4 本研究の目的

以上をまとめると、巨大地震の発生時において、大量に発生することが予想されるコンクリートがらの迅速な処理方法の確保、および平時における再利用場所の確保を解決するためには、大量に利用できる新しい枠組みが必要となる。その解決方法として、石炭灰コンクリートブロックのように無害化したうえで、海洋に利用することが考えられる。

一方で、その利用にあたっては、有価材であることが社会通念上にも認められる必要となる¹⁷⁾。

そこで、本研究は、コンクリートがらをブルーカーボン生態系の創出や海洋生態系の保全に活用することを目的とし、これにより平時および災害発生時におけるコンクリートがらの効率的な処理場所の確保を実現するための方策を提案する。

具体的には、コンクリートがらを藻場の造成や人工海底地形の形成に適した海域を、海水温度などの環境データを基に特定した。また、このプロセスを通じて、コンクリー

トの再利用がカーボンニュートラルな取り組みとしてどの程度寄与するかを評価した。最後に、本手法の社会的受容性を評価するために、一般の認識と意見を把握するアンケート調査を実施した。

2. 海域データを用いた藻場や人工海底山脈の適地評価手法

2. 1 対象とする藻場の種類

対象として、コンブ場、アラメ場、ガラモ場を選定した。これらの藻場に対しては、桑江ら(2019)¹⁸⁾においてCO₂吸収係数が算出されており、藻場面積をかけることで吸収量を算出することが可能である(表-1)。

2. 2 マスク条件

海藻類の生育に影響を及ぼす要因には、物理的環境要因・化学的環境要因・生物的環境要因・着生基盤の条件などがある(表-2)。このうち、藻場の種類ごとに水深、クロロフィルα(Chl-α)濃度、海表面温度、海流の上限と下限を定めた(表-3)。

表-1 各種吸収係数

	吸収係数 (t-CO ₂ /ha/年)	
	平均値	最大値
コンブ場	10.3	36.0
アラメ場	4.2	7.9
ガラモ場	2.7	5.1

表-2 海藻類の生息条件(色付き、本研究で利用したデータ)

水深	光合成を行うために十分な光量を得ることができる深さ
光量	クロロフィルα濃度で代替, 光合成を阻害する可能性
海水温	種類によって適正水温がある
水流	水流があることで栄養塩の供給が促進される
採食	海藻を食害する藻食生物
栄養塩	生長に効果がある, 光量にも影響する
塩分	光合成活性、成長や成熟に影響を及ぼす
基質	多くの海藻は、岩や岩礁、サンゴなどの硬い基質に付着して生育する

表-3 藻場のマスク条件

	条件						
	水深 (m)		海表面温度(°C)		Chl-α 濃度 (mg/m ³)		海流 (m/s)
	下限	上限	2月	8月	下限	上限	下限
コンブ場	-20	0	-2	26	0.01	2	0.03
アラメ場	-5	0	7	29	0.01	2	0.03
ガラモ場	-10	0	5	32	0.01	2	0.03

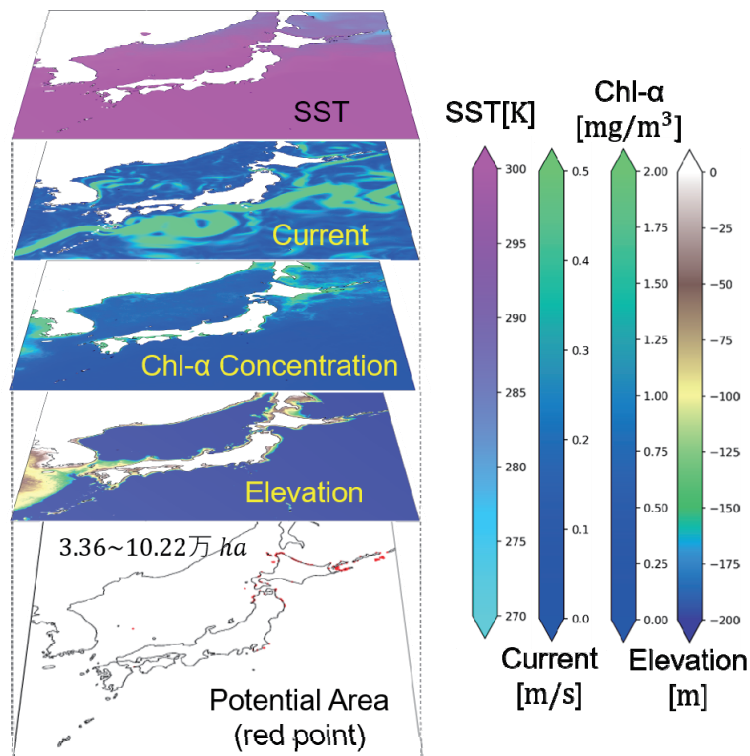


図-2 海域データを用いた藻場や人工海底山脈の適地評価手法

コンブ場の条件は、水深 20 m 以浅、海表面温度(SST)は、馬場(2021)¹⁹⁾の寒海性コンブ類の生育上限温度と生育海域の下限水温を設定した。コンブ科の生産力を維持できる流動として海流は 3 cm/s または 10 cm/s 以上²⁰⁾に設定した。クロロフィルα濃度の条件値は、光量制限の代替として設定したが、明確な基準は無いため、今後より詳細に検討が必要である。

2. 3 利用データと前処理

水深データに 15 秒角解像度の GEBCO2022 (The General Bathymetric Chart of the Oceans)を用いる。

クロロフィルα濃度は NASA の Ocean Color Data Archive より Terra MODIS Level3 の 4 km 解像度のデータを用いた。

海流データは、Global Ocean Physics Analysis and Forecast の 8 km 解像度のデ

ータを CMEMS(Copernicus Marine Environment Monitoring Service)よりダウンロードして用いた。利用したデータは 2022/1/31 ~ 2022/12/31 までの年間平均値である。

また、SST データに関しては、Global Ocean OSTIA Sea Surface Temperature and Sea Ice Analysis の 0.05 度解像度のデータを用いた。利用したデータは 2022 年 2 月と 8 月の月平均値である。

本研究では、以上のデータを 0.01 度解像度に補間してマスキングを行った。図-2 にその概要を示す。

3. 海域データを用いた藻場や人工海底山脈の適地評価結果

3. 1 藻場の適地について

それぞれのマスキングした結果を示す。

コンブ場について、ポテンシャル面積の分布は、実測分布²¹⁾と概ね一致した(図-3、図-4)。ただし、多少千葉などもコンブ場として評価している。日本沿岸のコンブ場のポテンシャル面積は海流の下限値に応じて、336km²から1022km²と算定された。

ガラモ場とアマメ場の結果を図-5、図-7

に示す。ガラモ場については、実績についても示す(図-6)。これをみると、おおむね一致しているものの、ガラモ場については、北側がうまく評価できていないことがわかる。ガラモ場は440km²、アラム場は、110km²と試算された。



図-3 コンブ場を対象としたマスキング結果

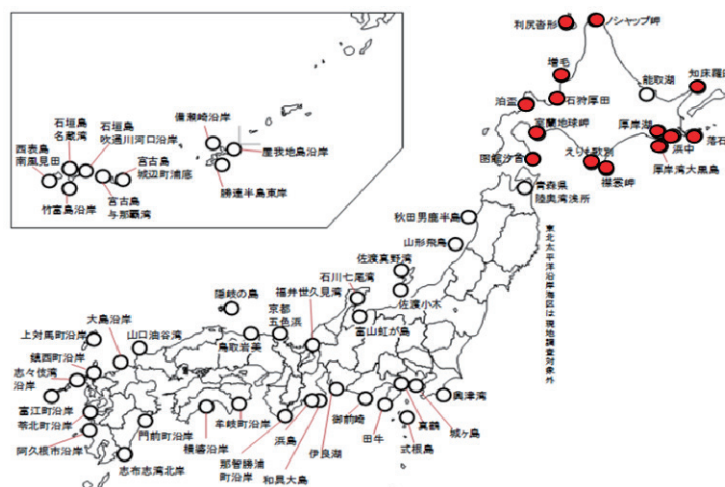


図-4 コンブ場の生息実態調査結果(赤丸が生息場所)²¹⁾



図-5 ガラモ場を対象としたマスキング結果

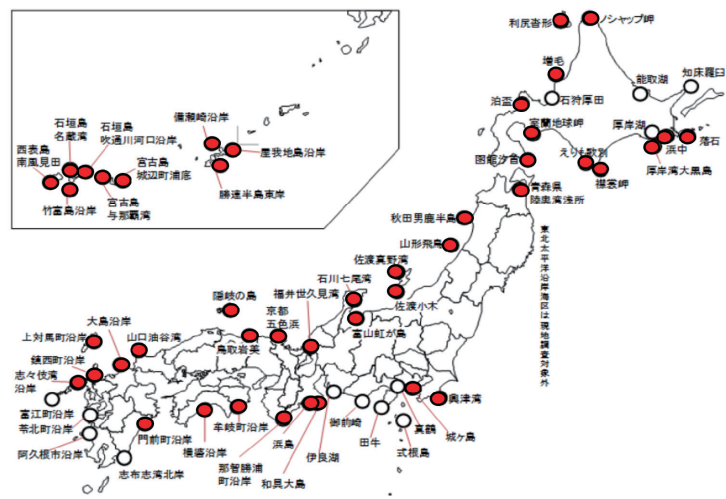


図-6 ガラモ場の生息実態調査結果(赤丸が生息場所)²¹⁾

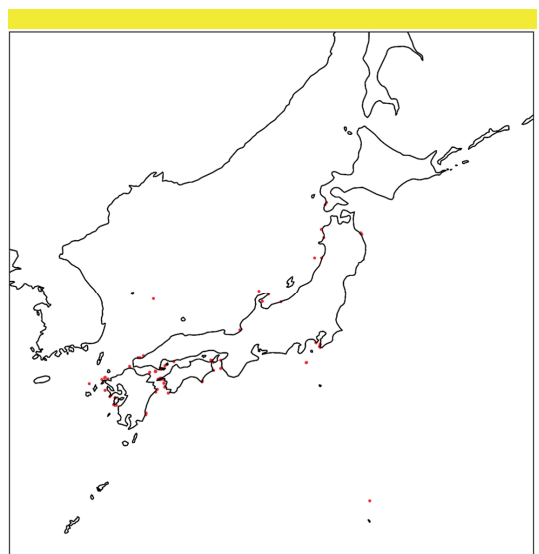


図-7 アラメ場を対象としたマスキング結果

3. 2 人工海底山脈の適地について

水深 110~120m、海流 0.5m/s 以下として、その適地を検討したところ、図-8 のようになった。これをみると、対馬海峡周辺に多くの適地が存在していることがわかる。これは、これまで水産庁等が実施してきた実績²²⁾とも一致する (図-9)。

結果、17561km² が適地と判定された。これまでの実績では、水深 63m~155m の範囲で実施されており、本結果より広範な範囲で実施できる可能性があると考えられる。人工海底山脈は、山のようにブロックを積み上げるが、その大きさは、これまでの実績から、長さ 60m×幅 120m×高さ

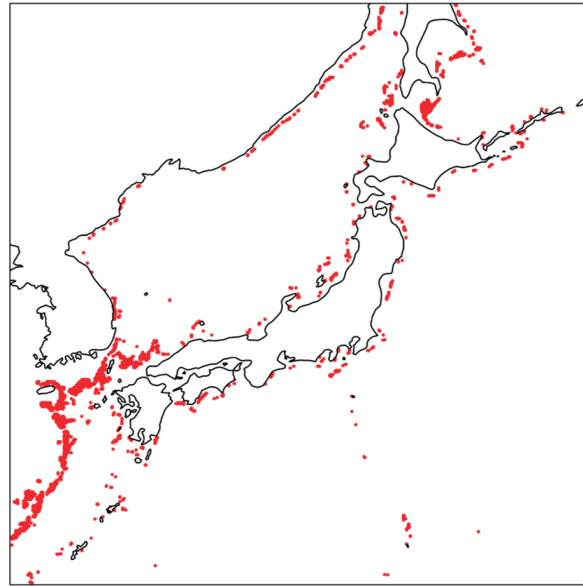


図-8 人工海底山脈を対象としたマスキング結果

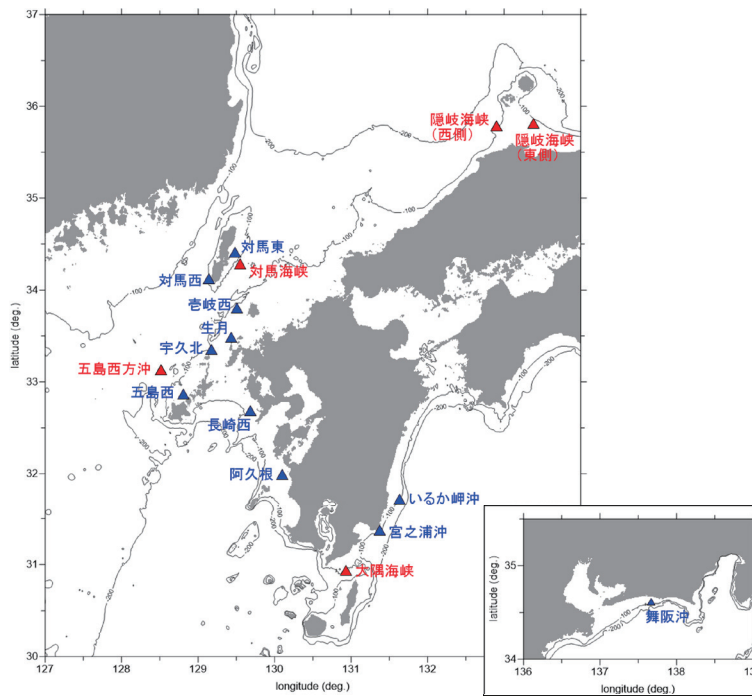


図-9 人工海底山脈の整備実績(青：県等、赤：国)²²⁾

15m が最も小さく、長さ 124m×幅 248m×高さ 31m が最も大きいサイズとなっている。これらをどの程度密集して設置できるかについての詳細な検討はないものの、相当な領域の適地があるものと考えられる。

3. 3 カーボンニュートラルの可能性

建設副産物実態調査²³⁾によると、平成30年のアスファルトコンクリート塊とコンクリート塊の最終処分量は合わせて35万tで、コンクリートの密度を2.3t/m³とすると、約15万m³である。コンクリート製造時のCO₂排出量は、約0.27t/m³であるから、15万m³では4.05万tとなる。

仮に、毎年15万m³の廃棄コンクリートを使用し、コンクリートを5cmの高さに敷き詰め、コンブを生育させたとすると、コンブ場のCO₂吸収係数は、10.3t/ha/年であるから¹⁸⁾、年間の吸収量は3090tずつ増える。ポテンシャル面積の上限から考えた場合、継続的に112~341年間藻場造成することができる。なお、使用した分のコンクリート製造時に排出されるCO₂量を吸収するには、約25年を要し、その後は、全体のカーボンニュートラル化に貢献することが可能となる。それぞれの藻場の排出量と吸収量の関係を図-10ならびに表-4に示す。

人工海底山脈では、生月島沖の人工海底山脈の実証事業では、炭素の沈降による固定量が1000tC/y程度と試算されており²⁴⁾、それを参照することができる。そこでは、1.2万m³のコンクリートブロックが使用されていたことから、CO₂排出量は、0.324万tとなる。そのため、3~4年で正味のCO₂吸収量が正となることがわかる。

各藻場を1.2万m³のコンクリートがらを5cmで敷き詰めたとした場合、2400km²となることから、そこでの吸収量と、人工海底山脈の吸収量を比較したものを図-11に示す。

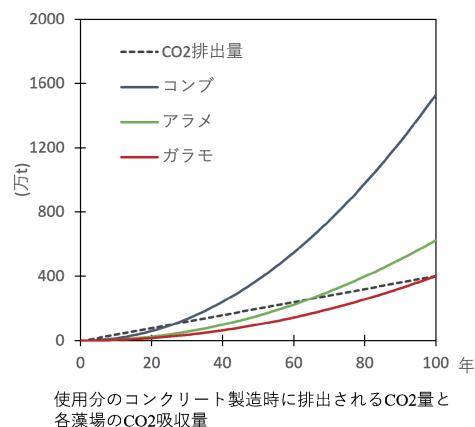


図-10 コンクリート製造時のCO₂排出量と各藻場のCO₂吸収量

表-4 各藻場のポテンシャル

	吸収量がポテンシ面積が満 正となるポテンシャル面積杯となる 年数[年] [km ²] 年数[年]		
コンブ場	25	1022	341
アラメ場	64	110	37
ガラモ場	99	440	147

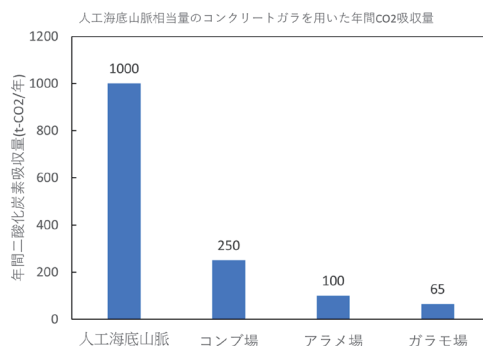


図-11 人工海底山脈相当量のコンクリートがらを利用した場合における各藻場と人工海底山脈のCO₂吸収量の比較

これをみると、吸収量について、人工海底山脈はコンブ場の4倍程度の速度差があることがかる。

最後に、仮に日本がカーボンニュートラルを目指す2050年までの正味のCO₂吸収量を最大化する場合は、コンブ場を用いた場合、2025-2036年まで継続的に藻場造成を続ければよく、その場合の正味のCO₂吸収量は約24万tとなる。なお、使用できるコンクリート量の設定や藻場造成に必要なコンクリート厚については、今後詳細な検討が必要となる。

4. 意識調査

4.1 調査目的

藻場や海底マウンド礁を人工的に造成する試みは、数十年前から行われているもの

の、どの程度の認知度なのか、また、コンクリートガラのような陸上使用済みコンクリートに対する反応はどうか、などについて、漁業関係者や魚好きの一般人などの実態を知ることがを目的として、アンケート調査を実施した。

4.2 調査方法

アンケートをWebにより実施した。アンケートの項目については、後述の付録に掲載した。基本的なカテゴリとして、①漁業関係者、②漁業関係者ではないが魚を好んで食べる人、③漁業関係者ではないが魚を好んで食べない人という3つに分類し、それぞれが100名に達するまで、アンケートの収集を行った。

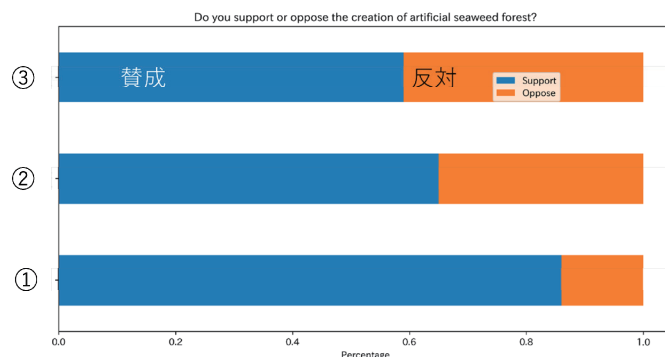


図-12 人工的に藻場を作ることに賛成か、反対か(Q5-2) (①：漁業関係者、②：漁業関係者ではなく魚を好んで食べる人、③：漁業関係者ではなく魚を好んで食べない人)

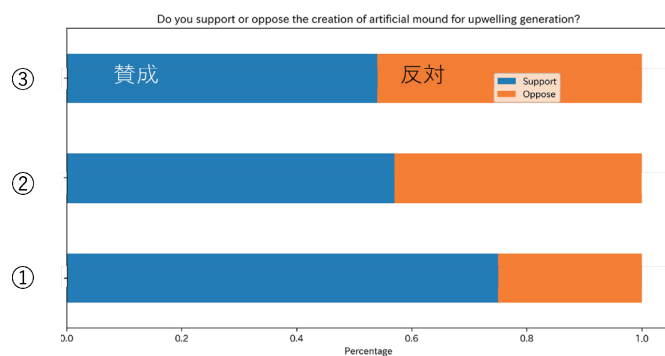


図-13 人工海底山脈を作ることに賛成か、反対か(Q4-2)

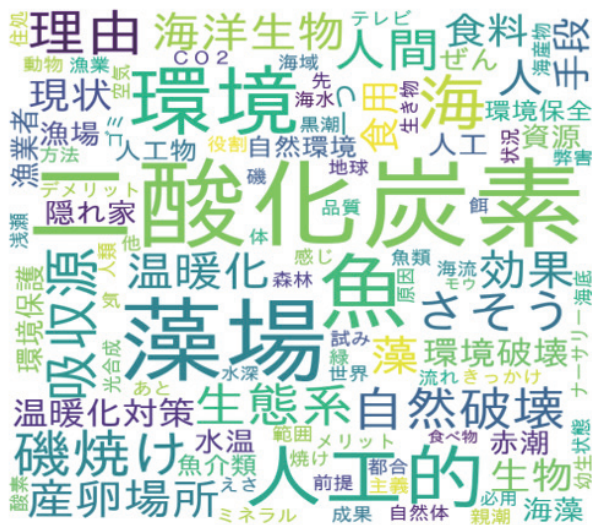
4. 3 アンケート結果

図-12、図-13は、それぞれのカテゴリにおける、藻場、ならびに人工海底山脈に対する意見となる。これをみると、漁業関係者か否かで明らかに差があることがわかり、漁業関係者のほうが賛成意見は強い。また、魚を好む傾向にあるほうが、賛成意見が強い傾向も同じである。

自由記載の Q5-3 ならびに Q4-3 で、それ

ぞれの理由を聞いており、それをキーワードに分類し、頻度でキーワードの大きさを変えて表示したものを図-14、図-15に示す。文字の色の違いは見やすさを重視し、意味はない。

また、それぞれのカテゴリに分けたものを図-16、図-17に示す。これをみると、漁業関係者ほど生業を重視し、漁業関係者でなく、かつ魚を好んで食べない人ほど、環



[人工的な藻場を作ることに賛成または反対の理由]
(全グループ)

図-14 人工的に藻場を作ることに賛成・反対する理由(Q5-3)



[海底マウンド礁を作ることに賛成または反対の理由]
(全グループ)

図-15 人工海底山脈を作ることに賛成・反対する理由(Q4-3)

境を重視する傾向にあることがわかる。

4. 4 アンケート結果のまとめと考察

アンケート結果から得られたまとめを以下に示す。

- ・漁業関係者ほど賛成意見が強い
- ・魚を食べないと考えている人ほど環境を重視する傾向にあると推測される
- ・海底山脈より藻場造成のほうが若干賛成する率が高い
- ・藻場造成は、二酸化炭素吸収・固着するというイメージがある
- ・なんとなくという回答者が多いため、信頼に足る科学的なエビデンスは、今後、この取り組みを理解していただくためにも重要となる

これらから、有価材であることが社会通念上にも認められる方策として、住民や国

際的な理解を得るためには、藻場から徐々に始めていくのが、良いのではないかと考えられる。

5. まとめと今後の課題

将来、増大すると予測されているコンクリートがらの排出量に対し、陸域における再利用コンクリートの需要の減少が見込まれており、その新たな再利用場所として海域利用が考えられる。しかし、海域利用にあたっては、ロンドン条約の制約があり、環境に対して無害化するだけでなく、社会通念上も有価材であることが認められる必要がある。

そのため、近年注目されているブルーカーボン生態系に着目し、人工的な藻場の造成や、人工海底マウンド礁（人工海底山脈）の資材として活用できる可能性について検

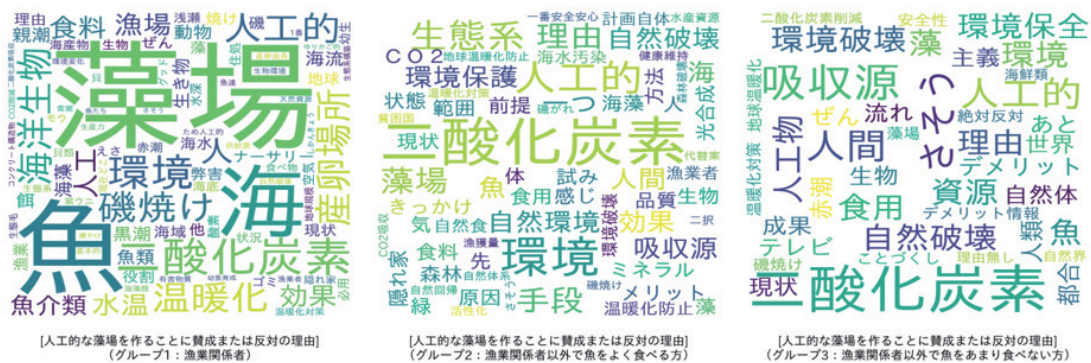


図-16 人工的に藻場を作ること賛成・反対する理由を各カテゴリに分類



図-17 人工海底山脈を作ること賛成・反対する理由を各カテゴリに分類

討を行った。

その仕組みは、かつて、建設副産物として石炭灰を活用したコンクリートブロックの利活用の方策を模擬し、漁礁としての効果だけでなく、二酸化炭素の吸収・固着に着目した検討と言える。

海水温度などの環境データを基にコンクリートがらを藻場の造成や人工海底地形の形成に適した海域を検証したところ、実績と概ね整合している結果が得られ、藻場ならびに人工海底山脈の適地として、数百年間ほどのコンクリートがらの排出に耐えうる面積が確保できることが明らかとなった。さらに、その CO₂ 吸収・固着量は、人工海底山脈では数年、コンブ場では 25 年ほどで正味の吸収量がプラスに転じることがわかった。

一方で、世間の認識についてアンケート調査を行ったところ、漁業関係者ほど賛成意見が強く、魚を食べないと考えている人ほど環境を重視する傾向にあると推測された。また、海底山脈より藻場造成のほうが賛成する率が高く、藻場造成には、すでに CO₂ を吸収・固着するというイメージがあることもわかった。

そのことから、有価材であることが社会通念上にも認められる方策としては、藻場から徐々に始めていくのが、良いのではないかと提案するものである。

そのような取り組みを進め、災害時において、海域を利用したコンクリートがらの迅速な処理と、ブルーカーボン生態系の創出や海洋生態系の保全の実現を行うことができると考えられる。

課題としては、以下のことがあげられる。

- ・適地推定方法の高度化

- ・投入した場所の常時モニタリング手法と影響評価手法の構築

- ・無害化とその品質管理体制の構築

- ・日本国だけでなく全世界の人への理解促進

などが考えられ、そのような課題を解決することは、迫りくる巨大地震対応としても急務となる。

謝辞

本研究は、シティコンクリート研究会の皆様、特に、鈴木達雄氏((株)人工海底山脈研究所 代表、シティコン研究会 代表)、大迫政浩氏(国立環境研究所、資源循環領域、領域長)、木谷正道氏(高次脳機能障害と囲碁の会代表、首都防災ウィーク実行委員会)、中林一樹氏(首都大学東京名誉教授、首都防災ウィーク実行委員会代表)より、多くの示唆と議論をしていただいた。また、中央大学理工学部海岸・港湾研究室の大原緋奈乃氏、白井知輝氏には、分析を担っていただいた。最後に、高橋正征氏(東京大学名誉教授、高知大学名誉教授)より、この問題に対して取り組む貴重な機会をいただいた。ここに記し感謝の意を表す。

参考文献

- 1) 中西翔太郎、高木重定、田崎智宏：都道府県別の土石系循環資源の需給バランスの将来推計、土木学会論文集 G (環境)、Vol.76、No.6、pp.II_17-II_22、2020.
- 2) 松田信広、伊代田岳史：東京都圏における再生骨材コンクリートの状況から見た改質再生骨材の有効性、コンクリ

- ート工学年次論文集、vol.40、No.1、2018
- 3) 平成 25 年度巨大地震発生時における災害廃棄物対策検討委員会：災害廃棄物の発生量の推計方法、第 5 回資料 2、<https://www.env.go.jp/recycle/waste/disaster/earthquake/committee/committee05.html>
- 4) 東京都：東京都建設リサイクル推進計画、令和 4 年 4 月
- 5) 大迫政浩：土石系資源循環のあり方をめぐって、環境パートナーズ 2011 年 6 月号、2011
- 6) 鈴木 達雄, 高橋 正征: 石炭灰を利用した人工湧昇流漁場の造成, 海洋開発論文集, 1997, 13 巻, p. 747-752
- 7) 鈴木 達雄, 本田 陽一, 3 次元物体背後に発生する湧昇渦に関する研究, 海岸工学論文集, 1992, 39 巻, p. 901-905
- 8) 伊藤靖・寺島知己：マウンド漁場、高層魚礁による沖合漁場の開発、(財) 漁港漁場漁村技術研究所、調査研究成果発表会論文集「水産物の安定供給と豊かな海と漁村の再生に向けて」
http://www.jific.or.jp/dispatch/ronbun_result/index.html
- 9) 間木 道政, 人工湧昇流域における二酸化炭素吸収量の評価技術の開発, 海洋開発論文集, 2007, 23 巻, p. 17-22
- 10) 中山 哲巖, 八木 宏, 藤井 良昭, 佐野 朝昭, 武田 真典, 岡野 崇裕, 湧昇マウンド礁による低次生産効果把握のための数値計算, 土木学会論文集 B2(海岸工学), 2010, 66 巻, 1 号, p. 1131-1135
- 11) 武田 真典, 吉塚 靖浩, 岡野 崇裕, 高野 聖之, 岡野 隆行, 本田 陽一, 鈴木 達雄, 人工海底山脈による鉛直混合現象の実態把握, 土木学会論文集 B3 (海洋開発), 2014, 70 巻, 2 号, p. I_169-I_174
- 12) 外務省：
https://www.mofa.go.jp/mofaj/ic/ge/page23_002532.html
- 13) 伊藤靖、不動雅之、田中浩生、綿貫啓：震災で発生したコンクリート柄の漁場施設への適用性に関する研究、水産工学、Vol.50、No.3、pp.163-171、2014.
- 14) 伊藤 靖、不動 雅之、田中 浩生、綿貫 啓：震災で発生したコンクリートがらの漁場施設への適用性に関する研究、日本水産工学会誌、2016-2017、53 巻、2 号、p. 73-80
- 15) 環境省 水・大気環境局 水環境課 海洋環境室：海域における土砂類の有効利用に関する指針、平成 30 年 9 月
https://www.env.go.jp/water/water/post_37/yukoriyo_01%20.pdf
- 16) 鈴木 武、田中 裕一、田谷 全康、山崎 智弘、水野 健太：首都直下地震による災害廃棄物の港湾を使った処分・再生利用についてのコンセプトモデル、土木学会論文集 B3(海洋開発)、2020、

- 17) 西川 智：コンクリート塊を活用した海洋資源開発の展開、セメント・コンクリート No. 902, April. 2022
- 18) 桑江朝比呂, 吉田吾郎, 堀正和, 渡辺謙太, 棚谷灯子, 岡田知也, 梅沢有, 佐々木淳：浅海生態系における年間二酸化炭素吸収量の全国推計, 土木学会論文集 B2(海岸工学), Vol.75, No.1, pp.10-20, 2019.
- 19) 馬場将輔：温暖化による大型褐藻類の生育反応および分布変動, 海生研研報, No.26, pp.1-28, 2021.
- 20) 吉田吾郎, 新村陽子, 樽谷賢治, 浜口昌巳：海藻類の一次生産と栄養塩の関係に関する研究レビュー-および瀬戸内海藻場の栄養塩環境の相対評価-, 水研センター研報, No.34, pp.1-31, 2011
- 21) 環境省自然環境局生物多様性センター
https://www.biodic.go.jp/moba/4_1.html
- 22) 一般財団法人水産土木建設技術センター：沖合での大規模人工漁場の造成
<https://www.fidec.or.jp/research4>
- 23) 国土交通省：建設副産物実態調査
https://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/region/recycle/d11pdf/fukusanbutsu/jittaichousa/H30sensusekka_4-2hansyutusoukatu.pdf
- 24) 鈴木 達雄, 橋本 牧, 間木 道政, 中村 充, 高橋 正征, 人工海底山脈による二酸化炭素固定の可能性, 海洋開発論文

付録. 意識調査の項目

以下にアンケート項目を示す。SC はスクリーニング調査項目であり、Q は、アンケート内容となっている。

SC1. グループ

1. 漁業関係者、2. 漁業関係者以外で魚をよく食べる方、3. 漁業関係者以外で魚をあまり食べない方

SC2. あなたの性別をお知らせください。

1. 男性、2. 女性、3. その他

SC3. あなたの年齢をお知らせください。

／歳

SC4. あなたのお住まい（都道府県）をお知らせください。

SC5. あなたの職業をお知らせください。

1. 経営者・役員、2. 会社員（総合職）、3. 会社員（一般職）、4. 契約社員・派遣社員、5. パート・アルバイト、6. 公務員（教職員除く）、7. 教職員、8. 医療関係者、9. 自営業・自由業、10. 専業主婦・主夫、11. 大学生・大学院生、12. 専門学校生・短大生、13. 高校生、14. 士業（公認会計士・弁護士・税理士・司法書士）、15. 無職、16. 定年退職、17. その他

SC6. あなたの業種をお知らせください。

1. 農林業、2. 水産業、3. 建設・土木、4. そ

の他製造業、5. 電気・ガス、6. 情報サービス業、7. その他の情報通信業、8. 運輸業、9. 卸売業・小売業、10. 金融業、11. 不動産業、12. 学術研究・専門技術者、13. 宿泊業・飲食サービス業、14. 生活関連サービス業・娯楽業、15. 教育、16. 医療・福祉業、17. 複合サービス業、18. その他サービス業、19. この中にあてはまるものはない

SC7. あなたが魚介類を食べる頻度はどのくらいですか。

1. 毎日、2. 週に2～3回、3. 週に1回、4. 月に2～3回、5. 月に1回、6. それ以下

Q1. あなたはALPS処理水を知っていますか。

1. どのようなものか内容も知っている、2. 聞いたことはある、3. 知らない

Q1-2. あなたはALPS処理水に対してどのように考えていますか。自由にご意見をお聞かせください。

Q2. あなたは、ロンドン条約(1972年)を知っていますか。

1. どのようなものか内容も知っている、2. 聞いたことはある、3. 知らない

Q2-2. あなたはロンドン条約(1972年)に対してどのように考えていますか。自由にご意見をお聞かせください。

Q3. SDGsの17の目標の内、あなたにご興味をお持ちのものを3つまでお答えく

ださい。

Q4. あなたは海底マウンド礁(人工海底山脈)をご存知でしたか。

1. どのようなものか内容も知っている、2. 聞いたことはある、3. 知らない

Q4-2. あなたは海底マウンド礁(人工海底山脈)を作ることに賛成ですか反対ですか。

1. 賛成、2. 反対

Q4-3. あなたが海底マウンド礁(人工海底山脈)を作ることに賛成または反対の理由をお答えください。

Q5. あなたは人工的な藻場の造成についてご存知でしたか。

1. どのようなものか内容も知っている、2. 聞いたことはある、3. 知らない

Q5-2. あなたは人工的な藻場を作ることに賛成ですか反対ですか。

1. 賛成、2. 反対

Q5-3. あなたが人工的な藻場を作ることに賛成または反対の理由をお答えください。

Q6. 陸上にあるビルなどは老朽化しています。それを造り替える際に発生するコンクリートガラ(コンクリートの塊)を海洋で人工的な海底マウンド礁や藻場として再利用することに対してあなたは賛成ですか反対ですか。/人工的な海底マウンド礁

1. 賛成、2. どちらでもない、3. 反対

Q7. 陸上にあるビルなどは老朽化してい

ます。それを造り替える際に発生するコンクリートガラ（コンクリートの塊）を海洋で人工的な海底マウンド礁や藻場として再利用することに対してあなたは賛成ですか反対ですか。／藻場

1. 賛成、2. どちらでもない、3. 反対

Q8. コンクリートガラの人工的な海底マウンド礁や藻場以外への利用方法があればお教えてください。

Q8-2. 前問でお答えいただいたその他の利用方法についてその理由をお教えてください。

Q9. 地震災害時にコンクリートビルなどから発生する大量のコンクリートガラを処理する必要に迫られます。そのようなコンクリートガラを海洋で人工的な海底マウンド礁や藻場として再利用することに対してあなたは賛成ですか反対ですか。／人工的な海底マウンド礁

1. 賛成、2. どちらでもない、3. 反対

Q10. 地震災害時にコンクリートビルなどから発生する大量のコンクリートガラを処理する必要に迫られます。そのようなコンクリートガラを海洋で人工的な海底マウンド礁や藻場として再利用することに対してあなたは賛成ですか反対ですか。／藻場

1. 賛成、2. どちらでもない、3. 反対

Q11. コンクリートガラの人工的な海底マウンド礁や藻場以外への利用方法があればお教えてください。

Q11-2. 前問でお答えいただいたその他の

利用方法についてその理由をお教えてください。