



西川智プロフィール

(独)国際協力機構(JICA)	国際協力専門員
東北大学災害科学国際研究所	特任教授
事業継続推進機構(BCAO)	副理事長
地域安全学会	理事
アジア防災センター	評議員
日本防災プラットフォーム(JBP)	顧問
セーブ・ザ・チルドレン・ジャパン	理事

[略歴] 1982年東京大学工学系大学院修了後、国土庁(現在の国土交通省)入庁。MIT客員研究員、国土庁防災局、国連人道問題局、東京都庁、アジア防災センター所長、内閣府参事官(災害予防・広報・国際防災協力)、国土交通省水資源政策課長、広域地方政策課長、土地市場課長、水資源機構理事、名古屋大学減災連携センター教授などを経て、2023年4月より現職。

この間、雲仙普賢岳噴火、カイロ地震、インドネシア・フローレス島地震津波、インド・マハラシュトラ地震、阪神・淡路大震災、新潟県中越地震、インド洋津波、佐呂間町竜巻などに対応。2005年1月国連防災世界会議を担当し、兵庫行動枠組み(HFA)とりにまとめに尽力。2005年8月中央防災会議BCPガイドラインをとりまとめ、2006年12月「災害被害を軽減する国民運動」を呼びかけ。2011年世界経済フォーラム(ダボス会議主催団体) 巨大リスク国際検討委員会の座長。2015年第3回国連防災世界会議準備の為の国連諮問委員。2022年5月国際学術会議(ISC)防災提言の筆頭著者。

陸と海をまたがるコンクリートの資源循環で
脱炭素と水産増殖など一石四鳥の
win-win-win-winを！

2024年11月21日

第26回都市防災推進セミナー

西川 智 博士(工学)

東北大学災害科学国際研究所特任教授

JICA国際協力専門員

名古屋大学減災連携研究センター客員教授

都市に蓄積している経年鉄筋コンクリート建物



西川が2023年まで住んでいた1972年建築の鉄筋コンクリート4階建て集合住宅

- 1981年以前の旧耐震基準、壁も柱も分厚く、ひび割れもなく堅牢
- 壁に断熱材無し、室内はコンクリートに白ペンキを塗っただけ、冬は全面結露
- 洗濯機置き場が室内に無い、4階建てでエレベーター無し、機能的老朽化
- 窓は小窓付き一重のアルミサッシ、断熱性能低く、冬はすき間風

数年後には廃止予定と通告



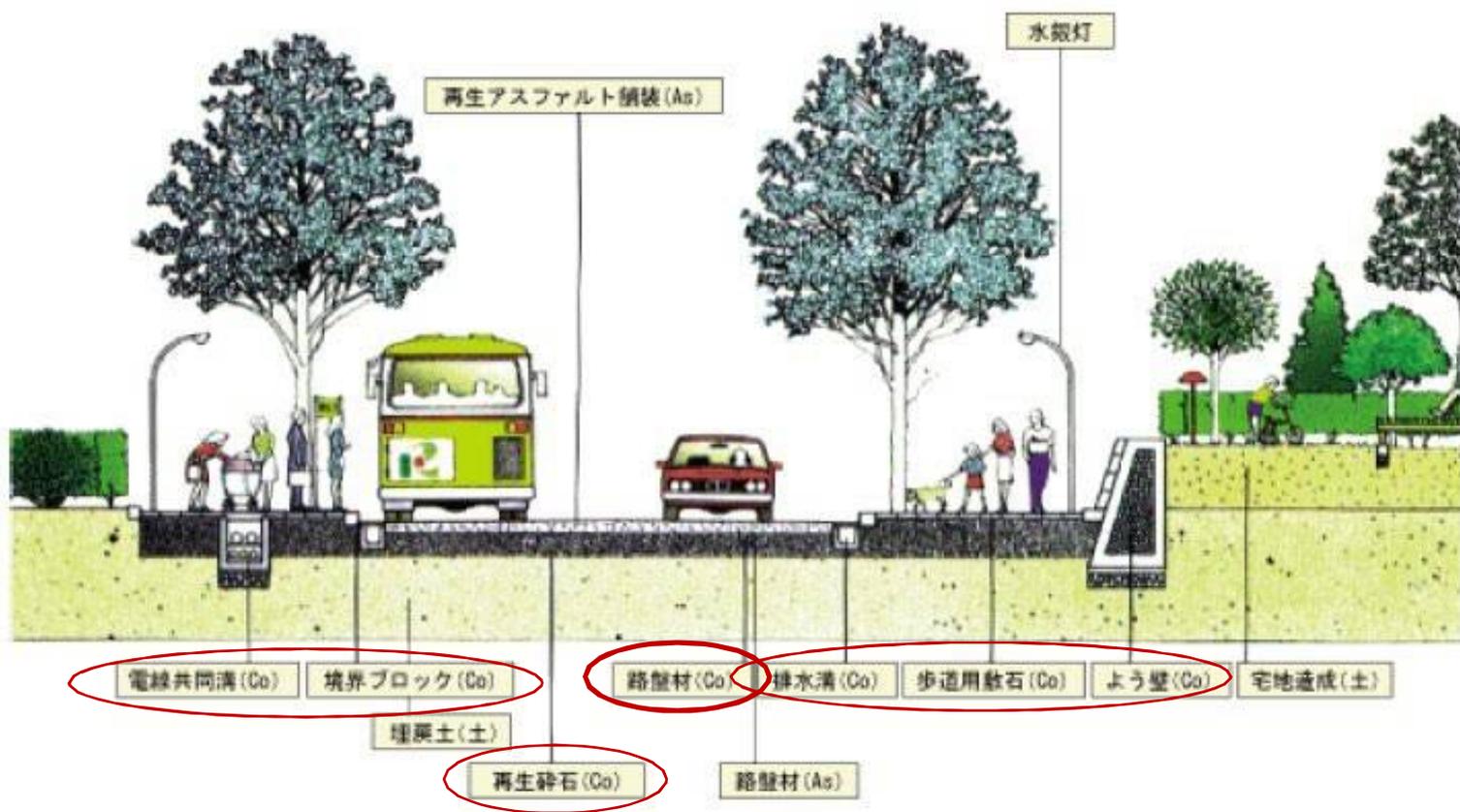
大都市に蓄積している経年鉄筋コンクリート これは廃棄物？それとも資源？

- 経年鉄筋コンクリート、その中身は？
 - 骨材、表面から中性化が進んだセメント、鉄
- 現在、小さく砕き、鉄筋とその他を分離
 - 鉄筋→鉄スクラップ
 - その他→路盤材や再生アスファルトの素材等として団地の整地などに利用、この需要は減少傾向



粉碎と再生骨材への処理には、大量のエネルギーが必要、
CO₂発生！

現状のコンクリート殻の有効利用用途



今後の見通しは？

新規宅地開発や新規区画整理の減少で、この需要は頭打ち

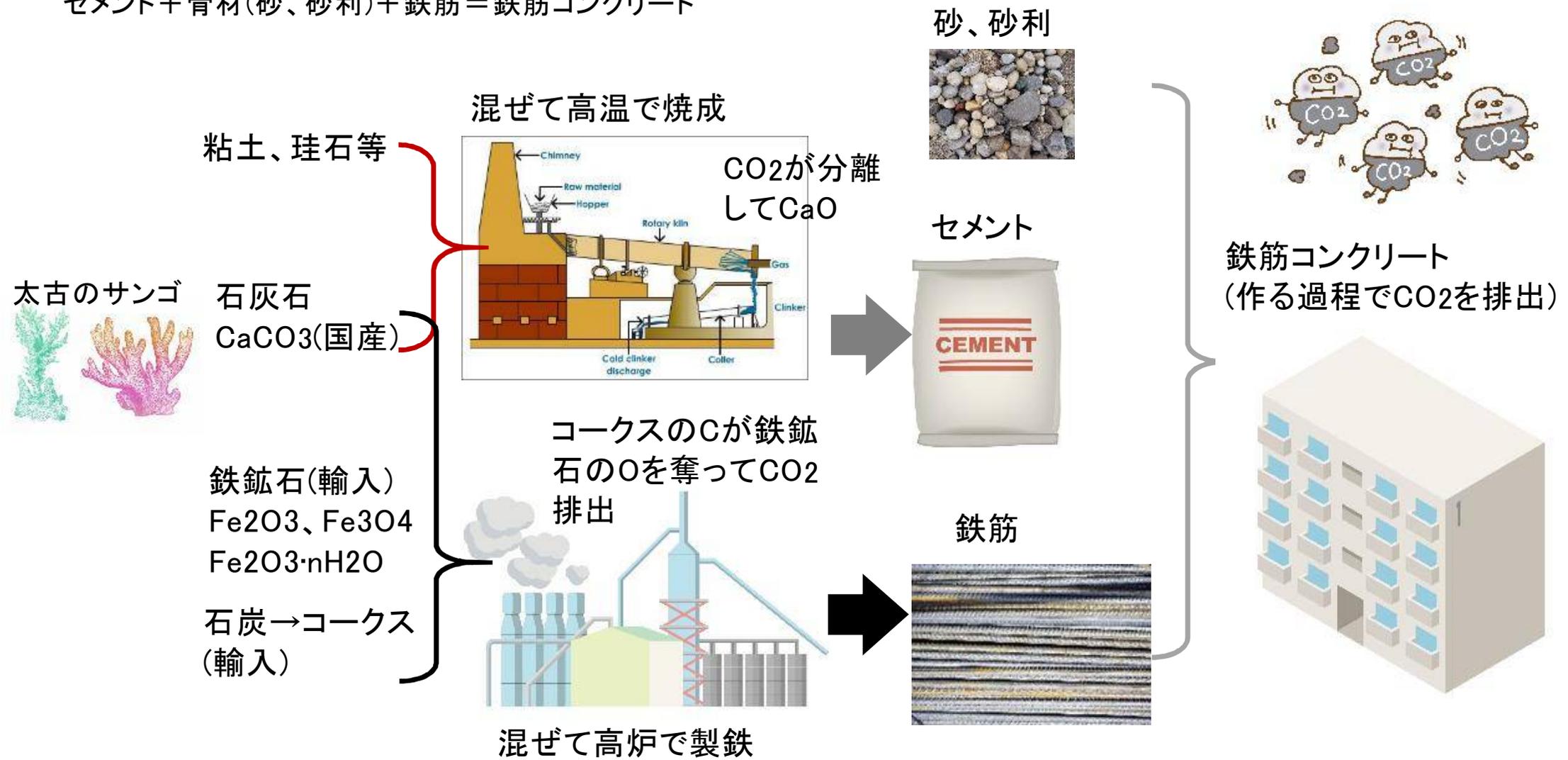
従来、URは旧住宅公団集合住宅の解体から発生するコンクリート殻をUR団地の造成材料として活用できていたが、今後の見通しは？

コンクリート殻のほぼ全量がリサイクルされており、主に路盤材などに活用されている

出典:コンクリート工学会「コンクリートに用いる粉体系材料の環境安全品質に関する研究委員会」、報告書案(2022)

大都市に蓄積している鉄筋コンクリート：その由来は？

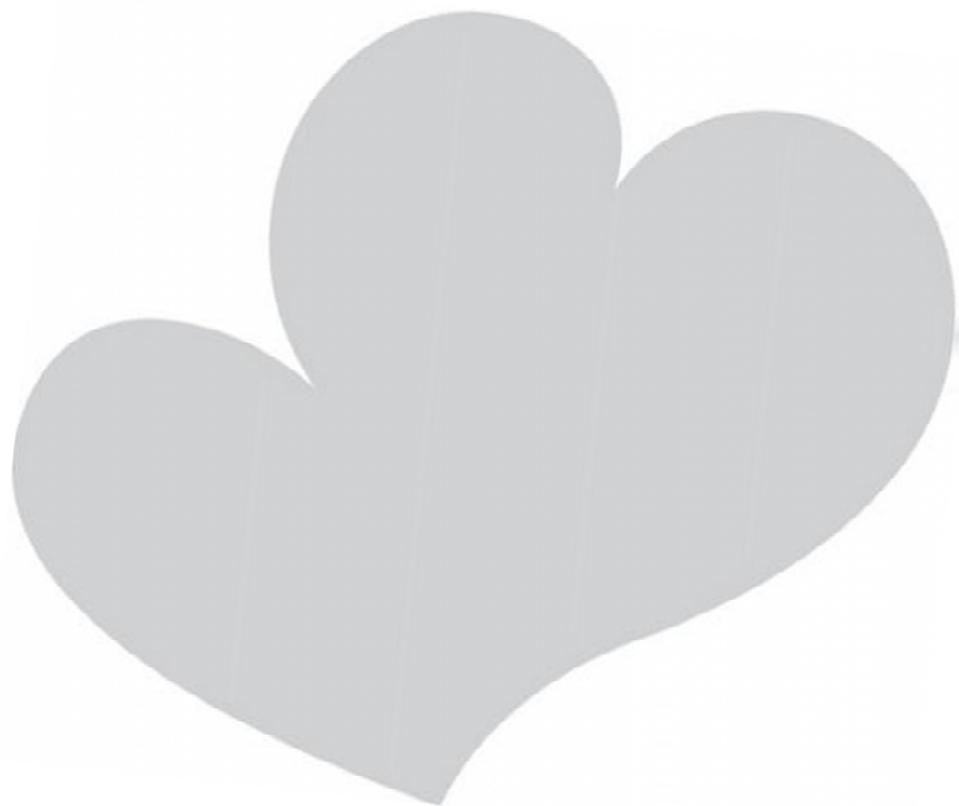
セメント+骨材(砂、砂利)+鉄筋=鉄筋コンクリート



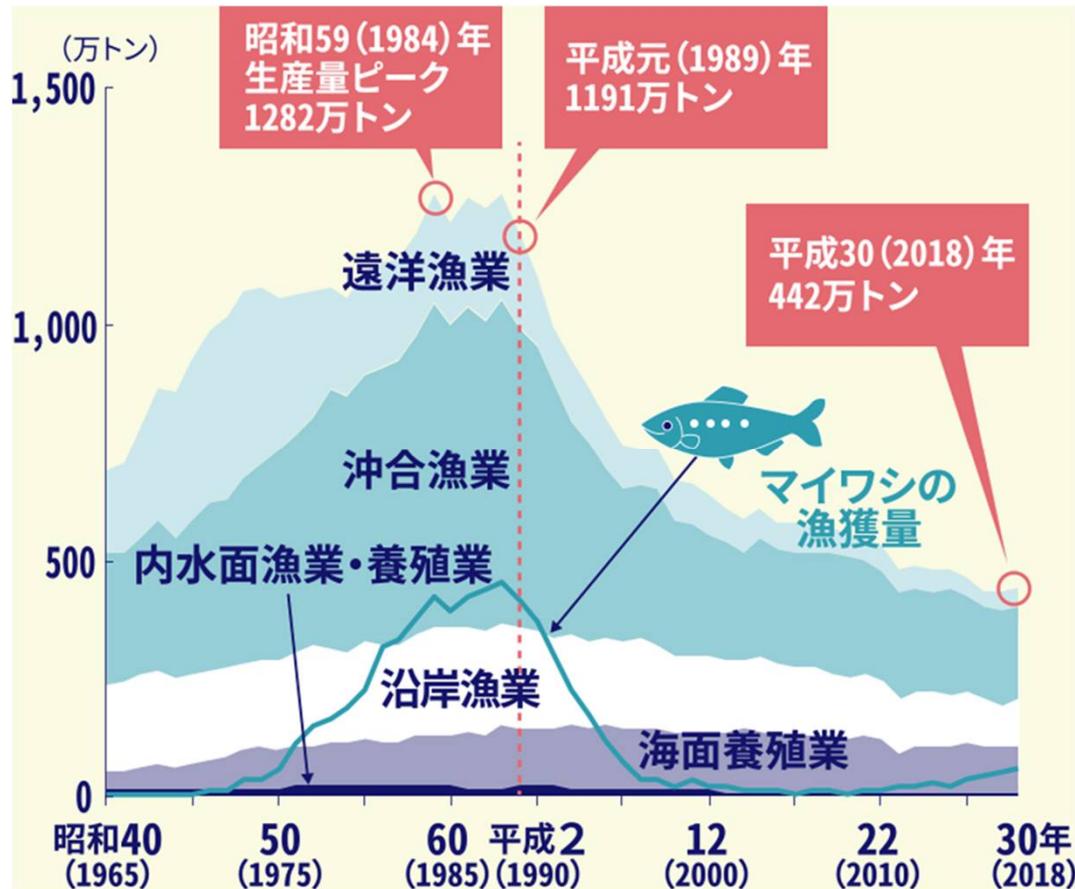
鉄筋コンクリートの再利用は二重にCO₂排出削減に貢献

解体処理過程のエネルギー消費を削減

鉄筋コンクリート作成過程のCO₂排出削減



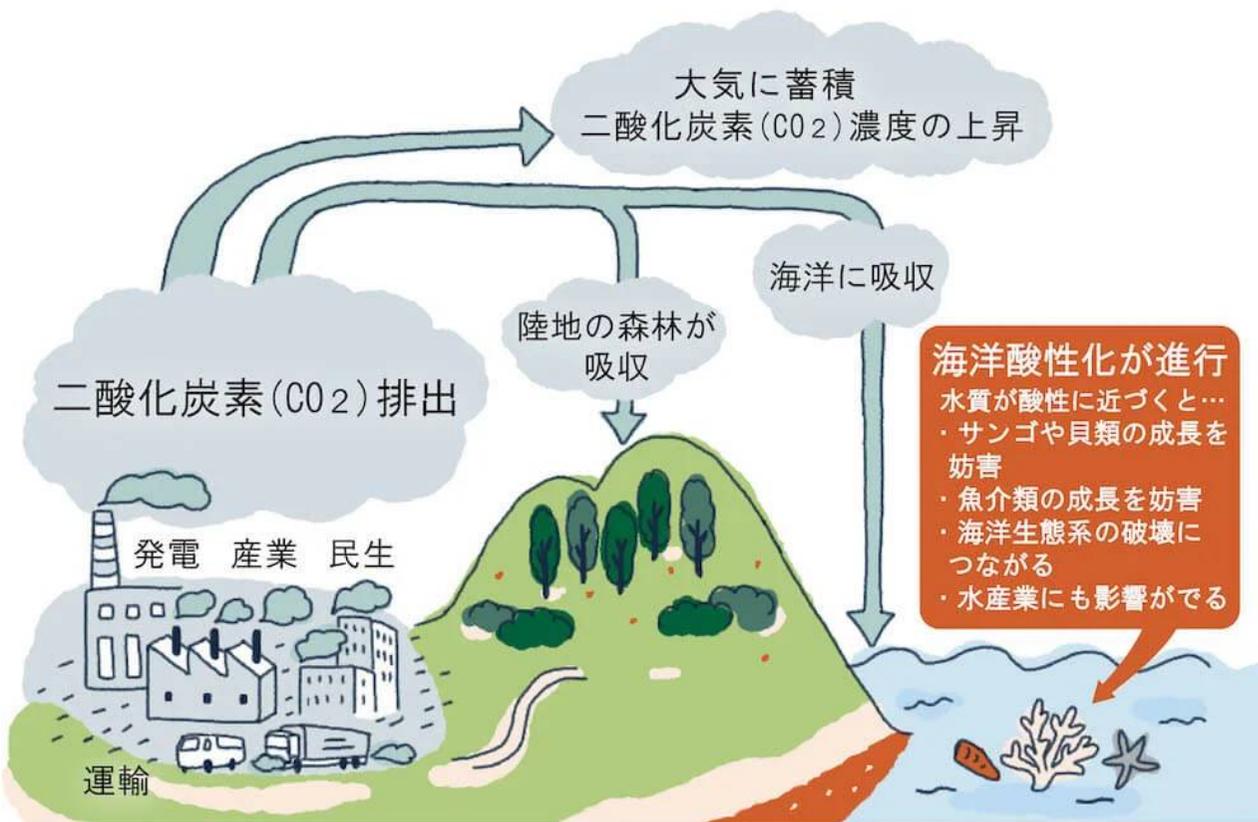
日本の漁獲高が減少 全世界では魚食が増加



(図 2 : 出典 : 数字で理解する水産業
https://www.jfa.maff.go.jp/j/kikaku/wpaper/R1/01hakusyo_info/index.html)

- 日本発のスシ・サシミは全世界に拡大。
- 世界中で魚食が一般化、これまで魚を食べなかった国民が食べるようになった。
- 以前はサンマを食べなかった中国が食べるようになった。
- 世界的な漁業資源をめぐる競争が激化。円安もあり、日本が「買い負け」ている。
- 他方、畜産のための穀物確保には限界が見えている。
- **貴重なたんぱく源としての漁業はますます重要。**

海洋酸性化による生態系への影響



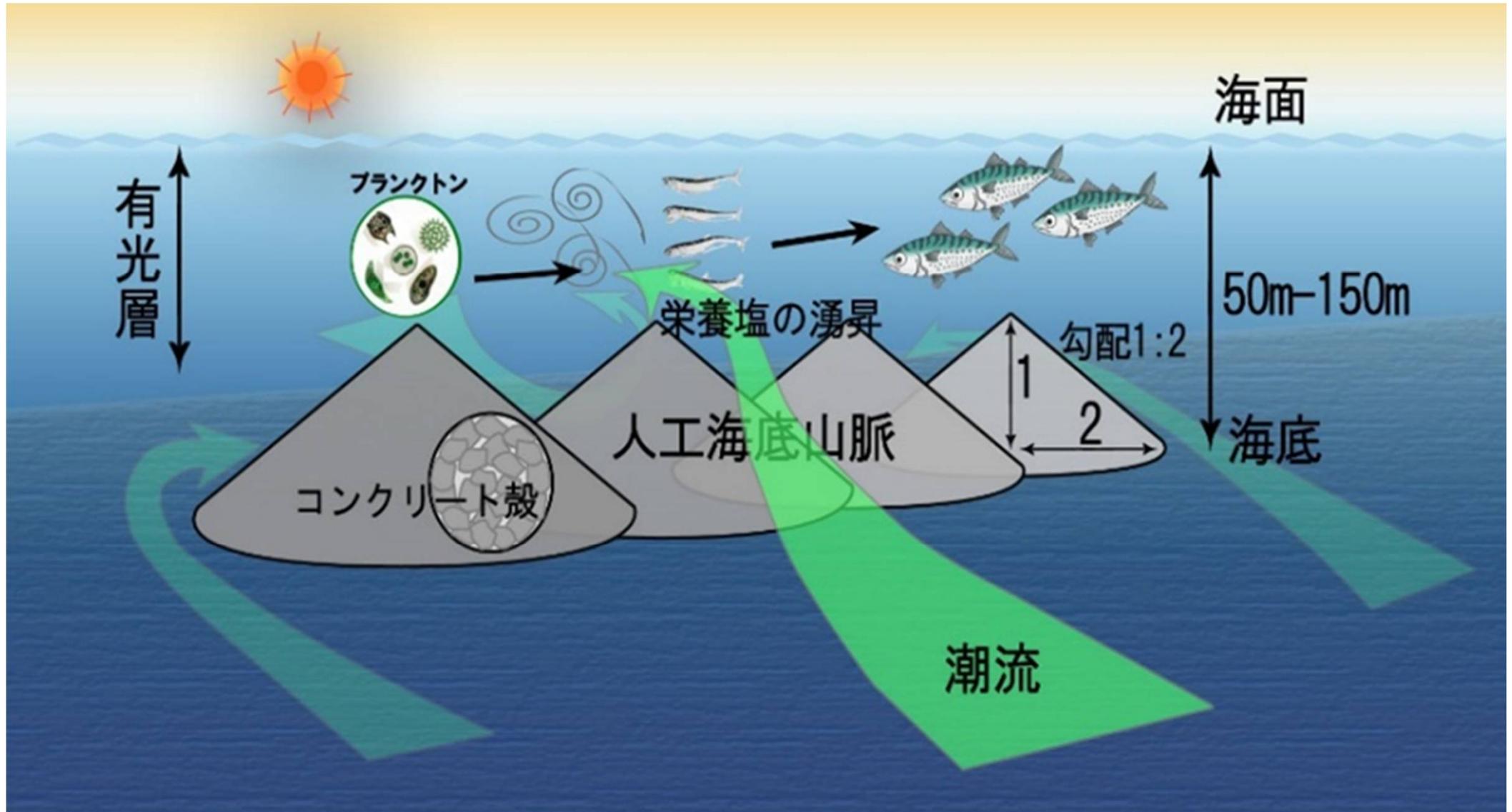
海洋酸性化は、多くの海洋の生態系に深刻な影響を及ぼす恐れがあります。植物プランクトンの円石藻、原生動物の有孔虫、貝類、ウニなどの棘皮(きょくひ)動物、熱帯や亜熱帯に分布するサンゴなど、さまざまな海の生物は、海水中に多く含まれるカルシウムイオン(Ca²⁺)と炭酸イオン(CO₃²⁻)から、水に溶けにくい炭酸カルシウム(CaCO₃)の骨格や殻を作っています。現在の海面付近の環境下では、水素イオンの濃度が十分に低いため、炭酸カルシウムの飽和度が高く、これらの生物は、その骨格などを作ることができます。しかし、海洋酸性化が進んで海水中の水素イオンが増えると、炭酸カルシウムの殻の形成が困難な環境となります。 出典:

[https://www.data.jma.go.jp/kaiyou/db/mar_env/knowledge/oa/acidification_influence.html#:~:text=%E6%B5%B7%E6%B4%8B%E3%81%AE%E4%BA%8C%E9%85%B8%E5%8C%96%E7%82%AD%E7%B4%A0%E3%82%92,%E3%81%BE%E3%81%99\(IPC%2C%202022\)%E3%80%82](https://www.data.jma.go.jp/kaiyou/db/mar_env/knowledge/oa/acidification_influence.html#:~:text=%E6%B5%B7%E6%B4%8B%E3%81%AE%E4%BA%8C%E9%85%B8%E5%8C%96%E7%82%AD%E7%B4%A0%E3%82%92,%E3%81%BE%E3%81%99(IPC%2C%202022)%E3%80%82)

出典

https://www.nippon-foundation.or.jp/journal/2023/91843/ocean_acidification

人工海底マウンド礁による水産資源増殖



海中プランクトン増殖によるブルーカーボン

沿岸部に藻場を増やし海中CO₂を吸収するブルーカーボンが注目されていますが・・・
人工海底山脈が造成できれば・・・

海底の栄養塩の湧昇による植物性プランクトンが大増殖

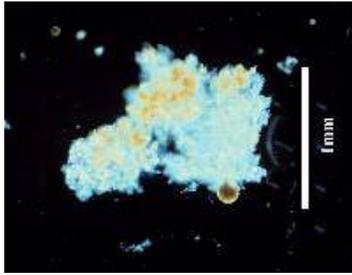
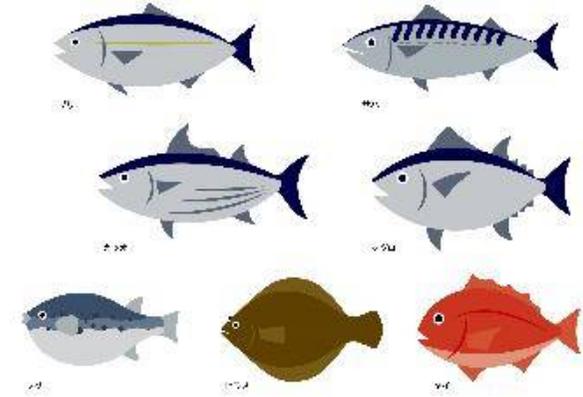


光合成→海中CO₂の吸収



動物性プランクトンの大増殖

全部を魚が食べきるわけではない



食べ残されたプランクトンは海底にマリンスノーとして自然に沈降

海底へのCO₂固定

CO₂を海底に固定する
ための装置やそれを
動かすエネルギーは
不要！

海水の酸性化の解消、海洋によるCO₂吸収

コンクリート塊の海洋利用における二酸化炭素吸収・貯留の可能性



長崎県生月島で初めて人工海底山脈(湧昇マウンド礁)ができ、その大きさは、60m×60m×12mの円錐を二つ重ねたような大きさであり、20000m³程度である。

ブロックを積み重ねることによる空隙率が40%程度であるとする、実質12000m³程度がコンクリートブロック体積であり、比重2.0程度であると仮定すると、**2.4万トン**となる。

従って、仮にうまく1%の再資源化されていないものが利用できるとすれば、**10個**程度の人工海底山脈を構築することが可能(1%の廃棄されるコンクリート塊は、30万トン程度)

鈴木・本田(2008)によると、生月島沖の人工海底山脈の実証事業では、炭素固定量は、**10⁻⁶ Gt(1000t)CO₂/yr**と報告されている。

12000m³程度のコンクリート量であるので、コンクリート製作時に、3240トンのCO₂を排出していることになるので、**3年～4年**で、製作時に排出したCO₂を海底に固定

*1m³あたり0.27tCO₂排出



- ・運搬コスト
 - ・資源分別コスト
 - ・サイズによる効果の違い
 - ・持続性
- などを明らかにしていくことが必要

震災で発生したコンクリート殻の漁場施設への適用性

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 伊藤ら(2016)

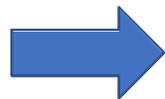


Fig. 1 Flow of the study

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、コンクリート殻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。そこで本研究で扱うコンクリート殻が、これらの制限に当たるのかを検討した。

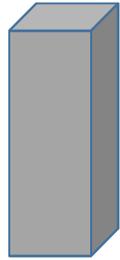
廃棄物処理法(第2条)では、廃棄物とは不要になり廃棄の対象となった物および既に廃棄された無価物を指している。廃棄物は産業廃棄物又は一般廃棄物に分類される。ここで、「不要物」とは「占有者が自ら、利用し、又は他人に有償で売却することができないために不要になった物」であることから、有価物は廃棄物ではないと判断される。

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、有価物とみなすことが可能なため、廃棄物処理法の対象外になる。海洋汚濁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。

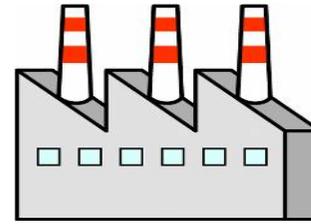
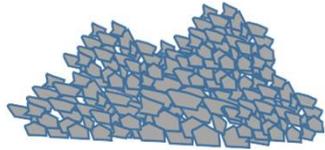
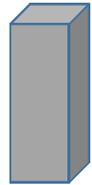


海に入れるためには資源化することが必須

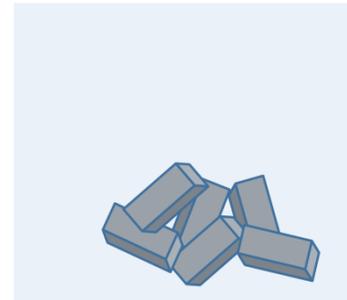
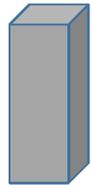
経年鉄筋コンクリートの海域利用の検討のための試算



柱 $500 \times 500 \times 4000 = 1 \text{ m}^3$
をモデルに検討



検討案



コンクリート取壊し
断面カット (3断面)

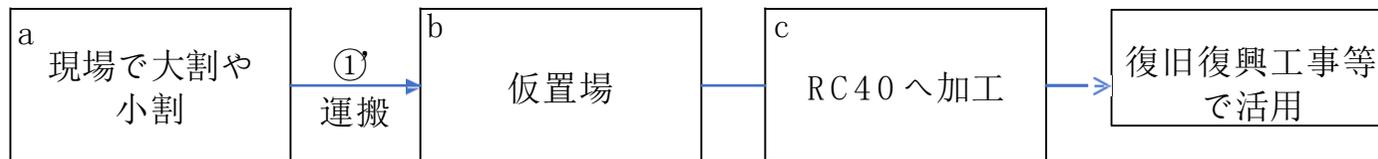
積み込み・運搬

台船への積み込み・運搬

海中設置

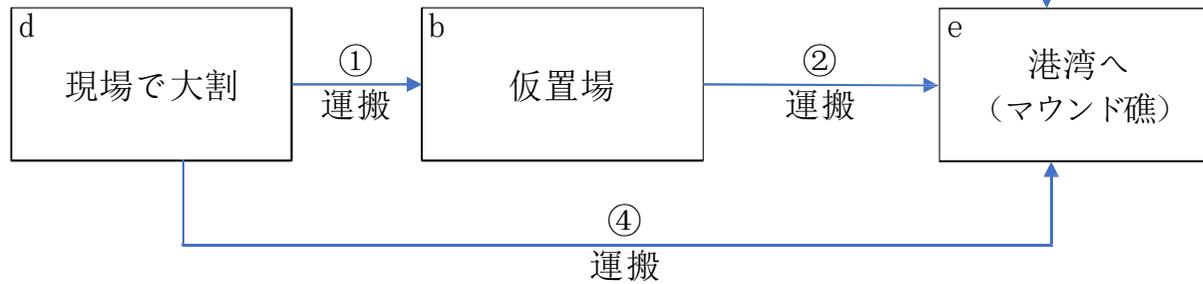
費用試算のシナリオ設定

A. 従来プロセス



※今回の設定では、復旧工事による引取とし経費は発生しない想定

B. 新プロセス



費用試算根拠

項目	説明
①コンクリート取壊し	0.8m ³ 程度のバックホウ、圧砕機によるコンクリートの破碎作業 出所) UR建築経費
②積込	破碎されたコンクリートがらの積込み作業 出所) UR建築経費
②殻運搬	積込み後のがらの運搬作業 (14km以下) 出所) UR建築経費
③殻処分	都内処分場平均値 (中間処理受託料金) 出所) UR建築経費
④コンクリート再生費用	コンクリート再処理プラントでの処理委託費
⑤コンクリート断面カット	ワイヤーソーによるコンクリート切断
⑥海中投入作業	水産庁「令和2年度対馬海峡地区マウンド礁築造(その2)工事」より算出。 工事価格260,771千円 ÷ (1,320個 × 5.667m ³ × 2.5t/m ³)

処理費比較仮試算1 (東京都)

[A. 従来プロセス]

I: a → ①' → b → c

[A. 従来+B. 新プロセス]

II: a → ①' → b → ② → e

[B. 新プロセス]

III: d → ① → b → ② → e

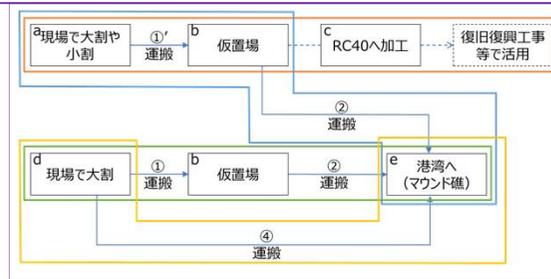
※IIIは東京都以外

III': d → ① → b → e

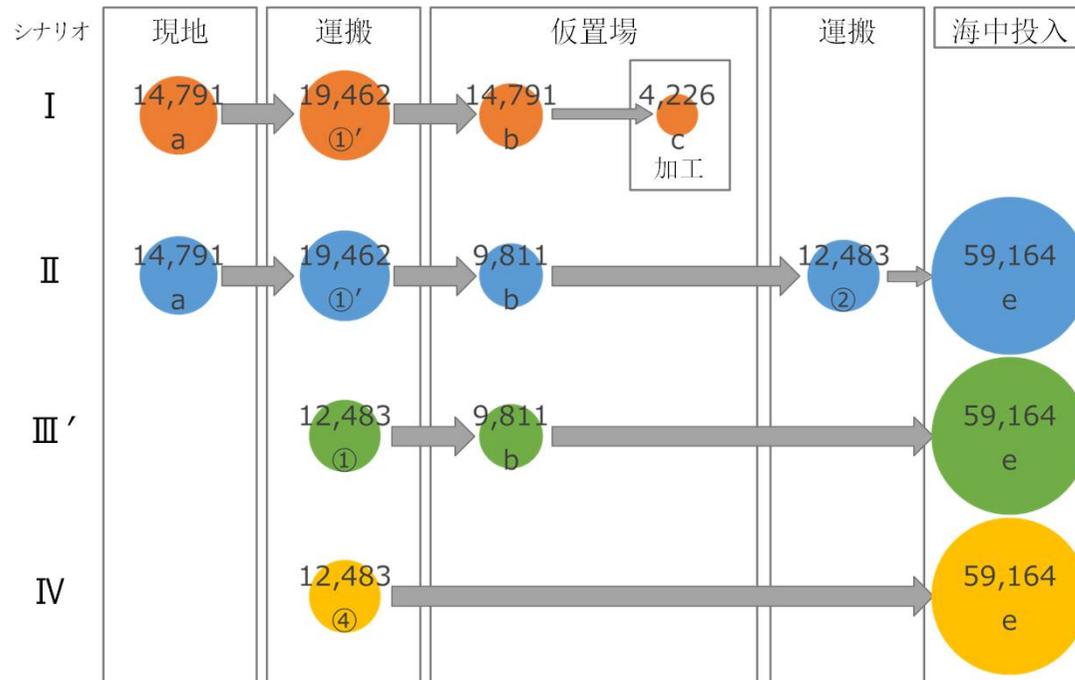
※III'は東京都のみ

(仮置場が港湾エリアに設置される想定のため②運搬が不要)

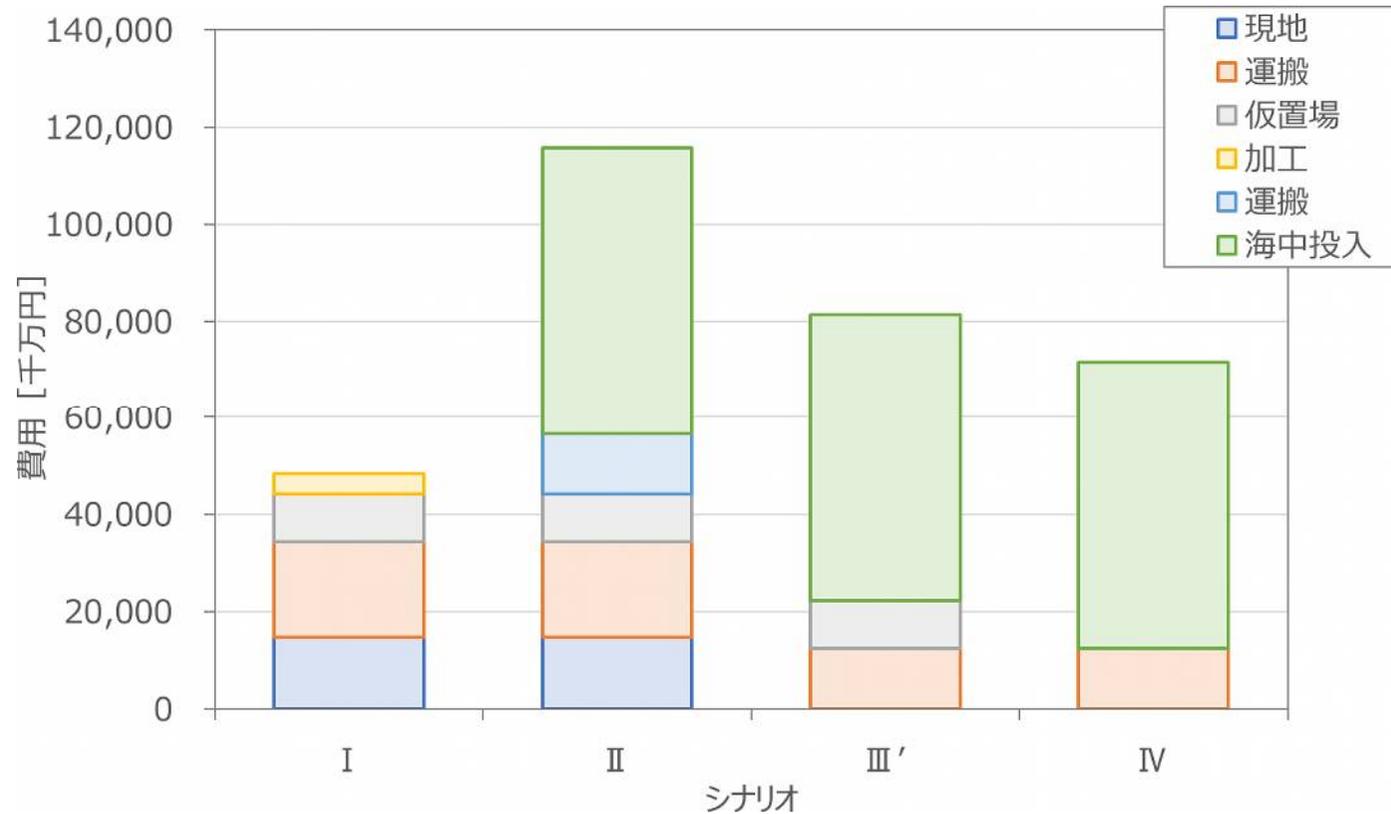
IV: d → ④ → e



[単位: 千万円]



処理費比較仮試算2（東京都）



処理費だけで見ると臨海部に仮置きできると仮定したケースIVでも従来型のケースIよりもコスト高。海中投入が現状では稀な作業であることからか、その費用が大きい。この特殊な船の雇上費用が不確定。処理費に加えて漁業資源増とブルーカーボン効果も含めての比較を行う必要あり。

海域側の課題

日本近海の魚が減少！

海に
関係
する
有識
者

漁業者
漁協
水産加工業者

海洋土木工事業

予算は減る
ばかり

魚が値上がり
サンマが高い！

消費者

海洋レジャー客

海水の酸性化？で
海が砂漠化



今や高級魚！



自治体の
防災部局

旧耐震の
ビルの更新！

公営住宅を有する自治体
デベロッパー
中小ビルオーナー
老朽鉄筋コンクリート住宅の
蓄積

都市
防災の
有識者

資源リ
サイクルの
有識者

建設業者

廃棄物処理業者

解体コスト
が増大

リサイクルの行き詰まり
が心配

都民

地震が
心配

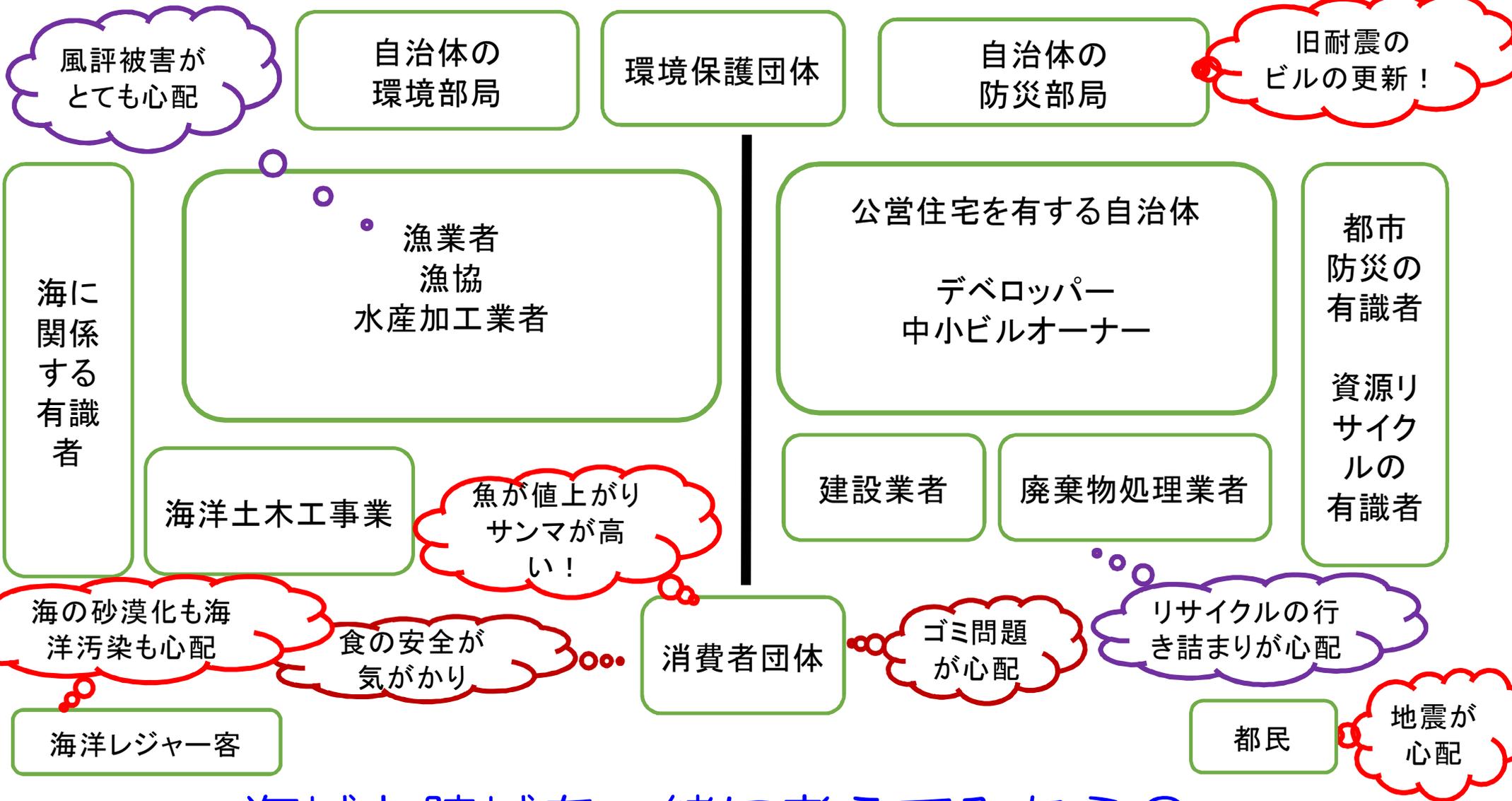
陸域側の課題

大都市に蓄積している経年鉄筋コンクリート これは廃棄物？それとも資源？

- 経年鉄筋コンクリートを「**新たな都市鉱山**」と見たら？
 - 経年鉄筋コンクリートはレアメタルを含んでいるわけではないが
 - 鉄筋コンクリートの再利用で、新規にセメントを生産するエネルギーとCO₂排出を節約

- 活用範囲を海域に広げたら？
 - **Win!** 魚礁などの造成コストの低減、それにかかるCO₂排出減少
 - **Win!** 貧栄養化している日本近海域の漁業資源の課題解決
 - **Win!** 経年鉄筋コンクリートの粉砕分別コストの低減、
それにかかるCO₂排出減少、都市の更新と耐震化の促進
 - **Win!** 海中プランクトンの増殖によるCO₂の固定→海底沈降
→ブルーカーボン

- **一石四鳥が期待できるのでは？**



海域と陸域を一緒に考えてみたら？

風評被害が
とても心配

自治体の
環境部局

環境保護団体

自治体の
防災部局

旧耐震の
ビルの更新！

海に
関係
する
有識
者

漁業者
漁協
水産加工業者

公営住宅を有する自治体

デベロッパー
中小ビルオーナー

都市
防災の
有識者

資源リ
サイクル
の有識者

海洋土木工事業

魚が値上がり
サンマが高
い！

建設業者

廃棄物処理業者

海の砂漠化も海
洋汚染も心配

食の安全が
気がかり

消費者団体

ゴミ問題
が心配

リサイクルの行
き詰まりが心配

海洋レジャー客

都民

地震が
心配

この分断を取り払って解決

海域と陸域を一緒に考えてみたら？

風評被害が
とても

自治体

耐震の
更新！

CO₂削減 全世界の課題

海洋レジャー

行
心配

都民

地震が
心配

海域と陸域を
してみたら？

定常的な資源循環サイクルの確立を！ 万が一の場合も維持できる資源循環サイクルを！

そのためには？

- ✓ 2つの「コスト低減」の計量化
- ✓ 経年鉄筋コンクリートを「きれいに処理」、大殻にする「品質管理」
- ✓ 海中での経年鉄筋コンクリートの海中生物への影響確認
- ✓ 海中プランクトンの増殖効果、漁業資源の回復効果の計量化
- ✓ 海中プランクトン増殖によるブルーカーボンでのCO₂削減の計量化
- ✓ 陸域と海域の関係者の対話と信頼醸成！
- ✓ まずは藻場造成で経年コンクリートの海中投入への信頼確保
そのための漁業者と食品消費者も含む対話の場

ご清聴ありがとうございました。



庶民の味であり続けて欲しい