

CO₂貯留量の算定手法と 国内外のブルーカーボンの動き（概要）

堀 正和

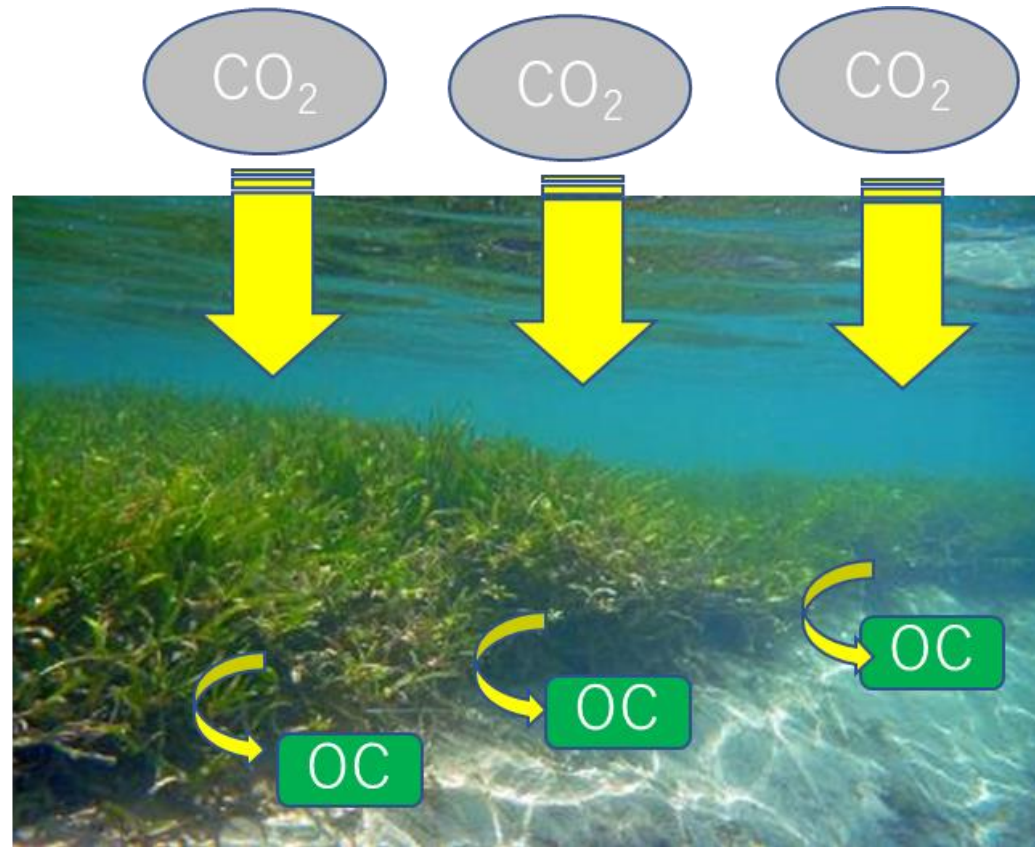
国立研究開発法人水産研究・教育機構

農林水産省委託プロジェクト研究 R2-R6JPJ008722)

個別課題名：「ブルーカーボンの評価手法及び効率的藻場形成・拡大技術の開発」
研究代表



ブルーカーボンとは



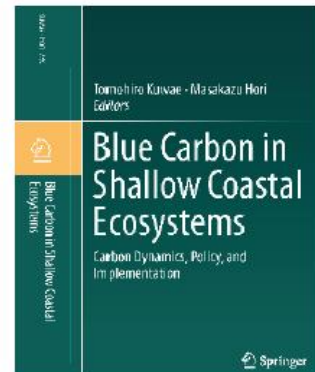
国連環境計画 (2009)
ブルーカーボンレポート

- 【ブルーカーボン生態系】
- ・藻場、マングローブ林、塩性湿地
(アマモ場・海藻) (干潟)
 - ・有効なCO₂吸収源
 - ・熱帯森林よりも早い減少率で消失
- ⇒ 早急な対策が必要

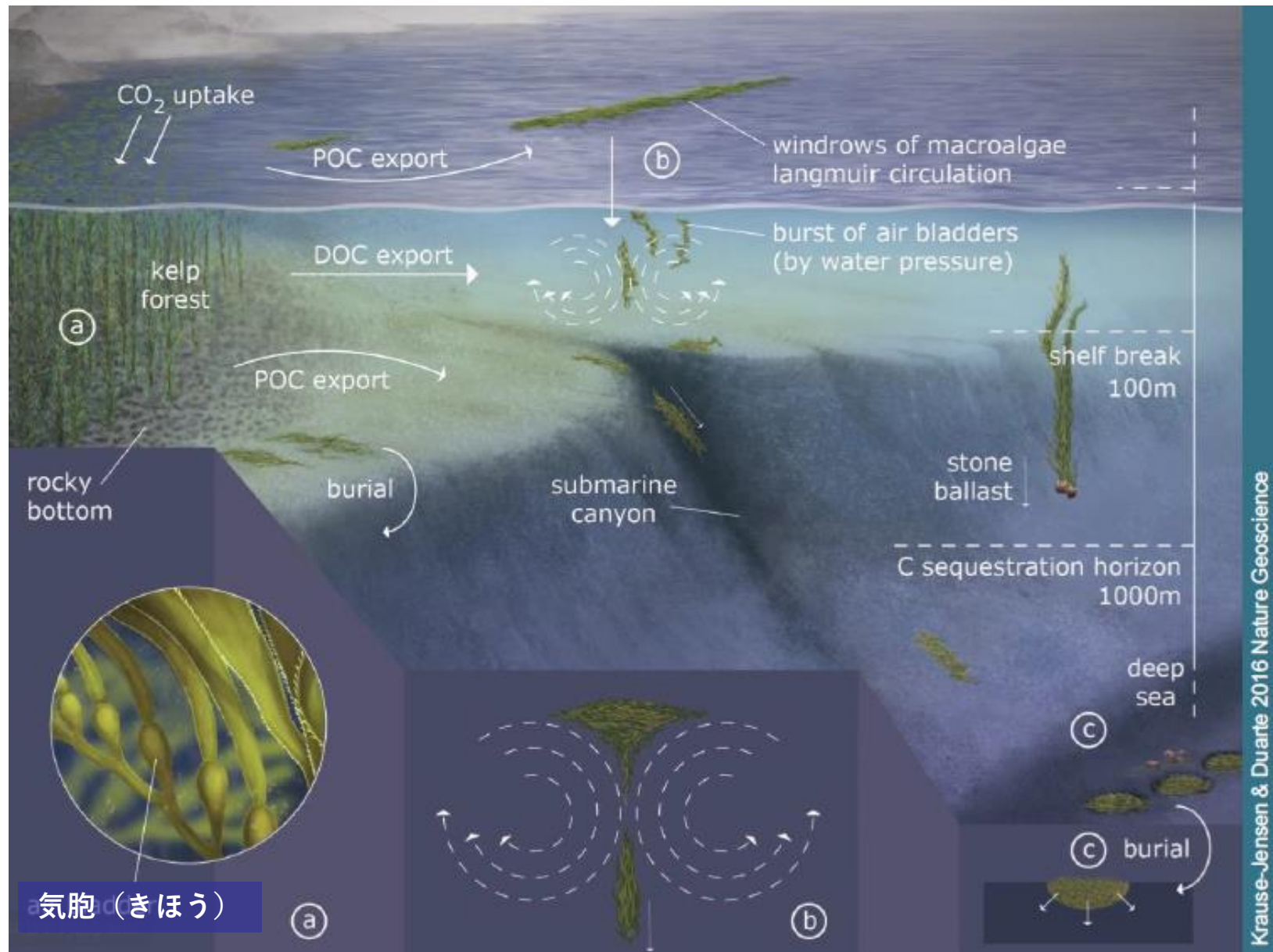
「ブルーカーボン」は海洋の「グリーンカーボン」
⇒ 海洋生物に取り込まれた大気中CO₂由来の炭素のこと



堀・桑江 編著
(2017)



Kuwae & Hori
eds (2019)



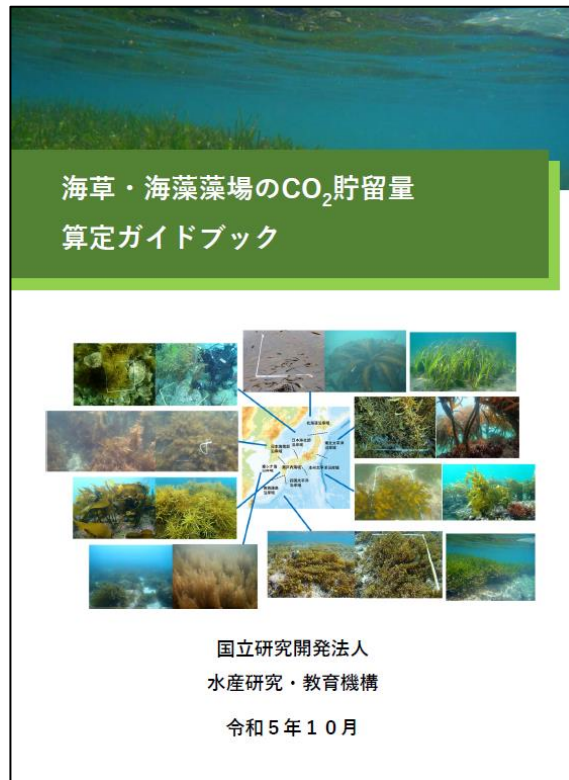
海藻藻場や海藻養殖も有効な吸収源

Krause-Jensen & Duarte (2016)を改変

藻場によるCO₂貯留量の算定手法

農林水産省・みどりの食料システム戦略実現技術開発・実証事業のうち農林水産研究の推進
(委託プロジェクト研究 R2-R6: JPJ008722)

個別課題名: 「ブルーカーボンの評価手法及び効率的藻場形成・拡大技術の開発」



2023年11月公開



2024年9月公開

藻場のCO₂貯留プロセス

$$\text{CO}_2\text{貯留量 (トンCO}_2\text{/年)} = \text{面積 (活動量)} \times \text{吸収係数 (トンCO}_2\text{/面積/年)}$$

$$\text{吸収係数} = \text{CO}_2\text{隔離量 (トンCO}_2\text{/面積/年)} \times \text{残存率}$$

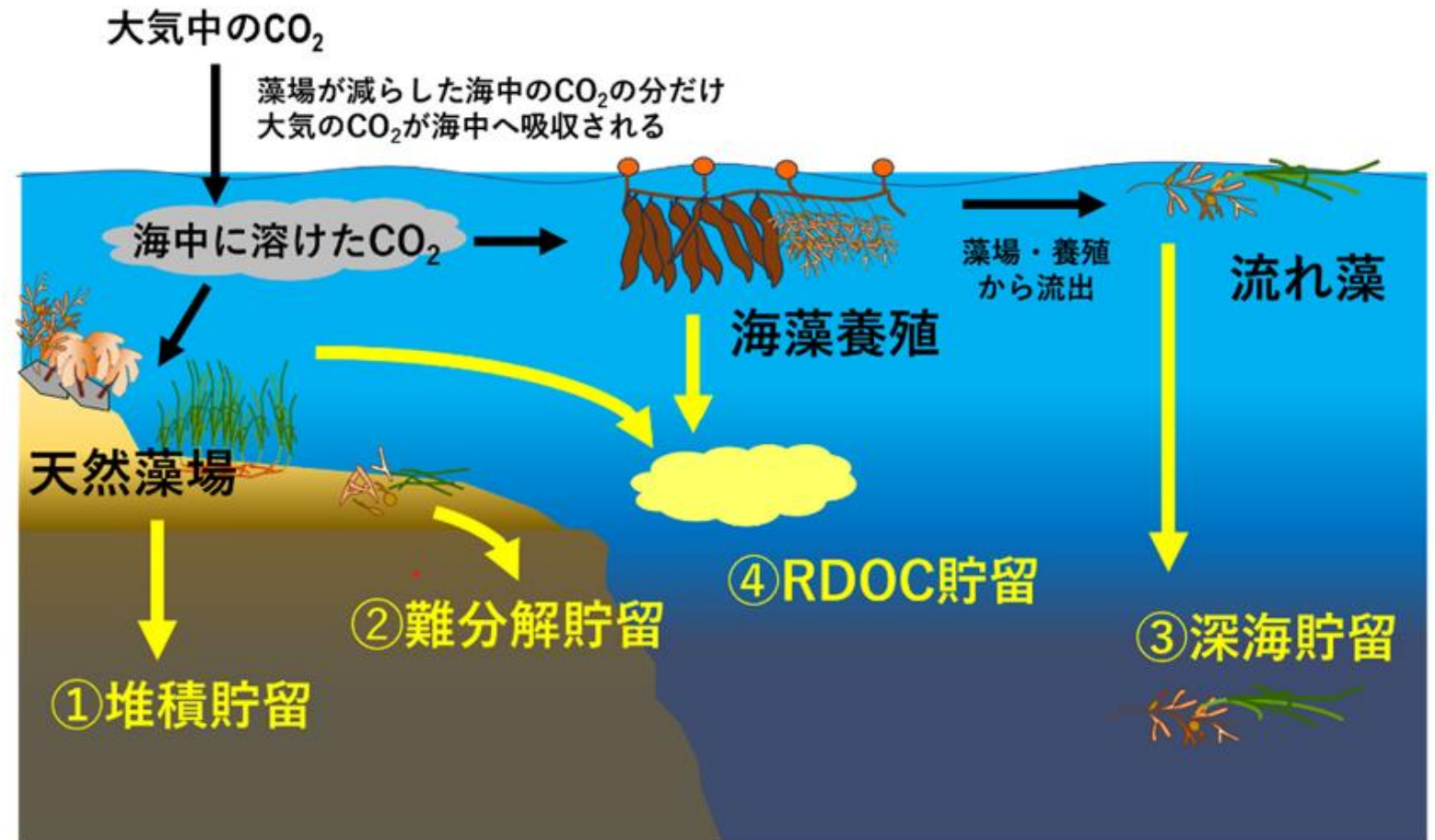
藻場の植物が有機炭素化した大気中CO₂量（対象とする植物の年間純一次生産量をCO₂として算定した値）

藻場の植物によって隔離された大気中CO₂のうち、分解されずに海中に長期間貯留される割合



IPCC湿地ガイドライン
(国連に報告する際の手引書)

気候変動に関する政府間パネル（IPCC）のガイドラインに準拠した方法で算定



藻場のCO₂貯留プロセス

$$\text{藻場タイプ}j\text{の吸収係数 (gCO}_2\text{/m}^2\text{/year)} = \frac{\text{CO}_2\text{隔離量} \times \text{残存率の総和}}{\text{現存量をCO}_2\text{量に換算する項}} \times C_{\text{cont}j} \times (44/12) \times E_j$$

生態系
変換係数

現存量をCO₂量に
換算する項

※ 吸収ポテンシャル
対象とする海草・海藻が現存
量1gあたりで貯留するCO₂量

(吸収係数は単位面積当たり
で貯留するCO₂量)

$$\begin{aligned} & (P/B_{\text{max}})_j \times B_{\text{max}} \times r_{2j} && \text{: 堆積貯留 ①} \\ + & (P/B_{\text{max}})_j \times B_{\text{max}} \times r_{3j} && \text{: 深海貯留 ③} \\ + & (P/B_{\text{max}})_j \times B_{\text{max}} \times r_{1j} \times (1-r_{2j}-r_{3j}) && \text{: 難分解貯留 ②} \\ + & B_{\text{max}} \times r_{4j} && \text{: RDOC貯留 ④} \end{aligned}$$

$$= B_{\text{max}} \times \left[(P/B_{\text{max}})_j \times \{r_{1j} + (r_{2j} + r_{3j})(1-r_{1j})\} + r_{4j} \right]$$

最大現存量
(乾燥重量)

CO₂隔離量 × 残存率の総和のうち、現存量以外の項

(1) 海藻・海草の
種類を特定する

$$\text{吸収係数} = \frac{\text{吸収ポテンシャル} \times B_{\text{max}} \times E_j}{\text{単位面積当たりのCO}_2\text{貯留量}}$$

単位面積当たりの
CO₂貯留量

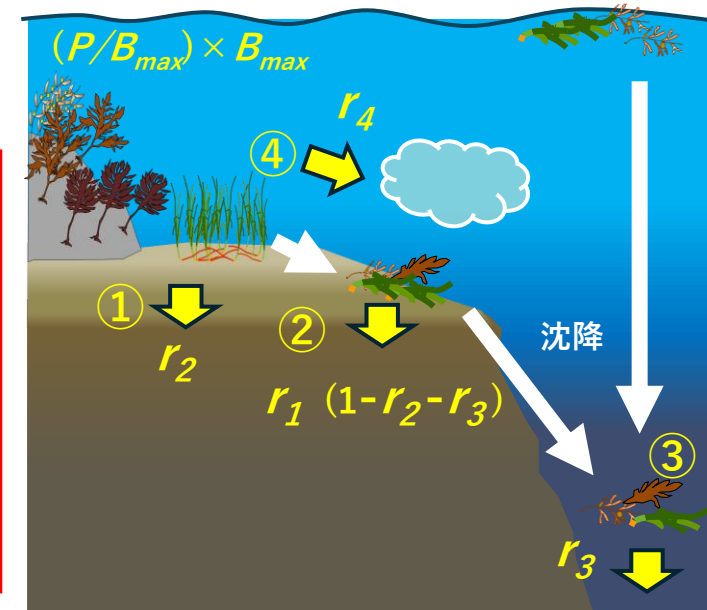
(1) 単位重量当たりのCO₂貯留能力 × (2) 最大現存量

それぞれの海草・海藻が
貯留できる潜在的なCO₂量

対象とする藻場面積に生えている
海草・海藻の現存量



(2) 植生の面積当たり
の量を測る



藻場タイプ・海域区分別の吸収ポテンシャル



Vegetation type

Seagrass

Macroalgae

Aquaculture

藻場タイプ	北海道	東北太平洋	日本海北部	日本海南部	中部太平洋	瀬戸内海	四国太平洋	九州東シナ	南西諸島
アマモ	0.663	0.715	0.656	0.675	0.656	0.712	0.675	0.695	
タチアマモ	0.591	0.610	0.591	0.591	0.591				
スガモ	0.613	0.613	0.613	0.613	0.613				
亜熱帯小型									
亜熱帯中型									
亜熱帯大型									
マコンブ	0.068	0.068	0.068						
ナガコンブ	0.078								
アラメ		0.098		0.098	0.129		0.129	0.098	
カジメ		0.124	0.124	0.124	0.100	0.124	0.100	0.112	
ワカメ	0.062	0.062	0.062	0.062	0.062	0.062	0.062	0.062	
温帯性ホンダワラ	0.098	0.101	0.109	0.099	0.125	0.101	0.131	0.103	
亜熱帯性ホンダワラ							0.093	0.093	0.093
小型緑藻	0.126	0.126	0.126	0.126	0.126	0.126	0.126	0.126	0.126
小型褐藻	0.063	0.063	0.063	0.063	0.063	0.063	0.063	0.063	0.063
小型紅藻	0.069	0.069	0.069	0.069	0.069	0.069	0.069	0.069	0.069
サンゴ藻	0.014	0.014	0.014	0.014	0.014	0.014	0.014	0.014	0.014
コンブ養殖	0.049	0.049	0.049	0.049	0.049	0.049			
ワカメ養殖	0.051	0.051	0.051	0.051	0.051	0.051	0.051	0.051	
ノリ養殖	0.059	0.059	0.059	0.059	0.059	0.059	0.059	0.059	
ガラモ養殖	0.059	0.059	0.059	0.059	0.059	0.059	0.059	0.059	0.059

$$\text{吸収係数} = \frac{\text{吸収ポテンシャル} \times B_{max} \times E_j}{\text{単位重量当たりのCO2貯留能力} \times \text{最大現存量}}$$

藻場タイプ・海域区分別の吸収係数

藻場タイプ	北海道	東北太平洋	日本海北部	日本海南部	中部太平洋	瀬戸内海	四国太平洋	九州東シナ	南西諸島
アマモ	490.39	224.11	593.20	381.56	593.20	232.10	381.56	280.52	
タチアマモ	847.77	212.74	847.77	847.77	847.77				
スガモ	2039.74	1780.41	713.21	713.21	535.52				
亜熱帯小型									
亜熱帯中型									
亜熱帯大型									
マコンブ	164.18	468.66	468.66						
ナガコンブ	110.70								
アラメ		274.72		127.16	423.02		162.69	127.16	
カジメ		61.55	15.54	151.57	49.39	126.08	25.24	20.28	
ワカメ	58.48	116.28	58.48	25.70	23.71	47.49	12.23	15.83	
温帯性ホンダワラ	312.03	158.86	60.50	219.24	31.56	155.21	27.33	105.50	
亜熱帯性ホンダワラ							128.51	21.31	41.97
小型緑藻	4.16	9.95	5.54	7.05	6.05	9.70	1.89	4.16	17.76
小型褐藻	112.69	7.91	11.68	63.91	1.19	19.90	30.51	14.88	9.35
小型紅藻	52.38	22.90	56.94	17.57	1.52	30.24	22.76	15.98	4.36
サンゴ藻	15.14	6.76	0.57	6.76	6.76	9.71	2.02	4.58	0.10
コンブ養殖	養殖は海域・手法・経営体によって収穫量の差が大きいため、標準値を示していない								
ワカメ養殖									
ノリ養殖									
ガラモ養殖									

吸収係数

$$= \frac{\text{吸収ポテンシャル} \times B_{max} \times E_j}{\text{単位重量当たりのCO2貯留能力} \times \text{最大現存量}}$$

単位重量当たりのCO2貯留能力

最大現存量

国の温室効果ガスインベントリへの登録 2024年4月

別添 1



2022年度の温室効果ガス排出・吸収量（概要）

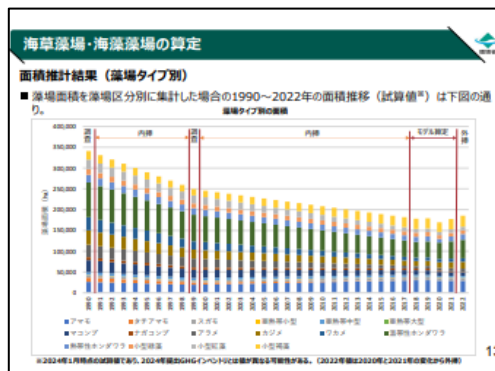
環境省 脱炭素社会移行推進室
国立環境研究所 温室効果ガスインベントリオフィス



海草・海藻のインベントリ反映までの検討体制



United Nations
Framework Convention on
Climate Change



藻場面積の推計

GHGインベントリ提出

【環境省脱炭素社会移行推進室】
温室効果ガス排出量算定方法検討会
（森林等の吸収源分科会）

- 国連に報告する我が国インベントリに、ブルーカーボンの吸収量を組み込むための算定方法をオーソライズ。

藻場タイプ別の
吸収係数の設定



【国土交通省港湾局】
地球温暖化防止に貢献するブルーカーボンの
役割に関する検討会

- マングローブ、湿地・干潟に関する温室効果ガス排出・吸収量の方法論、海草・海藻藻場のデータ収集・算定システムなどの技術的な検討を実施。
- 環境省、農水省、水産庁、経済産業省らはオブザーバーの立場として検討に参画。

【農林水産省（水産庁）】
農林水産技術会議

農林水産省
水産庁

農林水産研究推進事業委託プロジェクト研究

- 「ブルーカーボンの評価手法及び効率的藻場形成・拡大技術の開発」
- 海草・海藻藻場の炭素固定に関する方法論の開発、パラメータ開発、データ整備等を実施。令和2～6年度の5か年プロジェクト。
 - 開発したCO₂貯留算定手法を「海草・海藻藻場のCO₂貯留量算定ガイドブック」として作成・公開。（令和5年11月1日）



ブルーカーボン生態系（海草藻場・海藻藻場）の新規算定

■ 世界で初めて、海草藻場・海藻藻場における吸収量を合わせて算定・報告（2022年度・約35万トン）。

- IPCCガイドラインでは、マングローブ、潮汐湿地、海草藻場の3生態系における排出・吸収量の算定方法論が示されている。海藻藻場については示されていない。
- 我が国以外の先進国では、豪州、米国、英国、マルタの4か国がブルーカーボンに該当する推計値を温室効果ガスインベントリに反映している。ただし、海草藻場については豪州のみ（消失によるCO₂排出）が算定している状況。海藻藻場の算定実績を有する国はまだ存在していない。
- 海草・海藻の双方における炭素貯留量を評価する独自モデルの検討を進め、算定方法を確立。

1.海草藻場

- 海草や、その葉に付着する微細な藻類は、光合成でCO₂を吸収して成長する。
- 海草の藻場の海底では、「ブルーカーボン」としての巨大な炭素貯留庫となる。
- 瀬戸内海の海底の調査では、3千年前の層からもアマモ由来の炭素が見つかった。



2.海藻藻場

- 海藻は、ちぎれると海面を漂う「流れ藻」となる。
- 根から栄養をとらない海藻は、ちぎれてもすぐには枯れず、一部は寿命を終えて深い海に沈み堆積する。
- 深海の海底に貯留された海藻由来の炭素も「ブルーカーボン」。



3.湿地・干潟

- 湿地・干潟には、ヨシなどが繁り、光合成によってCO₂を吸収する。
- 海水中や地表の微細な藻類を基盤に、食物連鎖でつながる多様な生き物が生息し、それらの遺骸は海底に溜まり、「ブルーカーボン」として炭素を貯留。

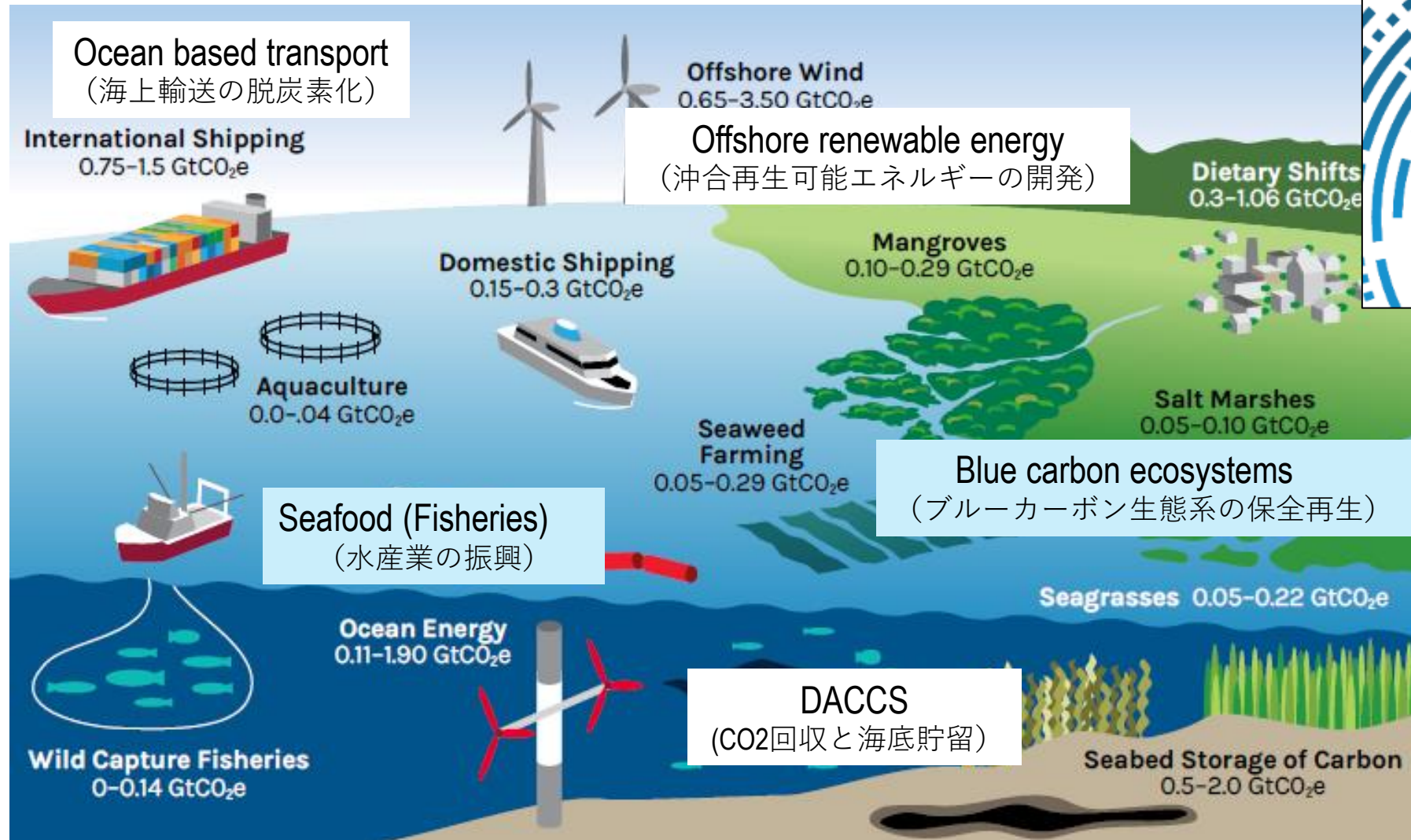


4.マングローブ林

- マングローブ林は、成長とともに樹木に炭素を貯留する上、海底の泥の中には、枯れた枝や根が堆積し、炭素を貯留。
- 日本では、鹿児島県と沖縄県の沿岸に分布。



国連等における海洋での気候変動対策の骨子 (パリ協定を達成するための5つのアクション)



国際動向：海洋で取り組まれる5つの気候変動対策

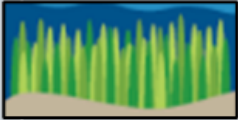
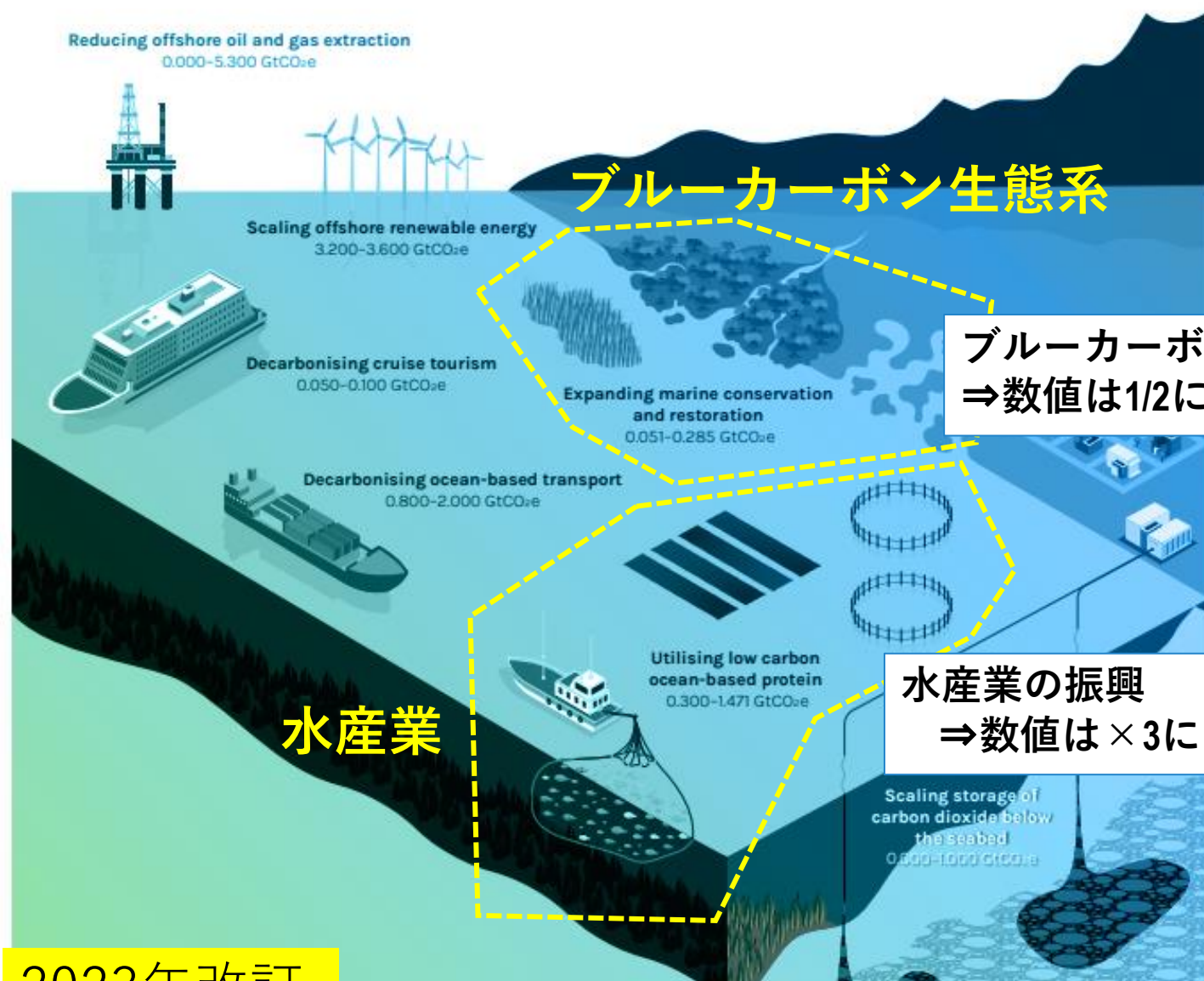
海洋での気候変動対策の領域	2030年での緩和試算値 (GtCO ₂ E/年)	2050年での緩和試算 値GtCO ₂ E/年)
1. 再生可能エネルギー 	0.18-0.25	0.76-5.40
2. 海上輸送 	0.24-0.47	0.9-1.80
3. 沿岸海洋生態系・海藻養殖 (ブルーカーボンによる吸収) 	0.32-0.89	0.50-1.38
4. 漁業・養殖・食料源の転換 	0.34-0.94	0.48-1.24
5. 炭素の海底埋没 	0.25-1.00	0.50-2.00
総計	1.32-3.54	3.14-11.82
1.5°C上昇シナリオへの寄与率	4-12%	6-21%
2°C上昇シナリオへの寄与率	7-19%	7-25%

Figure ES-1. Annual emission reduction potential in 2050 for solutions that are ready to implement now



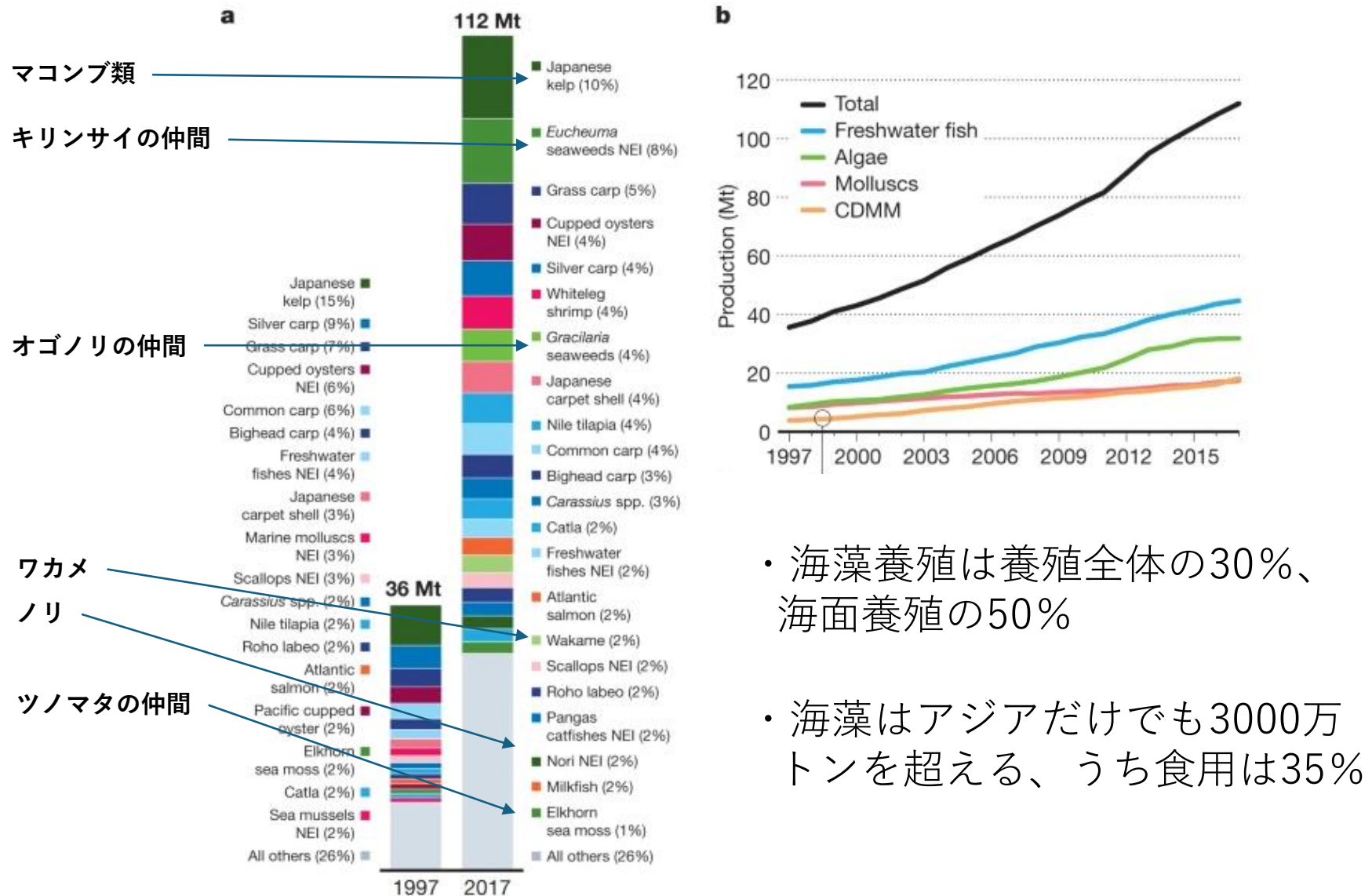
ブルーカーボン生態系
⇒数値は1/2に

水産業の振興
⇒数値は×3に



2023年改訂

Fig. 1: Composition and growth of global live-weight aquaculture production.

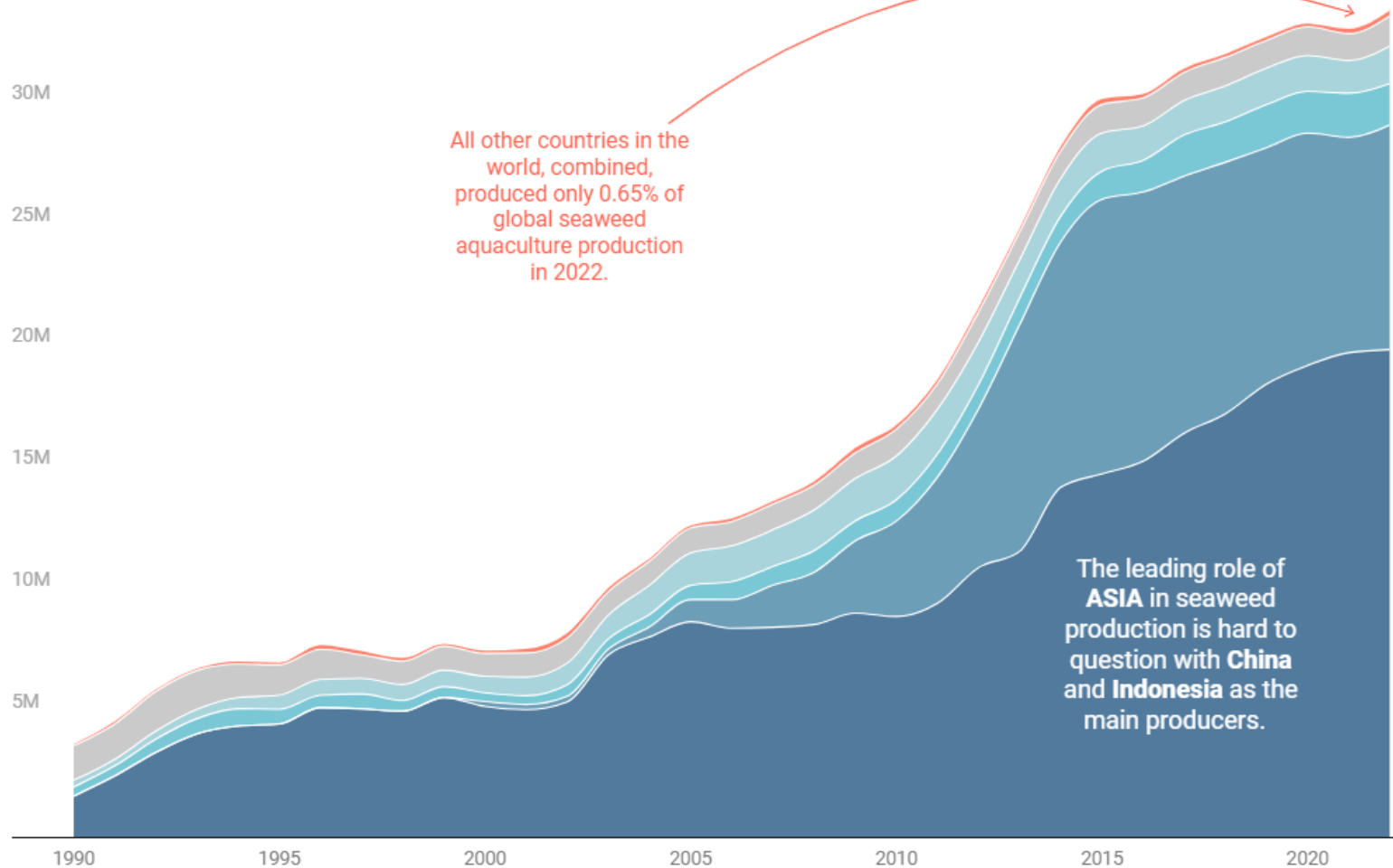


海藻養殖が世界中で急速に発展している

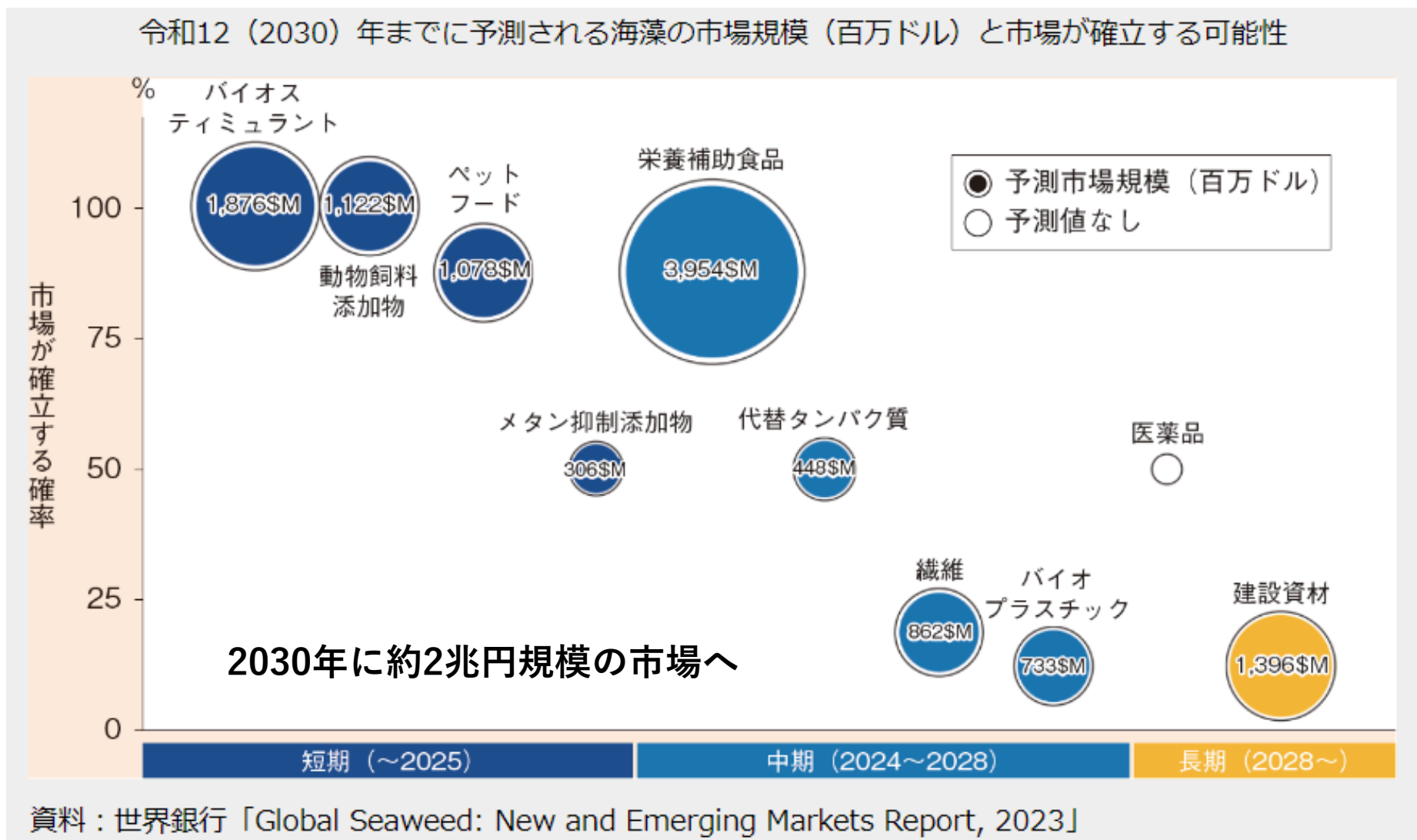
Global Production Volumes 1990-2022 by Country

based on 2022 figures provided by FAO Fisheries and Aquaculture (volume in tonnes wet weight)

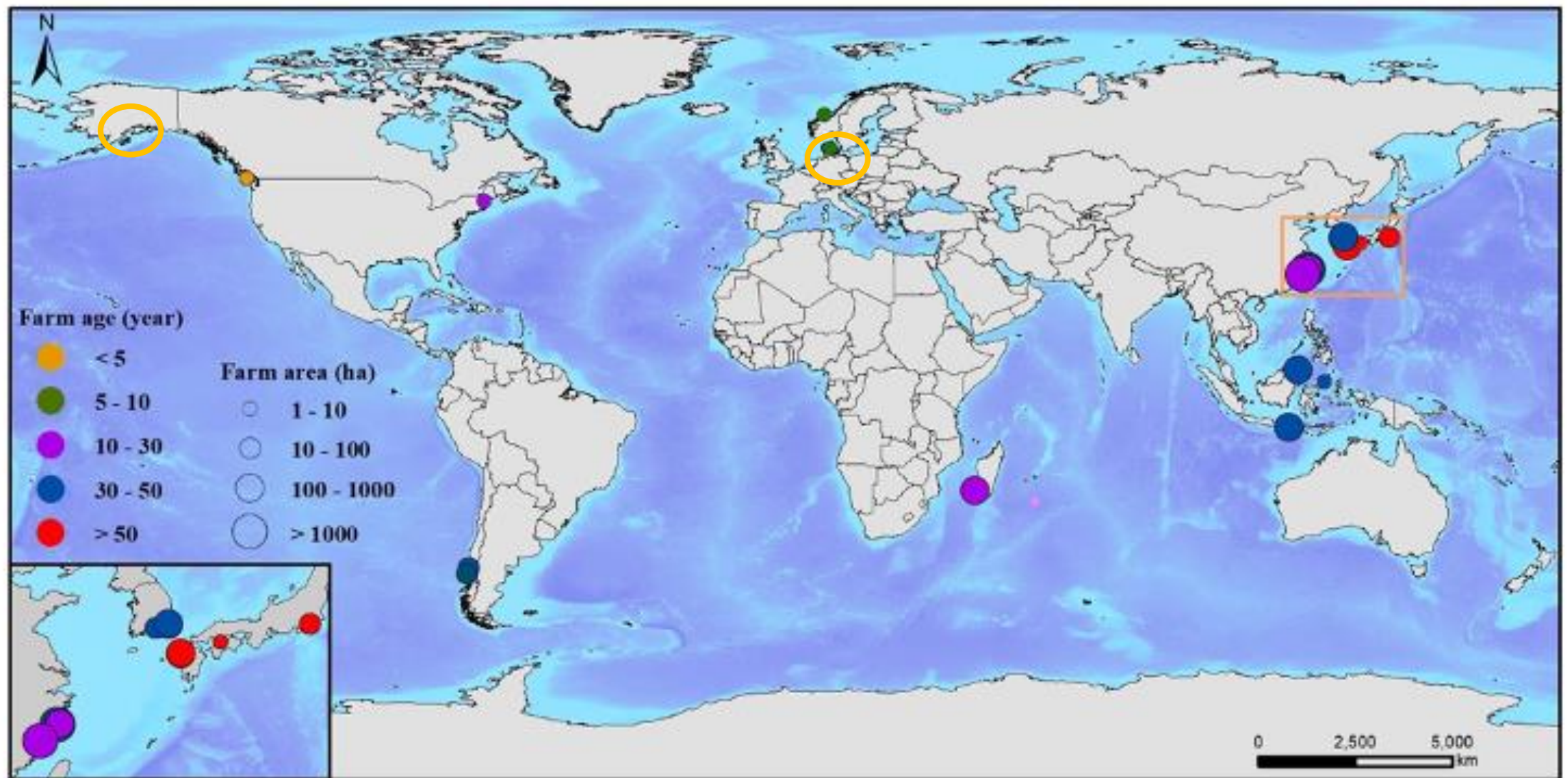
China Indonesia South Korea Philippines Other Asia Other



海藻養殖が世界中で始まっている



海藻養殖が世界中で始まっている



北米（アラスカ：海藻養殖が始まって5年未満）

The Washington Post
Democracy Dies in Darkness

Sub



How do Alaskans farm kelp?

Sugar, ribbon, and bull kelp are the most farmed species of seaweed in Alaska, though interest in species like black seaweed is increasing. To begin a kelp farm, mature kelp with reproductive tissue (also known as sorus) are collected from the wild (within 50 miles of the farm) and transported to a kelp hatchery. At the hatchery, the reproductive tissues are encouraged to release spores. Eventually,



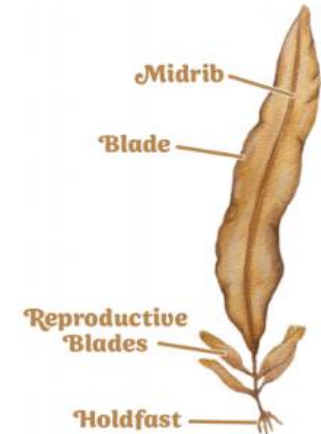
[Home](#) > [Welcome to the USDA Northwest Climate Hub](#)

USDA Climate Hubs
U.S. DEPARTMENT OF AGRICULTURE

Seaweed, a term for marine algae, has been used by Alaskans as a source of food and materials for centuries. Recently, the farming of seaweed has gained attention for its commercial, food security, and climate change mitigation possibilities. Alaska presents an ideal location for the seaweed farming industry, as it has the longest coastline in the United States and more than five hundred species of seaweed. One such species is kelp, a common type of large, brown, seaweed. [Some of the largest kelp beds in the world](#) are found in Alaska. Different types of red, green, and black seaweed are also farmed and gathered in Alaska. Seaweed production does not require fertilizer, fresh water, or arable land. Alaska has cold, fertile



Sugar kelp on a line in Alaska. Credit: Sea Grove Kelp Co.



Ribbon kelp *Alaria*属
(アイヌワカメ、チガイソ)

Sugar kelp *Saccharina*属

Bull kelp *Nereocystis*属



ヨーロッパ（北海～北欧：海藻養殖が始まって5～10年）

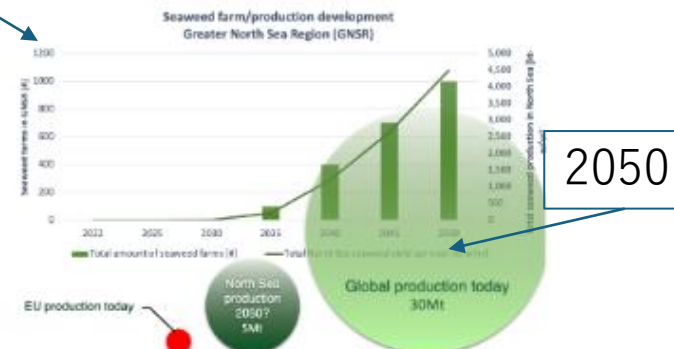


SEAWEED HIGHLIGHTS

INVITE TO NSF SECTOR SESSION: 'SEAWEED INDUSTRY ROADMAP ACTION POINTS'

01/09/2023 - On Thursday 21 September 2023 North Sea Farmers organises a Sector Session for members on the topic 'Seaweed Industry Roadmap Action Points'. These action points will form part of the Seaweed Industry Roadmap that we would like to develop together with you as members.

1000



2050

2050年に1000万トンを目指

NEW SPECIFIC SPECIFIC THE BA

15/08/2023 - P
Under Ytan, a

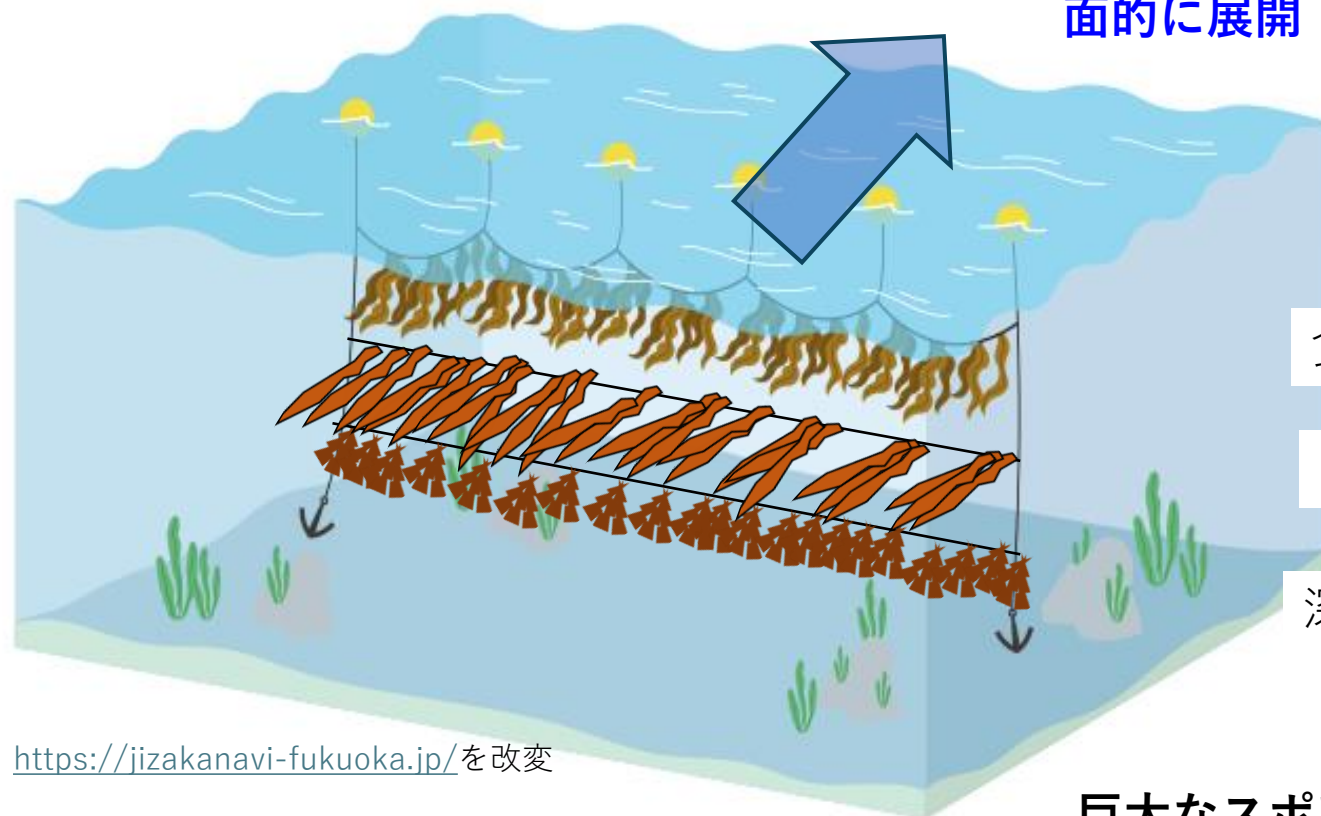


2023年現在

海藻養殖で藻場も元気に

“複層展開”

海藻の強み⇒海藻ごとに適した水深（光強度）
面的に展開



<https://jizakanavi-fukuoka.jp/>を改変

回収して食料、産業利用の拡大

食料、産業利用の海藻

浅場に藻場を作る海藻

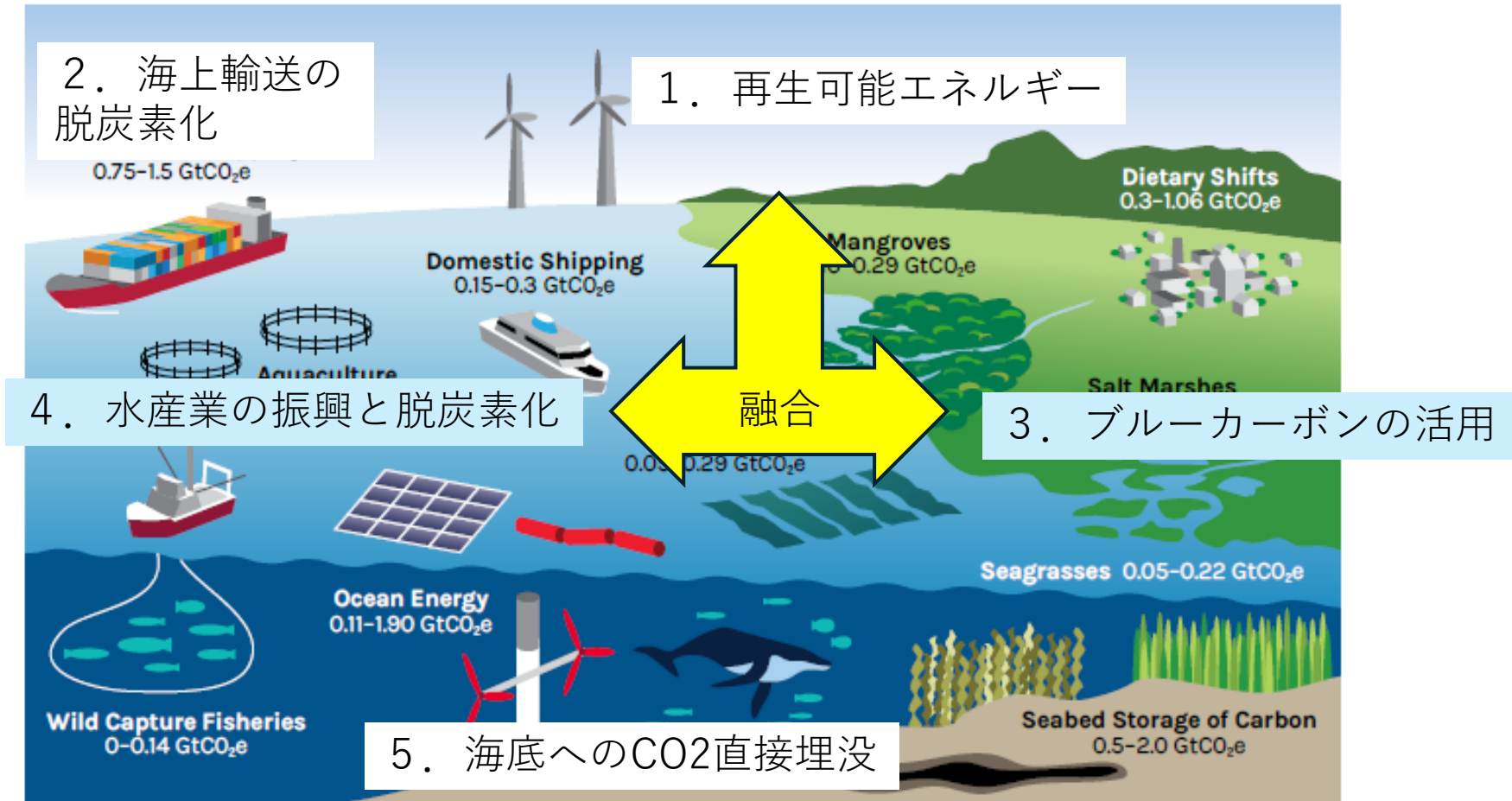
深場に藻場を作る海藻

巨大なスポアバッグ（次世代の供給）の機能へ

単位面積当たりのCO2吸収を最大化

農林水産省・みどりの食料システム戦略実現技術開発・実証事業
（委託プロジェクト研究 R2-R6：JPJ008722）
「ブルーカーボンの評価手法及び効率的藻場形成・拡大技術の開発」

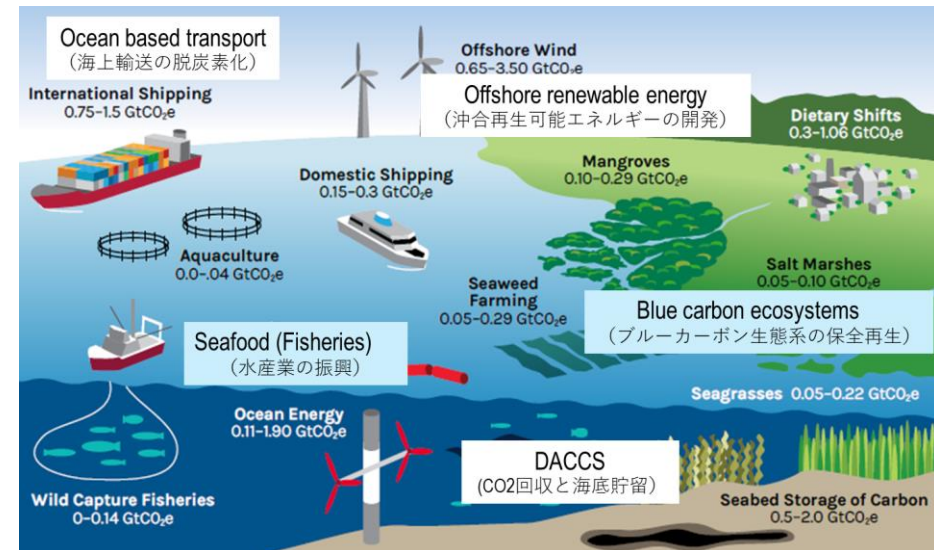
国連等における海洋での気候変動対策の骨子 (パリ協定を達成するための5つのアクション)



気候変動対策 + 食料生産 + 再生可能エネルギー

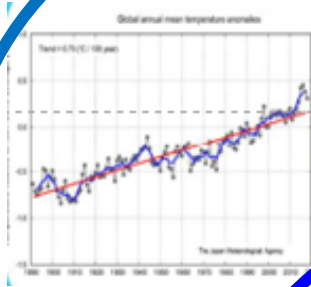
さらなる活用に向けて

- 多種多様な海藻養殖 + 藻場再生への発展
⇒ CO₂吸収源の拡大
- バイオマス資源生産など新しい水産業への発展
⇒ 新しい価値化（食用以外の活用、カーボンクレジットの活用）
- 頑強・大規模な海面養殖システムの開発と発展
⇒ 食害対策・温暖化対策の推進・システム化
⇒ 港湾や海上・海中構造物などを利用した大規模化



カーボンニュートラル
(TCFD)

“CO2吸収源
の拡大”



ネイチャーポジティブ
食料生産

“IMTAの推進”

“生物多様性の
ゆりかご”



ブルーカーボン



サーキュラー
エコノミー

“海洋バイオマス産業の
立ち上げ”

社会変革への3つの貢献