

# ブルーカーボン生態系に 基づく新たな水産業の展開

堀 正和

国立研究開発法人 水産研究・教育機構  
水産資源研究所 沿岸生態系暖流域グループ長





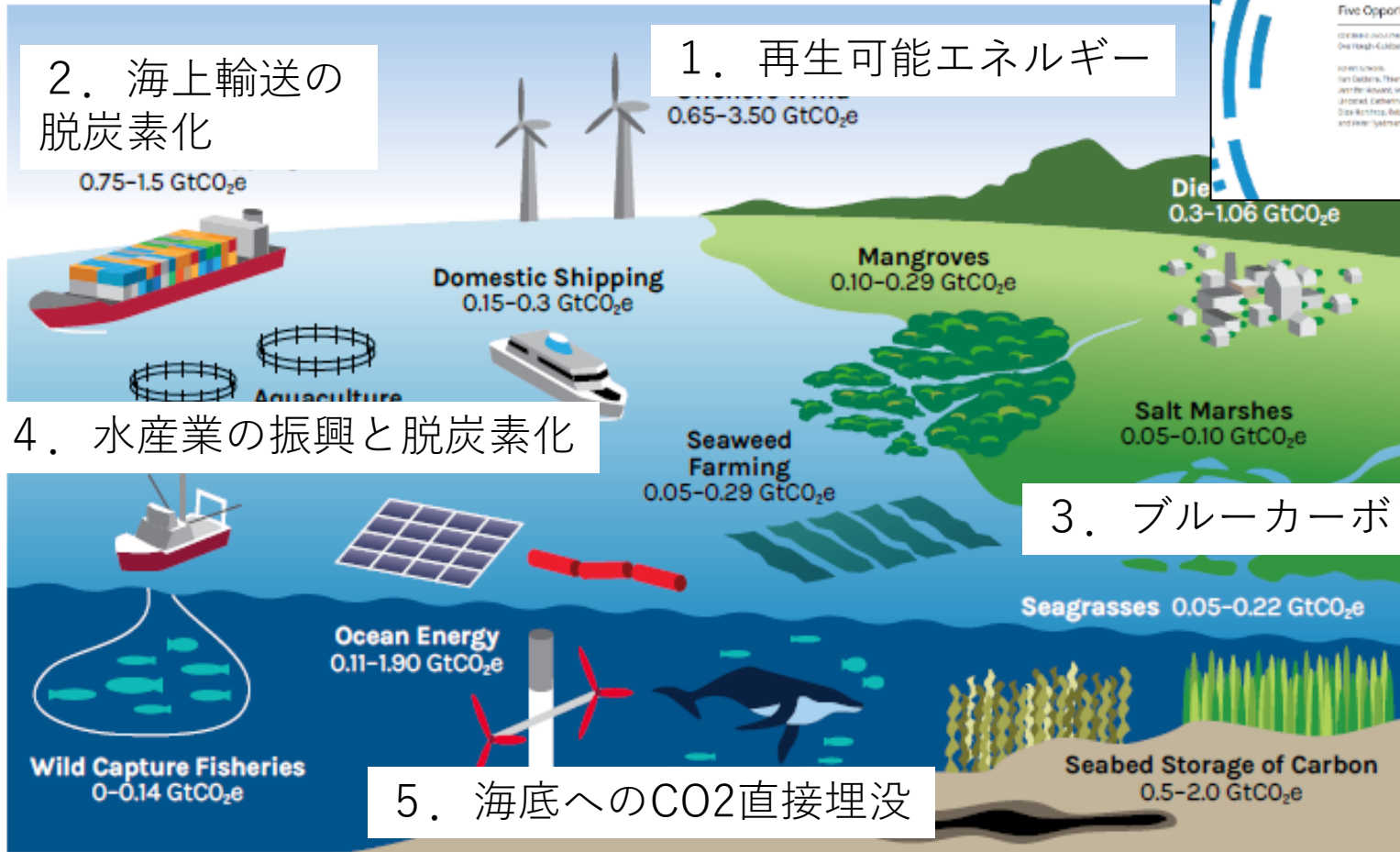
# Contents

1. 国内外のブルーカーボンに関連した動き
2. 藻場の $\text{CO}_2$ 吸収量の算定手法とその特徴
3. 水産業への新しい展開





# 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)



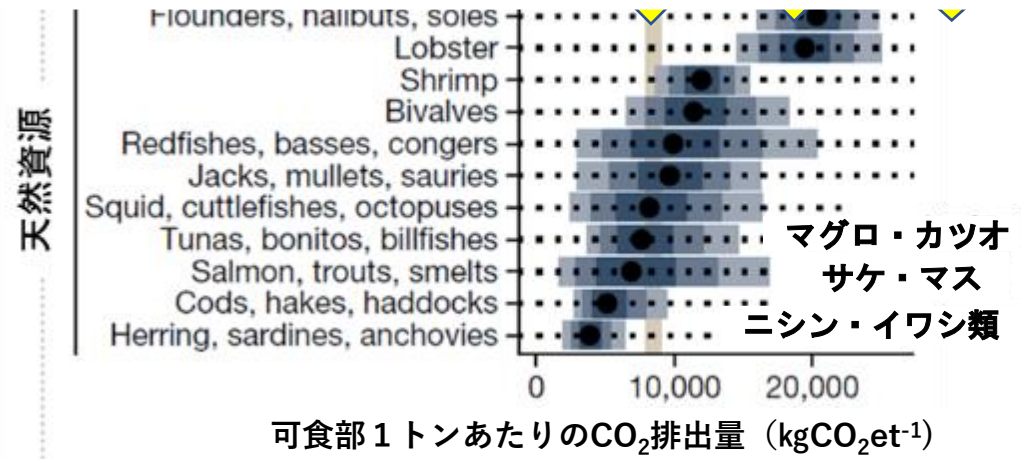
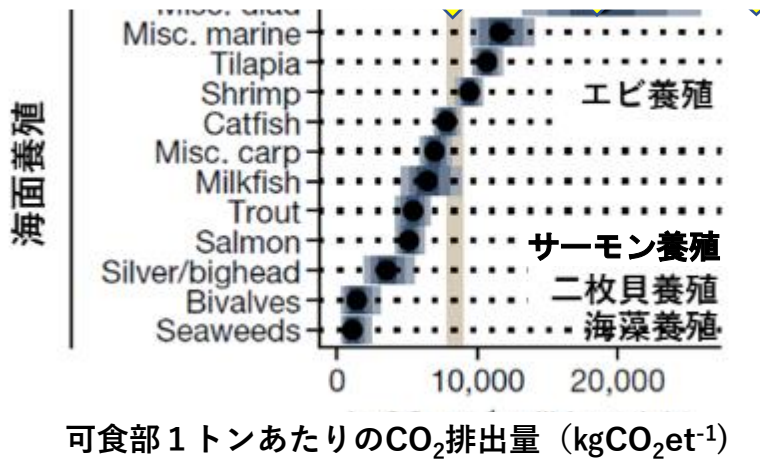
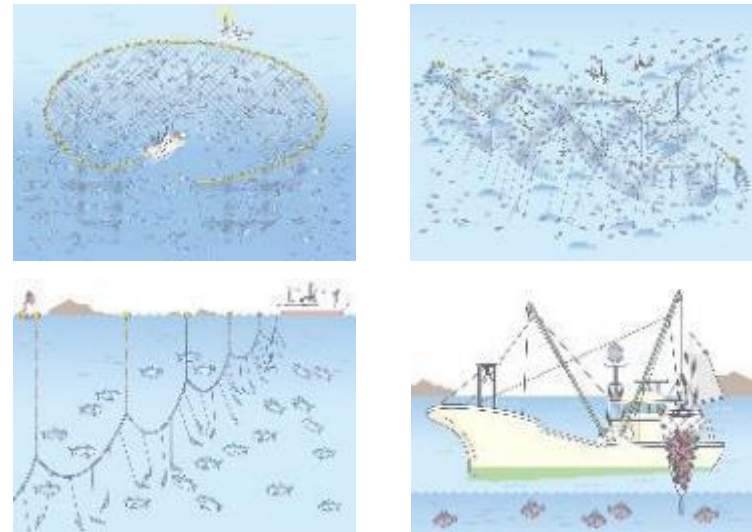
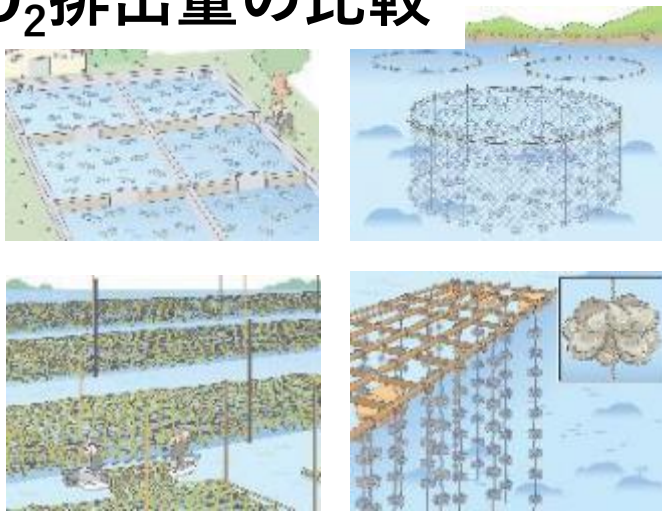
(Hoegh-Guldberg 2019)

## 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 <sub>2</sub> E/年)	2050年での緩和試算 値GtCO <sub>2</sub> 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) 	<b>0.32-0.89</b>	0.50-1.38
4. 漁業・養殖・食料源の転換 	<b>0.34-0.94</b>	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%



# CO<sub>2</sub>排出量の比較



Gephart et al. 2021、Nature を改変

# 藻場のコベネフィットの有利さを活用する

## 食糧生産・レクリエーションの機能



## CO<sub>2</sub>吸収源としての機能



- ・ 海洋はCO<sub>2</sub>吸収源と食料生産が両立
- ・ 淡水を使わずに食糧生産



# 海藻養殖が世界中で始まっている

NOAA FISHERIES 150th Anniversary

Search NOAA Fisheries

Find A Species Fishing & Seafood Protecting Marine Life Environment Regions Resources

AQUACULTURE

## Seaweed Aquaculture

Seaweed farming, the fastest-growing aquaculture sector, can benefit farmers, communities, and the environment.

National

More Information

- > Understanding Seaweed Farming
- > Video: The Power of Seaweed

Seaweeds also gobble up nitrogen and phosphorus. In large quantities, these nutrients cause algal blooms that deplete the ocean of oxygen when they decompose. Excess nitrogen and phosphorus from stormwater runoff and point-sources are behind the dead zones that form in the Gulf of Mexico and Chesapeake Bay. Seaweed farms can help lower nutrient levels in nearby waters.

Benefits of seaweed farming >



Recent

AT SEA project news

Janet Fisher  
Admin  
National



Norway

[Home](#) [Macrosea](#) [Key numbers](#) [Education](#) [Publications](#) [Outcomes and Impacts](#) [Research Needs](#) [Norsk sammendrag](#)

## MACROSEA - A KNOWLEDGE PLATFORM FOR INDUSTRIAL MACROALGAE CULTIVATION



Cultivation of the oceans is required to meet demands for food, feed, population. Norway, with one of the world's longest tempered and p... With MACROSEA (2016-2019), Norway has created an interdisciplinary production biology and technology, to make significant steps towards

MACROSEA has contributed to systematic research and delivered gen cultivation, and genetics of selected brown and red macroalgae speci developed and coupled to 3D hydrodynamic-ecosystem models to es Methods for efficient seedling, deployment and harvest have been as



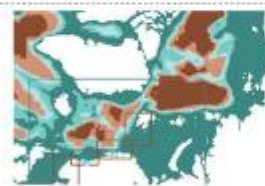
1. 養殖対象種の種苗生産にかかわる生物学的研究



2. 海面養殖による海藻の成長、含有する化学物質・汚染物質に関する研究



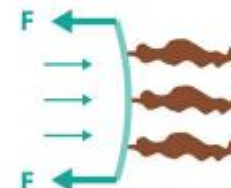
3. 海面養殖対象種の遺伝子研究



4. 海洋物理化学環境の予測による養殖適地探索に関する研究



5. 大規模海藻養殖に向けた種苗生産手法、養殖資材、収穫手法に関する研究



6. 養殖システム構築に関する研究





# インドネシア

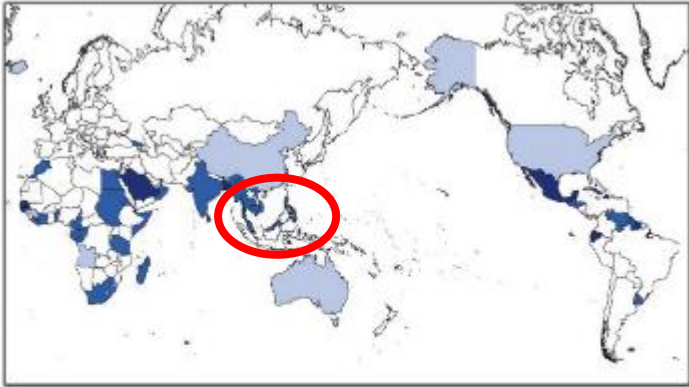


Fig. 13.5 Countries that refer to the utilization of shallow coastal ecosystems or blue carbon in their Nationally Determined Contribution of the Paris Agreement (as of 2016). Those that mention only the mitigation effect are shown in light blue, only the adaptation effect are shown in medium blue, and both effects are shown in dark blue (Based on Herr and Landis 2016)

- マングローブ大国（43,550km<sup>2</sup>：地球上の23%）、海草藻場（30,000km<sup>2</sup>）
- マングローブの保全で国の年間排出量の3割を削減可能  
（1haで4,000トン、熱帯雨林の5倍）
- 世界第二位の海藻養殖大国  
1000万トン/year（日本は30万トン/year）

自国の温室効果ガスインベントリにブルーカーボンを含める取り組みを進行中

2045年までに182万haの回復計画、残念ながら伐採が植林や再生速度を上回り、減少（排出）が続いている

## 中華人民共和国

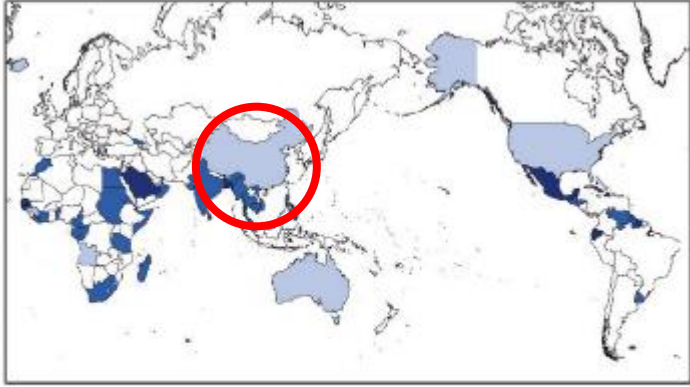


Fig. 13.5 Countries that refer to the utilization of shallow coastal ecosystems or blue carbon in their Nationally Determined Contribution of the Paris Agreement (as of 2016). Those that mention only the mitigation effect are shown in light blue, only the adaptation effect are shown in medium blue, and both effects are shown in dark blue (Based on Herr and Landis 2016)

- 海草藻場：151,000トンCO<sub>2</sub>/year、塩性湿地：1,840,000トンCO<sub>2</sub>/year、マングローブ399,000トンCO<sub>2</sub>/year
- 世界最大の海藻養殖大国  
1800万トン/year（日本は30万トン/year）  
養殖ベースでブルーカーボンによるCO<sub>2</sub>吸収を計画

沖合域での養殖試験を実施、あわせて炭素クレジット創出により費用補填（投資）を模索

⇒ クレジットの試行はまだ？

海藻養殖による気候変動緩和を最大化するため、各国を模倣したバイオマス利用：バイオ燃料生産、バイオプラスチックなどの材質化、バイオ炭などに利用する計画を推進



# 中国におけるブルーカーボン活用

IOP Publishing

*Environ. Res. Lett.* 17 (2022) 014018<https://doi.org/10.1088/1748-9326/ac3fd9>

## ENVIRONMENTAL RESEARCH LETTERS



### LETTER

## The potential of seaweed cultivation to achieve carbon neutrality and mitigate deoxygenation and eutrophication

### (カーボンニュートラルの達成に向けた海藻養殖の潜在能力の試算)

05,

**RECEIVED**

18 June 2021

**REVISED**

1 December 2021

**ACCEPTED FOR PUBLICATION**

3 December 2021

**PUBLISHED**

30 December 2021

<sup>2</sup> College of Marine Science, Hainan University, 58 Renmin Road, Haikou 570228, People's Republic of China

\* Author to whom any correspondence should be addressed.

E-mail: [guang.gao@xmu.edu.cn](mailto:guang.gao@xmu.edu.cn)**Keywords:** algae, carbon neutrality, climate change, deoxygenation, eutrophication, fish aquaculture, seaweed cultivationSupplementary material for this article is available [online](#)

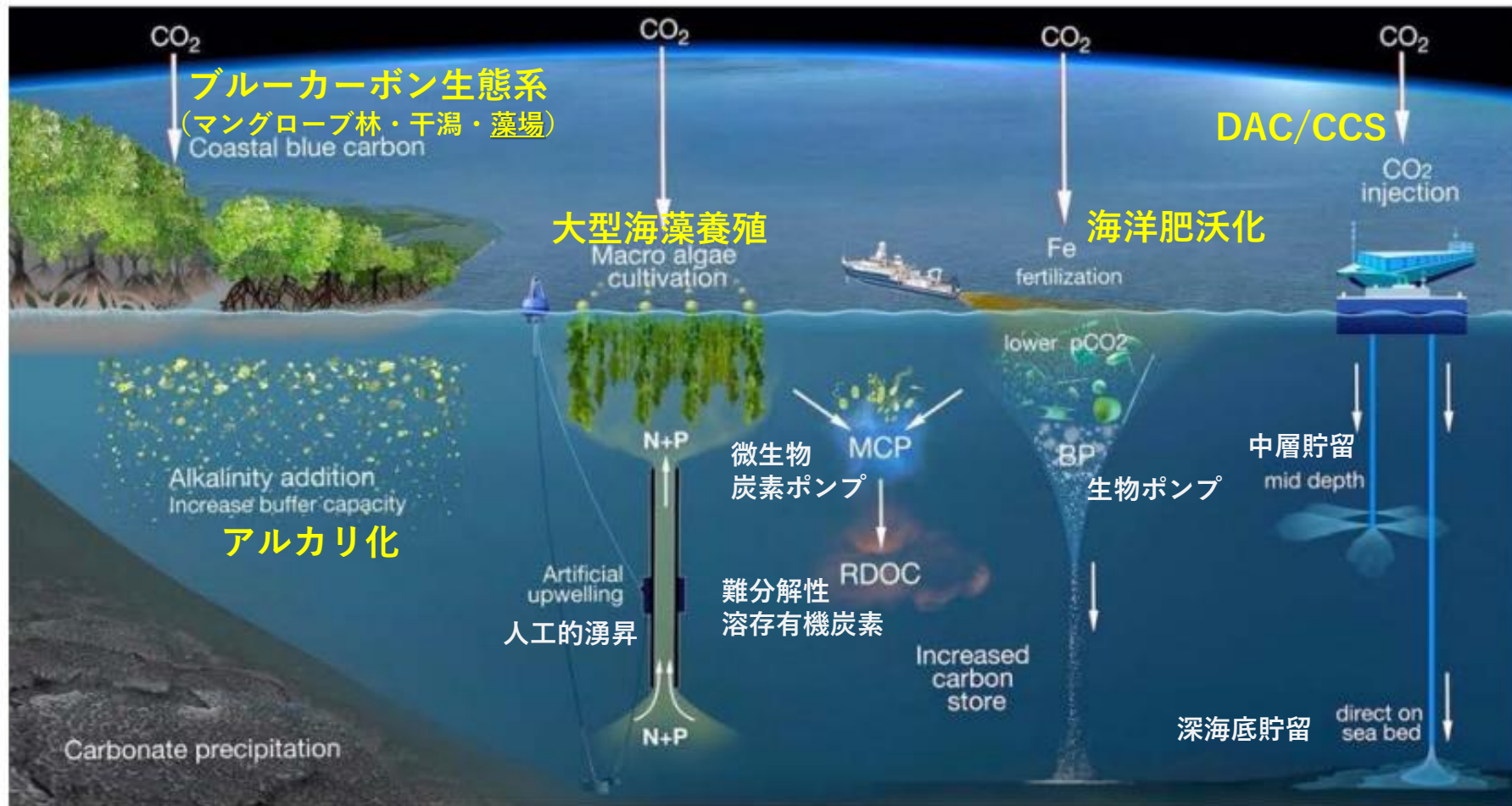
Original content from this work may be used under the terms of the [Creative Commons Attribution 4.0 licence](#).

Any further distribution of this work must maintain attribution to the author(s) and the title of the work, journal citation and DOI.

### Abstract

Carbon neutrality has been proposed due to the increasing concerns about the consequences of rising atmospheric CO<sub>2</sub>. Previous studies overlooked the role of lost particle organic carbon (POC) and excreted dissolved organic carbon (DOC) from seaweed cultivation in carbon sequestration,

# 脱炭素社会に向けた海洋でのCO<sub>2</sub>吸収技術

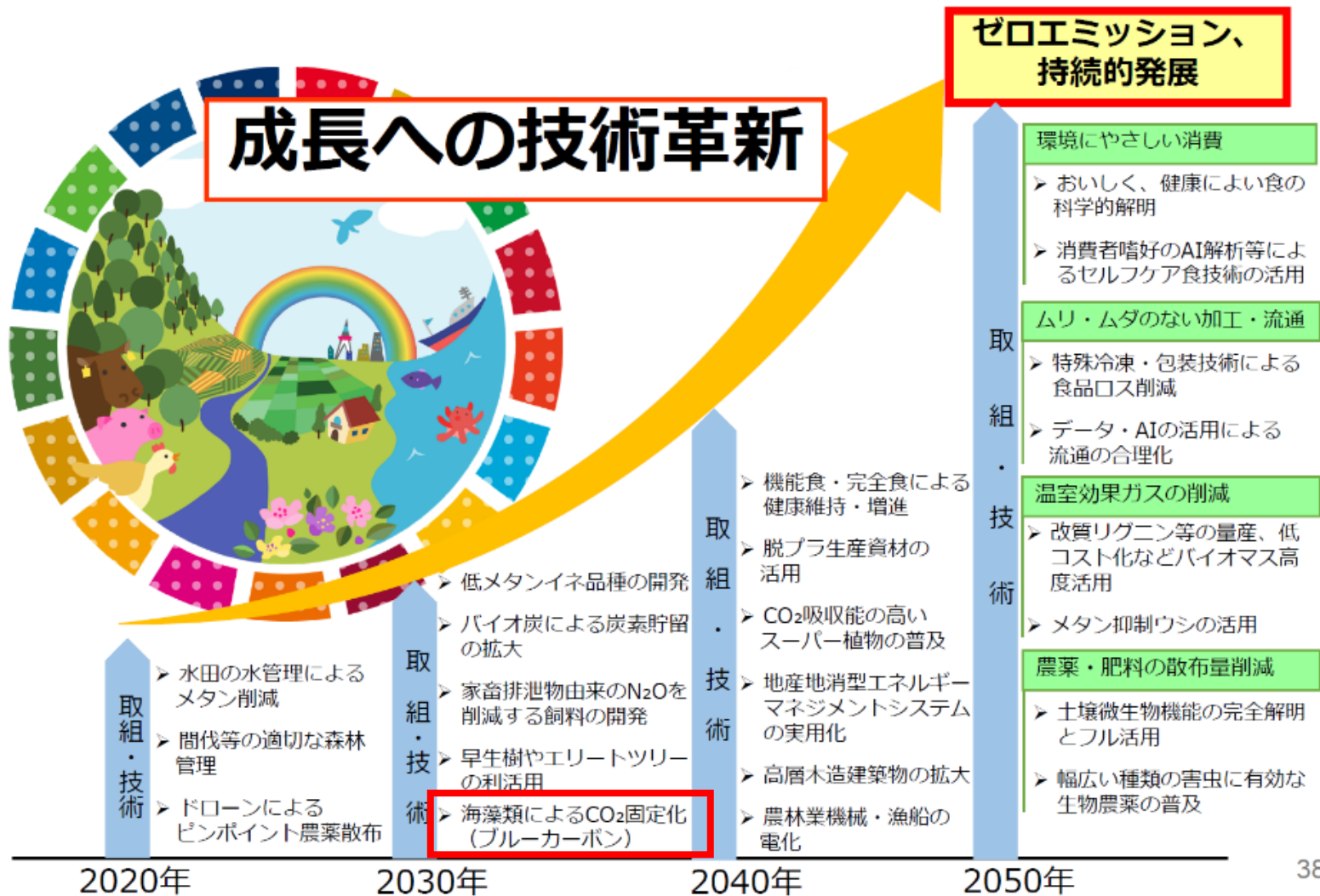


UNESCO-IOC (2021) Integrated Ocean Carbon Research – A summary of Ocean Carbon research, and Vision of Coordinated Ocean Carbon Research and Observations for the Next Decade



# みどりの食料システム戦略：農林水産省（令和3年5月）

農林水産分野でのゼロエミッション達成と持続的発展に向けた取組



## 今後の研究開発





# Contents

1. 国内外のブルーカーボンに関連した動き
2. 藻場の $\text{CO}_2$ 吸収量の算定手法とその特徴
3. 水産業への新しい展開



【令和2－6年度】

農林水産技術会議事務局委託プロジェクト研究：

「脱炭素・環境対応プロジェクト」

「みどりの食料システム戦略実現技術開発・実証事業」

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**」

参画機関：水産研究・教育機構

水産資源研究所/水産技術研究所/水産大学校

港湾空港技術研究所

北海道大学、東京大学、広島大学、岩手医科大学

鹿児島県、徳島県、千葉県、新潟県、京都府、神奈川県、

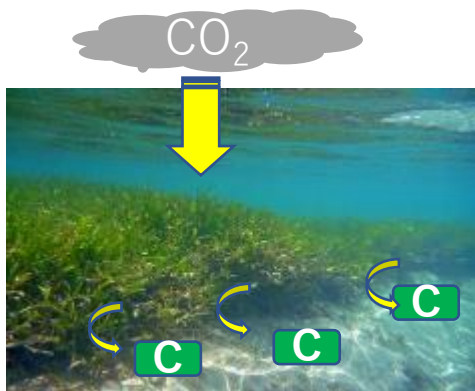
愛媛県、岩手県、大分県

山川町漁業協同組合



## 研究開発の内容

### 1. 藻場タイプ別の吸収係数評価モデルの開発と 二酸化炭素吸収量の全国評価 (R2-R4)



#### 藻場がどれだけCO<sub>2</sub>を吸収しているか？

(吸収量を算定するモデル作成、全国の吸収量計算)

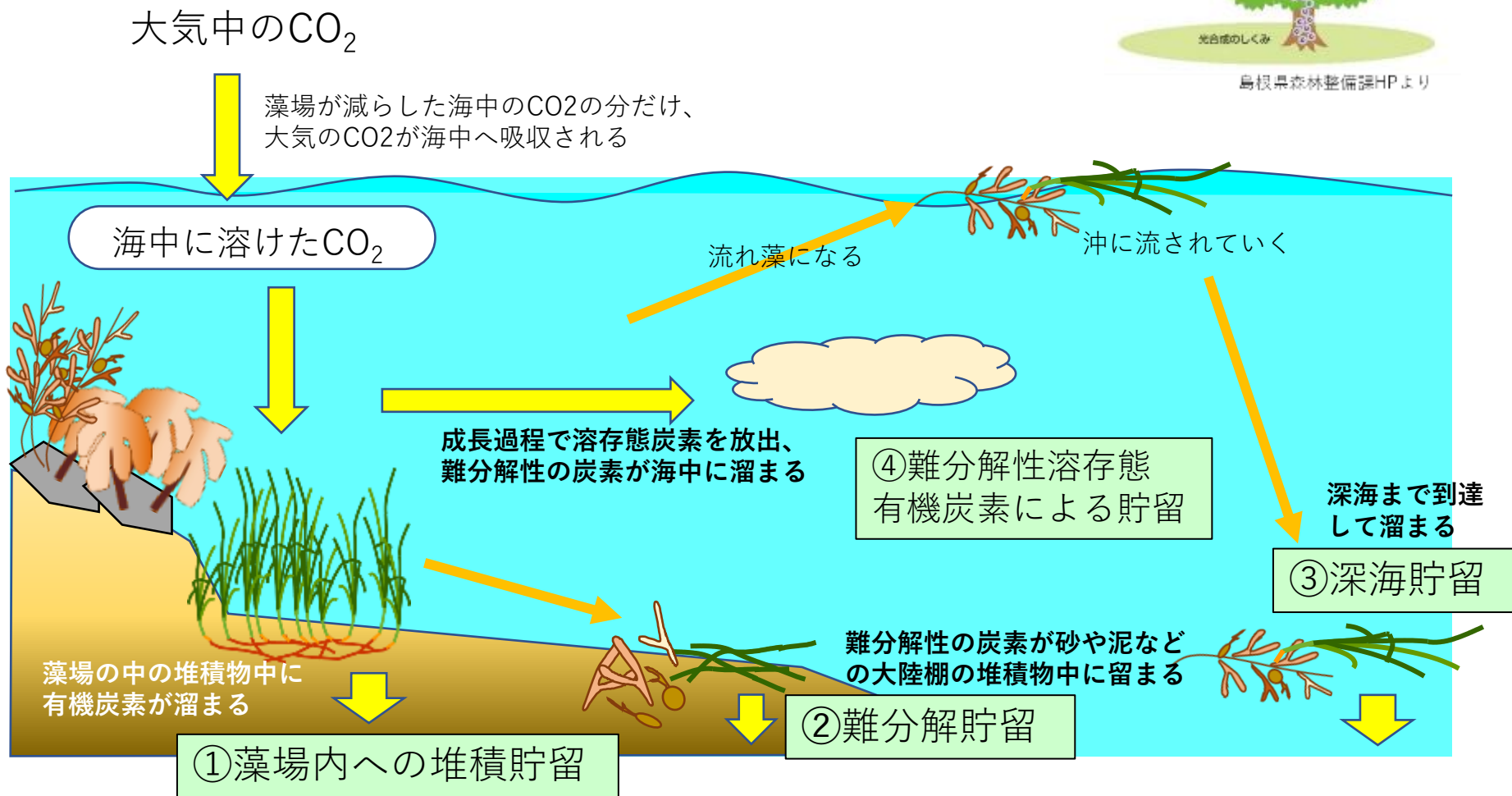
### 2. ブルーカーボンの増強技術の開発 (R3-R6)

各海域の藻場の減衰要因に対応した効果的な対策技術を開発し、藻場面積の活動量を増加させる技術開発を行う。各海域でブルーカーボン生態系を拡大させて、二酸化炭素吸収機能と生態系保全機能を両立させる技術開発

#### 藻場の維持・拡大技術、海藻養殖技術の高度化

# 【ブルーカーボンの特徴】

海草・海藻そのものが炭素の貯留庫ではない  
⇒ 4つの貯留庫が存在



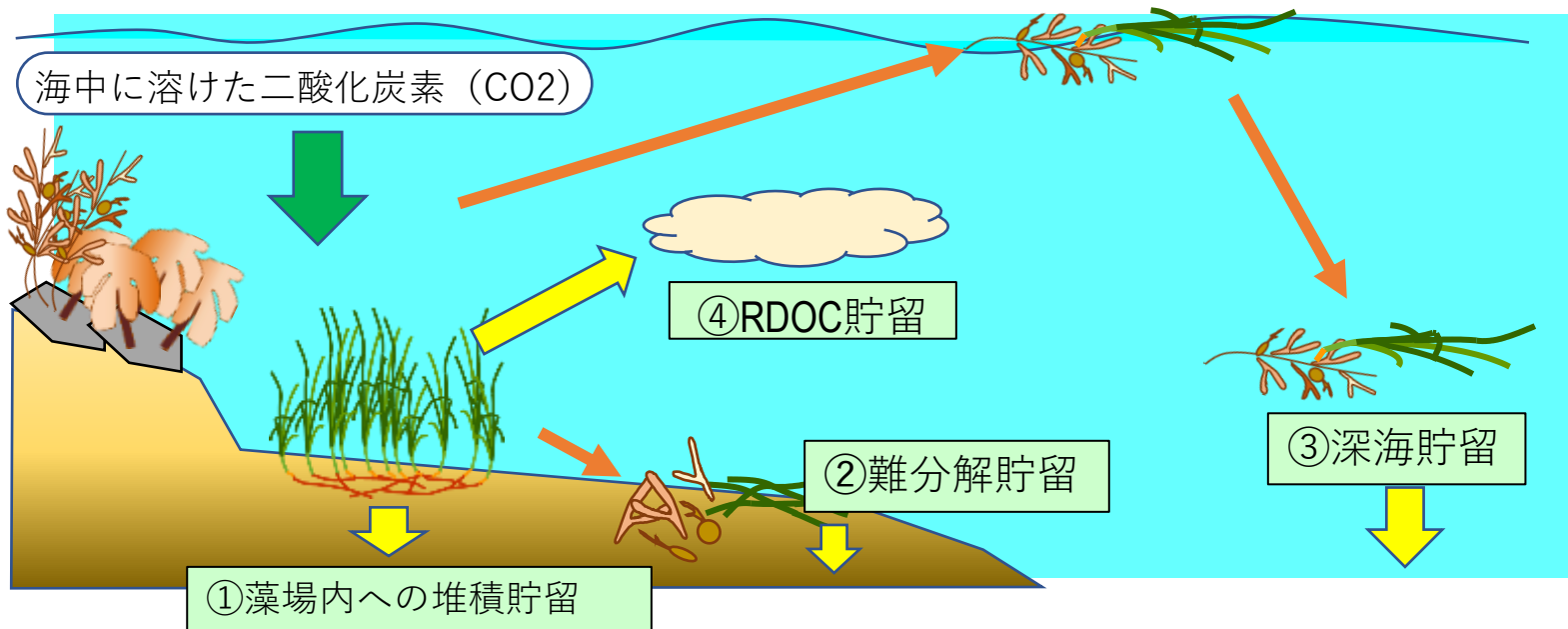
# IPCCガイドラインに準拠した算定手法 (Tier 3)

$$\text{各藻場タイプによるCO}_2\text{貯留量} = \text{吸収係数} \times \text{面積 (活動量)}$$

$$\text{吸収係数} = \text{CO}_2\text{隔離量} \times \text{残存率}$$

藻場の植物が、一次生産として有機炭素化した大気中CO<sub>2</sub>量

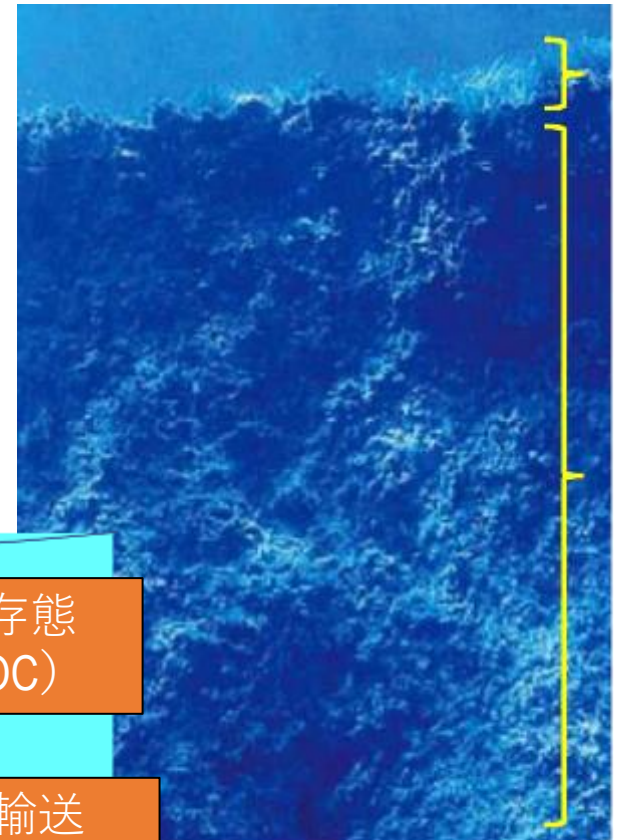
藻場の植物によって隔離された大気中CO<sub>2</sub>のうち、分解されずに貯留される割合





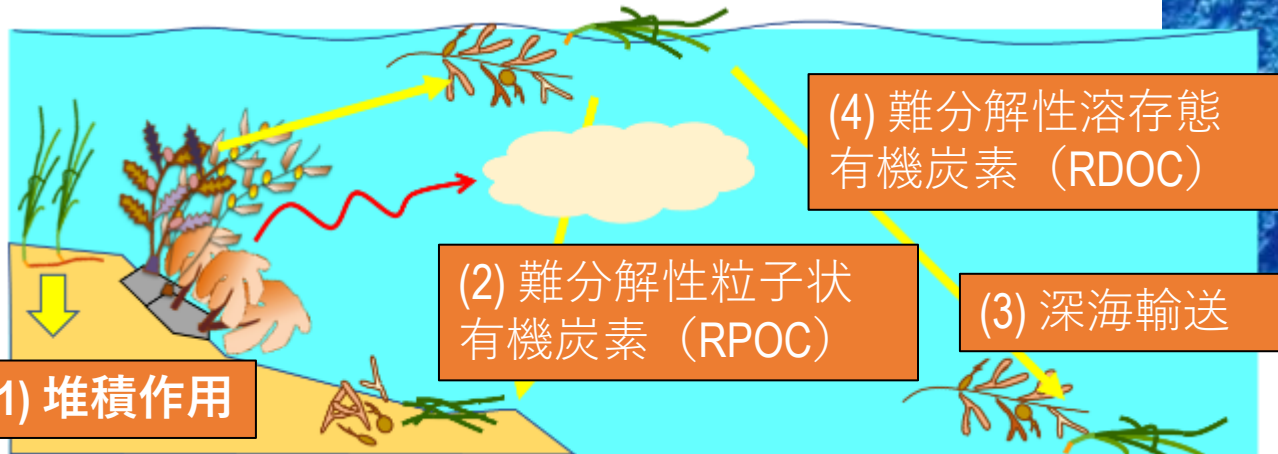
# 海草（うみくさ）類の特徴

- ・ 海草は株（群落）単位では長寿
- ・ 堆積作用によって海底の堆積物に有機炭素をどんどん蓄積する
- ・ 地上部は流れ藻（草）になる
- ・ 砂泥底に藻場を作る
- ・ 海洋で最も分布が広い植物



海草

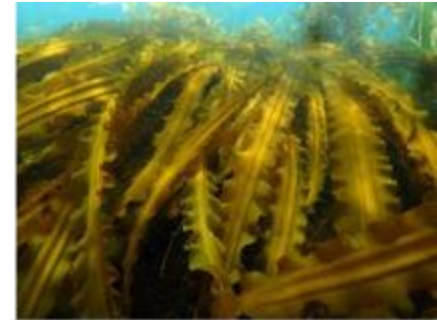
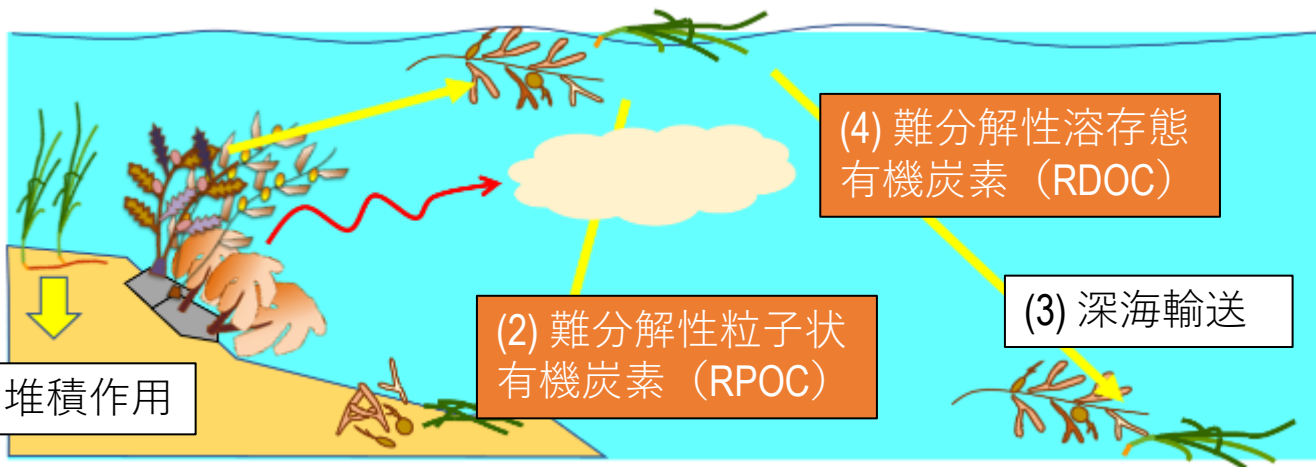
蓄積された有機炭素



Blue carbon report (2009)

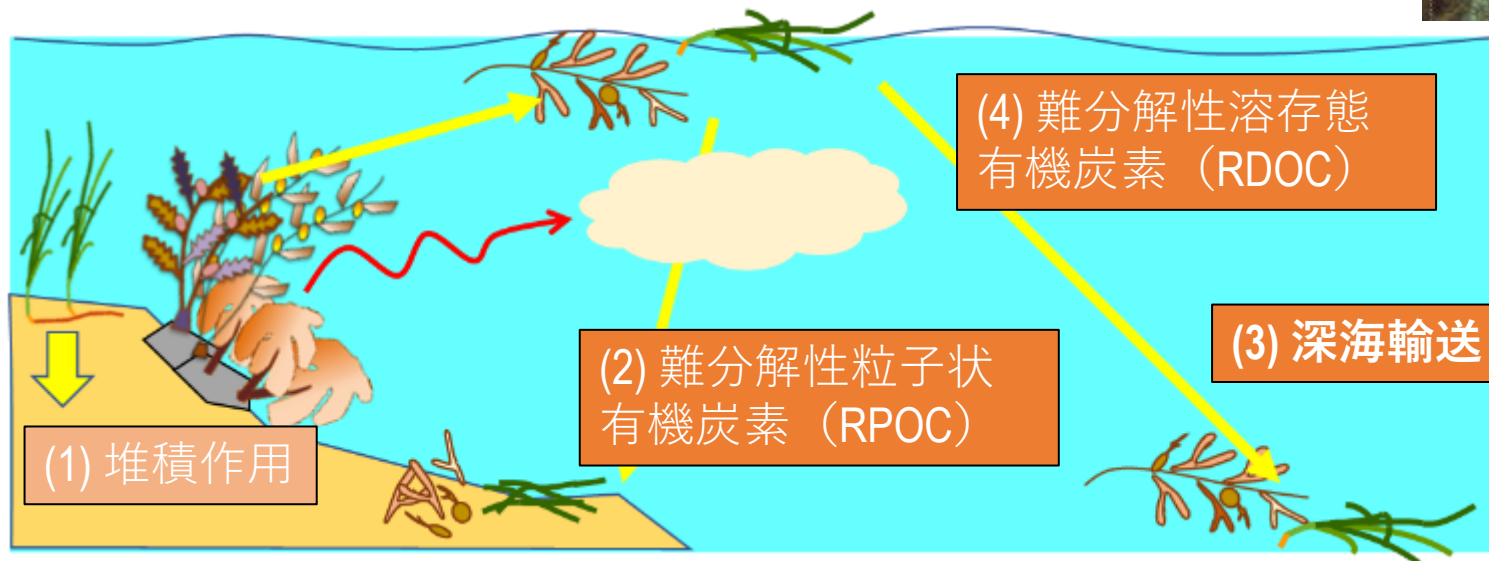
## コンブ類の特徴

- ・ 成長が早いためCO<sub>2</sub>吸収量は随一、寒流系の種は長さ7~8mになる。
- ・ 流れ藻になりにくい
- ・ 温帯性の種は水深30m付近まで分布可能だが、  
若干生息環境が特異的
- ・ 気候変動予測では分布が北上、寒流系コンブは  
日本周辺海域から消失する可能性が高い



## ホンダワラ（ガラモ）類の特徴

- ・藻体に気泡を有する種が殆ど、基質から外れると海面に浮く
- ・基質（岩）から外れても死なない、浮きながら成長する
- ・時には海流にのり、流れ藻となって数千キロを流れていく
- ・種によっては現存量はコンブ類をしのぐ





# 海藻養殖も気候変動の緩和及び適応策に

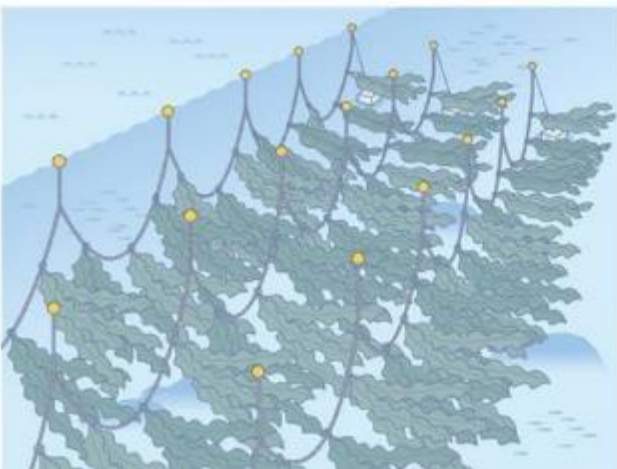
## 養殖対象種

- コンブ類養殖
- ワカメ類養殖
- ノリ類養殖
- ガラモ類養殖

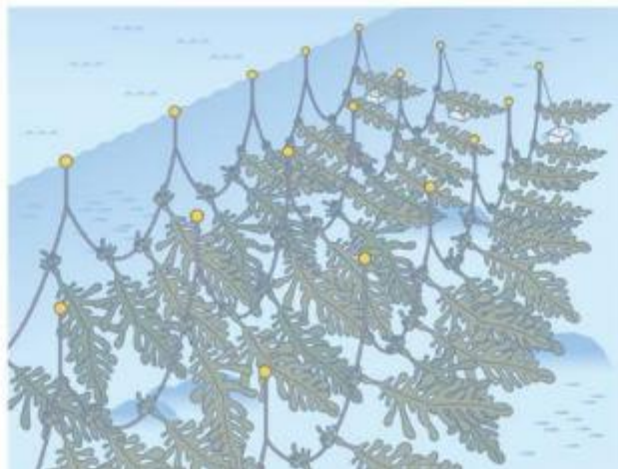


<https://mainichi.jp/graphs/20160405>

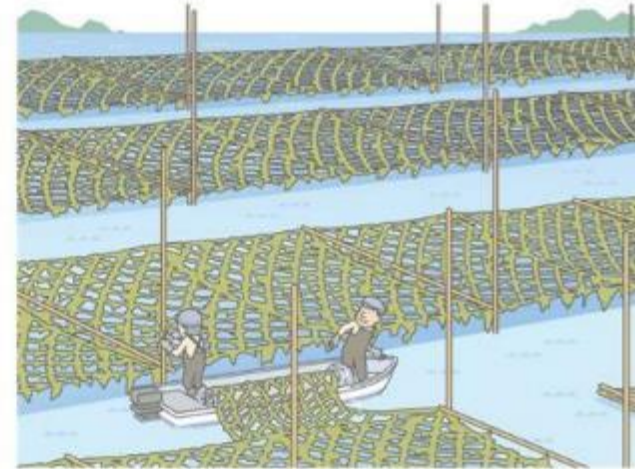
こんぶ類養殖



わかめ類養殖



のり類養殖

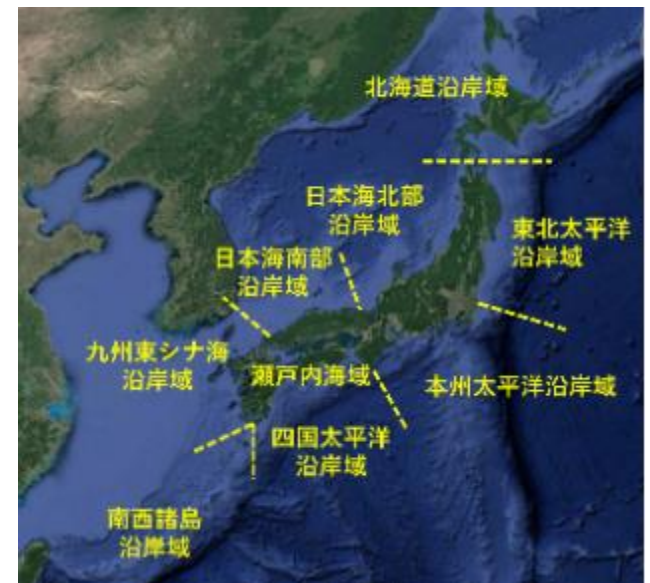
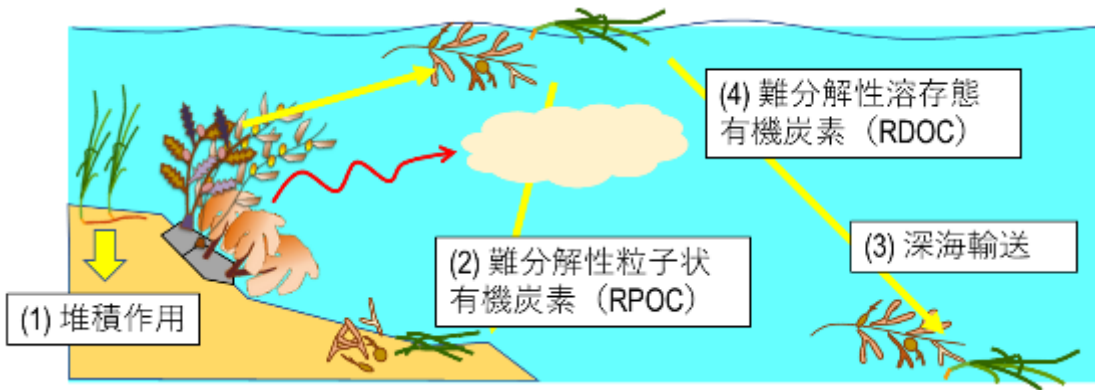


食用の海藻養殖 ⇒ ④RDOC貯留 & ②難分解貯留 により吸収源となる

# 全国のお草・海藻類の吸収係数

- ・全国のお草・海藻藻場を評価するための藻場タイプ

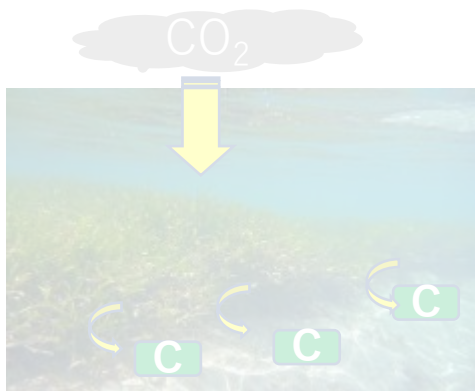
海草類：6タイプ	アマモ型、タチアマモ型、スガモ型、亜熱帯小型、亜熱帯中型、亜熱帯大型
冷温帯性コンブ類：2タイプ	マコンブ型、ナガコンブ型
暖温帯性コンブ類：3タイプ	アラメ型、カジメ型、ワカメ型
ガラモ類：2タイプ	温帯性ホンダワラ型、亜熱帯性ホンダワラ型
小型海藻類：4タイプ	緑藻類、紅藻類、褐藻類、サンゴ藻類
海藻養殖：4タイプ	コンブ類養殖、ガラモ類養殖、ノリ養殖、ワカメ養殖



21タイプ × 9海域の吸収係数

## 研究開発の内容

### 1. 藻場タイプ別の吸収係数評価モデルの開発と 二酸化炭素吸収量の全国評価 (R2-R4)



藻場がどれだけCO<sub>2</sub>を吸収しているか？

(吸収量を算定するモデル作成、全国の吸収量計算)

### 2. **ブルーカーボンの増強技術の開発 (R3-R6)**

各海域の藻場の減衰要因に対応した効果的な対策技術を開発し、藻場面積の活動量を増加させる技術開発を行う。各海域でブルーカーボン生態系を拡大させて、二酸化炭素吸収機能と生態系保全機能を両立させる技術開発

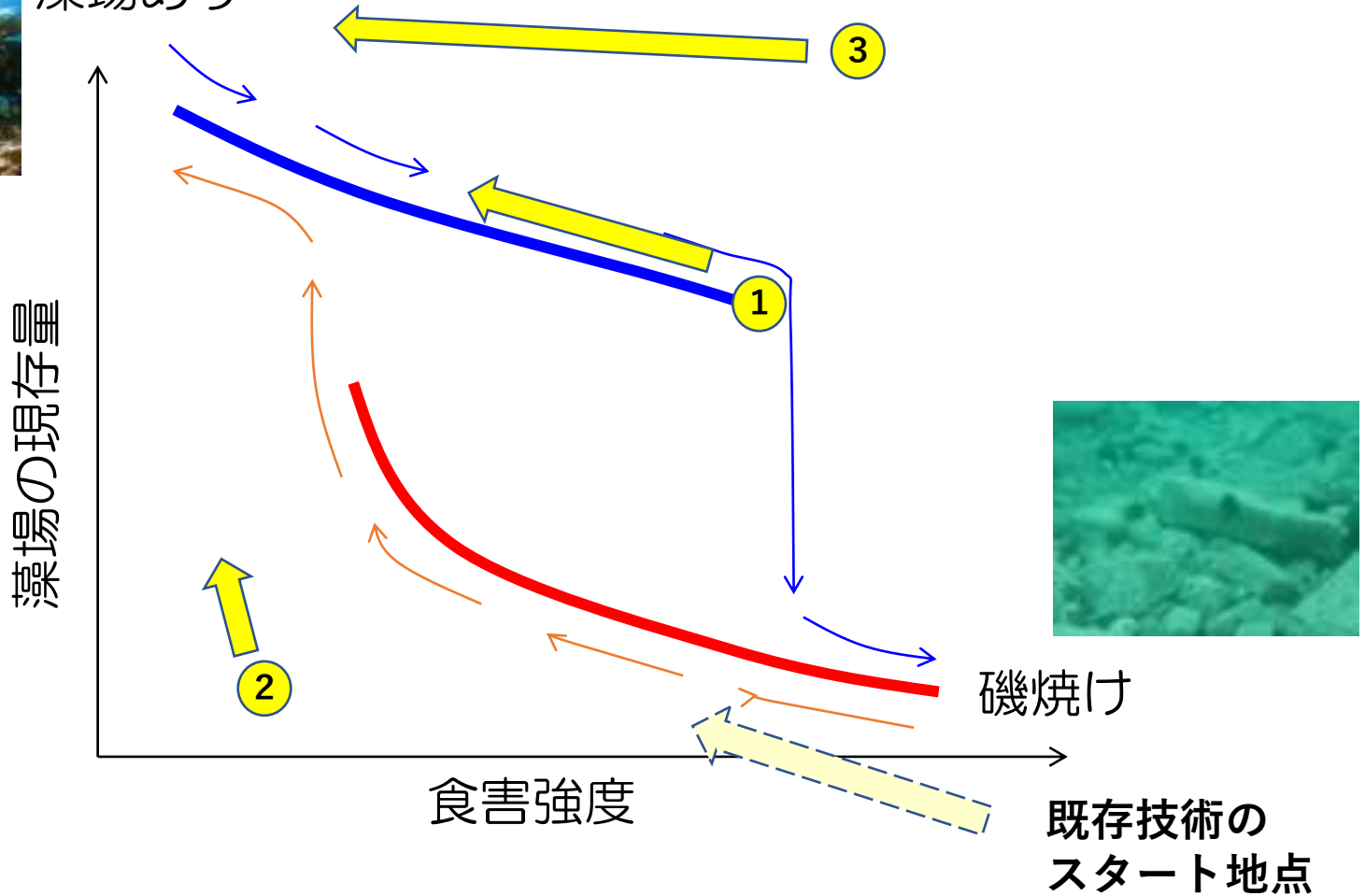
藻場の維持・拡大技術、海藻養殖技術の高度化



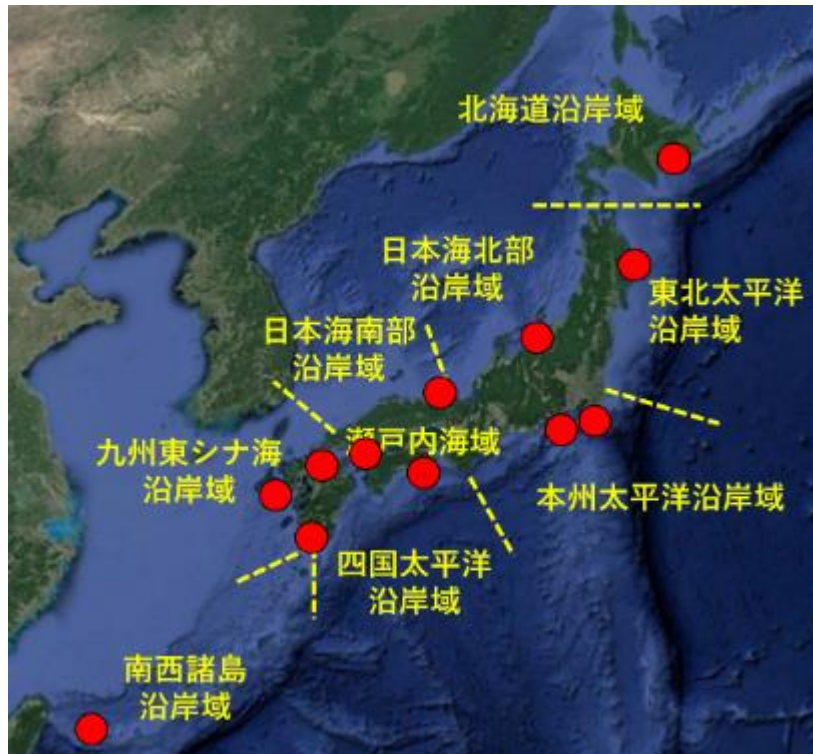
# 重点海域での取り組み



藻場あり



## 重点海域での取り組み



1. 北海道東部：コンブ類、コンブ養殖
2. 三陸沿岸：アマモ
3. 新潟県：ガラモ、カジメ類、ガラモ養殖
4. 千葉県：海草類、アラメ・カジメ
5. 神奈川県：アラメ・カジメ
6. 京都府：ガラモ養殖
7. 徳島県：アラメ・カジメ、ワカメ養殖
8. 愛媛県：ノリ養殖
9. 大分県：クロメ
10. 九州西部：ガラモ、クロメ・カジメ
11. 鹿児島県：アマモ、ガラモ
12. 南西諸島：亜熱帯性海草、ガラモ

温室効果ガス吸収源としての藻場増強：

「藻場によるCO<sub>2</sub>吸収量」 - 「活動による排出量」 > 0  
「CO<sub>2</sub>吸収源の向上」と「持続的な生態系・食糧生産」の両立

できる限り、自然（生物学的側面）を活用したソフト的な技術開発

# 重点海域での取り組み：沖縄県 八重山諸島



2016

海業 と CO<sub>2</sub>吸収源

2022



## 重点海域での取り組み：岩手県 広田湾



震災後に復活したアマモ場



アマモ場再生：CO<sub>2</sub>吸収源の再構築



地場産業（カキ養殖）のカーボンニュートラル化  
「アマモによるCO<sub>2</sub>吸収量」 ≧ 「カキ養殖のCO<sub>2</sub>排出量」

# 重点海域での取り組み：千葉県 東京湾



コアマモの中にアサリ稚貝が！ (石井ほか2022, 水産海洋学会)



## コアマモを適度に間引いて成長管理

- ・ CO<sub>2</sub>吸収速度を向上
- ・ アサリ稚貝回収
- ・ 抜いたコアマモ ⇒ 混抄紙

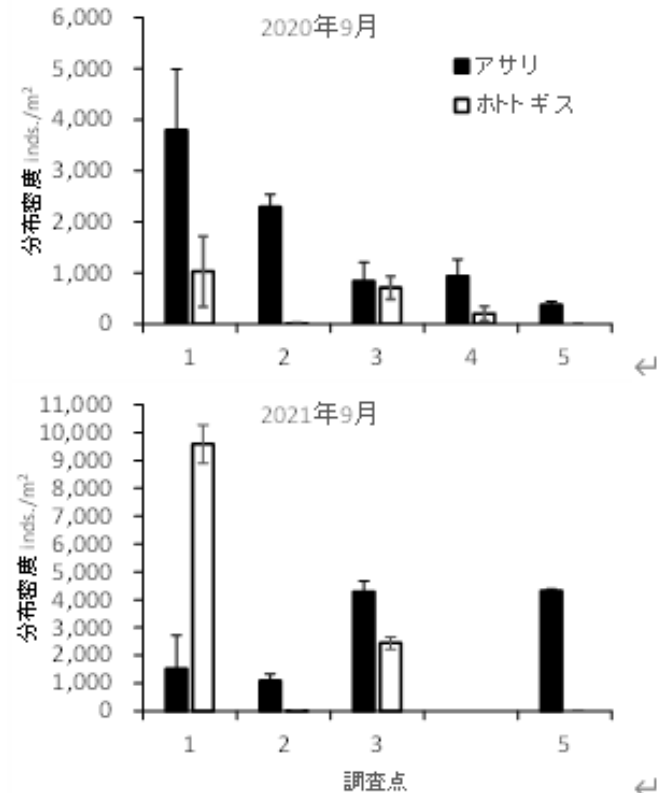
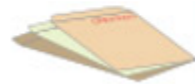


図3. 調査点・年別アサリ、ホトトギス分布密度.



漁業者主体で、コアマモ管理によるCO<sub>2</sub>吸収源の構築と持続的なアサリ漁業を目指す



手鎌で地上部だけを  
刈り取って間引き



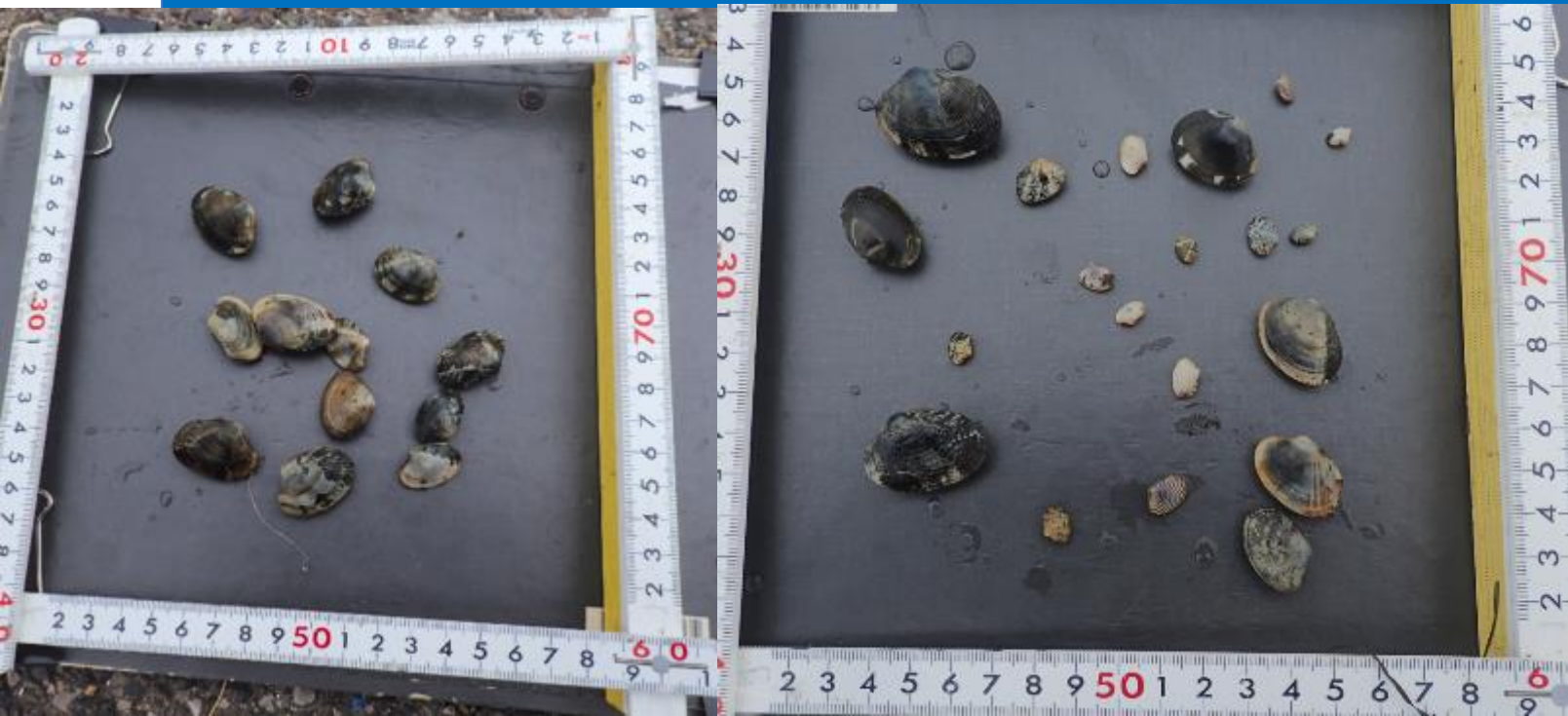




地上部を刈り取った区域面積の5%弱











成長速度が減少？

成長速度が増加？

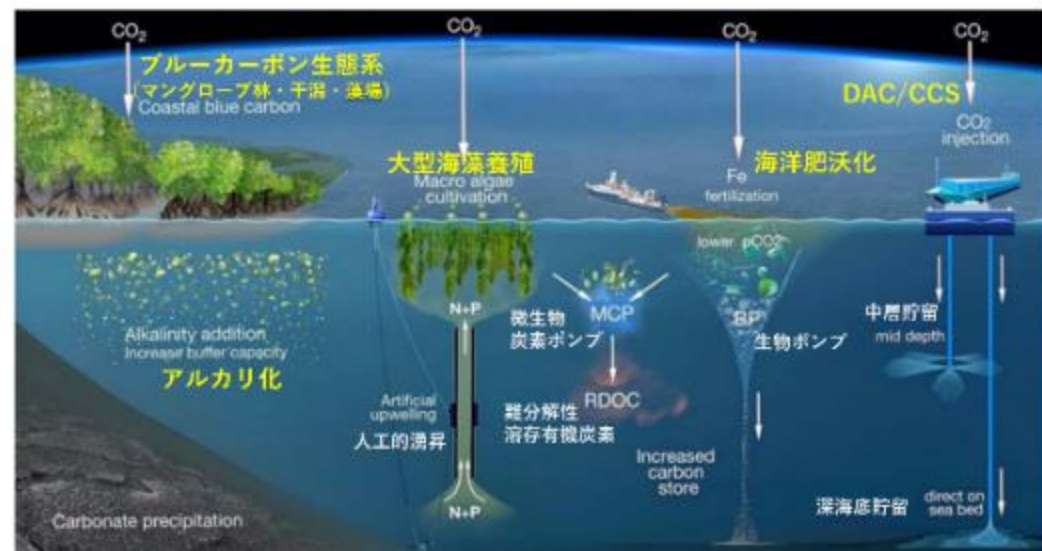


# Contents

1. 国内外のブルーカーボンに関連した動き
2. 藻場の $\text{CO}_2$ 吸収量の算定手法とその特徴
3. 水産業への新しい展開

## 今後の展開

- 多種多様な海藻養殖 + 藻場再生への発展  
⇒ CO<sub>2</sub>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  
⇒ 養殖産物の新しい価値化、食用以外の活用
- 大規模な海面養殖システムの開発  
⇒ 港湾や海上・海中構造物などを利用した人工藻場（養殖含む）の大規模化





## 取り組むべき課題

- ・藻場拡大のための新しい技術 ⇒ 農水省のプロジェクトで技術開発
- ・海藻養殖の拡大のためには、養殖海藻の新しい販路・活用が必要



### 化学・工業原材料としての海藻

化石燃料由来の製品に変えていくことで、CO<sub>2</sub>排出抑制 ⇒ 気候変動対策へ

#### 【現在】



医薬品・医療機器



化粧品



染色用材料・接着剤

(株) キミカHPより引用 (<https://www.kimica.jp/application/>)

#### 【将来】

化繊・プラスチック代替製品  
燃料

(海で使う製品の原材料も海から)

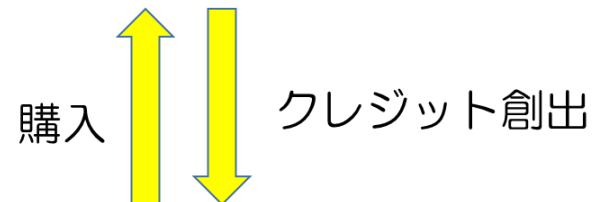
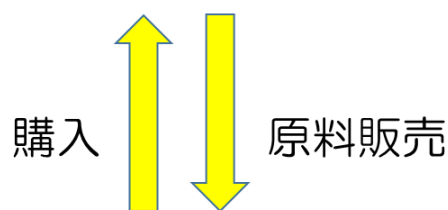
海藻は水産業だけでなく、全世界の人類が必要とする資源となる



# 企業と漁業者の連携

養殖の担い手になってもらいたい漁業者の皆さん・漁協  
 (食用以外の海藻でも養殖してもらえる)

資材として購入  
 (海洋プラ削減)

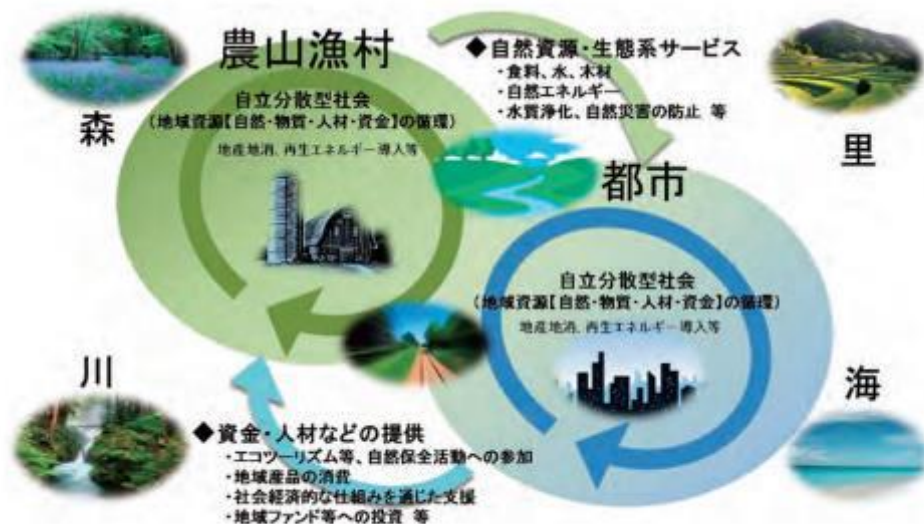


製品を開発して販売する企業・クレジットが必要な企業

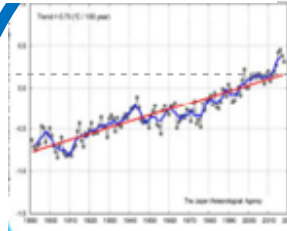
地域へ

契約農家的

株式取引的



気候変動対策  
環境変化の緩和



持続的な食料生産



ブルーカーボン

海洋プラスチック削減  
資源循環



## 社会変革への3つの貢献

- ・ 漁業者による漁場整備（藻場再生，藻場拡大）・海藻養殖などが気候変動対策にもなる  
⇒ 漁業者の活動が脱炭素社会の構築・環境問題に大きく貢献する社会に変革する
- ・ 藻場の高いコベネフィット性によって，持続的食料生産とCO<sub>2</sub>吸収源構築が同時にできる  
⇒ 水産における「みどりの食料システム戦略」の柱の一つ
- ・ ブルーカーボンを対象とするカーボנקレジット制度やバイオマス活用の開始  
⇒ ブルーカーボン生態系の新しい価値や産業（化石燃料代替のバイオマス製品）が創出される