

# 瀬戸内海の藻場の現状と水産業

堀 正和

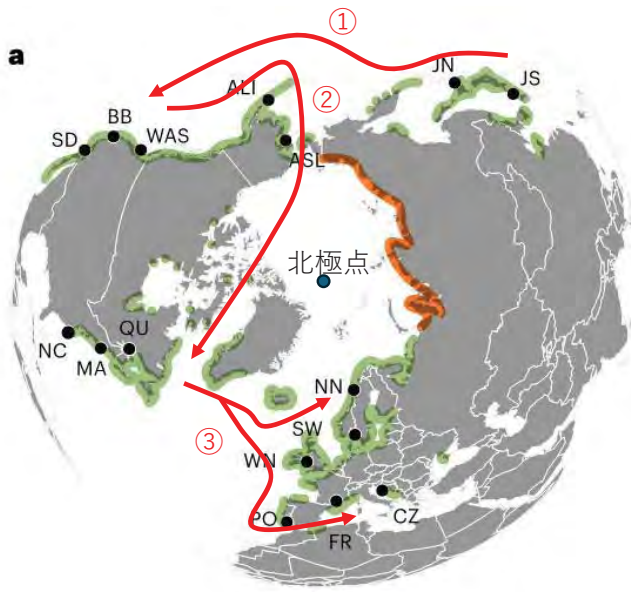
国立研究開発法人水産研究・教育機構



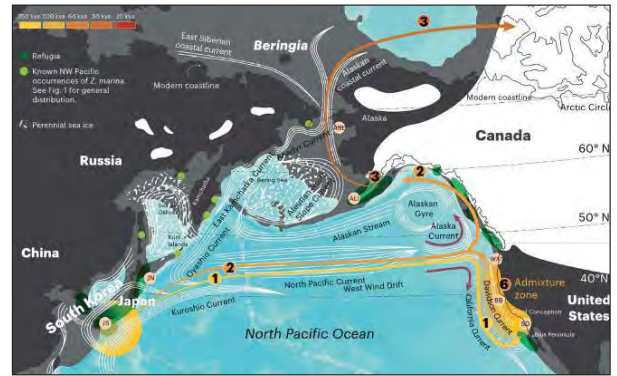
## Contents

1. 瀬戸内海のアマモ場の変化
2. **CO<sub>2</sub>**吸収源と水産業を両立させるアマモ場
3. アマモ場再生と今後の展開

# アマモ場 (*Zostera marina*) の分布



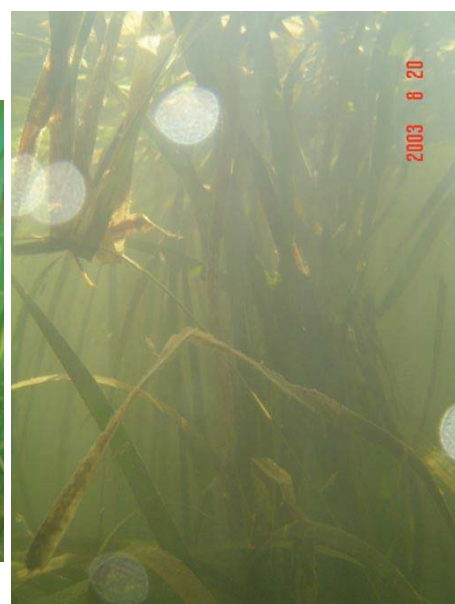
Yu *et al.* (2023) を改変



# アマモの形態可塑性



矮小型の栄養株  
(葉長 ~40cm)  
瀬戸内海西部



大型の栄養株 (葉長 ~3m)  
北海道東部

## アマモの遺伝的形質

同じ水槽内で同じ条件で種から育てた場合



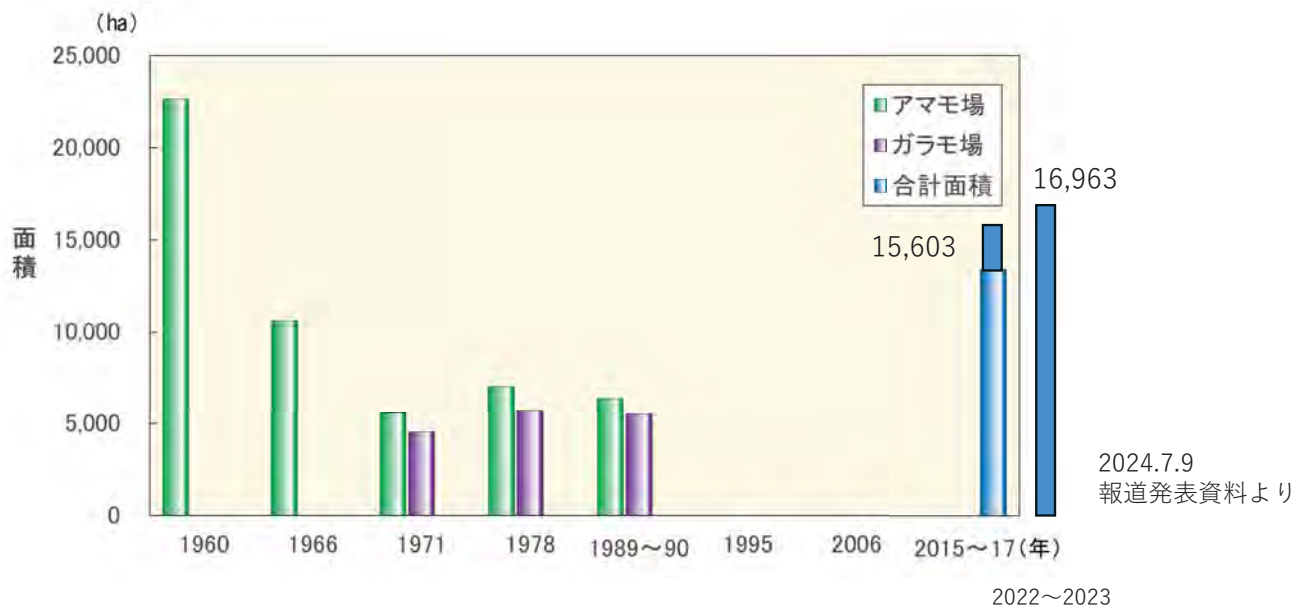
瀬戸内海西部産

鹿児島産 (分布南限)

## アマモの寿命

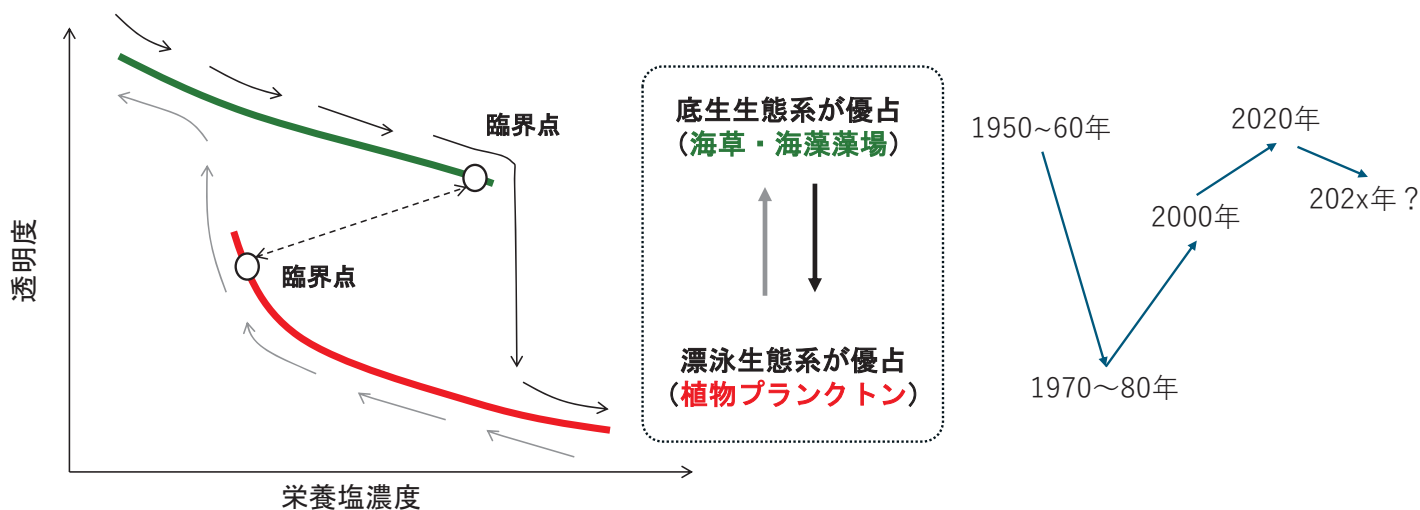
|                                 |           | 平均年齢 (年) | 最大 (年)  |
|---------------------------------|-----------|----------|---------|
| <b>HYDROCHARITACE</b> (トチカガミ科)  |           |          |         |
| <i>Enhalus acoroides</i>        | ウミショウブ    | 3 - 4    | 9 - 10  |
| <i>Thalassia hemprichii</i>     | リュウキュウスガモ | 3 - 4    | 6 - 7   |
| <i>Halophila decipiens</i>      | ヒメウミヒルモ   |          |         |
| <i>Halophila ovalis</i>         | ウミヒルモ     | 0.1      | 0.3     |
| <b>CYMODOCEACEAE</b> (バニアママ科)   |           |          |         |
| <i>Cymodocea rotundata</i>      | バニアママ     | 1.5      | 4 - 4.5 |
| <i>Cymodocea serrulata</i>      | リュウキュウアマモ | 1.0      | 1.7-2.0 |
| <i>Halodule pinifolia</i>       | ウミジグサ     |          |         |
| <i>Halodule uninervis</i>       | マツバウミジグサ  | 0.7-1.0  | 1.5-7.0 |
| <i>Syringodium isoetifolium</i> | ポウバアマモ    | 1.2      | 1.5-2.0 |
| <b>ZOSTERACEAE</b> (アマモ科)       |           |          |         |
| <i>Phyllospadix iwataensis</i>  | スガモ       |          |         |
| <i>Phyllospadix japonicus</i>   | エビアマモ     |          |         |
| <i>Zostera asiatica</i>         | オオアマモ     |          |         |
| <i>Zostera caespitosa</i>       | スゲアマモ     |          |         |
| <i>Zostera caulescens</i>       | タチアマモ     |          |         |
| <i>Zostera japonica</i>         | コアマモ      |          |         |
| <i>Zostera marina</i>           | アマモ       | 1~ 100   | >1800   |

## 瀬戸内海の藻場・アマモ場の変遷



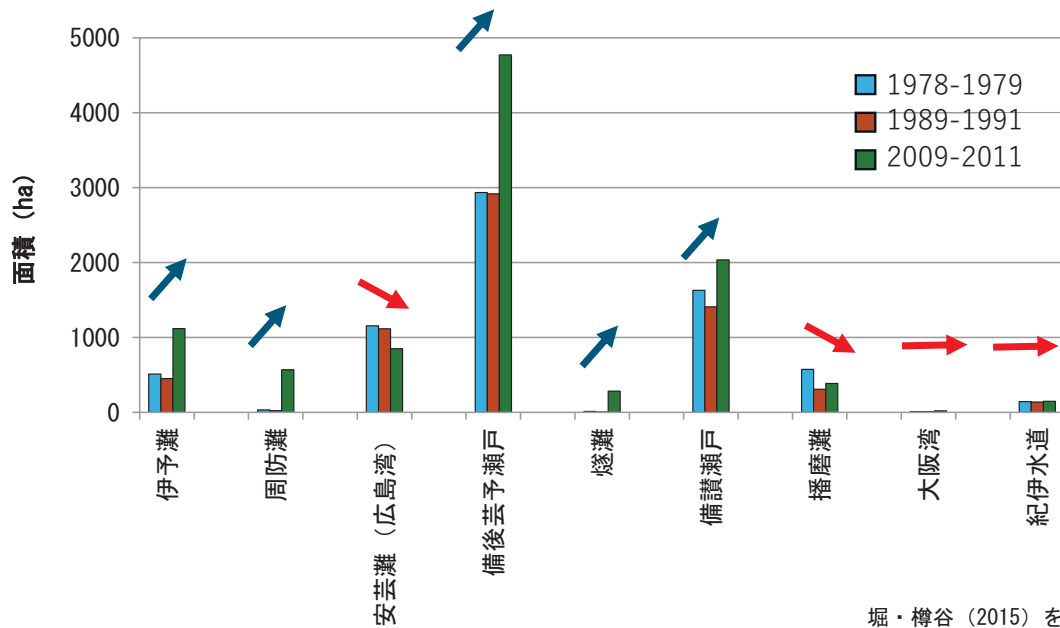
せとうちネット ([https://www.env.go.jp/water/heisa/heisa\\_net/setouchiNet/seto/g2/g2cat01/mobahigata/index.html](https://www.env.go.jp/water/heisa/heisa_net/setouchiNet/seto/g2/g2cat01/mobahigata/index.html)) を改変

## アマモ場の分布増減を制限する要因



堀・樽谷 (2015) を改変

## 瀬戸内海のアマモ場の変遷



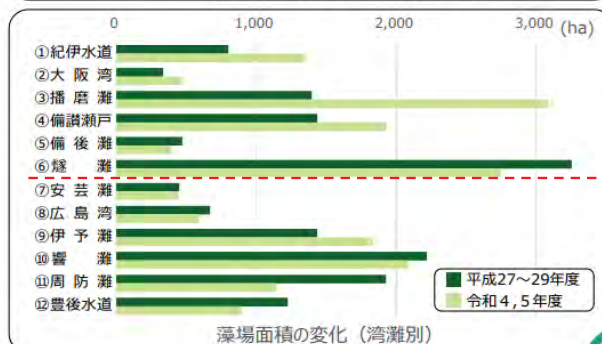
## 瀬戸内海のアマモ場の変遷

### Ⅲ. 調査結果 >> 1. 藻場 >> ① 面積の経年変化

- ◆令和4及び5年度の瀬戸内海全域における藻場面積は、平成27～29年度と比べて約9%増加した。
- ◆瀬戸内海は瀬戸内海の東側と西側で異なる傾向がみられ、紀伊水道、大阪湾、播磨灘、備讃瀬戸等では、概ね藻場面積が増加した一方で、広島湾、燧灘、周防灘、豊後水道等では、藻場面積は減少した。
- ◆この結果は、別途実施したヒアリング結果（東側では、透明度の上昇によるアマモ場の拡大。西側では、植食性魚類の食害や水温上昇により藻場の分布水深の変化等）と符合したが、様々な要因により藻場面積は変動するため、詳細な理由は不明である。

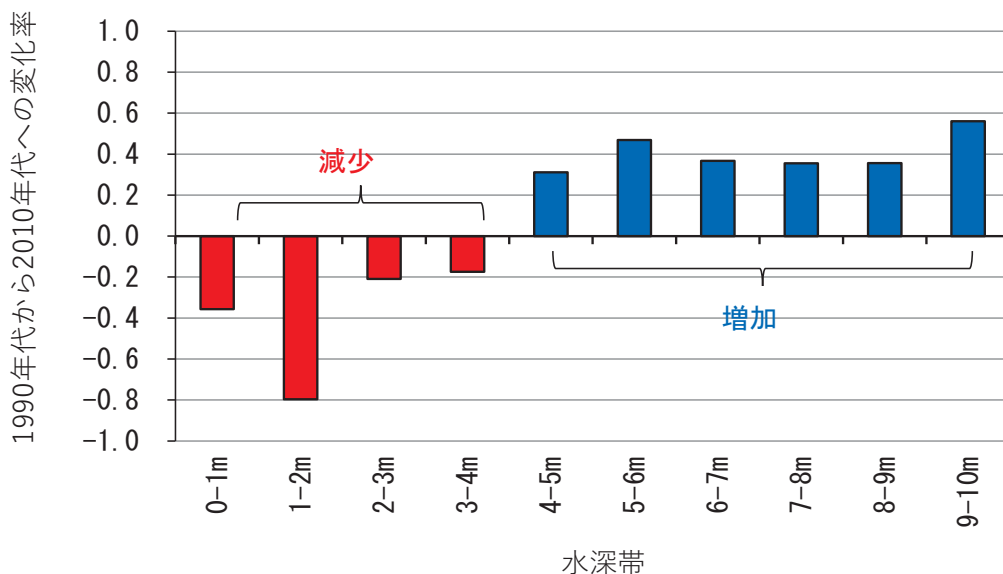
| 湾 瀬    | 平成27～29年度       | 令和4,5年度         | 経年変化<br>H27～29→R4,5<br>(B/A) |
|--------|-----------------|-----------------|------------------------------|
|        | 藻場面積(ha)<br>(A) | 藻場面積(ha)<br>(B) |                              |
| ① 紀伊水道 | 800             | 1,347           | 168.4                        |
| ② 大阪湾  | 335             | 470             | 140.3                        |
| ③ 播磨灘  | 1,395           | 3,083           | 221.0                        |
| ④ 備讃瀬戸 | 1,435           | 1,931           | 134.6                        |
| ⑤ 備後灘  | 470             | 397             | 84.5                         |
| ⑥ 燧灘   | 3,251           | 2,745           | 84.4                         |
| ⑦ 安芸灘  | 449             | 442             | 98.4                         |
| ⑧ 広島湾  | 668             | 593             | 88.8                         |
| ⑨ 伊予灘  | 1,434           | 1,833           | 127.8                        |
| ⑩ 周防灘  | 1,925           | 1,143           | 59.4                         |
| ⑪ 豊後水道 | 1,224           | 896             | 73.2                         |
| 合計     | 15,604          | 16,963          | 108.7                        |

※小数点以下を四捨五入しているため、合計値が合致しない場合がある



増加が東へ移行

## 瀬戸内海のアマモ場の変遷の特徴：水深

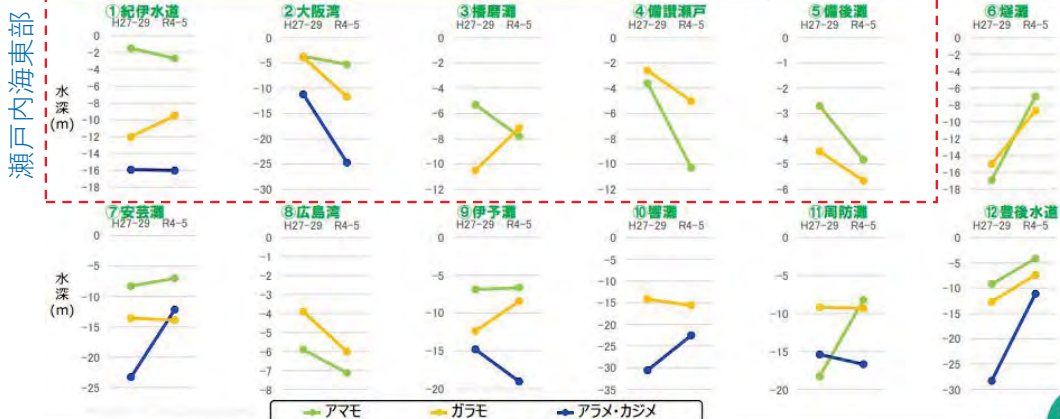


堀・樽谷（2015）を改変

## アマモ場の分布下限

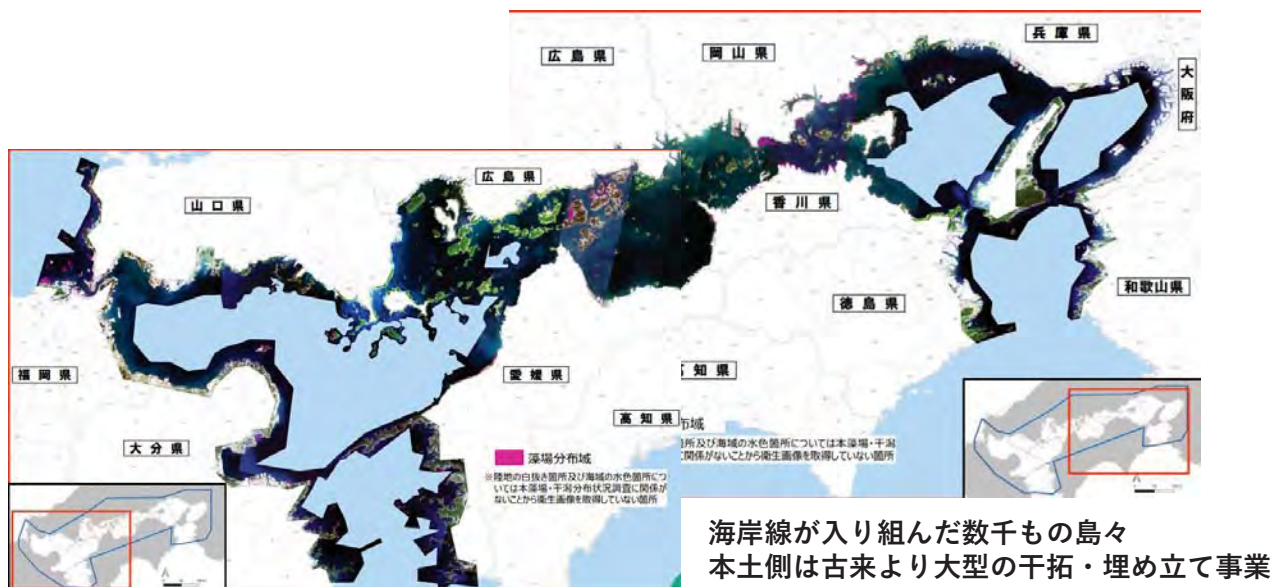
### Ⅲ. 調査結果 ≫ 1. 藻場 ≫ ②分布図 ≫ 分布下限水深の変化

- ◆ アマモの分布下限水深の変化については、瀬戸内海の東側と西側で異なる傾向がみられた。紀伊水道、大阪湾、播磨灘、備讃瀬戸、備後灘では水深が深くなった一方で燧灘、安芸灘、周防灘、豊後水道では浅くなった。
- ◆ ガラモやアラメ・カジメの分布下限水深の変化については、湾灘ごとに明確な傾向はみられなかった。



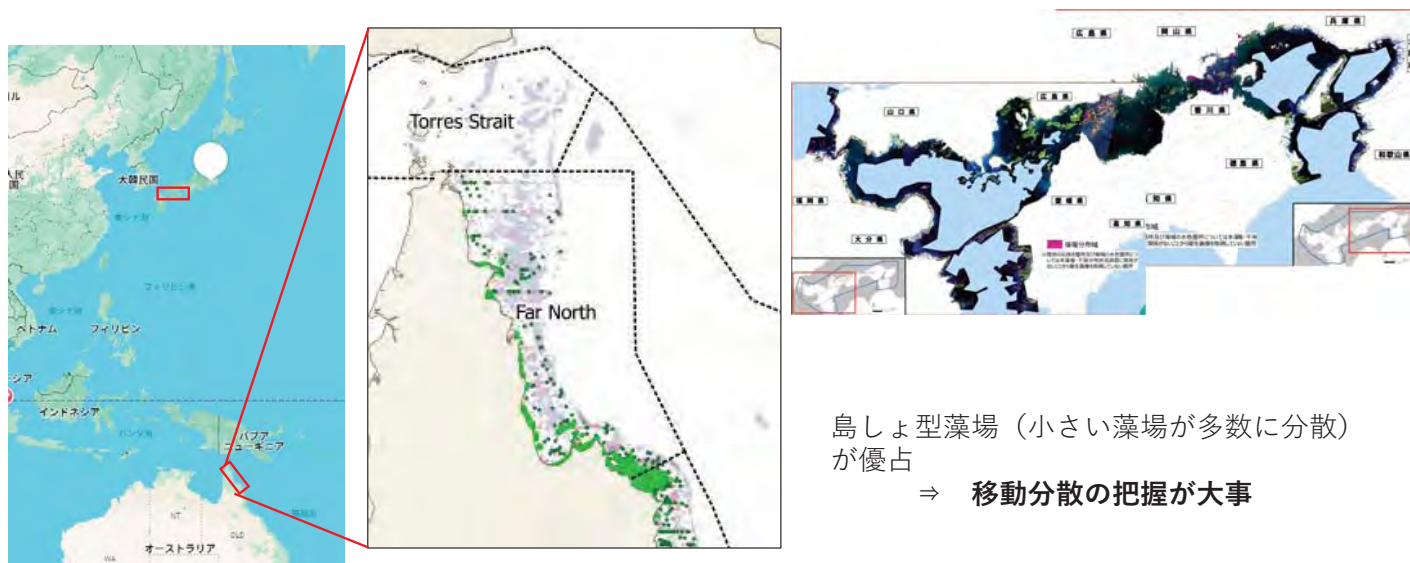
透明度が悪くなれば、増加しなくなる

## 瀬戸内海のアマモ場の変遷の特徴：群落の空間スケール



環境省HPより抜粋 (<https://www.env.go.jp/content/000237001.pdf>)

## 瀬戸内海のアマモ場の変遷の特徴：群落の空間スケール



## 瀬戸内海のアマモ場の変遷の特徴：アマモの生活史の転換

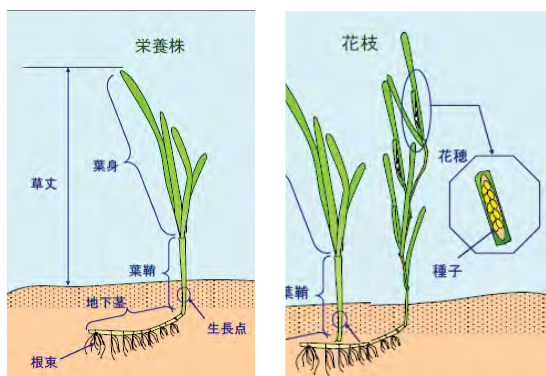


多年生の植生



一年生の植生

## 瀬戸内海のアマモ場の変遷の特徴：アマモの生活史の転換

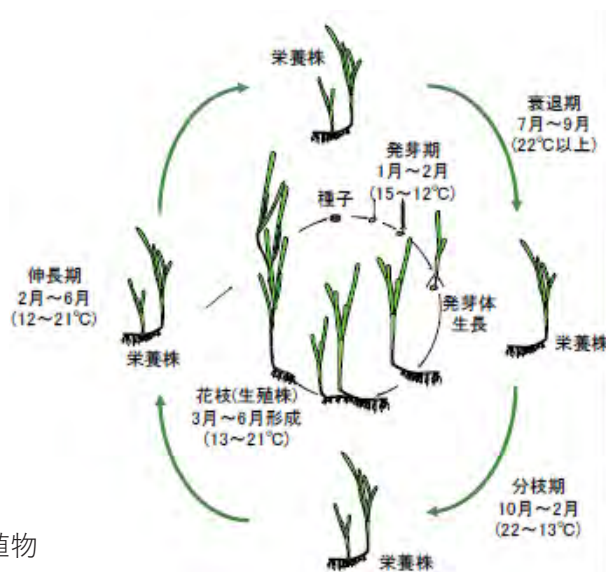


栄養繁殖⇒多年生

種子（有性）繁殖⇒一年生

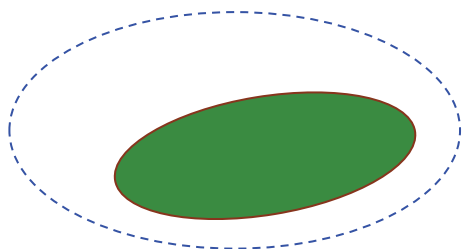
生活史や形態など、形質可塑性が大きい植物

特に瀬戸内海西部で一年生化が進む



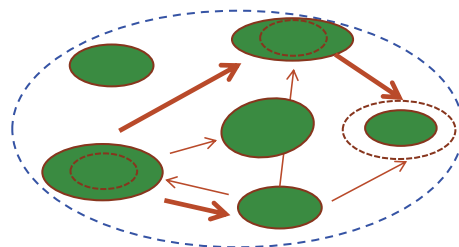


## 瀬戸内海のアマモ場の特徴



### 多年生の大群落

生息環境が長期間安定するような場所  
生育に適した栄養繁殖（クローン成長）



### 一年生/多年生混在の小群落の集合体

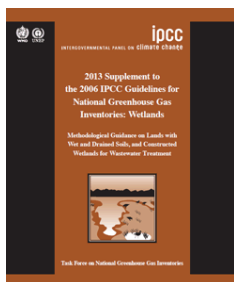
生息環境が頻繁に変動するような厳しい場所  
有性生殖による色々な遺伝子型の混在

種子繁殖による分散と大きな年変動

## Contents

1. 瀬戸内海のアマモ場の変化
2. **CO2**吸収源と水産業を両立させるアマモ場
3. アマモ場再生と今後の展開

## アマモ場のCO<sub>2</sub>貯留量：IPCC湿地ガイドラインより



IPCC湿地ガイドラインにおける算定式 (トンC ha<sup>-1</sup> year<sup>-1</sup>)

$$\text{EQUATION 4.7} \\ \text{CO}_2 \text{ EMISSIONS FROM REWETTING, REVEGETATION AND CREATION OF COASTAL WETLANDS} \\ \text{CO}_{2\text{SO-RE}} = \sum_{\text{V,U,C}} (\text{A}_{\text{RE}} \cdot \text{EF}_{\text{RE}})_{\text{V,U,C}}$$

式4.7：湿地の再湿化、創造、植生の回復によるCO<sub>2</sub>排出量

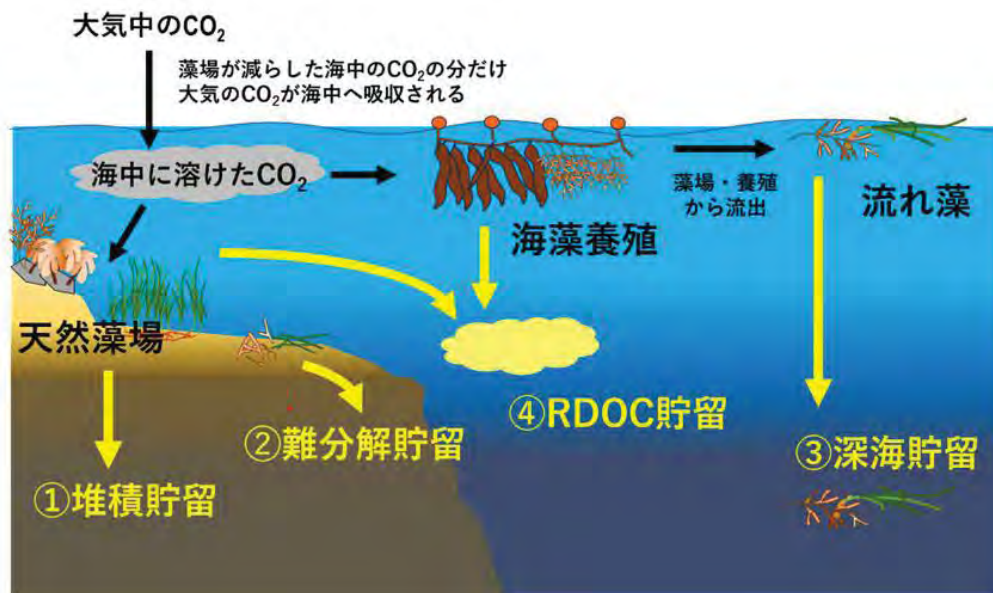
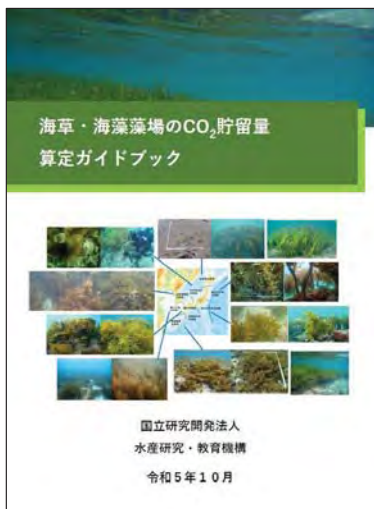
“CO<sub>2</sub> Emission = areas (A) × Annual Emission Factors (EF)”  
 排出量                      面積                      吸収係数

CO<sub>2</sub>貯留量 (トンCO<sub>2</sub>/年) = 面積 (活動量) × 吸収係数 (トンCO<sub>2</sub>/面積/年)

吸収係数 =  $\frac{\text{CO}_2 \text{ 隔離量 (トンCO}_2 \text{ /面積/年)}}{\text{藻場の植物が有機炭素化した大気中CO}_2 \text{ 量 (対象とする植物の年間純一次生産量をCO}_2 \text{ として算定した値)}} \times \text{残存率}$

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

## 藻場のCO<sub>2</sub>貯留プロセス



## 藻場のCO<sub>2</sub>貯留プロセス

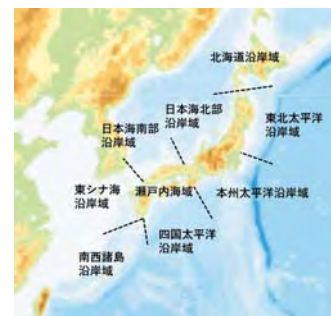
$$\text{藻場タイプ}j\text{の吸収係数 (gCO}_2\text{/m}^2\text{/year)} = \frac{\text{CO}_2\text{隔離量} \times \text{残存率の総和}}{\text{現存量をCO}_2\text{量に換算する項}} \times C_{cont,j} \times (44/12) \times E_j$$

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

生態系変換係数

※ 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CO<sub>2</sub>量

(吸収係数は単位面積当たりで貯留するCO<sub>2</sub>量)

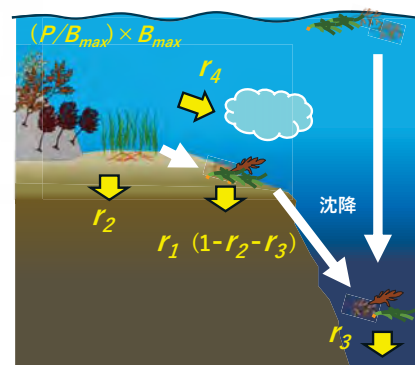


$$= B_{max} \times \left[ \frac{(P/B_{max})_j \times \{r_{1j} + (r_{2j} + r_{3j})(1-r_{1j})\} + r_{4j}}{\text{CO}_2\text{隔離量} \times \text{残存率の総和のうち、現存量以外の項}} \right]$$

最大現存量 (乾燥重量)

$$\text{吸収係数} = \frac{\text{吸収ポテンシャル} \times B_{max}}{\text{単位重量当たりのCO}_2\text{貯留能力} \times \text{最大現存量}}$$

単位重量当たりのCO<sub>2</sub>貯留能力 × 最大現存量



## 藻場タイプ・海域区別の吸収ポテンシャル

| 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 |       |       |       |       |
| Seagrass    |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 亜熱帯小型       |       |       |       |       |       |       |       |       | 1.164 |
| 亜熱帯中型       |       |       |       |       |       |       |       |       | 0.758 |
| 亜熱帯大型       |       |       |       |       |       |       |       |       | 0.545 |
| マコンブ        | 0.069 | 0.069 | 0.069 |       |       |       |       |       |       |
| ナガコンブ       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| アラメ         |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| カジメ         |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| ワカメ         |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| Macroalgae  |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 温帯性ホンダワラ    |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 亜熱帯性ホンダワラ   |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 小型緑藻        | 0.069 | 0.069 | 0.069 | 0.069 | 0.069 | 0.069 | 0.069 | 0.069 | 0.069 |
| 小型褐藻        | 0.014 | 0.014 | 0.014 | 0.014 | 0.014 | 0.014 | 0.014 | 0.014 | 0.014 |
| サンゴ藻        | 0.014 | 0.014 | 0.014 | 0.014 | 0.014 | 0.014 | 0.014 | 0.014 | 0.014 |
| Aquaculture |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| コンブ養殖       | 0.049 | 0.049 | 0.049 | 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 | 0.051 |
| ノリ養殖        | 0.059 | 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 |

$$\text{吸収係数} = \frac{\text{吸収ポテンシャル} \times B_{max}}{\text{単位重量当たりのCO}_2\text{貯留能力} \times \text{最大現存量}}$$

単位重量当たりのCO<sub>2</sub>貯留能力 × 最大現存量

## 藻場タイプ・海域区別の吸収係数

| 藻場タイプ     | ← 多年生 → |         |        |        |        |        |        | ← 一年生  |
|-----------|---------|---------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
|           | 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  |
| 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     |         |         |        |        |        |        |        | 108.79 |
| 亜熱帯中型     |         |         |        |        |        |        |        | 305.91 |
| 亜熱帯大型     |         |         |        |        |        |        |        | 336.35 |
| マコブ       | 164.18  | 468.66  | 468.66 |        |        |        |        |        |
| ナガコブ      | 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 |         |         |        |        |        |        |        |        |
| 小型緑藻      |         |         |        |        |        |        |        |        |
| 小型褐藻      |         |         |        |        |        |        |        |        |
| 小型紅藻      |         |         |        |        |        |        |        |        |
| サンゴ藻      |         |         |        |        |        |        |        |        |
| コンブ養殖     |         |         |        |        |        |        |        |        |
| ワカメ養殖     |         |         |        |        |        |        |        |        |
| ノリ養殖      |         |         |        |        |        |        |        |        |

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

## CO2吸収と食料生産を両立させるアマモ場再生？



アマモ場 (自然資本)

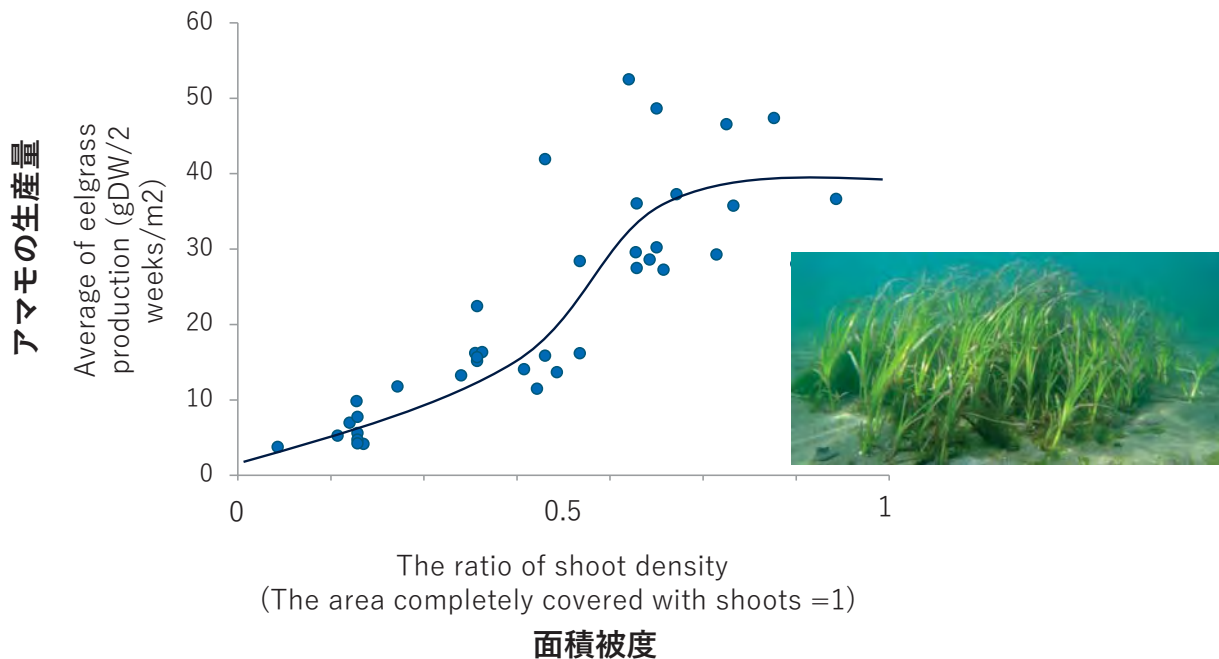


食料生産 (供給サービス)  
“水産利用”

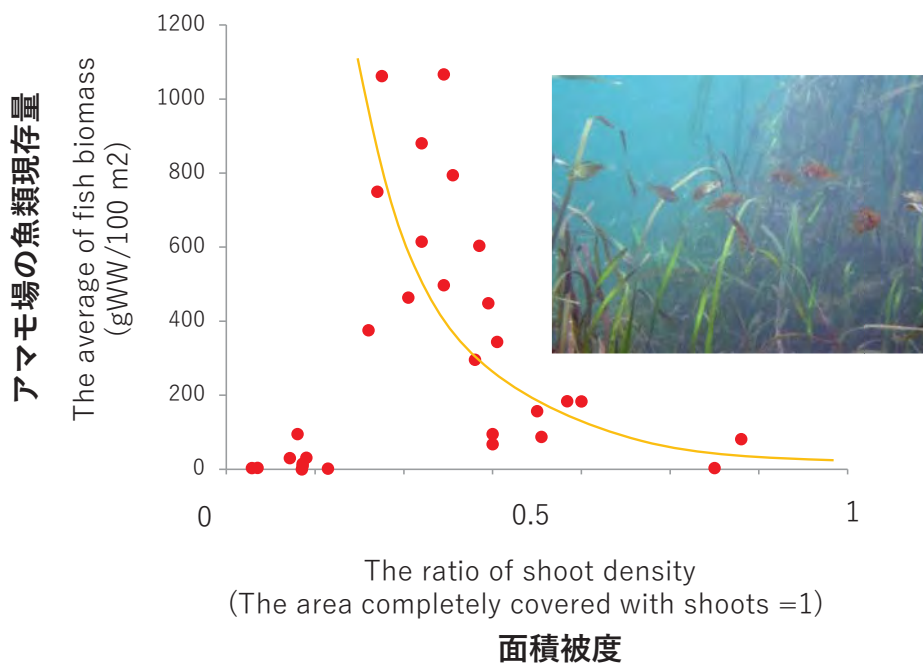


CO2吸収源 (調整サービス)  
“ブルーカーボン”

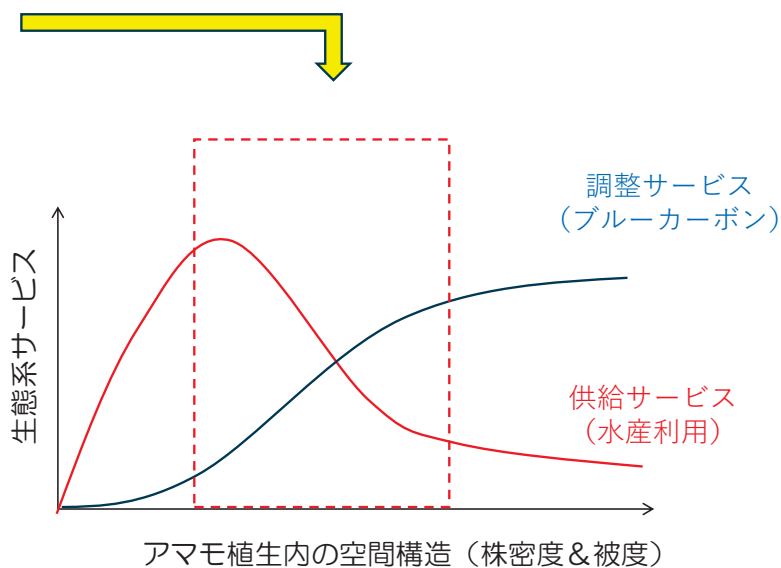
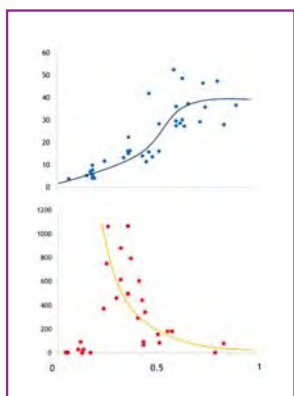
## CO2吸収と食料生産を両立させるアマモ場再生？



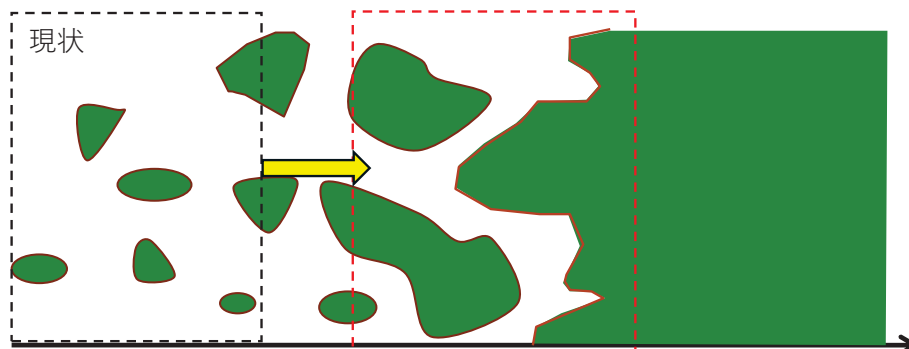
## CO2吸収と食料生産を両立させるアマモ場再生？



# CO2吸収と食料生産を両立させるアマモ場再生？



## これからの藻場再生：CO2吸収源と水産業を両立させるアマモ場



一年生藻場

多年生藻場

環境が不適

環境が好適

変動・消長が激しい

自律的に拡大

不安定

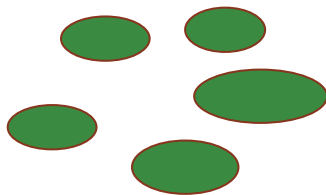
安定

## Contents

1. 瀬戸内海のアマモ場の変化
2. CO<sub>2</sub>吸収源と水産業を両立させるアマモ場
3. アマモ場再生と今後の展開

### これからの藻場再生

一年生アマモ場



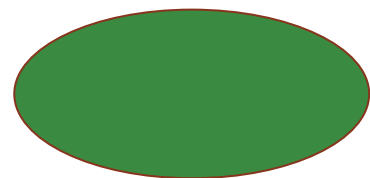
小群落の集合体

生息環境が頻繁に変動するような厳しい場所  
有性生殖による色々な遺伝子型の混在

再生活動の方向性

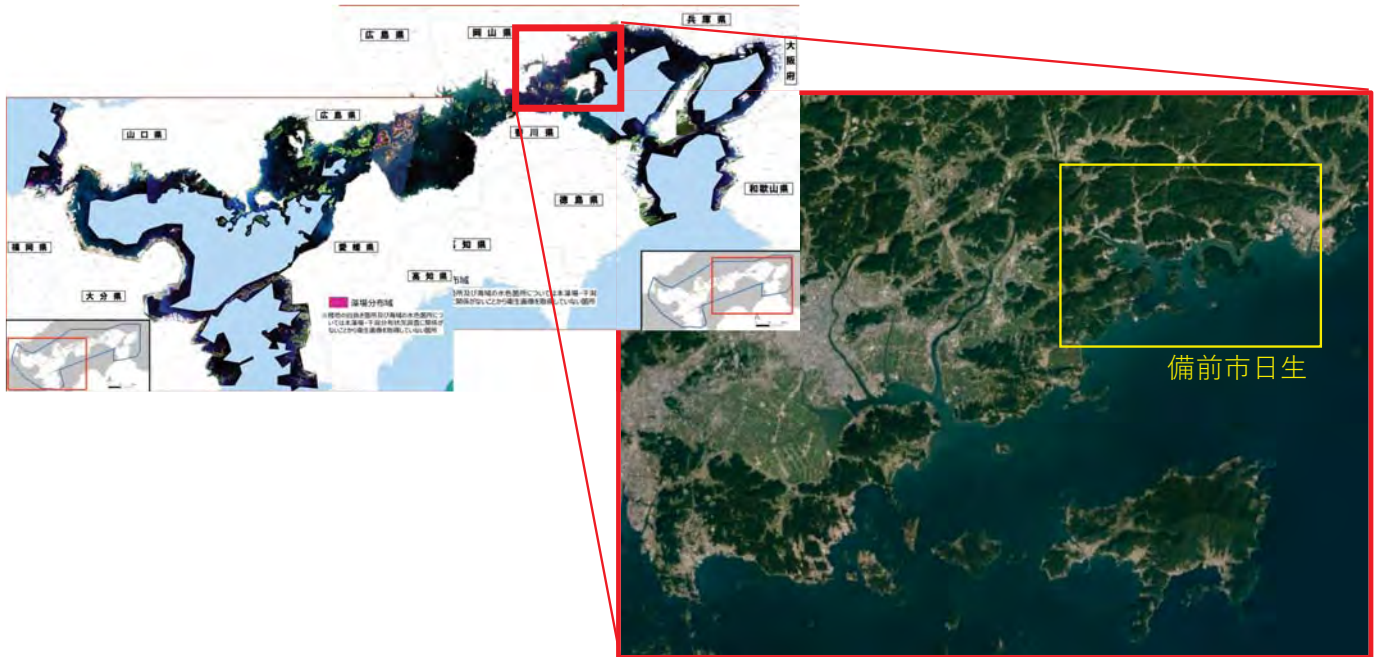


多年生アマモ場



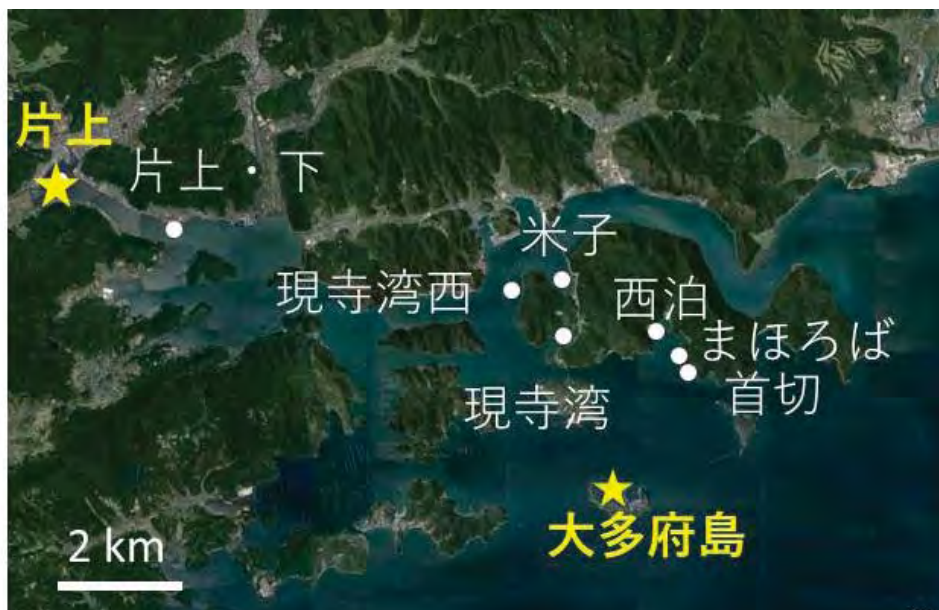
大群落

生息環境が長期間安定するような場所  
生育に適したクローンが多数

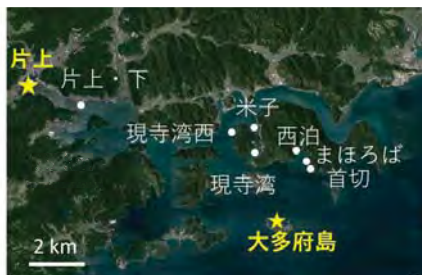


藻場再生の過程を学ぶ

日生の9つの地区のアマモの遺伝子解析⇒アマモの移動分散・再生経路を把握







Clonal richnessが高い  
⇒ 主に種子繁殖により集団が成立

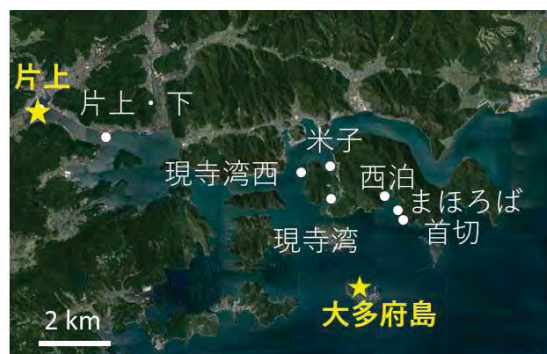
| 集団   | サンプル数 | 遺伝子型数 | Clonal richness | アリル数  | Allelic richness | ヘテロ接合度 観察値 (Ho) | ヘテロ接合度 期待値 (He) | 近交係数   |
|------|-------|-------|-----------------|-------|------------------|-----------------|-----------------|--------|
| 大多府島 | 42    | 41    | 0.98            | 6.50  | 5.535            | 0.473           | 0.516           | 0.117  |
| 西泊   | 38    | 31    | 0.81            | 9.17  | 7.564            | 0.548           | 0.562           | 0.006  |
| まほろば | 47    | 43    | 0.91            | 8.33  | 6.676            | 0.543           | 0.555           | 0.048  |
| 首切   | 21    | 20    | 0.95            | 6.33  | 6.274            | 0.550           | 0.541           | -0.009 |
| 片上   | 37    | 36    | 0.97            | 9.67  | 7.864            | 0.593           | 0.592           | 0.012  |
| 片上・下 | 26    | 22    | 0.84            | 8.50  | 8.003            | 0.576           | 0.592           | -0.006 |
| 現寺湾  | 48    | 45    | 0.94            | 9.17  | 6.707            | 0.556           | 0.551           | -0.033 |
| 現寺湾西 | 37    | 29    | 0.78            | 8.67  | 7.408            | 0.563           | 0.552           | -0.008 |
| 米子   | 49    | 45    | 0.92            | 10.00 | 7.185            | 0.559           | 0.561           | -0.006 |
| 合計   | 345   | 312   |                 |       |                  |                 |                 |        |

Clonal richness = 遺伝子型数 / サンプル数

Hori and Sato 2021 を改変

## アマモ播種実績の記録

| Year  | Source area of seeds     | No. seeds ( $\times 10^4$ ) | Areas seeded           |
|-------|--------------------------|-----------------------------|------------------------|
| 1985  | 大多府島                     | 15                          | 楠戸、現寺湾                 |
| 1986  | 大多府島                     | 175                         | 楠戸、現寺湾、米子湾、他2箇所        |
| 1987  | 大多府島                     | 252                         | 米子湾、曾島北、鴻島東            |
| 1988  | 大多府島                     | 204                         | 米子湾                    |
| 1989  | 大多府島                     | 220                         | 楠戸、現寺湾、米子湾、千軒湾*        |
| 1990  | 大多府島                     | 401                         | 楠戸、現寺湾、米子湾、千軒湾*        |
| 1991  | 大多府島                     | 342                         | 楠戸、現寺湾、米子湾、千軒湾*        |
| 1992  | 大多府島                     | 351                         | 現寺湾、米子湾、千軒湾*           |
| 1993  | 大多府島                     | 251                         | 現寺湾、米子湾、千軒湾*           |
| 1994  | 大多府島                     | 251                         | 楠戸、現寺湾、米子湾、千軒湾*        |
| 1995  | 大多府島                     | 229                         | 楠戸、現寺湾、米子湾、千軒湾*        |
| 1996  | 現寺湾、片上湾                  | 351                         | 現寺湾、米子湾、千軒湾*、他1箇所      |
| 1997  | 現寺湾、片上湾                  | 430                         | 現寺湾、米子湾、他1箇所           |
| 1998  | 片上湾                      | 300                         | 米子湾、千軒湾*               |
| 1999  | 片上湾                      | 300                         | 米子湾、千軒湾*               |
| 2000  | 久々井湾                     | 300                         | 米子湾、千軒湾*               |
| 2001  | 片上湾                      | 975                         | 米子湾、千軒湾*               |
| 2002  | 大多府島                     | 200                         | 米子湾、千軒湾*               |
| 2003  | 大多府島                     | 200                         | 米子湾、千軒湾*               |
| 2004  | 大多府島                     | 200                         | 米子湾、千軒湾*               |
| 2005  | 大多府島                     | 200                         | 米子湾、千軒湾*               |
| 2006  | 大多府島                     | 200                         | 楠戸                     |
| 2007  | 現寺湾                      | 164                         | 楠戸、森下前                 |
| 2008  | 米子湾、現寺湾                  | 260                         | 楠戸、森下前、千軒湾(五輪)         |
| 2009  | 大浦、米子、大多府島               | 185                         | 楠戸、森下前、千軒湾(五輪)         |
| 2010  | 現寺、米子、大多府島               | 595                         | ヨ一タイ前、千軒湾(五輪)          |
| 2011  | 穂の木、米子、大多府島              | 1170                        | 千軒湾(奥泊西・東、西泊、首切)       |
| 2012  | 米子湾、現寺湾                  | 600                         | 千軒湾(奥泊西・東、西泊、五輪、首切)    |
| 2013  | 現寺湾                      | 304                         | 千軒湾(奥泊西・東、西泊、まほろば下、首切) |
| 2014  | Drifted flowering shoots | 574                         | 千軒湾(奥泊西・東、西泊、まほろば下、首切) |
| Total |                          | 10199                       |                        |



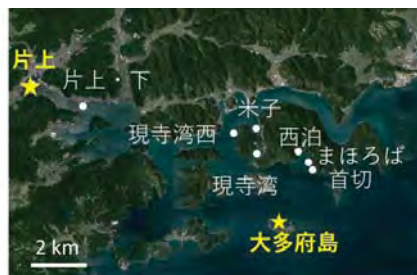
播種による種子交換頻度として利用

(岡山県水産課から提供)

Hori and Sato 2021 を改変

## アマモ播種実績の記録

アマモ場間の遺伝的類似度に播種頻度が影響しているか解析で確かめる



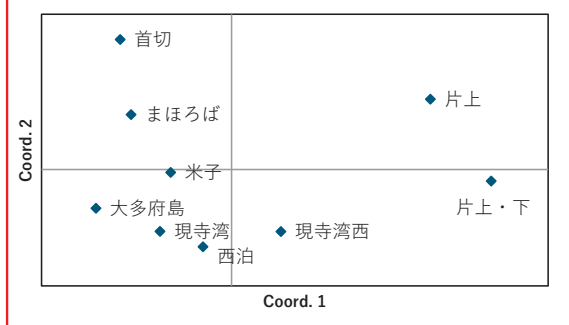
| Otabujima | Nishidomari | Mahoroba | Kubikiri | Katakami | Katakami-shita | Genjiwan | Genjiwan-nishi | Yonago |                |
|-----------|-------------|----------|----------|----------|----------------|----------|----------------|--------|----------------|
| 0.000     |             |          |          |          |                |          |                |        | Otabujima      |
| 450.472   | 0.000       |          |          |          |                |          |                |        | Nishidomari    |
| 320.472   | 0.000       | 0.000    |          |          |                |          |                |        | Mahoroba       |
| 450.472   | 0.000       | 0.000    | 0.000    |          |                |          |                |        | Kubikiri       |
| 0.000     | 279.214     | 279.214  | 279.214  | 0.000    |                |          |                |        | Katakami       |
| 0.000     | 0.000       | 0.000    | 0.000    | 0.000    | 0.000          |          |                |        | Katakami-shita |
| 603.917   | 167.714     | 92.714   | 167.714  | 120.343  | 0.000          | 0.000    |                |        | Genjiwan       |
| 0.000     | 0.000       | 0.000    | 0.000    | 0.000    | 0.000          | 0.000    | 0.000          |        | Genjiwan-nishi |
| 1284.417  | 205.000     | 0.000    | 205.000  | 907.843  | 0.000          | 120.343  | 0.000          | 0.000  | Yonago         |

Hori and Sato 2021 を改変

## 日生の9集団間の遺伝的分化係数(F<sub>ST</sub>)

| 大多府島  | 西泊    | まほろば  | 首切    | 片上    | 片上・下  | 現寺湾   | 現寺湾西  | 米子    |      |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|
|       | 0.543 | 0.169 | 0.491 | 0.003 | 0.097 | 0.497 | 0.146 | 0.287 | 大多府島 |
| 0.007 |       | 0.169 | 0.410 | 0.087 | 0.317 | 0.553 | 0.848 | 0.429 | 西泊   |
| 0.009 | 0.009 |       | 0.522 | 0.015 | 0.031 | 0.040 | 0.112 | 0.309 | まほろば |
| 0.010 | 0.011 | 0.009 |       | 0.330 | 0.107 | 0.335 | 0.271 | 0.485 | 首切   |
| 0.014 | 0.011 | 0.011 | 0.011 |       | 0.875 | 0.013 | 0.287 | 0.033 | 片上   |
| 0.014 | 0.011 | 0.014 | 0.017 | 0.007 |       | 0.111 | 0.394 | 0.177 | 片上・下 |
| 0.006 | 0.006 | 0.009 | 0.010 | 0.011 | 0.012 |       | 0.582 | 0.581 | 現寺湾  |
| 0.011 | 0.006 | 0.010 | 0.012 | 0.009 | 0.011 | 0.007 |       | 0.223 | 現寺湾西 |
| 0.007 | 0.007 | 0.006 | 0.009 | 0.010 | 0.011 | 0.005 | 0.009 |       | 米子   |

(a) 遺伝的分化係数 (F<sub>ST</sub>) による主成分図



(b) 播種の履歴 (1985-2014年)



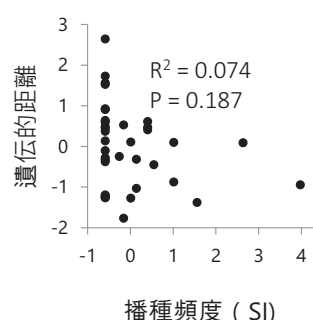
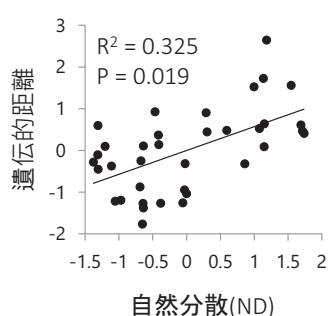
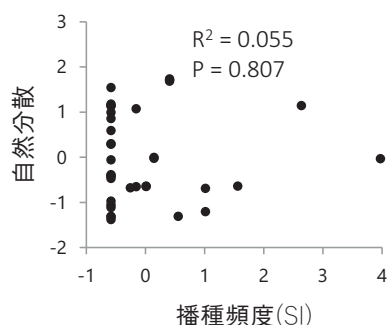
Hori and Sato 2021 を改変

### 解析結果：アマモの遺伝的距離の説明要因

播種頻度と比較するために、自然分散  
(実行距離) を計算

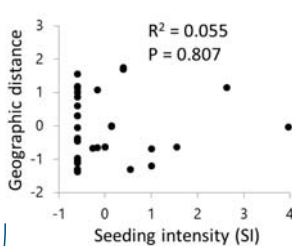
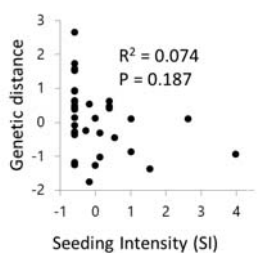
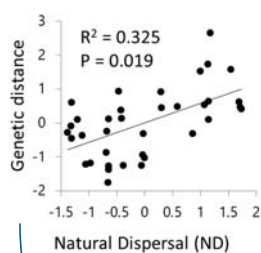
すべての変数は標準化

The data set was analyzed using Mantel's  
multiple regression matrix with randomization



Hori and Sato 2021 を改変

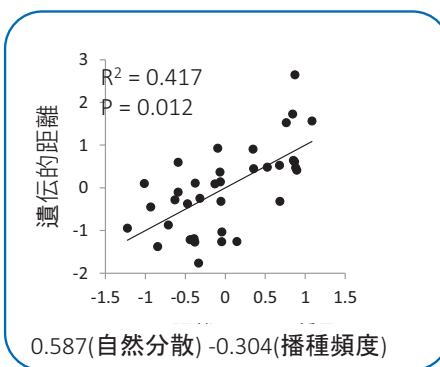
### 解析結果：アマモの遺伝的距離の説明要因



ベストモデルとして選択されたのは



集団間の自然分散を播種活動が後押しして分散を早めるする形



Hori and Sato 2021 を改変

## DNA解析が示唆するもの

アマモ場植生の遺伝構造から、植生の再生には種子の移動分散が重要  
 + 漁業者による播種活動は自然分散による集団間の遺伝的距離を有意に短くした



”播種活動は自然分散による遺伝構造を攪乱せず“

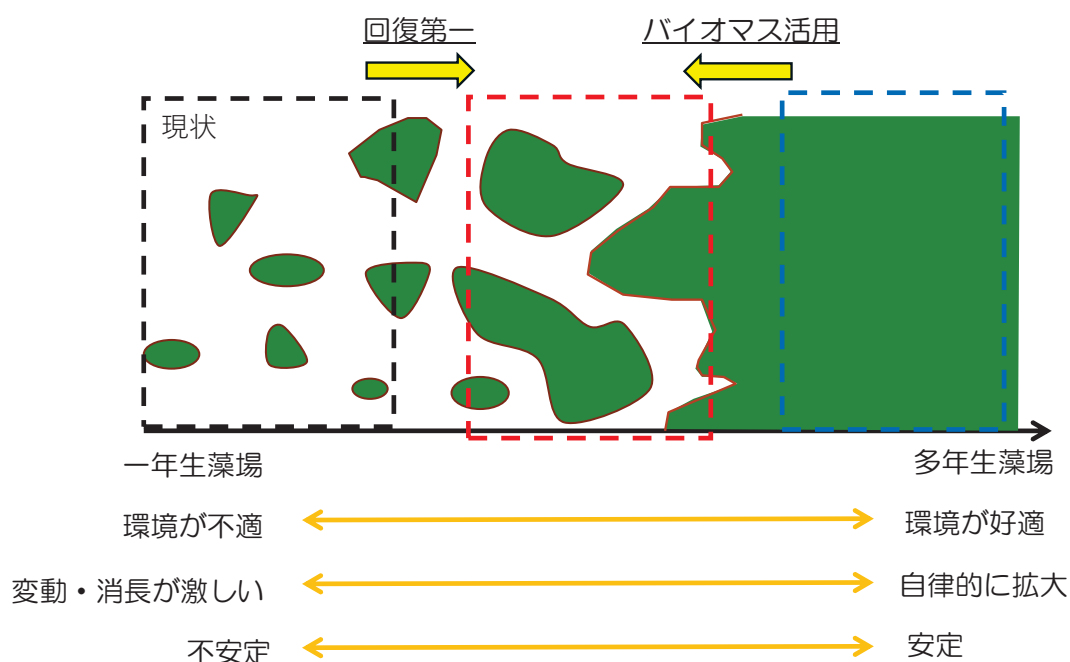
“ 自然分散のお手伝い” をした

⇒ 人工的なアマモ場を作ったのではなく、自然回復を促進させた

➡ 分布面積の拡大へ

### 自然再生の理想的な事例

## 今後の展開：これからの藻場再生



## 肥料としての利用

(江戸～昭和30年ごろ)

- ・神奈川県三浦半島  
入会権を設定して海藻と海草を堆肥として利用
- ・愛知県三河湾  
春の大潮に一齐に刈取りし、塩分を除去してから堆肥にしたり、焼いた灰を肥料として販売
- ・広島県大崎上島町  
夏の大潮に一齐に刈取りし、その後一年かけて堆肥に。ネギ、麦、イチジクに利用。サツマイモ、ジャガイモにはガラモ肥料を利用
- ・静岡県浜名湖  
漁業よりアマモ採りが重視され、浜名湖全体を区割りして集落ごとに採草権を設定
- ・島根県中海  
アマモ肥料によって棉花栽培が可能になり、特産品に。アマモ肥料専門家が存在するほど大規模で、年間10万トンを施肥

島根県中海でのアマモ刈取り風景



平塚ら(2003)を改変

これからの使用 ⇒ バイオマス活用へ

## これからの藻場再生：東京湾 盤洲干潟（千葉県木更津市）



増えたアマモ場を間引き管理



CO2吸収源の構築  
+ バイオマス活用



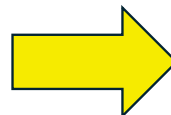
アサリ漁業の復活



- ・新木更津市漁業協同組合
- ・千葉県水産総合研究センター
- ・水産研究・教育機構
- ・リンテック株式会社



## これからの藻場再生：海草のバイオマス活用の始まり



海草混抄紙へ



引用元：三洋テクノマリンHP  
<https://www.stm.co.jp/cms/stm/sp/images/news/jblue2023.png>



アマモ場（コアマモ）で増えたアサリ



## まとめ：藻場再生/ブルーカーボンで3つの社会問題解決に

