

【気候変動対策のためのブルーカーボンの推進】  
海藻の力を活かすために：種苗・養殖・CO2固定能力定量



シンポジウム「海の力で未来を創る：ブルーカーボン最前線」  
～海洋生態系を活かす気候政策、ブルーカーボンの可能性と課題～  
2026年1月22日

佐藤 陽一  
理研食品株式会社  
取締役・原料事業部長



海洋カーボン  
Carbon-Blue X

# 海藻の力を活かすために：種苗・養殖・定量精度向上

## ▶ 1. 海藻類バイオマスへの期待と現状

## 2. 先立つものは良い種苗の安定供給

## 3. 海藻の大量養殖技術開発

## 4. 海藻のCO<sub>2</sub>固定能力を正しく測る



Expert opinions regarding the concept of blue carbon in seaweed systems

Gregory N. Nishihara <sup>1,\*</sup>, Yoichi Sato, <sup>2,3</sup> Aaron M. Eger, <sup>4,5</sup> John Barry Gallagher, <sup>6</sup> Catriona Hurd, <sup>6</sup> Hiroshi Kawai <sup>7,8</sup>, Tomohiro Kuwae <sup>9,10</sup> and Albert Pessarrodona <sup>10</sup>

<sup>1</sup>Organization for Marine Science and Technology, Nagasaki University, Nagasaki, Japan, <sup>2</sup>Algal Research and Innovation Centre, Riken Food Co. Ltd, Miyagi, Japan, <sup>3</sup>Nishina Center for Accelerator-Based Science, RIKEN, Saitama, Japan,

<sup>4</sup>Center for Marine Science and Innovation, University of New South Wales, Randwick, New South Wales, Australia, <sup>5</sup>Kelp Forest Alliance, Sydney, Australia, <sup>6</sup>Institute of Marine and Antarctic Studies, University of Tasmania, Hobart, Tasmania, Australia, <sup>7</sup>Research Center of Inland Seas, Kobe University, Kobe, Japan, <sup>8</sup>Coastal and Estuarine Environment Research Group, Port and Airport Research Institute, Yokosuka, Japan, <sup>9</sup>Japan Blue Economy Association, Yokosuka, Japan and

<sup>10</sup>UWA Oceans Institute & School of Plant Biology, The University of Western Australia, Perth, Western Australia, Australia

### SUMMARY

A collection of expert opinions critically evaluates the role of seaweed in blue carbon strategies for climate change mitigation. While the concept of fast-growing seaweed to capture atmospheric carbon is appealing, the experts largely agree that its potential for direct, long term carbon sequestration is currently overstated and

coastal ecosystems. In addition to mangrove forests, salt-water marshes, and seagrass meadows, seaweeds are now being re-examined for their potential role in carbon dioxide reduction and climate change mitigation. Whether seaweed ecosystems can be formally incorporated within the concept of blue carbon framework remains under active debate (Krause-Jensen & Duarte, 2016; Macreadie et al., 2019).

Nishihara and Sato et al. (2025)

Phycological Research

<https://doi.org/10.1111/pre.70009>

海藻とCO<sub>2</sub>固定に関する  
専門家の意見を取りまとめ

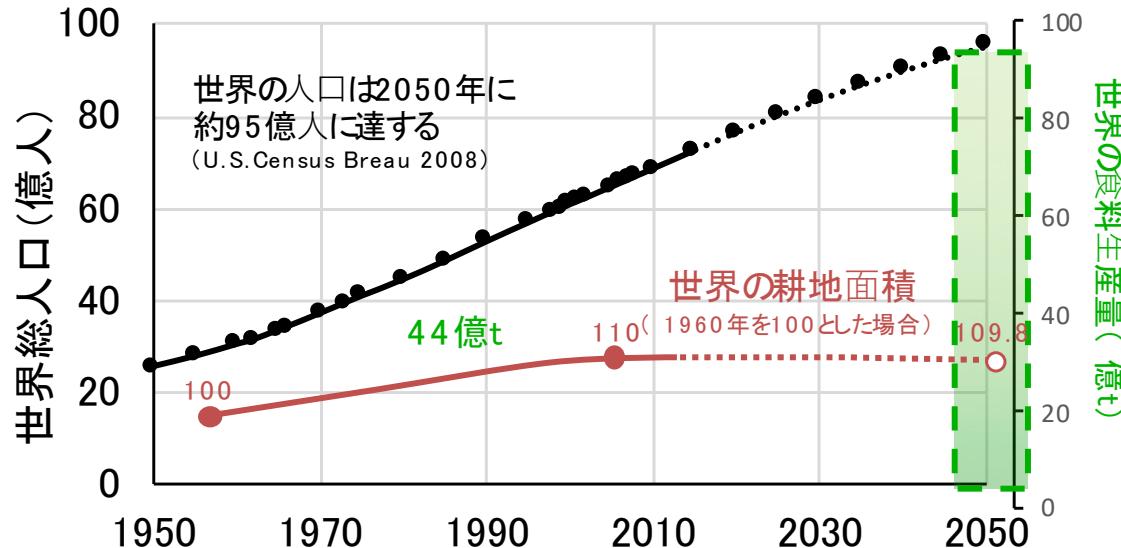
# 天然の藻場＆海藻養殖：陸上作物との資源競合がない



- 真水
- 土壤
- 肥料



# 海藻の多面的価値＝食料のみならず、バイオエコノミーへの貢献が期待されている



人口増加に耕地・真水資源は不足している  
穀物不足はタンパク質供給不足を引き起こす



食料としての海藻



海藻から作った  
「食べれるプラスチック」



フードテックへの活用 (No-Fish Protein)  
ソラマメ抽出タンパク質+海藻 (*Alaria esculenta*) ニツナ

BettaFish

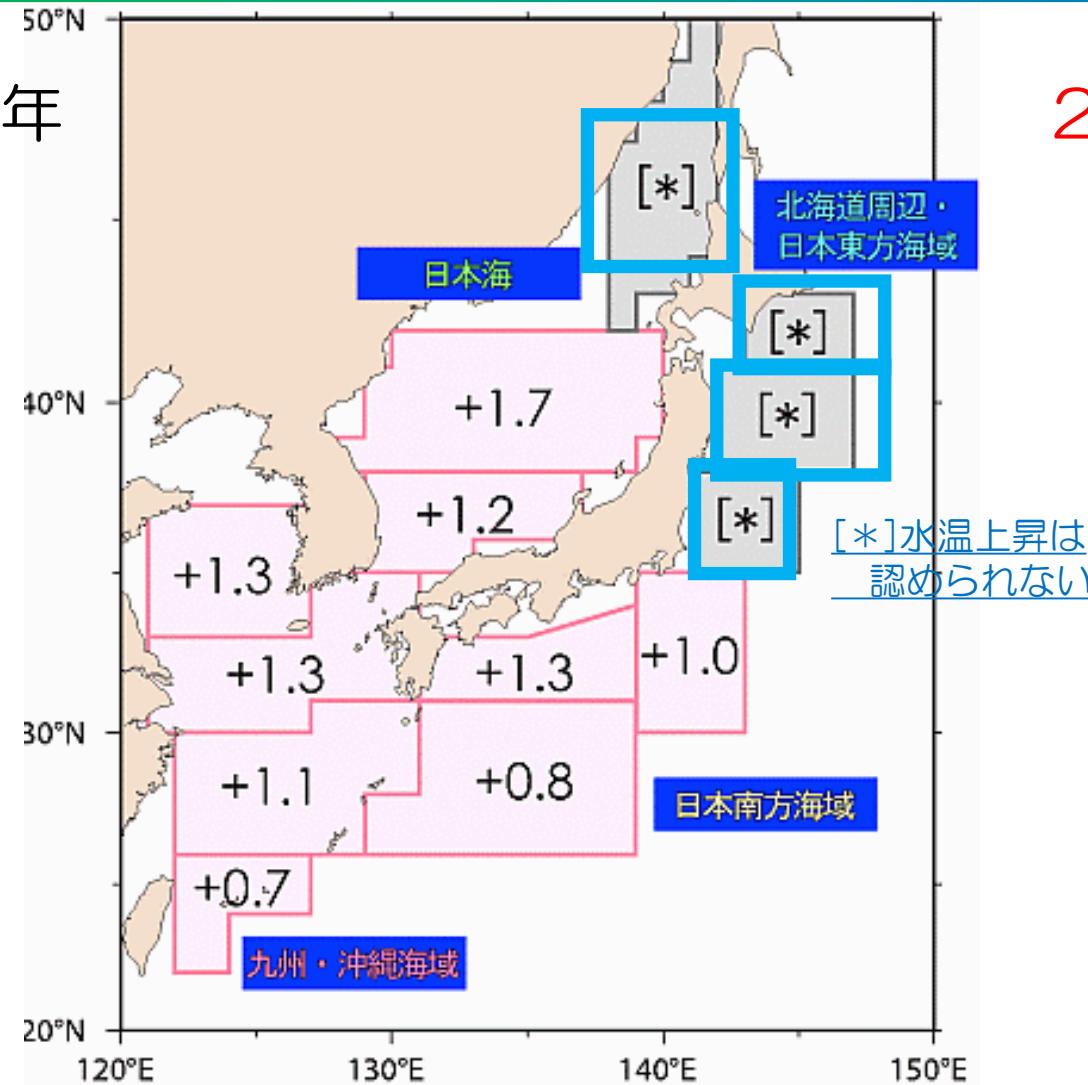
トインのスタートアップ企業

TASTE THE  
TU-NAH

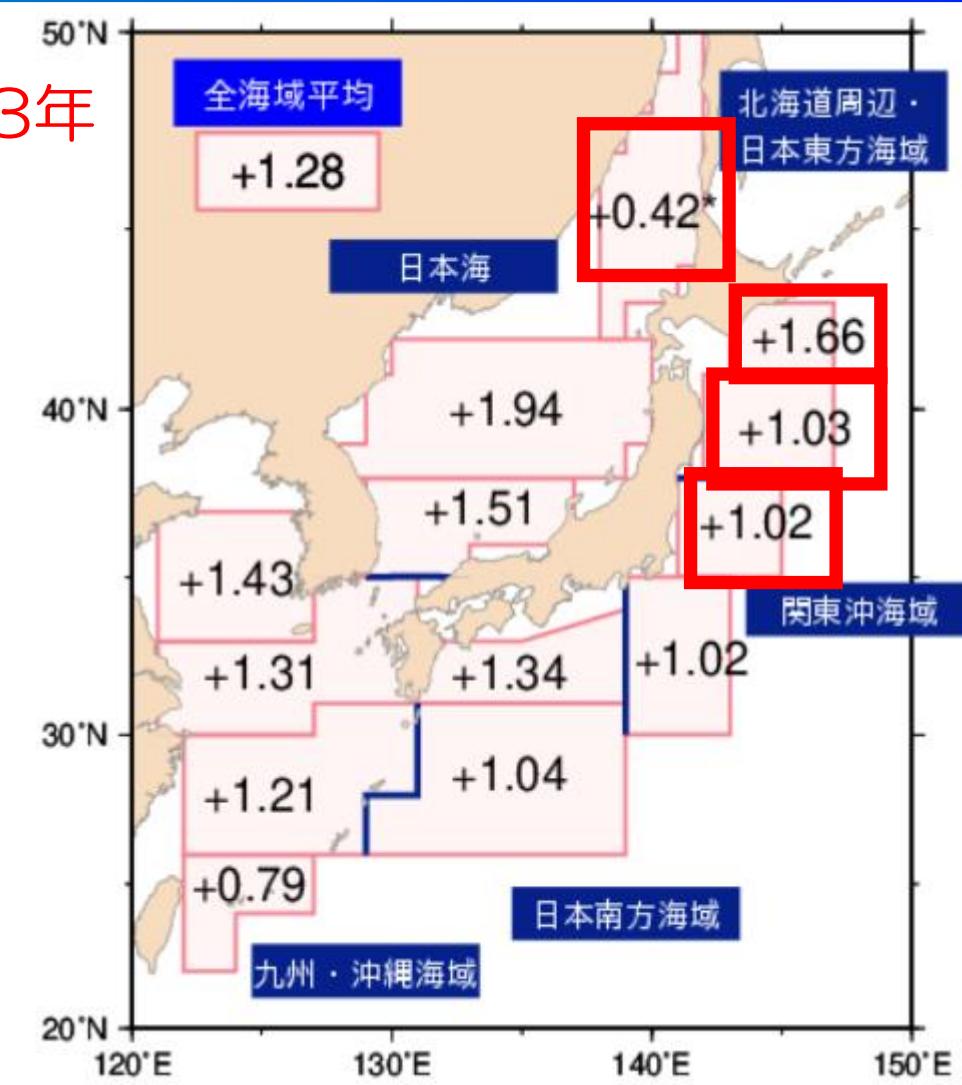
BettaFish stands for healthier oceans and a  
mouth-watering, plant-based future.  
Our TU-NAH tastes like tuna, looks like tuna, and is  
an all-rounder, just like the original.



日本近海の水温は上昇 (+1.28/100年) , 北日本も高くなっている



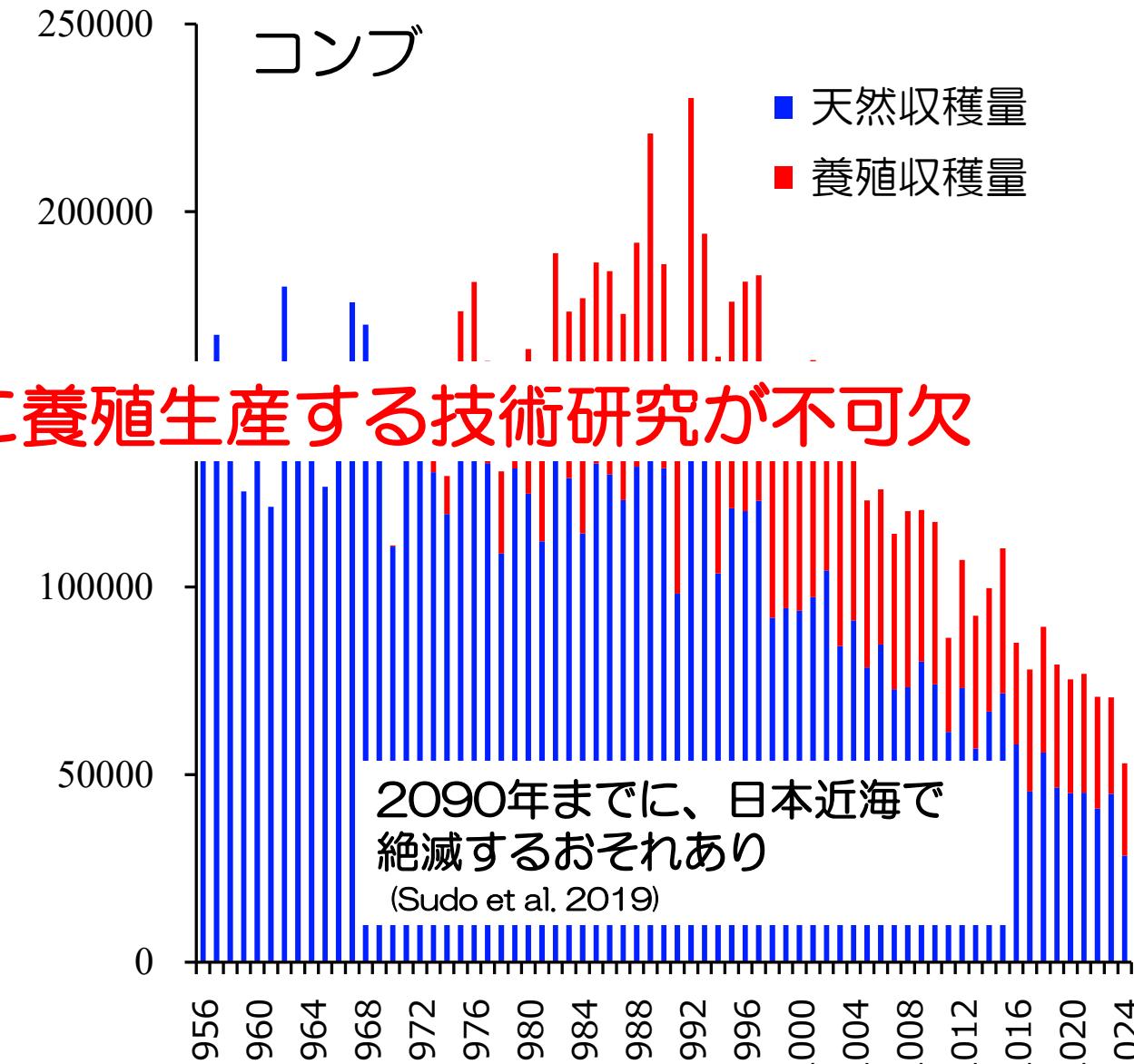
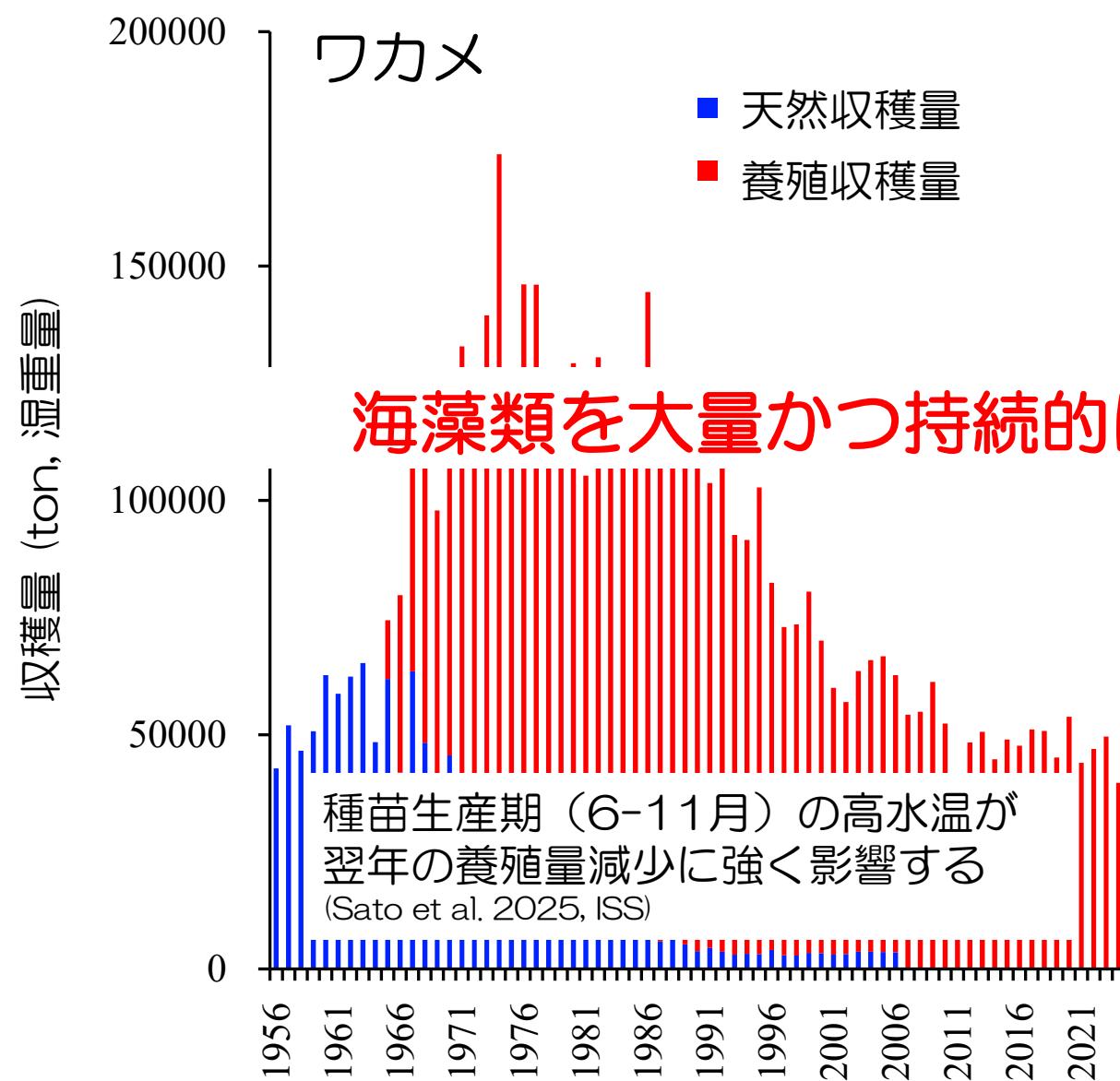
2023年



日本近海の平均海面水温（年平均）の長期変化（°C/100年）  
約10年間で北海道・東北含めてさらに上昇している

気象庁HP：海洋の健康診断表

# 食料としての海藻は生産量激減、市場のニーズを賄えない



## 1. 海藻類バイオマスへの期待と現状

- ▶ 2. 先立つものは良い種苗の安定供給
- 3. 海藻の大量養殖技術開発
- 4. 海藻のCO<sub>2</sub>固定能力を正しく測る

ワカメ種苗は海洋環境への依存度大きい → 環境制御可能範囲を広げたい

岩手: 海水中で光量を調節して発芽を制御



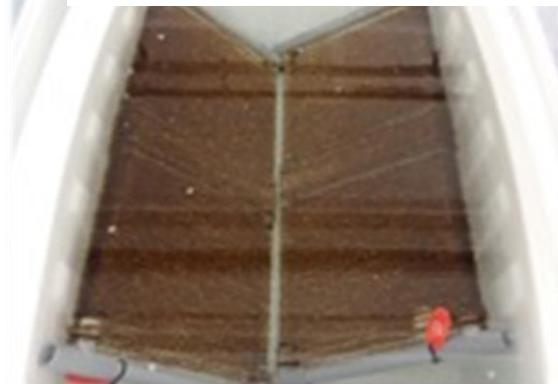
暗黙知依存、環境影響受けやすい

宮城: 陸上水槽で光量調節して発芽するか しないか で海へ



配偶体を「タネ」として利用

フリー配偶体  
種苗生産手法

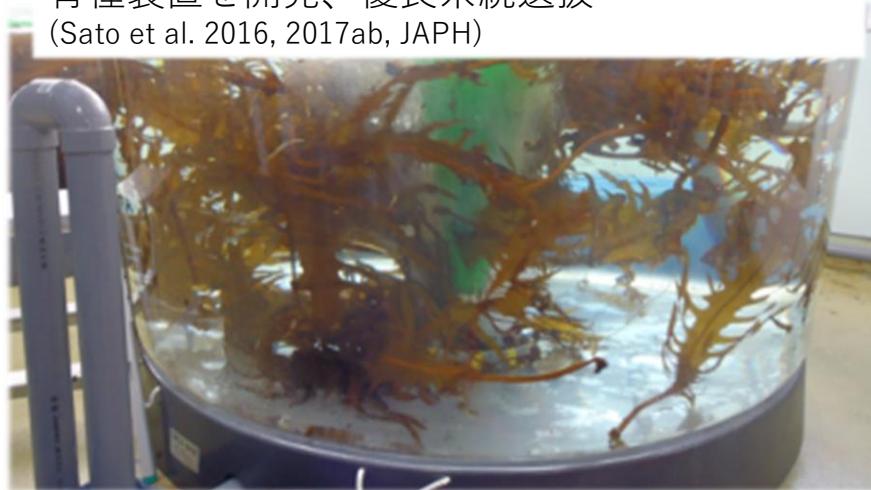


毎年同じ形質で生産可能  
時期を選んで生産可能

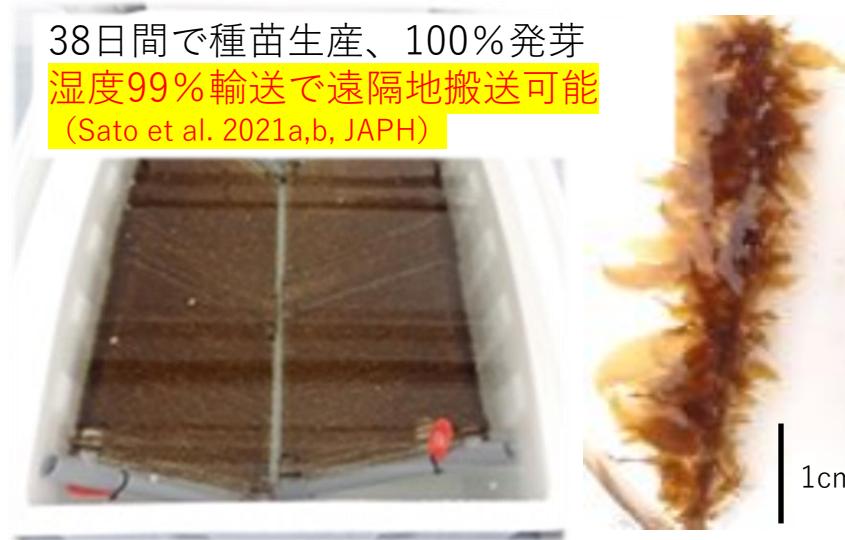
# 産業実装例：種苗供給により養殖生産安定への貢献目指す

佐藤ら (2018, JATAFF J) ,  
佐藤 (2023, フードケミカル)  
Sato (2026, Advances in Temperate Phyconomy)

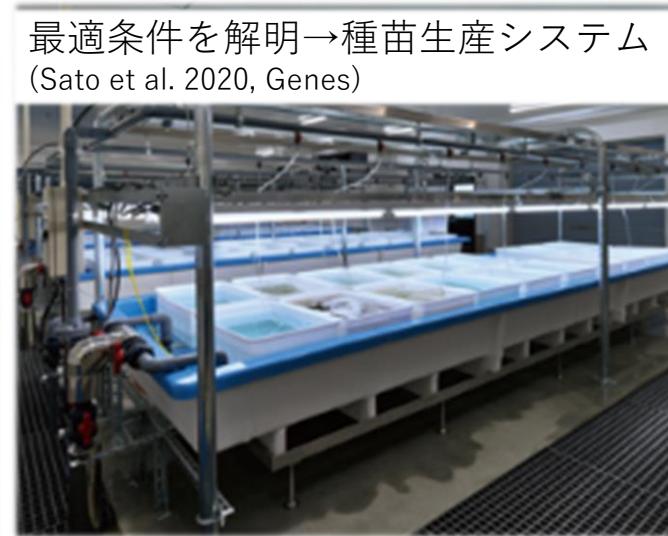
育種装置を開発、優良系統選抜  
(Sato et al. 2016, 2017ab, JAPH)



38日間で種苗生産、100%発芽  
湿度99%輸送で遠隔地搬送可能  
(Sato et al. 2021a,b, JAPH)



最適条件を解明→種苗生産システム  
(Sato et al. 2020, Genes)



種苗生産・研究開発拠点として  
理研食品ゆりあげファクトリー  
(宮城県名取市) 2017年7月設立



三陸・北海道で養殖  
養殖密度を最適化 (Sato et al. 2023, Front Mar Sci)



優良系統選抜 (Sato et al. 2021, Phycology)



ワカメ原料500トン分の種苗生産 (2024年度)  
生産数量の底上げに貢献、さらなる増産が必要

R1: 早生  
(2016)

RX11: 中早生  
(2020)

1. 海藻類バイオマスへの期待と現状

2. 先立つものは良い種苗の安定供給

▶ 3. 大量養殖技術開発

4. 海藻のCO<sub>2</sub>固定能力を正しく測る

## バイオエコノミーに対応した海藻類の大量養殖コア技術の研究開発と 福島県沿岸における生産拠点形成の実証研究

海藻類の高い生産力＆ブルーカーボン効果は世界的に注目・バイオエコノミー実現・福島の復興に貢献

海藻大量養殖のコア技術  
【育てる】

優良系統  
育成

種苗・  
養殖生産

CO2固定量を定量評価  
【測る】

コンブ  
(新規)

ヒトエグサ  
(相馬地区)

福島での試験環境整備  
【創る】

地元の理解  
(ヒトエグサ  
養殖支援)

養殖試験

代表機関：理研食品株式会社（研究代表：佐藤陽一）

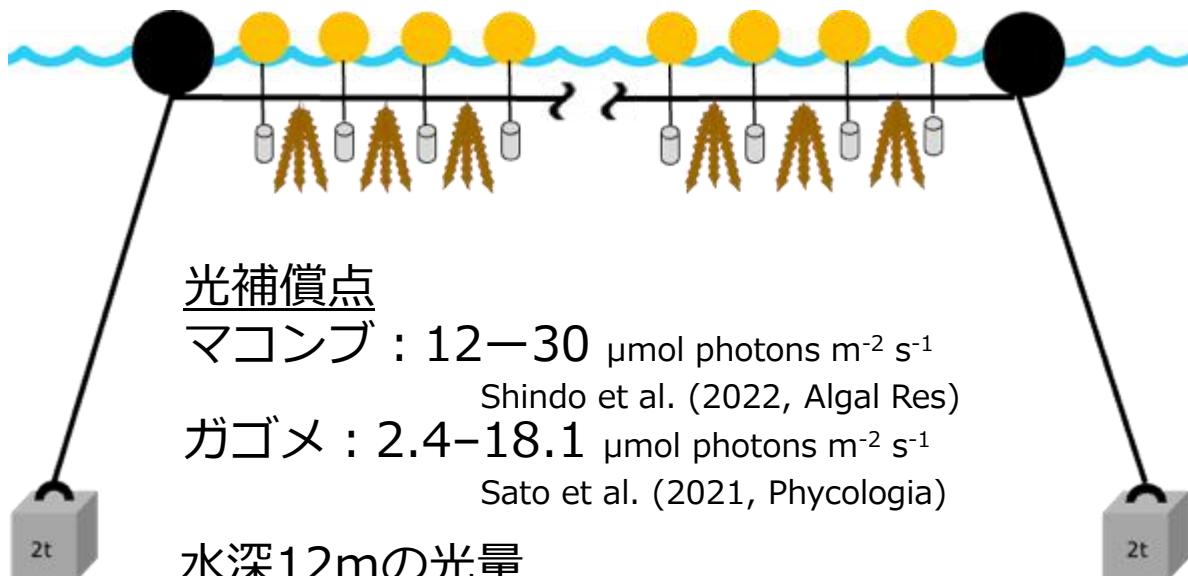
コンソーシアム機関：理化学研究所（副センター長：阿部知子）  
長崎大学（教授：Gregory ニシハラ・ナオキ）

海藻の生産量を増やし、使いつくす  
食料生産（水産業）と多面的活用の両立



漁場を3Dに活用  
コンブの大規模養殖  
+対応した種苗生産

## 通常養殖（海面設置したロープ）



### 光補償点

マコンブ：12–30  $\mu\text{mol photons m}^{-2} \text{s}^{-1}$   
Shindo et al. (2022, Algal Res)  
ガゴメ：2.4–18.1  $\mu\text{mol photons m}^{-2} \text{s}^{-1}$   
Sato et al. (2021, Phycologia)

### 水深12mの光量

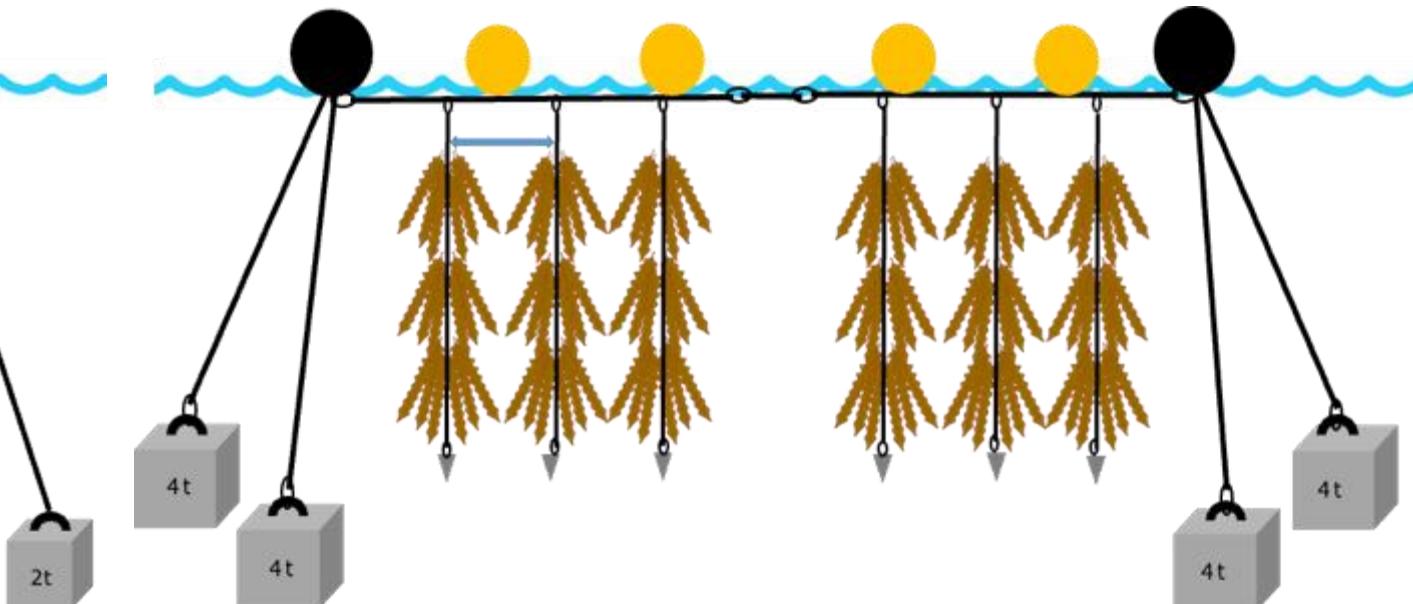
：80 (~300)  $\mu\text{mol photons m}^{-2} \text{s}^{-1}$

(Sato et al. under review)

### 現状

1~1.5t / 施設1台 (100m)

## 3D養殖（垂直設置したロープ）



### 当面の目標：

**10t** / 施設1台 (100m)

**【目的】大量生産に対応した養殖技術を開発する**

⇒ 目標：漁場面積当たりの生産量を上げる、現状の約10倍

# 岩手県大船渡市綾里における実証試験：2025年収穫期、当初目標にほぼ到達

2024年度まで

鈴木ら (2025, 日本藻類学会)



水深 5 m付近で極大、10mまでが適正  
垂直ロープ設置幅1.5m  
外洋>内湾 = 流動環境重要

2025年度

佐藤ら (2025, 水産学会東北支部会)



100mロープ施設で  
生産実証

重量  
(kg/垂直ロープ1本)

**139kg**

5月

6月

7月

n=15

1.5m 間隔  $\Rightarrow$  139kg  $\times$  67 本 (100)

$\Rightarrow$  9.6t / 100mロープ  $\Leftarrow$  (従来: 約1t/台)



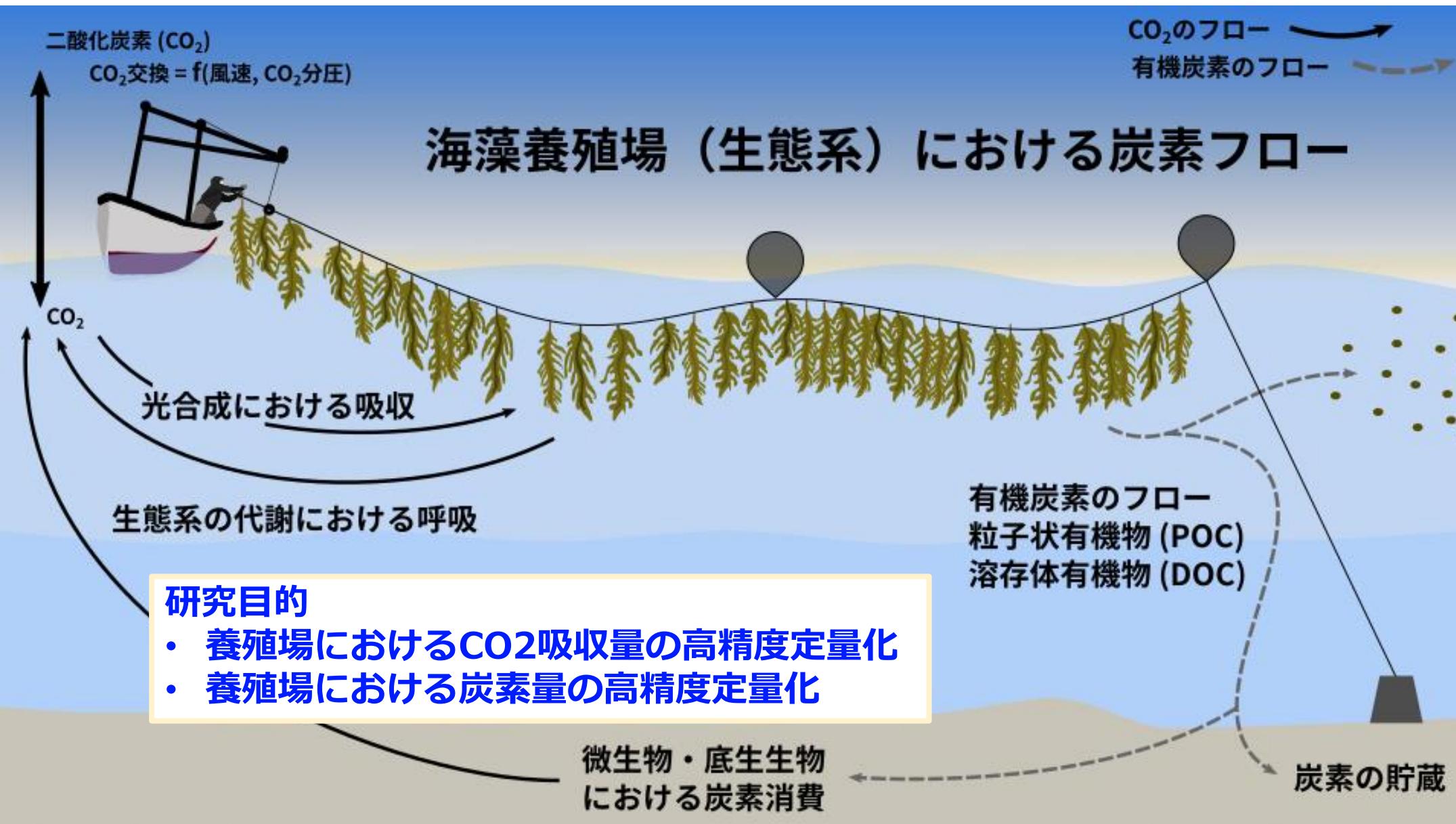
## 海藻の力を活かすために：種苗・養殖・定量精度向上

1. 海藻類バイオマスへの期待と現状

2. 先立つものは良い種苗の安定供給

3. 大量養殖技術開発

▶ 4. 海藻のCO<sub>2</sub>固定能力を正しく測る



# 海藻群落の底質には難分解性多糖類が蓄積

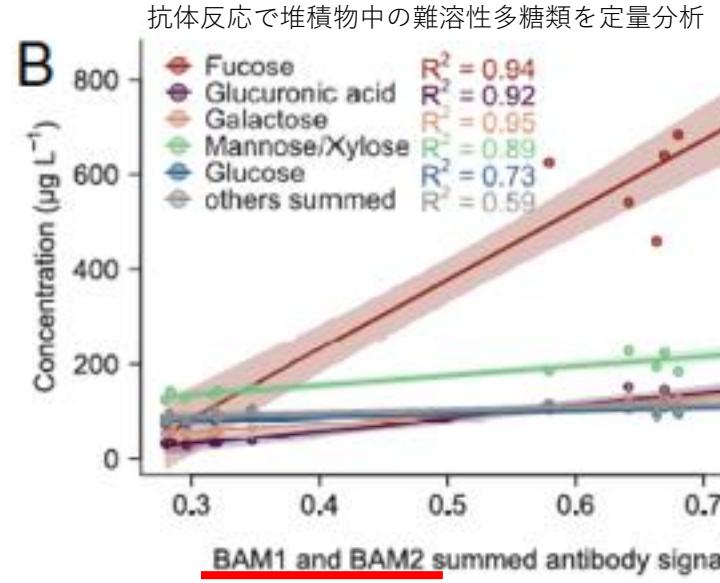
Salmean et al. (2022, Front. Plant Sci.)  
Buck-Wiese et al. (2022, PNAS)

TABLE 4 | Heat map for NaOH extractions from the core samples from KF12/5.

Depth (cm)	Year (a.d.)	Cellulose		Pectin		Hemicellulose		AGP		FCSP																							
		CBM3a	CBM40	JIM5-Homogalacturonan with a low DE	JIM7-Homogalacturonan with a high DE	LM7-N-ene-blocked partially methyl-esterified HG/uronic acid	LM9-partially methyl esterified homogalacturonan	LM20-Partially methyl esterified homogalacturonan	LM10-Partially methyl esterified homogalacturonan	LM16-Galactosyl residue(s) on rhamnogalacturonan I	LM5-Xylogalacturonan	LM6-(1 → 4)- $\beta$ -D-galactan	LM13-Linearised (1 → 3)- $\alpha$ -L-ramninan	LM10-(1 → 4)- $\beta$ -D-xylose	LM11-(1 → 4)- $\beta$ -D-xylose/anthoxylan	BS-400-4(1 → 4)- $\beta$ -D-mannan	LM21-(1 → 4)- $\beta$ -D-(galactosylglucosyl)mannan	LM15-Xyloglucan (DXXG motif)	LM25-Xyloglucan	BS-400-2-(1 → 3)- $\beta$ -D-glucan	BS-400-3-(1 → 3)(1 → 4)- $\beta$ -D-glucan	CBM6-(1 → 3)(1 → 4)- $\beta$ -D-glucan	JIM6	JIM13	JIM16	LMA107	BAM1-Unsulfated epitope present in sulfated fucan	BAM2-sulfated epitope present in sulfated fucan	BAM3-Possibly sulfated epitope present in sulfated fucan	LM12-Feruloylate on any polymer	JIM20-Ecteinan		
0-1	2011	0	19	6	7	0	12	0	7	0	0	9	5	0	10	10	29	11	27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5-6	1995	0	9	0	0	19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
8-9	1986	0	24	14	12	0	16	0	10	6	8	12	11	5	14	19	39	18	11	41	27	56	5	6	9	7	13	11	0	30	13		
12-13	1977	0	49	5	5	0	16	0	5	0	0	8	0	0	9	24	26	11	12	28	13	51	0	0	0	0	11	0	37	45	0		
14-15	1972	0	32	0	0	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0	6	10	0	0	0	0	52	0	0	0	0	0	0	32	24	0		
16-17	1967	0	27	13	7	6	8	0	7	0	6	8	0	0	11	24	20	13	10	28	15	63	0	0	0	8	13	9	43	37	0		
20-21	1967	10	38	8	0	0	0	5	9	0	0	6	0	0	0	0	13	16	8	9	23	16	70	0	0	7	0	19	8	45	42	0	
26-27	1940	0	26	10	9	0	20	0	11	0	5	10	0	0	0	9	14	22	14	16	44	12	66	0	0	9	0	19	1	56	51	0	
28-29	1935	22	34	13	10	5	12	0	10	6	8	12	7	0	10	19	32	15	12	49	26	56	0	7	6	8	18	12	51	58	0		
30-31	1929	0	42	11	8	12	22	0	10	6	7	10	0	0	13	25	26	15	19	51	7	48	0	7	7	6	17	12	53	60	0		
35-36	1907	0	41	13	12	0	17	0	9	6	8	12	7	0	10	27	22	14	11	47	8	60	5	9	6	7	19	12	61	60	0		
37-38	1896	0	42	14	13	0	18	0	12	7	10	14	13	7	11	23	34	18	17	43	16	100	6	10	7	10	20	13	57	53	0		
39-40	1891	17	29	12	8	0	9	0	11	0	6	10	5	0	8	14	12	13	15	44	7	73	0	6	11	7	24	12	56	55	0		
45-48	1860	0	44	11	9	0	10	0	6	5	5	11	0	0	12	31	20	13	10	45	0	62	0	6	10	6	15	1	44	69	0		
50-52	1850	0	26	7	8	0	7	0	0	9	0	0	0	7	17	18	11	7	33	0	66	0	0	5	5	13	8	45	60	0			
54-56	1848	0	34	6	6	0	6	0	12	0	0	0	7	0	0	6	18	19	10	10	30	0	84	0	6	5	0	23	7	36	62	0	
58-60	1836	9	14	0	0	0	0	0	11	0	0	0	0	0	0	11	0	0	5	13	52	0	0	0	5	0	0	15	45	0			
62-64	1825	28	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	54	0	0	0	0	0	0	15	43	0				
66-67	1818	0	14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	57	0	0	0	0	0	0	15	40	0				

The strength of the color is proportionate to the strength of the signal; the strongest signal is given the value 100 and the others valued relative to this signal. Epitopes with a relative signal lower than 5 in any of the samples were excluded. CBM, carbohydrate-binding module; DE, degree of esterification; HG, homogalacturonan; AGP, arabinogalactan protein; FCSP, fucose-containing sulfated polymers; BAM1, fucan; BAM2, fucan fucosidase; JIM, JIM6, JIM13, JIM16; LMA107, LMA12; MAC107, MAC12; JIM20, JIM20-Ecteinan.

Salmean et al. (2022) Table4より抜粋



フコイダン：褐藻特有・難分解性多糖類  
コンブ類：成長しながら枯れる  
収穫量の50%以上に相当

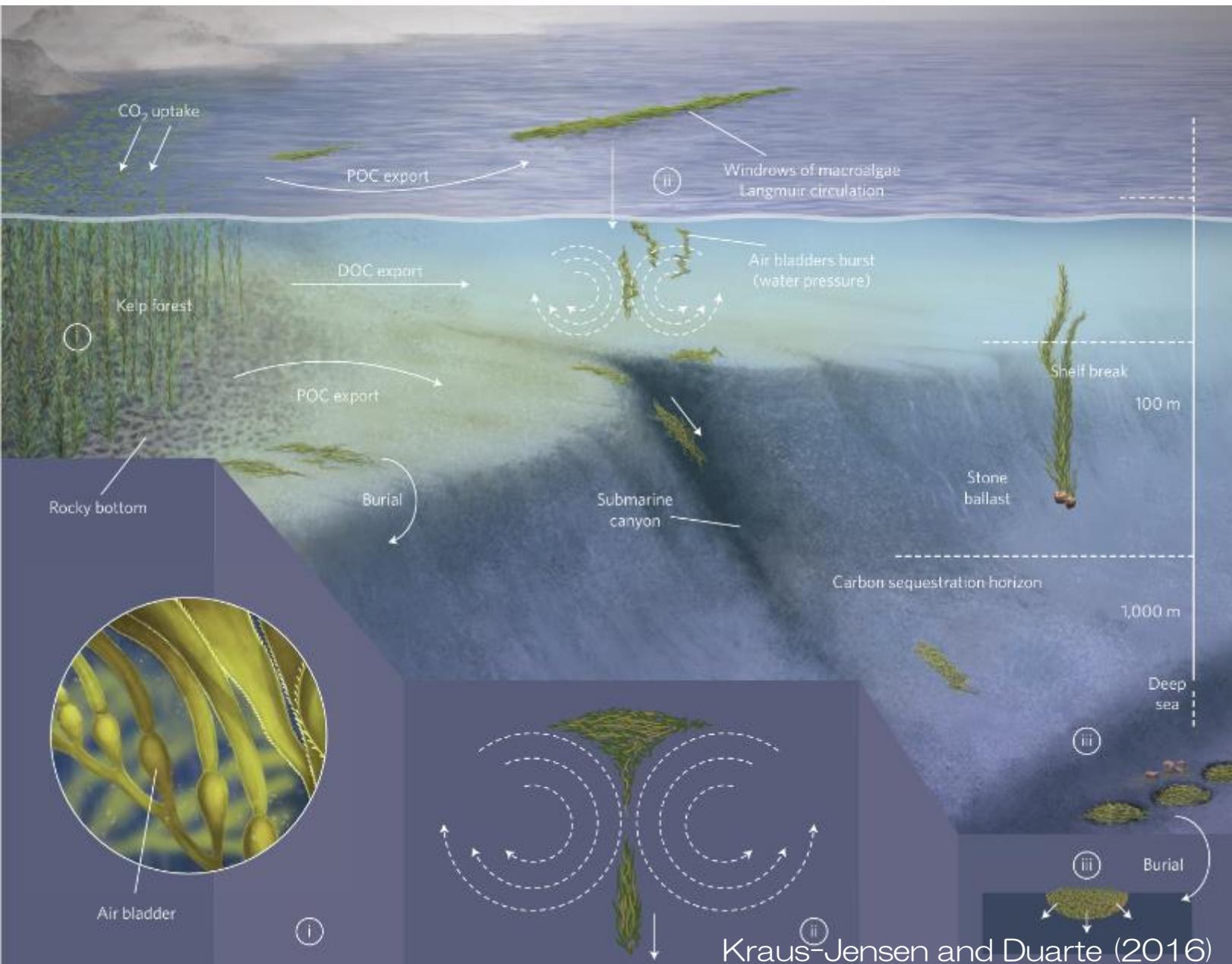
Li et al. (2007, 2009)

海藻由来の多糖類  
養殖生産プロセスのC固定・隔離への貢献度は大きいのでは？

地中67cm = 1818年相当  
フコイダン形成多糖類が検出された



# 海藻の力：食、バイオマテリアル、CO<sub>2</sub>固定



## 炭素固定速度

天然藻場 : 0.004-0.044 Gt/Year  
(Filbee-Dexter et al. 2024)

植物プランクトン : 10 Gt/Year  
海底砂泥に沈殿  
(Seigel et al. 2023)

海洋中CO<sub>2</sub>の99.5%は  
植物プランクトンによって固定  
されている

海藻類の多面的価値に  
注目するべき

## 海藻の力を活かすために：種苗・養殖・定量精度向上

### 1. 海藻類バイオマスへの期待と現状

- ・ 生産量は減少、食糧生産すらままならない

### 2. 先立つものは良い種苗の安定供給：育種推進＆産業実装必要

### 3. 海藻の大量養殖技術開発：3D養殖による生産性向上に目処

### 4. 海藻のCO2固定能力を正しく測る：難分解性多糖類に着目

海藻の多面的価値に着目、食糧生産とCO2固定の両立