

【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

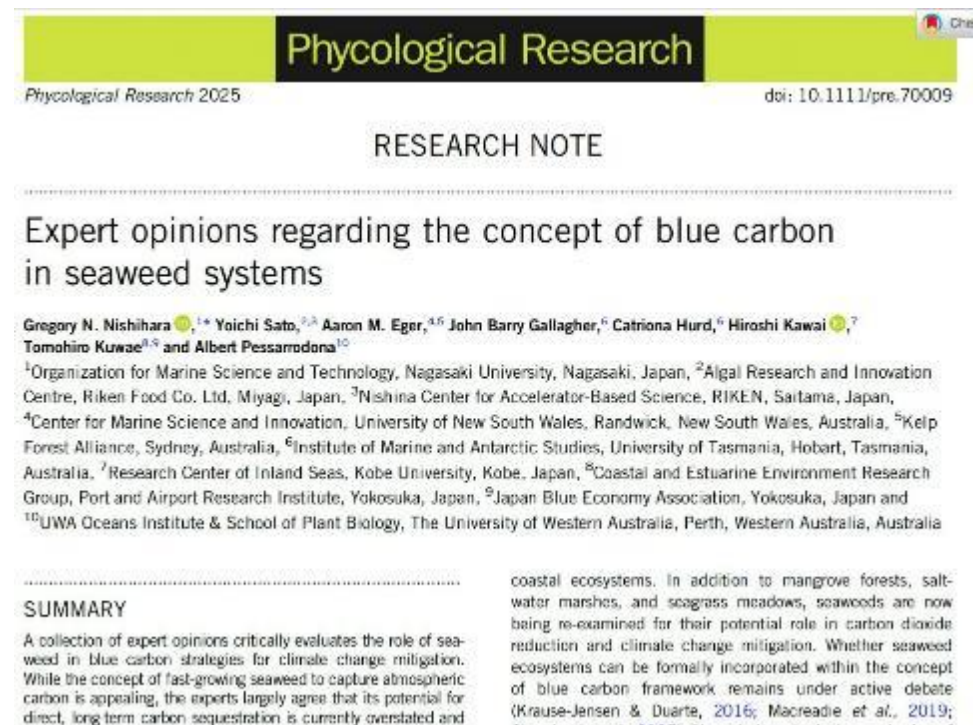
佐藤 陽一
理研食品株式会社
取締役・原料事業部長



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CO₂固定能力を正しく測る



Nishihara and Sato et al. (2025)
Phycological Research
<https://doi.org/10.1111/pre.70009>

海藻とCO₂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
- 土壌
- 肥料



ワカメ養殖（岩手県）



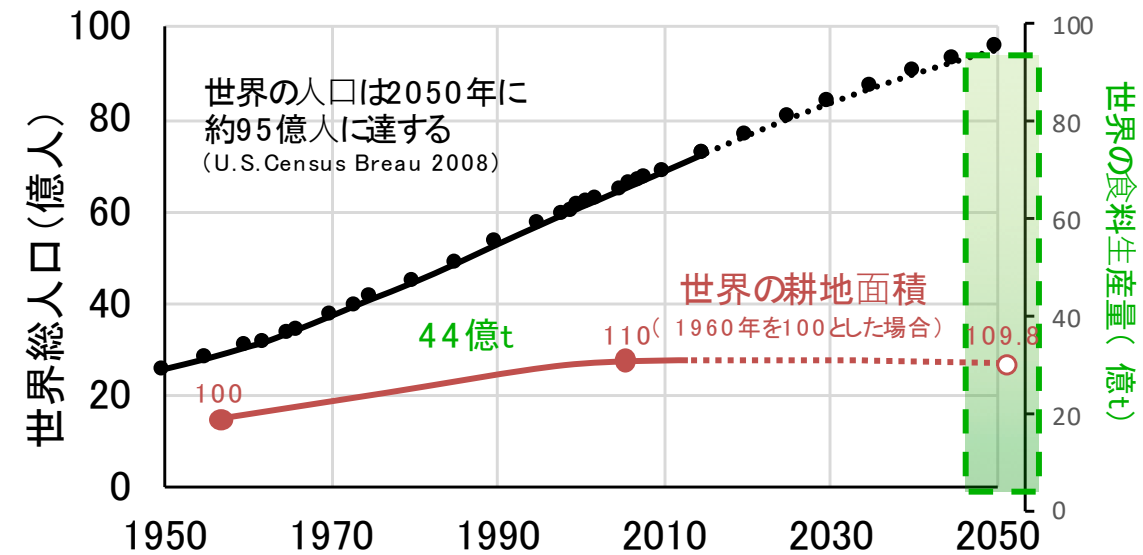
アオノリ陸上養殖 (Sato et al. 2023, Cytologia)



釧路の天然昆布

秋田県のアサギシモク群落とハタハタ卵塊 (写真提供：秋田県 甲本亮太博士)

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



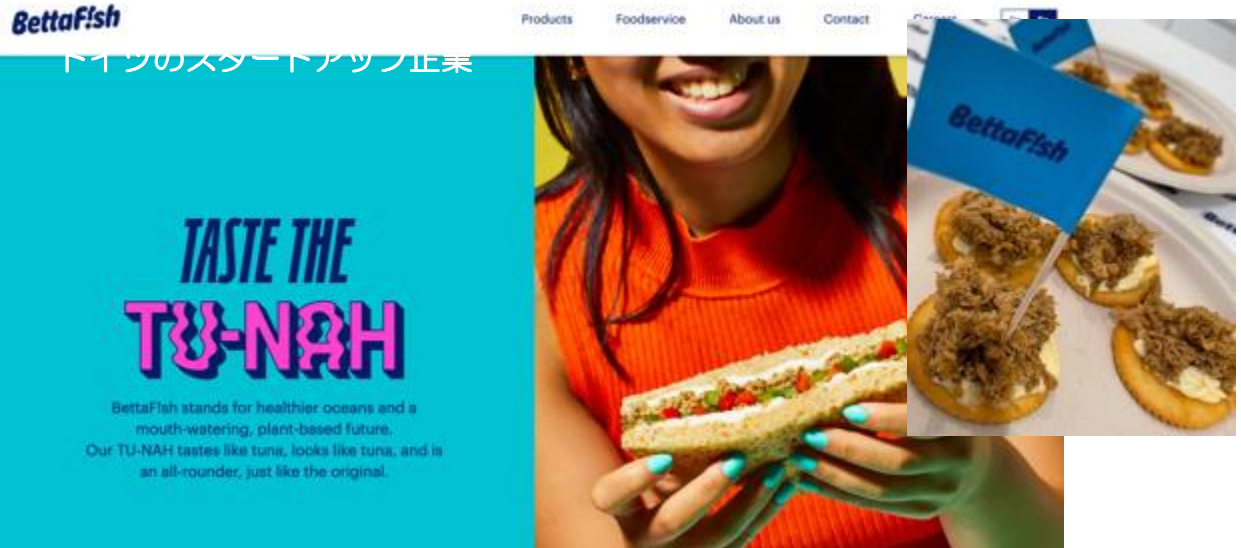
海藻バーガー（非動物性蛋白）

海藻から作った「食べれるプラスチック」



NOTPLA HPより

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) =ツナ



Betta Fish HPより

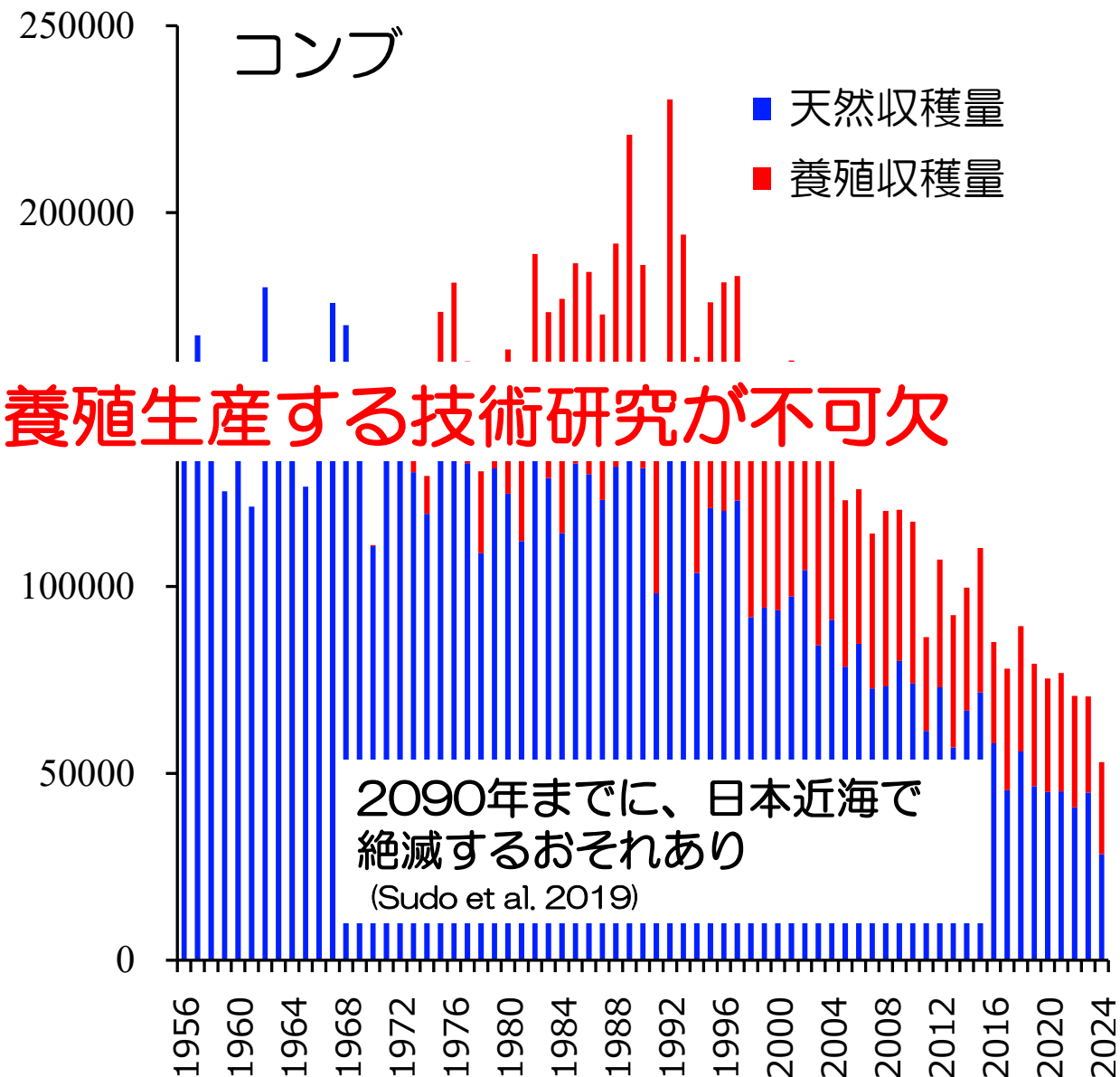
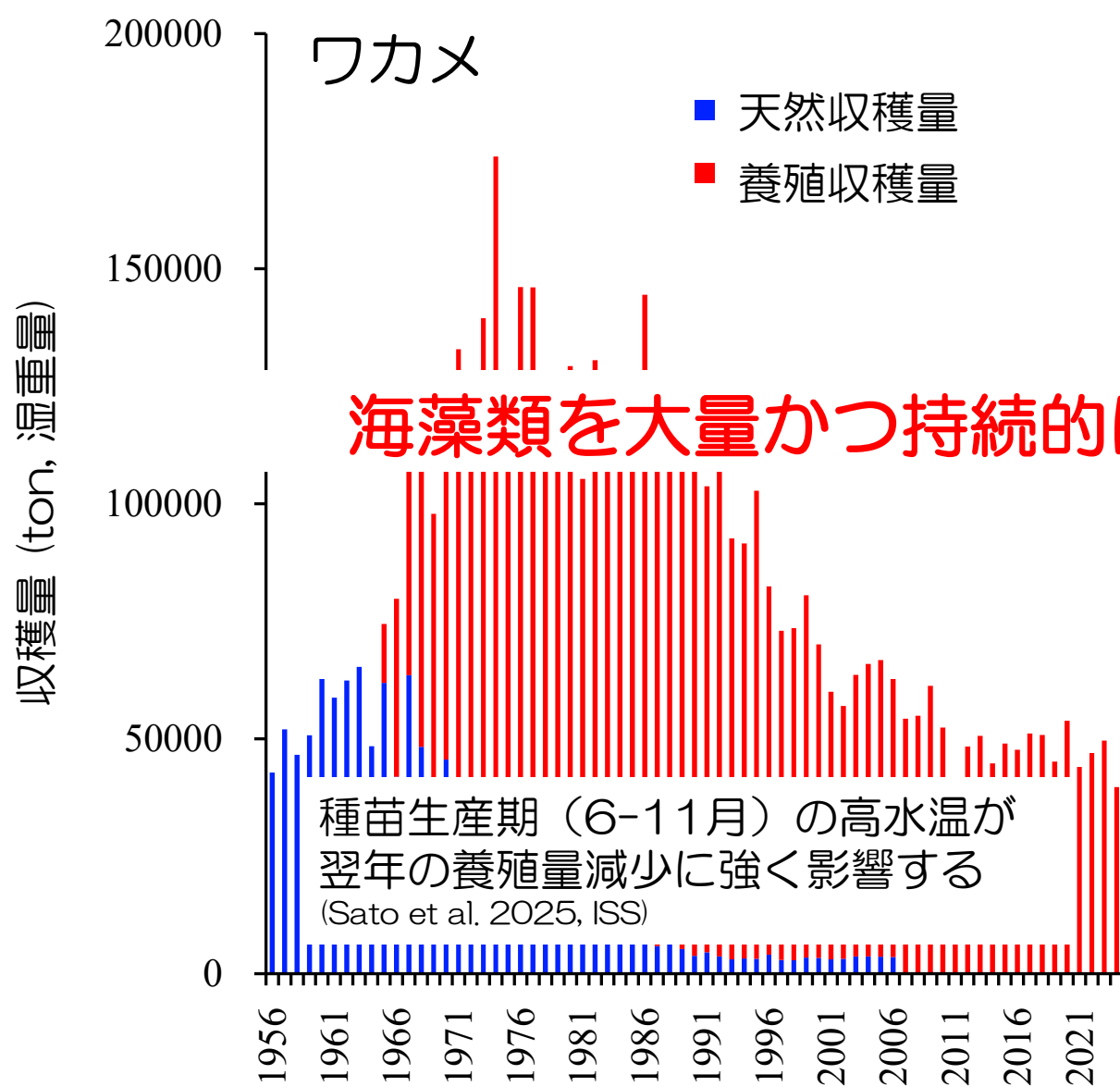
2012年



気象庁HP：海洋の健康診断表

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

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CO₂固定能力を正しく測る

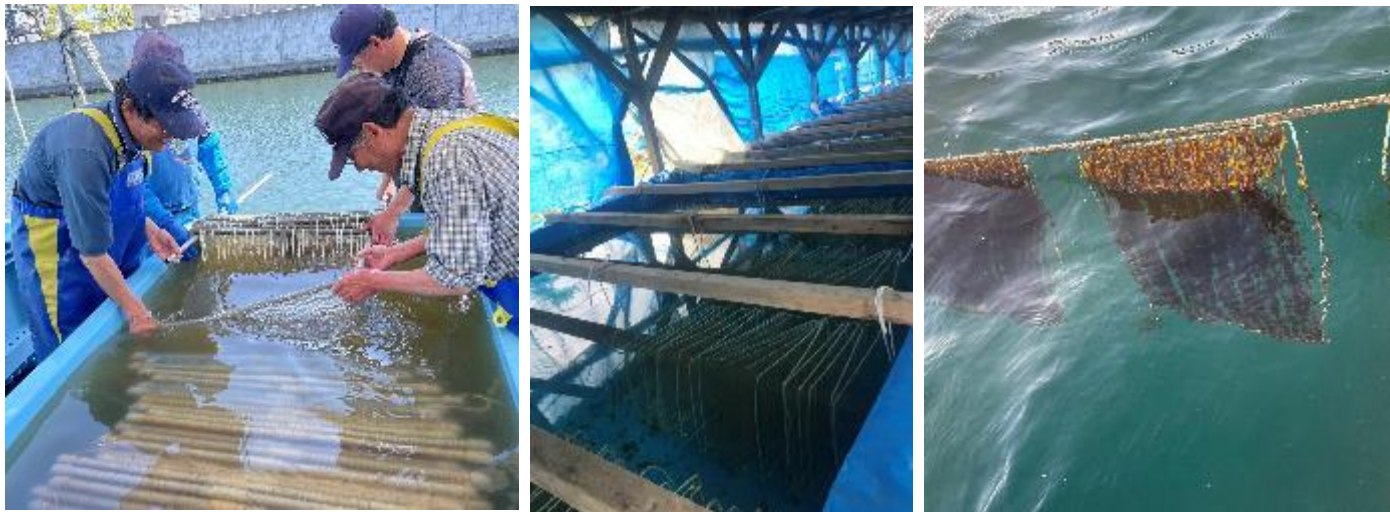
ワカメ種苗は海洋環境への依存度大きい → 環境制御可能範囲を広げたい

岩手: 海水中で光量を調節して発芽を制御



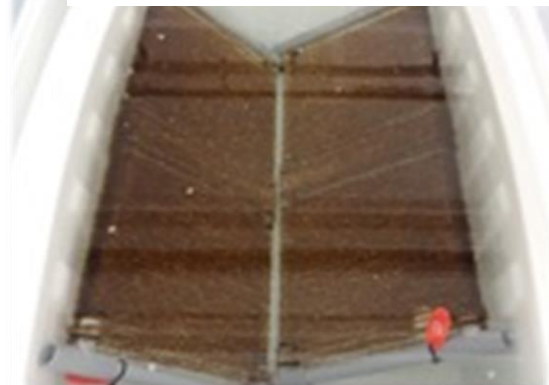
暗黙知依存、環境影響受けやすい

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)



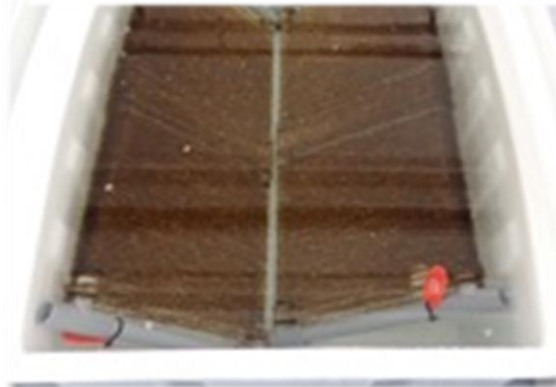
最適条件を解明→種苗生産システム
(Sato et al. 2020, Genes)



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



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)



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)



R1: 早生
(2016)



RX11: 中早生
(2020)

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

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CO₂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

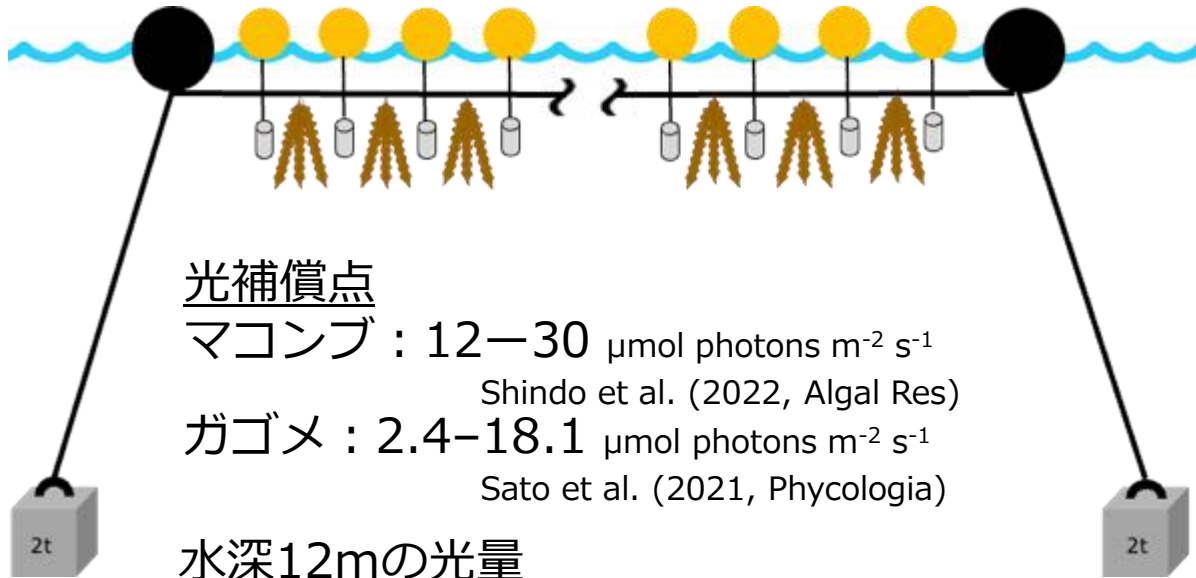


漁場を3Dに活用
コンブの大規模養殖
+対応した種苗生産



原料確保が最重要課題：大量に養殖するためには？

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

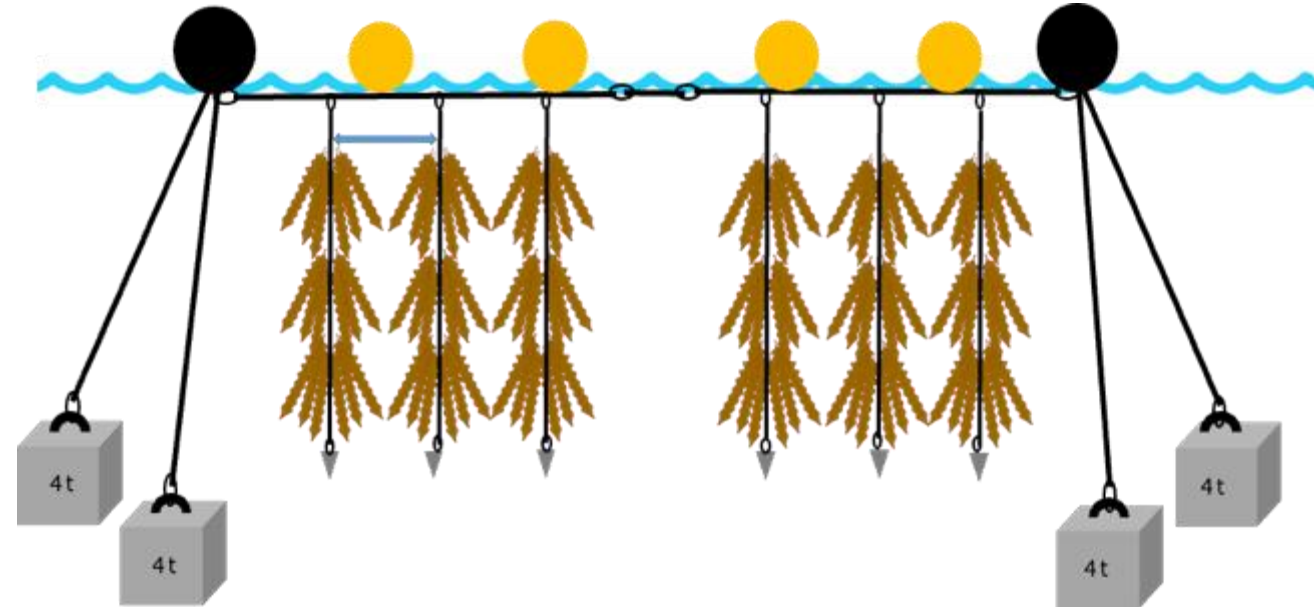
：80 (~300) $\mu\text{mol photons m}^{-2} \text{s}^{-1}$

(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)



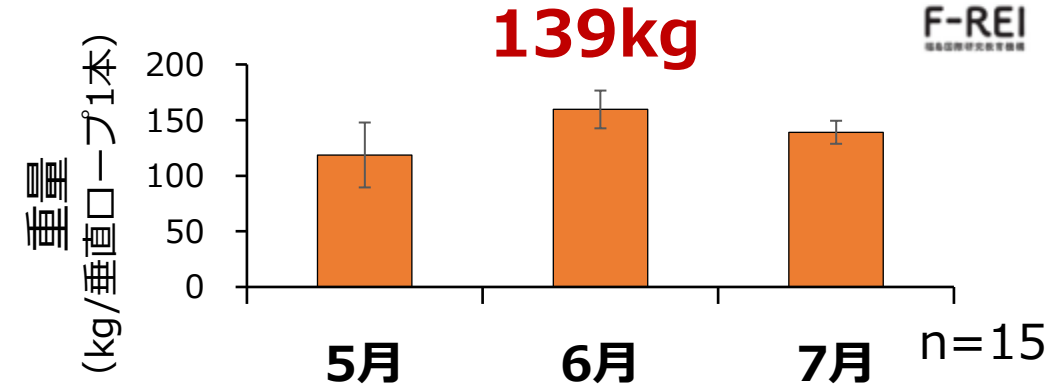
水深 5 m 付近で極大、10mまでが適正
垂直ロープ設置幅1.5m
外洋 > 内湾 = 流動環境重要

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



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

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

食用
昆布エキス
メタン発酵



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CO₂固定能力を正しく測る

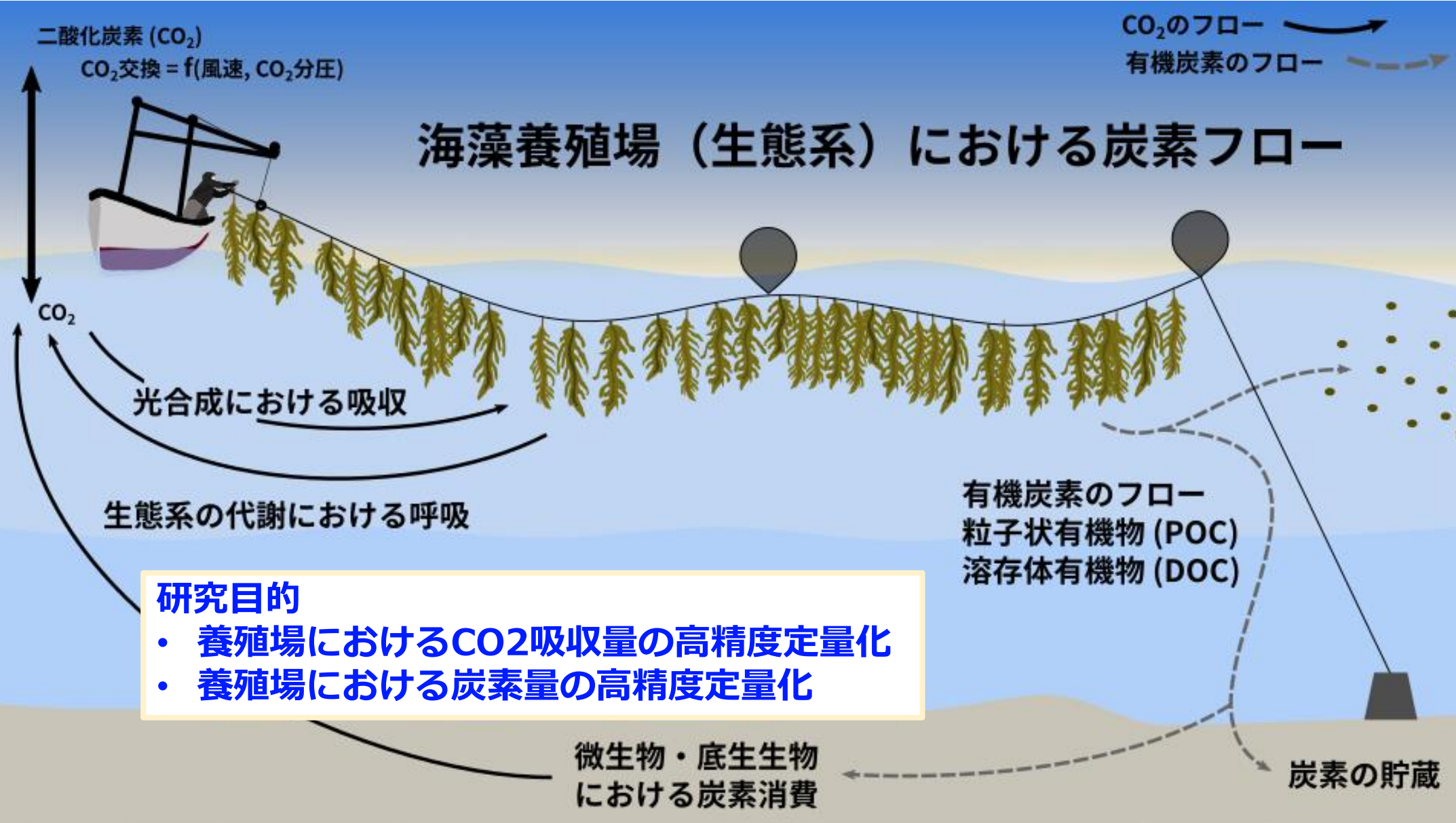
研究代表

G.ニシハラ教授
長崎大学

共同研究機関

琉球大学
高知大学
東北大学
理研食品

海藻養殖場（生態系）における炭素フロー



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.

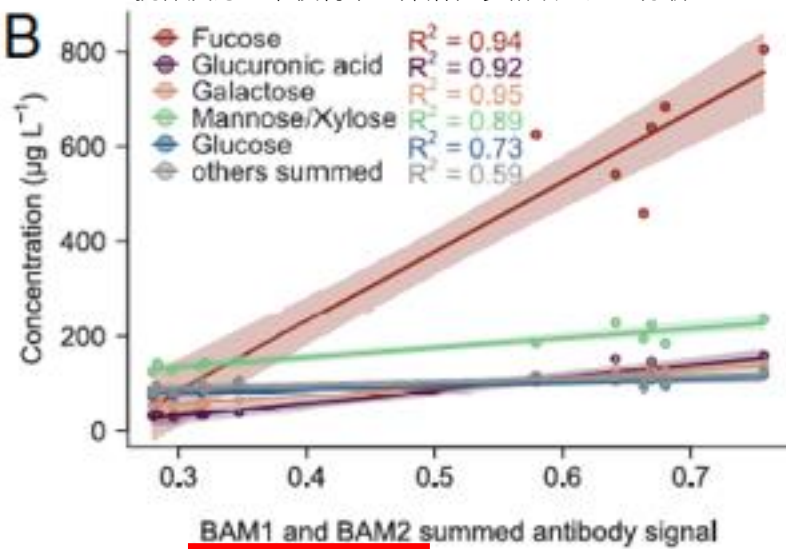
バルト海の
コンブ群落

バルト海の
コンブ群落

		Cellulose					Pectin					Hemicellulose					AGP					FCSP											
Depth (cm)	Year (circa)	CBM3a	CBM3b	JIM5-Homogalacturonan with a low DE	JIM7-Homogalacturonan with a high DE	LM7-Non-blockwise partially methyl-esterified HQ/alginates	LM19-partially methyl-esterified homogalacturonan	LM20-Partially methyl-esterified homogalacturonan	LM18-Partially methyl-esterified homogalacturonan	LM16-Galactosyl residue(s) on rhamnogalacturonan I	LM3-Xylogalacturonan	LM5-(1 → 4)-β-D-galactan	LM6-(1 → 3)-α-L-arabinan	LM13-Unesterified (1 → 3)-α-L-arabinan	LM10-(1 → 4)-β-D-xylofuran	LM11-(1 → 4)-β-D-xylofuran/arabinoxylan	BS-400-4-(1 → 4)-β-D-mannan	LM21-(1 → 4)-β-D-(galactosyl)glucomannan	LM15-Xyloglucan (XXXG motif)	LM25-Xyloglucan	BS-400-2-(1 → 3)-β-D-glucan	BS-400-3-(1 → 3)(1 → 4)-β-D-glucan	CBM6-(1 → 3)(1 → 4)-β-D-glucan	JIM8	JIM13	JIM16	LM14	MAC307	BAM1-Un-sulfated 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-Extensin
0-1	2011	0	19	6	7	0	12	0	7	0	0	9	5	0	10	10	29	11	7	27	50	85	0	0	6	6	15	0	63	39	0	6	8
5-6	1996	0	9	0	0	19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	19	27	0	0	0	0	87	0	0	0	0	0	0	39	13	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	55	5	6	9	7	13	16	58	50	0	8	7
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	0	7
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	6	0	32	24	0	0	0
16-17	1967	0	27	13	7	6	8	0	7	0	6	8	0	0	11	24	20	13	10	28	15	83	0	0	0	8	13	9	43	37	0	8	5
20-21	1967	10	38	8	0	0	0	5	9	0	0	6	0	0	0	13	16	8	9	23	16	70	0	0	7	0	19	8	45	42	0	0	0
26-27	1940	0	26	10	9	0	20	0	11	0	5	10	0	0	9	14	22	14	16	44	12	86	0	0	9	0	19	1	55	51	0	6	9
28-29	1936	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	7	8
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	13	53	60	0	7	7
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	13	61	60	0	11	8
37-38	1896	0	42	14	13	0	18	0	12	7	10	14	13	7	11	23	34	18	17	48	16	100	6	10	7	10	20	13	57	53	0	9	9
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	8	7
45-48	1860	0	44	11	9	0	10	0	6	5	5	11	0	0	12	31	20	13	10	45	0	82	0	6	10	6	15	1	44	69	0	8	7
50-52	1850	0	26	7	8	0	7	0	7	0	0	9	0	0	7	17	18	11	7	33	0	66	0	0	5	5	13	8	45	60	0	5	0
54-66	1848	0	34	8	6	0	6	0	12	0	0	7	0	0	6	18	19	10	10	30	0	84	0	6	5	0	23	7	36	62	0	6	0
58-60	1838	9	14	0	0	0	0	0	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	13	52	0	0	0	0	5	0	15	45	0	0	0	
62-64	1828	28	12	0	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	0	0	
66-67	1818	0	14	0	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	0	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 polysaccharide (fucidans or fucans).

抗体反応で堆積物中の難溶性多糖類を定量分析



Buck-Wiese et al. (2022) Fig.2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)

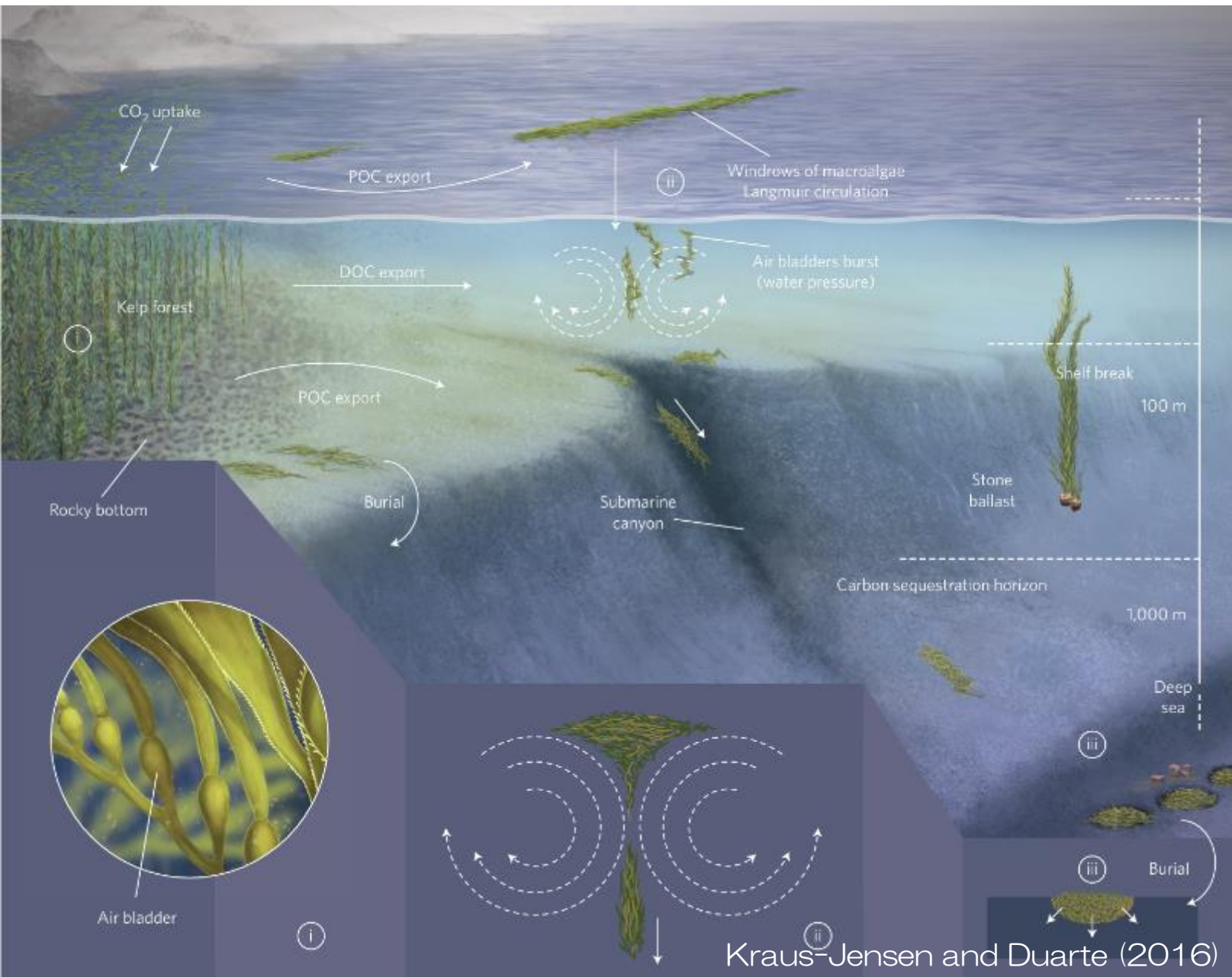
海藻由来の多糖類
養殖生産プロセスのC固定・隔離への貢献度は大きいのでは？

👉 地中67cm = 1818年相当
フコイダン形成多糖類が検出された

正確に測る：半閉鎖系環境での評価実施中、漁場データと合わせて精緻化



海藻の力：食、バイオマテリアル、CO2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CO₂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