

水産養殖ブルーカーボン 『兵庫モデル』について

- ア CO₂吸収量の定量化について
 - イ 製造工程の省CO₂化について
-
-

CO₂吸収量の定量化について

- 離脱量を考慮したCO₂吸収量定量化の検討
- 離脱量の算定手法検討
- 炭素含有量分析
- CO₂吸収量の試算

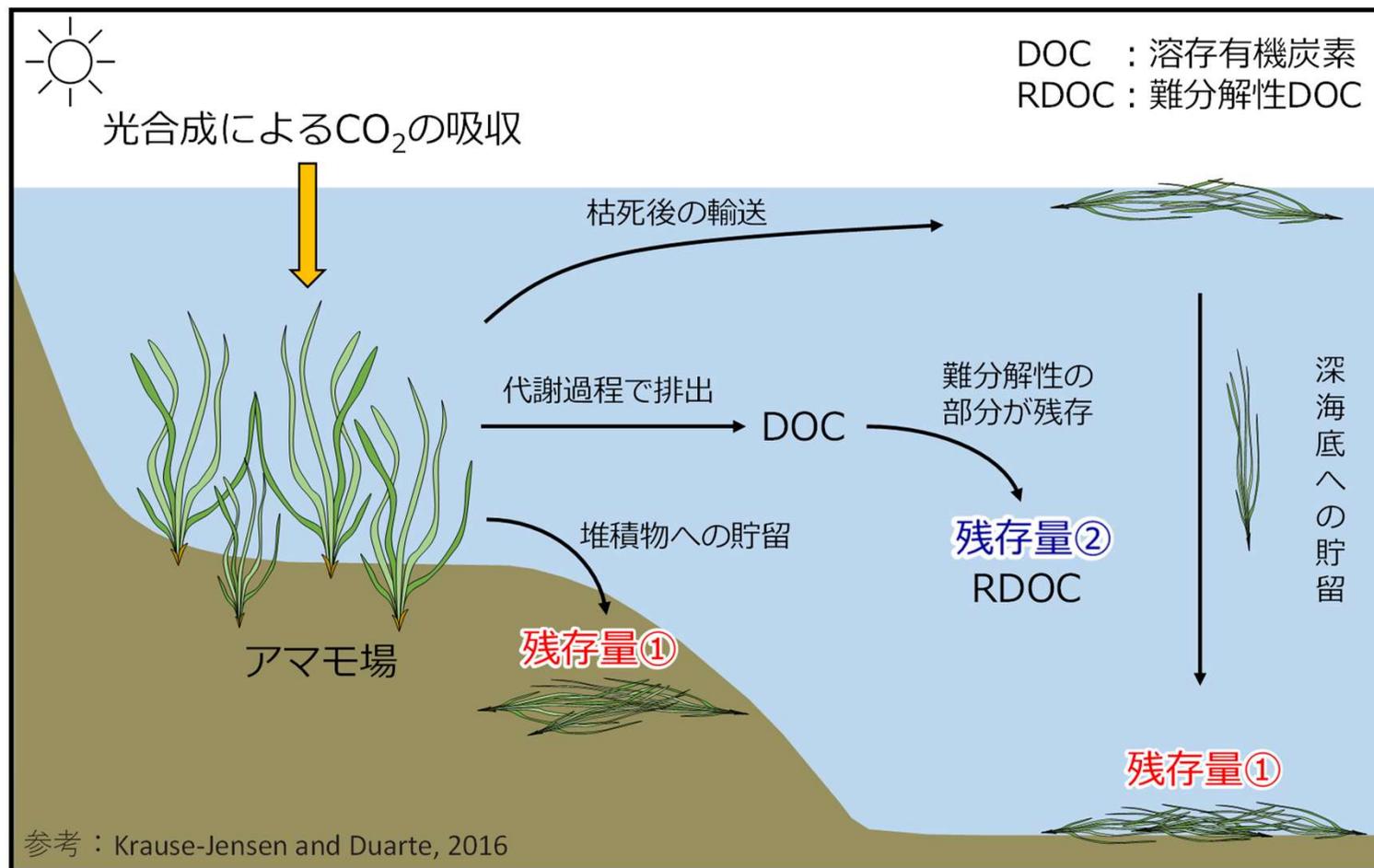
製造工程の省CO₂化について

- 現状の乾燥工程におけるCO₂排出量の把握
- 省エネルギー設備の導入による省CO₂化の検討
- 燃料転換による省CO₂化の検討

CO₂吸収量の定量化について

Jブルークレジット制度の対象となるCO₂(ブルーカーボン)

海洋生物の作用によって海水中に吸収されたCO₂(ブルーカーボン)のうち、Jブルークレジット制度の対象になるCO₂は**土壌や海水中、深海に数百年単位で貯留されるCO₂(正味のCO₂吸収量)**である(下図の残存量①、残存量②)



参考：Krause-Jensen and Duarte, 2016

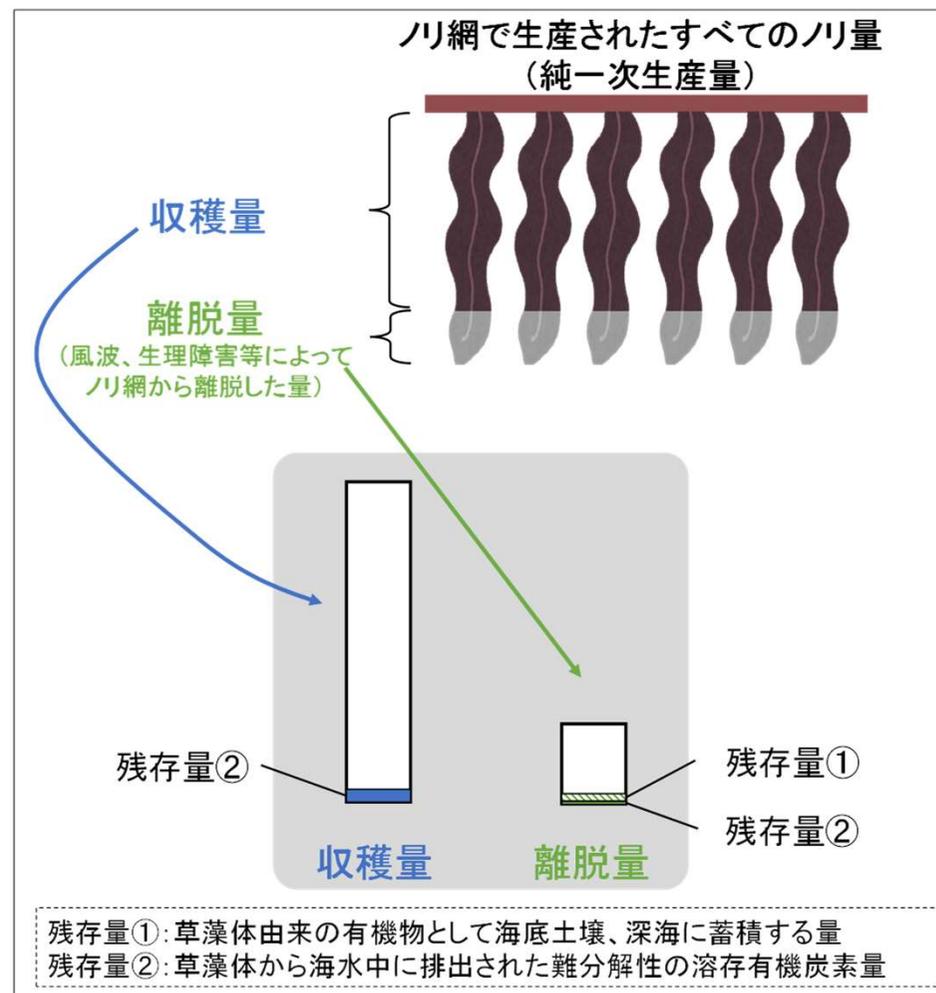
残存量①: 草藻体由来の有機物として海底土壌、深海に蓄積する量

残存量②: 草藻体から海水中に排出された難分解性の溶存有機炭素量

養殖ノリのCO₂吸収量の定量化イメージ

✓ 定量化イメージのポイント

- ノリ網で生産されたすべてのノリ量を、**収穫量**と**離脱量**（風波や生理障害等によってノリがちぎれて、収穫することができずに海域へと流出する量）に**区分**
- 収穫分については**藻体が収穫されるため、残存量①（藻体由来の有機物として蓄積する量）は認められない**
- 収穫量の**残存量②**と、離脱量の**残存量①**及び**残存量②**を足し合わせた量がCO₂吸収量に相当すると考える



$$\text{CO}_2\text{吸収量} = \left(\text{—} + \text{—} \right)$$

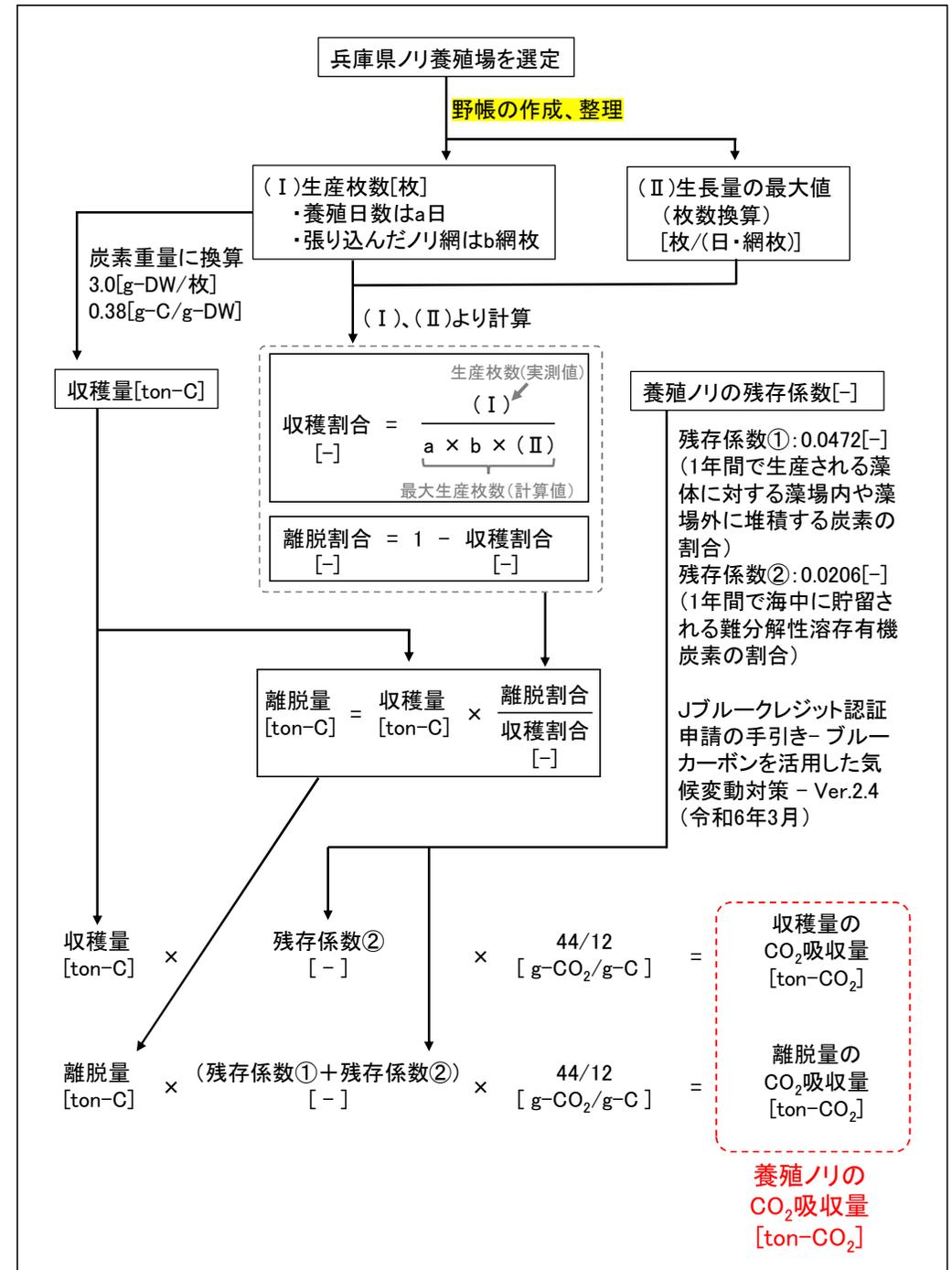
— —

収穫量のうちの残存量② 離脱量のうちの残存量①と残存量②

養殖ノリのCO₂吸収量の定量化イメージ

養殖ノリのCO₂吸収量の定量化フロー

- イメージを基に定量化のフロー図を整理
- 離脱量算定のため、**ノリ収穫時に野帳を作成し、(I)、(II)の情報を整理**
- 炭素含有量についても**独自に調査**
- 他の定数は文献値を使用



生長量の最大値の算定手順

【野帳】

摘採日	漁場	摘採回数	摘採網数 [網枚]	生産枚数 [枚]
12/20	A	1	500	216,000
12/23	B	1	700	567,000
12/26	C	1	600	489,600
12/29	A	2	500	463,500
1/1	B	2	700	535,500
1/4	C	2	600	496,800
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮

※12/14に本張り開始

1網、1日あたりで生長するノリの量を、乾ノリ生産枚数へと換算した値

$$\frac{\text{生産枚数[枚]}}{\text{摘採間隔[日]} \times \text{摘採網数[網枚]}}$$

【整理表①】

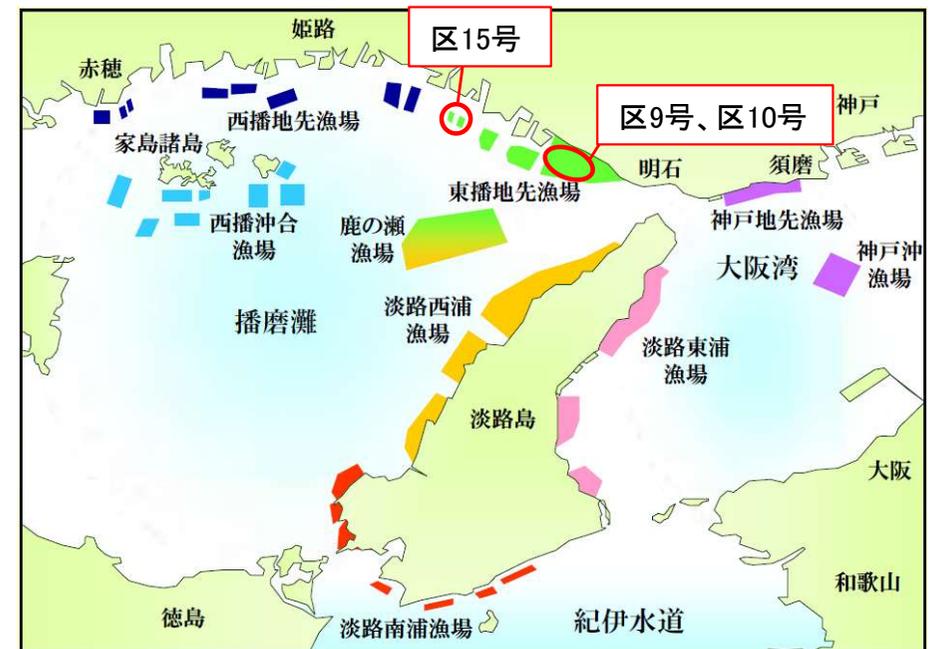
摘採回数	漁場	摘採間隔 [日]	生長量 (枚数換算) [枚/(日・網枚)]
1	A	6	72
1	B	9	90
1	C	12	68
2	A	9	103
2	B	9	85
2	C	9	92
⋮	⋮	⋮	⋮

【整理表②】

摘採回数	各摘採回数における 最大の生長量 [枚/(日・網枚)]
1	90
2	103
⋮	⋮
平均	98

収穫時期や色落ちの有無で炭素含有量が変化するかを調査

項目	概要
調査場所	東播磨漁場(区9号、区10号)、高砂漁場(区15号)
調査時期	2023年12月～2024年2月、2025年1～2月
サンプリング回数	通常のノリ: 20回(10回×2年) 色落ちノリ: 2回(2回×2年)
測定方法	サンプルを凍結乾燥後、CHNコーダーで全炭素(T-C)を測定



通常のノリ

2023年12月～2024年2月

全炭素T-C (g-C/g-dry)

汐数 採取日	1汐目 2023/12/24	3汐目 2024/01/05	5汐目 2024/01/20	7汐目 2024/02/04	9汐目 2024/02/18
摘採前	0.393	0.356	0.374	0.346	0.384
摘採後	0.378	0.366	0.359	0.368	

2025年1～2月

全炭素T-C (g-C/g-dry)

採取日	2025/01/06	2025/01/12	2025/01/20	2025/01/27	2025/02/01
—	0.374	0.365	0.366	0.388	0.401
採取日	2025/02/07	2025/02/11	2025/02/15	2025/02/21	2025/02/xx
—	0.395	0.400	0.398	分析中	分析中

時期による明瞭な差はみられなかった

色落ちノリ

2023年12月～2024年2月

全炭素T-C (g-C/g-dry)

1回目 2024/02/04	2回目① 2024/02/18	2回目② 2024/02/18
0.356	0.349	0.374

【参考】
通常ノリ
平均値

0.369

2025年1～2月

全炭素T-C (g-C/g-dry)

1回目 2025/02/15	2回目 2025/02/27
0.371	分析中

【参考】
通常ノリ
平均値

0.386

通常のノリとの明瞭な差はみられなかった

現場試験の結果を使用して養殖ノリのCO₂吸収量を試算

兵庫県全域、平成30年～令和4年の漁期(7月～翌年6月)の結果

	純一次生産量		CO ₂ 吸収量 [ton-CO ₂ /年]
	乾燥重量 [ton-dry/年]	CO ₂ 換算量 [ton-CO ₂ /年]	
令和5年度の 現場試験結果より算定	3,967.0～5,338.3	5,367.3～7,222.7	135.9～182.9
令和6年度の 現場試験結果より算定	4,200.3～5,652.3	5,944.9～7,999.9	164.6～221.4

【参考①】

離脱割合、炭素含有量の各年度の現場試験結果

調査年度	離脱割合 [-]	炭素含有量 [g-C/g-dry]
令和5年度	0.10	0.369
令和6年度	0.15	0.386

【参考②】

令和5年度にJブルークレジットとして認証されたCO₂吸収量

※下記の値はベースライン(プロジェクト実施前)の値を引いている量
のため比較には注意が必要

対象地域 (対象種)	期間	CO ₂ 吸収量 [ton-CO ₂]
須磨海岸 (カジメ、ワカメ、 アカモク、アマモ)	令和3年7月13日～令和5年8月23日 (2年間)	5.5
三重外湾 (アオサノリ)	平成30年7月1日～令和3年6月30日 (3年間)	21.6

製造工程の省CO₂化について

- **モデルケース**として、橋本水産(江井ヶ島漁業協同組合)、栄福水産(室津浦漁業協同組合)、すまうら水産有限責任事業組合(神戸市漁業協同組合)に協力いただき、**乾燥工程の省CO₂化を検討**

現状の乾燥工程におけるCO₂排出量の把握

橋本水産(江井ヶ島漁業協同組合)、栄福水産(室津浦漁業協同組合)、すまうら水産有限責任事業組合(神戸市漁業協同組合)で**現在使用している乾燥機のCO₂排出量を把握**

省エネルギー設備の導入による省CO₂化の検討

ヒアリングを実施し、**導入の容易さ、省CO₂化の程度**等を整理

燃料転換による省CO₂化の検討

ヒアリング、文献調査を実施し、燃料転換の**実現可能性、省CO₂化の程度、メリット・デメリット**等を整理

下記の日程でヒアリングを実施(計8回)

令和4年 9月12日	令和4年 9月13日	令和4年 8月22日	令和4年 9月上旬	令和6年 2月9日	令和6年 5月23日	令和6年 6月23日	令和6年 12月12日
栄福水産	橋本水産	(株)ニチモ ウワンマン 兵庫出張所	(株)ニチモ ウワンマン 本社(書面)	(株)ニチモ ウワンマン 本社	小串漁協 (岡山県)	(株)タナカ 企画 (竹下産業 (株)代理店)	すまうら水産 有限責任 事業組合

- **ヒアリングを実施し、現状の乾燥工程におけるCO₂排出量を把握**
- **橋本水産では省エネルギー設備である多管式省エネ管を導入**
- **多管式省エネ管の導入前後でCO₂排出量は平均約20%削減(最大約50%削減)**

	乾ノリ生産枚数 [百万枚/年]	乾燥工程におけるCO ₂ 排出量 ¹⁾		
		現状 [ton-CO ₂ /年]	【参考①】 省エネ管導入前 [ton-CO ₂ /年]	【参考②】 現状 (乾ノリ百万枚あたり) [ton-CO ₂ /百万枚]
橋本水産	3.96	79.5	98.3	20.1
栄福水産	6.37	160.0	—	25.1
すまうら水産	34.10	722.3	—	21.2
備考	平成30年～令和4年の平均値 ²⁾	平成30年～令和4年の平均値 ²⁾	平成27～29年の平均値	平成30年～令和4年の平均値 ²⁾

注 1) 乾燥機ボイラー使用時のCO₂排出量のみ

2) すまうら水産は令和2～4年の平均値

各水産で現在使用している乾燥機

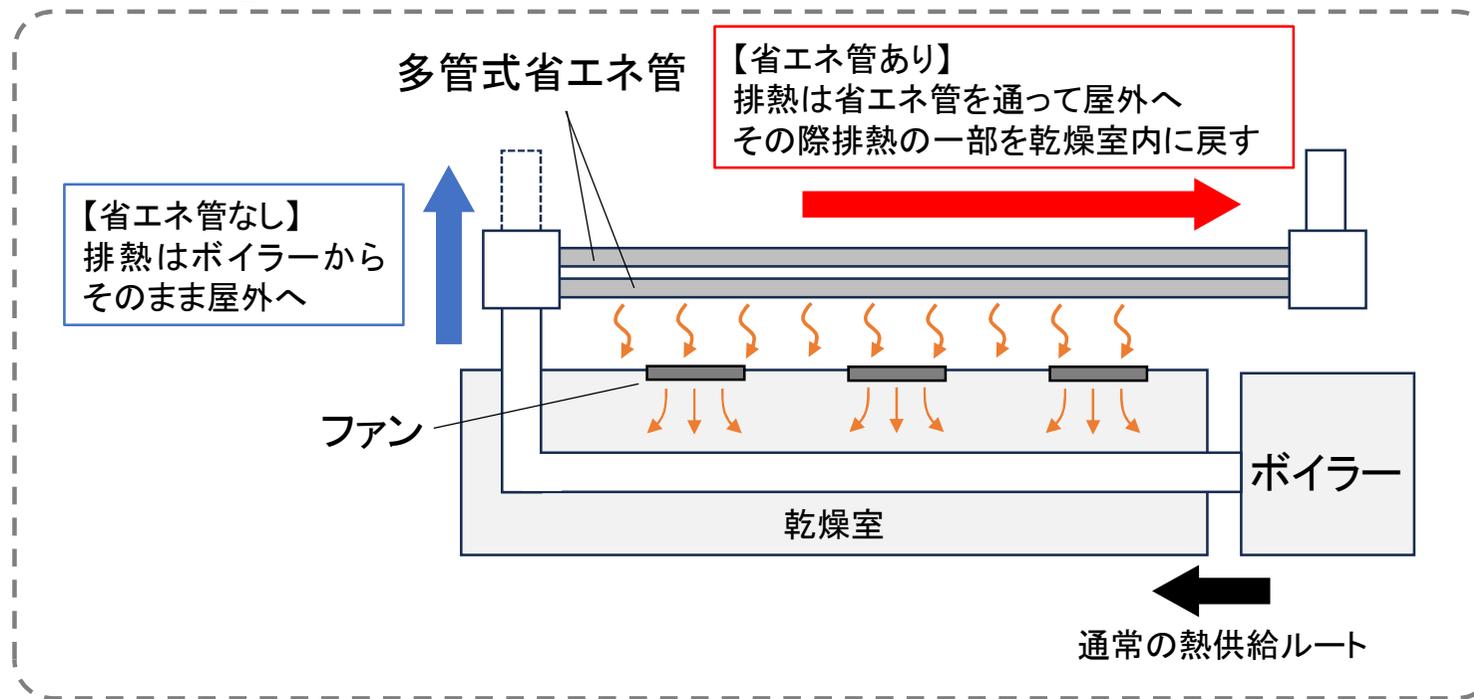
水産名	型番	メーカー	購入時期	燃料	備考
橋本水産	NZ-14型 7連W型	ニチモウワンマン	2017年10月	A重油	多管式省エネ管導入
栄福水産	NZ-10型 10連	ニチモウワンマン	2011年10月	A重油	—
すまうら水産	TXDW-219型 20連	竹下産業	2014年10月	A重油	同乾燥機を2台所有

(株)ニチモウワンマンによる取り組み

➤ 省エネルギー設備として**多管式省エネ管**を開発、販売

多管式省エネ管

設置の前後で、CO₂排出量を**最大40%程度削減可能**((株)ニチモウワンマン公表値)



- 稼働中の乾燥機にも基本的には**設置可能**(納屋の形状によっては設置不可)
- **省エネ設備に関わる補助金**を使用して導入した事例あり
- (株)ニチモウワンマンの特許技術であるため、**他メーカーの乾燥機には設置できない**
- A重油に含まれる**硫黄が管内部に付着**し、数年すると**生産効率が落ちる**(メンテナンスにより生産効率は復活)

竹下産業(株)による取り組み

➤ 省エネルギー設備として以下を開発または販売

スパイラル放熱体(販売中)

- 熱効率は10%程度上昇
(CO₂排出量を10%程度削減可能)
- 鉄板をねじることで表面積が大きくなり保温効果が向上、かつ排気管の表面を温める効果あり
- 導入費用は70~80万円程度
- コストに見合わないと考える方が多く導入は進んでいない



ハウスマン(販売中)

- 納屋に入る一次空気(外気)を温めることで、乾燥機の熱効率を高める
- 両隣が同じくノリを加工している納屋であれば一次空気は温まりやすいが、角に位置する納屋は一次空気が冷たいため「ハウスマン」を導入する事例が多い
- 燃料は基本的にA重油であるが、ガスへと燃料転換した事例あり

多管熱交換器(開発中)

➤ ヒアリング、文献調査の結果を整理

	灯油	軽油	プロパンガス	都市ガス	電気	水素
A重油からのCO ₂ 排出量の削減割合 ^{注1)} (同エネルギー使用の場合 ^{注2)})	2.1%	1.1%	14.8%	28.0%	-24.7%	?
乾燥機の整備	不要		必要(バーナー、配管整備) ※稼働中の乾燥機でも整備可能		現段階では 対応不可	
ノリの品質	変化なし		・燃焼ガスからの匂い移りはない ・ノリが固く仕上がる		—	—
A重油の価格を1とした際の燃料代の倍率 (同エネルギー使用の場合 ^{注2)})	約1.3倍	約1.3倍	約2.7倍 (小串漁協では灯油よりも安い)	約1.2倍	約2.4倍	約3.6倍
利用事例	○		○		○ (韓国)	
加熱方式	【間接加熱】燃焼ガス通した管周りの温かい空気を乾燥に使用		【直接加熱】燃焼ガスを直接乾燥に使用 排気のための煙突が不要		—	—
その他	黒煙、ススがでない →メンテナンスが容易		ガスボンベの配送に 労力がかかる 黒煙、ススがでない		韓国では電気代に補助あり	保管タンクが高額(1億円程度) 供給元が少ない

注1) Scope1及びScope2の考え方に準じて、電気以外は使用時のCO₂排出量、電気は発電時のCO₂排出量とした。

注2) CO₂排出量、燃料代の比較にあたっては、本来は燃料ごとに乾燥の機構が異なるため、生産効率を考慮した条件で比較する必要がある。しかし、各燃料の生産効率データを入手できていないため、単純な同エネルギーを使用した条件での比較としている。

全自動ノリ乾燥機 1枚あたりに必要な重油量について

	8連	9連	10連	18連	20連
1時間当たりの処理量	5,600枚	6,300枚	7,000枚	10,800枚	12,000枚
乾燥機効率	40%	42%	44%	46%	48%
1時間当たりの必要重油量	34.36ℓ	37.24ℓ	39.42ℓ	57.84ℓ	61.33ℓ
1枚当たりの必要重油量	6.14cc/枚	5.91cc/枚	5.63cc/枚	5.36cc/枚	5.11cc/枚
連数による必要重油量の比較	100%	96.3%	91.7%	87.3%	83.2%

注) 乾燥温度36°C、室内温度20°Cと想定した際の計算結果

竹下産業(株)提供資料より抜粋

- 乾燥機を大型化することにより、生産効率が上がり、1枚当たりの必要重油量は減少

【燃料転換について】

利用事例があり、省CO₂化の効果が大きいのは**ガス（都市ガス、プロパンガス）**

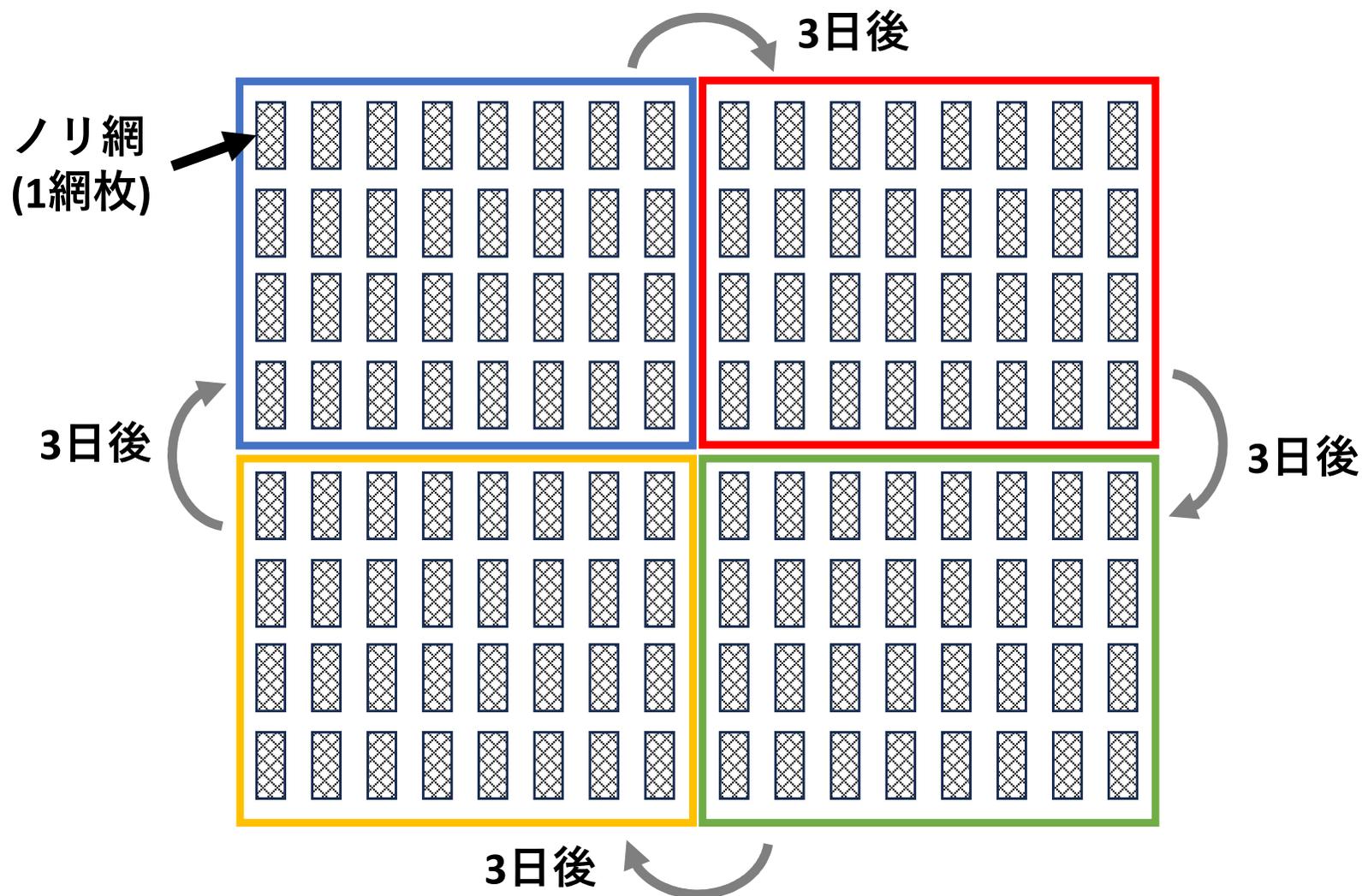
ただし、

- バーナー、配管の**整備が必要**
- A重油と比べて**イニシャルコスト（バーナー整備費）、ランニングコスト（燃料代）が高い**
- ノリの品質への影響が懸念され、**導入後のノリの品質を保証できない**

燃料転換についてすぐに着手することは困難

- 
- 当面は、**乾燥機の大型化と合わせ、省エネルギー設備の使用推奨**
 - 将来的には**ガス、電気、水素等を燃料とした乾燥機へと切り替え**

【参考】ノリの収穫について



- ノリ網を全て1日で全ての網を収穫するのではなく、区画を分けて収穫を行う
- 上の例では、各区画の摘採間隔は12日
- ただし、実際には時化などで摘採間隔が一定にならない場合が多い

【参考】養殖ノリのCO₂吸収量の試算に使用した数値

項目	単位	値	備考	引用元
養殖ノリの収穫量 (兵庫県全域)	千枚/年	1,181,114~ 1,589,403	平成30年～令和4年の漁期(7月～翌年6月)における兵庫県のノリ生産枚数	海面漁業生産統計調査(農林水産省)
ノリ網からの離脱割合	—	令和5年度:0.10 令和6年度:0.15		現場調査
乾ノリ1枚の乾燥重量	g-dry/枚	3.0	乾ノリの重量 ¹⁾ から、水分(重量含水率8.4% ²⁾)を除いた重量	1) 川島ら,2019 2) 日本食品標準成分表
ノリの乾燥重量あたりの炭素含有量	g-C/g-dry	令和5年度:0.369 令和6年度:0.386	検体の採取期間 【令和5年度】(計9検体) 2024/12/24～2/18 【令和6年度】(計8検体) 2025/1/6～2/15	現場調査
1年間で生産される藻体に対する藻場内や藻場外に堆積する炭素の割合	—	0.0472	残存係数①	Jブルークレジットマニュアル
1年間で海中に貯留される難分解性の溶存有機炭素の割合	—	0.0206	残存係数②	Jブルークレジットマニュアル