

表層型メタンハイドレート賦存海域 における深海性ヨコエビの捕獲、 飼育および生物影響評価実験

公益財団法人海洋生物環境研究所
石田 洋、瀬尾絵理子、山本めぐみ
株式会社日本海洋生物研究所
向井稜

国立研究開発法人産業技術総合研究所
環境創生研究部門 環境生理生態研究グループ
鈴木昌弘・塚崎あゆみ

国立研究開発法人産業技術総合研究所
地質調査総合センター 地質情報研究部門 海洋環境地質研究グループ
鈴木 淳・井口 亮・西島美由紀・池内絵里・喜瀬浩輝



背景

■ 目的

表層型メタンハイドレート開発に起因する潜在的な生物への影響を定量的に評価し、可能な場合は項目ごとに閾値等を設定すること。

■ ヨコエビ選択理由

- 遺伝子解析による、生物の多様性、連結性などの評価、ヨコエビもその対象生物。
- 深海性のヨコエビは、海洋物質循環や水産資源との関わりにおいて重要。
- 活力を維持した生存個体群を採取できる可能性。



■ 生体試料捕獲

■ 同定

- 分子系統学的解析
- 形態分析

■ 飼育

- 脱皮と成長
- 繁殖

■ 影響実験

- 水温
- 硫化水素
- 低塩分
- 低酸素



生体試料捕獲

■ 新世丸（深田サルベージ）



■ ROV Hakuyou 3000



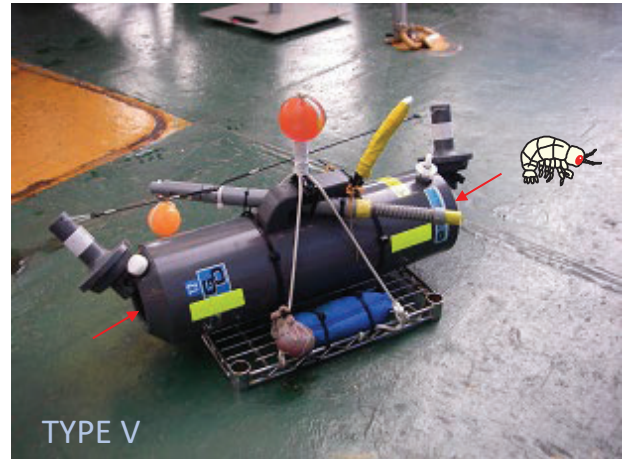
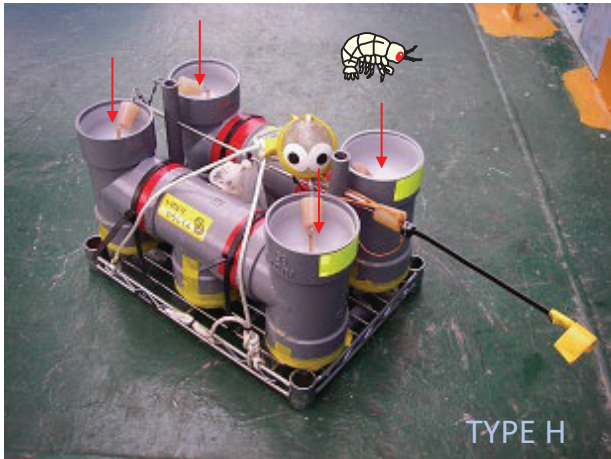
■ 海洋調査 上越沖、水深約1000m（水温1°C未満）

- SS21-2 2021/6/22 – 2021/7/14
- SS22-2 2022/8/19 – 2022/9/1



生体試料捕獲

■ ベイトトラップ フタができる = 採取生物と現地の海水を保持



■ 採集

設置期間	ベイトトラップ	個体数	水温 (回収時)	試料 ID
2021/7/4-7/8	TYPE H	70inds	6.2°C	2021TYPE_H
2021/7/9-7/13	TYPE V	300inds	6.6°C	2021TYPE_V
2022/8/20-8/25	TYPE H	300inds	3.7°C	2022TYPE_H
2022/8/23-8/30	TYPE V	200inds	10.7°C	2022TYPE_V

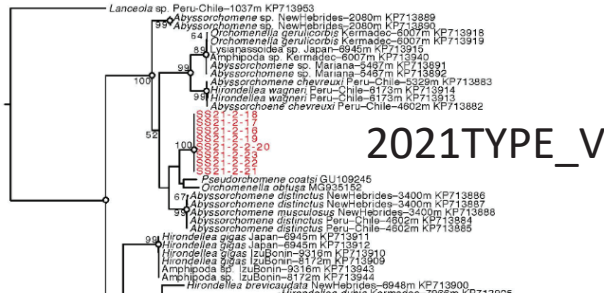


同定

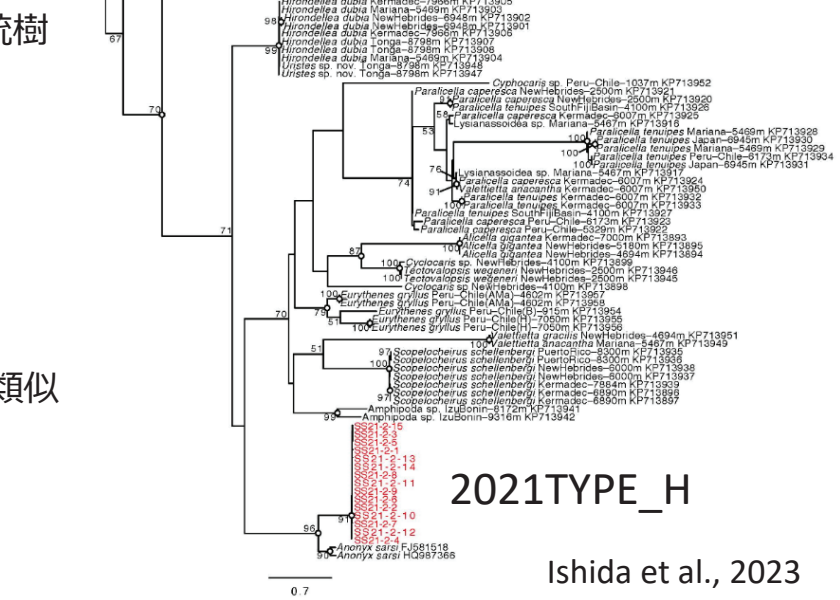


同定

分子系統学的解析 ミトコンドリアCOI解析



端脚類系統樹



形態分析

2021TYPE_V
2022TYPE_H
2022TYPE_V } 類似

Ishida et al., 2023

飼育

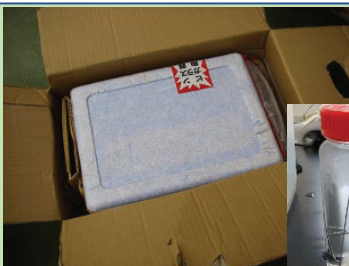
SS21-2
2021TYPE_V



海から



陸へ



約 80個体

48個体を飼育



1000mL
7-12個体
4瓶

250mL
1-3個体
3瓶

小型の冷凍
・冷蔵庫



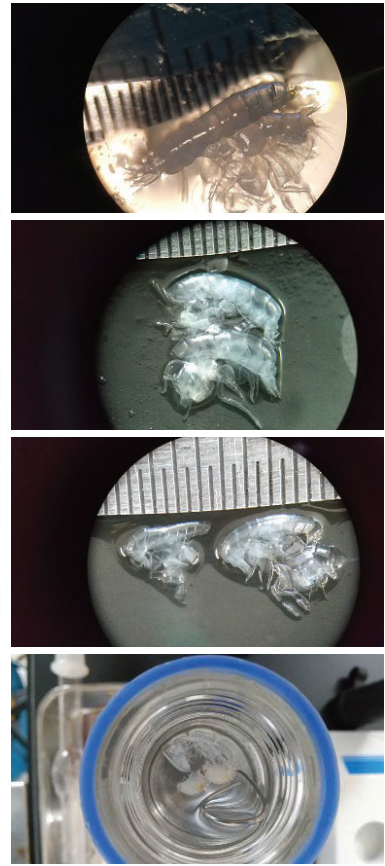
エサ:マアジ



- 10-20日間隔
- 海水交換
- DO, pH, 水温

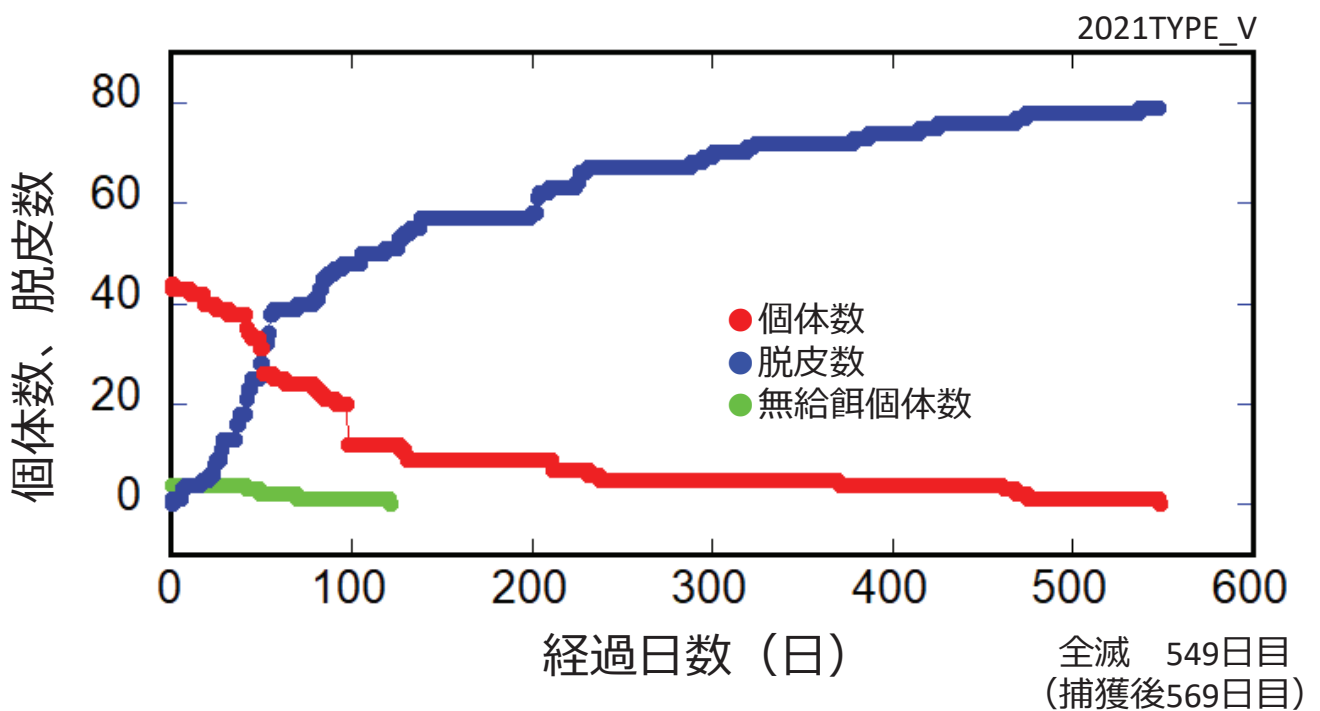
飼育

■脱皮



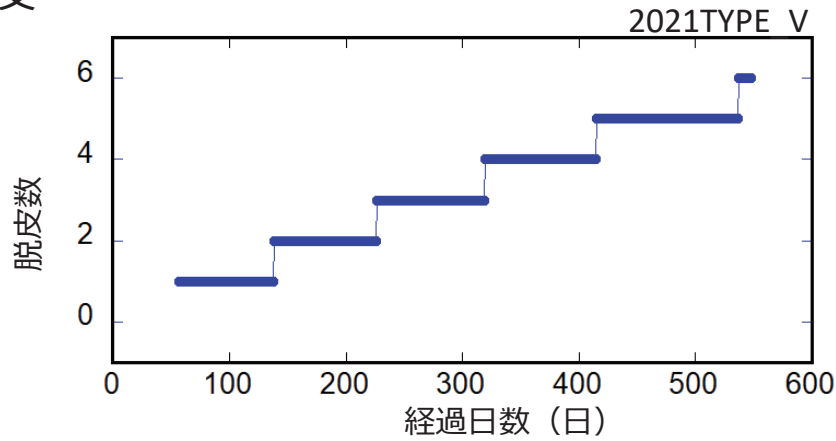
飼育

■個体数と脱皮数

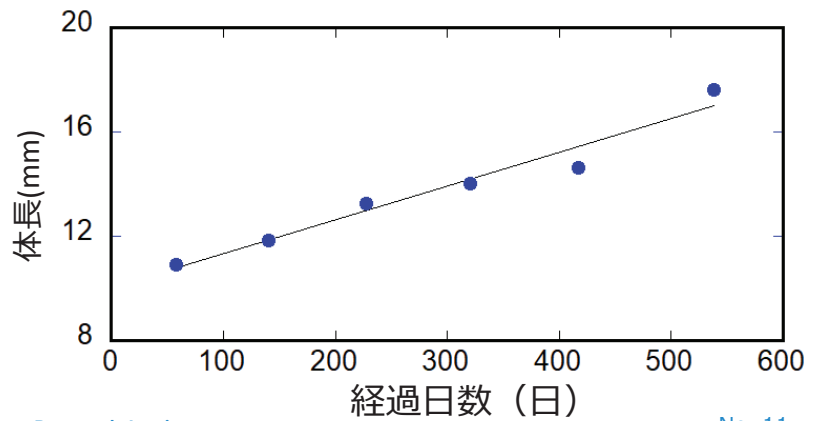


飼育

■脱皮



■成長



飼育

■繁殖

SS22-2 2022TYPE H

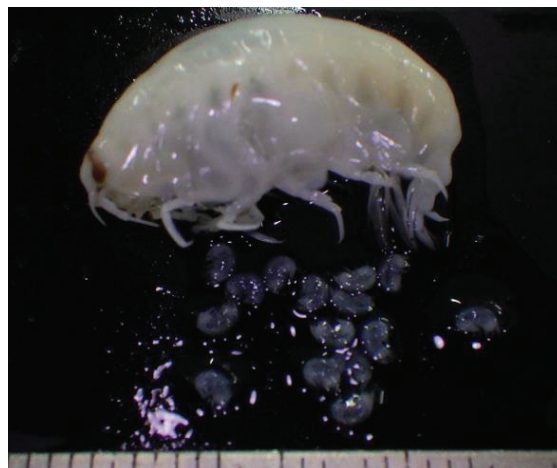


17.1-27.7mm

仔の発生



4.08±0.41mm 4-28 inds.



飼育

■繁殖

SS22-2 2022TYPE H



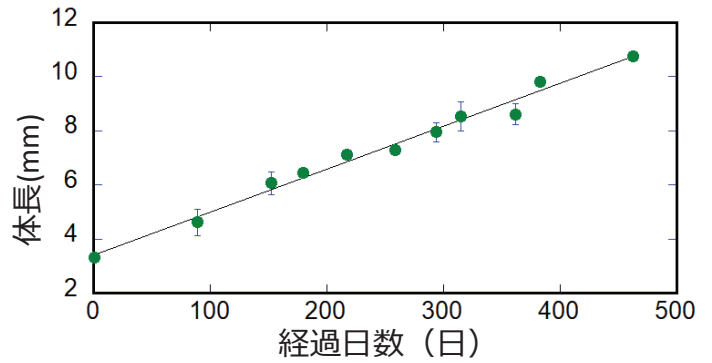
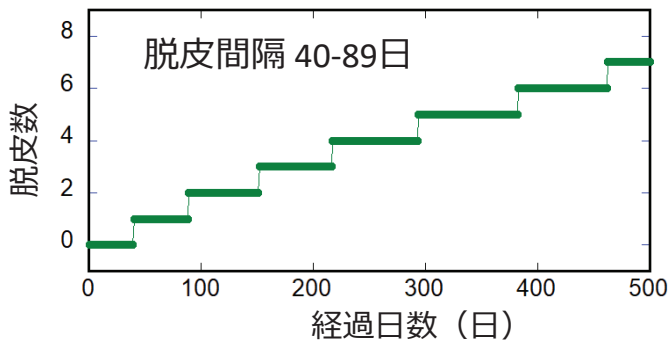
17.1-27.7mm

仔の発生



4.08±0.41mm 4-28 inds.

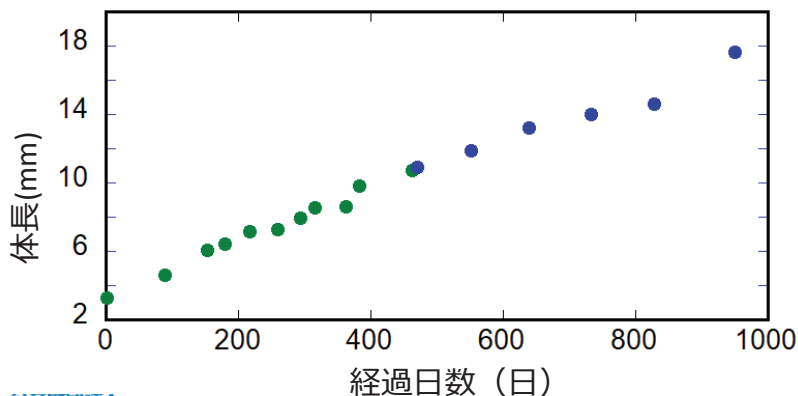
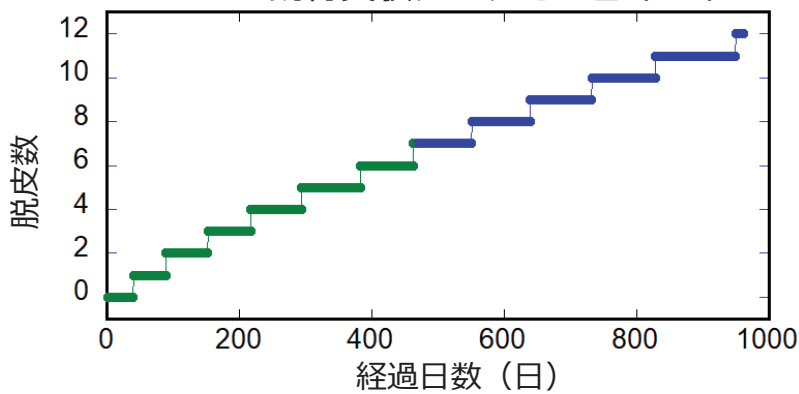
■脱皮と成長 仔6個体、個別飼育



飼育

■脱皮と成長

2つの飼育実験データをジョイント



仔



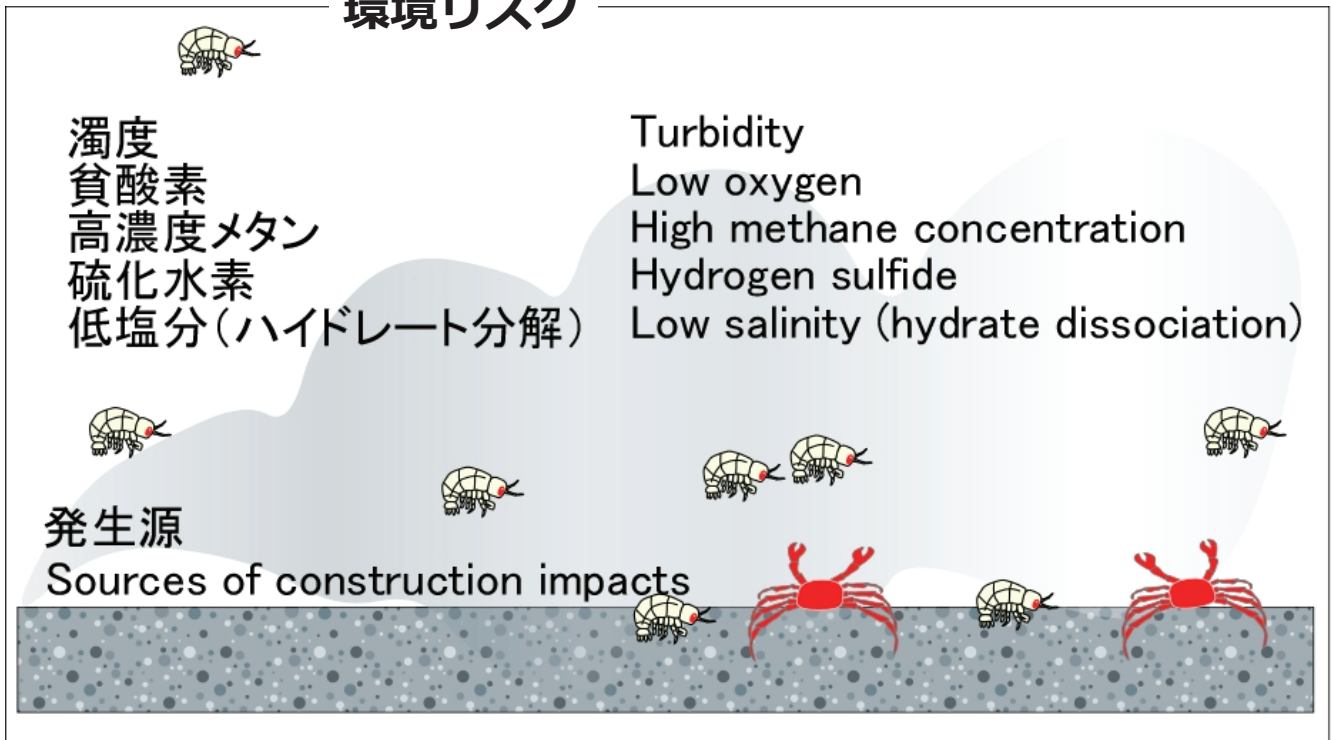
成長

約1000日
脱皮12回

成熟



環境リスク



■水温

■硫化水素 (H₂S)

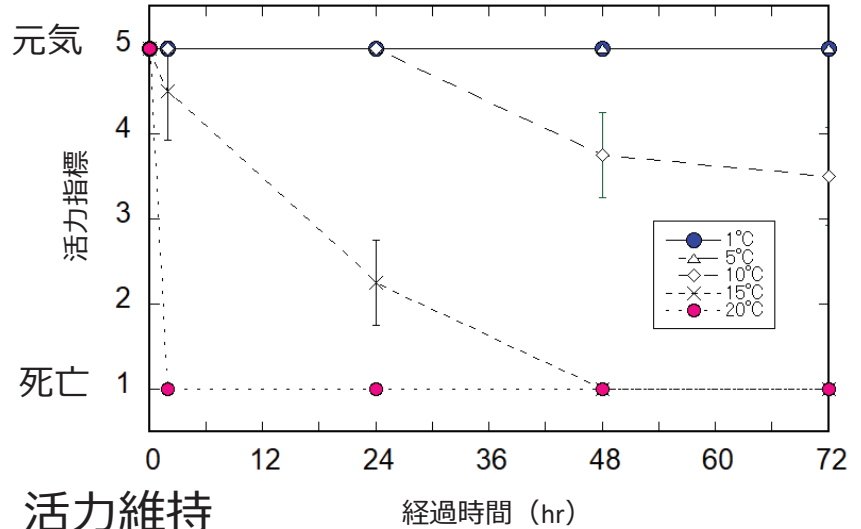
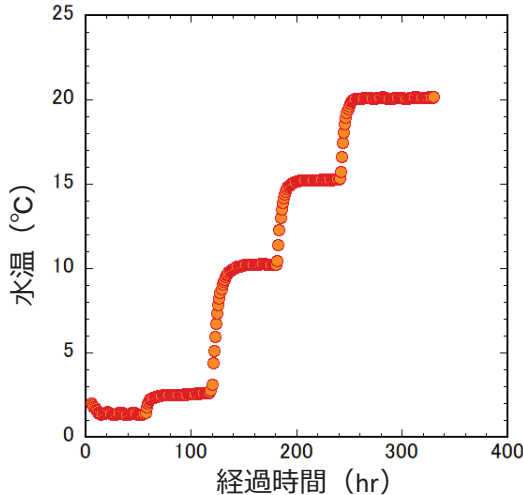
■低塩分

■低酸素

水温

■実験（生体取り扱い）の注意事項として水温耐性を確認

- 水温を1°Cから段階的5°C~20°Cまで5°Cずつ上昇させる。
- 1個体ずつチャック付ビニール袋に收容し各水温4個体準備。
- 各水温で72時間ばく露し、活力、生死判定を行う。



5°C 活力維持
10°C 活力低下
15°C 48時間で死滅



硫化水素

- メタンハイドレート胚胎域では、嫌氣的メタン酸化に伴い大量の硫化水素が生成。
- 分子状の硫化水素は、水生生物に対して強い毒性を示す。
- 海水pHが8未満では、硫化水素は分子状の割合が高い。
- 当該海底では、pHは8を下回る。
- メタンハイドレート開発による海底攪乱が硫化水素による影響を及ぼす可能性が考えられる。



硫化水素

■方法

- 試薬 : $\text{Na}_2\text{S} \cdot 5\text{H}_2\text{O}$
- 100mg を超純水に溶解して原液を調製。
- ばく露試験の原海水は、pH7.0-7.3になるよう塩酸で調製。
- ばく露試験海水は、約1000mlの原海水に、S総量として設定濃度となるように、添加して準備。
- 0℃に設定した冷蔵庫に静置。
- それぞれの濃度のばく露試験海水に12個体を収容し、96時間まで実施。
- ばく露試験海水は、24時間経過時に入れ替え、その際、活力・生死判定。
- 毎24時間開始時と終了時に水質 (pH, DO, 水温) を測定。
- S総量は、バックテストで測定。
- 硫化水素濃度 (H_2S)は、水温、pHおよびpKから計算。

$$\text{H}_2\text{S} = \frac{1}{1 + 10^{\text{pH}-\text{pK}}} \times \text{Na}_2\text{S} (\text{S}^{2-}) \quad (\text{APHA, AWWA, WEF, 1999})$$
$$\text{pK} = -0.017 \times \text{Water temperature } (^\circ\text{C}) + 7.0436$$

@salinity 30PSU



硫化水素

試験区 (S総量設定値(mg/L))	1回目	2回目	3回目
対照	○	○	○
0.1	○		
0.25	○		
0.5	○	○	○
1	○	○	○
1.5	○		○
2	○	○	○
2.5	○		
4	○	○	○



硫化水素

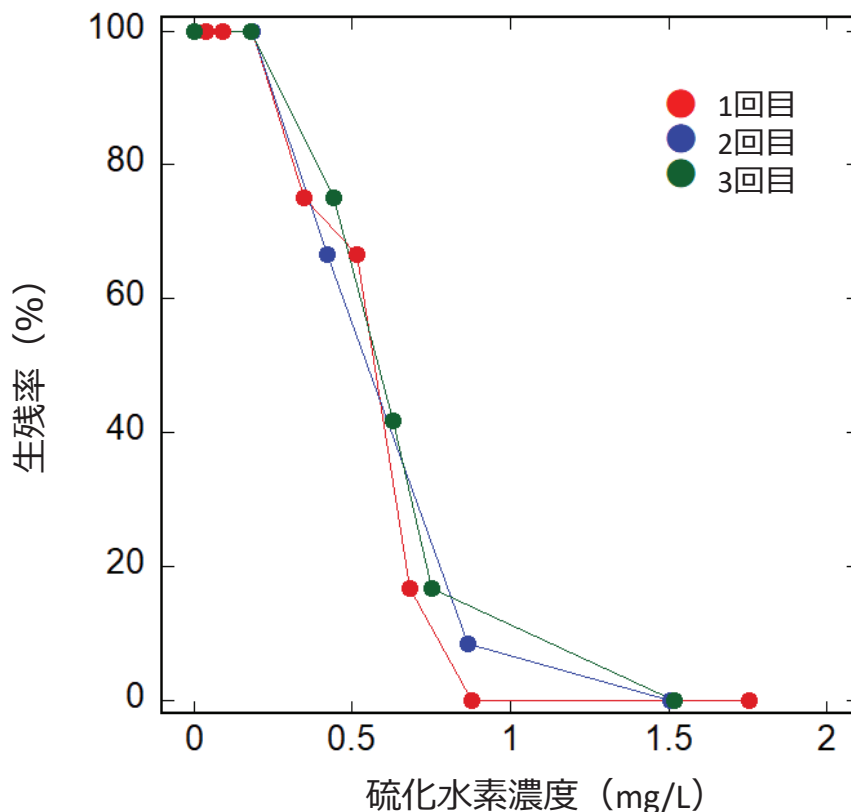
試験区	1回目				大きさ (mm)	
	pH	DO (%)	Total S (mg/L)	H ₂ S (mg/L)		
対照	7.15 (0.13)	86.4 (1.1)	0	0	9.5 (1.0)	
0.1	7.07 (0.05)	88.3 (3.3)	0.08(0.04)	<i>0.12</i>	0.04 (0.02)	9.5 (2.2)
0.25	7.09 (0.03)	89.7 (1.9)	0.19 (0.07)	<i>0.26</i>	0.09 (0.04)	9.3 (1.2)
0.5	7.11 (0.00)	89.6 (1.2)	0.42 (0.13)	<i>0.53</i>	0.19 (0.06)	8.6 (1.3)
1	7.17 (0.06)	88.6 (5.0)	0.83 (0.26)	<i>1.07</i>	0.35 (0.11)	9.8 (1.9)
1.5	7.24 (0.07)	89.1 (3.5)	1.37 (0.30)	<i>1.64</i>	0.52 (0.12)	9.5 (1.2)
2	7.26 (0.04)	89.7 (2.8)	1.88 (0.54)	<i>2.34</i>	0.68 (0.20)	9.2 (1.2)
2.5	7.22 (0.06)	87.3 (3.7)	2.26 (0.51)	<i>2.68</i>	0.88 (0.22)	10.5 (1.6)
4	7.14 (0.02)	85.2 (5.1)	3.85 (0.44)	<i>4.20</i>	1.65 (0.20)	9.8 (0.8)

数値は平均値、(): 標準偏差、斜体: 毎24時間開始時の平均値



硫化水素

■ 96時間における生残率



低塩分

■低塩分水の生成

メタンハイドレート分解、ガス生成（減圧、水温上昇）の場合

■方法

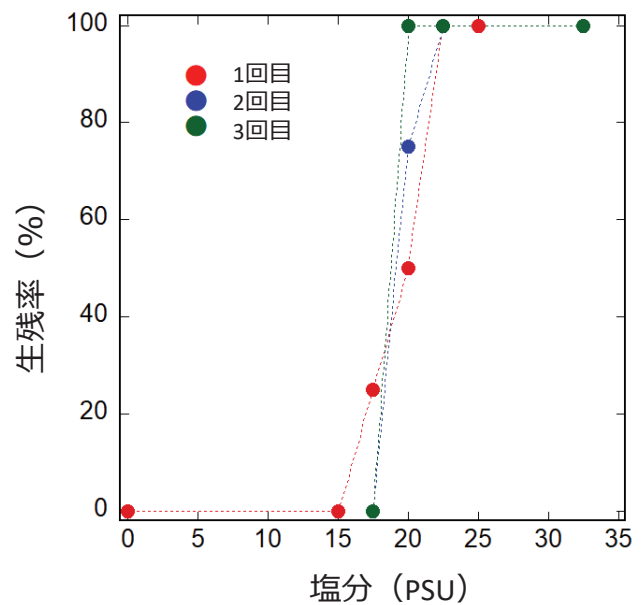
- 原海水（32.5PSU）を対照区とし、原海水を市販の天然水で希釈して、25, 22.5, 20, 17.5, 15, 10 PSUおよび天然水のみを試験区を設定。
- 1個体ずつチャック付きビニール袋にいれて各試験区4個体で実施。
- 0℃に設定した冷蔵庫に静置。96時間継続、3回実施。
- 24時間経過毎に、各試験区の活力・生死判定と水質測定(pH,DO,水温)。



低塩分

試験区 塩分濃度(PSU)	1回目	2回目	3回目	大きさ (mm)
対照	○	○	○	8.2 (1.5)
25	○			7.1 (1.1)
22.5	○	○	○	7.7 (0.8)
20	○	○	○	7.3 (1.1)
17.5	○	○	○	8.1 (1.1)
15	○			8.1 (1.0)
0	○			8.5 (1.2)

平均値
(): 標準偏差



低酸素

■貧酸素化

現場の酸素飽和度は約60%

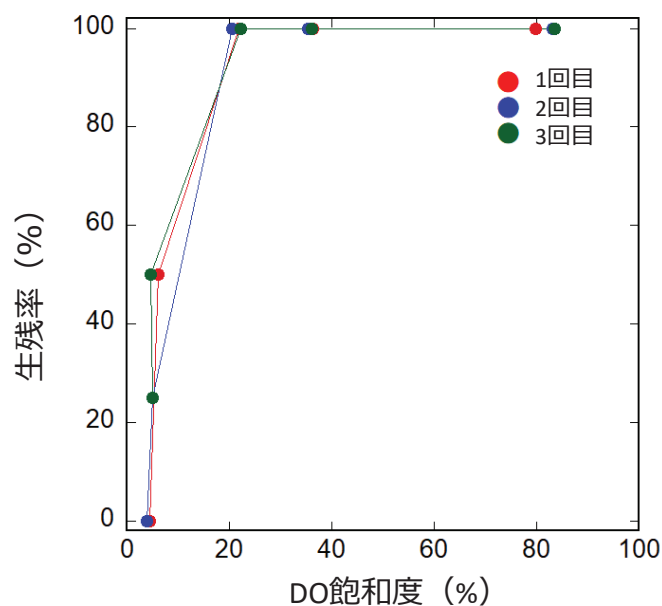
- 原海水を対照区 (DO 80%) とし 50, 25, 10, <10%を設定。
- 酸素瓶に4個体収容。
- 96時間ばく露。
- 24時間毎にDO測定、入れ替え (<10%は入れ換え無し)、活力・生死判定。



低酸素

試験区 DO飽和度	1回目			
	全データ	毎24時間初期値	毎24時間経過時	大きさ (mm)
10%>	4.5 (4.4)	7.6	1.4	9.5 (1.2)
10%	6.2 (1.8)	7.3 (1.3)	5.1 (1.5)	9.8 (0.7)
25%	21.9 (4.8)	26.6 (1.4)	17.7 (2.2)	8.3 (0.9)
50%	36.3 (9.9)	45.3 (2.0)	27.3 (3.2)	9.2 (1.4)
対照	79.9 (9.0)	87.3 (3.2)	72.5 (5.6)	9.1 (2.6)

数値は平均値 (%)、(): 標準偏差



まとめ

- メタンハイドレート賦存海域（水深1,000m）から、ベイトトラップ法によりヨコエビの生体試料採集に成功。
- 遺伝子分析により、採取したヨコエビの種類を同定。
- 500日以上^{の飼育に成功し、仔の発生、成熟個体までの成長、成長速度に関する知見を得た}
 - ⇒ 陸上施設での影響評価試験手法を確立
- 硫化水素、低塩分、貧酸素に対する影響実験の試行。
- 既往知見と比較して、硫化水素、低酸素に対し高い耐性を確認。

今後の予定

- より詳細な影響試験の実施（無影響濃度・複合影響など）。
- 水産有用種を対象とした採取法・試験法の検討。
- 海域攪乱試験等に即した生物影響手法の検討。



謝辞

本研究は、経済産業省のメタンハイドレート研究開発事業の一部として実施しました。

関係者の皆様に、心より感謝申し上げます。

