

## 【研究の成果概要】

平成30年度 土佐清水ジオパーク構想学術研究支援事業

【研究者】 齋藤知己（代表者）、和吾郎、田中幸記、木下泉、深見公雄

【所属】 高知大学総合研究センター海洋生物研究教育施設（代表者）

**研究の名称** 四万十海底谷における栄養塩供給と基礎生産および

### 動植物プランクトンの分布に関する研究

#### 1) 材料と方法

① **調査対象域と調査地点**：足摺岬周辺の大陸斜面上には約2万年前に形成されたとされる海底谷群が存在する。本研究では土佐湾西部海域の生物生産メカニズムの一端を明らかにすることを目的として、これら海底谷のうち最も沿岸部まで刻み込む四万十海底谷に注目し、四万十川河口から海底谷を結ぶライン上5定点で採水と生物試料採集を行った（図1）。

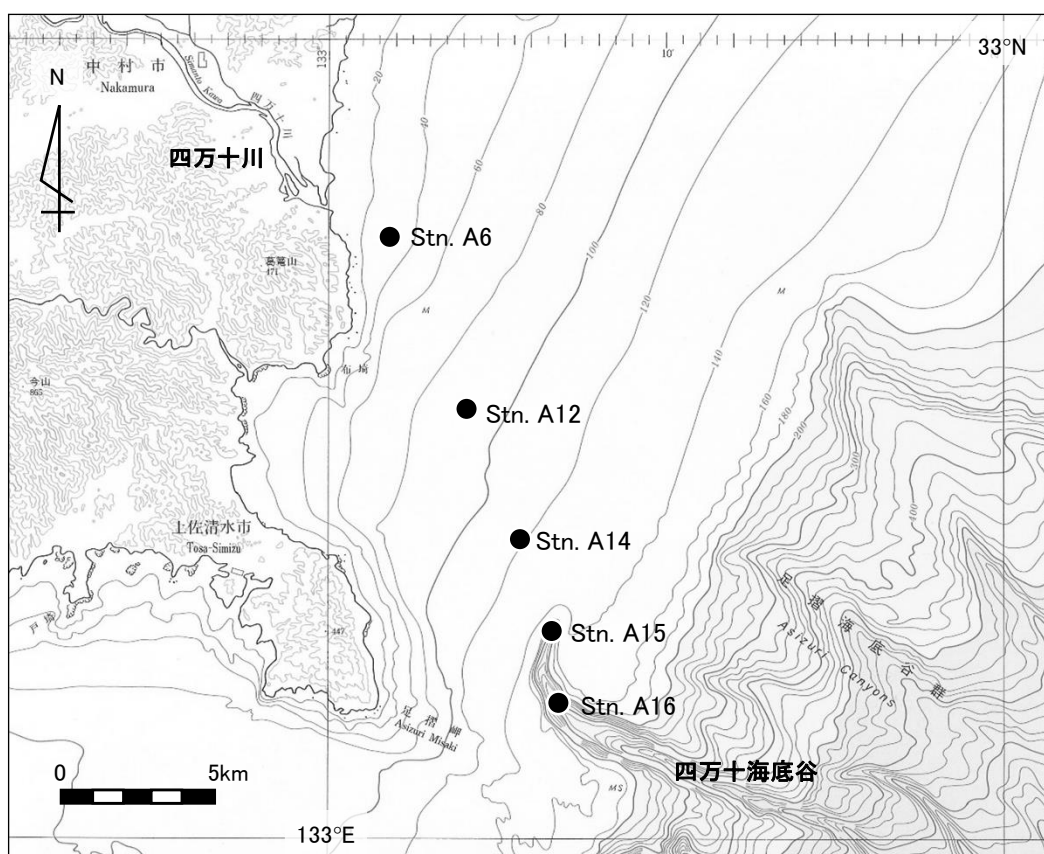


図1 現地観測及び試料の採取定点（日本水路協会の海底地形図をもとに作成）

② **調査時期**：調査は2018年11月15～16日に実施した。

③ 調査項目：水温、塩分、クロロフィル a 濃度（多筒採水器付き CTD センサーにより現地鉛直観測）、栄養塩濃度（前述の採水器により鉛直採水し、硝酸塩+亜硝酸塩、リン酸塩、ケイ酸塩について比色定量分析）、Stn. A16 の魚類稚仔出現種（稚魚ネットで、表層、100~0 m、200~100 m および 345~200 m 層を層別採集、船上でサンプルを固定後実験室に持ち帰り、実体顕微鏡下で沖山編（2014）に基づき同定）Stn. A16 のオキアミ出現種（採集方法等は同上、千原・村野編（1997）に基づき同定）

## 2) 結果と考察

① 水温と塩分：水温の鉛直分布より（図 2）、表層~亜表層の水温は四万十川河口に近い Stn. A6 が相対的に低温（20~22 °C）で、沖側に向かって上昇する傾向にあり、最も黒潮流路に近い Stn. A16 では 0~80 m 層付近まで 22 °C 以上を記録した。水深が 100 m 以上の Stns. A14~A16 の水温の鉛直分布をみると、表層から底層に向かって低下する傾向が見られ、最深部となる Stn. A16 の 300 m 層では 10 °C 以下まで低下した。Stn. A15 と Stn. A16 の水温分布を比べると、100 m 層において、後者では 18 °C 以上の水塊が分布しているのに対して、前者では 16 °C 以下の水塊が分布し、差異が見られた。また 14°C 以下の水温帯に注目すると、後者では 150 m 以深に分布するのに対し、前者では 140 m 以浅に分布した。以上より、Stn. A15 では底層付近の冷水塊が上昇している状況が認められる。

塩分は対象範囲全体が 33.4~34.6 psu の範囲にあり（図 3）、Stn. A6 の表層が最も低かった。一方、最も高い塩分帯（34.4~34.6 psu）は水深 80 m（Stns. A14、A15）から 250 m 程度（Stn. A16）の範囲に分布し、概ね 12~20 °C の水温帯に一致した。Stn. A16 の底層付近の塩分がその上層よりも低塩分となる現象は、底層付近の水塊が低水温により高密度となったためである\*1。

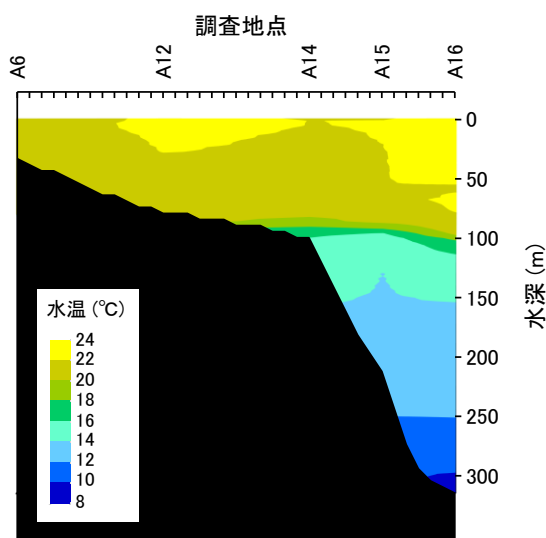


図 2 調査対象ラインの水温の鉛直分布

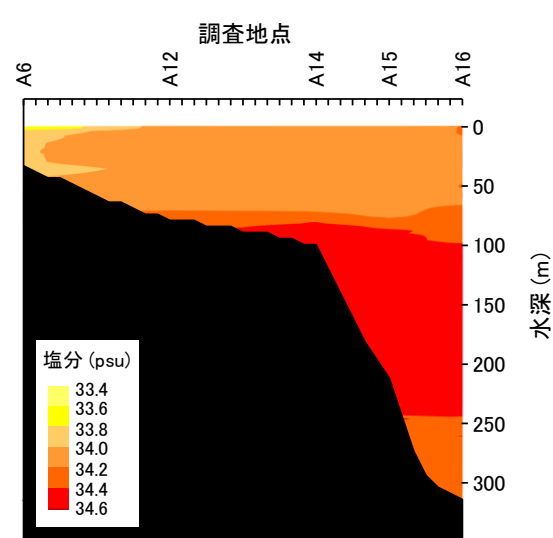


図 3 調査対象ラインの塩分の鉛直分布

\*1 現地観測において、海水密度を示す  $\sigma_t$  は Stn. A16 の底層で最高値を観測した（図示なし）。

② **栄養塩濃度**：各栄養塩濃度の鉛直分布について、硝酸塩+亜硝酸塩を図4、リン酸塩を図5、ケイ酸塩を図6に示した。栄養塩濃度を比べると、概ね各地点の各層においてケイ酸塩 > 硝酸塩+亜硝酸塩 > リン酸塩となる特徴が見られた。いずれの栄養塩も底層に向かって高濃度となる傾向が見られ、四万十海底谷内の Stn. A16 の底層で最高値（硝酸塩+亜硝酸塩 24.3  $\mu\text{M}$ 、リン酸塩 1.67  $\mu\text{M}$ 、ケイ酸塩 44.5  $\mu\text{M}$ ）を観測した。表層から 50 m 層付近までは、概ね硝酸塩+亜硝酸塩が 1  $\mu\text{M}$  以下、リン酸塩が 0.1  $\mu\text{M}$  以下、ケイ酸塩が 2  $\mu\text{M}$  以下の低い水準にあり、地点間に顕著な違いは見られなかった。ただしケイ酸塩のみ、四万十川河口に近い Stn. A6 が相対的に高濃度（2  $\mu\text{M}$  以上）となる分布を示した。100 m 層に注目すると、各栄養塩とも Stn. A16 に比べて、水温が低かった Stns. A14、A15 において高濃度となった。

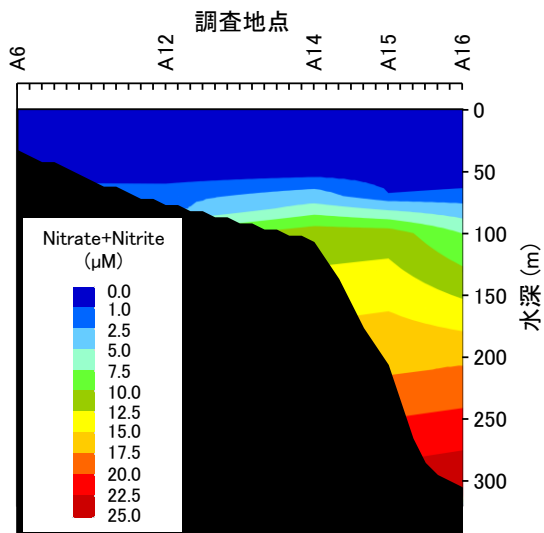


図4 調査対象ラインの硝酸塩+亜硝酸塩の鉛直分布

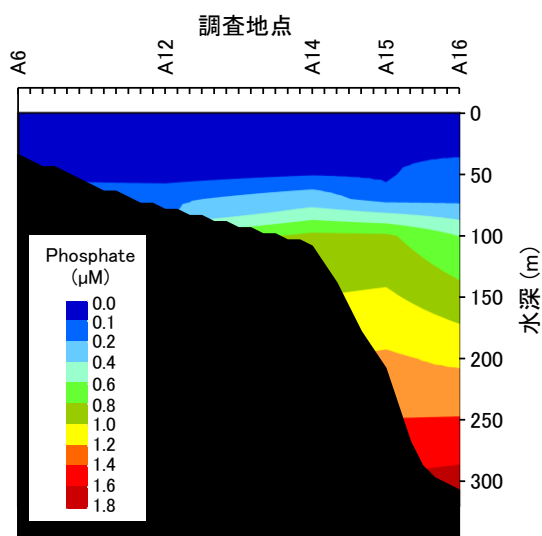


図5 調査対象ラインのリン酸塩の鉛直分布

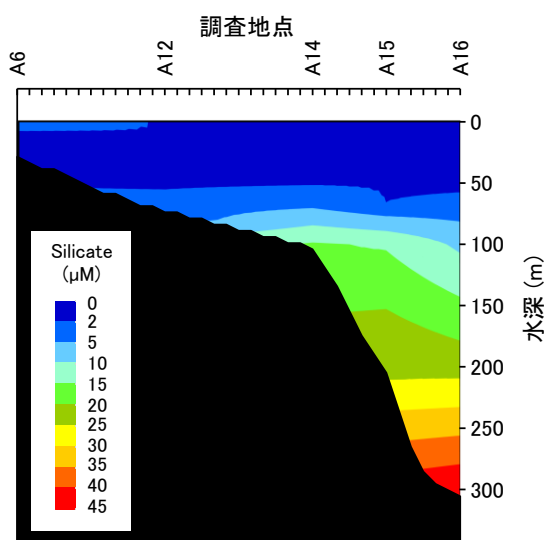


図6 調査対象ラインのケイ酸塩の鉛直分布

③ クロロフィル a 濃度：各地点のクロロフィル a の鉛直分布より（図 7）、60～70 m 以浅で相対的に高く（概ね 0.6  $\mu\text{g/L}$  以上）、100 m 以深では概ね 0.2  $\mu\text{g/L}$  以下の低水準となる特徴が見られた。60 m 以浅では、Stns. A12～A15 の 10～60 m 層で相対的に濃度が高く、このうち Stn. A12 の 60 m 層では局所的に 1  $\mu\text{g/L}$  以上を観測し、植物プランクトンが最も増殖した状況にあった。表層付近は全般的に 0.6～0.8  $\mu\text{g/L}$  の水準にあり、相対的に低塩分であった Stn. A6 でクロロフィル a が上昇する状況は見られず、また局所的に 0.6  $\mu\text{g/L}$  以下となる場所（Stn. A15）も認められた。

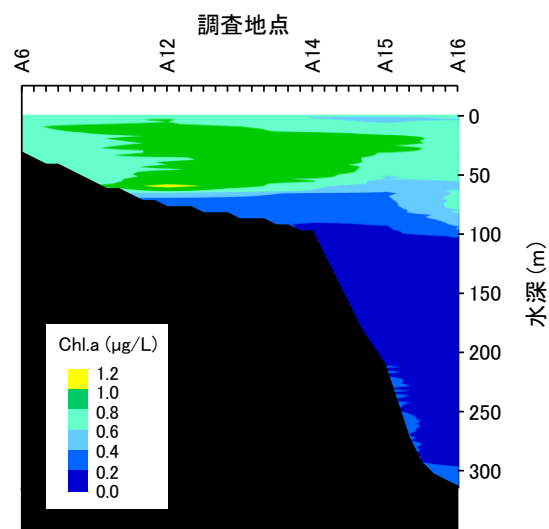


図 7 調査対象ラインのクロロフィル a の鉛直分布

④ 水質小括：水温と栄養塩の分布から、四万十海底谷の先端部（Stn. A15）において冷水が上層へ拡散し、それに対応して栄養塩濃度も上昇している状況が認められ、湧昇が生じていた可能性を示した。当該水域における既往の観測事例では（Nigi *et al.*, 2016）、黒潮の接岸時（足摺岬から黒潮流軸まで 15 海里）に海底谷内（Stn. A16）で湧昇の発生が確認され、垂表層まで栄養塩が供給されていた。本調査日前 1 週間程度の黒潮流路は、足摺岬から黒潮流軸までの距離が 25～30 海里で変化し、全般的に離岸した状況にあった。このことは、接岸時のみならず離岸時においても、黒潮の小さな流路変化、あるいは全く別の要因によって湧昇が発生する可能性を示している。

クロロフィル a 量の分布より、本対象域で植物プランクトンが増殖可能な範囲（光が届く範囲）は 70 m 程度までの水深と推測される。またその濃度に注目すると、Nigi *et al.* (2016) における当該水域の湧昇が発生していない時の濃度は高く 0.5～0.7  $\mu\text{g/L}$  であり、それと比べて本調査における Stns. A12～A15 の 10～60 m 層で広範に観測された値は高く（0.8  $\mu\text{g/L}$  以上）、植物プランクトン量は相対的に多かったとみなせる。最も植物プランクトンが高密度（最大クロロフィル a 濃度）であったと考えられる 60 m 層（Stn. A12）はそれが増殖可能な下限付近であり、増殖に不可欠な栄養塩が下層から供給されていたことを示唆している。

#### 参考文献

Nigi, G., I. Kinoshita and Y. S. Ibaraki (2016): Nutrients supplied by upwelling from Shimanto Canyon to the euphotic zone of western Tosa Bay, Japan. *La mer*, 54, 73-84.



ハダカイワシ科	Myctophidae		3	5		
ハダカイワシ属	<i>Diaphus</i> sp.		5	2		
ススキハダカ属						
アラハダカ	<i>Myctophum asperum</i>				3	
アカマンボウ目						
フリソデウオ科						
サケガシラ属	<i>Trachipterus</i> sp.			2		
タラ目						
サイウオ科						
サイウオ属	<i>Bregmaceros</i> sp.		39	7	1	3
トゲウオ目						
ヘラヤガラ科						
ヘラヤガラ属	<i>Aulostomus</i> sp.		5			
スズキ目						
ホウボウ科						
カナガシラ属	<i>Lepidotrigla</i> sp.	3	8			
ホタルジャコ科						
スミクイウオ属	<i>Synagrops</i> sp.		3	2		
ハタ科						
ハナダイ亜科	Anthiinae				1	
アゴアマダイ科	Opistognathidae	3		4		
アジ科	Carangidae		3			
ブリ属	<i>Seriola</i> sp.		3			
フエダイ科	Lutjanidae		3		1	
タイ科						
チダイ属						
チダイ	<i>Evynnis tumifrons</i>	26	8		8	
ニベ科	Scianidae		3			
ヒメジ科						
ヒメジ属						
ヒメジ	<i>Upeneus japonicus</i>	3				
スズメダイ科	Pomacentridae			2		
アカタチ科						
スミツキアカタチ属	<i>Cepola</i> sp.		10			
ベラ科						

ササノハベラ属	<i>Pseudolabrus</i> sp.	3	2		
トラギス科					
トラギス属	<i>Parapercis</i> sp.	3		4	
ワニギス科	Champsodontidae	26			
ワニギス属	<i>Champsodon</i> sp.	47	5	4	2
ネズツポ科	Callionymidae	26		2	
ハゼ科	Gobiidae	3			
タチウオ科					
タチウオ属	<i>Trichiurus</i> sp.	3			
カレイ目					
ヒラメ科	Paralichthyidae	3			
ガンゾウヒラメ属	<i>Pseudorhombus</i> sp.	3			
ダルマガレイ科					
ヤリガレイ属	<i>Laeops</i> sp.	8			
カレイ科	Pleuronectidae		2	5	
ペロガレイ科	Samaridae			1	
ウシノシタ科					
イヌノシタ属	<i>Cynoglossus</i> sp.	5			
不明(破損個体含む)	Unidentified	3	5	5	

⑥ オキアミ類出現種および密度: 最も沖側の定点 Stn. A16 (350 m) において 1 科 5 属 12 種 436 個体のオキアミ類が確認された (表 2)。最も多く出現した種はカクエリオキアミで全体の 68.8% を占めた。次いで多かったのは、*Euphausia nana* で全体の 11.5%、続いて *E. tenera* と *E. sanzoi* がそれぞれ 7.3%、5.3% で、これらを合わせて全体の 92.9% を占めた。なお、2018 年度に土佐湾中部陸棚で行った同様の調査においても *E. nana* と *E. tenera* は通年の優占種であった。

優占種のカクエリオキアミは表層に最も多く、その約 8 割が出現した。一方、*E. nana* と *E. tenera* は 345~200 m 層に最も多く、100~0 m 層に比べて 3 倍以上の密度であった。

また、表層に出現した 2 種 (カクエリオキアミ、*E. nana*) は全層から確認された。100~0 m 層では 7 種が出現し、そのうち 3 種 (*Nematoscelis atlantica*、*Stylocheiron carinatum*、*S. suhmii*) は同層のみから確認された。対して 345~200 m 層では 8 種が出現し、うち 3 種 (*E. sanzoi*、*E. sp.*、*Thysanoëssa gregaria*) が同層のみから確認された。

表 2. Stn. A16 におけるオキアミ類の出現種および密度 (個体数/1000 m<sup>3</sup>)

科	属	種名	学名	表層	100-0 m	200-100 m	345-200 m	順位
オキアミ科								
カクエリオキアミ属								
		カクエリオキアミ	<i>Pseudeuphausia latifrons</i>	633	73	30	12	1
オキアミ属								
			<i>Euphausia nana</i>	26	10	3	41	2
			<i>E. sanzoi</i>				28	
			<i>E. similis</i>			3	4	
			<i>E. tenera</i>		10		34	3
			<i>E. sp.</i>				5	
チエノエッサ属								
			<i>Thysanoëssa gregaria</i>				1	
ネマトセリス属								
			<i>Nematoscelis atlantica</i>		16			
			<i>N. microps</i>		10	7	4	
スティロケイロン属								
			<i>Stylocheiron carinatum</i>		5			
			<i>S. suhmii</i>		5			