

日本近海の冷湧水域における化学合成生物群集

佐藤 瑠美

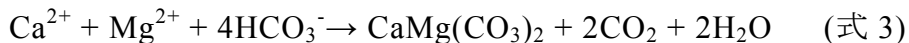
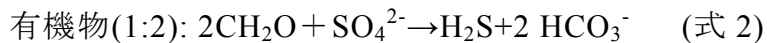
【緒言】冷湧水は、地殻変動(地震等)の圧力によって海底の堆積物から湧出する。そのため、冷湧水の研究は海洋における物質・熱循環、テクトニクスを考える上で重要である。1999・2001・2003 年、日本海東縁の北海道後志トラフ南東斜面で Mega-Bacteria mat が発見され、その面積は 1.5km² にも及んだ。Bacteria mat (以降 B.M. と略す) は化学合成生物群集の一種で主に硫酸還元菌の群集からなり、CH₄ 又は有機物と海水の SO₄²⁻ を消費する(式 1 および式 2)。Mega-B.M. の栄養源は、メタンハイドレート(以降 M.H. と略す) の分解により生じた CH₄ が冷湧水と共に供給されたことが最も有力である(張ら, 2002)。本研究は、冷湧水の起源、生物活動との関わり、環境への影響を評価するために、測定例の少ない $\delta^{37}\text{Cl}$ を含めた化学的指標の検討を行った。また、日本海東縁の直江津沖で 2004 年に大規模な CH₄ ガスプルームが発見され、ガス噴出が示唆された海域において、化学的指標を用いて評価した。

【試料採取及び分析】本研究で用いた試料は、「しんかい6500」潜航調査(YK99-05, YK01-06, YK03-05, YK05-08)及び「ハイパードルフィン」潜航調査(NT05-10)、「淡青丸」海洋調査(KT05-11)において採取した海底堆積物と海水である。堆積物は 0.5 ~ 2cm 間隔でカットし、低温状態(4°C)で加圧して間隙水を搾った。また、海水はニスキン採水器を用いて採取し、研究室に持ち帰った。分析項目は主要化学成分濃度、栄養塩濃度、安定同位体比($\delta^{18}\text{O}_{\text{H}_2\text{O}}$, $\delta^{37}\text{Cl}$, $\delta^{34}\text{S}_{\text{SO}_4}$)であった。

【結果及び考察】まずは、日本海東縁の北海道西方沖における観測から、冷湧水の化学的指標について検討し、次のようにまとめた(Table.1 および Table.2)。

*微生物活性: B.M. 内の硫酸還元菌が SO₄²⁻ を消費する際、硫黄の同位体分別を生じ、間隙水中の $\delta^{34}\text{S}_{\text{SO}_4}$ が重くなる。 $\delta^{34}\text{S}_{\text{SO}_4}$ 値と SO₄²⁻ 濃度が負の相関性を示した場合、SO₄²⁻ 濃度減少量 ΔSO_4 は主に硫酸還元菌の活性の指標とできる(①・②)。

*栄養源特定: 硫酸還元反応による CaMg(CO₃)₂ 生成により、 ΔSO_4 と ($\Delta\text{Ca} + \Delta\text{Mg}$) のモル比によって特定できる(⑥)。



*テクトニクス Activity: 堆積物温度差(③)および地殻熱流量(④)を活用する。

*供給深度: 地殻熱による SiO₂ の溶解度の差から算出する(⑦)。

*CH₄ フラックス: SO₄²⁻ 濃度の減少量 ΔSO_4 を用いて間接的に算出できる(⑤)。

*冷湧水の起源: $\delta^{18}\text{O}_{\text{H}_2\text{O}}$ 値, Cl 濃度(佐藤ら, 2005)に加え、さらに測定例の少ない $\delta^{37}\text{Cl}$ 値を組み合わせ推定できる(Table.2)。

次に、上述の化学的指標を用い、海底において黒色変色域(2m²)と多数のポック

マーク(深さ:40~70m, ϕ :300~500m)等が観測された海域で考察を行った。

この黒色変色域での化学合成生物群集の栄養源は CH_4 (1:1;⑥), 冷湧水の起源はM.H.生成水が考えられ, 供給深度は170mbsfである。このことは, 背斜構造にトラップされた CH_4 が漏洩し, M.H.安定領域(海底表層付近~水深 300m の海水中)で, M.H.を生成していることを示唆している。また, 海水中への放出量及びその影響を調べるために, ポックマーク上の水塊構造に着目した。浅層では, 対馬暖流水より低塩・低温であり, 深層は日本海固有水より低温で, 特に海底直上(海底から3m)は高塩分であった。同位体比(⑧)より浅層ではM.H.が分解している($\delta^{18}\text{O}_{\text{H}_2\text{O}}$:+, $[\text{Cl}^-]$:-, $\delta^{37}\text{Cl}$:-)。一方, 海底直上ではM.H.生成水を示したが($\delta^{18}\text{O}_{\text{H}_2\text{O}}$:-, $[\text{Cl}^-]$:+, $\delta^{37}\text{Cl}$:+), $\delta^{37}\text{Cl}$ 値・塩分が共に高く(+0.1‰:34.116psu), M.H.生成に伴い析出した塩を採取したことが示唆された。

浅層の低塩分水から算出したM.H.寄与率は約4割に達し, それに相当する CH_4 量を大気中へ放出しているの見積もられた。一方, 日本海東縁の海底において, Mega-B.M.等の化学合成生物群集によって湧出する CH_4 がトラップされていることを考慮しながら, 今回示した化学的指標より, 今後, 日本近海の冷湧水域の全貌を把握することが期待される。

Table.1 冷湧水の化学的指標

目的	化学的指標	単位	詳細						備考
生物学的指標	B.M.		有[内側]		有[外側]		無		
微生物活性度	$\Delta[\text{SO}_4^{2-}]$ $\delta^{34}\text{S}_{\text{SO}_4}$	mM/cm ‰	活発				無		
			9.6	>	1.4	>	0.1	①	
			28		26		21	②	
テクトニクス Activity	堆積物温度差 地殻熱流量	℃/40cmbfsf mW/m ²	活発				無		
			0.186	>	0.083	>	0.046	③	
			320		170		150	④	
CH ₄ Flux	f_{CH_4} $*f_{\text{CH}_4} = -D^{\circ} \times \phi^n \times \Delta C$	mmol/m ² /day	多				少		
			50	>	25	>	1	⑤	
栄養源	$\Delta[\text{SO}_4^{2-}] : (\Delta[\text{Ca}^{2+}] + \Delta[\text{Mg}^{2+}])$	mM	メタン 有機物 1:1 1:2						⑥
供給深度	**depth [SiO ₂] 温度	mbsf μM ℃	浅 深						⑦
			40 300						
			800 2000						
			低[48] 高[240]						

*D°:分子拡散係数($[\text{SO}_4^{2-}]$: 0.432 cm²/day), ϕ^n : 空障率(砂: 0.83), ΔC : $[\text{SO}_4^{2-}]$ mM/cm

**地温勾配 (0-300m) : 12°C/100m (ODP794)

Table.2 メタンハイドレートに関わる化学的指標

目的	化学的指標	単位	詳細					備考
			メタンハイドレート		最終氷期・最寒期の間隙水		陸起源地下水	
			分解水	生成水				
冷湧水の起源	$\delta^{18}\text{O}_{\text{H}_2\text{O}}$ 海水:0	‰	+	(-)	+		-	⑧
	$[\text{Cl}^-]$ 海水:550	mM	-	+, =	-	+, =	-	
	* $\delta^{37}\text{Cl}$ 海水:0	‰	-	+	-	変化無	(変化無)	

* + : 塩溶出 ; - : 塩析出