303 南極露岩域の内水面における溶存メタンおよび氷盤気泡中メタンガス

Dissolved methane in water and methane gas concentrations in bubbles suspended in ice on lakes in Antarctica

○学 藤井 広之¹⁾ (北見工大院) 学 冨田 敏仁¹⁾ (北見工大) 正 遠藤 登¹⁾ (北見工大)
正 佐々木 正史¹⁾ (北見工大) 伊村 智²⁾ (極地研) 工藤 栄²⁾ (極地研)

Hiroyuki FUJII, Kitami Institute of Technology, 165 Koencho, Kitami, Hokkaido

Toshihito TOMITA, Noboru ENDOH, Masafumi SASAKI, Satoshi IMURA, Sakae KUDOH

1) Kitami Institute of Technology 2) National Institute of Polar Research

Key Words : Antarctica, Methane, Lake, Dissolved methane

1. 緒言

南極域には二酸化炭素やメタンの大気への放出源は存在しないと
言われ、大気中微量成分の観測地点として重要な位置づけとなっ
ている。日本の昭和基地がある、南極リュツオホルム湾東岸にはい
ゆる昭和オアシスと呼ばれる露岩域があり、夏期は殆どが開水面と
なる多数の湖沼群が点在する。これらがメタンの放出源となって大
気中メタン濃度の擾乱要因となる可能性がないかどうかを検証する
必要がある。本研究では、それらの影響を評価する最初のステップ
として、開水期および結氷期の湖水の溶存メタン濃度、また氷盤中
に固定されている気泡中のメタンガス濃度を分析した。

2. 観測湖沼

Fig. 1 観測地域

観測対象地域を Fig. 1 に示す。昭和
基地はオングル諸島北東部に位置す
る。各地域で観測した湖沼位置座標
については Table. 1 に示す。

3. 試料採取方法及びメタン濃度測定方法

3.1 採水方法

採水は北原式採水器(1L)で行い、
500mL のガラス容器にオーバーフロー
させ密封低温保存した。試料の一部は
砕氷艦「しらせ」で日本に持ち帰り、北
見工大において分析を実施した。これ
らの試料においては採取後の生物活
動の影響を除去するため、塩化第二水
銀の添加(10mMol 10mL)によりメタンの
固定処理を実施した。昭和基地におい
て分析する試料では固定処理を行わ
ず、採取後1週間以内に分析を完了した。

3.2 水中溶存メタン濃度測定方法

採水試料は試料水中で水上置換により 27mL のバイアル瓶に純窒
素を充填した後、10mL の試料を吸引計量して密封した。このバイアル
瓶を温湯槽に投入し、60℃、20 分以上の加熱を行った後、ヘッドス
ペースガス 1.625mL をガスタイトシリンジで計量して、水素炎イオン化電
流検出器付きガスクロマトグラフ(島津 GC-14BPF、以下 GC-FID と略
記)により溶存メタン濃度を測定した。充填剤には Porapak-Q を使用し
た。

試料水の水質の分析にはマルチ水質モニタリングシステム
(HORIBA U-21XD)又は CTD を用いた。

3.3 気泡の採取および気泡中ガスの抽出・分析方法

表層氷盤中の気泡群の一例を Fig. 2 に示す。これらはチェーンソー
によってブロック形状で切り出し、室内において更に細分割した。

ガラス瓶に溶存メタンを含まない脱気水を満たし、この中に気泡を
内包する供試氷塊を入れる。口元を 1mm 厚のゴムシートで覆い採取
孔を有するプラスチック蓋で密封する。氷塊中の気泡ガスが全て水中
に開放された後、注射針をゴムシートに刺し脱気水の注入により加圧
しながらシリンジで気泡ガスを採取した。

採取した気泡中ガスはガスタイトシリンジにより 1.0mL を計量し直接
GC-FID に注入・分析した。高濃度(1000ppm以上)で定量困難である
ことが判明したものに關しては試料を純窒素で 500~10000 倍に希釈
して分析した。

4. 分析結果と考察

溶存メタン濃度及び気泡中メタンガス濃度の分析結果を Table. 1 に
示す。淡水湖を FW(Fresh Water)、塩湖を SW(Salt Water)と略記した。
塩分濃度 S が 1‰以上を塩湖と定義した。UD は本計測手法の計測限
度(約 13 nmol/L)以下のレベルであったことを示す。溶存メタン濃度値
の右に付した()には採水深度[m]を示す。

4.1 開水期(夏期)の湖沼水中溶存メタン濃度

対象とした湖沼の殆どは 12 月~1 月の夏期には完全に開水する。水
温は一般に 0℃以上になるが、淡水の場合 0℃としても大気との平衡
溶存メタン濃度は約 4.4 nmol/L(塩分濃度 S=0、大気中メタン濃度 1.72
ppm、1atm の時)であり、表層の湖水中溶存メタン濃度がこれより高い
と湖沼から大気にメタンが放出されることになる。開水期表層近傍(≦
3m)の溶存メタン濃度は天の釜池(ラングホブデ地域)を除いて全て平
衡濃度より高い過飽和となっており、特に B4 池、ねずみ池、親子池、
小鉢池、下天平池(いずれもスカルプスネス地域)で顕著(100 nmol/
L 超)で大気への強いメタン放出源となっていると考えられる。

南極露岩域はしばしば強風に曝されるため、塩分層の無い淡水
湖では風駆動の対流によって湖水の鉛直混合は速やかに行われると
言われている¹⁾が、溶存メタンについては比較的強い成層化が残って
いるケースも少なくない(上釜池、ユキドリ池、04-05 年東ユキドリ池な
ど)。湖水の鉛直混合については開水期間中の季節変化を追跡する
必要がある。

すりばち池、舟底池、ねずみ池(スカルプスネス地域)およびぬるめ
池(ラングホブデ地域)は塩湖で、いずれも強い異臭を伴い、塩化第
二水銀の添加による黒変を呈する。これは硫酸還元菌が塩水中の硫

西オングル島 東裏池(気泡中メタンガス濃度 13%)

Fig. 2 氷盤中気泡形態の一例

Table. 1 溶存メタン濃度及び気泡中メタン濃度の分析結果

地域	地点	緯度 経度	湖水性状 最大水深 m	溶存メタン濃度 nmol/l			氷盤気泡中メタン ガス濃度 ppmv
				03-04開水期	04結氷期	04-05開水期	
西オングル	西オングル島大池	69° 01.340'	FW	-	13.5 (1)	-	100000~
		39° 33.893'	10	-	105 (8)	-	110000
	裏池	69° 01.650'	FW	-	-	-	283
		39° 33.818'	11.5	-	-	-	
	東裏池	69° 01.476'	FW	-	-	-	134700
スカレン		39° 34.142'	4.2	-	-	-	
	スカレン大池	69° 40.305'	FW	-	-	-	108.1
		39° 24.653'	-	-	-	-	
ラングホプデ	天の蓋池	69° 15.457'	FW	UD (1)	-	UD (2.5)	2081
		39° 46.610'	5	UD (4)	-	0.4 (6.5)	
	上蓋池	69° 15.887'	FW	80.3 (1)	-	-	2.927
		39° 46.196'	4.5	19.3 (4)	-	-	
	東ハムナ池	69° 16.847'	FW	-	-	-	2.096
	本池	39° 46.281'	-	-	-	-	
	東ハムナ池	69° 16.735'	FW	-	-	-	3.422
	西池	39° 45.714'	-	-	-	-	
	ユキドリ池	69° 14.337'	FW	19.4 (1)	-	36.2 (3)	-
		39° 15.521'	8.6	66.6 (6)	-	59.7 (6)	
	東ユキドリ池	69° 14.100'	FW	20 (1)	-	145.9 (5)	-
		39° 47.175'	19.5	21.8 (10)	-	8.5 (25)	
	ぬるめ池	69° 13.387'	SW	31.4 (1)	-	25.6 (8)	-
		39° 39.557'	16	233.6 (12)	-	2349 (15)	
スカルプスネス	舟底池	69° 26.8205'	SW	-	-	-	-
		39° 33.634'	8	19.7 (6)	-	-	
	B4池	69° 28.5911'	FW	209.2 (3)	-	-	-
		39° 33.705'	3	-	-	-	
	ねずみ池	69° 32.369'	SW	258 (1)	152.9 (2)	-	大気気泡なし
		39° 15.866'	3	21 (2)	-	-	
	親子池	69° 32.046'	FW	384.5 (3)	19163 (8)	-	180500
		39° 14.958'	7	-	-	-	
	ひめばち池	69° 29.223'	FW	51.8 (1.5)	44784 (3)	-	76285
		39° 39.637'	2.5	-	-	-	
	小鉢池	69° 29.034'	3m~SW	114.4 (2)	4598 (11)	2335.7 (8.5)	5322
		39° 38.496'	10~12	21322 (9)	-	-	
	すりばち池	69° 29.246'	SW 10m付	23.3 (5)	-	28.58 (6)	大気気泡なし
		39° 40.360'	近に覆層	506.3 (11)	1036 (11)	172.8 (10)	
			31.6	66.2 (25)	186.7 (30)	61.4 (33)	
	ひょうたん池	69° 29.134'	SW	-	4505 (4.5)	58.2 (11)	76285
		39° 36.781'	11	-	-	-	
	下天平池	69° 30.130'	SW	-	626.3 (2)	-	2.7
		39° 42.790'	2	-	-	-	
	中天平池	69° 30.319'	FW	-	1469 (5)	-	23.9
		39° 42.790'	3	-	-	-	
	上天平池	69° 30.558'	FW	-	59.7 (2)	-	67.9
		39° 43.489'	2	-	-	-	6073

酸イオンを利用して有機物を分解し、硫化水素を生産することに起因するものと考えられ、いずれの試料においても溶存酸素(DO)の顕著な低レベルが認められた。すりばち池は湖底付近のSが120-170%という海水をはるかに上回る高濃度塩湖で、水深11m程度に強い塩分躍層があるが、湖底(水深33m)付近よりもむしろ躍層の上層部の方が溶存メタン濃度が顕著に高く、有機物の深部への供給が制限されていることを示唆する。しかし強い成層化のせい、表層付近の溶存メタン濃度はそれほど高くなく、大気へのメタン放出源として必ずしも重要とは言えない。

4.2 結氷期(冬期)の湖沼水中溶存メタン濃度及び氷盤中の気泡ガスメタン濃度

表層氷盤中に固定された気泡群のガス中メタン濃度で顕著なものは

西オングル島の池(10%)、東裏池(13%)、スカルプスネスの親子池(18%)、ひめばち池(7.6%)などであった。これら気泡群中ガスは氷盤融解期の比較的短い期間に殆ど全てが大気に放出されるものと考えて良く、大気中メタンガス濃度への影響が比較的大きいものと考えられる。マズフラックスを観測することは困難だとしても融解期間中の放出総量は気泡中メタンガス濃度と気泡ガス総体積を知る事により推計できる。しかし多くの場合、気泡密度は一様ではなく、湖沼全体の気泡密度分布を調査する必要がある。しかし冠雪期に湖沼全体の気泡密度を調べることは極めて困難であり、氷盤融解直前(11月下旬頃)の大部分の冠雪が昇華によって消える時期に写真撮影と現地検証から気泡密度を求め、定量化することが必要となる。

結氷期の水中溶存メタン濃度は淡水湖であっても対流が殆ど生じないために強い成層化が認められる(西オングル島大池)。氷盤気泡中のメタンガス濃度が著しく高い場合には湖底付近の溶存メタン濃度も著しく高い傾向が認められる(西オングル大池、親子池、ひめばち池、小鉢池、ひょうたん池など)が、上天平池など溶存メタン濃度はそれほど高くないケースもある。逆に気泡中メタンガス濃度がそれほど高くないにもかかわらず溶存メタン濃度が著しく高い場合(下天平池、中天平池など)もあって、個々の池により個別的な性格を呈している。

開水期の溶存メタン濃度と比較すると、親子池のように結氷期の異常な高濃度が開水期には1/50程度に低下している場合があり、これは開水期の主として風駆動の対流による攪拌・混合作用が原因と考えられる。他方、小鉢池では03-04開水期の方が結氷期より5倍も高濃度であるが、その後の04-05年開水期は前年の約1/10の濃度となっている。このように同季節の年較差も著しく、長期にわたる季節変化の観測が必要である。

以上の結果は、湖沼は大気へのメタン放出源として注目すべきであるが、開水期溶存メタン濃度、氷盤気泡中メタンガス濃度、結氷期溶存メタン濃度の間にある程度の相関が認められるとはいえ、各湖沼の個別的な格差、年較差が大きく、平均量で大気へのメタン放出量を推計することが困難であることを示唆するものである。これを明らかにするためには、今後できるだけ多くの湖沼について長期的な観測を継続することが強く望まれる。

5. 結論

- 1) 氷盤中の気泡からしばしば大気の1万倍を超える高濃度メタンが検出された。氷盤が融解する比較的短期間で大気に放出され、大気中メタン濃度を擾乱する要因となる可能性がある。
- 2) 表層付近の水中溶存メタン濃度が大気との平衡濃度を2桁以上超える湖沼が高頻度に認められた。このような湖沼の開水面も大気へのメタン放出源となっている。
- 3) 大気へのメタン放出量を明らかにするためには多数の湖沼について継続的に同様の観測を行う必要がある。

謝辞

本研究における試料の採取は著者らの一部(佐々木、伊村、工藤)が第45次日本南極地域観測隊(JARE45)に参加して実施したものである。観測を統括した国立極地研究所(NIPR)および現地において観測を支援いただいたJARE45隊員に深甚なる謝意を表す。

参考文献

- 1) Ellis-Evans, J.C., 'Methane in Maritime Antarctic Freshwater Lakes', Polar Biol.(1984), 3