



Title	月ヶ湖及びシベリアにおけるメタン放散に関する研究
Author(s)	深沢, 達矢; 井上, 雄三; 田中, 信壽 他
Description	第1回衛生工学シンポジウム (平成5年11月17日 (水) -18日 (木) 北海道大学学術交流会館) . 3 測定・評価 . P3-9
Citation	衛生工学シンポジウム論文集, 1, 112-115
Issue Date	1993-11-01
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/7432
Type	departmental bulletin paper
File Information	1-3-9_p112-115.pdf



月ヶ湖及びシベリアにおけるメタン放散に関する研究

深沢達矢（北海道大学）、井上雄三（国立公衆衛生院）、田中信壽、太田幸雄（北海道大学）

はじめに

近年さまざまな地球規模の環境問題が顕在化してきており、中でも地球温暖化は、潜在的には破滅的ともいえる変化をもたらすといわれ、その対策が全世界的な急務となっている。この温室効果気体として、1970年代まで二酸化炭素と水蒸気だけが考えられていたが、1980年代以降、メタン、亜酸化窒素、クロロフルオロカーボン類、対流圏オゾン等の大気中微量成分ガスによる地球温暖化への寄与が予想以上に大きいことがわかった。例えば、メタンの大気中濃度は二酸化炭素の100分の1から1000分の1と小さいが一分子当たりの温室効果は二酸化炭素の20倍にもなる。また、二酸化炭素やフロンに対しては排出量の規制や使用禁止などの世界的動きがあるので、将来メタンの地球温暖化への寄与が高まることになる。

メタンの排出源は水田、天然ガスシステム、廃棄物埋立等の人為的排出源と、湿地、湖沼などの自然発生源に分けられる。このうち人為的発生源は全メタン発生量の50から80%、自然発生源は20から50%を占めると言われている。排出源対策に当たって、個々の排出源からの排出量を見積もっておくことが重要であるが、特にバックグラウンド値として自然からの排出量を知る必要がある。自然発生源からの排出量のうち大部分を自然湿原が占め、そのうち北半球高緯度地域からの排出は約半分と見積もられており、さらに、この地域では温暖化の影響が他の地域よりも大きいと報告されている。また、この地域は地球の炭素の貯蔵庫と言われ地下に大量の有機物を蓄えているため、地球温暖化の正のフィードバックが危惧されている。

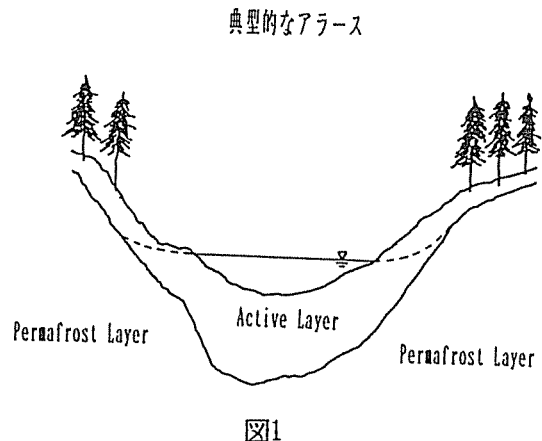
以上のことから本研究では、メタン放散に関する基礎研究として、永久凍土地帯、シベリア・ヤクーツクにおけるメタンフラックスと土壌の生物、物理、化学的特性についてフィールド調査を行い、この地域でメタン放散に影響を与える因子について検討し、また継続的に行っている月ヶ湖自然保護地区の調査により、メタンフラックスの日変化、季節変化について、メタン放散モデルによる解析を含めて、その要因を検討する。

調査の概要

フィールドにおける調査としては、1.チャンパー法によるメタンフラックスの測定、2.土壌サンプリング、3.気象因子の測定（気温、地表面温度、地中温度）、4.地下水位、活動層の厚さの測定、5.植生その他の写真撮影を行い、実験室においては持ち帰った土壌試料の物理化学分析及び生物学的分析、ガス試料のメタン濃度分析を行った。

調査地点の概要

ヤクーツク近郊：ヤクーツクは人口20万人の、永久凍土地帯の上にある大都市で、周辺は大タイガ地帯である。調査はタイガに散在するアラースで行った。アラースとはヤクーツク周辺によく見られる凹んだ裸地である。（図1）夏期に地表を覆うタイガが何らかの原因で消失すると、日射が直接地表に当たることになり地表での熱収支が崩れる。その結果地面が暖められその部分の永久凍土が融けは



じめる。すると地面が陥没をはじめ、融けだした水がたまる。時間がたつにつれその面積は広くなり湖のようになる。ところが、永久凍土が深さ10~20mまで融けてしまうとそれ以上は地表からの熱の供給が及ばなくなる。そのため、今度は表面からの蒸発が卓越するようになり、凹地は次第に乾燥化していく。このプロセスは非常に短い時間スケールで起こっている。今回の調査はこのアラスについて5地点10ヶ所で行っている。

月ヶ湖自然保護地区：月ヶ湖自然保護地区は石狩平野北部の月形町にある沼で周囲は札幌近郊に残された数少ない自然湿原である。泥炭層の厚さは3~5mに達し、ミズゴケ、スゲなどが優勢な高層湿原である。ここでは平成3年度からメタン放散量調査を行っており本研究でも引き続き調査を行った。

結果及び考察

ヤクーツク近郊のアラスはほとんどが黒ボク土からなり、土壌のpHはメタン生成菌の至適領域である中性である。観測されたフラックスは0~113mg/m²hであり(図2, 表1)、月ヶ湖と比較すると非常に大きいといえるが、Whalen et al.がアラスカで観測した結果とはほぼ一致している。ただし観測されたフラックスはチャンバーを設置した場所により大きく異なり、これは主として活動層の厚さ、地下水位の高さの違いによるものと考えられる。

すなわち永久凍土地帯では、地表面温度は気温とほぼ一致し活動層の底部では水温とほぼ一致しているという近似が成り立っていると考えた場合、活動層内の温度プロファイルは物理的にほぼ決まり、したがって地下水位の高さによってメタン生成層の温度が決まることになる。(図3)つまり地下水位が高ければ、メタン生成が起きるような嫌気状態はより表層に

地下水位とメタン生成層

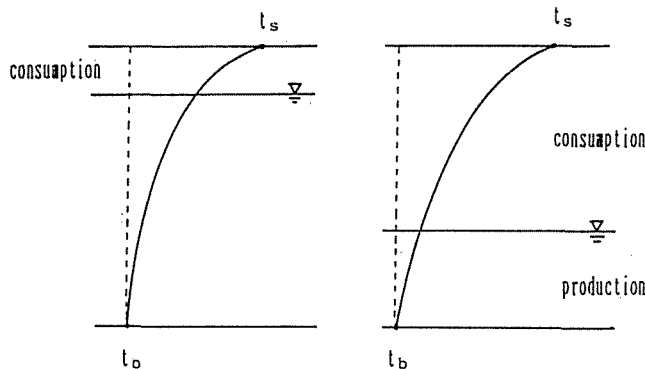


図3

Measurements of flux in the vicinity of Yakutsk

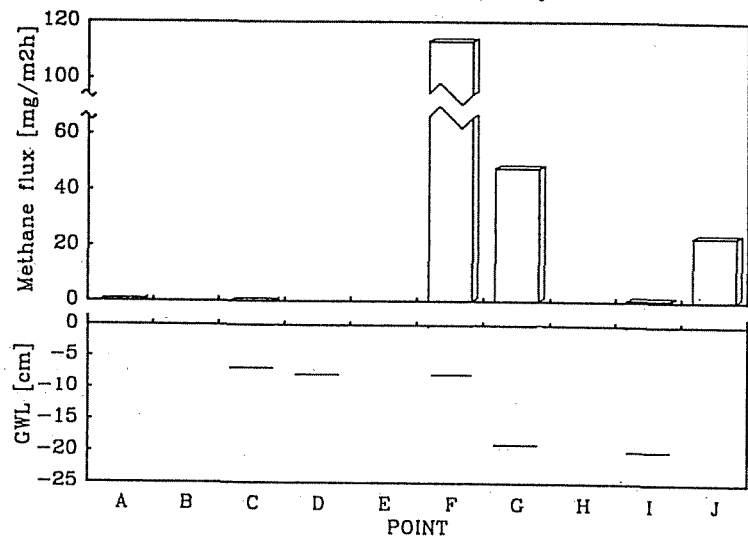


図2 観測されたフラックスと地下水位 (シベリア)

近い部分から保証され、その結果、メタン生成層の温度は地下水位が低い場合に比較してより高くなる。したがって、より活発なメタン生成が起こる。ところが、このような条件を満たすところは、湛水の周辺の僅かな部分のみであり、それ以外では活動層が薄く、あるいは地下水位が低くメタン生成あるいは放散に必要な条件が整いにくい。

次に月ヶ湖での調査の結果、メタン放散量は、春は少なく(0.05~1.1mg/m²h)、夏に最大となり(0.4~2

3.9mg/m²h)、秋にかけてもやや大きい(0.06~3.35mg/m²h)ことがわかった。(図4)ヤクーツク近郊での観測結果と比較した場合フラックスが小さいのは、土壌pHが非常に低いこと(4程度)、黒ボク土と泥炭の土性の違いによるものと思われる。

9月17日から18日かけて行った24時間連続測定の結果からは、メタンフラックスは日中に大きく夜間はほぼ一定で推移していることが分かった。(図5)同時に測定した地中温度の変化を見ると、1日という時間スケールを考えた場合、地下20cm以深では地中温度はほとんど

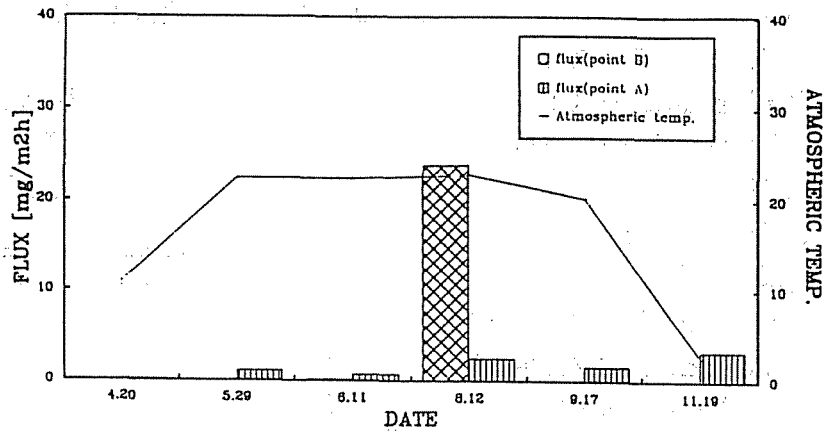


図4 観測されたフラックスと気温(月ヶ湖)

と変化していない。(図6)一方、表層では気温の変化に連動して大きな日変化がある。今、表層にメタン酸化層があり、より深部でメタン生成が起こっていると考えると、i)メタン生成速度はほとんど日変化しない。ii)メタン酸化速度は日変化をする。ことが推測される。したがって、メタン生成が律速段階であり、生成されたメタンは拡散によって大気中に放出され、その際、表層で一部が酸化されるとすると、メタンフラックスは日中減少し、夜増加するはずである。また表層で酸化が起こらないとすると、メタンフラックスは一日中変化しない。ところがこれは観測事実と反する。つまりメタン生成は少なくとも一日という時間スケールでは律速段階にはなっていない。また生成されたメタンの輸送は拡散によるものだけではないことがわかる。

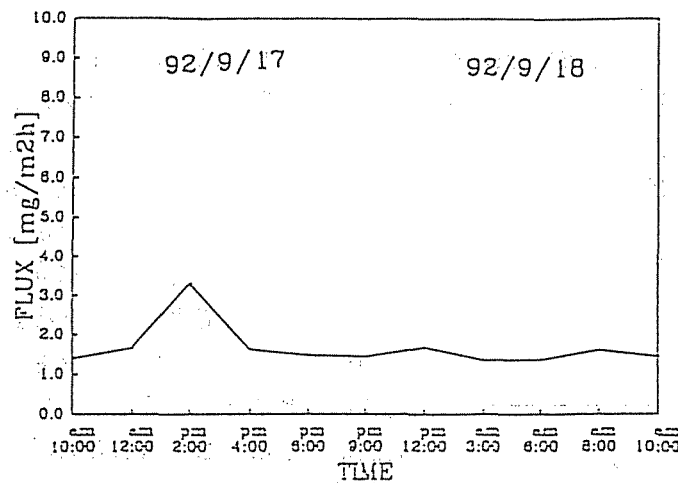


図5 メタンフラックスの日変動

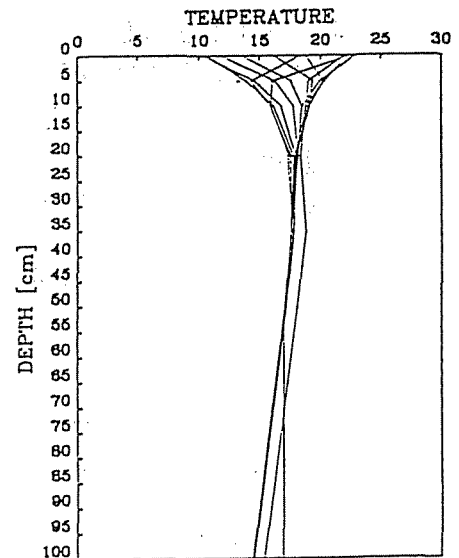


図6 地中温度の変化

以上の月ヶ湖での観測をもとに、1)土壌層内部は、地表面から地下水面より上の層、地下水面から植物の根が達している層、それ以下の3層を考え、2)全層にわたって菌数に応じたメタン生成が起こり、3)地下水面以上ではメタン酸化が起こる。4)植物は気温に応じた蒸散速度で地下水を吸い上げメタンといっしょに大気中に放出する。5)実測と文献値より地下50cmでの土

地下水を吸い上げメタンといっしょに大気中に放出する。5)実測と文献値より地下50cmでの土壌間隙水中のメタン濃度は約6g/m³とする。という仮定をしモデル計算を行った。その結果、メタン生成活性が低いため、メタン生成が律速段階なのではなく、メタン放散のメカニズムは、長期にわたって地下に蓄積されたメタンが植物の蒸散にともない大気中に放出されるというもので、拡散による寄与はごく僅かであり、年間・日間を通じてほぼ一定であることがわかった。

(図7)

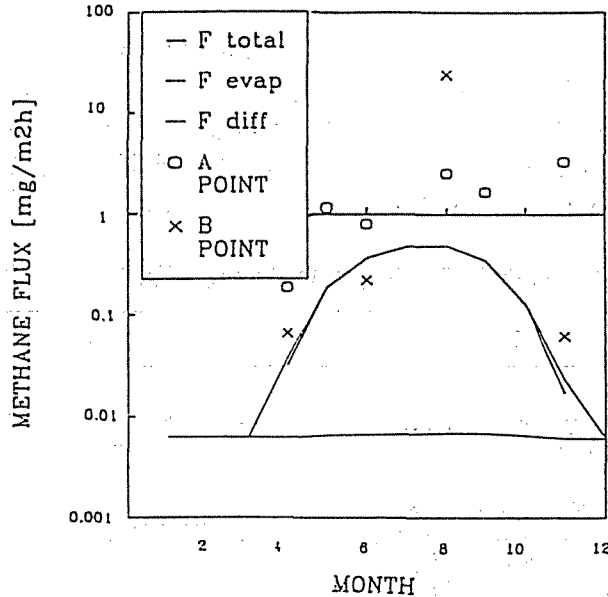


図7 計算結果と実測値

まとめ

永久凍土地帯では前述のように、地下水位がメタン放散に重要な因子である。活動層の厚さ、地下水位の高さがメタン生成に好条件になるのは、湖の周囲の僅かな部分のみであり、タイガ地帯全体のうちアラスの割合はそれほど高くはないことを考えると、この地域でのメタン放散量は全体としてはそれほど多くないことが予想される。またアラスが湛水している期間は短く、いずれ乾燥化して牧草地のようになってしまう。そうするとメタンのソースではなく、シンクになる可能性が高い。したがって、永久凍土地帯の断熱材であるタイガの伐採を抑えれば、新しいアラスの生成を抑えられる。

そうすればメタンハイドレート放出による放散量の増加、アラスでの微生物学的メタン生成の増加にともなう放散量の増加も抑制されるため、タイガが守られる限り、この地域のメタン放散に正のフィードバックはかかりにくい。むしろ重要なのは、より北方のツンドラ地帯で、この地域は低温のため現在の放散量は小さいが、断熱材となるような卓越した植生がないこと、面積が広大であることを考えると、温暖化により放散量の増加が見込まれる。

月ヶ湖では、放散量は夏から秋にかけて、また日中に増加しており、大気中への輸送は、過去に報告されているような、拡散によるものではなく、蒸散に伴うものであることがわかった。またヤクーツク近郊での観測と同じく、地下水位の影響は当然受けているものと思われるが、観測期間中地下水位の変動はごく僅かであったため、その影響を抽出することはできなかった。直接的には、永久凍土地帯では地下水位が、それ以外の湿原では蒸散が放散量に大きく寄与していることがわかった。

表1 調査結果 (空欄は測定不可能、*は検出限界以下、FLUXの単位はmg/m²h、温度は℃、土壌pHは各深さ毎の値)

No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
POINT	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
DATE	92/07/24	92/07/24	92/07/26	92/07/26	92/07/27	92/07/27	92/07/28	92/07/28	92/07/28	92/07/28
TIME	PM 1:27	PM 1:36	PM 2:02	PM 1:57	PM 6:40	PM 6:35	PM 0:00	AM 11:55	PM 2:38	PM 2:34
FLUX	0.0219	*	0.033	*	*	113	47.9	*	0.707	23.2
WATER TABLE			7	8		8	19		20	0
ATMOSPHERIC TEMP.	27	27	24.2	24.2	27	27	27.1	27.1	25.5	25.5
SURFACE TEMP.	24.5	37.4	22	20	21.9	22	18	18	25.4	20
土壌-pH	5	2.8	2.8	7.4	7.3	8.2	7.7	6	5.5	6.5
	15	2.9		7.2	7.2	7.4	7.4	6.4	5.5	7.1
	25			7.1	6.9	6.8	7.1	6.7	5.7	7.1
	35			6.7	6.9	7.2	6.9	6.1	5.7	7.2
	45			6.7	6.6	7.4	6.9	6.1	5.6	6.7