

北海道大学 ○太田幸雄・村尾直人・深沢達矢

○はじめに

近年、二酸化炭素、メタン、フロンガス、亜酸化窒素、対流圏オゾン等の増加に伴う地球温暖化が人間生存に係わる重要な問題となってきたが、さらに1992年のIPCCの補足レポートにおいては、対流圏の大気エアロゾルの増加とフロンガスによる成層圏オゾンの急激な減少が、この温暖化を抑制している可能性が指摘された。このように大気微量成分の増加に伴う気候変動問題は、最近より複雑な様相を見せつつあり、この気候変動の予測評価においては、各種微量成分の地球規模分布の測定およびその経年変化の把握が重要な研究課題となってきた。

シベリアはユーラシア大陸のかなりの面積を占めているが、これまでこのシベリアにおけるガス・エアロゾル濃度の測定はほとんど行われて来なかった。またシベリアはその大部分が永久凍土で覆われた湿原であり、その湿原土壌からはかなりのメタンが発生しているものと思われているが、やはりこれまでその発生量の実測は行われて来なかった。そこで今回、シベリア・レナ川中流域のヤクーツク市郊外において、大気中のガス・エアロゾル成分濃度の測定および湿原土壌からのメタン発生量の調査を行ったので、その結果について報告する。

A. 大気中のガス・エアロゾル濃度の測定1. ガス・エアロゾル濃度の測定法概要

1992年7月23日から31日まで、ヤクーツク市西方20kmにある無線中継所において、大気エアロゾルおよびSO₂ガスと硝酸ガスの捕集を行った。粒径2μm以下の微小粒子（微小エアロゾル）捕集系、エアロゾルとSO₂ガス捕集系、およびエアロゾルと硝酸ガス捕集系の3系統のサンプリング系を設置した。微小粒子捕集系では、サイクロン分離器で粒径2μm以上の粗大粒子を除去した後、石英繊維フィルターにより微小粒子を捕集した。一方、エアロゾルとSO₂ガスおよび硝酸ガス捕集系では、まずテフロンフィルターにより採気気流中のエアロゾルを捕集・除去した後、各試薬を含浸させた2段のセルロースろ紙によりSO₂または硝酸ガスを捕集した。ガス捕集用試薬含浸ろ紙は、SO₂捕集用としてはNa₂CO₃含浸ろ紙、硝酸ガス捕集用としてはNaCl含浸ろ紙を用いた。この3系統の捕集系について、各々毎分20ℓの流量で24時間ないし48時間、屋外空気を吸引捕集した。

これらの捕集済みフィルターを日本に持ち帰り、分析を行った。微小粒子を捕集した石英フィルターについて、Carbon analyzerを用いて、全粒子状炭素量（T.C.）および黒色純炭素量（B.C.）を測定した。一方、エアロゾルとSO₂ガス捕集系、あるいはエアロゾルと硝酸ガス捕集系において、エアロゾルを捕集したテフロンフィルターについて、蒸留水によりエアロゾル成分を超音波抽出した後、硫酸イオン（SO₄²⁻）、硝酸イオン（NO₃⁻）、塩素イオン（Cl⁻）はイオンクロマトグラフ法、アンモニウムイオン（NH₄⁺）はインドフェノール比色法、ナトリウム、カルシウムおよびマグネシウムイオンは原子吸光法により分析した。また、SO₂ガスについては、捕集済みろ紙を蒸留水に浸して亜硫酸イオンを抽出した後、過酸化水素を加えて硫酸イオンに酸化し、イオンクロマトグラフで分析した。硝酸ガスについては、捕集済みろ紙を蒸留水に浸して硝酸イオンを抽出した後、ヒドラジン還元GR試薬法により比色分析した。

2. ガス・エアロゾル濃度の測定結果

表1、2に、大気エアロゾル中の各成分、およびSO₂ガス、硝酸ガス濃度の測定結果を示す。今回測定

された夏季のヤクーツク郊外におけるT.C. およびE.C. 濃度は、アラスカ・フェアバンクス郊外において2年間測定された濃度の約10倍の高い濃度であり、北海道ニセコ山麓で1年間測定された濃度とほぼ同じ値であった。一方、 SO_4^{2-} および NO_3^- 濃度は、フェアバンクス郊外における濃度とほぼ同じであり、ニセコ山麓における濃度の1/2 ～1/4 程度であった。また、ヤクーツクにおける夏季の SO_2 および硝酸ガス濃度は、フェアバンクス郊外における濃度とほぼ同じレベルであった。このように夏季のヤクーツク郊外において、他の成分と比べて炭素粒子 (T.C. およびE.C.) 濃度が特に高いのは、一つには夏のシベリア・タイガ地域において頻発している森林火災のためではないと思われる。

Date	T.C.	E.C.	SO_4^{2-}	NO_3^-	Cl^-	NH_4^+	Na^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Date	SO_2	HNO_3
July 23-24		0.99	0.53	0.034	0.010	0.19	0.054	0.57	0.021	July 23-24	0.034	0.001
24-25	4.65	0.93	0.48	0.047	0.017	0.16	0.053	0.57	0.024	24-25	0.080	0.008
25-26	4.91	0.58	0.21	0.032	0.018	0.08	0.033	0.47	0.017	25-26	0.030	0.004
26-27	3.97	0.34	0.11	0.011	0.002	0.04	0.017	0.27	0.009	26-27	0.005	0.000
27-29	4.05	0.76	0.35	0.056	0.011	0.11	0.036	0.80	0.025	27-29	0.051	0.005
29-30	9.88	1.89	0.75	0.103	0.017	0.23	0.057	1.16	0.042	29-30	0.109	0.020
30-31	3.82	0.27	0.24	0.013	0.032	0.09	0.027	0.05	0.006	30-31	0.000	0.001

表1. 大気エアロゾル成分濃度 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

表2. SO_2 および硝酸ガス濃度 (ppbv)

B. 湿原土壌からのメタン発生量調査

1. メタン発生量の測定法概要

1992年7月24日～28日に、ヤクーツク郊外の湿原5地域において各2地点ずつ、合計10地点で、メタン発生量調査を行った。測定項目は、メタンフラックス、地下水位、土壌pH、気温、地表面温度および地中温度である。

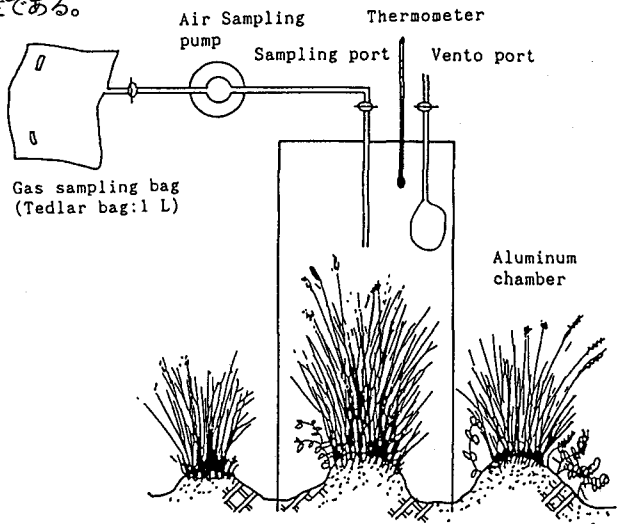


図1. メタンフラックス測定法

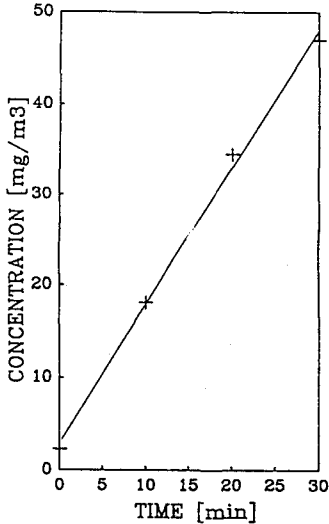


図2. チャンバー内メタン濃度の時間変化

図1にメタンフラックスの測定法の模式図を示す。縦横30×30 cm、高さ65 cmのアルミニウム製チャンバーを地面に差し込み、10分毎に4回、チャンバー内の空気を500mℓずつアルミニウム被覆のテドラーバッグに採気した。採気したバッグを日本に持ち帰り、PID ガスクロマトグラフでバッグ内の空気中のメタン濃度を測定した。図2に示すように、メタン濃度の時間変化から、メタンフラックスを算定した。

2. 測定結果

表3に、ヤクーツク郊外の湿原土壌における測定結果を示す。ここで、地点A、Bはヤクーツク市から15 km離れたタイガの中にあるキュルデゲラフ湖の湖畔、地点C、Dはヤクーツク市の北東15 kmにあるアラスのプロハラノイエ湖の湖畔、地点E、Fはレナ川を渡った対岸のマヤ地方のアラスのギメイン湖の湖畔、地点G、Hはやはり対岸の乾燥して干上がりつつあるアラスの内部、地点I、Jはその同じアラスの中にある葦類の生えた沼地（マーシュ）である。なお、アラスとは、タイガが切り払われたために直射日光により凍土が加熱され、内部深くまで融解した結果生じた窪地である。できはじめの数年間は水を湛えた湖になっているが、蒸発量が降雨量より多いために次第に乾燥化し、最終的には完全に乾いた窪地となる。現地のヤクート人はこのアラス内で牛、馬の放牧を営んでおり、今回の測定地点はA、Bを除いて総て放牧された牛馬の足跡および糞が多数見受けられた。

今回測定されたヤクーツク郊外の湿原土壌からのメタンフラックスは、0～113 mg/m² / hourであったが、同じアラスの湖の湖岸であっても僅か10m程度離れただけで値が2桁以上も異なっていた（例えば地点EとF、あるいはGとH）。メタンフラックスは、地下水位が高いほど、地中温度が高いほど大きく、また土壌のpHが中性（pH 6～7）の場合に高い値を示した。

1991年の夏季に、井上等によって測定されたアラスカ・フェアバンクス郊外の湿原土壌からのメタンフラックスも0～26mg/m² /hourであり、今回のシベリア・ヤクーツク郊外の湿原土壌からのフラックスとあわせて考えると、タイガ地域の湿原土壌からのメタンフラックスはほぼ数十mg/m² /hour程度のレベルではないかと思われる。

Site	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
Date	7/24	7/24	7/26	7/26	7/27	7/27	7/28	7/28	7/28	7/28
Time	13:27	13:36	14:02	13:57	18:40	18:35	12:00	11:55	14:38	14:34
Methane Flux (mg/m ² hr)	0.02	0	0.03	0	0	113	48	0	0.71	23
Ground water level (cm)	—	—	7	8	—	8	19	—	20	0
Soil pH (15 cm)	2.9	3.0	7.2	7.2	7.4	7.4	6.4	5.5	7.1	6.5
Surface temp (°C)	24.5	37.4	22.0	20.0	21.9	22.0	18.0	18.0	25.4	20.0
Soil temp. (°C, 15cm)	7.2	8.2	14.4	16.8	15.5	21.6	18.8	14.8	15.8	13.9
Air temp. (°C)	27.0	27.0	24.2	24.2	27.0	27.0	27.1	27.1	25.5	25.5

表3. 夏季のシベリア・ヤクーツク郊外におけるメタン発生量調査結果