

国立環境研究所
20周年記念特別研究発表会

平成6年5月27日

於：国立環境研究所大山記念ホール

目次

20周年記念講演 “今後の環境行政”

近藤 次郎

中央環境審議会会長
日本学術会議会長

1. 研究発表講演

地球温暖化とシベリア	1
井上 元 (地球環境研究グループ)	
絶滅に瀕した野生生物に何が起きるのか	4
椿 宜高 (地球環境研究グループ)	
大気化学研究におけるフリーラジカルの計測と反応	7
鷲田 伸明 (大気圏環境部)	
環境中の元素の動きーヒ素の化学形態と分析	10
柴田 康行 (化学圏環境部)	
自由記述法による環境意識の調査と分析	13
大井 紘 (社会環境システム部)	
水界生態系に及ぼす化学物質の影響評価	16
畠山 成久 (地域環境研究グループ)	
都市大気汚染と光化学反応	19
若松 伸司 (地域環境研究グループ)	
湿原の環境と生物群集の成り立ちー高層・低層湿原を例として	21
岩熊 敏夫 (生物圏環境部)	
霞ヶ浦の研究20年	24
相崎 守弘 (水圏環境部)	
スギ花粉症増加と大気環境	27
小林 隆弘 (環境健康部)	

2. ポスターセッション

アルデヒドの光分解によって生成するHCOラジカルの絶対収率決定	33
今村 隆史 (大気圏環境部)	
インド北西部のタール砂漠における砂漠化と人間活動	34
恒川 篤史 (水圏環境部)	
I G A C / A P A R E プログラムに基づく航空機・地上観測	35
畠山 史郎 (地球環境研究グループ)	
衛星画像でみる釧路湿原の植生	36
山形与志樹 (社会環境システム部)	
国保レセプト統計を用いたアレルギー性鼻炎受療率の変動分析	37
田村 憲治 (環境健康部)	

サンゴ礁のモニタリング	38
原島 省・功力正行・宮崎忠国 (地球環境研究グループ)	
紫外線の増加が植物に及ぼす影響	39
中島信美・佐治 光・近藤矩朗 (地域環境研究グループ)	
生態系と水質	40
福島武彦・松重一夫 (地域環境研究グループ)	
大気循環の数値シミュレーション	41
鶴野伊津志 (大気圏環境部)	
地球環境問題に科学技術は何をなしうるか	42
内藤正明 (地域環境研究グループ)	
筑波研究学園都市における植生を中心とした景観変化	43
青木 陽二 (社会環境システム部)	
北極域における地表オゾン減少とガス状有機化合物	44
横内 陽子 (化学環境部)	

研 究 発 表 講 演

地球温暖化とシベリア

井上 元 (地球環境研究グループ温暖化現象解明研究チーム)

1. シベリアは二酸化炭素の吸収源か？

大気中の二酸化炭素やメタン・フロンが増加により地球温暖化が起こることは疑いの余地はない。問題はその時期と規模であり、それを明かにするための研究が世界中で進められている。課題の一つはあるシナリオ、例えば二酸化炭素(正確には温室効果ガスの全量を二酸化炭素に換算した量)がある時期までに二倍になったとき、世界の気候がどのように変わるかである。この課題は大気圏環境部で研究を行なっている。

もう一つの課題はいつ現在の二倍になるか、それを延ばすにはどうすればよいかを明かにすることである。二酸化炭素の増加は言うまでもなく人間が石炭、石油などの化石燃料を消費していることに主要な原因があり、さらに森林を伐採している等の原因が加わる。化石燃料の消費が現在のペースで増加していくとすれば、数十年もしないで大気中の二酸化炭素の濃度は倍増する。しかし、省エネルギー対策等でこの時期を延ばすことが出来ると予想される。この分野では環境研の「温暖化影響対策チーム」が精力的に研究を行なっている。

他方、人間が放出した二酸化炭素の全てが大気中に蓄積されている訳ではなく、50%が残っているに過ぎない。残りのうち、30%が海洋に吸収されていると言われている。海洋に吸収されるプロセスは、物理的な吸収とそれに続くプランクトンによる光合成とからなる。プランクトンは死ぬと海水中を降下し殆どが分解され再び二酸化炭素になる。従って、海洋の生物活動は二酸化炭素を生物活動の活発な海洋表面から、深い海に輸送する役割を果たしていると考えられる。珊瑚の成長は海水中のカルシウムイオンを消費し、海水に溶ける二酸化炭素の量を減少させるので、トータルでは二酸化炭素の吸収源にはならないと言われている。このようなプロセスをいろいろ評価しても、海洋が30%以上の吸収源になっているとは考えにくい。残りの20%はどこに消えているのか解っておらず、ミッシングシンクと呼ばれている。将来二酸化炭素が増えたとき、同じ割合でこのシンクが働くのか、あるいはその絶対量が限られているのかなど、将来予測のためにはミッシングシンクを解明することがどうしても必要である。私たちは亜寒帯林が二酸化炭素の吸収源ではないかと言う点で膨大な天然林を擁しているタイガ

とよばれるシベリアの森林に注目している。

2. シベリアの大湿原はメタンの発生源？

温室効果の最大の原因は二酸化炭素(55%)であるが、メタン(15%)やフロン(17%)の増加も無視できない。フロンの生産は成層圏オゾンの破壊を防ぐ目的で生産が規制され、大気中の濃度は既に減少に転じているが、その替りに使用され始めた代替フロンの影響には注意を払わねばならない。

メタンの発生源は多岐にわたるが、最大のものが自然湿地からの発生と見られている。人為的な発生源は近年精度良く把握されてきたが、自然の発生源はその定量的な把握が容易ではない。一般的に言って自然発生源では単位面積あたりの発生量が少ないが、広い面積から発生しているため、全体としては大きな発生源になっているのが特徴である。更に、場所による単位面積当りの発生量のバラツキが大きい。

自然湿地としてはアマゾン流域のような熱帯域の河川氾濫による季節的な湿地と、シベリア、北欧、カナダ、アラスカに分布する亜寒帯の湿地が主たるものである。亜寒帯ではアラスカでの測定が最も早く行なわれ、そのデータに世界の面積を掛け(気温や湿地のタイプなどを勘案している)全体量を推定していたが、最近のカナダでの測定値はそれよりかなり小さい結果となった。世界最大の湿地である西シベリア大低地については、私達がこの研究で開始するまで全く手が付けられないままであった。

3. 航空機と地上での立体的・総合的な観測

西シベリアの大低地はその直径が3,000kmにも及ぶ規模であり、これをシラミ潰しに調べるわけには行かない。南部の湿原と森林のモザイクとなっている地域、中部の湖沼の割合の多い地域、北部のツンドラ地域の3つに分け、その発生量を様々な方法で測定している。

最も一般的に行なわれている測定は、地面に箱を覆せて、その中のメタン濃度が増加する速度を測定する方法である。測定のため湿地に入ること自体が発生量に影響を与えたりするので注意を払わなくてはならないが、基本的には正確で容易な方法である。しかしながら、数メ

ートルも離れていない場所でメタンの発生量が数倍も異なることも珍しくない。つまり気温や地質などが同一でも、窪地で表面近くまで水に濡れ嫌氣的になっており、メタンの生成が地表付近で成されているので、発生量が多い。少し盛り上がり乾燥した好氣的土壤層があると、そこでメタンを酸化する細菌に消費され、大気中へのメタンの放出量が小さくなるのである。さらに、下からのメタンの供給が多ければ、メタン酸化細菌はその数が増えて来るので、現在の状況だけでなく過去の影響もある。これではどこを代表点として選べばよいか分からない。そもそも、ある地域を代表する点が無いのである。

ある地域でのメタン発生量を推定するには、航空機による大気からの測定が有力ではないかと私達は考えている。92年夏の観測では(多分世界で初めて)航空機にガスクロを搭載して機上での測定を行なった。この装置には炭化水素の検出に有効な火炎イオン化検出器がついている。水素を航空機内で燃焼させることは、水素が漏れた場合を考えると極めて危険なので、水の電気分解で発生する水素を使い大量に貯蔵しない様にして許可を得た。容器に大気を採取して後で分析する方法に比べ、測定頻度を高める事が出来るので、空間的な揺らぎを把握することや平均値を求めることができ、高い信頼性のある測定が出来た。93年の観測では、ガスクロでメタンを分離する代りに、メタン以外の炭化水素を触媒で燃焼させ、残ったメタンを火炎イオン化検出器で測定する方法を併用することにした。これで連続的な測定が可能になり、測定のレベルが飛躍的に向上した。

大陸であることや高緯度であることが、われわれの日本の気象での常識が通じないという経験をするようになった。先ず、海陸風がないため、低気圧が通過する場合以外は全く風は無いという感じである。数百kmという規模で地表面が均一であるという条件と併せて、水平方向の大気の運動を1日のスケールでは無視できることを示している。

日没は現地時間で10時、日の出は4時という白夜に近い地域なので、夜間の放射冷却による冷え込みは弱いかと予想していたが、実際はそうではなかった。日中は35℃近くにまでなるが、日が傾き直達光が弱くなると冷え初め、10℃までになる。風が弱いためもあり、強い逆転層が発達する。夜間に湿地で発生したメタンは、このため地表面近くに閉じ込められ、大気中のメタン濃度はバックグラウンドの1.7ppmの1.5倍、2.6ppmにもなる。航空機でその濃度を測定し(図1)、逆転層の高度を測定すれば、そこに溜ったメタンの量を計算できる。さらに、

逆転層が出来始めてから測定までの時間を知れば、単位時間あたりに発生したメタンの量を計算できる。私達はこれをInversion Trap Methodとよぶことにした。メタンの発生量は夜間と日中でそれほど大きな差が無いので、これからメタン発生量の空間的な平均値を見積もることが出来ると考えている。

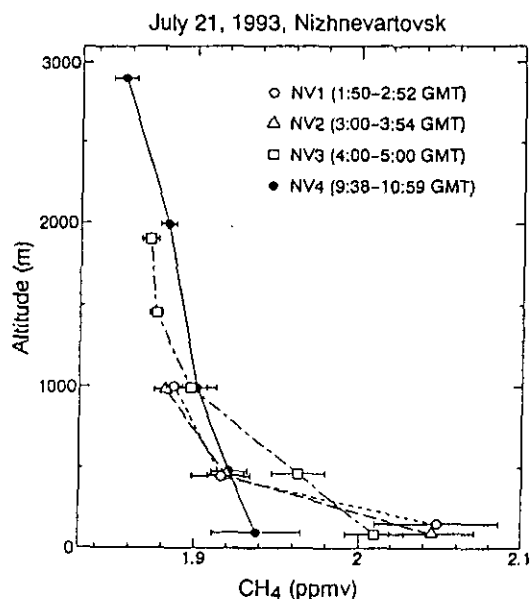


図1 西シベリアでのメタン濃度の高度分布の時間変化をしめす。早朝、逆転層にトラップされたメタンが、日射により引き起こされる対流で上下混合が起き、高高度に輸送される状況を示している。

データを詳しく見ると地表面の状況と大気の運動を反映して、水平飛行で測定していても濃度は均一ではないことが分かった。このデータから地表面の状況(比較的乾燥した森林の多い湿原と湖沼の割合の卓越した水位の高い湿原等)とメタンの発生量の関係が抽出できないかと、画像データと結び付けた検討を進めている。

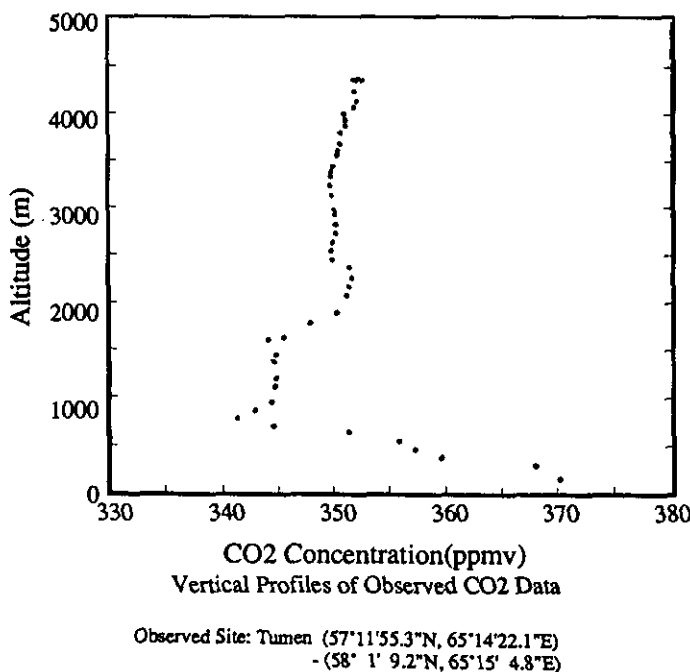
4. 二酸化炭素の収支

メタンと同様に二酸化炭素の収支も測定できるかというところではない。湿原でも草や灌木、水苔さえ日中は光合成で二酸化炭素を吸収し、夜間には呼吸で二酸化炭素を放出する。逆転層が一日中存在すれば一日の収支が明らかになるのだが、日中は地表面が温められ強い対流が起り逆転層は消えて無くなるので、そのような測定は出来ない。

日中の上下混合はかなり強く起り、その間光合成も

盛んであるので、かなり高い範囲（2,000m）まで二酸化炭素の濃度が低い混合層とよばれる層が広がる。ここではその上の自由大気とよばれる対流圏バックグラウンドに比べ10ppm以上低い。太陽が傾くと地表面の温度が下がり初め、光合成が止まり、逆転層には二酸化炭素が蓄積され始める。その上の混合層はもはや上下の混合は無くなり安定または中立の状態になるが、濃度のギャップはそのまま保存される(図2)。夜明けと共に光合成が盛んになり二酸化炭素が消費されると共に、逆転層が解消し混合が再び盛んになる。これが繰り返され混合層内部の二酸化炭素濃度は下がって行くようである。時には水平方向の運動や、積乱雲などの発生で自由大気と強い混合が起こり、対流圏全体に低濃度二酸化炭素の大気が広がっていく。

この2年間の観測でこのような全体像が分かってきたが、これから二酸化炭素の収支に関する知識が得られるものかどうか、更に研究を進めていく必要がある。



Observed Day : 1992-7-20 Time: 3:44 - 4:01

図2 西シベリアでの二酸化炭素濃度の高度分布。

早朝、地表面近くには植物や土壌の呼吸により放出された二酸化炭素がトラップされている。

上空では昨日の混合層の上昇した高度まで低濃度領域が広がっている。

5. 永久凍土

シベリアのもう一つの特徴は、最も大陸的な陸気候であり、冬は-45℃、夏は35℃という、寒暖の差が大きい地域であり、年平均気温は0℃以下である。特に東シベリアは永久凍土に覆われている点で特徴的である。永久凍土は土壌中の水分が一年中凍っている地域で、その厚さは北極海に近い高緯度では800mにも及ぶ。これは氷河時代の終りに氷河で覆われていなかった地域が、氷河で冷やされた空気で冷却されて生成したものである。永久凍土層の上に夏期には溶ける活動層があり、北のツンドラ地帯では苔や草、灌木が育ち、南のタイガでは森林が形成されている。ここの樹木は横に広く根を張って幹を支えており、地上部に比べ地下部の割合が多いことが森林総研の調査で分かった。この森林が火災で焼失した場合、地表面が太陽光に対し剥き出しになり、凍土が融ける。地下の深い所は凍ったままなので、凍土が融けて出てきた水はアラスとよばれる湖を作る。このような変化は温暖化が進行した場合も起こる可能性が高く、メタンの発生源が広がる可能性がある。メタンの発生が増えると温暖化がますます進行することになり、いわゆる正のフィードバックが働く。その可能性を検討する研究も進んでいる。

逆に、負のフィードバックの可能性もある。気温の上昇はタイガの生産性を高めるし、ツンドラ地帯に向けて森林が広がり、二酸化炭素の吸収が増えると予想されるからである。しかし、平均気温の上昇が樹木の成長にプラスに働くとは限らない。特に春先に寒暖の変動が大きくなると、新しい芽が遅霜で被害を受けたりするためである。樹木の成長と環境との係わりも研究課題の一つである。

6. おわりに

ソ連時代には外国に対し閉じられていたため、わが国にとっては馴染みの浅い地域であり、研究の初期にはとまどうことも多かった。しかし、環境研、森林総研、北海道大学などを中心に、多くの研究機関、大学の研究室の参加を得て、徐々に理解が深まってきている。ロシア側の研究機関も9機関が参加しており、その研究蓄積もこの研究の進展に大いに役立っている。大気化学、気象、リモートセンシング、土壌、森林、植生、雪氷、陸水、地球化学など、多くの分野の協力で初めて成り立つものであり、それが実現出来ている事も心強い。こうしてシベリアでの研究は、まさに、学際的、国際的共同研究プログラムとして発展している。