



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	冬季シベリア地域における重金属沈着量の評価
Author(s)	玉上, 直人; 深澤, 達矢; 清水, 達雄 他
Description	第9回衛生工学シンポジウム (平成13年11月1日 (木) -2日 (金) 北海道大学学術交流会館) . 2 環境保全 . 2-10
Citation	衛生工学シンポジウム論文集, 9, 133-137
Issue Date	2001-11-01
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/7158
Type	departmental bulletin paper
File Information	9-2-10_p133-137.pdf



2-10

冬季シベリア地域における重金属沈着量の評価

玉上直人 深澤達矢 清水達雄 橘 治国 太田幸雄 (北海道大学大学院工学研究科)
永淵 修 (福岡県保健環境研究所) 藤井理行 (国立極地研究所)

1. はじめに

近年、ロシア、東欧諸国およびアジア諸国において大気汚染及び水質汚濁の進行による住民の健康被害の深刻な状況が明らかになってきた。これらの国では深刻な経済状況により、環境への影響は軽視されてきた。その結果、発電所、精錬所、工場などからは硫酸化物、窒素酸化物、重金属などの汚染物質が十分に排煙処理もされず大量に大気中へ放出されている。これらの有害物質は大気の長距離輸送をへて広範囲にわたり沈着し、その地域の土壌、水質、動植物等に様々な悪影響をおよぼすと考えられている (Cheng et al., 1993; Rahn and Lowenthal, 1984)。

シベリアを含む北極圏は冬季に降水量が少ないため、排出された汚染物質は除去作用を受けにくく、大気中に滞留する。結果的により長距離へ輸送されることになる。本研究の調査地点であるヤクーツク、シベリア周辺においても大気中を長距離輸送された有害物質が沈着、蓄積していることが予想される。シベリアのような寒冷積雪地域では、冬期間の融雪量はきわめて小さく大気降下物は積雪内に一冬にわたって保存される (石井, 1998)。積雪内に蓄積された汚染物質は雪解けとともに放出され、一部は地下水とともに流出し、一部は泥炭層等に取り込まれ、生態系に影響を及ぼす。そこで、本研究では、冬季シベリア地域における重金属成分の沈着量を明らかにするためにシベリア積雪試料を採取し、積雪中重金属成分を分析した。

2. 調査地点の概要

国立極地研究所北極圏環境研究センターを中心とする調査チームが2000年3月13日から25日にかけてヤクーツク-イルクーツク間において25地点 (YI ルート)、ヤクーツク-ブラゴベシエンスク間において15地点 (YH ルート) を約100km毎に調査を行った。各地点名は YI ルートではヤクーツクから順に YKS, YI1, YI2, ..., I24 とし、同様に YH ルートでは YH1, YH2, ..., YH15 とした (図1)。

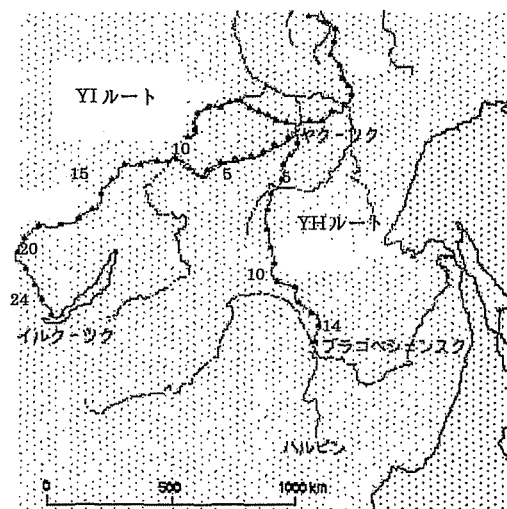


図1 調査地点

(図中の数値はサンプリング地点名を示す)

ヤクーツク→イルクーツク (YI ルート)

ヤクーツク→ブラゴベシエンスク (YH ルート)

3. 方法

3.1 サンプリング

雪面にダブルピットを掘り断面観測を行った。透過光により層位を確認し、各層毎に雪試料をチャック付きポリ袋に採取した。試料は室温で融解させた後、袋の角を切り125ml ポリプロピレン製ボトル (NALGENE) に移して日本に持ち帰り、 -20°C で冷凍保存した。また、各層の水当量を測定した。

3.2 重金属成分の分析

分析前に室温で融解させた試料に硝酸（関東化学 EL grade）を 0.1% になるよう添加した後、一週間冷蔵庫で保管した。その後ろ過を行った。ろ過にはポリプロピレン製のろ過器（NALGENE Filter Holders with Receiver）を使用した。ろ紙（Nuclepore, 孔径 0.4 μ m）は湿度 30%, 24 時間放置の条件下で乾燥させあらかじめ秤量しておいた。ろ過後のろ紙は同条件で乾燥させ秤量し、前後の重量差から不溶性成分の質量を算出した。不溶性成分濃度は 0.17~82mg/L の範囲であった。重金属濃度は誘導結合プラズマ質量分析装置（ICP-MS, 横河電機, HP4500）を用いて測定した。測定元素は Li, Be, Al, Ti, V, Cr, Mn, Co, Ni, Cu, Zn, Ga, As, Rb, Sr, Cd, In, Cs, Ba, Tl, Pb, U の 22 元素である。測定方法は内部標準法（内標元素 Sc, Y, La, Ce）を用いた。各元素の検出限界は 0.01~1ppb の範囲であった。

4. 結果及び考察

4.1 重金属成分濃度

積雪中重金属濃度は Li:0.27~1.9 Be:0.04~0.29 Al:1~3300 Ti:0.8~112 V:0.04~43 Cr:0.46~42 Mn:0.2~660 Co:0.05~1.2 Ni:0.04~12 Cu:0.2~21 Zn:0.4~14 Ga:0.06~8 As:0.19~1.8 Rb:0.06~2.7 Sr:0.13~550 Cd:0.09~0.54 In:0.05~0.1 Cs:0.03~0.1 Ba:0.3~1000 Tl:0.02~0.3 Pb:0.1~67 U:0.01~0.3（単位; ppb）であった。鉛直分布を見ると、全体的に表層の方が高濃度であった。比較的よく検出された元素は Al, V, Mn, Ni, Cu, Zn, Ga, As, Rb, Sr, Cd, Ba, Pb の 13 元素であった。Li, Be, Ti, Cr, Co, In, Cs, Tl, U は、ほとんどの試料において検出限界以下となった。YI5 地点の試料には土壌が混入していたため、沈着量は算出しなかった。

4.2 重金属成分沈着量

現地において測定した各雪層の水当量と重金属成分濃度から各サンプリング地点における重金属成分の沈着量を算出した。その結果を図 3~7 に示す。全体的にヤクーツク-ブラゴベシエンスク間に比べてヤクーツク-イルクーツク間の方が沈着量が大きくなっている。ロシア全土には 12 の工業地域が存在しており（図 2）、ノリリスク、ウラルにおいてヒ素、カドミウム、クロム、マンガン、ニッケル、鉛、バナジウム、亜鉛が大量に大気中へ排出されていることがわかる（表 1）。これらの排出源地域はイルクーツク以西にありヤクーツク-ブラゴベシエンスク間にはないことから（図 2）、この沈着量の差は排出源との距離の差等によるものと考えられる。藤本(2000)のモデル計算においても同様の結果が報告されている。YI1~5, YH1~4 地点まで沈着量が小さいことからヤクーツク付近は比較的清浄な地域であるといえる。

次に沈着量分布についてより詳細に議論する。ヤクーツクに近い YH1 から YH4 までは沈着量が小さく、YH7, YH12 付近で沈着量が大きくなっている（図 3）。このような傾向はどの元素においても確認できることから、ヤクーツク-ブラゴベシエンスク間における重金属の沈着は局所的汚染源によるものではなく、ノリリスク、ウラルあるいは中国などの同一排出源から排出された重金属成分が長距離輸送をへて YH7,12 付近で沈着しているとも考えられる。

表1 ロシアにおける大気汚染物質の排出量 (単位: トン/年)

地域	As	Cd	Cr	Mn	Ni	Pb	V	Zn	Cu	SO ₂
ノリリスク地域										
銅・ニッケル製造	242	24	312	2.5	900	649		235	312	75
化石燃料燃焼	1	0.5	7	7	11	27	113	8	7	100
製材	3	1	83	18.5	24	13	17	19	83	5
ガソリン燃焼						53				
合計	246	25.5	402	28	935	742	130	262	402	180
ウラル地域										
銅・ニッケル製造	462	70	5	5	585	1220		444		
化石燃料燃焼	42	33	150	130	790	173	2730	180		
鉄鋼業	47	42	1230	998	240	500	267	3300		
ガソリン燃焼						7630				
合計	551	145	1385	1133	1615	9523	2997	3924		

(Pacyna, 1991)

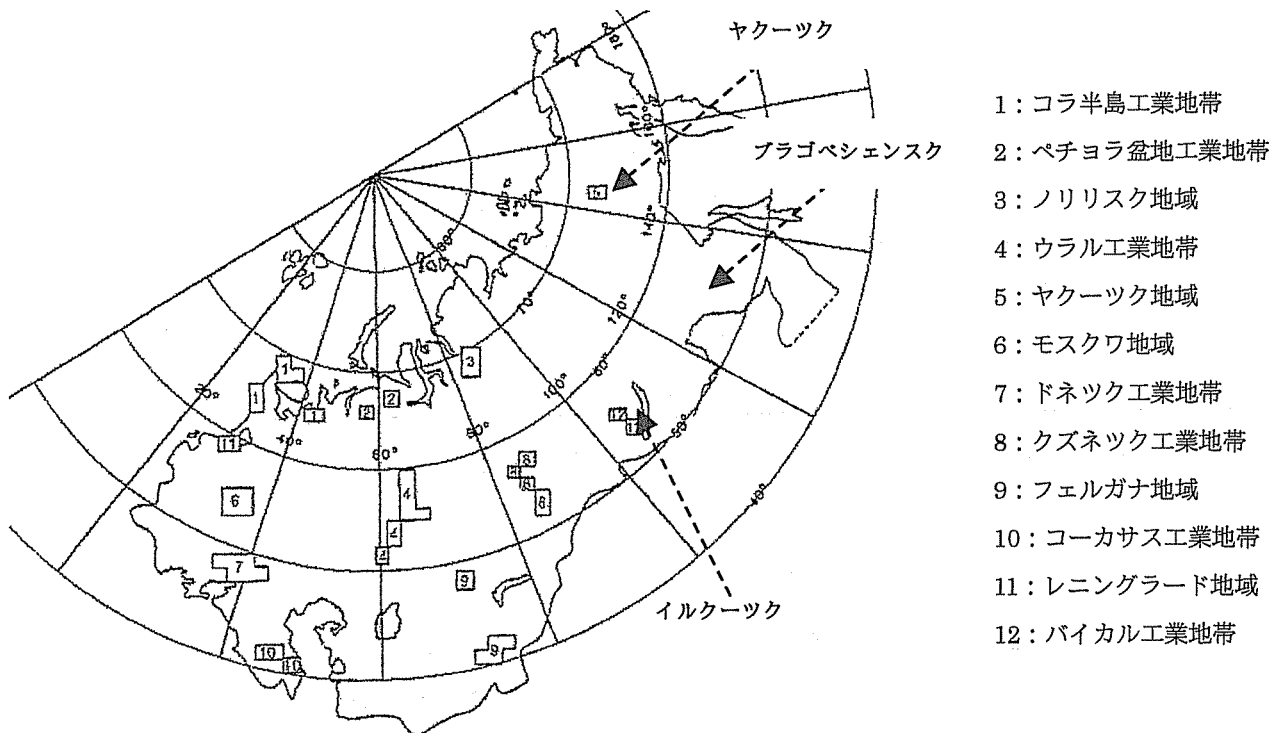


図2 ロシアにおける大気汚染物質主要排出源 (Pacyna, 1991)

ヤクーツク-イルクーツク間においては、沈着量分布傾向によって以下の4つの元素グループに分けられた。1) Al, V, Mn, Zn, As, Ga, Rb, Sr, Ba 2) Ni, Cu 3) Cd 4) Pb

Al, V, Mn, Zn, As, Ga, Rb, Sr, Ba等の元素はイルクーツクに近づくにつれ沈着量が大きくなっている(図4)。イルクーツク近郊にはバイカル工業地帯があり、沈着量の増加はその影響を受けていると考えられる。また、Al, Sr, Baも同様の挙動を示していることから土壌粒子の影響も考えられる。

銅、ニッケルの沈着量は YI4 付近、イルクーツク付近で大きくなっている(図 5)。イルクーツク付近で沈着量が大きいのは先述した元素同様にイルクーツク、バイカル工業地域の影響と考えられる。ノリリスク、ウラル地域において銅-ニッケル精錬にともない銅、ニッケルが大量に排出されていることから YI4 付近の沈着量増加はノリリスク、ウラル起源の銅、ニッケルによるものと考えられる。YI16 においてニッケルの沈着量は 89.5 ng/cm^2 と非常に大きくなっている。YI16 地点では、他にも Ti, Zn の沈着量が他の地点にくらべて大きくなっている。これは、YI16 地点の最下層から高濃度で Ti, Zn が検出されたことによるもので、地面の影響を受けている可能性がある。

カドミウムの沈着量は他の元素とは全く異なる沈着量分布となった(図 6)。YI10 付近で沈着量が大きくなっている。YI10 付近には鉱山があり、カドミウムはその影響を受けていると考えられる。

鉛の沈着量は YI4, YI10, YI14, YI21 付近で沈着量が大きくなっている(図 7)。ロシアでは、低質のガソリンを使用していることから自動車排ガスの影響が大きいと考えられる。YI3, 4 地点では、ニッケル、銅も同様に沈着量が大きくなっていることからノリリスク、ウラル起源の鉛によるものと考えられる。

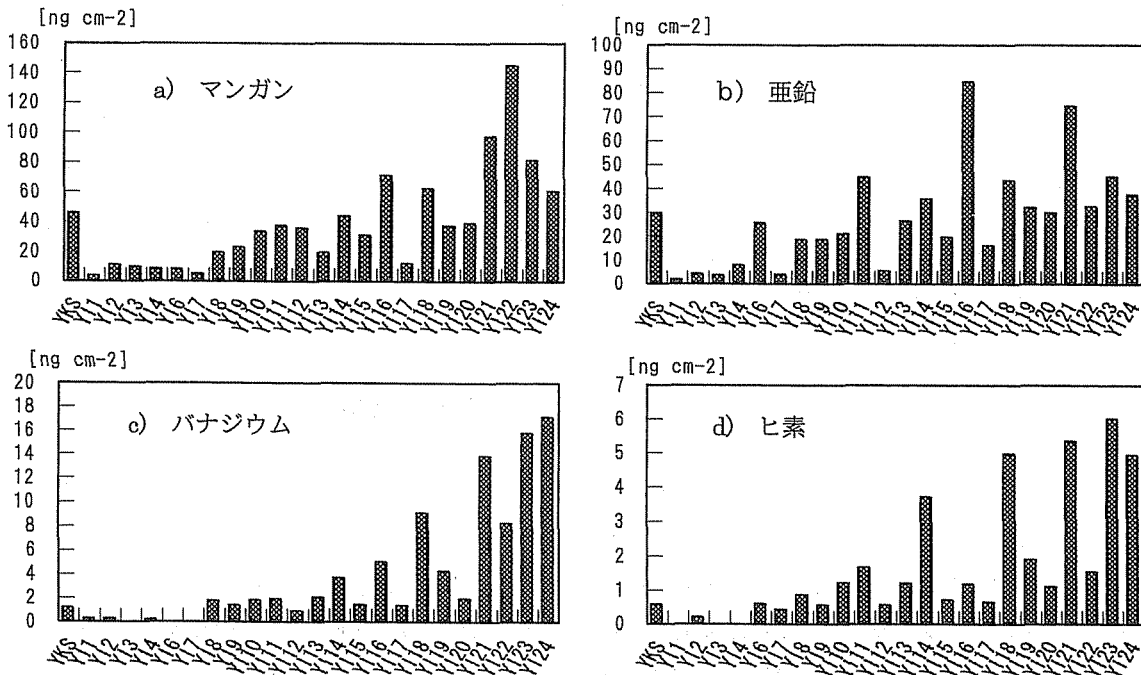
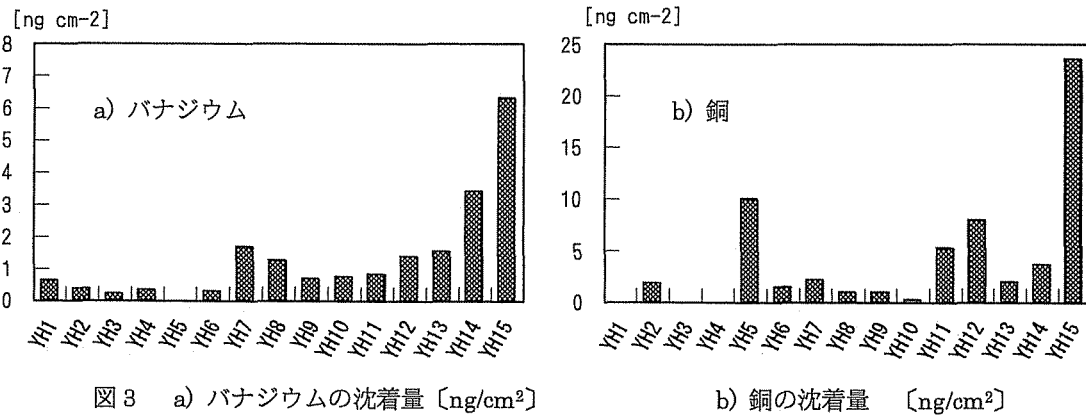


図 4 a) マンガン b) 亜鉛 c) バナジウム d) ヒ素の沈着量 $[\text{ng/cm}^2]$

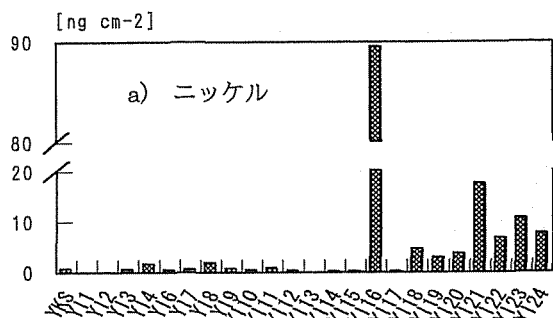
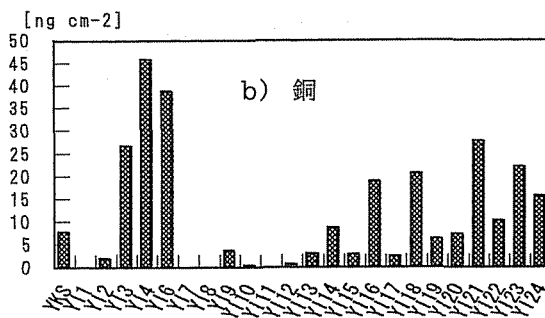


図5 a) ニッケルの沈着量 [ng/cm²]



b) 銅の沈着量 [ng/cm²]

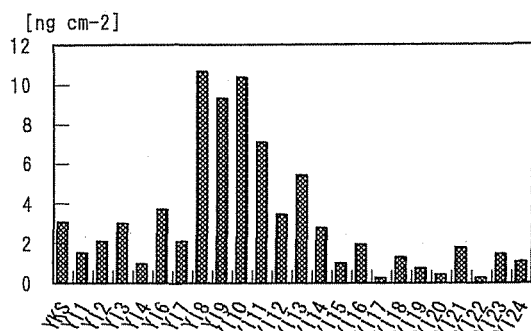


図6 カドミウムの沈着量 [ng/cm²]

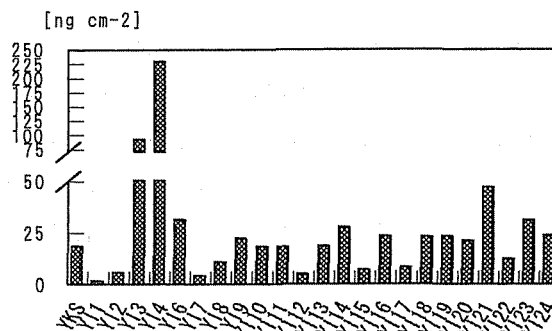


図7 鉛の沈着量 [ng/cm²]

まとめ

積雪中重金属濃度から沈着量を算出した。その結果、地点、元素毎に異なる沈着量分布傾向を確認することができた。このような分布は、排出源強度、排出源との距離の違いにより形成されていることが示唆された。

参考文献

藤本徳彦：北極圏大気汚染を対象とした大気輸送・沈着モデルの開発，平成12年度修士論文

河口広司・中原武利：(1994) プラズマイオン源質量分析，学会出版センター，p.58 - 59

石井吉之：(1998) 積雪寒冷地の水文・水資源，信山社サイテック，pp.39 - 44

J.M.Pacyna：(1991) Pollution of the arctic atmosphere, ELSEVIER SCIENCE PUBLISHERS, pp.97 - 122

謝辞

本研究は国立極地研究所教授北極圏環境研究センター長 藤井理行氏の協力のもと行なったものです。この場を借りて感謝の言葉とさせていただきます。