



Title	北海道大学苫小牧地方演習林の大気汚染(Ⅲ)：野ネズミ類の骨のフッ素および金属成分の含有量について
Author(s)	太田, 路一; OTA, Michikazu
Citation	北海道大學農學部 演習林研究報告, 41(2), 483-492
Issue Date	1984-10
Doc URL	<a href="https://hdl.handle.net/2115/21121">https://hdl.handle.net/2115/21121</a>
Type	departmental bulletin paper
File Information	41(2)_P483-492.pdf



# 北海道大学苫小牧地方演習林の大気汚染 (III)\*

野ネズミ類の骨のフッ素および  
金属成分の含有量について

太田路 一\*\*

Air Pollution in Tomakomai Experiment Forest  
of Hokkaido University (III)\*

—Fluorine and Metal Contents in Bones of Small Mammals—

By

Michikazu Ota\*\*

## 目 次

緒 言 .....	483
I. 調査方法 .....	484
II. 結果と考察 .....	485
結 言 .....	489
参 考 文 献 .....	491
Summary .....	491

## 緒 言

前報<sup>1,2)</sup>では苫小牧地方演習林の大気汚染状況についての基礎的理解がより一層明らかになった。そのなかで、樹葉中のフッ素含有量は9月に採集したイタヤカエデが20~107 ppmのきわめて高い値を示したことは、この森林の汚染状況のなかで特異的なことである。

すでに、発生源からのフッ化物が大気中から植物へ、そして食物連鎖を通して植物から昆虫、動物へと濃縮されていくことが知られている<sup>3~7)</sup>。今回、この食物連鎖の高位にある森林の野ネズミ類を捕獲し、その骨のフッ素含有量を分析して森林生態系におけるフッ素の汚染状況をさらに明らかにする。ここでフッ素のターゲットとして骨を利用したのは哺乳類では骨にフッ素が多いことが知られていることによる<sup>8)</sup>。また、都市部に隣接する森林で捕獲した野ネズ

\* 昭和59年2月29日受理 Received February 29, 1984.

\*\* 北海道大学部附属演習林苫小牧地方演習林

Tomakomai Experiment Forest, College Experiment Forests, Hokkaido University.

現在: 岩手大学農学部

Present Address: Iwate University.

ミの骨のフッ素含有量は森林の内部のものよりは著しく高いことが明らかになり、重金属の汚染の有無を調査することも必要と考えられたので同じ骨の試料を使用して検討した。

## I. 調査方法

### 1. 調査場所と捕獲方法

調査場所の概況は前報<sup>1)</sup>で述べた。捕獲地点は図-1に示す。森林の南端部に4地点、森林の中間部に5地点、および森林の奥地に5地点の合計14地点で捕獲した。捕獲法は小型はじきわなを用いた捕殺法で、1地点に10個のわなを1列10行の帯状にかけ、毎日見廻り捕殺した試料ネズミはビニール袋に入れ持ち帰り、分析まで冷蔵庫の冷凍室に保存した。捕獲時期は1981年5月29日～6月10日および1981年9月29日～10月7日である。

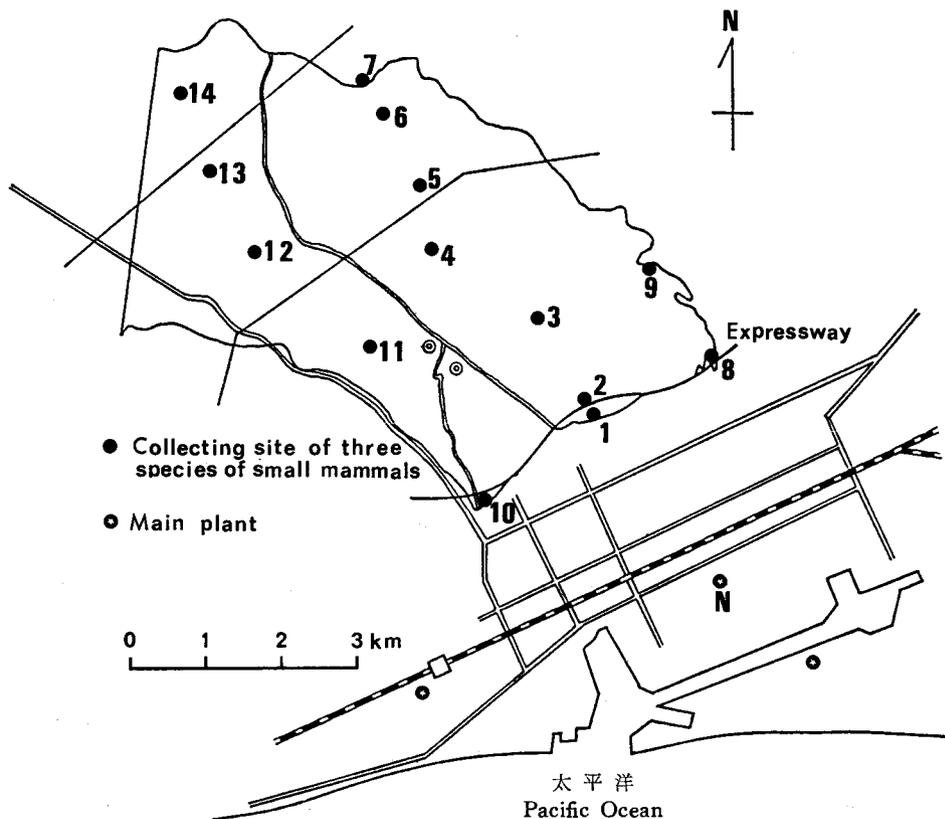


図-1 野ネズミの捕獲地点位置図

Fig. 1. Area of collecting sites of three species of small mammals.

### 2. 骨の調製方法

試料ネズミは剥皮、臓器の除去後、pH 約5に調節したタンパク分解酵素液(0.4% パパイン, 0.01 M シスチン, 0.001 M EDTA)に筋肉を浸漬し55°Cで24時間分解させた。分解液は茶こしで注意しながら濾過し、茶こし内に残った骨片は水道水、脱イオン水の順に洗滌した。

得られた骨片に部分的に筋肉片がみられ分解が不十分な場合は、水を加えてさらに15分間煮沸し除去した。頭骨、大腿骨などの骨片はすべて一緒にしてビーカーに入れ105°Cで1昼夜乾燥し、試験試料とした。

### 3. 骨のフッ素および金属の定量

#### ① 骨のフッ素の定量

試料の骨片はアルミナの容器に入れて高速振動試料粉碎機(Heiko-Vibrating Sample Mill TI-100)で粉碎した後105°Cで絶乾にした。骨粉試料1gをニッケルルツポにとり、酸化亜鉛-炭酸ナトリウムの混合物(2:3, w/w)5gを加え少量の水でよく混和したのち105°Cで乾固させ、電気炉中で700°C, 1.5時間灰化、熔融した<sup>9)</sup>。放冷後、熔融物を少量の水でフッ素蒸留装置に移し、脱フッ素処理をしたケイ砂末約1g, 過塩素酸30ml, および濃硫酸10mlを加えて液温140±5°Cで水蒸気蒸留を行なった。留出液は約220mlをメスフラスコに受け水を加えて250mlにした。このメスフラスコから10mlを25mlのメスフラスコにとり、3%ドータイト・アルフツソン試薬3mlとアセトン10mlと水を加えて定容とし、620nmで吸光度法によりフッ素濃度を定量した。

#### ② 骨の金属(Ca, Mg, Na, K, Fe, Zn, Mn, Cu, Pb, Cd)の定量

試料の骨粉1gを50mlバイレックスビーカーに取り精秤し、250°Cの電気炉に入れ490°Cまで昇温し、約20時間灰化した。デンケーター中で放冷後、硝酸8mlを加え、時計皿でビーカーにふたをし10分間放置した。その後、ホットプレート上で亜硝酸ガスの発生がやむまで約15分間加熱し、ついで時計皿をはずしてほとんど乾固すんぜんまで濃縮し、放冷後、30%過酸化水素水10mlを加え、時計皿でふたをして再び約10分間加熱した。つぎに、時計皿をはずしてほとんど蒸発乾固した。この操作をビーカーの内容液が無色～淡色透明になるまで繰り返し行なった。放冷後、ビーカーに1N塩酸15mlを加えて加温溶解し、25mlメスフラスコに移し、ビーカーは1N塩酸で洗滌し、定容とし試験原液とした。なお、塩酸、硝酸、および30%過酸化水素水は原子吸光分析用を使用した。CaおよびMgの定量は試験原液を1,000倍に希釈し、5%(w/w)ランタン溶液を加え1%溶液に調整した<sup>10)</sup>。Naは試験原液を100倍に希釈し、他の金属元素は試験原液を用いた。各元素の定量はSEIKOのSAS-721型原子吸光度計を用い、フレームには空気アセチレンフレームを使用した。

この分析の精度をみるために、比較的多く捕獲できた天塩地方演習林のエゾアカネズミの骨を6回繰り返し分析し、その結果を表-2に示した。これによると、分析値の変動係数は1.0～3.5%の範囲であった。

## II. 結果と考察

図-1に示した捕獲地点で3種類の野ネズミ、エゾアカネズミ(*Apodemus speciosus ainu*)、エゾヤチネズミ(*Clethrionomys rufocanus bedfordiae*)、およびヒメネズミ(*Apodemus argenteus*)を捕獲し、その数は1981年の春と秋ではそれぞれ、エゾアカネズミは34匹と62匹、エゾヤチ

表-1 野ネズミの骨

Table 1. Fluorine concentrations in bone of the three species of small

捕獲地点 Site of collection	N工場からの方位と距離 Direction and distance from N plant		捕獲数 Number collected					
	方位 Direction	距離 Distance (km)	秋 Autumn*2			春 Spring*3		
			A.S.*1	C.R.	A.A.	A.S.	C.R.	A.A.
1	NW	2.7	4	3		1		2
2	"	2.9	5		2	10		
3	"	4.2	7	1		2	1	
4	"	5.7	4	1	2	1		3
5	"	6.5	6			1		2
6	"	7.6	5		2	1	1	2
7	"	8.2	5	3	1	2		4
8	N	2.9	2	4	1	3	6	5
9	NNW	4.3	2		6	2		3
10	W	3.4	5	1		1		
11	WNW	5.4	1	3		1	1	1
12	"	7.7	6			1	1	
13	"	8.7	2	3		8	1	3
14	"	9.7	3	2			1	1
平均 Mean								
天塩演習林 Teshio Exp. Forest*4						6	2	2

\*1 A.S.: エゾアカネズミ (*A. speciosus*) C.R.: エゾヤチネズミ (*C. rufocanus*) A.A.: ヒメ

\*2 1981年9月29日~10月7日, Sept. 29~Oct. 7, 1981 \*3 1981年5月29日~6月10日, May

ネズミは12匹と21匹,そしてヒメネズミは26匹と14匹であった<sup>1)</sup>。捕獲した野ネズミの骨試料は性別,成体・幼体別に分類しないで一緒にして調製した。測定結果を表-1および図-2~4に示す。これによると,骨のフッ素含有量は発生源に近い森林で捕獲した野ネズミほど高い。この傾向はヒメネズミ>エゾヤチネズミ>エゾアカネズミの順に明らかである。また,骨のフッ素含有量は平均値(春と秋の平均)で比較すると,ヒメネズミ(426 ppm)>エゾアカネズミ(245 ppm)>エゾヤチネズミ(147 ppm)の順に高い。捕獲地点の近くに特定のフッ化物の発生源をもたない天塩地方演習林で3月初旬に捕獲した3種類の野ネズミの骨のフッ素含有量はヒメネズミが115 ppm,エゾヤチネズミが76 ppmおよびエゾアカネズミが71 ppmであった。この両地区の野ネズミの骨のフッ素含有量の差はフッ化物の発生源の有無による森林植物,特に野ネズミの食草の下草のフッ素含有量の差によるものか,あるいは両地区の野ネズミの食性<sup>2)</sup>,ホームレンジ,捕獲時の年齢等の差によるものか今回は明らかにすることができなかった。しかし,前報<sup>1)</sup>で明らかにしたように,天塩地方演習林に隣接する中川地方演習林で採集した樹葉と当調査地の樹葉のフッ素含有量は著しく異なっているので,両地区の野ネズミ

のフッ素濃度

mammals at varying distances from the fluoride source (N plant in Fig. 1)

1匹当りの骨の重さ Bone weight g/One mammal						フッ素濃度 F ppm (Dry weight)					
秋 Autumn			春 Spring			秋 Autumn			春 Spring		
A.S.	C.R.	A.A.	A.S.	C.R.	A.A.	エゾアカ ネズミ A. <i>speciosus</i>	エゾヤチ ネズミ C. <i>rufocanus</i>	ヒメ ネズミ A. <i>argenteus</i>	エゾアカ ネズミ A. <i>speciosus</i>	エゾヤチ ネズミ C. <i>rufocanus</i>	ヒメ ネズミ A. <i>argenteus</i>
1.3	1.1		0.4		0.5	406	376		334		487
1.5		0.3	0.9			367		690	327		
1.0	1.1		0.4	1.1		257	188		268	326	
1.1	1.0	0.3	1.3		0.6	366	99	377	279		450
1.4			0.4		0.7	137			217		493
1.5		0.5	1.2	0.4	0.4	209		319	165	79	366
1.4	0.7	0.2	1.3		0.5	320	169	235	191		375
1.7	1.5	0.4	1.3	1.1	0.5	319	277	625	529	341	698
1.4		0.4	1.1		0.6	409		368	424		671
0.8			0.7			90	72		176		
0.6			0.5	0.9	0.6	60	108		151	61	300
			0.2	0.7		99			109	36	
1.2			0.8	0.2	0.6	83	56		223	34	147
1.1				0.4	0.6	81	65			83	173
						229	157	436	261	137	416
			1.5	1.2	0.5				71	76	115

ネズミ (*A. argenteus*)

29~June 10, 1981 \*4 1981年3月11日に捕獲, Collected on March 11, 1981.

の食草のフッ素含有量に大きな差違が見られる可能性がある。今後、この点に関して検討を続ける予定である。

表-2のなかで、エゾアカネズミについてはすべての捕獲地点で比較的多く捕獲できたので、森林を都市部に隣接する区域、森林の中間域、および森林の奥地の3区域に分け、各区域内の地点で捕獲された試料ネズミの骨の金属成分の分析値をまとめて示したものである。これによると、各区域の金属成分の分析値の間に一定の明らかな汚染の傾向がみられない。また、分析値のバラツキが非常に大きい。このバラツキの大きさは前述したように、骨の分析操作によるものではなく当調査場所における自然状態のエゾアカネズミの骨にみられるものと考えられる。しかし、このバラツキの大きさは森林植生および森林土壌が類似し、都市部の影響をまったく受けていない森林のエゾアカネズミの骨の金属成分の含有量のバラツキの大きさを明らかにして、この種固有のものか、あるいは地域の特性を反映しているものか明らかにする必要がある<sup>13-18)</sup>。

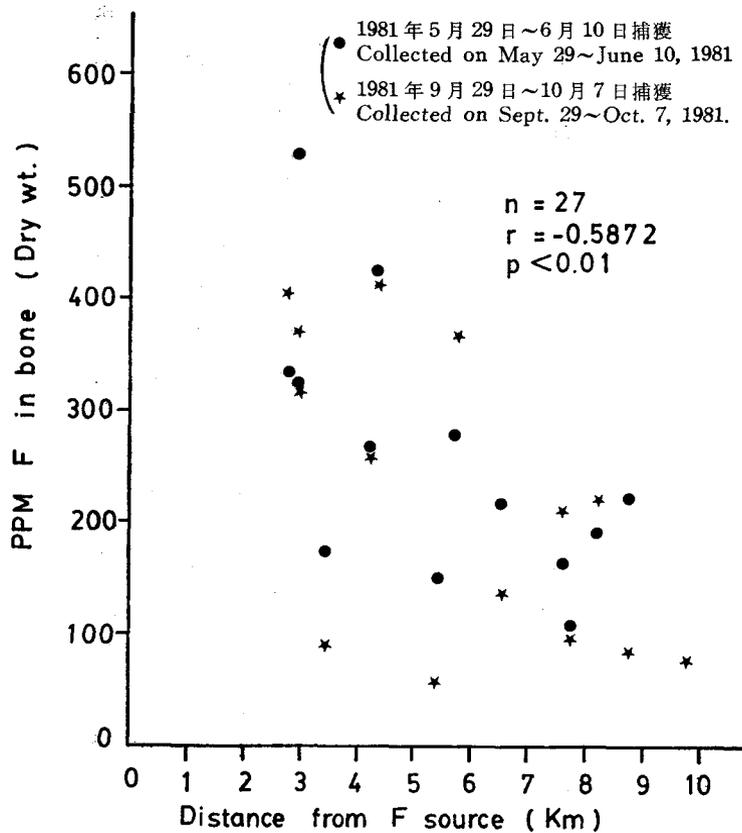


図-2 エゾアカネズミ (*A. speciosus*) の骨のフッ素含有量と発生源からの距離

Fig. 2. Fluorine content in bone of *A. speciosus* at varying distances from the fluoride source (N plant in Fig. 1).

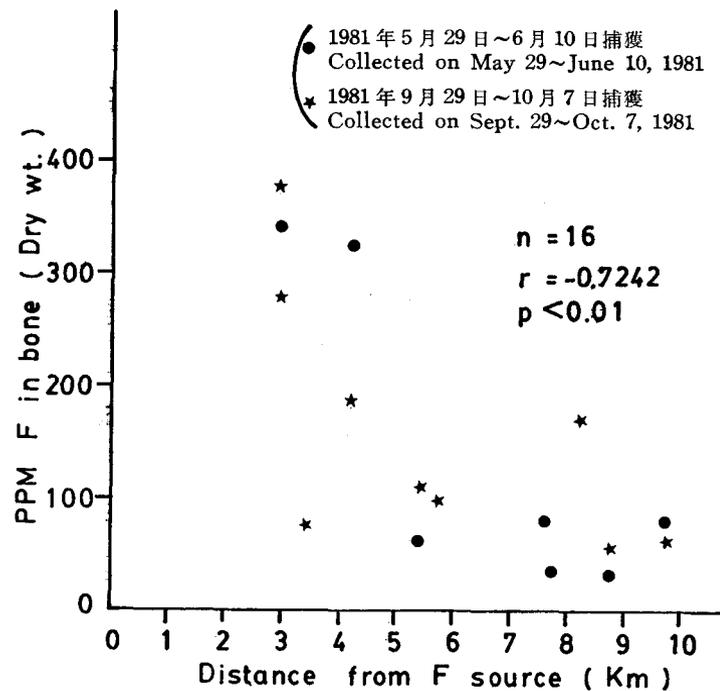
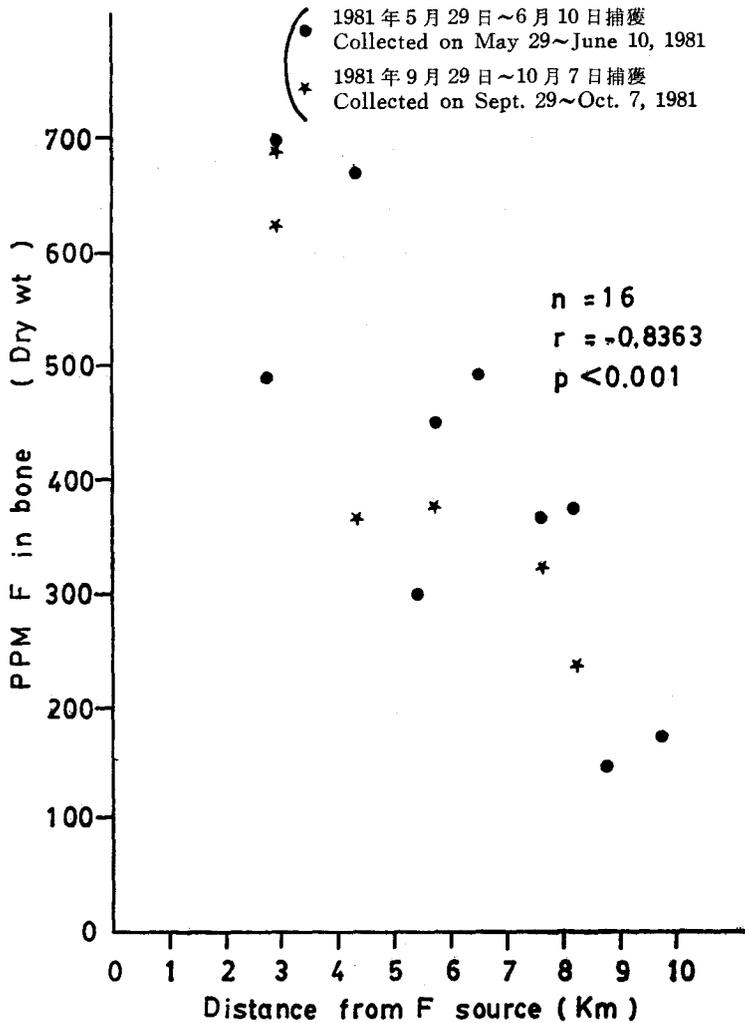


図-3 エゾヤチネズミ (*C. rufocanus*) の骨のフッ素含有量と発生源からの距離

Fig. 3. Fluorine content in bone of *C. rufocanus* of varying distances from the fluoride source (N plant in Fig. 1).



図—4 ヒメネズミ (*A. argenteus*) の骨のフッ素含有量と発生源からの距離

Fig. 4. Fluorine content in bone of *A. argenteus* at varying distances from the fluoride source (N plant in Fig. 1).

### 結 言

苫小牧地方演習林の森林内で捕獲した3種類の野ネズミ、エゾアカネズミ、エゾヤチネズミ、およびヒメネズミの骨のフッ素含有量はフッ化物の発生源に近い地点で捕獲されたものほど高い傾向が認められた。この傾向は樹葉でも認められるので、植物—動物の食物連鎖を通じて野ネズミの骨にフッ素が蓄積したものと考えられる。骨の金属成分, Ca, Mg, Na, K, Fe, Zn, Mn, Cu の含有量と都市部の汚染との関係は今の時点では明らかな傾向が認められなかった。骨の Pb, Cd の含有量についても検討を行なったが、一定の明らかな結論を得ることができな

表-2 野ネズミの骨の金属含有量

Table 2. Metal contents in bone of the three species of small mammals relative to habitat and site of collection

種 類 Species	生育場所 Habitat	捕獲地点 Site of collection	骨 の 金 属 含 有 量 Metal content in bone (Dry weight)								
				Ca	Mg	Na	K	Fe	Zn	Mn	Cu
エゾアカ ネズミ*1 <i>A. speciosus</i>	森林の南端部 Southern part in the forest	1, 2, 8*2 10	Mean Range S.D.*4	25.74% 20.66~28.57 3.02	0.43% 0.26~0.56 0.11	0.70% 0.45~1.21 0.30	246 ppm 131~323 73	112 ppm 45~258 87	209 ppm 131~270 60	11.1 ppm 3.9~13.7 3.1	3.5 ppm 2.7~4.7 0.8
	森林の中間地点 Intermediate part in the forest	3, 4*2, 9*2	Mean Range S.D.	26.35 24.18~27.93 1.59	0.45 0.43~0.47 0.02	0.52 0.48~0.55 0.03	300 217~467 118	95 74~117 18	211 169~240 31	12.8 11.8~13.3 0.7	4.7 4.3~5.0 0.3
	森林の北部 Northern part in the forest	5, 6, 7 12, 13, 14	Mean Range S.D.	26.60 25.63~27.34 0.63	0.43 0.41~0.44 0.01	0.53 0.40~0.85 0.16	198 105~324 75	129 76~181 33	227 211~269 21	13.8 5.6~18.9 5.1	3.7 3.2~3.9 0.3
	平 均 Mean in all habitats		Mean S.D.	26.34 1.94	0.43 0.06	0.56 0.20	236 95	116 56	218 40	12.7 4.1	3.8 0.7
エゾヤチ ネズミ*1 <i>C. rufocanus</i>		1 8 14		27.28 27.35 28.09	0.44 0.46 0.50	0.57 0.47 0.44	343 369 212	175 200 255	231 229 229	29.0 30.3 22.3	6.1 3.6 3.4
	平 均 Mean			27.57	0.47	0.49	306	210	230	27.2	4.4
	ヒメネズミ*1 <i>A. argentus</i>	9		27.11	0.43	0.44	112	223	291	193	3.8
	エゾアカネズミ <i>A. speciosus</i>	天塩演習林*3 Teshio Exp. Forest	Mean S.D. No. of Analysis	27.19 0.36 6	0.48 0.009 6	0.48 0.005 6	393 13.6 6	110 2.3 6	165 3 6	14.5 0.2 6	3.9 0.1 5
エゾヤチネズミ <i>C. rufocanus</i>	天塩演習林*2 Teshio Exp. Forest			29.12	0.52	0.47	221	85	179	32.4	4.4

\*1 Collected on Sept. 29~Oct. 7, 1981

\*2 Collected on May 29~June 10, 1981

\*3 Collected on March 11, 1981

\*4 Standard deviation

かった。しかし、今回野ネズミの捕獲を行なった時期は森林の南端を通過する高速道路の供用開始後約1年後であったが、今後、道路周辺の森林生態系に特にPbが蓄積されていくことが考えられるので、森林の植物、土壌、野ネズミのPbの含有量について調査を継続する。

#### 参 考 文 献

- 1) 太田路一・川瀬 清・石崎健二・前田 豊：北海道大学苫小牧地方演習林の大気汚染。北大演研報，37 (1)，287-306 (1980)。
- 2) 太田路一・川瀬 清・石崎健二・前田 豊：北海道大学苫小牧地方演習林の大気汚染 (II)。北大演研報，40 (3)，491-528 (1983)。
- 3) 角田文男・国田博子：動植物中のふっ素について，一自然と汚染一。公害と対策，9 (6)，613-619 (1973)。
- 4) 祐田泰延・山本丈夫：植物に及ぼす気中フッ化物の影響。農化，49 (7)，341-346 (1975)。
- 5) DEWEY, JERALD E.: Accumulation of Fluorides by Insects Near an Emission Source in Western Montana. Environment Entomology, 2 (2), 179-182 (1973)。
- 6) 鈴木康洋・他5名：大気中ふっ化物の環境汚染による山羊のばくろ実験 (第7報) —組織のふっ素含有量—。大気汚染研究，10 (4)，339 (1975)。
- 7) 山県登編著：生物濃縮。産業図書 (昭52)。
- 8) 松浦新之助・国分信英：フッ素の研究。東京大学出版会 (1972)。
- 9) 祐田泰延・下川正一・山本丈夫：フッ化物による環境汚染に関する研究 (第2報)。衛生化学，21，(2) 89-92 (1975)。
- 10) 須賀昭一・田熊庄三郎・佐々木哲編：歯の研究法。医歯薬出版 (株) (昭48)。
- 11) 太田嘉四夫・羽羽 寛・長岡昌信：北海道大学苫小牧地方演習林およびその周辺における野ネズミ類の生態的分布。北海道における道路計画と森林環境の保全に関する調査研究 (その2)，72-82 (1978)，北大演習林印刷物。
- 12) 五十嵐文吉：トドマツ天然林内のエゾヤチネズミの食草。野ねずみ，114，1 (1973)。
- 13) JOHNSON, M. S. and ROBERT, R. D.: Distribution of Lead, Zinc and Cadmium in Small Mammals from Polluted Environments. OIKOS, 30, 153-159 (1978)。
- 14) QUARLES III, H. D., HANAWALT, R. B. and ODUM, W. E.: Lead in Small Mammals, Plants, and Soil at Varying Distances from a Highway. J. Appl. Ecol., 11, 937-949 (1974)。
- 15) JEFFERIES, D. J. and FRENCH, M. C.: Lead Concentrations in Small Mammals Trapped on Roadside Verges and Field Sites. Environ. Pollut., 3, 147-156 (1972)。
- 16) HUNTER, B. A. and JOHNSON, M. S.: Food Chain Relationships of Copper and Cadmium in Contaminated Grassland Ecosystems. OIKOS, 38, 108-117 (1982)。
- 17) LEAVITT, S. W., DUESER, R. D. and GOODELL, H. G.: Plant Regulation of Essential and Non-essential Heavy Metals. Journal of Applied Ecology, 16, 203-212 (1979)。
- 18) LAGERWERFF, J. V. and SPECHT, A. W.: Contamination of Roadside Soil and Vegetation with Cadmium, Nickel, Lead, and Zinc. Environmental Science & Technology, 4 (7), 583-586 (1970)。

#### Summary

Fifty nine small mammals of three species, *Apodemus speciosus ainu*, *Clethrionomys rufocanus bedfordiae*, and *Apodemus argenteus* which were collected on May 29-June 10, 1981 and Sept. 29-Oct. 7, 1981 at fourteen sites in Tomakomai Experiment Forest of Hokkaido University, were analysed to determine the fluorine and metal concentration (Ca, Mg, Na, K, Fe, Zn, Mn, Cu, Pb, Cd) in the bone, since the highest concentrations of fluorine were observed in the leaves of forest trees around the southern part of this forest adjacent to Tomakomai city.

1. Fluorine concentrations in bones of all three species showed increasing amounts of fluorine with closer proximity to the fluorine emission source.

2. There were averages of 426 ppm of fluorine found in bones of *Apodemus argenteus*, 245 ppm in *Apodemus speciosus ainu*, and 147 ppm *Clethrionomys rufocanus bedfordiae* in this forest.

3. There was 115 ppm of fluorine found in bones of *Apodemus argenteus*, 71 ppm in *Apodemus speciosus ainu*, and 76 ppm in *Clethrionomys rufocanus bedfordiae* in fluorine-uncontaminated forest of Teshio Experiment Forest.

4. The metal concentrations measured, showed no trend relative to urban contaminations at the present stage of contaminations in this forest.