
北方圏としての北海道における人間居住環境の実態に関する研究

Studies on the environmental conditions of human life in Hokkaido as the northern region

- 代表研究者 北海道大学大学院環境科学研究科教授 斎藤和雄
Prof., Graduate School of Environmental Sci., Hokkaido Univ. Kazuo SAITO
- 協同研究者 北海道大学医学部教授 高桑栄松
Prof., Hokkaido Univ. School of Medicine Eimatsu TAKAKUWA
- 北海道大学大学院環境科学研究科助教授 加地浩
Assoc. Prof., Graduate School of Environmental Sci., Hokkaido Univ.
Hiroshi KAJI
- 北海道大学大学院環境科学研究科助手 藤本俊
Assis., Graduate School of Environmental Sci., Hokkaido Univ.
Shun FUJIMOTO
- 北海道大学大学院環境科学研究科助手 新岡正
Assis., Graduate School of Environmental Sci., Hokkaido Univ.
Tadashi NHOCA
- 北海道大学医学部癌研究施設助教授 谷口直之
Assoc. Prof., Cancer Institute, Hokkaido Univ. School of Medicine
Naoyuki TANIGUCHI
- 産業医科大学助教授 神代雅晴
Assoc. Prof., Univ. of Occupational and Environmental Health, Japan
Masaharu KUMASHIRO

The availability and adaptability of living environment in Hokkaido as a northern region, characterised as snow and coldness for a long period in a year was studied from the view point of environmental science.

(1) Heavy metals such as lead, zinc, manganese, cadmium, chromium and copper in the snow falls of Sapporo, Asahikawa, Furano, Hidaka and Sarabetsu as one of the chemical factors in the human environment were analyzed with Zeeman type atomic absorption spectrophotometer. The average values of these metal contents at the sixty-one points in Sapporo were 14.1 ppb of Pb, 40.0 ppb of Zn, 40.8 ppb of Mn, 0.30 ppb of Cd, 4.27 ppb of Cr and 12.5 ppb of Cu respectively. These values except Zn were significantly higher than those at an altitude of 1,000 meters of Mt. Niseko as a control. The metal contents of Mn, Cd, Cr and Cu in the snow falls in Sapporo city were correlated significantly with the volume of traffic vehicles. The metal concentrations in Asahikawa, Furano, Hidaka and Sarabetsu were compared to those of Sapporo city. pH in the snow fall ranged from 5.3 to 5.9. Any significant difference of the pH among Sapporo, Asahikawa, Furano, Hidaka and Sarabetsu was not recognized. The heavy metal concentrations of the snow fall in the four locations were lower than those of Sapporo city. These metal concentrations in snow were proportionate to the size of population, the highest in the city of Sapporo and the lowest in the snow on Mt. Kitanomine as a control.

These results show that the quantitative and qualitative distributions of metals in the snow falls are the useful indicators for the analysis of air pollution.

(2) City noise level was investigated at the same 61 points as the heavy metal contents

were measured in Sapporo. This was determined with the sound level meter connected with digital display unit in the morning and in the afternoon of February in snow fall season as well as of October in no snow fall season. The sound levels were decreased in proportion to the distance from the Sapporo Station. The noise level in October was ranged from 50 to 55 dB(A) and that in February was ranged from 40 to 45 dB(A). No difference was noted between in the morning and in the afternoon. The difference of the sound level both in February and October was about 7 dB on average. Effect of snow falls on the back ground noise level, where no traffic vehicles exist, was recognized significantly and the decrease in 5.5 dB of sound levels was observed. City noise level in Sapporo in detail at the 184 points of 24 directions in the morning and in the afternoon distributed ranging from 37 to 74 dB(A). The noise levels were decreased in proportion to the distance from the center of the city. The evaluation of noise in the environment was investigated psychologically and physiologically. Fall sound and white noise were used in the experiments of a comparative study among the methods of regulation, category estimation and electroencephalographical analysis. It was made clear that the effects of noise on the higher nervous activities depended on the appearance status of alpha wave in EEG.

Metal concentrations of Cd, Mn, Pb, Cu and Zn in the blood of the 308 healthy male and female inhabitants aged from 20 to 65 years of Sapporo, Hidaka and Sarabetsu were analysed by the method of the standard additions with a Zeeman type atomic absorption spectrophotometer. The mean concentrations in males from the three locations in Hokkaido were 0.36 Cd, 1.70 Mn, 7.5 Pb, 95.0 Cu and 854 Zn in $\mu\text{g}/100\text{ ml}$ blood, and of females were 0.32 Cd, 1.85 Mn, 6.6 Pb, 96.9 Cu and 815 Zn in $\mu\text{g}/100\text{ ml}$ blood.

The relationship of metals in human blood to the enzymes such as carbonic anhydrase B (CA-B) and C (CA-C) isozymes delta aminolevulinic dehydratase (ALAD), superoxide dehydratase (SOD), catalase, and pyrimidine-5'-nucleotidase (Py5'N), these enzymes of the inhabitants in Sarabetsu and Hidaka areas in Hokkaido were measured. As the results, copper correlated to carbonic anhydrase isozyme B, superoxide dismutase and delta aminolevulinic acid dehydratase activities significantly. Zinc had a significant correlation with carbonic anhydrase isozyme B. Copper showed a significant correlation to manganese, lead and zinc. It was revealed the copper played an important role in the human body from above results.

研究目的

人間居住環境としての北海道は地理的には北方圏に属し、特異な自然環境と気象学的にも積雪・寒冷という大きな特徴を有している。また、社会環境の面においても広大な過疎地を有し、今日まで、全国的には少なくともいわゆる低公害地域である。このような特徴をもつ北海道では、生活の合理性・文化性を求めるため、自動車の保有率が高く、一般的にみられる都市化に伴うモータリゼーションとは全く異なる形の人間居住環境を呈している。さらに、半年にもわたる冬期間の積雪、そして融雪の現象を繰り返す特徴的な季節変動に対応して、公害性騒音や重金属などを含む大気汚染の動態は、大都市にみられるものとは全く異質の変化を呈しているものと考えられる。本研究は、このような特徴をもつ人間居住環境としての

北海道における自然環境と社会環境の実態を明らかにすると同時に、これら相互の干渉現象を環境科学的視点から追求し、快適な人間居住環境の設定に役立てようとするものである。

研究経過

北方圏としての北海道における人間居住環境の実態を把握する研究の第1段階として、(1)居住可能面積、集落構成、道路網、交通流量、自動車保有数、人口構成、産業分布、住宅構造などに関する資料収集を行ない、実態を明らかにした。(2)人間生活に伴って発生する化学的環境要因の変化を、環境中に存在する重金属量から推測するために、冬期に堆積した札幌市、旭川市、富良野市、日高町および更別町の雪を採取し、その中に含まれるカドミウム、マンガン、鉛、銅、亜鉛などの重金属を原子吸光法で分析しその種類と量を明ら

かにし、各市町村間の比較検討を行なった。(3) 札幌市の騒音分布図を作成するために、堆雪採取と同一の 61 地点における騒音測定を冬期ならびに夏期に実施し、積雪の都市騒音に及ぼす影響を明らかにした。さらに、札幌市における都市騒音の実態を詳細に検討するために測定点を 8 方向・61 測定点から、24 方向・184 点にふやし、騒音を測定し、その分布を明らかにした。(4) 騒音については都市における騒音発生の実態を明らかにするのみではなく、フィールドで録音した滝の音と白色雑音を実験室内で発生させ、高次神経活動に及ぼす心理的ならびに生理的影響を脳波学的に解析し、騒音刺激の生体に及ぼす影響が騒音聴取時の心理状態によってどのように変化するかを検討した。(5) 生体の外部環境と内部環境との関連を追求しようとして、堆積中の重金属濃度を測定した北海道の代表都市である札幌市、農山村地域に位置する日高町、および道東の農村地域を代表する更別町に居住する住民の血液中重金属、カドミウム、マンガン、鉛、銅、亜鉛を分析し、その含有量を明らかにした。(6) 住民の血液中カドミウム、マンガン、鉛、銅、亜鉛を測定した対象のうち、北海道内でも過疎地と考えられる日高町と更別町の住民を対象に赤血球中酵素のうち、亜鉛酵素である炭酸脱水酵素アイソザイム B (CA-B) および C (CA-C)、デルタアミノレブリン酸脱水酵素 (ALAD)、亜鉛および銅酵素であるスーパーオキシドディスムターゼ (SOD)、ヘムタンパクであるカタラーゼ、鉛による ALAD と同様に活性低下を示すピリミジン 5' スクレオチダーゼ (Py5'N) の血中酵素量あるいは酵素活性を測定し、血中重金属濃度との相関性を検討した。

研究成果

1. 北海道の人口、人口密度、土地利用状況、自動車保有数ならびに道路状況

本道は、面積 83,513.94 km² で全国の 22%、人口 5,576,105 人 (昭和 55 年 10 月 1 日国勢調査)、人口密度 66.8 人/km² である。気温は +30°C から -30°C に分布し、年平均気温は 4~9°C で、降水量は本州より比較的少ない。土地利用 (昭和 50 年度) は 78,530 km² (北方領土を

Table 1. Motor car holding rate and lead condition

[March 31, 1978]		
Hokkaido	1,693,296 (5.1%)	310*
the whole of Japan	32,965,084 (100.0%)	289*
contents	Hokkaido	ratio to the whole country
1. truck	468,337	5.8%
2. bus	14,318	6.4%
3. car	969,345	5.5%
4. special motor vehicle		
	24,783	5.8%
5. autobicycle	11,434	3.9%
6. light car	128,533	2.1%
7. big special car	76,546	31.1%
Holding rate of big motor vehicle (1.+2.+7.)		
	Hokkaido	34*
	the whole of Japan	14*
Length of road		
	Hokkaido	3,010 m**
	the whole of Japan	1,490 m**

*: Number of Vehicles/1,000 Population

** : Meter/1,000 Population

除く) うち耕作面積は 10,760 km² (田 2,760 km², 畑 4,130 km², 牧草地 3,800 km², 樹園地 30 km²) で 13.7% を占め、林野面積は 55,636 km² (森林 53,615 km², 原野 2,021 km²) で 70.9% を占めている。これに湖沼面積 (630 km²) 0.8% を加えると残り 11,504 km² (14.6%) となり、この面積に農家人口を除く住民 (4,738,000 人) が居住しているとすれば、この人口密度は 412 人/km² である。しかし、土地利用区分による宅地面積から算出した人口密度は北海道では 2,471 人/km²、全国では 5,111 人/km² で道民は 2 倍の広さに住んでいることになる。また、総面積から森林・原野・湖沼面積をひいて算出された可住地面積をもとに人口密度を計算すると、北海道では 21,247 km² で 251 人/km²、全国では 119,873 km² で 934 人/km² となる。一農家当たりの耕地面積を本道と本道以外で比較すると、北海道が約 8.4 ha、本道以外は約 0.9 ha で北海道の農家は約 9 倍の土地を耕作している。自動車保有状況は Table 1 に示すごとくで、本道の大型車保有率と道路延長が明らかに大きい。



Fig. 1. Sampling points of snowfall in Hokkaido

2. 北海道の大・中・小都市における雪中重金属濃度

測定対象は北海道における都市のうち、規模が大きく、大気汚染が比較的進行していると思われる札幌市および旭川市、中等度の規模で汚染が多いとは考えられない上川地方の富良野市、小都市として道央の山間部に位置する日高町および道東の農村部に位置する更別町の5地域である (Fig. 1)。

雪の採取は札幌市では札幌駅を中心として、1 km ごとに 8 km 地点までの同心円上と、東・西・南・北・北東・北西・南東・南西の 8 方向との交点 65 地点のうち、山間部を除いて採取可能な 61 地点について行なった。なお、測定点が道路上に当たった場合は路肩に積上げられた雪を均一に採取した。旭川市、富良野市、日高町、更別町についても同様に駅を中心に、同一の 8 方向と 1 km から 6 km 地点までの同心円上との交点で、雪の採取が可能な地点で旭川市では 38 か所、富良野市、日高町、更別町ではそれぞれ 12 か所から採取した。調査は 1977 年 2 月から 1980 年 3 月に行なった。なお、対照として、それぞれの時期にニセコ山頂 (1309 m) 付近および北の峰山頂 (900 m) 付近の雪を採取した。雪の採取方法は内径 8 cm、長さ 1 m の先端を鋭角に切断したポリ塩化ビニル製の円筒を堆雪に垂直に差し込み、円筒内部に捕集された約 3 l の雪を容量 3 l の広口

ポリエチレン容器に封入し、検体とした。ポリ塩化ビニル製の採取円筒および広口ポリエチレン容器はいずれもあらかじめ 15% 硝酸で脱金属処理をしたものを用いた。検体は室温で 24~48 時間放置し、完全に融解する前に pH を測定した後、1 l 当たり 10 ml の有害金属測定用塩酸を加えて pH 2 以下に調整し、金属測定まで室温で保存した。

雪中金属の測定は試料を東洋濾紙 (株) 製 No. 5C で濾過し、固形物、浮遊物および不溶性成分を除去した検体をゼーマン型原子吸光分光光度計 ((株) 日立製作所製 170-70 型) を用いて測定した。すなわち、検体をエッペンドルフのマイクロピペットを用いて、10 μ l 直接キュベットに注入し、直接検量線法で測定した。測定金属は鉛 (Pb)、亜鉛 (Zn)、マンガン (Mn)、カドミウム (Cd)、クロム (Cr)、銅 (Cu) の 6 元素で、札幌市大気汚染測定局ではこれに、スズ (Sn)、ニッケル (Ni)、バナジウム (V) の 3 元素を加えた。直接法で検出限界以下の濃度であった Cr, Sn, Ni, V は検体をキエルダールフラスコで 20 倍ないし 25 倍に加熱濃縮後測定した。測定値 (ppb) は同一検体を duplicate で測定し、平均値を採用した。その結果、いずれの都市においても中心部の雪中重金属濃度が高く、札幌市、旭川市、富良野市、日高町および更別町における駅から 1 km 地点以内で最も高い値は、それぞれ Pb では 68.0, 23.8, 30.8, 16.8, 12.3, Cd では 0.92, 0.18, 0.10, 0.11, 0.06, Cr では 4.5, 4.4, 2.4, 2.0, 1.7, Cu では 31.5, 17.2, 2.0, 3.0, 3.0, Zn では 49.5, 65.0, 40.0, 77.0, 120.5, Mn では 184.0, 96.3, 37.7, 54.5, 13.4 である。

都市別に、人口、雪採取場所数、各重金属濃度および pH を示すと、Table 2 のごとくである。いずれの金属も札幌市において最も高く、他は一部の金属を除けばおおむね人口規模に比例して重金属濃度が低くなっている。すなわち、Cr, Pb は富良野市、日高町、更別町においてほぼ等しく、Cu は富良野市、Cd は更別町が他より低い値を示しており、対照の北の峰山頂付近ではすべての金属が最も低い。

Table 2. Heavy metal concentration in snowfall of Hokkaido

Locations	Population*	No. of sampling points	Pb	Cd	Cr	Cu	Zn	Mn	pH
Sapporo	1,240,613	61	14.1 ±1.6	0.30 ±0.03	4.3 ±0.7	12.7 ±2.0	37.0 ±3.4	40.8 ±7.0	5.8 ±0.2
Asahikawa	320,526	38	9.1 ±1.5	0.08 ±0.01	—	7.2 ±1.7	23.6 ±3.9	51.8 ±15.0	5.8 ±0.2
Furano	29,155	12	7.0 ±2.1	0.06 ±0.01	1.5 ±0.4	1.3 ±0.2	16.2 ±3.4	20.7 ±7.9	5.3 ±0.2
Hidaka	4,023	12	9.1 ±1.5	0.08 ±0.01	1.2 ±0.2	2.2 ±0.1	27.8 ±9.0	18.7 ±4.5	5.3 ±0.3
Sarabetsu	3,787	12	5.6 ±0.9	0.01 ±0.01	1.2 ±0.3	2.1 ±0.1	16.7 ±9.1	7.0 ±2.1	5.9 ±0.1
Mt. Niseko		2	8.5 ±0.5	0.03 ±0.03	0.9 ±0.4	5.0 ±0.0	4.5 ±1.8	2.5 ±1.5	—
Mt. Kitanomine		2	1.6 ±0.6	N.D.	0.2 ±0.0	N.D.	1.5 ±0.5	2.1 ±0.9	—

Values are mean±standard error of each sampling points.

The values of metal concentration are shown with microgram per 1,000 ml of snow solution.

*: Population is the value by census on October, 1, 1975.

雪中重金属濃度を都市の規模との関連においてみると、札幌市が他のいずれの都市と比較しても、重金属濃度が高く、都市化の進展に伴う交通車両の増加や燃料消費量の増加が堆積中重金属濃度に大きく影響していることが理解される。すなわち、堆雪採取と同一の時期と地点で測定した午前と午後の自転車をのぞく走行車両の合計を交通流量として用い、これと堆雪中金属量との相関をみると、Mn, Cr, Cu, Cd との間で有意の相関がみられた。金属相互間の相関では Cr と Cu ($r=0.837$), Cr と Mn ($r=0.786$), Mn と Cd ($r=0.760$), Cd と Pb ($r=0.523$), Pb と Mn ($r=0.501$) が有意であった。富良野市と日高町との比較では Cr を除き、日高町が高い重金属濃度を示しているが、日高地域の積雪量が富良野地域の約 1/2 であったこと、国道が日高町の中心部を縦貫していること、富良野市の周辺部は広い平野で農耕地になっていることなどが大きく関与しているものと考えられる。更別町の雪中重金属濃度は他の市や町と比較すると、おおむね低い値を示しているが、このことは道東の広大な農業地域で、人口も少なく、都市化も進展していない地域の特徴をよく反映したものである。対照としての北の峰山頂の雪はいずれの地域の雪と比較しても重金属濃度は低く、各金属濃度はアメリカネブラ

スカ州の値とはほぼ同じであった。

3. 札幌市における騒音の実態

騒音の測定は、普通騒音計 (リオン (株) 製, NA09 型) およびデジタル表示ユニット (DA-01 型) を用い、非積雪期 (10 月) および積雪期 (2 月) に、午前 (9~12 時), 午後 (13~16 時) の時間帯で、各地点計 4 回行なった。騒音測定法および中央値の算出などは、JISZ 8731-1966 に従い、騒音測定と同時に交通流量の調査も行なった。騒音レベルは駅から遠ざかるにつれて減少する傾向にあり、この減少は交通流量の減少との間で夏冬ともに有意の相関が認められた。積雪期は非積雪期に比べ、すべての測定点において騒音レベルの減少傾向がみられ、この幅は平均 7 dB で有意性が認められた (Table 3)。積雪の騒音に対する影響は、暗騒音のみと考えられる交通量 0 の地点の比較によって求められ、この差は、約 5.5 dB で有意であった ($P<0.02$)。さらに、61 地点の騒音レベルの頻度分布をみると、Fig. 2 に示すごとく、非積雪期では 50~55 dB に最頻騒音レベルがあり、積雪期では 40~45 dB で、10 dB 左方への移動が観察された。なお、全 184 地点の騒音レベルは Table 4 のごとくで、これをもとに距離別および午前、午後の時間帯別にその分布を示すと、Fig. 3 のごとくである。駅より距

Table 3. City noise level and traffic volume during snowfall season and no-snowfall season

	October	February	Signification
Noise	54.52±8.85 (N=62)	47.44±11.29 (N=62)	$p < 0.01$
Back ground	43.18±5.11 (N=11)	37.63± 5.98 (N=24)	$p < 0.02$
No. of vehicles (heavy)	4163 (233)	3051 (188)	

Table 4. City noise level for each 1 km up to 8 km in the 24 directions from Sapporo station in the morning and in the afternoon. The values are shown with $L_{eq}dB$ (A). Noise level of 0 km (at the point of Sapporo station) are 68.7 dB(A) in A.M. and 65.5 dB(A) in P.M.

Direction	1 km		2 km		3 km		4 km		5 km		6 km		7 km		8 km	
	AM	PM	AM	PM	AM	PM	AM	PM	AM	PM	AM	PM	AM	PM	AM	PM
N	55	54	62	61	56	60	43	43	48	50	54	45	46	49	66	68
1	68	68	52	56	56	56	52	57	50	51	54	55	51	57	54	52
2	61	58	46	47	44	50	50	54	51	62	52	53	43	58	38	50
NE	59	59	52	49	49	48	52	60	56	54	55	55	42	47	48	50
3	58	59	48	52	48	50	56	52	51	53	67	64	47	46	48	47
4	56	53	46	53	60	60	67	66	60	57	49	48	63	58	41	46
E	64	60	69	69	52	67	64	64	41	47	42	44	43	42	37	40
5	71	70	61	62	61	61	56	56	65	58	71	70	61	54	59	54
6	69	69	62	62	53	51	61	60	47	50	48	50	53	50	58	59
SE	66	61	65	65	72	72	61	63	58	55	54	56	63	56	45	41
7	69	68	67	64	62	68	57	63	54	54	48	55	44	50	43	42
8	74	73	57	56	63	58	40	43	67	65	45	42	46	58	69	65
S	66	66	55	52	64	64	61	63	54	62	61	60	52	51	53	50
9	55	54	55	55	56	60	45	48	—	—	—	—	49	50	49	50
10	69	67	64	68	54	53	44	46	—	—	43	41	44	47	49	45
SW	73	73	63	63	50	51	45	41	—	—	—	—	—	—	—	—
11	67	66	57	58	44	45	46	45	38	41	47	44	54	59	—	—
12	66	68	60	60	64	67	48	47	35	40	—	—	50	45	57	59
W	53	49	57	54	51	50	41	58	47	45	67	66	45	43	33	42
13	66	69	65	59	56	62	49	50	73	73	60	53	55	50	50	43
14	47	48	60	61	44	45	45	40	51	55	61	57	46	47	57	60
NW	50	48	51	42	56	55	55	54	53	53	49	51	62	53	42	44
15	57	56	50	47	57	49	59	57	53	47	44	49	49	46	53	56
16	69	64	56	61	42	45	60	56	52	52	52	50	43	43	53	56

—: Unmeasurable point for the mountain.

離が遠ざかるにつれ、騒音レベルの低下が観察されるが、午前、午後の時間帯における騒音レベルには顕著な変動はみられなかった。以上の成績から、札幌市の騒音レベルは一般に低く、30~75 dB の間に分布した。特に、積雪期では交通流量の減少と積雪による消音効果が加わり、一層顕著な低下を示していると思われる。

4. 環境騒音の影響評価

被験者は、正常聴力を有する男子学生 20 名で、滝の風景写真のスライド教示を受ける教示群 (SI 群と略) 10 名と、スライド教示を受けない非教示群 (NI 群と略) 10 名の 2 群に分けられた。刺激音は定常音で、信号発振器から発生した白色雑音 (WN と略) とテープレコーダーで録音した滝の音 (FL と略) の 2 種類である。音圧条件は被験者の耳の位置で、45, 65, 75, 85 dB (A) となる

ように調整した。被験者は暗騒音 25 dB (A) 以下の暗い防音室内の椅子に坐り、前方に置かれた一対のスピーカーより刺激音の呈示を受けた。脳波は、臨床脳波用 SPIN 電極を用い、頭頂中心部および右側頭部より右耳朶を不関電極とした単極誘導で導出し、紙記録と同時に磁気テープに FM 方式で録音した。手続きは SI 群、NI 群ともに実験前に 5 分間の安静閉眼時脳波を記録した後、防音室外で約 5 分間休息させた。その後、SI 群は防音室内で 10 秒間スライド教示を受け、閉眼で音暴露前 100 秒、暴露中 100 秒、暴露後 100 秒、計 5 分間の脳波を記録された。8 種類の刺激

音は被験者ごとにランダムな順序にして、10 分の試行間隔で繰り返した。NI 群はスライド教示を受けず、休息後 SI 群と同様に 5 分間の脳波を記録された。脳波は、各条件 100 秒のうち、紙記録から筋電図などの混入のない安定な部分 60 秒を選び、医用データ処理システム (日本光電 (株) 製 ATAC-2300 および ATAC-450) を用い、Sampling time 25.6 m sec で 60 秒間の平均パワースペクトルを求めた。スペクトルの分解能は約 0.3 Hz である。得られたパワースペクトルについて、8~13Hz の α 帯域内のスペクトル成分の和を求め、これを α -power として音暴露前の値に対する暴露中の値を百分率で求めた。

その結果、Cz および Tr の脳波について、教示・非教示群別、WN-FL 別に、 α -power の変化を音圧ごとに示したのが Fig. 4, 5 である。 α 波の変化を尺度として、教示 \times 音圧 \times 音の種類 (WN-FL) \times 被験者の 4 要因分散分析を行なうと、Cz の脳波には有意差は見られないが、Tr の脳波には [教示 \times (WN-FL)] の交互作用が認められた ($F=5.32$; $P<0.05$, Table 5)。さらに、群別に音圧 \times (WN-FL) \times 被験者の 3 要因分散分析を行なうと、SI 群では FL に比べ WN が減少傾向を示した ($F=5.10$; $P<0.10$, Table 6)。

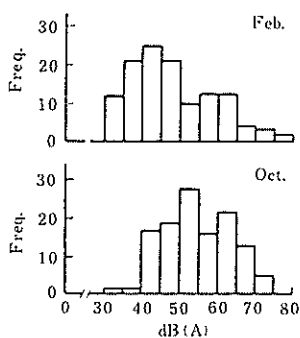


Fig. 2. Frequency distribution of city noise level in Sapporo during snowfall season

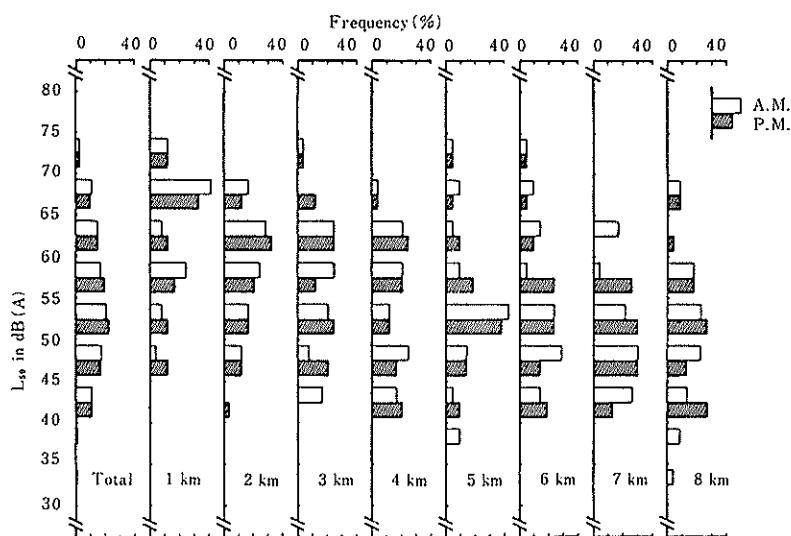


Fig. 3. Distribution of city noise level by distance in Sapporo

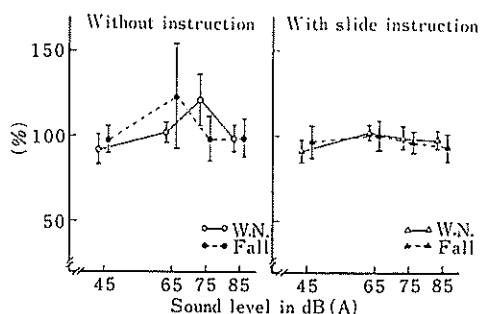


Fig. 4. Changes of α wave in EEG exposed to white noise and fall sound (Cz, mean \pm S.E.)

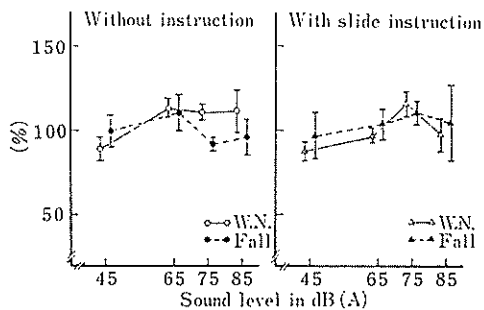


Fig. 5. Changes of α wave in EEG exposed to white noise and fall sound (Tr, mean \pm S.E.)

Table 5. Four way analysis of variance of α wave (Tr) in EEG.

Source of variation	df	MS	F
Between subjects	19		
A (instruction)	1	29.58	0.001
subj. w. groups	18	1657.17	
Within subjects	140		
B (sound level)	3	1816.36	1.46
AB	3	998.33	0.80
B \times subj. w. groups	54	1245.22	
C (WN·FL)	1	55.69	0.12
AC	1	2497.96	5.32*
C \times subj. w. groups	18	469.20	
BC	3	915.61	1.06
ABC	3	775.70	0.90
BC \times subj. w. groups	54	865.92	

*: $P < 0.05$

Table 6. Three way analysis of variance of α wave (Tr) in EEG of SI group.

Source of variation	df	MS	F
Subjects	9	1605.08	
A (sound level)	3	1760.51	1.087
A \times subjects	27	1619.66	
B (WN·FL)	1	1649.81	5.079*
B \times subjects	9	323.68	
AB	3	775.98	0.825
AB \times subjects	27	940.38	
Total	79		

* $P < 0.10$

Table 7. Correlation of α wave in EEG between before and during noise exposure. The values indicate correlation coefficients.

Subject	SI-group		NI-group	
	Cz	Tr	Cz	Tr
1	-0.5692	-0.5368	-0.3346	-0.2096
2	-0.7631*	-0.4961	0.3573	0.3014
3	-0.9265***	-0.0025	-0.6655	-0.7042
4	-0.4831	-0.7130*	-0.8724**	-0.6803
5	-0.3762	-0.6936	-0.6175	-0.7922*
6	-0.4347	-0.0777	-0.4076	-0.7643*
7	-0.8348**	-0.6449	-0.2019	-0.8128*
8	-0.5598	-0.4540	0.0904	0.1520
9	-0.2611	-0.1596	0.2061	-0.0926
10	-0.3329	-0.4388	-0.7627*	-0.6776

* $P < 0.05$, ** $P < 0.02$, *** $P < 0.01$

Table 8. Concentrations of metal in blood of inhabitants from the three locations of Hokkaido (as $\mu\text{g}/100 \text{ ml}$)

	Male (N=145)			Female (N=163)		
	Median	Mean \pm S.E.	Range	Median	Mean \pm S.E.	Range
Cd	0.32	0.36 \pm 0.01	0.09- 0.94	0.27	0.32 \pm 0.01	0.08- 1.08
Mn	1.6	1.7 \pm 0.05	0.6 - 6.5	1.8	1.8 \pm 0.04	0.8 - 3.6
Pb	7.0	7.5 \pm 0.3	2.7 - 34.6	5.9	6.6 \pm 0.3	2.3 - 38.2
Cu	97	95 \pm 1	58 - 130	97	97 \pm 1	68 - 135
Zn*	843	854 \pm 10	619 -1135	795	815 \pm 14	425 -1837

* N=112 (Male), N=138 (Female).

また、各値について 5% の危険率で信頼限界を設定すると、NI 群の WN 65, 75 dB(A) で暴露前に比べて小さかった。さらに、音暴露前の α -power と音暴露中の α -power の両者の変動の相関を求めると負の相関を示すものが多く (Table 7)、音暴露前に α -power が高ければ、音刺激により α 波は減弱し、音暴露前に α -power が低ければ、音刺激によって α 波は増強するという有意の関係が約半数の被験者に認められた。

今回の成績では α 波の変化に対する、教示、音圧および音の種類 (WN-FL) の主効果は見られず、また、前回の心理実験で行なった調整法およびカテゴリー評価法の結果との関係においても相関のある結果は得られなかった。このことは、音暴露の影響が暴露前の α 波の状態に依存し、刺激音は単なる trigger としてしか作用しなかったことが原因の一つとして考えられる。このような反応は、刺激音の暴露時間、短い試行間隔および被験者の α 波の出現変動の大きさなどによって影響され、いわゆる初期値の法則に見られる現象が、上記の音の影響因子を越えて大きく現われたものと推測される。また、安静時 α 波の出現状態が個人によって異なり、パワースペクトルの peak が α 帯域にほとんど認められない被験者もあり、 α 波優勢の被験者としては刺激に対する α 波の反応が異なることも考えられる。このように脳波実験では、被験者の α 波の出現状態や覚醒レベルの統制が重要であることが示唆された。

5. 北海道地区住民の血液中重金属濃度

対象は道央地区の代表都市である札幌市、道央・道東地区における農林業の中心地である日高町お

よび更別町に居住する 20~65 歳の健康な成人男子 145 名女子 163 名の計 308 名である。血液はヘパリン処理真空採血管を用いて肘静脈から採血した。Cd, Mn, Pb, Cu の血液測定試料としては 0.1 N 塩酸で 15 倍希釈したもの、Zn 測定試料では 450 倍希釈を行なったものを用いた。測定装置としてはゼーマン型原子吸光分光光度計を用いて、標準添加法でカップ型グラファイトキューベットを使用して測定した。その結果は Table 8 および Fig. 6 に示すごとくである。Cd および Pb は対数正規分布、Cu および Zn はほぼ正規分布を示し、Mn は両者の中間型分布を示している。性別による有意差は Cd, Pb, Zn について観察され、男子の血中 Cd, Pb, Zn 濃度が高い。日高町の市街部と周辺部との間で比較すると、男子では Cd と Cu、女子では Cd, Pb, Cu に有意の差が見られた (Table 9)。

6. ヒト赤血球中の CA-B, CA-C, SOD, CAT, Py5N ならびに ALAD の活性および酵素量と血中重金属濃度

対象は北海道の中でも過疎地と考えられる日高町と更別町の住民のうち、12 項目の肝機能検査、血液一般検査で、異常値を示さなかった成人男子 47 名、女子 63 名の計 110 名である。対象者の内訳は更別町 53 名 (男 27 名、平均年齢 43.1 歳、女 26 名、平均年齢 42.2 歳)、日高町 57 名 (男 20 名、平均年齢 43.8 歳、女 37 名、平均年齢 48.6 歳) である。血液は肘静脈よりヘパリン処理真空採血管に採取した。

検査項目は、血液中の炭酸脱水酵素アイソザイム B 型 (CA-B), C 型 (CA-C), スーパーオキシ

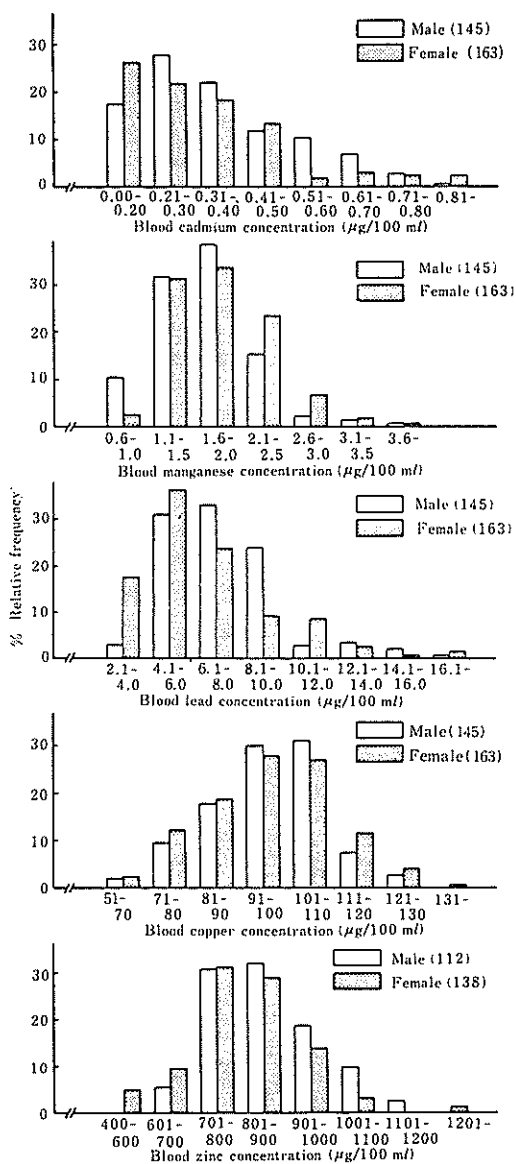


Fig. 6. Distribution of Cadmium, Manganese, Lead, Copper and Zinc concentration in blood of the Hokkaido residents.

イドディスムターゼ (SOD), カタラーゼ (CAT), ピリミジン 5'-ヌクレオチダーゼ (Py5'N), δ -アミノレブリン酸脱水酵素 (ALAD) および Ht, Hb である。Ht の測定は毛細管法, Hb はシアンメトヘモグロビン法, 各金属は(株)日立製作所製ゼーマン原子吸光分光光度計 170-70 型を用い

て標準添加法により測定した。測定に際し, Cd, Pb, Mn, Cu の場合は血液を 0.1N HCl で 15 倍に, Zn では 450 にそれぞれ希釈後, 10 μ l をとり直接定量した。

酵素の測定は, CA-B, CA-C, SOD, CAT について, 特異抗体による Single radial immunodiffusion 法 (Mancini 法) でそれぞれ, ヒト赤血球から各酵素を分離精製し, 特異抗血清をヤギ, ウサギ, ウマなどで作製し, 12% アガロース中に抗血清を入れた寒天板を用いて, 形成される沈降輪の直径の 2 乗を濃度に対してプロットし得られる標準曲線から, 単位ヘモグロビン当たりの濃度を算出した。反応は室温で 8~24 時間行なった。ALAD 活性はヨーロッパ標準法に従い, δ -アミノレブリン酸を基質として生成する PBG をエールリッヒ試薬で比色定量した。これらの酵素量または酵素活性の測定には, 血液を -80°C に凍結後融解したものをを用いた。Ht の測定は毛細管法, Hb はシアンメトヘモグロビン法で測定した。なお, 対象 110 名の血液中 Cd, Cu, Zn, Pb, Mn の各金属をゼーマン型原子吸光装置を用いた前述の方法で定着した。

Py5'N 活性の測定は Puglia らの方法に従い, 全血約 2 ml を -80°C で 3 回凍結融解を繰り返す, この溶血液 1 ml を透析チューブに入れ, 約 4°C で 1,500 倍量の透析液中で 18 時間以上透析を行なった。透析後, CMP 基質液 0.8 ml に透析済血液 0.2 ml を加え, 37°C の恒温槽内で 80 rpm の振盪を加えながら 1 時間反応させた。これに 10% TCA 溶液を 1 ml 加え, 反応停止ならびに除タンパクを行なうため, 2,500rpm で 2 分間急速に振盪混和し, 上清をろ紙 (Toyo No. 5C) で濾過した。生成した無機リン量 (Pi) を Martin & Doty 法で測定し, 単位は 1 unit = $1 \mu\text{mol Pi/hr}\cdot\text{gHb}$ とした。得られた成績を示すと次のごとくである。

(1) 更別町住民の血液中金属酵素レベルを Table 10 に示す。Py5'N, Zn は男性が, SOD, CAT, ALAD, Mn は女性が有意に高値を示した。

(2) 日高町住民の血液中金属および金属酵素

Table 9. Comparison of cadmium, manganese, lead, copper and zinc concentration (Mean \pm S.E. $\mu\text{g}/10\text{ml}$) in blood between rural and urban districts in Hidaka area

	Male			Female		
	Rural (32)	Urban (52)	Signif.	Rural (59)	Urban (54)	Signif.
Cd	0.48 \pm 0.03	0.33 \pm 0.02	P < 0.01	0.39 \pm 0.02	0.28 \pm 0.02	P < 0.01
Mn	1.7 \pm 0.1	1.8 \pm 0.0	N. S.	1.9 \pm 0.1	1.8 \pm 0.1	N. S.
Pb	7.2 \pm 0.5	7.3 \pm 0.4	N. S.	5.4 \pm 0.3	6.8 \pm 0.4	P < 0.01
Cu	90 \pm 3	96 \pm 2	P < 0.01	91 \pm 2	101 \pm 2	P < 0.01
Zn	852 \pm 20	856 \pm 14	N. S.	832 \pm 24	821 \pm 21	N. S.

Table 10. The levels of heavy metals and metal enzymes in blood (Sarabetsu)

	Male	Female	Total
No.	27	26	
Age (yr.)	43.1 \pm 2.2	42.2 \pm 1.9	0.31
Ht	45.9 \pm 0.9	40.4 \pm 0.5	7.94**
Hb (g/dl)	15.5 \pm 0.2	13.5 \pm 0.2	8.36**
CA-B (mg/gHb)	12.5 \pm 0.6	12.0 \pm 0.5	0.67
CA-C (mg/gHb)	1.90 \pm 0.10	1.87 \pm 0.11	0.20
SOD (mg/gHb)	1.12 \pm 0.04	1.26 \pm 0.05	2.19*
CAT (mg/gHb)	1.55 \pm 0.05	1.71 \pm 0.06	2.05*
Py5'N ($\mu\text{molPi}/\text{gHb}\cdot\text{hr}$)	14.8 \pm 0.5	13.6 \pm 0.4	2.02*
ALAD ($\mu\text{mol PBG}/\text{Ht}\cdot\text{min}$)	34.9 \pm 2.06	40.9 \pm 1.49	2.36*
Cd ($\mu\text{g}/\text{dl}$)	0.33 \pm 0.05	0.23 \pm 0.04	1.56*
Cu ($\mu\text{g}/\text{dl}$)	89.7 \pm 1.9	91.0 \pm 1.8	0.50*
Zn ($\mu\text{g}/\text{dl}$)	852 \pm 24	757 \pm 17	3.26**
Mn ($\mu\text{g}/\text{dl}$)	1.83 \pm 0.10	2.23 \pm 0.09	2.97*
Pb ($\mu\text{g}/\text{dl}$)	6.5 \pm 0.3	6.1 \pm 0.4	0.77

The values are expressed as mean \pm S.E.

* P < 0.05 ** P < 0.01

Table 11. The levels of heavy metals and metal enzymes in blood (Hidaka)

	Male	Female	Total
No.	20	37	
Age (yr.)	43.8 \pm 1.7	48.6 \pm 1.4	2.16*
Ht	45.6 \pm 0.7	41.3 \pm 0.6	4.89**
Hb (g/dl)	15.4 \pm 0.5	13.9 \pm 0.2	4.80**
CA-B (mg/gHb)	11.1 \pm 0.5	10.7 \pm 0.3	0.61
CA-C (mg/gHb)	1.61 \pm 0.09	1.41 \pm 0.07	1.76
SOD (mg/gHb)	1.17 \pm 0.04	1.32 \pm 0.03	3.12**
CAT (mg/gHb)	1.41 \pm 0.05	1.25 \pm 0.05	2.41**
Py5'N ($\mu\text{molPi}/\text{gHb}\cdot\text{hr}$)	15.0 \pm 0.9	16.3 \pm 0.6	1.22
ALAD ($\mu\text{mol PBG}/\text{Ht}\cdot\text{min}$)	29.6 \pm 1.5	34.8 \pm 1.0	2.92**
Cd ($\mu\text{g}/\text{dl}$)	0.36 \pm 0.03	0.30 \pm 0.02	1.84
Cu ($\mu\text{g}/\text{dl}$)	97.9 \pm 3.2	102.5 \pm 1.8	1.26
Zn ($\mu\text{g}/\text{dl}$)	873 \pm 25	837 \pm 31	0.90
Mn ($\mu\text{g}/\text{dl}$)	1.62 \pm 0.08	1.79 \pm 0.07	1.67
Pb ($\mu\text{g}/\text{dl}$)	9.0 \pm 0.7	7.7 \pm 0.4	1.59

The values are expressed as mean \pm S.E.

* P < 0.05 ** P < 0.01

レベルを Table 11 に示す。CAT は男性が、SOD, ALAD は女性が有意に高値を示した。

(3) 更別町住民と日高町住民の両地区住民の各測定値を Table 12 に示す。更別町は CA-B, CA-C, ALAD が高く、日高町は Py5'N, Cd, Cu および Pb が高値を示した。

(4) 血液中金属レベルと金属酵素レベルとの相互相関係数を求めたところ、Table 13 に示すように、P < 0.01 レベルで有意な相関を示した項目のうち、特に Cu は、CA-B, SOD, CAT, Py5'N, ALAD, Zn, Mn, Pb など、多くの項目と有意の相関性を示した。

本研究では、従来、環境汚染の指標として有効

と考えられているヒト血液中 Pb などの重金属濃度のほか、いわゆる金属酵素のなかで、亜鉛酵素である炭酸脱水酵素アイソザイム B 型 (CA-B) と C 型 (CA-C)、亜鉛および銅酵素であるスーパーオキシドディスムターゼ (SOD)、ヘムタンパクであるカタラーゼ (CAT)、Pb により鋭敏に活性阻害のみられる δ -アミノレブリン酸脱水酵素 (ALAD)、ピリミジン 5'ヌクレオチダーゼ (Py5'N) など多くの因子を測定するとともに、それらの各因子間の相関性を検討した。

環境汚染の人体への影響をみる場合に、血中または、各組織の重金属濃度を測定することは重要であり、事実多くの報告がみられている。しか

Table 12. The levels of heavy metals and metal enzymes in blood (Hidaka and Sarabetsu, male and female)

	Hidaka	Sarabetsu	Total
No. male	20	27	
female	37	26	
Total	57	53	
Age (yr.)	46.9±1.1	42.7±1.5	2.15*
Ht	42.7±0.5	43.2±0.5	6.68
Hb (g/dl)	14.4±0.2	14.5±0.2	0.38
CA-B (mg/gHb)	10.9±0.3	12.2±0.4	2.79**
CA-C (mg/gHb)	1.49±0.05	1.89±0.07	4.56**
SOD (mg/gHb)	1.27±0.03	1.19±0.03	1.89
CAT (mg/gHb)	1.55±0.04	1.62±0.04	1.24
Py5'N (μmol Pi/gHb·hr)	15.8±0.5	14.3±0.31	2.48**
ALAD (μmol PBG/Ht·min)	32.1±1.0	38.5±1.2	4.20**
Cd (μg/dl)	0.32±0.02	0.28±0.00	2.47**
Cu (μg/dl)	100.0±1.7	90.4±1.3	4.49**
Zn (μg/dl)	853±21	806±16	1.18
Mn (μg/dl)	1.72±0.05	2.00±0.53	0.53
Pb (μg/dl)	8.1±0.4	6.1±0.3	4.42**

The values are expressed as mean±S.E.

* P<0.05 ** P<0.01

Table 13. Items with significant correlations (P<0.01)

CA-B	CA-C, Cu, Zn
CA-C	CA-B
SOD	CAT, ALAD, Cu
CAT	SOD, ALAD, Cu
Py5'N	ALAD, Cu
ALAD	SOD, CAT, Py5'N, Cu
Cd	—
Cu	CA-B, SOD, CAT, Py5'N, ALAD, Zn, Mn, Pb
Zn	CA-B
Mn	Cu
Pb	Cu

し、この濃度の測定のみでは、人体の各組織のもつ機能への影響を把握することはできず、いわば、静的な影響を観察しているにすぎないと思われる。一方、赤血球中には、多くの金属酵素が存在し、その活性発現に金属を必須とするため、酵素分子に特有の金属を有している。また、構造上、金属を有しなくとも、活性発現に金属を必要とする酵素もみられる。これらの酵素が、重金属

の汚染によって活性発現や、酵素タンパクの合成そのものに影響を受けることは十分考えられる。赤血球の酵素は、それぞれ特有の機能を有しており、重金属による汚染が、これらの機能面にどう影響を及ぼすかを知ることも重要であろう。このことは、いわば、重金属汚染の人体に及ぼす影響を動的に把握することになる。

従来このような試みはあまり報告がなく、鉛汚染とδ-アミノレブリン酸脱水酵素による汚染の指標というような特定の重金属に限られていた。今回の研究では、赤血球中に多量に存在する金属酵素の活性測定および、免疫化学的な酵素タンパク量の測定を行ない、多くの重金属との相関性を検討した。また、対象とした地域も、全国的にも汚染の進行していない低公害地域と考えられ、今後とも進行すると考えられる汚染を把握するために、各金属および金属酵素のバックグラウンド値を求めたことになる。対象とした2地区の住民はいずれも健康成人であり、Clinical または Sub-clinical な影響をも受けていないと考えられ、今後の汚染により生ずる Sub-clinical な重金属の影響を把握する基礎的な資料となるものと思われる。また、金属と金属酵素の地域による相関性の違い、絶対量の違いなどを把握することにより、各地域での汚染の進行度合を疫学的にも把握できよう。

以上を結論すると、本研究結果の血液中鉛濃度、δ-アミノレブリン酸脱水酵素の活性値などを考慮すると対象とした日高町および更別町住民の汚染度は低く、低公害地域と考えられた。しかし、この両地域間に CA-B, CA-C, Py5'N, ALAD, Cd, Cu, Pb に有意の差がみられた。このことは、低公害地域であっても、その度合に差があることは十分考えられるし、また、その地域の生活様式、職業、食事などの環境要因によっても異なることも考えられ、ただちに相互の比較をすることは困難であるかも知れない。しかし、少なくとも一定の地域での傾向を把握するには十分と考えられ、今後の経年的な変化を観察することによって、汚染指標としての有効性が明らかになるものと思われる。

今後の課題

地理的には北方圏、気象学的には積雪寒冷の特徴を有する北海道は自然環境ならびに社会環境の面において、本州とは全く異なった様相を呈しており、人間居住環境を設定する上においても、解決すべき多くの課題をかかえている。本研究ではそれらの一端について環境医学的立場から接近したものであり、物理化学的環境条件が都市化の規模や発達過程と密接な関係を持っていること、低環境汚染地域である北海道に居住する住民の健康状態の把握に血液中重金属濃度および金属酵素の測定が有効であることなどの基礎的知見を明らかにしたものである。この点をふまえて、今後、これらの測定項目について経年的に調査研究を進めて行くことが重要と思われる。

謝 辞

本研究を進めるに当たって、協力を惜しまなかった関係市町村の皆様ならびに環境医学教室の院生諸氏に心から感謝するとともに、3年間にわたって研究費を助成して戴いた日産科学振興財団に厚くお礼申し上げます。

発 表 論 文

- 1) 齋藤和雄: 21世紀の北海道における自然環境を求めて、北海道長期展望調査資料, No. 6, 1~19, (昭和 53 年 5 月).
- 2) 佐々木胤則, 佐藤雄一郎, 神代雅晴, 谷口直之, 齋藤和雄: 空気汚染指標としての雪中重金属の分布, 日本公衆衛生学会, (昭和 53 年 10 月).
- 3) K. Saito, T. Sasaki, Y. Sato and H. Yasuda: Distribution of trace metals in snowfall and human blood of northern region of Japan, Trace Substances in Environmental Health XIII (D.D. Hemphill, Ed.), 68-76, University of Missouri, Columbia, (June, 1979).
- 4) 田辺隆司, 佐々木胤則, 藤本 俊, 加地 浩, 齋藤和雄: 札幌市における降雪中の重金属濃度について, 日本分析化学会北海道支部 1980 年夏期研究発表会講演集, p. 24 (昭和 55 年 7 月).
- 5) 佐々木胤則, 田辺隆司, 藤本 俊, 加地 浩, 新岡 正, 齋藤和雄: 空気汚染指標としての雪中重金属の分析, 日本公衛誌, 27(10), 736 (昭和 55 年 10 月).
- 6) 佐藤雄一郎, 佐々木胤則, 神代雅晴, 谷口直之, 齋藤和雄: 都市騒音の分布に関する研究—積雪期および非積雪期の比較—, 日本公衆衛生学会 (昭和 53 年 10 月).
- 7) 田中豪一, 三宅晋司, 西村友之, 神代雅晴, 齋藤和雄, 宮代信夫: 環境騒音が生体に及ぼす影響について. 滝の音と white noise の物理的特性と心理的特性との関係について, 人間工学, 15(4), 197 (昭和 54 年 8 月).
- 8) K. Saito and M. Kumashiro: Studies of noise effects on higher nervous activity, Ergonomics, 22(6), 715, (June, 1979).
- 9) 三宅晋司, 田中豪一, 西村友之, 新岡 正, 齋藤和雄, 宮代信夫, 神代雅晴: 環境騒音が生体に及ぼす影響についての脳波学的研究, 日衛誌, 35(1), 272, (昭和 55 年 4 月).
- 10) 齋藤和雄: 騒音の生理学的評価に関する脳波学的研究, 日衛誌, 35(1), 273 (昭和 55 年 4 月).
- 11) 田中豪一, 三宅晋司, 西村友之, 宮代信夫, 神代雅晴: 環境騒音の評価に関する研究. 一音の認知と物理的特性について, 人間工学, 17(1), 27-32 (昭和 56 年 2 月).
- 12) 佐々木胤則, 佐藤雄一郎, 安田秀子, 谷口直之, 齋藤和雄: 北海道における血液中重金属 (Cu, Zn, Mn, Cd, Pb) の地域・性・年齢分布について, 日衛誌, 34(1), 157 (昭和 54 年 4 月).
- 13) K. Saito, T. Sasaki, Y. Sato and H. Yasuda: Concentrations of Cadmium, Manganese, Lead, Copper and Zinc in the blood of Hokkaido residents., Environ. Sci. Hokkaido, 4(1), 81-87 (1981).
- 14) 佐藤雄一郎, 佐々木胤則, 安田秀子, 谷口直之, 齋藤和雄: 鉛汚染指標としての赤血球酵素 Pyrimidine 5'-nucleotidase 活性について, 日衛誌, 34(1), 137 (昭和 54 年 4 月).
- 15) 佐藤雄一郎, 佐々木胤則, 谷口直之, 齋藤和雄: Pyrimidine 5'-nucleotidase 活性の日本人正常値および低濃度鉛汚染指標としての意義について, 日衛誌, 36, 518-525, 1981.
- 16) 谷口直之, 佐々木胤則, 佐藤雄一郎, 神代雅晴, 齋藤和雄: ヒト赤血球中の金属酵素の動態—炭酸脱水酵素アイソザイム, Superoxide dismutase, Catalase を中心として—, 日衛誌, 34(1), 158 (昭和 54 年 4 月).