

青森県環境保健センター研究報告

Bulletin

of

Aomori Prefectural Institute of Public Health and Environment

No.2 1991

青森県環境保健センター

目 次

1. 青森県におけるライム・ボレリア検索

佐藤 允武 三上 稔之 木村 淳子 1

2. 青森県におけるコレラ発生状況について (1984-1991)

大友 良光 豊川 安延 小鹿 晋
伊賀 征一 西舘 篤 5

3. HPLCを用いた神経芽細胞腫マス・スクリーニング法について

下山 純子 野呂キョウ 金田 量子
工藤ハツエ 小鹿 晋 10

4. ホタテガイの栄養成分について

村上 淳子 高橋 政教 16

5. 温泉水の電気伝導率に関する考察

石塚 伸一 木村 淳子 野村 真美
高橋 政教 小林 英一 21

6. 青森市における環境大気中のアスベスト

石塚 伸一 庄司 博光 31

7. 中小河川における汚濁負荷量について

— 浪岡川の水質調査 —

対馬 和浩 今 俊夫 三上 一

佐藤真理子 小林 繁樹 37

8. 中小都市河川の水質汚濁特性

— 新城川水系における窒素・燐の挙動とAGP試験 —

三上 一 早狩 進 奈良 忠明

坂崎 俊璽 工藤 孝宣 小林 繁樹

高井 秀子 角田 智子 田沢 良基 45

9. パソコンによる統計解析システムの紹介

早狩 進 高橋 昭則 今 武純 61

10. 北国における浮遊粒子状物質濃度の評価について

早狩 進 中道 敬 久保沢洋一

野田 正志 松尾 章 今 武純 78

11. アルカリろ紙法による八戸市の環境大気評価

中道 敬 鈴木 実 野田 正志

斎藤 輝夫 工藤 隆治 藤田 志保 85

12. 新井田川の水質汚濁状況について

阪崎 俊壘 工藤 精一 90

13. 八戸市の雨水の実態

— 一降水分取法による考察 —

野田 正志 斎藤 輝夫 工藤 隆治
中道 敬 藤田 志保 98

14. 八戸市内の降下ばいじん(2)

— 不溶解性重金属について —

工藤 隆治 藤田 志保 105

15. 六ヶ所村及びその周辺地域における環境試料中の放射性物質等調査

木村 秀樹 外崎久美子 竹ヶ原 仁
関野 正義 111

CONTENTS

1. A survey of *Borrelia burgdorferi* in Aomori Prefecture
Nobutake SATO, Toshiyuki MIKAMI and Jyunko KIMURA 1

2. A brief report of cholera outbreaks
in Aomori Prefecture from 1984 to 1991
Yoshimitsu OHOTOMO, Yasunobu TOYOKAWA, Susumu KOSHIKA
Sei-ichi IGA and Atsushi NISHIDATE 5

3. Determination of urine VMA, HVA, etc.
by HPLC for mass screening of neuroblastoma
Junko SHIMOYAMA, Kyo NORO, Ryoko KANEDA, Hatsue
KUDO and Susumu KOSHIKA 10

4. Contents of the nutrient in scallops
Atsuko MURAKAMI and Masanori TAKAHASHI 16

5. Studies on the electro-conductivity in hot spring water
Shin-ichi ISIZUKA, Junko KIMURA, Masami NOMURA
Masanori TAKAHASHI and Ei-ichi KOBAYASHI 21

6. Survey data on asbestos fibers
in the environmental atmosphere of Aomori City
Shin-ichi ISIZUKA and Hiromitsu SHOJI 31

| | |
|---|----|
| 7. Studies on pollution loads in medium and small river | |
| — Water qualities of Namioka River — | |
| Kazuhiro TSUSHIMA, Toshio KON, Hajime MIKAMI | |
| Mariko SATO and Shigeki KOBAYASHI | 37 |
| 8. Characteristics of water pollution in small urban rivers | |
| — Behavior of Nitrogen · Phosphorus | |
| and AGP in Shinjyo River — | |
| Hajime MIKAMI, Susumu HAYAKARI, Tada-aki NARA | |
| Syunji SAKAZAKI, Takanobu KUDOU, Shigeki KOBAYASHI | |
| Hideko TAKAI, Tomoko KAKUTA and Yoshiki TAZAWA | 45 |
| 9. Introduction of statistic analysis system by personal computer | |
| Susumu HAYAKARI, Akinori TAKAHASHI and Takezumi KON | 61 |
| 10. Evaluation of concentration of suspended particulate matters | |
| in the north provinces of Japan | |
| Susumu HAYAKARI, Satoshi NAKAMICHI, Yoichi KUBOSAWA | |
| Masashi NODA, Akira MATSUO and Takezumi KON | 78 |
| 11. Environmental atmosphere assessment | |
| in Hachinohe City by alkali filter paper method | |
| Satoshi NAKAMICHI, Minoru SUZUKI, Masashi NODA | |
| Teruo SAITO, Ryuji KUDO and Shiho FUJITA | 85 |

| | |
|---|-----|
| 12. Water pollution in Niida River | |
| Shunji SAKAZAKI and Seiichi KUDOH | 90 |
| 13. Actual condition of precipitation in Hachinohe City | |
| — A studies of precipitation separate collection method — | |
| Masashi NODA, Teruo SAITO, Ryuji KUDO | |
| Satoshi NAKAMICHI and Shiho FUJITA | 98 |
| 14. Dust fall in Hachinohe City (2) | |
| — Insoluble heavy metals — | |
| Ryuji KUDOU and Shiho FUJITA | 105 |
| 15. Survey of radionuclides and fluoride | |
| in environmental samples around Rokkasho Village | |
| Hidiki KIMURA, Kumiko TONOSAKI, Hitoshi TAKEGAHARA | |
| and Masayoshi SEKINO | 111 |

青森県におけるライム・ボレリア検索

佐藤 允武 三上 稔之 木村 淳子

青森県内のライム病の実態を把握するため、県内5地域のマダニ類を対象にボレリア検索を行った。結果、ライム・ボレリアは検査したすべての地域のダニから分離された。種別の分離率はヤマトマダニ188匹中48匹の26%、シュルツェマダニ20匹中3匹の15%であった。タネガタマダニ、チマダニ属からは分離されなかった。

Key words: lyme borrelia, ixodes ovatus
ixodes persulcatus, rate of carriage

1. はじめに

ライム病は *Borrelia burgdorferi* (以下 B. b.) を病原とするマダニ媒介性のスピロヘータ感染症で、1977年 Steere¹⁾ がアメリカコネチカット州のライム地方に流行した慢性遊走性紅斑を伴う関節炎をライム関節炎として報告したがライム病のはじまりである。

Steere の報告以来、ヨーロッパの国々やオーストラリア、ソビエト、中国等のほぼ全世界から相次いで報告されるようになり、今やエイズに次いで世界的に関心もたれる感染症の1つになった。

1988年のアメリカにおける患者総数は届け出義務がないにもかかわらず、およそ5,000名にも上っており、実際にはこの数字の5倍から10倍の発生があるものと推測されている²⁾。

わが国における患者数は現在のところ、北海道および長野県を中心におよそ30症例ほどと言われる³⁾。

しかしながら、今後ライム病についての認識が高まり、且つ、血清学的診断法が標準化され、普及するようになれば、まだまだ患者は増えると考えられている。

本県においては未だ患者は未確認であるが、ライム病を媒介すると言われる *Ixodes persulcatus* シュルツェマダニが本県に棲息していることは高田ら⁴⁾ によってすでに明らかにされている。このことから、私達は本マダニが B. b. を保有している可能性が高いと考え、県内のマダニ類を対象にボレリア検索を行った。

2. 材料と方法

1) マダニの捕獲は1991年の青森市におけるネコ咬着マダニを除いて1990年5月から6月下旬および1991年の6月下旬から7月上旬の2回にわたって、県内5地域の標高20~200m地点における山林伐採跡地や林道の草地を対象にハタズリ法により行った (図)。

検査には捕獲マダニのうち、検査時まで生存していた

240匹の成ダニ (*I. ovatus* ヤマトマダニ188匹, *I. persulcatus* シュルツェマダニ20匹, *I. nipponensis* タネガタマダニ2匹 *Haemaphysalis* spp. チマダニ属30匹) を用いた。

2) 分離材料と培養方法

B. b. 分離のための中腸等の採取および B. b. の培養は佐藤ら、森の方法⁷⁾ に準じて行った。

すなわち、生きていたダニをそのまま10倍イソジン液および局方の消毒用エタノール液に浸漬し、虫体表面を殺菌後、それぞれ滅菌蒸留水で洗滌、消毒剤を除去した (1990年はエタノール消毒のみ)。ついで、実体顕微鏡下 (10~15倍率) で剪刀とピンセット、虫ピン等を用いて中腸等の内蔵物を取り出し、これを BSK-II 培地を70~80%容量に分注したスクリュウキャップ付き試験管 (5



図 マダニ捕獲地域

表 青森県内に棲息するマダニからのボレリア分離

| 捕獲 地域 | 捕獲 年月 | 標高 (m) | 性別 | <i>I. ovatus</i> (ヤマトマダニ) | | <i>I. persulcatus</i> (シュルツェマダニ) | | |
|------------------|----------|--------|---------|---------------------------|---------|----------------------------------|---------|--------|
| | | | | 検査数 | 陽性数 (%) | 検査数 | 陽性数 (%) | |
| 1. 青森市*1 | H. 2 | 5~6 | 20~100 | M | 28 | 6 (21) | 4 | 1 (25) |
| | | | | F | 38 | 4 (11) | 10 | 2 (20) |
| 2. 青森市 (ネコ由来) | H. 3 | 5~6 | 20~30 | M | 1 | 1 (100) | 1 | 0 |
| | | | | F | 6 | 1 (17) | 2 | 0 |
| 3. 浪岡町 | H. 3 | 6 | 100~200 | M | | | | |
| | | | | F | 2 | 1 (50) | | |
| 4. 西目屋村*2 | H. 3 | 6 | 100~200 | M | 5 | 1 (20) | | |
| | | | | F | 4 | 2 (50) | 1 | 0 |
| 5. 川内町*3 | H. 3 | 6 | 50 | M | 28 | 6 (21) | | |
| | | | | F | 42 | 17 (40) | 2 | 0 |
| 6. 倉石村 | H. 3 | 7 | 100~200 | M | 19 | 6 (32) | | |
| | | | | F | 15 | 3 (20) | | |
| 計 | | | | M | 81 | 20 (25) | 5 | 1 (20) |
| | | | | F | 107 | 28 (26) | 15 | 2 (13) |

* 1 *I. nipponensis* (タネガタマダニ) 0 / 2 *Haemaphysalis* spp. (チマダニ属) 0 / 23 (陽性数/検査数)

* 2 *Haemaphysalis* spp. 0 / 3

* 3 *Haemaphysalis* spp. 0 / 4

ml) に投入, 密栓して33°C incubator で6週間前後培養した。

培養後は1週間隔で位相差顕微鏡にて観察し, ラセン状菌の増殖有無および雑菌による汚染状況等をチェックした。

3) 分離菌の同定方法

分離菌の同定は B. b. の抗 IRS ウサギ血清を1次抗体とする免疫ペルオキシダーゼ (IP) 法で行った。1部の株については静岡大学薬学部増澤博士より分与していただいた鞭毛のモノクロナル抗体も併用した。

3. 結 果

県内の5地域で捕獲したマダニ類からの B. b. 分離結果を表に示した。1990年の5月から6月にかけて青森市近郊で捕獲したヤマトマダニでは雄28匹中6匹, 雌38匹中4匹, 計66匹中の10匹 (分離率15%) から分離, 同様シュルツェマダニでは雄4匹中1匹からと雌10匹中2匹, 計14匹中の3匹 (同20%) から B. b. を分離した。

1991年は5~6月のネコ咬着マダニを除く, 4地域での検索ではヤマトマダニの雄52匹中13匹, 雌63匹中23匹, 計115匹中の36匹 (同31%) から分離した。地域により分離率に差異がみられたものの検査したすべての地域のダニから B. b. が分離された。また, ネコ由来のヤマトマダニ7匹中2匹からも分離されたが, ネコ由来を含むシュルツェマダニ6匹からはまったく分離されなかった。

ネコ由来も含めた1990~1991年のヤマトマダニの分離率は雄81匹中20匹で25%, 雌107匹中28匹で26%, 計188匹中48匹の26%であった。一方, シュルツェマダニでは雄5匹中1匹で20%, 雌15匹中2匹で13%, 計20匹中の3匹で15%であった。

考 察

1982年の Willy Burgdorfer ら⁵⁾による *I. dammini* からの B. b. 分離報告以来, マダニ属からの分離についての報告が世界各地から相次いでみられるようになった。

現在では *I. dammini* のほか, *I. pacificus*, *I. ricinus*, *I. persulcatus*, *Amblyomma americanus* 等がライム病を媒介するダニとして知られる。また, 蚊や虻からも B. b. 様菌体が分離され, マダニ以外の媒介種の存在も注目されている⁶⁾。

わが国における最初の B. b. 分離は1989年で, 北海道産のシュルツェマダニおよびヤマトマダニからである⁷⁾。その後, 1990年から1991年には本県のほか, 長野, 福井県産のシュルツェマダニから, また, 本県, 福島, 長野, 静岡および福井県等各県産のヤマトマダニからも次々と分離され, わが国における保菌マダニの実態が次第に明らかとなってきた⁸⁾⁹⁾。B. b. を保菌しているマダニがシュルツェマダニのみならず, わが国に広く分布するヤマトマダニからも高率に各地で見いだされたことは, 今後の調査はシュルツェマダニ棲息地ばかりでなく, 全国を対

象として行う必要があることを示唆している。

今回のわれわれの調査におけるマダニの保菌率はヤマトマダニ26%、シュルツェマダニ15%で北海道、長野、および福井県の調査とほぼ一致する結果であったが、海外では国および地域によりおおきな相違が認められている。

ヨーロッパにおける媒介種として *I. ricinus* が知られるが、その保菌率は30%前後と言われる。一方、北米では地域による差異がみられ、ライム病発見の地となった北東部の媒介種 *I. dammini* の保菌率はおよそ60%、それに対し、大陸の反対側に位置する西海岸の *I. pacificus* は僅か0.9~2%と報告されている¹⁰⁾。この保菌状況は西海岸側のライム病の発生が北東部に比べ著しく少ないこととよく相関している。

米国の上述の関係をわが国にもあてはめれば、本県のライム病が北海道や長野県並に発生しても不思議ではないと考えるが、なぜか未だ患者は一人も確認されていない。

最近、中尾は⁹⁾ヤマトマダニ由来の *B. b.* の蛋白構造が多様性を示すシュルツェマダニとは異なり、全国すべてほぼ均一であることを SDS - PAGE 法で示した。加えて本マダニが関与したと考えられるライム病が未だ報告されていないこと等からヤマトマダニ由来株を病原性の弱い1変異株と仮定したいとしている。これが正しいとするならば、ヤマトマダニを優占種とする本県で今日に至るまで患者が発見されていないことは頷けないことではない。今後の研究が待たれる。

文 献

1) Steere A C, Malawista S E, Snyderman D R, et al: Lyme arthritis: an epidemic of oligoarticular arthritis in children and adults in three Connecticut communities. *Arthritis Rheum* 20: 7-17, 1977

2) 恐るべきライム病: *Newsweek*, 74-77, 1989年6月8日号

3) ライム病: その臨床像と診断: 川端真人, 平成3年度希少感染症診断技術研修会, 5-8, 東京, 1992

4) 高田伸弘, 山口富雄: 東北地方におけるマダニ類の研究, 1. 野生哺乳類寄生マダニ類と人体刺咬例, *衛生動物* 25: 35-40, 1975

5) Burgdorfer W, Barbour A G, Hayes S F, et al: Lyme disease: a tick-borne spirochetosis? *Science* 216: 1317-1319, 1982

6) Magnarelli L A, Anderson J F, Barbour A G: The etiologic agent of lyme disease in deer flies, horse flies, and mosquitoes: *J. Infect. Dis.* 154:

355-358, 1986

7) 平成元年度希少感染症診断技術研修会, 東京, 1990

8) 平成2年度希少感染症診断技術研修会資料, 東京, 1991

9) 平成3年度希少感染症診断技術研修会資料, 東京, 1992

10) Burgdorfer W: Discovery of the lyme disease spirochete and its relation to tick vectors: *Yale J. Biol. Med.* 57: 515-520, 1984

Abstract

**A Survey of *Borrelia burgdorferi* in
Aomori Prefecture**

Nobutake SATO, Toshiyuki MIKAMI and Junko KIMURA

With the view of grasping the actual condition of lyme disease in Aomori Prefecture, survey was made of Borrelia Burgdorferi on Ixodes at five areas within the Prefecture. Lyme Borrelia was separated from those ticks at all the areas tested. Rate of separation by species was 26 (48 / 188) and 15% (3 / 20) for I. ovatus and I. persulcatus, respectively. I. nipponensis and Heamaphysalis sp were not separated.

青森県におけるコレラ発生状況について(1984—1991)

大友 良光¹ 豊川 安延¹ 小鹿 晋²
伊賀 征一³ 西舘 篤²

青森県では1984年から1991年まで3事例のコレラ発生があった。コレラ菌検出者は、海外旅行者2名、接触者1名、食品媒介と思われる国内初発の感染者が2名の計5名(発病者2名、非発病者3名)であった。分離したコレラ菌はすべてコレラ毒素産生性の定型的なエルトル型で、生物化学的性状も同一であった。また、分離菌株は多くの抗生物質に感受性を示し、特にテトラサイクリンとクロラムフェニコールには高かったが、オレアンドマイシンには耐性であった。一方、分離培地の一部には発育抑制力の強いものがあるので、病院外来での菌検査には、適切な培地の選択が必要と思われる。

Key words: cholera, *Vibrio cholerae*, outbreaks of cholera, isolation medium.

1. はじめに

コレラは法定伝染病及び検疫伝染病として知られているが、その原因菌であるコレラ菌は我が国には土着していない細菌である。従って、我が国でのコレラ患者は、コレラ菌汚染地域である東南アジアやインド等への旅行者や輸入汚染食品の摂食者に限られている。特に近年は、輸入食品が原因と推察される事例が増加し、その集団事例も散見されるようになった^{1,2)}。

本県では³⁾明治13年(1880)から平成3年(1991)まで6,724名の発見例があるが(表1)、そのほとんどは明治33年(1900)までの事例である。

今回は昭和59年(1984)以降発生した3事例の概要を述べるとともに菌検索に関する若干の実験を行ったので報告する。

2. 各事例の発生概要

1) 昭和59年(1984)の事例

10月29日厚生省から県へ、台湾旅行者にコレラ患者が発見されたので、本県の同行者について追跡調査の依頼があった。該当者は上北郡野辺地町の女性(66歳)で発病はしていなかった。29日直ちに採便して衛生研究所(現当センター)で検査したところ、31日にエルトル小川型コレラ菌が検出された。

この女性は、東京都内の繊維会社が全国の小売業者の中から招待した61人の1人で、10月24日から3泊4日の

- 1: 青森県環境保健センター
- 2: 青森県公害課
- 3: 青森県公衆衛生課

表1 青森県におけるコレラ発生状況

| 年 別 | 発見数* | 死者 |
|-------------|-------|-------|
| 明治13 (1880) | 5 | 4 |
| 15 (1882) | 23 | 16 |
| 16 (1883) | 1 | — |
| 17 (1884) | 1 | — |
| 19 (1886) | 6,565 | 3,775 |
| 20 (1887) | 13 | 7 |
| 21 (1888) | 8 | 3 |
| 22 (1889) | 1 | — |
| 23 (1890) | 22 | 17 |
| 24 (1891) | 2 | 2 |
| 26 (1893) | 1 | 1 |
| 28 (1895) | 17 | 9 |
| 29 (1896) | 3 | 2 |
| 30 (1897) | 8 | 1 |
| 32 (1899) | 9 | 5 |
| 33 (1900) | 6 | 3 |
| 大正11 (1922) | 34 | 17 |
| 昭和59 (1984) | 1 | — |
| 平成2 (1990) | 2 | — |
| 3 (1991) | 2 | — |
| 合 計 | 6,724 | 3,862 |

*: 患者又は保菌者数

日程で台北、高雄を回り、27日成田空港に到着したが症状は出ていなかった。本人は帰宅後外出しておらず、接触者は家族に限定され、家族の検便ではコレラ菌は不検出であった。

2) 平成2年(1990)の事例

ア. 概要

7月7日午前1時頃、十和田市在住の男性(50才)が、米の研ぎ汁様の激しい下痢、発熱、脱水症状、血圧低下、頭痛、腹痛の症状を呈し、午前4時頃八戸市立中央病院で受診後、午前6時頃入院した。病院での細菌検査でコレラ菌が検出され、11日に病院から十和田保健所にコレラ疑似患者の届け出があった。当センターに搬入された菌株は12日にエルトール稲葉型コレラ菌と判明し、翌13日にコレラ毒素産生性であることが確認された。

一方、患者と接触した家族3名とその他の者8名の検便により、13日に無症状であった患者の妻(55才)からもコレラ菌が分離された。

患者は海外渡航歴がなく、渡航者との接触もなかった。また、前年、胃の前摘手術を受けている。

発病前の食事調査で、患者と保菌者である妻は5日の夕食と6日の朝食に市内の販売店から購入したマグロの刺身を摂食していたことが判明した。このマグロは八戸市の魚市場から十和田市内の魚販売店が購入したもので、輸入先等は不明であった。

患者は7月22日に、保菌者は21日に治癒退院し、菌汚染調査が終了した8月8日をもって終息した。

イ. 菌汚染調査(表2)

患者から下水処理場を経て河川に至るまでの主な地点、並びにマグロ関連検体について常法⁴⁾により細菌検査を行った。その結果、患家の公共排水からコレラ毒素産生性のエルトール稲葉型コレラ菌が、また、下水処理場の流入水からコレラ毒素非産生性のエルトール小川型コレラ菌が分離された。これらの菌は、前者では21日に、後者では23日に消失した。一方、マグロ関連検体からのコレラ菌は不検出であった。

3) 平成3年(1991)の事例

ア. 概要

1月23日厚生省から県へ、東南アジア旅行者にコレラ患者が発見されたので、本県の同行者2名についての追跡調査依頼があった。当日に所轄の八戸保健所で検便を行ったところ、24日に43才の男性からTCBS寒天平板培地上にコレラ菌様の集落が検出された。この平板培地は直ちに当セン

ターに搬入され、25日にエルトール小川型コレラ菌であること、翌26日に毒素産生性であることが判明した。

患者は1月15日から21日までインドネシア、バリ島、シンガポールを巡るツアーに参加しており、21日に帰国後その日の内に帰宅した。その間、20日にシンガポールで下痢1回、疲労感、倦怠感、腹部疝痛1回、熱感があり、全体として風邪気味の感があり、21日に新幹線内と帰宅した夜に自宅で各1回の下痢があった。翌22日からは会社に出勤したが、一日当たり2~4回の下痢が25日まで継続していた。

また、八戸保健所で患者家族3名の検便を行ったところ、無症状の長女(15才)からも同一菌が分離された。この保菌者は、患者が帰国した日に、患者が入浴した直後に入浴したとのことであった。

患者は2月6日、保菌者は5日に治癒退院し、本事例は終息に至った。

イ. 菌汚染調査(表3)

患家、患者の立ち寄り先、保菌者の通学する中学校、そして八戸市終末処理場の各地点でコレラ菌汚染調査を行った結果、コレラ菌は不検出であった。

3. 分離菌の性状検査成績

1) 生物化学的性状及び生物型(表4)

各分離菌は同一性状のコレラ毒素産生性エルトール型コレラ菌であった。

2) 薬剤感受性(表5)

各分離菌株について、モノディスク法(ニッスイ)で

表2 十和田市で発生したコレラに関する菌汚染調査成績

| 検 体 | 検体採取日別検査成績 | | | | | | |
|---------|-------------|-----|-----------------|----------------|-----|-----|------|
| | 7月14日 | 16日 | 19日 | 21日 | 23日 | 30日 | 8月6日 |
| 上水道関係 | 原水 | - | | | | | |
| | 患者宅管末水 | - | | | | | |
| 患者宅排水関係 | 台所の流しの汚水 | | | - | | | |
| | 公共排水 | | + ¹ | + ¹ | - | - | |
| | 患者宅からの枝線汚水 | | - | | | | |
| | 患者宅からの幹線汚水 | | | | - | | |
| 処理場関連 | 流入汚水 | - | *+ ² | | | | |
| | 最終沈殿池上澄水 | - | | | | | |
| | 余剰汚泥 | - | | | | | |
| | 脱水汚泥 | - | | | | - | - |
| | 滅菌済放流水 | - | *- | | | - | - |
| 河川水関係 | 放流口上流水 | - | *- | | | | |
| | 放流口下流水 | - | *- | | | | |
| | 〃 | | *- | | | | |
| | 〃 | | *- | | | | |
| 食品関係 | マグロ刺身(十和田市) | - | | | | | |
| | マグロ刺身(八戸市) | - | | | | | |
| その他 | 魚店排水口汚水 | - | | | | | |
| | 患者妻入浴場排水 | - | | | | | |
| 検 体 数 | | 10 | 11 | 3 | 2 | 4 | 3 |

*: 綿球設置(24hr)による検査
¹: コレラ毒素産生性エルトール稲葉型コレラ菌
²: コレラ毒素非産生性エルトール小川型コレラ菌
 -: コレラ菌陰性

表3 八戸市で発生したコレラに関する菌汚染調査成績

| 検体採取場所 | 検体の種類 | 成 績 | | |
|----------|-------------|-------|------|-------|
| | | 1月28日 | 2月4日 | 2月14日 |
| 患 家 | 便槽の尿尿 | - | - | - |
| | 総排水口の排水 | - | - | - |
| 患者立ち寄り先 | 飲食店の総排水口排水 | - | / | / |
| | 勤務先の最終浄化槽汚水 | - | - | - |
| | 勤務先の最終放流水 | - | - | - |
| 保菌者在学中学校 | 下水集合樹の汚水 | - | - | - |
| | 下水最終樹の汚水 | - | - | - |
| 八戸市終末処理場 | 下水場流入水 | - | / | / |

- : 陰性, / : 検査せず

表4 分離コレラ菌の性状

| 菌株名 | 溶血性 | | ニワトリ 血球凝集 | VP 反応 | コレラ 毒素* | 同定キット (API 20E) | 判 定 |
|-----|-----|----|--------------|----------|------------|--------------------|---------|
| | 試験管 | 平板 | | | | | |
| 野辺地 | + | + | + | + | + | 5147124 | エルトル小川型 |
| 十和田 | + | + | + | + | + | 5147124 | エルトル稲葉型 |
| 八 戸 | + | + | + | + | + | 5147124 | エルトル小川型 |

* : V E T - R P L A 「生研」を使用

表5 分離コレラ菌の抗生物質感受性成績

| 抗 生 物 質 | 感受性度 [野辺地, 十和田, 八戸] |
|--------------|------------------------|
| カナマイシン | 3+ (3.13) |
| ストレプトマイシン | 2+ (6.25) |
| クロラムフェニコール | 3+ (≤0.39) |
| テトラサイクリン | 3+ (0.25) |
| エリスロマイシン | 2+ (1.56) |
| オレアンドマイシン | - (≥50.0) |
| セファロリジン | 3+ (3.13) |
| アミノベンジルペニシリン | 3+ (1.56) |
| スルフィキサゾール | 3+ (25.0) |

[] : 菌株名, () : 推定MIC値 (μg/ml)

表6 各分離培地でのコレラ菌集落出現率

| 培 地 | 使用菌株 : 八戸株 | | |
|--------------|---------------|--------------|------------|
| | 接種菌数 (/平板) | 出現数 (/平板) | 出現率 (%) |
| アルカリ性寒天培地 | 58 | 58 | 100 |
| モンソール寒天培地 | 580 | 148 | 25.5 |
| PMT寒天培地 | 580 | 95 | 16.4 |
| ビブリオ寒天培地 | 5,800 | 105 | 1.8 |
| TCBS寒天培地(A社) | 5,800 | 134 | 2.3 |
| TCBS寒天培地(B社) | 5,800 | 22 | 0.4 |

検査したところ、オレアンドマイシンに対して耐性であった他は多くの薬剤に強い感受性を示した。

3) 各種分離培地での発育所見 (表6) 分離菌株中最も新鮮な八戸株を用い、一定の菌数を各種市販の分離培地等に接種し、集落形成数を比較した。アルカリ性寒天培地での集落出現率を100%として各培地での出現率をみると、多くの培地が低い値を示した。特に、1社のTCBS寒天培地の場合は0.4%と極めて低率であった。ただし、この培地での集落の大きさは他の一社のそれを上回っていた。

4. おわりに

近年のコレラの流行はエルトル型菌による第7次パンデミーと言われている。このパンデミーは1961年からはじまり全く衰える兆しが無い。このコレラ菌による病状は、1960年以前流行したいわゆる古典コレラ菌によるものとは異なり激的なものではないと言われているが、多くの健康保菌者を生む傾向がある。本文でも記載したように、菌検出者5名のうち患者は2名であり、他3名は無症状の保菌者であった。現在の我が国における下水道の整備状況から判断し、たとえ保菌者があっても、感染者の増加は阻止できるものと思われるが、八戸での事例のように、入浴を介しての感染も考えられるので、今後注意を要する。この事例では、患者が帰国した日に下痢症状があったにもかかわらず、空港での検疫官への正確な申告がなされなかったことに基本的な問題があったと思われる。

また、コレラ菌は多くの抗生物質に感受性を示すので、治療によって速やかに菌が消失し、本文で示したように長くとも入院10日前後で退院している。一方、十和田市での輸入マグロによると思われる事例は、今後における食品衛生上重大な問題を提起している。エルトル型コレラ菌による食品を介しての感染の場合、下痢症状が軽度であったり、不顕性感染者が多いこともあり、感染者の拡大が懸念され、感染実態の把握が困難になることが考えられる。これを水際でくい止めるには、輸入食品の検疫もさることながら、病院外来での保菌者の早期発見が強く望まれる。このためには、たとえ軽度の下痢症であっても、コレラ菌を含めた適切な細菌検査が必要と思われる。その際、本実験でも明らかのように、多くのコレラ菌分離用の培地は他の細菌同様にコレラ菌の発育も抑制するので、複数培地の併用あるいはアルカリ性ブイ

ヨン培地等での事前の増菌培養等が必要かと思われる。

本県では明治19年（1986）に古典コレラ菌によるものと思われるコレラが発生し、3,775人の死者が出ている。現在のように、医療技術の発達や下水道の整備、更には公衆衛生の発達から考えれば、今後このような大規模な発生はありえないと思われる。しかしながら、交通機関の発達と輸入食品の急増等に伴い、今後不測の事態も考えられるので一層の注意が必要かと思われる。

最後に、疫学資料等の提供をしていただいた各所轄保健所の関係各位並びに汚染調査にご協力いただいた十和田市役所と八戸市役所の関係各位に深く感謝します。

なお、本報告の要旨は、第40回東北公衆衛生学会（青森市，H3．7．26），第11回青森県感染症研究会（弘前市，H3．8．3），並びに東青地区臨床検査技師学会（青森市，H3．10．25）で発表した。

文 献

- 1) 国立予防衛生研究所：ビブリオ感染症．病原微生物検出情報，12：71－94，1991
- 2) 伊藤武：輸入食品と食品媒介感染症．モダンメディア，36：361－377，1990
- 3) 青森県衛生民生労働部公衆衛生課（編集・発行）：防疫事例集，408－412，1960
- 4) 厚生省保健医療局長疾病対策課結核・感染症対策室長：健医感発第62号，昭和63年9月28日．

Abstract

A Brief Report of Cholera Outbreaks in Aomori Prefecture from 1984 to 1991

Yosimitsu OHOTOMO¹, Yasunobu TOYOKAWA¹, Susumu KOSHIKA²
Sei-ichi IGA³ and Atushi NISHIDATE²

In Aomori prefecture between 1984 and 1991, there were 3 reported outbreaks of cholera. Vibrio cholerae was isolated from 5 cases of which two were patients and the remainder were asymptomatic carriers. These infectious patterns were as follow: two cases were overseas travellers returning from a polluted area, one was a secondary infection and two were assumed infections attributed to the consumption of polluted raw fish. Vibrio cholerae isolated were typical EL-Tor type organisms which produce cholera toxin and have same biochemical characteristics. All strains were sensitive to many antibiotics, especially sensitive to tetracyclin and chloramphenicol, but resistant to oleandomycin. Since some selective medium suppress the growth of fresh culture, it is important to select an appropriate medium for the isolation at hospitals.

1 : Aomori Prefectural Institute of Public Health and Environment

2 : Environmental Pollution Control Division of Aomori Prefectural Government

3 : Public Health Division of Aomori Prefectural Government

HPLC を用いた神経芽細胞腫マス・スクリーニング法について

下山 純子 野呂キョウ 金田 量子
工藤ハツエ 小鹿 晋

神経芽細胞腫は小児期における悪性固形腫瘍の中で最も発生頻度が高いが、カテコールアミンの終末代謝産物である尿中VMA, HVA等の検出により早期発見が可能である。

今回、尿ろ紙からの溶出法ならびにHPLC (ECD) 法の基礎的検討を行なった結果、良好な成績が得られた。また、乳児約8000名の測定値より平均値及び標準偏差を求め、本法によるカットオフ値をVMA18, HVA29 $\mu\text{g}/\text{mg. cre}$ と設定した。

Key words : Neuroblastoma, VMA, HVA, HPLC

はじめに

神経芽細胞腫 (以下NB) は、小児期における悪性固形腫瘍の中で最も発生頻度が高く、極めて予後不良の腫瘍である。しかし、本疾患に特異的である尿中バニールマンデル酸 (以下VMA)、バニール乳酸 (以下VLA)、ホモバニリン酸 (以下HVA) 等の検出により、早期発見、早期治療が期待できる。

本県のNBマス・スクリーニングは昭和59年12月から開始され、スポット法と呼ばれる定性法と蛍光検出器を使用した高速液体クロマトグラフィー (以下HPLC) 法の併用により実施されてきたが、今年度、選択性の高い電気化学検出器 (以下ECD) を装備したHPLCの導入によって、全検体のVMAならびにHVAの定量測定が可能となった。

今回、HPLC (ECD) 法の基礎的検討を行なった結果、良好な成績が得られ、また、尿ろ紙からの溶出法として、ガラス注射筒を用いた独自の方法を考案したのであわせて報告する。

1. 方法及び対象

1) 測定機器及び分析条件 (表1)

2) 試薬

VMA, VLA及びHVAはシグマ社製であり、蒸留水 (HPLC用)、アセトニトリル (HPLC用)、酒石酸 (特級)、酒石酸ナトリウム (特級) 及びクレアチニン (以下CRE) 測定用キットはいずれも和光純薬製である。また、コントロール尿IIはオーソ社製である。

表1 測定機器及び分析条件

| 〈測定機器〉 | | 〈分析条件〉 | |
|-------------|------------------------------|---------------|---------------------------------------|
| 検出器 | E S A クーロケム 5100A (2台) | カラム | 島津 Shim-pack CLC-VMA (6×150mm) |
| | { アナリティカル 5010 ガードセル 5020 | 移動相 | 5 mM酒石酸 : アセトニトリル =97 : 3 (pH2.6) |
| ポンプ | | 島津 LC-9A (2台) | カラム温度 |
| システムコントローラー | 島津 SCL-6B (2台) | 流量 | 1.0ml/min |
| オートインジェクター | 島津 SIL-6B (2台) | 注入量 | 10 μl あるいは20 μl |
| カラム恒温槽 | 島津 CTO-6A (2台) | 分析時間 | 約20分 |
| データ処理装置 | 島津 C-R4A (1台) | | |
| プレートリーダー | 東ソー MPR4i | | |
| パソコン | NEC PC9801-RX (1台) | | |

3) 操作法

尿ろ紙からの溶出法ならびに測定法を図1に示した。すなわち、ガラス注射筒先端に0.45 μmフィルター（マイクロプレップディスク、バイオラッド製）をセットし、その中に直接パンチアウトしたディスクと溶出液を入れる。一定時間放置後、試験管に押し出したものを試料とした。

試料の一部をHPLC用としてサンプルカップに分取し、CRE測定用として50 μlをマイクロプレートに分取する。なお、CRE測定にはJ affé反応に基づいたキットを用い、マイクロプレートリーダーにて吸光度を測定し、濃度を求めた。

HPLCによって得られたVMA及びHVA定量値をCRE比に換算（以下VMA比及びHVA比）し、結果判定を行なった。

4) NB検査用プログラム

プログラムの概略を図2に示した。プレートリーダーでCRE測定し、その値をパソコンへ伝送するとID&と注入量が検体毎に自動設定される。各々のデータをHPLCのデータ処理装置へ伝送し、HPLCでの分析を開始する。分析終了後、データ処理装置はID&, VMA比, HVA比をパソコンに出力し、その分析結果をロータス1-2-3のワークシートに読み込み、結果の判定、データ集計等を行なう。

5) 対象

平成2年8月から平成3年3月までに受付した、県内に居住している生後6か月以上12か月未満の乳児約8000名を対象とした。

検体は、保護者が乳児の尿をろ紙（東洋ろ紙No.63）にしみ込ませ、乾燥後、当センターに郵送された。

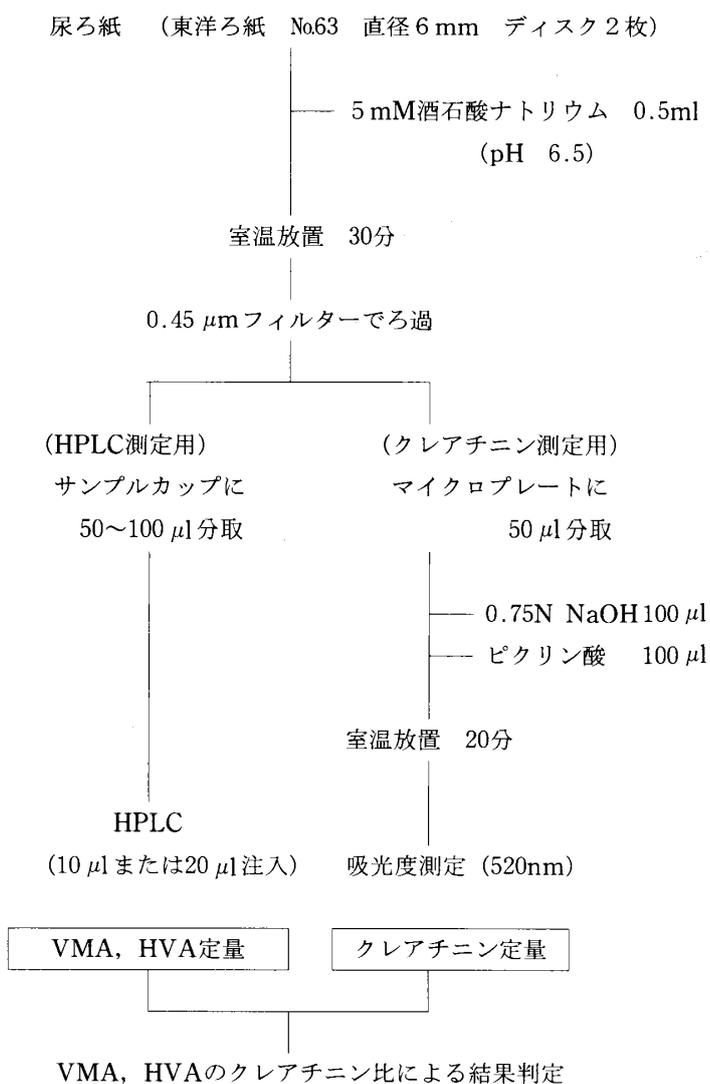


図1 尿ろ紙の溶出法及び測定法

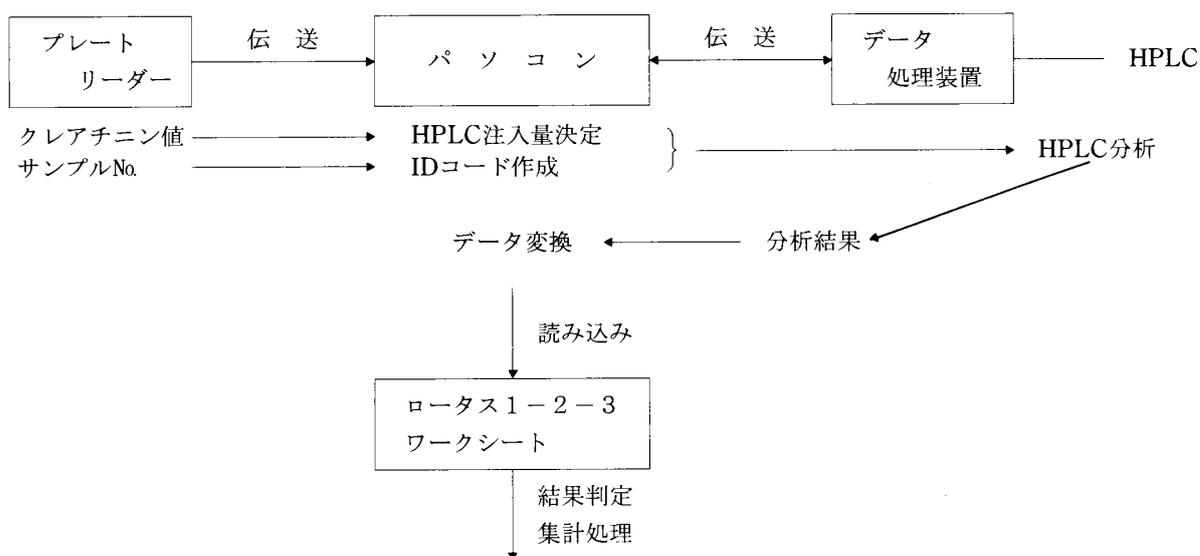


図2 NB検査用プログラム

II. 成 績

1) 標準液のクロマトグラム (図3)

VMA, VLA, HVA混合標準液 (各0.5 μg/ml) のクロマトグラムでは, VMA, VLA, HVAのピークは完全に独立し, VMAは約6分, HVAは約11分で分離された。

検体の濃度は, 標準液の各成分のピーク面積値から絶対検量線法に従って求められ, 10検体ごとにキャリブレーションを実施した。なお, 標準液にはVLAを含有しているが, 検出例が極めて少ないため, 定量測定はVMA及びHVAの2項目とした。

2) 直 線 性 (図4)

VMA, VLA, HVA混合標準液 (各2.0 μg/ml) 及びCRE標準液 (10mg/dl) を希釈し, 直線性を検討した結果, いずれも原点を通る直線が得られた。

3) 標準液の同時再現性 (表2)

VMA, VLA, HVA混合標準液 (各0.5 μg/ml) を連続して10回測定し, 同時再現性を検討した結果, 保持時間はVMA, HVA両者とも一定し, ピーク面積ではVMAのCVが0.75%, HVAが1.44%と良好な結果が得られた。

また, CRE標準液 (5 mg/dl) の同時再現性もCVが0.93%と良好であった。

4) コントロールろ紙の再現性 (表3)

コントロールろ紙は, 1 cm四方のろ紙にコントロール尿を50 μl しみ込ませ, 乾燥させたものを使用した。

2種のコントロールろ紙 (A, B) を用いて同時再現性を検討した結果, VMAのCVは2.94, 4.76%, HVAは4.39, 7.61%, CREは1.58, 2.24%と良好であった。

同様に, コントロールろ紙 (C, D) を10日間測定し, 日差再現性を検討した結果, VMAのCVは5.02, 6.10%, HVAは5.46, 7.56%, CREは2.73, 3.15%と良好であった。

5) 回収試験 (表4)

コントロール尿にVMA, VLA, HVA, CRE混合標準液を添加し, その50 μl をろ紙にしみ込ませ, 乾燥した試料について, 回収試験を検討した。

平均回収率は, VMA95.9%, HVA97.4%, CRE106.2%と良好な結果が得られた。

6) 尿ろ紙のパンチ部位による測定値の比較 (図5)

尿ろ紙をUVランプで確認すると, 必ずしも均一ではなく, 場所によって各成分の濃度が異なる可能性がある。

30検体について, 尿ろ紙の中央部と辺縁部におけるVMA比及びHVA比を比較してみると, VMA比では回帰式 $y=0.966x+0.978$, 相関係数 $r=0.816$ ($p<0.001$) が得られた。また同様に, HVA比では回帰式 $y=1.029x+1.168$, 相関係数 $r=0.707$ ($p<0.001$) が得られた。

VMA及びHVAともCRE補正值で比較すると, パンチ部位による大きな違いは認められなかった。

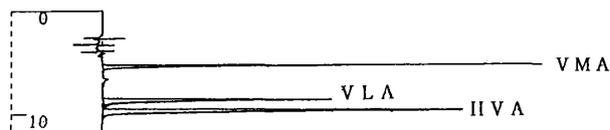


図3 標準液のクロマトグラム

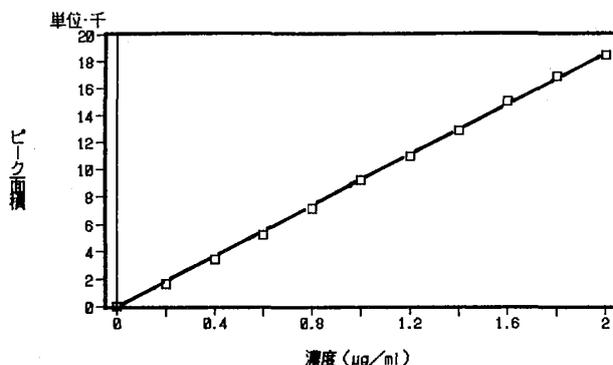


図4-a 直線性 (VMA)

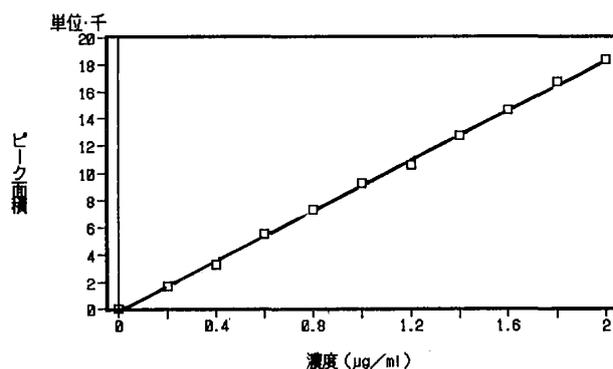


図4-b 直線性 (HVA)

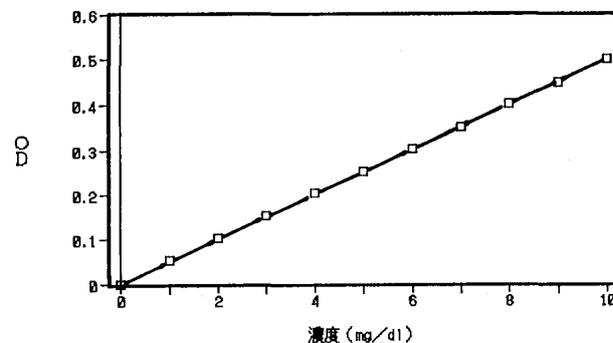


図4-c 直線性 (CRE)

表2 標準液の同時再現性

〈VMA, HVA〉

| | 保持時間 (min) | | ピーク面積 | |
|-------|------------|--------|---------|---------|
| | VMA | HVA | VMA | HVA |
| Mean | 6.063 | 11.790 | 3436.20 | 5020.20 |
| SD | 0.002 | 0.004 | 25.87 | 72.40 |
| CV(%) | 0.041 | 0.036 | 0.75 | 1.44 |

〈CRE〉

| | O. D |
|-------|-------|
| Mean | 0.313 |
| SD | 0.003 |
| CV(%) | 0.928 |

表3 コントロールろ紙の再現性

〈同時再現性〉

| | VMA | | HVA | | CRE | |
|-------|------|------|------|------|------|------|
| | A | B | A | B | A | B |
| Mean | 0.61 | 1.14 | 0.51 | 1.05 | 3.76 | 7.18 |
| SD | 0.03 | 0.03 | 0.04 | 0.05 | 0.08 | 0.11 |
| CV(%) | 4.76 | 2.94 | 7.61 | 4.39 | 2.24 | 1.58 |

〈日差再現性〉

| | VMA | | HVA | | CRE | |
|-------|------|------|------|------|------|------|
| | C | D | C | D | C | D |
| Mean | 0.57 | 1.19 | 0.51 | 1.09 | 3.82 | 7.23 |
| SD | 0.03 | 0.07 | 0.04 | 0.06 | 0.12 | 0.20 |
| CV(%) | 5.02 | 6.10 | 7.56 | 5.46 | 3.15 | 2.73 |

(単位: VMA, HVA = $\mu\text{g}/\text{mg}\cdot\text{cre}$
CRE = mg/dl)

表4 回収試験

| 添加量 | VMA | HVA |
|-------------------------------|------|------|
| 5 ($\mu\text{g}/\text{ml}$) | 96.0 | 96.1 |
| 10 | 95.8 | 98.6 |
| 平均回収率 | 95.9 | 97.4 |

| 添加量 | CRE |
|------------------------------|-------|
| 25 (mg/dl) | 107.3 |
| 50 | 105.1 |
| 平均回収率 | 106.2 |

(単位: %)

7) HPLC装置2台間の測定値の比較 (表5)

尿ろ紙60検体について、HPLC装置2台で測定した結果、VMA, HVAとも平均値に有意差は認められなかった。(p < 0.001)

8) カットオフ値の設定

平成2年8月~平成3年3月まで受付した検体8709件について、VMA比及びHVA比を求めた結果、VMA比は平均値(M)が7.37、標準偏差(SD)が5.43 $\mu\text{g}/\text{mg}\cdot\text{cre}$ 、HVA比はそれぞれ16.44、6.44 $\mu\text{g}/\text{mg}\cdot\text{cre}$ が得られた。カットオフ値はM + 2SDを採用して、VMA比18, HVA比29 $\mu\text{g}/\text{mg}\cdot\text{cre}$ とした。

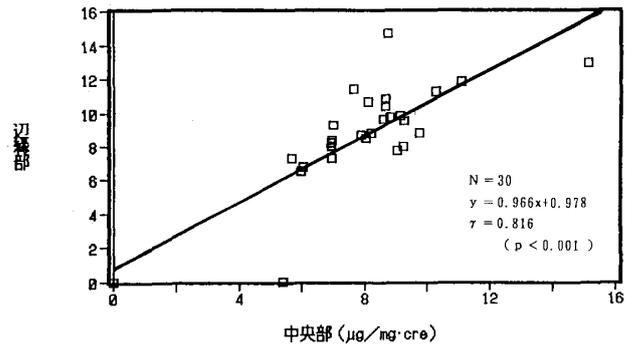


図5-a 尿ろ紙のパンチ部位による測定値の比較(VMA)

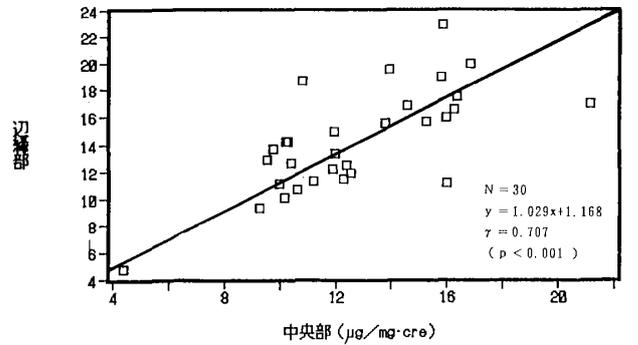


図5-b 尿ろ紙のパンチ部位による測定値の比較(HVA)

表5 HPLC装置2台間の測定値の比較

| | VMA | | HVA | |
|------|-----------|-------|-----------|-------|
| | I | II | I | II |
| Mean | 0.053 | 0.055 | 0.095 | 0.100 |
| SD | 0.038 | 0.056 | 0.047 | 0.056 |
| | p < 0.001 | | p < 0.001 | |

(N = 60
単位: $\mu\text{g}/\text{ml}$)

Ⅲ. 考 察

NBの予後には、診断時年齢及び治療開始時病期が大きく関与する。少なくとも1才までに限局した腫瘍で発見されれば大部分が治癒するが、1才以上あるいは腫瘍が大きかったり、転移のある場合には、予後が極めて悪くたと報告されている^{1)~4)}。

NBはカテコールアミン産生腫瘍であり、その終末代謝産物であるVMA、HVA等を多量に尿中に排泄する。沢田ら^{1)~4)}はこの生化学的特徴に着目して、昭和48年に京都市でスポット法によるNBマス・スクリーニングを開始した。やがて全国的に実施されるようになり、昭和60年には国の事業となった^{1)~3)}。

本県のNBマス・スクリーニングは昭和59年12月から開始され、初回検査にスポット法、再検査にHPLC（蛍光検出器）法を行なってきた。しかし、スポット法は簡便な定性法である反面、バナナ、みかん、バニラアイスクリーム等の食物に偽陽性反応を示すという欠点がある^{1)~4)}。また、NBの約25%はVMAの排泄増加を認めないと言われ、VMAのみ検出する定性法では不十分であり、VMAに加えてHVAの同時測定が必要となった¹⁾²⁾⁴⁾⁵⁾。今年度導入されたECDは、蛍光検出器に比べ非常に高感度(50~100倍)であり、複雑な抽出操作が不要である。さらに、CRE測定用のプレートリーダー及びHPLCのデータ処理装置とパソコンとの接続を可能にし、CRE濃度計算、VMA比、HVA比の計算等の自動化が図られている。

検体の提出方法にはろ紙尿と生尿があり、各自治体により異なる。ろ紙尿の場合は、各成分をできるだけ完全に溶出させる方法が重要となり、振とう抽出後遠心分離する方法、超音波洗浄器で溶出する方法等報告されている¹⁾²⁾。今回我々が考案した溶出法は、フィルターをセットしたガラス注射筒を使用する簡便な方法であり、フィルターでろ過することにより、ろ紙くずや不純物の混入を防ぎ、HPLC装置のつまりの原因を最小限にすることが可能と推察され、保守面においても有用であると思われる。

溶出した試料についてHPLC（ECD）法による基礎的検討を行なったところ、直線性、再現性、回収試験等に良好な結果が得られ、他の報告³⁾とほぼ同様の成績と思われた。

特に尿ろ紙の場合、尿量や尿濃度が不明であるため、一定の基準として尿の常成分であるCREが慣用的に用いられているが、CRE補正の妥当性についてはすでに佐藤ら⁵⁾により確認されている。

カットオフ値については、再検率を考慮した上で、各施設ごとにM+2SDあるいはM+2.5SDのいずれかにより設定することになっている¹⁾²⁾。我々はM+2SDを採択し、VMA比、HVA比を各々18、29 $\mu\text{g}/\text{mg.cre}$ と設定し

た。全国40施設のカットオフ値は、VMA比、HVA比が各々18.44 \pm 3.32、30.49 \pm 4.47 (M \pm SD) と述べられており¹⁾、我々の設定値はこれらと一致した傾向を示した。

ま と め

尿ろ紙からの溶出法ならびにHPLC（ECD）法について検討した結果、ほぼ満足できる成績が得られ、本法によるカットオフ値をVMA比18、HVA比29 $\mu\text{g}/\text{mg.cre}$ と設定した。

以上のことから、本法はNBマス・スクリーニングに適していると思われた。

最後に、本事業に携わっている県健康推進課母子保健班並びに県内の各保健所、各市町村の関係各位に深謝致します。

文 献

- 1) 社会福祉法人、恩賜財団母子愛育会編：改訂版神経芽細胞腫マス・スクリーニング、中央出版、1989.
- 2) 社会福祉法人、恩賜財団母子愛育会編：平成3年度神経芽細胞腫検査技術者研修会資料、1991.
- 3) 社会福祉法人、恩賜財団母子愛育会編：神経芽細胞腫マス・スクリーニング、大門出版、1988.
- 4) 沢田淳：HPLCによる神経芽腫マス・スクリーニング、日本医事新報、No.3350、1988.
- 5) 佐藤泰昌、他：神経芽細胞腫スクリーニングにおける尿中VMA、HVA測定値とその判定、日本小児科学会雑誌、89 (12)、2665~2671、1985.

Abstract

Determination of Urine VMA, HVA, etc. by HPLC for Mass Screening of Neuroblastoma

Junko SHIMOYAMA, Kyo NORO, Ryoko KANEDA
Hatsue KUDO and Susumu KOSHIKA

Neuroblastoma is among the most frequent malignant solid tumors in childhood, but the determination of urine VMA, HVA and the like, terminal metabolites of catecholamine makes its early detection possible.

Recently, we obtained good results though fundamental researches on the method of elution from urine filter paper and HPLC (ECD) method. Mean value and its standard deviation were determined from those measured values for about 8000 infants, cut-off values according to the present method were set at 18 and 29 $\mu\text{g}/\text{mg. cre}$ for VMA and HVA, respectively.

ホタテガイの栄養成分について

村上 淳子 高橋 政教

ホタテガイの栄養成分を、部位別に測定したところ、部位により成分差や、季節変化が認められた。ビタミン類は、ビタミンB₂を除きほとんど含まれていなかったが、コレステロールが少なく、むき身全体で、他の貝類の1/2～1/3の低い値であった。また、貝柱にはKが多く、Naの2倍以上も含まれていた。

Key words : scallop, nutrient, minerals, vitamins, cholesterol

はじめに

ホタテガイは本県の主要産物のひとつであるが、春から夏にかけての下痢性貝毒の発生が、食品衛生上並びにホタテ産業振興に多大な影響を及ぼす。そこで、当センターでは長年にわたり貝毒調査を実施してきている。また、重金属含有量についても、前回¹⁾、成貝ホタテガイ中の主な重金属について、部位別に調査測定し、結果を報告した。

しかし、ホタテガイの有用性という点からのアプローチはまだなされていない。

そこで今回は、ホタテガイの栄養面に着目し、一般栄養成分、生理機能調節上必要とされる無機成分の主なものと及びビタミン類、脂質中でよく問題視されるコレステロールの含有量について、部位別に、測定したので、その結果を報告する。

調査方法

1. 試料

平成2年4月～平成3年6月まで、野辺地地区で採取された成貝ホタテガイを、殻むきした後、軽く水洗いして、ドロや砂を落とし、水切りする。水切りしたホタテガイを、貝柱、外套膜、鰓、生殖巣、中腸腺の各部位に分ける。これら各部位に分けたもの及び、むき身全体を試料とした。

2. 調査項目

一般栄養成分：水分、灰分、脂質、蛋白質、炭水化物

無機成分：Ca, Mg, Na, K, Fe

ビタミン類：ビタミンA, B₁, B₂, C, E

コレステロール

3. 測定方法

「加工食品の栄養成分分析法」に準じて次の方法で測定した。

水分：常圧加熱乾燥法

灰分：直接灰化法

脂質：酸分解法

蛋白質：ケルダール窒素定量法

炭水化物：差し引き法

無機成分：原子吸光法

ビタミンA, E：高速液体クロマトグラフ法

ビタミンB₁, B₂：蛍光法

ビタミンC：インドフェノール法

コレステロール：ガスクロマトグラフ法

結果及び考察

図1～5に一般栄養成分の、部位別の季節変化を示した。水分は、中腸腺が少なく、鰓は季節を通じて多い。また一般にどの部位も4, 7月に少なく、10, 1月にやや多くなっているが、生殖巣だけは1月に少なくなっている。

脂質は生殖巣と中腸腺を除き、ほとんど一定の値を示している。生殖巣は1月に最も多く、最も少ない7月の4倍に増加する。また、中腸腺では4, 7月には10, 1月の3倍, 5倍に増加する。これは3月末から出現し始め7～8月にかけてピークを迎える下痢性貝毒の傾向とよく似ている。

生殖巣は、晩秋から初春にかけて大きくなり、春, 3～4月にかけて産卵を終えると、雌雄の区別がつかなくなるほど萎縮してしまう。このことから、1月は産卵に備えて、脂質を増やすという体内調節をしているものと考えられる。

蛋白質もまた、生殖巣、中腸腺で変化が認められ、生殖巣では、産卵前の1月が最も多く、産卵後の4月に最も少なくなり約半分になる。

炭水化物は、貝柱で顕著な変化が認められ、4, 7月が10, 1月の4倍位の値を示した。他の部位でも7月に多くなっている。

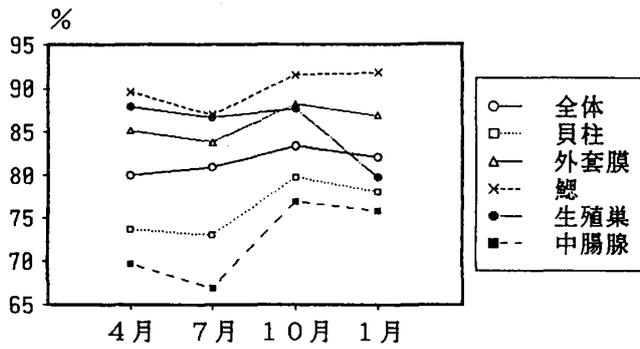


図1 水分の部位別季節変化

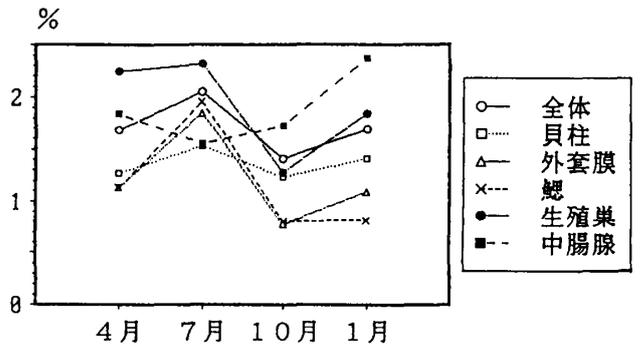


図2 灰分の部位季節変化

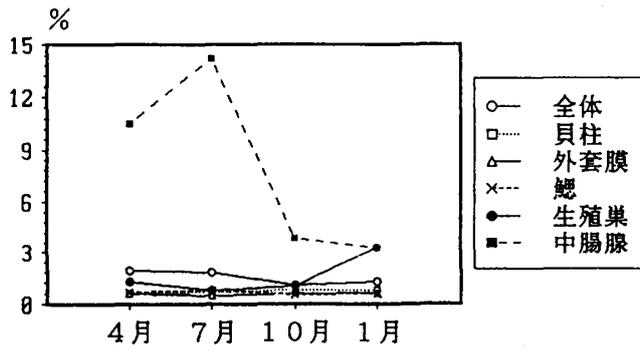


図3 脂質の部位別季節変化

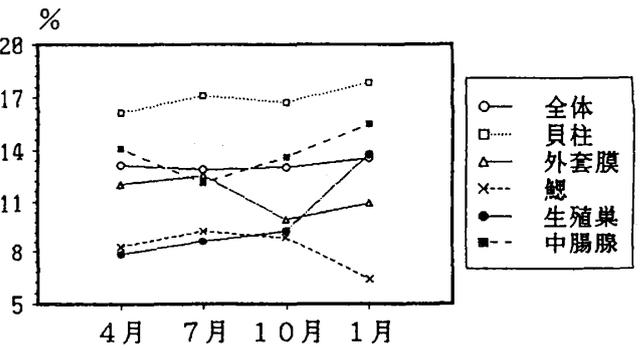


図4 蛋白質の部位別季節変化

灰分は、中腸腺を除き7月に最も多いが、中腸腺は1月が最も多い。

このように部位により、季節変化が認められたが、むき身全体では顕著な変化が認められなかった。

このことは、ホタテガイの産卵に伴う生体内調節が、各部位に変化を与えているのではないかと、考えられる。

更に、各項目間の相関を調べたところ、水分が多いときは、他の成分が少なく、どの成分とも負の相関が認められた。また、炭水化物と蛋白質に有意の相関が認められた。(表1参照)

表2に部位別の栄養成分の平均値を示した。

貝柱は蛋白質と炭水化物が多く、脂質が少なく、外套膜は水分が多く、他の成分が少ない。鰓は90%が水分で、他の成分はどれも他の部位に比べて少ない。生殖巣は季節変化が大きいですが、平均値で比較すると、外套膜と同程度の値となっている。中腸腺は水分が少なく、脂質、炭水化物が多い。

無機質は5、7、10月の3回測定した平均値を示したが、Feで貝柱と中腸腺の差が7倍と最も大きかったほかは、部位による差は2～3倍程度であった。

Ca、Mg、Naは生殖巣に最も多く、貝柱には少ないが、Kは逆に貝柱に最も多く、鰓に少なかった。Feは中腸腺、生殖巣に多く、貝柱に少ない。前回の重金属含有量調査では、Zn、Mn以外の重金属は、中腸腺に最も多く存在したが、Ca、Mg、Na、K等の無機質は生

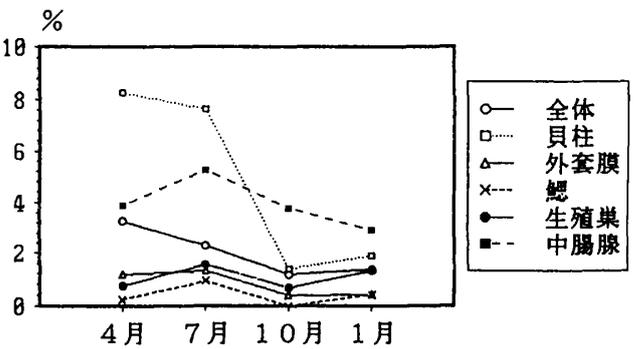


図5 炭水化物の部位別季節変化

殖巣に多いという特徴が認められた。部位別に見ると、貝柱以外の部位ではNa > K > Mg > Ca > Feの順に多いが、貝柱だけはK > Na > Mg > Ca > FeとKが最も多く、Naの2倍以上も含まれていた。Kは生体内のタンパク結合物として存在すると言われており、ホタテガイでも蛋白質の多い貝柱や中腸腺に多く存在しているものと考えられる。

無機成分の相関を求めたところ、Ca - Mg、Mg - Na、Na - Caに有意の相関が認められた。(表3参照)

ビタミン類は平成3年6月の測定結果である。脂溶性ビタミンのA、Eは中腸腺にAが若干認められただけで、いずれの部位も不検出であった。水溶性ビタミンは各部位に存在したが量的にはあまり多くなかった。

表1 一般栄養成分の相関係数行列

| 変数 | 1 水分 | 2 灰分 | 3 脂肪分 | 4 蛋白質 | 5 炭水化物 |
|--------|-----------|---------|-----------|-----------|-----------|
| 1 水分 | 1.0000 | -0.3368 | -0.6970** | -0.7588** | -0.8162** |
| 2 灰分 | -0.3368 | 1.0000 | 0.2248 | 0.1733 | 0.1827 |
| 3 脂肪分 | -0.6970** | 0.2248 | 1.0000 | 0.1414 | 0.3693 |
| 4 蛋白質 | -0.7588** | 0.1733 | 0.1414 | 1.0000 | 0.6130** |
| 5 炭水化物 | -0.8162** | 0.1827 | 0.3693 | 0.6130** | 1.0000 |

(** : $r > 0.5151$ は、危険率 1% で有意)
 * : $r > 0.4043$ は、危険率 5% で有意)

表2 ホタテガイの部位別栄養成分

(単位 100g 当たり)

| | | むき身全体 | 貝柱 | 外套膜 | 鰓 | 生殖巣 | 中腸腺 |
|-------------|---------------------|-------|------|------|------|------|------|
| 一般成分 | 水分(g) | 81.6 | 76.2 | 86.0 | 90.0 | 85.5 | 72.4 |
| | 灰分(g) | 1.7 | 1.4 | 1.2 | 1.2 | 1.9 | 1.9 |
| | 脂質(g) | 1.5 | 0.7 | 0.6 | 0.6 | 1.6 | 8.0 |
| | 蛋白質(g) | 13.1 | 17.0 | 11.3 | 8.2 | 9.9 | 13.8 |
| | 炭水化物(g) | 2.1 | 4.7 | 0.9 | 0.6 | 1.1 | 3.9 |
| 無機質 | Ca (mg) | 22.5 | 8.5 | 16.2 | 22.9 | 26.4 | 25.5 |
| | Mg (mg) | 64.6 | 40.4 | 42.0 | 50.2 | 69.9 | 48.9 |
| | Na (mg) | 371 | 166 | 251 | 373 | 417 | 307 |
| | K (mg) | 274 | 363 | 167 | 141 | 198 | 299 |
| | Fe (mg) | 4.0 | 1.1 | 1.8 | 4.6 | 7.6 | 8.2 |
| ビタミン類 | A (IU) | 16 | — | — | — | — | 17 |
| | B ₁ (mg) | 0.01 | 0.00 | 0.00 | 0.02 | 0.01 | 0.01 |
| | B ₂ (mg) | 0.10 | 0.02 | 0.05 | 0.13 | 1.15 | 0.52 |
| | C (mg) | 2 | 1 | 3 | 4 | 6 | 2 |
| | E (mg) | — | — | — | — | — | — |
| コレステロール(mg) | | 45 | 37 | 41 | 53 | 66 | 93 |

表3 無機成分の相関係数行列

| 変数 | 1 Ca | 2 Mg | 3 Na | 4 K | 5 Fe |
|------|----------|----------|----------|---------|-----------|
| 1 Ca | 1.0000 | 0.7635** | 0.7789** | -0.1099 | -0.4751** |
| 2 Mg | 0.7635** | 1.0000 | 0.8334** | 0.1149 | 0.2976 |
| 3 Na | 0.7789** | 0.8334** | 1.0000 | -0.1048 | 0.1642 |
| 4 K | -0.1099 | 0.1149 | -0.1048 | 1.0000 | -0.0323 |
| 5 Fe | 0.4751** | 0.2976 | 0.1642 | -0.0323 | 1.0000 |

(** : $r > 0.4556$ は、危険率 1% で有意)
 * : $r > 0.3550$ は、危険率 5% で有意)

B₁は鰓に、B₂は中腸腺に、Cは生殖巣にやや多かったが、貝柱にはいずれも少なかった。

コレステロールは中腸腺に多く、貝柱には少なかった。

四訂日本食品成分表で、コレステロール値を他の貝類と比較すると、ホタテガイ中で最も多い中腸腺でも他の貝類と同程度か、やや低値、むき身全体では1/2～1/3の値、主な食用部である貝柱では1/3～1/4の値であった。

ま と め

ホタテガイの栄養成分を、部位別に測定した結果、次の4つの特徴が認められた。

1. 部位により成分に、差が認められた。
 - ①貝柱は蛋白質や、Kが多く、脂質、コレステロールが少ない。
 - ②外套膜、鰓は、水分が多く、他の成分が少ない。
 - ③生殖巣は無機質が多い。
 - ④中腸腺は、脂質やFe、ビタミンA、B₂、コレステロールが多く、水分が少ない。
2. 水分、灰分、中腸腺と生殖巣の脂質に、顕著な季節変化が認められた。
3. ビタミン類はビタミンB₂を除き、ほとんど含まれていなかった。
4. コレステロールは、他の貝類に比し、むき身全体で1/2～1/3の低い値であった。

文 献

1) 村上淳子他：むつ湾産ホタテガイの部位別重金属含有量について、青森県環境保健センター研究報告，1，36-43 (1990)

Abstract

Contents of the Nutrient in Scallops

Atsuko MURAKAMI and Masanori TAKAHASHI

The determination by sites of the nutrient of scallops revealed a site-dependent constituent difference and a seasonal change. The nutrient was practically free from vitamins except for B₂, poor in cholesterol (the whole shucked scallop showed a cholesterol value 1/2~1/3 as low as that for other shell-fishes) and rich in K at the site of ligament in a content not less than twice as much as Na.

温泉水の電気伝導率に関する考察

石塚 伸一 木村 淳子 野村 真美
高橋 政教 小林 英一

温泉水の電気伝導率と溶存物質、電気伝導率計算値、陽イオンミリバル値/陰イオンミリバル値との関係を考察した。また、電気伝導率を目的変数、化学成分を説明変数として重回帰分析を行った。その結果、電気伝導率が1500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 以上の場合、試料温泉水は療養泉となる可能性の高いことが迅速かつ簡便に推定できた。また、電気伝導率実測値と電気伝導率計算値、化学成分との関係を比較することにより、分析精度のチェックが可能であった。

Key words : electroconductivity, hot spring, chemical component, multiple regression analysis, quality control

はじめに

水溶液の電気伝導率 (E.C) は水中に溶けているイオンの移動速度、電荷数、及び濃度によって決まることから、電気伝導率により水中のおおよその溶存イオン量を推定することができる¹⁻²⁾。

このことを利用して、海水の塩分濃度の測定、工業用水、工場排水などの管理、監視、及び温泉水質調査等に電気伝導率が用いられている³⁻⁴⁾。

電気伝導率は、鉱泉分析法指針⁵⁾には示されていない項目であるが、その測定が簡単であり、かつ、その測定結果から、有用な情報が迅速に得られると考えられることから、その活用法等について検討した。

調査方法

1. 装置
電気伝導度計：堀場製作所 DS-7
2. 分析方法
電気伝導率：JIS K 0102 に準拠
3. 試料温泉水
昭和63年度から平成元年度に当所で分析した温泉水
4. 検討の方針
温泉水の電気伝導率の測定
↓
電気伝導率と各成分との関係の解析
↓
電気伝導率活用の検討

表2 試料温泉水の基礎統計量

(単位 E.C : $\mu\text{S}/\text{cm}$, E.Cを除くその他 : mg/l)

| 変数 | 平均値 | 最大値 | 最小値 | 標準偏差 | 変動係数 (%) |
|-------------------------------|---------|--------|------|---------|----------|
| E.C | 4578.4 | 27000 | 69 | 6410.5 | 140.02 |
| Na ⁺ | 884.73 | 5731.0 | 6.6 | 1317.17 | 148.88 |
| K ⁺ | 47.71 | 340.9 | 0.8 | 75.02 | 157.24 |
| Mg ²⁺ | 7.53 | 81.1 | 0.0 | 12.54 | 166.67 |
| Ca ²⁺ | 40.77 | 211.0 | 0.3 | 47.35 | 116.15 |
| Cl ⁻ | 1243.90 | 8737.0 | 4.9 | 2092.04 | 168.19 |
| SO ₄ ²⁻ | 132.80 | 984.0 | 0.1 | 180.09 | 135.61 |
| HCO ₃ ⁻ | 284.34 | 2085.0 | 12.2 | 428.20 | 150.60 |
| CO ₃ ²⁻ | 11.31 | 60.0 | 0.0 | 12.70 | 112.33 |

結果及び考察

調査結果を表1に示す。試料温泉水の基礎統計量は表2のとおりである。なお、ここで用いた試料温泉水の療養泉泉質分類は、表3のとおりである。

表3 試料温泉水の療養泉泉質分類

| 泉 質 | 検体数 | 泉 質 | 検体数 |
|---|-----|---|-----|
| 単純温泉 | 20 | Na-Cl泉 | 15 |
| Na-Cl・HCO ₃ 泉 | 6 | Na-Cl・SO ₄ 泉 | 5 |
| Na-SO ₄ ・HCO ₃ ・Cl泉 | 3 | Na-HCO ₃ ・Cl泉 | 2 |
| 含S-Na-Cl泉 | 2 | 単純硫黄泉 | 1 |
| Na・Ca-SO ₄ ・Cl泉 | 1 | Na・Ca-Cl・SO ₄ 泉 | 1 |
| Na・Mg-HCO ₃ ・Cl泉 | 1 | Na・Ca-SO ₄ ・HCO ₃ 泉 | 1 |
| 非療養泉 | 2 | 合 計 | 60 |

1. 温泉水の電気伝導率測定値

試料温泉水の電気伝導率の平均値は、4580、最大値は、27000、最小値は、69 $\mu\text{S}/\text{cm}$ であった。

日本の汚染されていない大きな河川水では、100 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 程度、海水では、30000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 以上とされている³⁾。

温泉水には種々の塩類が溶存していることから、当然のことながら、電気伝導率は大きい値を示すものが多い。

2. 電気伝導率と各成分の関係

電気伝導率と各成分の関係を図1に、相関係数を表4に示す。

電気伝導率は、溶存物質量、Na⁺、K⁺、Ca²⁺、Mg²⁺、Cl⁻、HCO₃⁻と正の相関関係がみられ、中でも、溶存物質量、Na⁺、Cl⁻との間に強い相関関係がみられた。

SO₄²⁻、CO₃²⁻とは相関関係が見られなかった。

3. 電気伝導率と溶存物質量との関係

温泉水の場合、溶存物質量が1 g/kg以上のとき、療養泉（塩類泉）となる⁵⁾。

前述したように、電気伝導率は、溶存物質量との間に強い相関関係（相関係数=0.9977）がみられ、その回帰式は、次式のとおりであった。

$$\text{溶存物質量} = 0.580 \times \text{電気伝導率} + 135.04$$

（溶存物質量：g/kg、電気伝導率： $\mu\text{S}/\text{cm}$ ）

この式から、溶存物質量が1 g/kgに対応する電気伝導率は約1500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ である。

従って、電気伝導率が1500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 以上の場合、試料温泉水は、療養泉（塩類泉）と推定することができる。

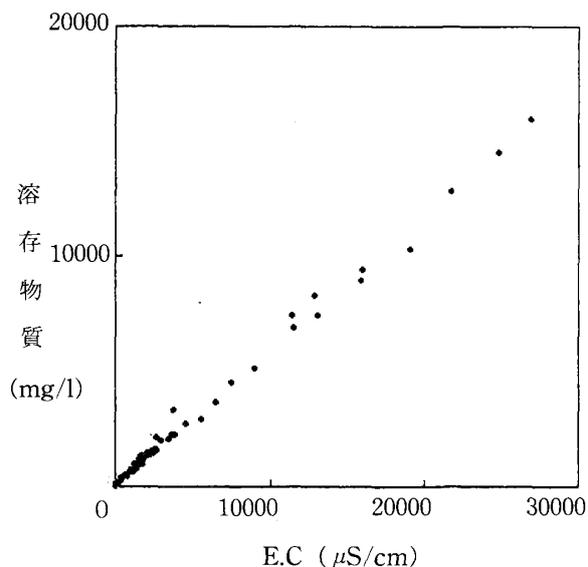


図1-1 E.Cと溶存物質量の関係

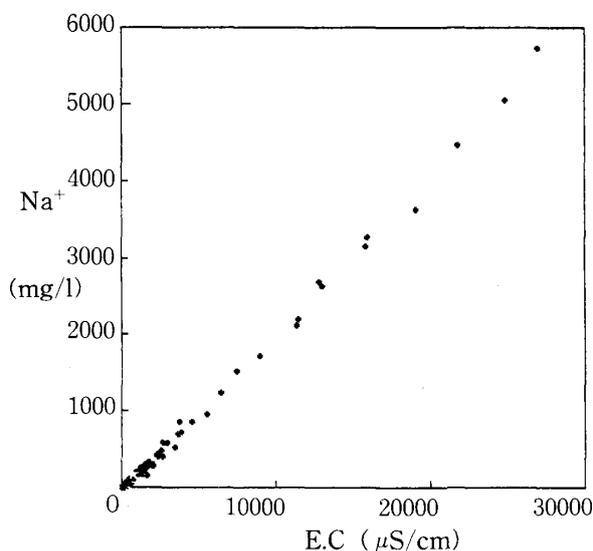


図1-2 E.CとNa⁺の関係

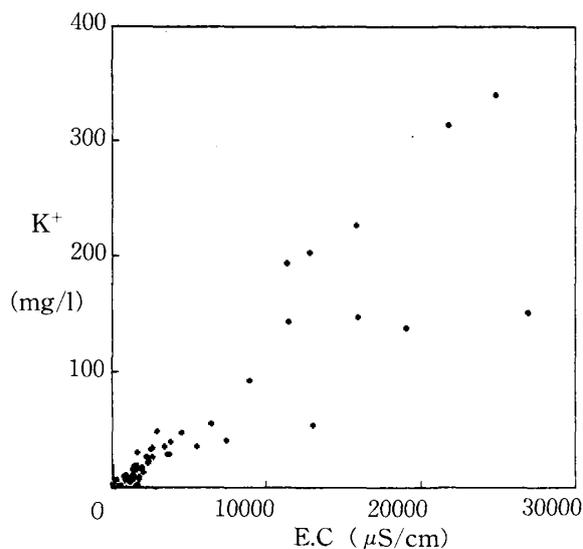


図1-3 E.CとK⁺の関係

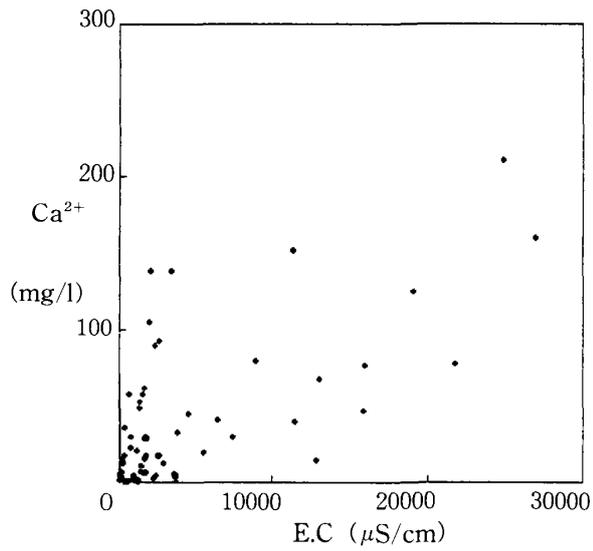


図 1 - 4 E.CとCa²⁺の関係

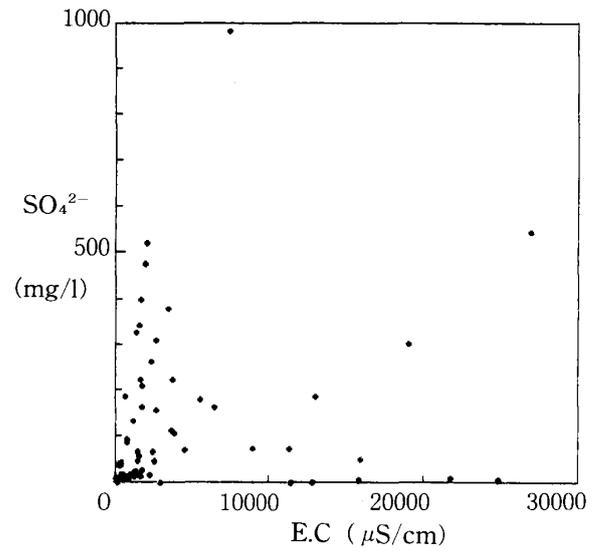


図 1 - 7 E.CとSO₄²⁻の関係

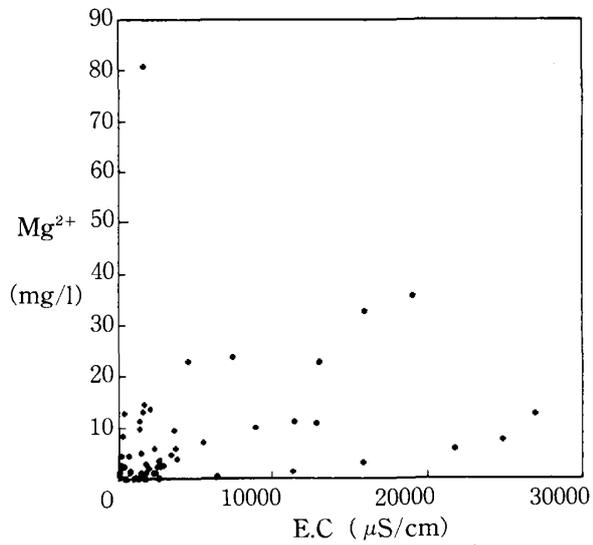


図 1 - 5 E.CとMg²⁺の関係

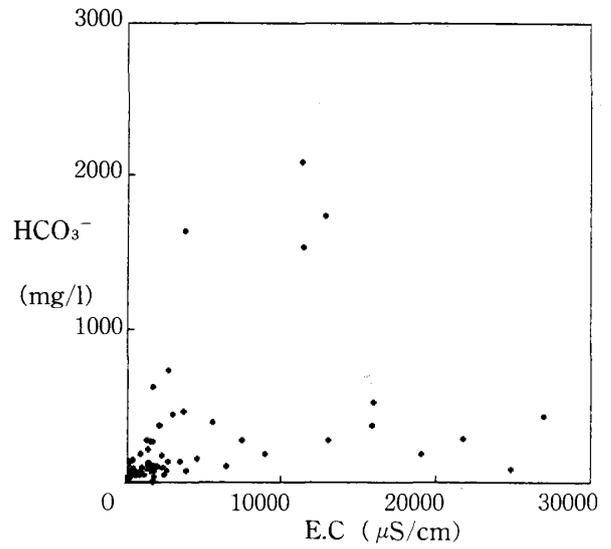


図 1 - 8 E.CとHCO₃⁻の関係

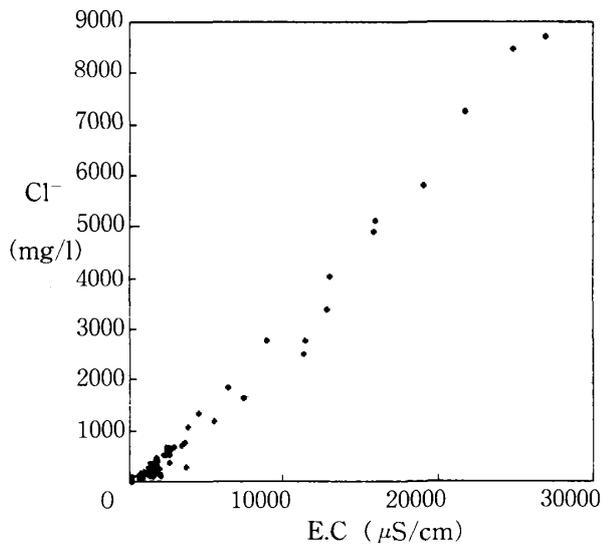


図 1 - 6 E.CとCl⁻の関係

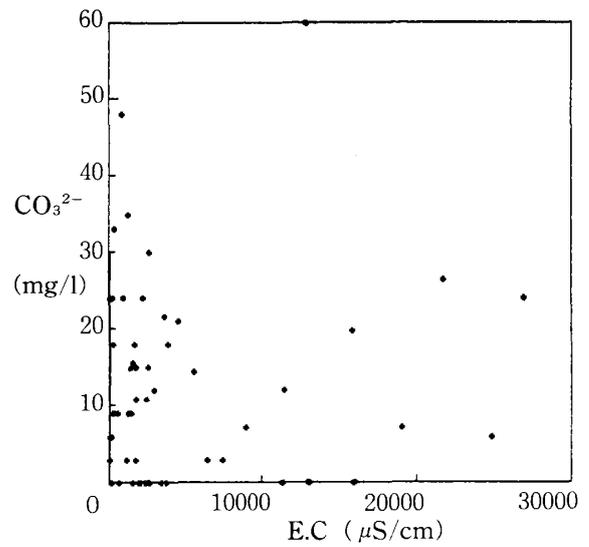


図 1 - 9 E.CとCO₃²⁻の関係

表4 相 関 係 数 行 列

| 変 数 | E.C | Na ⁺ | K ⁺ | Mg ²⁺ | Ca ²⁺ | Cl ⁻ | SO ₄ ²⁻ | HCO ₃ ⁻ | CO ₃ ²⁻ |
|-------------------------------|----------|-----------------|----------------|------------------|------------------|-----------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| E.C | 1.0000 | 0.9985** | 0.9048** | 0.2774* | 0.6548** | 0.9917** | 0.1457 | 0.3379** | 0.1281 |
| Na ⁺ | 0.9985** | 1.0000 | 0.8993** | 0.2582* | 0.6331** | 0.9926** | 0.1396 | 0.3335** | 0.1510 |
| K ⁺ | 0.9048** | 0.8993** | 1.0000 | 0.1737 | 0.5868** | 0.8944** | -0.0682 | 0.4300** | 0.1895 |
| Mg ²⁺ | 0.2774* | 0.2582* | 0.1737 | 1.0000 | 0.2404 | 0.2550* | 0.1914 | 0.1869 | -0.2230 |
| Ca ²⁺ | 0.6548** | 0.6331** | 0.5868** | 0.2404 | 1.0000 | 0.6408** | 0.4256** | 0.1680 | -0.3207* |
| Cl ⁻ | 0.9917** | 0.9926** | 0.8944** | 0.2550* | 0.6408** | 1.0000 | 0.0952 | 0.2337 | 0.1301 |
| SO ₄ ²⁻ | 0.1457 | 0.1396 | -0.0682 | 0.1914 | 0.4256** | 0.0952 | 1.0000 | -0.0064 | -0.2972* |
| HCO ₃ ⁻ | 0.3379** | 0.3335** | 0.4300** | 0.1869 | 0.1680 | 0.2337 | -0.0064 | 1.0000 | 0.1568 |
| CO ₃ ²⁻ | 0.1281 | 0.1510 | 0.1895 | -0.2230 | -0.3207* | 0.1301 | -0.2972* | 0.1568 | 1.0000 |

(** : |r| > 0.3253は、危険率1%で有意)
 (* : |r| > 0.2517は、危険率5%で有意)

次に、溶存物質質量から電気伝導率を逆推定⁶⁾すると、溶存物質質量が1 g/kg以上になるための電気伝導率の上限値は、約2400 μS/cm、下限値は、約600 μS/cmである（危険率5%）。

$$X_U = \hat{x} + \frac{(\hat{x} - \bar{x})g \pm \sqrt{g^2(\hat{x} - \bar{x})^2 + (1-g)(1+1/n)S_{xx}}}{1-g}$$

$$X_L = \hat{x} - \frac{(\hat{x} - \bar{x})g \pm \sqrt{g^2(\hat{x} - \bar{x})^2 + (1-g)(1+1/n)S_{xx}}}{1-g}$$

$$g = t^2 (n - 2, \alpha) \text{Ve} / b_1^2 S_{xx}$$

X_U : 上限値

X_L : 下限値

\bar{X} : 平均値

\hat{X} : 回帰推定値

b₁ : 回帰係数

n : 個数

Ve : 残差分散

S_{xx} : Xの平方和

t (58, 0.05) = 2.00

4. E.C 実測値と E.C 計算値¹⁻³⁾

3. では、試料温泉水が療養泉（塩類泉）となりうるかどうかを電気伝導率から推定するために、電気伝導率と溶存物質質量との関係をみた。

ここで、溶存物質質量とは、解離性物質である溶存イオンと非解離性物質であるメタケイ酸、メタホウ酸の合計量である。

しかし、本来、電気伝導率は、溶存イオンとは密接な関係があるが、電荷を持たない物質とは関係がない。

すなわち、非解離性の物質が、いくら水に溶けていても電気伝導率には影響しない。

そこで、次に、電気伝導率と溶存イオン量の関係をみた。

種々のイオンを含む溶液では、電気伝導率の加成性が成立し、溶液の電気伝導率は、各イオンの電気伝導率の総和となる。

次式により E.C 計算値を算出した。

結果は、表1に示すとおりである。

$$E.C \text{ 計算値} = \sum \lambda_i C_i$$

λ_i : イオン i の極限当量伝導率

C_i : イオン i の当量濃度

当量伝導率の大きさは、溶液の濃度、温度によって異なるが、ここでは、便宜上、25℃における極限当量伝導率を用いた。

なお、使用した λ の値⁷⁾は、表5のとおりである。

E.C 実測値と E.C 計算値の関係を図2に示す。相関係

表5 E.C計算値に用いた極限当量伝導率

| イオン | λ | イオン | λ |
|------------------|-----------|-------------------------------|-----------|
| Na ⁺ | 50.10 | Cl ⁻ | 76.35 |
| K ⁺ | 73.50 | SO ₄ ²⁻ | 80.02 |
| Mg ²⁺ | 53.05 | CO ₃ ²⁻ | 69.3 |
| Ca ²⁺ | 59.50 | HCO ₃ ⁻ | 44.5 |

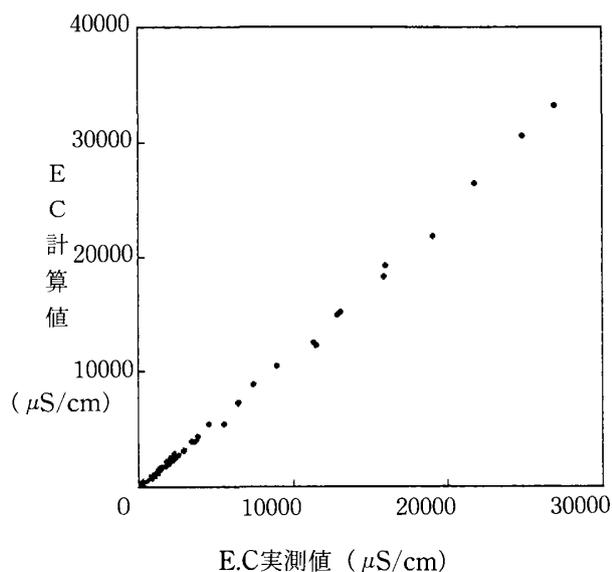


図2 E.C実測値とE.C計算値

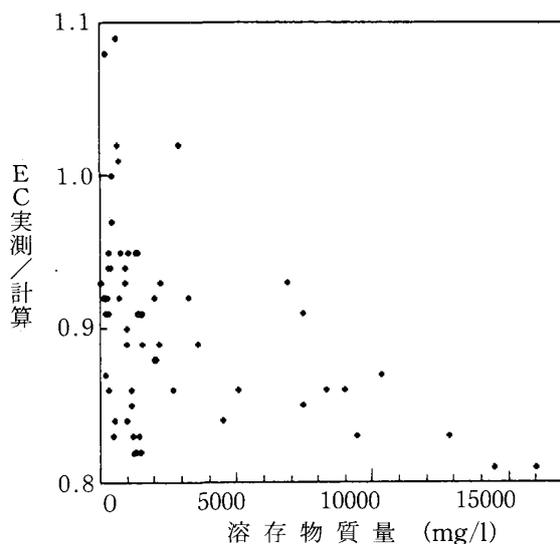


図3 溶存物質質量とE.C実測値/E.C計算値の関係

数は、0.9988であり、温泉水のように、溶存成分量の多い試料水でも良く一致していた。

従って、E.C 実測値と E.C 計算値を比較することにより、温泉水質分析精度のチェックを行うことが可能と考えられる。

当量伝導率は、濃度が増大するとともに、減少する¹⁾。電気伝導率実測値と極限当量電気伝導率を用いた電気伝導率計算値が、溶存イオン量の多い温泉水でも良く一致しているのは、試料温泉水の主成分が NaCl であるものが多く、NaCl のような 1 価の陽イオンと 1 価の陰イオンの結合した電解質溶液は、濃度による当量伝導率の変化が小さいことと関係があるものと考えられる¹⁾。

次に E.C 実測値 / E.C 計算値と溶存物質質量の関係をみると、図3に示すとおりである。

溶存物質質量が多い程、E.C 実測値 / E.C 計算値 < 1 となる傾向がみられた。

一般に、塩類濃度が高いと、当量伝導率が小さくなる¹⁾。従って、E.C 実測値 / E.C 計算値 > 1 となるはずであるが、実際には、E.C 実測値 / E.C 計算値 < 1 のケースが多くなっている。このことから、イオン量が少な目に分析されているのではないかと考えられる。

これは、後述するように、Na⁺が少な目に分析されていたためと推察される。

5. 電気伝導率の重回帰分析⁶⁾

次に、電気伝導率と溶存イオンの関係をみるため、目的変数を電気伝導率、説明変数を Na⁺, K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺, Cl⁻, SO₄²⁻, HCO₃⁻, CO₃²⁻として、重回帰分析(変数増減法、導入基準値: 2.0)を行った。

結果を表6に示す。

得られた重回帰式は、次のとおりである。

$$E.C = 4.556 Na^+ + 4.609 Ca^{2+} + 10.576 Mg^{2+} + 3.367 K^+ + 119.5$$

(E.C: μS/cm, 各イオン: mg/l)
(重相関係数=0.9992)

E.C 実測値と重回帰式から得られる E.C 推定値は、良く一致している。

重回帰分析において、説明変数として選択された順位は、Na⁺, Ca²⁺, Mg²⁺, K⁺の順であった。Na⁺の偏相関係数が最も大きく、Na⁺の変動が電気伝導率に一番影響を及ぼしている。

なお、説明変数には、陽イオンのみが選択された。

説明変数として温泉水の組成主要イオン全てをとりあげており、陰イオンと陽イオンの間には、それぞれのミリバル合計値が一致するという密接な関係があり、陽イオンのみで十分説明されるため、陰イオンが選択されなかったものと考えられる。

表6 重回帰分析結果

(目的変数：E.C)

| 説明変数 | 回帰係数 | 偏相関係数 | 標準誤差 | 偏F値 |
|------------------|----------|--------|--------|----------|
| Na ⁺ | 4.5560 | 0.9945 | 0.0647 | 4960.619 |
| Ca ²⁺ | 4.6091 | 0.5439 | 0.9590 | 23.100 |
| Mg ²⁺ | 10.5763 | 0.4382 | 2.9251 | 13.073 |
| K ⁺ | 3.3670 | 0.3888 | 1.0757 | 9.796 |
| 定数 | 119.4916 | | | |

(注. 導入・除去水準：2.0)

6. 電気伝導率と陽イオン、陰イオンミリバル値

4. より温泉水質分析精度のチェックに電気伝導率が活用できることが分かった。

一方、温泉水質分析精度のチェックには、従来より、陽イオンミリバル値と陰イオンミリバル値がほぼ一致するということが用いられている⁵⁾。

陽イオンミリバル値と陰イオンミリバル値の一致のみのチェックでは、相対的に両ミリバル値の比率が合っさえいれば良いことになり、イオンの絶対量については、チェックされていない。

従って、陽イオンと陰イオンのミリバル値の相対的な比率が合っていることに加えて、イオン量そのものがチェックできれば、なお、分析精度チェックが向上すると考えられる。そこで、電気伝導率と陽イオンミリバル値/陰イオンミリバル値の関係をみた。

電気伝導率と陽イオンミリバル値/陰イオンミリバル値の関係は、図4に示すとおりである。

全体的に陽イオンミリバル値/陰イオンミリバル値が1より小さくなっている傾向がみられる。

次に、E.C 実測値/E.C 計算値と陽イオンミリバル値/陰イオンミリバル値の関係を図5に示す。

この図から、E.C 実測値/E.C 計算値<1で、かつ、陽イオンミリバル値/陰イオンミリバル値<1のケースの多いことが分かった。陽イオンミリバル値/陰イオンミリバル値<1から、陽イオンのほうが陰イオンより少ないか、または、陰イオンが陽イオンより多めと考えられる。

一方、E.C 実測値/E.C 計算値<1からイオン量が少な目に分析されていたと考えられる。これらを考え合わせれば、結局、陽イオン量が少な目に分析されていたと推察される。

温泉水は一般にNa⁺濃度が高く、原子吸光分析法では、ほとんどの場合、希釈して測定されるため、希釈誤差が大きい。

また、前述の重回帰分析結果から、電気伝導率の変動には、Na⁺の変動が最も利いていることをも考え合わせ

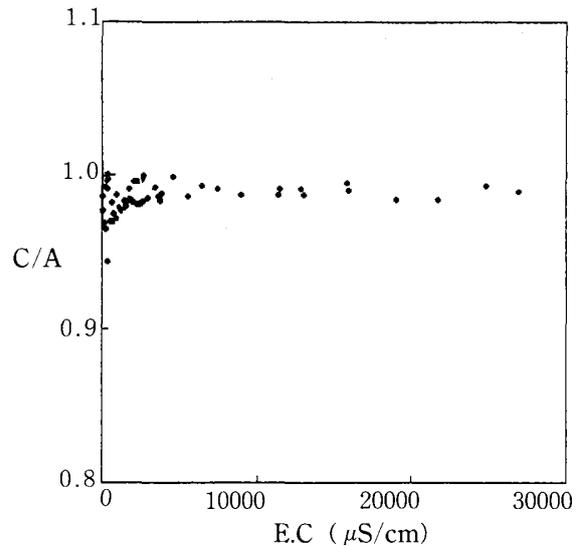


図4 E.Cと陽イオンミリバル値(C)/陰イオンミリバル値(A)の関係

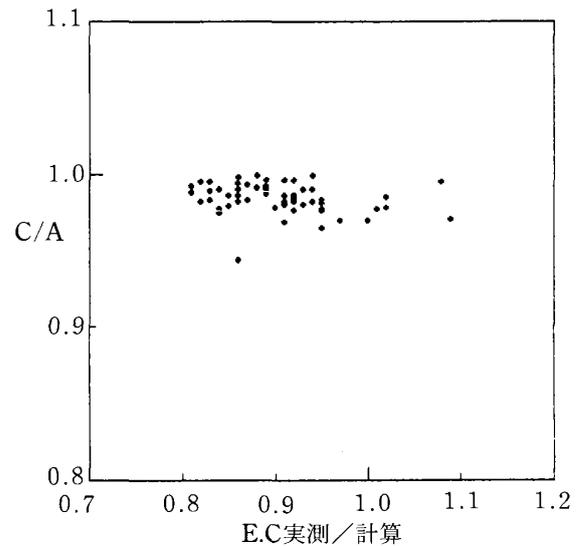


図5 E.C実測値/計算値と陽イオンミリバル値(C)/陰イオンミリバル値(A)の関係

れば、著者の分析値においては、 Na^+ が少な目に分析されていたのではないかと考えられる。

今後、希釈誤差をさけるためICP発光分析法等による分析を検討する必要がある。

7. 温泉水質分析における電気伝導率の活用

以上の検討結果から、電気伝導率を測定することにより、以下のような有用な情報が得られることが分かった。

(1) 療養泉判定の目安

電気伝導率が、 $1500 \mu\text{S}/\text{cm}$ 以上の場合、試料温泉水は、療養泉（塩類泉）となる可能性が高い。

(2) 温泉水質分析精度のチェック

E.C 実測値と E.C 計算値を比較することにより、分析精度をチェックすることができる。

ま と め

電気伝導率は簡便、迅速に測定できるため、その活用等を検討した結果、次のとおりであった。なお、試料は、昭和63年度から平成元年度に当所で分析した温泉水である。

1. 温泉水の電気伝導率測定値

試料温泉水の電気伝導率の平均値は、4580、最大値は、27000、最小値は、 $69 \mu\text{S}/\text{cm}$ であった。

2. 電気伝導率による溶存物質量の推定

電気伝導率と溶存物質量の間には、強い相関関係がみられ（相関係数=0.9977）、次の回帰式が得られた。

$$\text{溶存物質量} = 0.580 \times \text{電気伝導率} + 135.04$$

（溶存物質量：g/kg，電気伝導率： $\mu\text{S}/\text{cm}$ ）

従って、電気伝導率が $1500 \mu\text{S}/\text{cm}$ 以上の場合、溶存物質量は、1g/kg以上と推定できる。すなわち、試料温泉水は、療養泉（塩類泉）となる可能性が高い。

なお、溶存物質量が1g/kg以上になるための電気伝導率の上限値は、約 $2400 \mu\text{S}/\text{cm}$ 、下限値は、約 $600 \mu\text{S}/\text{cm}$ である（危険率5%）。

3. 電気伝導率による分析精度チェック

溶存イオン量及びイオンの極限量伝導率から求められる電気伝導率計算値は、実測値と良く一致していた。

従って、電気伝導率は、分析精度チェックに活用できる。

$$\text{E.C 計算値} = \sum \lambda_i C_i$$

λ_i : イオン i の極限量伝導率

C_i : イオン i の当量濃度

4. 重回帰分析

目的変数を電気伝導率、説明変数を温泉水の主要組成

成分である Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Cl^- , SO_4^{2-} , HCO_3^- , CO_3^{2-} として、重回帰分析（変数増減法、導入基準値：2.0）を行った結果、次の重回帰式が得られた。

$$\text{E.C} = 4.556 \text{Na}^+ + 4.609 \text{Ca}^{2+} + 10.576 \text{Mg}^{2+} + 3.367 \text{K}^+ + 119.5$$

（E.C： $\mu\text{S}/\text{cm}$ ，各イオン：mg/l）
（重相関係数=0.9992）

説明変数として選択された順位は、 Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ の順であった。

Na^+ の偏相関係数が最も大きく、 Na^+ の変動が電気伝導率に一番影響を及ぼしていた。

5. 電気伝導率による分析誤差要因の推定

E.C 実測値/E.C 計算値と陽イオンミリバル値/陰イオンミリバル値の関係を検討したところ、E.C 実測値/E.C 計算値 < 1、かつ、陽イオンミリバル値/陰イオンミリバル値 < 1 のケースの多いことが分かった。

この結果と重回帰分析の結果及び温泉水中の Na^+ は一般に濃度が高く、ほとんど希釈されて分析されるため、希釈誤差が大きいことから、 Na^+ が少な目に分析されていたのではないかと考えられる。

文 献

- 1) 半谷高久，他：（改訂2版）水質調査法，丸善，東京，1987
- 2) 厚生省生活衛生局水道環境部監修：上水試験方法，日本水道協会，1985
- 3) 社団法人工業用水協会編：水質試験法（改訂版），127-133，（社）日本工業用水協会，1984
- 4) 中山三喜栄，他：温泉の水質に関する検討—電気伝導率と溶存化学成分—，新潟県衛生公害研究所年報，4，89-94，（1988）
- 5) 環境庁自然保護局監修：鉱泉分析法指針（改訂），温泉工学会，1978
- 6) 応用統計ハンドブック編集委員会編：応用統計ハンドブック，102-105，養賢堂，東京，1984
- 7) 日本化学会編：化学便覧・基礎編Ⅱ，改訂2版，1190，丸善（1975）
- 8) 奥野忠一，他：（改訂版）多変量解析法，日科技連，東京，1985

表1 温泉水質調査結果（昭和63年度～平成元年度）(1)

| No. | E.C | 溶存物質 | Na ⁺ | K ⁺ | Mg ²⁺ | Ca ²⁺ | Cl ⁻ |
|-----|--------|-------|-----------------|----------------|------------------|------------------|-----------------|
| 1 | 165 | 208 | 25.9 | 0.8 | 2.7 | 6.6 | 12.0 |
| 2 | 13100 | 7495 | 2631.0 | 55.2 | 23.2 | 67.5 | 4057.0 |
| 3 | 2490 | 1444 | 469.4 | 25.3 | 1.1 | 5.2 | 676.3 |
| 4 | 1260 | 1017 | 259.0 | 11.4 | 0.0 | 1.9 | 197.7 |
| 5 | 21800 | 12890 | 4470.0 | 315.0 | 5.9 | 78.4 | 7254.0 |
| 6 | 111400 | 7461 | 2124.0 | 194.2 | 1.5 | 152.0 | 2515.0 |
| 7 | 16000 | 9455 | 3277.0 | 147.4 | 33.0 | 76.7 | 5128.0 |
| 8 | 2390 | 1545 | 394.8 | 20.9 | 6.0 | 89.6 | 556.6 |
| 9 | 2680 | 2101 | 575.8 | 34.4 | 0.1 | 17.8 | 380.3 |
| 10 | 230 | 199 | 43.5 | 2.6 | 0.2 | 4.2 | 11.2 |
| 11 | 3680 | 2272 | 708.0 | 28.9 | 9.6 | 6.2 | 789.0 |
| 12 | 904 | 639 | 161.5 | 6.4 | 0.2 | 2.1 | 90.4 |
| 13 | 69 | 76 | 6.6 | 0.8 | 1.3 | 4.8 | 4.9 |
| 14 | 5590 | 2952 | 962.6 | 35.8 | 7.3 | 20.4 | 1212.0 |
| 15 | 660 | 497 | 59.3 | 8.4 | 4.5 | 57.8 | 49.0 |
| 16 | 1400 | 1032 | 217.5 | 15.5 | 11.3 | 52.6 | 117.0 |
| 17 | 1700 | 1249 | 272.6 | 18.1 | 14.8 | 61.9 | 146.0 |
| 18 | 1550 | 1183 | 239.3 | 15.6 | 13.1 | 58.3 | 125.5 |
| 19 | 316 | 256 | 32.7 | 6.8 | 8.3 | 13.1 | 15.2 |
| 20 | 420 | 333 | 25.7 | 4.3 | 12.9 | 36.3 | 40.2 |
| 21 | 27000 | 16020 | 5731.0 | 152.3 | 12.9 | 159.9 | 8737.0 |
| 22 | 1990 | 1353 | 297.7 | 16.7 | 2.0 | 105.8 | 260.6 |
| 23 | 3900 | 2237 | 725.9 | 39.9 | 4.0 | 32.7 | 1092.0 |
| 24 | 999 | 750 | 198.3 | 9.3 | 0.1 | 4.6 | 217.1 |
| 25 | 212 | 203 | 8.6 | 3.1 | 4.5 | 15.2 | 7.8 |
| 26 | 8990 | 5110 | 1722.0 | 93.6 | 10.3 | 80.2 | 2783.0 |
| 27 | 2290 | 1391 | 426.1 | 26.8 | 1.2 | 3.3 | 552.9 |
| 28 | 1800 | 1171 | 342.3 | 7.7 | 1.2 | 29.8 | 402.9 |
| 29 | 19100 | 10360 | 3636.0 | 138.3 | 36.1 | 126.0 | 5810.0 |
| 30 | 15900 | 9005 | 3150.0 | 228.5 | 3.4 | 46.8 | 4931.0 |
| 31 | 3450 | 2064 | 513.5 | 35.9 | 4.9 | 138.9 | 733.0 |
| 32 | 2740 | 1608 | 409.5 | 27.0 | 3.5 | 93.4 | 535.6 |
| 33 | 1730 | 1335 | 169.3 | 31.1 | 81.1 | 28.9 | 219.9 |
| 34 | 3840 | 3304 | 862.1 | 29.1 | 6.1 | 3.7 | 292.5 |
| 35 | 2990 | 2028 | 571.9 | 48.7 | 2.7 | 12.7 | 697.0 |
| 36 | 24900 | 14510 | 5057.0 | 340.9 | 7.8 | 211.0 | 8490.0 |
| 37 | 12900 | 8320 | 2703.0 | 204.4 | 11.2 | 14.9 | 3381.0 |
| 38 | 7520 | 4557 | 1518.0 | 41.4 | 23.9 | 29.6 | 1635.0 |
| 39 | 1530 | 971 | 270.3 | 18.5 | 5.0 | 11.2 | 347.4 |
| 40 | 11500 | 6915 | 2197.0 | 144.5 | 11.5 | 40.1 | 2783.0 |
| 41 | 135 | 195 | 24.4 | 3.6 | 0.7 | 1.7 | 11.3 |
| 42 | 1500 | 959 | 273.1 | 16.5 | 1.2 | 7.9 | 359.5 |
| 43 | 290 | 334 | 58.8 | 4.1 | 0.0 | 0.3 | 22.9 |
| 44 | 368 | 375 | 72.6 | 5.2 | 0.1 | 0.9 | 39.1 |
| 45 | 320 | 313 | 61.4 | 3.3 | 0.1 | 0.4 | 48.6 |
| 46 | 1260 | 763 | 219.7 | 12.2 | 0.3 | 1.4 | 289.0 |
| 47 | 636 | 481 | 115.7 | 6.9 | 0.1 | 0.5 | 126.9 |
| 48 | 4630 | 2726 | 865.2 | 48.4 | 23.0 | 44.5 | 1353.0 |
| 49 | 2550 | 1576 | 476.3 | 33.9 | 2.4 | 18.1 | 704.8 |
| 50 | 6480 | 3641 | 1238.0 | 56.3 | 0.7 | 41.4 | 1861.0 |
| 51 | 1620 | 1015 | 292.9 | 17.5 | 1.0 | 7.2 | 371.2 |
| 52 | 821 | 580 | 148.4 | 3.6 | 0.6 | 22.6 | 172.0 |
| 53 | 759 | 460 | 102.8 | 2.5 | 1.4 | 29.6 | 127.6 |
| 54 | 1150 | 678 | 177.3 | 5.6 | 0.2 | 20.7 | 184.0 |
| 55 | 380 | 313 | 54.8 | 3.7 | 2.5 | 18.4 | 59.2 |
| 56 | 1390 | 812 | 188.3 | 11.1 | 9.8 | 49.0 | 331.3 |
| 57 | 1800 | 1007 | 341.7 | 8.7 | 0.1 | 17.6 | 373.6 |
| 58 | 1650 | 993 | 309.0 | 2.6 | 0.0 | 15.9 | 317.2 |
| 59 | 1790 | 1088 | 320.4 | 17.7 | 3.0 | 6.5 | 468.7 |
| 60 | 2090 | 1471 | 277.0 | 13.8 | 13.9 | 139.3 | 126.9 |

表1 温泉水質調査結果（昭和63年度～平成元年度）(2)

| No. | SO ₄ ²⁻ | HCO ₃ ⁻ | CO ₃ ²⁻ | EC計算値 | EC実測/計算 | C/A |
|-----|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|---------|---------|-------|
| 1 | 11.0 | 56.1 | 6.0 | 188.9 | 0.87 | 0.994 |
| 2 | 185.6 | 277.6 | 0.0 | 15376.8 | 0.85 | 0.987 |
| 3 | 66.0 | 64.7 | 10.8 | 2728.6 | 0.91 | 0.981 |
| 4 | 13.1 | 277.1 | 34.8 | 1324.4 | 0.95 | 0.977 |
| 5 | 8.5 | 291.1 | 26.4 | 26482.3 | 0.83 | 0.984 |
| 6 | 74.2 | 2085.0 | 0.0 | 12508.1 | 0.91 | 0.987 |
| 7 | 50.7 | 530.9 | 0.0 | 19290.8 | 0.83 | 0.990 |
| 8 | 262.6 | 97.6 | 0.0 | 2899.6 | 0.82 | 0.996 |
| 9 | 156.7 | 735.3 | 30.0 | 3061.5 | 0.88 | 1.000 |
| 10 | 10.8 | 54.9 | 24.0 | 252.9 | 0.91 | 0.969 |
| 11 | 113.4 | 474.4 | 21.6 | 3942.0 | 0.93 | 0.986 |
| 12 | 6.6 | 189.2 | 48.0 | 829.9 | 1.09 | 0.971 |
| 13 | 1.9 | 24.4 | 3.0 | 74.6 | 0.93 | 0.986 |
| 14 | 179.5 | 404.0 | 14.4 | 5493.4 | 1.02 | 0.986 |
| 15 | 186.0 | 54.9 | 0.0 | 793.0 | 0.83 | 0.982 |
| 16 | 326.3 | 219.7 | 0.0 | 1666.2 | 0.84 | 0.978 |
| 17 | 399.0 | 274.6 | 0.0 | 2058.0 | 0.83 | 0.982 |
| 18 | 343.6 | 268.5 | 0.0 | 1821.5 | 0.85 | 0.980 |
| 19 | 40.7 | 82.4 | 9.0 | 341.7 | 0.92 | 0.997 |
| 20 | 36.9 | 152.6 | 0.0 | 488.0 | 0.86 | 0.944 |
| 21 | 544.9 | 439.3 | 24.0 | 33385.5 | 0.81 | 0.989 |
| 22 | 476.7 | 109.8 | 0.0 | 2440.9 | 0.82 | 0.983 |
| 23 | 107.2 | 76.3 | 18.0 | 4398.1 | 0.89 | 0.988 |
| 24 | 16.3 | 103.7 | 24.0 | 1091.2 | 0.92 | 0.987 |
| 25 | 1.5 | 120.8 | 0.0 | 197.0 | 1.08 | 0.996 |
| 26 | 74.4 | 186.7 | 7.2 | 10475.1 | 0.86 | 0.987 |
| 27 | 17.2 | 183.1 | 24.0 | 2403.1 | 0.95 | 0.981 |
| 28 | 163.8 | 112.3 | 10.8 | 2102.4 | 0.86 | 0.983 |
| 29 | 304.9 | 186.7 | 7.2 | 21873.6 | 0.87 | 0.984 |
| 30 | 5.7 | 377.7 | 19.8 | 18385.3 | 0.86 | 0.995 |
| 31 | 379.0 | 140.3 | 0.0 | 3933.5 | 0.88 | 0.992 |
| 32 | 310.8 | 140.3 | 0.0 | 3010.1 | 0.91 | 0.983 |
| 33 | 13.5 | 631.6 | 0.0 | 1823.7 | 0.95 | 0.979 |
| 34 | 223.3 | 1635.0 | 0.0 | 4167.0 | 0.92 | 0.983 |
| 35 | 0.1 | 448.5 | 12.0 | 3242.8 | 0.92 | 0.985 |
| 36 | 6.1 | 94.6 | 6.0 | 30675.1 | 0.81 | 0.993 |
| 37 | 0.6 | 1739.0 | 60.0 | 15053.7 | 0.86 | 0.991 |
| 38 | 984.0 | 277.6 | 3.0 | 8947.9 | 0.84 | 0.991 |
| 39 | 66.5 | 122.0 | 9.0 | 1647.8 | 0.93 | 0.981 |
| 40 | 1.4 | 1544.0 | 12.0 | 12372.5 | 0.93 | 0.991 |
| 41 | 8.0 | 36.6 | 6.0 | 146.9 | 0.92 | 0.977 |
| 42 | 45.8 | 82.4 | 15.0 | 1600.7 | 0.94 | 0.983 |
| 43 | 14.0 | 54.9 | 24.0 | 307.1 | 0.94 | 1.000 |
| 44 | 12.7 | 51.9 | 33.0 | 393.5 | 0.94 | 0.991 |
| 45 | 10.8 | 39.7 | 18.0 | 336.4 | 0.95 | 0.965 |
| 46 | 23.9 | 73.2 | 9.0 | 1243.7 | 1.01 | 0.978 |
| 47 | 15.4 | 70.2 | 9.0 | 638.5 | 1.00 | 0.970 |
| 48 | 70.6 | 164.8 | 21.0 | 5407.6 | 0.86 | 0.999 |
| 49 | 47.5 | 82.4 | 15.0 | 2857.3 | 0.89 | 0.997 |
| 50 | 162.2 | 112.9 | 3.0 | 7292.7 | 0.89 | 0.993 |
| 51 | 55.0 | 103.7 | 15.6 | 1700.3 | 0.95 | 0.983 |
| 52 | 94.3 | 58.0 | 3.0 | 977.1 | 0.84 | 0.975 |
| 53 | 88.0 | 45.8 | 3.0 | 785.1 | 0.97 | 0.970 |
| 54 | 134.2 | 58.0 | 3.0 | 1128.9 | 1.02 | 0.979 |
| 55 | 15.6 | 97.6 | 0.0 | 416.7 | 0.91 | 0.997 |
| 56 | 19.9 | 134.2 | 0.0 | 1463.6 | 0.95 | 0.980 |
| 57 | 210.9 | 36.6 | 15.0 | 2032.3 | 0.89 | 0.991 |
| 58 | 223.6 | 12.2 | 18.0 | 1833.4 | 0.90 | 0.979 |
| 59 | 25.8 | 82.4 | 3.0 | 1882.3 | 0.95 | 0.984 |
| 60 | 518.9 | 378.3 | 0.0 | 2521.1 | 0.83 | 0.996 |

注1. 単位 E.C, E.C計算値: $\mu\text{S}/\text{cm}$; E.C実測/計算, C/Aを除くその他: mg/l

2. E.C実測/計算: E.C実測値/E.C計算値

3. C/A: 陽イオンミリバル値/陰イオンミリバル値

Abstract

Studies on the Electro-conductivity in Hot Spring Water

Shin-ichi ISHIZUKA, Junko KIMURA, Masami NOMURA
Masanori TAKAHASHI and Eiichi KOBAYASHI

The relationships of the electro-conductivity of hot spring water with the amount of dissolved substances, the calculated value of electro-conductivity and the millival value of cations / the millival value of anions were examined. Moreover, by taking the electro-conductivity as the criterion variable and the chemical composition as the predictor variable, the multiple regression analysis was carried out. As the results, in the case of the electro-conductivity being higher than 1500 $\mu\text{S}/\text{cm}$, it was able to be rapidly and conveniently presumed that the sample hot spring water has the high possibility to become a salt spring. Besides, by comparing the relation of the measured values of electro-conductivity with the calculated values of electro-conductivity and the chemical composition, the checkup of the accuracy of analysis was feasible.

青森市における環境大気中のアスベスト

石塚 伸一 庄司 博光

昭和63年から平成2年にかけて、青森市内の5地点において、環境大気中のアスベスト調査を実施した。その結果、アスベスト濃度は、いずれの地点においても約1.5f/lであり、問題となる濃度レベルではなかった。また、経年的には、いずれの地点においてもほぼ同じ濃度レベルで推移していた。

Key words : asbestos fibers, asbestos concentration, optical microscopic method, environmental air of Aomori city

はじめに¹⁻²⁾

アスベストは、高い抗張力と柔軟性を持った繊維状の天然鉱物の総称であり、耐熱性、耐薬品性、保温性、防音性、電気絶縁性等に優れた特質を持っている。

アスベストは、多様な用途に使用されているが、約8割は建材として使用され、その他自動車のブレーキ、クラッチの摩擦材等に用いられている。

一方、人体への健康影響に関しては、石綿肺、肺がん、悪性中皮腫等の原因物質として知られており、一般環境への汚染も危惧されている。

国は、平成元年6月、大気汚染防止法の一部を改正して、アスベストを特定粉じん³⁾に指定し、アスベスト排出抑制対策を講じている。

本県においては、昭和63年5月にアスベスト問題に対する基本方針を定めた「青森県アスベスト対策要綱」を制定し、総合的なアスベスト対策を推進している。

当所は、この要綱に基づき、青森市における環境大気中のアスベスト調査を実施したので、その結果を報告する。

調査方法

青森市内に立地特性区分ごとの定点を定め、3年間継続調査を行った。

調査方法は、「アスベストモニタリングマニュアル(環境庁、1987)」³⁾に準拠した。

1. 調査地点

アスベストの大気中への排出形態としては、アスベスト製品製造過程、使用過程(ブレーキの摩擦等)、廃棄過程(アスベスト廃材の処理等)、アスベストの採掘過程、蛇紋岩の風化等いくつかの形態が考えられる。

本県には、アスベスト採掘場、蛇紋岩地域、アスベスト製品製造工場はないことから、調査地域は、発生源周辺地域として廃棄物処分場周辺及び幹線道路沿線、パッ

クグラウンドとして住宅地域の計3地域とした。

青森市における、立地特性区分ごとの調査地点は表1のとおりである。

2. 調査項目

- (1) 環境大気中のアスベスト濃度
- (2) 気象条件：風向、風速、気温、相対湿度
- (3) 自動車交通量：調査地域が沿線の場合にあっては、当該道路、他の地域にあっては、調査地点に一番近接している主要道路点における交通量

3. 調査時期

昭和63年度～平成2年度

4. 試料採取方法

メンブランフィルター(相対孔径0.8μm、47mmφ、ミリポアAAタイプ)をオープンフェイスホルダー(有効採じん面35mmφ)に付け、地上1.5mの位置で、10l/minで4時間、大気を吸引した。

なお、採取時刻は、原則として10時から14時までとした。

5. 測定方法

(1) 透明化処理

透明化処理には、フタル酸ジメチルとシユウ酸ジエチルの1対1混合溶液にメンブランフィルターを0.05g/ml

表1 調査地点

| 調査地域区分 | 調査地点 | 地点数 |
|------------|----------|-----|
| 廃棄物処分場周辺地域 | 鶴ヶ坂最終処分場 | 1地点 |
| 住宅地域 | 堤小学校 | 2地点 |
| 幹線道路沿線地域 | 青森市役所 | 2地点 |

の割合で溶解させた試薬を用いた。

試料を採取したフィルターを2等分し、その一方を透明化処理し、もう一方を保存用とした。

スライドガラスの中央に透明化試薬を1滴滴下し、その上に採じん面を上にしてフィルターをのせる。

フィルターがやや透明になったらカバーガラスをのせ、ピンセットで軽く押さえる。この時、気泡が入らないように注意する。完全に透明になるまで約30分放置する。

なお、この方法で処理したものは保存性が悪く、時間の経過とともに透明度が悪くなったり、不純物が見えるようになっていたりすることがあった。

(2) アスベストの識別

本法で用いられているフィルターの光の屈折率はおおよそ1.5である。

フィルターを屈折率1.5前後の不揮発性の溶液に浸すとフィルターが透明となり、生物顕微鏡でも一般の粒子は計数しやすくなる。

しかし、一般環境大気中のアスベストのほとんどを占めるクリソタイルの屈折率はほぼ1.5であるため、クリソタイルの粒子は生物顕微鏡では見えないか、あるいは非常に見えにくい。

このため、位相差顕微鏡を用い、繊維状に見える粒子(N_1)を計算する。さらに、同じ視野を生物顕微鏡に変えて計数し(N_2)、これらの差($N_1 - N_2$)を求めることにより、屈折率がほぼ1.5の繊維状粒子すなわちアスベストと推定される粒子を計数することができる。

(3) 計 数

計数には、対物測微計で大きさを計ったアイピースグレイティクルを用いる。

まず、位相差顕微鏡(接眼×10、対物×40)により、 $5\mu\text{m}$ 以上の長さで、かつ、長さとの幅の比が3:1以上の繊維状の粒子を計数する。

次に、同一視野について生物顕微鏡により計数を行う。

この計数を50視野、あるいは繊維数が200本以上になるまで行う。

濃度の計算式は次のとおりである。

$$F = \frac{N \times A}{a \times V \times n}$$

F: アスベスト繊維数濃度 (f/l)

N: 計数繊維総数 (f)

$$N = N_1 - N_2$$

N_1 : 位相差顕微鏡による繊維数 (f)

N_2 : 生物顕微鏡による繊維数 (f)

A: 採じん面積 (cm^2)

a: 顕微鏡で計数した視野の面積 (cm^2)

V: 採気量 (l)

n: 計数した視野の数

6. 器 具

位相差顕微鏡: オリンパスBHS2-C

結果及び考察

結果を表2に示す。

1. 濃度レベル

各調査地域における3ケ年の幾何平均値をみると、表3のとおり、廃棄物処分場周辺地域で1.4 (f/l)、住宅地域で、1.4 (f/l)、幹線道路周辺地域で1.5 (f/l)であった。この結果を作業環境での暴露限界2000 (f/l)と比較すると1/1000以下であり、問題となる濃度レベルではなかった。

なお、環境庁で実施しているアスベストモニタリング調査結果⁴⁻⁶⁾は、表4のとおりである。

2. 立地特性区分別濃度

今回、立地特性区分別に調査を実施したが、図1に示すように地域間に大きな差はみられなかった。

廃棄物処理場においては、調査期間中アスベスト廃材が搬入されていたが、その風下の調査地点においても、アスベスト濃度レベルが高くないのは、アスベスト廃材がコンクリート固化等密閉化され、アスベスト飛散防止措置が講じられていたためと考えられる。

3. 同一敷地内のアスベスト濃度の比較

今回の調査では、住宅地域、幹線道路周辺地域において、それぞれ、同一敷地内の互いに100m離れた2地点で試料を採取した。

アスベスト濃度の調査地点間の相関係数は、住宅地域で $r = 0.795$ (危険率5%有意)、幹線道路周辺地域で $r = 0.845$ (危険率1%有意)であり、また、濃度レベルも同じであった。従って、特定の発生源の影響を受けていない一般環境中においては、同一敷地内1地点の測定で十分と思われる。

4. 経年変化

同一調査地点の3ケ年の濃度推移は表3のとおりであり、気象条件等の変化により若干変動がみられるもののほぼ同じレベルで推移している。

5. アスベストと自動車交通量、気象条件との関係

アスベストは、自動車のブレーキ、クラッチの摩耗により排出されると考えられることから、アスベスト濃度と自動車交通量との関係をみたが、図2のとおり相関係数はみられなかった。

次に、風が強いと建物、地面等に付着しているアスベストは飛散しやすくなるが、一方、希釈拡散も考えられることから、アスベスト濃度と風速の関係をみたが、図3のとおりはっきりした傾向はみられなかった。また、

表3 アスベスト調査結果概要
(青森市S.63~H.2年度)

| 地域区分 | 調査地点 | 調査年度 | 濃度 (f/l) * |
|--------------------|-------|----------|------------|
| 廃棄物処 分場周辺 地域 | 鶴ヶ坂最 | S.63 | 1.37 |
| | 終処分場 | H.1 | 1.80 |
| | | H.2 | 1.14 |
| | | S.63~H.2 | 1.41 |
| 住宅地域 | 青森市立 | S.63 | 1.81 |
| | 堤小学校 | H.1 | 1.40 |
| | No.1 | H.2 | 1.10 |
| | | S.63~H.2 | 1.41 |
| | 青森市立 | S.63 | 1.71 |
| | 堤小学校 | H.1 | 1.41 |
| | No.2 | H.2 | 1.05 |
| | | S.63~H.2 | 1.36 |
| 幹線道路 周辺地域 | 青森市役所 | S.63 | 1.64 |
| | No.1 | H.1 | 1.69 |
| | | H.2 | 1.18 |
| | | S.63~H.2 | 1.47 |
| | 青森市役所 | S.63 | 1.60 |
| | No.2 | H.1 | 1.74 |
| | | H.2 | 1.22 |
| | | S.63~H.2 | 1.48 |

*) 幾何平均値

表4 アスベストモニタリング調査結果
(環境庁)

| 調査地域区分 | 60年度 | 62年度 | 元年度 |
|------------|------|------|------|
| 廃棄物処分場周辺地域 | 0.78 | 1.00 | 0.41 |
| 住宅地域 | 1.16 | 0.78 | 0.36 |
| 幹線道路沿線地域 | 1.00 | 0.96 | 0.41 |

注1. 単位: (f/l), 幾何平均値

注2. 調査地点は, 年度によって異なる。

アスベストは, 湿度が低いと飛散しやすく, 高いと飛散しにくくなると考えられることから, アスベスト濃度と相対湿度との関係を見たが, 図4のとおり, 相関関係はみられなかった。

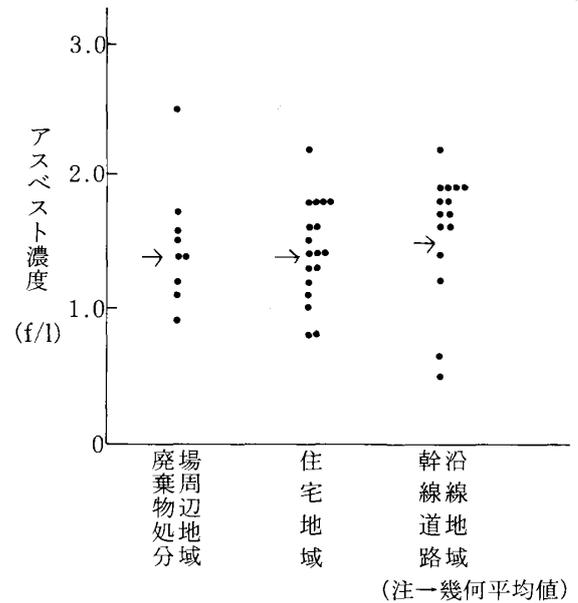


図1 立地特性区別アスベスト濃度

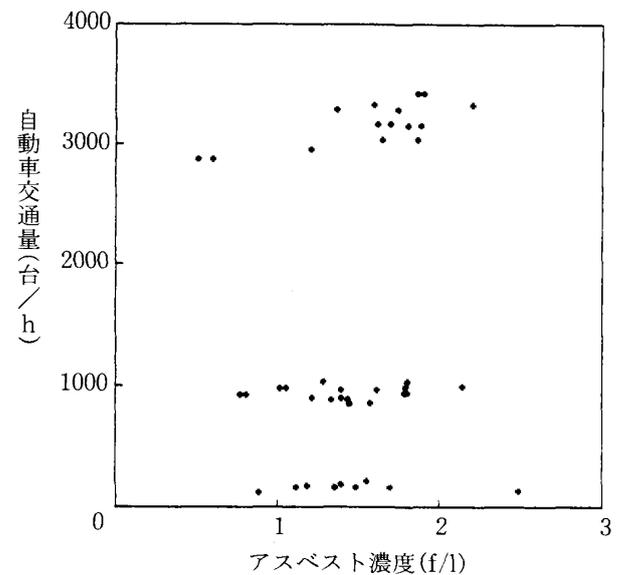


図2 アスベスト濃度と自動車交通量

ま と め

青森市における環境大気中のアスベスト濃度について、立地特性区分別に定点を定め、3ヶ年継続調査(昭和63～平成2年度)を行ったところ、結果は次のとおりであった。

1. 青森市の環境大気中のアスベスト濃度は、廃棄物処分場周辺地域で1.4 (f/l)、住宅地域で1.4 (f/l)、幹線道路周辺地域で1.5 (f/l) 程度であった。

これは作業環境での暴露限界 (2000f/l) の1/1000以下であり、問題となるレベルではなかった。

しかし、アスベストは、ほとんど分解、変質することのない環境蓄積性の高い物質であることから、今後も、環境への放出をできるだけ抑制することが必要と考えられる。

2. アスベスト濃度は、いずれの調査地点においても、昭和63年度から平成2年度にかけて、ほぼ同じレベルで推移していた。
3. アスベスト濃度は、同一敷地内の2地点間(距離100 m)において、有意の相関関係がみられ、また、濃度レベルも同じであった。従って、特定の発生源の影響を受けていない一般環境大気中のアスベスト測定は、同一敷地内の代表点1地点で十分と考えられる。
4. 青森市内においては、立地特性地域区分別のアスベスト濃度に大きな差はみられなかった。
5. アスベスト濃度と自動車交通量、風速、相対湿度との間には、はっきりした関係はみられなかった。

文 献

1. 環境庁大気保全局企画課監修：大気汚染物質レビュー 石綿・ゼオライトのすべて(財)日本環境衛生センター(1988)
2. 環境庁大気保全局大気規制課監修：アスベスト排出抑制マニュアル(株)ぎょうせい
3. 環境庁大気保全局大気規制課監修：アスベストモニタリングマニュアル (1987)
4. 環境庁大気保全局大気規制課監修：昭和60年度アスベストモニタリング事業結果報告 (S. 62. 3)
5. 環境庁大気保全局大気規制課監修：昭和62年度末規制大気汚染物質モニタリング調査結果 (S. 63. 12)
6. 環境庁大気保全局大気規制課監修：平成元年度末規制大気汚染物質モニタリング調査結果 (H. 2. 12)

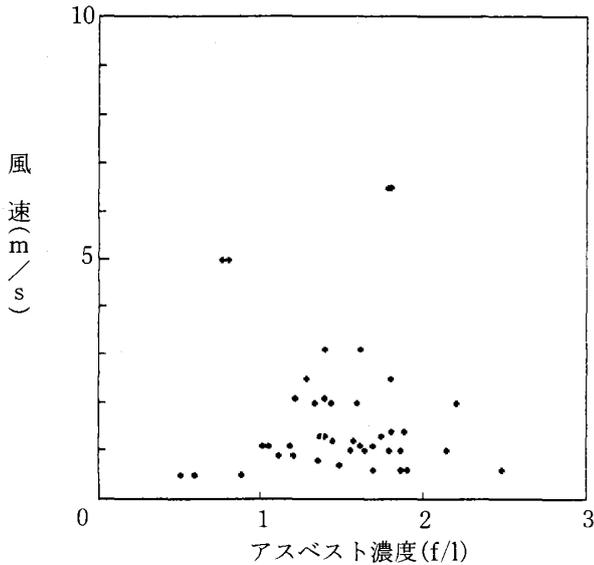


図3 アスベスト濃度と風速

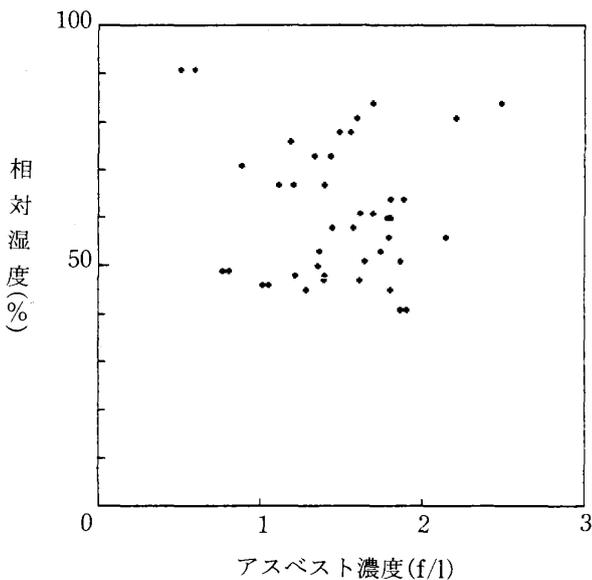


図4 アスベスト濃度と相対湿度

表2 アスベスト調査結果 (青森市 昭和63～平成2年度)

| 立地特性地域区分 | 調査地点 | 調査年月日 | アスベスト濃度 (f/l) | 風向 | 風速 (m/s) | 気温 (°C) | 相対湿度 (%) | 自動車交通量 (台/h) |
|----------|------------------|------------|---------------|------|----------|---------|----------|--------------|
| 廃棄物処分場周辺 | 鶴ヶ坂最終処分場 | S.63.9.6 | 1.70 | NNW | 0.6 | 21 | 84 | 176 |
| | | S.63.9.14 | 1.12 | WNW | 0.9 | 23 | 67 | 177 |
| | | S.63.10.25 | 1.36 | NNW | 0.8 | 12 | 50 | 173 |
| | | H.1.9.11 | 2.49 | NNW | 0.6 | 23 | 84 | 146 |
| | | H.1.10.4 | 1.49 | NE | 0.7 | 14 | 78 | 176 |
| | | H.1.10.5 | 1.56 | NW | 1.0 | 19 | 78 | 221 |
| | | H.2.8.28 | 0.89 | C | 0.5 | 26 | 71 | 134 |
| | | H.2.9.26 | 1.19 | NNW | 1.1 | 17 | 76 | 180 |
| | | H.2.10.15 | 1.40 | NE | 1.3 | 20 | 67 | 204 |
| 住宅地域 | 青森市立堤小学校 No.1 | S.63.9.22 | 1.81 | NNW | 2.5 | 25 | 45 | 1038 |
| | | S.63.9.29 | 1.80 | SE | 1.0 | 19 | 56 | 999 |
| | | S.63.10.7 | 1.81 | SE | 6.5 | 20 | 60 | 942 |
| | | H.1.9.8 | 1.34 | NNE | 2.0 | 24 | 73 | 891 |
| | | H.1.10.18 | 1.45 | WNW | 1.2 | 9 | 58 | 867 |
| | | H.1.10.30 | 1.40 | NW | 2.1 | 16 | 48 | 903 |
| | | H.2.8.24 | 0.81 | WSW | 5.0 | 29 | 49 | 930 |
| | | H.2.9.14 | 1.62 | ENE | 3.1 | 26 | 47 | 968 |
| | | H.2.10.23 | 1.02 | NNW | 1.1 | 14 | 46 | 989 |
| | 青森市立堤小学校 No.2 | S.63.9.22 | 1.29 | NNW | 2.5 | 25 | 45 | 1038 |
| | | S.63.9.29 | 2.15 | SE | 1.0 | 19 | 56 | 999 |
| | | S.63.10.7 | 1.79 | SE | 6.5 | 20 | 60 | 942 |
| | | H.1.9.8 | 1.44 | NNE | 2.0 | 24 | 73 | 891 |
| | | H.1.10.18 | 1.58 | WNW | 1.2 | 9 | 58 | 867 |
| | | H.1.10.30 | 1.22 | NW | 2.1 | 16 | 48 | 903 |
| | | H.2.8.24 | 0.77 | WSW | 5.0 | 29 | 49 | 930 |
| | | H.2.9.14 | 1.40 | ENE | 3.1 | 26 | 47 | 968 |
| | | H.2.10.23 | 1.06 | NNW | 1.1 | 14 | 46 | 989 |
| 幹線道路周辺 | 青森市役所 No.1 | S.63.9.27 | 1.21 | N | 0.9 | 21 | 67 | 2964 |
| | | S.63.9.28 | 2.21 | NE | 2.0 | 18 | 81 | 3339 |
| | | H.1.9.13 | 1.37 | S | 1.3 | 25 | 53 | 3296 |
| | | H.1.9.21 | 1.87 | NNE | 1.0 | 20 | 51 | 3039 |
| | | H.1.10.6 | 1.89 | W | 1.4 | 22 | 64 | 3158 |
| | | H.2.8.31 | 1.70 | SSW | 1.1 | 30 | 61 | 3177 |
| | | H.2.9.11 | 0.51 | C | 0.5 | 21 | 91 | 2886 |
| | | H.2.10.16 | 1.91 | C | 0.6 | 19 | 41 | 3429 |
| | | 青森市役所 No.2 | S.63.9.28 | 1.60 | NE | 2.0 | 18 | 81 |
| | H.1.9.13 | | 1.75 | S | 1.3 | 25 | 53 | 3296 |
| | H.1.9.21 | | 1.65 | NNE | 1.0 | 20 | 51 | 3039 |
| | H.1.10.6 | | 1.81 | W | 1.4 | 22 | 64 | 3158 |
| | H.2.8.31 | | 1.62 | SSW | 1.1 | 30 | 61 | 3177 |
| | H.2.9.11 | | 0.60 | C | 0.5 | 21 | 91 | 2886 |
| | H.2.10.16 | | 1.87 | C | 0.6 | 19 | 41 | 3429 |

Abstract

**Survey Data on Asbestos Fibers in the Environmental
Atmosphere of Aomori City**

Shin-ichi ISHIZUKA and Hiromitsu SHOJI

From 1988 to 1990, survey was made of asbestos fibers in the environmental atmosphere at five points in Aomori City. The asbestos concentration proved to be about 1.5 f/l, level which offers no problem, at each point. Almost the same level of concentration has passed with year at each point.

中小河川における汚濁負荷量について — 浪岡川の水質調査 —

対馬 和浩 今 俊夫 三上 一
佐藤真理子 小林 繁樹*

岩木川支流の浪岡川について、朝方と夕方に水質調査を行い、その評価をおこなった。水質調査の結果から河川の上・下流、流入河川2地点の計4地点の実測による汚濁負荷量を把握し、人口が多少集積された町村部における汚濁負荷量を見積もることができた。

Key words: river, water quality, pollution loading amount

1. はじめに

近年、生活排水による水質汚濁がクローズアップされている。このため、平成2年度に水質汚濁防止法の一部が改正され、その対策が盛り込まれた。

これまで各県とも生活排水の時間変動や負荷割合を解明するなど様々な調査研究が行われてきたが、当センターでは、平成2年8月から11月にかけて、浪岡川における生活排水等による汚濁負荷量を把握するための調査を行ったので報告する。

2. 浪岡川の周辺環境と水質

浪岡川は、一級河川岩木川の支流であるが、環境基準が設定されていない中小河川であり、流域に大規模な事

業場は少ない。流域の土地利用は、水田・りんご園などの農地および山林が多く¹⁾、中流で浪岡町の住宅地を貫流している。このため、汚濁負荷を考えるうえで自然系の負荷と生活排水による負荷が重要になるものと考えられる。

公共用水域の常時監視では、浪岡川下流の富柳橋において年4回の測定が行われている²⁾。富柳橋の水質は、BOD平均値（昭和54～平成元年度）が2.3mg/lであり、BOD最大値は平成元年8月に5.1mg/lという値が測定されている（図1）。これは、上流の頭首工における農業用水の取水および夏の渇水期という2つの要因で流量が減少したためと考えられる。

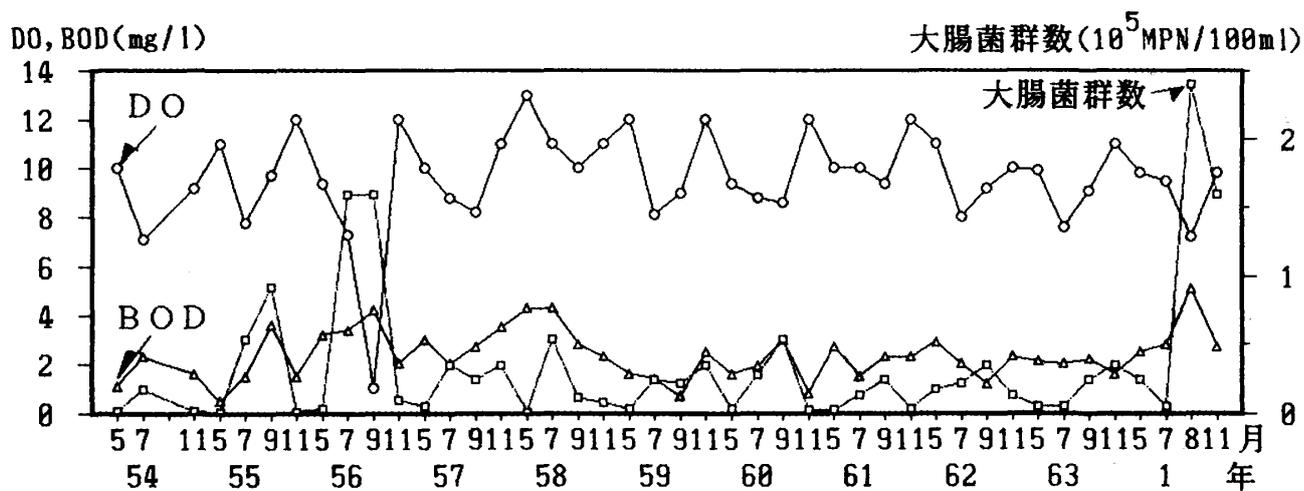


図1 DO, BOD, 大腸菌群数の経年変化 (地点: 浪岡川 富柳橋)

*現公害課

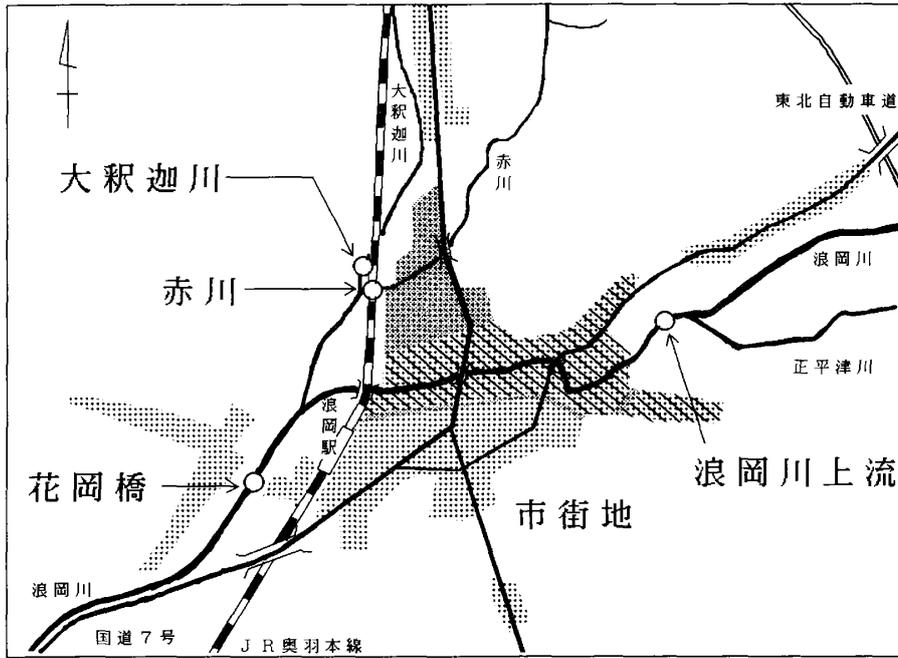


図2 調査地点

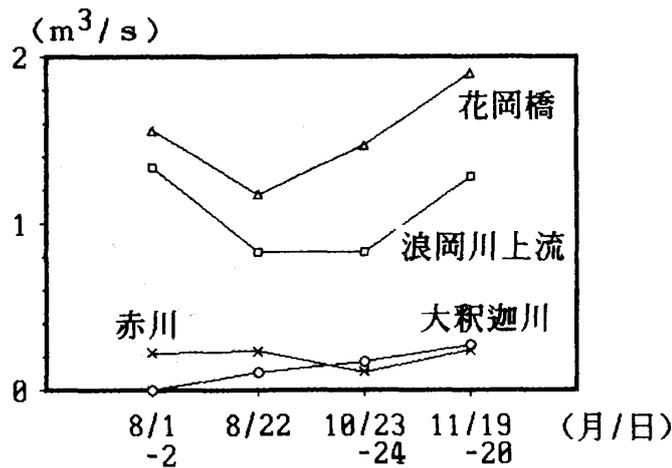


図3 平均流量の変化

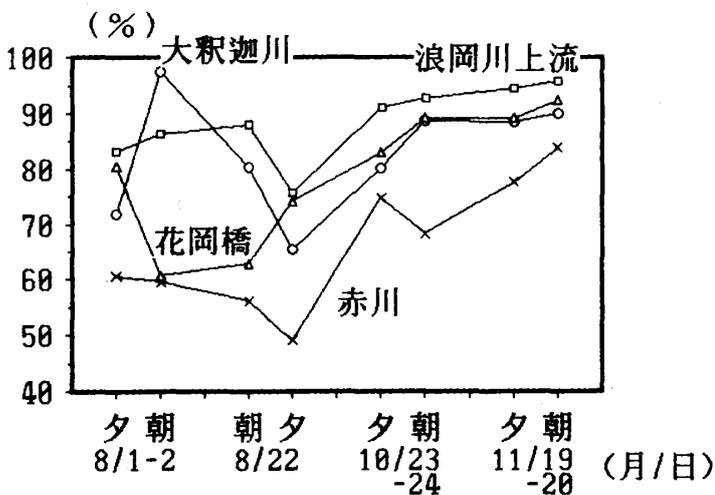


図4 DO飽和率の変化

3. 調査方法

この調査は、水田の落水の影響が少なくなり水質が安定すると考えられる8月から11月にかけて実施した。

水質の測定項目は、一般項目 (pH, DO, BOD, COD, SS, 大腸菌群数, 全窒素, 全リン), 無機態の窒素とリン, 塩素イオン, メチレンブルー活性物質 (MBAS) とし, 流量を観測した。

採水時間は生活排水の負荷が多い朝と夕方を選び, 採水地点は, 汚濁負荷量を把握するため大釈迦川と赤川の末端, 正平津川の合流部 (浪岡川上流) 及び市街地の端で銀頭首工の上流にあたる浪岡川花岡橋の4地点とした (図2)。

4. 結果と考察

4.1 流量

浪岡川は上流に農業用ダムがあり, いくつかの頭首口から農業用水が取水されている。このため, 水田の用水が必要な8月には流量が少なくなっている (図3)。本調査で観測された花岡橋の平均流量は $1.5\text{m}^3/\text{s}$ で, 浪岡川本流と正平津川の水量が花岡橋における流量の7割を占める。

4.2 水質

pHの測定値は7付近で, 大きな差はみられない。DO測定値は赤川で若干低いほか, 各地点とも季節による変化がみられる。DO測定値と同様, DO飽和率は赤川で低く浪岡川上流が高い傾向が認められるが, 11月には回復している (図4)。水温の低下により, 生物活動が減少しDOの消費が抑えられたためと推察される。

BOD, COD, MBASの測定値は、住宅地の排水が流入する赤川で高く、花岡橋がこれに続く(図5)。浪岡川上流はBODが低く、MBASがすべて検出下限値未満であった。一般に、CODに比べBODは生物分解によって減少しやすいことが知られている。従って、BOD/COD比は未処理の排水が最も大きく、排水処理や自浄作用を受けることにより小さくなっていくといえる³⁾。赤川では他の地点に比べBOD/COD比が大きく、またMBASも高いことから、未処理の生活雑排水の影響が大きいと考えられる。大釈迦川で8月にBOD/COD比が小さい原因は、流量が少なく流達時間が長いことと水田の排水が流入したためと考えられる。

窒素、リンの測定値も赤川で高く花岡橋、大釈迦川がこれに続くという同様の傾向を示す(図6, 図7)。これらの地点ではT-Nに対するNH₄-Nの比率が大きくなっているが、浪岡川上流ではNH₄-Nがほとんど検出されなかった。反対に、赤川ではPO₄-P以外のリン成分の比率が大きくなっている。

表1 BOD/COD比の推移

| 採水日 | 8/1~2 | | 8/22 | | 10/23~24 | | 11/19~20 | |
|-------|-------|------|------|------|----------|------|----------|------|
| | 夕 | 朝 | 朝 | 夕 | 夕 | 朝 | 夕 | 朝 |
| 大釈迦川 | 0.07 | 0.17 | 0.14 | 0.11 | 0.48 | 0.53 | 0.31 | 0.25 |
| 赤川 | 0.45 | 0.66 | 0.44 | 0.29 | 0.69 | 0.92 | 0.56 | 0.72 |
| 浪岡川上流 | 0.36 | 0.22 | 0.10 | 0.12 | 0.21 | 0.21 | 0.25 | 0.23 |
| 花岡橋 | 0.45 | 0.61 | 0.23 | 0.18 | 0.39 | 0.41 | 0.36 | 0.29 |

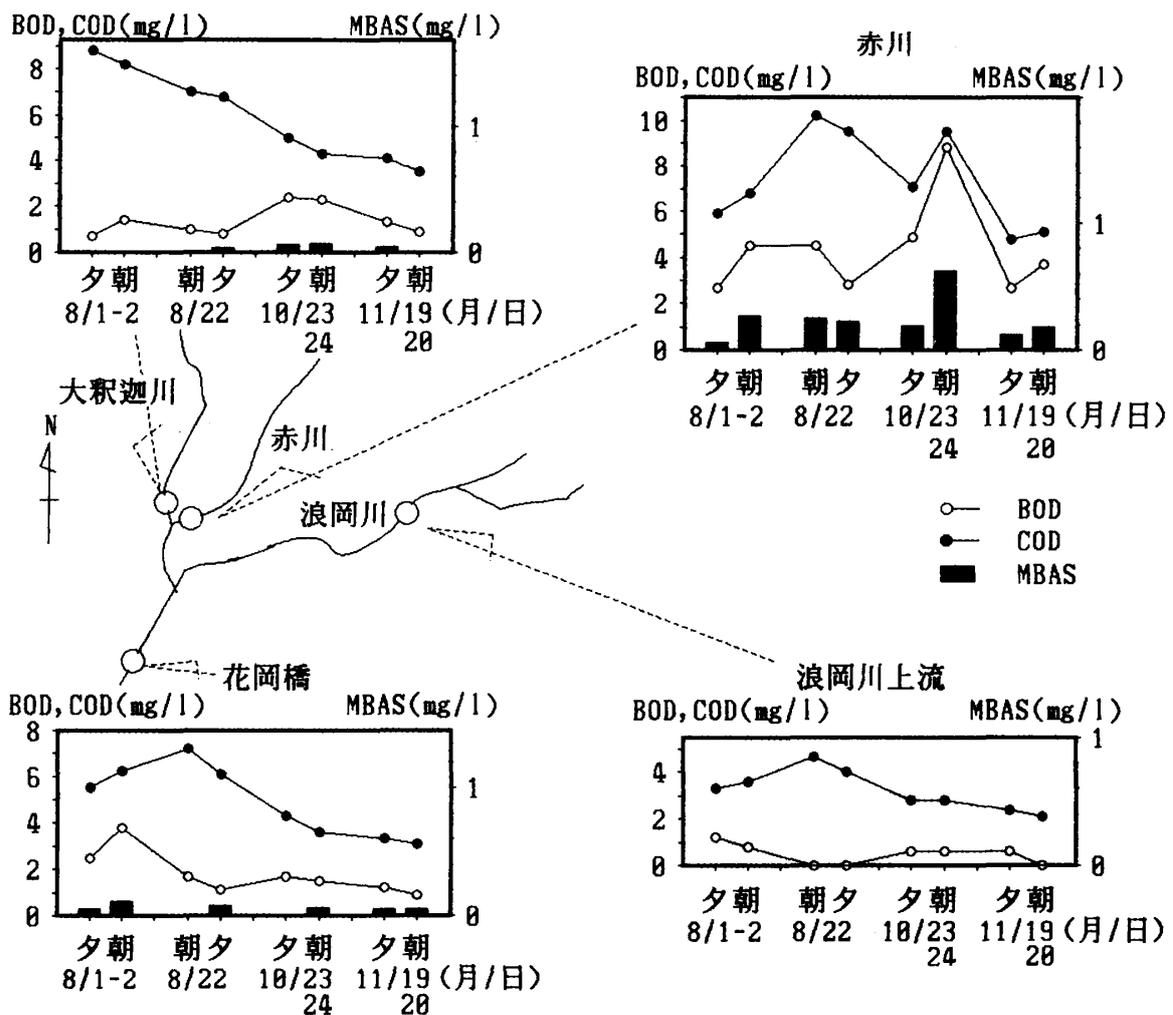
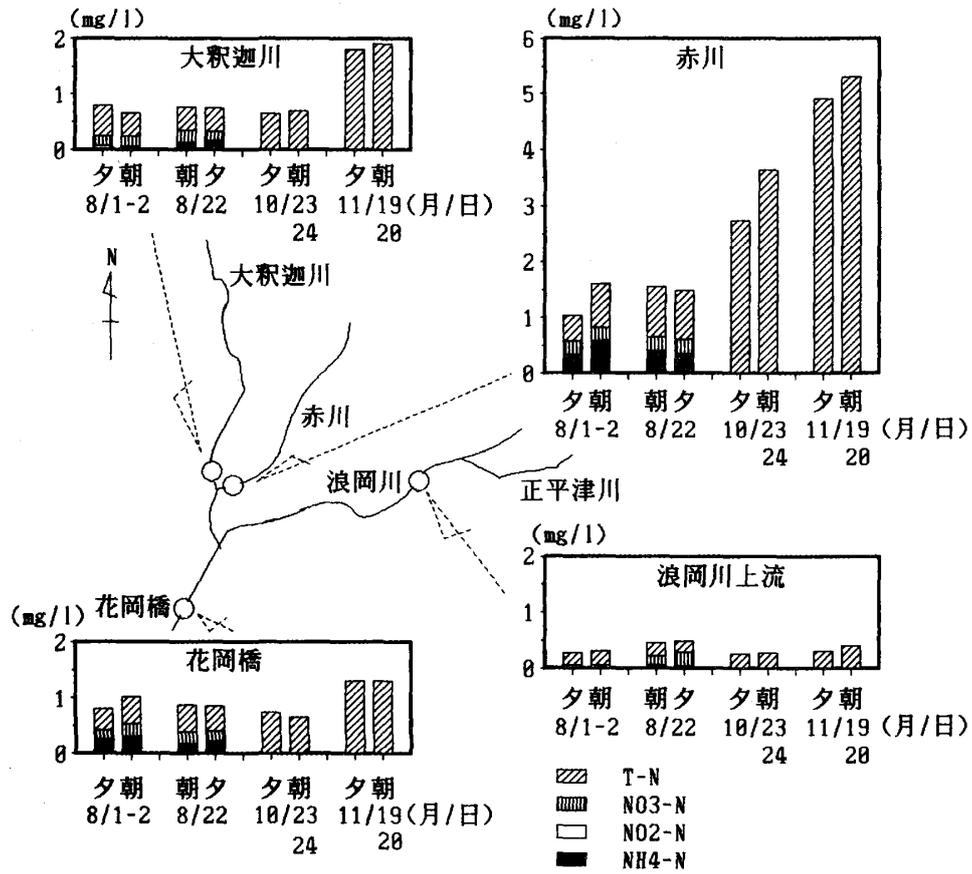


図5 BOD, COD, MBASの測定結果



注) 10, 11月はT-Nのみ図示

図6 窒素の測定結果

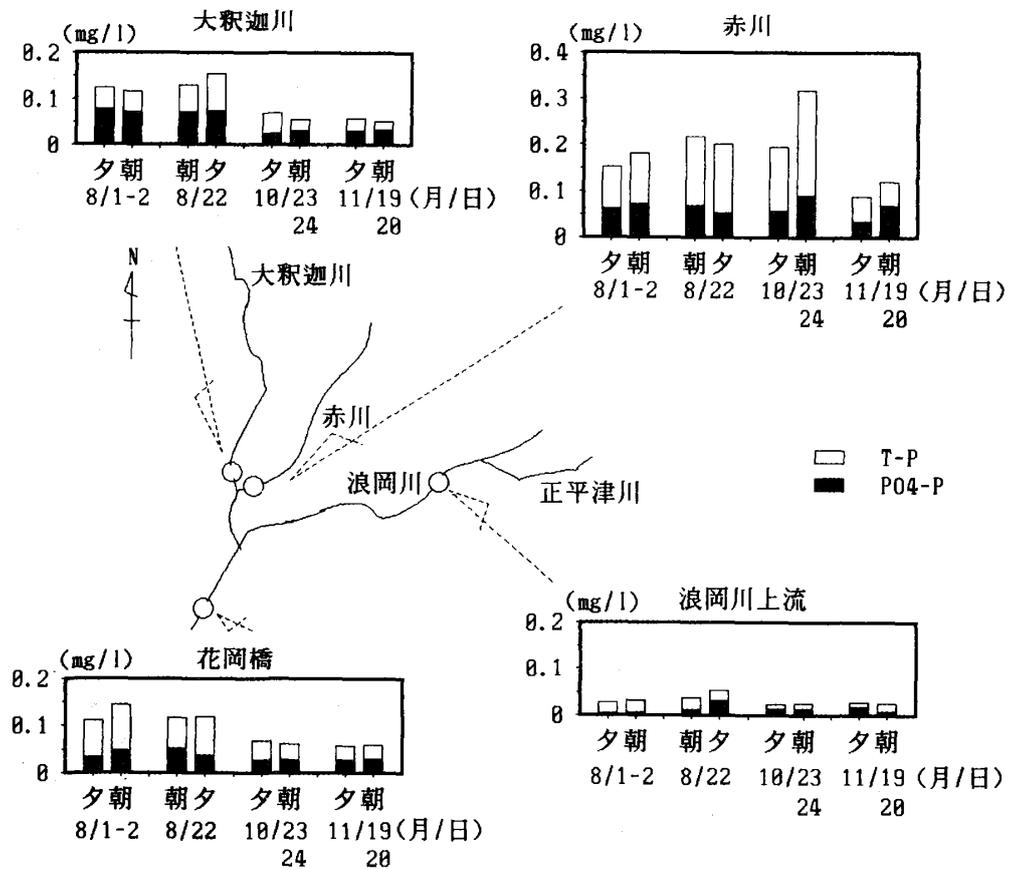


図7 リンの測定結果

4.3 汚濁負荷量

浪岡川上流（正津川合流点）から花岡橋の間で流入する浪岡町市街地の汚濁負荷量を算定した。この間に流入する管路は10ヶ所ほどであるが、水量や水質が安定しないと考えられるため、管路ごとに汚濁負荷量を見積もることは難しい。そのため、平均的な汚濁負荷量を以下の方法で算定した。

まず、前提として

① 各地点が接近し、流速が充分速いため自浄作用と流達率および流下時間を考慮しなくてもよい。

② 途中で多量に流入または取水されていない。

の2つの条件が成立している場合、上流の負荷量の総計と下流の負荷量は一致すると考えられる。

各地点の負荷量をそれぞれ大釈迦川（D）、赤川（A）、浪岡川上流（S）、花岡橋（H）とおくと、浪岡町市街地の汚濁負荷量（N）は

$$N = H - (D + A + S)$$

となる（図8）。

水質×流量で各地点の汚濁負荷量を計算し、浪岡町市街地の汚濁負荷量（N）を算出し、その平均をとった（図9）。花岡橋における汚濁負荷量はBODが10kg/h、COD 26kg/h、SS60kg/h、T-N5.3kg/h、T-P0.49kg/hとなった。このうち、浪岡町市街地の汚濁負荷量はBOD、T-P、MBASで全体の4割、COD、T-N、Clで2割程度であると推定された。また、流域の土地利用から、赤川の汚濁負荷量も多くは周辺の住宅地からのものと考えられる。これを考慮すると浪岡町市街地全体の汚濁負荷量は、BOD、T-N、T-Pで全体の7割、大腸菌

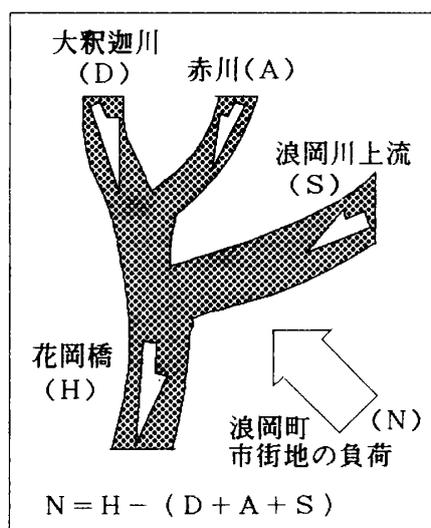


図8 負荷量の算定

群数、MBASで9割を占め、このうちかなりの部分が生活排水によるものと推察される。

採水日毎の汚濁負荷量は、項目によっては上流の負荷量が下流の負荷量より大きくなることがあった。特にSSについては、自浄作用を受けやすいためか、浪岡町市街地の汚濁負荷量が算定できないことがあった。この方法で平均の汚濁負荷量はある程度推定できるもの、1回毎に負荷量を算出するためには、厳密に流下時間を求め、採水時刻を決定する必要があると考えられる。

5. ま と め

県内で水質汚濁の進んでいると考えられる沖館川や土淵川⁴に比べると、浪岡川の水質は良く、変動も少ない。しかし、浪岡町市街地の汚濁負荷は、浪岡川自体の流量に比べて大きいため、水質に少なからぬ影響を与えている。浪岡町では、下水道の導入が計画されており、将来下水道が利用されるようになると花岡橋の水質は改善されるものと期待される。

文 献

- 1) 青森県：青森・津軽地域環境利用ガイド，昭和60年3月
- 2) 青森県：公共用水域水質測定結果
- 3) 五井邦宏，他：都市河川の汚濁特性について（第3報）－霞川－，埼玉県公害センター年報，12，88-99，（1985）
- 4) 青森県環境保健センター業務年報（平成元年度），76，（1992）

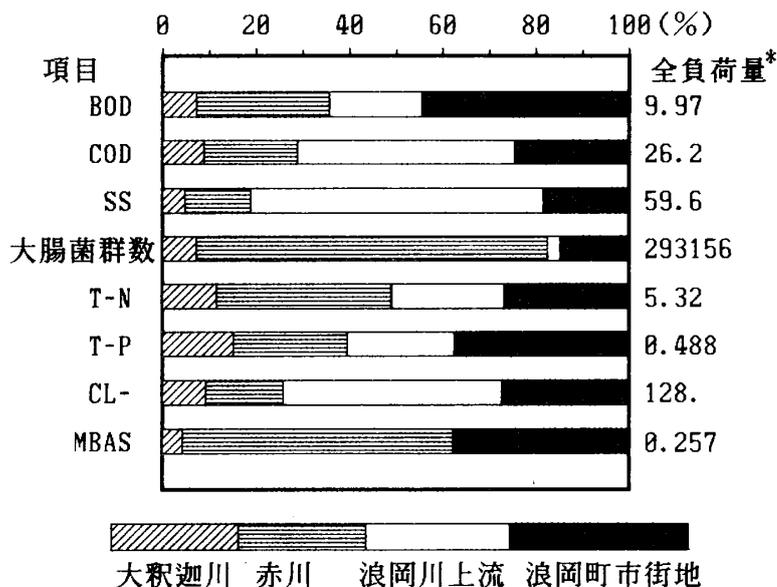


図9 浪岡川（花岡橋）における汚濁負荷量の比率

*注）負荷量の単位はkg/h 大腸菌群数のみ10⁷MPN/h

別表 浪岡川水質調査結果表

| 年月日 | 1990.08.01 | | | | 1990.08.02 | | | |
|-----------------------|------------|--------|-------|--------|------------|--------|-------|-------|
| 採水時刻 | 17:50 | 17:48 | 18:30 | 18:10 | 07:45 | 07:55 | 08:35 | 08:20 |
| 地点名 | 大釈迦川 | 赤川 | 浪岡川上流 | 花岡橋 | 大釈迦川 | 赤川 | 浪岡川上流 | 花岡橋 |
| 天候 | くもり | | | | くもり | | | |
| 気温(°C) | 27.0 | 27.0 | 25.0 | 27.0 | 25.0 | 25.0 | 28.0 | 26.5 |
| 水温(°C) | 25.0 | 23.0 | 18.0 | 24.5 | 21.0 | 20.0 | 18.0 | 22.0 |
| 流量(m ³ /S) | 0 | 0.22 | 1.29 | 1.51 | 0 | 0.23 | 1.38 | 1.61 |
| PH | 7.7 | 6.9 | 7.2 | 7.0 | 7.4 | 6.9 | 7.2 | 7.0 |
| DO | 6.2 | 5.4 | 8.1 | 7.0 | 9.0 | 5.6 | 8.4 | 5.5 |
| BOD | 0.7 | 2.7 | 1.2 | 2.5 | 1.4 | 4.5 | 0.8 | 3.8 |
| COD | 8.8 | 5.9 | 3.3 | 5.5 | 8.2 | 6.8 | 3.6 | 6.2 |
| SS | 2 | 8 | 8 | 8 | 2 | 11 | 9 | 10 |
| 大腸菌群数 | 17000 | 920000 | 2200 | 220000 | 7000 | 640000 | 3500 | 49000 |
| T-N | 0.79 | 1.03 | 0.27 | 0.80 | 0.66 | 1.61 | 0.30 | 1.02 |
| T-P | 0.126 | 0.152 | 0.028 | 0.111 | 0.117 | 0.18 | 0.031 | 0.146 |
| Cl ⁻ | 33 | 29 | 16 | 24 | 33 | 28 | 16 | 27 |
| NH ₄ -N | 0.02 | 0.30 | <0.02 | 0.22 | 0.02 | 0.55 | <0.02 | 0.26 |
| NO ₃ -N | 0.173 | 0.248 | 0.047 | 0.166 | 0.18 | 0.244 | 0.057 | 0.231 |
| NO ₂ -N | 0.045 | 0.036 | <0.03 | 0.03 | 0.035 | 0.034 | <0.03 | 0.04 |
| PO ₄ -P | 0.079 | 0.062 | 0.004 | 0.034 | 0.072 | 0.072 | 0.006 | 0.048 |
| MBAS | <0.03 | 0.06 | <0.03 | 0.05 | <0.03 | 0.26 | <0.03 | 0.11 |

単位：mg/l 大腸菌群数はMPN/100ml

| 年月日 | 1990.08.22 | | | | 1990.08.22 | | | |
|-----------------------|------------|-------|-------|-------|------------|--------|-------|-------|
| 採水時刻 | 18:30 | 18:45 | 18:15 | 18:55 | 07:20 | 07:35 | 08:10 | 07:55 |
| 地点名 | 大釈迦川 | 赤川 | 浪岡川上流 | 花岡橋 | 大釈迦川 | 赤川 | 浪岡川上流 | 花岡橋 |
| 天候 | くもり | | | | くもり | | | |
| 気温(°C) | 26.0 | 26.0 | 28.0 | 26.0 | 27.0 | 27.0 | 28.0 | 28.0 |
| 水温(°C) | 25.5 | 25.5 | 23.5 | 25.0 | 22.0 | 22.0 | 16.0 | 21.0 |
| 流量(m ³ /S) | 0.07 | 0.18 | 0.21 | 0.46 | 0.15 | 0.29 | 1.44 | 1.88 |
| PH | 7.4 | 7.0 | 7.3 | 7.2 | 7.6 | 7.2 | 7.4 | 7.3 |
| DO | 5.6 | 4.2 | 6.7 | 6.4 | 7.3 | 5.1 | 8.9 | 5.8 |
| BOD | 0.8 | 2.8 | <0.5 | 1.1 | 1.0 | 4.5 | <0.5 | 1.7 |
| COD | 6.8 | 9.5 | 4.0 | 6.1 | 7.0 | 10.2 | 4.7 | 7.2 |
| SS | 9 | 14 | 6 | 13 | 6 | 20 | 13 | 9 |
| 大腸菌群数 | 9400 | 94000 | 4900 | 17000 | 130000 | 130000 | 3300 | 49000 |
| T-N | 0.75 | 1.48 | 0.49 | 0.85 | 0.76 | 1.55 | 0.46 | 0.87 |
| T-P | 0.154 | 0.201 | 0.054 | 0.118 | 0.132 | 0.219 | 0.037 | 0.116 |
| Cl ⁻ | 29 | 29 | 18 | 25 | 26 | 30 | 17 | 39 |
| NH ₄ -N | 0.12 | 0.32 | 0.03 | 0.2 | 0.09 | 0.37 | 0.05 | 0.16 |
| NO ₃ -N | 0.165 | 0.26 | 0.257 | 0.18 | 0.226 | 0.257 | 0.169 | 0.215 |
| NO ₂ -N | 0.04 | 0.04 | 0.004 | 0.02 | 0.029 | 0.028 | 0.003 | 0.016 |
| PO ₄ -P | 0.074 | 0.052 | 0.032 | 0.037 | 0.073 | 0.069 | 0.011 | 0.051 |
| MBAS | 0.03 | 0.22 | <0.03 | 0.08 | <0.03 | 0.25 | <0.03 | <0.03 |

単位：mg/l 大腸菌群数はMPN/100ml

| 年月日 | 1990.10.23 | | | | 1990.10.24 | | | |
|-----------------------|------------|--------|--------|-------|------------|-------|--------|-------|
| 採水時刻 | 17:35 | 18:10 | 18:25 | 18:40 | 07:20 | 07:35 | 08:25 | 07:45 |
| 地点名 | 大釈迦川 | 赤川 | 浪岡川上流 | 花岡橋 | 大釈迦川 | 赤川 | 浪岡川上流 | 花岡橋 |
| 天候 | 晴れ | | | | 晴れ | | | |
| 気温(°C) | 13.0 | 13.0 | 10.0 | 11.0 | 5.0 | 6.0 | 11.0 | 6.0 |
| 水温(°C) | 13.0 | 12.0 | 11.0 | 11.0 | 6.6 | 8.0 | 8.1 | 7.6 |
| 流量(m ³ /S) | 0.18 | 0.14 | 0.83 | 1.39 | 0.16 | 0.08 | 0.82 | 1.54 |
| PH | 7.6 | 7.3 | 7.5 | 7.4 | 7.7 | 7.5 | 7.6 | 7.5 |
| DO | 8.6 | 8.2 | 10.2 | 9.3 | 11 | 8.2 | 11.1 | 10.8 |
| BOD | 2.4 | 4.9 | 0.6 | 1.7 | 2.3 | 8.8 | 0.6 | 1.5 |
| COD | 5.0 | 7.1 | 2.8 | 4.3 | 4.3 | 9.5 | 2.8 | 3.6 |
| SS | 6 | 20 | 4 | 8 | 3 | 7 | 3 | 8 |
| 大腸菌群数 | 13000 | 330000 | 1700 | 46000 | 79000 | 79000 | 1300 | 33000 |
| T-N | 0.63 | 2.73 | 0.25 | 0.73 | 0.69 | 3.63 | 0.27 | 0.65 |
| T-P | 0.072 | 0.105 | 0.024 | 0.067 | 0.57 | 0.319 | 0.025 | 0.062 |
| Cl ⁻ | 24 | 29 | 15 | 19 | 23 | 37 | 15 | 15 |
| NH ₄ -N | | | | | | | | |
| NO ₃ -N | 0.346 | 1.51 | 0.166 | 0.398 | 0.43 | 1.58 | 0.194 | 0.369 |
| NO ₂ -N | 0.017 | 0.064 | <0.003 | 0.013 | 0.007 | 0.050 | <0.003 | 0.008 |
| PO ₄ -P | 0.027 | 0.056 | 0.014 | 0.028 | 0.032 | 0.090 | 0.013 | 0.028 |
| MBAS | 0.06 | 0.19 | <0.03 | <0.03 | 0.007 | 0.62 | <0.03 | 0.06 |

単位：mg/l 大腸菌群数はMPN/100ml

| 年月日 | 1990.11.19 | | | | 1990.11.20 | | | |
|-----------------------|------------|--------|--------|-------|------------|-------|--------|-------|
| 採水時刻 | 18:20 | 18:17 | 17:47 | 18:50 | 07:30 | 07:35 | 08:25 | 08:00 |
| 地点名 | 大釈迦川 | 赤川 | 浪岡川上流 | 花岡橋 | 大釈迦川 | 赤川 | 浪岡川上流 | 花岡橋 |
| 天候 | 晴れ | | | | くもり | | | |
| 気温(°C) | 8 | 8 | 6 | 4 | 6 | 6 | 9 | 7.5 |
| 水温(°C) | 9.3 | 9.5 | 8.5 | 8.8 | 6.5 | 7 | 6.5 | 6.8 |
| 流量(m ³ /S) | 0.28 | 0.26 | 1.2 | 1.63 | 3.26 | 0.22 | 1.35 | 2.17 |
| PH | 7.5 | 7.2 | 7.5 | 7.4 | 7.5 | 7.4 | 7.5 | 7.4 |
| DO | 10.3 | 9.0 | 11 | 10.5 | 11.2 | 10.3 | 11.9 | 11.4 |
| BOD | 1.3 | 2.7 | 0.6 | 1.2 | 0.9 | 3.7 | <0.5 | 0.9 |
| COD | 4.1 | 4.8 | 2.4 | 3.3 | 3.5 | 5.1 | 2.1 | 3.1 |
| SS | 7 | 7 | 11 | 9 | 5 | 4 | 16 | 20 |
| 大腸菌群数 | 35000 | 110000 | 1100 | 3500 | 11000 | 24000 | 220 | 9200 |
| T-N | 1.8 | 4.9 | 0.3 | 1.3 | 1.9 | 5.3 | 0.4 | 1.3 |
| T-P | 0.059 | 0.088 | 0.027 | 0.058 | 0.053 | 0.12 | 0.025 | 0.059 |
| Cl ⁻ | 24 | 29 | 15 | 19 | 23 | 29 | 15 | 19 |
| NH ₄ -N | | | | | | | | |
| NO ₃ -N | 1.59 | 4.17 | 0.237 | 1.06 | 1.69 | 4.37 | 0.273 | 1.07 |
| NO ₂ -N | 0.015 | 0.029 | <0.003 | 0.01 | 0.007 | 0.021 | <0.003 | 0.007 |
| PO ₄ -P | 0.032 | 0.034 | 0.017 | 0.028 | 0.034 | 0.068 | 0.008 | 0.029 |
| MBAS | 0.04 | 0.12 | <0.03 | 0.05 | <0.03 | 0.18 | <0.03 | 0.05 |

単位：mg/l 大腸菌群数はMPN/100ml

Abstract

**Studies on pollution loads in medium and small river
— Water Qualities of Namioka River —**

Kazuhiro TSUSHIMA, Toshio KON, Hajime MIKAMI
Mariko SATO and Shigeki KOBAYASHI

Water qualities of Namioka river, a tributary of Iwaki river, were examined in the morning and evening and evaluated. From results of the pollution loads in 4 points : 2 points of inflow, the upper and lower rivers, we could estimate the pollution loads in towns containing relative density of population.

中小都市河川の水質汚濁特性 — 新城川水系における窒素・燐の挙動とAGP試験 —

三上 一 早狩 進 奈良 忠明¹⁾
 阪崎 俊璽²⁾ 工藤 孝宣³⁾ 小林 繁樹¹⁾
 高井 秀子⁴⁾ 角田 智子⁵⁾ 田澤 良基⁶⁾

青森市西部地区を貫流する中小都市河川である新城川水系の水質汚濁特性について調査した。その結果、流量と負荷量との間には良好な関係が認められるとともに、同水系では栄養塩類である窒素・燐やAGP負荷量が高く、更に、事業場からの影響も無視できないことから、同水系の水質改善には窒素・燐を含めた対策が必要である。

Key words: small urban rivers, Shinjyo river, nitrogen・phosphorus, AGP and loads

1. はじめに

県内河川の水質の現況はほぼ横ばいの状況にあるものの、一部の中小都市河川では生活雑排水等の影響により水質は悪化の傾向にある¹⁾。

このような中小都市河川のうち、青森市西部を貫流し、陸奥湾に注ぎ込む新城川中流域に位置する戸建沢の水質は環境基準(B類型: BOD 3 mg/l以下)を超えることがしばしばあり、水質の改善が望まれている^{2),3)}。

同水系でのBODは炭素に由来する有機物汚濁のほかに、窒素の硝化作用による汚濁が高く、しばしば硝化作用による汚濁が炭素による汚濁を上回ることから、水質の浄化には炭素由来の有機物汚濁のほかに窒素の除去が重要であることが指摘されている⁴⁾。

窒素は燐とともに生活排水、事業場排水等の人間活動とともに増加し、湖沼・内湾等の閉鎖性水域への過剰流入は藻類増殖による富栄養化現象をもたらすことから、湖沼では窒素・燐に係る環境基準値が設定され、海域においても導入が検討されている^{5),6)}。

今回、新城川水系での水質汚濁特性を明らかにするため、栄養塩類である窒素・燐の動態、AGP試験等を実施し、汚濁負荷量解析を試みたので報告する。

2. 流域の概況

新城川は青森市と浪岡町の境界に接する梵珠山(468m)山麓北部の大釈迦峠に源流を発する流域面積85.41km²、流路延長20.4km、流域人口18,747人の2級河川で、B類

型に指定されている(図1)。

新城川は孫内川と早稲田橋上流で合流し、市内西部地区を貫流しながら陸奥湾へと注ぎ込む。同流域内における事業活動状況をみると、市内の中小河川としては比較的事業場が多く点在し、戸建沢橋の上流ではし尿処理施設が2施設、下流では水産・食品加工場等8施設が認められる(図2)。

一方、流域の土地の利用状況をみると、全流域の70%以上が針葉樹及び広葉樹からなる山林が占め、次いで水田と畑地(含む果樹地)が各々10%程度であり、市街地とその他面積は少なかった(表1)。

地域毎に土地利用度をみると新城川上流域はほとんどが森林、山地からなり、平岡大橋以降の下流域では水田地帯が広がるとともに、近年、宅地化が進行している(図3)。

表1 新城川水系における土地利用の形態の現況

| 利用形態 | 面積 (km ²) | 面積率 (%) |
|------|-----------------------|---------|
| 水田 | 9.02 | 10.5 |
| 畑地* | 8.17 | 9.5 |
| 山林 | 62.15 | 72.7 |
| 市街地 | 2.76 | 3.2 |
| その他 | 3.31 | 4.1 |
| 合計 | 85.41 | 100.0 |

* : 果樹園・草地を含む

1) 公害課 2) 八戸公害事務所 3) 七戸保健所 4) 環境衛生課 5) 県立つくしが丘病院 6) 五所川原保健所

3. 調査方法

3.1) 調査地点及び調査日時

表2 調査日時 (n=10)

| 年 | 月 | 日 |
|-------|--------|-------------|
| 1988年 | 5月19日 | 7月18日 9月27日 |
| | 12月12日 | |
| 1989年 | 1月25日 | 3月7日 5月22日 |
| | 7月14日 | 11月2日 |
| 1990年 | 1月29日 | |

調査地点は6地点である(図2)。今回、調査対象とした新城川最下流の河口域に位置する新井田橋はB類型に指定されている環境基準点であるが、干潮河川であり、しばしば海水の影響を受けることから調査対象から除外した。

調査対象とした新城川上流から岡田橋までの6地点間の流路延長は8.69kmで、総流路延長(20.4km)の43%を占め、調査時における早稲田橋から岡田橋末端までの平均流速は0.37m/sec(0.21~0.57m/sec)平均流下時間は6.4時間(4.1~11.4時間)となることから、調査対象とした区間は流路延長が短く、流下時間が速いのが特徴である。

この区間では主に水田農業用水取水のため頭首工及び揚水場が4ヶ所あり、更に、支川を含め多くの排水路が流入することから水収支は複雑なようである。

なお、新城川流域内には排水量が50m³/日以上の実業場は10施設あるが、期間中に7事業場について調査を実施した。

3.2) 分析項目

表3 分析方 法

| 項 目 | 分 析 方 法 |
|------------|--|
| 流量 | 流速計による |
| 水温, 気温 | JIS K0102 (1986) |
| pH, DO | " |
| COD, BOD | " |
| C-BOD | アリルチオ尿素添加のBOD |
| N-BOD | BODよりC-BODを差し引いた |
| SS | 重量法 (JIS K0102:1986) |
| 塩素イオン | モール法(上水試験法) |
| 電導度 | 電導度計(25℃換算) |
| 全窒素 | JIS K0102 (1986:紫外線吸光光度法) |
| アンモニア性窒素 | インドフェノール青吸光光度法 |
| 亜硝酸性窒素 | スルファニル・α-ナフチルエチレンジアミン法 |
| 硝酸性窒素 | 銅・カドミウムカラム還元法 |
| 全磷 | JIS K0102 (1986:ペルオキシ二硫酸カリウム分解-モリブデン青法) |
| 懸濁態磷 (P-P) | 全磷から溶存態磷を差し引いた |
| 磷酸態磷 | メンブランフィルター(孔径1.2)濾液のモリブデン青法 |
| MBAS | メチレンブルー吸光光度法 JIS K0102 (1986) |
| AGP | 供試藻類は <i>Selenastrum capricornutum</i> で、熱分解法による |

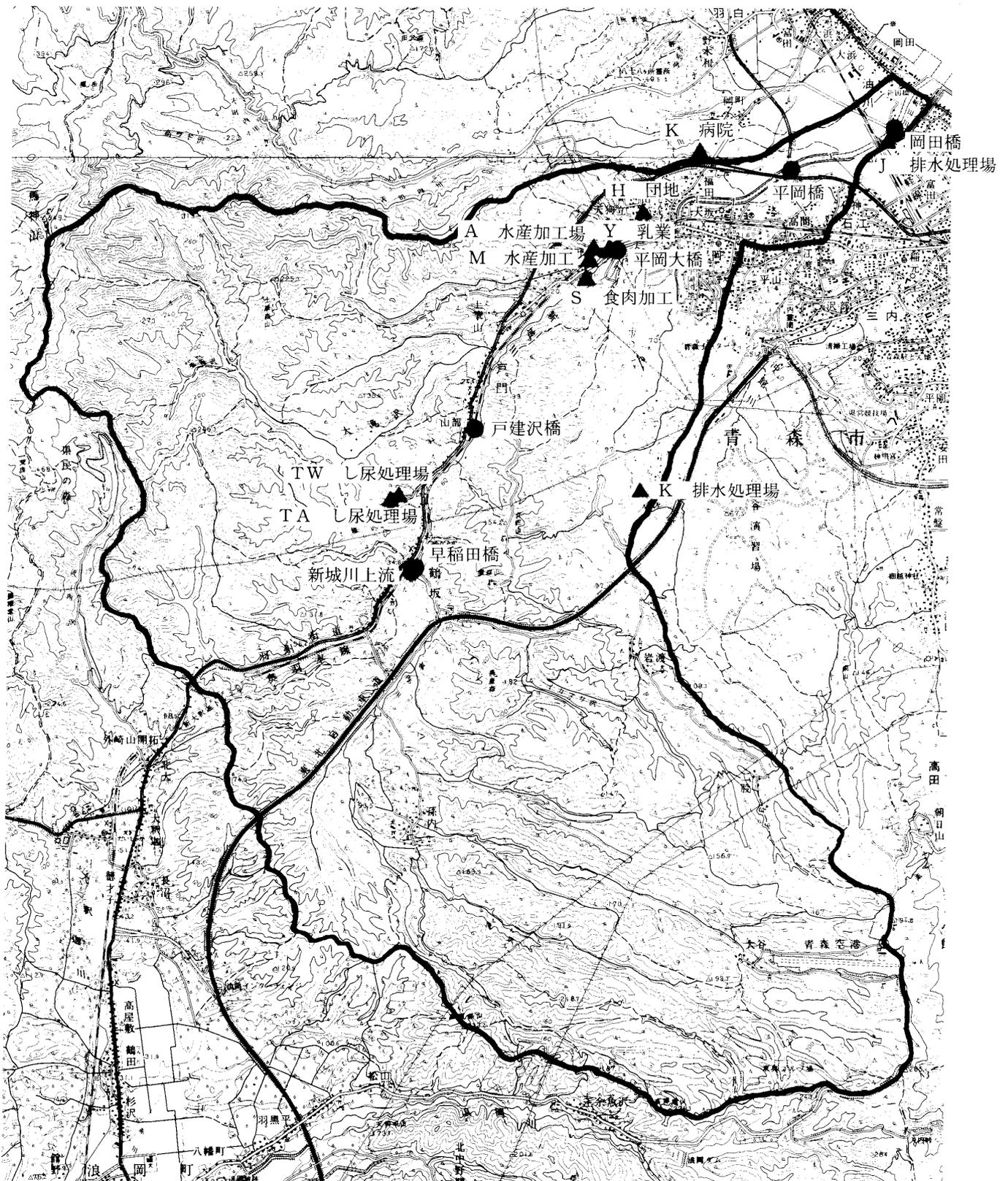


図1 新城川水系における流域図

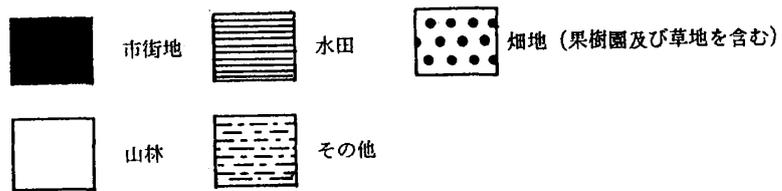
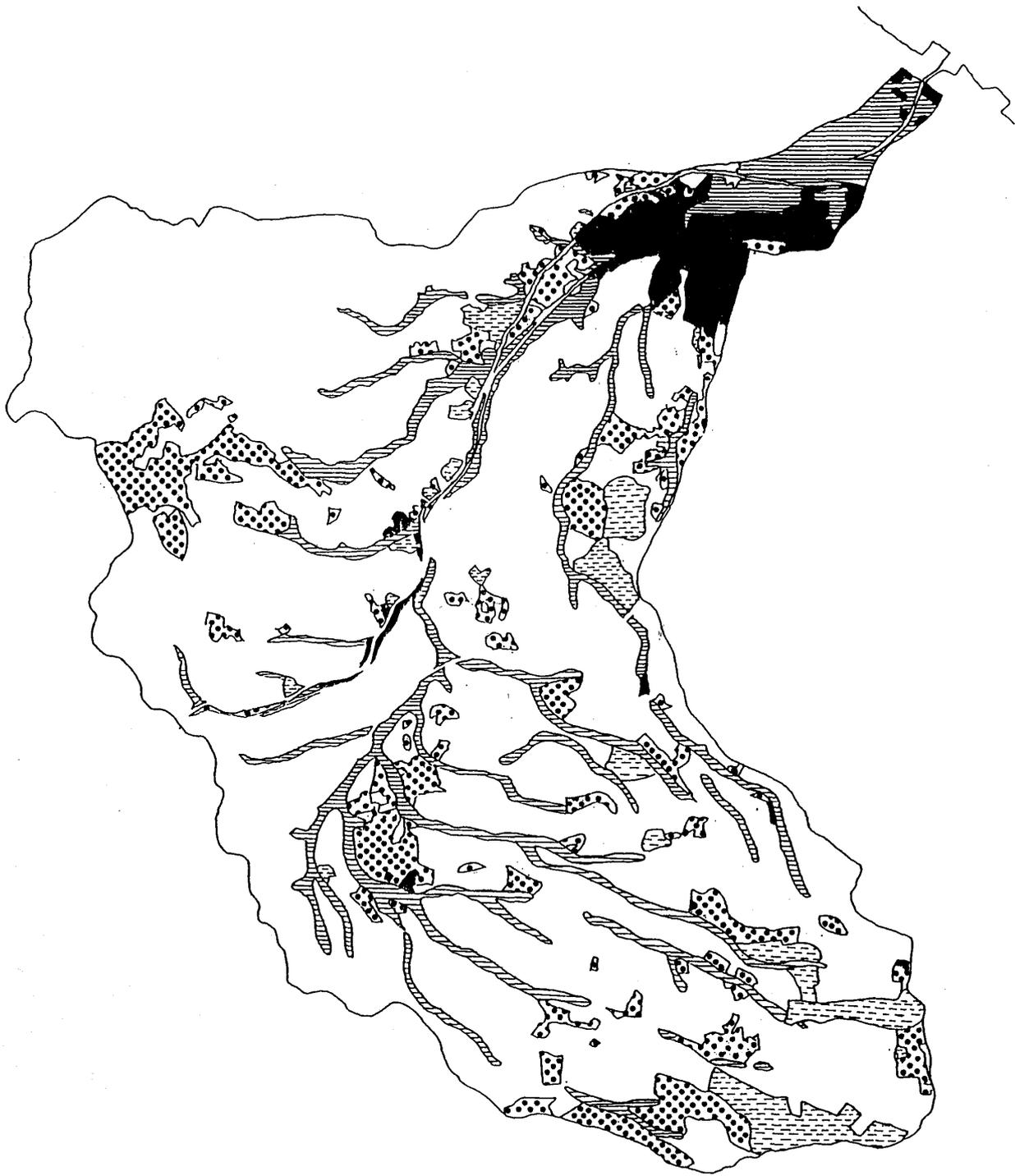
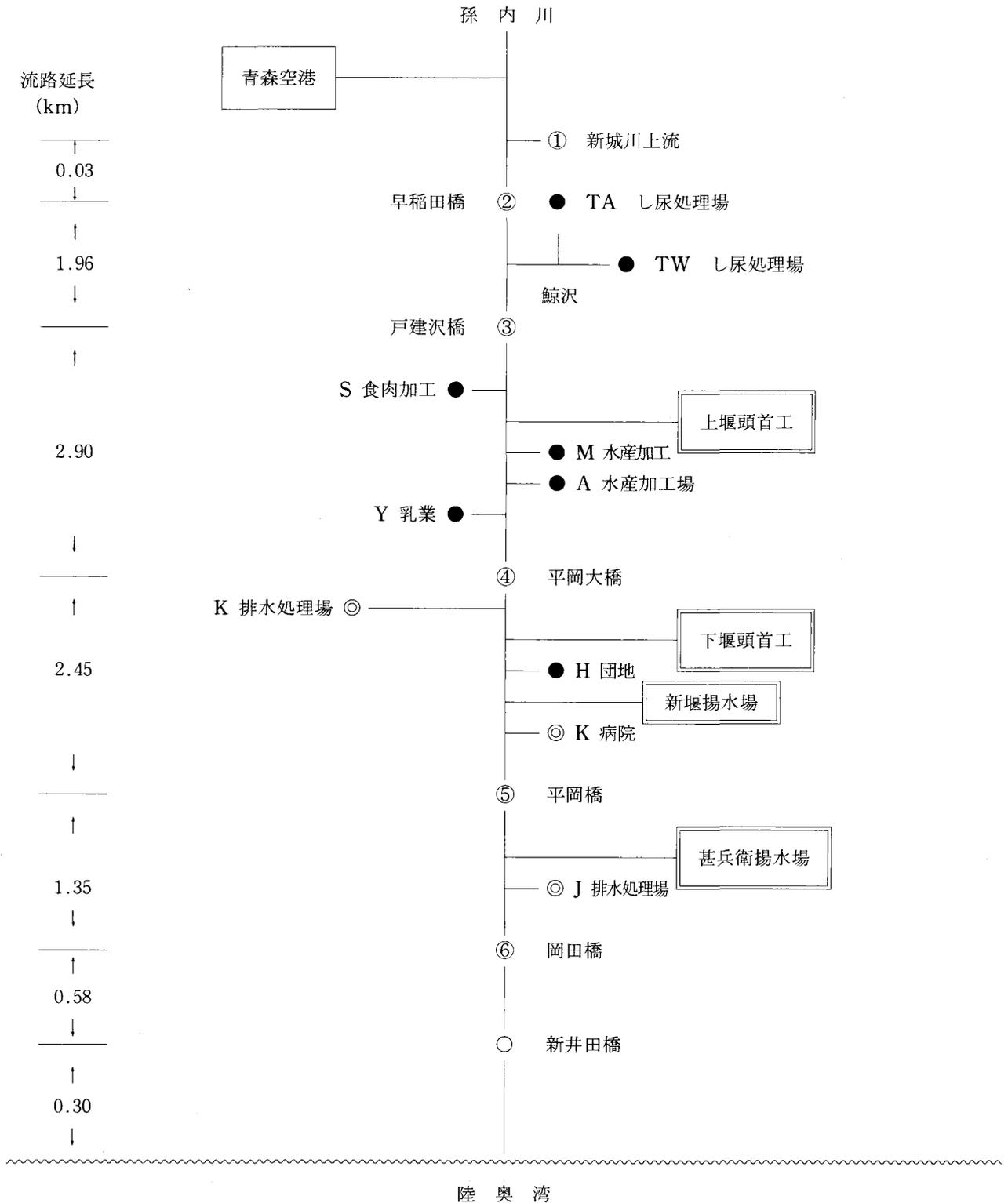


図2 新城川水系における土地利用の概況

(青森県土地分類基本調査により作成) ^{7),8)}



- : 排水量 50m^3 /日以上 of 事業場 (調査実施)
- ◎ : 排水量 50m^3 /日以上 of 事業場 (調査実施せず)

図3 新城川水系における調査地点概略図

4. 結果と考察

4.1) 降雨（雪）

河川における物質収支を知るためには、流域内の水収支を把握することが重要である。特に、降雨は流域内の水収支に大きく影響し、河川の流量と密接に関連するとともに、降雨中の窒素・リン等の栄養塩類による降水負荷量が大きいこと^{9,10)}等、河川の水質汚濁を考えるうえで大きな意義をもつものと考えられる。

ここでは、新城川水系を対象として降雨状況及び降雨と河川流量の関係について検討した。

4.1.1) 降雨（雪）状況

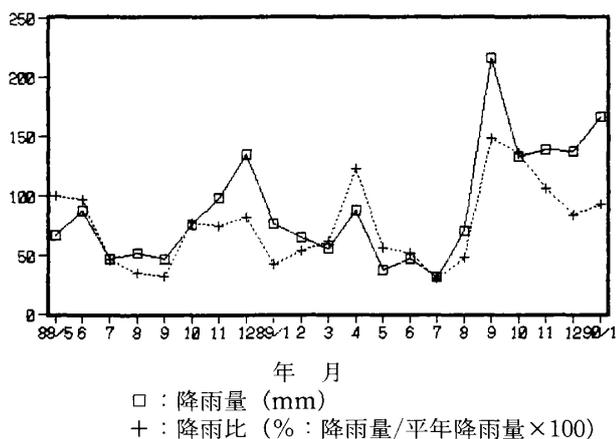


図4 新城川水系における月別降雨の推移
(1988年5月～90年1月)

調査期間中（1988年5月～90年1月）の降雨（雪を含む：以下同じ）状況を概観すると、総降雨量は1868.5mmで、平年降雨量2530.9mmの約74%であった。月別の推移をみると89年4月及び89年9～11月は平年降雨量を上回るほかはいずれも平年降雨量を下回り、全般的に小雨の傾向にあり、特に、夏季には平年降雨量の50%以下で、その傾向が著しかった（図4）。

降雨日数及び降雨強度をみると、降雨日数では、ほぼ2日に1度、平均4.9mmの降雨があり、降雨日数が多いようである。これは夏季は晴天日が比較的続くのに対し、冬季は降雪が長期間にわたり続くためである（図5）。

降雨強度についてみると、降雨量5mm下では降雨強度がかなり大きい場合や先行晴天日数が短い場合を除いて農耕地・林地等からの直接流入がみられない¹¹⁾とされるが、この5mm以下の降雨は全期間中では28.7%で、全降雨日数の59.7%となる。降雨日数でみると大半の降雨は5mm以下の小雨で占められているが、降雨量では全降雨量の23.2%に過ぎず、全降雨量に寄与する割合は小さかった。

一方、21mm以上の降雨は流量や流出負荷量に大きな影響を与えるといわれるが、日数は全期間で2.0%、全降雨日数で4.4%と降雨日数に占める割合が小さいが、全降雨

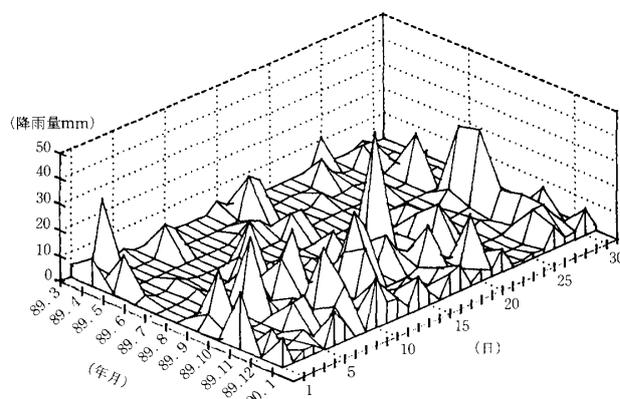
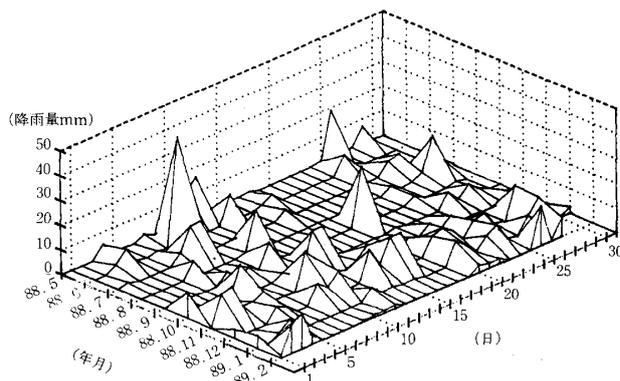


図5 調査期間中における降雨状況
(1988年5月～90年1月：n=641)

表4 新城川水系における降雨（雪）状況
(青森地方気象台：1988年5月19日～91年1月29日)

| 区分 (mm) | 日数 (日) | 日数 (%) | 降雨量 (mm) | 降雨量 (%) |
|------------|-----------|-------------|-------------|------------|
| 0 | 333 | 52.0 | 0 | 0 |
| ～5 | 184 | 28.7 (59.7) | 355.0 | 23.2 |
| ～10 | 59 | 9.2 (19.1) | 443.5 | 29.0 |
| ～20 | 52 | 8.1 (16.8) | 718.5 | 47.0 |
| 20～ | 13 | 2.0 (4.4) | 366.5 | 24.0 |
| 計 | 641 | 100.0 | 1508.5 | 100.0 |

注：（ ）の数字は降雨（雪）日数に占める割合

量の24.0%となり、降雨日数の大半を占める5mm以下の降雨量に匹敵し、降雨日数と降雨強度では各々の寄与は異なっていた（表4）。

4.2.2) 降雨（雪）と流量の関係

流量は負荷量解析に不可欠な項目であることから調査時における流量の推移をみた。

全水域では平均流量は $1.61\text{m}^3/\text{s}$ ($0.13\sim 7.79\text{m}^3/\text{s}$)で、流量の最小と最大の差は約60倍で、流量の変動幅はかなり大きいようである。新城川上流の平均流量は $0.23\text{m}^3/\text{s}$ ($0.13\sim 0.53\text{m}^3/\text{s}$)であり、いずれの調査時でも流量は少なく、直下の早稲田橋の流量の25.4% ($4.9\sim 57.6\%$)で、新城川上流の流量の寄与は小さい。

早稲田橋以降の流量をみると、下流になるにつれ流量は大きくなる傾向にあり、89年3月7日及び11月2日の両調査日にはその傾向が顕著であった（図6）。

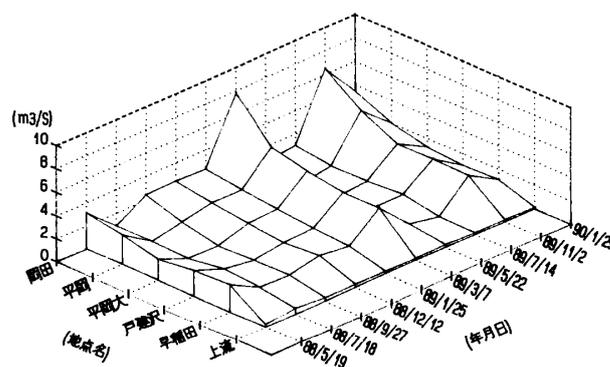


図6 新城川水系における流量の推移

表5 降雨量と流量の関係 (n=10)

| | 総降雨量 | 影響降雨量 | 新城川上流 | 早稲田橋 | 戸建沢橋 | 平岡大橋 | 平岡橋 | 岡田橋 |
|-------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 総降雨量 | 1.000 | | | | | | | |
| 影響降雨量 | 0.699 | 1.000 | | | | | | |
| 新城川上流 | -0.587 | -0.572 | 1.000 | | | | | |
| 早稲田橋 | 0.737 | 0.572 | -0.217 | 1.000 | | | | |
| 戸建沢橋 | 0.759 | 0.588 | -0.240 | 0.973 | 1.000 | | | |
| 平岡大橋 | 0.878 | 0.750 | -0.377 | 0.938 | 0.947 | 1.000 | | |
| 平岡橋 | 0.821 | 0.779 | -0.358 | 0.933 | 0.918 | 0.957 | 1.000 | |
| 岡田橋 | 0.865 | 0.753 | -0.424 | 0.914 | 0.906 | 0.948 | 0.971 | 1.000 |

— : $r > 0.764$ は危険率1%で有意

■ : $r > 0.631$ は危険率5%で有意

中小河川における年平均流量は、週1度の流量測定頻度では調査当日を含む10日間の重み付けをした降雨量(総影響降水量)に支配されている¹²⁾ことから、流量と降雨の関係について検討した。

ここでは、最も単純なモデルとして、調査当日を含む10日前までの降雨量の合計を総降雨量(T-R)とし、同期間内におけるn日目の降雨量 $1/(n-1) \times R$ (mm)の合計を時間的な要素を考慮した影響降雨量(I-R)として、各地点での観測流量と降雨量との関係をみた。

新城川上流を除く5地点では総降雨量と流量、更に、各地点の流量との間に良い正の相関が得られ、下流域に行くにつれてその傾向が認められた。一方、新城川上流は流量及び他の地点の流量との間ではいずれも負の相関となり、流量の挙動に差が認められた。この要因として、

新城川上流域の土地利用概況は主に、森林、山地であることから、流域内における土地利用形態や利用度の差に由来するものと考えられる。

時間的な要素を重み付けした影響降雨量と流量の相関は総降雨量と同じ傾向を示すものの、いずれも相関が低く(表5)、流量に及ぼす有効降雨量の算定にはさらに検討が必要である。

4.2) 水質の特性

表6 水質の相関図表 (濃度)

| 項目 | 気温 | 水温 | 流量 | pH | DO | COD | BOD | C-BOD | N-BOD | SS | CL | EC | T-N |
|--------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------|-------|-------|-------|-------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 気温 | 1.00 | | | | | | | | | | | | |
| 水温 | 0.96 | 1.00 | | | | | | | | | | | |
| 流量 | -0.29 | -0.29 | 1.00 | | | | | | | | | | |
| pH | 0.43 | 0.50 | -0.51 | 1.00 | | | | | | | | | |
| DO | -0.54 | -0.54 | 0.07 | -0.01 | 1.00 | | | | | | | | |
| COD | 0.15 | 0.18 | 0.01 | 0.14 | -0.01 | 1.00 | | | | | | | |
| BOD | -0.30 | -0.24 | 0.13 | -0.01 | 0.22 | 0.67 | 1.00 | | | | | | |
| C-BOD | -0.19 | -0.13 | -0.02 | 0.15 | 0.24 | 0.67 | 0.93 | 1.00 | | | | | |
| N-BOD | -0.38 | -0.37 | 0.41 | -0.41 | 0.03 | 0.26 | 0.54 | 0.21 | 1.00 | | | | |
| SS | -0.04 | 0.01 | 0.40 | -0.03 | -0.04 | 0.13 | -0.01 | -0.00 | -0.02 | 1.00 | | | |
| CL | -0.14 | -0.10 | 0.13 | 0.13 | 0.09 | -0.15 | 0.22 | 0.26 | -0.01 | -0.00 | 1.00 | | |
| EC | -0.15 | -0.11 | 0.13 | 0.14 | 0.09 | -0.14 | 0.22 | 0.27 | -0.01 | 0.00 | 0.99 | 1.00 | |
| T-N | -1.48 | -0.44 | 0.50 | -0.43 | 0.36 | 0.31 | 0.51 | 0.42 | 0.43 | 0.11 | 0.07 | 0.08 | 1.00 |
| NH ₄ -H | -0.37 | -0.36 | 0.30 | -0.40 | 0.31 | 0.26 | 0.53 | 0.42 | 0.47 | 0.00 | 0.05 | 0.06 | 0.82 |
| NO ₃ -N | -0.53 | -0.52 | 0.38 | -0.41 | 0.30 | 0.27 | 0.36 | 0.30 | 0.30 | 0.01 | 0.07 | 0.08 | 0.83 |
| NO ₂ -N | 0.21 | 0.21 | 0.06 | -0.18 | -0.17 | 0.08 | 0.10 | 0.01 | 0.23 | -0.06 | -0.05 | -0.05 | 0.26 |
| DIN | -0.47 | -0.46 | 0.38 | -0.46 | 0.30 | 0.30 | 0.48 | 0.37 | 0.43 | 0.00 | 0.06 | 0.07 | 0.93 |
| Org-N | -0.25 | -0.18 | 0.51 | -0.15 | 0.32 | 0.19 | 0.33 | 0.30 | 0.21 | 0.31 | 0.05 | 0.05 | 0.64 |
| T-P | 0.26 | 0.30 | -0.03 | 0.17 | -0.09 | 0.33 | 0.28 | 0.30 | 0.06 | 0.06 | 0.25 | 0.26 | 0.25 |
| P-P | 0.11 | 0.20 | 0.36 | 0.19 | 0.05 | 0.26 | 0.25 | 0.32 | -0.00 | 0.47 | 0.43 | 0.44 | 0.33 |
| PO ₄ -P | 0.27 | 0.27 | -0.22 | 0.11 | -0.14 | 0.28 | 0.21 | 0.22 | 0.07 | -0.14 | 0.09 | 0.10 | 0.14 |
| MBAS | 0.18 | 0.17 | -0.08 | -0.09 | -0.20 | 0.00 | -0.00 | 0.06 | 0.17 | -0.18 | -0.01 | -0.01 | -0.12 |
| AGP | -0.05 | -0.01 | 0.15 | -0.25 | -0.04 | 0.31 | 0.26 | 0.20 | 0.26 | -0.06 | -0.16 | -0.15 | 0.48 |
| NH ₄ -H | 1.00 | | | | | | | | | | | | |
| NO ₃ -N | 0.53 | 1.00 | | | | | | | | | | | |
| NO ₂ -N | 0.43 | 0.09 | 1.00 | | | | | | | | | | |
| DIN | 0.84 | 0.89 | 0.40 | 1.00 | | | | | | | | | |
| Org-N | 0.39 | 0.30 | -0.16 | 0.33 | 1.00 | | | | | | | | |
| T-P | 0.34 | 0.08 | 0.47 | 0.27 | 0.09 | 1.00 | | | | | | | |
| P-P | 0.20 | 0.15 | 0.13 | 0.20 | 0.45 | 0.62 | 1.00 | | | | | | |
| PO ₄ -P | 0.32 | 0.02 | 0.51 | 0.23 | -0.12 | 0.92 | 0.27 | 1.00 | | | | | |
| MBAS | 0.00 | -0.13 | -0.06 | -0.09 | -0.12 | 0.08 | -0.12 | 0.16 | 1.00 | | | | |
| AGP | 0.45 | 0.38 | 0.47 | 0.51 | 0.07 | 0.49 | 0.25 | 0.48 | -0.00 | 1.00 | | | |
| | NH ₄ N | NO ₃ N | NO ₂ N | DIN | Org-N | T-P | P-P | PO ₄ P | MBAS | AGP | | | |

— : r>0.32は、危険率1%で有意

■ : r>0.25は、危険率5%で有意

新城川の水質特性を知るため、河川の有機物汚濁の現状を反映しているBODとCOD、更に、栄養塩類として作用し、汚濁を進行させることからその対策が望まれている窒素・燐を中心にまとめた。

4.2.1) BODとCOD

全調査期間におけるBODとCODはBODは平均で3.1mg/l (0.5~14mg/l) CODは平均で5.6mg/l (2.2~23mg/l) であり、後者が高かった。

有機物分解の進行度の尺度として評価されるBOD/COD比¹³⁾は0.587 (0.156~3.054) で、90年1月29日の調査日ではBOD/COD比2.064 (0.744~3.054) と大きいほかはBOD/COD比が1以下であることから (図7)、沖館

川のような生活排水の影響を受ける河川とは異なるようである¹⁴⁾。

一方、BODの推移を各地点毎にみると、戸建沢橋と平岡橋で高くなる2山型を示す傾向があり、冬期間ではその傾向が強いようである (図8)。

また、88年12月12日は上流~早稲田橋までのBODが0.6~1.3mg/lと新城川水系として比較的低い値で推移していたが、戸建沢橋では14mg/lと全調査期間を通して最大であった。この原因として、戸建沢橋上流に存在する発生源の処理効果の低下が考えられる。

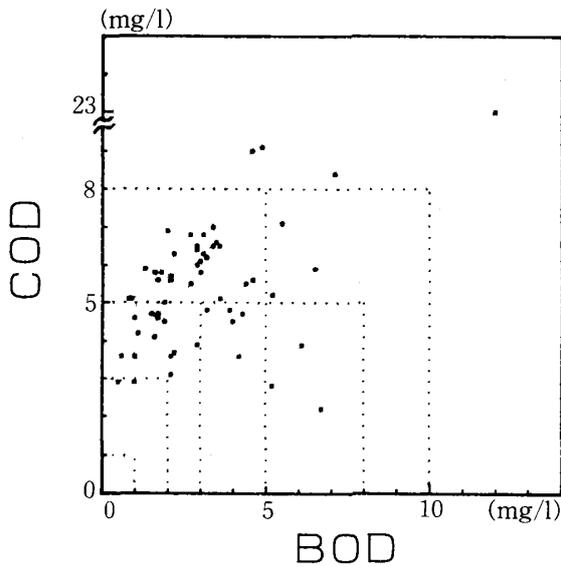


図7 新城川におけるBODとCODの分布状況 (n=60)

4・2・2) 窒素・磷

窒素・磷は生物の生存に必須な元素であるが、湖沼・内湾等の閉鎖性水域への過剰流入は藻類の異常増殖を促し、富栄養化をもたらすことから、水質保全の上から関心がもたれている。

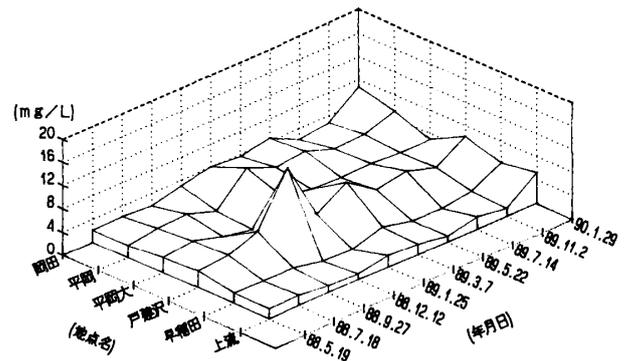


図8 新城川水系におけるBODの推移 (濃度)

一方、河川は浄化の場として機能するとともに、閉鎖性水域への窒素・磷の輸送の場としての機能も持っている。ここでは後者の立場から窒素・磷をみた。

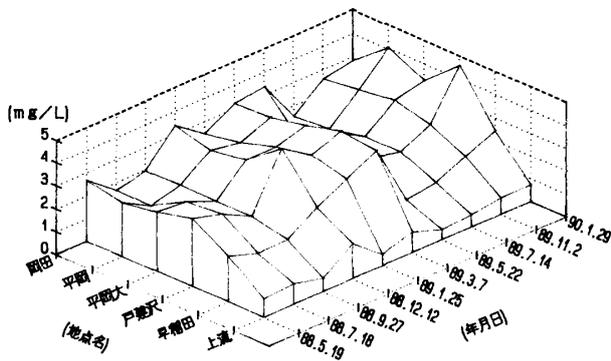


図9a 新城川水系における全窒素の推移 (濃度)

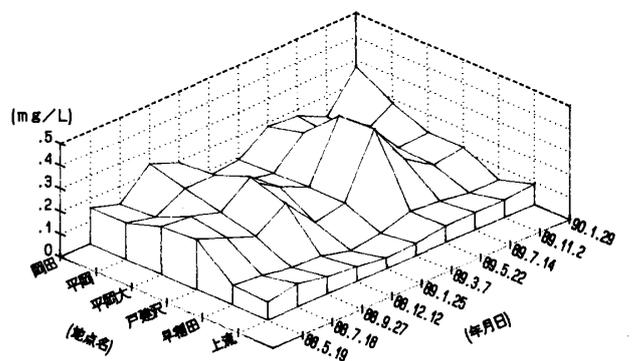


図9b 新城川水系における全磷の推移 (濃度)

窒素と磷の推移を個別にみると、早稲田橋では窒素が高く、磷が低い傾向にあることから窒素と磷では成因に差がみられた。これは新城川上流は窒素・磷ともに低いレベルにあるが、合流河川である孫内川水系は窒素濃度が高く、磷濃度レベルが低いためである。

孫内川水系で窒素が高い要因として、水田、畑地等の農耕地からの流出のほかに上流に位置する青森空港で冬期間に融雪剤として使用される尿素の影響¹⁵⁾が考えられる。

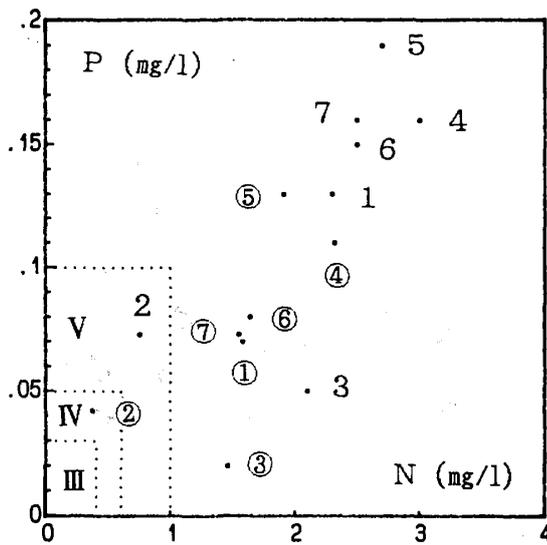
一方、戸建沢橋では上流の早稲田橋と比較すると、窒素濃度より磷濃度が高くなることから早稲田橋と戸建沢橋間では磷の発生源の存在が示唆された (図9a, 9b)。

次に、窒素・磷を形態別にみると、藻類や微生物の主な摂取形態である溶存性無機態窒素(DIN:アンモニア性窒素, 亜硝酸性窒素, 硝酸性窒素の合計)及びが磷酸態磷は各々全窒素・全窒素に占める割合は

DIN: 平均で68.6% (49.3~77.3%)

PO₄-P: 平均で59.2% (40.0~68.7%)

であり、両者ともに半分以上が速やかに利用されやすい可給態の型で存在していた (図10)。



1)全体 2)新城川上流 3)早稲田橋 4)戸建沢橋
 5)平岡大橋 6)平岡橋 7)岡田橋
 1~7 : T-N・T-P ①~⑦ : DIN・PO₄-P
 図10 新城川水系における窒素・リンの分布

4.3) 流量と負荷量の関係

流量と各負荷量及び各項目間の相関をみると、塩素イオンとMBASの両者を除いては良好な相関が認められることから(表7)、水質汚濁特性及び動態の把握には負荷量解析が有効であることがわかる。

一般に流量と負荷量の間にLQ式が成り立ち、洪水時の負荷量が算出に有効である¹⁶⁾とされている。

$$L = a \cdot Q^b$$

L : 負荷量 (g/s)

Q : 流量 (m³/s)

a, b : 定数

上式から、各観測地点における流量と負荷量からLQ式により各定数を求めた(表8)。但し、MBASが検出限界以下であることが多いことからMBASを除いた。

LQ式ではBODやCOD等の溶解性成分はbが1に近づき、SS等の懸濁性成分ではbが2~3になることが経験的に知られている。

表7 水質の相関図表(負荷量)

| 項目 | 気温 | 水温 | 流量 | pH | DO | COD | BOD | C-BOD | N-BOD | SS | CL | T-N | NH ₄ -H |
|--------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|--------------------|
| 気温 | 1.00 | | | | | | | | | | | | |
| 水温 | 0.96 | 1.00 | | | | | | | | | | | |
| 流量 | -0.29 | -0.29 | 1.00 | | | | | | | | | | |
| pH | 0.43 | 0.50 | -0.51 | 1.00 | | | | | | | | | |
| DO | -0.54 | -0.54 | 0.07 | -0.01 | 1.00 | | | | | | | | |
| COD | -0.21 | -0.21 | 0.91 | -0.45 | 0.04 | 1.00 | | | | | | | |
| BOD | -0.42 | -0.39 | 0.84 | -0.42 | 0.18 | 0.83 | 1.00 | | | | | | |
| C-BOD | -0.38 | -0.34 | 0.68 | -0.30 | 0.21 | 0.69 | 0.91 | 1.00 | | | | | |
| N-BOD | -0.35 | -0.34 | 0.81 | -0.46 | 0.09 | 0.76 | 0.81 | 0.51 | 1.00 | | | | |
| SS | -0.20 | -0.19 | 0.91 | -0.38 | 0.06 | 0.83 | 0.76 | 0.58 | 0.78 | 1.00 | | | |
| CL | -0.18 | -0.14 | 0.19 | 0.10 | 0.10 | 0.01 | 0.39 | 0.54 | 0.05 | 0.11 | 1.00 | | |
| T-N | -0.40 | -0.39 | 0.96 | -0.53 | 0.20 | 0.89 | 0.88 | 0.72 | 0.84 | 0.88 | 0.17 | 1.00 | |
| NH ₄ -H | -0.42 | -0.42 | 0.75 | -0.50 | 0.29 | 0.65 | 0.79 | 0.65 | 0.75 | 0.73 | 0.14 | 0.86 | 1.00 |
| NO ₃ -N | -0.41 | -0.41 | 0.89 | -0.51 | 0.14 | 0.87 | 0.76 | 0.69 | 0.63 | 0.70 | 0.19 | 0.87 | 0.59 |
| NO ₂ -N | -0.00 | 0.01 | 0.47 | -0.37 | -0.06 | 0.45 | 0.43 | 0.37 | 0.39 | 0.41 | -0.01 | 0.49 | 0.55 |
| DIN | -0.44 | -0.44 | 0.93 | -0.57 | 0.20 | 0.87 | 0.85 | 0.75 | 0.75 | 0.79 | 0.18 | 0.97 | 0.83 |
| Org-N | -0.29 | -0.29 | 0.92 | -0.43 | 0.17 | 0.82 | 0.82 | 0.60 | 0.88 | 0.92 | 0.12 | 0.94 | 0.82 |
| T-P | -0.18 | -0.14 | 0.79 | -0.28 | 0.04 | 0.72 | 0.74 | 0.73 | 0.53 | 0.73 | 0.49 | 0.75 | 0.56 |
| P-P | -0.21 | -0.18 | 0.88 | -0.29 | 0.08 | 0.79 | 0.83 | 0.79 | 0.64 | 0.84 | 0.48 | 0.84 | 0.63 |
| PO ₄ -P | -0.10 | -0.07 | 0.50 | -0.20 | -0.01 | 0.46 | 0.46 | 0.50 | 0.27 | 0.43 | 0.41 | 0.47 | 0.35 |
| MBAS | 0.06 | 0.03 | 0.09 | -0.13 | -0.11 | 0.05 | -0.00 | -0.05 | 0.06 | -0.00 | -0.00 | 0.01 | -0.06 |
| AGP | -0.23 | -0.21 | 0.81 | -0.47 | 0.00 | 0.81 | 0.64 | 0.51 | 0.63 | 0.69 | -0.03 | 0.78 | 0.56 |
| NO ₃ -N | 1.00 | | | | | | | | | | | | |
| NO ₂ -N | 0.35 | 1.00 | | | | | | | | | | | |
| DIN | 0.93 | 0.54 | 1.00 | | | | | | | | | | |
| Org-N | 0.71 | 0.38 | 0.83 | 1.00 | | | | | | | | | |
| T-P | 0.74 | 0.50 | 0.76 | 0.65 | 1.00 | | | | | | | | |
| P-P | 0.79 | 0.43 | 0.81 | 0.79 | 0.93 | 1.00 | | | | | | | |
| PO ₄ -P | 0.52 | 0.50 | 0.53 | 0.33 | 0.88 | 0.66 | 1.00 | | | | | | |
| MBAS | 0.07 | -0.08 | 0.01 | 0.01 | -0.04 | -0.01 | -0.06 | 1.00 | | | | | |
| AGP | 0.78 | 0.59 | 0.79 | 0.68 | 0.72 | 0.71 | 0.59 | -0.01 | 1.00 | | | | |
| NO ₃ -N | | | | | | | | | | | | | |
| NO ₂ -N | | | | | | | | | | | | | |
| DIN | | | | | | | | | | | | | |
| Org-N | | | | | | | | | | | | | |
| T-P | | | | | | | | | | | | | |
| P-P | | | | | | | | | | | | | |
| PO ₄ -P | | | | | | | | | | | | | |
| MBAS | | | | | | | | | | | | | |
| AGP | | | | | | | | | | | | | |

注) pHとDOは濃度である。

— : r>0.32は、危険率1%で有意

■ : r>0.25は、危険率5%で有意

表8 流量と負荷量の関係

| Q | a | b | 相関関係 |
|--------------------|-------|------|-------|
| COD | 5.25 | 1.05 | 0.952 |
| BOD | 2.54 | 1.15 | 0.883 |
| C-BOD | 1.89 | 1.05 | 0.851 |
| SS | 14.96 | 1.32 | 0.925 |
| CL | 80.98 | 1.21 | 0.848 |
| T-N | 1.97 | 1.42 | 0.966 |
| NH ₄ -N | 0.23 | 1.72 | 0.859 |
| NO ₃ -N | 0.86 | 1.46 | 0.957 |
| NO ₂ -N | 0.03 | 1.60 | 0.757 |
| DIN | 1.25 | 1.51 | 0.950 |
| Org-N | 0.60 | 1.31 | 0.931 |
| T-P | 0.11 | 1.07 | 0.861 |
| P-P | 0.04 | 1.27 | 0.897 |
| PO ₄ -P | 0.05 | 0.88 | 0.713 |
| AGP | 34.35 | 1.23 | 0.875 |

今回、洪水時の調査を含まないためか、懸濁態成分であるSS、有機態窒素 (Org-N)、懸濁態磷 (p-p) を含む全項目のbは0.88~1.72となり、溶解性成分に誓い挙動を示していた。これは流量が少ない場合は流域からの懸濁態成分の流出や河床からの巻上げ、剥離等がなく水質が安定しているためと思われる。

一方、溶解性成分であるアンモニア性窒素と亜硝酸性窒素が懸濁態窒素である有機態窒素よりbが大きくなり、形態別窒素でみると差がみられ、検討が必要である。

今回、調査対象とした新城川水系のLQ式では流量と負荷量との間では良い相関が認められることから、流量が~8.0m³/s程度で推移する場合は流量測定から負荷量の算定が可能と思われる。特に、流量と全窒素との変動パターンは極めて類似しており、

$$T-N \text{ (g/s)} = 3.11 \cdot Q \text{ (m}^3\text{/s)} - 0.54$$

$$(r=0.969 \quad n=60)$$

となる一次回帰直線から推定できることがわかる。

全磷は流量が比較的小さい場合は全窒素と似た挙動を示すが、流量が大きくなると増加率が大きくなることから窒素と磷では差がみられた (図11c)。磷は土壌に吸着しやすく、懸濁態磷として存在する磷が降雨時等の流量が大きい場合はSS成分として流出するためと思われる。

洪水時ではその傾向が大きいとされることから、平常時のみの調査からの負荷量の見積りは過小評価されることから、精度の良い負荷量の算出するためには洪水時の調査が重要になる。

窒素・磷に大きく依存しているAGPは88年12月12日の平岡橋で高く、89年5月22日の平岡橋及び90年1月29日の岡田橋で低いほかは全窒素に似た挙動を示すようである (図11d)。

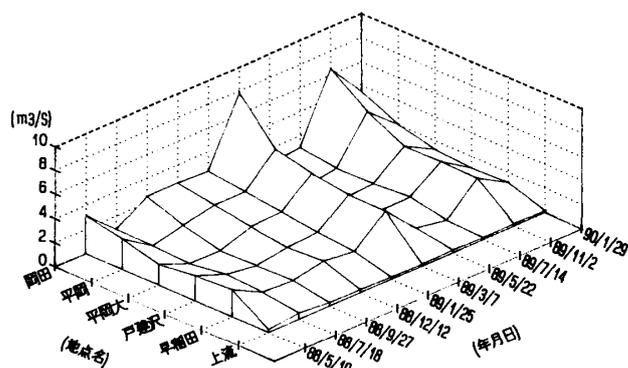


図11a 新城川水系における流量の推移

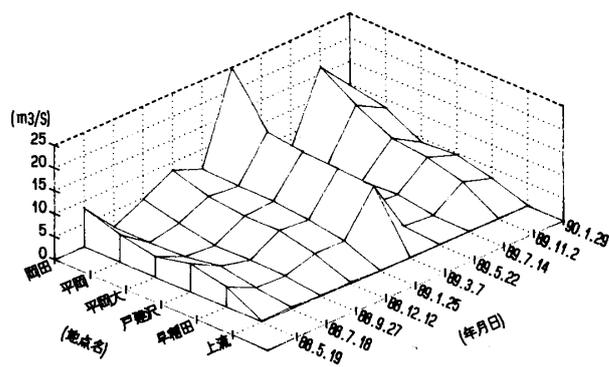


図11b 新城川水系における全窒素の推移

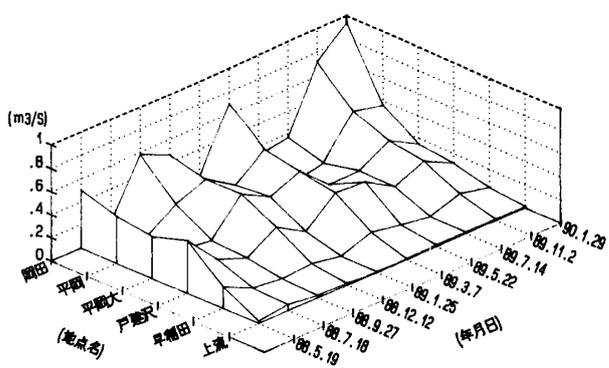


図11c 新城川水系における全磷の推移

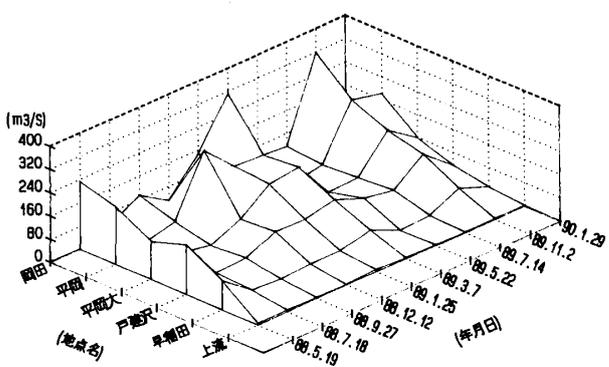


図11d 新城川水系におけるAGPの推移

表9 新城川水系における事業場の概要（届出台帳による）

| No. | 事業場名 | 処理方式 | 排水量 (m ³ /日) 最小～最大 | 流入地点 | 河川平均流量 (×10 ³ m ³ /日) | 流量寄与率 (%) 最小～最大 |
|-----|----------|--------|----------------------------------|------|--|--------------------|
| 1 | TA し尿処理場 | 生物脱窒 | 2,600～3,600 | 戸建沢橋 | 128 | 2.03～2.81 |
| 2 | TW し尿処理場 | 生物脱窒 | 1,600～2,390 | " | " | 1.25～1.87 |
| 3 | S 食肉加工 | 活性汚泥法 | 225～375 | 平岡大橋 | 127 | 0.18～0.30 |
| 4 | M 水産加工 | 活性汚泥法 | 62～85 | " | " | 0.05～0.07 |
| 5 | A 水産加工 | 活性汚泥法 | 200～250 | " | " | 0.16～0.20 |
| 6 | Y 乳業 | 単純ばっ気 | 600～1,000 | " | " | 0.47～0.79 |
| 7 | H 団地 | 長時間ばっ気 | 225～250 | 平岡橋 | 172 | 0.13～0.15 |
| 8 | J 排水処理場 | 活性汚泥法 | 200 | 岡田橋 | 264 | 0.08 |
| 9 | K 病院 | 長時間ばっ気 | 370～380 | 平岡橋 | 172 | ～0.22～ |
| 10 | K 排水処理場 | 長時間ばっ気 | 200～465 | " | " | 0.12～0.27 |

表10 新城川水系における事業場負荷量の寄与（平均）

| No. | 事業場・地点名 | 流量 (m ³ /日) | COD (kg/日) | BOD | T-N | T-P | AGP | COD' (kg/日) |
|-----|---------|---------------------------|---------------|-------|------|------|--------|----------------|
| 1 | 戸建沢橋 | 128,000 | 999 | 677 | 414 | 19.0 | 6,520 | 999 |
| 2 | TA し尿処理 | 4,200～5,990 | 101.2 | 13.3 | 81.6 | 5.38 | 1,368 | 437.7 |
| 3 | TW し尿処理 | | | | | | | |
| | | 3.28～4.68 | 10.1 | 1.9 | 19.7 | 28.3 | 20.9 | 43.8 |
| 4 | 平岡大橋 | 127,000 | 679 | 370 | 389 | 20.4 | 7,580 | 679 |
| 5 | S 食肉加工 | 1.87～1,710 | 56.1 | 108.5 | 30.0 | 8.0 | 440 | 140.8 |
| 6 | M 水産加工 | | | | | | | |
| 7 | A 水産加工 | | | | | | | |
| 8 | Y 乳業 | | | | | | | |
| | | 0.86～1.36 | 8.2 | 29.3 | 7.7 | 39.2 | 5.8 | 20.7 |
| 9 | 平岡橋 | 172,000 | 1,020 | 637 | 488 | 23.7 | 10,900 | 1,020 |
| 10 | H 団地 | 225～250 | 4.9 | 2.9 | 5.5 | 0.52 | 64 | 20.4 |
| | | 0.13～0.15 | 0.4 | 0.4 | 1.1 | 2.1 | 0.5 | 2.0 |

注) : 測定地点に対する負荷量の割合 (%)

COD' : AGP値より換算

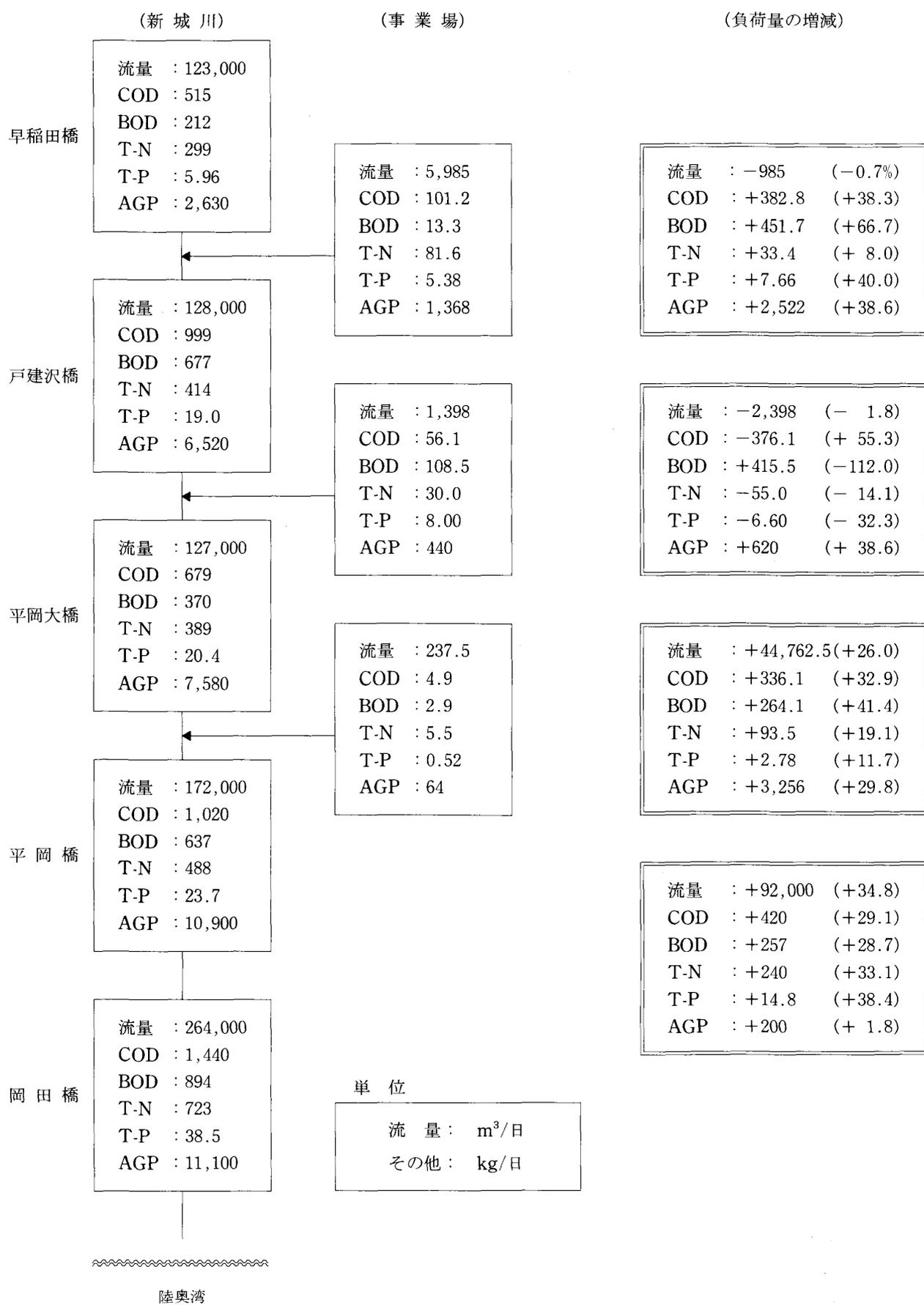


図12 新城川水系における流下過程での負荷量の収支

4.4) 負荷量の収支

中小都市河川は滞類時間が短いにもかかわらず、水質変動が大きく、更に、流下過程で様々な物質代謝を受けることから日変動、季節変動が大きいことが特徴である¹⁷⁾。

このため、水質特性や物質循環を知るためには、晴天時や洪水時における時間採水等を含めた細密調査が必要となり、多大な労力を要する。

本調査は88年5月から91年1月までのほぼ2年間における10回の調査であり、詳細な事業場調査、洪水時や融雪期の調査等が残されており、必ずしも水質汚濁の実状を正確に反映したものでない。

ここでは事業場を含めた新城川水系での負荷量の収支を求め、物質循環の動態の解明を試みた。

調査対象とした新城川水域内には流量・負荷量に大きな影響を与える点源としての排水量 $50\text{m}^3/\text{日}$ 以上の事業場が10施設あることから事業場の影響について検討した(図3)。

河川への事業場排水の寄与率の求めるに当たって、流達率の算定が大きな課題となる。一般に、流達率は施設の稼働状況や河川への流入過程で起こる分解、除去の状況に大きく左右される。

ここでは、流達負荷量調査がないことから、流達率を総て1として、河川及び事業場の流量、BOD、COD、全窒素、全燐及びAGPの6項目に係る負荷量収支図を作成し、事業場排水の果たす役割について検討した。

また、AGP試験は湖沼・海域等の閉鎖性水域での富栄養化度や増殖の制限因子の決定試験等に有効な試験法であり、湖沼・海域の富栄養化調査では繁用されている。

増殖した藻類は有機物として存在することから有機物汚濁指標であるCOD値への変換を試み、藻類増殖による潜在的なCODとした。

ここで用いた供試藻類の*Selenastrum capricornutum*では、

$$\text{COD}_{\text{Mn}} (\text{mg/l}) = 0.34 \cdot \text{AGP} (\text{mg/l})$$

となることが知られる。

事業場排水が新城川水系の流量に与える影響をみると、10事業場の総排水量は $6,282 \sim 8,995\text{m}^3/\text{日}$ で、各々の直下対象河川流量の0.08~2.81%に過ぎないことから、新城川水系の流量に及ぼす影響は必ずしも大きいとはいえないようである。

一方、排水状況を個別にみると、し尿処理場の2施設からの排水量が総排水量の66%ほどを占めていることから、事業場からの負荷量の収支を考える場合、し尿処理場の果たす役割は大きいものと思われる(表9)。

各区間における事業場からの負荷量が河川に及ぼす寄与をみると、戸建沢橋の上流に位置するし尿処理場の2施設では、BODの寄与率は1.9%と小さいことから、し尿

処理施設ではBODの処理効果が高く、BODについてはし尿処理施設からの処理水は希釈効果を果たしていた。一方、同じ有機物汚濁の指標であるCODは10.1%と高いことからBODに比較してCODの処理効果は低かった。全窒素は19.7%、全燐は28.3%で、窒素・燐に依存するAGPは20.9%と3者はいずれも高く、し尿処理場からの排水は窒素・燐及びAGPの3者は付加作用をもつことになる。

また、AGP由来の換算COD'は $437.7\text{kg}/\text{日}$ で、現行のし尿処理場のCOD負荷量 $101.2\text{kg}/\text{日}$ の4倍ほど高い値で、窒素・燐に起因する有機物汚濁の潜在的な能力が大きいことが示唆された。し尿処理場のBOD処理効果は概ね良好であるが、窒素・燐による有機物汚濁が懸念されることから両者の削減に向けた高度処理が必要と考えられる。

戸建沢橋と平岡大橋の間に位置する4事業場では直下地点である平岡大橋のBODに対する寄与率が29.4%と、上流のし尿処理施設に比較して大きく、より一層のBODの処理効果率を高める必要がある。一方、全窒素の寄与率は7.8%と比較的小さいが、全燐の寄与率は39.3%と著しく高いことから燐の除去対策が望まれる。

平岡大橋と平岡橋の間のH団地は処理水量が少ないため、全般的に寄与率は小さかった(表10)。

新城川水系に及ぼす事業場からの負荷量の影響をまとめると、BODはし尿処理場では寄与が小さいが、他の施設では大きい傾向にあることから、適正な施設の維持管理が望まれる。COD、全窒素、全燐及びAGPは事業場の寄与が大きく、特に、燐ではその傾向が認められた。一方、AGP試験から窒素・燐に由来する有機物汚濁の潜在的な能力が現状に匹敵、或いは、上回ることから、事業場ではCODやBODの有機物汚濁対策のほかに、窒素・燐の削減対策が必要であることが示唆された。

次に、早稲田橋から岡田橋までの各地点におけるCOD、BOD、全窒素、全燐及びAGPの負荷量の増減量及び率を求めることにより、各区間における負荷量の収支を検討した(図12)。

早稲田橋から戸建沢橋の区間では、発生源の存在が示唆され、し尿処理施設の寄与が大きいことが予測された。

し尿処理場からの負荷量を差し引いて補正後の増加率はいずれも大きく、特に、BODは66.7%、全燐は40.0%、CODは38.3%と大きくなり、これらの増加率はし尿処理場からの負荷量をはるかに上回る結果となった。この区間は人口が少ない地帯であり、人間活動に由来する負荷量の流入が少ないものと考えられることから、自然系からの流出を含めた総合的な検討が必要である。

戸建沢橋と平岡大橋ではAGPを除いては、いずれも減少しており、特に、BODは112%、CODは55.3%、全燐は32.3%と負荷量の減少が著しかった。この区間には4事業場の上流に農業用水取水のための頭首工があること

から、春～夏季に取水による負荷量の減少が考えられる。

しかしながら、減少率が取水効果をはるかに上回るものとみられることから、取水の影響とともに流下過程における分解、除去の状況を知るためには水生生物調査を含めた検討が必要である。

続く平岡大橋～平岡橋～岡田橋の区間では、いずれの負荷量とも増加している。

平岡大橋～平岡橋は住宅密集地帯で、平岡橋～岡田橋は水田地帯を形成し、人間の活動状況や土地の利用形態、利用度が著しく異なるため、前者ではCOD、BODの有機物汚濁の流入が大きく、後者では窒素・リンの流入が大きく地点間に差が認められた。

新城川水系の最下流域に位置する岡田橋では窒素・リンに依存するAGPは11,100 (kg/日)で、COD換算にすると3,550 (kg/日)に相当する。窒素・リンの50%以上が藻類利用の可給態の型であることから、窒素・リンによる潜在的なCOD生産量は現状の岡田橋のCOD濃度5.8mg/l程度か、これを上回るものと考えられる。

4) ま と め

青森市西部を貫流する中小都市河川である新城川水系の水質汚濁特性を把握するため、負荷量解析とAGP試験を実施し、以下の結果を得た。

- (1) 流量は調査日を含めた10日前の降雨と関係が良好であり、降雨に大きく影響されていた。
- (2) 流量と負荷量と密接に関連し、流量から負荷量の推定が可能であり、特に、全窒素では著しかった。
- (3) 負荷量収支図から早稲田橋と戸建沢橋の間では負荷量の増加が著しく、し尿処理施設以外の発生源の存在が示唆された。
- (4) 戸建沢橋と平岡大橋の間では負荷量の減少が著しく、微生物等による分解活動が盛んであることが示唆された。
- (5) AGP試験の結果、窒素・リンによる有機物汚濁の潜在的な能力が大きく、新城川水系の水質汚濁改善には事業場からのBODのほかに窒素・リンを含めた対策が必要である。

謝 辞

三次元グラフの使用に当たり、御指導をいただきました宮城県保健環境センター情報管理部三浦英美研究員に深謝します。

文 献

- 1) 青森県：青森県環境白書，平成元年
- 2) 今俊夫 花田祐二 平出玖子 高井秀子 工藤健 中村稔 中村哲夫：中小都市河川の水質汚濁調査結果について—新城川，青森県公害調査事務所報No.6

(1984)

- 3) 角田智子 高井秀子：大腸菌群とBODからみた中小都市の汚濁要因，青森県公害調査事務所報No.9 (1988)
- 4) 奈良忠明 三上一 阪崎俊壘 高井秀子 角田智子 小林繁樹 工藤孝宣 田澤良基：中小都市河川の汚濁と硝化作用，青森県公害調査事務所報No.10(1989)
- 5) 阿部晶：水質保全の動向と転換期にきた窒素・リン対策，公害と対策Vol.27No.9 (1991)
- 6) 海域に係る窒素・りん等水質目標検討会：海域に係る窒素・りん等水質目標検討調査結果報告書（平成2年3月）
- 7) 青森県：土地分類基本調査—青森西部（1982）
- 8) 青森県：土地分類基本調査—油川（1984）
- 9) 國松孝男 村岡耕壘編著：河川汚濁のモデル解析，技報堂出版（1989）
- 10) 手代森光仁 奈良忠明 小山田久美子 野田正志 山崎喜三郎 早狩敏男：大気降下物の性状と湖沼の富栄養化，青森県公害センター所報第7号（1985）
- 11) 海老瀬潜一：霞ヶ浦流入河川による総流入負荷量の評価，国立公害研究所研究報告第50号41—58（1984）
- 12) 海老瀬潜一：土地利用の異なる流域からの年間流出負荷量の大きさの変化，水質汚濁研究第12巻第8号497—505（1989）
- 13) 設楽秀弥：水質浄化指標としてのBOD/COD比—生物学的処理施設の実態調査から，山形県衛生研究所報，22（1989）
- 14) 青森県：公共用水域及び地下水の水質測定結果（平成2年度）
- 15) 花田祐二 中村稔 高井秀子 工藤英嗣：孫内川の水質調査—融雪剤の使用に伴う水質への影響について，青森県公害調査事務所報No.5（1983）
- 16) 建設省土木研究所：河川の総合負荷量調査実施マニュアル（案），土木研究所彙集第53号（1989）
- 17) 門司正三 高井康雄編：陸水と人間活動—多摩・霞ヶ浦・諏訪湖・中海・三河湾・琵琶湖，東京大学出版会（1984）

**Characteristics of Water Pollution in Small Urban Rivers
— Behavior of Nitrogen · Phosphorus
and AGP in Shinjyo River —**

Hajime MIKIMI, Susumu HAYAKARI, Tadaaki NARA
Syunji SAKAZAKI, Takanobu KUDOH, Shigeki KOBAYASHI
Hideko TAKAI, Tomoko KAKUTA and Yoshiki TAZAWA

Water pollution characteristics were examined of Shinjyo River water system, one of small urban rivers, which is flowing through the western district of Aomori City. The results indicated a good relationship between the flow rate and the loads. Besides, the above water system has high loads of nitrogen and phosphorus, which are nutritive salts, as well as AGP, and the influence of the establishment can not be negligible. Thus, water quality improvement of the above water system stands in need of countermeasures including nitrogen and phosphorus.

パソコンによる統計解析システムの紹介

早狩 進 高橋 昭則* 今 武純

本システムは、青森県公害センター所報第5号で高橋が発表した日本電気(株)製PC-8000シリーズ用の統計解析システムを元に、PC-9800シリーズ用に改造したものである。各統計解析で共通に利用するデータファイルを作成・編集するプログラムを核に、度数分布解析、相関係数行列解析、重回帰分析、主成分分析、因子分析、クラスター分析、平均値の差の検定、時系列グラフ作成、多項式回帰分析、移動平均解析、自己相関係数解析、相互相関係数解析、コンターマップ作成、3次元グラフ作成の各プログラムで構成される。特徴は、統一した操作性、豊富なコメント、きめ細かなエラーチェック、グラフを用いた視覚的表現等により、初めて利用する場合にも使いやすいことや、ハードディスク・RAMディスクの利用や、フロントプロセッサ、プリンタの用紙幅、プロッタの機種等をあらかじめ設定可能なため、利用者のいろんなパソコン使用環境に対応できることである。

Key words : computer program, multivariate analysis, time series analysis, computer graphics, data analysis system

はじめに

大気汚染、水質汚濁の監視業務等で得られたデータを解析する場合、多変量解析や時系列解析が有効なため、統計解析用のソフトとして、常時監視テレメータシステムや環境情報管理システムに付属のパッケージを利用しているところが多いと思われる。

また、パソコンを購入する際に合わせて購入した市販のアプリケーションを利用しているケースも多いと思われる。

しかしながら、それらのシステムはソースリストが公開されていないため、ソフトを改造することができず、ブラックボックスとなっており、出力された解析結果を絶対的なものとして利用してしまうことが多い。

当所では、統計解析のアルゴリズムの勉強を兼ねて、パソコン用のBASIC言語で作成した統計解析システムを、必要に応じて改造しながら活用しているので紹介する。

システムの概要

1. 履 歴

このシステムの前身は、昭和56年度発行の青森県公害センター所報第5号で高橋が発表した「マイクロコンピュータによる多変量解析法(1)」¹⁾である。

当時は、日本電気(株)製PC-8001用として作成され、統計解析用データファイルを作成するプログラムと相関行列・単回帰分析と主成分分析でシステムを組んで解析結果は帳票出力のみであった。

その後、PC-9801用のシステムへ改造を手掛け始めたところで、高橋が八戸市へ復帰することになったために、その後を早狩が引き継いだものである。

それまで、独自に作成していた重回帰分析や自己相関解析等も加え、それらの解析結果をグラフ表示し、そのハードコピーがとれるようにしたものをバージョン3.3として平成元年度末に完成させた。

一方、宮城県保健環境センターでは、全国公害研協議会北海道・東北支部の第3分科会の活動の一環として、支部会員の大気汚染常時監視データを収集し、汎用コンピュータに一度格納した後、MS-DOSのファイルとして支部会員に提供することが可能になった。

そこで、そのデータファイルから当統計解析システムのデータファイルへ変換するプログラムの作成を早狩が受け持ち、常時監視データのMS-DOSのファイルに当統計解析システムを添付して全支部会員に配布した。

このことによって、北海道・東北ブロックでは、複数県にまたがる大気常時監視データの解析が可能になった。

配布に当たって、昭和46年度に発足した青森県公害センターが平成元年度をもって廃止となり、平成2年度からは、青森県環境保健センターのランチとして再発足することになっていたため、青森県公害センターから送り出される最後の成果品に対する様々な感慨を込めて、八戸の蕪島(かぶしま)で生まれ育ち、北日本各地で羽ばたいている海猫にあやかって、“Seagull-Stat”と命名した。

その後、グラフの画面表示とそのハードコピーに飽きたらず、プロッタ出力機能の追加を試み、平成2年度にローランド社製、さらに平成3年度にはグラフテック社

*現八戸市

製と、複数のメーカーのプロッタに対応させることができたので、バージョン4.1Pとして再び世に送り出すことにしたものである。

その間にも、解析手法として因子分析を追加したり、ファイル編集プログラムのデータ入力部分を表計算ソフトのデータ入力画面に近いものに改良した。また、より視覚的表現を高めるために、宮城県保健環境センターの三浦英美研究員の協力を得て3次元グラフも追加した。

2. 特 徴

既に、BASICのプログラムの大きさの限界に近いものが4個ほどあるため、これ以上、画面の体裁をよくすることはできないが、以下のような特徴を有している。

(1) 統一した操作性

数値入力にはできるだけ少なくし、ファイル選択や、解析の条件設定においては、カーソルを矢印キーで移動し、リターンキーで選択する方法で統一している。

そのメニュー選択時にエスケープキーを押すと、原則として一つ前の選択に戻ることができる。

(2) 豊富なコメント

ファイル選択においてはデータファイルのコメントを、メニュー選択においてはその選択の効果等をカーソルの移動ごとに表示する。また、数値入力が必要な場合には、そのデータが許される範囲と既定値（リターンキーだけが押された場合にプログラムが与える数値）を示すことによって、利用者が戸惑うことのないよう努めた。

(3) エラーチェック

数値入力において範囲外の数値が入力された場合や、文字入力において文字数の範囲を越えた場合、解析不能なデータファイルが選択された場合等には、ブザーで知らせ、再入力を促すようエラーチェックを行っている。

(4) 計算精度

プログラム内での計算は倍精度実数で行われるため、解析結果は精度が高い。また、主成分分析、重回帰分析、移動平均解析等による解析結果をデータファイルに格納する際も、同じく倍精度実数として行われるため、それらを別な統計解析に用いる場合に、精度は保たれる。

(5) プロッタ出力

このシステムは、解析結果のグラフの画面ハードコピーと、それと同じ条件設定によるプロッタ出力ができる。

時間のかかるプロッタ出力を行うにあたって、必ずグラフの画面表示で確認して、グラフに不満があれば条件設定のやり直しができるので、不必要なプロッタ打ち出しを避けることができる。プロッタがない場合には、画面のハードコピーで代用する。

(6) パソコン使用環境への対応

システム全体をハードディスクへ組み込むことや、RAMディスクをワークファイルとして利用することにも対応

している。

また、プリンタの用紙幅や、プロッタのデータ送信条件を含めて、MS-DOSの環境変数として起動用バッチファイル(AUTOEXEC.BAT)に書き込んでおけるので、パソコンの使用環境が変わっても、全体のプログラムを変更する必要がなく、AUTOEXEC.BATだけを書き換えれば対応できる。

(7) ソフトの提供方法

市販のアプリケーションと違い、コンパイル版だけでなく、アスキーセーブしたソースファイルも提供する。

したがって、機能追加等のための改造は自由にできる。(但し、システム改造後の不具合まで責任は持てない)。

さらに、各統計解析の参考書に実例として使われているデータを納めたテストデータ集も合わせて提供するので、参考書の解説と照らし合わせながら、テストデータをいろんな条件で解析してみることによって、統計手法のより深い理解が得られるものと確信している。

システムの仕様

1. 利用可能機器構成

(1) ハードウェア

- ・PC-9801シリーズ (RAM640K B)
- ・日本語シリアルプリンタ (136桁または80桁)
- ・フロッピーディスク (2HD) 2ドライブ
(ハードディスク、RAMディスクも利用可)
- ・XYプロッタ
(ヒューレット・パッカード社のHP-GLコマンドに準拠しているもの)

例：ローランド社 DXY-1300

グラフテック社 MP-4300, FP-7100

(2) ソフトウェア

- ・MS-DOS (Ver. 2.11以上)
- ・N88日本語BASIC (MS-DOS版)
(Ver. 3以上のインタプリタ、コンパイラ)
- ・日本語FEPはNEC製、ATOK 6・7, VJE-β, 松茸V2等から選択可能

2. データ・ファイル

(1) 入力データ帳票形式

入力データ帳票は表1を基本とする。例えば、変数を観測局、サンプルを測定月日とすれば、X4.3は3局の4日目のデータとなる。

(2) データファイルの形式

ファイルはランダムファイルで、1サンプル1レコードであり、1レコードは340バイト固定長である。

各レコードのフォーマットは図1のとおりである。

変数の数：最大40個

サンプル数：これはフロッピーディスク等の容量によ

表1 入力データ帳票 (配置表)

(変数の数 : m / サンプル数 : n)

| サンプル | 変数1 | 変数2 | 変数3 | 変数4 | | 変数m |
|------|------|------|------|------|-------|------|
| 1 | X1.1 | X1.2 | X1.3 | X1.4 | | X1.m |
| 2 | X2.1 | X2.2 | X2.3 | X2.4 | | X2.m |
| 3 | X3.1 | X3.2 | X3.3 | X3.4 | | X3.m |
| 4 | X4.1 | X4.2 | X4.3 | X4.4 | | X4.m |
| . | . | | | . | . | . |
| . | . | | | . | . | . |
| . | . | | | . | . | . |
| . | . | | | . | . | . |
| n | Xn.1 | Xn.2 | Xn.3 | Xn.4 | | Xn.m |

て決まっている。

例 1.2MBのフロッピーディスクの場合

$$\frac{1200 \times 1024}{340} = 3614$$

約3600件のサンプルが登録可能である。

但し、同じフロッピー内にワークファイルを作成する場合、1データファイルの最大はその半分までである。

(3) データ・ファイルの構成

a ファイル名

これは、利用者が8文字以内で設定できる。

拡張子をつけなくても内部で自動的に".DAT"が付加される。

別な拡張子は認められない。

b コメント

漢字36文字以内でコメントを入力する (半角文字も混在可)。

但し、1文字目は漢字とし、途中で半角スペースを入れないこと。

c 変数

1サンプルあたり40個まで扱うことが可能である。

変数名は漢字5文字以内 (半角文字なら10文字以内)。

・レコード1

| | | | | | |
|---------------------------|--------|-----------------|-----------------|---------------------------|--------|
| コメント (漢字36字) (テキスト) | 空 白 | 変数の個数 (バイナリ) | サンプル数 (バイナリ) | 桁指定 (5桁×40個) (テキスト) | 空 白 |
| 72 | 80 | 82 | 84 | 284 | 340 |

・レコード2

| | | |
|-----------------------------|-----|-----|
| 変数名 (漢字5字×20個) (テキスト) | 200 | 340 |
|-----------------------------|-----|-----|

・レコード3

| | | |
|-----------------------------|-----|-----|
| 変数名 (漢字5字×20個) (テキスト) | 200 | 340 |
|-----------------------------|-----|-----|

・レコード4 (予備とする)

| | | |
|--|--|-----|
| | | 340 |
|--|--|-----|

・レコード5～

| | | | |
|---------------------------|--------|---------------------------|---------------------------|
| サンプル名 (漢字5字) (テキスト) | 空 白 | データ (8桁×30個) (バイナリ) | データ (8桁×10個) (バイナリ) |
| 10 | 20 | 260 | 340 |

図1 データファイル構造

d サンプル

サンプル名も漢字5文字以内(半角文字なら10文字以内)

e 数値データ

データの内部表現は倍精度実数とし、外部表現については変数毎に指定。

内部表現とはファイルのデータ保存形式で、データはすべて倍精度で計算され、倍精度で保存されるが、通常ユーザーは特別に意識する必要はない。

外部表現とは画面表示や印刷形式をいう。

外部表現の形式を変数毎にF9.jの小数点以下の桁数でデータファイル作成時に指定する。必要に応じて変更可能である。

実数形式 F9.j (例:F9.3-#####.###)

整数形式 F9.0 (例:F9.0-#####)

(但し、全体は9桁固定、jは6以下の制限あり)

解析プログラム内部では、すべて倍精度実数(8バイト)で処理されるため、解析結果の精度が高いのが特徴である。

したがって、F9.5で入力したデータをF9.1に変更し、再びF9.5に戻しても、元のデータが表示され、桁落ちによる誤差を生じない。

欠測値の内部表現は-9999.9999で、外部表現は『欠測値』である。

欠測値の入力はF.3キーで行う。

データは99999を越えて入力するとエラーとみなし、再入力を促す。

3. メニューの選択方法

ファイルの選択や各種機能の選択は、各プログラム共通である。

選択方法は、メニューが1列の場合と2~5列の場合、及び単一選択と複数選択とに分かれる。

a 2~5列表示の場合(単一選択)

カーソルは、最初に表示しないで、何かキーを押した時に左上に表示される。

縦横の矢印キーでカーソルを移動して、リターンキーで選択する(図2参照)。

b 5列表示の場合(複数選択)

複数選択ではカーソルをアンダーラインに変えて区別している。

選択は、リターンキーでなく、スペースキーで行う。

単一選択と混同して一つも選択しないでリターンキーだけを押した場合には、短いアラーム音を出して注意を促す。

選択された項目はリバーズ表示となり、アンダーラインは右隣へ移動する。

スペースキーは、トグルになっているので、選択済み項目の上で押すと逆にリバーズ表示が消えて選択が解除され、アンダーラインは右隣へ移動する。

このようにして、矢印キーとスペースキーで複数の項目を選択し、確定してよければリターンキーを押す(図3参照)。

c 1列表示の場合(単一選択)

カーソルが一番上のメニュー項目に設定されているので、別な項目なら矢印キーで移動してから、リターンキーを押して選択する(図4参照)。

a~cいずれの場合も、エスケープキーを押すと、原則として処理が中断され、ひとつ前のメニューに戻る。

*** 統計解析用データファイル編集プログラム ***
*** 作成:高橋,早狩(青森県公害センター) ***

----- ◆◆ クラスタ分析用テストデータ(予測と計画のためのBASIC、P92) ◆◆ -----

----- ◆◆ データファイル一覧表 ◆◆ -----

| | | | | |
|--------------|--------------|---------------------|--------------|--------------|
| TEST-AT1.DAT | TEST-CL1.DAT | TEST-CL2.DAT | TEST-CO1.DAT | TEST-CO2.DAT |
| TEST-CO3.DAT | TEST-EG1.DAT | TEST-EG2.DAT | TEST-EG3.DAT | TEST-FA1.DAT |
| TEST-FA2.DAT | TEST-FA3.DAT | TEST-FA4.DAT | TEST-HG1.DAT | TEST-KK1.DAT |
| TEST-MU1.DAT | TEST-RG1.DAT | TEST-RG2.DAT | TEST-RG3.DAT | TEST-RM1.DAT |
| TEST-SA1.DAT | TEST-SE1.DAT | TEST-SP1.DAT | TEST-SP2.DAT | 流量 .DAT |

矢印キーでカーソルを移動し、キーで確定して下さい。
(中断/終了: キー)

図2 メニューの例1 (ファイル選択)

※※※ 主成分分析法 (Givens'Householder - QR法) ※※※
 ※※※ 作成：高橋、早狩 (青森県公害センター) ※※※

対象ファイル名 = 【 B:TEST-EG2.DAT 】
 コメント = 【 主成分分析用テストデータ (予測と計画のB) 】
 変数の数 = 【 ASCII、P72 】
 6

◆◆ 対象変数の選択 (3個以上) ◆◆

- 1 にかい 2 さわやか 3 こくがある 4 のどごし 5 アルコール
 6 あと味よい

矢印キーでカーソルを移動し、**Enter**キーで確定して下さい。
 (選択/取消：**Enter**キー、中断：**ESC**キー)

図3 メニューの例2 (変数複数選択)

統計処理メニュー

1. 目的

目的とする統計解析プログラムに橋渡しを行い、終了後再び戻る。コンパイル版では、MS-DOSのメニューコマンドを借用している。

メニューは2ページにわたっているので、RollDownキーで2つの画面から目的の処理を選択する必要がある (図5-1~2参照)

2. 使用法

目的とする統計処理プログラムにカーソルを合わせ、リターンキーを押す。

『MENUの終了』を指定すると、N88-BASICから離れてMS-DOSに戻り、DOSのコマンド入力が可能となる。

※※※ 統計解析用データファイル編集プログラム ※※※
 ※※※ 作成：高橋、早狩 (青森県公害センター) ※※※

データファイル一覧からファイルを選び編集する
 ◆◆ 初期設定 ◆◆

既成ファイルの編集
 新規ファイルの作成
 既成ファイルの削除
 ファイルリスト更新
 キャンセル

矢印キーでカーソルを移動し、**Enter**キーで確定して下さい。
 (中断/終了：**ESC**キー)

図4 メニューの例3 (処理選択)

統計解析システム Seagull-Stat (コマンド選択) 1/2

Menu v2.10

| | |
|--|---|
| F1 ファイル編集 F2 度数分布解析 F3 相関行列解析 F4 重回帰分析 F5 主成分分析 F6 因子分析 F7 クラスタ分析 F8 時系列グラフ作成 F9 MENUの終了 | 日付： 1992-04-04 時刻： 10:10 MS-DOS: Ver. 3.10 |
|--|---|

A>HENSYUP!

統計解析用データファイルの編集を行います。

矢印キーで項目を選択し、リターンキーを押してください

10:10

図5-1 統計処理メニュー (その1)

F1 高次回帰分析
 F2 移動平均解析
 F3 自己相関解析
 F4 相互相関解析
 F5 レシオマッチング
 F6 コンタマップ作成
 F7 3次元グラフ作成
 F8 平均値の差の検定
 F9 MENUの終了

日付:
1992-04-04
 時刻:
10:19
 MS-DOS:
Ver. 3.10

A>CURVEP!

指定した変数について別な1変数による多項式近似を行う。

矢印キーで項目を選択し、リターンキーを押してください

10:19

図5-2 統計処理メニュー(その2)

データファイル編集プログラム

1. 概要

統計解析を実行するために必要なデータファイルを、データファイルの仕様に示した形式に従って作成したり、前もって作成してあるファイルの印刷、データ訂正・加工や、サンプルまたは変数の追加、挿入、削除、移動等の編集を行う(表3参照)。

2. ファイル処理

ここで扱うデータファイルは、".DAT"というファイル拡張子がついたものだけがあるが、実際の作業には、データファイル保護のために、その元ファイルをコピーして作成した".\$\$\$"という拡張子のワークファイルを当てていて、表3に示す各種編集処理はすべてワークファイルに対して行うことになる。

従って、作業終了時には編集済みのワークファイルで元ファイルを更新することも、編集結果を無視して元のファイルを残すことも可能である。

データディスクと作業用ディスクのドライブ割当ては、"AUTOEXEC. BAT"に環境変数として書き込まれているので、ドライブ割当てを変更したい場合は"AUTOEXEC. BAT"をエディタで書き換える必要がある。

特に、ワークファイルをハードディスクかRAMディスクに設定し直すことを勧める。

3. 開始時の操作

統計処理メニューで『ファイル編集』を選択すると、"HENSYUP. EXE"が起動し、初期画面で仕様説明を表示するので、確認後リターンキーを押す。すると、以下の各機能の選択に入る。

(1) 既成ファイルの編集

既成ファイル名一覧が表示されるので、メニュー選択方法aに従って選択する。

ファイル名の上をカーソルが移動するごとに、そのファイルのコメントが表示されるので、選択の参考にする。

選択したファイルから自動的にワークファイルが作成され、そのデータが展開されたデータ入力画面が表示されるので、必要に応じてデータ修正を行った後、タブキーで基本メニューに移り、表3に示す各種の編集処理を行う。

(2) 新規ファイル作成

データファイル名一覧が表示されるので、既成ファイル名とダブらないよう新規ファイル名を入力する。

単に、リターンキーのみを押すと初期設定に戻る。

コメント、変数の数、変数名、サンプルの数、サンプル名を決めると、新しいデータ入力画面に移る。

(3) 既成ファイル削除

MS-DOSのDELコマンドを使わなくてもデータファイルの削除を行い、自動的に次のファイルリスト更新も行う。

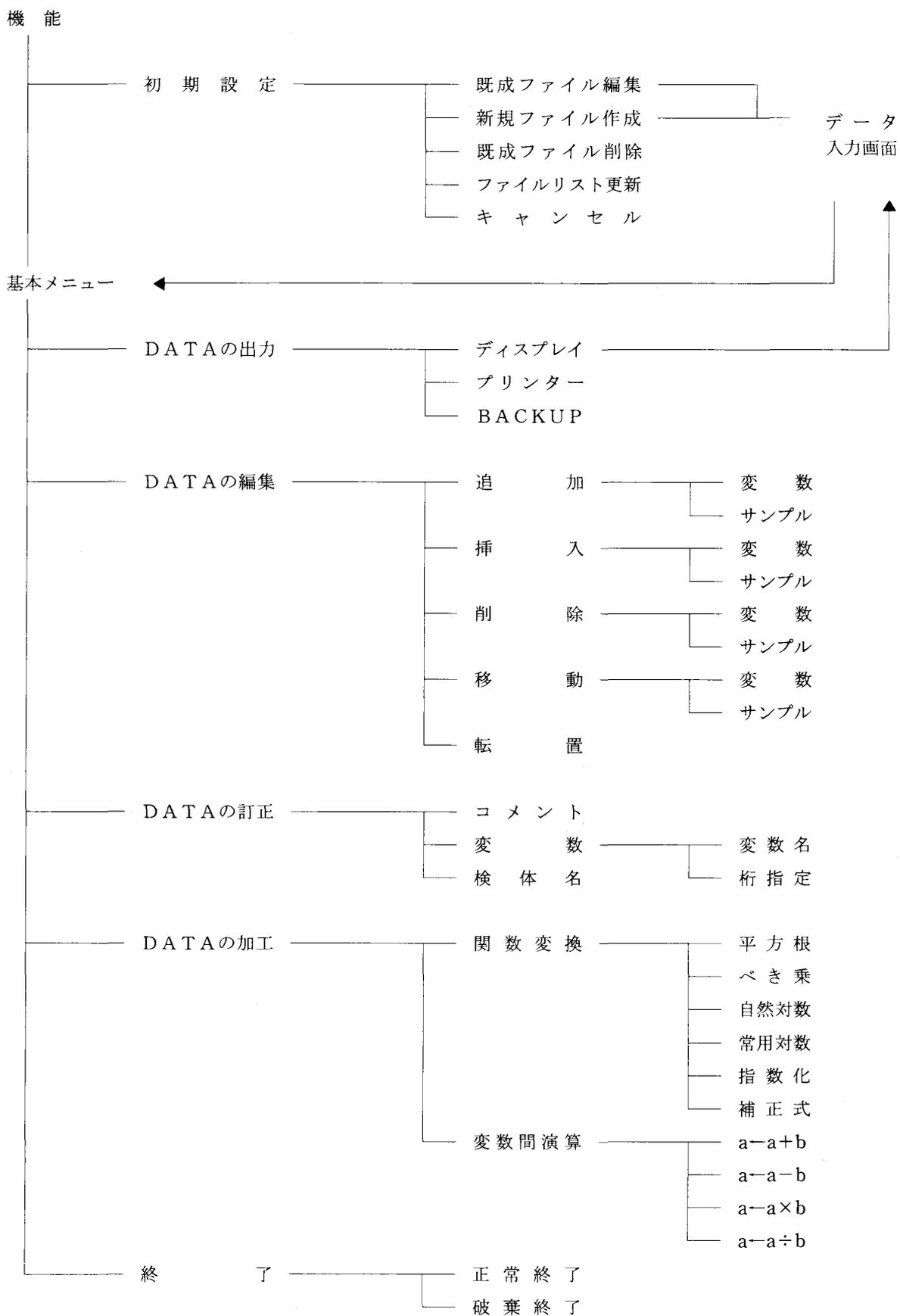
(4) ファイルリスト更新

(1),(2)では、ファイル名とそのコメントを集めた"FILELIST"というテキストファイルからファイル名等を表示しているが、利用者がこのシステムから離れて、データファイルのコピーや削除を行った場合には、そのリストが更新されないため、この処理を行う必要がある。

(5) キャンセル

統計処理メニューに戻る。

表3 機能一覧表



Comment=統計解析用テストデータ

| 対象ファイル名 = TEST-1.DAT | | 変数の数 = 5 | | | | | サンプル数 = 10 |
|----------------------|-------|----------|------|------|------|------|------------|
| ↓ | 1 \ 1 | 変数 1 | 変数 2 | 変数 3 | 変数 4 | 変数 5 | |
| 1 | 検体 | 1 | | | | | |
| 2 | 検体 | 2 | | | | | |
| 3 | 検体 | 3 | | | | | |
| 4 | 検体 | 4 | | | | | |
| 5 | 検体 | 5 | | | | | |
| 6 | 検体 | 6 | | | | | |
| 7 | 検体 | 7 | | | | | |
| 8 | 検体 | 8 | | | | | |
| 9 | 検体 | 9 | | | | | |
| 10 | 検体 | 10 | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |

(F3) : 編集処理 (ESC) : 初期設定 (↵) : 方向切替 (F.3) : 欠測入力

図6 データ入力画面

4. データ入力画面 (図6 参照)

(1) 新規入力モードの場合

新記入力の前に、縦入力か横入力か設定する。/キーを押すごとに左肩の矢印が切り替わるので確認できる。

縦入力の場合、19番目のデータを入力するところから、縦に一行分スクロールすることになるが、上に消える一行分のデータをファイルに保存し、17行分の画面のデータを書換える作業を行うため、処理速度の遅いパソコンでは、入力を待たされることになるので、縦横どちらでも入力できる場合には、横入力が望ましい。

横入力の場合には変数の端に達すると、また縦入力の場合にはサンプルの端に達すると、自動的に次のサンプルまたは変数のトップに移動する。どちらの場合も、全データが入力されると、次のデータ修正モードになる。

(2) データ修正モードの場合

既成ファイルを選択した場合、及び新規ファイルの入力が済んだ場合には、データ修正モードになる。

このモードでは、画面のスクロールを迅速に行うために、以下のキーにもスクロール機能を持たせている。

- ・ROLLUP, ROLLDOWNキー
上下に一画面つまり18サンプルずつ移動する。
- ・SHIFT+↓キー
サンプルの終端に移動する。
- ・SHIFT+↑キー
サンプルの先頭に移動する。
- ・SHIFT+←キー
変数の右端に移動する。
- ・SHIFT+→キー
変数の左端に移動する。

それらを使って画面をスクロールし、さらに矢印キーを使ってカーソルを移動して、データ訂正を行いたいデータのある罫線の枠の中にカーソルが入ったところで、正しいデータを入力できる。

なお、誤って、修正不要なデータの欄内でキーが押されてしまった場合、リターンキーを押す前であれば、Uキーで元のデータを復活できる。

どちらのモードの場合でも、エスケープキーを押すと初期設定メニューに戻り、タブキーを押すと基本メニューに進む。但し、データ入力画面でデータ修正等を行ったまま、エスケープキーを押して初期設定メニューに戻ると、その修正データが元のファイルに生かされないで、その場合確認を求める。

もし、データ修正後であれば、nを押してデータ入力画面に戻り、タブキーで基本メニューに進み、『BACKUP』または『終了』で保存できる。

5. 各種編集処理

データ入力画面からタブキーを押すと、基本メニュー画面に進む。

【基本メニュー】では、『DATAの出力』、『DATAの編集』、『DATAの訂正』、『DATAの加工』から選ぶ。また、データファイル編集プログラムを終了し、各種統計処理に進みたいときには基本メニューの『終了』を選択する。

(1) データの出力

『DATAの出力』では『ディスプレイ』、『プリンター』、『BACKUP』から選ぶ。

- a ディスプレイ
データ入力画面に戻る。
- b プリンター

プリンターに対象ファイルの内容が印字される。

全部出力し終わると基本メニューに戻る。なお、最初の頁にはファイル名・コメント・変数の数・サンプルの数が見出しとして印字される。

印刷の幅は、“AUTOEXEC.BAT”の環境変数“PRNT”によって10または15インチに設定できる。

c BACKUP (退避)

ここで行う処理は、基本的に現在編集途中のワークデータを別なファイル名で退避することである。

編集前であれば、ワークデータと元のデータが等しいため、元のデータのBACKUPに相当する。

BACKUPファイル名は、編集中のファイル名と同じで拡張子だけを“.BAK”に置き換えるものと、拡張子は“.DAT”のままファイル名を変更するもののいずれかを選択する。

“.BAK”を拡張子に持つファイルは、このデータファイル編集プログラムから編集できないため、BACKUP用としては安全であるが、後に統計解析用として生かしたい場合には、MS-DOSの“RENAME”コマンドで拡張子を“.DAT”に変更する必要がある。

(2) データの編集

『DATAの編集』では、『追加』、『挿入』、『削除』、『移動』、『転置』から選ぶ。

ここでどれかを選択すると、さらにサンプルか変数かの選択が行われる(第2サブメニュー)。

a 追 加

サンプルか変数かを選択して個数を入力する。

入力データは定数、自然数、実データの入力から選ぶ。定数、自然数は自動的に入力されるが、実データの入りは図6のデータ入力画面で行う。

b 挿 入

サンプルか変数かの選択を行い、サンプルの場合は挿入位置の次のサンプルの番号を入力し、変数の場合は挿入位置の次の変数名をカーソルで選択する。

その後の処理は追加と同じである。

c 削 除

サンプルか変数かの選択を行う。

サンプルの削除は、1個の場合サンプル番号を入力する。複数の場合、範囲指定ができる(例:15-23)。

変数の削除は、変数リスト一覧表の中から複数選択できる。

削除の確認は、データ入力画面で行うこと。

d 移 動

サンプルか変数について、移動する1個またはブロックを指定位置の前か後に移動できる。

e 転 置

行列の転置を行う。但し、サンプル数が40個以内の場合に限られる。

(3) データの訂正

『DATAの訂正』では、『コメント』、『変数名』、『サンプル名』から選ぶ。

データファイルの仕様の範囲内でコメント、変数名、数値の外部表現(小数点以下の桁数)、サンプル名を訂正できる。

(4) データの加工

『DATAの加工』では、『関数変換』、『変数間演算』から選ぶ。

a 関 数 変 換

データ(X)を変換する関数としては、『平方根』、『 X^y 』、『 $\log X$ 』、『 $\ln X$ 』、『 10^X 』、『 $\exp(X)$ 』、『一次補正式』が用意されている。

一次式による補正は、補正範囲を限定できる。

b 変 数 間 演 算

変数間演算には、『 $A=A+B$ 』、『 $A=A-B$ 』、『 $A=A \times B$ 』、『 $A=A \div B$ 』が用意されている。

(5) 終 了

『終了』では、『正常終了』、『破棄終了』から選ぶ。

a 正 常 終 了

編集結果が書き込まれた“\$.\$\$\$”のファイルを“.DAT”に置き換えて“\$.\$\$\$”のファイルを削除する。

b 破 棄 終 了

編集結果が書き込まれた“\$.\$\$\$”のファイルを削除する。編集前の“.DAT”ファイルはそのまま残る。

各統計解析プログラム

1. 共 通 事 項

(1) 開始時の操作

MS-DOSのメニュー画面において、表2の中の処理を選択すると、各統計解析プログラムが起動する。

起動後、最初にタイトル画面が表示され、簡単な仕様説明を読むことができる。

そこで、データファイルを所定のドライブにセットした後、リターンキーを押すと、図2のファイル選択メニューが表示される。

カーソルが移動するごとに、ファイルのコメントも次々と表示されるのでファイル選択の参考となる。

ファイル一覧表の中に目的のファイルが存在しない場合や、この解析を行いたくないときには、エスケープキーを押すと再設定メニューが表示される。

再設定メニューの中から『統計メニューへ戻る』を選ぶか、もう一度エスケープキーを押すと、MS-DOSのメニューに戻ることができる。

また、『データファイル選択』を選ぶとデータファイル一覧表の表示画面に戻り、再びファイル選択が可能であ

る。

また、ここでも『ファイルリスト更新』を行うことができる。

(2) グラフのコピー

ほとんどの統計処理は、解析結果を画面にグラフ表示し、プリンタが接続されていればそのコピーを行うか、コピーせずに次のプロッタ出力に進むか選択できる。

(3) グラフのXYプロッタ出力

さらに、ほとんどの統計処理は画面表示とほぼ同じ形で、XYプロッタにグラフを描くことができる。

XYプロッタは、比較的新しいものは、独自のコマンド体系の他、ヒューレット・パッカード社のコマンド体系に準拠したコマンドを装備しているので、そういうプロッタであれば、ほとんどプログラムの変更なく利用可能と思われる。

現在、ローランド社のDXY-1300とグラフテック社のMP-4300、FP-7100で動作確認済みであるが、さらに、他社のプロッタについても確認中である。プロッタのディップスイッチの設定が違うほか、漢字出力に独自の方法を採っているものがあると考えられる。

画面のハードコピーでは斜線がジグザグになるが、プロッタならカラーペンが使えるたり、OHP用紙に直接カラーでグラフを書いたりできるので、ぜひプロッタでの利用を奨めたい。なお、プロッタが漢字対応でない場合に、“AUTOEXEC. BAT”で設定すると表記は英字となる。

(5) ファイル出力

下記の統計処理において、解析結果がファイルに出力される。

そのファイルも、この統計処理システムに共通な書式で書かれているため、別な統計処理に利用可能である。

a 重回帰分析

解析による目的変数の推定値と残差が、元のデータファイルに追加される。

但し、元のファイルの変数の数が39個以上なら新たなファイルを作る。

例えば、新たな変数データを追加して残差との相関を調べるとか、残差が時系列データであればその周期性を調べるとかの解析が可能となる。

b 主成分分析

解析結果の因子得点がaと同じようにファイルに出力される。

例えば、因子得点の周期性や、気象因子等との相関を調べることによって、各合成変数の意味付けに客観性を持たせる事ができるであろう。

c レシオマッチング

この解析結果も、距離行列に置き換え、新たなデータファイルとしてクラスター分析に供することによって、

客観的なグルーピングが可能になる。

d 反復移動平均解析

この処理によって、移動平均値と不規則変動がファイルに出力される。それぞれが、別な解析に利用できる。

例えば、誤差変動の大きいデータは、移動平均値を用いた解析が有効であり、季節変動の大きいデータは、季節変動成分を除去した不規則変動の解析が有効となる場合がある。

e 等濃度分布図作成

数地点のデータを元にスプライン法で補完したデータや、粗いメッシュデータの間をスプライン法で平滑化したデータをファイル保存すれば、3次元グラフ作成に活用できる。

(6) グラフ表示の制限

入力データの桁数は最大9桁まで表示できることになっているので、整数部の桁数も大きくとれるが、解析結果を印刷する書式、及びグラフの目盛り表示の制限があるので、整数部の桁数は最大4桁程度が望ましい。

5桁以上になると、印刷書式がくずれたり、グラフの目盛りに0が並ぶ等の症状が現れる。

したがって、整数部5桁以上のデータを含む変数の列は、データファイル変数プログラム『変換』の『補正式』によって一律1000分の1倍にする等の処理を行うこと。

データは倍精度で持っているので、表示の上で桁落ちがあっても、解析の上では精度に影響を与えない。

(7) 終了時の操作

解析終了後、統計メニューに戻るか処理を継続するかを選択する。

処理継続ならデータファイル選択に戻る。

プログラムの中には、同じデータファイルについて変数選択等から解析を継続できるものもある。

2. 各統計解析プログラムの特徴

(1) 度数分布解析 (HISTOP. BAS)

① 変数は1個を選択する。

② データ数は一応744個の制限がある。

③ データを対数変換することができるので、正規分布と対数正規分布の χ 自乗検定が可能。

④ 度数分布の級数を選択する(最大20個、既定値はSturgesの式から求める)。

⑤ ヒストグラム(図7)とP-C曲線(図8)を表示する。

⑥ それらの画面ハードコピーとプロッタ出力ができる。

・テストデータ: TEST-HG1. DAT

・参考文献: 大崎紘一ら『コンピュータ・プログラムによる統計技術』

(2) 相関係数行列解析 (SOUKANP. BAS)

- ① 変数は複数選択する (既定では全変数選択)。
- ② それらの基礎統計量, 相関行列, 傾き行列, 切片行列を印刷する。相関係数はt検定も行う。
- ③ X軸及びY軸に当たる変数を選択して散布図を描く。
- ④ 散布図には回帰直線を書き入れることが可能。
- ⑤ X軸Y軸の表示範囲を必要に応じて既定値から直すことができる。
- ⑥ 散布図 (図9) は画面ハードコピーとプロット出力ができる。

・テストデータ: TEST-EG1.DAT

(3) 重回帰分析 (STPREGP. BAS)

- ① 手法は変数増減法であるが, 下記の参考文献をできるだけ忠実に再現している。
- ② 目的変数を1個選ぶ。残りは全部説明変数となる。
- ③ 変数の導入基準値を設定する (既定値は2.0)。
- ④ Y推定値と残差をデータファイルに保存可能。
- ⑤ 基礎統計量等を印刷しないように設定可能。
印刷を指定すると, 基礎統計量, 相関行列, 変数の導入, 吐き出し過程, 残差の検討結果を印刷する。
- ⑥ 得られた重回帰式を元に以下の図を表示し, 画面ハードコピーやプロット出力できる。

- a 各変数に対する正規偏差の散布図 (図10)
- b 正規偏差の時系列分布図
- c Y観測値とY推定値による散布図 (図11)
- d Y観測値とY推定値の時系列分布図 (図12)

・テストデータ: TEST-RG1. DAT,

TEST-RG2. DAT

・参考文献: N. ドレーパー&H. スミス『応用重回帰分析』

(4) 主成分分析 (EIGENP. BAS)

- ① 固有値の計算方法はGiven's Householder-QR法を用いている。
- ② 変数は複数選択する (既定は全変数選択)。
- ③ 分析対象を相関係数行列と分散共分散行列から選択可能。
- ④ 基礎統計量等を印刷しないように設定可能。
印刷を指定すると, 基礎統計量, 相関行列, 固有値・固有ベクトル・因子負荷量・寄与率等の出力を行う。
- ⑤ スコアを求める合成変数の数を指定してスコアの計算ができる。
- ⑥ 分析結果を元に以下の図を表示し, 画面ハードコピーまたはプロット出力ができる。
 - a 合成変数間の負荷量散布図 (図13)
 - b 合成変数間のスコア散布図 (図14)
(プロットの形状でグループ分け可能)

c 合成変数のスコア時系列図

- ⑦ 合成変数のスコアをファイルに保存できる。

・テストデータ: TEST-EG1. DAT,
TEST-EG2. DAT

・参考文献: 奥野忠一ら『多変量解析法』『続 多変量解析法』

(5) 因子分析 (FACTORP. BAS)

- ① 固有値の計算方法はGievn's Householder-QR法を, 因子分析は反復主因子法を用いている。
- ② 変数は複数選択する (既定は全変数選択)。
- ③ 基礎統計量等を印刷しないように設定可能。
印刷を指定すると, 基礎統計量, 相関行列, 固有値・固有ベクトル・因子負荷量・寄与率等の出力を行う。
- ④ 分析終了後, スコアの計算をするなら, スコアを求める合成変数の数を指定する。
- ⑤ バリマックス回転を行うことができる。
- ⑥ 回転前または回転後について, 分析結果を元に以下の図を表示し, 画面ハードコピーまたはプロット出力できる。

- a 因子間の負荷量散布図
- b 因子間のスコア散布図
(プロットの形状でグループ分け可能)
- c 因子のスコア時系列図

- ⑦ 合成変数のスコアをファイルに保存できる。

・テストデータ: TEST-FA1.DAT,
TEST-FA2. DAT

・参考文献: 柳井晴夫ら『因子分析-その理論と方法』

(6) クラスタ分析 (CLUSTAP. BAS)

- ① 分析対象を変数間, 検体間, レシオマッチングの相関係数行列から選ぶ。
- ② 分析対象が変数間なら40個まで, 検体間なら60個まで解析できる。
- ③ 類似度計算方法を次の5種類から選択する。
 - a 1- (相関係数の絶対値)
 - b ユークリッド平方距離
 - c 標準化ユークリッド平方距離
 - d マハラノビス汎距離
 - e ミンコフスキー距離
(更にべき乗数を指定する)
- ④ クラスタ分析手法を次の4種類から選択。
 - a 最短距離法
 - b 最長距離法
 - c 群平均法
 - d ウォード法
- ⑤ 基礎統計量等を印刷しないように設定可能。

印刷を指定すると、基礎統計量、類似度行列、要約表の出力を行う。

- ⑥ デンドログラム (図15) を表示し、画面ハードコピーまたはプロッタ出力ができる。
- ⑦ 分析手法だけを再設定して分析を再開できる。

・テストデータ：TEST-CL1. DAT,

TEST-CL2. DAT

・参考文献：奥野忠一ら『多変量解析法』【続 多変量解析法】

：田中豊ら『パソコン統計ハンドブック II』

(7) 高次回帰分析 (CURVEP. BAS)

- ① 多項式回帰ともいい、最高9次までの高次回帰式を求める。それを検量線として濃度推定ができるほか、欠測値の補完にも利用できる。
- ② データは、データファイル編集プログラムで作成済みのファイルから選択するか、キーボードから直接入力する。
- ③ ファイルを選んだ場合、目的変数と説明変数をそれぞれ1個選択する。
- ④ 散布図と各次数ごとの決定係数を表示する。
- ⑤ グラフと決定係数を元に最適次数を設定し、図に回帰曲線を入れる。
- ⑥ 回帰曲線が不適当と思われるときは次数を再設定できる。
- ⑦ 高次回帰式の入った散布図 (図16) を画面ハードコピーまたはプロッタ出力ができる。
- ⑧ その高次回帰式を用いて、目的変数の推定ができる。

したがって、このプログラム単独でも、データをキーボードから入力して、検量線を作成し、濃度推定に利用できる。

・テストデータ：TEST-KK1. DAT

・参考文献：本多正久『BASICにより予測入門』

(8) 平均値の差の検定 (SAKENTEI. BAS)

- ① データ間に対応のある場合の各変数間の母平均値の差を検定する。
 - ② 全変数間の差の平均値、最大値、最小値、標準偏差を印刷する。
 - ③ 各変数のt分布値とその検定結果を印刷する。
- ・テストデータ：TEST-SAI. DAT
- ・参考文献：大崎紘一ら『コンピュータ・プログラムによる統計技術』

(9) 時系列グラフ作成 (FRCASTP. BAS)

- ① 統計解析ではないが、生データの折れ線グラフ表示用として作成したものである。
- ② 対象とする変数を複数選択する (10個以内)。

③ Y軸は対数目盛りに変更可能である。

④ グラフに縦横の区切りや単位を付けることができる。

⑤ 右側に左側と別なスケールでY軸を設定できる。その際、右側のスケールで表示する変数を選択する。

なお、右側に1個の変数を設定した場合には、棒グラフ表示も選択できる。

⑥ 変数毎に、折れ線の種類と色を設定できる。

⑦ 時系列グラフ (図17) を画面ハードコピーまたはプロッタ出力ができる。プロッタ出力の場合、ペン色の種類も設定できる。

・テストデータ：TEST-FA3. DAT

(10) 反復移動平均解析 (MVAVEP. BAS)

① 反復移動平均法は両端に欠項を生じさせないでデータの平滑化ができるのが特徴である。

② 対象とする変数を1個選択する。

③ 移動平均を計算する項数を設定する。

④ 移動平均値と不規則変動をファイルに出力できる。

⑤ 元の時系列データと移動平均値をグラフ表示する。

⑥ その移動平均グラフ (図18) の画面ハードコピーまたはプロッタ出力ができる。

・テストデータ：TEST-MV1. DAT

・参考文献：本多正久『BASICによる予測入門』

(11) 自己相関係数解析 (ATCORP. BAS)

① 時系列データの周期成分を把握するために、同一の時系列データを1サンプルずつずらしながら相関係数を求め、コレログラムを表示する。

② 対象とする変数を複数選択する (4個以内)。複数選んだ場合には、1つのグラフに重ね書きを選択できる。

③ 解析するサンプルの期間を設定する (96個以内)。

④ 時差の範囲を設定する (サンプル期間の半分以内)。

⑤ 自己相関係数を印刷するかどうか指定する。

⑥ コレログラム (図19) を表示し、画面ハードコピーまたはプロッタ出力ができる。

・テストデータ：TEST-AT1. DAT

・参考文献：鈴木栄一『気象統計学』

(12) 相互相関係数解析 (SERICOP. BAS)

① 系列相関ともいい、自己相関と同じ手法で異なる時系列間の相関係数を求め、一方の時系列が他方に時差をもって影響を与えていないか検証する。但し、自己相関と違ってマイナスの時差も有効である。

② 目的変数 (1個) と対象変数 (4個以内) を選択する。

③ 解析するサンプルの期間を設定する (96個以内)。

④ 時差の範囲を設定する (サンプル期間の半分以内)。

- ⑤ 時差相関係数を印刷するかどうか指定する。
- ⑥ クロスコログラム (図20) を表示し、画面ハードコピーまたはプロッタ出力ができる。
- ・テストデータ：TEST-SE1. DAT
 - ・参考文献：本多正久『BASICによる予測入門』
- (13) 等濃度分布図作成 (CONTOUR1. BAS)
- ① X, Y座標の原点を左下とし, Xは右, Yは上にプラスとして, X軸座標, Y軸座標, Z軸の高さを元に, コンターマップを作成する。
- データファイルは, 3変数にXYZ情報を収録したものと, 変数番号と, 検体番号でXY座標面の位置を表して, Z軸の高さだけを納めたものがあり, 必要に応じて何れかをデータファイル編集プログラムで作成する。コンターはスプラインによる補間や平滑化も可能。
- ② 前者の場合, X, Y, Z軸に対応する対象変数を選択する。
- ③ 補間か平滑化を設定する (補間なら補間範囲も指定)。
- ④ コンターを引かない部分を指定する。
- ⑤ X, Y軸の目盛りを指定し, コンターを引くZ軸のきざみ幅を指定する。
- ⑥ コンターマップ (図21) を表示し, 画面ハードコピーが可能。
- ⑦ 補完または平滑化したデータはファイル出力できる。
- (3次元グラフに利用可能)
- ・テストデータ：TEST-CO1. DAT
 - ・参考文献：塩野清治『BASICによるコンターマップI基礎編』
- (14) 3次元グラフ作成 (3DIMENP. BAS)
- ① 時系列データの季節変化等を立体的に図示するものである。
- ② データファイルとしては, 2種類の作成方法を用意している。1つは, 1変数に1成分の時系列データを割り当てた一般的なもので, もう1つは, 等濃度分布図用の後者のファイル形式である。例えば, 10年間の月代表値を前者のファイルに納めると, 1変数に120個のサンプルが入るが, 後者のファイルに納めると, サンプルは1~12月までの12個で, 変数は1~10年までの10個となる。
- 前者は, 同じ期間の多数の成分を格納したい時に適しており, 後者は, 大きな時系列データを格納したい時に適している。
- ③ 前者のファイルを選んだ時には, グラフ化したい変数と何個毎に分割するかを指定する。
- ④ 図のタイトルや, X, Y軸のコメント, Z軸の単位を設定する。
- ⑤ Z軸の最大目盛りを指定する。
- ⑥ X, Y軸の目盛り表示方法を指定する。
- ⑦ グラフの最適な表示位置を探すために, 変数やサンプルについてデータを回転させることや, 視点を4方向から選ぶことができる。
- ⑧ グラフを表示した後, タイトルや, 視点が不適切と思われる時には④に戻り再設定できる。
- ⑨ 3次元グラフ (図22) の画面ハードコピーまたはプロッタ出力ができる。
- ・テストデータ：TEST-FA3. DAT
- (15) レシオマッチング解析 (RATIO1. BAS)
- ① 俗に, 濃度相関マトリクス法ともいう。
- サンプル間の一致度を相関数(Matching Number)行列として求める。
- このプログラムでは一歩進めてクラスター分析に持ち込むことができる。
- ② 一致と判定する基準値を1.0~1.5の範囲で指定する。
- ③ 解析結果を相関数行列として印刷する。
- ④ ②の判定基準値の妥当性確認のため, 相関数の累積度数分布図を表示し, 画面ハードコピーができる。
- ⑤ 相関数行列をクラスター分析の距離行列用としてファイル出力できる。
- 但し, 距離行列としては, $1 - (\text{相関数})$ の処理をしなければならないが, その処理はクラスター分析内部で行う。
- (④の妥当性確認はあまり有効とは思われない。それより, 基準値を0.1きざみで増やしながらかラスター分析を行い, クラスタリングの変化を調べた方がよいのでは……)
- ・テストデータ：TEST-RM1. DAT
 - ・参考文献：日本地球化学会編『水汚染の機構と解析』
- (16) データ交換ファイル交換 (DEFCONV1. BAS)
- ① 宮城県保健環境センターで作成した全公研北海道・東北支部会員の大気常時監視データのMS-DOS用ファイルを当統計解析システム用に抽出・加工・変換を行うものである。
- ② 抽出方法を1項目複数局, 1局複数項目, 複数局複数項目から選ぶ。
- ③ 抽出方法に応じて, 局項目を選ぶ。
- ④ 期間を月単位で設定する。
- ⑤ データ加工方法を日平均値, 日最高値, 日最低値, 月平均値, 月最高値から選ぶ。
- ⑥ 出力ファイル名を設定する。
- ・テストデータ：DEFCONV1. DAT

3. グラフ作成例

代表的なグラフ作成例を図7～22に示す。

おわりに

今回、3次元グラフ作成にあたりプログラムの提供を快諾していただいた宮城県保健環境センターの三浦英美研究員に深謝いたします。

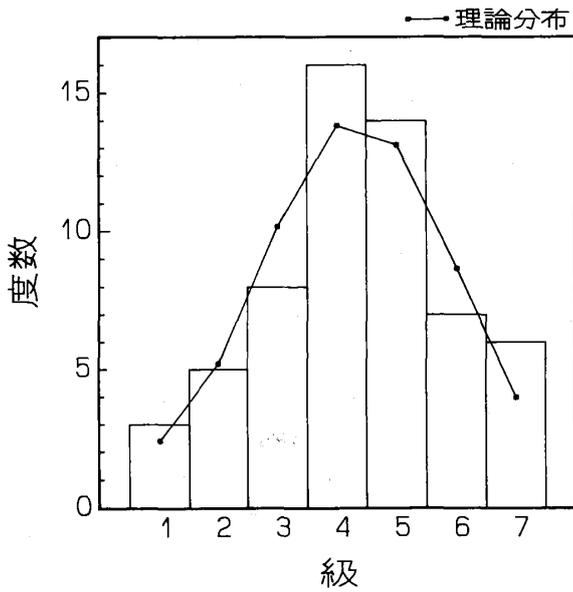


図7 累積度数分布図

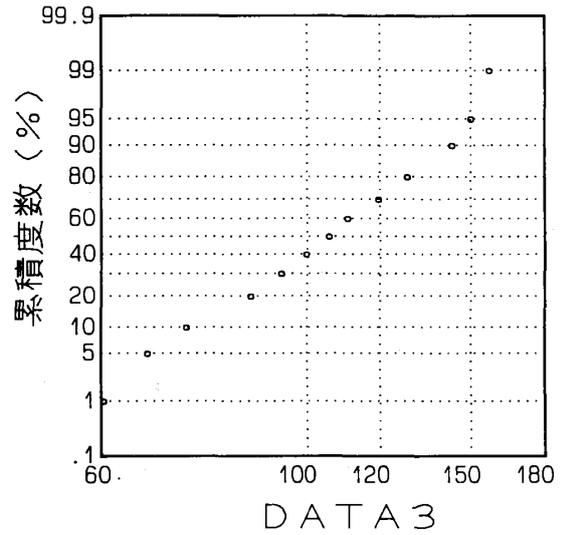


図8 P-C曲線

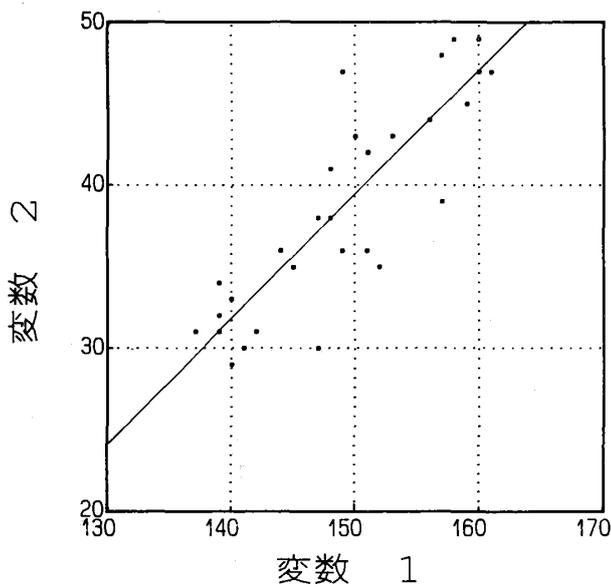


図9 散布図 (回帰直線入り)

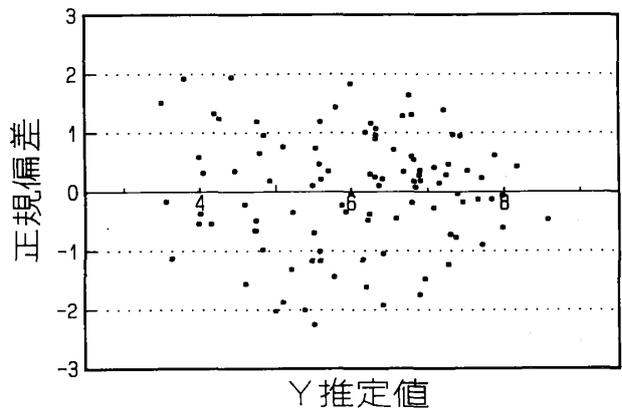


図10 Y推定値に対する正規偏差の散布図

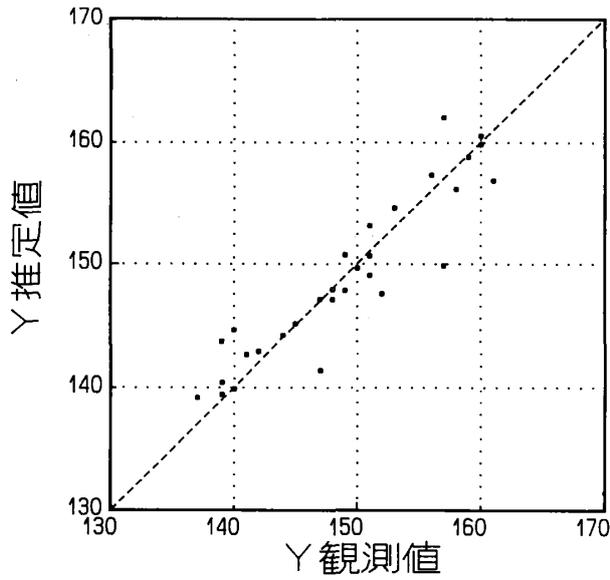


図11 Y観測値とY推定値による散布図

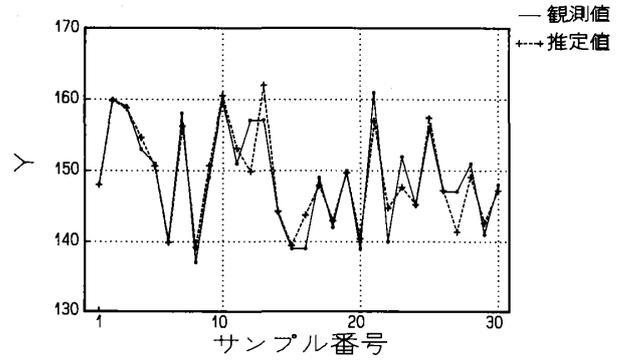


図12 Y観測値とY推定値の時系列分布図

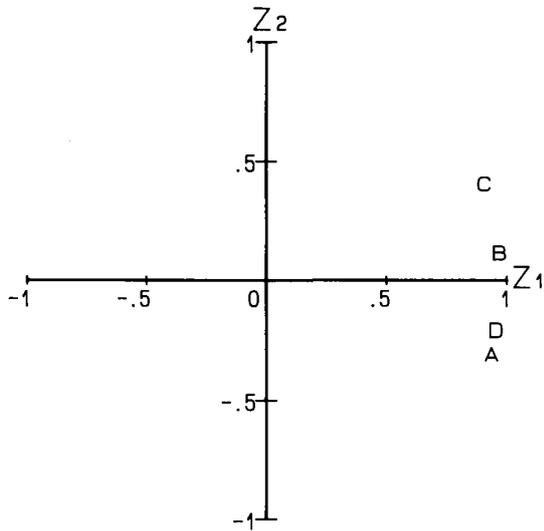


図13 合成変数間の負荷量散布図

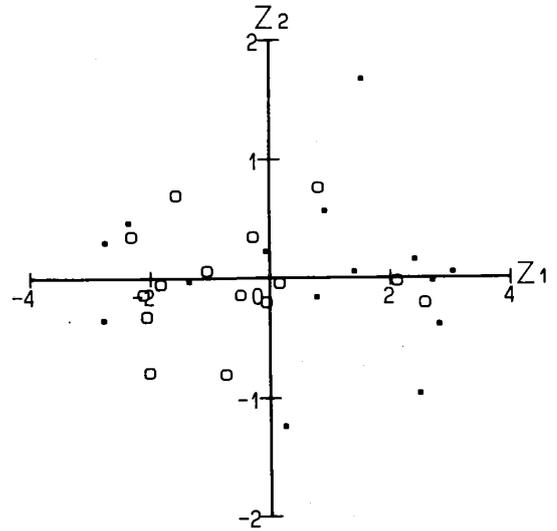


図14 合成変数間のスコア散布図

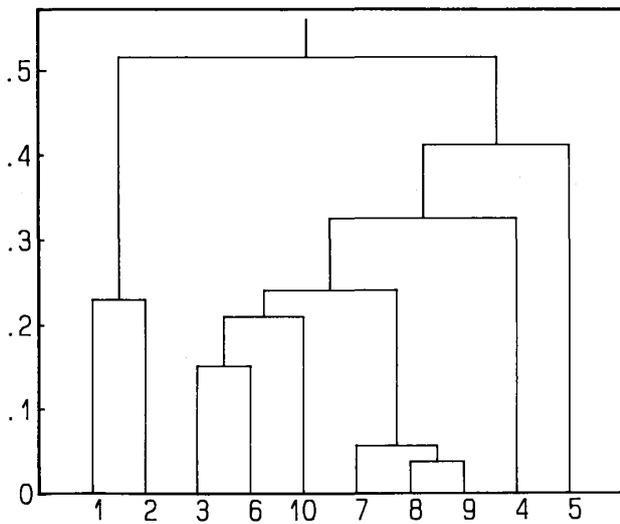


図15 デンドログラム

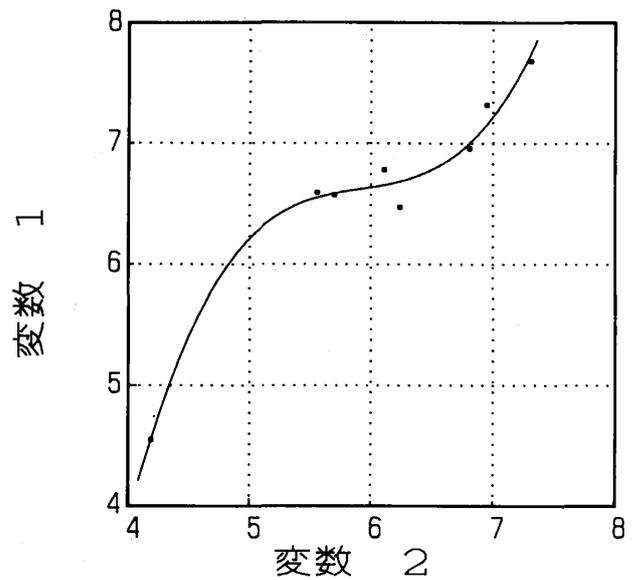


図16 散布図 (高次回帰式入り)

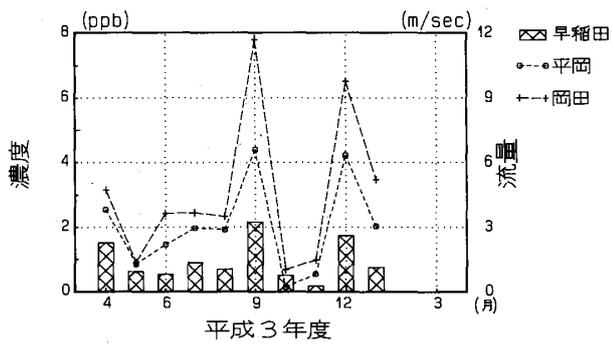


図17 時系列グラフ

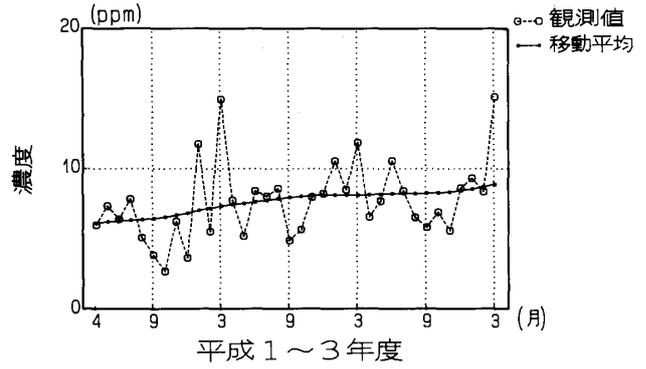


図18 移動平均グラフ

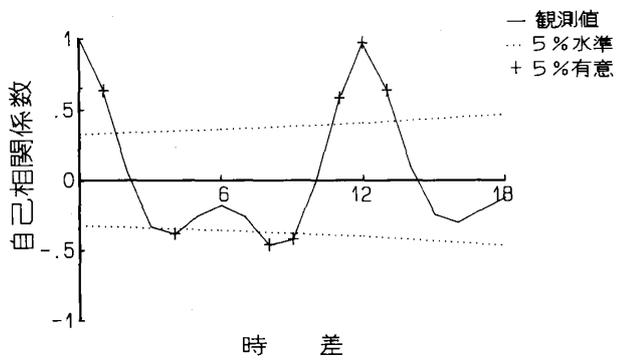


図19 コレログラム

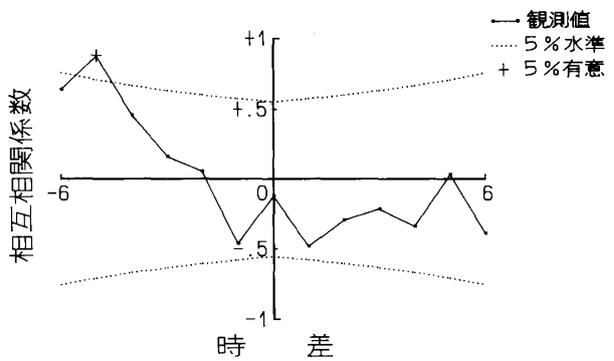


図20 クロスコレログラム

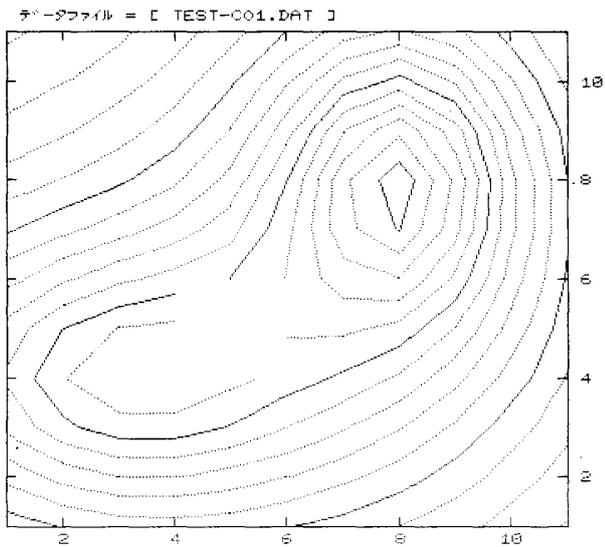
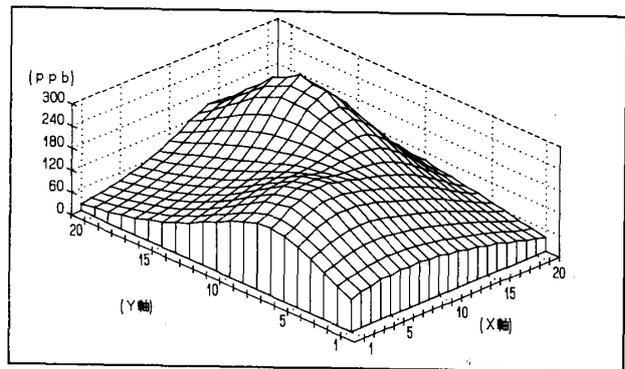


図21 等濃度分布図



コンターマップ用データ (コンターマップのためのBASIC基礎編、P-24)

図22 3次元グラフ

Abstract

Introduction of Statistic Analysis System by Personal Computer

Susumu HAYAKARI, Akinori TAKAHASHI* and Takezumi KON

This system is based on the statistic analysis system for pc-8000 series made by NEC Corp., which was published by Takahashi in the Report of Environmental Pollution Control Center of Aomori Prefecture, No. 5, and is that of having been remodeled for pc-9800 series. It has the programs for making and compiling the data files which are utilized in common for various statistic analysis as the nucleus, and is composed of respective programs for frequency distribution analysis, correlation coefficient matrix analysis, multiple regression analysis, principal component analysis, factor analysis, cluster analysis, the test of the difference in mean values, time series graphing, polynomial regression analysis, moving average analysis, autocorrelation coefficient analysis, cross-correlation coefficient analysis, contour map making and three-dimensional graphing.

Its features are it is easy to use also for those using it for the first time due to unified operation properties, abundant comments, carefully thought error checkup, the visual display using graphs and so on, and it can cope with the various environments of use of users because hard disks and RAM disks are utilized, and front-end-processors, the width of papers for printers, the types of plotters and so on can be set up beforehand.

* Hachinohe city

北国における浮遊粒子状物質濃度の評価について

早狩 進 中道 敬* 久保沢洋一**
野田 正志* 松尾 章 今 武純

β 線式SPM計とローボリューム・エアサンプラーには、10 μm 以上の粉じんをカットするために、同じようなサイクロン分粒器が取り付けられている。ところが、冬期に10 μm 付近の粒径の粉じんが増大する北国においては、両機種間の測定値の間に、季節的な周期性を持った機種差があることが判明した。

冬期に β 線式SPM計の感度が低下するのは、ローボリューム・エアサンプラーよりも細かい粒径でカットされているためと考えられる。機種差をできるだけ小さくするための改善を要するが、それができないのであれば、ローボリューム・エアサンプラーによる β 線式SPM計の補正を検討する必要がある。

Key words: environmental quality standard, light scattering, beta-ray attenuation, particulate pollution

はじめに

環境基準の定められている浮遊粒子状物質いわゆるSPMの測定方法としては、当初光散乱法による自動測定機(以下光散乱計という)の1時間値を、ローボリューム・エアサンプラー(以下ローボルという)の濃度でF値較正する方法だけが認められていたが、F値較正が煩雑な上、数ヶ月分のデータを用いて較正するまでは環境基準の評価ができないため、重量濃度を直接計測できる β 線吸収法による自動測定機(以下 β 線計という)等が追加採用されるようになった。

本県でも、 β 線計に移行すべく整備を進めているが、図1のとおり、平成2年度末現在八戸市内の6局に配置しただけで、残りの八戸市内3局、青森市内2局、六ヶ所村2局では光散乱計をF値較正してSPMの評価を行っている。

八戸地区では、以前ローボル、光散乱計、 β 線計の精度試験を行っており、また光散乱計から β 線計への移行に際して、測定データの連続性を確保する目的で両計器の併行テスト¹⁾を実施しているので、それらから得られた知見を報告する。

調査結果

1. アンダーセンローボルとサイクロン式ローボルの比較

昭和55年度の環境庁委託の精度研究²⁾で、ダストを粒径ごとに分別捕集できるアンダーセンローボルを用いてローボル精度試験を八戸市と大阪市で行っている。その際2地点で行ったアンダーセンローボルの粒度分布を比較すると、図2~3で示すとおり八戸市の方が粒径10 μm 付近のダストの占める比率が高く、特に9~11月よりも12~1月に5 μm 以上の粒径に上昇が見られるのは、道路粉じんの影響の著しい仙台市の一般環境測定局における浮遊粉じんの粒度分布に類似している³⁾。

また、八戸市について、アンダーセンローボルの各ステージまでの累積濃度とサイクロン式ローボルの濃度と回帰式を図4で比較した。図4の直線は()で示したステージまでのアンダーセンの累積濃度とローボルの濃度との回帰式を表している。点線は $Y=X$ の式を表している。図では、アンダーセンの累積濃度の粒径が小さい内

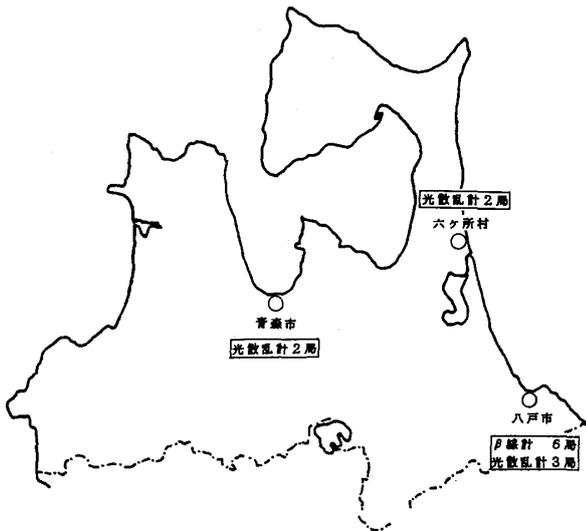


図1 SPM測定地点図

*八戸公害事務所, **八戸市

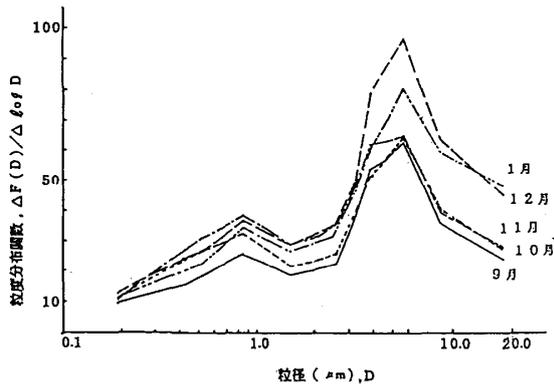


図2 アンダーセンローボルの粒度分布²⁾ (八戸市)

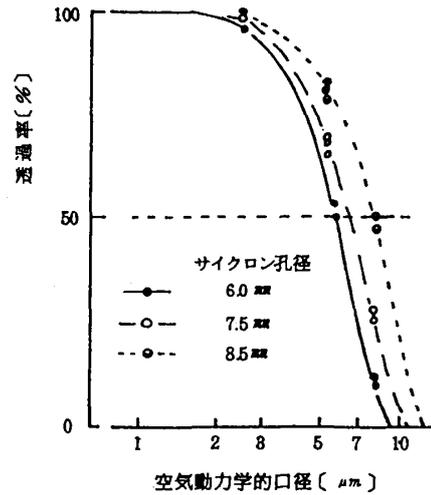


図5 サイクロンの分粒特性²⁾

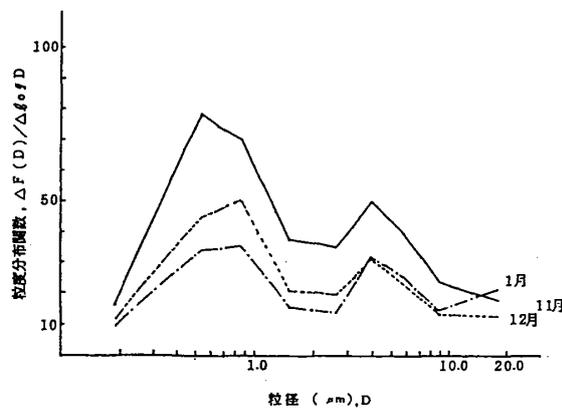


図3 アンダーセンローボルの粒度分布²⁾ (大阪市)

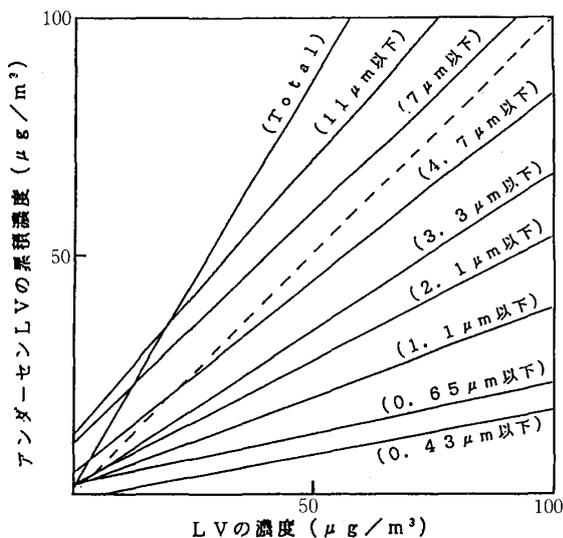


図4 アンダーセンLVの各ステージまでの累積濃度とLVの比較²⁾

は傾きが小さく、粒径が大きくなると傾きが大きくなり、ちょうど $Y=X$ は $4.7 \mu\text{m}$ と $7 \mu\text{m}$ の間に当たる。このことから、 $10 \mu\text{m}$ で100%カットされるように設計されたサイクロン(図5参照)を取り付けたローボルの分粒特性が、平均すると約 $6 \mu\text{m}$ であることがわかった。

2. F値校正の実際

ローボルの値をそれと同じ期間の光散乱計1時間値の平均値で割ったものをFt値といい、光散乱計の1時間値に掛けるとローボルの値に換算できる係数になる。基準となるローボルの値が分母ではなく、分子に置かれていることに注意を要する。

ローボルのろ紙交換は、地域で違いがあり、八戸市では5日ごと、青森市では7日ごと、六ヶ所村では15日ごととなっている。したがって、1ヶ月にそれぞれ6、4、2個のFt値が得られるが、Ft値をそのまま換算に使うのではなく、その月を中心に前後約20個のFt値を幾何平均したものをF値として、1ヶ月単位で校正している。

20個を使うのは精度を高めるために環境庁から昭和47年に示された校正方法ではあるが、20個を用いるということは、八戸地区では前後3ヶ月、青森地区では前後5ヶ月、六ヶ所地区では前後10ヶ月の平均をとることになるため、Ft値が季節変動するところでは、季節変動を消し去る効果をもち、必ずしも適切とはいえない。個数が少なくても、Ft月平均値を用いた方がより季節変動を生かすことになると考えられる。

北海道・東北の公害関係の試験研究機関に問い合わせたところ、各光散乱計ごとにローボルを配置し、通年継続のローボルデータを用いてF値校正を行っていたのは青森県だけで、簡易な方法で行っていたのは仙台市と岩手県でした。他は、 β 線計に切り替えたときからSPMの環境基準評価を始めていた。

表1 Ft月平均値の相関

| 地区 | 局舎名 | 鮫小 | 尾駁小 | 戸鎖小 | 本町公園 | 堤小 |
|-----|------|--------|-------|---------|---------|---------|
| 八戸 | 工大一高 | 0.857* | 0.219 | 0.382* | 0.716** | 0.641** |
| | 鮫小 | | 0.254 | 0.494** | 0.732** | 0.702** |
| 六ヶ所 | 尾駁小 | | | 0.509** | 0.380* | 0.373* |
| | 戸鎖小 | | | | 0.534** | 0.489** |
| 青森 | 本町公園 | | | | | 0.897** |
| | 堤小 | | | | | |

3. Ft月平均値の季節変化

Ft値の性質を調べるために、Ft値の月平均値の3ヶ年分について青森、八戸、六ヶ所の3地域の相関を調べた表1を見ると、八戸市内の八工大一高と鮫小学校の間で0.857、六ヶ所村内の尾駁小学校と戸鎖小学校の間で0.509、青森市内の本町公園と堤小学校の間で0.897と同じ地域間の相関が強いことが確かめられた。また、同じデータを用いて自己相関係数を調べたところ図6に示すとおり、八戸地区と青森地区では明瞭な12ヶ月の周期が認められたが、非汚染地区である六ヶ所地区では認められなかった。

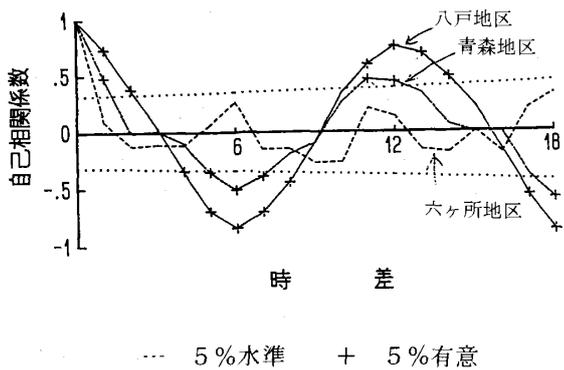


図6 Ft月平均値のコレログラム ('86.4~'89.3)

六ヶ所地区でFt月平均値に周期性が認められないのは、時系列グラフ(図7)でわかるように、自動車交通量が少ない等の原因で濃度レベルが低く、Ft月平均値の季節変動が他の誤差変動に隠れてしまっていることが原因と

考えられる。

それに対して、都市部のFt月平均値は図8~9の時系列グラフで示すように、冬期に高く夏期に小さくなる傾向がある。つまり、冬期にはローボルより光散乱計の方が粉じんを少なく評価していることになる。

Ft月平均値の時系列グラフに、その測定点に近い道路端で行っているダストジャーによる降下ばいじんの月間値を重ねてみると、両者がよく一致しているのがわかる。特徴的なのは、八戸、青森とも、86、87年度の1、2月にFt値も降下ばいじんも落ち込んでいるのが見えるが、これは、1~2月に雪が根雪になったために、道路粉じんが舞い上がらなくなったもので、例年に比べて降雪量が約半分にすぎなかった88年度には八戸、青森ともそれらの落ち込みが見られないことから、Ft月平均値の季節変化は道路粉じんの影響を強く受けていることがわかる。

しかしながら、道路粉じんがFt月平均値の季節変化を

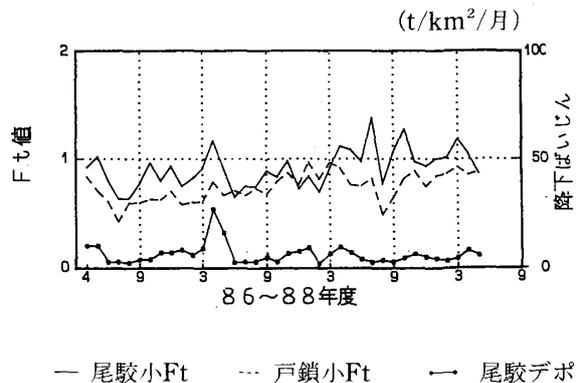


図7 Ft月平均値と降下ばいじん濃度の年変化 (六ヶ所地区)

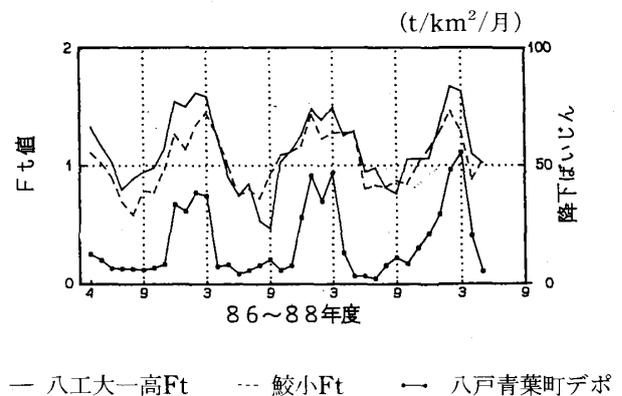
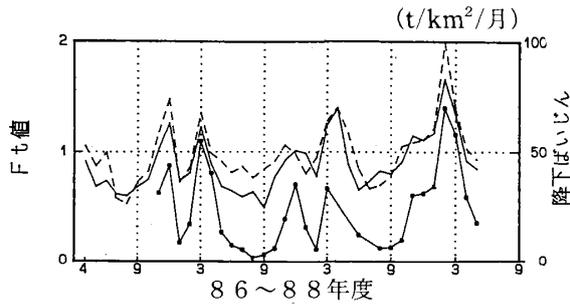


図8 Ft月平均値と降下ばいじん濃度の年変化 (八戸地区)



— 本町公園Ft --- 堤小学校Ft — 青森市役所デポ

図9 Ft月平均値と降水ばいじん濃度の年変化
(青森地区)

もたらすメカニズムとしては、例えば、ローボルが10 μ m以上の粉じんを拾いすぎている等の誤差要因が考えられるが、先に示したように分粒特性が約6 μ mであることから、ローボル側に原因があるとは考えられない。

それよりも、光散乱計が粉じんを面としてしか評価できないことからくる測定原理上の問題や、分粒器は持っていないが、採取管や流路内での粉じんの沈着等による見かけ上の分粒特性の問題等が考えられる。

表2 LV, SP, SPMの相関 (n=71)

| | LV | SP | SPM |
|-----|----|----------|----------|
| LV | | 0.5897** | 0.6674** |
| SP | | | 0.9234** |
| SPM | | | |

(** : $r > .2995$ の場合、危険率1%で有意)

4. F β 月平均値の性質

β 線計は原理的に重量を直接計測しているために、F値較正の必要がないとされているが、ローボルと光散乱計の間のFt値と同じく、 β 線計についてもローボルの値を同じ期間の β 線計の1時間値の平均値で割って係数を求め、それをF β と定義した。

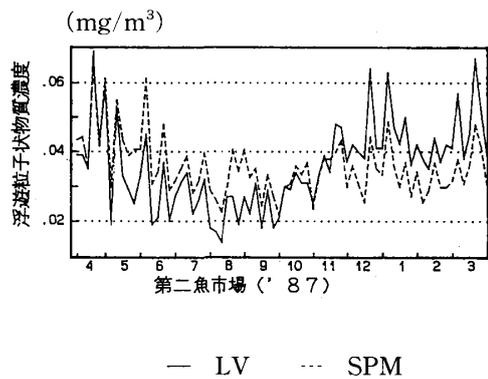
FtとF β の季節変化の違いを調べるために、1986~1987年度の間、第二魚市場局においてローボル、光散乱計、 β 線計を併置し、測定を行った。ローボルは平均5日ごとにろ紙交換を行った。光散乱計と β 線計の1時間値はローボルの年平均値を元にして補正を施した。

1987年度の測定結果について、ローボルと同じ期間の光散乱計、 β 線計の1時間値の平均値との間の相関係数

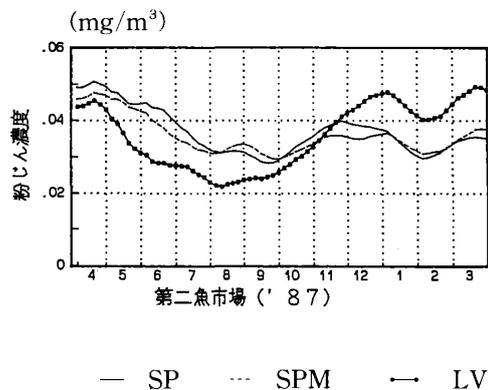
を調べた結果、表2に示すとおり、光散乱計と β 線計の間の相関は高いが、ローボルとの間はそれほどではなかった。ローボルと β 線計5日平均値の年変化を図10で調べると短期間の変動はよく似た傾向を示しているが、夏と冬では上下が逆転している。濃度変化が激しくて季節変化が見にくいので、約1ヶ月に相当する6個を用いて移動平均した図11でLV(ローボル)、SP(光散乱計)、SPM(β 線計)の値を比較するとローボルは、夏に低く、冬に高い一山型の季節変化を示すが、光散乱計と β 線計はよく一致し、ローボルほど明瞭な季節変化を示していない。

幹線道路に近い八戸保健所局も加えて2年間のF β 月平均値について図12で経月変化を調べてみると、Ftの場合と同じように冬期に高く夏期に低い一山型を示し、その傾向は第二魚市場だけの特異的な現象ではなかった。

F β はFtとほぼ同じく、年間の最高値と最低値の間に約2倍の開きがあり、このままの値をSPMとして採用する



— LV --- SPM



— SP --- SPM — LV

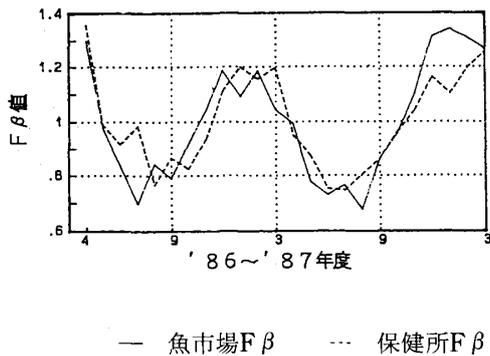


図12 2局, 2年間のFβ月平均値の季節変化

ことは、ローボールに比較して夏期は高めに評価することになり、冬期は逆に低めに評価することになる。

測定原理の違う光散乱計でもβ線計でも、ローボールに対して同じ様な周期性をもった機差を生じているということは、両計器の測定原理の問題以上に、両計器の分粒特性の違いや配管内での結露等の問題があると考えられる。特に、10 μm前後のスパイクタイヤによる粉じんが増加する冬期間は、ローボールよりも分粒特性が更に細かい粒径に偏っているために、Ft, Fβ値の増加として現れたものと思われる。

また、夏場は観測局舎にクーラーを入れているため、配管内で結露して光散乱計でもβ線計でも水滴をカウントして高濃度となり、Ft, Fβ値を低くさせている可能性もあり得る。

たとえば、八戸保健所局の昭和61年度の環境基準評価の月間値を、β線計そのままの値を使った場合と、Fβ月平均値で較正した後の値を使った場合とを表3で比較すると、較正前の月平均値及び月最高1時間値ともに8月が年度間の最高となっているが、較正後では12月から4月までが高く、スパイクタイヤ粉じんの影響がはっきりと現れて、降下ばいじん等の実態により近いデータとなる。

特に、Fβ月平均値で較正した場合には、4月に環境基準短期評価で2日連続超過が現れるため、長期評価でも環境基準不適合となり、較正の影響は大きいものがある。

このように、少なくとも、スパイクタイヤ粉じんの影響の強い北国において、β線計のデータをそのまま用いることはスパイクタイヤ粉じんの影響を過小評価していることになり問題である。

当所では、スパイクタイヤ禁止が浮遊粒子状物質の排出規制にどれだけ効果があるかを把握するために、スパイクタイヤが禁止される前から自動車排ガス測定局においてβ線計を設置しているが、このままではその効果を適正に把握することはできない。

Fβの季節変動を小さく抑える方法としては、サイクロンの分粒特性を10 μmに近づけること、採取管でのロスを少なくすること、結露を抑えるために検出部を保温すること等が考えられる。もし、それらの方法を用いてもFβの季節変動が小さく抑えられないのであれば、環境基準評価の継続性を維持するために、Fβによる較正も必要になってくるのではないかと考えられる。

青森県環境保健センターでも、平成3年度に青森市内で光散乱計からβ線計への更新を行ったので、これらの

表3 環境基準適否一覧表 (61年度八戸保健所局)

| 項目 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 1 | 2 | 3 |
|----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Fβ | | | | | | | | | | | | |
| 月平均値 | .040 | .030 | .041 | .038 | .048 | .029 | .026 | .031 | .036 | .025 | .028 | .038 |
| 1 DV最大 | .087 | .064 | .064 | .081 | .097 | .078 | .051 | .081 | .093 | .044 | .083 | .080 |
| 較正前 | | | | | | | | | | | | |
| 1 DV>0.1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2日連続 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Fβ | | | | | | | | | | | | |
| 月平均値 | .060 | .033 | .041 | .041 | .040 | .028 | .023 | .032 | .045 | .033 | .036 | .051 |
| 1 DV最大 | .130 | .070 | .065 | .087 | .081 | .074 | .046 | .084 | .113 | .058 | .106 | .105 |
| 較正後 | | | | | | | | | | | | |
| 1 DV>0.1 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 |
| 2日連続 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

(1 DV: 日平均値)

知見を元に、八戸市内で行ったローボル、光散乱計、 β 線計の併行試験を引き継ぎ、 $F\beta$ 月平均値の季節変化のメカニズム解明に努めたいと考えている。

お わ り に

県内で行ったSPMに係る精度試験や併行試験の結果以下のことがわかった。

1. 八戸市内は大阪市内と違い、粗大粒子の比重が大きく、特にスパイクタイヤが使われる12～1月におおよそ $5\mu\text{m}$ 以上の粒子が増大する。
2. サイクロン式ローボルに付属しているサイクロンの分粒特性は平均約 $6\mu\text{m}$ であった。
3. スパイクタイヤ粉じんの影響の強い都市部の Ft 月平均値は、冬に高く、夏に低い一山型の季節変化を示し、その動きは道路端の降下ばいじんの季節変化とよく一致しており、夏と冬とでは約2倍の開きがあった。
それに対し、非汚染地区の Ft 月平均値は、明瞭な季節変化を示さなかった。
4. β 線計とローボルの間の $F\beta$ 月平均値の季節変化は、測定原理が違うにも関わらず、 Ft 月平均値とほぼ一致し、 $10\mu\text{m}$ 付近の粗大粒子が増大する冬期にローボルよりも感度が低下することから、 β 線計は分粒特性が約 $6\mu\text{m}$ であるローボルよりも、さらに細かい粒径でカットされていると思われる。
5. β 線計のデータをそのまま用いた場合よりも、 $F\beta$ 月平均値で補正した方が、より実態に近い環境基準評価になることがわかった。

引 用 文 献

- 1) 野田正志他(1985)：浮遊粒子状物質(SPM)の測定法の検討—光散乱法と β 線吸収法の比較、青森県公害センター7, 74-79.
- 2) 京都市公害センター他(1981)：自動測定器等の精度に関する研究(粉じん捕集装置)、昭和55年度環境庁業務結果報告書, 40-44.
- 3) 高橋陽子他(1982)：スパイクタイヤによる大気汚染と道路粉じんの実態調査(第2報)、仙台市衛生試験所報, 259-291.

Abstract

Evaluation of Concentration of Suspended Particulate Matters in the North Provinces of Japan

Susumu HAYAKARI, Satoshi NAKAMICHI, Yoichi KUBOSAWA
Masashi NODA, Akira MATSUO and Takezumi KON

A beta-ray type SPM meter and a low volume-air sampler are fitted with the same kind of cyclone separator in order to cut dust over 10 μm . But, it was confirmed that there was a seasonal periodic difference between the measurement values of both kinds of mechanics in the north country where dust with about 10 μm of particle size increased in winter.

The decreasing of sensitivity of beta-ray type SPM meter in winter might be depend on cutting dust with more fine particle size than that of low volume-air sampler. It is necessary to improve on the difference between both kinds of mechanics as small as possible, but if it were not the case, we need examine that the beta-ray type SPM meter was correlated by the low volume-air sampler.

アルカリろ紙法による八戸市の環境大気評価

中道 敬 鈴木 実 野田 正志
 斎藤 輝夫 工藤 隆治 藤田 志保

八戸市の窒素酸化物等の状況を把握するため、環境大気の簡易測定法である、アルカリろ紙法による調査を実施しているが、今回10年間の調査結果をもとに、フッ化物、窒素酸化物の推移についてまとめたところ、フッ化物、亜硝酸性窒素の測定値は減少する傾向にあるが、硝酸性窒素は横ばい状態であった。

Key words : alkali filter paper, nitrogen oxides, fluoride, fluorite, phosphate rock

1. はじめに

当所では、八戸市内9ヶ所の大気汚染自動測定局において、窒素酸化物等の常時監視を行っている。

また、測定局での測定結果を補完し市内全域にわたる窒素酸化物等の状況を把握するために、環境大気の簡易測定法である、アルカリろ紙による調査も実施している。

今回、昭和56年度から10年間にわたる八戸市内のフッ化物・窒素酸化物の推移についてまとめたので、その報告をする。

2. 調査方法

2.1 測定期間

昭和56年4月～平成3年3月

2.2 測定地点

八戸市内15地点（図1）

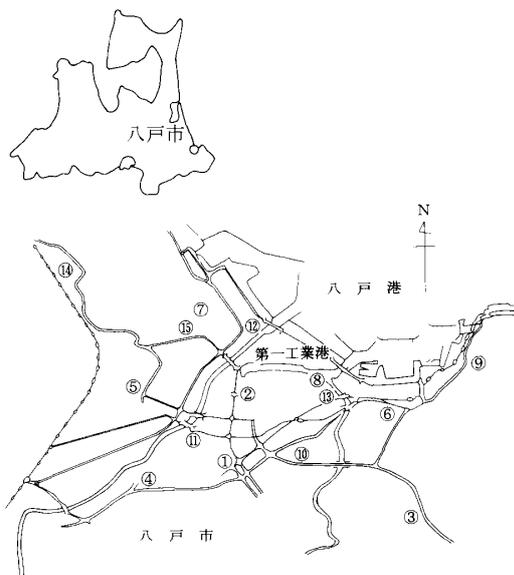


図1 測定地点

2.3 測定方法

東洋ろ紙No.526を用い、測定有効面積が裏表両側で100 cm²（高さ10cm×5cm×2）になるように短冊状にしたろ紙を、炭酸ナトリウム10水塩の30%水溶液に浸潤し、一昼夜風乾したものを百葉箱中に約一ヶ月放置し、回収後分析に供した。

2.4 測定項目及び分析方法

表1のとおり

表1 測定項目及び分布方法

| 測定項目 | 分 析 方 法 |
|---------------------------------|---------------------------|
| F ⁻ | ランタンアリザリンコンプレクソン |
| | 吸光光度法 (S. 56. 4) |
| | イオン電極法 (S. 56. 5～) |
| NO ₂ ⁻ -N | N-1-ナフチルエチレンジアミン法 |
| NO ₃ ⁻ -N | Cd-Cuカラム還元法 (S. 56～S. 63) |
| | イオンクロマト法 (S. 63) |

3. 結果と考察

3.1 年平均値の経年変化

15測定地点の平均から、八戸市の年平均値を求めた。その結果、フッ化物と亜硝酸性窒素は減少の傾向があり、硝酸性窒素は横ばい状態であった（図2）。

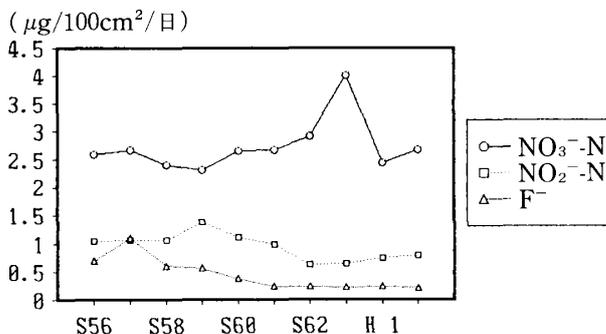


図2 年平均値の経年変化

3.2 風向との相関

フッ化物は、地点8の西側ではW系の風向と正の相関、E系の風向と負の相関があり、東側ではE系の風向と正の相関、W系の風向と負の相関があった(表2)。

地点8のある第一工業港周辺には、蛍石を使用する製鋼工場や、燐鉱石を使用する化学肥料製造工場があるので、それら発生源からの影響を受けていると思われる。

亜硝酸性窒素は、第一工業港の東側では、E系の風向

と正の相関、W系の風向と負の相関があり(表3)、硝酸性窒素は第一工業港の西側ではW系の風向と正の相関、E系の風向と負の相関があり、東側ではE系の風向と正の相関、W系の風向と負の相関があった(表4)。

窒素酸化物の発生源としては、工場などの固定発生源や自動車などの移動発生源があり、第一工業港付近には、窒素酸化物の排出量が多いディーゼル発電施設や、大手工場などがあるため、それらの影響が考えられる。

表2 フッ化物と風向との相関係数行列

| 地点 | 1 | 2 | 3 | 5 | 7 | 8 | 9 | 11 | 12 | 13 | 14 |
|-----|---------|---------|-------|---------|---------|---------|---------|---------|-------|-------|---------|
| C | 0.52** | 0.47** | 0.13 | 0.29* | 0.46** | -0.26* | -0.21 | 0.50** | 0.27* | 0.01 | 0.54** |
| N | 0.35** | 0.46** | 0.19 | 0.18 | 0.27* | -0.16 | 0.15 | 0.29* | 0.05 | 0.04 | 0.28* |
| NNE | 0.47** | 0.57** | 0.19 | 0.32** | 0.45** | -0.19 | -0.14 | 0.48** | 0.20 | 0.03 | 0.44** |
| NE | 0.50** | 0.51** | 0.08 | 0.34** | 0.48** | -0.34** | -0.21 | 0.59** | 0.26* | -0.03 | 0.40** |
| ENE | 0.46** | 0.49** | 0.04 | 0.38** | 0.47** | -0.33** | -0.33** | 0.57** | 0.20 | -0.12 | 0.56** |
| E | 0.24* | 0.28* | 0.01 | 0.33** | 0.38** | -0.36** | -0.32** | 0.32** | 0.00 | -0.18 | 0.21 |
| ESE | 0.25* | 0.33** | -0.02 | 0.37** | 0.47** | -0.32** | -0.31** | 0.43** | 0.09 | -0.15 | 0.24 |
| SE | 0.42** | 0.44** | 0.01 | 0.38** | 0.52** | -0.33** | -0.33** | 0.54** | 0.15 | -0.13 | 0.45** |
| SSE | 0.32** | 0.29* | 0.03 | 0.26* | 0.27* | -0.31** | -0.27* | 0.29* | 0.09 | -0.18 | 0.37** |
| S | 0.15 | 0.13 | -0.06 | 0.25* | 0.12 | -0.12 | -0.15 | 0.12 | 0.08 | -0.14 | 0.11 |
| SSW | 0.07 | 0.05 | 0.02 | 0.05 | -0.00 | 0.18 | 0.15 | 0.03 | 0.05 | 0.03 | 0.00 |
| SW | -0.26* | -0.22 | -0.05 | -0.15 | -0.30* | 0.22 | 0.20 | -0.29* | -0.05 | 0.04 | -0.20 |
| WSW | -0.36** | -0.39** | -0.15 | -0.36** | -0.43** | 0.43** | 0.39** | -0.44** | -0.11 | 0.18 | -0.29* |
| W | -0.40** | -0.45** | -0.13 | -0.38** | -0.49** | 0.30* | 0.30* | -0.50** | -0.12 | 0.12 | -0.37** |
| WNW | -0.39** | -0.45** | -0.15 | -0.34** | -0.42** | 0.25* | 0.22 | -0.47* | -0.19 | 0.03 | -0.36** |
| NW | -0.28* | -0.32** | -0.05 | -0.43** | -0.36** | 0.34** | 0.26* | -0.37** | -0.18 | 0.04 | -0.27* |
| NNW | -0.23 | -0.17 | 0.09 | -0.23 | -0.19 | 0.04 | 0.09 | -0.17 | -0.12 | 0.05 | -0.22 |

*: 危険率5%で有意 **: 危険率1%で有意

表3 亜硝酸性窒素と風向との相関係数行列

| 地点 | 1 | 2 | 3 | 5 | 7 | 8 | 9 | 11 | 12 | 13 | 14 |
|-----|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|-------|---------|---------|---------|
| C | 0.12 | 0.40 | 0.08 | -0.06 | 0.13 | -0.36** | -0.47** | 0.12 | -0.04 | -0.31* | 0.44** |
| N | 0.09 | -0.22 | 0.10 | -0.16 | -0.01 | -0.45 | -0.49 | 0.02 | -0.22 | -0.40 | 0.18 |
| NNE | 0.13 | -0.16 | 0.02 | -0.15 | 0.02 | -0.46** | -0.51** | 0.16 | -1.18 | -0.38** | 0.38 |
| NE | 0.05 | -0.15 | -0.01 | -0.11 | 0.05 | -0.49** | 0.26* | -0.16 | -0.35** | 0.32* | -0.54** |
| ENE | -0.23 | -0.18 | -0.27* | -0.24 | -0.07 | -0.58** | -0.53** | 0.07 | -0.28* | -0.51** | 0.19 |
| E | -0.24 | -0.16 | -0.24 | -0.22 | -0.10 | -0.50** | -0.54** | -0.03 | -0.34** | -0.48** | 0.06 |
| ESE | -0.26* | -0.16 | -0.30* | -0.20 | -0.11 | -0.50** | -0.58 | 0.05 | -0.32* | -0.47** | 0.09 |
| SE | -0.14 | -0.08 | -0.22 | -0.17 | 0.00 | -0.48** | -0.59** | 0.06 | -0.32* | -0.49** | 0.25 |
| SSE | 0.14 | 0.00 | -0.11 | -0.12 | 0.02 | -0.38** | -0.27* | 0.09 | -0.24 | -0.31* | 0.29* |
| S | 0.04 | -0.06 | -0.16 | 0.01 | 0.02 | -0.26* | -0.11 | 0.03 | -0.24 | -0.24 | 0.13 |
| SSW | 0.16 | 0.32** | 0.18 | 0.40** | 0.37** | 0.34** | 0.38** | 0.16 | 0.18 | 0.27* | 0.02 |
| SW | 0.09 | 0.26* | 0.19 | 0.32* | 0.21 | 0.43* | 0.48** | -0.06 | 0.25 | 0.42** | -0.14 |
| WSW | 0.05 | 0.20 | 0.18 | 0.16 | -0.01 | 0.57** | 0.60** | -0.08 | 0.36** | 0.50** | -0.24 |
| W | 0.13 | 0.02 | 0.17 | 0.08 | -0.05 | 0.47** | 0.53** | -0.11 | 0.30* | 0.44** | -0.22 |
| WNW | 0.14 | -0.02 | 0.12 | 0.13 | -0.09 | 0.46** | 0.50** | -0.14 | 0.17 | 0.40** | -0.25 |
| NW | 0.11 | 0.10 | 0.15 | 0.12 | 0.03 | 0.40** | 0.49** | -0.14 | 0.16 | 0.38** | -0.11 |
| NNW | 0.10 | -0.11 | 0.09 | -0.03 | -0.00 | 0.09 | 0.08 | 0.01 | -0.12 | 0.09 | -0.22 |

*: 危険率5%で有意 **: 危険率1%で有意

表4 硝酸性窒素と風向との相関係数行列

| 地点 | 1 | 2 | 3 | 5 | 7 | 8 | 9 | 11 | 12 | 13 | 14 |
|-----|---------|---------|---------|---------|---------|---------|-------|---------|---------|---------|---------|
| C | 0.16 | 0.40** | 0.13 | 0.15 | 0.35** | 0.46** | 0.16 | 0.48** | 0.41** | 0.10 | 0.25 |
| N | 0.27* | 0.28* | 0.18 | 0.08 | 0.30* | 0.36** | 0.14 | 0.35** | 0.15 | -0.01 | 0.19 |
| NNE | 0.28* | 0.28* | 0.27* | 0.10 | 0.30* | 0.43** | 0.23 | 0.48** | 0.25 | 0.08 | 0.32* |
| NE | 0.33** | 0.39** | 0.33** | 0.14 | 0.36** | 0.52** | 0.21 | 0.55** | 0.31* | 0.20 | 0.43** |
| ENE | 0.42** | 0.56** | 0.42** | 0.22 | 0.52** | 0.60** | 0.25 | 0.62** | 0.41** | 0.34** | 0.50** |
| E | 0.35** | 0.49** | 0.27* | 0.18 | 0.48** | 0.52** | 0.14 | 0.63** | 0.31* | 0.39** | 0.61** |
| ESE | 0.28* | 0.45* | 0.28* | 0.15 | 0.43** | 0.56** | 0.10 | 0.64** | 0.34** | 0.38** | 0.64** |
| SE | 0.26* | 0.42* | 0.24 | 0.15 | 0.41** | 0.53** | 0.12 | 0.54** | 0.41** | 0.27* | 0.44** |
| SSE | 0.23 | 0.22 | 0.19 | 0.06 | 0.24 | 0.28** | 0.06 | 0.33** | 0.24 | 0.21 | 0.35** |
| S | 0.05 | -0.02 | 0.18 | 0.13 | -0.03 | -0.03 | -0.07 | 0.09 | -0.00 | -0.03 | 0.05 |
| SSW | -0.06 | -0.28* | 0.03 | 0.07 | -0.02 | -0.20 | -0.08 | -0.12 | -0.25 | -0.16 | -0.29* |
| SW | -0.25 | -0.34** | -0.19 | 0.06 | -0.17 | -0.37** | -0.12 | -0.41** | -0.25 | -0.23 | -0.47** |
| WSW | -0.31* | -0.42** | -0.30* | -0.18 | -0.42** | -0.50** | -0.07 | -0.56** | -0.30* | -0.21 | -0.48** |
| W | -0.33** | -0.43** | -0.27 | -0.19 | -0.49** | -0.56** | -0.20 | -0.61** | -0.35** | -0.30* | -0.47** |
| WNW | -0.33* | -0.44** | -0.38** | -0.18 | -0.49** | -0.57** | -0.19 | -0.61** | -0.36** | -0.32* | -0.45** |
| NW | -0.34** | -0.42** | -0.44** | -0.35** | -0.47** | -0.50** | -0.31 | -0.61** | -0.30* | -0.37** | -0.48** |
| NNW | -0.20 | -0.33** | -0.18 | -0.21 | -0.33** | -0.32* | -0.16 | -0.36** | -0.30* | -0.23 | -0.26* |

*: 危険率5%で有意 **: 危険率1%で有意

3.3 等濃度分布図の経年変化

スプライン法により等濃度分布図を作成し経年変化をみた(図3)。

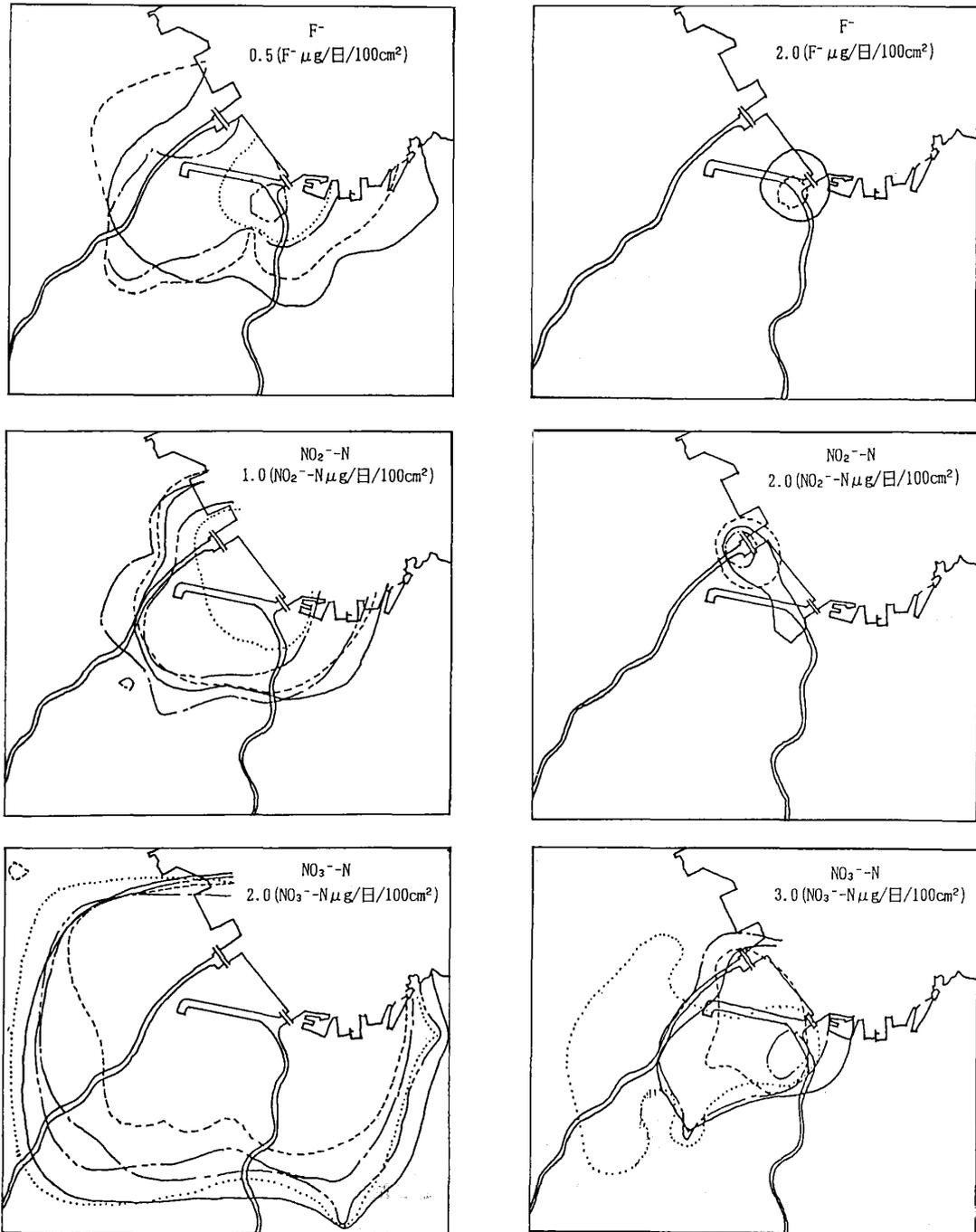
フッ化物は、蛍石や磷鉱石を原料とする工場が立地する第一工業港周辺で高いが、 $0.5 (\mu\text{g}/100\text{cm}^2/\text{日})$ の範囲は年々縮小し、 $2.0 (\mu\text{g}/100\text{cm}^2/\text{日})$ の範囲は、昭和60年度以降出現していない。

このことは、磷鉱石の使用量が昭和60年度から減少し、昭和63年度以降使用されていないことと関係している

と思われる(図4)。

亜硝酸性窒素は、地点8.12周辺で高いが、 $1.0 (\mu\text{g}/100\text{cm}^2/\text{日})$ の範囲は、平成元年度に一時拡大したが、縮小の傾向にある。 $2.0 (\mu\text{g}/100\text{cm}^2/\text{日})$ の範囲は、昭和62年度以降出現していない。

硝酸性窒素の $2.0 (\mu\text{g}/100\text{cm}^2/\text{日})$ の範囲は、大きな変化はみられないが、 $3.0 (\mu\text{g}/100\text{cm}^2/\text{日})$ の範囲は、昭和62年度に西側内陸部にひろがっていた。



—— 56年度 - - - - 58年度 - · - · 60年度 ····· 62年度 - - - - H1年度

図3 等濃度線経年変化

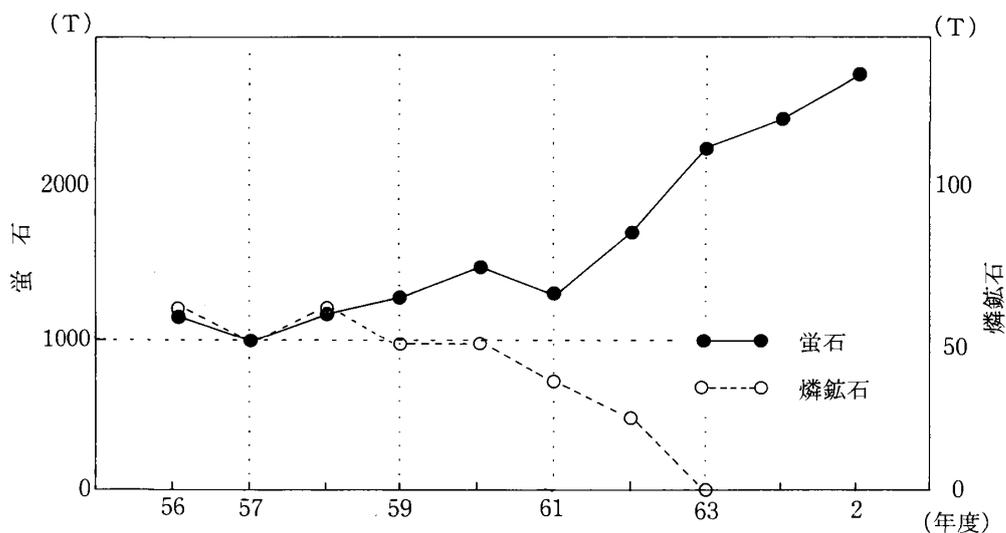


図4 螢石・燐鉱石使用量経年変化

表5 測定方法間の相関係数

| 測定項目 | アルカリろ紙法 | | | | | | デポジットゲージ法 | | | 自動測定機 | | |
|---------------------------------|---------------------------------|---------|--------|---------------------------------|-------|-------|------------------------------|--------|-------|-----------------|------|------|
| | NO ₂ ⁻ -N | | | NO ₃ ⁻ -N | | | NO ₃ ⁻ | | | NO _x | | |
| 測定地点 | No.1 | No.6 | No.8 | No.1 | No.6 | No.8 | No.1 | No.6 | No.8 | No.1 | No.6 | No.8 |
| NO ₂ ⁻ -N | 1.00 | 1.00 | 1.00 | | | | | | | | | |
| NO ₃ ⁻ -N | -0.15 | -0.22* | -0.20* | 1.00 | 1.00 | 1.00 | | | | | | |
| NO ₃ ⁻ | -0.22* | -0.43** | -0.24* | 0.23* | 0.21* | 0.06 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | | | |
| NO _x | 0.30** | 0.31** | 0.47** | -0.01 | -0.04 | -0.10 | -0.01 | -0.23* | -0.10 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |

* 危険率5%で有意 ** 危険率1%で有意

3.4 他の測定方法との関係

窒素酸化物について、他の測定方法との関係をみた。亜硝酸性窒素は、自動測定機によるNO_xをはじめ他の測定方法と有意な相関があり、硝酸性窒素は、一部の地点で、亜硝酸性窒素とデポジットゲージ法の硝酸イオンと相関があった(表5)。

4. ま と め

八戸市における、アルカリろ紙法による測定結果をまとめたところ、次のことがわかった。

- 1) フッ化物の測定値は、第一工業港周辺で高いが、全般に減少する傾向により、燐鉱石使用量の減少と関係があると思われる。
- 2) 亜硝酸性窒素の測定値も、第一工業港周辺で高いが、全般に減少する傾向がある。
- 3) 硝酸性窒素の測定値は、あまり変化していない。
- 4) 風向との関係をみたところ、各項目とも発生源のある第一工業港周辺からの影響がみられた。
- 5) 亜硝酸性窒素は、自動測定機によるNO_xと有意な相関がみられた。

参 考 文 献

- 1) 小池礼子, 嶋田好孝, 目崎岳朗, 曾我健一, 見城信子, 原善彦, 氏家淳雄: アルカリろ紙法による前橋市の窒素酸化物濃度及び硫黄酸化物濃度について, 群馬県衛生公害研究所年報第17号, 169-177 (1985)
- 2) 小池礼子, 嶋田好孝, 目崎岳朗, 曾我健一, 見城信子, 原善彦, 氏家淳雄: アルカリろ紙法による前橋市の大気環境調査(第2報), 群馬県衛生公害研究所年報第18号, 136-140 (1986)
- 3) 根岸勝信, 工藤精一: アルカリろ紙による大気質測定における百葉箱とNASN型シェルターの比較, 青森県公害センター所報No.5, 74-76 (1981)
- 4) 鈴木寿秋, 斎藤輝夫, 本間秀一: 八戸市における環境大気中のフッ化物濃度—スプライン法による二次元分布推定—, 青森県公害センター所報No.7, 82-86 (1985)
- 5) 工藤隆治, 鈴木実, 今武純: アルカリろ紙法による硫黄酸化物測定法の検討—重量法からイオンクロマト法へ—, 青森県環境保健センター研究報告No.1, 93-95 (1990)
- 6) 早狩進, 高橋昭則: 統計解析システム“Seagull-Stat” Ver 4. 1 P

Abstract

**Environmental Atmosphere Assessment in Hachinohe City
by Alkali Filter Paper Method**

Satoshi NAKAMICHI, Minoru SUZUKI, Masashi NODA
Teruo SAITO, Ryuji KUDO and Shiho FUJITA

A condition of nitrogen oxides in Hachinohe City has been examined by an alkali filter paper method, a simple measurement method of the environmental atmosphere. By the results of the change of fluoride and nitrogen oxides for ten years, the values of fluoride and nitrite nitrogen had a tendency to decrease, but that of nitrate nitrogen remained unchanged.

新井田川の水質汚濁状況について

阪崎 俊璽 工藤 精一*

新井田川は、県南の水質汚濁の進行している代表的な河川として、従来より知られており、その水質汚濁対策については、下水道を整備するなどして対応してきている。その結果、昭和62年度において初めて下流においても環境基準をクリアーできるようになった。平成2年度の水質状況も同様であるが、汚濁負荷については、生活雑排水の占める割合が多くなっている。今後、下水道および浄化槽の普及の向上にともない、さらに水質汚濁は改善されるものと思われる。

Key words : sewerage, clarification tank, living waste water, water pollution

はじめに

青森県南地域には、馬淵川、新井田川、相坂川、五戸川など太平洋に至る河川がある。これらの河川水では、上水道、農業用水、工業用水などに利用されている。

しかし、これら河川は、生活雑排水などの流入による水質の悪化もみられて問題となっているところも少なくない。当所においては、これらの河川の水質、汚濁負荷等について、昭和49年より調査を実施してきた。

今回は、県南地方の代表的な2級河川であり環境基準が設定されている新井田川の水質汚濁状況について、平成2年度の水質調査をもとに報告する。

調査方法

1. 調査年月日

平成2年5月～平成3年2月

2. 調査地点

県南地域の主要河川については図-1に、新井田川調査地点については図-2に示す。

調査地点に上流から、鷹ノ巣橋、長館橋、新井田橋、塩入橋、湊橋の5地点である。

3. 調査項目および測定方法

調査項目は、pH、溶存酸素(DO)、生物化学的酸素要求量(BOD)、化学的酸素要求量(COD)、浮遊物質全窒素(SS)、大腸菌群数、塩素イオン(CI⁻)、全リン(T-P)、全窒素(T-N)の9項目である。

測定方法は表-1の通りである。

表1 測定方法

| 調査項目 | 測定方法 |
|-----------------|--------------------------------|
| 流量 | 電流流速計 |
| pH | ガラス電極法 |
| DO | 告示法 (ウィンクラー-アジ化ナトリウム変法) |
| BOD | 告示法 |
| COD | 告示法(100℃酸性マンガン法) |
| SS | 告示法(ガラス繊維ろ紙法) |
| 大腸菌群数 | 告示法(最確数による定量法) |
| CI ⁻ | JIS K0102 |
| T-P | 告示法 (オートクレーブ分解・モリブデン青法) |
| T-N | 告示法 (オートクレーブ分解・Cu-Cdカラム還元法) |

(注) 告示法：環境庁告示法

*公害課

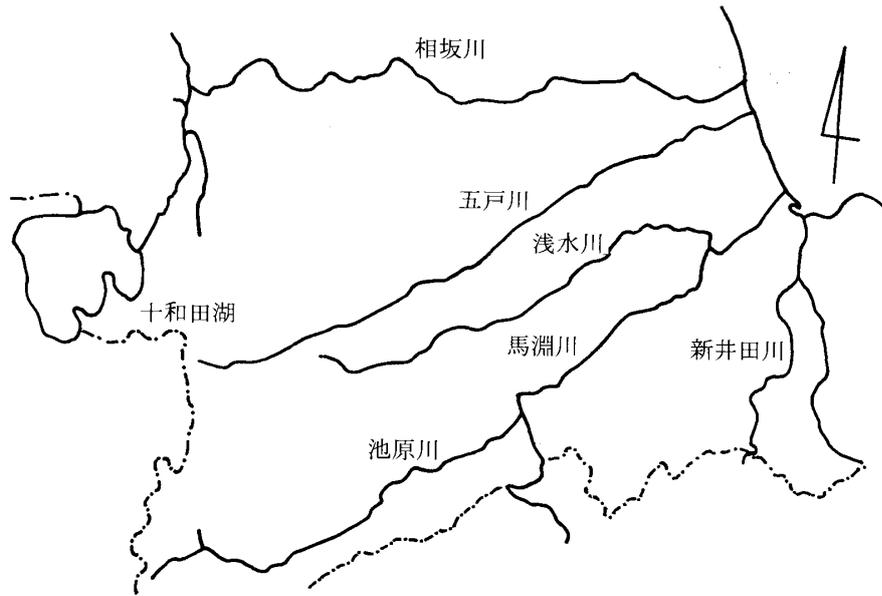


図1 県南主要河川

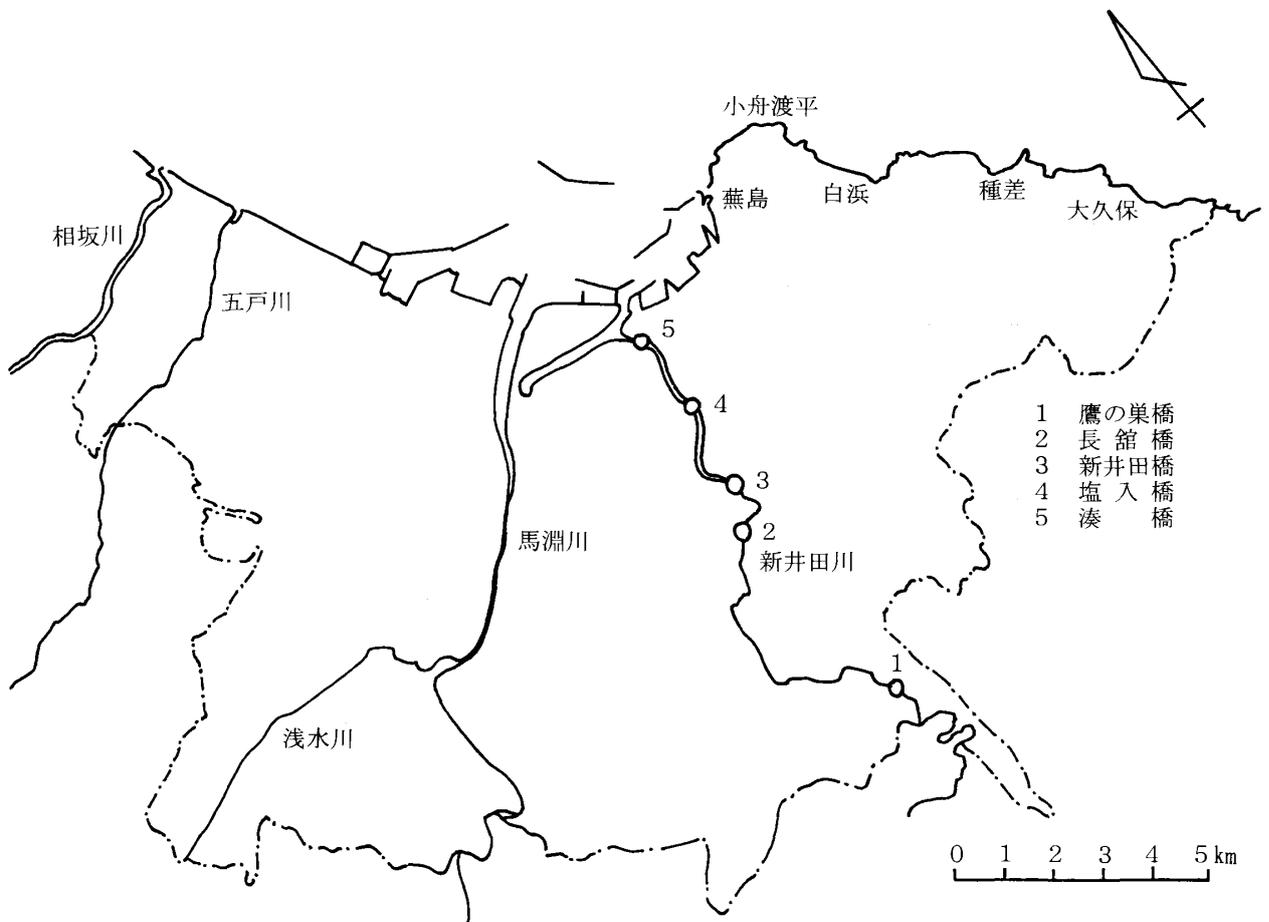


図2 新井田川調査地点

調査結果および考察

平成2年度における新井田川の水質の季節変動をみるために、6月、8月、12月の水質調査結果を別表1～3に、汚濁負荷量結果を別表4～6に示した。

調査項目のうち、河川の水質を考えるにあたってBOD値が多く用いられていることから、新井田川の水質状況について、BODを中心に考察する。

新井田川は、流路延長83km、流域面積581km²であり、河口から2km地点の流域には、水産加工場、セメント工場、大規模住宅団地等が立地し、河川水が八戸全面海域に注ぐ感潮河川である。また、従来から水質汚濁の進行している河川として知られていたが、行政指導および企業努力により、年々水質改善の傾向にあり、昭和62年には湊橋（河川B類型指定）で、類型指定以来はじめてBODの環境基準を達成することができた。新井田川は昭和45年5月25日付で環境基準の水域別類型指定がなされ、長館橋より上流がA類型、それより下流がB類型に指定されている。

次に、A類型の長館橋およびB類型の塩入橋、湊橋の過去16年間のBOD値（75%）の経年変化を図-3に示す。

図-3からわかるように、新井田川全体としては、年々水質が改善の傾向にあるが、特に下流の湊橋の急激な水質改善傾向が注目される。

また、最近4年間の湊橋のBOD値をみると、平成元年度は3.2mg/l（75%値）と環境基準を上回ったものの、昭和62年度、63年度、平成2年度と環境基準を達成している。次に、各調査地点での平成2年度におけるBOD値の経月変化を図-4に示す。新井田川のBOD値の経月変化をみてみると、6月と2月に値が高くなっているものの、A類型の長館橋（0.9～1.2mg/l）およびB類型の塩入橋（0.6～1.8mg/l）、湊橋（0.7～2.0mg/l）においてもそれぞれの類型基準値を上回るBOD値はなかった。

この結果から、平成2年度における新井田川の上流地域および下流地域においても、大きな変動はみられず全体的に水質汚濁状況は改善されていると考えられる。

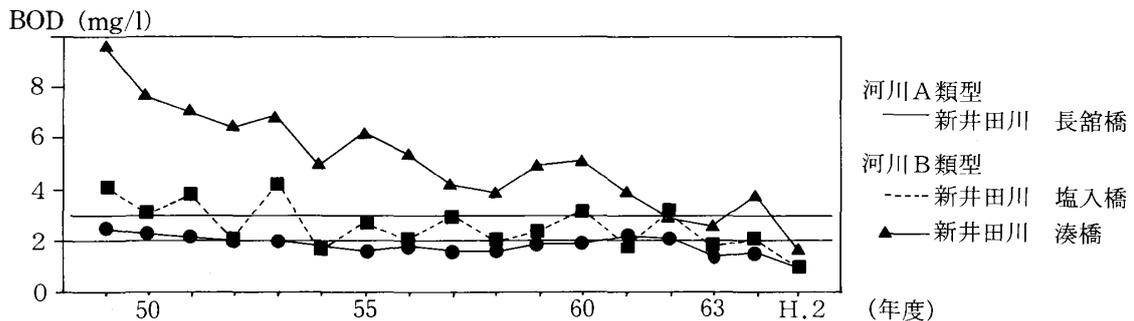


図3 新井田川の水質経年変化 (BOD)

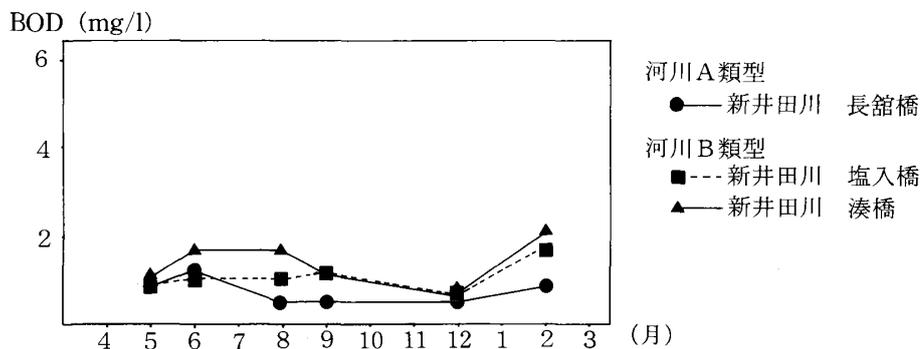


図4 新井田川の水質経月変化 (BOD)

次に、新井田川における平成2年6月、8月、12月のそれぞれの調査地点におけるBOD値の推移および流入BOD負荷量を図-5に示す。

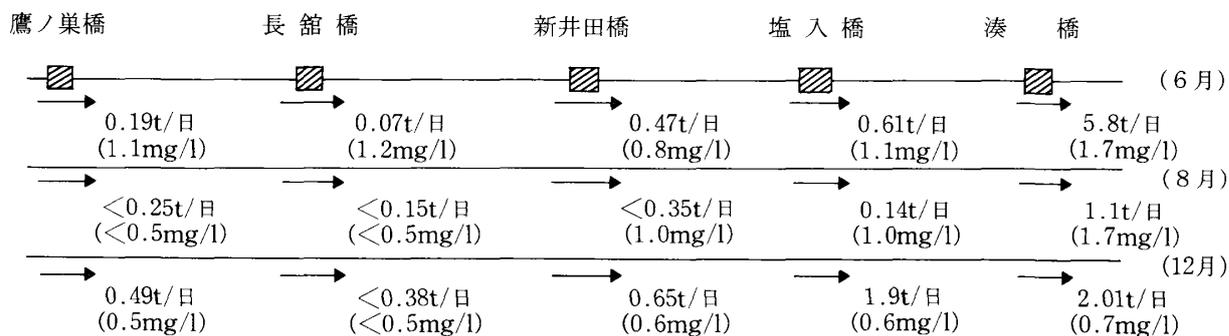


図5 新井田川におけるBOD値の推移および流入負荷量

流入BOD負荷量をみると、鷹ノ巣橋で0.19t/日(6月)～0.49t/日(12月)、長館橋で0.07t/日(6月)～0.38t/日(12月)、新井田橋で0.48t/日(6月)～0.65t/日(12月)、塩入橋で0.61t/日(6月)～1.9t/日(12月)、湊橋で5.8t/日～2.01t/日(12月)となっている。

上流地点から下流地点に下降するにしたがって、6月、8月、12月ともBOD値及びBOD負荷量が増大している。

また、河口に近い塩入橋と湊橋においては、季節によってBOD値およびBOD負荷量の変動が大きくなっているが、これは付近の工場および住宅団地の排水、生活雑排水等の影響があるのではないかと考えられる。

新井田川の上流(長館橋より上流)においては、もともと汚濁の発生源である工場、住宅等が少ないために、今後とも水質汚濁状況に変化はないものと思われる。

次に、新井田川の下流(長館橋の下流)の汚濁状況の変化について表-2に示す。汚濁負荷の種類としては、主として、産業系と生活系に分けられ、前者は工場・事業場の産業排水、後者はし尿浄化槽、生活雑排水など家庭からの排水である。

表からもわかるとおり、下流に排出される負荷量については、昭和49年度6.33t/日が平成元年度2.86t/日と近年は減少しており、とくに、産業系(工場・事業場)の割合が59.2%から27.9%になっている。

この原因としては、工場・事業場自体の排出量の減少および、下水道普及との関連があると思われる。

一方、生活系負荷が40.1%から67.7%と割合が多くなっているにもかかわらず、汚濁負荷量が2.54t/日から1.93t/日と減少しているのは、家庭用の浄化槽生活排水を一緒

表2 新井田川下流における汚濁負荷量の推移

| 水域名 | 負荷の種類 | 昭和49年度 | 昭和53年度 | 昭和58年度 | 平成元年度 |
|--------|-------|--------|--------|--------|-------|
| 新井田川下流 | 産業系 | 3.75 | 2.70 | 1.200 | 0.799 |
| | | 59.2 | 50.1 | 34.7 | 27.9 |
| | 生活系 | 2.54 | 2.67 | 2.137 | 1.937 |
| | | 40.1 | 49.5 | 61.7 | 67.7 |
| | その他 | 0.04 | 0.02 | 0.124 | 0.124 |
| | | 0.6 | 0.4 | 3.6 | 4.3 |
| 合計 | | 6.33 | 5.39 | 3.461 | 2.860 |

上段：汚濁負荷量 (t/日)

下段：%

に処理する合併処理浄化槽が普及してきたため、汚濁負荷量の少ない排水が増大しているのではないかと考えられる。

このようなことから、新井田川の水質状況は、下水道の普及、家庭用浄化槽の普及及び流域に立地する水産加工場における排水処理施設の整備普及に努めることにより、改善が図られると思うので調査を継続していく必要がある。

ま と め

新井田川の水質汚濁状況について、平成2年度の調査結果をもとに報告した。

1. 新井田川における水質状況は年々改善されつつある傾向にある。
2. 新井田川における水質状況について、平成2年度においては上流のA類型はもちろんのこと、下流のB類型地点でもすべて基準値を下回った。
3. 下水道の普及、家庭用浄化槽の普及、および水産加工工場等における排水処理施設の整備普及により、水質改善の傾向は今後も続くものと期待される。

参 考 文 献

- 1) 公共用水域水質測定結果，平成2年度版，青森県
- 2) 環境白書，平成3年度版，青森県
- 3) 八戸地域公害防止計画，平成3年3月，青森県
- 4) 八戸地域公害防止計画，昭和61年3月，青森県
- 5) 八戸市公害白書，平成2年度版，八戸市

別表1 新井田川水質調査結果(平成2年6月15日)

| 調査地点 項目 | 1 鷹ノ巣橋 | 2 長館橋 | 3 新井田橋 | 4 塩入橋 | 5 湊橋 |
|------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| 流量 (m ³ /s) | 2.06 | 0.68 | 6.83 | 6.52 | 39.97 |
| pH | 7.9 | 7.6 | 7.6 | 7.8 | 7.9 |
| DO (mg/l) | 8.6 | 7.6 | 7.0 | 7.5 | 7.3 |
| BOD (mg/l) | 1.1 | 1.2 | 0.8 | 1.1 | 1.7 |
| COD (mg/l) | | 3.9 | | 3.5 | |
| SS (mg/l) | 11.0 | 10.0 | 4.0 | 3.0 | 4.0 |
| 大腸菌群数(MPU/100ml) | 1.3×10 ³ | 1.7×10 ³ | 4.9×10 ³ | 4.9×10 ³ | 9.3×10 ⁴ |
| T-N (mg/l) | | 2.14 | | 1.58 | 1.95 |
| T-P (mg/l) | | 0.046 | | 0.047 | 0.087 |
| Cl ⁻ (mg/l) | | 17 | 1160 | 3410 | 6080 |

別表2 新井田川水質調査結果(平成2年8月2日)

| 調査地点 項目 | 1 鷹ノ巣橋 | 2 長館橋 | 3 新井田橋 | 4 塩入橋 | 5 湊橋 |
|------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| 流量 (m ³ /s) | 5.91 | 3.68 | 4.08 | 1.70 | 8.01 |
| pH | 7.8 | 7.8 | 7.7 | 7.9 | 7.6 |
| DO (mg/l) | 8.5 | 8.1 | 8.0 | 6.7 | 5.8 |
| BOD (mg/l) | 0.5 | <0.5 | 1.0 | 1.0 | 1.7 |
| COD (mg/l) | | 4.4 | | 4.2 | 4.6 |
| SS (mg/l) | 29 | 29 | 16 | 14 | 14 |
| 大腸菌群数(MPU/100ml) | 1.3×10 ⁴ | 3.3×10 ³ | 4.5×10 ³ | 1.1×10 ⁴ | 1.7×10 ⁵ |
| T-N (mg/l) | | 2.72 | | 2.43 | 2.40 |
| T-P (mg/l) | | 0.089 | | 0.084 | 0.099 |
| Cl ⁻ (mg/l) | | 15 | 20 | 1250 | 3260 |

別表3 新井田川水質調査結果(平成2年12月7日)

| 調査地点 項目 | 1 鷹ノ巣橋 | 2 長館橋 | 3 新井田橋 | 4 塩入橋 | 5 湊橋 |
|------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| 流量 (m ³ /s) | 11.43 | 8.90 | 12.55 | 37.53 | 33.36 |
| pH | 7.6 | 7.5 | 7.5 | 7.5 | 7.7 |
| DO (mg/l) | 11.8 | 11.7 | 11.5 | 11.0 | 10.5 |
| BOD (mg/l) | 0.5 | <0.5 | 0.6 | 0.6 | 0.7 |
| COD (mg/l) | | 2.6 | | 2.3 | 2.9 |
| SS (mg/l) | 25.0 | 10.0 | 6.0 | 6.0 | 5.0 |
| 大腸菌群数(MPU/100ml) | 2.4×10 ³ | 2.7×10 ³ | 7.9×10 ³ | 4.9×10 ³ | 4.9×10 ³ |
| T-N (mg/l) | | 2.13 | | 2.43 | 3.03 |
| T-P (mg/l) | | 0.034 | | 0.030 | 0.046 |
| Cl ⁻ (mg/l) | | 13 | 13 | 83 | 8490 |

別表4 新井田川汚濁負荷量結果（平成2年6月15日）

| 調査地点 項目 | 1 鷹ノ巣橋 | 2 長館橋 | 3 新井田橋 | 4 塩入橋 | 5 湊橋 |
|------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| 流量 (m ³ /日) | 177984 | 58752 | 590112 | 563328 | 3453408 |
| pH | 7.9 | 7.6 | 7.6 | 7.8 | 7.9 |
| DO (kg/日) | 1530.6 | 446.5 | 4130.7 | 4224.9 | 25209.8 |
| BOD (kg/日) | 195.7 | 70.5 | 472.0 | 619.6 | 5870.7 |
| COD (kg/日) | | 229.1 | | 1971.6 | |
| SS (kg/日) | 1957.8 | 587.5 | 2360.4 | 1689.9 | 13813.6 |
| 大腸菌群数(MPU/日) | 2.3×10 ¹³ | 9.9×10 ¹¹ | 2.8×10 ¹³ | 2.7×10 ¹³ | 3.2×10 ¹⁵ |
| T-N (kg/日) | | 125.7 | | 890.0 | 6734.1 |
| T-P (kg/日) | | 2.7 | | 26.4 | 300.1 |
| Cl ⁻ (kg/日) | | 998 | 684529 | 1920948 | 20996720 |

別表5 新井田川汚濁負荷量結果（平成2年8月2日）

| 調査地点 項目 | 1 鷹ノ巣橋 | 2 長館橋 | 3 新井田橋 | 4 塩入橋 | 5 湊橋 |
|------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| 流量 (m ³ /日) | 510624 | 317952 | 352512 | 146880 | 692064 |
| pH | 7.8 | 7.8 | 7.7 | 7.9 | 7.6 |
| DO (kg/日) | 4340.3 | 2575.4 | 2820.0 | 984.0 | 4013.9 |
| BOD (kg/日) | 255 | <158 | 352.5 | 146.8 | 1176.5 |
| COD (kg/日) | | 1398.9 | | 616.8 | 3183.4 |
| SS (kg/日) | 14808.0 | 9220.6 | 5640.1 | 2056.3 | 9688.8 |
| 大腸菌群数(MPU/日) | 6.6×10 ¹³ | 1.0×10 ¹³ | 1.5×10 ¹³ | 1.6×10 ¹³ | 1.1×10 ¹⁵ |
| T-N (kg/日) | | 864.8 | | 356.9 | 1660.9 |
| T-P (kg/日) | | 28.2 | | 12.3 | 68.5 |
| Cl ⁻ (kg/日) | | 4769 | 7050 | 183600 | 2256128 |

別表6 新井田川汚濁負荷量結果（平成2年12月7日）

| 調査地点 項目 | 1 鷹ノ巣橋 | 2 長館橋 | 3 新井田橋 | 4 塩入橋 | 5 湊橋 |
|------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| 流量 (m ³ /日) | 987552 | 768960 | 1084320 | 3242592 | 882304 |
| pH | 7.6 | 7.5 | 7.5 | 7.5 | 7.7 |
| DO (kg/日) | 11653.1 | 8996.8 | 12469.6 | 35668.5 | 30264.1 |
| BOD (kg/日) | 493 | <384 | 650.5 | 1945.5 | 2017.6 |
| COD (kg/日) | | 1999.2 | | 7457.9 | 8358.6 |
| SS (kg/日) | 24688.8 | 7689.6 | 6505.9 | 19455.5 | 14411.5 |
| 大腸菌群数(MPU/日) | 2.3×10 ¹³ | 2.0×10 ¹³ | 8.5×10 ¹³ | 1.5×10 ¹⁴ | 1.4×10 ¹⁴ |
| T-N (kg/日) | | 1637.8 | | 7879.4 | 8733.3 |
| T-P (kg/日) | | 26.1 | | 97.2 | 132.5 |
| Cl ⁻ (kg/日) | | 9996 | 14096 | 269135 | 2447076 |

Abstract

Water Pollution in Niida River

Shunji SAKAZAKI and Sheiichi KUDO

The Niida river is known as a model river proceeding water pollution in the south of prefecture. A water pollution control had put the sewerage in good condition. This control made the lower reaches of the river to satisfy the environmental standard for the first time in 1987.

The condition of water pollution was the same as 1987, but the water pollution load was increasing of the ratio of living waste water in 1990. With coming into wide use of sewerage and clarification tank, the water pollution could be improved much more.

八 戸 市 の 雨 水 の 実 態

— 一 降 水 分 取 法 に よ る 考 察 —

野田 正志 斎藤 輝夫 工藤 隆治
中道 敬 藤田 志保

八戸市の臨海工業地帯において、雨水の一降水分取法による調査を行った。各成分濃度は初期降雨に高かったが、平均成分組成は、各ステージともほぼ一定であった。また、主成分分析により、汚染度をあらわす第1主成分と、人為汚染と海塩由来とを分類する第2主成分に分けられた。

Key words : precipitation, one precipitation separate collection, initial rainfall, washout, main component analysis

1 はじめに

酸性雨が、生態系等へ深刻な影響を与えていることから、酸性雨問題は、地球的規模の環境問題として各方面で、調査・研究がなされている。

八戸市における酸性雨調査は、昭和57年度に環境庁委託調査として実施し、昭和62年度から、北海道・東北ブロック酸性雨合同調査として、一降水全量採取による調査を実施している。

今回、一降水分取法による調査を実施したので、その結果を報告する。

2 調査方法

2.1 調査期間

平成3年6月から10月まで

2.2 調査地点

八戸市大字河原木字北沼1-131（工業専用地域）
新産都市会館屋上（図1）

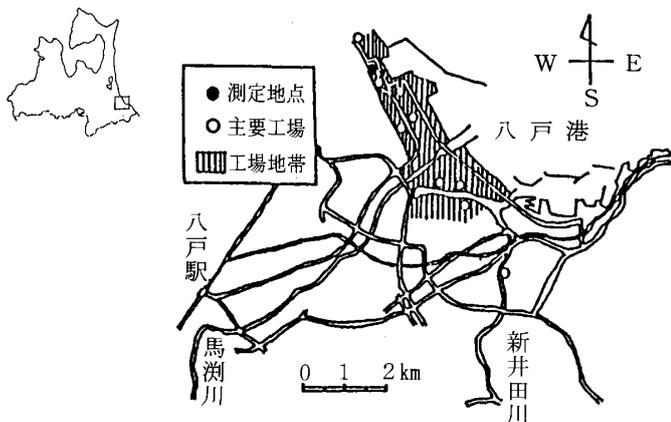


図1 測定地点

2.3 採取方法

降水量5mmまでは1mm毎、5mm以降は、3mm毎に採取した。

2.4 測定項目および分析方法

表1のとおり

表1 測定項目及び分析方法

| 測定項目 | 分析方法 ¹⁾ |
|--|--------------------|
| pH | ガラス電極法 |
| EC | 導電率計法 |
| SO ₄ ²⁻ , NO ₃ ⁻ , Cl ⁻ | イオンクロマト法 |
| Na ⁺ , K ⁺ , Ca ²⁺ , Mg ²⁺ | 原子吸光法 |
| NH ₄ ⁺ | インドフェノール法 |

3 結果及び考察

解析は、一降水を4ステージ（3mm目まで1mm毎と3mm以降）に分け、3mm以降の降水は、各成分の降水量による重み付け平均値を求めて行った。

3.1 各ステージ別の降水成分濃度

pHは、降雨により、傾向に違いが認められたが、各ステージの平均値は、約5.0であった。また、他の成分はステージ1で高く、ステージ2での大幅な低下がみられた。昭和57年度の調査においても同様の傾向がみられ²⁾、WASHOUTによるものと思われる（図2、3）。

また、Na⁺から海塩成分と非海塩成分の割合を計算したところ、SO₄²⁻、Ca²⁺、K⁺の80%前後が非海塩成分で、Cl⁻、Mg²⁺は、ほとんど海塩成分とみられる（表2）。

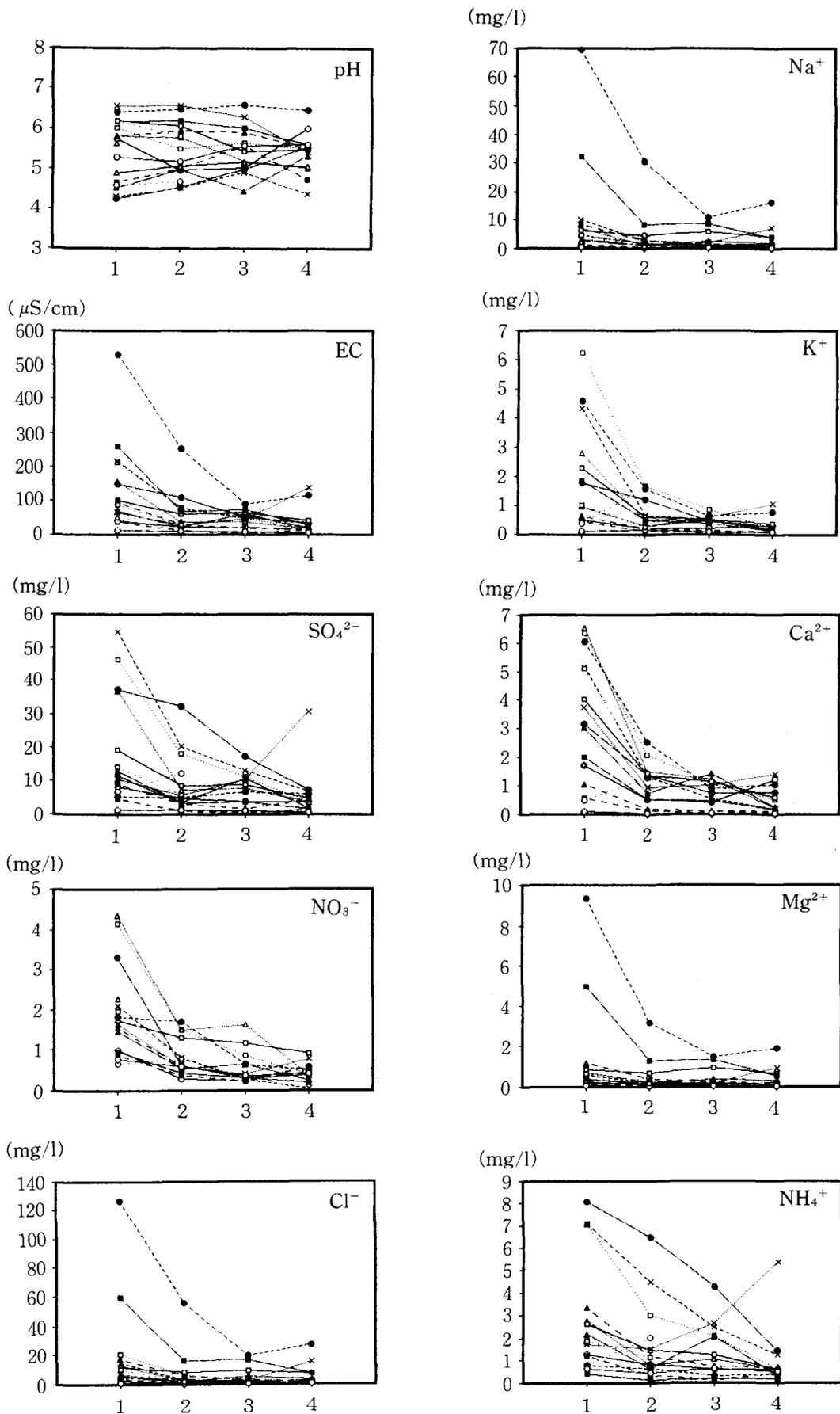


図2 各成分のステージ別濃度

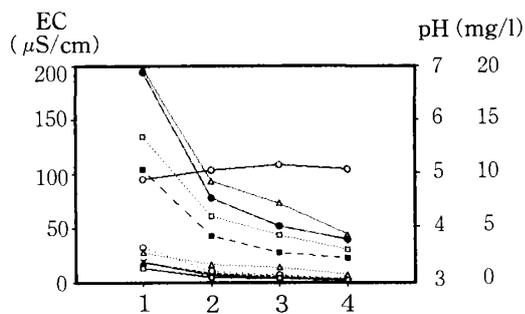


図3 各ステージの平均成分濃度

表2 海塩成分の割合

| 成分 | 海塩成分の割合 (%) |
|-------------------------------|-------------|
| SO ₄ ²⁻ | 12 |
| Ca ²⁺ | 15 |
| K ⁺ | 23 |
| Cl ⁻ | 97.3 |
| Mg ²⁺ | 96.1 |

3.2 各ステージの平均成分組成

各ステージとも、Cl⁻、SO₄²⁻、Na⁺が、それぞれ20~30%で高く、次いでNH₄⁺であった。ステージ3では、SO₄²⁻とNH₄⁺の割合が若干高く、Cl⁻とNa⁺の割合が低くなっているものの、平均成分組成は、各ステージとも大きな変動はみられなかった(図4)。

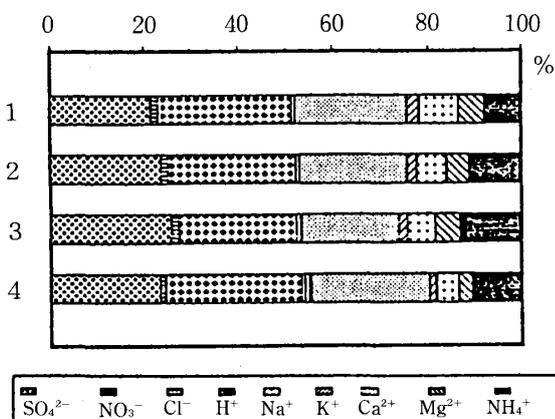


図4 各ステージの平均成分組成

3.3 相関関係

各ステージの成分間の相関関係⁴⁾を求めたところ、Cl⁻、Na⁺、Mg²⁺は、いずれのステージでも有意な相関がみられた。また、ステージ1~3では、SO₄²⁻とNH₄⁺間とNO₃⁻、K⁺、Ca²⁺間に有意な相関がみられた。しかし、ステージ4では、Cl⁻、Na⁺、Mg²⁺以外の成分は、他のステージとの有意な相関はなかった(表3)。

3.4 イオンバランス及びEC検定

調査期間中に採取した16降水109検体について、総陽イオン当量と総陰イオン当量の比及び導電率の実測値と計

算値の比を求めたところ、平均値はそれぞれ0.98, 0.97であった(図5, 6)。

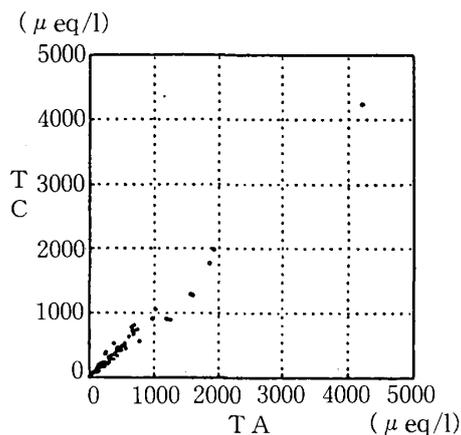


図5 TC/TA

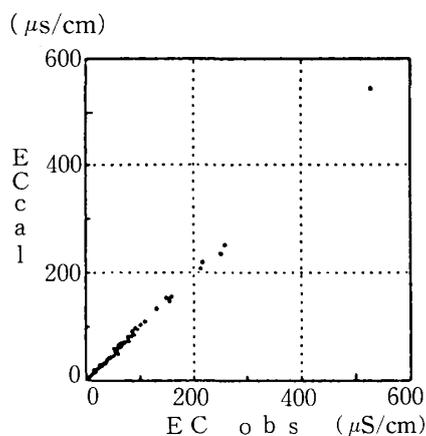


図6 ECcal/ECobs

3.5 主成分分析の結果

降水の総合的な特性を把握するため、各成分の当量濃度を用いて主成分分析⁴⁾を行った。固有値が1以上の第1、第2主成分による累積寄与率は83%であった(表4)。

表4 主成分分析の結果

| | 第1主成分 | 第2主成分 |
|-------------------------------|-------|--------|
| 固有値 | 4.794 | 2.655 |
| 累積寄与率 | 0.533 | 0.828 |
| H ⁺ | 0.063 | 0.368 |
| SO ₄ ²⁻ | 0.385 | 0.297 |
| 固有ベクトル | | |
| NO ₃ ⁻ | 0.347 | 0.213 |
| Cl ⁻ | 0.334 | -0.403 |
| Na ⁺ | 0.332 | -0.400 |
| K ⁺ | 0.427 | 0.080 |
| Ca ²⁺ | 0.409 | 0.104 |
| Mg ²⁺ | 0.305 | -0.712 |
| NH ₄ ⁺ | 0.252 | 0.732 |

表3 相 関 係 数 行 列

| | ステーション 1 | | | | | | | | | ステーション 2 | | | | | | | | | ステーション 3 | | | | | | | | | ステーション 4 | | | | | | | | | | | |
|--------------------------------|----------------|-------------------------------|------------------------------|-----------------|-----------------|----------------|------------------|------------------|------------------------------|----------------|-------------------------------|------------------------------|-----------------|-----------------|----------------|------------------|------------------|------------------------------|----------------|-------------------------------|------------------------------|-----------------|-----------------|----------------|------------------|------------------|------------------------------|----------------|-------------------------------|------------------------------|-----------------|-----------------|----------------|------------------|------------------|------------------------------|--|--|--|
| | H ⁺ | SO ₄ ²⁻ | NO ₃ ⁻ | Cl ⁻ | Na ⁺ | K ⁺ | Ca ²⁺ | Mg ²⁺ | NH ₄ ⁺ | H ⁺ | SO ₄ ²⁻ | NO ₃ ⁻ | Cl ⁻ | Na ⁺ | K ⁺ | Ca ²⁺ | Mg ²⁺ | NH ₄ ⁺ | H ⁺ | SO ₄ ²⁻ | NO ₃ ⁻ | Cl ⁻ | Na ⁺ | K ⁺ | Ca ²⁺ | Mg ²⁺ | NH ₄ ⁺ | H ⁺ | SO ₄ ²⁻ | NO ₃ ⁻ | Cl ⁻ | Na ⁺ | K ⁺ | Ca ²⁺ | Mg ²⁺ | NH ₄ ⁺ | | | |
| H ⁺ | 1.00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| SO ₄ ²⁻ | 0.43 | 1.00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ス NO ₃ ⁻ | 0.13 | 0.78● | 1.00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| テ Cl ⁻ | -0.28 | 0.17 | -0.04 | 1.00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 Na ⁺ | -0.23 | 0.18 | -0.04 | 0.99● | 1.00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ジ K ⁺ | 0.02 | 0.85● | 0.65○ | 0.47 | 0.46 | 1.00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 Ca ²⁺ | -0.01 | 0.82● | 0.77● | 0.37 | 0.37 | 0.86● | 1.00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Mg ²⁺ | -0.30 | 0.08 | -0.11 | 0.99● | 0.99● | 0.38 | 0.29 | 1.00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| NH ₄ ⁺ | 0.64○ | 0.80● | 0.67○ | -0.26 | -0.25 | 0.52 | 0.42 | -0.34 | 1.00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| H ⁺ | 0.95● | 0.45 | 0.11 | -0.33 | -0.28 | 0.04 | -0.03 | -0.35 | 0.66○ | 1.00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| SO ₄ ²⁻ | 0.64○ | 0.80● | 0.61○ | 0.08 | 0.11 | 0.57○ | 0.51 | 0.02 | 0.86● | 0.66○ | 1.00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ス NO ₃ ⁻ | -0.29 | 0.60○ | 0.65○ | 0.51 | 0.51 | 0.78● | 0.84● | 0.44 | 0.19 | -0.32 | 0.31 | 1.00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| テ Cl ⁻ | -0.26 | 0.14 | -0.05 | 0.98● | 0.98● | 0.44 | 0.37 | 0.97● | -0.26 | -0.31 | 0.11 | 0.55 | 1.00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 Na ⁺ | -0.23 | 0.17 | -0.05 | 0.98● | 0.98● | 0.45 | 0.38 | 0.96● | -0.25 | -0.28 | 0.12 | 0.55 | 0.99● | 1.00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ジ K ⁺ | 0.10 | 0.71● | 0.61○ | 0.57○ | 0.56○ | 0.85● | 0.70● | 0.49 | 0.52 | 0.09 | 0.73● | 0.70● | 0.58○ | 0.57○ | 1.00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 Ca ²⁺ | 0.01 | 0.76● | 0.66○ | 0.56○ | 0.56○ | 0.87● | 0.92● | 0.48 | 0.41 | -0.1 | 0.62○ | 0.86● | 0.59○ | 0.60○ | 0.88● | 1.00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Mg ²⁺ | -0.29 | 0.10 | -0.10 | 0.98● | 0.98● | 0.41 | 0.34 | 0.98● | -0.32 | -0.35 | 0.05 | 0.52 | 0.99● | 0.99● | 0.53 | 0.55 | 1.00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| NH ₄ ⁺ | 0.75● | 0.70● | 0.51 | -0.22 | -0.19 | 0.36 | 0.30 | -0.27 | 0.93● | 0.78● | 0.94● | 0.05 | -0.19 | -0.17 | 0.48 | 0.36 | -0.25 | 1.00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| H ⁺ | 0.51 | 0.06 | -0.01 | -0.30 | 0.28 | -0.14 | 0.02 | -0.30 | 0.15 | 0.41 | 0.05 | -0.23 | -0.28 | -0.26 | -0.17 | -0.07 | -0.27 | 0.10 | 1.00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| SO ₄ ²⁻ | 0.61○ | 0.71● | 0.60○ | -0.15 | -0.13 | 0.45 | 0.59○ | -0.20 | 0.77● | 0.55 | 0.81● | 0.23 | -0.13 | -0.11 | 0.50 | 0.56○ | -0.16 | 0.81● | 0.39 | 1.00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ス NO ₃ ⁻ | -0.34 | 0.34 | 0.65○ | 0.04 | 0.03 | 0.38 | 0.65○ | 0.01 | 0.04 | -0.40 | 0.00 | 0.75● | 0.07 | 0.06 | 0.22 | 0.50 | 0.08 | -0.14 | 0.02 | 0.18 | 1.00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| テ Cl ⁻ | -0.32 | -0.00 | -0.18 | 0.89● | 0.89● | 0.31 | 0.26 | 0.92● | -0.38 | -0.41 | -0.05 | 0.38 | 0.66● | 0.85● | 0.40 | 0.42 | 0.91● | -0.31 | -0.17 | -0.12 | 0.11 | 1.00 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 Na ⁺ | -0.33 | -0.00 | -0.18 | 0.88● | 0.88● | 0.30 | 0.27 | 0.90● | -0.38 | -0.42 | -0.04 | 0.40 | 0.85● | 0.85● | 0.39 | 0.43 | 0.91● | -0.30 | -0.21 | -0.10 | 0.13 | 0.99● | 1.00 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ジ K ⁺ | -0.01 | 0.64○ | 0.55 | 0.38 | 0.37 | 0.80● | 0.81● | 0.32 | 0.41 | -0.08 | 0.52 | 0.60○ | 0.36 | 0.36 | 0.77● | 0.83● | 0.35 | 0.34 | 0.05 | 0.67○ | 0.35 | 0.41 | 0.41 | 1.00 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 Ca ²⁺ | -0.02 | 0.43 | 0.55 | 0.10 | 0.10 | 0.44 | 0.75● | 0.07 | 0.21 | -0.14 | 0.27 | 0.54 | 0.13 | 0.13 | 0.40 | 0.66○ | 0.14 | 0.13 | 0.43 | 0.65○ | 0.67○ | 0.23 | 0.25 | 0.76● | 1.00 | | | | | | | | | | | | | | |
| Mg ²⁺ | -0.34 | -0.02 | -0.19 | 0.85● | 0.85● | 0.29 | 0.25 | 0.88● | -0.39 | -0.43 | -0.07 | 0.39 | 0.82● | 0.81● | 0.36 | 0.40 | 0.88● | -0.32 | 0.20 | -0.13 | 0.16 | 0.99● | 0.99● | 0.38 | 0.24 | 1.00 | | | | | | | | | | | | | |
| NH ₄ ⁺ | 0.67○ | 0.52 | 0.49 | -0.36 | -0.33 | 0.19 | 0.31 | -0.40 | 0.78● | 0.62○ | 0.77● | -0.03 | -0.32 | -0.31 | 0.33 | 0.30 | -0.38 | 0.86● | 0.34 | 0.92● | -0.04 | -0.36 | -0.34 | 0.44 | 0.42 | -0.38 | 1.00 | | | | | | | | | | | | |
| H ⁺ | 0.58○ | 0.48 | 0.04 | -0.20 | -0.17 | 0.24 | 0.16 | -0.24 | 0.39 | 0.60○ | 0.22 | -0.08 | -0.24 | -0.19 | -0.12 | -0.01 | -0.25 | 0.34 | 0.16 | 0.21 | -0.15 | -0.30 | -0.30 | -0.06 | -0.17 | -0.30 | 0.16 | 1.00 | | | | | | | | | | | |
| SO ₄ ²⁻ | -0.07 | 0.01 | 0.05 | -0.06 | -0.06 | -0.04 | 0.20 | -0.07 | 0.04 | -0.09 | 0.11 | -0.05 | -0.05 | -0.03 | -0.02 | 0.15 | -0.07 | 0.18 | -0.20 | 0.36 | -0.10 | -0.09 | -0.03 | 0.33 | 0.27 | -0.10 | 0.45 | -0.03 | 1.00 | | | | | | | | | | |
| ス NO ₃ ⁻ | -0.49 | -0.41 | -0.16 | -0.09 | 0.11 | -0.24 | -0.08 | 0.08 | -0.33 | -0.48 | -0.24 | 0.13 | 0.04 | 0.02 | -0.11 | 0.03 | 0.03 | -0.25 | -0.37 | -0.15 | 0.21 | 0.02 | 0.09 | -0.02 | 0.13 | 0.08 | -0.12 | -0.46 | 0.41 | 1.00 | | | | | | | | | |
| テ Cl ⁻ | -0.33 | -0.00 | -0.11 | 0.81● | 0.81● | 0.29 | 0.36 | 0.81● | -0.34 | 0.41 | 0.03 | 0.43 | 0.85● | 0.86● | 0.43 | 0.54 | 0.85● | -0.20 | -0.29 | 0.01 | 0.04 | 0.75● | 0.78● | 0.46 | 0.30 | 0.72● | -0.12 | -0.31 | 0.45 | 0.33 | 1.00 | | | | | | | | |
| 1 Na ⁺ | -0.30 | 0.05 | -0.08 | 0.86● | 0.86● | 0.33 | 0.39 | 0.85● | -0.31 | -0.38 | 0.08 | 0.48 | 0.90● | 0.91● | 0.49 | 0.59○ | 0.89● | -0.18 | -0.26 | 0.02 | 0.07 | 0.78● | 0.81● | 0.46 | 0.30 | 0.75● | -0.13 | -0.31 | 0.35 | 0.29 | 0.99● | 1.00 | | | | | | | |
| ジ K ⁺ | -0.26 | 0.01 | -0.02 | 0.39 | 0.39 | 0.16 | 0.35 | 0.38 | -0.17 | -0.28 | 0.11 | 0.25 | 0.45 | 0.45 | 0.28 | 0.45 | 0.42 | -0.00 | -0.27 | 0.24 | 0.00 | 0.35 | 0.40 | 0.49 | 0.38 | 0.32 | 0.21 | -0.26 | 0.83● | 0.53 | 0.83● | 0.77● | 1.00 | | | | | | |
| 4 Ca ²⁺ | -0.19 | 0.01 | 0.03 | 0.20 | 0.20 | 0.08 | 0.26 | 0.19 | -0.05 | -0.09 | 0.23 | 0.10 | 0.28 | 0.28 | 0.28 | 0.46 | 0.24 | 0.13 | -0.15 | 0.30 | -0.07 | 0.16 | 0.20 | 0.38 | 0.33 | 0.14 | 0.27 | -0.37 | 0.66○ | 0.55 | 0.59○ | 0.54 | 0.86● | 1.00 | | | | | |
| Mg ²⁺ | -0.32 | 0.03 | -0.09 | 0.83● | 0.83● | 0.32 | 0.39 | 0.83● | -0.32 | -0.41 | 0.06 | 0.48 | 0.88● | 0.88● | 0.47 | 0.58○ | 0.88● | -0.19 | -0.25 | 0.03 | 0.10 | 0.80● | 0.83● | 0.49 | 0.34 | 0.77● | -0.13 | -0.33 | 0.37 | 0.33 | 0.99● | 0.90● | 0.78● | 0.54 | 1.00 | | | | |
| NH ₄ ⁺ | -0.00 | 0.04 | 0.02 | -0.22 | -0.21 | -0.13 | 0.09 | 0.22 | 0.07 | -0.02 | 0.09 | -0.17 | 0.20 | -0.19 | -0.12 | 0.02 | -0.22 | 0.21 | -0.18 | 0.35 | -0.16 | -0.23 | -0.18 | 0.24 | 0.19 | -0.25 | 0.49 | 0.02 | 0.98● | 0.37 | 0.30 | 0.20 | 0.73● | 0.58○ | 0.22 | 1.00 | | | |

因子負荷量を見ると、第1主成分ではいずれの成分とも正の相関が高く(図7)、汚染度をあらわす因子と考えられる。第2主成分では、 SO_4^{2-} 、 NO_3^- 、 NH_4^+ と正の相関があり、 Cl^- 、 Na^+ 、 Mg^{2+} と負の相関が高いことから(図7)、人為汚染と海塩成分の影響をあらわす因子と考えられる。このことは、他の地域でも同様の報告がある^{5),6)}。

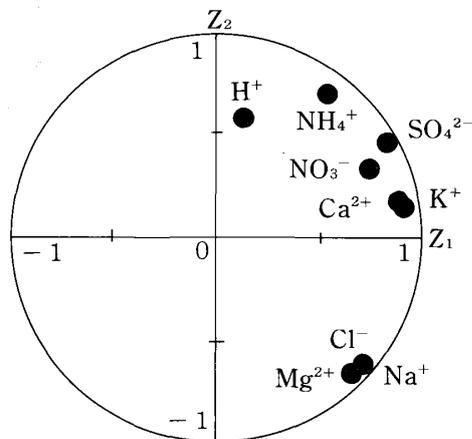


図7 因子負荷量散布図

次に、各主成分のスコアを求めたところ(図8)、第1主成分は、 H^+ 以外の9成分との相関が高いことから、それらの成分の傾向を受け、降雨が進むにつれ低下収束し、WASHOUTにより、大気が清浄化されていくことを示していると思われる。

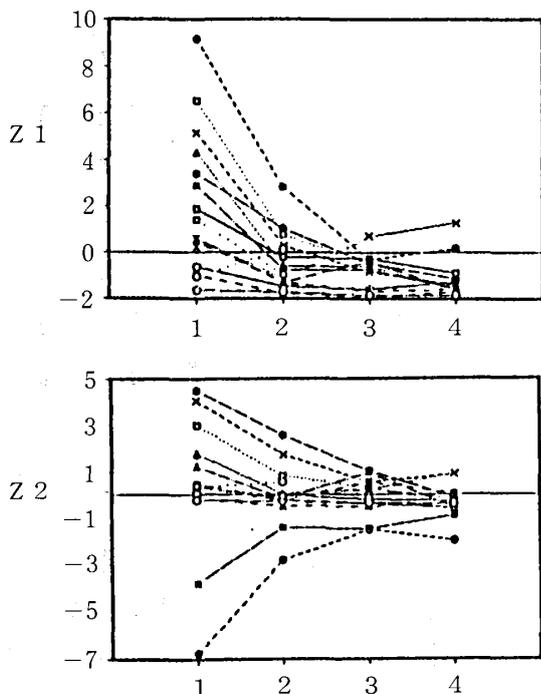


図8 各主成分のスコア

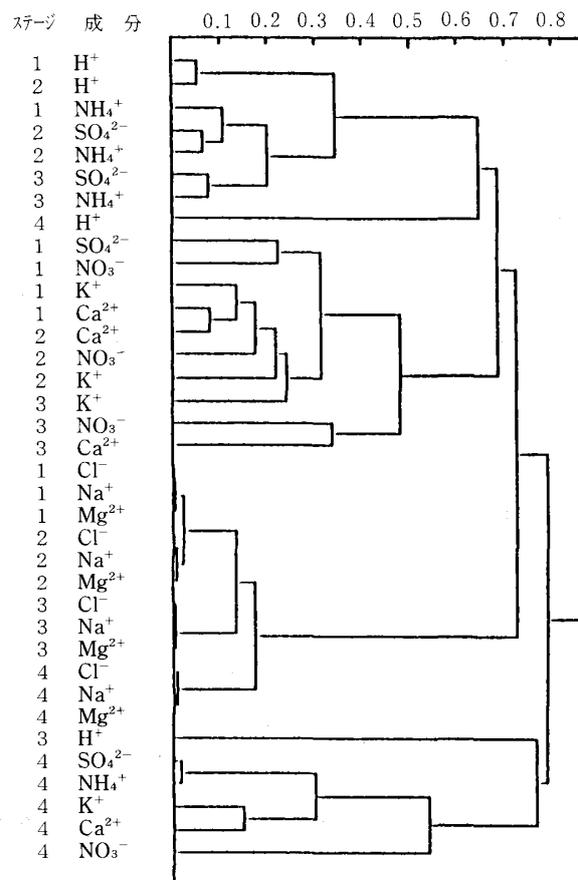
また、第2主成分でも、スコアが収束する傾向がみられ、降雨が進むにつれ、各降水の成分濃度が類似してきていると思われる。

3.6 クラスタ分析の結果

各成分のステージ間における類似性をみるために、各ステージの当量濃度を用いてクラスタ分析⁴⁾を行ったところ、

- 海塩成分である Cl^- 、 Na^+ 、 Mg^{2+} のグループ(ステージ1~4)
 - SO_4^{2-} 、 NH_4^+ のグループ(ステージ1~3)
 - Ca^{2+} 、 K^+ 、 NO_3^- のグループ(ステージ1~3)
 - a~c以外のグループ
- に分類された(図9)。

八戸市内には、 NH_3 、 NH_4^+ 塩や Ca^{2+} 塩を使用している工場があり、これまでに行われた1降水全量採取の雨水調査では、SE系の季節風が吹く時期に、高い濃度の SO_4^{2-} 、 NH_4^+ 、 Ca^{2+} などが含まれることがわかっている。今回の調査でも、SE系の風向の降雨が多く、発生源からの影響を受けていると思われる、このクラスタ分析の結果は、主成分分析による第2主成分と同様に、発生源を分類しているとみられることから、今後、検討を加えたい。



類似度計算方法：1-相関係数の絶対値
分析方法：群平均法

図9 クラスタ分析によるデンドログラム

3.7 pHとの関連因子

pHとの関連因子については、各地域で検討されており⁶⁻¹¹⁾、当所でも、pHが非海塩成分の陰イオンと陽イオンの割合に関連していることが認められた(図10)。

また、pHが、降水中の非海塩成分の割合の増加により低下する傾向がみられたが(図11) 降雨やステージによる傾向の違いもみられたので、今後、風向等の因子を加えながら検討を加えたい。

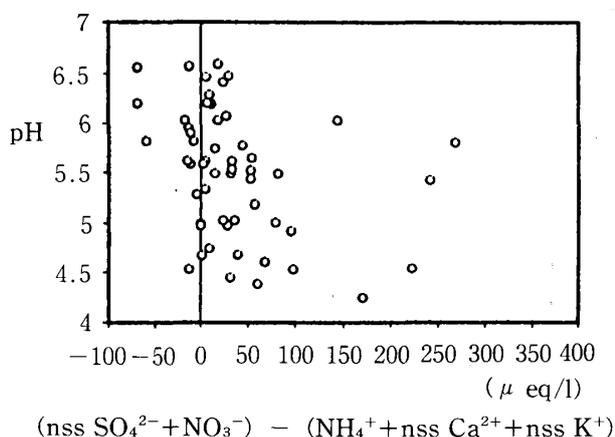


図10 pHと非海塩成分との関係

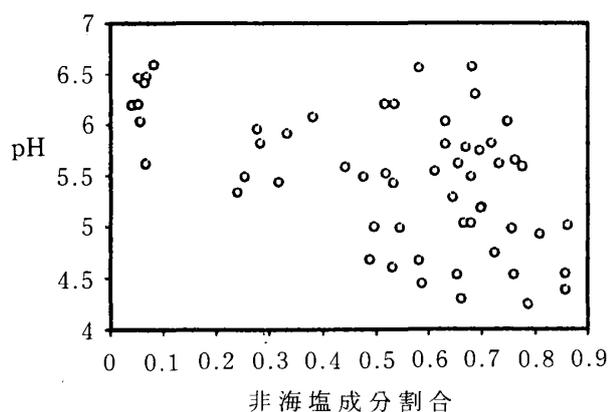


図11 pHと非海塩成分割合との関係

4 ま と め

八戸市内において、一降水分取法による雨水調査を行ったところ、次のことがわかった。

- 1) H⁺を除く各イオンは、WASHOUTにより初期降水の濃度が高い。
- 2) 各ステージの平均成分組成はほぼ一定であった。
- 3) SO₄²⁻、Ca²⁺、K⁺の80%前後は、非海塩成分で、NO₃⁻を加えた4成分間には、ステージ1～3で有意な相関がみられた。
- 4) Na⁺、Cl⁻、Mg²⁺のほとんどは海塩成分であり、各ステージで高い相関がみられた。

5) 主成分分析の結果、第1主成分は汚染度を、第2主成分は発生源寄与を示している。

6) クラスタ分析の結果、発生源を分類していると推測される成分・ステージに区分された。

7) pHは、非海塩成分中の陰イオンと陽イオンの割合と、降水中の非海塩成分の割合とに関連が認められた。

参 考 文 献

- 1) 環境庁大気保全局：酸性雨等調査マニュアル(改訂版)。平成2年3月
- 2) 早狩敏男, 坂本正昭：青森県南部における雨水(酸性雨)の実態調査, 青森県公害センター所報第6号, 90-94(1983)
- 3) 日本海洋学会：海洋観測指針(気象庁編), 1981
- 4) 早狩進, 高橋昭則：統計解析システム“Seagull-Stat” Ver 4. 1 P
- 5) 水上和子, 高野利一：埼玉県における酸性降下物調査, 埼玉県公害センター研究報告第14号, 62-69(1987)
- 6) 百川和子, 小島秀行, 仁平明, 氏家愛子, 斎藤達夫：酸性雨自動測定機結果について(第2報), 宮城県保健環境センター年報No.9, 81-86(1991)
- 7) 薩摩林光, 佐々木一敏：長野市における降水中の化学成分, 長野県衛生公害研究所研究報告1, 59-65(1979)
- 8) 関口恭一：大気中の酸性汚染物質とその影響調査, 群馬県衛生公害研究所年報第19号, 121-172(1987)
- 9) 野口泉, 加藤拓紀, 松本寛, 荒木邦夫：北海道の雨水の研究(第2報) - 成分の挙動を中心として -, 北海道公害防止研究所所報第15号, 39-51(1988)
- 10) 二階健, 大谷一夫, 坂本明弘, 坂本義継：酸性雨調査結果について, 和歌山県衛生公害研究センター年報No.36(1990)
- 11) 正賀充, 玉置元則, 平木隆年：酸性雨のNO₃⁻/nss-SO₄²⁻当量比, 兵庫県立公害研究所研究報告第22号, 17-25(1990)

Abstract

**Actual Condition of Precipitation in Hachinohe City
— A Study of One Precipitation Separate Collection Method —**

Masashi NODA, Teruo SAITO, Ryuji KUDO
Takashi NAKAMICHI and Shiho FUJITA

Precipitation was examined by one precipitation separate collection method in the coastal industrial zone in Hachinohe City. The concentration of each component was high in the initial rainfall, but the average composition was almost constant in each stages. By main component analysis, these components were classified into two large groups: the first main component showed the pollution level and the second one originated from human and sea salt pollution.

八戸市内の降下ばいじん(2) — 不溶解性重金属について —

工藤 隆治 藤田 志保

デポジットゲージ法による八戸市内の不溶解性重金属降下量について検討した。
昭和53～55年度と昭和63～平成2年度の平均降下量分布、および風向との関係から発生源を推定した。また、その影響が大きいと考えられた測定地点の降下量を経年変化で表した。
その結果、特定の地域からの影響と考えられる鉛、亜鉛、カドミウムの降下量は急激に増加しており、局地的汚染が進んでいると考えられた。

Key words: deposit gauge method, insoluble heavy metal

はじめに

デポジットゲージ法による降下ばいじんの測定は、大気汚染状況を知る簡便な方法であり、八戸市内においては、昭和40年6月から実施している。

今回、八戸市内における不溶解性重金属降下量の成分比、分布、風向との関係、経年変化等について検討し、若干の知見が得られたので報告する。

調査方法

1) 調査期間

昭和50年4月から平成3年3月まで

2) 調査地点

八戸市内15地点(図1, 表1)

3) 調査項目

降下ばいじん総量、不溶解性成分全量、灰分、不溶解性重金属(Ni, Fe, Pb, Zn, Cd, Mn)

4) 作図方法

4.1) 分布³⁾

各測定地点における昭和53～55年度、昭和63～平成2年度²⁾(以下、53～55, 63～H2)のそれぞれ3年間の降下量の平均値を用い、スプライン法により作成した。

なお、Pb, Zn, Cdについては対数変換を行い作成した。

4.2) 風向との関係

63～H2の第2魚市場大気汚染測定局における風向出現率と各不溶解性重金属降下量との相関係数³⁾により作成した。

相関係数の大きさは二重円の中心からの長さで表し、内側の円は危険率5%で有意、外側の円は危険率1%で有意を表す。また、白抜きは負の相関を表す。

4.3) 経年変化³⁾

月ごとの降下量と12ヶ月の移動平均値により作成した。

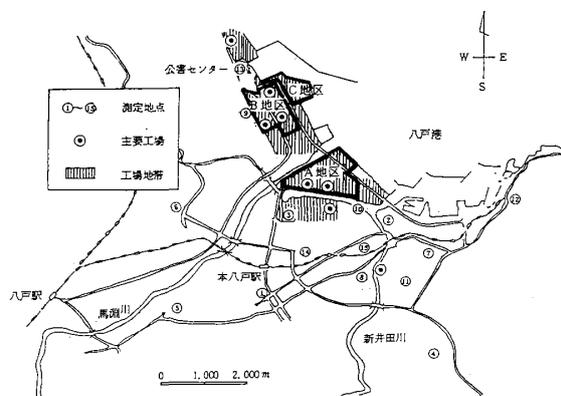


図1 測定地点

表1 測定地点名

| No. | 測定地点名 | 略名(本文中) | 用途地域 |
|-----|----------|---------|-------|
| 1 | 八戸市庁 | 市庁 | 商業 |
| 2 | 八戸測候所 | 測候所 | 工業 |
| 3 | 県機械金属試験所 | 機械金属試験所 | 工業 |
| 4 | 旭ヶ丘小学校 | 旭ヶ丘 | 第一種住居 |
| 5 | 司法センター | 司法 | 近隣商業 |
| 6 | 下長農協 | 下長 | 指定住居 |
| 7 | 八戸工大 | 工大 | 第二種住居 |
| 8 | 第一高等看護学院 | 看護学院 | 第二種住居 |
| 9 | 第二千葉幼稚園 | 第二千葉 | 指定なし |
| 10 | 第二魚市場 | 魚市場 | 工業 |
| 11 | 青潮小学校 | 青潮 | 第二種住居 |
| 12 | 鮫小学校 | 鮫 | 住居 |
| 13 | 公害センター | 公害 | 工業 |
| 14 | 八戸工業高校 | 工業高校 | 住居 |
| 15 | 小中野小学校 | 小中野 | 近隣商業 |

注) 司法, 下長, 工大, 青潮は昭和63～平成元年度の2年間の平均降下量を用いた。

考 察

1) 降下ばいじん中の割合

降下ばいじん総量に対する不溶性全量の割合は、53～55は約70%、63～H2は約60%であった。

不溶性全量に対する灰分の割合は、53～55、63～H2ともに約80%であった。

Feを除くNi, Pb, Zn, Cd, Mnの5成分合計の灰分に対する割合は、53～55、63～H2ともに公害以外のほとんどの地点で1%以下であったが、公害は、53～55は約3%、63～H2は約9%であり他の地点を大きく上回っていた(図2、図3)。

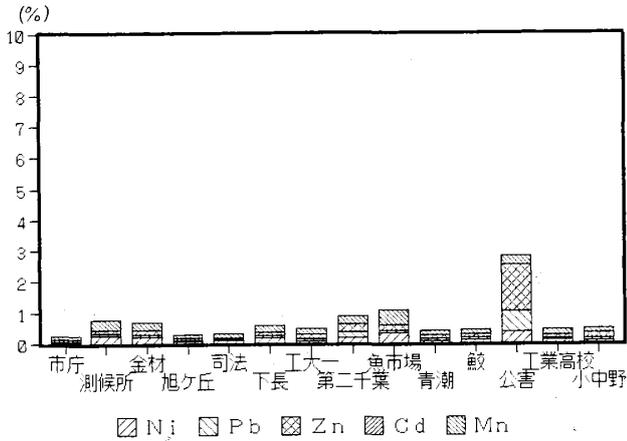


図2 53～55灰分に対する割合

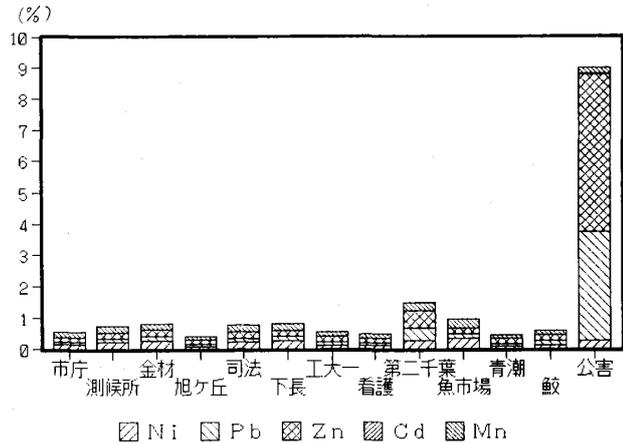


図3 63～H2灰分に対する割合

2) 八戸市内における分布

2.1) Ni

降下量最多地点は、53～55、63～H2とも金材であった。分布図の形にはほとんど変化がなかった。

(kg/km²/月) 最大：金材 13.1

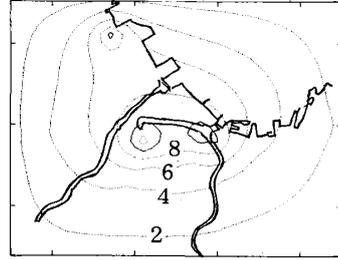


図4 Ni 53～55

(kg/km²/月) 最大：金材 10.6

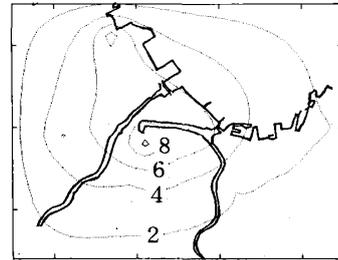


図5 Ni 63～H2

2.2) Fe

降下量最多地点は、53～55は小中野小、63～H2は公害であった。

分布図の形は、63～H2は小中野小での測定をしていないので比較できないが、全体的に降下量は減少していた。

(kg/km²/月) 最大：小中野小 795

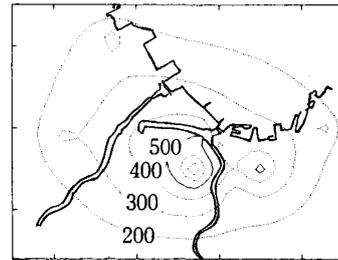


図6 Fe 53～55

(kg/km²/月) 最大：公害 384

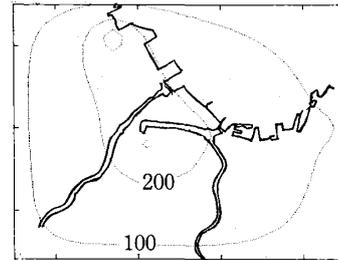


図7 Fe 63～H2

2.3) Pb

降下量最多地点は、53~55, 63~H 2とも公害であった。
分布図の形は、63~H 2では等降下量線の間隔が狭くなっていた。

(kg/km²/月) 最大：公害 18.9

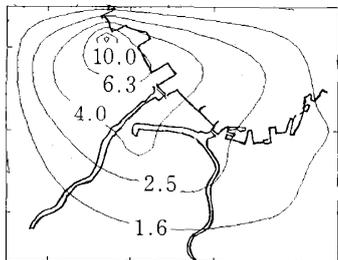


図8 Pb 53~55

(kg/km²/月) 最大：公害 118.0

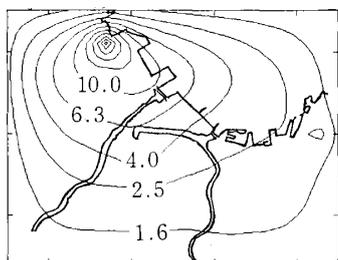


図9 Pb 63~H 2

2.4) Zn

降下量最多地点は、53~55, 63~H 2とも公害であった。
分布図の形は、63~H 2では等降下量線の間隔が狭くなっていた。

(kg/km²/月) 最大：公害 42.1

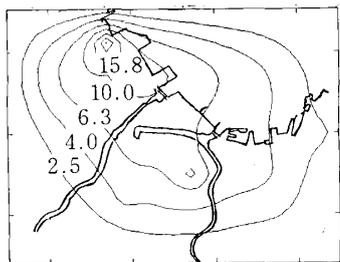


図10 Zn 53~55

(kg/km²/月) 最大：公害 171.0

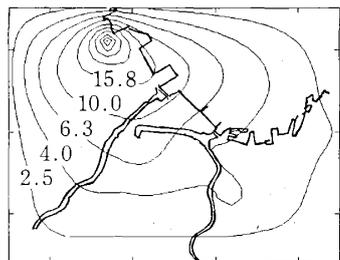


図11 Zn 63~H 2

2.5) Cd

降下量最多地点は、53~55, 63~H 2とも公害であった。
分布図の形は、63~H 2では等降下量線の間隔が狭くなっていた。

(kg/km²/月) 最大：公害 0.22

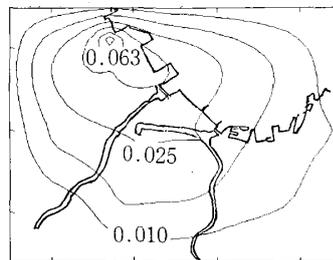


図12 Cd 53~55

(kg/km²/月) 最大：公害 1.26

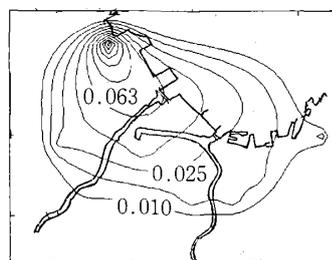


図13 Cd 63~H 2

2.6) Mn

降下量最多地点は、53~55は魚市場, 63~H 2は金材であった。

分布図の形は、63~H 2では等降下量線の間隔が広がっていた。

(kg/km²/月) 最大：魚市場 18.0

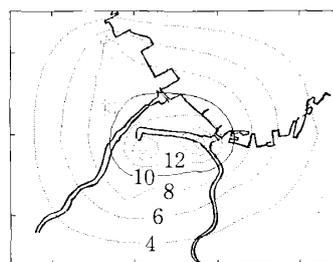


図14 Mn 53~55

(kg/km²/月) 最大：金材 8.7

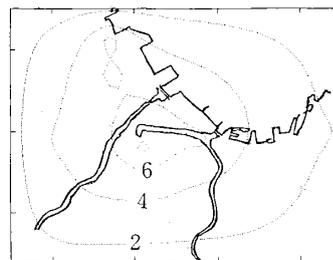


図15 Mn 63~H 2

八戸市内において53~55, 63~H2ともNiとMnは金材、魚市場で降下量が多く、PbとZnとCdは公害で降下量が多かった。

3) 風向との関係

便宜上、図1のA地区(Ni鉱、Mn鉱等を原料とする大手素材工場、火力発電所がある。)、B地区(亜鉛メッキ工場、Zn鉱を原料とする大手素材工場、鉄鋼関係数社がある。)、C地区(鉱石等の荷揚げ場所である八太郎岸壁・1号埠頭)を用いる。

3.1) Ni

金材・市庁は、A地区方向と相関が高かった。
公害は、C地区方向との相関が特に高かった。

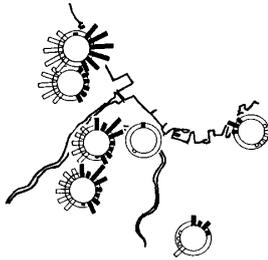


図16 Niと風向相関

3.2) Fe

金材・市庁は、A地区方向と相関があった。

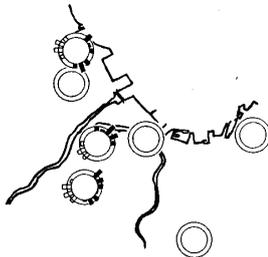


図17 Feと風向相関

3.3) Pb

公害・第二千葉・鮫小は、B地区・C地区方向との相関が特に高かった。

金材・市庁は、A地区と、B地区・C地区の2方向と相関が高かった。

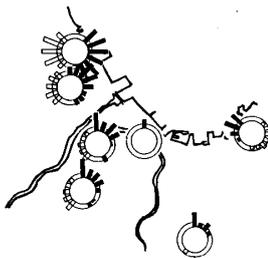


図18 Pbと風向相関

3.4) Zn

公害は、B地区と、C地区の2方向の相関が高かった。
第二千葉・鮫小は、B地区・C地区方向との相関が高かった。

金材は、A地区と、B地区・C地区の2方向の相関が高かった。

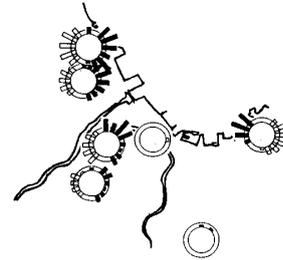


図19 Znと風向相関

3.5) Cd

公害は、B地区方向の相関が高かった。

金材は、A地区と、B地区・C地区の2方向の相関が高かった。

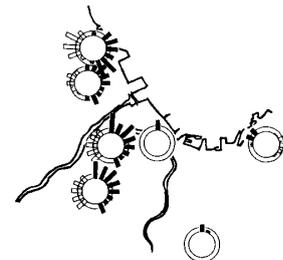


図20 Cdと風向相関

3.6) Mn

公害・第二千葉は、B地区・C地区方向の相関が高かった。

金材・魚市場は、A地区方向の相関が高かった。

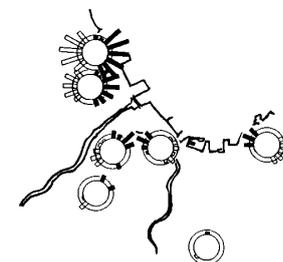


図21 Mnと風向相関

八戸市内の分布および風向との関係より、Ni・MnはA地区とC地区から、Pb・ZnはB地区とC地区から、CdはB地区からの影響が大きいと考えられた。

また、金材においてA地区からのPb・Zn・Cdの影響がみられた。

4) 経年変化

各成分の降下量の多かった地点の経年変化を図にした。

金材において、Niは増減はあるが、ほぼ横ばいであった(図22)。Mnは減少傾向にあった(図23)。

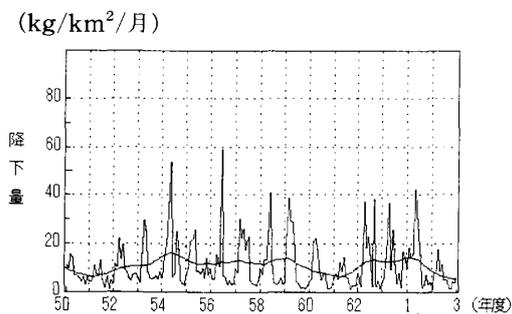


図22 Ni経年変化(金材)

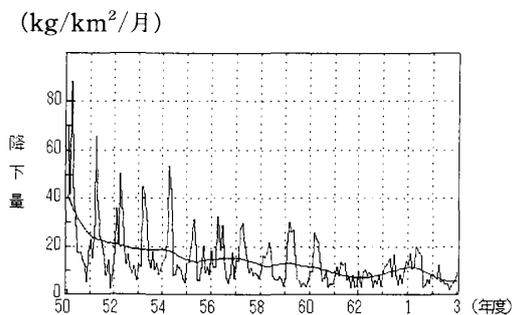


図23 Mn経年変化(金材)

公害において、Pb(図24)・Zn(図25)は63年度頃から急激に増加していた。

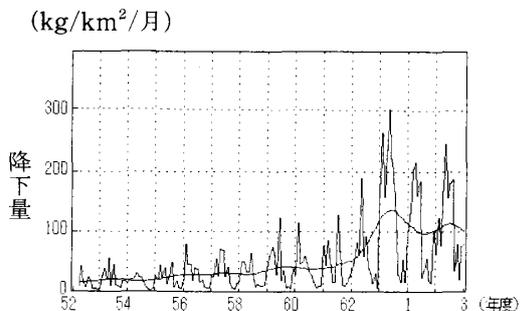


図24 Pb経年変化(公害)

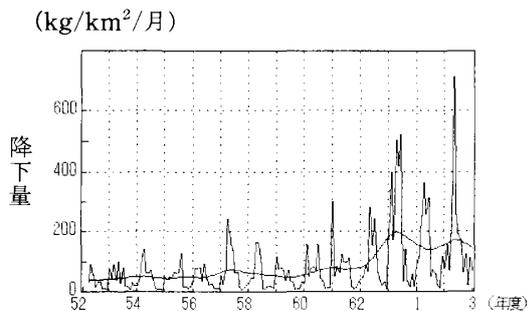


図25 Zn経年変化(公害)

公害において、Cdは61年度頃から増加傾向にあった。

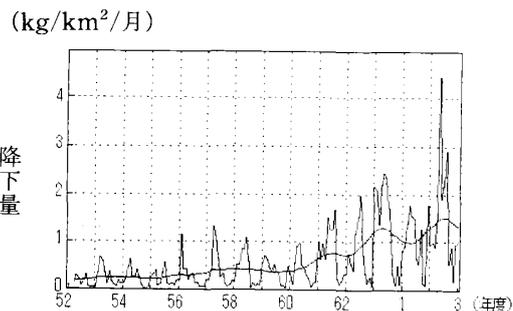


図26 Cd経年変化(公害)

ま と め

1. 八戸市内における昭和63年度から平成2年度の各不溶性重金属の平均降下量は、Ni4.8kg, Fe196kg, Pb12.1kg, Zn17.8kg, Cd0.12kg, Mn4.6kgであった。
2. 昭和63年度から平成2年度において、Ni, Mnの降下量が多かった地点は県機械金属試験所(Ni10.6kg, Mn8.7kg)であり、A地区の大手素材工場の影響と考えられた。
3. 昭和63年度から平成2年度において、Pb, Zn, Cdの降下量が多かった地点は公害センター(Pb118kg, Zn171kg, Cd1.26kg)であった。
Pb・Znは、B地区(メッキ工場・大手素材工場等)方向、および鉱石を荷揚げしている八太郎岸壁・1号埠頭方向からの影響と考えられた。
Cdは、B地区(メッキ工場・大手素材工場等)方向からの影響と考えられた。
4. 公害センターにおいて、PbとZnの降下量は同じ様な経年変化をし、昭和63年度頃から急激に増加していた。Cdの降下量は昭和61年度頃から増加傾向にあった。
また、SO₄, NH₄も昭和63年度頃から急激に増加していた。
5. 今後の課題として、Pb, Zn, Cdの発生源を特定し、原因を究明し、対策を講じることが必要である。

参 考 文 献

- 1) 細川可興他：八戸地区における降下ばいじん中の重金属 青森県公害センター所報第2号, 75-83 (1976)
- 2) 今武純・工藤真哉：八戸市内の降下ばいじんについて 青森県公害センター所報No.8, 83-94 (1987)
- 3) 作図使用ソフト：統計解析システムSeagull-Stat 作成者 早狩進

Abstract

Dust Fall in Hachinohe City (2)
— Insoluble Heavy Metals —

Ryuji KUDO and Shiho FUJITA

An amount of insoluble heavy metals dust fall in Hachinohe City was studied by a deposit gauge method.

A product source was estimated by the relation between a distribution of average amount of dust fall and the wind direction during 1978 ~ 1980 and 1988 ~ 1990. We represented a secular change of fall at the measuring points where showed large effects.

By the fact, the amount of dust fall with lead, zinc and cadmium from the specific area was increasing drastically, the local pollution might be proceeding.

六ヶ所村及びその周辺地域における 環境試料中の放射性物質等調査

木村 秀樹 外崎久美子 竹ヶ原 仁 関野 正義

六ヶ所村に立地が進められている原子燃料サイクル施設に関連して、施設操業前の平成元年度及び2年度に県が実施した環境試料中の放射性物質及びフッ素の調査結果について報告する。調査は、施設を中心とした半径約20kmの圏内及び比較対照地域としての青森市において、大気浮遊じん、降下物、陸水、土壌、湖底土、河底土、農畜産物、松葉、淡水産生物、海水、海底土及び海産生物等を対象として実施された。これらの環境試料における放射性物質等のバックグラウンドレベルを把握するとともに、試料の性状と放射性物質等濃度の関係について検討を行った。

Key words : nuclear fuel cycle, environmental sample, Rokkasho Village, radionuclide, fluoride

はじめに

青森県六ヶ所村では、現在日本原燃産業(株)及び日本原燃サービス(株) (以下「設置者」)により、原子燃料サイクル施設(ウラン濃縮施設、低レベル放射性廃棄物貯蔵施設及び再処理施設)の立地が進められている。このうち、ウラン濃縮施設は平成3年10月4日から慣らし運転を行い、平成4年3月27日には本格操業を開始した。また、低レベル放射性廃棄物貯蔵施設は平成4年末の操業開始を目途に現在建設中である。

これに関連し、県及び設置者は青森県が策定した「原子燃料サイクル施設に係る環境放射線等モニタリング構想、基本計画及び実施要領(平成元年3月)青森県」に基づき、平成元年4月から事前調査を開始した。本報では、県が実施した平成元年度及び2年度の調査結果のうち、環境試料中の放射性物質及びフッ素の測定結果について報告する。

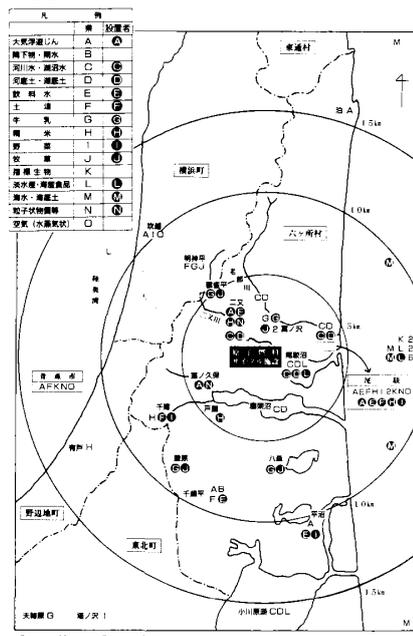


図1 環境試料採取地点

調査方法

1. 調査計画

試料採取地点を図1に示す。図には参考として設置者分も含めている。青森県は、陸域では施設を中心とした半径約20kmの圏内の約30ヶ所で延べ121試料、対照地域としての青森市で延べ23試料を採取している。海域では、再処理施設の液体廃棄物放出口予定地点及びその南北20kmの3地点で海水、海底土をそれぞれ延べ6及び3試料、六ヶ所村前面海域及び陸奥湾で海産生物を延べ7試料採取している。また、測定項目とその測定数は、 γ 線放出核種：104, ^3H ：72, ^{90}Sr ：81, $^{239+240}\text{Pu}$ ：59, U：27, F：23である。



2. 試料採取及び前処理方法

1) 大気浮遊じん

大気浮遊じんは、モニタリングステーションに設置したダストモニターで採取し、全 α 及び全 β 放射能測定後の3ヶ月分を1試料とする。大気吸引速度は60~100 ℓ /minで、吸引量は1試料あたり約10,000 m^3 である。ろ紙はTOYO HE-40Tを使用している。

回収したろ紙は集じん部分のみ切り抜き、そのままGe半導体検出器により γ 線放出核種の測定を行う。その後ろ紙を灰化して放射化学分析に供する。

2) 環境大気 (3H)

大気中に水蒸気の形で存在する 3H を分析するために、大気をモレキュラーシーブカラムに通し、湿分を捕集する。大気吸引速度は0.7~1.0 ℓ /minである。捕集した湿分は、カラムに N_2 ガスを流しながら管状電気炉で400 $^{\circ}C$ に加熱して追い出し、冷却して水として回収する。カラムの交換は2週間毎に行い、回収水1ヶ月分を合わせて1試料とする。

3) 環境大気 (F)

大気をメンブランフィルター及びアルカリろ紙に吸引し、粒子状及びガス状のフッ素化合物を捕集する。試料採取は四半期に1回、約1週間行う。大気吸引速度は20 ℓ /minで、大気採取量は約200 m^3 である。

試料を採取したメンブランフィルターは H_2SO_4 を加えて水蒸気蒸留、アルカリろ紙は温水で抽出し、蒸留液と抽出液中のフッ化物イオン濃度をそれぞれイオンメータを用いて測定する。両者の結果を合算しフッ化物の大気中濃度とする。

4) 降下物

降下物は、二階建のビルの屋上に設置した大型水盤(採取面積: 0.466 m^2 , ヒーター付き)により1ヶ月毎に採取する。採取した試料はガスコンロで蒸発濃縮後、U-8容器に蒸発乾固しGe半導体検出器で測定する。この後、1年分(12個)の試料を集めて1試料とし、放射化学分析に供する。

5) 降水

3H 分析のための降水は、大型水盤の近傍に設置した降水採取器(採取面積: 0.10 m^2 , ヒーター付き)により1ヶ月毎に採取する。試料は、ろ紙(No.5C)でろ過後 3H 分析に供する。

6) 河川水, 湖沼水

表面水を直接ポリ容器に採取する。採取後、 3H 分析用以外の試料に6M HClを2 $m\ell$ / ℓ の割合で添加する。

7) 水道水, 井戸水

蛇口から直接ポリ容器に採取する。採取後、 3H 分析用以外の試料に6M HClを2 $m\ell$ / ℓ の割合で添加する。

水道水は2本の深井戸を源水としており、取水口の

深さは20~150mである。井戸水は現在民家の雑用水として用いられており、井戸の深さは約3mである。

8) 河底土

採取地点の川底は石ころが多く底質の採取が難しい。そこで、川底をスコープですくってその場で2mmのフルイに通し、フルイに通ったものを河底土としている。採取した試料は、105 $^{\circ}C$ で乾燥し、乳鉢で粉碎して分析に供する。

9) 湖底土

湖底土は、湖沼の最深部でエクマンバージ型採泥器を用いて採取した。採取した試料は、105 $^{\circ}C$ で乾燥し、乳鉢で粉碎して2mmのフルイに通す。これをさらに乳鉢で細かく粉碎して分析に供する。

10) 土 壤

土壌は採取場所の広さに合わせ、3~20m四方の範囲の9ポイントからステンレス製の採土器(100mm ϕ ×50mmH)を用いて採取した。採取深さは0~5cmである。採取した試料は105 $^{\circ}C$ で乾燥し、乳鉢で粉碎して2mmのフルイに通す。これをさらに乳鉢で細かく粉碎して分析に供する。

11) 牛 乳

原乳を農家から購入し、即座にホルマリンを10 $m\ell$ / ℓ の割合で添加する。試料を1 ℓ ずつ磁製皿にとり、ガスコンロで蒸発濃縮する。これを105 $^{\circ}C$ で乾燥後、電気炉に入れて徐々に昇温し最終的に450 $^{\circ}C$ で24h灰化する。灰を0.35mmのフルイに通し、分析に供する。

12) 精 米

玄米を農家から購入し、歩留まり約90%で精米する。精米を磁製皿に入れ、電気炉で徐々に昇温して最終的に450 $^{\circ}C$ で24h灰化する。灰を0.35mmのフルイに通し、分析に供する。

13) 野菜(白菜, 大根, 長いも, キャベツ)

農家から購入する。白菜, キャベツは外葉と芯を除き、軽く水洗いする。大根は葉を除き、よく水洗いする。皮はむかない。長いもはよく水洗後皮をむく。

これらを磁製皿に入れ、105 $^{\circ}C$ で乾燥する。次いで電気炉に移し、徐々に昇温して最終的に450 $^{\circ}C$ で24h灰化する。灰を0.35mmのフルイに通し、分析に供する。

14) 牧 草

牧草地約20m四方の範囲の9ポイントから牧草を鎌で刈り取る。品種はオーチャードグラスである。試料は水洗せず、野菜と同様に乾燥、灰化する。

15) 松 葉

松葉の二年生葉を手で引き抜くように採取する。試料は水洗せず、野菜と同様に乾燥、灰化する。

16) ワカサギ

漁協から購入する。ワカサギはそのまま水洗し、水

をきる。野菜と同様に乾燥，灰化する。

17) シジミ

漁協から購入する。採取後淡水中で1日泥を吐かせ、貝をむき身を取り出す。その後野菜と同様に乾燥，灰化する。

18) 海水

表面水を船底からポンプで汲み上げてポリ容器に採取する。採取後、 ^3H 分析用以外の試料に6M HClを2mℓ/ℓの割合で添加する。

19) 海底土

船上からスミスマッキンタイヤ型採泥器で採取する。採取地点の深さは約50mである。採取試料は105°Cで乾燥後、乳鉢で粉碎して2mmのフルイを通し、分析に供する。

20) ヒラメ

漁協から購入する。ヒラメは全体を水洗した後、頭、尾、骨、ヒレ、内蔵を除き、可食部（筋肉部）のみ取り出す。その後、野菜と同様に乾燥，灰化する。

21) コンブ

漁協から購入する。軽く水洗後、野菜と同様に乾燥，灰化する。

22) チガイソ

チガイソは1年生の褐藻類で、東北地方の北部から北海道日高以南の太平洋沿岸に分布すると言われている。本県の六ヶ所村の沿岸では、春先から秋まで生育し、体長は1～2m、巾は5～20cmのものが採取されている。現在は食用とされていないが、比較的長期間生育する海藻であるため、指標生物として調査の対象としている。

チガイソも漁協から購入する。指標生物であるため水洗せず、野菜と同様に乾燥，灰化する。

23) ムラサキイガイ

漁協から購入する。これも指標生物という位置づけであるため、水洗せず貝をむき身を取り出す。その後は野菜と同様に乾燥，灰化する。

24) ホタテ

漁協から購入する。貝をむき、軟体部を水洗して野菜と同様に乾燥，灰化する。

3. 分析測定方法

1) γ 線放出核種

γ 線スペクトロメトリ

測定装置：Ge半導体検出器（セイコーEG&G）

2) ^{90}Sr

発煙硝酸法またはイオン交換法- β 線計測

測定装置：ローバックガスフローカウンタ（アロカ LBC-481Q）

3) ^3H

液体シンチレーション計数法

シンチレータ：AQUASOL-2

測定装置：液体シンチレーション計数装置（アロカ LSC-LBII）

4) $^{239+240}\text{Pu}$

イオン交換法- α 線スペクトロメトリ

測定装置：Si半導体検出器（セイコーEG&Gアルファキング 676A）

5) $^{238}\text{U}+^{235}\text{U}+^{234}\text{U}$

TBP抽出法- α 線スペクトロメトリ

測定装置：Si半導体検出器（セイコーEG&Gアルファキング 676A）

6) F

水蒸気蒸留-イオン電極法

測定装置：イオン電極（東亜電波工業 F-125）

イオンメータ（東亜電波工業 IM-40S）

結果と考察

表1に平成元年度及び2年度に県が実施した、環境試料中の放射性物質及びフッ素の調査結果を示す。 γ 線放出核種のうち検出された人工放射性核種は ^{137}Cs のみであったため、 γ 線放出核種としては ^{137}Cs のみ表に掲載した。

分析測定結果は、放射能濃度±計数誤差として表示し、放射能濃度が計数誤差の3倍以下の場合検出限界以下としてNDと表示した。結果がNDとのみ記載されているのは、全てのデータが検出限界以下であったことを示す。また、データの数が3個以上あった場合は、最小値～最大値を記載した。

1) 大気浮遊じん

表1に示した放射性物質のうち、検出されたのはUのみであった。Uが検出された時期としては第1あるいは第4四半期であり、土壌粒子の舞上がりが予想される。

表に記載されていないが、天然の放射性物質である ^7Be が全地点で毎回検出された。

2) 環境大気

環境大気中の水蒸気状 ^3H (HTO) 濃度は3地点を通じてND～17mBq/m³となり、動燃事業団による東海村での調査結果¹⁾及び茨城県による水戸市での調査結果²⁾と比較してかなり低い値である。採取された湿分中の ^3H 濃度も本県の調査結果は同様に低い。

図2に尾駱における環境大気中 ^3H 濃度の平成元年4月から平成3年3月までの推移を示す。大気中濃度においては、春から夏にかけてと秋に極大がみられる。茨城県下での調査では、夏に高く冬に低くなる傾向がみられ、

表1 環境試料中放射性物質等の濃度レベル

| 試料 | 地点 | 回数 | 単位 | 放 射 性 物 質 等 濃 度 | | | | | | 備 考 |
|----------------|-------|----|---|------------------------------|-------------------------------|-----------------------|-------------------------------|--|------------|--------------|
| | | | | ¹³⁷ Cs | ⁹⁰ Sr | ³ H | ²³⁹⁺²⁴⁰ Pu | ²³⁴ U+ ²³⁵ U+ ²³⁸ U | F | |
| 大気浮遊じん | 尾 駱 | 8 | mBq/m ³ | ND | ND | — | ND | ND~0.00044 ±0.00010 | — | 3ヶ月分 を1試料 |
| | 千 歳 平 | 4 | | ND | ND | — | ND | — | — | |
| | 平 沼 | 4 | | ND | ND | — | ND | — | — | |
| | 泊 | 4 | | ND | ND | — | ND | — | — | |
| | 吹 越 | 4 | | ND | ND | — | ND | — | — | |
| | 青 森 | 4 | ND | ND | — | ND | ND~0.0013 ±0.00020 | — | | |
| 環 境 大 気 | 尾 駱 | 24 | mBq/m ³ | — | — | ND~12±2.4 | — | — | — | 1ヶ月分 を1試料 |
| | 横 浜 町 | 12 | | — | — | ND~14±3.7 | — | — | — | |
| | 青 森 市 | 12 | | — | — | ND~17±4.4 | — | — | — | |
| | 尾 駱 | 8 | μg/m ³ | — | — | — | — | — | ≤0.03 | 四半期毎 に1週間 |
| 青 森 市 | 8 | — | | — | — | — | — | ≤0.03 | | |
| 降 下 物 (降 水) | 千 歳 平 | 24 | Bq/m ² ³ H: Bq/ℓ | ND~0.73±0.082 | — | ND~1.9±0.32 | — | — | — | 月 間 値 |
| | | 2 | Bq/m ² | — | 0.22±0.033, 0.26±0.040 | — | 0.010±0.0019, 0.020±0.0025 | 1.8±0.10, 3.4±0.19 | — | 年 降 下 量 |
| 河 川 水 | 老部川上流 | 2 | mBq/ℓ ³ H: Bq/ℓ F: mg/ℓ | ND | — | ND, 1.1±0.33 | — | — | ≤0.10 | |
| | 老部川下流 | 2 | | ND | — | ND, 1.2±0.32 | — | — | ≤0.10 | |
| 湖 沼 水 | 尾 駱 沼 | 8 | | ND~3.9±0.99 | 1.7±0.38~3.0±0.34 | ND~1.1±0.32 | — | — | 0.29~0.7 | |
| | 鷹 架 沼 | 4 | | ND | — | 1.1±0.32~ 1.5±0.34 | — | — | ≤0.10~0.10 | |
| | 小川原湖 | 4 | | ND | — | ND~1.3±0.34 | — | — | — | |
| 水 道 水 | 尾 駱 | 8 | ND | ND~0.20±0.052 | ND | — | — | — | | |
| 井 戸 水 | 尾 駱 | 8 | ND | 2.1±0.16~11±0.3 | ND~1.2±0.35 | — | — | — | 浅 井 戸 | |
| 河 底 土 | 老部川上流 | 2 | Bq/kg乾土 | 7.3±0.38, 12±0.7 | — | — | — | — | 49, 58 | |
| | 老部川下流 | 2 | | 1.2±0.29, 1.8±0.50 | — | — | — | — | 51, 56 | |
| 湖 底 土 | 尾 駱 沼 | 2 | F: μg/g 乾土 | 19±0.8, 21±1.2 | 0.78±0.11, 1.5±0.16 | — | 3.6±0.21, 4.5±0.24 | 95±3.8, 130±6 | 10, 88 | |
| | 鷹 架 沼 | 2 | | 38±1.4, 42±1.2 | 1.8±0.15, 2.4±0.20 | — | 1.8±0.14, 2.2±0.13 | 100±4, 120±6 | 16, 50 | |
| | 小川原湖 | 2 | | 26±1.1, 43±1.8 | 2.6±0.18, 5.0±0.27 | — | 3.5±0.21, 5.2±0.44 | — | — | |
| 土 壌 | 尾 駱 | 2 | Bq/kg乾土 | 27±0.6, 36±0.9 | 7.6±0.29, 9.1±0.33 | — | 0.52±0.051, 0.79±0.062 | 10±0.5, 15±0.7 | — | |
| | 千 歳 平 | 2 | | 2.7±0.50, 3.0±0.35 | 0.59±0.11, 0.78±0.15 | — | 0.11±0.020, 0.13±0.020 | 11±0.5, 14±0.6 | — | 0~5cm |
| | 横 浜 町 | 2 | | 17±0.7, 19±0.9 | 2.4±0.19, 2.9±0.24 | — | 0.42±0.052, 0.44±0.046 | 53±2.2, 55±2.6 | — | |
| | 青 森 市 | 2 | | 1.6±0.42, 3.1±0.68 | 0.60±0.11, 1.5±0.17 | — | ND | 22±1.1, 23±1.0 | — | |
| 牛 乳 | 富ノ沢 | 4 | Bq/ℓ F: mg/ℓ | 0.070±0.010~ 0.14±0.008 | 0.032±0.0096~ 0.048±0.011 | — | — | ND~ 0.0016±0.00048 | ≤0.10 | |
| | 横 浜 町 | 8 | | 0.050±0.0074~ 0.18±0.017 | 0.036±0.0097~ 0.080±0.0066 | — | — | — | — | |
| | 東 北 町 | 8 | | 0.037±0.0084~ 0.071±0.015 | ND~0.046±0.010 | — | — | — | — | |

注) ND: 放射能濃度が計数誤差の3倍以下の場合NDとした。

| 試料 | 地点 | 回数 | 単位 | 放射能濃度 | | | | | 備考 | | |
|----------------|--------------|----|----------------------|-------------------------------|------------------------------|-----------------------------|-----------------------------------|--|------------|-------|------------|
| | | | | ¹³⁷ Cs | ⁹⁰ Sr | ³ H | ²³⁹⁺²⁴⁰ Pu | ²³⁴ U+ ²³⁵ U+ ²³⁸ U | | F | |
| 精米 | 尾駱 | 2 | Bq/kg生 F: μg/g | 0.12±0.013, 0.22±0.013 | ND | - | ND | ND | 0.24, 0.48 | | |
| | 千樽 | 2 | | ND, 0.030±0.0091 | ND | - | ND | ND | - | | |
| | 野辺地町 | 2 | | ND, 0.066±0.010 | ND | - | ND | - | - | | |
| 白菜 | 尾駱 | 2 | Bq/kg生 | ND, 0.067±0.0098 | 0.19±0.017, 0.87±0.038 | - | ND | ND, 0.0023±0.00042 | - | 葉部 | |
| 大根 | 尾駱 | 2 | | ND | 0.52±0.028, 0.59±0.020 | - | ND | 0.0043±0.00062, 0.0069±0.00071 | - | 根部 | |
| 長いも | 東北町 | 2 | | ND | 0.040±0.0099, 0.055±0.012 | - | ND | - | - | 根部 | |
| キャベツ | 横浜町 | 2 | | ND | 0.19±0.011, 0.42±0.025 | - | ND | - | - | 葉部 | |
| 牧草 | 横浜町 | 4 | | ND | 0.73±0.031~ 1.1±0.04 | - | ND | 0.0075±0.0015~ 0.035±0.0032 | - | 地上部全体 | |
| 松葉 | 尾駱 | 4 | | 0.15±0.018~ 0.20±0.018 | - | - | - | 0.069±0.0037~ 0.093±0.0051 | - | 二年生葉 | |
| | 青森市 | 4 | | 0.094±0.017~ 0.17±0.018 | - | - | - | 0.058±0.0036~ 0.072±0.0043 | - | | |
| ワカサギ | 尾駱沼 | 2 | | mBq/ℓ ³ H: Bq/ℓ | 0.12±0.027, 0.12±0.020 | ND, 0.030±0.0078 | - | ND | - | - | 全体 |
| シジミ | 小川原湖 | 2 | | | 0.037±0.0050, 0.040±0.010 | 0.069±0.010, 0.082±0.013 | - | ND | - | - | 軟体部 |
| 海水 | 放出口予定地点 | 4 | | | ND~3.8±0.67 | 2.5±0.33~ 2.9±0.34 | ND | ND~ 0.0087±0.0027 | - | - | |
| | 放出口予定地点北20km | 4 | 3.6±1.0~ 4.0±0.95 | | 2.4±0.32~ 2.8±0.33 | ND | ND~ 0.011±0.0031 | - | - | | |
| | 放出口予定地点南20km | 4 | 3.3±1.0~ 4.7±0.72 | | 2.3±0.30~ 3.1±0.37 | ND | ND~ 0.011±0.0034 | - | - | | |
| 海底土 | 放出口予定地点 | 2 | ND, 1.6±0.42 | | ND | - | 0.59±0.044, 0.59±0.042 | - | - | | |
| | 放出口予定地点北20km | 2 | ND | | ND, 0.54±0.13 | - | 0.17±0.021, 0.75±0.055 | - | - | | |
| | 放出口予定地点南20km | 2 | ND, 1.7±0.46 | | ND | - | 0.77±0.064, 0.90±0.077 | - | - | | |
| 魚類 (ヒラメ) | 六ヶ所村 前面海域 | 2 | Bq/kg生 | | 0.16±0.017, 0.18±0.019 | ND | - | ND | - | - | 可食部 |
| 海藻類 (コンブ) | | 2 | | | ND, 0.18±0.039 | ND | - | 0.0053±0.00091, 0.0072±0.0012 | - | - | 根を除く 全体 |
| 海藻類 (チガイソ) | | 3 | | ND | 0.044±0.013~ 0.077±0.010 | - | 0.0059±0.0015~ 0.014±0.0019 | - | - | | |
| 貝類 (ムラサキガイ) | | 4 | | ND | ND | - | 0.0016±0.00038~ 0.0038±0.00069 | - | - | 軟体部 | |
| 貝類 (ホタテ) | | 2 | | 0.055±0.017, 0.079±0.021 | ND | - | 0.0031±0.00052, 0.0032±0.00050 | - | - | | |

注)ND: 放射能濃度が計数誤差の3倍以下の場合NDとした。

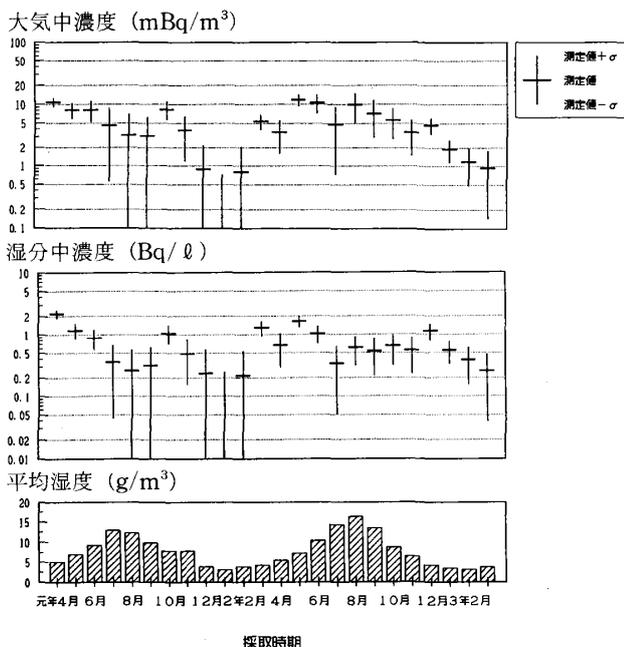


図2 環境大気中³H濃度の推移 (尾駸)

本県における調査結果とは若干異なった変動パターンである。

³Hの大気中濃度は、採取された湿分中濃度と大気平均湿度の双方に影響される。茨城県下での調査では、湿分中の³H濃度があまり季節的な変動を示さず、このため大気中³H濃度は平均湿度と同様の推移を示している。本県における湿分中³H濃度と平均湿度の推移をみると、前者は春と秋に比較的急激な上昇がみられ、それ以外はほとんどが検出限界以下の低濃度である。一方後者は東海村あるいは水戸市と同様に、夏に高くなり冬に低くなるゆるやかな変動を示している。したがって本県の場合、湿分中³H濃度の季節的な変動が大気中³H濃度の推移に比較的大きく寄与しているものと考えられる。

3) 降下物

¹³⁷Csの月間降下量は、ND~0.73Bq/m²であり、科学技術庁の委託により(財)日本分析センターが実施した放射性降下物に係る放射能調査結果^{3,4)}とほぼ同じレベルであった。

図3に¹³⁷Cs降下量と、蒸発残留物重量(Ge半導体検出器測定用試料の重量)の推移を示す。¹³⁷Cs降下量は春先に高くなる傾向を示し、それ以外の時期の変動は比較的少ない。蒸発残留物重量の変動パターンもこれと同様である。また、¹³⁷Cs降下量は土壌粒子の構成成分である⁴⁰Kの降下量とよい相関を示すが($R^2=0.87$, $n=24$)、成層圏で生成される⁷Beの降下量や雨水中³Hとはほとんど相関を示さない。これらのことから、特に春先に高くなる¹³⁷Cs降下量には再浮遊した土壌粒子が大きく寄与していると考えられる。

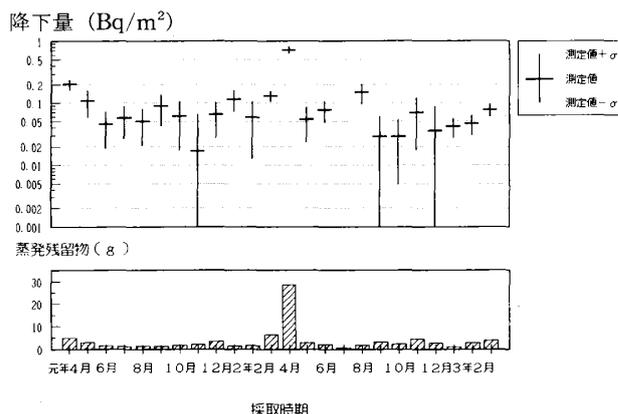


図3 ¹³⁷Cs降下量の推移

4) 降水

降水中の³H濃度はND~1.9Bq/lで、検出限界以上のデータの平均は1.2Bq/l ($n=8$)となった。高島ら⁵⁾が昭和61年から62年にかけて青森市において実施した調査結果は、ND~2.8Bq/l ($N>3\sigma$ のデータの平均1.6Bq/l, $n=10$)であった。井上ら⁶⁾は、千葉市で採取した降水中の³H濃度について、この10年間で約1/2に減少していると報告している。このことを考慮すると、降水³H濃度は六ヶ所村と青森市ではほぼ同じレベルにあるといえる。

図4に降水³H濃度の推移を示す。春にやや高くなる傾向があるが、環境大気湿分中濃度のようにはっきりした季節変動はみられない。また、降水³Hの放射能レベルは環境大気湿分中濃度とほぼ同じであるが、両者の変動パターンは必ずしも一致しない。

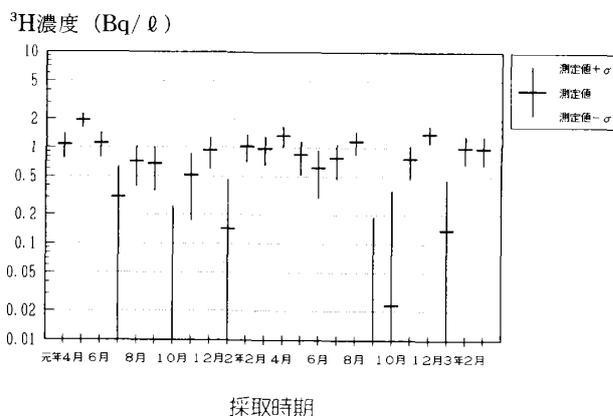


図4 降水³H濃度の推移

5) 湖 沼 水

六ヶ所村及びその周辺地域の太平洋側には、5つの主要な湖沼が南北へ連なるように存在している。このうち、県が調査の対象としているのは、施設に近い尾駈沼、鷹架沼、及び施設からは最も遠いが面積が最大で漁業の盛んな小川原湖の3湖沼である。

この中で、施設に最も近接している尾駈沼は汽水湖であり、潮の干満による海水の流出入が激しいといわれている。本調査においても、湖沼水中の塩素量は5.4~13‰と大きな幅を持ち、海水が湖沼水の水質に大きく影響していることがうかがえる。なお、尾駈沼に流入する河川としては二又川が唯一であり、その河川水中の放射性物質及びフッ素濃度については設置者側により調査が実施されている^{7,8)}。

そこで、尾駈沼における湖沼水中の¹³⁷Cs、⁹⁰Sr、³H及びフッ素濃度と塩素量の関係を示したのが図5である。¹³⁷Csについては、海水中での濃度が3~4 Bq/ℓ程度あるのに対し、流入する河川水中の濃度は検出限界以下であることから、塩素量との関連性が予想されたが、実際にはあまり良い相関が得られなかった。河川水中の¹³⁷Csの挙動についてはMatsunagaら⁹⁾の研究があり、降雨等により河川の流量が増すと、粒子状として存在する¹³⁷Csの濃度が急激に増加すると報告している。このことは、尾駈沼の湖沼水において、塩素量が低い状態での¹³⁷Cs濃度の上昇の可能性を示唆している。しかし、粒子状として湖沼に入った¹³⁷Csの沈降速度等も明らかではなく、湖

沼における¹³⁷Csの挙動については、さらに検討を要する。

⁹⁰Sr濃度は、塩素量の値によらず1.7~3.0 mBq/ℓとほぼ一定のレベルにある。二又川の河川水中⁹⁰Sr濃度については設置者にもデータがないので、流域が二又川に近い老部川のデータを見ると約2 mBq/ℓである。二又川の濃度もこの程度であると仮定すると、尾駈沼に流入する河川水及び海水中の⁹⁰Sr濃度が近いから、湖沼水中の⁹⁰Sr濃度は海水の影響を受けず一定のレベルを保っているものと考えられる。

湖沼水中の³H濃度は、塩素量と負の相関を示した。これは、海水中の³Hが検出限界以下と低いのに対し、湖沼に流入する二又川での濃度が約1.8 Bq/ℓと比較的高いためと考えられる。

一方湖沼水中のフッ素濃度は塩素量と正の相関を示した。これは、³Hとは逆に二又川の河川水中フッ素濃度が定量下限値以下(≤0.1 mg/ℓ)であるのに対し、海水濃度が約1.3 mg/ℓ¹⁰⁾と高いためと考えられる。

6) 水道水, 井戸水

深井戸を源水とする尾駈地区の水道水中の放射性物質濃度は、ほとんどが検出限界以下と低いレベルを保っている。

一方深さが約3 mの井戸水は、水道水と比較して特に⁹⁰Sr濃度が高くかつ変動が大きい。図6に井戸水中の⁹⁰Sr及び安定Sr濃度の推移と、試料採取前日までの降水量を示す。

⁹⁰Sr濃度と安定Sr濃度の推移をみると、両者の変動パターン

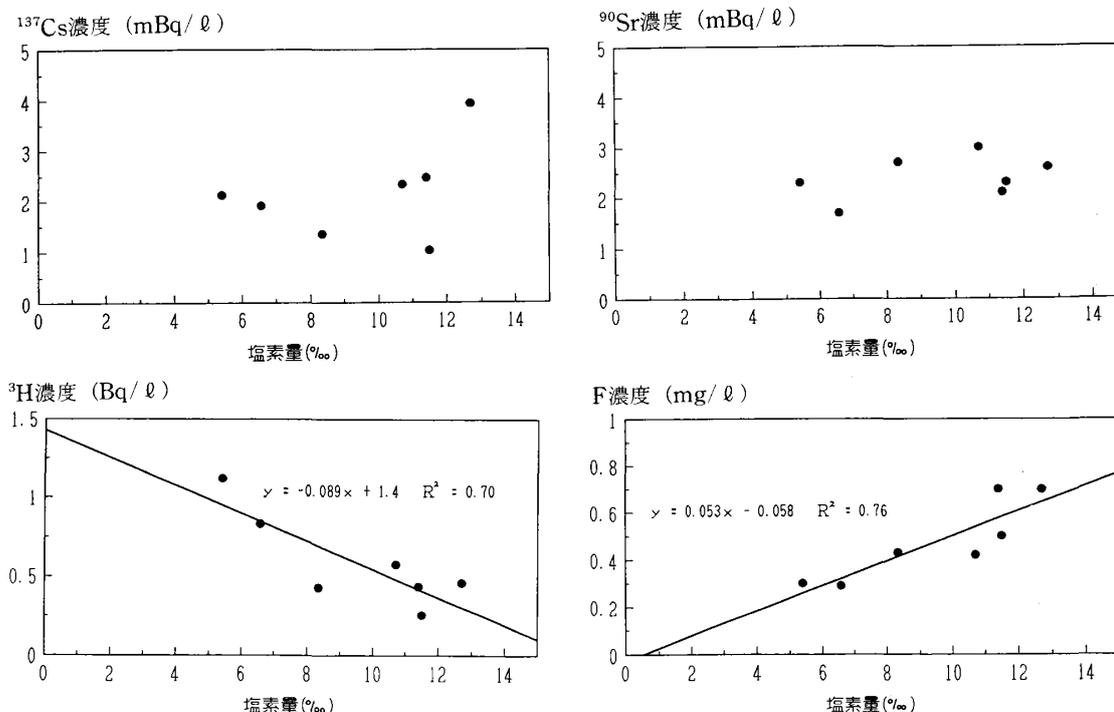


図5 湖沼水中塩素量と¹³⁷Cs、⁹⁰Sr、³H及びF濃度の関係

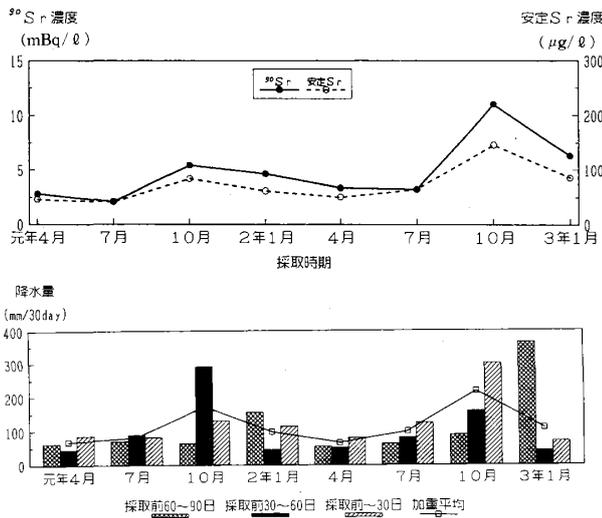


図6 井戸水中⁹⁰Sr及び安定Sr濃度の推移と降水量

は非常によく似ている。⁹⁰Srは、核実験等に起因する放射性降下物により供給され、安定Srは土壌中にもともと存在するものである。このように、2つの同位体の起源は全く異なるが、地下3m程度の土壌中ではどちらも同様の挙動を示していることがわかる。

図6では、試料採取日の前日から30日前まで(期間A)、採取日の30日前から60日前まで(期間B)及び採取日の60日前から90日前まで(期間C)の30日間の降水量を棒グラフで示している。降水量のデータは、千歳平に設置されているアメダスのデータを使用した。⁹⁰Sr及び安定Sr濃度は、試料採取前90日間の降水量が多いほど、特に採取日に近い時期の降水量が多いほど高くなる傾向にあると言えそうである。そこで、試料採取日に近い期間の降水量を重視して、30日間降水量の加重平均を求めてみた。すなわち、

$$R = (R_A \times 1.5 + R_B + R_C \times 0.5) / 3$$

R : 30日間降水量の加重平均 (mm/30day)

R_A : 期間Aの降水量 (mm/30day)

R_B : 期間Bの降水量 (mm/30day)

R_C : 期間Cの降水量 (mm/30day)

である。このRの推移を折線グラフで示す。単純な重み付けであるが、Rの推移は⁹⁰Srあるいは安定Sr濃度の推移とよく似た変動パターンとなり、よい相関を示した(⁹⁰Sr : R²=0.78, 安定Sr : R²=0.86)。

7) 河底土, 湖底土, 土壌

河底土は、同一の河川の上流と下流で採取しているが、¹³⁷Csの濃度にかかなりの違いがみられる。両者の土質を比較してみると、上流の河底土は下流に比べやや砂質が少なく、有機質含量の指標となる強熱減量が多い。そこで、強熱減量に対し¹³⁷Cs濃度をプロットしてみると図7のようになる。両者の間にはよい相関がみられた。河底土中¹³⁷Cs濃度と強熱減量の相関についてはMatsunagaら⁸⁾

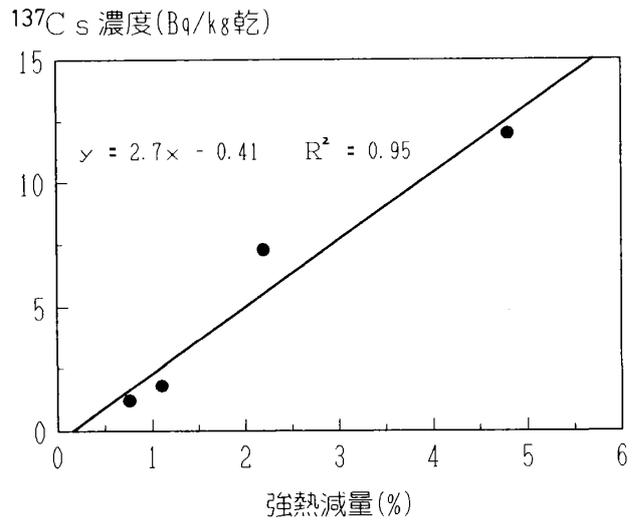


図7 河底土における強熱減量と¹³⁷Cs濃度の関係

の報告があるが、本県による老部川の調査結果においても、同様の傾向がみられた。

湖底土中の放射性物質等濃度には、3湖沼の間であまり大きな差はみられないが、¹³⁷Cs及び⁹⁰Srについては尾駱沼が²³⁹⁺²⁴⁰Puについては鷹架沼がそれぞれ他の湖沼よりやや低い値となっている。強熱減量についてはどの地点もほぼ同じであり、放射性物質濃度との相関はあまりみられなかった。

土壌中の¹³⁷Cs、⁹⁰Sr及び²³⁹⁺²⁴⁰Pu濃度は地点間の差が大きく、尾駱及び横浜町が千歳平及び青森市に比べかなり高い値を示している。試料採取場所の状況は、尾駱が一面雑草におおわれた草地、横浜町が牧草地、千歳平と青森市がほとんど裸地である。

また、U濃度については、横浜町が他の地点より高い値を示している。一般的にリン酸肥料中にはUが多く含まれていると言われており、このような肥料の使用が牧草地などでのUの高濃度の原因になっていると考えられる。

湖底土及び土壌における¹³⁷Cs濃度と⁹⁰Sr及び²³⁹⁺²⁴⁰Pu濃度の関係を図8に示す。土壌中では、¹³⁷Csと⁹⁰Sr及び¹³⁷Csと²³⁹⁺²⁴⁰Puの間により相関があるのに対し、湖底土中では放射性物質間の相関はあまりみられなかった。湖底土についてはさらにデータを蓄積して、湖沼毎に考察する必要があると思われる。

土壌中の²³⁹⁺²⁴⁰Pu/¹³⁷Csをみると、青森市以外の地点では0.019~0.048(平均0.029, n=6)、青森市では0.0038, 0.0055(平均0.0047, n=2)である。土壌中の²³⁹⁺²⁴⁰Pu/¹³⁷Csについて、国内の他の地域と比較してみると、茨城県⁹⁾及び福井県^{10),11)}の調査では、それぞれ0.012~0.041(平均0.024, n=13)及び0.010~0.050(平均0.031, n=13)となり、青森市以外の地点の値とほぼ一致している。しかし、青森市の値はこれらに比べてかなり低く、今後の検討を要する。

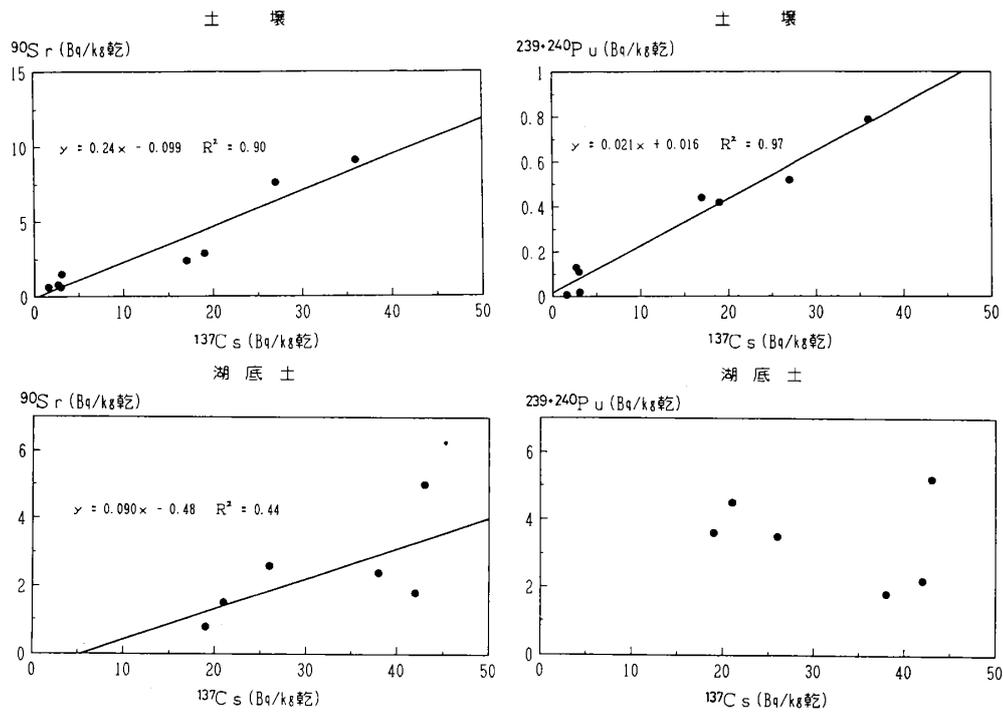


図8 土壌及び湖底土における¹³⁷Csと⁹⁰Sr及び²³⁹⁺²⁴⁰Pu濃度の関係

8) 農畜産物

牛乳からは、¹³⁷Cs、⁹⁰Sr及びUが検出されている。牛乳中の¹³⁷Csと⁹⁰Sr濃度との間には、相関はみられなかった(図9)。牛乳中のUについては調査された例が少ないが、インドでの調査結果では、Uが検出されている¹²⁾。

精米中の人工放射性物質としては¹³⁷Csのみが検出されており、尾駈が他の2地点と比べやや高い数値を示している。

野菜類からは毎回⁹⁰Srが検出されているが、¹³⁷Csはほとんど検出されなかった。⁹⁰Sr濃度は、長いも中の値が他の野菜に比べかなり低くなっている。長いもではCa及び安定Sr濃度が他の野菜の半分以下と少なく、このことが

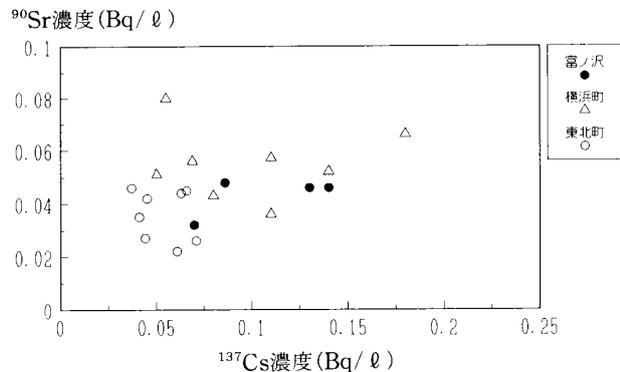


図9 牛乳中の¹³⁷Cs及び⁹⁰Sr濃度の関係

⁹⁰Srの低濃度につながっていると考えられる。

牧草についても、⁹⁰Sr及びUは毎回検出されたが、¹³⁷Csは検出されなかった。

9) 松葉

松葉については、尾駈、青森市とも¹³⁷Cs及びUが検出されている。両地点における放射能レベルは、全体的にみて¹³⁷Cs、Uとも尾駈の方が若干高めである。試料採取地点が青森市では公園内であるのに対し、尾駈は国道沿いの松林であり、自動車が巻き上げる粉じん等が影響している可能性がある。

10) 海水、海底土

海水中の¹³⁷Cs及び⁹⁰Sr濃度は、それぞれND~4.7mBq/l及び2.3~3.1mBq/lとなり、海上保安庁による太平洋側の海域の調査結果¹³⁾よりどちらも若干高めとなっている。

海底土については、ほとんどが砂質であり、¹³⁷Cs及び⁹⁰Srの検出されたデータは少ない。²³⁹⁺²⁴⁰Puは毎回検出されており、0.17~0.90Bq/kg乾土となった。この値は、海上保安庁の調査結果に比べ、若干低めである。

11) 海産生物

¹³⁷Csについては、ヒラメ、コンブ及びホタテから、⁹⁰Srについてはチガイソ(海藻類)からのみ検出されている。また、²³⁹⁺²⁴⁰Puについては、海藻類及び貝類から検出されており、海藻類の方が貝類よりやや高い値を示している。

ま と め

青森県が平成元年度及び2年度に実施した、原子燃料サイクル施設に係る環境試料中の放射性物質等調査の結果をとりまとめた。

各種試料中の放射性物質等の濃度レベルは、国内での他の調査結果とほぼ同じレベルであるといえる。ただし、若干の試料については、他の地域と異なる傾向がみられ、これらは今後の研究課題である。今回とりまとめたのは2年分の調査結果であり、データ数が少ない試料もあることから、さらにデータを蓄積して地域特性の把握に努めたいと考える。

文 献

- 1) 石田順一郎, 他: 東海村大気中におけるトリチウムの測定とその挙動, 動燃技報, No62, 95-98 (1987)
- 2) 平井保夫, 他: 茨城県東海, 大洗地区における環境中のトリチウム, 茨城公技研報, 1, 62-69 (1989)
- 3) 平野見明, 他: 降下物, 陸水, 海水, 土壌および各種食品試料の放射能調査, 第32回環境放射能調査研究成果論文抄録集 (平成元年度), 51-54 (1990)
- 4) 福嶋浩人: 降下物, 陸水, 海水, 土壌および各種食品試料の放射能調査, 第33回環境放射能調査研究成果論文抄録集 (平成2年度), 35-38 (1991)
- 5) 高島良正, 他: 雨に含まれるトリチウムの環境動態解明, 核融合特別研究・環境トリチウムの変動測定とその解析, 15-74 (1988)
- 6) 井上義和, 他: 環境中のトリチウムの測定調査, 第33回環境放射能調査研究成果論文抄録集 (平成2年度), 14-15 (1991)
- 7) 青森県: 原子燃料サイクル施設環境放射線等事前調査報告書 (平成元年度年報)
- 8) 青森県: 原子燃料サイクル施設環境放射線等事前調査報告書 (平成2年度年報)
- 9) Matsunaga, T. et al.: Discharge of dissolved and particulate ^{137}Cs in the Kuji River, Japan, Applied Geochemistry, 6, 159-167 (1991)
- 10) Bowen, H. J. M.: 環境無機化学, 博友社 (1983)
- 11) 茨城県公害技術センター: 茨城県における放射能調査, 34 (1991)
- 12) 福井県環境放射能測定技術会議: 原子力発電所周辺の環境放射能調査報告 (平成元年度年報)
- 13) 福井県環境放射能測定技術会議: 原子力発電所周辺の環境放射能調査報告 (平成2年度年報)
- 14) Lal, N. et al.: Uranium Assay in Milk, Health Phys., 43, 425-428 (1982)

Abstract

Survey of Radionuclides and Fluoride in Environmental Samples around Rokkasho Village

Hideki KIMURA, Kumiko TONOSAKI, Hitoshi TAKEGAHARA and Masayoshi SEKINO

Survey of radionuclides and fluoride in environmental samples was made around nuclear fuel recycling complex, being built at Rokkasho Village, in order to evaluate the background levels before facility operation. Various sorts of samples (air-dust, fallout, surface water, groundwater, soil, pond and stream sediment, agricultural and animal products, pine needles, freshwater food, seawater, marine sediment, seafoods, etc.) were taken within about 20 km of the site and in Aomori City from control point.

This paper describes the results of the survey performed by Aomori Prefecture from April 1989 to March 1991, and the relationship between the characteristics of the samples and concentration of radionuclides and fluoride.

編集委員

関野 正義 大友 良光 古川 章子
石塚 伸一 外崎久美子 阪崎 俊璽

青森県環境保健センター研究報告

(平成三年度)

平成4年3月発行

編集 〒030 青森市造道字磯野108の2
TEL 0177-(36)-5411
発行 青森県環境保健センター
所長 秋山 有
印刷 所在地 青森市石江字三好120の20
名称 (有) ことがわ印刷
TEL 0177-(66)-2345(代)
