

石川県保健環境センター研究報告書

第 47 号
(平成 21 年度)

RESEARCH REPORT FROM ISHIKAWA PREFECTURAL INSTITUTE
OF PUBLIC HEALTH AND ENVIRONMENTAL SCIENCE



2 0 1 0

石川県保健環境センター

目 次

(報 文)

浮葉植物による水質浄化と植栽・利用に関する研究（中間報告）

— 模擬水路を用いた水質浄化の検討 — …… 柿澤 隆一ほか … (1 - 6)

植物を用いた汚染土壌の環境修復に関する研究（第1報）

— ファイトレメディエーションによる鉛及びヒ素の吸収可能性 — … 井上 和幸ほか … (7 - 14)

ダイオキシン類の水質環境基準値超過事例についての考察（その2）…………… 野口 邦雅ほか … (15 - 20)

(資 料)

エクセルを用いた人口動態統計システム

— 誰もが簡単に扱えるシステムの開発 — …… 酒井 道則ほか … (21 - 28)

同一の由来及びPFGEパターンでありながら、CTに対するMIC値が異なる

STEC O157事例 …… 谷村 睦美ほか … (29 - 32)

石川県における麻疹対策の評価

— 麻疹ウイルスの抗体調査（感染症流行予測調査事業：2007～2009年）より —
…………… 倉本 早苗ほか … (33 - 37)

石川県におけるインフルエンザ流行状況

— 2009/10シーズン 新型インフルエンザ（A/H1N1）発生を受けて — … 児玉 洋江ほか … (38 - 46)

特定原材料検査におけるDNA抽出法の検討（第1報）

— えび・かにについて — …… 安田 和弘ほか … (47 - 53)

LC/MS（SIM）による動物用医薬品の同時分析法について…………… 竹田 正美ほか … (54 - 59)

平成21年度水道水等水質検査精度管理調査結果 …… 川上 慶子ほか … (60 - 64)

石川県における温泉の泉質について

— 近年の動向や法改正に伴う温泉分析結果など — …… 深山 敏明ほか … (65 - 69)

平成20, 21年度の石川県における地下水の水質組成について …… 岡田真規子ほか … (70 - 77)

排水処理中間水におけるヘキサン抽出物質の測定精度について …… 井上 和幸ほか … (78 - 80)

石川県におけるフォールアウト調査（平成21年度）…………… 藤井 明洋ほか … (81 - 83)

(短 報)

金沢市太陽が丘における放射性降下物の年間変動について …… 中村 能則ほか … (84 - 87)

石川県保健環境センター研究報告書投稿規定 …… (88 - 89)

石川県保健環境センター研究報告書原稿執筆要領 …… (90 - 91)

〔報 文〕

浮葉植物による水質浄化と植栽・利用に関する研究（中間報告）

— 模擬水路を用いた水質浄化の検討 —

石川県保健環境センター 環境科学部 柿澤 隆一・小西 秀則・玉井 徹
亀井 とし・本田 和子

〔和文要旨〕

保健環境センター敷地内に設置した植栽・対照・遮光の三つの模擬水路において、河北潟の窒素・リンと同割合の栄養塩を添加した模擬湖沼水を使用し、河北潟在来種である浮葉植物のヒシによる栄養塩の吸収、及びヒシの葉の遮光効果による植物プランクトン抑制効果を検証した。

植栽模擬水路において、溶存態の窒素・リンは先にヒシに吸収され、植物プランクトンの発生がほとんど抑制された。また、遮光模擬水路において、水面の半分以上を覆った遮光効果によって植物プランクトンの発生が対照模擬水路と比較して半以下に抑制された。

水質汚濁を表すCODは、対照模擬水路では植物プランクトンにより懸濁態のCODが増え、ヒシを入れた植栽模擬水路は溶存態のCODが増えた。

キーワード：河北潟、湖沼、浮葉植物、ヒシ、水質浄化、模擬水路

1 はじめに

河北潟をはじめとする県内の閉鎖性水域の水質は、流域の下水道等生活排水処理施設の整備率が約90%となっているにもかかわらず、依然として環境基準を達成していないのが現状である。特に河北潟については、過去の当センターにおける調査により、水質汚濁の原因は春から秋にかけての植物プランクトンの大量発生による内部生産が大きな要因であることが判明している¹⁾。

このような植物プランクトンの大量発生による水質汚濁については、これまでも様々な水域で調査が行なわれ、大量発生の要因についても窒素、リン濃度等の栄養塩との相関性が高いことがよく知られている。

従って、閉鎖性水域の水質の浄化には、従来の下水道等生活排水処理施設の整備の推進もさることながら、植

物プランクトンの大量発生を抑制することにより内部生産を減少させる方法が有効な手段として考えられる。しかし、一口に植物プランクトンの抑制といっても、窒素、リン等の栄養塩の除去も含め、様々な方法が考えられ、また実際の閉鎖系水域への活用には、幾つかの問題点を解決しなければならない。

ここでは、典型的な閉鎖系水域である石川県の河北潟の水質浄化を見据え、まず、基本的な知見を得ることを目的とし、河北潟周辺に生育する在来種の浮葉植物であるヒシを用いて、浮葉植物による植物プランクトンの抑制効果について、模擬水路を使用し、浮葉植物の持つ遮光効果、栄養塩の吸収等による植物プランクトンの増殖抑制効果を検討するため、平成20年度から22年度までの実施計画で調査を行なうこととしている。今回は、20～21年度に得られた知見について報告する。

Studies on Purification of Lagoon Water by Floating-leaved Plant such as *Trapa japonica* and Its Planting and Utilization (Interim Report). by KAKIZAWA Ryuichi, KONISHI Hidenori, TAMAI Tohru, KAMEI Toshi and HONDA Kazuko (Environmental Science Department, Ishikawa Prefectural Institute of Public Health and Environmental Science)

Key words : L. Kahoku, lagoon, floating-leaved plant, *Trapa japonica*, water purification, creek model

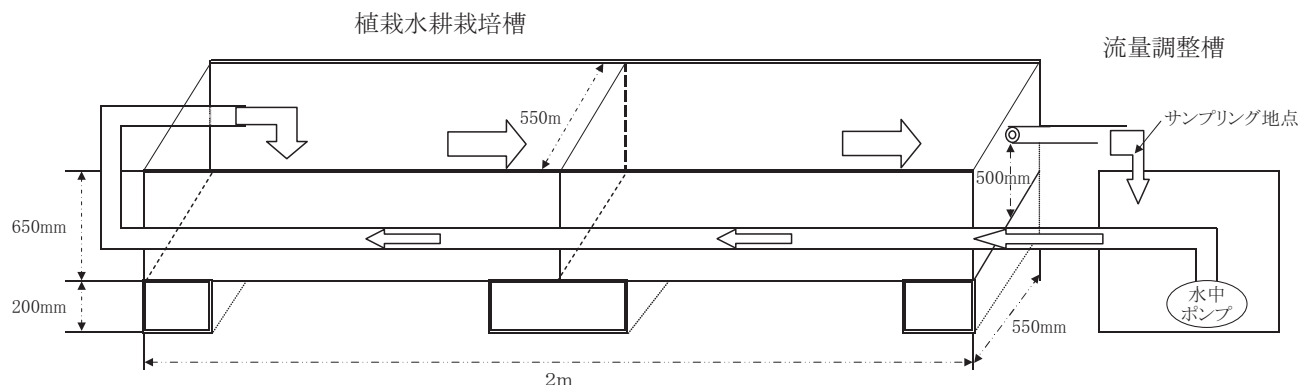


図1 実験用模擬水路概要

2 実験方法

2・1 実験施設

当センター敷地内に図1のような実験用模擬水路を設置した。また、模擬水路の側面と底面はアルミ箔で遮光した。

実験1年目である平成20年度は予備試験とし、植栽模擬水路と対照模擬水路の2台を設置し、ヒシの生育確認を行った。

2年目である平成21年度は本試験とし、予備試験では明確な差が表示されなかったため、ヒシの植栽数を倍とした植栽模擬試験と対照模擬試験に加えて、ヒシの植物的影響を受けない遮光模擬試験を追加した。

植栽模擬水路には、河北潟流入河川のひとつである大宮川で自生している浮葉植物を、充分水洗い後、葉の部分が水面部に浮遊するようにして植栽した。

遮光模擬水路は、ヒシの代わりに水面全体の約65%を発泡スチロールとアルミ箔で作った遮光体を浮かせることにより、遮光効果について実験した。

2・2 実験条件

各水路で使用する模擬湖沼水は、栄養塩として河北潟の濃度の1.5倍を想定して、水道水に硝酸性窒素（以下 $\text{NO}_3\text{-N}$ ）濃度が 1.5mg/L 、リン酸態リン（以下 $\text{PO}_4\text{-P}$ ）濃度が 0.15mg/L となるように硝酸ナトリウムとリン酸二カリウムを添加したものを用いた。

サンプリングは、模擬水路から流量調整槽へ流下している部分で行い、実験用試料とした。また、予備試験では、孔径 $1\mu\text{m}$ のろ紙によりろ過した試料を溶存試料として $\text{NO}_3\text{-N}$ と $\text{PO}_4\text{-P}$ の測定を行った。さらに、本試験ではろ過前試料についても、 $\text{NO}_3\text{-N}$ と $\text{PO}_4\text{-P}$ の測定を行った。

3 実験結果

3・1 予備試験結果

- (1) $\text{NO}_3\text{-N}$ は植栽模擬水路、対照模擬水路で実験開始日（0日目）から9日目までは両模擬水路にはほとんど差がなかったが12日目にそれぞれ 0.78mg/L 、 1.44mg/L となり植栽模擬水路の値が低くなった（図2）。
- (2) $\text{PO}_4\text{-P}$ は植栽模擬水路、対照模擬水路とも同等の挙動を示し、16日目には 0mg/L となった（図3）。

表1 実験方法

水路種別	実験目的	実験条件		模擬水路仕様	実験水質
		予備試験	本試験		
植栽模擬水路	浮葉植物による、栄養塩の吸収及び、浮葉植物の葉による遮光効果の確認。	浮葉植物 約30本を植栽	浮葉植物 約60本を植栽	模擬水路中の水量 長さ $2\text{m} \times$ 幅 $0.55\text{m} \times$ 深さ $0.5\text{m} = 0.55\text{m}^3$ （水量） 水路材質 アクリル製 側面及び底面は遮光状態とする。 模擬水路の水位は、 50cm で安定しており水量の増減は流量調整槽で吸収する。 流量調整槽中の水中ポンプ（約 3L/min ）で絶えず水を循環させている。	河北潟の栄養塩濃度の1.5倍を想定した。 水道水に $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度が 1.5mg/L 、 $\text{PO}_4\text{-P}$ 濃度が 0.15mg/L となるように栄養塩を添加した。 $\text{NO}_3\text{-N}$ 、 $\text{PO}_4\text{-P}$ は、1年目はろ過した試料についてのみ測定していたが、2年目はろ過する前の試料についても測定した。
対照模擬水路	比較対照試験。	浮葉植物なし。	浮葉植物なし。 水面遮光なし。		
遮光模擬水路	水面を無機物で覆い、遮光効果の及ぼす影響の確認。	—	2年目に増設。 水面の約65%をアルミ箔で覆った。		

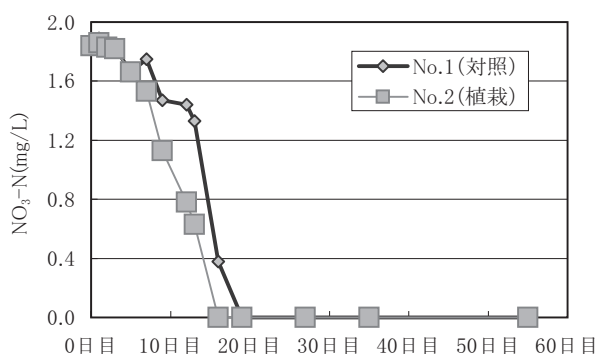
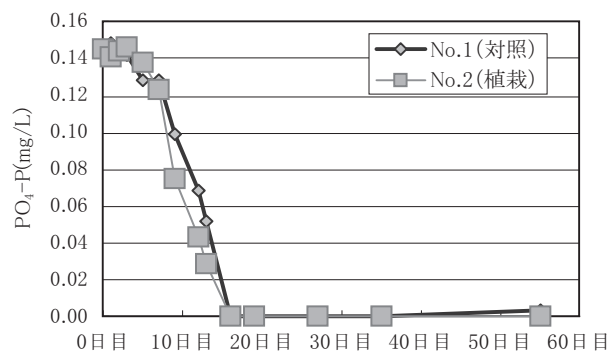
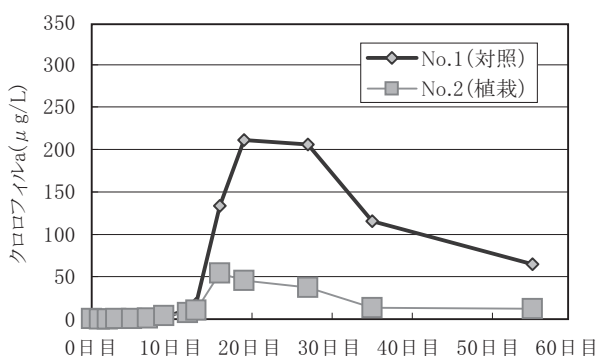
図2 NO₃-Nの経日変化 (予備試験)図3 PO₄-Pの経日変化 (予備試験)

図4 クロロフィルaの経日変化 (予備試験)

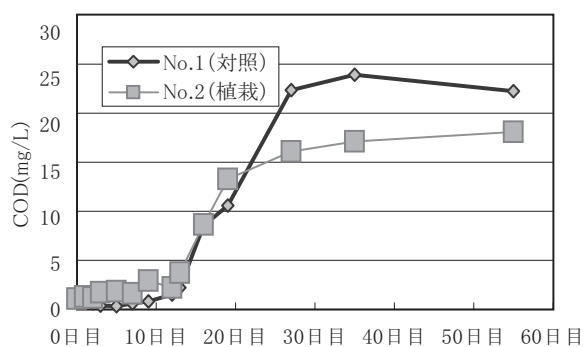


図5 CODの経日変化 (予備試験)

- (3) クロロフィル a が16日目に植栽模擬水路では0日目より0.6 μg/Lから54.1 μg/Lに、対照模擬水路では0.1 μg/Lから133.8 μg/Lに増加した（水色は黄緑色に変化）。クロロフィル a の値は、植栽模擬水路の方が低かった（図4）。
- (4) 透視度は実験開始10日目まで30cm以上と良好であったが、19日目は植栽模擬水路：18.5cm、対照模擬水路：9.0cmと低下した。なお、植栽模擬水路の透視度は対照模擬水路より常に良好であった。
- (5) 全窒素（以下T-N）、全リン（以下T-P）及び浮遊物質質量（以下SS）は植栽模擬水路の方がいずれも低い結果であった。
- (6) pHは9日目以降、対照模擬水路のほうが高くなった（19日目では対照模擬水路：10.7、植栽模擬水路：9.8）。
- (7) 化学的酸素要求量（以下COD）は27日目に植栽模擬水路で16.0mg/L（この時クロロフィル a は37.2 μg/L）対照模擬水路で22.2 mg/L（この時クロロフィル a は205.7 μg/L）との差がみられたが、クロロフィル a ほどの値の差は無かった（図5）。

3・2 本試験結果

- (1) NO₃-Nは、植栽模擬水路において10日目で0.17mg/Lまで下がり16日目では0.1mg/L未満になった。対照

模擬水路は0日目から7日目まではゆるやかに下がり、以降急激に減少し、17日目では0.1mg/L未満となった。予備試験と違い明確な差が出た原因は、ヒシの植栽量を多くしたためと思われる。65%遮光実験は植栽模擬水路と比較してゆるやかな減少を描いていた（図6）。

- (2) PO₄-Pは、NO₃-Nと同様の減少傾向を示していた。しかし、対照模擬水路のろ過前試料では12日目に最低値の0.012mg/Lとなり、その後増加を開始し19日目に0.059mg/Lとなった。以降ゆるやかに増加した（図7）。
- (3) クロロフィル a は、植栽模擬水路で最大8.1 μg/Lまでしか上昇しなかったのに対し、対照模擬水路では17日目に203.2 μg/Lに増加した。また遮光模擬水路では24日目までに88 μg/Lまで緩やかに上昇した。水色は、対照模擬水路と遮光模擬水路は予備試験と同様に黄緑色に変化した。植栽模擬水路は透明な赤茶色を示した（図8）。
- (4) 透視度は予備試験と同様、実験開始12日目まで30cm以上と良好であったが、14日目で対照模擬水路は透視度10cm以下となり、遮光模擬水路は38日目で20cmを示した。植栽模擬水路の透視度は実験期間を通じて30cm以上であった（図9）。
- (5) CODは、植栽模擬水路では10日目まで増え続け以降横ばい状態であり、対照模擬水路は14日目までは緩

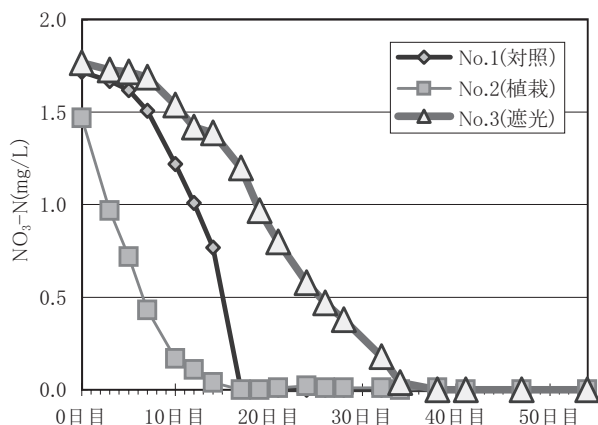
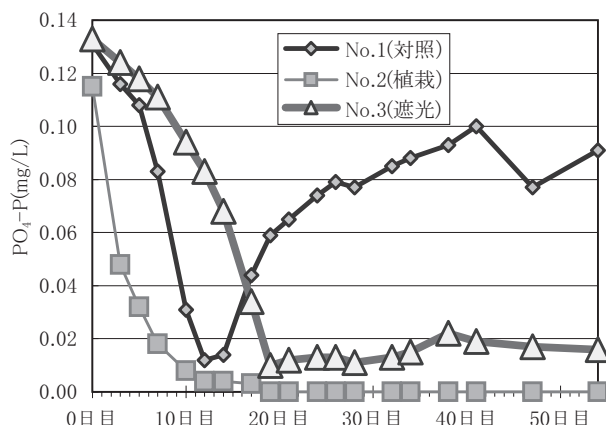
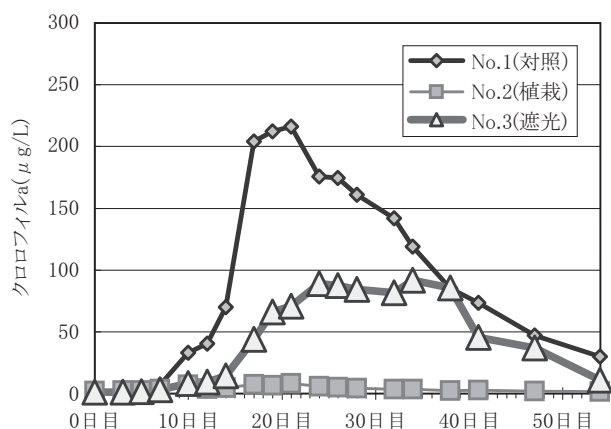
図6 NO₃-Nの経日変化（本試験）図7 PO₄-Pの経日変化（本試験）

図8 クロロフィルaの経日変化（本試験）

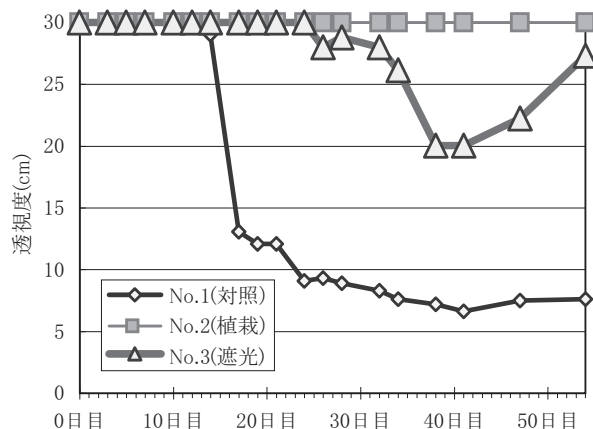


図9 透視度の経日変化（本試験）

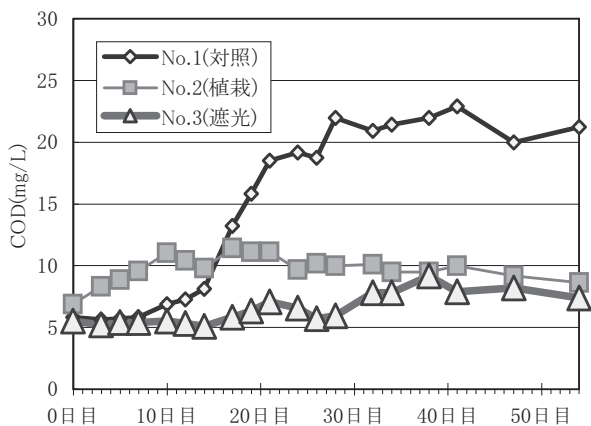


図10 CODの経日変化（本試験）

やかに増えていたが、14日から21日目まで急速に増えた。遮光模擬水路は、30日過ぎまで緩やかに増え、以降は横ばい状態となった（図10）。

(6) 対照模擬水路と遮光模擬水路を比較すると、クロロフィルaは、ピーク時で215.2μg/Lが91.4μg/Lに、透視度は6.5cmが20cmに、CODは22mg/Lが8.8mg/Lにと、すべて遮光植栽模擬水路の方が半分以下の値を示した。

4 考 察

クロロフィルaを植物プランクトンの増殖の指標²⁾として考察した（図11～16）。

(1) 植栽模擬水路と対照模擬水路の比較

ア 対照模擬水路は、クロロフィルaが増加するのは7日目以降であり予備試験は20日目で、本試験は17日目ではほぼピークに達している。この期間に溶存状態のNO₃-N、PO₄-P（以下D-NO₃-N、D-PO₄-P）が急激に減少している。すなわち、植物プランクトンの増殖には、D-NO₃-N、D-PO₄-Pが必要であることが推察される。

イ 本試験の植栽模擬水路では、対照模擬水路で植物プランクトンが大量増殖する直前である10日目の段階で、D-NO₃-N、D-PO₄-Pがそれぞれ0.17mg/Lと0.008mg/Lに減少している。これは、ヒシに先に吸収されたものと考えられる。このことが、植栽模擬水路が対照模擬水路に比べ植物プランクトンの増殖が抑えられた原因と考えられる。

ウ 植栽模擬水路は対照模擬水路に比べ透視度が良く、また、SSの値も低かった。これは、植物プランクト

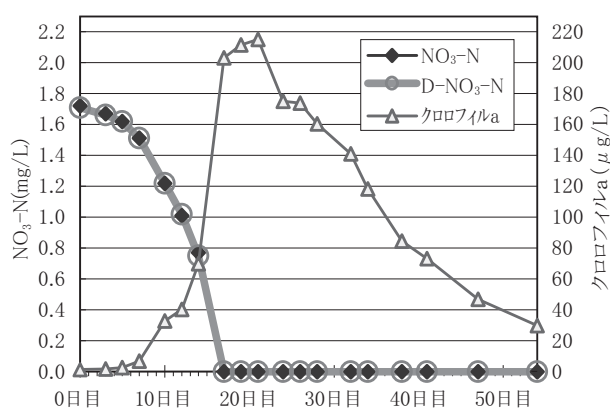


図11 対照模擬水路 (本試験)

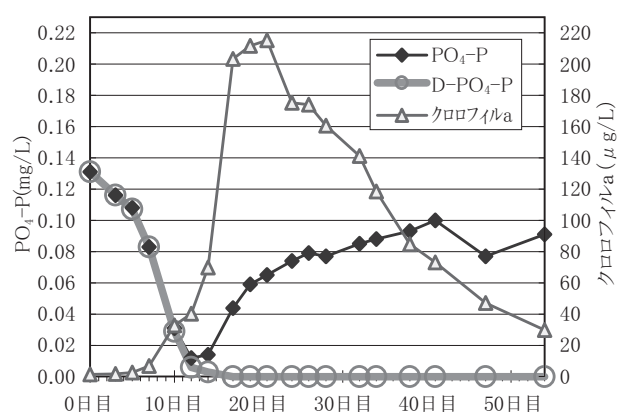


図12 対照模擬水路 (本試験)

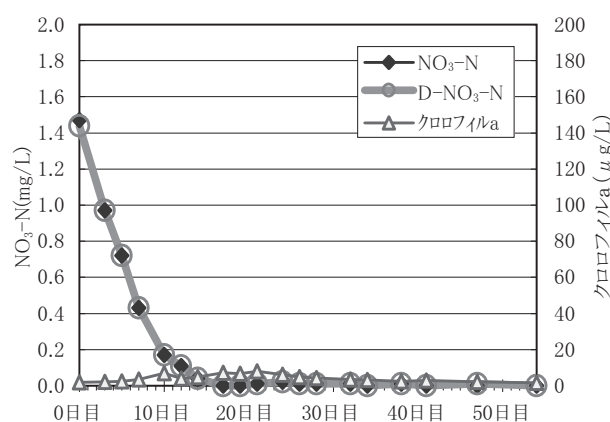


図13 植栽模擬水路 (本試験)

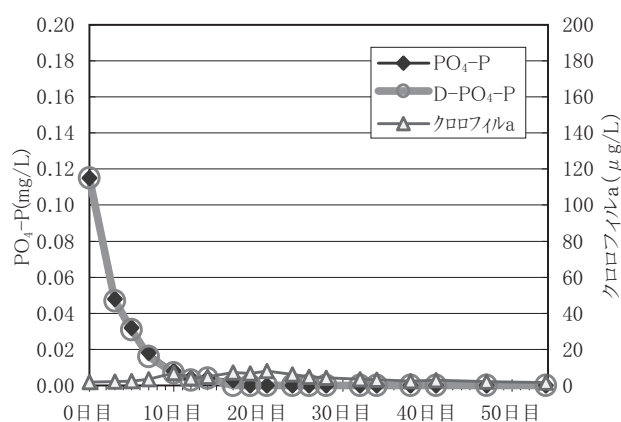


図14 植栽模擬水路 (本試験)

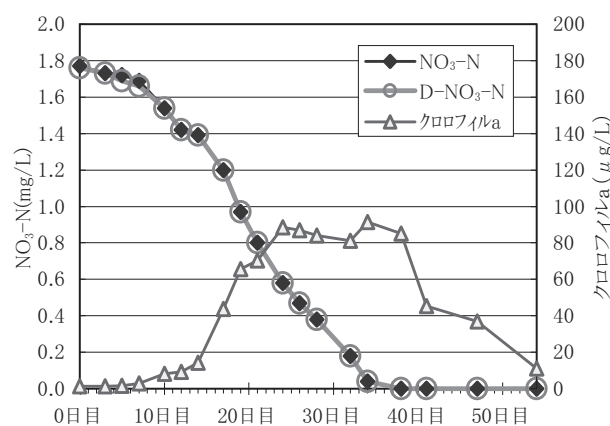


図15 遮光模擬水路 (本試験)

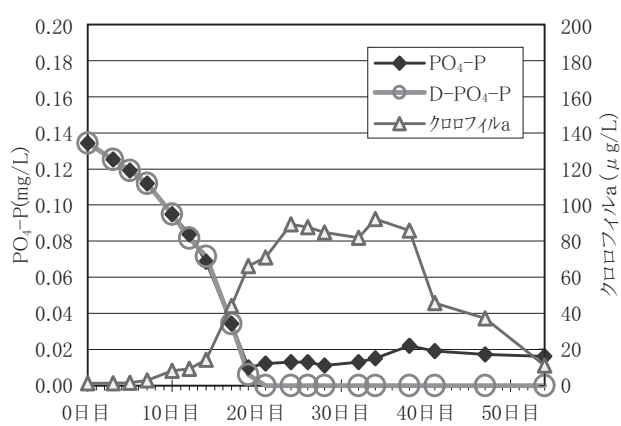


図16 遮光模擬水路 (本試験)

ンの増殖が抑えられたためと考えられる。

エ pHは通常7～8の範囲内にあるが、クロロフィルaが増加した対照模擬水路においては、最大9.89まで大きくなった。対照模擬水路では植物プランクトンが植栽模擬水路に比べ増加していることにより、植物プランクトンの炭酸同化作用が活発に行われ、pHが高くなったものと思われる。

オ 本試験の対照模擬水路の $\text{PO}_4\text{-P}$ は、最初は急激な減

少を示したが、クロロフィルaの増加にあわせて、12日目以降増加している。しかし、溶存状態の $\text{PO}_4\text{-P}$ は12日目以降も減少し、17日目以降は、ほとんど検出されていない。すなわち、12日目以降増加したものは懸濁状態の $\text{PO}_4\text{-P}$ であり、これは、クロロフィルaの増加に合わせて増加しているため、植物プランクトン中の $\text{PO}_4\text{-P}$ を検出したものと推察される。予備試験の $\text{PO}_4\text{-P}$ が下がったままなのは、溶存試料で測定したた

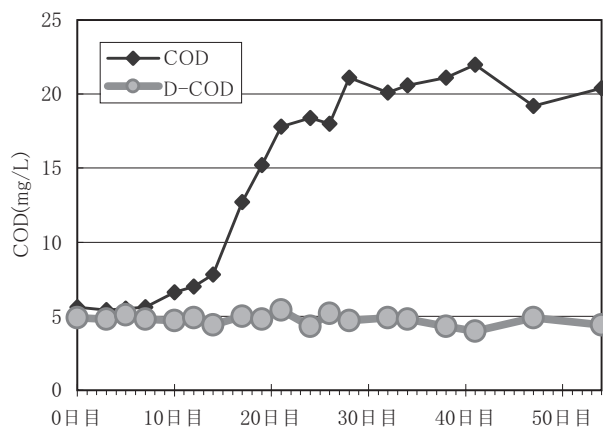


図17 対照模擬水路（本試験）

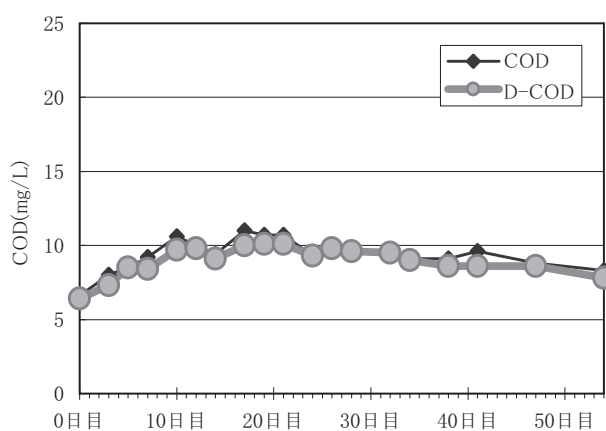


図18 植栽模擬水路（本試験）

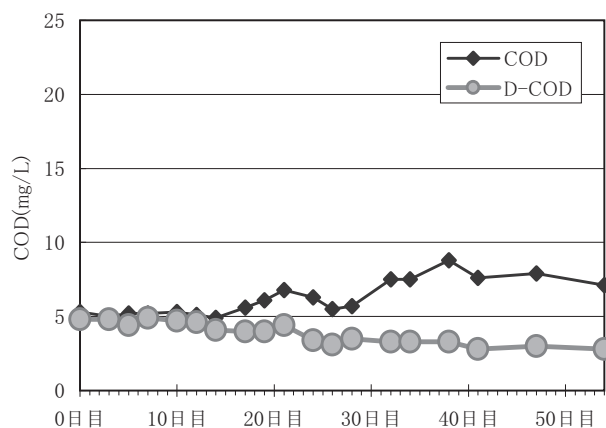


図19 遮光模擬水路（本試験）

めであり、本試験のD-PO₄-Pは、これと同様の傾向を示している。

カ 植栽模擬水路は、ヒシを投入したことにより、溶存態のCOD（以下D-COD）が対照模擬水路と比較して増大したと思われる。その差が顕著で分かりやすいため2年目の結果よりD-CODを比較する（図17, 18）。

10日目段階で対照模擬水路は4.7mg/L、植栽模擬水路は9.7mg/Lと倍近くの差がある。植栽模擬水路

の水は茶褐色の水色がついた透視度の高い性状を示しており、CODは殆どがこのD-CODである。また、D-CODが増加しているのは植栽模擬水路だけである。よって、これはヒシ自身から溶出した成分によるものが原因物質ではないと思われる。図17より、対照模擬水路のCOD成分のうち、増加分は懸濁成分のCODであり、これは植物プランクトン自身が原因となっていると考えられる。そのため図10のように、14日目を境として対照模擬水路と植栽模擬水路のCOD値が逆転した。

（2）遮光模擬水路と対照模擬水路の比較

遮光模擬水路を対照模擬水路と比較すると、光のさしこむ水面を約65%遮光することにより、植物プランクトンの発生を半分以上抑制することができ（図8）、D-CODの発生量もピークで1/3程度に抑制できた（図17, 図19）。

今回、遮光に用いたものは、発泡スチロールの枠組みにアルミ箔を何重にも巻いて作成したものであり、ほぼ100%の遮光効果が期待できる。しかし、実際のヒシの葉は多少の透過光性があると考えられることから、ヒシの葉による遮光効果については、今後更なる検討が必要と考えている。

5 まとめ

河北潟という閉鎖性水域の自然環境のなかでは、あまりに多くの変動係数があり、因果関係を解明するのは至難の業である。そこで、今回は限定された条件を比較することができる模擬水路内で実験を行った。

その結果、栄養塩である溶存態の窒素・リンが、ヒシにより吸収されることにより、植物プランクトンの発生が抑制され、他にも単純な遮光効果によって植物プランクトンの増殖を抑制することが検証できた。また、水質汚濁を表すCODについても植物プランクトンが由来となったものは懸濁態であり、今回ヒシが由来となったCODは溶存態の性状であった、といった様々な知見を得た。

調査研究3年目の平成22年度は、得られた結果を参考に、継続した栄養塩の添加、及びヒシを投入することによって生じるメリット、デメリットの検証実験を継続して行っていく。

文 献

- 1) 橋田哲郎, 澤田道和, 竹田正美, 安田和弘, 本田和子: 河北潟のプランクトンと水質について, 石川県保健環境センター研究報告書, **43**, 96-103 (2006)
- 2) 社団法人日本水質汚濁研究会編-公害対策技術同友会: 湖沼環境調査指針 (1982)

〔報 文〕

植物を用いた汚染土壌の環境修復に関する研究（第 1 報）

— ファイトレメディエーションによる鉛及びひ素の吸収可能性 —

井上 和幸・深山 敏明・岡田 真規子
石川県保健環境センター 環境科学部
中山 哲彦

〔和文要旨〕

鉛又はひ素を吸収させる試験に供する植物として、文献調査等により 9 種類の植物（カラシナ、ソバ、ヒマワリ、ライムギ、ケナフ、キキョウ、レンゲソウ、ヨモギ、イネ）を選定し、コマツナを用いた発芽試験により植物の生育試験土として混合土（赤玉土：腐葉土：鹿沼土を容積比 6：3：1 の割合で混合したもの）を選定した。これに鉛 1,000mg/kg を添加した模擬汚染土を用いて 13 品種の生育試験を実施した結果、キキョウ（センチメンタルブルー）以外の 12 品種において生育が成功したが、同条件でひ素 1,000mg/kg を添加した場合には、いずれの品種においても生育が困難であることがわかった。

キーワード：ファイトレメディエーション、土壌汚染、鉛、ひ素

1 はじめに

1・1 近年の土壌汚染

近年、土壌汚染状況調査や地下水調査等により、鉛などの重金属やトリクロロエチレンなどの揮発性有機化合物による土壌汚染が顕在化している。また、平成 22 年 4

月に施行された改正土壌汚染対策法では、自然的原因により有害物質が含まれて汚染された土壌も法規制の対象となり、今後対策が必要となる土壌汚染の事例は増えていくものと考えられる。

有害物質使用特定施設の廃止、及び知事等が健康被害発生のおそれがあると判断したこと等、法に基づく全国

表 1 土壌汚染の調査における基準超過項目の件数（上位 5 番まで）

全国における土壌汚染状況調査 (法による) ¹⁾		全国における土壌汚染調査件数 (法に基づかないものも含む) ¹⁾		石川県における土壌汚染状況調査 (法による) ²⁾	
項 目	件 数	項 目	件 数	項 目	件 数
六価クロム化合物	108	鉛及びその化合物	2,294	鉛及びその化合物	3
鉛及びその化合物	98	砒素及びその化合物	1,236	六価クロム化合物	2
ふっ素及びその化合物	83	ふっ素及びその化合物	1,212	ほう素及びその化合物	2
テトラクロロエチレン	60	トリクロロエチレン	695	砒素及びその化合物 他 3 項目	1
トリクロロエチレン	58	六価クロム化合物	685		
指定基準超過件数	341	指定基準及び 土壌環境基準超過件数	4,706	指定基準超過件数	4

Study on Phytoremediation against the Contaminated Soil. (1st Report)-Possibility to Extract Lead or Arsenic Using Plants-. by INOUE Kazuyuki, MIYAMA Toshiaki, OKADA Makiko and NAKAYAMA Tetsuhiko (Environmental Science Department, Ishikawa Prefectural Institute of Public Health and Environmental Science)

Key words : Phytoremediation, Contaminated Soil, Lead, Arsenic

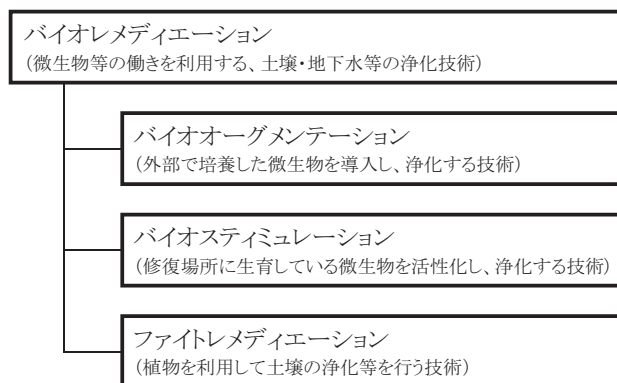


図1 ファイトレメディエーションとは

の土壌汚染状況調査報告件数¹⁾は、平成15年2月15日から20年度末まで1,187件あった。このうち基準を超過し、区域に指定された事例は341件、超過した有害物質の種類は「六価クロム化合物」が最も多く、次いで「鉛及びその化合物」、「ふっ素及びその化合物」の順であった。

一方、自主検査等法に基づかない調査も含め都道府県・政令市が把握している土壌汚染の調査事例件数¹⁾は、平成20年度末までに8,965件報告され、そのうち指定基準または土壌環境基準を超過したのは4,706件であった。超過した有害物質の種類は「鉛及びその化合物」が最も多く、次いで「砒素及びその化合物」となっており、鉛又はひ素による土壌汚染の事例は頻度が高いと言える。

石川県内においても土壌汚染対策法に基づく指定件数²⁾は、これまで指定解除されたものを含め4件あり、超過した有害物質の種類は「鉛及びその化合物」が3件、「砒素及びその化合物」が1件であった。

1・2 ファイトレメディエーション

汚染土壌修復技術の一つにファイトレメディエーションがある。これは植物の働きを利用し重金属などの汚染物質を吸収・除去することによって土壌・地下水等の環境汚染の浄化を図る技術であり、生物を用いた土壌修復技術（バイオレメディエーション）の一つである。

ファイトレメディエーションによる汚染土壌修復技術³⁾は、掘削除去・不溶化等の物理・化学的手法に比べて時間がかかり浄化効率は高くないが、除去費用を抑えることができ、浄化の際に必要な外部エネルギーが少ない点に特徴があると言われている。

現在では、特異的に重金属類を高濃度に集積する植物（重金属超集積植物）が、いくつか発見されており、例えば、モエジマシダを用いたひ素の浄化⁴⁾は実用段階に入りつつある。

一方、修復の対象となる汚染土壌としては、褐色森林土、グライ土などの典型的な山林土壌の他に、灰色低地土などの農耕土壌、人工改変土壌、廃棄物を含む土壌、

水底土砂、化学処理を施した土壌などが想定されるため、今後、これらの土に係るファイトレメディエーション活用可能性などの知見蓄積が望まれる。

1・3 本研究の目的

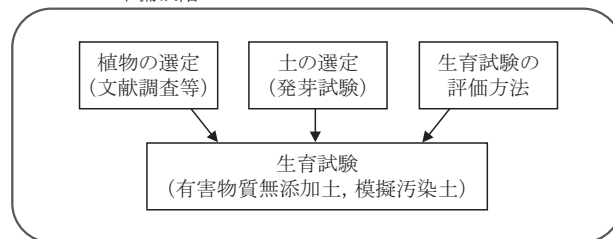
本研究では、土壌汚染に係る有害物質のうち汚染事例が比較的多い鉛又はひ素の集積植物から、石川県の気候、土壌等の栽培に適した植物を選定し、植物による土壌修復の効果を確認することによって実フィールド上において栽培・生育する知見を得ることを目的とする。

1・4 研究スキーム

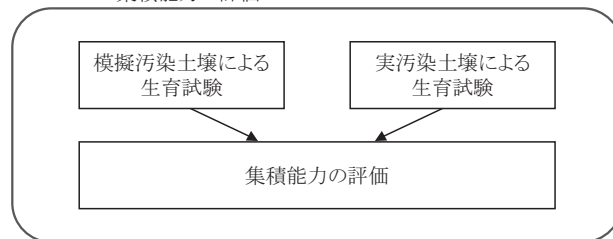
本研究におけるスキームを図2に示す。

フェーズ1（準備段階）では、文献調査等により、特異的に鉛又はひ素を集積する植物、又は集積する能力があると思われる植物を選定する。また、コマツナを用いた発芽期及び生育初期の生育試験（以下「発芽試験」という。）で植物生育に適する土を選定した。次にこの土壌を用いた生育試験を選定植物に適用し、適切な生育条件を確認する。

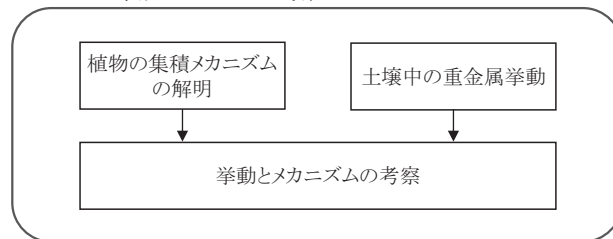
フェーズ1 準備段階



フェーズ2 集積能力の評価



フェーズ3 挙動とメカニズムの考察



目的

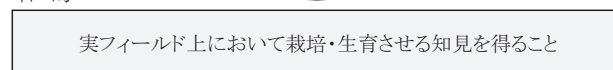


図2 本研究におけるスキーム

表 2 鉛又はひ素を特異的に集積する植物 (文献調査)

集積金属	科	和 名	学 名	集積能 (mg/kg)	文献
鉛	アブラナ科	カラシナ	<i>Brassica juncea</i>	34,500	9, 13)
	ナデシコ科	コバノツメクサ	<i>Minuartia verna</i>	11,400	9, 13)
	アブラナ科	ゲンバイナズナ	<i>Thlaspi rotundifolium</i>	8,200	3)
	キク科	ブタクサ	<i>Ambrosia elatior</i>	1,695	6)
	キク科	タンポポ	<i>Taraxacum officinale</i>	1,059	6)
	タデ科	ソバ	<i>Fagopyrum esculentum</i>	950	10)
	キク科	ヒマワリ	<i>Helianthus annuus</i>	540	10)
	イネ科	エンバク	<i>Avena sativa</i>	430	10)
	イネ科	トウモロコシ	<i>Zea mays</i>	375	5)
	ハゼリソウ科	ファセリア	<i>Phacelia campanularia</i>	300	10)
	ヒユ科		<i>Salsola vermiculata</i>	283.9	12)
	タデ科	ダツタンソバ	<i>Fagopyrum tataricum</i>	280	10)
	イネ科	ライムギ	<i>Secale cereale</i>	280	10)
	イネ科	オーチャードグラス	<i>Dactylis glomerata</i>	190	10)
	イネ科	スダックス (ソルガム×スーダングラス)		180	10)
	ヒユ科	ハマアカザ	<i>Atriplex colerei</i> Maire	176.1	12)
	イネ科	ギニアグラス	<i>Panicum maximum</i>	160	10)
	アオイ科	ケナフ	<i>Hibiscus cannabinus</i>	150	10)
	ムラサキ科	シャゼンムラサキ	<i>Echium plantagineum</i>	147.4	12)
	イネ科	小麦	<i>Triticum aestivum</i>	139	5)
	タデ科	ミゾソバ	<i>Persicaria thunbergii</i>	132	11)
	マメ科	クロタリリア	<i>Crotalaria agatiflora</i>	130	10)
	イネ科	ペレニアルライグラス	<i>Lolium perenne</i>	120	10)
	イネ科	スーダングラス	<i>Sorghum sudanense</i> (piper) Stapf	120	10)
	アブラナ科	シロカラシ	<i>Sinapis</i>	100	10)
ひ素	キキョウ科	シープスビット	<i>Jasione montana</i>	31,000	9, 13)
	イノモトソウ科	モエジマシダ	<i>Pteris vittata</i>	22,630	9)
	タデ科	ヒメスイバ	<i>Rumex acetosella</i>	195	8)
鉛及び ひ素	カヤツリグサ科	マツバイ	<i>Eleocharis acicularis</i>	Pb 133 As 731	7)

注：10) については、文献より著者らが改編

フェーズ 2 (集積能力の評価) では、フェーズ 1 で選定した土壌に鉛及びひ素の既知量を添加し、選定した植物を栽培・生育させて、植物の鉛及びひ素集積能力を評価する。

フェーズ 3 (挙動とメカニズムの考察) では、植物の集積メカニズムと土壌中の鉛及びひ素の挙動について考察し、栽培・生育・除去時期等の最適条件を決定する。

今回は、そのうちフェーズ 1 について報告する。

2 結果と考察

2・1 植物の選定 (文献調査等)

文献調査^{3, 5-13)} により、鉛又はひ素を特異的に集積する植物を調べた結果を表 2 に示す。鉛を集積する植物が 26 種、ひ素を集積する植物が 4 種、のべ 30 種類の植物を選定することができた。これらの植物のうち、まず、①個体の入手が容易であるもの、②個体の栽培・生育が容易であるもの、③石川県内で自生しているもの、又は

日常的に栽培されているもの、3 点を条件として、カラシナ、ソバ、ヒマワリ、ライムギ及びケナフの 5 種類を選定した。

次に、文献調査では鉛又はひ素の集積記述のない植物であっても、他の重金属を集積する記述があり、上記①～③の条件を満たす、キキョウ、レンゲソウ、ヨモギ、イネ 4 種類を選定した。以後の検討は表 3 に示すこれら 9 種類 13 品種の植物を用いて実施した。

2・2 土の選定 (発芽試験)

全国の土地分類基本調査¹⁴⁾ によると、石川県の土壌は、火山噴出物に由来する黒ボク土が少なく、地下水を多く含むグライ土の分布が多い。植物を生育させる土には、農耕地土壌¹⁵⁾ の他に、林野土壌¹⁶⁾、園芸用土が考えられる。それぞれの例を表 4 に示す。

発芽試験では、植物が生育しやすいと考えられる園芸用土を用いた。使用した

園芸用土の性状を表 5 に示す。これらの土のうち、最も生育条件が良い土を選ぶため、コマツナを用いた発芽試験を実施した。

試験は農林水産省通知の植害試験¹⁷⁾ を参考にして実施した。図 3 のように内径 11.3cm、高さ 6.5cm のノイバウエルポットを用いて、表 5 に示す土にコマツナを 20 粒は種し、3 週間後に刈り取って、それぞれの大きさ、生

表 3 生育試験に供する植物

科	和 名	学 名
アブラナ科	カラシナ	<i>Brassica juncea</i>
タデ科	ソバ	<i>Fagopyrum esculentum</i>
キク科	ヒマワリ	<i>Helianthus annuus</i>
イネ科	ライムギ	<i>Secale cereale</i>
アオイ科	ケナフ	<i>Hibiscus cannabinus</i>
キキョウ科	キキョウ	<i>Platycodon grandiflorus</i>
マメ科	レンゲソウ	<i>Astragalus sinicus</i>
キク科	ヨモギ	<i>Artemisia princeps</i>
イネ科	イネ	<i>Oryza sativa</i>

表4 土の種類

分野	土の種類	解 説
農耕地土壌 ¹⁵⁾	グライ土	主に河川および海岸沿いの沖積平野ならびに大地、丘陵地間の低地などで、排水不良な地帯に広く分布する
	灰色低地土	ほぼ平坦な沖積地、谷底平野、扇状地などに広く分布する土壌
	黄色土	主に台地および丘陵地の200m以下の地帯で、排水良好な部分に小面積づつ分布している
林野土壌 ¹⁶⁾	褐色森林土	多雨気候下の温帯から暖帯にわたって広く分布し、ポドゾルよりは温暖な気候帯に生成される成帯土壌
	黒色土	厚い黒色ないし黒褐色のA層をもつ。一般に容積重は小さく、保水力、置換容量は大きい
	赤・黄色土	淡色または層厚の薄いA層をもち、赤褐ないし明赤褐あるいは黄褐ないし明黄褐色のB層、C層をもつ酸性の土壌
	グライ土	比較的浅いところに、地下水の影響をうけて生成された灰白色のグライ層をもつ土壌
園芸用土	赤玉土	関東ローム層などの火山灰土壌をから一定の大きさの粒を集めた土
	腐葉土	ケヤキやコナラ、ブナなどの広葉樹の落ち葉が発酵腐熟したもの
	鹿沼土	栃木県鹿沼市から産出される園芸用土
	培養土	用土や肥料、土壌改良材などを混ぜ合わせて、腐熟・発酵させたもの

表5 園芸用土の性質

土の種類	含水率 (%)	熱しゃく減量 (%)	塩基置換容量* ³ (me/乾土100g)	容積重 (g/風乾土500mL)	最大容水量 (乾土当たり重量%)
赤玉土	27	9.2	23	310	75
腐葉土	24	67	55	160	226
鹿沼土	19	12	31	190	135
培養土	24	37	32	190	179
混合土A* ¹	25	—	42	240	151
混合土B* ²	26	—	28	280	109

注釈 *1：赤玉土：腐葉土：鹿沼土が3：6：1（容積比）

*2：赤玉土：腐葉土：鹿沼土が6：3：1（容積比）

*3：CEC、陽イオン交換容量ともいう

体重を計測した。その結果を表6に示す。なお、生育させている間、各土壌中の水分が表5に示す最大容水量¹⁷⁾に対して60%となるよう水分管理を実施した。

個体の地上部における長さ、葉の大きさ及び生体重で良好な結果が得られたのは、培養土、混合土A及びBであった。このうち土の入手及び土壌分析の容易さを考慮

して混合土Bを試験土壌とした。

2・3 生育試験の評価方法

市販の種子には、種苗法で保証発芽率を明示するよう定められている。試験に使用した種子は、発芽率100%未満であったため、生育を失敗した際に、それが重金属

表6 発芽試験の結果

土の種類	発芽数	植物（地上部）		葉	生体重 (g/鉢)
		長さ(mm)* ¹ (中央値)	長さ(mm)* ¹ (最大値)	大きさ* ² (mm)	
赤玉土	16	25	40	10	0.20
腐葉土	18	45	60	13	2.55
鹿沼土	20	45	50	12	1.37
培養土	18	100	125	25	5.45
混合土A	20	90	110	20	5.31
混合土B	20	90	110	25	5.22

注釈 *1：地表面から葉を立てた際の最も高い部位までの長さ（草丈）

*2：葉の長さを最も長くなるよう測定した位置における長さ

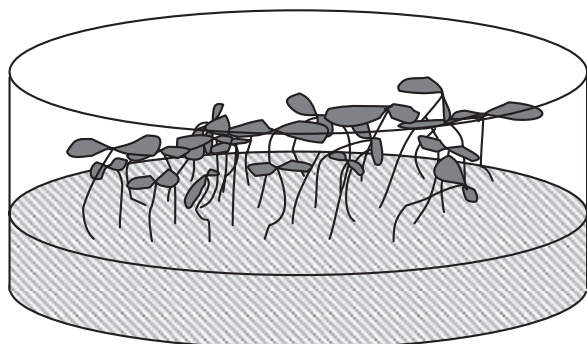


図3 発芽試験

表 7 種子の発芽率とは種数に対応する生育試験の成功回数^{*1}(k) (二項検定)
($\alpha=0.05$)

		は種数 (n)					
		3	4	5	6	7	8
発芽率 (p_0)	90%	1～3	2～4	3～5	4～6	4～7	5～8
	85%	1～3	2～4	2～5	3～6	4～7	5～8
	80%	1～3	1～4	2～5	3～6	3～7	4～8
	75%	1～3	1～4	2～5	2～6	3～7	3～8
	70%	0～3	1～4	1～5	2～6	2～7	3～8
	65%	0～3	1～4	1～5	2～6	2～7	2～8
	60%	0～3	0～4	1～5	1～6	2～7	2～7

* 1 発芽率 p_0 の種子を n 個体は種した時に k 個体発芽する確率 P は $P = {}_nC_k p_0^k (1-p_0)^{n-k}$
 P を k による累積表示したときに ($\alpha/2$) から ($1-\alpha/2$) に含まれる k の範囲を表す。

由来であるか発芽率由来で失敗したのかを判断するため、有意水準 5% ($\alpha=0.05$) の二項検定による判定基準を設定した。

二項分布を用いた両側検定により、種子の発芽率とは種数に対応する生育の成功回数を求めた。その結果を表 7 に示した。

生育試験に用いた種子の発芽率は 70% 以上であったため、生育に用いる種子の数を 6 とした。なお、それぞれの発芽率に対応する判定基準は表 8 のとおりとした。

2・4 生育試験 (有害物質無添加土)

混合土 B に対する生育状況を確認するため、2・1 において選定した植物 9 種類と混合土 B を用いて生育試験を実施した。

試験は平成 21 年 6～7 月に実施した。選定植物 9 種類

ごとに 6 鉢 (高さ 7.6cm, 容量 360mL のポリエチレン製ポットに混合土 B を 150g 入れ、植物 1 種を 1 粒は種したもの) 用いて (図 4) 屋内にて 3 週間又は 4 週間生育させた。

生育中はおよそ 2 日に一度、混合土 B に

含まれる水分を表 5 に示す最大容水量に対して 80% となるよう灌水した。生育試験の結果を表 9 に示した。植物 9 種類のいずれも保証発芽率を満足した生育結果が得ら

表 8 発芽率による生育試験の判定基準 (は種数 6)

発芽率	成功回数
90%, 95%	4 個体以上
80%, 85%	3 個体以上
65～75%	2 個体以上
60%	1 個体以上



図 4 生育試験の様子 (ケナフ)

表 9 生育試験の結果 (有害物質無添加, 屋内)

植物名		土壌の pH調整	発芽数	植物 (地上部)		葉 大きさ (mm)	生育日数	発芽率	判定基準	判定
				長さ (mm) (中央値)	長さ (mm) (最大値)					
カラシナ	黄カラシナ	-	6	110	150	35	21日	85%以上	3/6以上	○
カラシナ	葉カラシナ	-	6	80	110	15	21日	85%以上	3/6以上	○
ソバ	信州大そば	-	6	250	290	40	21日	80%以上	3/6以上	○
ヒマワリ	黒竜	-	5	280	300	70	21日	75%以上	2/6以上	○
ヒマワリ	巨大輪咲ロシア	-	6	330	370	70	21日	75%以上	2/6以上	○
ヒマワリ	ハイブリッドサンフラワー	-	5	300	340	60	21日	85%以上	3/6以上	○
ヒマワリ	ロシアひまわり	-	5	370	390	70	21日	-	-	○
ライムギ	ウインターグロウ	-	6	250	300	260	21日	85%以上	3/6以上	○
ケナフ	Earth Aid	-	4	110	180	40	21日	70%以上	2/6以上	○
キキョウ	五月雨	-	6	15	20	8	21日	70%以上	2/6以上	○
キキョウ	センチメンタルブルー	-	4	10	25	6	21日	70%以上	2/6以上	○
レンゲソウ	CHINESE MILK VETCH	-	6	40	50	15	21日	70%以上	2/6以上	○
ヨモギ	在来	-	10.8/鉢×6	25	45	15	21日	50%以上	-	△
イネ	密陽23号	pH5	6	300	380	280	28日	-	-	○
イネ	密陽23号	-	6	330	400	290	28日	-	-	○
イネ	コシヒカリ	pH5	6	320	340	230	28日	-	-	○
イネ	コシヒカリ	-	6	340	450	300	28日	-	-	○

注：ヨモギは、種子が小さいため、1 鉢につき種子 0.01g をは種した。

表10 生育試験の結果（模擬汚染土，屋外）

植物名		項目	Pb (mg/kg)				As (mg/kg)				発芽率	判定基準
			0	10	100	1,000	0	10	100	1,000		
カラシナ	黄カラシナ	発芽数	4	6	6	6	5	6	6	0	85%以上	3/6以上
		長さ(mm)(最大値)	115	95	105	120	115	100	100	－		
		乾物重 (g)	0.28	0.52	0.56	0.73	0.41	0.50	0.47	－		
カラシナ	葉カラシナ	発芽数	6	5	6	6	6	6	6	1	85%以上	3/6以上
		長さ(mm)(最大値)	130	110	80	135	95	100	100	20		
		乾物重 (g)	0.37	0.41	0.56	0.69	0.37	0.45	0.45	<0.01		
ソバ	信州大そば	発芽数	5	5	6	6	6	6	6	5	80%以上	3/6以上
		長さ(mm)(最大値)	380	340	360	370	390	370	340	250		
		乾物重 (g)	1.08	0.98	1.21	1.59	0.97	1.17	1.12	0.53		
ヒマワリ	黒竜	発芽数	6	6	6	5	6	6	6	6	75%以上	2/6以上
		長さ(mm)(最大値)	145	170	140	135	150	150	145	65		
		乾物重 (g)	0.97	0.93	0.86	0.76	0.81	0.89	0.79	0.23		
ヒマワリ	巨大輪咲ロシア	発芽数	5	6	6	6	6	6	6	1	75%以上	2/6以上
		長さ(mm)(最大値)	320	340	360	345	310	320	300	65		
		乾物重 (g)	1.58	1.76	2.06	2.37	1.55	1.74	1.81	0.06		
ヒマワリ	ハイブリッド サンフラワー	発芽数	6	6	6	6	6	6	6	6	85%以上	3/6以上
		長さ(mm)(最大値)	245	270	235	250	250	260	240	205		
		乾物重 (g)	1.44	1.29	1.45	1.91	1.07	1.33	1.23	0.64		
ヒマワリ	ロシアヒマワリ	発芽数	6	5	5	3	4	4	4	4	－	－
		長さ(mm)(最大値)	150	150	140	165	160	145	130	70		
		乾物重 (g)	0.83	0.72	0.73	0.71	0.68	0.62	0.50	0.19		
ライムギ	ウインター グロウ	発芽数	6	6	6	6	5	5	6	6	85%以上	3/6以上
		長さ(mm)(最大値)	220	210	190	235	220	210	200	90		
		乾物重 (g)	0.47	0.45	0.45	0.72	0.37	0.39	0.45	0.08		
ケナフ	Earth Aid	発芽数	5	4	2	5	6	6	5	1	70%以上	2/6以上
		長さ(mm)(最大値)	90	85	90	80	85	100	80	55		
		乾物重 (g)	0.73	0.52	0.36	0.71	0.74	0.78	0.57	0.05		
キキョウ	五月雨	発芽数	4	2	3	3	2	2	1	0	70%以上	2/6以上
		長さ(mm)(最大値)	10	8	10	15	8	3	18	－		
		乾物重 (g)	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	－		
キキョウ	センチメンタル ブルー	発芽数	2	2	0	0	1	1	1	0	70%以上	2/6以上
		長さ(mm)(最大値)	15	3	－	－	5	3	3	－		
		乾物重 (g)	<0.01	<0.01	－	－	<0.01	<0.01	<0.01	－		
レンゲソウ	CHINESE MILK VETCH	発芽数	3	5	4	6	4	5	5	0	70%以上	2/6以上
		長さ(mm)(最大値)	40	40	40	37	33	36	40	－		
		乾物重 (g)	0.00	0.05	0.04	0.06	0.03	0.04	0.03	－		
ヨモギ (0.03g/鉢)	在来	発芽数	30	31	31	41	23	39	29	6	50%以上	－
		長さ(mm)(最大値)	25	20	20	20	25	25	20	2		
		乾物重 (g)	0.02	0.03	<0.01	0.04	0.02	0.05	0.02	<0.01		

れ、生育条件に適合していることがわかった。

なお、ヨモギについては、種子が小さいため、種0.01g/鉢を6鉢は種したところ、21日後には、すべての鉢において生育が確認され、1鉢あたり平均10.8個体のヨモギが生育した。

2・5 生育試験（模擬汚染土）

鉛又はヒ素の植物生育障害を把握するため、鉛又はヒ素を一定量添加した汚染土で生育試験を実施した。

試験は、平成21年10～12月に実施した。硝酸鉛（Pb

(NO₃)₂)又は亜ヒ酸（H₃AsO₃）を用いて鉛又はヒ素の濃度が0mg/kg, 10mg/kg, 100mg/kg又は1,000mg/kgとなるよう模擬汚染土を調製し、それぞれの濃度ごとに8鉢（高さ7.6cm、容量360mLのポリエチレン製ポットに混合土Bを150g入れ、植物1種を6粒は種したもの）を用いて、屋外ビニールハウス内において3週間生育させた。それらの結果を表10に示す。なお、亜ヒ酸は2g/L水酸化ナトリウム溶液に溶解した調製液を添加した。また生育中はおよそ2日に一度、模擬汚染土に含まれる水分を



図5 屋外生育試験用ビニールハウス



図6 生育試験の様子(ソバ)

表5に示す最大容水量に対して80%となるよう灌水した。

キキョウ(センチメンタルブルー)は、鉛100mg/kg以上とひ素において判定基準を下回り、品種が異なるキキョウ(五月雨)とは異なる結果となった。

鉛の効果については、キキョウ

(センチメンタルブルー)以外の12品種において、0～1,000mg/kgの鉛汚染土での生育に有意な差は見られなかった。

また、ひ素の効果については、カラシナ(黄カラシナ、葉カラシナ)、ヒマワリ(巨大輪咲ロシア)、ケナフ(Earth Aid)、キキョウ(五月雨)、レンゲソウ(CHINESE MILK VETCH)が1,000mg/kgのひ素汚染土で、判定基準に達しない結果となった。判定基準に達した品種においても、収穫された植物の乾燥重量が、100mg/kgのひ素汚染の場合に比べ大幅に低下していることから、ひ素汚染土では今回供試した13品種の植物全てが生育困難であると判断された。

3 まとめ

(1) 鉛又はひ素を吸収させる試験に供する植物を、文献調査により5種類(カラシナ、ソバ、ヒマワリ、ライムギ、ケナフ)、さらに吸収及び集積が考えられる植物4種類(キキョウ、レンゲソウ、ヨモギ、イネ)

の計9種類を選定した。

- (2) コマツナを用いた発芽試験を実施し、良好な結果が得られた混合土(赤玉土：腐葉土：鹿沼土を容積比6：3：1の割合で混合したもの)を、生育試験の試験土として選定した。
- (3) 生育試験の成否を判断するため、種子の発芽率より算定した判定基準を設定した。
- (4) 二項分布を用いた両側検定(有意水準5%)により、種子の発芽率と種蒔数に対応する生育の成功回数を求めた。
- (5) 混合土Bに鉛を1,000mg/kg添加した土を用いた場合には、キキョウ(センチメンタルブルー)以外の12品種において生育が順調であった。またひ素については、ひ素の濃度が1,000mg/kgの混合土では、13品種とも生育が困難であることがわかった。

4 今後の試験計画

- (1) 今後は鉛又はひ素を添加した土を用いて植物を生育させ、植物中に集積される量を算定する。
- (2) 植物及び土壌中の汚染物質の挙動・メカニズムの考察を行い、吸収率を上げる条件を模索する。
- (3) 県内の代表的な土壌及び実フィールド上の栽培・生育試験を実施する。

文 献

- 1) 平成20年度土壌汚染対策法の施行状況及び土壌汚染調査・対策事例等に関する調査結果、環境省水・大気環境局(2010)
- 2) 平成20年版石川県環境白書、石川県、46(2009)
- 3) 王 効挙, 李 法雲, 杉崎三男: ファイトレメディエーションによる汚染土壌修復の現状と展望, 全国環境研会誌, 29(2), 85-94(2004)
- 4) 北島信行: 実用化フェーズに入ったモエジマシダによるファイトレメディエーション, 第147回生存圏シンポジウム要旨集, 39-45(2010)
- 5) Ellen L. Kruger, Todd A. Anderson, Joel R. Coats: Phytoremediation of Soil and Water Contaminants (Acs Symposium Series), 283-298, An American Chemical Society Publication(1997)
- 6) Jeanna R. Henry: An Overview of the Phytoremediation of Lead and Mercury, National Network of Environmental Management Studies(2000)
- 7) 榎原正幸, 原田亜紀, 佐野 栄, 堀 利栄, 井上雅裕: マツバイを用いたファイトレメディエーションによる重金属に汚染された水環境の浄化, 第12回地下水・土壌汚染とその防止対策に関する研究集会要旨集, 545-548(2006)

- 8) 永島玲子, 近藤敏仁, 田本修一, 伊東佳彦, 榊原正幸, 牧野純子: 寒冷地(北海道)における植物を用いた重金属処理に関する調査研究, 同上誌, 703-706 (2006)
- 9) 長谷川功: 植物による環境浄化—ファイトレメディエーション技術開発の現状と今後の課題—: 農業および園芸, **82** (10), 1053-1061 (2007)
- 10) 松古浩樹, 本田宗央, 武藤淳司, 田村英生, 小島淳一, 佐藤 健: 現地実証試験における植物による鉛汚染土壌の浄化と拡散防止効果, 土木学会論文集G, **63** (1), 51-57 (2007)
- 11) 永島玲子, 北島信行, 久保田洋, 佐竹英樹, 矢島 聡: ハクサンハタザオを用いたカドミウム汚染土壌の浄化方法の開発, フジタ技術研究報告, **41**, 69-74 (2005)
- 12) Ali Boularbah, Christophe Schwartz, Gabriel Bitton, Wafae Abouddrar, Ahmed Ouhammou, Jean Louis Morel: Heavy metal contamination from mining sites in Morocco: 2. Assessment of metal accumulation and toxicity in plants, Chemosphere, **63** (5), 811-817 (2006)
- 13) 近藤敏仁, 北島信行, 永島玲子: ファイトレメディエーションによる重金属汚染土壌の浄化, 用水と廃水, **47** (10), 88-97 (2005)
- 14) 国土交通省土地・水資源局国土調査課ホームページ: 土地分類基本調査, <http://tochi.mlit.go.jp/tockok/inspect/inspect.html>, 2010年12月1日
- 15) 農耕地土壌分類委員会: 農耕地土壌分類第3次改定版, 農業環境技術研究所資料, **17**, 農林水産省農業環境技術研究所 (1995)
- 16) 林業試験場土壌部: 林野土壌の分類 (1975), 林業試験場研究報告, **280**, 1-28 (1976)
- 17) 「植物に対する害に関する栽培試験の方法」(昭和59年4月18日付け59農蚕第1943号農林水産省農蚕園芸局長通知)

〔報 文〕

ダイオキシン類の水質環境基準値超過事例についての考察（その2）

石川県保健環境センター 環境科学部 野口 邦雅・宮田 芳昭・河本 公威
堀 秀朗・西村 久博

〔和文要旨〕

石川県内の宇ノ気川及び能瀬川では、他の公共用水域と比較して水質ダイオキシン類濃度が高い。今回、ダイオキシン類対策特別措置法に基づく常時監視10年分のデータを用いて、重回帰分析により公共用水域ごとに汚染起源を推計し、クラスター分析を行い、宇ノ気川及び能瀬川とその他の公共用水域の違いについて考察した。

その結果、宇ノ気川橋及び浦能瀬橋は、県内その他の測定地点と比較して、汚染起源のPCPの寄与率がCNPより高いことや、ダイオキシン類異性体の組成に違いが見られる。宇ノ気川橋及び浦能瀬橋のダイオキシン類濃度が高い原因として、これら要因が関わっているものと思われる。

キーワード：ダイオキシン類，河川水，環境基準，PCP，CNP

1 はじめに

石川県内の宇ノ気川及び能瀬川では、他の公共用水域と比較して水質ダイオキシン類濃度が高く、平成14年度及び平成19年度に両河川とも水質環境基準値（1 pg-TEQ/L以下）を超過している。平成19年度には、これら河川を対象に詳細調査を実施し、その調査結果を基に汚染起源を推計した結果、過去に水田農薬として使用されたペンタクロロフェノール（PCP）やクロロニトロフェン（CNP）の不純物として含まれているダイオキシン類の寄与が高いことが示唆された¹⁾。

しかし、県内どの公共用水域の流域にも水田は存在しており、水田農薬不純物の影響はあると考えられるが、ほとんどの公共用水域で水質環境基準を達成している。

今回、ダイオキシン類対策特別措置法に基づく常時監視が10年経過したことから、これら10年分のデータを用いて、重回帰分析により公共用水域ごとに汚染起源を推計し、クラスター分析を行い、宇ノ気川及び能瀬川とそ

の他の公共用水域の違いについて考察したので報告する。

2 測定地点，試験方法等

2・1 調査地点

石川県内の公共用水域については30地点でダイオキシン類の常時監視を実施しているが、今回は石川県が実施している22地点を対象に検討した。測定地点を図1に、水系、河川名及び測定地点名を表1に示す。

2・2 調査期間

平成12年度～21年度の10年間の常時監視データを用いた。

なお、毒性等量（TEQ）の算出にあたっては、1997年に世界保健機構（WHO）より提案された毒性等価係数（TEF）（WHO-TEF1998）を用いた。

2・3 試験方法

ダイオキシン類の試験方法については日本工業規格K0312に準じて行った。標準品と試薬、前処理操作及びGC/MS測定は既報¹⁾のとおりである。

Examples of Excesses of Water Environmental Standards for Dioxins (Part2). by NOGUCHI Kunimasa, MIYATA Yoshiaki, KAWAMOTO Tomotake, HORI Shuhroh and NISHIMURA Hisahiro (Environmental Science Department, Ishikawa Prefectural Institute of Public Health and Environmental Science)

Key words : Dioxins, River water, Environmental standards, Pentachlorophenol (PCP) and Chloronitrophen (CNP)



図1 常時監視による水質ダイオキシン類測定地点

表1 水系、河川名及び測定地点

種別	水系	河川名	測定地点名
河川	大聖寺川	本川	塩屋大橋
		旧川	松島橋
	新堀川	動橋川	葦切橋
		八日市川	猫橋
	梯川	前川	浮柳新橋
	倉部川	本川	倉部大橋
	大野川	津幡川	住ノ江橋
		能瀬川	浦能瀬橋
		宇ノ気川	宇ノ気川橋
	羽咋川	本川	羽咋大橋
		子浦川	雁田橋
	米町川	本川	川尻橋
	御祓川	本川	藤橋二号橋
			仙対橋
	河原田川	本川	いろは橋
湖沼	町野川	本川	明治橋
	若山川	本川	吾妻橋
	新堀川	柴山潟	柴山潟中央
	梯川	木場潟	木場潟中央
	大野川	河北潟	河北潟中央
海域	加賀沿岸海域		白山市笠間沖
		七尾湾	南湾中央部

2・4 汚染起源の推計方法

本稿では、ダイオキシン類の起源はPCP、CNP及び燃焼起源の3種類のみと仮定し、PCP及びCNP中のダイオキシン類は益永ら²⁾のデータを、燃焼起源のダイオキシン類は石川県内5箇所の廃棄物焼却施設の排出ガスの実測データを使用した。これら想定汚染起源と常時監視のデータ（10年間の平均値）を用いて、下記のモデル³⁾により重回帰分析を行った。なお、今回の重回帰分析には32異性体に限定して解析を行ったが、32異性体以外の異性体からも発生源の寄与に関する情報が得られる可能性があることから、これら情報をできるだけ解析に反映させるため、PCDDs、PCDFsの8同族体データも解析に使用した。

$$y_k = \beta_0 + \sum_{i=1}^n \beta_i \cdot x_{ik} + \varepsilon_k$$

y_k ：常時監視によるk異性体・同族体の実測濃度

x_{ik} ：i汚染起源のk異性体・同族体濃度

β_i ：i汚染起源の偏回帰係数

β_0 ：説明不可のバックグラウンド値

ε_k ：ランダム誤差

重回帰分析により得られた回帰式（ $y = b_0 + b_{PCP} \cdot x_{PCP} + b_{CNP} \cdot x_{CNP} + b_{燃焼起源} \cdot x_{燃焼起源}$ ）の β_i の推定値 b_i から $\sum b_i \cdot x_{ik}$ を算出して汚染起源別の寄与率を推計した。

2・5 クラスタ分析

ダイオキシン類各異性体の組成比率（各異性体の濃度の総和に占める比率）を用いてクラスタ分析（標準ユークリッド距離、ウォード法）を行った。

3 結果と考察

3・1 ダイオキシン類濃度

過去10年間の常時監視による水質ダイオキシン類濃度の傾向について、図2及び表2に示す。

これまでに水質環境基準を超過したのは、平成12年度の雁田橋（1.4pg-TEQ/L）、平成14年度の宇ノ気川橋（2.3pg-TEQ/L）及び浦能瀬橋（1.2pg-TEQ/L）、平成19年度の宇ノ気川橋（1.5pg-TEQ/L）及び浦能瀬橋（2.2pg-TEQ/L）である。図2に示すとおり、宇ノ気川橋及び浦能瀬橋は他の測定地点と比較してダイオキシン類濃度が高い状態にある。また、この2地点の下流に位置する河北潟中央がこの2地点に次いでダイオキシン類濃度が高い。なお、雁田橋は一時的に水質環境基準の超過は見られたが、平均値は0.43pg-TEQ/Lであった。

なお、これまでの報告^{1), 4), 5)}では水質のダイオキシン類濃度とSSには高い相関が見られており、今回の常時監視においても、概ねSSが高い場合には水質のダイオキシン類濃度も高い傾向が見られる。

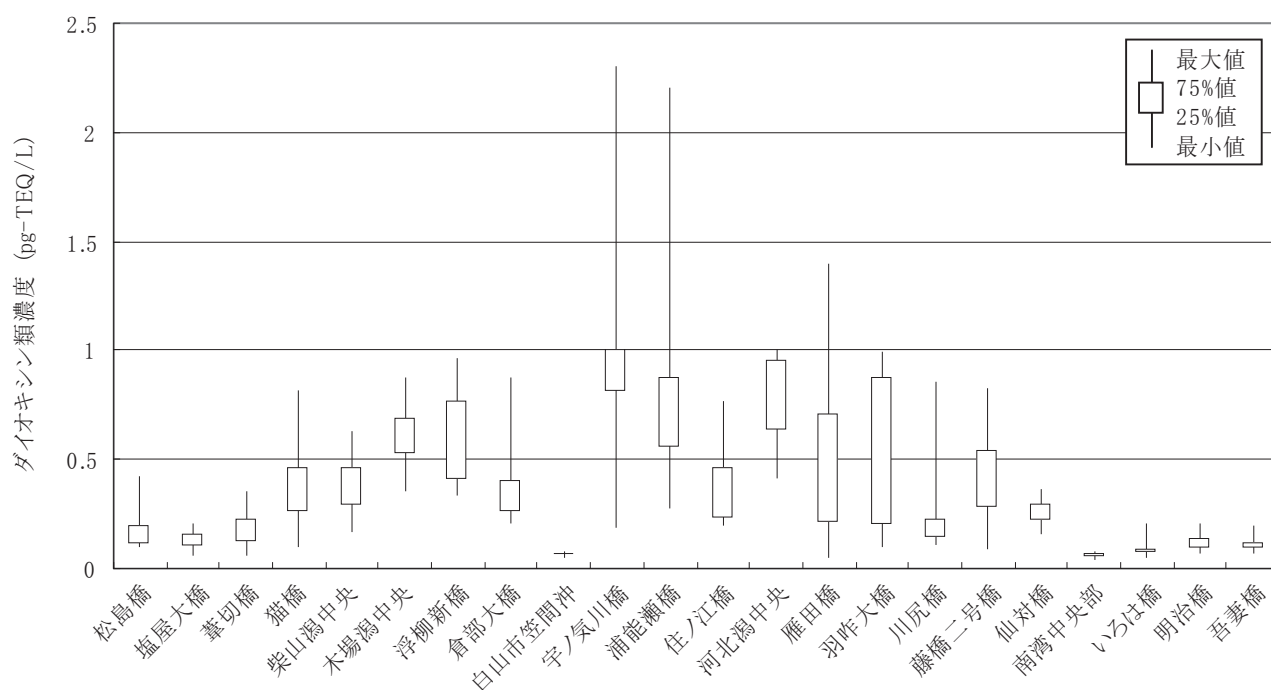


図2 過去10年間の水質ダイオキシン類常時監視結果

表2 過去10年間の水質ダイオキシン類常時監視結果

測定地点名	ダイオキシン類濃度 (pg-TEQ/L)			SS (mg/L)
	最大値	最小値	平均	
松島橋	0.42	0.098	0.19	8.0
塩屋大橋	0.21	0.060	0.12	6.1
葦切橋	0.35	0.060	0.17	6.7
猫橋	0.82	0.097	0.36	5.7
柴山潟中央	0.63	0.17	0.36	13
木場潟中央	0.88	0.35	0.57	14
浮柳新橋	0.96	0.33	0.53	14
倉部大橋	0.88	0.21	0.40	15
白山市笠間沖	0.076	0.046	0.063	4.2
宇ノ気川橋	2.3	0.19	0.97	7.6
浦能瀬橋	2.2	0.28	0.82	6.9
住ノ江橋	0.77	0.20	0.36	6.8
河北潟中央	1.0	0.41	0.75	19
雁田橋	1.4	0.053	0.43	7.0
羽咋大橋	0.99	0.10	0.44	9.8
川尻橋	0.86	0.11	0.27	8.6
藤橋二号橋	0.83	0.091	0.38	6.8
仙対橋	0.36	0.16	0.26	12
南湾中央部	0.075	0.037	0.055	3.8
いろは橋	0.21	0.050	0.086	4.5
明治橋	0.21	0.070	0.12	7.3
吾妻橋	0.20	0.071	0.11	8.3

* 年平均値を集計した。

3・2 ダイオキシン類異性体組成の特徴

毒性等価係数が定められている29異性体と汚染源の推定のために測定した3異性体（1, 3, 6, 8-TeCDD, 1, 3, 7, 9-TeCDD及び1, 2, 7, 8-TeCDF）について、これらの組成を各異性体の濃度の総和に占める比率で比較

したものを図3に示す。

各地点ともPCPの不純物として含まれている異性体（1, 2, 3, 4, 6, 7, 8-HpCDD, OCDD等）やCNPの不純物として含まれている異性体（1, 3, 6, 8-TeCDD, 1, 3, 7, 9-TeCDD等）が高い比率で検出されている。

3・3 汚染起源の推計

ダイオキシン類異性体組成の特徴より水田農薬不純物の影響が大きいと推定されることから、汚染起源としてPCP, CNP及び燃焼起源を想定し、重回帰分析によりそれぞれの汚染起源の寄与率を推計した。

重回帰分析の結果を表3に示す。得られた回帰式の決定係数（ R^2 ）は0.830～0.995であった。南湾中央部のみ0.830と低く、PCP, CNP及び燃焼起源以外の影響があるものと思われる。偏回帰係数の検定の結果はすべて危険率5%で有意であった。

重回帰分析により汚染源を推計した結果を図4に示す。いずれの地点ともPCPとCNPの寄与率合計が80%以上、塩屋大橋及び南湾中央部を除けば90%以上を占めており、農薬不純物の寄与が高いことを示している。PCPとCNPの寄与率の比較では、宇ノ気川橋及び浦能瀬橋はPCPの寄与率が高く、60%前後である。その他の測定地点では川尻橋、河北潟中央及び南湾中央部がCNPよりPCPの寄与率が高い。前述の5地点以外の調査地点はPCPよりCNPの寄与率が高く、倉部大橋及び白山笠間沖はCNPの寄与率が80%以上である。

PCPとCNPの寄与率の差を生じさせる要因として土地改良事業があげられる⁴⁾。PCPは1960年前後から使用

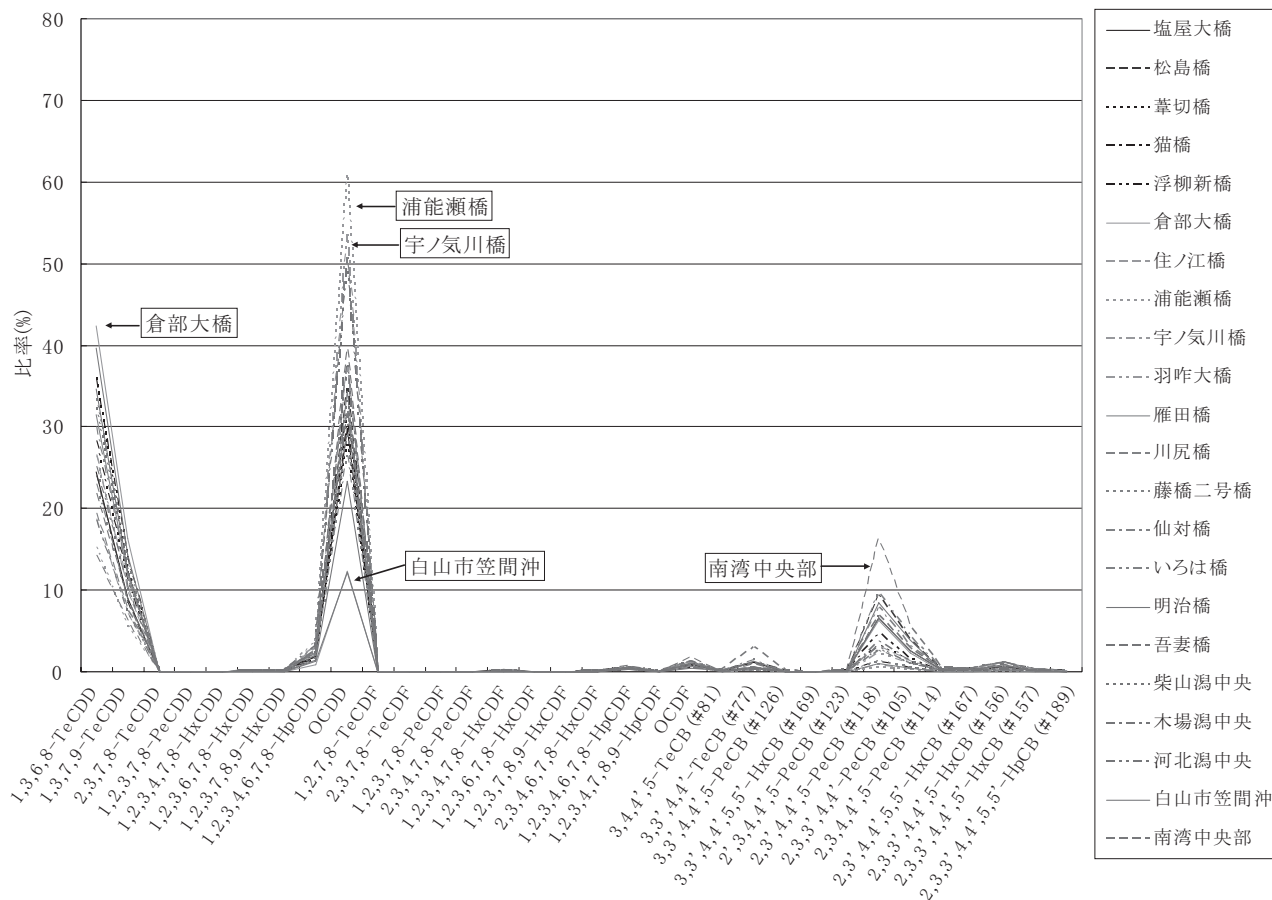


図3 ダイオキシン類異性体組成

表3 重回帰分析結果

測定地点名	偏回帰係数 (t値)					決定係数 R ²
	b _{PCP}		b _{CNP}		b _{燃焼起源}	
塩屋大橋	0.309	(21.8)	0.282	(21.8)	0.151 (5.66)	0.976
松島橋	0.621	(18.9)	0.488	(21.9)	0.0818 (1.32)	0.960
葦切橋	0.538	(28.7)	0.792	(62.2)	0.0568 (1.60)	0.993
猫橋	1.61	(34.5)	2.24	(71.0)	0.154 (1.74)	0.995
浮柳新橋	1.87	(20.9)	1.96	(32.3)	0.256 (1.51)	0.977
倉部大橋	0.61	(9.93)	2.52	(60.5)	0.201 (1.73)	0.991
住ノ江橋	1.17	(30.4)	0.968	(37.3)	0.102 (1.41)	0.985
浦能瀬橋	4.30	(37.1)	1.27	(16.1)	0.124 (0.565)	0.979
宇ノ気川橋	5.37	(38.0)	2.22	(23.1)	0.281 (1.05)	0.982
羽咋大橋	1.68	(35.3)	1.41	(43.5)	0.151 (1.67)	0.989
雁田橋	1.39	(36.8)	1.47	(57.7)	0.103 (1.45)	0.993
川尻橋	1.41	(37.4)	0.646	(25.3)	0.0814 (1.14)	0.983
藤橋二号橋	1.20	(30.5)	1.66	(62.0)	0.154 (2.06)	0.993
仙対橋	0.638	(17.2)	0.849	(33.7)	0.121 (1.72)	0.977
いろは橋	0.232	(17.0)	0.196	(21.1)	0.0403 (1.56)	0.955
明治橋	0.296	(18.9)	0.503	(47.3)	0.0636 (2.14)	0.987
吾妻橋	0.314	(27.3)	0.198	(25.4)	0.0351 (1.61)	0.957
柴山潟中央	1.36	(27.3)	1.56	(56.5)	0.120 (1.55)	0.992
木場潟中央	2.29	(29.0)	1.85	(34.5)	0.216 (1.44)	0.983
河北潟中央	3.08	(36.0)	1.37	(23.5)	0.177 (1.09)	0.981
白山市笠間沖	0.0488	(8.24)	0.186	(46.3)	0.0288 (2.57)	0.985
南湾中央部	0.0318	(10.3)	0.0166	(7.90)	0.0089 (1.51)	0.830

自由度はいずれも37である。

され1990年に農薬登録が失効し、CNPは1960年後半から使用され1996年に農薬登録が失効している。国内におけるPCP及びCNPに由来するダイオキシン類総量の推定⁶⁾を図5に示す。1970～71年を境にPCPからCNP由来の汚染へと移行したことが把握できる。このように、PCPからCNP由来の汚染の変遷と水田の土地改良（実施時期、覆土の履歴等）によりPCPとCNPの寄与率に差を生じさせるものと考えられる。

PCPの不純物として含まれている異性体（1,2,3,4,6,7,8-HpCDD, OCDD）は毒性等価係数が定められており、CNPの不純物として含まれている異性体（1,3,6,8-TeCDD, 1,3,7,9-TeCDD）は毒性等価係数が定められていないことか

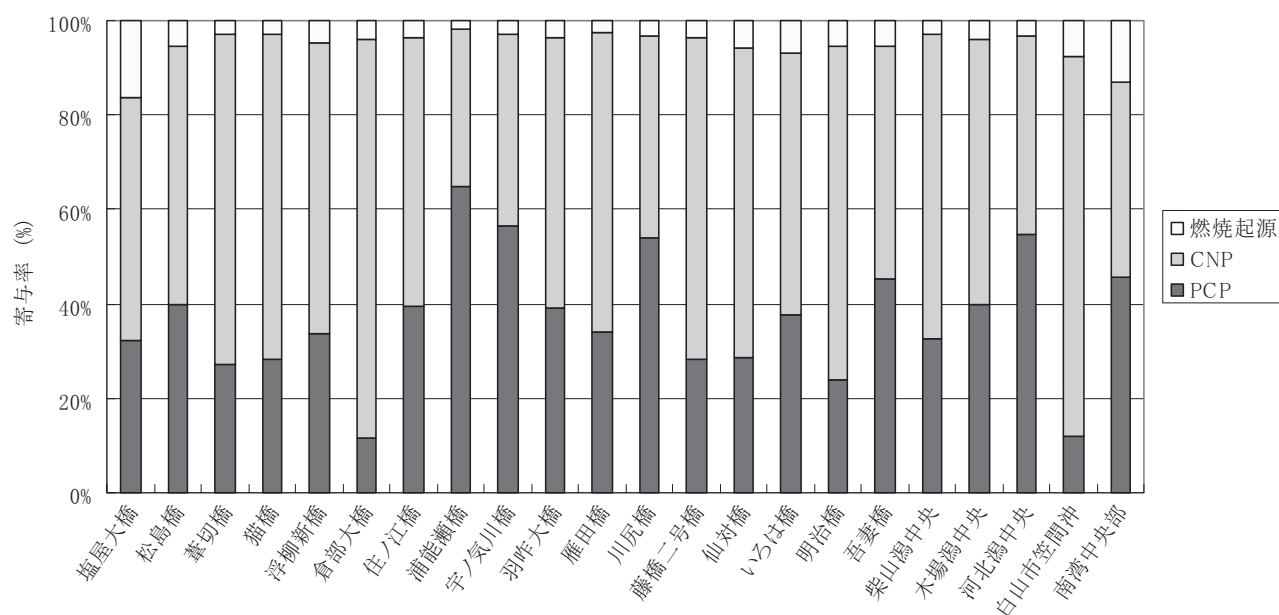
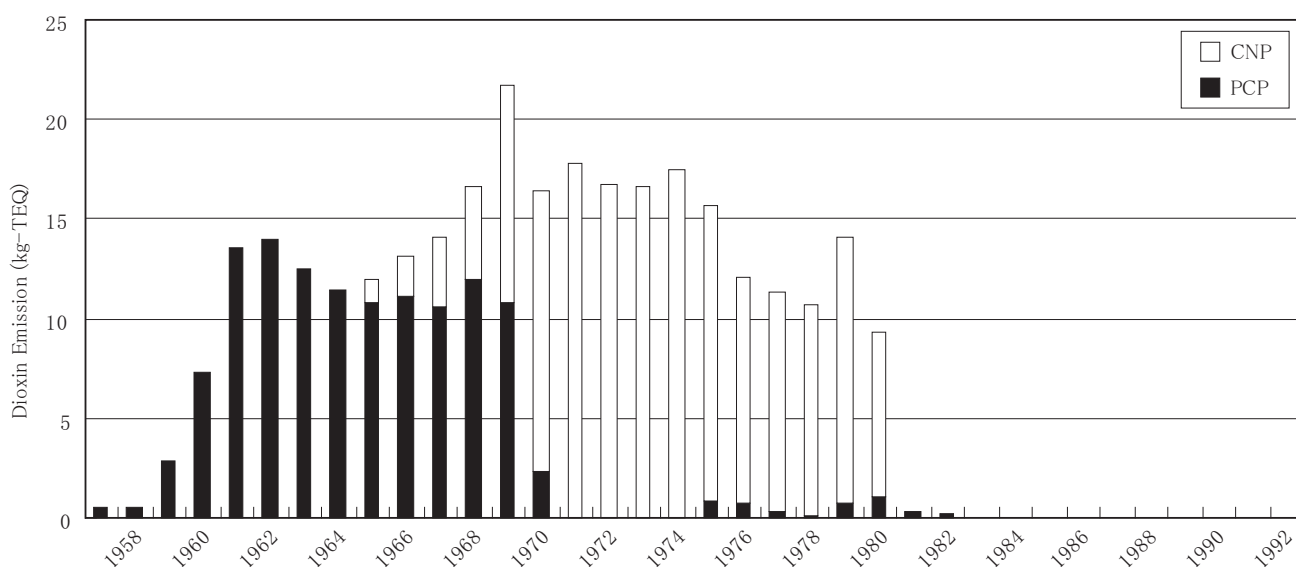


図4 重回帰分析による汚染起源推計

図5 国内におけるPCP及びCNPに由来するダイオキシン類総量の推定⁶⁾

ら、PCPの寄与率が高い場合、毒性等量（TEQ：Toxic Equivalent Quantity）で表されるダイオキシン類濃度は高くなると考えられる。

3・4 クラスター分析

各測定地点においてダイオキシン類異性体の組成が異なることから、これらデータを用いてクラスター分析し、測定地点間の類似性を求め、宇ノ気川橋及び浦能瀬橋と他の測定地点とを比較検討した。

クラスター分析の結果（樹形図）を図6に示す。宇ノ気川橋、浦能瀬橋、川尻橋及び河北潟中央は県内他の測定地点とは類似性に距離があるグループとなっている。これら測定地点は汚染起源の推計によりPCPの寄与率が

高い測定地点である。

3・5 ダイオキシン類濃度が高い原因の考察

宇ノ気川橋及び浦能瀬橋と県内他の測定地点との違いが汚染起源の推計及びクラスター分析により明らかとなった。宇ノ気川橋及び浦能瀬橋は、県内その他の測定地点と比較して、汚染起源のPCPの寄与率がCNPより高いことや、ダイオキシン類異性体の組成に違いが見られる。

宇ノ気川橋及び浦能瀬橋のダイオキシン類濃度が高い原因として、これら要因が関わっているものと思われる。しかし、川尻橋のように宇ノ気川橋及び浦能瀬橋と同様の傾向（汚染起源の推計及びクラスター分析の結果）を

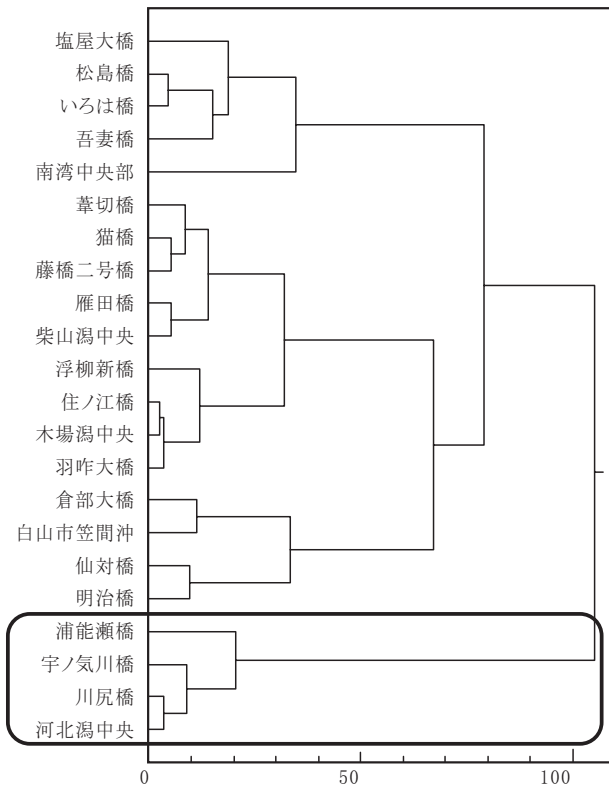


図6 クラスタ分析結果（樹形図）

示す測定地点があることから、更にその他の要因が関わっているものと思われる。

その他の主な要因としては底質の巻上がり⁴⁾が考えられる。現在、SSや底質の粒度^{1), 7)}等とダイオキシン類濃度の関係について調査を進めているところである。

4 まとめ

- (1) 過去10年間の常時監視によるダイオキシン類濃度の傾向では、宇ノ気川橋及び浦能瀬橋は県内他の測定地点と比較してダイオキシン類濃度が高い状態にあった。
- (2) ダイオキシン類異性体組成の特徴から、県内の各測定地点とも水田農薬不純物の影響が示唆された。
- (3) 汚染起源の推計では、県内の各測定地点とも水田農薬不純物による汚染起源が80%以上であった。また、PCPとCNPの寄与率の比較では、宇ノ気川橋及び浦能瀬橋はPCPの占める比率が高く60%前後であった。

- (4) クラスタ分析の結果、宇ノ気川橋及び浦能瀬橋は県内他の測定地点と類似性に距離があった。
- (5) 宇ノ気川橋及び浦能瀬橋のダイオキシン類濃度が高い原因として、前述（(3)及び(4)）の要因が関わっているものと思われるが、更にその他の要因が関わっているものと思われる。その他の主な要因としては、底質の巻上がり等が考えられる。

文 献

- 1) 野口邦雅, 岡 秀雄, 清水隆二, 塚林 裕, 蔵本和夫：ダイオキシン類の水質環境基準超過事例についての考察, 石川県保健環境センター研究報告書, **45**, 23-31 (2008)
- 2) MASUNAGA Shigeki, TAKASUGA Takumi and NAKANISHI Junko : Dioxin and dioxin-like PCB impurities in some Japanese agrochemical formulations, *Chemosphere*, **44**, 873-885 (2001)
- 3) 安田 裕, 村瀬秀也, 大平武俊：岐阜県内河川環境中のダイオキシン類—汚染起源の推定と寄与率の試算—, 岐阜県保健環境研究所報, **11**, 9-14 (2003)
- 4) 加藤謙一, 中村朋之, 菱沼早樹子, 鈴木 滋, 斎藤善則, 橋本俊次, 柏木宣久：ダイオキシン類の発生源推定に関する研究Ⅱ（宮城県内の推定事例）, 宮城県保健環境センター年報, **23**, 65-67 (2005)
- 5) KAKIMOTO Hitoshi, OKA Hideo, MIYATA Yoshiaki, YONEZAWA Yumiko, NIIKAWA Akiko, KYUDO Hirohisa, NING Tang, TORIBA Akira, KIZU Ryoichi and HAYAKAWA Kazuichi : Homologue and isomer distribution of dioxins observed in water samples collected from Kahokugata Lagoon and inflowing rivers, Japan, *Water Research*, **40**, 1929-1940 (2006)
- 6) 清家伸康, 大谷 卓, 上路雅子, 高菅卓三, 都築伸幸：水田土壤中ダイオキシン類の起源と推移, *Journal of Environmental Chemistry*, **13**, 117-131 (2003)
- 7) 国土交通省河川局河川環境課：平成12年度全国一級河川におけるダイオキシン類に関する実態調査等の結果について（平成13年12月18日）

〔資 料〕

エクセルを用いた人口動態統計システム

— 誰もが簡単に扱えるシステムの開発 —

石川県保健環境センター 企画情報部 酒井 道則・大西 道代・英 俊彦
石川県保健環境センター 平 哲 宣

〔和文要旨〕

エクセルを用いて、石川県の人口動態統計をまとめた衛生統計年報の帳表作成システムを開発した。ハードウェアは通常業務で使用しているパソコンとし、エクセルのSUMPRODUCT関数（統計処理用関数）を用いたワークシートで人口動態データを集計できるようにした。これにより、特別なプログラム等の専門的な知識がなくても、帳表の作成・修正が誰でも簡単にできるようになり、所要時間も、これまでの4分の一程度（約1週間）となった。また、帳表の作成・修正方法等について詳細に説明したマニュアルも作成した。

キーワード：人口動態統計，エクセル，SUMPRODUCT関数

1 はじめに

国は、人口動態調査令に基づき出生・死亡・婚姻・離婚及び死産の5種類の人口動態事象について出生数や死亡数等の集計を行っている。

人口動態統計とは、これらの集計結果を指すものであるが、石川県では、年間約3万件発生する人口動態事象のデータ（以下、人口動態データという。）を、県の健康福祉行政の基礎資料とすることを目的に、昭和24年から毎年、衛生統計年報（以下、年報という。）としてまとめている。

人口動態データの集計は、当初は手集計で行なっていたが、昭和57年に厚生部（現健康福祉部）の依頼により、衛生公害研究所（現保健環境センター）の汎用コンピュータで行なうこととなった。出力した帳表をそのまま年報に載せるようにしたため、これまでの3倍近くの数載せることが可能となった。しかし、このシステムを動かすために、プログラムやコンピュータの専門知識を持つ

職員が必要となった。

以後、県の人口動態の集計・解析業務は、当センターの衛生統計の集計・解析事業の中で行なわれ、保健福祉センターの業務年報用資料作成のための集計・解析も同様に実施されてきた。また、平成19年度には、保健衛生情報システム事業の一環として過去からの人口動態統計の電子化にも取り組み、昭和60年から平成19年までの衛生統計年報の帳表と保健福祉センター関連の資料（標準化死亡比、合計特殊出生率等衛生統計年報に載せていない資料）をすべて電子化した。

近年のコンピュータ関連技術の急激な進歩により、ハードウェアは汎用コンピュータからパーソナルコンピュータ（以下、パソコンという。）に移行し、ソフトウェアは、市販のアプリケーションで対応できるまでになったが、プログラムやコンピュータの専門知識を持った専任の職員が業務を行わざるを得ない状況は、依然として変わっていなかった。

ところが、諸般の事情で平成22年度から、人口動態の

System for Vital Statistics of Ishikawa Prefecture by Microsoft Office Excel 2003 – System Needed No Special Knowledge – . by SAKAI Michinori, OHNISHI Michiyo, HANABUSA Toshihiko and HIRA Tetsunori (Information Science Department, Ishikawa Prefectural Institute of Public Health and Environmental Science)

Key words : Vital Statistics, Microsoft Office Excel, SUMPRODUCT Function

集計・解析業務は、健康福祉部の健康推進課で行うこととなった。しかし、そこの担当者は必ずしもコンピュータやプログラム等の専門知識を持った職員とは限らず、しかも、他の業務と並行して行うことが予想される。

そこで、これを機に、ルーチン業務として誰でも簡単に遂行できるよう、石川県独自の人口動態統計システム（以下、新システムという。）の開発を行なった。

2 新システムの概要

2・1 基本方針

開発に当たっては、エクセルの基本的な操作（コピー、貼り付け、ワークシートの作成等）ができることを前提に、①現在の事務用パソコンが使えること、②プログラムの専門的な知識がなくても、新システムを扱え、簡単に業務を遂行できること、③集計結果を関係機関（保健福祉センター、市町等）の職員が現場で自由に利用できること、を基本方針とした。

また、人口動態データの入手から保存、集計までの一貫した手順を分かりやすく記した人口動態統計システムマニュアル（以下、マニュアルという。）を作成し、新システムとセットで移管することにした。

2・2 新システムの構成

(1) ハードウェアとソフトウェア

以前は、年間約3万件の人口動態データの処理には、汎用コンピュータを使用せざるを得なかったが、最近パソコンの性能が格段に向上してきたことから、新システムでは、通常業務用に与えられているパソコンで対応できるようにした。

パソコンは現在、石川県で一人一台用として使用されているノートパソコン（NEC製PC-VY16MEFJ1EUX：37.2GB）を、オペレーティングシステム（OS）は、Windows XPを使い、ソフトウェアは、Excel2003を

使用した。

(2) 人口動態データのエクセルファイルへの変換

国から提供される人口動態データ（テキストファイル）のエクセルファイルへの変換は、エクセルで手作業によっても可能であるが、手間がかかること及びミス発生のおそれがあることから、新システムでは、変換用のプログラムを作成した。

(3) 集計用ワークシートによる帳表の作成

これまでは、県で独自のプログラムを作成し集計を行っていた。そのため、国で人口動態の取り決め（死因コード、帳表等）の変更があった場合、県のプログラムの修正は作成した本人しか対応できなかった。しかし、新システムでは、エクセルのSUMPRODUCT関数（統計処理用関数）を用いたワークシートで集計できるようにした。

これにより、帳表の修正は、ワークシートの関数を修正するだけでよく、さらに別のワークシートに複写して

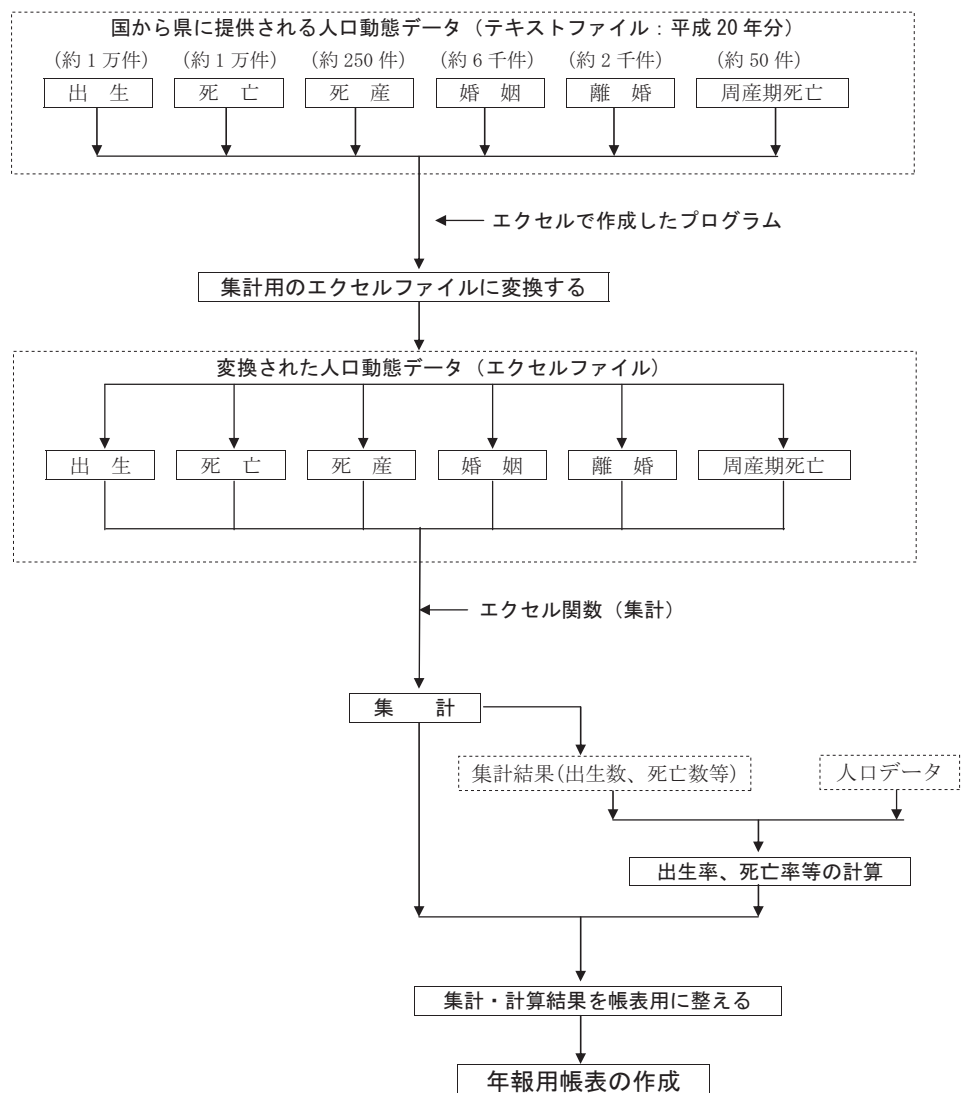


図1 新システムによる「衛生統計年報」用帳表作成までのデータ処理の流れ

修正することにより、新たな帳表を作成することも簡単にできるようになった。

(4) 集計結果の活用

集計結果は、すべてエクセルファイルの形式で保存・提供できるようにし、過去の電子化した集計結果とともに、死亡率のグラフや年次推移等の作成に関係者が自由に利用できるようにした。

(5) マニュアルの作成

人口動態データの入手、保存、エクセルファイルへの変換、集計、使用した人口動態データの保存等、一貫した処理を行なうためのエクセルの操作を、順を追って説明したマニュアルを作成した。また、マニュアルの中に新システムの操作上必要なエクセルの操作の解説も加えた。さらに、帳表の修正や人口動態データの項目のレイアウトの変更に伴う対応については、SUMPRODUCT

関数や変換用プログラムについて解説し、具体的な例を示しながら修正手順について詳細に説明した。

これにより、基本的なエクセルの操作（コピー、貼り付け、ワークシートの作成等）を通常の業務で行なっている職員なら、誰でも簡単に人口動態データの集計、帳表の作成・修正等ができるようになった。

2・3 機能の内容

(1) 人口動態データ処理の流れ

図1に人口動態データ処理の流れの概要を示した。人口動態事象は出生・死亡・婚姻・離婚及び死産の5種類であるが、国（厚生労働省大臣官房統計情報部）から提供される人口動態データは、出生、死亡、死産、婚姻、離婚、周産期死亡の6種類である。これらの人口動態データはテキストファイル（媒体：CD）であるため、作成した変換プログラムでエクセルファイルに変換し、出生

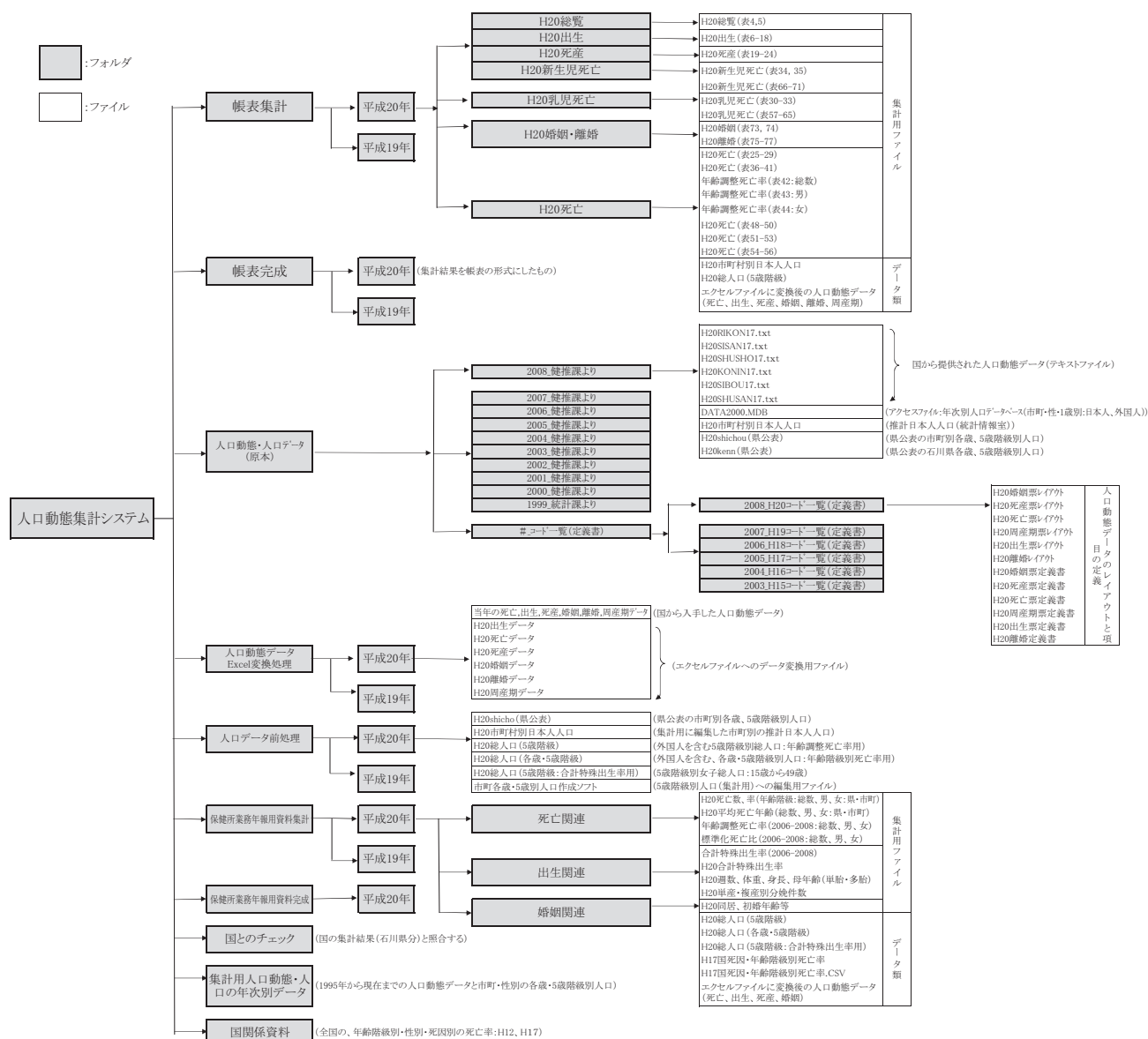


図2 システムのフォルダ及びファイル構成

数や死亡数等を集計する。また、人口データと出生数、死亡数等から出生率や死亡率等を計算する。

集計・計算結果は、年報用の帳表として体裁を整え、最終的に新システムで出力した帳表がそのまま年報用として使えるようになっている。集計後、使用した人口動態及び人口データを年次別に保存する。

(2) フォルダの構成

フォルダは、人口動態データの処理の流れに沿って、図2に示すような階層になっている。主なフォルダの内容は以下のとおり。

ア データ保存用のフォルダ

(ア) 人口動態・人口データ（原本）

入手した人口動態、人口データを年次毎に原本として保存する。

(イ) 集計用人口動態・人口データ（年次別）

集計後のデータを年次別に保存しておくためのもので1995年から保存してある。

イ 集計用のデータに変換・編集するためのフォルダ

(ア) 人口動態データExcel変換処理

テキストファイルとして入手した人口動態データをエクセルファイルに変換する。

(イ) 人口データ前処理

人口データを集計用のデータに編集する。

ウ 人口動態データの集計、帳表作成用のフォルダ

(ア) 帳表集計

エクセルファイルに変換した人口動態データを集計する。

(イ) 帳表完成

集計結果の「0」を「-」に変換する等、集計結果を年報用の帳表に整え、そのまま年報に使えるようにする。

エ 保健福祉センターの業務年報用資料の集計及び作成のためのフォルダ

(ア) 保健所業務年報用資料集計

保健福祉センターの業務年報の資料用に人口動態データを集計する。

(イ) 保健所業務年報用資料完成

集計結果を業務資料として整える。

(3) 人口動態データのエクセルファイルへの変換

国から提供された6種類の人口動態データ（テキストファイル）のレイアウトのうち、例として出生のレイアウトを図3に示した。

国から提供されたテキストファイルの人口動態データは単なる数字の羅列である。これを人口動態データのレイアウト（図3）に基づいて、変換用プログラムを用い項目毎に区切り、エクセルファイルに変換して、出生、死亡、死産、婚姻、離婚、周産期死亡の6種類のワークシートを作成する。

(4) SUMPRODUCT関数による集計

SUMPRODUCT関数は、=SUMPRODUCT（配列1*配列2*配列・・・）として記され、各配列に

図3 人口動態データのレイアウト（例：出生）

図4 集計用ワークシート（「総覧」第4表）

表 1 衛生統計年報用帳表一覧

事 象	帳 表 の 種 類	作成機関
総 覧	第 1 表 人口動態統計総覧, 年次別	健康推進課
	第 2 表 人口動態総覧実数及び率, 都道府県別	
	第 3 表 人口動態総覧実数及び率, 市部・年次別	
	第 4 表 人口動態総覧 (実数), 市町別	
	第 5 表 人口動態総覧 (率), 市町別	
出 生	第 6 表 出生数, 出産の場所・出産時の立会い者・市町別	
	第 7 表 出生数, 月・市町別	
	第 8 表 出生数, 月・性・市町別	
	第 9 表 出生数, 出産順位・市町別	
	第 10 表 出生数, 出産順位・性・市町別	
	第 11 表 出生数, 出生順位・市町別	
	第 12 表 出生数, 出生順位・性・市町別	
	第 13 表 出生数, 母の年齢 (5 歳階級)・市町別	
	第 14 表 出生数, 母の年齢 (5 歳階級)・性・市町別	
	第 15 表 出生数, 出生時の体重・市町別	
	第 16 表 出生数, 出生時の体重・性・市町別	
	第 17 表 出生数, 出生順位・母の年齢別	
	第 18 表 出生数, 出生順位・性・母の年齢別	
死 産	第 19 表 死産数, 妊娠期間 (4 週区分)・母の年齢別	保健環境センター
	第 20 表 死産数, 妊娠期間 (4 週区分)・自然—人口・母の年齢別	
	第 21 表 死産数, 妊娠期間 (4 週区分)・市町別	
	第 22 表 死産数, 妊娠期間 (4 週区分)・自然—人口・市町別	
	第 23 表 死産数, 月・市町別	
	第 24 表 死産数, 月・性・市町別	
死 亡	第 25 表 死亡数, 死亡の場所・性・市町別	
	第 26 表 死亡数, 月・市町別	
	第 27 表 死亡数, 月・性・市町別	
	第 28 表 死亡数, 年齢 (5 歳階級)・市町別	
	第 29 表 死亡数, 年齢 (5 歳階級)・性・市町別	
	第 30 表 乳児死亡数, 月・市町別	
	第 31 表 乳児死亡数, 月・性・市町別	
	第 32 表 乳児死亡数, 月齢・市町別	
	第 33 表 乳児死亡数, 月齢・性・市町別	
	第 34 表 新生児死亡数, 日齢・市町別	
	第 35 表 新生児死亡数, 日齢・性・市町別	
	第 36 表 死亡数, 選択死因・市町別 (総数)	
	第 37 表 死亡数, 選択死因・市町別 (男)	
	第 38 表 死亡数, 選択死因・市町別 (女)	
	第 39 表 死亡率 (人口10万対), 選択死因・市町別 (総数)	
	第 40 表 死亡率 (人口10万対), 選択死因・市町別 (男)	
	第 41 表 死亡率 (人口10万対), 選択死因・市町別 (女)	
	第 42 表 選択死因の市町別年齢調整死亡率 (人口10万対: 直接法) (総数)	
	第 43 表 選択死因の市町別年齢調整死亡率 (人口10万対: 直接法) (男)	
	第 44 表 選択死因の市町別年齢調整死亡率 (人口10万対: 直接法) (女)	
	第 45 表 死亡数及び死亡率 (人口10万対), 選択死因・都道府県別	
	第 46 表 死亡数, 年次・主要死因別	
	第 47 表 死亡率 (人口10万対), 年次・主要死因別	
	第 48 表 死亡数, 死因 (死因分類)・市町別 (総数)	
	第 49 表 死亡数, 死因 (死因分類)・市町別 (男)	
	第 50 表 死亡数, 死因 (死因分類)・市町別 (女)	
	第 51 表 死亡数, 年齢 (5 歳階級) 死因 (死因分類) 別 (総数)	
	第 52 表 死亡数, 年齢 (5 歳階級) 死因 (死因分類) 別 (男)	
	第 53 表 死亡数, 年齢 (5 歳階級) 死因 (死因分類) 別 (女)	
	第 54 表 死亡数, 月・死因 (死因分類) 別 (総数)	
	第 55 表 死亡数, 月・死因 (死因分類) 別 (男)	
	第 56 表 死亡数, 月・死因 (死因分類) 別 (女)	
	第 57 表 乳児死亡数, 死因 (乳児死因分類)・市町別 (総数)	
	第 58 表 乳児死亡数, 死因 (乳児死因分類)・市町別 (男)	
	第 59 表 乳児死亡数, 死因 (乳児死因分類)・市町別 (女)	
	第 60 表 乳児死亡数, 月齢・死因 (乳児死因分類) 別 (総数)	
	第 61 表 乳児死亡数, 月齢・死因 (乳児死因分類) 別 (男)	
	第 62 表 乳児死亡数, 月齢・死因 (乳児死因分類) 別 (女)	
	第 63 表 乳児死亡数, 月・死因 (乳児死因分類) 別 (総数)	
	第 64 表 乳児死亡数, 月・死因 (乳児死因分類) 別 (男)	
	第 65 表 乳児死亡数, 月・死因 (乳児死因分類) 別 (女)	
	第 66 表 新生児死亡数, 日齢・死因 (乳児死因分類) 別 (総数)	
	第 67 表 新生児死亡数, 日齢・死因 (乳児死因分類) 別 (男)	
	第 68 表 新生児死亡数, 日齢・死因 (乳児死因分類) 別 (女)	
	第 69 表 新生児死亡数, 月・死因 (乳児死因分類) 別 (総数)	
	第 70 表 新生児死亡数, 月・死因 (乳児死因分類) 別 (男)	
	第 71 表 新生児死亡数, 月・死因 (乳児死因分類) 別 (女)	
	第 72 表 死亡数, 性・死因 (三桁分類) 別	
婚姻・離婚	第 73 表 婚姻件数, 届出月・市町別	保健環境センター
	第 74 表 平均初婚年齢・初婚者数, 届出時の年齢 (5 歳階級)・仕事別	
	第 75 表 離婚件数, 届出月・市町別	
	第 76 表 離婚件数, 離婚種類, 同居期間別	
	第 77 表 離婚件数, 離婚種類・同居期間・夫妻が親権を行わなければならない子の数別	
生命表	第 78 表 都道府県別平均寿命の年次推移 (男)	健康推進課
	第 79 表 都道府県別平均寿命の年次推移 (女)	

《決められた条件でのSUMPRODUCT関数による集計例》

- ・集計項目 : 出生数
- ・集計の条件 : 金沢市, 男
- ・エクセル関数: $\text{=SUMPRODUCT}((\text{出生!}\$P\$5:\$P\$65536=\text{"201"}) * (\text{出生!}\$R\$5:\$R\$65536=\text{"1"}))$

↑
決められた集計の条件に対応した配列

○配列の説明

- ・「出生!」 : 集計の対象となる人口動態データ（エクセルファイル）のワークシート名
- ・「\$P」, 「\$R」 : 集計対象となるデータ項目（\$P:市町, \$R:性）の行番号
- ・「\$P \$5: \$P \$65536」 : 集計対象となるデータ項目（市町）の集計範囲（行列番号：P5～P65536）
- ・「\$R \$5: \$R \$65536」 : 集計対象となるデータ項目（性）の集計範囲（行列番号：R5～R65536）
- ・「="201"」 : 集計の条件となる市町（金沢市）のコード番号
- ・「="1"」 : 集計の条件となる性（男）のコード番号

図5 セルに入力されている「SUMPRODUCT関数」の例（1）

対応するデータの積を計算し、その積の和を求める関数である。集計用ワークシートのセルには、あらかじめこの関数が入力されており、セル毎に人口動態データが集計され、集計結果を表示する。

年報の全帳表数79表のうち、新システムでは70表を作成し、残りの9表は、年次別の推移や全体の概要を取りまとめた表なのでこれまでどおり、健康推進課が手作業で作成する。表1に県で作成する79表の帳表を示した。

図4には、総覧の第4表を作成するためのワークシート「4表（実数）」を例として示した。また、例示はしていないが、図4のワークシート「5表（率）」は集計用で、「出生」、「死亡」、「死産」、「婚姻」、「離婚」、「周産期死亡」は、人口動態データのワークシートである。年齢階級別死亡率等を算出するときは、人口データのワークシートがこれらに追加される。

また、図5にワークシート「4表（実数）」を例にとり、全セルに入力されているSUMPRODUCT関数の一部を

示した。また、図6には、体重2,500g未満という新たな条件を追加した場合のSUMPRODUCT関数の修正の例を示した。

（5）衛生統計年報用帳表の作成

集計用ワークシートのセルには、関数が表示されるので、集計後、すべてのセルの数値を「値」として貼り付け直し、「0」と表示されているセルについては、変換用プログラムを使って「-」として表示されるようにした（図7）。これにより、最終的に新システムで出力したものがそのまま年報用の帳表として使えるようになった。

（6）保健所業務年報用資料の作成

本来、新システムは県の衛生統計年報用の帳表を作成することを目的としているが、標準化死亡比や合計特殊出生率等、衛生統計年報の帳表にないもので保健福祉センターが必要とする資料（表2）については、これまでどおり作成できるよう、作成方法をマニュアルに記載し

[illegible]

《更に条件を追加した場合のSUMPRODUCT関数による集計例》

- ・集計項目 : 出生数
- ・追加した条件 : 体重2500g未満
- ・集計の条件 : 金沢市, 男, 体重2500g未満
- ・エクセル関数 : SUMPRODUCT ((出生!\$P\$5:\$P\$65536="201")*(出生!\$R\$5:\$R\$65536="1")*(出生!\$A\$5:\$A\$65536>="0000")*(出生!\$A\$5:\$A\$65536<"2500"))

追加された条件に対応した配列

○配列の説明

- | | |
|---------------------------|------------------------------------|
| ・「出生1」 | ：集計の対象となる人口動態データのワークシート名 |
| ・「\$AQ」 | ：追加されたデータ項目（体重）の行番号 |
| ・「\$AQ \$5: \$AQ \$65536」 | ：追加されたデータ項目の集計範囲（行列番号：AQ5～AQ65536） |
| ・「>="0000"」 | ：追加された条件（体重）の下限値（0グラム以上） |
| ・「<"2500"」 | ：追加された条件（体重）の上限値（2500グラム未満） |

図6 セルに入力されている「SUMPRODUCT関数」の例（2）

Microsoft Excel - 人口動態統計 (表4-5) (2)													
第4表 人口動態統計 (定数)、洋暦別													
市 町	出生数			(再婚) 死亡数 (定数)			死亡数			自然増加	人口増加 (定数)		
	総数	男	女	総数	男	女	総数	男	女		出生	男	女
総 数	10130	5151	5049	5100	2612	4156	11911	5742	5178	-1016	25	17	8
市 部 計	8110	4241	4151	5100	2490	3779	9100	4612	4510	-1000	21	14	7
郡 部 計	2020	911	895	155	71	101	1101	510	510	0	4	3	1
金沢市	4127	2170	2157	355	161	191	1006	1007	1179	101	0	0	0
七尾市	311	171	164	14	6	8	794	369	410	-101	-	-	-
小松市	110	504	412	79	31	41	1101	519	474	-10	0	1	0
輪島市	150	76	71	12	6	6	540	251	240	-101	-	-	-
珠洲市	77	31	46	6	-	6	101	64	144	-101	-	-	-
加賀市	150	204	211	44	21	22	612	419	400	-101	1	1	-
羽咋市	176	81	95	17	11	6	101	60	110	-110	-	-	-
友成町	110	110	119	29	6	15	101	60	144	-101	-	-	-
白山市	117	504	509	72	21	46	101	419	404	110	0	0	0
能登町	401	204	217	44	21	19	101	205	110	0	0	-	-
雄英町	10	44	44	6	-	6	51	17	25	10	-	-	-
片北町	10	44	44	6	-	6	51	17	25	10	-	-	-
石川町	110	101	219	59	29	31	251	140	110	0	0	-	-

図7 集計結果「0」の値を「-」に変換した例

た。

2・4 新システムの検証

新システムを検証するため、過去の人口動態データ（平成19年）を別途集計し、これまでの方法で作成された衛生統計年報（平成19年）の帳表と照合した。

その結果、新システムで集計したすべての帳表について、平成19年の結果と一致することが確認できた。

3 まとめ

(1) パソコンやプログラム関連の専門的知識を必要とせず、エクセルの基本的な機能を使用できることを前提とした人口動態統計システムを開発した。

表2 保健所業務年報用資料一覧

事象	資 料
出生	5歳階級別出生率及び合計特殊出生率（3年移動平均）、市町別
	5歳階級別出生率及び合計特殊出生率（単年）、市町別
	週数・体重・身長・母年齢（単胎・多胎）（県・市町）
	単産・複産別分娩件数、保健所別
死亡	標準化死亡比（3年移動平均）、選択死因・市町別（総数）
	標準化死亡比（3年移動平均）、選択死因・市町別（男）
	標準化死亡比（3年移動平均）、選択死因・市町別（女）
	死亡数（単年）、年齢（0歳～4歳、5歳階級）・死因分類別（県、市町）（総数）
	死亡数（単年）、年齢（0歳～4歳、5歳階級）・死因分類別（県、市町）（男）
	死亡数（単年）、年齢（0歳～4歳、5歳階級）・死因分類別（県、市町）（女）
	死亡率（単年：人口10万対）、5歳階級・選択死因・市町別（県、市町）（総数）
	死亡率（単年：人口10万対）、5歳階級・選択死因・市町別（県、市町）（男）
	死亡率（単年：人口10万対）、5歳階級・選択死因・市町別（県、市町）（女）
	平均死亡年齢（単年）、選択死因・県・市町別（総数）
	平均死亡年齢（単年）、選択死因・県・市町別（男）
	平均死亡年齢（単年）、選択死因・県・市町別（女）
	年齢調整死亡率（3年移動平均：人口10万対：直接法）、選択死因・市町別（総数）
	年齢調整死亡率（3年移動平均：人口10万対：直接法）、選択死因・市町別（男）
	年齢調整死亡率（3年移動平均：人口10万対：直接法）、選択死因・市町別（女）
婚姻	平均初婚年齢・初婚者数、同居時の年齢（5歳階級）・仕事別

- (2) 使用するハードウェアは通常の業務で使用しているパソコンとし、ソフトウェアはエクセルを使用した。
- (3) 国から提供された人口動態データ（テキストファイル）を当センターで作成したプログラムを用いてエクセルファイルに変換し、エクセルの

含め、関係者が自由に利用できるようにした。

- (6) 今後、関係機関（健康推進課、保健福祉センター、市町等）の担当者の研修を行い、新システムが最大限活用されるようにしたい。

SUMPRODUCT関数（統計処理用関数）を使ったワークシートで集計できるようにした。これにより、帳表の修正はSUMPRODUCT関数を修正するだけで簡単にできるようになった。

(4) エクセル操作の詳細な手順とともに、帳表の修正手順を記したマニュアルを作成し、プログラムの専門的な知識が無くても業務を遂行できるようにした。

(5) 集計結果は、すべてエクセルファイルの形式で保存・提供できるようにし、過去の電子化した集計結果も

[資 料]

同一の由来及びPFGEパターンでありながら、 CTに対するMIC値が異なるSTEC O157事例

石川県保健環境センター 健康・食品安全科学部 谷村 睦美・北川 恵美子
橋本 喜代一

〔和文要旨〕

2009年8月、県内保健所から、CT添加培地では菌の分離が困難なSTEC O157を分離したとの報告があり、同菌に対するCTのMIC値等の性状を調べた。その結果、既報のとおり、CT添加培地での分離が困難であった菌株は、CTのMIC値が低かった。しかし、今回、単一暴露による事例でありながら、既報とは異なり、同一のPFGEパターンを示すにもかかわらず、CT感受性の異なる菌株が混在する事例があった。このことから、STEC O157感染症発生時の保菌者検索にはいかなる場合でもCTを含まない分離培地の併用が必須であると思われる。

キーワード：STEC O157, CT, MIC値, 病原性関連遺伝子, PFGE

1 はじめに

志賀毒素産生性大腸菌（Shiga toxin-producing *Escherichia coli*；以下STEC）による腸管出血性大腸菌感染症は、「感染症の予防及び感染症の患者に対する医療に関する法律」において、三類感染症に位置づけられており、医師から届出があった場合、当該保健所は感染拡大防止策として接触者等の健康診断を実施する¹⁾。

しかしながら、糞便からの菌の分離培養法についての公定法が示されていないことから、石川県では、STEC O157感染症発生時に実施する接触者等の健康診断（検便）について、その検査法を、腸管出血性大腸菌感染症対応マニュアル（石川県マニュアル）²⁾のなかで定めており、増菌培地及び選択培地ともに、STEC O157が高いMIC値を示す³⁾セフィキシムと亜テルル酸カリウム（以下CT）を添加した培地を用いることとしている。

2007年、児玉ら⁴⁾は、CTに対するMIC（minimum inhibitory concentration；最小発育阻止濃度）値が低い

STEC O157の存在を報告し、STEC O157感染症発生時の保菌者検索には、CTを含まない培地の併用が必要であると提唱した。

今回、再び、CT添加培地では分離が困難であったSTEC O157の報告を受け、分離株のMIC値等の性状を調べたので、報告する。

2 材料と方法

2・1 使用菌株

CT添加培地で菌分離が困難であった株として、2009年8月に南加賀保健所管内から報告があった8株（4事例；Ⅰ，Ⅱ，Ⅲ，Ⅳ）と2007年分離の2株（2事例；Ⅴ，Ⅵ）及び2008年分離の1株（1事例；Ⅶ）を使用した。また、対照として2009年に県内の異なる事例から分離されたSTEC O157 3株（3事例；Ⅷ，Ⅸ，Ⅹ）を使用した。

なお、これらの菌株は、県内の医療機関や検査センターにおいて、CTを含まない培地を用いて分離された株であり、2007年分離の2株（2事例；Ⅴ，Ⅵ）は児玉らが

Examination of STEC (Shiga Toxin-producing *Escherichia Coli*) O157 that MIC Value to CT (Cefixime and Potassium Tellurite) is Different. by TANIMURA Mutsumi, KITAGAWA Emiko and HASHIMOTO Kiyokazu (Health and Food Safety Department, Ishikawa Prefectural Institute of Public Health and Environmental Science)

Key words : STEC O157, CT, MIC value, Pathogenic gene, PFGE

報告した事例⁴⁾の南加賀株及びA'である。

2・2 使用培地

(1) 感受性測定用培地

感性ディスク用培地（日水製薬）

(2) 選択分離培地

ソルビトールマッコンキー寒天培地（SMAC；OXOID）にCTサプリメント（CFIX 0.025mg, PT 1.25 mgを含む；OXOID）を添加したCT-SMAC培地（最終濃度；CFIX 0.05 μ g/mL, PT 2.5 μ g/mL）

(3) 増菌培地

トリプトソーヤバイオン（TSB；日水製薬）にCTサプリメントを添加したCT-TSB培地（最終濃度；CFIX 0.05 μ g/mL, PT 2.5 μ g/mL）

2・3 検討方法

(1) CTに対するMIC値

2007～2009年にかけて分離したSTEC O157 14株について、CTに対するMIC値を測定した。

なお、検討した薬剤濃度は、CFIX；0.2～0.0125 μ g/mL, PT；10～0.63 μ g/mLまでのそれぞれ5段階である。

(2) CT-SMAC培地における発育

2007～2009年にかけて分離したSTEC O157 14株について、CT-SMAC培地で発育が可能であるかを調べた。

すなわち、使用菌株14株をTSB培地で37℃ 24時間培養した増菌液について、その10 μ LをCT-SMAC培地に塗布し、37℃ 24時間培養後の集落の形成を観察した。CTを含まないSMAC培地にも同時に塗布し、CT-SMAC培地での発育と比較することにより、CTによる発育抑制効果を確認した。

なお、各増菌液の菌数を標準寒天培地による混釈平板培養法で測定した結果、 $6.6 \times 10^8 \sim 1.7 \times 10^9$ cfu/mLであったことから、CT-SMAC培地及びSMAC培地に塗布した菌数は $6.6 \times 10^6 \sim 1.7 \times 10^7$ cfuであることが確認された。

(3) CT-TSB培地における発育

2007～2009年にかけて分離したSTEC O157 14株について、CT-TSB培地で発育が可能であるかを調べた。

すなわち、使用菌株14株を10cfu/mLになるように調整した菌液1 mLをCT-TSB培地に添加し、37℃ 18時間培養後の菌数を測定した。菌数の測定は（2）と同様に実施した。また、CTを含まないTSB培地についても同様に実施し、CTによる発育抑制効果を確認した。

CT-TSB培地に発育した菌の性状を調べるため、18時間培養後の菌液10 μ LをCT-SMAC培地及びSMAC培地に塗布し、37℃ 24時間培養後の集落の形成を確認した。

(4) 病原性関連遺伝子の検出

2007～2009年にかけて分離したSTEC O157 14株につ

いて、倉本ら⁵⁾及び塚本ら⁶⁾が報告した方法に従い、PCR法により、病原性関連遺伝子の検出を行った。今回検索した標的遺伝子は、*eaeA*、*aggR*、*bfpA*、*astA*及び*saa*の5種類である。

(5) 分離株の遺伝子解析

2007～2009年にかけて分離したSTEC O157 14株について、パルスフィールドゲル電気泳動（PFGE）法による遺伝子解析を寺嶋らの方法⁷⁾に準じて実施した。

3 結 果

3・1 CTに対するMIC値

2009年8月の事例Ⅰ～Ⅳの8株のO157のCFIX及びPTに対するMIC値は、事例Ⅰの4株中1株を除き、CFIXが0.0125 μ g/mL未満、PTは0.63 μ g/mL未満であった。なお、事例Ⅰの1株は、CFIXが0.05 μ g/mL、PTが2.5 μ g/mLであった。

2007年及び2008年分離の3株は、いずれもCFIXが

表1 CTに対するMIC値

事例	株数	分離した年	MIC値（ μ g/mL）	
			セフィキシム	亜テルル酸カリウム
Ⅰ	3	2009	<0.0125	<0.63
	1	2009	0.05	2.5
Ⅱ	1	2009	<0.0125	<0.63
Ⅲ	2	2009	<0.0125	<0.63
Ⅳ	1	2009	<0.0125	<0.63
Ⅴ	1	2007	<0.0125	<0.63
Ⅵ	1	2007	<0.0125	<0.63
Ⅶ	1	2008	<0.0125	<0.63
Ⅷ	1	2009	0.2	10
Ⅸ	1	2009	0.2	10
Ⅹ	1	2009	0.2	10
計	10	14		

表2 CT-SMAC培地における発育

	株数	分離した年	発育の有無*	
			CT-SMAC培地	SMAC培地
Ⅰ	3	2009	—	+
	1	2009	+	+
Ⅱ	1	2009	—	+
Ⅲ	2	2009	—	+
Ⅳ	1	2009	±	+
Ⅴ	1	2007	—	+
Ⅵ	1	2007	—	+
Ⅶ	1	2008	—	+
Ⅷ	1	2009	+	+
Ⅸ	1	2009	+	+
Ⅹ	1	2009	+	+
計	10	14		

*集落形成の有無で表示

（—；発育せず，±；1～3個，+；4個以上）

0.0125 $\mu\text{g/mL}$ 未満, PTは0.63 $\mu\text{g/mL}$ 未満であった。

また, 対照の 3 株については, いずれも CFIX が $0.2 \mu\text{g/mL}$, PT が $10 \mu\text{g/mL}$ であった (表 1)。

3・2 CT-SMAC 培地における発育

CFIX 及び PT の MIC 値が 0.0125 $\mu\text{g/mL}$ 未満, 0.63 $\mu\text{g/mL}$ 未満であった 11 株はいずれも CT-SMAC 培地での発育が抑制されたが, その他の株では発育が認められた (表 2)。

3・3 CT-TSB 培地における発育

CT-TSB 培地における 18 時間培養後の菌数は CT に対する MIC 値にかかわらず, いずれも 10^8cfu/mL 以上であり, 良好な発育が認められた。

また, CT-TSB 培地の培養液の CT-SMAC 培地及び SMAC 培地における発育は, SMAC 培地では使用菌株すべての発育が認められたが, CT に対する MIC 値が低い菌株は, CT-TSB 培地で発育しているにもかかわらず, CT-SMAC 培地での発育は抑制された (表 3)。

3・4 病原性関連遺伝子の検出

CT 添加培地での発育の有無にかかわらず, 使用菌株すべてから, *eaeA* 遺伝子のみが検出された。(表 4)。

3・5 分離株の遺伝子解析

PFGE 法による遺伝子解析の結果, 2009 年の事例 I と II 及び事例 IV と 2007 年の事例 V, VI の分離株はそれぞれ非常に類似したパターンを示しており, それらと事例 III, VII とはいずれも 4~6 バンドの違いであった。また, それらと対照とした事例 VIII, IX, X の分離株とは 7 バンド以上の違いであった。

MIC 値の高かった 1 株を含む事例 I は, 4 株すべてが, 同一パターンを示していた (図 1)。

4 考 察

(1) 初発患者の CT 感受性と保菌者検索

CT 添加培地で分離が困難であった菌株は, CT に対する感受性が高く, CT-SMAC 培地での発育は抑制される。STEC の細菌学的特性は様々であることから, 保健所等

表 3 CT-TSB 培地における発育

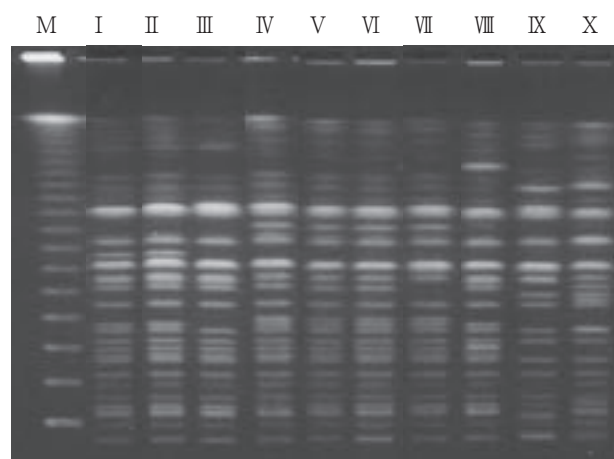
事例	株数	分離した年	18 時間培養後の菌数 (cfu/mL)		分離培地での発育*	
			CT-TSB 培地	TSB 培地	CT-SMAC 培地	SMAC 培地
I	3	2009	4.5×10^8	6.6×10^8	—	+
			4.5×10^8	8.2×10^8	—	+
			3.6×10^8	7.7×10^8	—	+
II	1	2009	4.8×10^8	6.6×10^8	+	+
			5.3×10^8	7.4×10^8	—	+
III	2	2009	4.8×10^8	6.6×10^8	—	+
			3.8×10^8	7.7×10^8	—	+
IV	1	2009	4.3×10^8	8.1×10^8	—	+
V	1	2007	8.5×10^8	1.7×10^9	—	+
VI	1	2007	7.7×10^8	1.7×10^9	—	+
VII	1	2008	3.9×10^8	7.8×10^8	—	+
VIII	1	2009	5.5×10^8	6.8×10^8	+	+
IX	1	2009	4.8×10^8	7.1×10^8	+	+
X	1	2009	3.7×10^8	8.0×10^8	+	+
計	10	14				

*集落形成の有無で表示

(—: 発育せず, ±: 1~3 個, +: 4 個以上)

表 4 病原性関連遺伝子の検出結果

事例	株数	分離した年	病原性関連遺伝子				
			<i>eaeA</i>	<i>aggR</i>	<i>bfpR</i>	<i>astA</i>	<i>saa</i>
I	4	2009	+	—	—	—	—
II	1	2009	+	—	—	—	—
III	2	2009	+	—	—	—	—
IV	1	2009	+	—	—	—	—
V	1	2007	+	—	—	—	—
VI	1	2007	+	—	—	—	—
VII	1	2008	+	—	—	—	—
VIII	1	2009	+	—	—	—	—
IX	1	2009	+	—	—	—	—
X	1	2009	+	—	—	—	—
計	10	14					



M: Size Marker I~X: 各事例の分離株

図 1 STEC O157 の PFGE パターン

における保菌者検索は、CTに対する感受性も含め、初発患者の菌株の性状を参考に行うことが多い。

今回、同一事例の報告で、4株中1株だけがCTに対する感受性が高いという事例があった。これは、同一家族で、発症時間や喫食調査の結果から単一暴露と考えられた事例である。この事例では、初発患者の菌株がCT添加培地で分離が困難であったことから、保菌者検索はCTを含まない培地で行っているが、逆に初発患者の菌株がCT添加培地で分離可能で、保菌者にCT感受性の高い菌株が混在するようなケースでは、CT添加培地を中心に保菌者検索を行うことにより、CT感受性の高い菌株の保菌者を見逃す危険がある。

STEC O157感染症発生時の保菌者検索のCTを含まない培地併用の必要性については、児玉ら⁴⁾も述べているが、初発患者の菌株がCT添加培地に発育してもこのようなケースがあるので、保菌者検索には必ずCTを含まない培地の併用が必要である。

(2) PFGEパターン、*eaeA* 遺伝子と保菌者検索

児玉ら⁴⁾はPFGEパターンが同一または類似した菌株は、CTに対する感受性が同じであったと報告している。しかし、今回、同一事例でPFGEパターンが全く同じでありながら、MIC値が異なる株の混在を認めた。

更に、本事例の菌株は、CT添加培地での発育が抑制されているにもかかわらず、病原性関連遺伝子*eaeA*が検出された。CT感受性株として報告されているSTEC O8, O91, O119, O150, O165等が*eaeA* 遺伝子をほとんど保有していない⁸⁾ことから、CT添加培地における発育とこの遺伝子との関連が言われている⁹⁾。しかし、今回、上記のような菌株が見つかり、これらの病原性を発現させる可能性の高い菌株を見逃すことは、公衆衛生学的に非常に危険をはらんでいる。

このように、今回新たにわかった二つの事実からも、いかなる場合でも、保菌者検索にはCTを含まない培地の併用が必須と考えられる。

5 まとめ

CTに対する感受性が高い菌株は、同一事例の中でも混在する可能性がある。また、その菌株はPFGEパターンを含め、CT感受性以外の性状が同じ場合も考えられる。このことから、STEC O157感染症発生時の保菌者検索には、初発患者からの分離株の性状にとらわれず、必ずCTを含まない培地を併用する必要がある。

なお、今回報告した事例は県内で検出されるSTEC

O157のごく一部でしかないことから、今後は更に広く検証し、ケースを積み上げていくことにより、CT感受性の高い菌株の実態を明らかにし、結果によっては、石川県マニュアルの改訂も必要と考えている。

本報告は「セフィキシム、亜テルル酸カリウムに対するMIC値が低い志賀毒素産生性大腸菌O157とその検査法に関する検討」⁴⁾の続報として記載した。

文 献

- 1) 感染症の予防及び感染症の患者に対する医療に関する法律（平成10年10月2日法律第114号）第6条第4項、第12条第1項及び第17条第1項
- 2) 石川県健康福祉部：腸管出血性大腸菌感染症対応マニュアル（2005）
- 3) 岡崎則男，鈴木理恵子，佐多 辰，大沢 朗，鈴木裕子，山井志朗，和田昭仁，渡辺治雄：ペロ毒素産生性大腸菌（VTEC）O157の増菌培養に関する基礎的検討，日本細菌学雑誌，**52**，505-511（1997）
- 4) 児玉洋江，新川晶子，本庄峰夫，芹川俊彦：セフィキシム，亜テルル酸カリウムに対するMIC値が低い志賀毒素産生性大腸菌O157とその検査法に関する検討，石川県保健環境センター研究報告書，**45**，7-11（2008）
- 5) 倉本早苗，黒崎直子，芹川俊彦：健常者から分離された腸管出血性大腸菌の菌学的特性，石川県保健環境センター研究報告書，**39**，1-7（2002）
- 6) 塚本定三，山崎伸二，牧野壮一：ヒトおよび動物由来の志賀毒素産生性大腸菌の*eae*（Intimin型）および*saa*遺伝子保有状況，日本食品微生物学会雑誌，**20**，191-195（2003）
- 7) 寺嶋 淳，泉谷秀昌，伊豫田淳，三戸部治郎：国立感染症研究所細菌第一部発行：新興・再興感染症研究事業「食品由来感染症の細菌学的指標のデータベース化に関する研究；国立感染症研究所研究班」報告書（2004）
- 8) 中村祥子，江藤良樹，濱崎光宏，村上光一，竹中重幸，堀川和美：福岡県で分離された稀な血清型の志賀毒素産生性大腸菌について，福岡県保健環境研究所年報，**35**，59-64（2008）
- 9) 八柳 潤，齊藤志保子：CT-SMAC平板のNon-O157 STEC分離培地としての有用性－秋田県，病原微生物検出情報，**20**，117，（1999）

〔資 料〕

石川県における麻疹対策の評価

— 麻疹ウイルスの抗体調査（感染症流行予測調査事業：2007～2009年）より —

石川県保健環境センター 健康・食品安全科学部

倉本 早苗・児玉 洋江・杉盛 耕益
尾 西 一

〔和文要旨〕

国の感染症流行予測調査事業（2007～2009年）により、石川県内在住者695人を対象に麻疹ウイルスの抗体保有状況を年齢階層別に調査した。その結果、感染防御に有効な1:64以上の抗体価保有者は、いずれの年も0～1歳を除き各年齢階層で80%を超えていた。一方、1:512以上の高抗体価保有者の割合は、2009年の4～24歳のみで前2年と比べて高率であった。また、調査対象者の麻疹の予防接種率は調査期間中に年々高くなっていったが、これは石川県における2002年からの「石川県麻疹迅速把握事業」ならびに、2008年からの国の「麻疹排除計画」による種々の対策や、2007年の全国的麻疹流行のマスコミ報道等により、追加予防接種対象者のみならず、ほかの年齢階層に対しても予防接種が促されたためと考えられる。

一方、今回の3年間の結果と1999年の調査結果を比較したところ、今回は、ほぼ全年齢階層において10年前より高抗体価保有者の割合が下がってきていることがわかった。これは、近年、麻疹の流行が少なくなりブースター効果の獲得機会が減少したため、この状態が続けば年月とともに更に抗体価が低下する可能性が大きい。そして、抗体価の低下した人々の増加に伴い、麻疹の再流行が危惧されるが、今回の調査結果から予防接種体制の強化により、その危惧を回避することが可能と思われた。

キーワード：麻疹ウイルス、抗体価、予防接種、麻疹排除

1 はじめに

WHOによる2007年の「西太平洋地域からの麻疹排除宣言」¹⁾を受け、我が国では2008年より麻疹排除計画²⁾を実施しているが、石川県では全国に先駆け2002年より麻疹患者の全数把握を行う「石川県麻疹迅速把握事業³⁾」などの様々な対策を講じてきた。

一方、国は1962年から感染症流行予測調査事業^{4) 5)}（以下、流行予測調査事業）を実施しており、この中で1978年から麻疹の感受性調査（麻疹ウイルスの抗体調査）を行っている。当センターでは2007年から同調査に参加し

ているが、同年には全国的な成人を中心とした麻疹の流行^{6) - 8)}があり、この時期の同調査の結果は非常に意義が大きい。

本報では、2007年から2009年までの流行予測調査事業結果から、石川県における麻疹対策の成果を検証するとともに、今後の麻疹流行予測について考察する。

2 対象および方法

2・1 対象

麻疹ウイルスの抗体価の測定には、県医師会ならびに県内医療機関（成人：内科医療機関計24機関、小児：県

Evaluation of Measles Elimination Programs from Surveillance of Antibody to Measles Virus during 2007–2009 in Ishikawa. by KURAMOTO Sanae, KODAMA Hiroe, SUGIMORI Koueki and ONISHI Hajime (Health and Food Safety Department, Ishikawa Prefectural Institute of Public Health and Environmental Science)

Key words : Measles Virus, Antibody Titer, Vaccination, Measles Elimination

表1 麻疹ウイルスの抗体調査における調査対象者数（年齢階層別）
(人)

年齢階層 (歳)	0～1	2～3	4～9	10～14	15～19	20～24	25～29	30～39	40以上	計
2007年	8	11	24	14	20	28	30	45	56	236
2008年	17	9	17	16	20	22	27	43	41	212
2009年	37	21	20	18	18	23	21	35	54	247

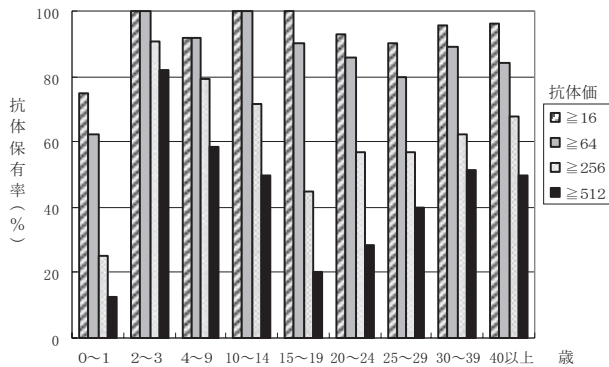


図1 2007年における麻疹ウイルスの抗体保有状況
(年齢階層別)

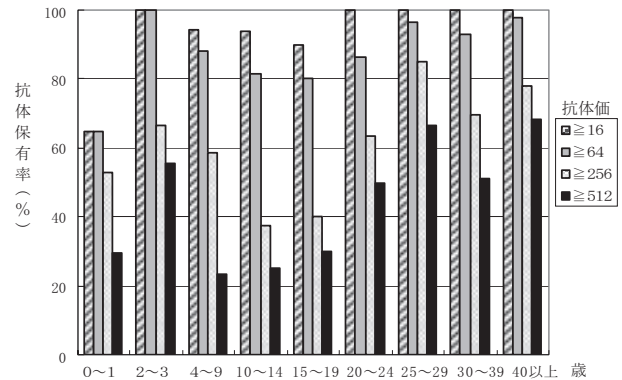


図2 2008年における麻疹ウイルスの抗体保有状況
(年齢階層別)

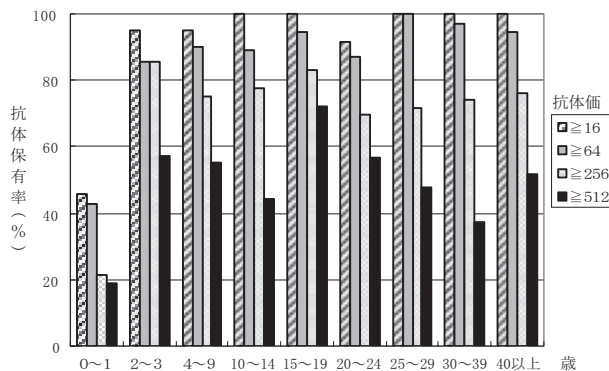


図3 2009年における麻疹ウイルスの抗体保有状況
(年齢階層別)

立中央病院小児科)の協力により、2007～2009年の7～9月に県内在住調査協力者から採取された血清を使用した。なお、これらの協力者(以下、調査対象者)は、流行予測調査事業実施要領に従い、年齢により9階層(0～1歳、2～3歳、4～9歳、10～14歳、15～19歳、20～24歳、25～29歳、30～39歳、40歳以上)に分け、各階層は25人程度を目途とした。

2・2 方法

麻疹ウイルスの抗体価は、麻疹ウイルス抗体価測定キット(富士レビオ社)を使用し測定した。なお、方法はキット添付解説書に従った。

また、調査対象者に対して、年齢、性別、予防接種歴、罹患歴などのアンケートを採血時に実施した。

3 結果

3・1 麻疹ウイルス抗体保有状況

各年において、実際に採取された年齢階層別の調査対象者数は表1に示したとおりで、2007年が236人、2008年が212人、2009年が247人であった。

各年における年齢階層別の麻疹ウイルスの抗体保有状況は図1～3のとおりである。抗体陽性者(抗体価1:16以上の人)は、いずれの年でも0～1歳を除く各年齢階層において、ほぼ95%を超えていた。また、1:64以上の抗体価保有者は、0～1歳を除く各年齢階層で全て80%を超えていた。一方、1:512以上の高抗体価保有者は、2007年では15～24歳で、また2008年では4～19歳でそれぞれ40%未満と、ほかの階層に比べて低かったが、2009年の4～24歳では前2年と比べて高くなっていた。

3・2 麻疹予防接種歴

各年における調査対象者の麻疹予防接種歴を表2に示した。

各年における予防接種歴を比較すると、特に10歳以上の年齢階層において年々接種率が高くなる傾向がみられ、またこれらのうち、ここ5年以内に接種した人の割合が明らかに増加していた(図4)。

4 考察

(1) 麻疹対策の成果検証

WHOは麻疹排除の指標の一つとして、「麻疹の予防

表2 調査対象者の麻疹予防接種歴

(人)

年齢階層 (歳)	2007年			2008年			2009年		
	対象者数	予防接種歴のある人 (%)	うち5年以内の接種者 (%)	対象者数	予防接種歴のある人 (%)	うち5年以内の接種者 (%)	対象者数	予防接種歴のある人 (%)	うち5年以内の接種者 (%)
0～1	8	5 (62.5)	5 (100.0)	17	11 (74.7)	11 (100.0)	37	14 (37.8)	14 (100.0)
2～3	11	10 (90.9)	10 (100.0)	9	8 (88.9)	8 (100.0)	21	20 (95.2)	20 (100.0)
4～9	24	23 (95.8)	9 (39.1)	17	16 (94.1)	8 (50.0)	20	19 (95.0)	17 (89.5)
10～14	14	13 (92.9)	1 (7.7)	16	14 (87.5)	0 (0.0)	18	18 (100.0)	5 (27.8)
15～19	20	16 (80.0)	0 (0.0)	20	16 (80.0)	3 (18.8)	18	15 (83.3)	6 (40.0)
20～24	28	11 (39.3)	1 (9.1)	22	13 (59.1)	3 (23.1)	23	15 (65.2)	7 (46.7)
25～29	30	11 (36.7)	1 (9.1)	27	16 (59.3)	6 (37.5)	21	16 (76.2)	7 (43.8)
30～39	45	10 (22.2)	1 (10.0)	43	14 (32.6)	3 (21.4)	35	16 (45.7)	7 (43.8)
40以上	56	6 (10.7)	0 (0.0)	41	4 (9.8)	1 (25.0)	54	9 (16.6)	4 (44.4)
計	236	105 (44.5)	28 (26.7)	212	112 (52.8)	43 (38.4)	247	142 (57.5)	87 (61.3)

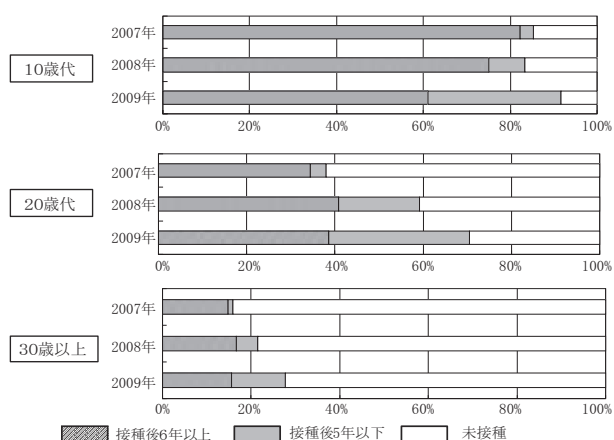


図4 10歳以上の調査対象者における麻疹予防接種歴の推移(2007～2009年)

接種率が95%以上であること」をあげている¹⁾。我が国の麻疹定期予防接種は表3に示したように、近年になって平成18年度(2006年)からの第2期予防接種と平成20年度(2008年)からの「麻疹排除計画」による第3期、4期予防接種が新たに開始された。当県における2008年の第1期～4期の予防接種率⁹⁾は95%には達していないが、それぞれ93.9%, 94.8%, 92.5%, 86.6%と、かなり良好な結果であった。また、今回の調査期間中において、調査対象者で予防接種歴のある人の割合が年々高くなっており、しかも追加予防接種対象年齢である第2期(就学前; 5～6歳)、第3期(中学1年生; 12～13歳)および第4期(高校3年生; 17～18歳)以外の年齢階層においても予防接種歴のある人の割合が高くなっていった。これは、前述の様々な麻疹対策や、2007年の麻疹流行時におけるマスコミ報道などにより県民全体の意識が向上したことによるものと推測される。

表3 麻疹の定期予防接種スケジュール

		接種対象者	開始時期	接種開始時接種者の2010年3月現在の年齢
定期予防接種	第1期	1歳から2歳未満	昭和53年度(1978年)	32歳
	第2期	5歳から7歳未満で小学校就学前1年間の者	平成18年度(2006年)	9歳
	第3期*	中学校1年生に相当する1年間の者	平成20年度(2008年)	14歳
	第4期*	高校3年生に相当する1年間の者	平成20年度(2008年)	19歳

*：平成20年度から平成24年度の5年間で予定

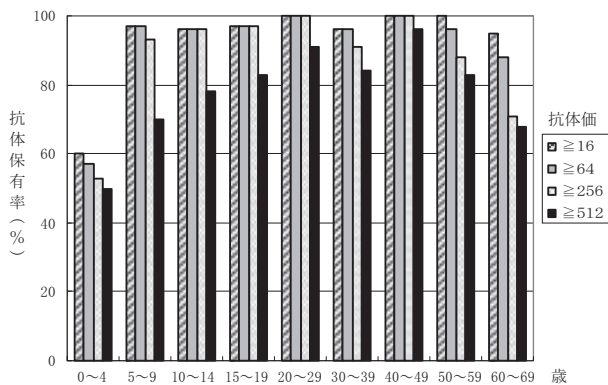


図5 1999年における麻疹ウイルスの抗体保有状況 (年齢階層別)

このような麻疹予防接種率の向上は、以下のように今回の調査結果にもあらわれている。1点目は、麻疹の感染防御に有効とされる抗体価については様々な議論^{10)~12)}のあるところではあるが、一般的に有効とされる1:64以上の抗体を保有する人の割合が、今回の3年間の調査期間を通して、0~1歳を除く全ての年齢階層で80%を超えていたこと。2点目は、2009年の調査結果において、4~24歳の高抗体価(1:512以上)保有者が前2年と比べて多い傾向であったことである。なお、最初に麻疹の定期予防接種(対象年齢1歳)が開始されたのが昭和53年度(1978年)であることから(表3)、今回の調査対象者のうち、30歳以下でここ5年以内に予防接種を受けた者の多くは2回目の接種と考えられ、これらの結果は2回目の追加予防接種によるブースター効果¹³⁾によるものと思われる。

(2) 今後の流行予測

一方、当センターにて実施した1999年の調査¹⁴⁾において、1:16以上の抗体価保有者は5歳以上の全年齢階層で95%を超えており、また1:512以上の高抗体価保有者は5歳以上の全年齢階層で70%以上であった(図5)。これと今回の調査結果を比較すると、この10年間に高抗体価保有者の割合が下がっていることがわかった。近年の麻疹対策、特に予防接種体制の強化により、10年前に比較し患者数が減少していることは感染症発生動向調査結果^{15) 16)}からも明らかである。すなわち、麻疹流行の減少により自然感染によるブースター効果の獲得機会が減少し、高抗体価保有者の割合が低下したものと考えられる。

近年の麻疹に関するサーベイランス体制や予防接種体制の強化により、ここ数年間の県民の麻疹抗体価上昇は今回の調査結果からも明らかで、2012年までの麻疹排除計画が着実に進んでいることは間違いない。一方、1999年の調査結果との比較から、今後予防接種によるブースター効果の獲得を怠り、低抗体価保有者(感受性者)が

増加すれば、SVF (secondary Vaccine Failure: 抗体価が減衰したため罹患すること)^{17) 18)} などにより麻疹が再流行する可能性も否定できない。しかし、今回の3年間の調査結果から、2回以上の予防接種により集団の抗体価は顕著に上昇することが明かで、今後も継続して予防接種体制を強化する必要がある。

以上のことから、今後の麻疹排除過程の評価として、また排除後の再流行阻止のためにも、継続した県民の抗体保有状況の把握ならびに患者発生動向の監視を行う必要がある。

5 まとめ

(1) 麻疹対策の成果検証

2007~2009年に、石川県在住者について麻疹ウイルスの抗体調査を実施した結果、いずれの年も2歳以上の年齢階層においては80%以上の人が十分な抗体(抗体価1:64以上)を保有していた。また、1:512以上の高抗体価保有者の割合は、2007年では15~24歳で、また2008年では4~19歳でそれぞれ40%未満と低かったが、2009年の4~24歳では前2年と比べて高くなっていった。なお、調査対象者の予防接種率は年々高くなり、その傾向は麻疹排除計画等による追加予防接種対象者以外の年齢階層にも及んでいた。これらの結果から、近年の県および国の麻疹対策は有効であり、今後も継続する必要がある。

(2) 今後の流行予測

1999年と2007~2009年の麻疹ウイルスの抗体調査結果を比較すると、10年前に比べ近年の県民の麻疹抗体価が低い傾向にあるため、今後の再流行が危惧される。しかし、今回の調査結果から、予防接種体制の強化により再流行を回避することが可能であると思われる。

当センターでは2008年度から麻疹を対象とした調査研究「麻しん診断の適正化および予防対策に関する基礎的検討」を実施しており、本報の調査結果を使用して検討している。なお、当該調査研究にあたり、調査対象者の個人情報に関する扱い等は、当センターの疫学倫理審査委員会において承認されている。

文 献

- 1) 岡部信彦: WHO西太平洋地域事務局 (EPRO) における麻疹対策, 病原微生物検出情報 (月報), **28** (9), 261-262 (2007)
- 2) 厚生労働省健康局結核感染症課: 「麻疹排除計画」と今後の麻疹対策について, 病原微生物検出情報 (月報), **28** (9), 260-261 (2007)
- 3) 倉本早苗, 大矢英紀, 尾西 一, 芹川俊彦, 菊地修一,

- 近藤邦夫：石川県における「麻疹迅速把握事業」とウイルス学的検査、病原微生物検出情報（月報），**28**（8），221-223（2007）
- 4）多屋馨子，佐藤 弘，山本久美，北本理恵，岡部信彦：2009年度麻疹血清疫学調査ならびに予防接種率調査-2009年度感染症流行予測調査中間報告（2010年1月現在速報）-，病原微生物検出情報（月報），**31**（2），36-39（2010）
- 5）厚生労働省健康局結核感染症課，国立感染症研究所感染症情報センター：平成19年度感染症流行予測調査報告書（2010）
- 6）岡部信彦：最近の国内外における麻疹の疫学状況と麻疹排除の動き，臨床と微生物，**35**（1），3-9（2008）
- 7）「特集」麻疹2006～2007年，病原微生物検出情報，**28**（9），239-240（2007）
- 8）倉本早苗，大矢英紀，尾西 一：石川県における麻疹の発生状況とウイルス学的検査状況（2007年），石川県保健環境センター研究報告書，**45**，56-60（2008）
- 9）厚生労働省，平成20年度麻疹風しん予防接種（第1期～第4期）実施状況，<http://www.mhlw.go.jp/bunya/kenkou/kekkaku-kansenshou21/index.html>，2010年5月27日
- 10）地主 勝，伊木繁雄，長野秀樹，奥井登代，岡野素彦：2007年度の北海道における麻疹PA抗体保有調査，北海道衛生研究所所報，**58**，69-71（2008）
- 11）上野伸広，新川奈緒美，御供田睦代，石谷完二，吉國謙一郎，蔵元 強，宮田義彦：麻疹，風疹抗体調査の結果と考察，鹿児島県保健環境センター研究報告書，**7**，80-82（2006）
- 12）小川知子，齊加志津子，篠沢邦子，一戸貞人：麻疹の診断および抗体保有に関する検討，平成21年度厚生労働科学研究費補助金「ウイルス感染症の効果的制御のための病原体サーベイランスシステムの検討」報告書，115-120（2010）
- 13）中山哲夫：麻疹関連ワクチンに関する最近の知見，臨床と微生物，**35**（1），17-22（2008）
- 14）米澤由美子，大矢英紀，尾西 一，庄田丈夫：石川県における麻疹ウイルスの抗体調査，北陸公衆衛生学会誌，**27**，32（2000）
- 15）国立感染症研究所感染症情報センター，感染症発生動向調査（IDWR）年報，<http://idsc.nih.go.jp/idwr/ydata/report-Jb.html>，2010年5月27日
- 16）国立感染症研究所感染症情報センター，感染症発生動向調査（IDWR）週報，<http://idsc.nih.go.jp/idwr/pdf-j.html>，2010年5月27日
- 17）岡田晴恵：麻疹IgG抗体のavidity測定の臨床的意義，病原微生物検出情報（月報），**25**（3），74-75（2004）
- 18）高山直秀：当院における22年間の麻疹入院患者年齢分布の変遷，感染症学雑誌，**77**（7），488-492（2003）

〔資 料〕

石川県におけるインフルエンザ流行状況

— 2009/10シーズン 新型インフルエンザ（A/H1N1）発生を受けて —

石川県保健環境センター 健康・食品安全科学部

見玉 洋江・倉本 早苗・杉盛 耕益
尾西 一

〔和文要旨〕

石川県における2009/10シーズンのインフルエンザの流行は、2009年4月にメキシコおよび米国に端を発した新型インフルエンザA/H1N1（以下、AH1pdm）の発生により、例年とは全く異なる様相を呈した。当センターでは国立感染症研究所の協力を得て、迅速にAH1pdmウイルスの遺伝子検出や分離培養を実施できる体制を整備した。2010年第26週までに、国（厚生労働省）の通知等に基づく新型インフルエンザサーベイランス等によるウイルス検査依頼件数は621件あり、そのうち508件（81.8%）からインフルエンザウイルスの遺伝子が検出された（AH1pdm496件、A香港型11件、Aソ連型1件）。また、621件中301件についてインフルエンザウイルスの分離を行った結果、151件（50.2%）からウイルスが分離された（AH1pdm145株、A香港型6株）。分離されたAH1pdmウイルス145株はいずれもワクチン株の類似株であり、このうち27株についてオセルタミビル耐性株の検索を行ったが、いずれも感受性株であった。

キーワード：インフルエンザ、新型インフルエンザ

1 はじめに

インフルエンザウイルスの分離および抗原解析は、以前は感染症流行予測調査事業の感染源調査として実施していたが、1981年の感染症発生動向調査事業の開始に伴い、以後これに基づき実施されることとなった。当センターでは、これらの事業に基づき石川県におけるインフルエンザウイルスの検査を実施してきたが、2009/10シーズンはAH1pdmの発生を受け、新たな体制整備を必要とした。

本報では、当県におけるインフルエンザの流行状況と分離ウイルスの抗原性状について報告する。なお、インフルエンザの流行は、終息時期の患者発生は散発的であり、流行シーズン終了の決められた規則は無いことから、本報告のための集計時期に合わせ、一応のシーズンの区

切りをつけている。本報の集計は全て2009年第18週（4月27日～5月3日）から2010年第26週（6月28日～7月4日）までとした。

2 材料と方法

2・1 新たな体制整備

(1) AH1pdmにかかる各種サーベイランス

厚生労働省の2009年4月29日付通知¹⁾により、AH1pdm患者と濃厚接触または発生地域に滞在したもので、38℃以上の発熱、急性呼吸器症状があり、迅速診断キットでA型陽性（ただし陰性であっても医師が臨床的に感染を強く疑う場合を含む）の患者を疑似症患者とし、また病原体の遺伝子検出等により検査診断された患者を確定患者として届出ることが定められた（以下、全数把握）（図1）。

Prevalence of Influenza during 2009–2010 in Ishikawa including Pandemic (H1N1) 2009. by KODAMA Hiroe, KURAMOTO Sanae, SUGIMORI Koueki, ONISHI Hajime (Health and Food Safety Department, Ishikawa Prefectural Institute of Public Health and Environmental Science)

Key words : Influenza, AH1pdm

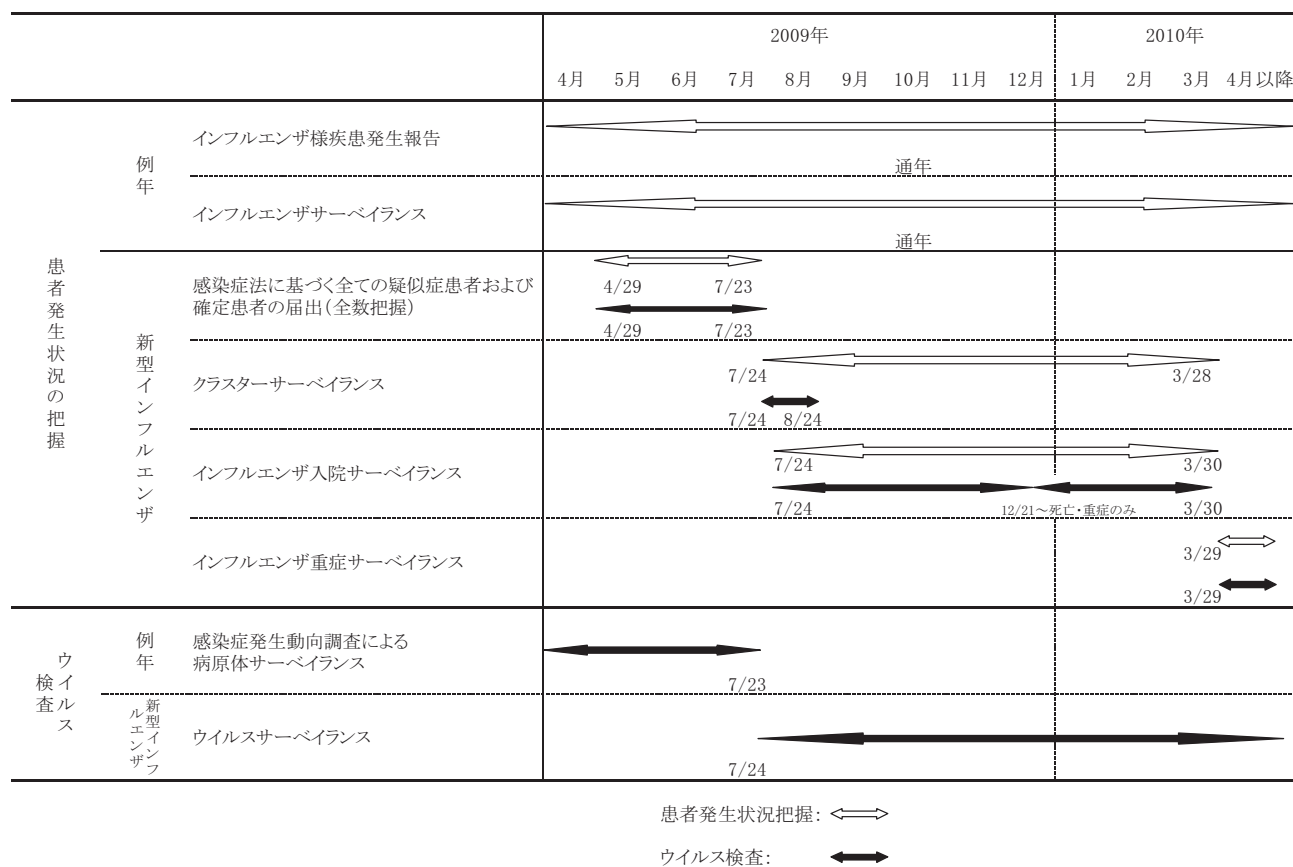


図 1 AH1pdmにかかる各種サーベイランス

7月24日²⁾には、届出の対象は、集団的な発生が疑われる場合のみとなり、これ以降、国の通知³⁻⁶⁾に基づき、AH1pdmに係るサーベイランスが実施された(図1)。

当センターでは、全数把握、クラスターサーベイランス、インフルエンザ入院サーベイランス(以下、入院サーベイランス)、インフルエンザ重症サーベイランス(以下、重症サーベイランス)、ウイルスサーベイランスについて遺伝子検出および分離・同定検査等のウイルス検査を実施した。

(2) 検査体制の整備

海外でのAH1pdm患者発生を受け、国立感染症研究所(以下、感染研)よりAH1pdm検出試薬が配布された。これにより、5月6日から当センターにおいてリアルタイム RT-PCR法によるAH1pdm遺伝子の検出が可能となった。さらに9月には感染研からAH1pdmウイルス同定試薬とオセルタミビル耐性株検索用試薬の送付があり、AH1pdmウイルスの同定およびオセルタミビル耐性株の検査が可能となった。

2・2 患者発生状況

(1) 集団かぜ患者発生状況

学校などを対象とした「インフルエンザ様疾患発生報告」(集団かぜ発生状況)により把握した(図1)。

(2) インフルエンザ患者の発生状況

感染症発生動向調査の県内48定点医療機関(インフルエンザ定点19, 小児科定点29)を対象としたインフルエンザサーベイランスにより把握した。

2・3 ウイルス検査

(1) 材料

インフルエンザ様の症状を呈する患者から採取された咽頭または鼻腔ぬぐい液を検体とした。

(2) 検査方法

ア インフルエンザウイルスの遺伝子検出

A型インフルエンザウイルスの遺伝子検出はTaqMan Probeを用いたリアルタイムOne-step RT-PCR法により、M遺伝子(A型インフルエンザウイルス)、SWH1HA遺伝子(AH1pdmウイルス)、H1HA遺伝子(Aソ連型インフルエンザウイルス)およびH3HA遺伝子(A香港型インフルエンザウイルス)の検出を同時に行った。リアルタイム RT-PCR法はアプライドバイオシステムズ社製の機器(7500Fastおよび7000)を使用し、感染研より配布されたプライマー、プローブを用いて、病原体検査マニュアル^{7) 8)}に従い実施した。また、B型インフルエンザウイルスの遺伝子検出は病原体検査マニュアル⁹⁾に従ってRT-PCR法により実施した。なお、RNAの抽出にはQIAamp Viral Mini Kit(QIAGEN社)を用

いた。

イ インフルエンザウイルス分離

トリプシン添加MDCK細胞を用いて実施した。

ウ 分離ウイルスの型別とHA抗原性状

感染研より分与された今シーズン抗原解析用キットの感染フェレットの抗血清と0.5%モルモット血球を用いて赤血球凝集抑制（Hemagglutination inhibition：HI）試験により、型別および赤血球凝集素（Hemagglutinin：HA）の抗原性状を解析した。

なお、今シーズン抗原解析用キットで使用されたウイルス株は、2009年度ワクチン株ウイルスのA/Brisbane/59/2007（H1N1：Aソ連型）、A/Uruguay/716/2007（H3N2：A香港型）、A/California/7/2009pdm（AH1pdm）、B/Brisbane/60/2008（Victoria系統株）および参照株ウイルスB/Florida/4/2006（山形系統）の計5株である。

エ オセルタミビル耐性株（H275Y）の検出

オセルタミビル耐性株の検索は、抗インフルエンザ薬耐性株サーベイランスN1-NA遺伝子解析実験プロトコル¹⁰⁾に従って実施した。すなわち、RT-PCR法によりAH1pdmウイルス分離株のNA遺伝子を増幅し、得られたPCR産物をQIAquick PCR Purification Kit（QIAGEN社）で精製した後、BigDye Terminator v1.1 Cycle Sequence Kit（ABI社）を用いてGeneAmp PCR System 9700によりサイクルシーケンス反応を行った。反応産物をBigDye XTerminatorで精製し、ABI

PRISM 310 Genetic Analyzerにより塩基配列を決定し、耐性遺伝子マーカーH275Yの有無により同定を行った。

3 結 果

3・1 患者発生状況

（1）集団かぜの患者発生状況

「インフルエンザ様疾患発生報告」によると、2009年第26週以降、最初に発生した集団かぜは、第36週（8月31日～9月6日）に報告のあった輪島市の1施設（高等学校）であり、その後患者数、施設数ともに増加し、第45週（11月2日～8日）にピーク（92施設、1,579人）となった。第53週～2010年第1週（12月28日～1月10日）の冬休み後は少数ながら発生が継続したが、第8週（2月22日～28日）以降、発生の報告はなかった。その後、第15週（4月12日～18日）に小松市の1施設（小学校）、第16週（4月19日～25日）に白山市および金沢市の各1施設（小学校）で散発的に発生し、これ以降6月末日まで集団かぜの発生はない（図2）。

集団かぜの発生は合計で465施設、7,036人に達した。施設あたりの患者数は15.1人であり、2008/09シーズンの59.5人（137施設、8,147人）¹¹⁾と比較し、かなり少なかった。

（2）インフルエンザの患者発生状況

感染症発生動向調査による2008/09シーズンのインフルエンザ患者報告は、2009年第3週と第12週をピークと

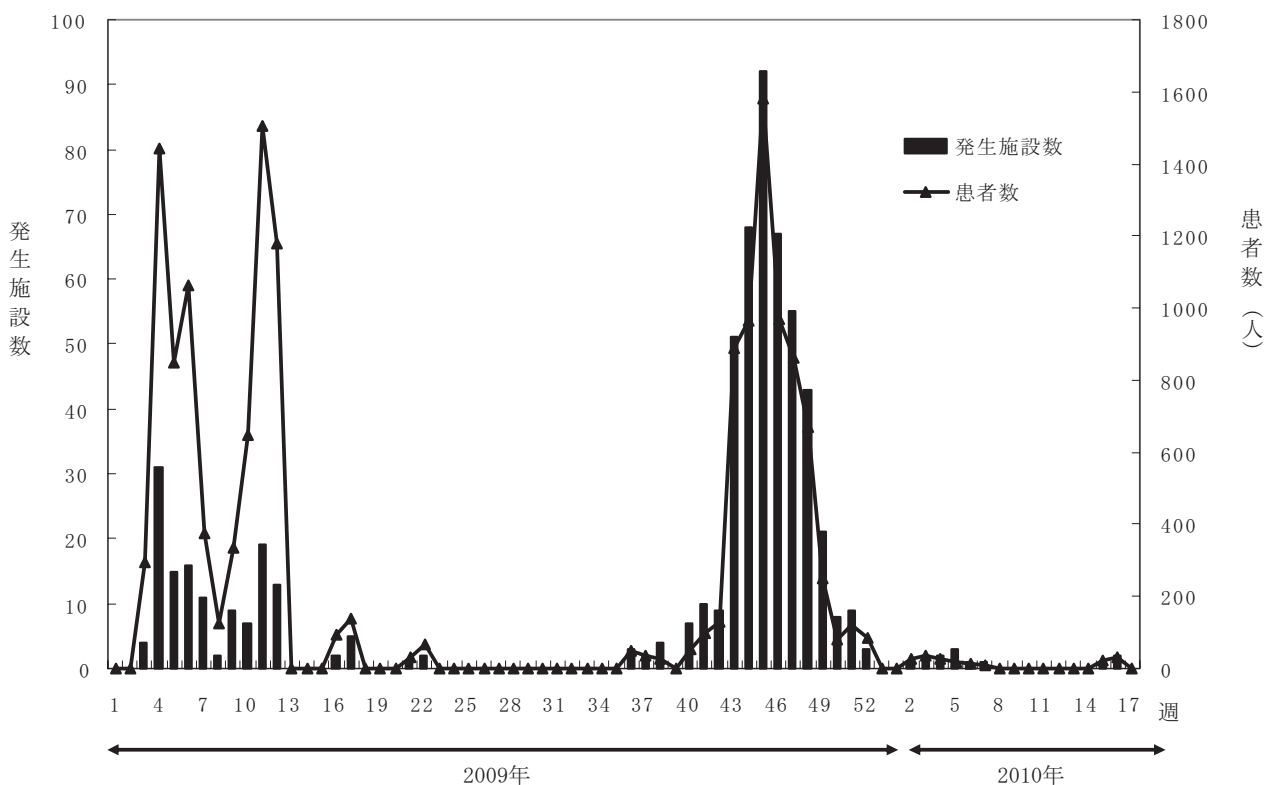


図2 集団かぜの発生施設数と患者数

する2峰性を示した¹¹⁾後、少数ながら患者報告のみられる状態が持続していた(図3)。

第26週(6月22日～28日)に県内で初めてAH1pdm患者発生があり、その後第28週(7月6日～12日)より患者報告数の増加がみられ、第34週(8月17日～23日)には定点あたり患者報告数が1.0人を超えた。患者報告数のピークは第47週(11月16日～22日)であり、この週の定点あたり患者報告数は65.0人であった。その後、患者報告数は減少し、2010年第7週(2月15日～22日)には定点あたり患者報告数が1.0人を下回った。県内で初めてAH1pdm患者を確認した、2009年第26週から翌年第26週までの定点医療機関からの患者報告数は21,007人であり、過去5シーズン¹¹⁾(2004/05:18,208人, 2005/06:10,975人, 2006/07:11,029人, 2007/08:8,020人, 2008/09:15,178人)と比較すると大規模な流行であった。

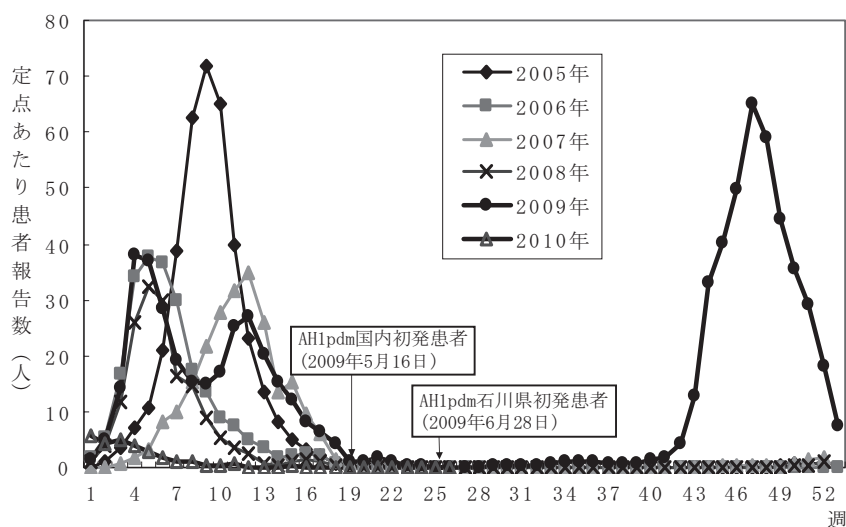


図3 感染症発生動向調査におけるインフルエンザの患者発生状況
(2005年～2010年第26週)

3・2 ウイルス検査

(1) インフルエンザウイルスの遺伝子検出

2009年4月29日(第18週)から2010年6月26日(第25週)に実施したインフルエンザウイルスの遺伝子検出結果を図4に示した。

ア 全数把握(2009年4月29日～7月23日)

5月19日(第21週)に初めて、AH1pdmが疑われる

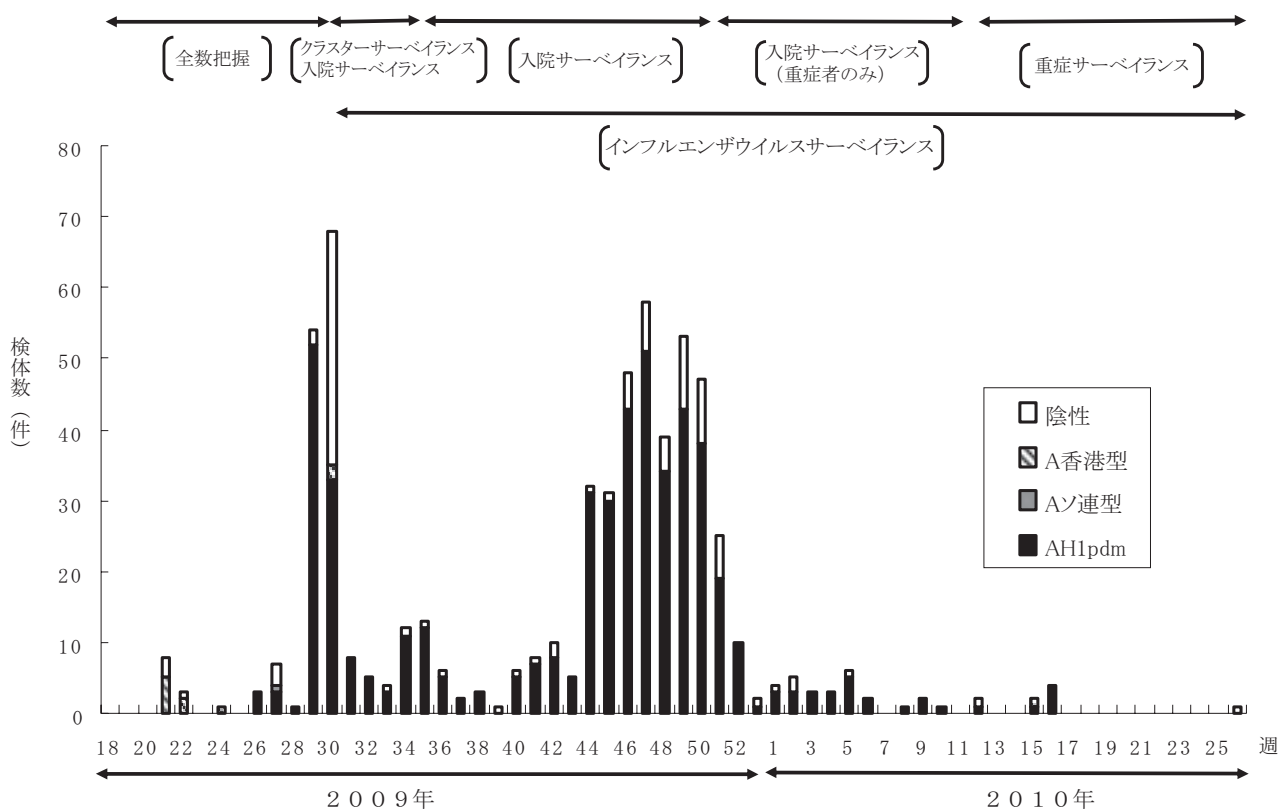


図4 インフルエンザウイルスの遺伝子検出結果(検体採取週別)

患者の検体が当センターに搬入された。AH1pdm患者の全数把握が中止される7月23日（第30週）までに154件について遺伝子検査を実施し、91件（59.1%）からSWH1HA遺伝子、10件（6.5%）からH3HA遺伝子、1件（0.6%）からH1HA遺伝子を検出した。

県内で初めてSWH1HA遺伝子が確認された事例は、2009年6月28日（第26週）であり、患者は海外からの入国者であった。また、第29週（7月13日～19日）～第30週（7月20日～26日）には大学等においてAH1pdmの集団感染事例が発生し多くの検体が搬入された。

イ クラスターサーベイランス（2009年7月24日～8月24日）

7月25日（第30週）に小学校において集団発生が疑われ、採取された検体からSWH1HA遺伝子を検出した。この後、クラスターサーベイランスが終了となる8月24日（第35週）までに24件について遺伝子検査を実施し、すべての検体からSWH1HA遺伝子を検出した。

ウ 入院・重症サーベイランス（2009年7月24日～）

入院・重症サーベイランスでは334件について検査を実施し、283件（84.7%）からSWH1HA遺伝子を検出したが、H1HAおよびH3HA遺伝子は検出されなかった。このうち、12月14日（第51週）以降の重症者のみを対象としたサーベイランスで36件について検査を実施した結果、SWH1HA遺伝子が検出されたのは25件（69.4%）であった。

また、迅速診断キットにてA型、B型ともに陽性と判定された2件からは、SWH1HA遺伝子のみが検出された。

エ ウイルスサーベイランス（2009年7月24日～）

7月24日（第30週）より検体の搬入があり、2010年6月26日（第25週）までに109件について遺伝子検査を実施した。このうち、98件（89.9%）からSWH1HA遺伝子、1件（0.9%）からH3HA遺伝子が検出されたが、残りの10件からはインフルエンザウイルスの遺伝子は検出されなかった。なお、109件のうち、医療機関で実施した迅速診断キットの結果、インフルエンザB型陽性と判定された7件からは、いずれのインフルエンザウイルスの遺伝子も検出されなかった。また、迅速診断キットでA型、B型ともに陽性と判定された2件のうち、1件からSWH1HA遺伝子を検出したが、他の1件からはいずれのインフルエンザウイルスの遺伝子も検出されなかった。

（2）インフルエンザウイルス分離

全数把握およびAH1pdmにかかるサーベイランスとして搬入された621検体のうち、301件（48.5%）についてインフルエンザウイルスの分離を実施した。検体の由来別内訳は全数把握37件（12.3%）、クラスターサーベ

イランス18件（6.0%）、入院・重症サーベイランス178件（59.1%）、ウイルスサーベイランス68件（22.6%）である。このうち、151件からインフルエンザウイルスを分離した（分離率50.2%）。なお、いずれの遺伝子も検出されなかった32株（全数把握1件、入院・重症サーベイランス23件、ウイルスサーベイランス8件）からは、インフルエンザウイルスは分離されなかった。

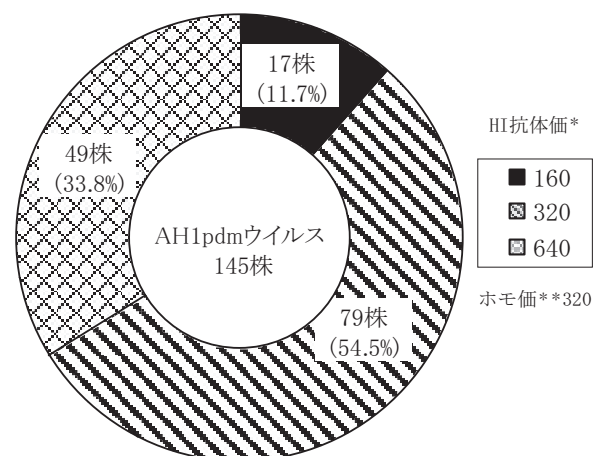
（3）分離ウイルスの型別性状

分離したインフルエンザウイルス151株の内訳は、AH1pdmウイルス145株（96.0%）、A香港型インフルエンザウイルス6株（4.0%）であった。ウイルス分離と遺伝子検出との関係については、SWH1HA遺伝子が検出された260件のうち145件（55.8%）からAH1pdmウイルスが分離された。検体由来別のウイルス分離結果は、全数把握27件のうちAH1pdmウイルスが分離された検体は10件（37.3%）、同様にクラスターサーベイランス18件のうち9件（50.0%）、入院・重症サーベイランス155件のうち84件（47.2%）、ウイルスサーベイランス60件のうち42件（70%）であった。

一方、H3HA遺伝子が検出された8件（全て全数把握）のうち6件（75.0%）からA香港型ウイルスが分離されたが、H1HA遺伝子が検出された1件（全数把握）からはAソ連型ウイルスは分離されなかった。

（4）分離ウイルスのHA抗原性状

分離したAH1pdmウイルス145株のHA抗原性状は、ワクチン株A/California/7/2009（H1N1）pdmのホモのHI抗体価（ホモHI価）が320であったのに対し、HI抗体価160が17株（11.7%）、320が79株（54.5%）、640が49株（33.8%）と、すべてがワクチン株類似株であった（図5）。



* : 分離株を抗原とした抗A/California/7/2009（H1N1）pdm

※※ : ワクチン株A/California/7/2009（H1N1）pdmを抗原とした

抗A/California/7/2009（H1N1）pdmのHI抗体価

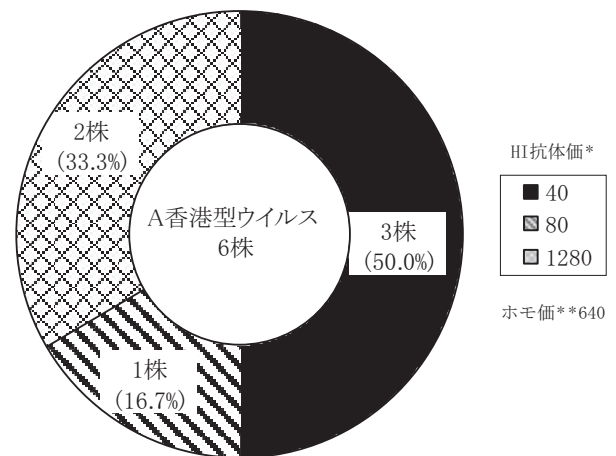
図5 AH1pdmウイルス分離株の抗原性状（HI抗体価）

一方、A香港型インフルエンザウイルス6株のHA抗原性状は、ワクチン株A/Uruguay/716/2007(H3N2:A香港型)のホモHI価が640であったのに対し、HI抗体価40が3株(50.0%)、80が1株(16.7%)、1,280が2株(33.3%)であり、ワクチン株のホモ価と8倍以上差がある変異株は4株(66.7%)であった(図6)。

(5) オセルタミビル耐性株(H275Y)の検出状況

オセルタミビル耐性株の検索が可能となった9月以降、分離したAH1pdmウイルスのうち27株についてH275Y耐性マーカーの検索を実施した。検索したウイルス株は、重症化していると考えられる入院・重症サーベイランスから分離された株を中心に選択したが、本サーベイランスからウイルス株の分離がみられない場合は他のサーベイランスから分離された株を選択した。

検索の結果、本マーカーを保有する株はなく、オセルタミビル耐性株は検出されなかった。なお、27株の由来別内訳は全数把握1株(3.7%)、クラスターサーベイランス2株(7.4%)、入院サーベイランス・重症サーベイランス9株(33.3%)、ウイルスサーベイランス15株(55.6%)であった。



* : 分離株を抗原とした抗A/Uruguay/716/2007のHI抗体価

** : ワクチン株A/Uruguay/716/2007を抗原とした

抗A/Uruguay/716/2007のHI抗体価

ホモ価**640

図6 香港型インフルエンザウイルス分離株の抗原性状 (HI抗体価)

(6) AH1pdmウイルスに係る検査結果の一覧

ウイルス検査(1)から(5)までのまとめとして、図7、表1に検査結果の一覧を示す。

表1 AH1pdmにかかる検査結果一覧

	合計 (件)	AH1pdmウイルスの遺伝子										・全数：全数把握 (期間：2009年4月29日～7月23日) ・クラスター：クラスターサーベイランス (期間：2009年7月24日～8月24日) ・入院：入院・重症サーベイランス (期間：2009年7月24日～) ・ウイルス：ウイルスサーベイランス (期間：2009年7月24日～)
		陽性					陰性					
		小計 (件)	検体由来別内訳				小計 (件)	検体由来別内訳				
			全数	クラスター	入院	ウイルス		全数	クラスター	入院	ウイルス	
<u>薬剤耐性検査</u> <u>実施数</u> (実施率) 実施率＝耐性検査 実施数/分離陽性数	27 (18.6)	27 (18.6)	1 (10.0)	2 (22.2)	9 (10.7)	15 (35.7)	－	－	－	－	－	・重症患者から分離された株 を優先して月に5件程度実 施したが、該当がない場合 は無作為に選択した ・薬剤耐性株は検出されな かった
<u>分離陽性数</u> (陽性率) 陽性率＝分離陽性 数/培養実施数	145 (49.7)	145 (55.8)	10 (37.0)	9 (50.0)	84 (54.2)	42 (70.0)	0	0	－	0	0	
<u>分離培養検査</u> <u>実施数</u> (実施率) 実施率＝培養実施数 /遺伝子検査実施数	292 (47.9)	260 (52.4)	27 (29.7)	18 (75.0)	155 (54.8)	60 (61.2)	32 (28.3)	1 (1.9)	－	23 (45.1)	8 (80.0)	・AH1pdmウイルス遺伝子陽 性の検体を優先して実施し た ・遺伝子検査開始直後は混乱 したため、全数の検体につ いては、培養のための処理 が困難であった
<u>AH1pdm</u> <u>ウイルスの</u> <u>遺伝子検査結果</u> (陽性率) 陽性率＝陽性検体数 /遺伝子検査実施数	609	496 (79.7)	91 (59.1)	24 (100)	283 (84.7)	98 (89.9)	113	52	－	51	10	・この他、AH3遺伝子陽性検 体が11件（全数：10件、ウ イルス：1件）、AH1遺伝子 陽性検体が1件（全数）あ った

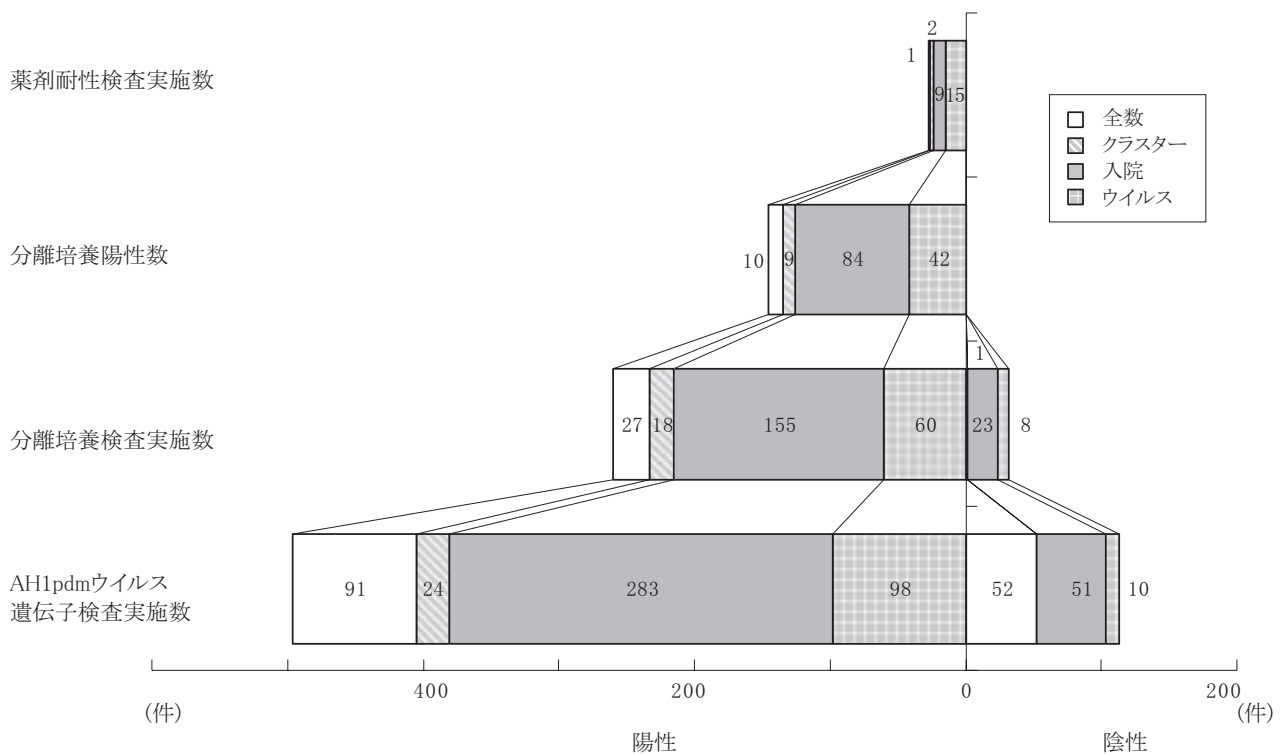


図7 AH1pdmにかかる検査結果一覧

4 考 察

(1) 集団かぜの患者発生状況

2009/10シーズンの集団かぜ患者発生状況は、2008/09シーズンと比較し、患者数は同程度であったが発生施設数は多かった。これは、AH1pdmの流行により少ない欠席者数で学級閉鎖などの措置を実施したことが影響したと考えられる。

(2) インフルエンザの患者発生状況

2009/10シーズンの感染症発生動向調査によるインフルエンザ患者報告は、例年とは異なり、夏から秋にかけて流行し、そのピークは11月の第47週であった。また、患者報告数は過去5シーズンで最も多かった。

2009年6月の第26週に県内で初めてAH1pdm患者を確認し、これ以降全数把握およびサーベイランスにより当センターに搬入された検体の大部分がAH1pdm患者由来であったことから、2009/10シーズンはAH1pdmが夏から秋に市中で流行したことにより、流行時期が従来とは異なり夏から秋になり、また患者報告数も増加したと推測される。

(3) ウイルス検査

ア 遺伝子検査における課題

2009年4月29日付厚生労働省の通知¹⁾により、AH1pdmの疑似症患者および確定患者はすべて届出ることが定められた。そこで、当センターでは迅速に

AH1pdmウイルスの検査体制を構築し、県内の疑似症患者届出に伴う確定診断のためのウイルス検査に対応した。5月19日以後、多数の検体について検査を実施したが、特に7月（第29週から30週）には学校などにおける集団発生事例から非常に多くの検体の搬入があり、また第30週に搬入された検体では遺伝子検査が陰性となる事例が多くみられた。これは、積極的疫学調査の実施により、AH1pdmの症例定義にあてはまらない多数の患者からも検体の提出があったことが要因として考えられる。

また、入院・重症サーベイランスにより送付された検体からのインフルエンザ遺伝子の検出率は、ウイルスサーベイランスやクラスターサーベイランスと比較し低かった。この理由として、入院・重症サーベイランスの場合には、入院時に検体採取をすることから、一般的に発症から長時間が経過しており、さらに抗インフルエンザ薬投与等の治療の影響により検体中のウイルス量が減少し、遺伝子が検出できなかったと考えられる。

遺伝子検出では陰性と判定された検体からAH1pdmウイルスを分離した¹²⁾事例や、AH1pdmウイルスのエスケープ変異体の存在の報告¹³⁾があることから、今回我々が実施したインフルエンザウイルスの遺伝子検出結果においても、検体採取時期や治療などの影響により、遺伝子の検出が陰性と判定された事例のある可能性も示唆された。

イ 迅速診断キットにおける課題

内野ら¹⁴⁾は、迅速診断キットによりB型インフルエンザと判定された18件について遺伝子検査を実施した結果、4件からSWH1HA遺伝子を検出したが、B型遺伝子はいずれの検体からも検出できなかったと報告している。我々も同様に、医療機関で実施された迅速診断キットによりB型インフルエンザを疑われた患者検体8件について遺伝子検出および分離培養を実施したが、ともに陰性であった。また、迅速診断キットにてA型、B型ともに陽性と判定された4件のうち、3件からSWH1HA遺伝子が検出された。以上のことは、迅速診断キットの特異性に問題があることを示唆している。

(4) 分離ウイルスの抗原性

今回我々が分離したAH1pdmウイルスはいずれもワクチン株類似株であったが、AH1pdmウイルスが今後どのように変異するかは推測が不可能であることから、今後市中で流行するインフルエンザウイルスの抗原性について動向を注意深く把握することが重要である。

(5) オセルタミビル耐性株(H275)の検出状況

感染研インフルエンザウイルス研究センターが、全国で分離されたAH1pdmウイルスの分離株についてH275Yマーカーを検索した結果、検査した株の約1%が本マーカーを保有していた¹⁵⁾。当県で分離したAH1pdmウイルス27株についてはH275Y耐性マーカーを保有する株はなかったが、北陸地方では福井県から1株が検出されている。今後オセルタミビル耐性株が流行の主流になれば、医療機関における治療方針の見直しが必要となることから、薬剤耐性株の発生動向に関する迅速な把握と、速やかな情報提供は公衆衛生上極めて重要である。

(6) 検査体制

全数把握およびAH1pdmにかかるサーベイランスとして搬入された621検体のうち、分離培養検査を実施したのは301件のみであった。これは、搬入される検体に対して検査担当者の数が少ないため、分離培養のための前処理等が十分にできないことが原因として挙げられる。特に全数把握の検体は、短期間に多数の搬入があったことから、他のサーベイランスに比較し分離培養の実施率が低かった。また、同様の理由から薬剤耐性検査の実施についても十分とはいえない。

新たな感染症発生時には現状を正確に把握することが重要である。そのためには十分な数の検査担当者の確保が必須であり、今後、感染症発生時の検査体制について検討する必要がある。

5 まとめ

(1) 集団かぜの患者発生状況

集団かぜの発生施設数は465施設、患者数は7,036人で

あり、2008/09シーズンと比較し、発生施設数が多かった。

(2) インフルエンザの患者発生状況

インフルエンザサーベイランスによるインフルエンザの患者報告数は21,007人であり、過去5シーズンと比較し最も多かった。また、患者報告数のピークは従来と異なり、11月の第47週であった。

(3) インフルエンザウイルスの遺伝子検出状況

2010年第26週までに、全数把握およびAH1pdmにかかるサーベイランスとして搬入された検体621件についてインフルエンザウイルスの遺伝子検査を実施し、496件からSWH1HA遺伝子(AH1pdmウイルス)を検出した。その他、11件からH3HA遺伝子(A香港型インフルエンザウイルス)を、1件からH1HA遺伝子(Aソ連型インフルエンザウイルス)を検出した。

(4) 分離ウイルスの型別性状

301件についてインフルエンザウイルスの分離を実施し、AH1pdmウイルスを145株(96.0%)、A香港型ウイルスを6株(4.0%)分離した。

(5) 分離ウイルスの抗原性

分離されたAH1pdmウイルスは全てワクチン株類似株であったが、A香港型インフルエンザウイルスはワクチン株のホモ価と8倍以上差がある変異株が過半数(66.7%)をしめた。

(6) オセルタミビル耐性株(H275)検出状況

分離された27株についてH275Y耐性マーカーの検索を実施したが、本マーカーを保有する株はなかった。

文 献

- 1) 厚生労働省健康局結核感染症課長通知：新型インフルエンザ(豚インフルエンザH1N1)に係る症例定義及び届出様式について、平成21年4月29日
- 2) 厚生労働省健康局結核感染症課長施行通知：感染症の予防及び感染症の施行規則の一部を改正する省令について、平成21年7月22日
- 3) 厚生労働省新型インフルエンザ対策推進本部事務局：新型インフルエンザ(A/H1N1)に係る今後のサーベイランス体制について、平成21年7月24日
- 4) 厚生労働省健康局結核感染症課長施行通知：感染症の予防及び感染症の患者に対する医療に関する法律施行規則の一部を改正する省令について、平成21年8月25日
- 5) 厚生労働省新型インフルエンザ対策推進本部事務局：新型インフルエンザ(A/H1N1)に係る今後のサーベイランス体制等について(二訂版)、平成21年12月14日
- 6) 厚生労働省新型インフルエンザ対策推進本部事務局：新型インフルエンザ(A/H1N1)に係る今後

- のサーベイランス体制等について（三訂版），平成22年3月26日
- 7) 国立感染症研究所：病原体検出マニュアルH1N1新型インフルエンザ（2009年5月ver. 1）（2009）
 - 8) 国立感染症研究所：病原体検出マニュアルH1N1新型インフルエンザ（2009年11月ver. 2）（2009）
 - 9) 国立感染症研究所：病原体検出マニュアル（2002）
 - 10) 国立感染症研究所インフルエンザウイルス研究センター：新型インフルエンザ薬耐性株サーベイランスA/H1N1pdm-NA遺伝子解析実験プロトコール（2009）
 - 11) 倉本早苗，児玉洋江，尾西 一：石川県におけるインフルエンザ流行状況（2008/2009シーズン），石川県保健環境センター研究報告書，**46**, 35-38（2009）
 - 12) 川上千春，宇宿秀三，七種美和子，百木智子，熊崎真琴，高津和弘，池淵 守，岩田真美，豊澤隆弘，吉村幸浩，倉井華子，立川夏夫：ウイルス分離により確認された新型インフルエンザの国内発症例について，病原微生物検出情報（月報），**30**, 239-241（2009）
 - 13) 皆川洋子，安井善宏，秦 真美，小林真一，伊藤雅，藤原範子，水谷絵美，安達啓一，山下照夫，下岸 協，續木雅子，竹島雅之，広瀬かおる，判治岳史，遠山明人：新型インフルエンザA/H1N1発生に対する愛知県衛生研究所の対応検証（第1報）全数報告期の総括，愛知県衛生研究所報，**60**, 29-40（2010）
 - 14) 内野清子，高橋幸三，三好龍也，松尾光子，狩山雅代，吉田永祥，田中智之，石井 円，岡村隆行，藤井史敏，前野敏也：新型インフルエンザウイルス遺伝子と同時に検出されたB型インフルエンザウイルス，病原微生物検出情報（月報），**31**, 54-56（2010）
 - 15) 国立感染症研究所，全国地方衛生研究所，独立行政法人製品評価技術基盤機構バイオテクノロジー本部生物遺伝資源情報部門：新型インフルエンザ（A/H1N1pdm）オセルタミビル耐性株（H275Y）の国内発生状況（第2報），病原微生物検出情報（月報），**31**, 173-178（2010）

〔資 料〕

特定原材料検査におけるDNA抽出法の検討（第1報）

— えび・かにについて —

石川県保健環境センター 健康・食品安全科学部 安田 和弘・芹川 俊彦
新家 薫子

〔和文要旨〕

食品のアレルギー物質検査ではスクリーニング検査のELISA法で陽性の判定が出たものについて、確認検査を行うことになっている。特定原材料7品目のうち、小麦、そば、落花生、えびおよびかにの確認検査は食品からDNAを抽出しPCR法を行うものであるが、DNAの抽出法については3法（シリカゲル膜タイプキット法、イオン交換樹脂タイプキット法、CTAB法）が厚生労働省から示され、食品に応じて適宜選択することになっている。

今回、えび、かにを含む加工食品21品目を対象として通知法で示された3法について検討を行ったところ、全般的にはCTAB法が適していると思われた。ただし、でんぷん質を多く含む加工食品にはイオン交換樹脂タイプキット法が有用であった。

キーワード：PCR法、アレルギー、DNA抽出法、えび、かに

1 はじめに

食物アレルギーによる健康危害の発生を防止する観点から、厚生労働省により、アレルギー物質を含む食品の表示制度が定められ、その検査法については平成14年11月に通知された（以下、通知法¹⁾）。当初、特定原材料は卵、乳、小麦、そば、落花生の5品目であったが、特定原材料の追加指定に伴い平成21年1月にえび、かにについても検査法²⁾が示された。なお、これらの通知法では、スクリーニング検査のELISA法で陽性の判定が出たものについて、小麦、そば、落花生、えびおよびかにについては食品からDNAを抽出しPCR法で確認検査を、また卵および乳についてはウェスタンブロット法で確認検査を行うことになっている。

また、DNAの抽出法に関しては、通知法でシリカゲル膜タイプキット法（以下、DNeasy法）、イオン交換樹脂タイプキット法（以下、Genomic法）およびCTAB法

の3法が示されているが、加工食品の種類ごとにどの方法でDNAを抽出すればよいかが示されていない。そこで、種々の加工食品で最適なDNA抽出法を検討し、健康危機発生時や定常検査で検査結果を迅速に出すための系統的方法を確立することを目的として、えび、かにを含む加工食品について3法の検討を行った結果、若干の知見を得たので報告する。

2 材料と方法

2・1 試料

原材料に、えびまたはかにの表示がある加工食品（スナック菓子、冷凍食品、即席めん、レトルトパウチ食品等）計21検体（えび；10検体、かに；11検体）を試料とした。詳細は表1に記載した。

2・2 DNA抽出法および定性PCR法

通知法に準拠し、以下の試薬、キットを用いた。

Study of DNA Extraction Methods for Allergenic Substance in Foods. -About Shrimp and Crab- by YASUDA Kazuhiro, SERIKAWA Toshihiko and ARAIYE Kaoru (Health and Food Safety Department, Ishikawa Prefectural Institute of Public Health and Environmental Science)

Key words : PCR Method, Allergy, DNA Extraction Method, Shrimp, Crab

(1) DNA抽出法

DNAの抽出は、1 試料につき2点並行で行い、以降、定性PCR法による増幅産物の確認までの全操作は、この2点に対して独立並行で実施した。3法の抽出操作の概要については図1のフローチャートに示した。

DNeasy法はDNeasy®Plant Mini Kit (株キアゲン製) を、Genomic法はGenomic-Tip 20/G (株キアゲン製) を使用し、RNase Aは株キアゲン製を、 α -アミラーゼおよびProteinase Kは通知に示された試薬を使用した。CTAB緩衝液に用いた、0.5mM EDTA (pH8.0)、1M Tris-HCl (pH8.0)、TE飽和フェノール、TE緩衝液お

よびRNase Aは株ニッポンジーン製のものを、その他試薬は和光純薬工業(株)製のものをを用いた。

(2) DNAの濃度と精製度の確認

抽出したDNA試料溶液について、分光光度計 (株日立ハイテクノロジー製U-1800) を用いて、紫外部吸収スペクトル (230nm~320nm) と230, 260, 280nmの吸光度 (320nmで補正) を測定した。260nmの吸光度から $OD_{260nm} = 1$ のとき $DNA = 50ng/\mu L$ としDNA濃度を算出した。また、260nm/280nmの吸光度比から精製度を、260nm/230nmの吸光度比から糖、フェノール等の夾雑物の影響を確認した。

表1 試料一覧

	No.	検体名	えびおよびかにに係る原材料表示	アレルギー物質に係る欄外表示
えびを含む食品	1	桜えび (素干し)	桜えび (駿河湾産)	—
	2	桜えび (煮干し)	桜えび (駿河湾産)	—
	3	かき餅	えび	—
	4	スナック菓子	えび	本品は卵、乳、かにを含む製品と共通の施設で製造しています。本品が使用しているえびは、かにが混ざる漁法で採取しています。
	5	即席めん	味付えび	本品の原材料には次のアレルギー物質が含まれています：小麦、卵、乳成分、えび、豚肉、鶏肉、大豆
	6	エビフライ (冷凍)	えび、えび風味調味料	本製品のアレルギー物質は次のものです：卵、小麦、大豆、えび
	7	かき揚げ (冷凍)	えび	本製品に含まれるアレルギー物質：卵、小麦、えび、大豆、鶏肉
	8	エビチリソース (冷凍)	えび	—
	9	しゅうまい (チルド)	魚肉 (えび、たら)	—
	10	茶わんむし	えび	—
かにを含む食品	11	かに缶詰	ずわいがに (40%)、まるずわいがに、べにずわいがに	—
	12	スナック菓子	シーフード風味パウダー、べにずわいがにパウダー (日本海産100%) (原材料の一部にえびを含む)	本製品製造施設では、そば、落花生を含む製品を製造しています。
	13	即席めん (シーフード味)	(原材料の一部にかにを含む)	本品の原材料には次のアレルギー物質が含まれています：小麦、卵、乳成分、落花生、かに、豚肉、鶏肉、いか、大豆、ゼラチン
	14	ぞうすいの素 (具入り粉末)	かに	—
	15	ゆでパスタ (冷凍)	かにエキスパウダー、かにエキスパウダー	本品の原材料に含まれているアレルギー物質：かに、小麦、卵、乳、大豆、鶏肉、豚肉
	16	かに玉の素 (レトルト)	かにエキス、かにエキスパウダー	—
	17	コロッケ (冷凍)	かに	本品に含まれるアレルギー物質 (25品目中)：小麦、卵、乳成分、かに、大豆、鶏、ゼラチン
	18	しゅうまい (チルド)	魚肉 (たら、かに) (原材料の一部にえびを含む)	—
	19	茶わんむし	かに	—
	20	かにスープ (レトルト)	かに、かにエキス	—
	21	かにからし明太	かに	—



図 1 アレルギー物質を含む食品からのDNA抽出法 (通知法)

(3) 定性PCR法

得られたDNA溶液を定性PCRに必要な20ng/μLに調製し、濃度が満たない場合はそのまま試験に供した。プライマーおよび陽性コントロールとして、えび、かに、植物DNA検出用プライマー対および甲殻類検出用陽性コントロールは(株)ファスマック製のものを、動物用DNA検出用プライマー対および動物用陽性コントロールはアレルゲンチェッカー®「動物共通」(オリエンタル酵母工業(株)製)を用いた。また植物用陽性コントロールは、アレルゲンチェッカー「そば」(オリエンタル酵母工業(株)製)に添付されているものを使用した。PCR反応の試薬として、AmpliTaq Gold & 10×PCR Buffer II/MgCl₂ with dNTP (アプライドバイオシステムズ社製)を用い、DNAの増幅装置にGeneAmp® PCR System 9700 (アプライドバイオシステムズ社製)を用い、反応条件は通知法に従った。

(4) 電気泳動法

電気泳動用ゲルは、えび、植物および動物DNAの検知にはAgarose S (株)ニッポンジーン製)を用い、

ゲル濃度は3.0%とした。また、かにDNAの検知にはAgarose KANTO HC (短フラグメント用 関東化学(株)製)を用い、ゲル濃度は3.5%とした。

電気泳動はMupid-ex (株)アドバンス製)を用い、25分間の泳動を行った。電気泳動後のゲルはLAS-1000UVmini (富士フイルム(株)製)でゲルイメージ解析し、DNA増幅バンドの有無を判定した。

3 結果および考察

3・1 DNAの濃度と精製度について

吸光度測定によって算出したDNA濃度と精製度を表2に示す。

DNAの濃度は、Genomic法が最も高く、次いでDNeasy法、CTAB法の順であった。CTAB法では最終検液のDNA濃度が低く、桜えび(素干し、煮干し)、かき餅以外はすべて20ng/μL以下であった。

タンパク質除去の指標となる260nm/280nm比は、1.2~2.5の範囲であることが原則とされている²⁾が、今回の試料では、DNeasy法で抽出した素干しの桜えびが0.98

表2 DNAの濃度および精製度

検 体		DNeasy法			Genomic法			CTAB法		
		吸光度比 ^{1) 2)}		DNA濃度 ³⁾ (ng/ μ L)	吸光度比 ^{1) 2)}		DNA濃度 ³⁾ (ng/ μ L)	吸光度比 ^{1) 2)}		DNA濃度 ³⁾ (ng/ μ L)
		O.D. 260/ O.D. 280	O.D. 260/ O.D. 230		O.D. 260/ O.D. 280	O.D. 260/ O.D. 230		O.D. 260/ O.D. 280	O.D. 260/ O.D. 230	
えびを含む食品	桜えび (素干し)	1.0	0.3	40.0	1.6	0.6	20.4	1.9	3.9	96.5
	桜えび (煮干し)	1.8	-4.0	301.6	1.9	2.2	3554.0	1.9	4.9	90.8
	かき餅	1.8	0.4	72.4	1.6	0.7	229.0	1.9	0.5	45.0
	スナック菓子	1.8	0.9	70.4	1.9	2.1	1546.0	1.9	-0.8	8.3
	即席めん	1.9	1.3	157.0	1.9	2.3	1503.0	1.9	-1.0	17.8
	エビフライ (冷凍)	2.0	1.3	119.8	1.9	2.5	1016.0	1.9	-1.6	12.5
	かき揚げ (冷凍)	1.8	0.8	46.6	1.9	2.9	220.0	1.9	-0.7	6.5
	エビチリソース (冷凍)	1.8	0.5	30.4	1.9	2.8	294.7	2.2	-0.3	5.0
	しゅうまい (チルド)	1.9	1.2	109.6	1.9	2.6	834.0	2.0	-0.5	7.0
	茶わんむし	1.6	0.4	23.4	1.8	-7.1	36.8	1.7	-0.2	3.0
かにを含む食品	かに缶詰	2.0	4.2	65.4	1.9	2.5	1132.0	1.8	-0.4	8.8
	スナック菓子	1.9	2.1	257.6	1.8	2.3	155.0	2.0	-0.8	10.5
	即席めん (シーフード味)	1.9	2.0	228.8	1.9	2.4	1260.0	2.0	7.6	17.5
	ぞうすいの素(具入り粉末)	1.8	2.9	120.0	1.8	3.4	237.0	2.2	1.1	22.0
	ゆでパスタ (冷凍)	1.8	1.0	75.0	1.9	2.5	960.0	1.9	-1.0	6.8
	かに玉の素 (レトルト)	1.9	4.2	11.4	1.9	3.3	178.6	1.9	-0.4	6.3
	コロッケ (冷凍)	1.9	1.6	76.4	1.8	2.3	406.2	1.9	-0.4	5.8
	しゅうまい (チルド)	1.9	1.8	102.6	1.9	2.5	514.4	1.9	-0.6	10.0
	茶わんむし	1.5	0.3	20.6	2.6	-0.5	8.8	2.7	-0.1	2.0
	かにスープ (レトルト)	1.9	-0.8	10.0	1.9	-5.8	51.4	1.8	-0.1	2.8
	かにからし明太	2.2	1.4	30.8	1.8	3.2	148.0	2.0	-0.5	7.0

備考

- 1) 吸光度 O.D. 260 : DNA由来 O.D. 280 : タンパク質由来 O.D. 230 : 糖, フェノール等低分子化合物由来
 2) 吸光度比の目安 O.D. 260/O.D. 280 : 1.2~2.5 (1.2未満の場合はDNA抽出をやり直す)
 O.D. 260/O.D. 230 : 2以上 (2未満の場合は夾雑物によりPCR反応が阻害される場合がある)
 3) DNA濃度 O.D. 260 = 1 のとき, DNA濃度 50 ng/ μ Lとして算出した。
 4) 230nm, 260nm及び280nmの各波長の吸光度は, O.D. 320をゼロとして補正を行った値である。
 5) DNAの抽出およびDNAの濃度と精製度の確認は2点並行で行い, その平均値を記載した。

とやや低めであったものの, 他は概ね, 1.2~2.5の範囲にあり, 3法とも精製度は良好であった。

なお, いずれの抽出法においても, 260nmの吸光度よ

一方, 夾雑物の指標となる260nm/230nm比については, 2.0を下回る場合は夾雑物の影響によりPCR反応がうまく行われない場合があるとされている²⁾が, 今回の試料では2.0未満が多く, 負の値を示したものもあった。本研究では, 各波長の吸光度から320nmの吸光度を差し引いた値を用いてDNA濃度および吸光度比を算出した。そのため, 320nmに吸収がある検体や260nmのピークがほとんど見られない検体では, 負の値になるものがあり, この方法での夾雑物の評価は困難であっ

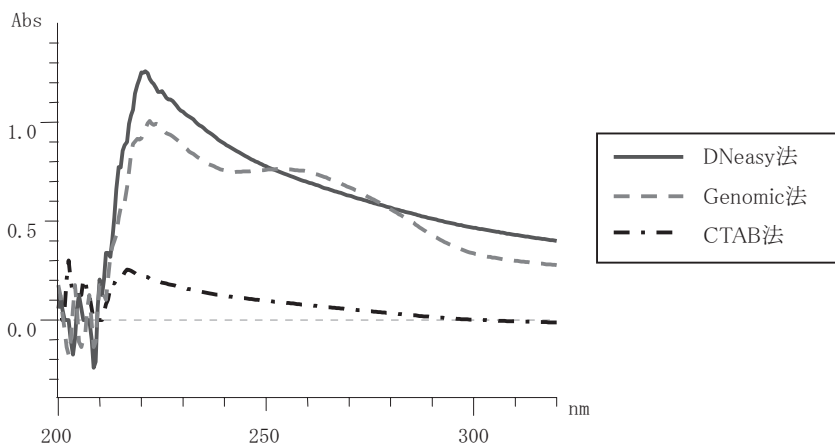


図2 かき餅試料のDNA抽出液スペクトル

表3 PCR法によるDNA増幅結果

検体名		DNeasy法			Genomic法			CTAB法		
		検出用プライマー			検出用プライマー			検出用プライマー		
		えびDNA	植物DNA	動物DNA	えびDNA	植物DNA	動物DNA	えびDNA	植物DNA	動物DNA
えびを含む食品	桜えび(素干し)	—	—	—	—	—	—	+	—	+
	桜えび(煮干し)	+	—	—	+	—	+	+	—	+
	かき餅	—	+	—	—	+	—	—	+	—
	スナック菓子	+	+	—	+	+	—	+	+	—
	即席めん	+	+	—	+	+	—	+	+	—
	エビフライ(冷凍)	+	+	—	+	+	—	+	+	—
	かき揚げ(冷凍)	+	+	—	+	+	—	+	+	—
	エビチリソース(冷凍)	+	+	—	+	+	—	+	+	—
	しゅうまい(チルド)	+	+	—	+	+	—	+	+	—
	茶わんむし	+	+	—	+	+	—	+	+	—
検体名		検出用プライマー			検出用プライマー			検出用プライマー		
		かにDNA	植物DNA	動物DNA	かにDNA	植物DNA	動物DNA	かにDNA	植物DNA	動物DNA
かにを含む食品	かに缶詰	+	—	—	+	+	—	+	+	—
	スナック菓子	+	+	—	+	+	—	+	+	—
	即席めん(シーフード味)	—	+	—	—	+	—	—	+	—
	どうすいの素(具入り粉末)	—	+	—	—	+	—	+	+	—
	ゆでパスタ(冷凍)	+	+	—	+	+	—	+	+	—
	かに玉の素(レトルト)	+	+	—	+	+	—	+	+	—
	コロッケ(冷凍)	+	+	—	+	+	—	+	+	—
	しゅうまい(チルド)	+	+	—	+	+	—	+	+	—
	茶わんむし	+	+	—	+	+	—	+	+	—
	かにスープ(レトルト)	+	—	+	+	—	+	+	—	+
	かにからし明太	+	+	—	+	+	—	+	+	—

備考

- + : 増幅バンド検出
 — : 増幅バンド不検出

り、230nmの吸光度が高くなったのはかき餅のみであった。スペクトルの形状(図2)からも、夾雑物が取り除かれていなかったことが考えられる。

また、かき餅からDNAを抽出する際、DNeasy法およびCTAB法のいずれの場合も、DNA溶出液の水層の大半がのり状に固まり、遠心をして水層の分離が困難であった。これは原材料のもち米によるものと思われた。なお、Genomic法では、アミラーゼ処理の工程があり、抽出液が固まらず、比較的容易にカラム操作が行えた。この結果、でんぷん質を多く含む加工食品ではGenomic法が最も有用であることが分かった。

3・2 定性PCR結果について

定性PCR結果については、表3のとおりである。

桜えび(素干し、煮干し)とかにスープ(レトルト)については3つの抽出法すべてにおいて、植物由来のDNA増幅物が検出されなかったため、動物DNA検出用プライマーにて確認を行った。

(1) 桜えび(素干し、煮干し)について

素干しの桜えびのDNA抽出液は、図3で示したとおり、CTAB法でのみ、DNA由来である260nmにピークが見られ、PCR反応で動物由来DNAとえびDNAが増幅された。一方、煮干しの桜えびのDNA抽出液は、3つの抽出法すべてから、260nmにおけるピークがみられ、またPCR反応でえびDNAの増幅が確認された。なお、DNeasy法では動物DNAが検出されなかった。

ELISA法でのスクリーニング検査の際、えびの非加熱乾燥品(素干し)中に内在するタンパク分解酵素は失活せずに存在し、えびタンパクを分解するためにスクリーニング検査は陰性になるが、熱湯処理を行えば陽性になるとの報告がある³⁾。今回、煮干しの桜えびからはDNAが抽出できており、上記の報告³⁾から考えてDNA分解酵素の影響も考えられることから、非加熱乾燥えびを含む製品については今後熱湯処理による前処理の効果について検討したい。

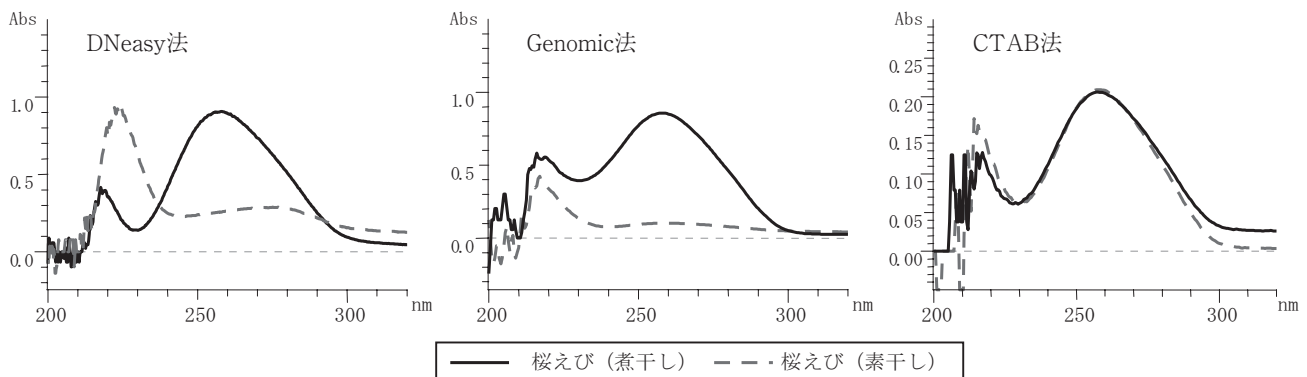


図3 3抽出法による桜えび試料のDNA抽出液スペクトル

(2) かに缶詰およびかにスープ（レトルト）について
かに缶詰では、植物由来成分の表示がなかったが、植物DNAがGenomic法とCTAB法から検出された。製造したメーカーに確認したところ、甘味料（ソルビット）の原料として、とうもろこし、じゃがいもおよびさつまいもが、また調味料（アミノ酸等）の原料としてさとうきびを含むとの回答を得た。このように、かにのみと思われる食品でも、甘味料や調味料由来の植物DNAが検出される可能性があることが分かった。

一方、かにスープでは原材料として、野菜（たけのこ、きくらげ）の表示があるにもかかわらず、3法いずれの方法でも植物DNAが検出されなかった。

これらのことから、植物・動物由来成分の表示の有無にかかわらず、PCR増幅に必要な品質を有するDNAが抽出されたと判断するには、植物DNAと動物DNAの両方の検出用プライマー対を準備しておく必要がある。

(3) かにエキス入り製品について

即席めん（シーフード味）は、かに表示されているが、かにDNAは検出されなかった。かにエキスの中には、かにタンパクが検出されるものと検出されないものがあり⁴⁾、かにエキスの製法等によっては、かにDNAも検出されない可能性が示唆される。

(4) その他の食品について

かき餅では3抽出法ともに、えびDNAが検出されなかった。また、ぞうすいの素（具入り粉末）ではCTAB法からのみ、かにDNAが検出された。

これらについては、今後の検討課題としたい。

3・3 DNeasy法、Genomic法およびCTAB法の有用性について

えび、かにを含む加工食品についてDNA抽出法3法の検討を行った結果、CTAB法により抽出した場合が、最も多くの検体で定性PCR用として良質のDNAを抽出することが出来た。このことから、CTAB法は一般的な加工食品のDNA抽出法として最適であると思われる。また、CTAB法は3法の中で最も安価で実施でき、経費の

点でも利点がある。

しかし、でんぷん質を多く含む加工食品ではGenomic法が有用であるなど、食品の種類によって最適な抽出法が異なることから、今後さらに多くの種類の加工食品について検討する必要がある。

また、フローチャートではDNeasy法がもっとも迅速にDNAを抽出できるように見えるが、実際の操作ではカラムへの一回の負荷量が少ないため、遠心回数がQIAshredder spin columnで6回、mini spin columnで約15回と多い。そのため、検体数が多くなると、3法の中では最も時間と労力を要し、有用性の点で他の2法に比べて劣ると考えられた。

4 まとめ

(1) えび、かにを含む加工食品について、DNeasy法、Genomic法およびCTAB法の3法について検討した結果、CTAB法が一般的な加工食品のDNA抽出法として最適であると思われる。

ただし、でんぷん質を多く含む加工食品ではGenomic法が有用であるなど、食品の種類により最適な抽出法が異なることから、今後さらに検討する必要がある。

(2) 非加熱乾燥品である素干しの桜えびからは、CTAB法以外ではDNAが抽出されなかった。しかし、熱湯処理された煮干しの桜えびからはDNAの抽出が可能であったことから、非加熱乾燥えびを含む製品については、今後、熱湯処理による前処理の効果について検討したい。

(3) PCR増幅に必要な品質を有するDNAが抽出されたかの確認のため、植物DNA検出用プライマー対または動物DNA検出用プライマー対のいずれかを使用してPCRを行うこととなっているが、加工食品の中には原材料表示だけではいずれを用いてよいか判断できないものもあり、植物DNAと動物DNAの両方の検出用プライマー対で検査を行う前提で計画を立てる必要が

ある。

文 献

- 1) 厚生労働省医薬局食品保健部長通知：アレルギー物質を含む食品の検査方法について，平成14年11月6日，食発第1106001号（2002）
- 2) 厚生労働省医薬食品局食品安全部長通知：「アレルギー物質を含む食品の検査方法について」の一部改正について，平成21年1月22日，食安発第0122001号（2009）
- 3) 柴原裕亮, 山田一多, 上坂良彦, 畝尾規子, 阿部晃久, 大橋英治, 塩見一雄：頭胸部を含む非加熱甲殻類のELISA法に適した抽出方法の開発，食品衛生学雑誌，**50**，153-159（2009）
- 4) マルハニチロホールディングス，甲殻類キット「マルハ」食品反応性リスト（2008年4月作成，2009年2月改訂），http://www.maruha-nichiro.co.jp/laboratory/technology/pdf/allergen_pdf007.pdf，2010年9月28日

〔資 料〕

LC/MS（SIM）による動物用医薬品の同時分析法について

石川県保健環境センター 健康・食品安全科学部

竹田 正美・水口 竜人・北野 肇一
織田 敏郎

〔和文要旨〕

国が通知した「HPLCによる動物用医薬品の一斉試験法Ⅰ（畜水産物）」を用いてLC/MSによるエンロフロキサシン等24医薬品26医薬品成分の同時分析を検討した。添加回収試験には牛肉，豚肉，鶏肉，鶏卵，牛乳の5畜産物を用いた。その結果，20医薬品22医薬品成分について同時分析によるスクリーニングが可能であった。また，一部の医薬品は鶏卵でのみ回収率が低かったが，抽出残留物を溶解するアセトニトリル濃度を高くすることで，回収率が改善したものもあった。

キーワード：動物用医薬品，同時一斉分析法，LC/MS（SIM）

1 はじめに

食品中に残留する農薬等の規制に関しては，平成18年5月のポジティブリスト制度の導入により，規制対象農薬等が大幅に増加した。国はこれら多くの農薬等を効率的に分析する必要から一斉試験法¹⁾（以下「通知法」という。）を提示した。しかし，この方法は試験対象とした多くの農薬等が同時に分析できることを確認したものではなく，また，測定機器による検出感度の違い等が大きいことも指摘されている²⁾。

当センターでは，残留農薬等の分析業務の更なる迅速化を図ることを目的とし，平成19年度から3ヵ年計画でポジティブ制度に対応した同時分析（同時スクリーニング）の検討を行ってきた。平成19年度はGC/MSによる農薬の同時スクリーニング³⁾，平成20年度は，通知法のうち「LC/MSによる農薬等の一斉試験法Ⅰ（農産物）」と，「LC/MSによる農薬等の一斉試験法Ⅱ（農産物）」を用いてLC/MSによる同時スクリーニングの検討を行った⁴⁾。

平成21年度は，動物用医薬品について，通知法のうち抽出操作が簡易で分析対象成分が多い「HPLCによる動物用医薬品等の一斉試験法Ⅰ（畜水産物）」（以下「動薬Ⅰ法」という。）を用いて24医薬品26医薬品成分について，

LC/MSによる同時スクリーニングの検討を行ったのでその結果を報告する。

2 材料と方法

2・1 検討対象医薬品，畜産物及び標準試薬

(1) 検討対象医薬品

通知法（動薬Ⅰ法）の対象医薬品及び代謝物のうち，国内で販売数量の多い⁵⁾サルファ剤9品目，キノロン剤7品目（8成分），その他の合成抗菌剤6品目，寄生虫駆除剤2品目（3成分）を対象とした（表1参照）。

(2) 検討対象畜産物

牛肉，豚肉，鶏肉，鶏卵，牛乳の5種類の畜産物を用いた。

(3) 試薬

各動物用医薬品の標準品は，関東化学（株），林純薬工業（株），和光純薬工業（株）又はDr. Ehrenstorferのものを用いた。

メタノール，1-プロパノール，n-ヘキサンは高速液体クロマトグラフ用試薬，無水硫酸ナトリウムは残留農薬分析用試薬，ギ酸はLC/MS用試薬，N，N-ジメチルホルムアミドは特級試薬を用いた。また，アセトニトリルは，標準溶液の調製及び抽出操作には高速液体クロマト

Simultaneous Analytical Method of Veterinary Drugs by LC/MS（SIM）. by TAKEDA Masami, MIZUGUCHI Tatsuhito, KITANO Keiichi and ODA Toshiro（Health and Food Safety Department, Ishikawa Prefectural Institute of Public Health and Environmental Science）

Key words : Veterinary Drugs, Simultaneous Analytical Method, LC/MS（SIM）

表 1 検討対象医薬品成分の保持時間、モニターイオン及び定量限界の確認

医薬品分類	医薬品名	医薬品成分名	保持時間	ポジティブ測定			ネガティブ測定		
				モニターイオン		定量限界確認(測定液として0.01μg/mL) (S/N比10以上:○)	モニターイオン		定量限界確認(測定液として0.01μg/mL) (S/N比10以上:○)
ニューキノロン剤	エンロフロキサシン	エンロフロキサシン	13.96	360	361	○			
		シプロフロキサシン	13.33	332	333	○			
キノロン剤	オキシリニック酸	オキシリニック酸	17.78	262	244	○			
ニューキノロン剤	オフロキサシン	オフロキサシン	13.18	362	363	○			
ニューキノロン剤	オルビフロキサシン	オルビフロキサシン	14.17	396	397	○			
その他の合成抗菌剤	オルメトプリム	オルメトプリム	13.11	275	276	○			
ニューキノロン剤	ジフロキサシン	ジフロキサシン	14.90	400	401	○			
サルファ剤	スルファキノキサリン	スルファキノキサリン	18.43	301	302	○	-299	-300	○
サルファ剤	スルファクロルピリダジン	スルファクロルピリダジン	15.72	285	287	○	-283	-285	○
サルファ剤	スルファジアジン	スルファジアジン	11.05	251	275	○			
サルファ剤	スルファジミジン	スルファジミジン	14.04	279	280	○			
サルファ剤	スルファジメトキシシ	スルファジメトキシシ	18.38	311	312	○	-309	-	○
サルファ剤	スルファドキシシ	スルファドキシシ	16.42	311	312	○	-309	-	○
サルファ剤	スルファメトキサゾール	スルファメトキサゾール	16.39	254	276	○	-252	-	○
サルファ剤	スルファメラジン	スルファメラジン	12.82	265	266	○			
サルファ剤	スルファモノメトキシシ	スルファモノメトキシシ	15.29	281	282	○			
ニューキノロン剤	ダノフロキサシン	ダノフロキサシン	13.68	358	359	○			
寄生虫駆除剤	チアベンダゾール	チアベンダゾール	12.06	202	203	○			
		5-ヒドロキシチアベンダゾール	11.19	218	219	○			
その他の合成抗菌剤	チアンフェニコール	チアンフェニコール	13.42				-354	-356	○
その他の合成抗菌剤	トリメトプリム	トリメトプリム	12.49	291	292	○			
キノロン剤	ナリジクス酸	ナリジクス酸	20.04	215	233	○			
その他の合成抗菌剤	ナイカルバジン	NN'-ビス(4-ニトロフェニル)ウレア	24.90	303	314	○	-301	-302	○
その他の合成抗菌剤	ピリメタミン	ピリメタミン	15.85	249	251	○			
寄生虫駆除剤	フルベンダゾール	フルベンダゾール	19.87	314	315	○			
その他の合成抗菌剤	フロルフェニコール	フロルフェニコール	16.52	340	342	○	-356	-358	○

グラフ用試薬を、LC/MS移動相にはLC/MS用試薬を用いた。

2・2 標準溶液の調製

(1) 標準原液の調製

原則として、各医薬品の標準品10.0mgをアセトニトリルに溶解し、100mLとした(100 μ g/mL)。標準品がアセトニトリルに溶けにくい場合は、少量のN,N-ジメチルホルムアミドに溶解後アセトニトリルで希釈した。

フルベンダゾールは、標準品10.0mgを少量のN,N-ジメチルホルムアミドに溶解後メタノールに希釈し、100mLとした(100 μ g/mL)。

(2) 混合標準溶液

各医薬品を医薬品の分類毎に、6組のグループに区分し、2・2(1)の標準原液を用いて、10 μ g/mLのアセトニトリル混合溶液を調製した。この6組の混合溶液を各1mLとり、アセトニトリルで10mLに希釈し、混合標準溶液(1 μ g/mLアセトニトリル溶液)とした。

(3) 添加用標準溶液及び検量線用標準溶液

2・2(2)で調製した混合標準溶液をアセトニトリルで希釈して添加用標準溶液(0.25 μ g/mLアセトニトリル溶液)とした。

また、混合標準溶液をアセトニトリル：水(4：6)で、適宜希釈して検量線用標準溶液とした。

2・3 装置及び測定条件

(1) 高速液体クロマトグラフ (HPLC)

機器：Agilent 1100 (アジレント・テクノロジー(株))

カラム：Atlantis D-C18 (ウォータース(株))、

内径2.1mm、長さ150mm、粒子径3 μ m

移動相：A液 0.1%ギ酸含有水溶液

B液 0.1%ギ酸含有アセトニトリル

グラジエント条件：B液濃度；5%→100% (30分) → 100% (30→35分) → 5% (35→45分)

流速：0.2mL/min

カラム温度：40℃

注入量：3.0 μ L

(2) 質量分析計 (MS)

機器：Agilent 1100 MSD SL (アジレント・テクノロジー (株))

イオン化法：Electrospray (ESI) 法 Positive及びNegativeモード

ネブライザー：N₂ (35psi)

ドライガス：N₂ (10.0L/min, 350°C)

四重極温度：100°C

Vcap電圧：+3000V, -3000V

定量測定：選択イオン検出 (SIM)

マススペクトル測定：SCAN (100~800amu)

フラグメンター電圧：ポジティブ 150V

ネガティブ 100V

2・4 試験溶液の調製

動薬I法に準拠し、次のとおり調製した。

試料5.0gにアセトニトリル30mL, アセトニトリル飽和n-ヘキサン20mL及び無水硫酸ナトリウム10gを加え2分間ホモジナイズした後、毎分2,000回転で5分間遠心分離し、アセトニトリル層を分取する。さらに、残さにアセトニトリル20mLを加え1分間振とう後、毎分2,000回転で5分間遠心分離し、アセトニトリル層を分取する。分取したアセトニトリル層を併せ、1-プロパノール10mLを加え、40°C以下で減圧濃縮し、溶媒を除去する。残留物にアセトニトリル：水(4：6) 2mLを加え溶かし、アセトニトリル飽和n-ヘキサン1mLを積層して、毎分3,000回転で5分間遠心分離し、アセトニトリル-水層を分取した。この液をアセトニトリル：水(4：6)で2.5倍に希釈し、さらに0.45 μ mのフィルターでろ過し試験溶液とした。

2・5 添加回収試験

添加回収試験は、細切又は混合均一化した畜産物を秤量し、2・2(3)で調製した添加用標準溶液(0.25 μ g/mLアセトニトリル溶液)を1mL添加(畜産物中0.05 ppm相当)し直ちに、2・4に従い試験溶液を調製し回収率を求めた。

2・6 マトリックスの影響確認用試験溶液の調製

各畜産物の無添加試料から得た溶液に、各医薬品成分濃度が0.05 μ g/mLになるように、混合標準溶液を添加し、マトリックス影響確認用試験溶液(以下「マトリックス試験溶液」という。)を調製した。

3 成績及び考察

3・1 モニターイオンの選択

2・2(1)の標準原液をアセトニトリル：水(4：6)で希釈した各医薬品成分が1 μ g/mLの溶液を、スキャン測定して得られたマススペクトル及び保持時間が

ら、定量イオン及び定性イオンとして各1イオンを選択しSIMメソッドを作成した。(表1参照)

ポジティブ測定ではチアンフェニコールを除く25医薬品成分でマススペクトルが確認できた。ネガティブ測定では、定性イオンが得られなかったものも含めて10医薬品成分のマススペクトルが確認できた。

3・2 定量限界の確認及び検量線

(1) 定量限界の確認及び試験溶液調整法の検討

0.01 μ g/mLの検量線用標準溶液のデータを用いて、各医薬品成分の定量イオンピークがS/N比10以上で確認できたかどうかを表1に示した。

検討対象の26医薬品成分全てで、少なくともポジティブ測定又はネガティブ測定のいずれかで有効ピークが確認できた。

動薬I法は、操作が簡易であるが精製を行わないため、汚れ等が測定機器に導入され負担をかけないように、試験溶液を通知法の5倍に希釈し、試験溶液の調整法を2・4のとおりとし、目標定量限界の畜産物中濃度0.01ppm(試験溶液濃度0.01 μ g/mL)を確保した。

(2) 検量線

0.005 μ g/mLから0.075 μ g/mLの間の5段階の検量線用標準溶液を用いて検量線の直線性を確認した。

ポジティブ測定で25医薬品成分、ネガティブ測定で10医薬品成分の相関係数が1.000から0.990の範囲にあり、良好な直線性が確認できた。以上から、検討対象の26医薬品成分全てが目標の定量限界(畜産物中0.01ppm)での検出が可能と判断した。

3・3 添加回収試験及びマトリックスの影響の確認

(1) 添加回収試験

添加回収試験は、各畜産物について1日2回、3日間の分析で行った。無添加の試料からピークが検出された場合は、その値を差し引いて回収率を求めた。

結果は、表2のとおりである。

今回は同時スクリーニングを目的とすることから、マトリックスの影響及び誤差等を加味し、評価ラインを回収率70%以上、室内精度を30%未満とし、国が示した試験法の妥当性評価ガイドライン⁶⁾の目標値を拡大して評価した。

また、エンロフロキサシン、オキシリニック酸、ジフロキサシン、ナリジクス酸、ナイカルバジンは、鶏卵でのみ回収率が50~70%とやや低かったが、室内精度は良好であることと、これら医薬品成分は今回定量限界とした0.01 μ g/mLの1/2の濃度である0.005 μ g/mLでもS/N比10以上のピークが確認できることから、鶏卵においてもスクリーニングは可能であると判断した。

以上の評価により、5畜産物全てにおいてポジティブ測定で12医薬品成分、ネガティブ測定で1医薬品成分、

表 2 添加回収試験による室内精度、回収率、マトリックス比及びマトリックス補正回収率

医薬品名	医薬品成分名	牛肉				豚肉				鶏肉				鶏卵				牛乳			
		室内 精度 (RSD%)	回収率 (%)	mat 比	mat 補正 回収率 (%)	室内 精度 (RSD%)	回収率 (%)	mat 比	mat 補正 回収率 (%)	室内 精度 (RSD%)	回収率 (%)	mat 比	mat 補正 回収率 (%)	室内 精度 (RSD%)	回収率 (%)	mat 比	mat 補正 回収率 (%)	室内 精度 (RSD%)	回収率 (%)	mat 比	mat 補正 回収率 (%)
ポジティブ測定	エンフロロキシシン	25.1	74.8	0.95	78.0	20.3	80.0	0.96	83.1	17.3	76.8	0.98	78.9	13.4	62.6	0.94	66.7	13.7	72.5	0.98	74.9
	シブフロロキシシン	55.6	35.7	1.00	35.2	42.6	42.6	0.97	43.6	50.6	34.4	0.95	37.9	22.7	37.4	0.86	43.6	12.2	55.9	0.91	63.4
	オキシリニック酸	5.6	88.7	1.03	86.5	17.2	89.0	1.08	81.9	7.7	93.1	1.06	88.1	10.2	66.9	1.05	63.9	13.5	80.5	1.06	76.0
	オフロキシシン	38.1	61.2	0.93	65.4	27.1	71.5	0.95	74.7	31.5	59.6	0.92	65.8	18.7	55.3	0.94	59.0	22.4	67.9	0.97	71.7
	オルビフロキシシン	27.0	57.7	0.87	66.0	19.7	69.9	0.97	71.9	20.8	65.6	0.99	66.4	11.9	62.2	0.97	63.9	15.4	70.7	0.97	73.2
	オルメトプリム	2.8	86.2	0.95	90.4	3.0	88.9	0.99	90.0	3.8	91.5	1.01	90.3	7.7	98.3	0.99	98.9	3.9	94.1	1.00	93.8
	ジフロキシシン	17.9	80.6	1.01	79.8	11.7	82.0	0.99	82.3	15.5	81.5	1.01	80.6	13.8	62.4	0.98	63.9	14.0	75.3	0.97	78.3
	スルファキノキサリン	13.9	85.6	0.97	88.3	6.4	98.6	1.01	97.7	3.6	100.9	1.01	99.6	1.2	88.3	0.99	89.1	10.0	83.5	1.00	83.9
	スルファクロルピリダジン	21.9	82.7	0.94	88.2	7.9	100.4	1.05	95.8	4.7	104.3	1.05	99.7	7.6	78.5	1.00	78.7	17.2	79.4	1.00	79.6
	スルファジアジン	14.1	77.9	0.88	88.6	6.4	105.4	1.11	95.6	8.9	125.7	1.21	103.5	7.8	92.6	1.09	84.9	25.9	85.7	1.13	77.2
	スルファジミジン	17.0	88.2	0.93	94.8	5.2	106.6	1.14	93.8	7.7	118.1	1.12	105.6	4.8	101.4	1.04	98.2	28.6	83.7	1.18	71.9
	スルファジメトキシシン	14.0	93.2	1.00	93.2	5.7	103.4	1.05	98.4	3.4	106.0	1.06	100.4	2.2	98.4	1.03	95.5	7.6	92.9	1.07	87.1
	スルファドキシシン	12.5	95.9	1.04	92.3	5.5	108.2	1.09	99.2	6.8	104.0	1.02	102.0	3.8	99.8	1.06	94.6	12.3	96.0	1.13	85.6
	スルファメトキサゾール	16.5	85.9	0.97	88.7	13.0	105.3	1.05	100.4	4.6	97.6	0.96	101.7	1.8	89.8	0.98	91.3	10.3	83.9	1.00	84.0
	スルファメラジン	20.3	88.0	0.95	92.4	5.6	106.8	1.13	95.2	4.6	125.7	1.21	103.6	5.8	100.6	1.09	92.4	11.0	105.6	1.44	76.4
	スルファモノメトキシシン	15.8	84.5	0.93	90.9	6.3	104.5	1.10	95.4	4.4	109.7	1.10	100.3	1.4	87.6	1.03	84.9	16.2	85.4	1.08	79.6
	ダノフロキシシン	38.4	63.3	0.97	65.6	47.0	66.9	0.90	73.8	30.8	59.7	0.90	69.9	20.5	57.3	0.85	69.0	15.7	67.9	1.00	69.9
	チアベンダゾール	2.2	85.9	0.87	99.3	3.4	93.4	0.96	97.7	2.4	94.3	0.96	98.5	1.7	99.2	1.00	99.2	4.9	90.4	0.94	96.3
	5-ヒドロキシチアベンダゾール	12.8	77.5	0.94	82.7	6.8	88.2	1.00	88.6	2.3	97.2	1.03	94.1	2.5	97.4	1.04	93.3	4.4	100.6	1.06	94.8
	トリメトプリム	7.8	88.1	0.92	95.9	5.0	88.6	0.92	97.1	2.9	93.5	1.00	93.3	3.0	98.6	1.03	95.8	12.3	86.9	0.99	87.6
ネガティブ測定	ナリジクス酸	7.9	84.5	1.06	80.1	17.2	82.6	1.04	79.5	8.9	84.4	1.03	82.1	9.7	52.4	1.05	50.1	14.3	72.4	1.04	70.2
	ナイカルバジン	14.5	70.4	0.89	78.9	20.2	78.2	1.11	70.3	8.5	85.5	1.03	83.6	9.3	46.7	0.97	48.1	8.5	83.6	0.81	104.0
	ピリメタミン	1.8	84.5	0.95	89.2	3.1	87.1	0.98	89.0	2.8	88.5	0.98	90.8	6.2	90.8	0.98	92.4	2.9	95.3	0.99	96.0
	フルベンダゾール	7.9	102.9	1.05	98.3	4.4	94.2	1.00	94.2	5.8	99.2	1.02	97.4	1.4	97.4	0.99	98.2	2.0	96.5	1.02	94.4
	フロルフエニコール	13.4	100.4	0.96	104.9	4.3	101.7	0.99	102.5	5.4	101.0	1.00	100.6	5.4	98.2	0.99	99.2	6.5	97.1	0.99	97.6
	スルファキノキサリン	10.0	88.5	1.00	88.6	4.1	94.0	0.99	95.3	3.7	97.5	1.04	93.6	3.0	86.5	0.99	87.4	17.4	81.6	0.92	82.1
	スルファクロルピリダジン	8.6	89.3	1.02	87.3	3.2	95.0	0.99	96.7	3.6	96.5	1.03	93.5	5.2	74.7	0.95	79.1	9.8	73.8	0.91	79.2
	スルファジメトキシシン	10.7	89.0	1.02	87.0	3.8	94.4	0.98	96.0	2.9	98.1	1.02	96.3	2.6	93.0	1.00	93.0	7.8	78.2	0.93	84.6
	スルファドキシシン	13.2	80.7	0.89	91.7	4.4	90.6	0.92	99.3	2.4	97.5	0.97	100.7	6.4	85.3	0.94	90.6	15.3	84.2	0.94	82.8
	スルファメトキサゾール	11.0	85.7	0.97	88.3	5.9	93.8	0.95	98.7	1.7	96.4	1.00	96.4	2.8	90.5	0.99	91.1	10.7	79.9	0.99	80.5
	スルファモノメトキシシン	7.8	85.3	0.97	87.5	6.0	92.9	0.93	99.6	4.0	94.7	0.97	97.5	2.8	82.4	1.00	82.0	16.0	72.8	0.94	77.8
	チアンフエニコール	6.1	91.5	0.98	94.1	3.6	92.7	0.88	105.0	2.4	96.8	0.99	97.3	7.5	91.1	0.95	95.5	15.6	71.4	0.75	95.5
	ナイカルバジン	12.6	76.5	0.95	80.2	3.7	72.6	0.97	75.2	5.0	85.7	1.01	85.1	10.1	52.0	0.98	53.4	13.0	91.9	1.06	93.0
ポジティブ測定	フルベンダゾール	3.1	94.1	1.01	93.7	7.1	90.6	1.01	89.9	3.0	98.4	1.03	95.7	2.3	95.0	0.99	95.8	6.9	94.0	1.00	92.7
	フロルフエニコール	8.2	102.7	1.06	96.9	3.1	101.3	0.98	103.1	1.8	104.5	1.04	100.6	10.1	97.2	0.95	101.7	13.2	84.4	0.92	97.3

注：医薬品、医薬品成分名の網掛けは、同時スクリーニングが可能と判断されたものである。

両測定で9医薬品成分がスクリーニングが可能と判断した。

今回スクリーニングが不可能と判断した4医薬品成分は全てニューキノロン剤で、5畜産物全てにおいて回収率が低く、室内精度が悪いものが多かった。ニューキノロン剤は親水性の強い両性物質であり、畜水産物からの抽出においては、メタリン酸やギ酸をアセトニトリルに添加して酸性下で行う方法が有効であると報告⁷⁾⁸⁾されており、今回用いた方法では十分抽出されていないことが考えられた。

このため、ニューキノロン剤については抽出方法等について更に検討する必要があると考えている。

(2) マトリックスの影響の確認

0.05 μ g/mLの検量線用標準溶液のピーク面積に対するマトリックス試験溶液のピーク面積の比をmat比として算出し、各畜産物におけるマトリックスの影響を確認した(表2参照)。

牛肉、鶏卵では、ほとんどが、mat比1.0付近にあり、試料畜産物由来物質の影響は見られなかった。一方、豚肉、牛乳はポジティブ測定の場合、サルファ剤の一部でmat比が高く1.2を超えるものもあった。そこで、mat比で回収率を補正したところ、サルファ剤9医薬品全てで回収率が70～120%になることから、検液中の共存物質の影響が予想された。

3・4 鶏卵における回収率の検討

鶏卵でのみ回収率が低かった5医薬品成分は、最終検液調製時に医薬品が鶏卵成分中に取り込まれて、溶解が不十分である可能性が考えられた。

そこで、抽出残留物をアセトニトリル：水(6：4)2mLで溶解して測定したところ、オキシリニック酸とジフロキサシン、ナイカルバジンで回収率が70%以上に改善した(表3)。

エンロフロキサシン、ナリジクス酸については回収率

が70%以下で、更に検討する必要があると考えている。

4 まとめ

- (1) 合成抗菌剤、寄生虫駆除剤24医薬品26医薬品成分について、動薬I法を用いたLC/MSによる同時スクリーニングの可能性を検討したところ、5畜産物全てで20医薬品22医薬品成分の同時スクリーニングが可能であった(表2の医薬品名に網掛けで示す)。
- (2) スクリーニングが不可能だった4医薬品は全てニューキノロン剤であった。ニューキノロン剤については、今後抽出方法等について更に検討が必要と考えている。
- (3) 鶏卵でのみ回収率が低かった5医薬品成分のうち、オキシリニック酸、ジフロキサシン、ナイカルバジンは、抽出残留物を溶解する溶液を、アセトニトリル：水(6：4)にすることで回収率が70%以上に改善した。

文 献

- 1) 厚生労働省医薬食品局食品安全部長通知食安発第0124001号：食品に残留する農薬、飼料添加物又は動物用医薬品の成分である物質の試験法について、平成17年1月24日
- 2) 厚生労働省医薬食品局食品安全部：平成18年度食品安全行政講習会テキスト(平成18年5月)
- 3) 織田敏郎、初瀬 裕、吉村瑞江、砺波和子：残留農薬等ポジティブリスト制度に対応したGC/MS(SIM)による同時分析法について、石川県保健環境センター研究報告書、**45**, 32-41(2008)
- 4) 織田敏郎、新家薫子、相川恵子、四尾秋壽：LC/MS(SIM)による農産物中残留農薬の同時分析法について、同上誌、**46**, 46-56(2009)
- 5) (財)畜産生物科学安全研究所：動薬情報、**23**(3),

表3 鶏卵の添加回収試験による回収率(試験溶液の調整法の検討)

医薬品名	医薬品成分名	回収率（％）			
		アセトニトリル：水（４：６） （n= 6）		アセトニトリル：水（６：４） （n= 3）	
		平均	C V	平均	C V
ポジティブ測定					
エンロフロキサシン	エンロフロキサシン	62.6	12.3	68.6	11.7
オキシリニック酸	オキシリニック酸	66.9	9.7	79.4	6.3
ジフロキサシン	ジフロキサシン	62.4	12.6	71.9	8.3
ナリジクス酸	ナリジクス酸	52.4	9.0	58.8	5.8
ナイカルバジン	N,N'-ビス（4-ニトロフェニル）ウレア	46.7	9.1	75.9	4.1
ネガティブ測定					
ナイカルバジン	N,N'-ビス（4-ニトロフェニル）ウレア	52.0	9.1	89.4	3.0

62-63 (2008)

- 6) 厚生労働省医薬食品局食品安全部長通知食安発第 1115001号：食品中に残留する農薬等に関する試験法の妥当性評価ガイドラインについて，平成19年11月15日

- 7) 尾長 稔，塚原隆充：食肉に残留するニューキノロン剤のHPLCによる簡易分析法，食衛誌，**39**，329-332 (1998)
- 8) 畑野和広：LC/MS/MSによる食品中のキノロン剤の同時定量，同上誌，**45**，239-244 (2004)

〔資 料〕

平成21年度水道水等水質検査精度管理調査結果

石川県保健環境センター 健康・食品安全科学部

川上 慶子・山岸 喜信・橋本 潤子
北川 恵美子・谷村 睦美・橋本 喜代一

〔和文要旨〕

本県では、県内関係機関の水道水質検査に係る試験の技術水準の把握と向上を目的として、昭和58年から水道水の水質検査に関する精度管理を実施している。平成21年度は一般細菌、有機物（全有機炭素（TOC）の量）を対象として実施した。配付試料は当センターが調製し、一般細菌は $\bar{x} \pm 2\sigma$ の範囲内を良好と判定、有機物（全有機炭素（TOC）の量）は機関内変動係数、設定濃度に対する割合、Grubbsの方法等により評価し、それぞれ概ね良好な結果が得られた。

キーワード：水道水、精度管理、一般細菌、有機物（全有機炭素（TOC）の量）

1 はじめに

本県では、県内関係機関の水道水質検査に係る技術水準の把握と向上を目的として、昭和58年度から水道水の水質検査に関する精度管理を実施している。

平成21年度は、一般細菌、有機物（全有機炭素（TOC）の量）（以下「TOC」という）を対象として精度管理調査を行ったので、その概要を報告する。

また今回は、技術向上のため微生物試験（一般細菌）の実習を行ったので、その様子も簡単に報告する。

2 調査方法

2・1 対象機関

厚生労働大臣登録検査機関12機関、水道事業者3機関、公的機関4機関及び当センターの計20機関を対象とした。ただし、測定項目によっては不参加の機関もあった。

2・2 測定項目及び測定方法

今回の測定項目は、水道水質基準50項目のうち、一般細菌とTOCを対象項目とした。一般細菌は、多くの機関が参加しやすく、検査担当者のピペット操作によるばらつきが予想されることから、TOCは、平成21年4月

より水質基準が5mg/L以下から3mg/L以下に変更され、より高い精度を求められることになったことから選定した。

測定方法を表1に示す。一般細菌、TOCとも「水道水質基準項目に係る厚生労働大臣が定める方法（平成15年7月22日付厚生労働省告示第261号）」によるものとした。

表1 測定項目及び測定方法

測定項目	測定方法
一般細菌	標準寒天培地法による混釈培養
TOC	全有機炭素計測定法

2・3 配付試料及び結果報告

表2の内容で当センターが調製した試料を、一般細菌測定用は滅菌ポリエチレンビンに、TOCはガラスビンに分取し、参加機関に直接配付した。

TOCについては、5回の繰り返し試験とし、5回の測定結果をすべて報告することとした。

Assessment of Precision in the Quality Control of Tap Water among Laboratories in 2009.
by KAWAKAMI Keiko, YAMAGISHI Yoshinobu, HASHIMOTO Junko, KITAGAWA Emiko,
TANIMURA Mutsumi and HASHIMOTO Kiyokazu (Health and Food Safety Department,
Ishikawa Prefectural Institute of Public Health and Environmental Science)

Key words : Tap water, Quality control, Standard plate count bacteria, Total organic carbon

表 2 配付試料の内容

名称	測定項目	内容
試料-A	一般細菌	滅菌蒸留水に <i>B.subtilis</i> の芽胞液を添加し、1,100 CFU/mL 程度になるように調整したもの
試料-B	一般細菌	滅菌蒸留水に <i>B.subtilis</i> の芽胞液を添加し、55 CFU/mL 程度になるように調整したもの
試料-C	TOC	保健環境センターに供給された水道水

3 解析方法

3・1 一般細菌

*B.subtilis*を添加した試料-A, Bについて、平均値 $\pm 2\sigma$ (標準偏差)をUCL(上部管理限界) LCL(下部管理限界)としUCLとLCLの範囲内を良好と判定した¹⁾。

また、ISO/IECガイド43-1(JISQ0043-1)及び厚生労働省の「平成20年度水道水質検査の精度管理に関する調査結果」を参考にZスコアを計算した。なお、参加機関数が少ないことを考慮し、例年通りZスコアは参考とした。

Zスコアの評価基準は、一般的には以下のとおりである。

$ Z \leq 2$	満足
$2 < Z < 3$	疑義あり
$3 \leq Z $	不満足

3・2 TOC

機関ごとに変動係数、設定濃度に対する測定値の割合を算出した。設定濃度については、平均濃度の平均値とすると、極端な数値がある場合に影響を受けやすいため、各機関の平均濃度の中央値とした。異常値については、Grubbsの方法で検定を行った。さらに、測定結果のばらつきを視覚的に捉えるため、箱ひげ図²⁾を用いた評価も行った。これらの判定基準を以下に示す。

(1) 機関内変動係数¹⁾

適正值は、10%以下とした。

(2) 設定濃度に対する割合¹⁾

適正範囲は80~120%とした。

(3) Grubbsの方法による異常値の判定

異常値は棄却限界5%とした。

(4) Zスコア

3・1 一般細菌の項に同じとした。

(5) 箱ひげ図

箱ひげ図の評価は、ヒンジ幅の1.5倍のところまで上下に各ヒンジから「ひげ」を引き、それぞれの線の先端(ひげ端)を上内境界点、下内境界点とし、これらのひげ端より大きい、または小さいデータははずれ値とした。なお、最大値が上内境界点より箱に近い場合は最大値を上内境界点とし、最小値の扱いも同様とした。

4 結果と考察

4・1 一般細菌

各機関の測定結果を表3及び図1-1, 図1-2に示す。試料-Aにおいて、参加20機関のうち1機関がLCLの外側にあった。試料-Bにおいても1機関がLCLの外側にあった。これ以外の機関は試料-A, BともUCLとLCLの範囲内で良好な検査結果が得られた。Zスコアは試料-Aで1機関、試料-Bで機関が、疑義ありとなったが、これ以外の機関は良好な結果であった。

表 3 一般細菌測定結果

機関番号	試料-A		試料-B	
	測定値 (CFU/mL)	Zスコア	測定値 (CFU/mL)	Zスコア
1	800	-1.4	26	-3.0
2	1000	0.5	48	0.2
3	690	-2.5	39	-1.1
4	1000	0.5	50	0.5
5	1000	0.5	52	0.8
6	1000	0.5	48	0.2
7	1000	0.5	55	1.2
8	1000	0.5	45	-0.2
9	1100	1.5	48	0.2
10	1000	0.5	49	0.3
11	900	-0.4	44	-0.4
12	1000	0.5	51	0.6
13	1000	0.5	53	0.9
14	990	0.4	50	0.5
15	880	-0.6	53	0.9
16	800	-1.4	44	-0.4
17	1000	0.5	42	-0.7
18	980	0.3	52	0.8
19	800	-1.4	35	-1.7
20	960	0.1	49	0.3
平均値	945.0		46.7	
標準偏差	100.6		7.0	
平均値 + 2 σ	1146.2		60.7	
平均値 - 2 σ	743.8		32.7	
最小値	690		26	
最大値	1100		55	

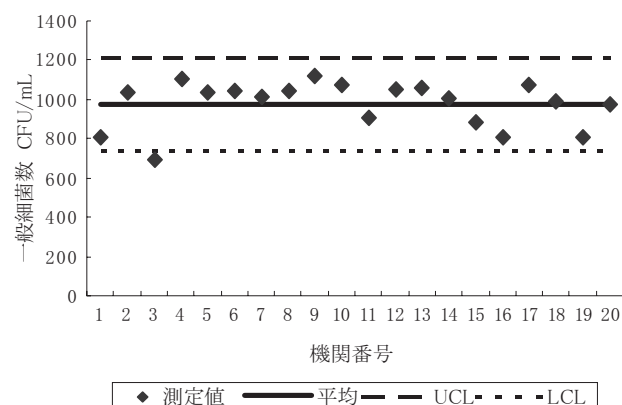


図 1-1 一般細菌測定結果(試料-A)

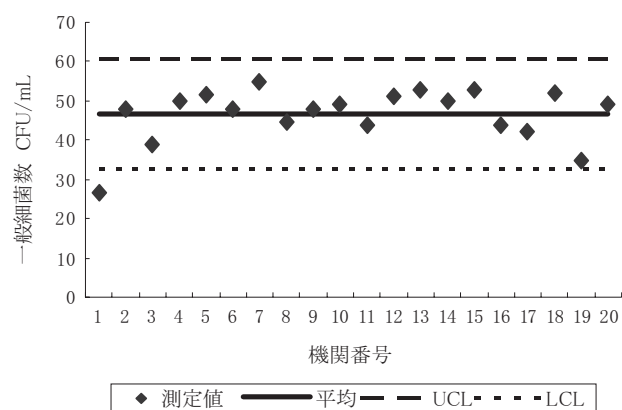


図 1-2 一般細菌測定結果（試料-B）

4・2 TOC

各機関の測定結果を表 4 及び図 2 に示す。

参加15機関の測定値は0.398～0.501mg/Lの範囲にあり、平均値は0.451mg/Lであった。機関内変動係数は0.42～7.25%であり、すべての機関で適正であった。

設定濃度（中央値）0.455mg/Lに対する割合は88.4～109.5%であり、すべての機関で適正であった。

Grubbsの検定で棄却された機関はなく、Zスコアの絶対値が3を超えた機関もなかった。箱ひげ図を用いた検討（図 3）においても最大値0.498mg/L、最小値0.402mg/Lとも上内境界点と下内境界点の中に入っていた。

表 4 TOC測定結果

機関番号	平均濃度 (mg/L)	最小値 (mg/L)	最大値 (mg/L)	標準偏差 (mg/L)	変動係数 (%)	設定濃度に対する割合 (%)	Zスコア
1	0.439	0.434	0.443	0.0034	0.77	96.6	-0.45
2	0.482	0.467	0.498	0.0135	2.80	105.9	0.77
3	0.498	0.496	0.501	0.0021	0.42	109.5	1.24
4	0.457	0.449	0.465	0.0064	1.40	100.5	0.07
5	0.444	0.437	0.450	0.0056	1.26	97.7	-0.30
6	0.480	0.465	0.494	0.0138	2.88	105.5	0.71
7	0.405	0.400	0.409	0.0033	0.81	89.1	-1.42
8	0.447	0.445	0.449	0.0019	0.42	98.2	-0.23
14	0.402	0.398	0.409	0.0044	1.09	88.4	-1.51
15	0.455	0.436	0.470	0.0130	2.85	100.0	0.00
16	0.475	0.469	0.480	0.0049	1.03	104.3	0.56
17	0.478	0.456	0.497	0.0171	3.57	105.0	0.65
18	0.419	0.416	0.422	0.0027	0.65	92.0	-1.04
19	0.468	0.417	0.493	0.0339	7.25	102.9	0.37
20	0.417	0.413	0.428	0.0063	1.51	91.6	-1.09
最小値	0.402	0.398	—	0.0019	0.42	88.4	-1.51
最大値	0.498	—	0.501	0.0171	3.57	109.5	1.24
中央値	0.455	—	—	—	—	—	—
標準偏差	0.030	—	—	—	—	—	—
平均値	0.451	—	—	—	—	97.9	—

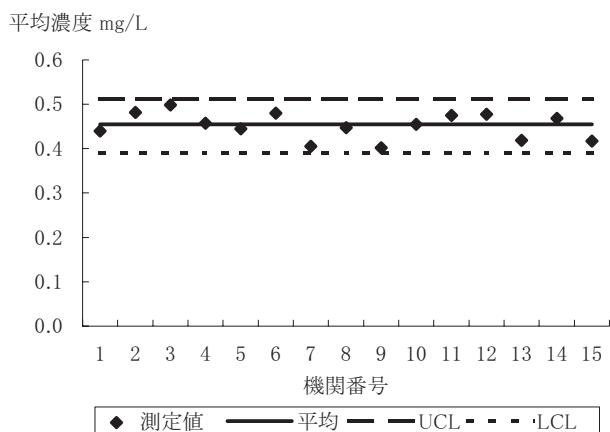


図 2 TOC測定結果

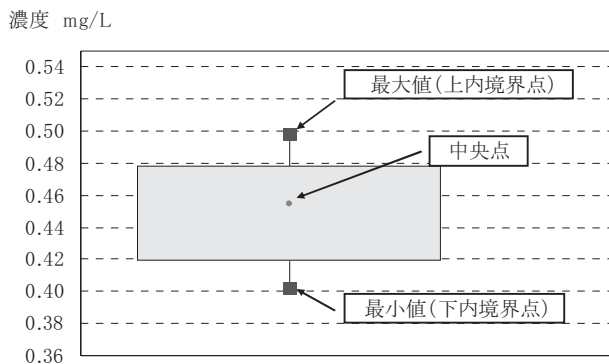


図 3 箱ひげ図TOC

4・3 微生物試験（一般細菌）実習

今回は、検査員の検査技術向上のため微生物試験（一般細菌）の実習を行った。実習参加条件は今回の精度管理の回答者にこだわらず各機関2名までとし、実習の結果を精度管理の評価としないこととした。その様子を図4に示す。

当センター職員による混釈培養操作のデモンストレーション終了後、A) 混釈培養操作、B) 検水希釈混釈培養操作、C) 菌数計数判定の3種類の実習を行った。A) B) においては、混釈操作終了後当センターにて培養を行い、当センター職員が菌数を計数した。菌数計数結果を表5に示す。概ね満足できる結果であった。

一方、C) 菌数計数判定において、試験検査の経験が少ないと思われる参加者は、ペトリ皿の縁のコロニーを見落とす傾向にあった。今回の精度管理においても、LCLの外側に外れた機関が2機関あり、混釈培養時におけるピペット操作による誤差というよりも計数時の菌数の数え落としが関係していると推察された。



a) 混釈培養のデモンストレーション



b) 菌数計数実習

図4 実習写真

表5 一般細菌実習測定結果

参加者番号	検水1 (CFU/mL)	検水2 (CFU/mL)
1	100	540
2	110	540
3	120	580
4	110	560
5	120	520
6	110	520
7	120	560
8	120	540
9	110	660
10	120	640
11	120	560
12	120	590
13	120	580
14	130	530
15	130	520
16	120	540
平均値	117.5	561.3
標準偏差	7.7	41.1
変動係数 (%)	6.6	7.3

注) 検水1：混釈培養操作

検水2：検水希釈培養操作

5 まとめ

(1) 一般細菌の測定結果について

試料-A、試料-Bについて、各々1機関がLCLの外側にあった。それ以外の機関はUCLとLCLの範囲内で良好な検査結果が得られた。Zスコアは、LCLの外側にあった機関は疑義ありとなったが、それ以外の機関は良好であった。LCLの外側にあった2機関について、原因を究明するため測定方法や手順について聞き取りを行った。

また、新たに試料-C（500cfu/mL程度）とD（50cfu/mL程度）を作成し、当センターを含め3機関で再測定を行った。2機関とも測定方法や手順に問題はなく、再測定の結果も良好な成績であり、原因は究明できなかった。

しかし、今回の実習においてLCLの外側にあった2機関からの参加者ではなかったが、試験検査の経験が少ないと思われる参加者が、ペトリ皿の縁のコロニーを見落とす傾向にあったことから、LCLの外側にはずれた原因は計数時の菌数の数え落としが関係していると推察された。

(2) TOCの測定結果について

機関内変動係数、設定濃度に対する割合はすべての機関で適正であった。Grubbsの検定で棄却された機関はなかった。Zスコアも良好であった。

6 おわりに

厚生労働省は『水道水質検査精度管理のための統一試料調査』を平成12年度より実施している。Zスコアを基準にランク分けをし、優良検査機関については機関名を公表、結果が不満足であった機関については、改善命令を出し、国の登録を取り消すこともある。本県の精度管理事業は、国のように信賞必罰のようなものでなく、検査方法に関する問題点を見つけ、互いの分析技術を向上することに重きを置いてきた。それについては一定の成果を上げ平成21年度をもって終了した。ここにこれまでの精度管理項目一覧を表6に示す。今後は、国の精度管

理事業で評価の落とすことのないよう、各々の機関が検査機器の日常点検や内部精度管理の徹底などを行っていかねばならない。

文 献

- 1) 菅 民郎：Excelで学ぶ統計解析入門第2版，オーム社（2003）
- 2) 上水試験方法，2001年版，54-64，（社）日本水道協会（2001）

表6 精度管理項目一覧

（水環境創造課資料より抜粋）

実施年度	精度管理項目			参加機関数
	細菌	理化学	項目数	
S58年度-1	一般細菌，大腸菌群	カドミウム，水銀，鉛など（全項目a試験項目）	26	16
S58年度-2	—	硝酸態窒素及び亜硝酸態窒素，鉄，塩化物イオン，硬度，pH値，有機物	6	19
S59年度-1	—	硝酸態窒素及び亜硝酸態窒素，鉄，塩化物イオン，硬度，pH値，有機物	6	18
S59年度-2	—	亜鉛，硬度，色度，濁度	4	18
S60年度	一般細菌，大腸菌群	水銀，ヒ素，硝酸態窒素及び亜硝酸態窒素など	15	21
S62年度	一般細菌，大腸菌群	硝酸態窒素及び亜硝酸態窒素，亜鉛など	15	20
S63年度	一般細菌，大腸菌群	硝酸態窒素及び亜硝酸態窒素，鉄など	11	19
H元年度	—	硝酸態窒素及び亜硝酸態窒素，鉄，塩化物イオン，硬度，アンモニア性窒素，有機物	6	18
H2年度	一般細菌，大腸菌群	硝酸態窒素及び亜硝酸態窒素，鉄など	11	19
H3年度	一般細菌，大腸菌群	硝酸態窒素及び亜硝酸態窒素，色度，濁度	5	20
H5年度	大腸菌群	pH，色度，濁度	4	19
H6年度	大腸菌群	硝酸態窒素及び亜硝酸態窒素，クロロホルムなど	7	17
H7年度	一般細菌，大腸菌群	クロロホルム，ジブロモクロロメタン総トリハロメタンなど	9	17
H8年度	一般細菌，大腸菌群	硝酸態窒素及び亜硝酸態窒素，アルミニウムなど	11	17
H9年度	大腸菌群	ヒ素，ホウ素，色度，濁度，チウラム	6	17
H10年度	糞便性大腸菌群	鉛，テトラクロロエチレン，トリクロロエチレンなど	7	13
H11年度	糞便性大腸菌群	鉄，ナトリウム，色度，シマジン，チオベンカルブ	6	13
H12年度	糞便性連鎖球菌	鉛，硬度，陰イオン界面活性剤，シマジン，チオベンカルブ	6	13
H13年度	ウエルシュ菌芽胞数	鉛，フッ素，塩化物イオン，チオベンカルブ	5	14
H14年度	ウエルシュ菌芽胞数	鉛，ジクロロ酢酸，トリクロロ酢酸，蒸発残留物	5	13
H15年度	大腸菌	鉛，亜鉛，アルミニウム，鉄，銅，硬度，	7	15
H16年度	一般細菌	硝酸態窒素及び亜硝酸態窒素，アルミニウム，塩化物イオン，濁度	5	16
H17年度	大腸菌	非イオン界面活性剤，フェノール類，pH値	4	21
H18年度	—	フッ素，ホルアルデヒド，アルミニウム，TOC，総アルカリ度	5	18
H19年度	大腸菌	塩素酸	2	20
H20年度	従属栄養細菌	鉄，マンガン	3	14
H21年度(最終年度)	一般細菌	TOC	2	20

注1) S61年度及びH4年度は技術講演会を実施

注2) H12年度より厚生労働省精度管理開始

[資 料]

石川県における温泉の泉質について

— 近年の動向や法改正に伴う温泉分析結果など —

石川県保健環境センター 環境科学部 深山 敏明・井上 和幸・岡田 真規子
中山 哲彦

〔和文要旨〕

温泉法が平成19年に改正され、源泉の所有者等に対し、10年毎に温泉成分の再分析をする義務が生じた。平成19年以降、石川県保健環境センターが実施した温泉の再分析結果について、直近の測定結果と比較したところ、11源泉中5源泉において泉質名又は鉱泉の区分の変化があった。これらは、蒸発残留物等の分析結果から、泉質の変化がある程度予測できた。また近年、掘削深が1,000mを超える大深度掘削温泉がますます増加する傾向にある。この石川県内に存在する大深度掘削温泉104源泉のうち、保健環境センターが温泉分析を実施した79源泉について、泉質を決定する要素となる泉温、pH、溶存物質総量及び主たる陽・陰イオンの成分を比較検討したところ、塩濃度が濃く高温である良質な温泉を得られる確率が高いという傾向が見られた。

キーワード：温泉，法改正，泉質，再分析，大深度掘削

1 はじめに

石川県は、全国でも温泉利用が盛んな地域の一つに数えられ、特に加賀温泉郷や能登の和倉温泉は全国的な知名度も高く、県内各地の温泉と共に石川県の重要な観光資源となっている。

これまで、石川県における温泉の泉質等については、既報等にて板倉、柿本ら、澤田がとりまとめを行っており、すでに、その特徴については、①塩化物泉が圧倒的に多い、②次いで硫酸塩泉が多い、③特殊成分による温泉は少ない、など一定の知見を得ている^{1)~4)}。

さて、平成19年の温泉法改正で、温泉の利用者に適切な情報を提供するという趣旨で、源泉の所有者等に、10年毎の温泉成分分析が義務づけられた。これにより、事業者等は、利用源泉の再分析を順次行っている。

本報では、この法改正による再分析結果の一部であり、

石川県保健環境センター（以下「当センター」という。）が分析を実施し、温泉分析書を発行したものについて、過去の分析結果と比較し、泉質の変化について考察した。

また近年、掘削技術も進歩し、1,000mを超える大深度の掘削を行うことで、これまで温泉が未開発であった都市部などでも温泉を湧出させることが可能となっている⁵⁾。ますます増加の傾向にあるこれらの大深度掘削温泉の泉質についても、その概要をとりまとめ、石川県での特徴などについて、若干の知見を得たので報告する。

2 調査対象

2・1 再分析による比較

平成19年10月の法改正後、当センターが源泉の所有者等からの依頼に基づき、分析を実施した計11源泉について、泉質名を比較した。また、泉質名又は鉱泉の区分が変わったものについては、その要因を考察するため、泉

The Mineral Spring Quality in Ishikawa Prefecture-Trend of the Recent Mineral Spring Analysis Result-. by MIYAMA Toshiaki, INOUE kazuyuki, OKADA Makiko and NAKAYAMA Tetsuhiko (Environmental Science Department, Ishikawa Prefectural Institute of Public Health and Environmental Science)

Key words : Mineral Spring Quality, Legal amendment, Re-analysis, Great-depth excavation

表 1 再分析結果の概要（泉質名・鉱泉区分等の変化）

No.	源泉 所在地	前回の結果*	前回 分析年月	今回の結果*	今回 分析年月	泉質名、鉱泉区分変更の 要因等
1	加賀市	ナトリウム・カルシウム-塩化物泉 (低張性弱アルカリ性高温泉)	(H7.7) →	同 左 (同 左)	(H21.12)	
2	小松市	ナトリウム-塩化物・硫酸塩泉 (低張性中性高温泉)	(H4.11) →	ナトリウム-塩化物泉 (低張性中性低温泉)	(H20.11)	溶存物質総量の減、特に硫酸イ オンの割合減 泉温低下 (47.5℃→25.9℃)
3	小松市	ナトリウム-塩化物泉 (等張性中性高温泉)	(S62.11) →	同 左 (同 左)	(H21.11)	
4	白山市	アルカリ性単純温泉 (低張性アルカリ性高温泉)	(S62.12) →	ナトリウム・カルシウム-硫酸塩・塩化物泉 (同 左)	(H19.8)	溶存物質総量の増 (0.919g/kg→1.421g/kg)
5	金沢市	ナトリウム・カルシウム-塩化物・硫酸塩泉 (低張性アルカリ性高温泉)	(H8.11) →	同 左 (低張性アルカリ性温泉)	(H21.3)	泉温低下 (44.2℃→41.9℃)
6	津幡町	メタケイ酸の項で温泉 (低張性アルカリ性冷鉱泉)	(H7.7) →	同 左 (同 左)	(H20.4)	
7	津幡町	ナトリウム-塩化物・炭酸水素塩泉 (低張性弱アルカリ性冷鉱泉)	(H4.6) →	ナトリウム-炭酸水素塩・塩化物泉 (同 左)	(H21.11)	塩化物イオンの割合減
8	中能登町	ナトリウム・カルシウム-塩化物泉 (高張性中性高温泉)	(H5.4) →	同 左 (同 左)	(H19.12)	
9	輪島市	含弱放射能 ナトリウム・カルシウム-塩化物泉 (高張性中性高温泉)	(H4.7) →	ナトリウム-塩化物・硫酸塩泉 (等張性弱アルカリ性温泉)	(H20.2)	溶存物質総量の減、 硫酸イオンの割合増 泉温低下 (52.0℃→37.9℃) pH上昇、浸透圧低下
10	輪島市	アルカリ性単純温泉 (低張性アルカリ性低温泉)	(H8.11) →	同 左 (同 左)	(H20.9)	
11	輪島市	ナトリウム-塩化物強塩泉 (高張性弱アルカリ性冷鉱泉)	(H11.6) →	同 左 (同 左)	(H21.11)	

* 結果欄の上欄は泉質名、下段括弧内は鉱泉区分

温、pH、溶存物質総量及び主な成分に着目し⁶⁾、これらを直近の分析結果と比較した。

2・2 大深度掘削温泉

調査対象の源泉は、次のとおりとした。平成21年3月現在、石川県内で掘削許可があるのは333源泉⁷⁾、このうち掘削深が1,000mを超える104源泉で、当センターが温泉分析を実施した79源泉を対象とした。

3 結 果

3・1 再分析による比較

泉質名、鉱泉の区分の比較結果は、表1のとおりである。

- (1) 11源泉中、泉質名と鉱泉の区分が変わったものが2源泉、泉質名のみが変わったものは2源泉、鉱泉の区分のみが変わったものが1源泉であった。
- (2) 泉質名が変わった4源泉のうち3源泉については、pH、泉温や溶存物質総量など鉱泉の区分に関わる項目についても変動が見られた。うち1源泉については、全ての鉱泉の区分が変わった。
- (3) 鉱泉の区分が変わった3源泉は、いずれも泉温が低下した。

3・2 大深度掘削温泉の測定結果

当センターが分析を行った大深度掘削温泉79源泉のデータを、泉温区分、液性区分、浸透圧区分及び泉質区分に分類し地域別に比較した。

(1) 泉温による分類

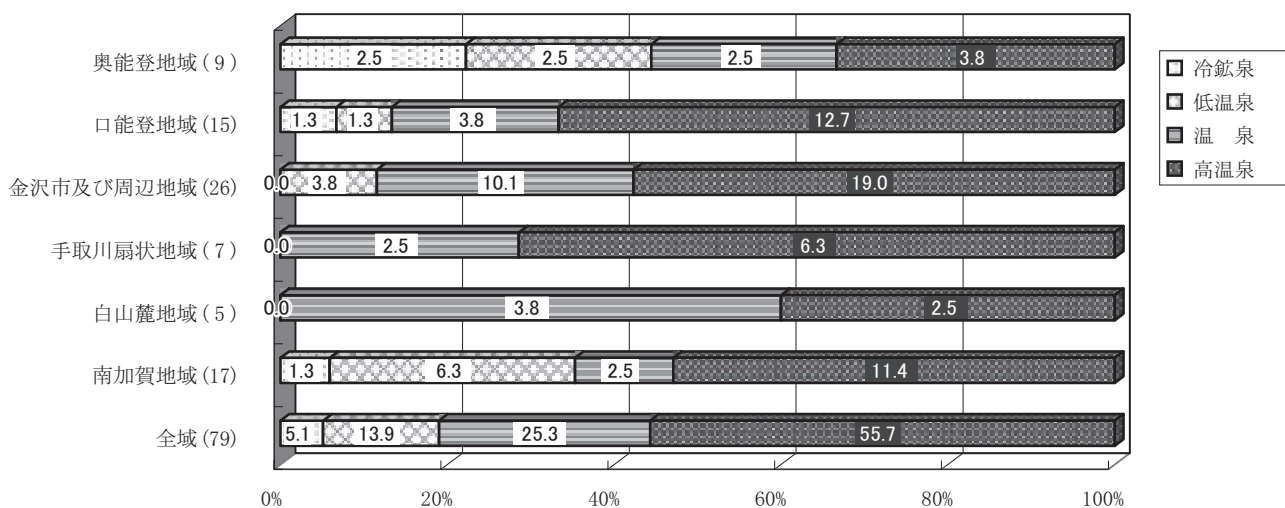
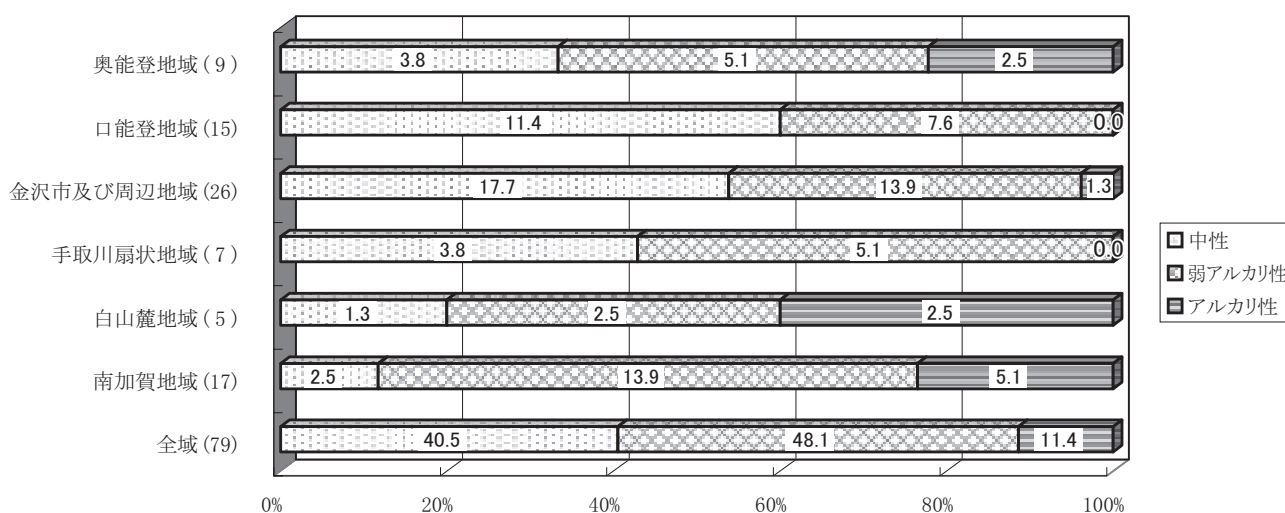
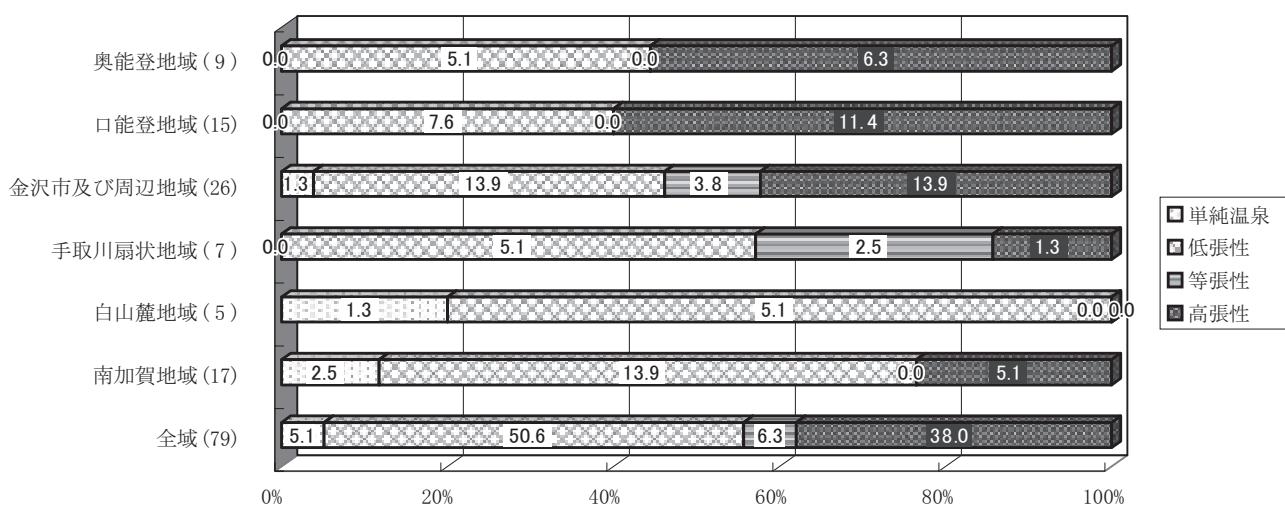
分類の結果は、図1のとおりである。大半が平野部で掘削されているが、全域では、79源泉中44源泉(55.7%)が高温泉であり、地域別では、手取川扇状地域では7源泉中5源泉、口能登地域では15源泉中10源泉と、高温泉が優勢であった。

(2) 液性による分類

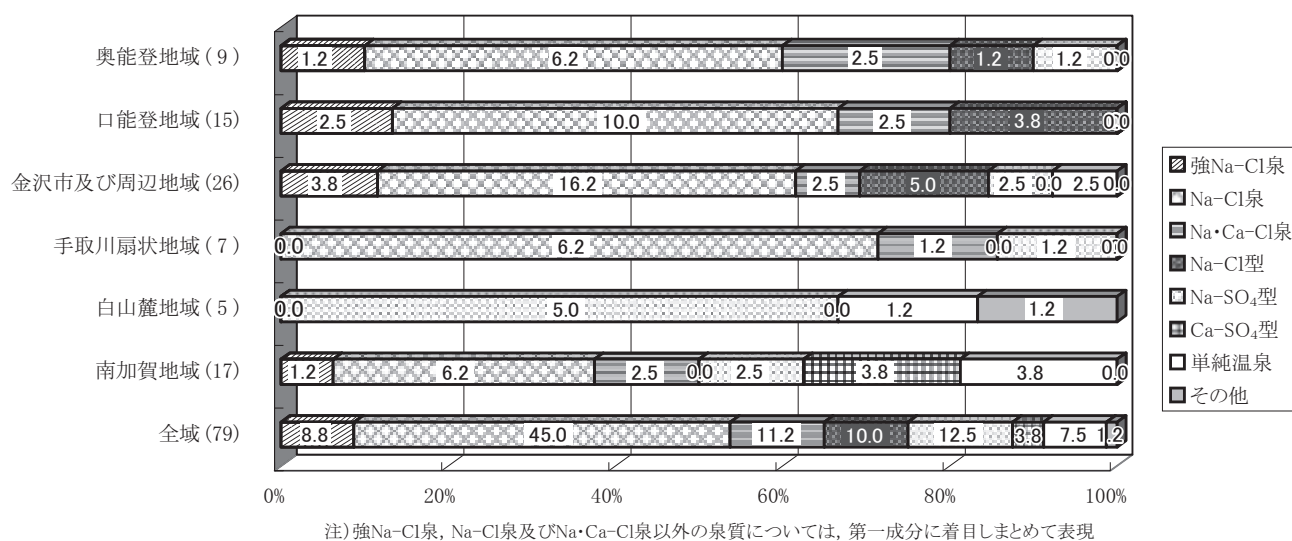
分類の結果は、図2のとおりである。全域では、48.1%が弱アルカリ性であった。また、地域別では、①比較的中性の源泉が少なくアルカリ性の源泉が多いグループ(南加賀地域、白山麓地域及び奥能登地域)と、②ほとんどが中性～弱アルカリ性の源泉であるグループ(手取川扇状地域、金沢市及び周辺地域及び口能登地域)に大別された。なお、酸性～弱酸性の源泉はなかった。

(3) 浸透圧区分による分類

分類の結果は、図3のとおりである。全域では、55.7%が低張性(単純温泉を含む)、38.0%が高張性で

図 1 地域別の泉温区分の比率^{注)}図 2 地域別の液性区分の比率^{注)}図 3 地域別の浸透圧区分の比率^{注)}

注) 図 1～4 における棒グラフ中文字は、全数 (79) に対する百分率 (%)

図4 地域別の泉質区分の比率前頁脚注)

あった。また、地域別では、①等張性から高張性の（比較的塩濃度が高い）源泉が多いグループ（手取川扇状地域、金沢市及び周辺地域、口能登地域及び奥能登地域）、②ほとんどが低張性の（塩濃度が低い）源泉のグループ（白山麓地域）と、③①と②の中間のグループ（南加賀地域）に大別された。

（４）泉質による分類

分類の結果は、図4のとおりであり、53.8%がナトリウム－塩化物泉及びナトリウム－塩化物強塩泉であった。なお、地域別に見ると、白山麓地域だけが、その他の地域と違って、塩化物泉は見られず、硫酸塩泉が多いという特徴が見られた。

４ 考 察

（１）再分析による比較

溶存物質総量は、浸透圧を区分するために必要であるが、比較的簡便に測定が可能な蒸発残留物がその目安に

なる⁶⁾。今回対象としたデータについても、図5のように、溶存物質総量と蒸発残留物とは高い相関が認められた。

そこで、蒸発残留物変動について、前回と今回の分析結果とを表2のとおり比較したところ、その変動が2割を超えた源泉は、全て泉質名が変わった。従って、蒸発残留物の2割以上の変動が泉質変化の目安となると考える。

また、泉質名が変わった源泉のうち、1源泉は、蒸発残留物変動は2割以下であったが、20%を超える主成分のうち、塩化物イオンが減少したために2つの陰イオンの割合が変わり、泉質名が変化したものであった。

なお、再分析を実施した11源泉は、前回の分析から再分析までの期間が10～22年であったが、このうち、5源泉の泉質名又は鉱泉の区分に変化があったことから、今回の再分析で得られた結果により、現在の泉質情報を把握する上での一定の知見を得ることができた。

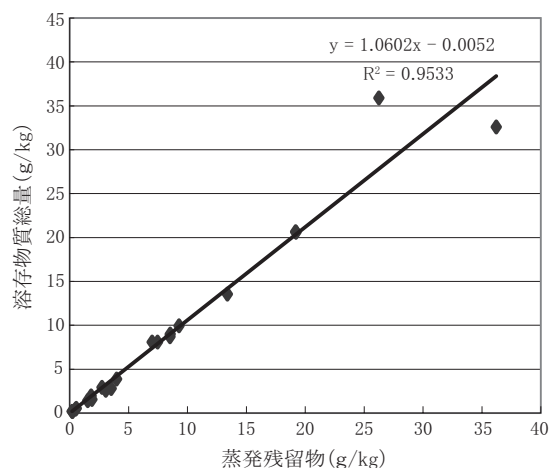


図5 蒸発残留物と溶存物質総量との相関（再分析）

表2 再分析による蒸発残留物の変動

No.	源泉 所在地	前回① (g/kg)	今回② (g/kg)	差②－① (g/kg)	変動率 (②－①) ① %
1	加賀市	8.086	8.094	0.008	0.1
2*	小松市	3.879	2.944	-0.935	-24.1
3	小松市	8.993	8.685	-0.308	-3.4
4*	白山市	0.919	1.421	0.502	54.6
5*	金沢市	1.544	1.953	0.409	26.5
6	津幡町	0.53	0.441	-0.089	-16.8
7*	津幡町	2.809	2.595	-0.214	-7.6
8	中能登町	20.6	20.65	0.050	0.2
9*	輪島市	13.547	9.947	-3.600	-26.6
10	輪島市	0.169	0.1877	0.019	11.1
11	輪島市	32.59	35.91	3.320	10.2

* 泉質名又は鉱泉の区分の変化があったもの

(2) 大深度掘削温泉についての考察

石川県における温泉の泉質については、これまで、板倉、柿本ら、澤田によって①塩化物泉が圧倒的に多い②次いで硫酸塩泉が多いなどの知見を得ており^{1)~4)}、大深度掘削温泉に着目した今回の集計結果においても、同様の傾向が見られる。

また、③泉温は旧来の温泉地、例えば和倉温泉、片山津温泉や山代温泉などの大源泉に90℃を超えるような泉温の高いものが見られるが、大深度掘削型の泉温は、35℃~40℃と概して高くない④成分総計が高いものは南加賀地域の海岸沿いと和倉温泉に代表されるとの知見も得ていたが³⁾、今回の集計結果からは、大深度掘削温泉の特徴として、浸透圧が高く、また泉温は高くないものの、42℃以上で高温泉の部類に入るものが多い傾向がみられた。

近年、良質な泉質や高い泉温の源泉を得るために都心部で大深度掘削を行うことは、よく見られるようになったが⁸⁾、この集計結果からも大深度掘削温泉の泉質改善傾向が窺える。

5 まとめ

- (1) 平成19年10月の温泉法改正後、当センターが再分析を行った11源泉のうち、5源泉において泉質名又は鉱泉の分類に変化があり、現在の泉質を把握する上で一定の成果を得た。
- (2) 泉質名に変化のあった4源泉のうち3源泉は、前回の分析と再分析とにおいて、蒸発残留物の変動がいずれも2割以上であり、この結果を用いて泉質の変化についての大きな予測が期待できた。
- (3) 当センターが温泉分析を実施した大深度掘削温泉計79源泉の泉質の傾向を調べたところ、石川県において大深度掘削を行った温泉は、比較的、塩濃度が濃く

泉温が高めである良質な温泉を得られやすいという傾向が見られた。

温泉分析結果については、県内全域のデータを一元的に把握し、円滑な温泉行政の推進に資することが望まれている。今後、関係機関等の協力も得ながら、さらにデータの収集をおこなった上で、改めて考察をしたいと考えている。

今回の温泉分析結果及び参考文献の収集においては、(財)中央温泉研究所、県自然保護課及び県保健福祉センターの方々に、貴重な助言や情報を賜るなど過分なご配慮とご協力をいただいた。ここに記して、深謝する。

文 献

- 1) 板倉 淳：石川県の温泉の分布、泉質およびその成因について、温泉工学会誌，1 (1)，28-34
- 2) 柿本 均，西川孝蔵，亀井とし：最近10年間に分析された石川県内の温泉の特徴について、石川県衛生公害研究所年報，28，312-316 (1991)
- 3) 柿本 均，西川孝蔵，大西道代：石川県内の温泉の地域の特徴と泉質の相互関連性について，同上誌，29，129-149 (1992)
- 4) 澤田道和：石川県の温泉，温泉科学，44，85-93 (1994)
- 5) 大山正雄：大深度温泉井の水収支について，温泉科学，54，107 (2004)
- 6) 環境省自然環境局：鉱泉分析法指針 (2002)
- 7) 環境省：平成20年度温泉利用状況，http://www.env.go.jp/nature/onsen/data/riyou_h20.pdf，2010年8月6日
- 8) 池田隆司：大深度掘削井の利用：温泉から地球科学的問題まで，温泉科学，55，119-123 (2005)

〔資 料〕

平成20, 21年度の石川県における地下水の水質組成について

石川県保健環境センター 環境科学部 岡田 真規子・井上 和幸・深山 敏明
中山 哲彦

〔和文要旨〕

本県では、水質汚濁防止法第16条に基づき、毎年「石川県水質測定計画」を作成し、県内の地下水の概況調査を行っている。今回、平成20年度及び21年度の調査対象井戸について南加賀、石川中央、能登中部、能登北部の4保健福祉センター管内別に水質組成を解析し、地域特性をみた。その結果、石川中央保健福祉センター管内の井戸は、沿岸部の1井にNaCl型がみられた以外はすべてふつうの淡水であったが、その外の3保健福祉センター管内の井戸に複数のNaCl型がみられた。

キーワード：地下水、水質組成

1 はじめに

本県では、「石川県水質測定計画」に基づき、県内を4kmメッシュに区分し、地下水汚染状況について、毎年概況調査を行っている。今回、平成20年度及び21年度分の調査結果を報告する。

2 調査方法

2・1 調査地点

概況調査では県内を4kmメッシュに区分し、さらにこのメッシュを2kmメッシュに4分割し、分割区域毎に調査井戸を選定した(図1)。調査は各分割区域①～④の順で実施し4年毎に調査を繰り返す方式を原則としている。

2・2 調査項目

調査項目は、pH、EC、 Na^+ 、 K^+ 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 Cl^- 、 HCO_3^- 、 SO_4^{2-} 、 NO_3^- である。

2・3 分析法

試料の分析は、 Na^+ 、 K^+ 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 Cl^- 、 SO_4^{2-} 、 NO_3^- については、イオンクロマトアナライザー(島津製作所製 Prominence HIC-SP)を用いて測定した。 HCO_3^- はpH4.8アルカリ度滴定法により定量した。

3 調査結果及び考察

平成20, 21年度概況調査の各69井の水質組成の分析結果を表1に示した。水の種類による分類としてトリリニアダイアグラムの中のキーダイアグラムの領域区分¹⁾を図2に示した。調査井戸の水質組成を調査年度毎に保健福祉センター管内別にトリリニアダイアグラム及びヘキサダイアグラムをそれぞれ図3と図4-1～4に作成した。

3・1 pH及びEC

平成20, 21年度におけるpHは、5.1～9.2の範囲、ECは42～5,730 $\mu\text{S}/\text{cm}$ の範囲であった。pHが8以上の井戸は能登中部保健福祉センター(以下「能登中部」という。)管内で、平成20年度は5井、21年度は3井、石川中央保健福祉センター(以下「石川中央」という。)管内で、20年度は1井あった。一方、ECが400 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 以上の井戸は、南加賀保健福祉センター(以下「南加賀」という。)管内で、平成20年度は2井、21年度は1井、能登中部管内に、20年度は3井、21年度は2井であった。

平成20, 21年度ともにpHが8以上の井戸は能登中部管内のメッシュ66, 84の2井で、ECが400 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 以上の井戸は南加賀管内のメッシュ19と能登中部管内のメッ

Survey of Groundwater Quality Composition in Ishikawa Prefecture in 2008-2009. by OKADA Makiko, INOUE Kazuyuki, MIYAMA Toshiaki and NAKAYAMA Tetsuhiko (Environmental Science Department, Ishikawa Prefectural Institute of Public Health and Environmental Science)

Key words : Groundwater, Water Quality Composition

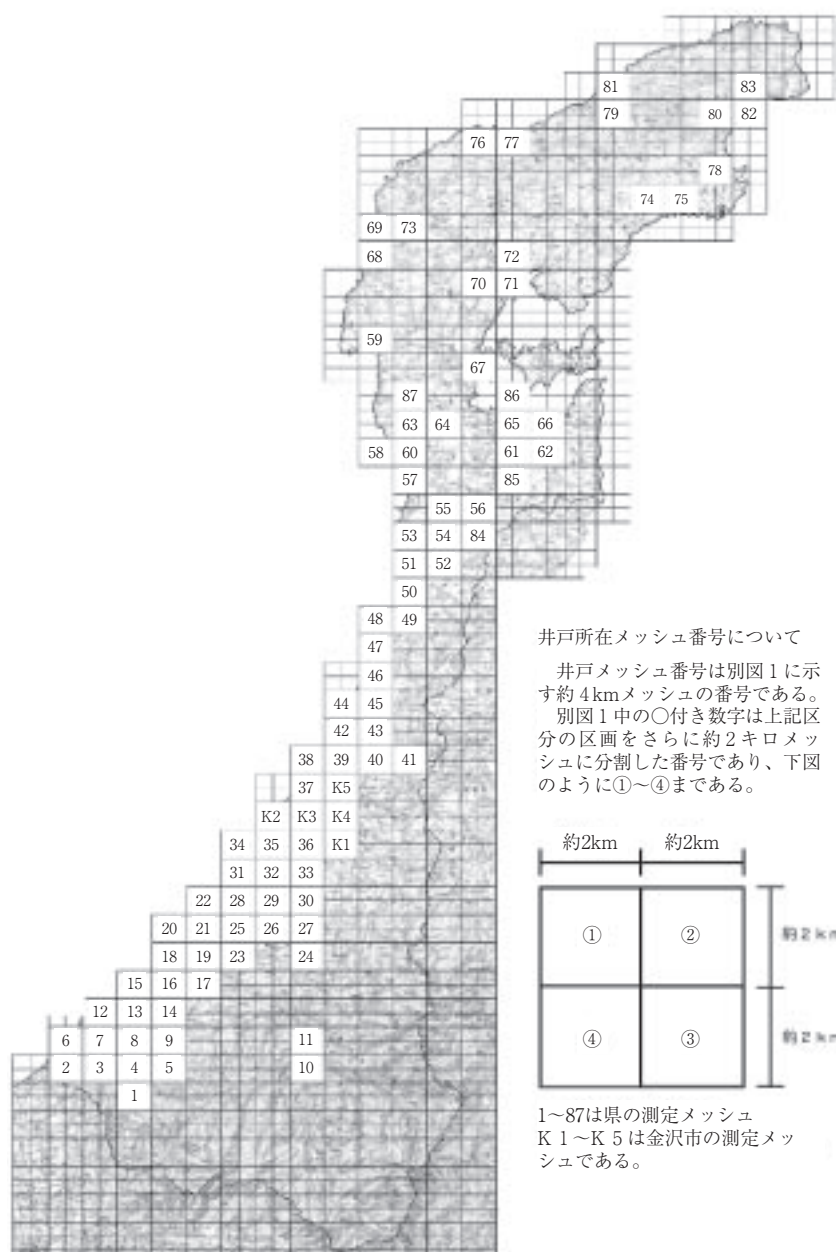


図 1 概況調査図

メッシュ59の各1井であった。

3・2 トリリニアダイアグラムとヘキサダイアグラムで解析した地下水の水質組成

図2のキーダイアグラムの領域区分より調査井戸の組成は、区分Ⅳの Na_2SO_4 型又は NaCl 型（以下「アルカリ非炭酸塩」という。）が一部地域で散見されたが、ほとんどの地下水は区分Ⅰの $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ 型、区分Ⅱの NaHCO_3 型とこれらに接する中間的組成の区分Ⅴをあわせたふつうの淡水であった。また、区分Ⅲのアルカリ土類非炭酸塩の井戸はなかった。

そのうち、水質組成がアルカリ非炭酸塩であった調査井戸の所在メッシュを調査年度別に図5に示した。

アルカリ非炭酸塩の井戸は、南加賀管内で平成20年度

は6井、21年度は5井、石川中央管内で21年度は1井、能登中部管内で20年度は4井、21年度は5井、能登北部保健福祉センター（以下「能登北部」という。）管内で20年度は3井、21年度は5井あった。そのうち平成20年度のメッシュ1と20年度のメッシュ83は Na_2SO_4 型でその他はすべて NaCl 型であった。

4 まとめ

平成20、21年度概況調査の地下水についての水質分析結果、pHは、20、21年度ともおおむね5.1～7.9でpH 8以上の井戸をのぞいた平均は、20年度は6.5、21年度は6.3だった。ECは、平成20、21年度ともおおむね42～398 $\mu\text{S}/\text{cm}$ で400 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 以上の井戸をのぞいた平均は、20年度は204 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 、21年度は193 $\mu\text{S}/\text{cm}$ だった。pH8以上の9井のうち8井が能登中部管内で、EC400 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 以上の8井のうち3井が南加賀管内で5井が能登中部管内であった。

水質組成は、淡水の $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ 型と中間的組成以外に NaCl 型も多くみられた。特に NaCl 型は、平成19年度概況調査の地下水での調査結果²⁾と同様に石川中央管内以外の地下水に多くみられた。海水の影響が考えられる沿岸部以外の井戸に NaCl 型が多くみられた原因として、既報³⁾より県内には、白山麓地域以外の地域に泉質がナトリウム-塩化物泉の温泉が多くあ

ることから、それらの地下水への流入等が考えられる。

文 献

- 1) 地下水ハンドブック編集委員会：地下水ハンドブック、357-368、株式会社 建設産業調査会（1980）
- 2) 岡田真規子、牧野雅英、梶 哲夫、山田 肇、小西秀則：石川県における地下水の水質組成について、石川県保健環境センター研究報告書、45、70-74（2008）
- 3) 柿本 均、西川孝蔵、大西道代：石川県内の温泉の地域的特徴と泉質の相互関連性について、石川県衛生公害研究所年報、29、129-149（1991）

表 1-1 平成20, 21年度地下水組成

測定 年度	メッ シュ	保健福祉 センター	位置 コード	試料名	pH	EC (μ S/cm)	Na ⁺ (mg/L)	K ⁺ (mg/L)	Ca ²⁺ (mg/L)	Mg ²⁺ (mg/L)	Cl ⁻ (mg/L)	SO ₄ ²⁻ (mg/L)	HCO ₃ ⁻ (mg/L)	NO ₃ ⁻ (mg/L)
H20	1	南加賀	1-④	H20-1-④	5.9	103	10.2	1.5	5.0	2.0	10.0	14.4	12.4	4.8
H20	3	南加賀	3-④	H20-3-④	6.1	123	8.6	3.7	5.4	1.7	10.1	9.1	26.6	6.3
H20	4	南加賀	4-④	H20-4-④	7.2	184	18.8	0.5	19.3	1.2	8.6	15.7	7-374	1.4
H20	7	南加賀	7-④	H20-7-④	6.0	151	7.8	3.8	9.8	2.3	10.3	7.8	43.6	3.7
H20	8	南加賀	8-④	H20-8-④	6.5	178	10.5	0.8	10.4	4.0	11.3	12.7	61.7	0.1
H20	9	南加賀	9-④	H20-9-④	5.7	151	9.6	6.3	6.2	2.7	10.8	14.8	23.2	10.7
H20	12	南加賀	12-④	H20-12-④	5.9	198	21.3	3.4	4.6	3.5	20.3	26.7	21.9	11.9
H20	13	南加賀	13-④	H20-13-④	6.1	133	13.0	1.5	4.3	1.6	13.5	7.8	33.0	2.3
H20	14	南加賀	14-④	H20-14-④	5.1	174	11.3	1.1	7.3	4.2	11.8	16.1	3.0	38.3
H20	16	南加賀	16-④	H20-16-④	5.9	240	8.7	5.1	19.6	3.9	14.5	24.2	20.4	4-79
H20	17	南加賀	17-④	H20-17-④	6.0	205	19.2	3.8	8.2	3.2	22.8	8.5	52.0	17.3
H20	18	南加賀	18-④	H20-18-④	6.8	176	14.7	4.6	8.4	2.5	21.1	10.3	25.4	9.8
H20	19	南加賀	19-④	H20-19-④	7.4	553	89.8	10.0	11.0	13.9	39.9	-	255.6	-
H20	20	南加賀	20-③	H20-20-③	7.2	1257	111.4	8.5	86.5	29.0	328.7	5.0	93.2	-
H20	21	南加賀	21-④	H20-21-④	7.6	210	12.2	2.1	13.1	8.1	8.7	8.8	90.5	-
H20	22	石川中央	22-④	H20-22-④	7.3	153	6.3	0.8	13.2	3.5	7.2	12.2	38.8	-
H20	23	南加賀	23-④	H20-23-④	5.8	126	10.3	4.3	6.2	0.8	9.3	13.2	21.6	-
H20	25	南加賀	25-④	H20-25-④	7.5	153	17.2	2.0	5.6	3.7	9.4	3.0	65.8	-
H20	26	南加賀	26-④	H20-26-④	5.6	97	10.0	1.2	0.8	1.2	17.5	3.2	10.7	-
H20	27	南加賀	27-④	H20-27-④	6.5	117	7.4	1.1	10.6	2.0	8.4	9.7	39.7	-
H20	28	南加賀	28-④	H20-28-④	6.2	134	6.1	0.9	12.1	1.8	6.0	10.4	38.8	-
H20	29	石川中央	29-④	H20-29-④	6.4	227	6.8	0.1	25.2	3.1	8.5	13.5	66.4	-
H20	30	石川中央	30-④	H20-30-④	6.6	269	8.9	1.4	44.4	5.9	12.8	21.3	93.9	-
H20	31	石川中央	31-④	H20-31-④	6.8	219	8.3	1.3	32.2	4.7	8.9	14.7	78.4	-
H20	32	石川中央	32-④	H20-32-④	6.7	300	8.9	1.8	33.8	5.4	12.0	20.5	114.8	-
H20	33	石川中央	33-④	H20-33-④	6.1	228	9.1	1.4	26.5	5.4	12.9	16.9	75.9	-
H20	34	石川中央	34-③	H20-34-③	7.1	240	9.6	1.4	24.7	5.3	12.8	17.2	77.6	-
H20	35	石川中央	35-④	H20-35-④	6.6	242	9.5	1.5	28.9	5.8	13.2	16.3	82.8	-
H20	36	石川中央	36-④	H20-36-④	6.2	222	9.5	1.4	26.2	5.3	13.3	19.1	67.9	-
H20	39	石川中央	39-④	H20-39-④	6.9	300	15.6	4.3	10.4	18.0	24.1	17.5	87.3	-
H20	40	石川中央	40-④	H20-40-④	7.4	353	48.5	4.1	9.7	7.7	17.3	11.9	160.9	-
H20	42	石川中央	42-④	H20-42-④	6.9	248	16.1	2.8	4.9	14.5	34.6	22.6	41.9	-
H20	45	石川中央	45-④	H20-45-④	7.4	276	12.8	3.2	19.8	5.8	14.3	2.1	96.8	-
H20	46	石川中央	46-④	H20-46-④	6.8	307	20.0	6.0	18.8	12.9	28.8	23.7	41.6	-
H20	47	石川中央	47-④	H20-47-④	8.1	169	29.7	1.6	0.8	-	14.3	3.7	55.7	-
H20	49	能登中部	49-④	H20-49-④	6.2	221	9.6	1.4	20.0	2.8	14.0	10.7	49.1	-
H20	50	能登中部	50-④	H20-50-④	6.8	125	9.6	3.5	4.3	3.5	12.9	5.9	26.0	-
H20	51	能登中部	51-④	H20-51-④	7.3	394	22.2	3.5	5.1	19.3	25.1	22.6	106.9	-
H20	52	能登中部	52-④	H20-52-④	6.3	208	16.5	2.0	15.6	4.3	24.5	11.4	51.1	-
H20	53	能登中部	53-④	H20-53-④	8.5	339	22.6	2.7	24.1	9.7	36.9	17.2	97.3	-
H20	55	能登中部	55-④	H20-55-④	5.5	265	25.9	3.1	7.9	4.7	51.7	8.0	9.9	-
H20	56	能登中部	56-④	H20-56-④	5.8	194	12.4	3.0	12.5	7.5	14.6	31.8	32.1	-
H20	57	能登中部	57-③	H20-57-③	6.4	228	20.0	2.0	20.0	2.6	28.3	11.1	49.6	-
H20	58	能登中部	58-③	H20-58-③	7.0	264	24.7	5.2	8.3	8.2	34.6	5.8	73.4	-
H20	59	能登中部	59-④	H20-59-④	7.4	600	22.1	7.2	87.7	9.3	36.8	18.3	262.5	-
H20	60	能登中部	60-④	H20-60-④	7.0	527	58.7	14.2	26.9	7.9	68.6	18.1	138.9	-
H20	61	能登中部	61-④	H20-61-④	5.5	97	8.1	1.1	4.7	0.7	15.5	4.4	17.6	-
H20	62	能登中部	62-④	H20-62-④	5.4	101	11.5	1.2	1.3	0.7	13.0	5.6	4.5	-
H20	63	能登中部	63-④	H20-63-④	5.3	123	11.0	1.8	2.5	1.4	21.0	12.4	3.2	-
H20	64	能登中部	64-④	H20-64-④	5.7	143	10.6	0.8	10.1	1.5	14.7	12.5	29.6	-
H20	66	能登中部	66-④	H20-66-④	8.0	398	46.3	0.6	34.5	6.5	52.2	7.6	124.1	-
H20	67	能登中部	67-④	H20-67-④	8.4	260	51.0	4.3	0.3	0.1	24.5	4.4	94.6	-
H20	68	能登北部	68-④	H20-68-④	7.0	403	73.8	5.6	2.0	2.1	49.6	20.2	97.6	-
H20	70	能登北部	70-④	H20-70-④	5.7	73	7.3	1.3	1.7	1.0	10.4	2.3	11.1	-
H20	71	能登北部	71-④	H20-71-④	6.8	147	10.5	2.5	6.6	4.9	1-37	4.4	58.0	-
H20	72	能登北部	72-④	H20-72-④	6.9	168	15.4	4.4	7.7	3.7	20.1	5.4	47.0	-
H20	73	能登北部	73-④	H20-73-④	6.7	238	18.1	2.8	18.2	7.2	17.5	10.7	80.2	-
H20	74	能登北部	74-④	H20-74-④	6.8	176	25.7	4.4	4.7	1.7	14.3	3.3	67.7	-
H20	75	能登北部	75-④	H20-75-④	6.9	175	32.9	3.7	0.2	0.1	17.6	5.8	54.0	-
H20	76	能登北部	76-④	H20-76-④	6.3	196	17.7	2.9	17.1	1.9	16.5	10.6	49.3	-
H20	77	能登北部	77-④	H20-77-④	7.7	316	20.8	2.6	1.1	29.5	23.8	10.8	127.5	-
H20	78	能登北部	78-④	H20-78-④	7.3	175	13.6	3.2	23.2	0.9	17.5	7.4	63.8	-
H20	79	能登北部	79-④	H20-79-④	5.9	130	13.4	2.0	3.9	1.4	16.0	10.5	13.6	-
H20	80	能登北部	80-④	H20-80-④	5.1	151	18.6	2.8	1.0	1.4	30.9	6.5	4.6	-
H20	81	能登北部	81-④	H20-81-④	6.0	251	20.8	3.1	6.2	5.5	45.0	25.6	20.4	-
H20	83	能登北部	83-④	H20-83-④	6.3	154	11.3	4.1	8.4	2.6	14.1	6.4	43.1	-
H20	84	能登中部	84-④	H20-84-④	8.2	217	9.8	2.5	19.6	9.3	8.3	22.0	79.0	-
H20	85	能登中部	85-④	H20-85-④	6.0	217	8.2	8.9	24.1	3.2	16.8	15.9	42.4	-
H20	86	能登中部	86-④	H20-86-④	8.7	317	54.7	8.2	8.6	1.7	20.6	10.8	138.4	-

—：検出なし

表1-2 平成20, 21年度地下水組成

測定 年度	メッ シュ	保健福祉 センター	位置 コード	試料名	pH	EC (μ S/cm)	Na ⁺ (mg/L)	K ⁺ (mg/L)	Ca ²⁺ (mg/L)	Mg ²⁺ (mg/L)	Cl ⁻ (mg/L)	SO ₄ ²⁻ (mg/L)	HCO ₃ ⁻ (mg/L)	NO ₃ ⁻ (mg/L)
H21	1	南加賀	1-①	H21-1-①	6.3	169	10.2	5.5	9.6	5.0	10.5	7.5	53.1	0.2
H21	2	南加賀	2-①	H21-2-①	6.4	273	25.6	4.3	11.5	5.4	37.9	12.8	44.7	9.7
H21	3	南加賀	3-①	H21-3-①	6.4	150	12.2	0.9	10.9	2.6	14.4	11.7	35.5	0.9
H21	4	南加賀	4-①	H21-4-①	6.0	215	20.1	1.2	11.9	4.7	14.4	28.1	40.9	8.8
H21	7	南加賀	7-①	H21-7-①	5.9	97	10.3	1.2	1.8	1.7	16.3	3.5	12.8	2.7
H21	8	南加賀	8-①	H21-8-①	5.5	95	15.6	3.4	11.2	5.1	26.4	9.6	37.5	4.7
H21	9	南加賀	9-④	H21-9-④	5.9	200	8.1	1.9	4.2	1.6	11.3	9.5	11.7	6.2
H21	9	南加賀	9-①	H21-9-①	5.7	198	20.0	3.0	6.5	3.5	28.8	15.2	22.8	4.2
H21	10	石川中央	10-②	H21-10-②	6.8	163	6.8	1.0	17.4	3.7	10.9	9.2	49.0	3.1
H21	11	石川中央	11-③	H21-11-③	6.5	114	5.3	1.2	10.4	2.7	6.2	10.0	36.5	3.6
H21	13	南加賀	13-①	H21-13-①	6.1	254	16.7	4.0	16.0	6.9	23.8	15.3	46.2	18.8
H21	14	南加賀	14-①	H21-14-①	5.3	168	7.5	0.9	10.2	5.1	13.3	19.7	120.0	26.3
H21	15	南加賀	15-②	H21-15-②	6.7	205	15.4	3.4	21.4	17.1	20.6	15.1	133.4	9.2
H21	16	南加賀	16-①	H21-16-①	6.0	233	22.8	4.7	20.3	10.4	30.0	22.0	81.0	9.7
H21	17	南加賀	17-④	H21-17-④	6.6	156	6.8	1.4	18.7	2.0	9.6	8.9	47.9	1.2
H21	18	南加賀	18-①	H21-18-①	6.2	235	18.3	6.7	8.3	4.7	28.9	13.9	25.7	18.3
H21	19	南加賀	19-①	H21-19-①	6.8	5730	769.0	21.0	305.0	33.4	198.9	33.6	136.1	-
H21	21	南加賀	21-①	H21-21-①	7.1	184	7.1	2.8	13.7	7.8	8.1	13.3	65.0	1.7
H21	23	南加賀	23-①	H21-23-①	5.1	93	9.6	2.3	1.0	1.2	15.0	2.7	6.8	5.5
H21	25	南加賀	25-①	H21-25-①	6.8	142	8.8	2.5	8.2	6.9	6.9	10.9	51.0	-
H21	26	南加賀	26-①	H21-26-①	7.0	152	4.5	0.9	16.8	2.7	7.8	10.9	46.4	-
H21	27	石川中央	27-①	H21-27-①	6.8	221	8.0	1.4	24.3	4.3	10.7	15.7	68.4	-
H21	28	石川中央	28-①	H21-28-①	6.7	145	8.1	1.6	18.5	10.1	10.1	12.9	46.4	-
H21	29	石川中央	29-①	H21-29-①	6.6	236	7.3	1.1	27.8	5.5	10.7	18.0	78.4	-
H21	30	石川中央	30-①	H21-30-①	6.9	256	9.3	1.2	28.7	6.4	10.6	14.5	90.2	-
H21	31	石川中央	31-①	H21-31-①	7.6	191	6.8	1.1	22.8	4.6	7.3	11.1	69.4	-
H21	32	石川中央	32-①	H21-32-①	6.7	264	8.5	1.2	37.3	6.7	15.5	22.1	84.7	-
H21	33	石川中央	33-①	H21-33-①	6.5	221	9.0	1.4	24.5	6.1	11.4	16.0	69.7	-
H21	35	石川中央	35-①	H21-35-①	7.3	305	9.4	1.3	35.6	7.5	10.5	12.7	122.6	-
H21	37	石川中央	37-②	H21-37-②	6.6	240	14.0	3.1	6.1	13.0	20.8	15.8	45.5	-
H21	39	石川中央	39-①	H21-39-①	7.0	213	10.8	4.0	7.3	12.0	12.8	17.0	49.5	-
H21	41	石川中央	41-①	H21-41-①	5.8	178	11.4	7.7	9.4	3.1	8.7	15.2	36.6	-
H21	43	石川中央	43-①	H21-43-①	6.6	169	12.7	2.2	10.2	3.3	18.8	2.4	44.8	-
H21	45	石川中央	45-①	H21-45-①	6.8	178	11.6	3.5	7.3	6.3	16.9	12.1	31.6	-
H21	46	石川中央	46-①	H21-46-①	6.8	172	15.9	1.3	4.8	4.2	20.8	10.5	26.9	-
H21	49	能登中部	49-①	H21-49-①	6.1	192	7.6	0.9	18.3	3.3	14.9	17.6	28.5	-
H21	50	能登中部	50-①	H21-50-①	6.7	193	11.3	1.5	7.4	8.0	19.8	10.9	35.1	-
H21	51	能登中部	51-①	H21-51-①	6.8	219	17.1	3.2	8.3	7.2	22.3	13.3	47.6	-
H21	52	能登中部	52-①	H21-52-①	6.3	289	17.2	2.8	14.7	11.2	20.7	6.0	105.1	-
H21	53	能登中部	53-①	H21-53-①	5.5	225	17.3	4.6	12.0	4.4	30.3	23.8	20.1	-
H21	54	能登中部	54-①	H21-54-①	5.8	133	10.6	2.1	5.2	3.0	18.1	7.8	68.6	-
H21	55	能登中部	55-①	H21-55-①	5.9	128	14.1	0.7	3.7	1.6	23.3	5.2	20.2	-
H21	56	能登中部	56-①	H21-56-①	6.0	142	8.3	4.3	9.7	3.4	12.0	14.5	26.2	-
H21	57	能登中部	57-①	H21-57-①	7.9	689	53.0	11.1	49.2	16.6	133.3	27.6	126.6	-
H21	59	能登中部	59-①	H21-59-①	7.7	405	8.2	6.0	64.2	3.6	10.5	8.3	169.3	-
H21	60	能登中部	60-①	H21-60-①	5.5	211	21.0	1.4	3.2	4.2	35.4	10.2	13.6	-
H21	61	能登中部	61-①	H21-61-①	5.9	145	10.9	1.2	10.9	2.2	17.8	2.2	37.4	-
H21	62	能登中部	62-①	H21-62-①	5.3	85	9.0	1.1	1.8	1.0	13.2	6.2	10.8	-
H21	63	能登中部	63-①	H21-63-①	6.1	230	19.2	1.7	8.8	3.8	38.3	6.1	31.5	-
H21	64	能登中部	64-①	H21-64-①	6.8	164	11.5	2.5	11.7	4.9	12.5	2.1	60.1	-
H21	65	能登中部	65-①	H21-65-①	8.5	168	27.7	2.9	-	0.2	10.2	4.9	61.7	-
H21	66	能登中部	66-①	H21-66-①	9.2	285	34.7	8.4	7.1	3.4	10.9	10.9	107.9	-
H21	67	能登中部	67-①	H21-67-①	7.7	271	16.4	13.1	22.8	4.7	10.6	4.9	104.4	-
H21	69	能登北部	69-②	H21-69-②	5.9	309	20.0	9.1	14.4	9.8	30.1	22.3	59.8	-
H21	70	能登北部	70-①	H21-70-①	5.8	105	9.1	1.9	5.3	1.5	11.9	2.1	26.8	-
H21	71	能登北部	71-①	H21-71-①	6.1	392	33.4	17.2	11.5	10.9	31.5	25.0	107.0	-
H21	73	能登北部	73-①	H21-73-①	5.9	157	12.4	2.8	7.8	3.8	16.9	6.8	30.1	-
H21	74	能登北部	74-①	H21-74-①	6.1	133	12.3	7.2	5.3	2.4	17.7	3.5	57.1	-
H21	75	能登北部	75-①	H21-75-①	5.9	125	10.8	4.9	4.8	1.6	18.0	8.1	16.2	-
H21	76	能登北部	76-①	H21-76-①	6.3	331	18.9	7.8	33.4	6.4	18.3	17.7	111.2	-
H21	77	能登北部	77-①	H21-77-①	5.9	219	17.3	4.5	12.5	4.8	22.9	13.4	50.8	-
H21	78	能登北部	78-①	H21-78-①	5.6	81	8.2	0.9	2.7	1.3	12.0	2.7	13.2	-
H21	79	能登北部	79-①	H21-79-①	5.3	166	10.7	0.8	13.2	2.6	20.4	7.9	31.4	-
H21	80	能登北部	80-①	H21-80-①	5.4	74	10.8	2.2	2.8	0.9	10.8	5.0	6.1	-
H21	82	能登北部	82-①	H21-82-①	6.6	382	48.1	9.9	10.0	4.3	61.2	17.4	50.6	-
H21	83	能登北部	83-①	H21-83-①	6.1	346	35.5	2.6	10.3	8.6	18.4	9.2	30.1	-
H21	84	能登中部	84-①	H21-84-①	8.1	208	7.6	1.5	15.1	9.5	9.3	19.0	24.3	-
H21	85	能登中部	85-①	H21-85-①	6.8	42	2.4	0.8	3.2	0.5	2.1	3.0	11.6	3.8
H21	87	能登中部	87-①	H21-87-①	5.6	128	11.3	2.8	4.9	2.0	17.5	11.1	10.8	2.9

—: 検出なし

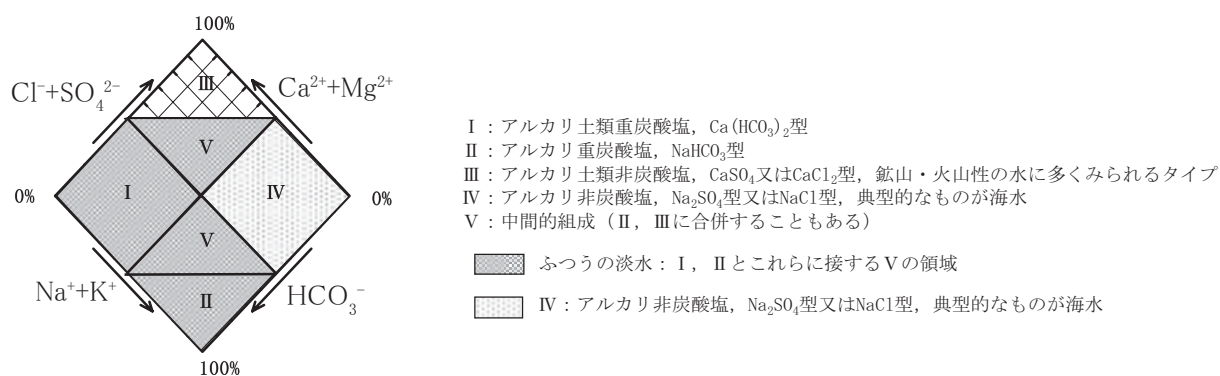


図2 キーダイアグラムの領域区分

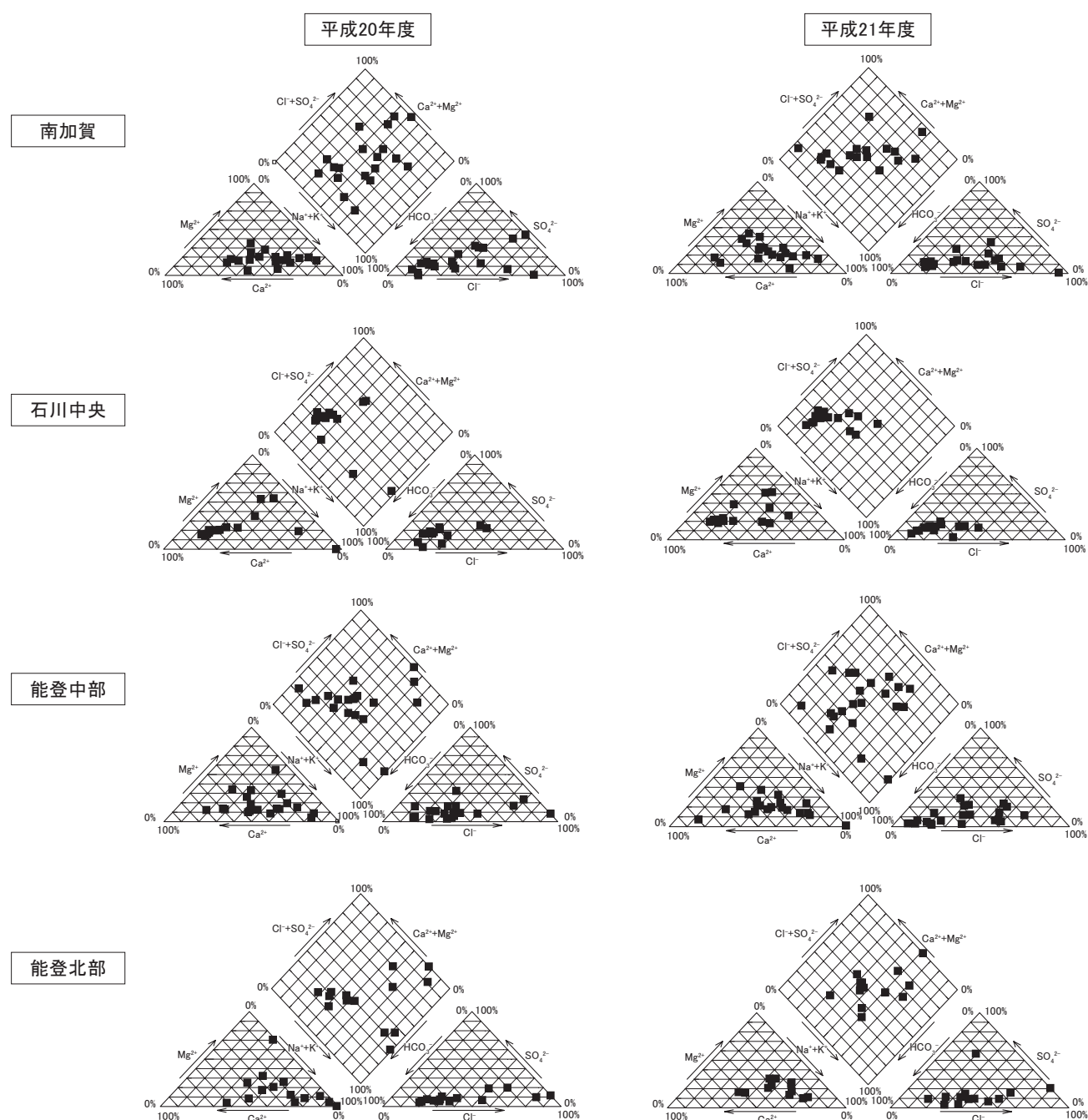


図3 トリリニアダイアグラム

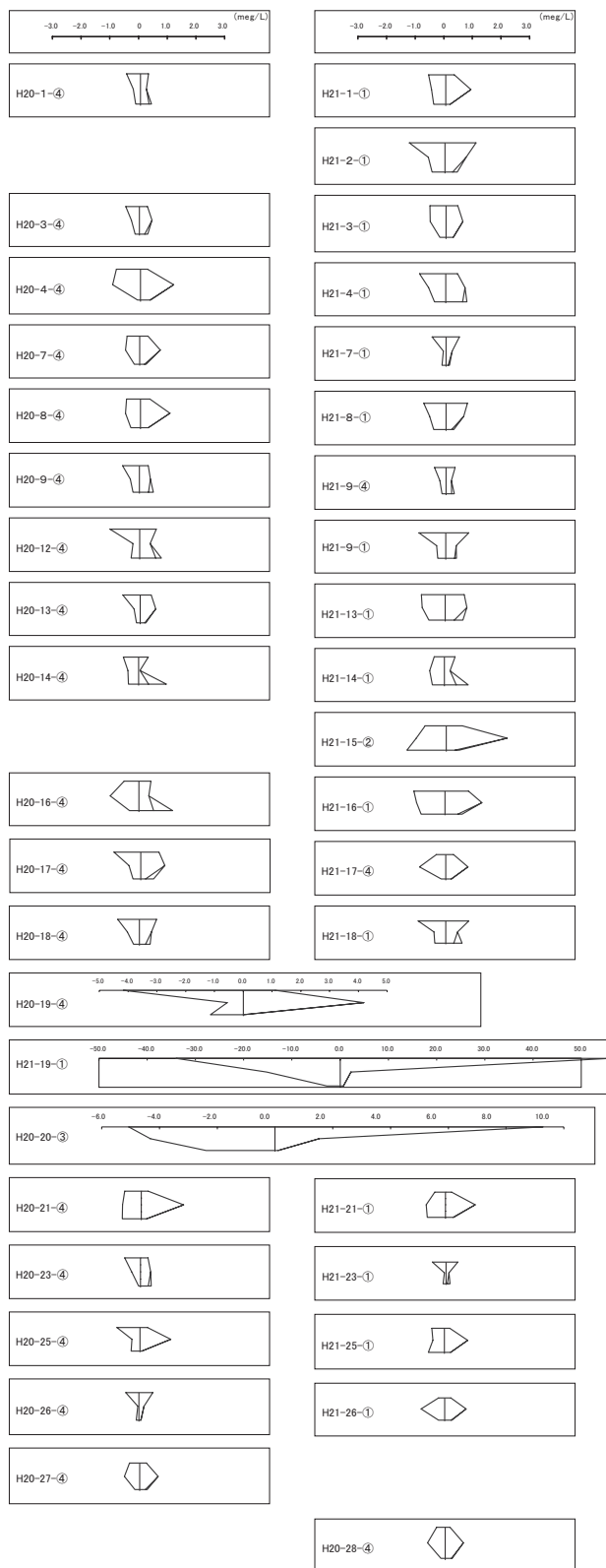


図4-1 ヘキサダイアグラム
(南加賀保健福祉センター管轄地域)

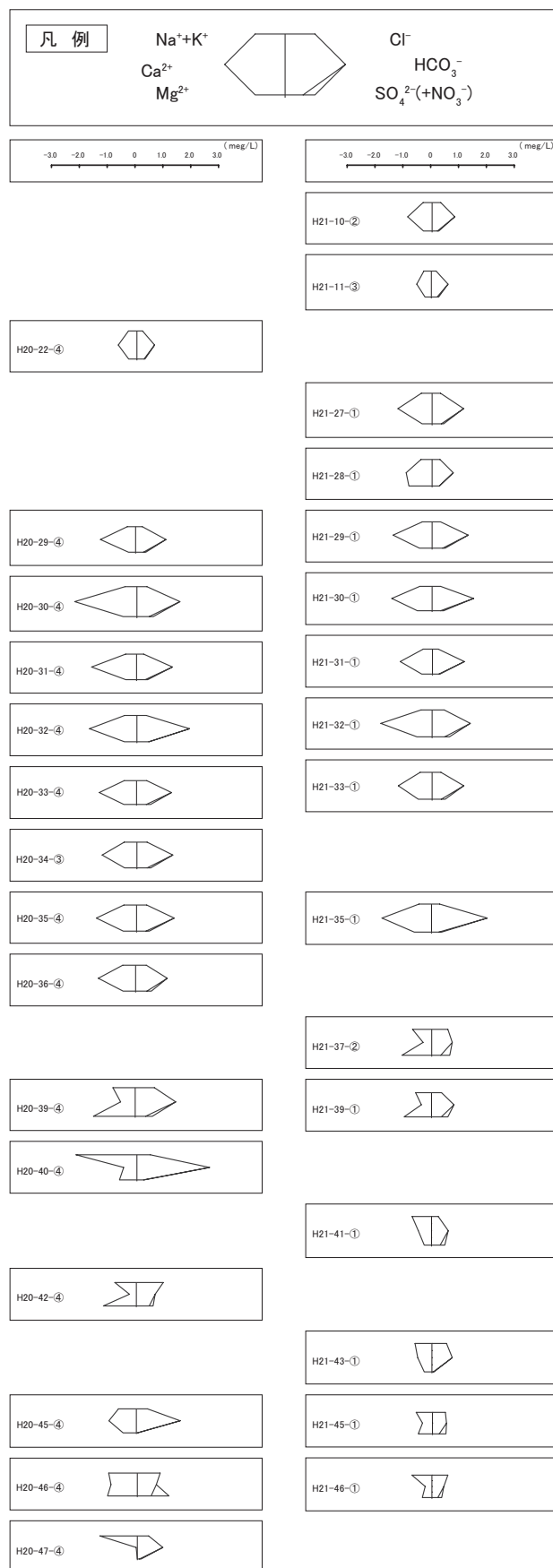


図4-2 ヘキサダイアグラム
(石川中央保健福祉センター管轄地域)

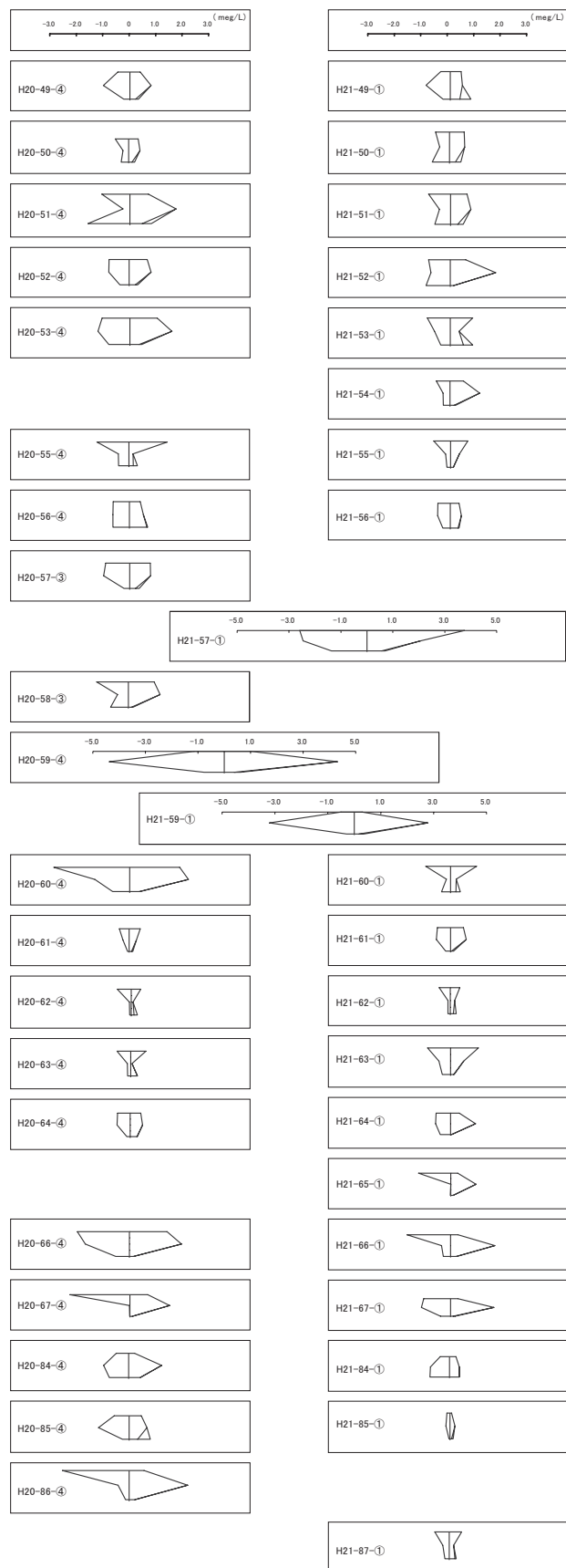


図4-3 ヘキサダイアグラム
(能登中部保健福祉センター管轄地域)

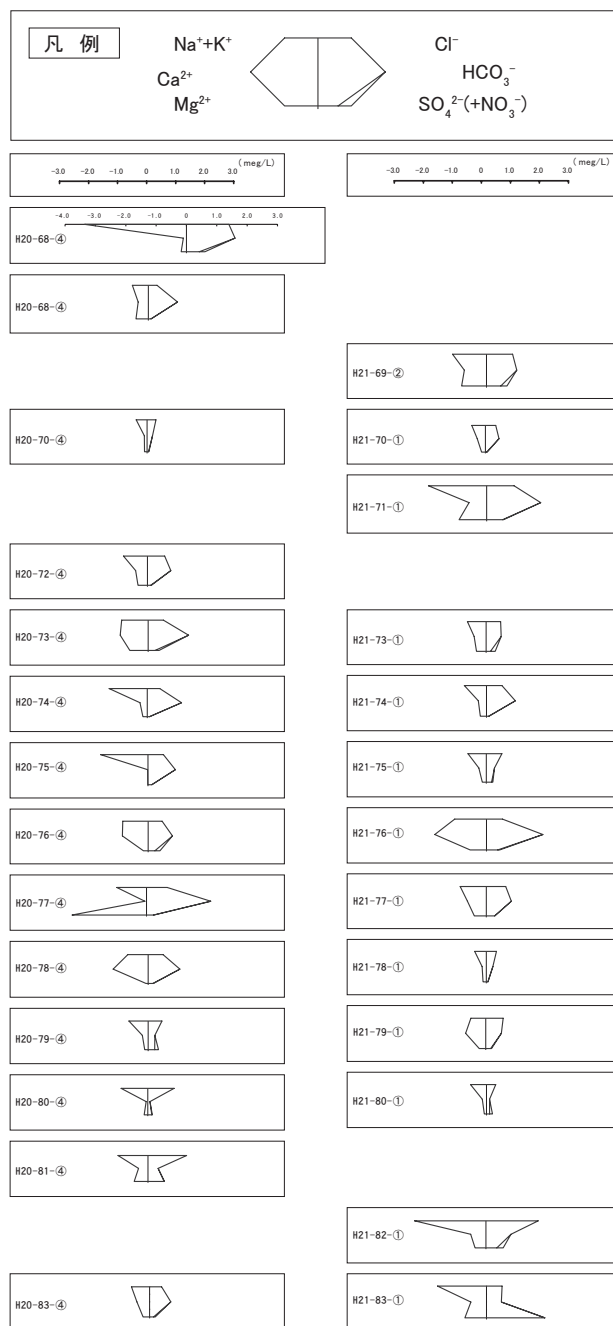


図4-4 ヘキサダイアグラム
(能登北部保健福祉センター管轄地域)



〔資 料〕

排水処理中間水におけるヘキサン抽出物質の測定精度について

石川県保健環境センター 環境科学部 井上 和幸・中山 哲彦

〔和文要旨〕

ヘキサン抽出物質における測定精度を検討するため排水処理工程の中間処理水を用いて、様々な条件下でヘキサン抽出物質の測定を実施した。その結果、抽出操作において妨害となるエマルジョンは、加熱還流法により取り除くことができた。また、乾燥時間を長くすれば測定値が低くなる結果となり、乾燥時間は測定結果に大きく影響を与える結果となった。なお、測定結果3.8～6.7mg/Lに対して、変動係数は18～27%であった。

キーワード：ヘキサン抽出物質、排水、精度

1 はじめに

工場及び事業場からの排水には、水質汚濁防止法により、ノルマルヘキサン抽出物質含有量の許容限度及び検定方法が定められている。

石川県ではこれらの工場及び事業場に対し排水基準監視を行っているが、排水試料の分析は当センターが実施している。その一項目としてヘキサン抽出物質（油分）についても上記検定方法により実施しているが、分析を実施する上で以下の問題がある。

- (1) ヘキサン抽出物質は、一般的に排水中均一に分散していないため、採水方法により分析値のバラツキが生じやすい傾向がある。
- (2) 抽出操作の際に、界面に強くエマルジョン層が生起され、明瞭な境界面ができないことがある。このエマルジョンを除去するための対策が必要となる。

このうち、(2)のエマルジョン除去対策としては、文献等から次のア)～カ)の対策が考えられる。

- ア) 塩化ナトリウム又は硫酸アンモニウムを加えて還流する方法（JIS K0102）
- イ) 加熱還流法（JIS K0102）
- ウ) ソックスレー抽出法（JIS K0102）
- エ) 硫酸アンモニウム添加法¹⁾
- オ) エタノールによる分解²⁾

カ) 濃硫酸による分解²⁾

しかし、上記いずれの方法も、一般的な対策となるものではなく、試料毎に個別対応しているのが実情である。

そこで、今回、ヘキサン抽出物質の測定精度及びばらつきの要因になると考えられる試験操作の影響に対する効果を把握するため、エマルジョンが生成されやすく、ヘキサン抽出物質が相当程度に含まれると考えられる排水処理工程の中間処理水を試料とし、エマルジョンの対策法、検体のバラツキ、塩酸（1+1）を加えるまでの時間及びその量、抽出容器の種類及び浸とう時間による測定結果の影響、及び乾燥時間による測定結果の影響を調べ、ヘキサン抽出物質の測定結果に対する影響の度合いを調べた。

2 実験方法

2・1 試料

実験は、平成21年11月20日、試験操作の影響を把握するための試料として、県内のある事業場内の排水処理工程1及び2における中間処理水（汚泥を多量に含む。）を採水した（以下、それぞれ「処理水A」、「処理水B」という。）。また、平成21年12月3日には、測定精度を把握するための試料として、同工程1及び2の中間処理水（汚泥を多量に含む。）（以下、それぞれ「処理水C」、「処理水D」という。）も採水し、これらA～Dの4検体を

An Accuracy of Measurement about Hexane Extracts in Some Wastewater. by INOUE Kazuyuki and NAKAYAMA Tetsuhiko (Environmental Science Department, Ishikawa Prefectural Institute of Public Health and Environmental Science)

Key words : Hexane extracts, Wastewater, Accuracy

表 1 各処理水の水質

項目	処理水A	処理水B
p H	7.9	8.5
B O D (mg/L)	2300	51
S S (mg/L)	450	210

3 結果と考察

3・1 エマルジョンの対処法

懸濁物質が多く、BODが高い排水には安定なエマルジョンを生じさせるタンパク質類が多量に含まれることがあり、これから生成される安定なエマルジョンの対

処法としては加熱還流法又はソックスレー抽出法が適当であると考えられる。そこで、処理水A及びBを用いてそれぞれの対処法によるヘキサン抽出物質の影響を検討した。その結果を表2に示す。

その結果、処理水Aでは「対処なし」が、処理水Bでは「ソックスレー抽出法」の測定結果がその他の結果と比べて低い値となった。これらの原因として検体採取に起因するばらつきや操作上生じたロスが考えられる。

また、それぞれ操作の際に、二層を加熱した段階でエマルジョンが消失することが確認されたため、今回



図 1 ヘキサン抽出物質の操作フロー

試料とした。

なお、採水は、試料の均一性確保のため、処理水をいったんポリバケツに採取した後、柄杓でよく攪拌しながら試料容器に採取した。処理水A及びBの水質を表1に示す。

2・2 分析方法

ヘキサン抽出物質の測定は、「排水基準を定める省令の規定に基づく環境大臣が定める排水基準に係る検定方法」(昭和49年環境庁告示64号)付表4「ノルマルヘキサン抽出物質含有量の検定方法」により実施した。その操作フローを図1に示す。

表 2 エマルジョンの対処法によるヘキサン抽出物質測定結果の影響 単位: mg/L

対処法	処理水A	処理水B
対処なし	8.8	1.3
加熱還流法	13.0	1.7
ソックスレー抽出法	13.5	0.6

の試料では、エマルジョンの対処法として加熱還流法が最適であると考えられた。以下の検討の際には、加熱還流法によるエマルジョンの除去を実施した。

3・2 検体のばらつき

また、ヘキサン抽出物質の併行精度を検討するため、処理水C及びDを用いてヘキサン抽出物質を測定した。その結果を表3に示す。

表 3 ヘキサン抽出物質の併行精度

単位: mg/L			
項目		処理水C	処理水D
測定結果 (mg/L)	1	2.8	5.5
	2	2.9	5.7
	3	3.2	6.0
	4	3.8	7.1
	5	4.6	7.4
	6	5.3	8.7
平均 (mg/L)		3.8	6.7
標準偏差 (mg/L)		1.0	1.2
変動係数 (%)		27	18

表4 採取から塩酸（1+1）を加えるまでの時間及びその量による
ヘキサン抽出物質測定結果の影響

単位：mg/L

処理水		処理水A		処理水B	
加えた塩酸（1+1）の量		1.1mL	2.8mL	0.2mL	1.1mL
時間 (場所)	採水直後（現地）	13.8	10.2	0.8	1.5
	2時間30分後（試験室）	13.0	8.9	1.7	1.8

処理水Cの測定値の平均は3.8mg/L及び処理水Dでは6.7mg/Lを示し、変動係数はそれぞれ27%、18%を得た。これは、処理水C、Dともに、若干の汚泥が含まれており、かつ、油分は均一試料を得ることが難しいため高い変動係数の値となったと推察される。

3・3 採取から塩酸（1+1）を加えるまでの時間及びその量

処理水を採取してから塩酸（1+1）を加えるまでの時間による影響を調べるため、処理水A及びBを用いて現地にて処理水を採取した直後に塩酸（1+1）を加えた場合と、試料水を試験室に持ち帰って（採水して2時間30分後）、塩酸（1+1）を加えた場合による測定結果の差異を調べた。また、試料水には汚泥が含まれており、汚泥の緩衝能が試料水のpHに影響を及ぼすと考えられたため、pH 4（メチルオレンジの変色域）にした時の塩酸（1+1）の量と、その2.5～5.0倍量の塩酸（1+1）を加えた場合による測定結果の差異を調べた。その結果を表4に示す。

これによると、塩酸（1+1）を加えるまでの時間及びその量による差は見られたが、処理水A及び処理水Bに共通する傾向はみられなかった。したがって、検体採取に起因するばらつきが強いと考えられ、それぞれの影響は確認できなかった。

3・4 抽出容器の種類及び浸とう時間による測定結果の影響

抽出容器として1 L分液漏斗、2 L分液漏斗及び3 L三角フラスコを用いて、処理水A及びBを2分及び10分浸とうした場合における結果の影響を調べた。その結果を表5に示す。

これによると、抽出容器の種類、浸とう時間による差は見られたが、処理水A及び処理水Bに共通する傾向はみられなかった。したがって、検体採取に起因するばらつきの影響が大きいと考えられ、それぞれの影響は確認できなかった。

3・5 乾燥時間による測定結果の影響

乾燥時間による測定結果の影響を調べた。その結果を表6に示した。

これによれば、一晩乾燥すると、乾燥時間を30分とした

場合に比べて処理水Aのヘキサン抽出物質は52%、処理水Bでは64%と低い値を示した。したがって、測定結果は乾燥時間に大きく影響されることが考えられる。

4 まとめ

- （1）今回の試料（処理水A～D）では、エマルジョンの対処法については、加熱還流法が最適であると考えられた。
- （2）今回使用した排水処理工程の中間処理水におけるヘキサン抽出物質の測定結果は、乾燥時間を長くすれば測定値が低くなる結果が得られた。
- （3）処理水C、Dについてヘキサン抽出物質測定の併行精度を測定したところ、平均値3.8mg/L、6.7mg/Lに対して、変動係数は18%、27%であった。これは、処理水C、Dともに、若干の汚泥が含まれており、かつ、油分は均一試料を得ることが難しいためであったと推察される。

文 献

- 1) 五十嵐繁：除害施設排水中のヘキサン抽出物質測定におけるエマルジョン除去－硫酸アンモニウムによる塩析効果－，水処理技術，**23**（12），23-26（1982）
- 2) 群馬県衛生公害研究所：ノルマルヘキサン抽出物質分析の精度管理実施結果，群馬県衛生公害研究所年報，**21**，144-147（1989）

表5 抽出容器の種類及び浸とう時間によるヘキサン抽出物質測定結果の影響

単位：mg/L

処理水		処理水A		処理水B	
浸とう時間		2分	10分	2分	10分
抽出容器	1 L分液漏斗	8.4	13.0	1.9	1.7
	2 L分液漏斗	14.6	17.1	1.4	1.7
	3 L三角フラスコ	－	12.2	－	1.4

表6 乾燥時間によるヘキサン抽出物質測定結果の影響

単位：mg/L

乾燥時間	処理水A	処理水B
30分	12.0	1.4
一晩	6.3	0.9

〔資 料〕

石川県におけるフォールアウト調査（平成21年度）

石川県保健環境センター 環境科学部

藤井 明洋・小浦 利弘・吉本 高志
中村 能則・柿本 均

〔和文要旨〕

石川県におけるフォールアウト等による環境放射能の水準を把握するため、降水中の全ベータ放射能調査や、ゲルマニウム半導体検出器による降下物、土壌、農畜産物等の環境試料中の核種分析を実施した。その結果、今年度の降水試料からは全ベータ放射能が1回も検出されず、セシウム-137の年間降下量は 0.71MBq/km^2 であった。また、空間放射線量率は、例年と同程度であった。

キーワード：フォールアウト、環境放射能

1 はじめに

フォールアウト調査は、昭和29年のビキニ環礁における核爆発実験を契機として、関係行政機関における放射性降下物の調査として開始された。その後、チェルノブイリ原発事故などもあり、継続的な環境放射能調査の必要性から、全都道府県にて「環境放射能水準調査」として実施している。

石川県におけるフォールアウト等による環境放射能の水準を把握するため、ゲルマニウム半導体検出器による核種分析を中心に放射能レベルを調査した。ここでは平成21年度の文部科学省委託調査の結果を述べる。

2 調査方法

2・1 調査対象

調査対象は、定時（午前9時）採取の降水、大型水盤による降下物（1ヵ月毎）、陸水、土壌（0～5cm、5～20cm）、農畜産物（精米、牛乳）、海産生物（ワカメ、サザエ、フクラギ）、空間放射線量率（モニタリングポストによる測定）である（調査地点については、測定結果の表を参照）。また、前年度と比べ調査項目に一部変更があり、農畜産物の大根とホウレン草、日常食の核種分析とサーベイメータによる空間放射線量率の測定がな

くなった。また、牛乳中のヨウ素-131の測定回数が年6回から年1回に減少した。

2・2 測定方法

定時降水は全ベータ放射能を測定し、降下物、陸水、土壌、農畜産物および海産生物は核種分析を行った。空間放射線量率はモニタリングポストによる連続測定を行った。

(1) 全ベータ放射能測定

文部科学省放射能測定法シリーズ「全ベータ放射能測定法」（昭和51年改訂）に基づき、ベータ線自動測定装置JDC-3201（アロカ製）により行った。校正線源としては、当センター所有の科研製八酸化三ウラン（ U_3O_8 、500dps）を使用した。

(2) 核種分析

文部科学省放射能測定法シリーズ「ゲルマニウム半導体検出器によるガンマ線スペクトロメトリー」（平成4年改訂）に基づき、ゲルマニウム半導体検出器（CANBERRA製）及び波高分析器（SEIKO EG&G）により行った。

(3) モニタリングポストによる空間放射線量率測定

文部科学省放射能測定法シリーズ「連続モニタによる環境 γ 線測定法」（平成8年改訂）に基づき、MAR-22（アロカ製）により行った。

Survey Data of Fall-out in Ishikawa Prefecture, April 2008 to March 2009. by FUJII Akihiro, KOURA Toshihiro, YOSHIMOTO Takashi, NAKAMURA Yoshinori and KAKIMOTO Hitoshi (Environmental Science Department, Ishikawa Prefectural Institute of Public Health and Environmental Science)

Key words : Fall-out, Environmental radioactivity

3 調査結果

3・1 降水の全ベータ放射能

表1に定時降水中の全ベータ放射能測定結果を示す。

表1 定時降水中の全ベータ放射能測定結果

採取場所：金沢市太陽が丘

採取年月	降水量 (mm)	検出数/ 測定数	放射能濃度 (Bq/L)	月間降下量 (MBq/km ²)
平成21年 4月	117.0	0 / 9	N.D.	N.D.
5月	95.0	0 / 7	N.D.	N.D.
6月	134.5	0 / 7	N.D.	N.D.
7月	375.5	0 / 15	N.D.	N.D.
8月	149.0	0 / 8	N.D.	N.D.
9月	95.0	0 / 6	N.D.	N.D.
10月	170.5	0 / 10	N.D.	N.D.
11月	236.0	0 / 11	N.D.	N.D.
12月	359.5	0 / 12	N.D.	N.D.
平成22年 1月	326.0	0 / 17	N.D.	N.D.
2月	184.0	0 / 15	N.D.	N.D.
3月	163.5	0 / 13	N.D.	N.D.
年間値	2,405.5	0 / 130	N.D.	N.D.
平成18～20年度の測定結果	8 / 382	N.D.～7.7	N.D.～100	

N.D.：検出されず（値が計数誤差の3倍を下回る場合）

年間降水量は2,405.5mmであった。採取試料数は130検体であり、全ベータ放射能が検出された試料はなかった。

3・2 核種分析

表2に環境試料中の放射能測定結果を示す。

(1) 降下物

1ヵ月毎の降下量は、セシウム-137がN.D.～0.54MBq/km²であり、年間降下量は0.71MBq/km²であった。平成20年度の降下量0.092MBq/km²と比べて約8倍と高い値を示したが、これは平成22年3月に大規模な黄砂の飛来があり、黄砂を含む試料から高濃度のセシウム-137が検出されたことが原因と考えられた。その他の人工放射性核種は検出されなかった。

(2) 核種分析試料（降下物以外）

セシウム-137が土壌で25Bq/kg乾土（0～5cm）、20Bq/kg乾土（5～20cm）、フクラギで0.12Bq/kg生と検出された。その他の試料は検出限界未満であった。

(3) 牛乳中のヨウ素-131

表3に牛乳中のヨウ素-131濃度測定の結果を示す。牛乳中のヨウ素-131は検出されなかった。

3・3 空間放射線量率

表4に空間放射線量率の測定結果を示す。モニタリングポストによる空間放射線量率は29～84nGy/hの範囲にあり、年平均値は49nGy/hであった。

表2 環境試料中の放射能測定結果

試料名		採取場所	採取年月	検体数	セシウム-137		その他の検出された人工放射性核種	単位
					測定結果	平成18～20年度の測定結果		
降下物		金沢市太陽が丘	毎月	12	N.D.～0.54	N.D.～0.17	なし	MBq/km ²
陸 水	上 水 (蛇口水)	金沢市太陽が丘	H21. 7	1	N.D.	N.D.	なし	mBq/L
土 壌	0～5cm	金沢市末町	H21. 8	1	25	27～31	なし	Bq/kg乾土
				547	380～930	なし	MBq/km ²	
	5～20 cm		H21. 8	1	20	24～27	なし	Bq/kg乾土
				1,860	2,200～2,900	なし	MBq/km ²	
農畜産物	精米	河北郡内灘町向粟崎	H21. 11	1	N.D.	N.D.	なし	Bq/kg精米
	牛乳	羽咋郡宝達志水町坪山	H21. 8	1	N.D.	N.D.	なし	Bq/L
海産生物	ワカメ	加賀市橋立漁港	H21. 4	1	N.D.	N.D.	なし	Bq/kg生
	サザエ		H21. 7	1	N.D.	N.D.	なし	
	フクラギ		H21. 10	1	0.12	0.10～0.16	なし	

N.D.：検出されず（値が計数誤差の3倍を下回る場合）

表3 牛乳中ヨウ素-131濃度測定結果

試料名	採取場所	採取年月	検体数	セシウム-137		単位
				測定結果	平成18～20年度の測定結果	
牛乳	羽咋郡宝達志水町坪山	H21. 8	1	N.D.	N.D.	Bq/L

N.D.：検出されず（値が計数誤差の3倍を下回る場合）

表 4 空間放射線量率モニタリング結果

測定地点：金沢市太陽が丘

測定年月	モニタリングポスト (nGy/h)	
	測定結果	平均値
平成21年 4 月	46～65	48
5 月	47～66	48
6 月	47～66	49
7 月	47～69	49
8 月	47～76	49
9 月	47～68	49
10月	47～73	49
11月	46～73	49
12月	29～84	48
平成22年 1 月	32～84	46
2 月	37～67	48
3 月	43～72	50
年間値	29～84	49
平成18～20年度の 測定結果	35～127	50

4 まとめ

平成21年度の石川県におけるフォールアウト調査の結果は、全ベータ放射能および空間放射線量率は例年と同程度であり、環境試料中の核種分析の結果は降下物、土壌および海産生物（フクラギ）でセシウム-137がわずかに検出されたのみであった。いずれも平常時のレベルにあり、異常値は認められなかった。

〔短 報〕

金沢市太陽が丘における放射性降下物の年間変動について

石川県保健環境センター 環境科学部

中村 能則・藤井 明洋・小浦 利弘
吉本 高志・柿本 均

〔和文要旨〕

放射性降下物の季節変動と、その黄砂等特定事象との関連を把握するため、金沢市郊外（金沢市南東部の丘陵地帯）に位置する保健環境センター庁舎屋上において、年間を通して降下物（雨水等）を原則10日ごとに採取した。その結果、金沢における年間の放射性核種の降下は、ベリリウム-7や鉛-210では冬季にピークが見られる変動を示し、年間の総降下量の多くは冬季に偏っていることが明らかとなった。また、それとは別にカリウム-40、セシウム-137の降下量は黄砂飛来時に顕著に増大していることが示された。

キーワード：放射性核種、降下物

極東アジアに位置する我が国は、卓越する偏西風により主に中国大陸沿岸部等で発生した硫黄酸化物や窒素酸化物、さらには化石燃料の燃焼により大気中に放出される多環芳香族炭化水素や有機酸類など人為起源の汚染物質等が風送ダストとともに長距離輸送されている¹⁾。とりわけ、その発生地域の拡大や発生・輸送頻度の増大等により生活環境への影響が指摘され、社会的にも注目されるようになって久しい黄砂については、越境汚染の機構解明という観点から、これまでに大気環境を中心に数多くの調査が進められてきた²⁾。

一方、かつての大気圏核爆発実験を起源として、今もなお環境中に残存するセシウム-137などの長半減期の放射性核種は、大気浮遊じんや降下物試料からまれに検出されることがあり、これがしばしば黄砂飛来時と重なっていた。そこで、日本海側に位置し、大陸からの影響を受けやすい金沢で、年間を通して降下物をきめ細かい期間に分けて採取し、天然の放射性核種（宇宙線起源のベリリウム-7、地殻起源の鉛-210、カリウム-40）と人工放射性核種（セシウム-137）の降下量を調査し、その詳細な季節変動や黄砂飛来時など特定事象との関連を把握することとした。

なお、本県では平成2年7月から志賀原子力発電所の周辺環境放射線監視（以下「原電監視調査」という。）を実施しており、環境試料のうち降下物試料は志賀町安部屋（志賀局）、志賀町福浦港（福浦局）及び比較対照地点として金沢市太陽が丘（当センター庁舎屋上）で口径800mmの大型水盤により1か月の試料を採取・測定してきた。

これとは別に本調査では、平成21年4月から22年3月まで当センター屋上に、同口径の大型水盤（ポリエチレン製の簡易なもの）3台を新たに設置し、原則10日ごと（ただし、黄砂飛来時には、その特徴をより明確にするため、適宜採取期間を短縮した。）に降下物試料を採取した。採取期間を従来の原電監視調査より短くして短期の変動をとらえることを目的としながら、同程度の検出下限値を確保するために試料の採取量を約3倍としたものである。採取期間の詳細は表1に示すとおりである。

採取した降下物試料は、試料1Lに対し1mLの割合で塩酸を加え、濃縮乾固後、低エネルギー対応型ゲルマニウム半導体検出器で測定した。

図1-1～1-4に各月の句ごとに、それぞれの核種の降下量の推移を示した。なお、参考までにベリリウム-7、

Seasonal Variations of Fallout at Taiyogaoka, Suburban Kanazawa. by NAKAMURA Yoshinori, FUJII Akihiro, KOURA Toshihiro, YOSHIMOTO Takashi and KAKIMOTO Hitoshi (Environmental Science Department, Ishikawa Prefectural Institute of Public Health and Environmental Science)

Key words : Radioactive Nuclides, Fallout

表1 降下物試料の採取期間等

採取期間	期間降水量 (日)	期間降水量 (mm)	降下物重量 (g)
03/30 ~ 04/09	10	29	1.2
04/09 ~ 04/20	11	25	1.5
04/20 ~ 04/30	10	63	5.9
04/30 ~ 05/11	11	8	1.5
05/11 ~ 05/20	9	37	1.6
05/20 ~ 05/29	9	13	1.1
05/29 ~ 06/10	12	39	0.5
06/10 ~ 06/19	9	14	0.6
06/19 ~ 06/30	11	117	0.9
06/30 ~ 07/10	10	151	1.3
07/10 ~ 07/21	11	157	1.1
07/21 ~ 07/31	10	71	0.5
07/31 ~ 08/10	10	77	0.4
08/10 ~ 08/20	10	16	0.5
08/20 ~ 08/31	11	51	0.9
08/31 ~ 09/10	10	6	0.3
09/10 ~ 09/16	6	54	0.7
09/16 ~ 09/30	14	37	0.7
09/30 ~ 10/09	9	135	3.0
10/09 ~ 10/20	11	33	2.6
10/20 ~ 10/30	10	8	0.7
10/30 ~ 11/10	11	53	0.7
11/10 ~ 11/20	10	144	6.8
11/20 ~ 11/30	10	39	1.6
11/30 ~ 12/10	10	55	3.3
12/10 ~ 12/18	8	111	4.6
12/18 ~ 12/25 ^{*)}	7	103	7.3
12/25 ~ 12/28	3	19	2.4
12/28 ~ 01/08	11	213	18.7
01/08 ~ 01/20	12	118	5.3
01/20 ~ 01/29	9	67	3.1
01/29 ~ 02/10	12	83	6.0
02/10 ~ 02/19	9	57	0.8
02/19 ~ 02/26	7	13	1.2
02/26 ~ 03/10	12	105	1.2
03/10 ~ 03/15	5	18	2.5
03/15 ~ 03/19	4	29	3.6
03/19 ~ 03/23 ^{*)}	4	19	18.3
03/23 ~ 03/30	7	26	2.3

^{*)} 黄砂観測日を含む。

カリウム-40及びセシウム-137については、原電監視調査から得られている過去10年の平均値、鉛-210については同調査の平成20年度の結果を併せて示した。

ベリリウム-7及び鉛-210の降下量は春季から夏季に低く、秋季以降に増加し冬季にピークが見られた。一方、カリウム-40は類似した季節変動を示しながらも3月の黄砂観測期には、その降下量は著しく増大した。また、セシウム-137は、4月、10月、12月、1月及び3月に計

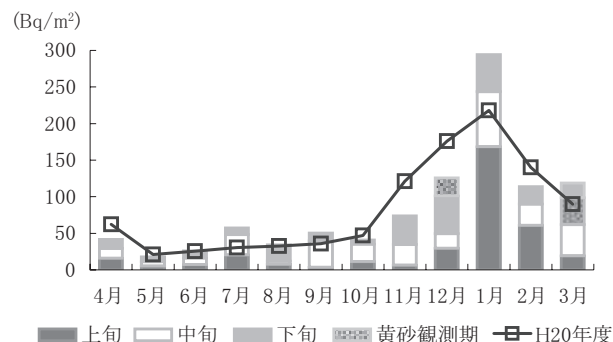


図1-1 Pb-210の降下量の推移

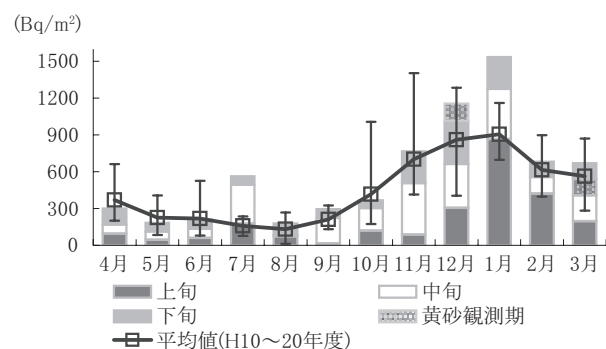


図1-2 Be-7の降下量の推移

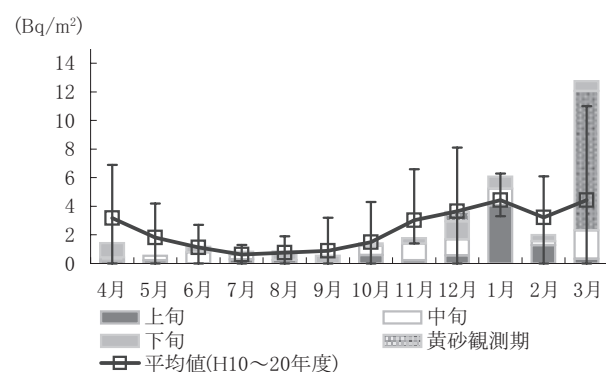


図1-3 K-40の降下量の推移

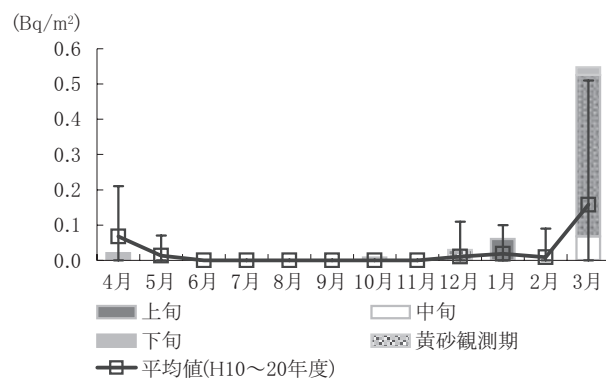


図1-4 Cs-137の降下量の推移

表2 Cs-137検出期における核種降下量

採取期間	(日)	降下物重量 (g)	核種の降下量				比率	
			Pb-210 (Bq/m ²)	Be-7 (Bq/m ²)	K-40 (Bq/m ²)	Cs-137 (Bq/m ²)	Cs-137/K-40	Cs-137/重量
04/20 ~ 04/30	10	5.9	12	132	1.0	0.02	0.020	0.003
10/09 ~ 10/20	11	2.6	24	184	0.7	0.01	0.013	0.003
12/25 ~ 12/28 ^{*)}	3	2.4	25	139	0.7	0.03	0.044	<u>0.012</u>
12/28 ~ 01/08	11	18.7	168	866	4.1	0.06	0.015	0.003
03/10 ~ 03/15	5	2.5	20	114	0.7	0.02	0.028	0.008
03/15 ~ 03/19	4	3.6	23	97	1.3	0.05	0.036	0.013
03/19 ~ 03/23 ^{*)}	4	18.3	37	134	9.7	0.46	<u>0.047</u>	<u>0.025</u>
03/23 ~ 03/30	7	2.3	20	130	0.7	0.02	0.032	0.010

^{*)} 黄砂観測日を含む。

8回検出された(表2)が、カリウム-40と同様に3月下旬には降下量の顕著な増大が認められた。

平成21年度は12月下旬及び3月中旬から下旬にかけて、西日本を中心に広範囲に黄砂が観測されており、金沢地方気象台による目視観測結果によると、12月26日及び3月21日に金沢で観測されている。とりわけ3月21日のそれは全国の環境大気測定局でSPM濃度が著しく上昇し³⁾、環境基準をはるかに超過するなど、近年まれにみる大規模な黄砂の飛来であった。

こうした黄砂イベント時の特徴としては、セシウム-137が検出されると同時に、降下物重量(試料濃縮乾固後の蒸発残留物重量)や、カリウム-40の降下量に対するセシウム-137の降下量の比率が非黄砂時に比べて高いことが挙げられる(表2)。

図2-1～2-4に降水量と核種降下量の関係を示した。いずれの核種もある程度、降水量に連動した変動を示しているように見える。その傾向は特に大陸からの季節風の影響を受けやすい冬季に顕著に現われた。ただし、7月は降水量が多いにもかかわらず、核種の降下量はそれを反映せず、特に鉛-210、カリウム-40など地殻起源の核種の降下量には影響が見られなかった。このことは、夏季は海洋性の気団(小笠原気団)が支配的であり、大陸からの気塊の

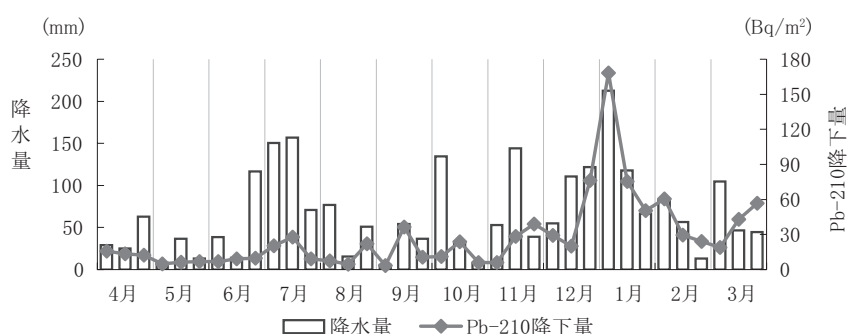


図2-1 Pb-210降下量と降水量の関係

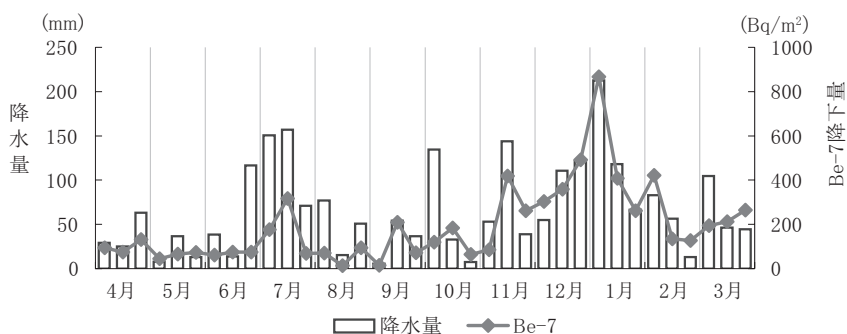


図2-2 Be-7降下量と降水量の関係

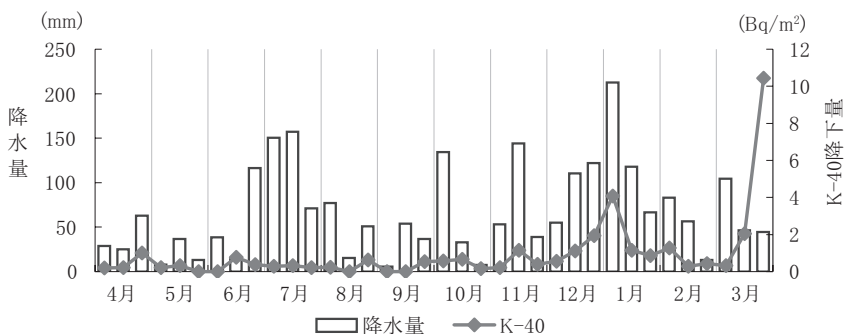


図2-3 K-40降下量と降水量の関係

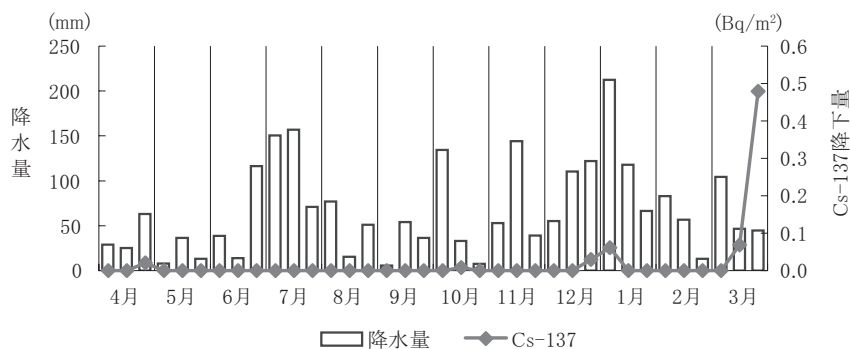


図2-4 Cs-137の降下量と降水量の関係

移流が少ないためと考えられた。逆に、冬季は大陸からの季節風の影響を強く受け、大陸から輸送される核種の降下量が多くなっていることの反映であろう。

冬季に日本海側でベリリウム-7及び鉛-210の降下量が恒常的に多いことはすでに報告されているが、その原因は、ベリリウム-7濃度の高い極気団の日本上空への流れ込み、また大陸表層の大気が高濃度になっている鉛-210の季節風による日本海方向への吹き出しと、日本海での上昇気流・対流雲の発生、それに伴う降雪の一連のプロセスによるとされている⁴⁾。

本県でもベリリウム-7及び鉛-210は冬季にピークを持つ一山型の降下量の変動パターンを示し、年間の総降下量の多くは冬季に偏っていた。

本県は日本列島の日本海側のほぼ中央に位置し、我が国でも年間降水量が多い地域の一つである。日本海側の特徴として冬季には降雪があるが、雪は雨に比べて効率的に粒子を捕集することが報告された例があり⁵⁾、降水量の多寡だけでなく、このこともまた核種降下量の季節的特徴を表していると考えられる。

一方、カリウム-40、セシウム-137の降下量は季節風の影響と考えられる冬季の極大値以上に黄砂の飛来に伴う大規模な降下量の増大が認められた。このことは、地殻由来のカリウム-40や大気圏核爆発実験由来のCs-137が、中国大陸の乾燥地域を主な発生源とする黄砂とともに長距離輸送され、降下物として観測されたものであると考えられた。

これまでの1か月単位の調査により、こうした季節変動の傾向はある程度把握されていたが、試料採取を短期

間に区切って通年にわたって実施した本調査により、黄砂が観測された12月26日及び3月21日を含む試料から年間降下量のそれぞれ32.7% (カリウム-40)、72.9% (セシウム-137) が検出され、これらの核種の降下量に黄砂による長距離輸送が深く影響しているとしたこれまでの報告⁶⁾を裏付ける結果を得た。しかしながら、1年間の調査では局地的な細かな自然現象の把握が不十分

であることなど、黄砂イベントとの関連づけには更なるデータの蓄積と新たな視点の調査が必要である。

文 献

- 1) HAYAKAWA, Kazuichi, Editorial Supervisor/ COE Program Leader: Past, Present and Future Environments of Pan-Japan Sea Region, 216-229, Maruzen Co., Ltd. (2006)
- 2) 岩坂泰信, 西川雅高, 山田 丸, 洪 天祥編「黄砂」7.2黄砂とともに運ばれるもの, 272-296, 古今書院 (2009)
- 3) 環境省, 環境省大気汚染物質広域監視システム <http://soramame.taiki.go.jp/> (2010年3月22日)
- 4) 山本政儀, 坂口 綾, 五十嵐康人, 広瀬勝己, 青山道夫, C.K.Kim:Pb-210及びBe-7降下量の長期(1991-2002)・広域(2000-2001)観測—日本海域の特徴—, Proceedings of the Fourth Workshop on Environmental Radioactivity, High Energy Accelerator Research Organization, 101-108 (2003)
- 5) 石川陽一, 佐藤健一, 阿部勝彦, 加茂泰彦, 加賀谷秀樹, 村上 弘:放射性降下物の分布と挙動, 宮城県原子力センター年報, 9, 15-23 (1990)
- 6) 五十嵐康人, 青山道夫, 広瀬勝己, 根本和宏:降下物試料中に含まれるSr-90およびCs-137, Proceedings of the Third Workshop on Environmental Radioactivity, High Energy Accelerator Research Organization, 141-149 (2002)

石川県保健環境センター研究報告書投稿規定

石川県保健環境センター（以下「センター」という。）研究報告書の投稿規定を次のとおり定める。

- 1 編集
- センター研究報告書の編集は、年報等編集委員会（以下「編集委員会」という。）が行う。
- 2 編集委員会構成
- 編集委員会は所長を委員長とし、技監、次長、部長、部総括グループリーダー及び総務課長を委員とする。
委員長は、必要に応じ委員長代理を指名し、その職務を委任することができる。
- 3 投稿者の規定
- 投稿者は原則としてセンター職員とする。
- 4 報告書の内容
- センター職員が行った調査研究で、印刷物として未発表のものとする。ただし、抄録についてはこの限りではない。
- 5 報告の種類
- 報告は、総説、報文、資料、短報及び抄録の5種類とする。投稿申込者は希望する投稿区分を示して申し込み、編集委員会が投稿区分を指定して投稿者に通知する。
- 1) 総説
- 複数年にわたる連続した研究報告を総合的にまとめたもの、複数の部門で行われた研究報告を総合的にまとめたものまたはひとつの主題に関する内外の研究報告を総括的にまとめたもののいずれかで、形式は自由とし、和文要旨及び英文タイトルを付記する。
- 2) 報文
- 新知見を含むまとまった研究報告で、形式はおおむね、はじめに、材料と方法、成績、考察、まとめ、謝辞、付記及び文献の順とし、和文要旨及び英文タイトルを付記する。
- 3) 資料
- 既知の方法による調査、試験検査の結果又は統計等をまとめたもので、形式は報文に準じ、和文要旨及び英文タイトルを付記する。
- 4) 短報
- 断片的な研究であっても、新しい事実で価値のあるデータを含む報告で、形式は報文に準ずるが見出しはつけない。和文要旨及び英文タイトルを付記する。
- 5) 抄録
- 当該年度に他誌に掲載された論文の抄録で、表題名、著者名、所属名、掲載誌名、巻（号）、始ページ－終ページ、発行年及び紹介文の順に掲載する。
- 6 投稿
- 本誌に原稿の投稿を希望する者は、その原稿を本投稿規定ならびに「研究報告書原稿執筆要領」に従って作成しなければならない。
- 投稿原稿の長さは、原則として表1に示すページ数（図、表などを含む刷り上がりページ数）以内とする。ただし、編集委員会が認めた場合は、この限りではない。

表1 原稿の最大ページ数

原稿の種類	総説	報文	資料	短報	抄録
ページ数	12	8	6	3	1

- 7 原稿の提出及び審査
- 原稿は所属のグループリーダー（執筆者がグループリーダー以上の職位の者である場合は部長）の校閲を経て、編集委員会に提出する。
- 提出された原稿は、次項に定める複数の査読員によって審査され、その採否、掲載区分及び掲載順序は編集委員

会が決定する。

原稿の表現、用語等の統一化は編集委員会で行い、必要な場合には投稿者に内容の変更、表現の統一化のための作業あるいは内容の確認などを求めることがある。

8 査読員

原稿の査読員は、次に定める職員をもって充て、審査原稿の割当は、査読員の専門分野及び経験を考慮して編集委員会で決定する。

1) 編集委員のうち、技監、技術総括次長、技術職の部長及び部総括グループリーダー

2) センター職員の中から編集委員会が選任し、編集委員長が委嘱した職員若干名。

なお、本項に該当する査読員の任期は委嘱の日から当該年度の研究報告書発行の日までとし、再任を妨げない。

9 校 正

初校は著者校とし、誤植の訂正に止め、内容の変更をしてはならない。ただし、編集委員会が認めた場合はこの限りではない。

10 そ の 他

その他必要な事項は編集委員会で協議する。

この投稿規定は、昭和54年4月1日から適用する。

昭和57年4月1日一部改正
昭和62年7月1日一部改正
平成6年6月1日一部改正
平成10年7月2日一部改正
平成15年4月1日一部改正
平成16年4月1日一部改正
平成20年4月21日一部改正
平成21年3月2日一部改正

石川県保健環境センター研究報告書原稿執筆要領

研究報告書投稿規定第6項に基づく原稿執筆要領を、次のとおり定める。

【はじめに】

この「原稿執筆要領」は、報告の投稿に当たり原稿執筆の際に従うべき必要最小限の約束が記されている。これに従わない原稿は受理されない場合があるので注意すること。

投稿原稿として具備すべき条件として、正確かつ客観的であり、内容、記述が十分に推敲され、つじつまのあった読みやすく理解しやすい文章であることが求められる。原稿の審査は内容の妥当性、正確さ、学術的価値に重点が置かれるもので、理解しやすく読みやすい文章の推敲は、投稿者の執筆時及びグループリーダー校閲時に予め行うておくべき義務と考えられる。

【原稿の執筆】

原稿の執筆は、原則として編集委員会が指定した電子媒体上での執筆とし、具体的な方法は別途定める。

ただし、編集委員会が認めた場合は紙面による投稿も可能とする。この場合、原稿はA4判でワープロによる左横書き（25字×46行、左詰め、2ページで仕上がり1ページに相当）とする。

【文 体】

- 1 原稿は原則として新仮名遣い、新送り仮名、平仮名混じり国語文とし、簡潔で理解し易い表現にする。止むを得ぬ学術用語、地名、人名などのほかは常用漢字を用いる。
- 2 欧文はダブルスペースとする。

【表題等】

- 3 表題はなるべく短くまとめ、本文とは別の頁に書く。続報の場合は必ず副題を付ける。
- 4 表題又は副題の下に1行あけて所属名（部まで）と著者名を連記する。
- 5 総説、報文、資料には英文の表題、副題、著者名及び所属名を和文の下へ1行あけて記載する。
- 6 英文表題は、冠詞、前置詞、副詞、接続詞以外の単語の第1文字を大文字とする。
- 7 英文著者名及び所属名はイタリック体（斜体）とし、英文著者名は、ファミリーネームを先にすべて大文字で記載し、ファーストネームは頭文字のみを大文字とする。
- 8 総説、報文、資料、短報及び抄録には、報告の内容を的確に示す3～5語の和文または英文のキーワードを付記する。
- 9 総説、報文、資料及び短報には、和文要旨を付ける。要旨は表題、著者名の次に字数200～300字の範囲で記載し、本文を読まなくても内容の要点が理解できるように作成する。
- 10 報告の一部若しくは全部を学会等に発表した場合には、最下段に発表学会名、発表年月日及び開催地名を明記する。

【本 文】

- 11 本文は表題とは別の頁に新しく書き出す。
- 12 本文の構成はおおむね 1 はじめに、2 材料と方法、3 成績、4 考察、5 まとめ の順とし、1行あけて謝辞及び付記を記載する。文献は別の用紙に書き出す。ただし、総説の形式はこれらにとらわれず自由とする。
- 13 項目を細別するときの見出し符号は、次の順序で用いる。

1	／	1・1	／	(1)	／	ア	／	(ア)
2	／	1・2	／	(2)	／	イ	／	(イ)
3	／	1・3	／	(3)	／	ウ	／	(ウ)

ただし、考察とまとめはポイントシステムをとらず、(1)、(2)、(3)とする。

- 14 ポイントシステムとその見出しはゴシック体とする。短報は見出しを付けない。
- 15 文の書き出しは1字あける。行を改めるときも同じ。
- 16 句読点は「、」及び「。」、かっこは「()」を用いることとし、それぞれ1字に数える。ただし、句読点が行の頭に出る場合は、前の行の右欄外に書く。
- 17 数字は成語となっているもの以外はアラビア数字を用い、1こま2字とする。小数点、コンマ等の記号も数字に準じて記載する。
- 18 数量の単位は原則として国際単位系（SI単位）により、記号は国際的に慣用されているものを用いる。「リットル」は「L」（半角大文字）を用いる。特殊な記号は脚注に説明を加える。
- 19 物質名、術語等で慣用されているものはそれに従う。物質名には化学式を用いない。
- 20 生物名（和名）はカタカナ書きとし、その学名はイタリック体とする。
- 21 外国語の地名、人名は原則として欧語を用いる。

22 本文中の人名は姓のみとする。なお、人名が複数の場合は列記しないで、最初の人名のあとに「ら」を付け、年号は原則として省く。

23 用語を略記するときは、最初に必ず正式な名称を共に示す。

〔書体の指定〕

24 印刷時の書体を原稿中で指定するときは、ゴシック体は必要ある文字の下に~~~~~線を、イタリック体は_____線を、スモールキャピタル体は_____線をそれぞれ朱書する。

〔表と図〕

25 表と図は重複を避け、本文の論旨展開に必要最小限なものに留める。これ以外の基礎資料となる表や図は、著者の責任において適当な媒体で保管することとし、研究報告には掲載又は添付をしない。

26 表や図は、それぞれ本文とは別の頁に書き、番号と表題を付ける。

27 番号と表題は、表では表の上部に、図では図の下部に表示し、説明、注釈は表や図の下部に記載する。

28 番号、表題、説明及び注釈は和文、欧文のいずれでもよいが、欧文の場合は本文での引用にも欧文の番号を用いる。

29 表や図に用いる文字は書体を指定することができる。

30 表や図の本文中への挿入位置は、原稿用紙の右欄外に「←表 1」, 「←図 1」のように朱書する。

31 表や図は原則として、その幅を刷り上がり 8cm (半ページ幅) 又は 16.6cm (全ページ幅) とするが、特に大きさを指定したいときは、表や図の原稿の右下に刷り上がりの大きさを朱書する。

32 表の周囲は枠で囲まないのを原則とし、縦、横の罫は差し支えない限り省く。

33 図・表及び写真は原則として白黒とする。

34 電子媒体による原稿とは別に、図はそのまま製版に使用できるもの 1 部を提出する。

〔引用文献〕

35 文献は本文の引用個所の右肩に 1), 2) 3), 4) - 6) のように記載し、本文とは別の頁に一括して引用番号順に 1 文献ごとに行を改めて記載する。

36 文献の略名は、邦文誌は日本自然科学学術雑誌総覧、欧文誌は、Chemical Abstract 及び Cumulative Indexed Medicus に従って記載する。上記に指示のないものは、原則として略名を用いない。

37 雑誌の場合は、著者名：論文表題、雑誌名、巻 (ゴシック体で記載) (号)、始ページ-終ページ (発行年) の順に記載する。

38 単行本の場合は、著者名：書名、版 (編者名) 始ページ-終ページ、発行所名 (発行年) の順に記載する。

39 著者名は姓名を記載する。欧文名はファミリーネームを先にすべて大文字で記載し、ファーストネームは頭文字のみを大文字とする。(例: PAULING, Linus C., DING Yunchung)

40 共著の場合は、原則として全員の姓名を記載する。

41 巻数は、ゴシック体にする。

通巻ページのあるものは、号を省略する。

ページは原則として通巻ページを記載する。

42 重版又は改訂版のない単行本は版の記載を省略する。単行本の全内容を総括的に引用した場合は、ページの記載を省略する。

43 インターネット・ホームページを引用する場合は、掲載者 (機関) 名、ホームページ名、ホームページアドレス、参照年 (西暦) 月日を記載する。

〔謝辞と付記〕

44 謝辞は本文の最後に 1 行の余白をあけて書き出す。見出しは付けない。

45 付記は謝辞に引続き行を改めて記載する。見出しは付けない。

〔原稿の査読及び修正〕

46 原稿の査読は、原則として電子媒体を用いて行う。ただし、査読員から申し出があった場合は紙面によりこれを行う。

47 複数の査読員からの査読意見は、編集委員会事務局がこれを一括して投稿者に通知する。

48 投稿者は、査読員から修正意見を受けた場合、その指示に従って修正した原稿または修正できない旨とその理由を付した意見書を編集委員会事務局へ提出しなければならない。

49 複数の査読員間で大きな意見の相違があった場合は、当該査読員間で意見を調整の上、執筆者に通知する。

50 前項において当該査読員間で合意が得られなかった場合、及び査読員と執筆者との間での見解の相違により修正に関する合意が得られなかった場合は、編集委員会においてこれを調整し、その取り扱いを決定する。

石川県保健環境センター研究報告書（第47号）

平成 23 年 3 月 発 行

金沢市太陽が丘 1 丁目11番地（〒920-1154）

発 行 所 石 川 県 保 健 環 境 セ ン タ ー

T E L （076）229－2011

F A X （076）229－1688

ホームページ：<http://www.pref.ishikawa.lg.jp/hokan/>

e-mail：hokan@pref.ishikawa.lg.jp
