

石川県保健環境センター研究報告書

第 49 号

(平成 23 年度)

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



2 0 1 2

石川県保健環境センター

目 次

(報 文)

食品における食中毒起因菌の遺伝子検出法に関する研究

— 検体の増菌培養法およびDNA抽出法について — …… 北川恵美子ほか … (1 - 12)

石川県の名水の水質特性に関する調査研究 …… 川上 慶子ほか … (13 - 20)

石川県内土壌中の¹³⁷Cs及び⁹⁰Srの分布状況及び移行挙動に関する調査 …… 藤井 明洋ほか … (21 - 26)

石川県における福島第一原子力発電所事故の影響 …… 浜道 啓太ほか … (27 - 32)

(資 料)

石川県における温室効果ガス排出量の推計について …… 初瀬 裕ほか … (33 - 44)

石川県環境マネジメントシステム (ISO14001) 統合運用後のセンター

における目標設定と運用状況について …… 中山 哲彦ほか … (45 - 52)

石川県におけるインフルエンザの流行状況

— 2011/2012 シーズン — …… 児玉 洋江ほか … (53 - 58)

石川県における揮発性有機化合物の地下水汚染について …… 岡田真規子ほか … (59 - 66)

石川県におけるフォールアウト調査 (平成23年度) …… 小谷口久美子ほか … (67 - 69)

(短 報)

植物を用いた汚染土壌の環境修復に関する研究 (第3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効率について (その2) —

…………… 井上 和幸ほか … (70 - 72)

石川県保健環境センター研究報告書投稿規定 …… (73 - 74)

石川県保健環境センター研究報告書原稿執筆要領 …… (75 - 76)

〔報 文〕

食品における食中毒起因菌の遺伝子検出法に関する研究

— 検体の増菌培養法およびDNA抽出法について —

石川県保健環境センター 健康・食品安全科学部

北川 恵美子・坂本 真美・浅田 征彦
山岸 喜信・牧野 雅英・川上 慶子

〔和文要旨〕

糞便検体ですでに確立しているリアルタイムPCRを用いた7種類の食中毒起因菌一斉検索法を食品検体に応用するため、増菌培養法およびDNA抽出法について検討した。その結果、*S. Enteritidis*、志賀毒素産生性大腸菌、毒素原性大腸菌、*V. parahaemolyticus*、*S. aureus*は0.5%ピルビン酸ナトリウム添加BPWで8時間振とう培養後に、*C. jejuni*、*C. perfringens*は従来どおりの増菌培養後にアクロモペプチダーゼおよびキレックスを用いたDNA抽出を行うことで食品検体への応用が可能となった。リアルタイムPCRを活用した本法は、約12時間～29時間の短時間で原因食品および起因菌が推定でき、早期に被害拡大防止、再発防止のための行政対応が可能になると考える。

キーワード：食中毒起因菌、リアルタイムPCR、増菌培養法、DNA抽出法

1 はじめに

食中毒発生時には、迅速な被害の拡大防止ならびに再発防止策を講じることが重要である。そのためには迅速な原因食品および起因菌の特定は不可欠である。

しかし、現状の培養法では、起因菌および原因食品の特定には4～5日間を要する。また、検索対象の食中毒起因菌ごとに異なった培地を用いるため、煩雑な作業と多大な労力を必要としている。さらに、原因食品の汚染菌数は微量であることや凍結などによる菌の損傷が食品からの食中毒起因菌の検出を困難にしていることが知られている¹⁾。このようなことから、煩雑な作業を要せず、迅速かつ高感度な食品からの起因菌の検出方法が望まれている。

近年、食中毒起因菌の迅速、高感度な検査法が数多く開発され、中でも遺伝子検出を用いたリアルタイムPCR法が広く活用されるようになってきた。児玉ら²⁾は、糞便検体において食中毒起因菌7菌種の標的遺伝子(11種類)を一斉に検出できるTaqMan MGBプローブを用いたリアルタイムPCR法を確立した。そこで著者らは、児玉らの方法を食品検体に応用し、原因食品および起因菌を迅速に推定しようと考えた。

しかし、リアルタイムPCR一斉検索法を食品検体に応用するためには、いくつかの課題を解決する必要がある。具体的には、原因食品に存在する食中毒起因菌の菌量は少ないことから、リアルタイムPCRの検出感度を考えると、前処理として増菌培養が必要と考える。また、食品検体は冷凍保管されていることが多いことから、食

Study on Genetic Detection Method of Food Poisoning Related Bacteria from Food. — Method of Enrichment Culture and DNA Extraction from Samples — by KITAGAWA Emiko, SAKAMOTO Mami, ASADA Yukuhiko, YAMAGISHI Yoshinobu, MAKINO Masahide and KAWAKAMI Keiko (Health and Food Department, Ishikawa Prefectural Institute of Public Health and Environmental Science)

Key words : Food poisoning related bacteria, Realtime PCR, Method of enrichment culture, Method of DNA extraction

中毒起因菌は凍結により損傷していることが考えられる。そこで、本研究では、食中毒7菌種を同時に、かつ短時間にリアルタイムPCRの検出感度 (10^4 CFU/mL)以上に増菌可能で、しかも凍結損傷菌を回復させることができる増菌培養法の検討を行った。また、食品中には様々なPCR反応を阻害する夾雑物が含まれていることを考慮し、これらの影響を最少とする増菌培養液からのDNA抽出法の検討を行った。

2 材料と方法

2・1 使用菌株

本研究で対象とした7種類の食中毒起因菌、即ち *Salmonella* Enteritidis (以下、*S. Enteritidis*)、志賀毒素産生性大腸菌 O157:H7 (志賀毒素 1,2 型産生、Shiga toxin-producing *Escherichia coli*: 以下、STEC)、毒素原性大腸菌 (易熱性毒素、耐熱性毒素産生、Enterotoxigenic *Escherichia coli*: 以下、ETEC)、*Vibrio parahaemolyticus* (耐熱性溶血毒産生、以下、*V. parahaemolyticus*)、*Staphylococcus aureus* (以下、*S. aureus*)、*Campylobacter jejuni* (以下、*C. jejuni*)、*Clostridium perfringens* (毒素産生、以下、*C. perfringens*) の各々1株を使用した。これらの菌株は、2003年から2008年に県内で発生した食中毒由来株である。

2・2 増菌培養法の検討

(1) 増菌培地と培養時間の検討

食中毒起因菌7菌種が同時にリアルタイムPCRの検出感度 (10^4 CFU/mL) にまで増殖可能な増菌培地、培養時間について検討した。

増菌培地には、トリプトソーヤブイヨン (以下、TSB) (日水製薬)、緩衝ペプトン水 (BUFFERED PEPTONE WATER、以下、BPW) (OXOID) を用いた。各菌を増菌培地 1mL あたり 10^0 CFU ($1 \sim 9$ CFU) となるように添加し、35°C で 4、5、6、24 時間培養後の菌数を測定した。なお、*S. Enteritidis*、STEC、ETEC、*V. parahaemolyticus*、*S. aureus* は好気培養、*C. jejuni* は微好気培養、*C. perfringens* は嫌気培養で行った。また、添加菌数の確認および培養後の菌数の測定は、標準寒天培地 (栄研化学) (*S. Enteritidis*、STEC、ETEC、*S. aureus*)、3% 塩化ナトリウム添加標準寒天培地 (*V. parahaemolyticus*)、CCDA 培地 (OXOID) (*C. jejuni*)、卵黄加 CW 寒天培地 (日水製薬) (*C. perfringens*) を用いて、食品衛生検査指針³⁾ に従い、実施した。

(2) 凍結損傷菌を回復させる増菌培地、培養法の検討

S. Enteritidis、STEC、ETEC、*V. parahaemolyticus*、*S. aureus* の 5 菌種を対象として、増菌培地および培養

法の凍結損傷回復効果について検討した。

増菌培地は、TSB と BPW で、培養法は静置培養と振とう (振とう数: 100~120/分) 培養を組み合わせ、増菌効果を比較した。

各菌を TSB (*V. parahaemolyticus* については 3% の塩化ナトリウムを添加した TSB) で 35°C、18~24 時間で 2 回継代培養後、TSB または 3% の塩化ナトリウム添加 TSB を用いて 10 倍段階希釈し、*S. Enteritidis*、STEC、ETEC、*S. aureus* を $10^3 \sim 10^4$ CFU/mL、*V. parahaemolyticus* を 10^6 /mL とするよう調整した。これらを -30°C で 2 週間凍結し、凍結損傷菌とした。流水解凍した凍結損傷菌液 1 mL を 9 mL の TSB と BPW に添加し、35°C で静置または振とう培養し、6 時間後の菌数を測定した。同様な方法で 2 回実施した。なお、菌数の測定については、上記 (1) 同様に実施した。

(3) 凍結損傷菌を回復させる添加剤の検討

上記 (2) の結果から有効性を確認した増菌培地と培養法を用いて、損傷回復効果を認めたとの報告がある物質^{4)~8)} を添加した場合の増菌培養後の菌数を比較し、添加剤の損傷回復効果について検討した。

検討した添加剤は、0.05% チオグリコール酸ナトリウム (和光純薬)、1,000 unit/mL カタラーゼ (和光純薬)、0.5% ピルビン酸ナトリウム (和光純薬)、0.1% デオキシコール酸ナトリウム (和光純薬) の 4 種類で、添加剤の濃度等の検討方法は青木らの報告⁹⁾ を参考にした。上記 (2) 同様に作成した *S. Enteritidis*、STEC、ETEC、*V. parahaemolyticus*、*S. aureus* の凍結損傷菌 1 mL を 9 mL の BPW と添加剤含有 BPW に添加し、35°C で 6 時間振とう培養後、菌数を測定した。同様な方法で 2 回実施した。なお、菌数の測定については、上記 (1) 同様に実施した。

2・3 増菌培養液からの DNA 抽出法の検討

食品検体を上記 2・2 の結果から有効性を確認した増菌培養法で培養し、その培養液から検索対象の食中毒起因菌の DNA を抽出し、かつ、リアルタイム PCR 反応を阻害する夾雑物を除去できる DNA 抽出法について検討した。まず、DNA 抽出操作前にできるだけ食品中の夾雑物を取り除いた後、2 種類の抽出方法 (アルカリ熱抽出方法、アクロモペプチダーゼ+キレックス法) について比較検討した。

(1) 使用食品

表 1 に示した 15 種類の食品を使用した。なお、それら食品検体には、検索対象菌が含まれていないことを培養法にて確認済みである。また、これら食品は、過去の食中毒事例において原因食品として報告⁹⁾ のある食品、PCR 反応を阻害する脂質、香辛料、大豆を含む食品から選択した。

(2) 検体の調整方法および DNA 抽出法の検討

食品検体の増菌培養液に食中毒起因菌液を添加した検体を作成し、DNA 抽出法の検討を行った。

ア *S. Enteritidis*, STEC, ETEC, *V. parahaemolyticus*, *S. aureus* 添加検体

検討の手順を図 1 に示した。食品 10g に 0.5% ピルビン酸ナトリウム添加 BPW を 40mL (だんごは 90mL) 加え、手もみで混合した後、35°C で 6 時間振とう培養した。その培養液をフィルター付きのストマッカー袋 (ストマフィルター S (GSI Creos)) でろ過し、粗い食品残渣を取り除いた。さらにそのろ液を 1,000rpm で 5 分間遠心を行い、その上清に各菌を培養液 1mL あたり $10^2 \sim 10^4$ CFU となるよう添加した。なお、各菌について 2~5 種類の食品を組み合わせで検討した。この菌添加培養上清 1mL を 4°C, 14,000rpm で 3 分遠心後、沈渣を TE バッファー 500 μ L で再浮遊し、さらに 14,000rpm で 3 分遠心後の沈渣について下記 (ア) (イ) の 2 種

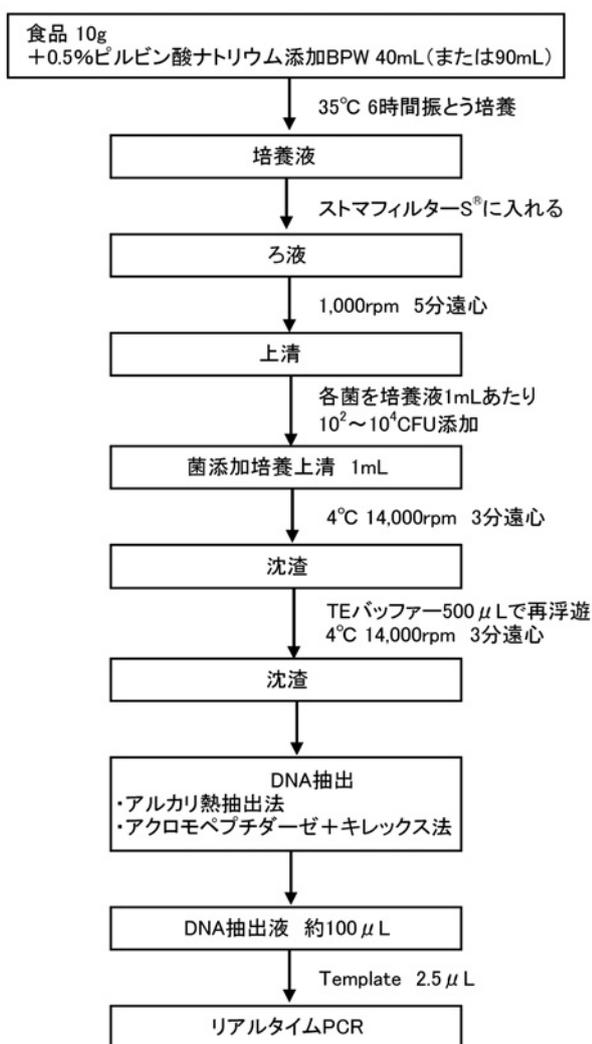


図 1 増菌培養液からの DNA 抽出法の検討手順 (*S. Enteritidis*, STEC, ETEC, *V. parahaemolyticus*, *S. aureus* 添加)

類の抽出方法による処理を行い、得られた DNA 抽出液でリアルタイム PCR を行った。表 1 に示した検索遺伝子が検出された Ct 値 (Threshold cycle) の結果を比較し、Ct 値の小さい方が、より有用な DNA 抽出法であると判定した。また、対照として菌を添加していない培養液についても、同様にリアルタイム PCR を実施した。なお、リアルタイム PCR は、すべて児玉らが糞便検体で実施した方法と同様のプライマー、TaqMan プローブおよびサイクル条件を用いた。

(ア) アルカリ熱抽出方法

前記 14,000rpm, 3 分遠心後の沈渣に 50mM 水酸化ナトリウムを 100 μ L 添加した。99°C で 10 分間加熱処理後、その処理液 50 μ L を 1 M Tris 塩酸 8 μ L で中和し、氷上で 5 分以上急冷した後、4°C, 14,000rpm で 3 分間遠心後の上清を DNA 抽出液とした。

(イ) アクロモペプチダーゼ+キレックス法

前記, 14,000rpm, 3 分遠心後の沈渣に 250 unit/mL アクロモペプチダーゼ (和光純薬) を 50 μ L 添加し、55°C で 10 分間酵素処理後、10% キレックス液 (BIORAD) を 50 μ L 添加し、99°C で 5 分間加熱処理した。加熱後、氷上で 5 分以上急冷した後、4°C, 14,000rpm で 3 分間遠心後の上清を DNA 抽出液とした。

イ *C. jejuni*, *C. perfringens* 添加検体

酸素要求度が厳しい上記 2 菌種については、上記アの 5 菌種とは異なる増菌培養法を採った。検討手順を図 2 に示した。上記ア同様に手もみで混合した 0.5% ピルビン酸ナトリウム添加 BPW から 1mL ずつ分取し、*C. jejuni* 用増菌培地 (プレストン培地 (OXOID)), *C. perfringens* 用増菌培地 (クックトミートブロス (OXOID)) に添加し、42°C で好気または 35°C で嫌気培養を 24 時間行った。その培養液を上記ア同様に食品残渣除去後、その上清に各菌を培養液 1mL あたり $10^2 \sim 10^3$ CFU となるよう添加した。以下、上記ア同様の手順で検討を行った。なお、各菌について 2 種類の食品を組み合わせで検討した。

2・4 増菌培養時間の検討

上記 2・2 では、生菌を用いた増菌培養時間の検討を行ったが、食品が含まれる培養液中での菌の増殖は、生菌のみの場合と異なると考えられた。よって、食品に各菌を添加した凍結模擬検体を作成し、上記 2・2 および 2・3 の検討結果より有効性を確認した増菌培養法、抽出法を行い、リアルタイム PCR での遺伝子検出可能な増菌培養時間の検討を行った。

2・3 の検討で用いた食品のうち表 2 に示した 12 種類の食品を用いた。食品 25g に *S. Enteritidis*, STEC, ETEC, *V. parahaemolyticus*, *S. aureus* を 5~19 CFU 添加し、-30°C で 2 週間凍結した模擬検体を作成した。

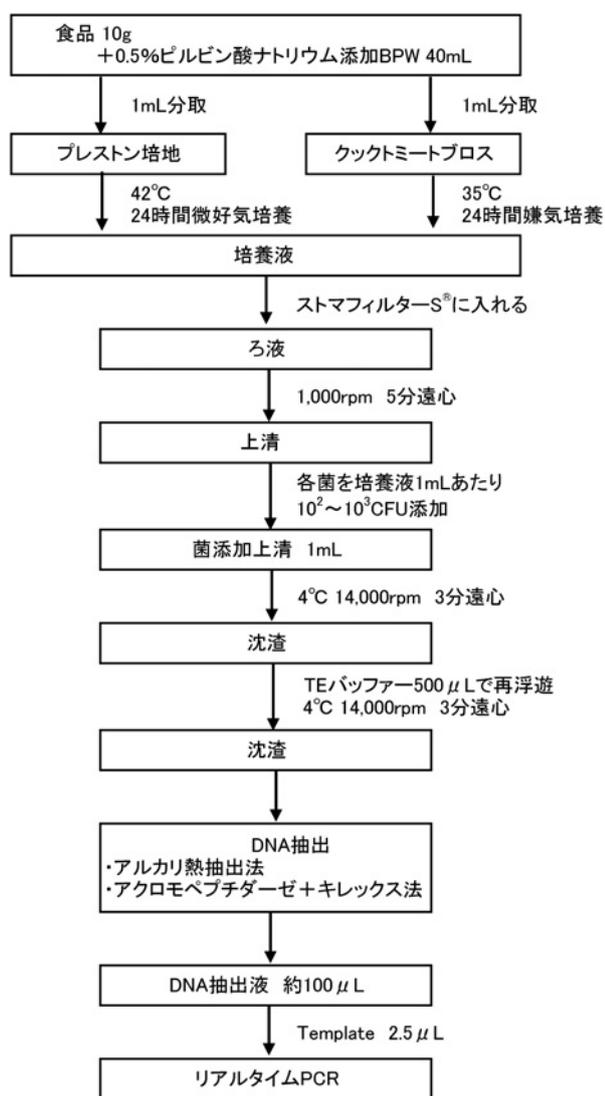


図2 増菌培養液からのDNA抽出法の検討手順
(*C.jejuni*, *C.perfringens* 添加)

これを流水解凍し、0.5%ピルビン酸ナトリウム添加BPWを100mL（だんごは225mL）加え、手もみで混合した後、35°Cで6、8、10、12時間振とう培養した。それぞれの培養液を2・3と同様に、食品残渣を除き、高速遠心後の沈渣を洗浄後、アクロモペプチダーゼ+キレックス法によりDNA抽出を行った。得られたDNA抽出液でリアルタイムPCRを行い、表2に示した検索遺伝子が検出可能となる培養時間を調べた。また、同時に培養液中の検索食中毒起因菌の菌数測定を行った。なお対照として、菌を添加していない食品の培養液についても同様にリアルタイムPCRを実施した。なお、菌数測定については、各食中毒起因菌用の選択培地（X-SAL培地（*S. Enteritidis*）、X-MG培地（ETEC）、X-VP培地（*V. parahaemolyticus*）、X-SA培地（*S. aureus*）（日水製薬）、CT-SMAC（STEC）（OXOID））を用いて、食品衛生検査指針に従い、実施した。

2・5 有用性の検討

上記の2・2～2・4の検討結果から有効性を確認した増菌培養法およびDNA抽出法の有用性について以下の検討を行った。

(1) 模擬検体による有用性の検討

2・2の検討で用いた15種類の食品25gに*S. Enteritidis*、STEC、ETEC、*V. parahaemolyticus*、*S. aureus*を各5～19CFU、*C. jejuni*、*C. perfringens*を各1,000CFU添加し、-30°Cで2週間凍結し、模擬検体とした。

ア *S. Enteritidis*、STEC、ETEC、*V. parahaemolyticus*、*S. aureus*を添加した検討

模擬検体は流水解凍した後、0.5%ピルビン酸ナトリウム添加BPWを100mL（だんごは225mL）加え、手もみで混合した後、35°Cで8時間振とう培養した。培養液を2・3と同様に処理後、リアルタイムPCRを行い、検索遺伝子が検出されるかを確認した。また、培養液中の検索食中毒起因菌の菌数測定も行った。なお、対照として、菌を添加していない食品の培養液についても同様にリアルタイムPCRを実施した。菌数測定については、2・4と同様に実施した。

イ *C. jejuni*、*C. perfringens*を添加した検討

模擬検体は流水解凍した後、0.5%ピルビン酸ナトリウム添加BPWを100mL加え、手もみで混合した液を1mLずつ分取し、従来法の増菌培地に接種し、24時間培養した。培養液を2・3と同様に処理後、リアルタイムPCRを行い、検索遺伝子が検出されるかを確認した。また、培養液中の検索食中毒起因菌の菌数測定も行った。なお、対照として、菌を添加していない食品の培養液についても同様にリアルタイムPCRを実施した。菌数測定については、2・2と同様に実施した。

(2) 食中毒事例等における有用性の検討

2011年に石川県で発生した*S. aureus*食中毒事例、STEC食中毒事例および食鳥処理施設における微生物汚染状況調査において*Salmonella spp*を検出した事例の食品検体の残品を保健所から分与を受け、上記(1)同様にリアルタイムPCRを行い、保健所で実施した培養法（検体を増菌培養後、菌を分離し、同定確認試験を行う方法）と同じ結果が得られるかを検討した。

3 結果

3・1 増菌培養法

(1) 増菌培地と培養時間

食中毒起因菌7菌種について、TSBまたはBPWでの増菌効果について検討した結果を図3に示した。*S. Enteritidis*、STEC、ETEC、*V. parahaemolyticus*は、TSB、BPWともに5時間で、*S. aureus*は、TSB、BPWともに6時間でリアルタイムPCRの検出感度である 10^4

/mLまで増菌できた。一方、*C. jejuni*についてはTSB, BPWともに6時間培養後での菌数は少なく、24時間培養後で目的菌数まで増菌できた。また、*C. perfringens*については、TSBでは、24時間培養後で目的菌数まで

増菌できたが、BPWでは、全く増菌できなかった。

(2) 凍結損傷菌を回復させる増菌培地、培養法
食中毒起因菌5菌種の凍結損傷菌について、TSBまたはBPW、静置または振とう培養での損傷回復効果を

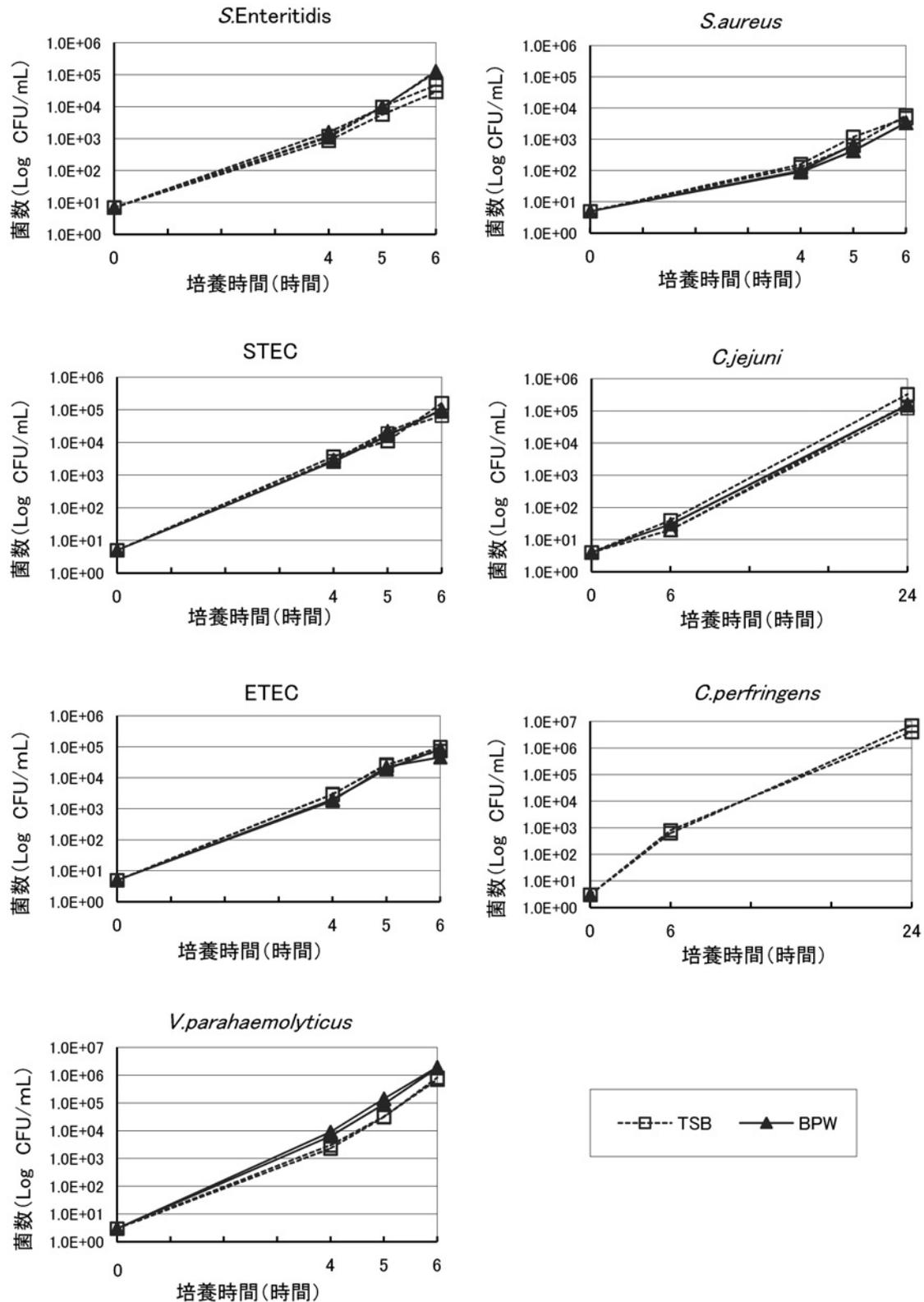


図3 食中毒菌7菌種におけるTSBおよびBPWでの増菌効果

比較検討した結果を図4に示した。*S. Enteritidis*, STEC, *V. parahaemolyticus*, *S. aureus*はBPWで振とう培養する方法が他の方法よりも菌数が増える傾向があった。ETECについては、培地および培養法に大きな

差はなかった。

(3) 凍結損傷菌を回復させる添加剤

食中毒起因菌5菌種の凍結損傷菌について、損傷回復のある4種類の添加剤の損傷回復効果を比較検討した結

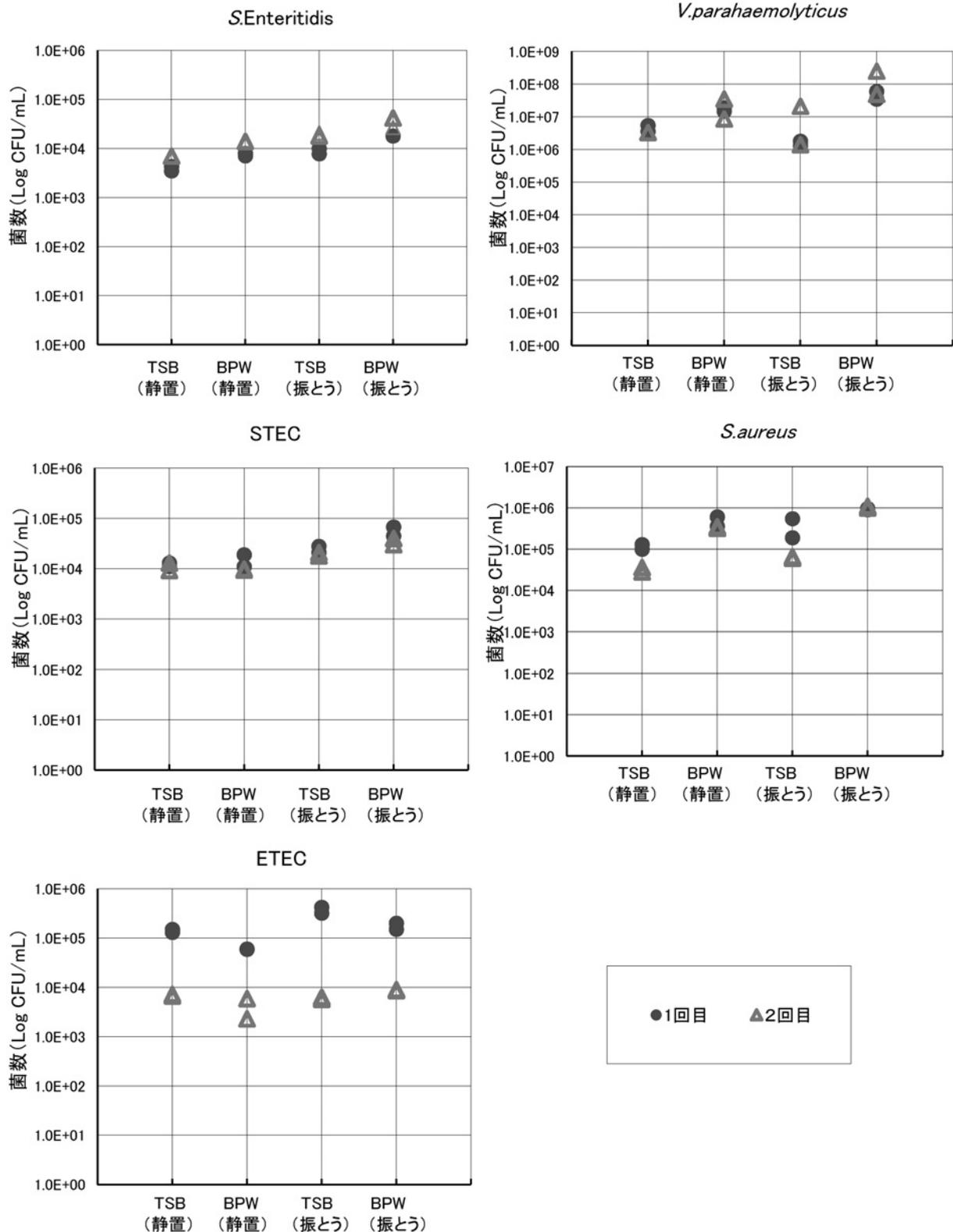


図4 凍結損傷菌回復の検討結果 (増菌培地および培養法)

果を図5に示した。*S. Enteritidis*, *STEC*, *ETEC*, *S. aureus*は1,000unit/mLカタラーゼおよび0.5%ピルビン酸ナトリウム添加のBPWが他の培地よりも菌数が

多くなる傾向があった。*V. parahaemolyticus*は、0.5%ピルビン酸ナトリウム添加のBPWが他の培地よりも菌数が多くなる傾向があった。

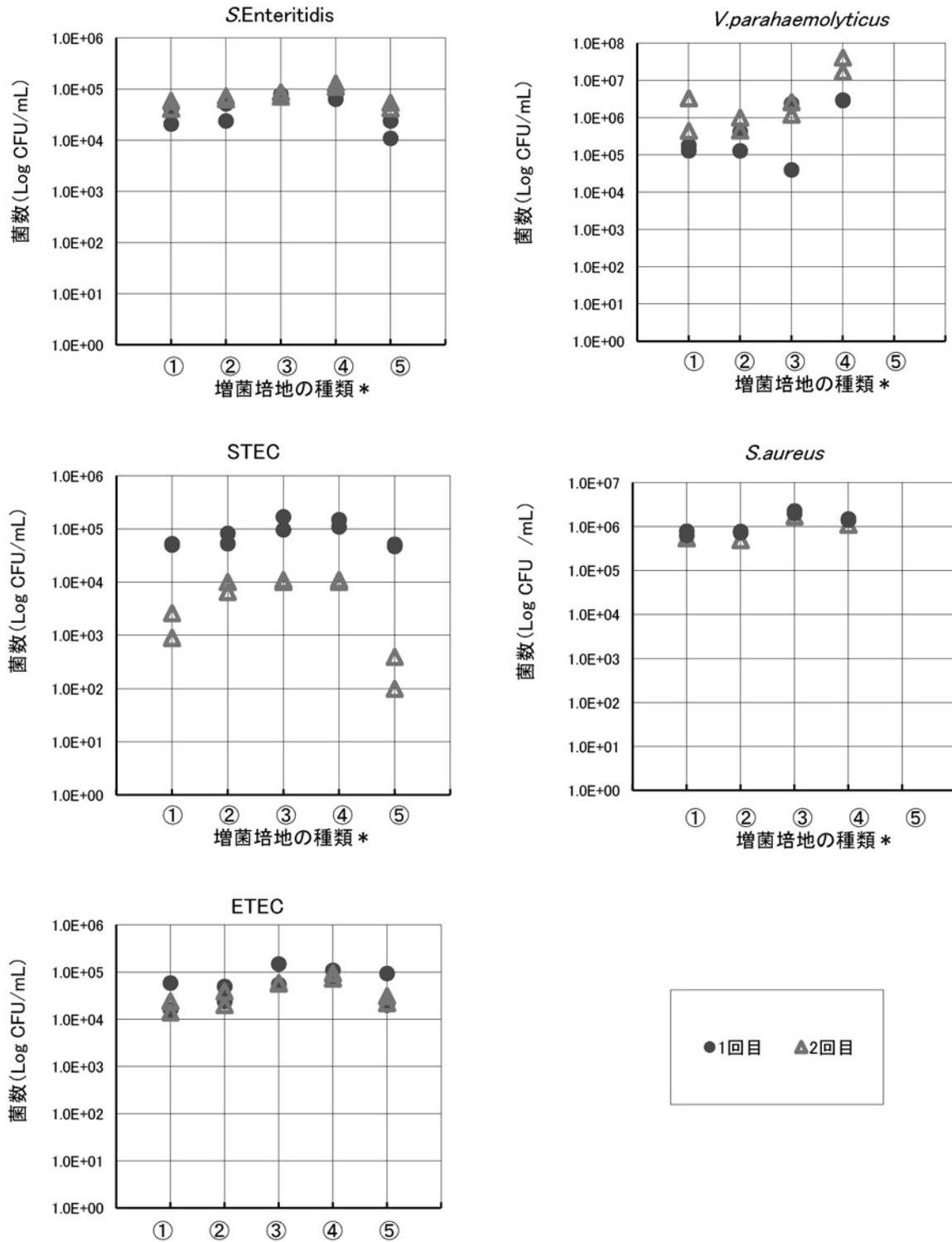


図5 凍結損傷菌回復の検討結果 (添加剤)

* 増菌培地の種類

- ① BPW
- ② BPW+0.05%チオグリコール酸ナトリウム
- ③ BPW+1000unit/mLカタラーゼ
- ④ BPW+0.5%ピルビン酸ナトリウム
- ⑤ BPW+0.1%デオキシコール酸ナトリウム

表1 2種類のDNA抽出法によるリアルタイムPCRの結果 (Ct値)

食品検体	菌種および検索遺伝子															
	S.Enteritidis		STEC				ETEC		V.parahaemolyticus		S.aureus		C.jejuni		C.perfringens	
	invA		stx1		stx2		est		tdh		sau		gyrA yphC		cpe	
	①	②	①	②	①	②	①	②	①	②	①	②	①	②	①	②
鶏ひき肉	39	36											35	33	34	33
牛ひき肉			35	34	34	35										
牛レバー			38	35	31	30							32	33	31	33
炒り卵	33	35														
かぼちゃの煮物					38	37	35	33								
肉じゃが																35 31
カレー	37	36														34 31
だんご											37	33				
ゆでだこ								36	34	36	36					
すずきの刺身								34	33	35	35					
まぐろの刺身								35	33	35	34					
ウナギのかば焼き	37	37														
ゆでほうれん草					36	37	35	35								
ゆでブロッコリー	36	37									38	34				
豆腐					34	33	30	30			35	31				

Ct値：小数点以下は四捨五入

①：アルカリ熱抽出法 ②：アクロモペプチダーゼ+キレックス法 空欄：検査未実施

3・2 増菌培養液からのDNA抽出法

2種類の抽出方法で得られたDNA抽出液についてリアルタイムPCRを行った結果 (Ct値) を表1に示した。S.Enteritidis, STEC, ETEC, V.parahaemolyticus, C.jejuniは両者に大きな差はなかったが, S.aureus, C.perfringensはアクロモペプチダーゼ+キレックス法の方がアルカリ熱抽出方法よりもCt値が小さかった。なお, 対照として実施した菌を添加していない培養液からは検索遺伝子は検出されなかった。

3・3 増菌培養時間

3・1および3・2の結果から有効性が確認された増菌培養法 (0.5%ピルビン酸ナトリウム添加BPWによる振とう培養法) および抽出方法 (アクロモペプチダーゼ+キレックス法) を用いて, リアルタイムPCRによる検索遺伝子が検出可能となる培養時間について検討した結果を表2に示した。ほとんどの検体において6時間の培養で検出することができたが, 炒り卵にS.Enteritidisを添加した検体では8時間の培養が必要であった。また,

表2 リアルタイムPCRによる検索遺伝子検出が可能となる増菌培養時間

食品検体	菌種および検索遺伝子				
	S.Enteritidis	STEC	ETEC	V.parahaemolyticus	S.aureus
	invA	stx1	est	tdh	sau
鶏ひき肉	6時間 (2.0×10 ³)				
牛ひき肉		6時間 (2.2×10 ³)			
牛レバー		6時間 (1.2×10 ³)			
炒り卵	8時間 (1.5×10 ³)	6時間 (6.2×10 ²)			
かぼちゃの煮物		6時間 (1.2×10 ³)	6時間 (3.0×10 ³)		
肉じゃが		6時間 (3.0×10 ²)			
だんご		6時間 (8.0×10)			6時間 (7.0×10)
ゆでだこ		6時間 (1.7×10 ³)		6時間 (2.3×10 ²)	
すずきの刺身				6時間 (2.2×10 ⁴)	
まぐろの刺身				6時間 (1.6×10 ³)	
ゆでほうれん草		6時間 (9.5×10 ²)	6時間 (3.0×10 ²)		
ゆでブロッコリー		6時間 (4.8×10 ²)			

()内は培養法による培養液1mLあたりの菌数

空欄：検査未実施

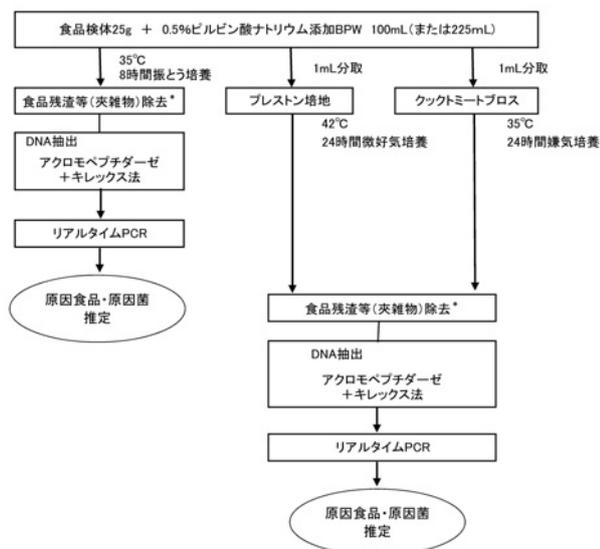


図 6 食品における食中毒起因菌の遺伝子検査法の手順
* 図 1 および図 2 参照

リアルタイム PCR で検出可能となった培養液中の検索食中毒起因菌の菌数は約 $10^2 \sim 10^4$ CFU/mL であった。

なお、対照として実施した菌を添加していない培養液からは検索遺伝子は検出されなかった。

3・1～3・4の結果から検体の増菌培養法および DNA 抽出法を決定し、食品における食中毒起因菌の遺伝子検査法とした (図 6)。

3・5 有用性の検討

(1) 模擬検体による有用性の検討

食中毒起因菌 7 菌種を食品に添加した後、 -30°C で 2 週間凍結した模擬検体を作成し、3・1～3・4の結果から有効性を確認した図 6 の方法を行い、リアルタイム PCR による検索遺伝子が検出可能であるかを検討した結果を表 3 に示した。

実施した全ての検体において、リアルタイム PCR で検出可能であった。また、培養液中の検索食中毒起因菌の菌数は約 10^2 CFU/mL 以上であった。なお、対照として実施した菌を添加していない培養液からは検索遺伝子は検出されなかった。

(2) 食中毒事例等における有用性の検討

食中毒事例等 3 事例の食品検体について、3・1～3・

表 3 模擬検体によるリアルタイム PCR の結果

食品検体	菌種および検索遺伝子													
	S.Enteritidis		STEC		ETEC		V.parahaemolyticus		S.aureus	C.jejuni		C.perfringens		
	invA		stx1	stx2	est	elt	tdh	toxR	sau	gyrA	yphC	cpe		
鶏ひき肉	+	($>3.0 \times 10^4$)	+	+	($>3.0 \times 10^4$)	+	+	($>3.0 \times 10^4$)			+	+	($>3.0 \times 10^4$)	
牛ひき肉	+	(2.2×10^4)	+	+	($>3.0 \times 10^4$)	+	+	(1.5×10^4)						
牛レバー	+	(1.4×10^3)	+	+	($>3.0 \times 10^4$)	+	+	($>3.0 \times 10^4$)			+	+	($>3.0 \times 10^4$)	
炒り卵	+	(1.5×10^3)	+	+	(2.0×10^4)	+	+	(1.5×10^2)	+	+	(5.1×10^3)	+	($>3.0 \times 10^4$)	
かぼちゃの煮物	+	($>3.0 \times 10^4$)	+	+	(2.7×10^4)	+	+	(2.7×10^3)			+		($>3.0 \times 10^4$)	
肉じゃが	+	(5.2×10^3)	+	+	(2.9×10^3)	+	+	(1.0×10^4)			+		(1.9×10^4)	($>3.0 \times 10^4$)
カレー	+	($>3.0 \times 10^4$)	+	+	(2.7×10^4)	+	+	(9.6×10^3)			+		(1.0×10^4)	($>3.0 \times 10^4$)
だんご	+	(3.0×10^3)	+	+	(1.6×10^3)	+	+	(3.5×10^2)	+	+	(1.8×10^4)	+	(1.5×10^3)	
ゆでだこ	+	($>3.0 \times 10^3$)	+	+	($>3.0 \times 10^4$)	+	+	($>3.0 \times 10^4$)	+	+	(2.4×10^3)			
すずきの刺身	+	($>3.0 \times 10^4$)	+	+	($>3.0 \times 10^4$)	+	+	($>3.0 \times 10^4$)	+	+	($>3.0 \times 10^4$)			
まぐろの刺身	+	(2.7×10^4)	+	+	(2.5×10^4)	+	+	($>3.0 \times 10^4$)	+	+	($>3.0 \times 10^4$)			
ウナギのかば焼き	+	($>3.0 \times 10^4$)	+	+	($>3.0 \times 10^4$)	+	+	(1.0×10^3)	+	+	($>3.0 \times 10^4$)	+	(1.2×10^4)	
ゆでほうれん草	+	($>3.0 \times 10^4$)	+	+	(2.4×10^4)	+	+	(1.0×10^3)	+	+	($>3.0 \times 10^4$)	+	($>3.0 \times 10^4$)	
ゆでブロッコリー	+	(2.3×10^4)	+	+	(2.5×10^4)	+	+	(1.4×10^4)	+	+	($>3.0 \times 10^4$)	+	($>3.0 \times 10^4$)	
豆腐	+	($>3.0 \times 10^4$)	+	+	($>3.0 \times 10^4$)	+	+	(1.8×10^3)	+	+	($>3.0 \times 10^4$)	+	(9.0×10^3)	

()内は培養液 1mLあたりの菌数
空欄：検査未実施

表4 食中毒事例等におけるリアルタイムPCRの結果

事例および食品検体	菌種および検索遺伝子											培養法の結果*	
	S.Enteritidis		STEC		ETEC		V.parahaemolyticus		S.aureus	C.jejuni			C.perfringens
	invA	stx1	stx2	est	elt	tdh	toxR	sau	gyrA	yphC	cpe		
S.aureusによる食中毒事例													
鰯照り焼き	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	S.aureus+	
バイ貝煮付	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	S.aureus+	
牡蠣炊込ごはん	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	S.aureus+	
白菜キムチ	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	S.aureus+	
STEC O26 (Stx1産生)による食中毒事例													
バンバンジー サラダ麺	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	STEC O26+	
スパゲティ ナポリタン	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	STEC -	
ホウレン草と 玉葱のスープ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	STEC -	
メンチカツ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	STEC -	
ジャーマン ポテト	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	STEC -	
食鳥処理施設における微生物汚染実態調査からSalmonella spp 検出事例													
鶏モモ肉	+											Salmonella spp+	

空欄：検査未実施
*：保健所で実施

4の結果から決定した図6の方法を行い、リアルタイムPCRにおいて、培養法と同じ結果が得られるかを検討した結果を表4に示した。

3事例とも、培養法で検出された食品から食中毒起因菌の遺伝子が検出され、培養法と同じ結果が得られた。

4 考 察

近年、食中毒起因菌の迅速ならびに高感度な検査法としてリアルタイムPCRが広く活用されている。本研究では、この方法を食品検体に応用するために必要な前処理として、増菌培養法および食品中に含まれるリアルタイムPCR反応を阻害する夾雑物を除去するためのDNA抽出法の検討を行った。

増菌培養法を検討した結果、S.Enteritidis, STEC, ETEC, V.parahaemolyticus, S.aureusの5菌種は一般的に前培養として用いられるTSBおよびBPWで短時間同時増菌が可能であった。しかし、C.jejuni, C.perfringensは各々の酸素要求度条件に合わせた培養(微好気培養, 嫌気培養)を行っても短時間増菌は難しかった。青木らは、C.jejuniについて増菌培養時の酸素条件の比較検討を行った結果、培養に微好気条件を要しないとされる培地であっても、微好気培養より検出結果が劣ったと報告¹⁰⁾している。このことから、酸素要求度が厳しいC.jejuni, C.perfringensを他の5菌種と同じ酸素条件化で培養を行うことは検出感度を下げることになると考え、7菌種同時増菌培養は断念した。C.jejuni, C.perfringensについては食品を増菌培地で混和した増

菌培養前の液を一部分取し、従来法の増菌培地(プレストン培地, クックトミートブロス)に各々添加し、24時間培養(微好気培養, 嫌気培養)を行う方法が有効と考えた。

学校給食調理施設や大規模調理施設では、食中毒発生時の原因調査に備え、食品を検食として2週間凍結保管することが義務付けられている。そのため、食中毒発生時に県内保健所に検体として搬入される検体の多くは凍結保管されていた検食である。そこで、増菌培養には凍結による損傷を回復できるものが必要であると考え、凍結損傷回復効果のある培養法の検討をした。その結果、BPWに0.5%ピルビン酸ナトリウムを添加した培地で振とう培養する方法が他法よりも効果的であると考えられた。凍結損傷菌は、菌の増殖により引き起こされる培養液のpHの低下により、損傷回復が抑制されることが報告¹¹⁾されているので、今回の検討結果においてBPWがTSBより増菌効果が見られたことは、緩衝能の高いBPWの方が凍結損傷菌に対して有効に働いたと推察された。ピルビン酸ナトリウムは細胞膜の損傷によって生じる活性酸素を除去する作用があることが報告¹²⁾されており、多くの培地に損傷菌の回復のために添加されている。カタラーゼにもピルビン酸ナトリウムと同様に活性酸素除去作用があり、今回の検討でも、S.Enteritidis, STEC, ETEC, S.aureusについては、カタラーゼはピルビン酸ナトリウムと同等に損傷菌回復効果がみられた。しかし、V.parahaemolyticusについては、ピルビン酸ナトリウムはカタラーゼより損傷回復効果があった。ま

た、ピルビン酸ナトリウムは、カタラーゼと比べて試薬調製が安易であることから、増菌培養法には0.5%ピルビン酸ナトリウムを添加したBPWで振とう培養する方法が有効であると考えた。

食品にはタンパク質など多種の夾雑物が存在し、それらがPCR反応を阻害することがあるので、今回、DNA抽出操作前にできるだけ食品残渣等の夾雑物を除去する方法を考えた。一般的なDNA抽出法は、100 μ Lの培養液を高速遠心し、得られた沈渣からDNA抽出し、100 μ LのDNA抽出液を得る。しかし、それでは沈渣中に多くの食品夾雑物が含まれてしまうことから、著者らは、まず、図1および図2に示すとおり、DNA抽出操作前にできるだけ夾雑物を取り除くこととした。また、1 mLの培養液から100 μ LのDNA抽出液を得ることで、培養液を10倍濃縮することとなりリアルタイムPCRの検出感度を高めた。これらの操作を行った後、2種類のDNA抽出法について検討した結果、どちらの方法においてもリアルタイムPCRで検索遺伝子の検出は可能で、PCR反応を阻害する夾雑物の影響を少なくすることができたと考えられた。両抽出法を比較した場合、グラム陽性菌である*S. aureus*および*C. perfringens*においては、アクロモペプチダーゼ+キレックス法がアルカリ熱抽出方法よりもDNA抽出効果があった。グラム陰性菌と比べ細胞壁が厚いグラム陽性菌のDNAを抽出するには、溶菌作用のあるアクロモペプチダーゼが有用であることが確認された。また、アクロモペプチダーゼはグラム陰性菌のDNA抽出に悪い影響を与えないことから、DNA抽出法は、アクロモペプチダーゼで溶菌処理後、夾雑物除去効果のあるキレックスで抽出する方法が有効と考えられた。

増菌培養時間については、生菌を用いた増菌培養の検討では、リアルタイムPCRの検出感度まで増菌するのに必要な培養時間は6時間であった。一方、12種類の食品に食中毒起因菌を添加し、凍結した模擬検体を用いた培養時間の検討では、ほとんどの検体において6時間の培養で、リアルタイムPCRで検索遺伝子が検出可能であったが、*S. Enteritidis*を炒り卵に添加した検体では8時間培養が必要であった。この検体の6時間培養後の菌数は 2.0×10^6 CFU/mLとリアルタイムPCRの検出感度より少なく、食品が含まれる培養液中で凍結損傷菌がリアルタイムPCRの検出感度の菌数に増菌させるためには6時間培養では短く、8時間必要であると考えた。

以上より、食品検体をリアルタイムPCR一斉検索法に応用するための増菌培養法とDNA抽出法を決定した(図6)。そこで、15種類の食品に食中毒起因菌を添加した模擬検体を用い、本法の有用性を検証した。その結果、*S. Enteritidis*, *STEC*, *ETEC*, *V. parahaemolyticus*

ticus, *S. aureus*については、添加菌数5~19 CFU/25gの模擬検体から検出可能であった。即ち、本法は、食品1g当たりの汚染菌数が1 CFUに満たない場合(0.2~0.8 CFU/g)でもリアルタイムPCRの検出感度まで増菌可能で、検索遺伝子を検出できる優れた方法と考える。一方、*C. jejuni*, *C. perfringens*については、添加菌数1,000 CFU/25g(40 CFU/g)の模擬検体から検出可能であった。この2菌種については、図6のとおり、検体が増菌培地で希釈されることから、検体25gの全量を培養する前述の5菌種の方法に比べ、回収率が劣っていた。今回の検討では、希釈液の1 mLを分取したが、今後、希釈液の分取量を再考し、遠心処理を取り入れるなどして検出感度を上げる必要があると考える。

また、県内で発生した食中毒事例等の食品検体を用い、有用性を検証した結果、全ての事例で保健所において実施した培養法で食中毒起因菌陽性となった食品から同じ菌の遺伝子が検出することができた。また、それら食品のうち、鰯照り焼き、白菜キムチ、鶏モモ肉は、PCR反応阻害成分の脂肪または香辛料を多く含む食品であったが、問題なくリアルタイムPCRで検出でき、本法の有用性が確認された。

これまで食中毒7菌種の検査には、7種類の増菌培地が必要だったが、今回の研究結果より、*S. Enteritidis*, *STEC*, *ETEC*, *V. parahaemolyticus*, *S. aureus*の5菌種については同時増菌が可能となったことから、増菌培地を3種類に減らすことができ、検査の効率化を図ることができた。また、今回確立した増菌培養、DNA抽出後にリアルタイムPCRを行うことにより、*S. Enteritidis*, *STEC*, *ETEC*, *V. parahaemolyticus*, *S. aureus*については、約13時間で、*C. jejuni*, *C. perfringens*については約29時間で原因食品および起因菌の推定が可能になった。

食中毒発生時に、本法を用いて迅速に原因食品および起因菌を推定することができれば、早期に被害拡大および再発防止対策のための適切な行政対応が可能になると考える。

5 まとめ

リアルタイムPCRを用いた食中毒起因菌7菌種の一斉検索法を食品検体に応用するために必要な前処理として、増菌培養法およびDNA抽出法の検討を行った。

(1) 増菌培養法の検討

食中毒起因菌7菌種のうち、*S. Enteritidis*, *STEC*, *ETEC*, *V. parahaemolyticus*, *S. aureus*は0.5%ピルビン酸ナトリウム添加のBPWで短時間同時増菌が可能であり、凍結損傷回復効果もあった。しかし、*C. jejuni*, *C. perfringens*は同時増菌不可能であったため、5菌種

同時増菌培養液の一部を従来の増菌培養法を用いることとした。

(2) 増菌培養液からのDNA抽出法の検討

増菌培養液から食品残渣を取り除いた後にアクロモペプチダーゼおよびキレックスで抽出する方法は、食品中の夾雑物の影響を最少とし、7菌種の食中毒起因菌いずれにも有効な方法であった。

(3) 有用性の検証

15種類の食品に食中毒起因菌を添加した模擬検体と食中毒事例等の食品検体を用いて本法の有用性を検証した結果、全てにおいて食中毒起因菌の遺伝子を約13時間～29時間で検出することができ、迅速に原因食品および起因菌の推定が可能であった。

本研究を実施するにあたり、ご協力頂きました石川県各保健所の関係各位に深謝します。

文 献

- 1) 伊藤武, 森地敏樹: 食品のストレス環境と微生物—その挙動・制御と検出—, 17-30, サイエンスフォーラム出版 (2004)
- 2) 児玉洋江, 倉本早苗, 新川晶子, 本庄峰夫, 芹川俊彦: リアルタイムPCRを用いた食中毒起因菌の一斉検索法に関する研究, 北陸公衆衛生学会誌, **34**, 65-72 (2008)
- 3) 厚生労働省監修: 食品衛生検査指針 (微生物編), 社団法人日本食品衛生協会 (2004)
- 4) SATA, Shin, FUJISAWA, Tomohiko, OSAWA, Ro, IGUCHI, Atsushi, YAMAI, Shiro and SHIMADA, Toshio: An Improved Enrichment Broth for Isolation of *Escherichia coli* O157, with Specific Reference to Starved Cells, from Radish Sprouts, Applied and Environmental Microbiology, **69**, 1858-1860 (2003)
- 5) MIZUNOE, Y., WAI, S.N., TAKADE, A. and YOSHIDA, S.: Restoration of culturability of starvation-stressed and low-temperature-stressed *Escherichia coli* O157 cells by using H₂O₂-degrading compounds, Archives of Microbiology, **172**, 63-67 (1999)
- 6) 青木順子, 加藤美和子, 新井礼子, 佐藤博: 検食を想定した食中毒菌検出方法の検討 (第1報), 新潟県保健環境科学研究所年報, **24**, 60-63 (2009)
- 7) FUJISAWA, Tomohiko, OHASHI, Yuji and YOSHIDA, Takaharu: Evaluation of buffered peptone water (BPW) containing sodium thio-glycolate as enrichment broth in combination with BPW as pre-enrichment broth for isolation of Salmonella from radish sprouts, Internet Journal of Food Safety, **12**, 130-135 (2010)
- 8) 中西寿男, 丸山勉: 食品由来感染症と食品微生物, 144-146, 中央法規出版 (2009)
- 9) 厚生労働省, 食中毒一覧速報 <http://www.mhlw.go.jp/topics/syokuchu/04.html>, 2010年1月25日
- 10) 青木順子, 加藤美和子, 新井礼子, 佐藤博: 検食を想定した食中毒菌検出方法の検討 (第2報), 新潟県保健環境科学研究所年報, **25**, 61-65 (2010)
- 11) SADOVSKI, A.Y.: Acid sensitivity of freeze injured salmonellae in relation to their isolation from frozen vegetables by pre-enrichment procedure, International Journal of Food Science & Technology, **12**, 85-91 (1977)
- 12) 土戸哲明, 坂元仁: 有害菌制御のためのストレス微生物学概論, 日本食品微生物学会雑誌, **26**, 70-75 (2009)

〔報 文〕

石川県の名水の水質特性に関する調査研究

石川県保健環境センター 健康・食品安全科学部

川上 慶子・浅田 征彦・坂本 真美
山岸 喜信・北川 恵美子

〔和文要旨〕

石川県には、環境省選定の名水7か所を含め名水が400地点以上あり、地域住民が生活の中で大切に活用している。今回、名水20か所について、利用状況等の現地調査及び水質調査を実施した。その結果、おいしい水研究会の「おいしい水の要件」に概ね適合していたが、一部に蒸発残留物や硬度が要件を下回る地点が見られた。ヘキサダイアグラムで解析した結果は、能登地区ではナトリウム重炭酸イオン型が多く見られ、加賀地区ではナトリウム重炭酸イオン型とナトリウム塩化物イオン型及びこれらが変動する型が見られた。キーダイアグラムの解析では、能登地区では重炭酸カルシウム型や非重炭酸ナトリウム型が多く、加賀地区では非重炭酸ナトリウム型が多く見られた。また、一般細菌、大腸菌、色度の結果から名水といわれる水が全て飲み水として安全であるとは言えず、利用の際には煮沸などが必要なものが含まれることが明らかになった。

キーワード：名水、おいしい水の要件、主要溶存成分、水質基準項目

1 はじめに

環境省は、昭和60年3月、全国に多くの形態で存在する清澄な水を再発見するとともに、これを広く国民に紹介し、今後の水質保全行政の進展に資することを目的に、「名水百選」として全国各地100地点の湧水や河川を選定した¹⁾。その後、平成20年6月、社会情勢の変化を踏まえ、特に地域住民等による主体的かつ持続的な水環境の保全活動が行われているものを「平成の名水百選」として選定し²⁾、併せて200の名水が選定されている。

石川県においては、名水百選に3地点、平成の名水百選に4地点選定されており、これらを含め名水が400地点以上ある。これらの名水は地域住民が生活の中で大切に利用しており、一部には「おいしい水」として県内外から採水目的で来訪するものも存在する。

環境省の名水の選定基準には、飲用の適否に関する項目がないので、選定された名水は必ずしも飲用に適することを保障するものではない。著者らは、地域の住民に「おいしい水」として飲用されている石川県内の名水の水質特性を把握し、おいしさを科学的に裏付けするとともに飲用安全対策の参考とするために調査研究を行ったので報告する。

2 調査方法

2・1 調査地点と試料の採取

(1) 採水箇所の選定

利用者が多いこと、管理者が明確であること、管理者から調査結果の公表について同意が得られることの三点を選定基準とし、20地点を選定した。なお、調査地点の公表は市町名に止めることを条件とした。選定した

Study on the Characteristics of "Exquisite and Well-Conserved Waters" in Ishikawa Prefecture - by KAWAKAMI Keiko, ASADA Yukuhiko, SAKAMOTO Mami, YAMAGISHI Yoshinobu and KITAGAWA Emiko (Health and Food Department, Ishikawa Prefectural Institute of Public Health and Environmental Science)

Key words : Exquisite and Well-Conserved Waters, Requisite for Fine Water, Main Dissolved Component, Water Quality Standard Item

表1 採水地点の内訳

地区	採水地点の市町名	採水地点数
能登地区	輪 島 市	3
	穴 水 町	1
	七 尾 市	3
	中 能 登 町	1
加賀地区	津 幡 町	2
	金 沢 市	2
	白 山 市	3
	能 美 市	1
	小 松 市	2
	加 賀 市	2
合 計		20

20地点の地区別内訳を表1に示す。

(2) 試料の採取

季節変動を考慮し、平成22年9月、12月、平成23年3月、6月の4回とし、当センター職員が現地に赴き、理化学検査用4Lをポリエチレン容器に、また、細菌検査用200mLをポリエチレン容器に採水した。

(3) 追加調査

今回調査した地点は小規模な水源であったことから、比較的規模が大きい県内水道水源井戸5地点について追加調査を行った。

2・2 調査項目

(1) 現地調査項目

採水時に、採水に来ている人においしさや利用方法などを聞き取り調査した。また、採水場所の整備状況を確認し、天候、流量を記録した。

(2) 水質測定項目

ア おいしい水の要件

昭和60年4月に厚生省おいしい水研究会がおいしい水の要件³⁾として提示した、蒸発残留物、硬度、遊離炭酸、過マンガン酸カリウム消費量、臭気度(臭気で代用)、残留塩素、水温の7項目を測定した。

イ 主要溶存成分

主要溶存成分として、ナトリウム、カリウム、カルシウム、マグネシウム、炭酸水素イオン(重炭酸イオン)、塩化物イオン、硫酸イオン、硝酸イオン、ケイ酸の9項目を測定した⁴⁾。なお、ナトリウム、カリウム、カルシ

表2 分析方法と基準値

	分析項目	分析方法	おいしい水の要件及び水質基準値
おいしい水の要件	蒸発残留物	重量法	30~200mg/L
	硬度	滴定法	10~100mg/L
	遊離炭酸	滴定法	3~30mg/L
	過マンガン酸カリウム消費量	滴定法	3mg/L以下
	臭気度→(臭気で代用)	官能法	3以下→(異常でないこと)
	残留塩素	比色法	0.4mg/L以下
	水温	水温計	20℃以下
主要溶存成分	ナトリウム	ICP発光分析法	—
	カリウム	ICP発光分析法	—
	カルシウム	ICP発光分析法	—
	マグネシウム	ICP発光分析法	—
	炭酸水素イオン(重炭酸イオン)	滴定法	—
	塩化物イオン	イオンクロマトグラフ法	—
	硫酸イオン	イオンクロマトグラフ法	—
	硝酸イオン	イオンクロマトグラフ法	—
水質基準項目	ケイ酸	吸光光度法	—
	一般細菌	標準寒天培地法	1mlの検水で形成される集落数が100以下
	大腸菌	特定酵素基質培地法	検出されないこと
	硝酸態窒素及び亜硝酸態窒素	イオンクロマトグラフ法	10mg/L以下
	鉄及びその化合物	ICP発光分析法	0.3mg/L以下
	塩化物イオン	イオンクロマトグラフ法	200mg/L以下
	カルシウム、マグネシウム等(硬度)	滴定法	300mg/L以下
	有機物(全有機炭素(TOC)の量)	TOC計法	3mg/L以下
	pH値	電極法	5.8以上8.6以下
	味	官能法	異常でないこと
	臭気	官能法	異常でないこと
	色度	吸光光度法	5度以下
濁度	吸光光度法	2度以下	

ウム、マグネシウムは測定濃度をイオンとして解析した。

ウ 水質基準項目

石川県飲用井戸等衛生対策要領⁵⁾に定期水質検査項目として定めのある、一般細菌、大腸菌、硝酸態窒素及び亜硝酸態窒素、鉄及びその化合物、塩化物イオン、カルシウム・マグネシウム等(硬度)、有機物(全有機炭素(TOC)の量)、pH値、味、臭気、色度、濁度の12項目を測定した。

(3) 分析方法等

分析方法とおいしい水の要件、水質基準値を表2に示す。なお、分析機器についてはICP発光:Optima 3300XL(パーキンエルマー社)、イオンクロマトグラフ:DX-A 2110(日本ダイオネクス社)、TOC:TOC-VCSH(島津製作所)、pH:F52S(堀場製作所)、吸光光度:UV-160(島津製作所)を使用した。

2・3 評価方法

(1) おいしい水の要件

厚生省おいしい水研究会が提示した「おいしい水の要件」について、当てはまるかを評価した。

(2) 主要溶存成分

主要溶存成分について、ヘキサダイアグラム及びトリリニアダイアグラムのうちキーダイアグラムを作成し水質特性を視覚的に表した⁴⁾。加えて、平成19年に橋本らが提唱したおいしい水の指標:O Index=(Ca+K+SiO₂)/(Mg+SO₄)⁶⁾(単位は[mg/L])でおいしい水とされる2.0以上に当てはまるかを評価した。

(3) 水質基準項目

飲用の適否について評価した。

3 調査結果と考察

(1) 現地調査結果

20地点の所在地は、人里離れた山奥から大通りに面した市街地までさまざまな場所に位置している。現地での聞き取り調査の結果、おいしさについては、まろやかである、柔らかいという意見が多かった。利用方法は、生水で飲むことよりも、味噌汁、煮物、炊飯、コーヒーなど食生活の水として利用している人が多かった。中には近所に名水があるのだが、こちらの名水の味のほうが好きなので、少し遠いが汲みに来ているといったように、味にこだわった意見も聞かれた。

また、生水での飲用を控えるよう看板を設置しているところや水質検査結果を掲示しているところもあり、衛生管理に配慮していることが伺われた。

採水日の天候と流量について表3に示す。C, G, P地点など流量が著しく変動する地点があり、降雨に伴う表流水の混入などの可能性が示唆されたが、水質測定結果の変動との相関は確認できなかった。

表3 採水日の天候と流量

地点コード	市町名	採取年月日	採水時の天候	流量(L/min)
A	輪島市	平成22年9月6日	曇	4
		平成22年12月6日	晴	7
		平成23年3月7日	曇	8
B	輪島市	平成23年6月13日	晴	12
		平成22年9月6日	晴	6
		平成22年12月6日	晴	8
C	輪島市	平成23年3月7日	曇	15
		平成23年6月13日	晴	15
		平成22年9月6日	晴	2
D	穴水町	平成22年12月6日	晴	1
		平成23年3月7日	曇	40
		平成23年6月13日	晴	40
E	七尾市	平成22年9月6日	晴	9
		平成22年12月6日	晴	18
		平成23年3月7日	曇	—
F	七尾市	平成23年6月13日	晴	30
		平成22年9月29日	曇	6
		平成22年12月6日	晴	7
G	七尾市	平成23年3月7日	曇	7
		平成23年6月13日	晴	8
		平成22年9月29日	曇	13
H	中能登町	平成22年12月8日	晴	15
		平成23年3月9日	—	12
		平成23年6月16日	晴	17
I	津幡町	平成22年9月29日	曇	12
		平成22年12月8日	晴	180
		平成23年3月9日	雪	—
J	津幡町	平成23年6月16日	晴	20
		平成22年9月29日	曇	7
		平成22年12月8日	晴	11
K	金沢市	平成23年3月9日	雪	2
		平成23年6月16日	晴	3
		平成22年9月6日	晴	10
L	金沢市	平成22年12月8日	晴	9
		平成23年3月9日	雪	8
		平成23年6月16日	晴	11
M	白山市	平成22年9月15日	晴	3
		平成22年12月1日	晴	4
		平成23年3月16日	雪	9
N	能美市	平成23年6月22日	曇	9
		平成22年9月15日	曇	5
		平成22年12月1日	晴	1
O	小松市	平成23年3月16日	雪	10
		平成23年6月22日	曇	6
		平成22年9月15日	曇	13
P	白山市	平成22年12月13日	雨	13
		平成23年3月14日	晴	—
		平成23年6月20日	晴	12
Q	白山市	平成22年9月13日	—	8
		平成22年12月1日	晴	8
		平成23年3月16日	雪	7
R	加賀市	平成23年6月22日	晴	8
		平成22年9月13日	晴	44
		平成22年12月13日	曇	124
S	加賀市	平成23年3月14日	晴	—
		平成23年6月20日	曇	122
		平成22年9月13日	曇	8
T	小松市	平成22年12月1日	晴	42
		平成23年3月16日	雪	120
		平成23年6月22日	晴	17
U	小松市	平成22年9月13日	晴	2
		平成22年12月1日	晴	9
		平成23年3月16日	雪	4
V	加賀市	平成23年6月22日	晴	6
		平成22年9月13日	曇	18
		平成22年12月13日	小雨	29
W	加賀市	平成23年3月14日	晴	40
		平成23年6月20日	曇	40
		平成22年9月13日	曇	3
X	小松市	平成22年12月13日	曇	6
		平成23年3月14日	晴	6
		平成23年6月20日	晴	3
Y	小松市	平成22年9月29日	曇	4
		平成22年12月8日	晴	12
		平成23年3月9日	—	12
Z	小松市	平成23年6月16日	晴	6

注) 表中の—は「測定せず」を表す

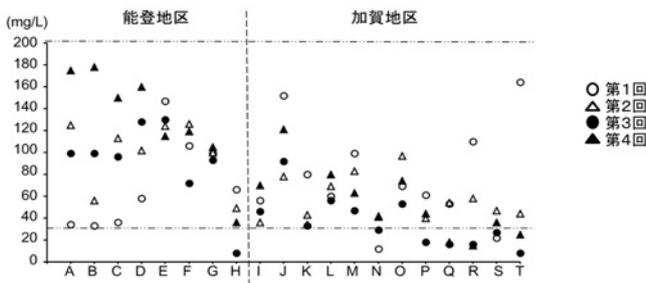


図1-1 蒸発残留物(おいしい水の要件 30~200mg/L)

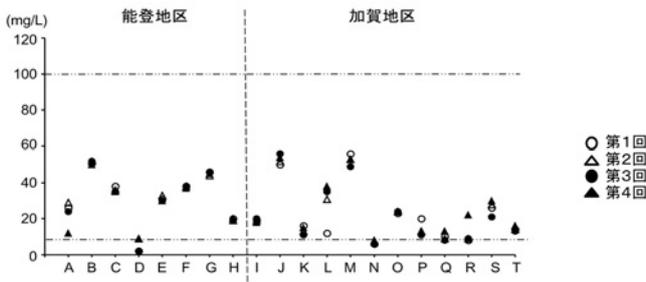


図1-2 硬度(おいしい水の要件: 10~100mg/L)

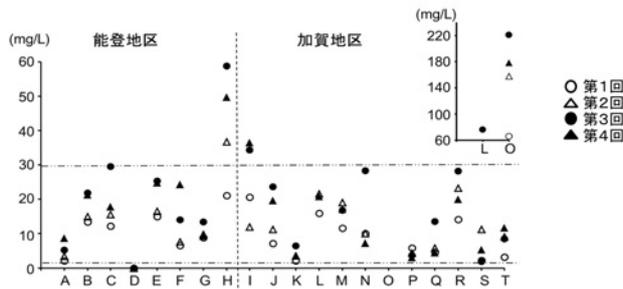


図1-3 遊離炭酸(おいしい水の要件: 3~30mg/L)

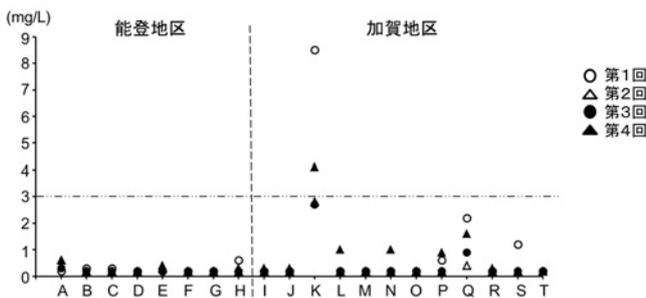


図1-4 過マンガン酸カリウム消費量(おいしい水の要件: 3mg/L以下)

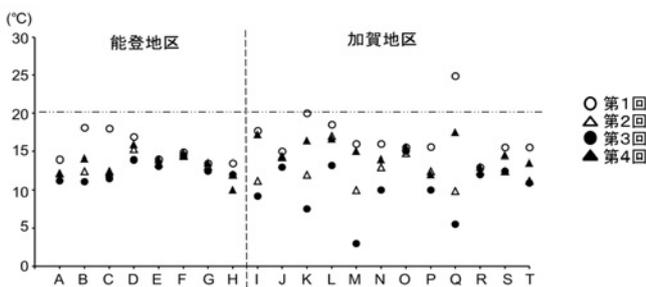


図1-5 水温(おいしい水の要件: 20°C以下)

(2) 水質測定結果

ア おいしい水の要件

蒸発残留物、硬度、遊離炭酸、過マンガン酸カリウム消費量、水温の結果について図1-1から図1-5に示す。なお、残留塩素と臭気度(臭気で代用)については、20地点4回採水の全てで、0.05mg/L未満と異常なしであった。

蒸発残留物は、能登地区のHの1地点と加賀地区のN、P、Q、R、S、Tの6地点で1回か2回おいしい水の要件を下回っていたが、その他は要件を満たしていた。また、加賀地区では能登地区より低い傾向が見られた。

硬度は、能登地区のDの1地点と加賀地区のN、Q、Rの3地点でおいしい水の要件を下回ることがあったが、その他は要件を満たしていた。また、蒸発残留物と同様に加賀地区のほうが能登地区より低い傾向が見られた。

なお、今回調査した地点の蒸発残留物と硬度は、おいしい水の要件の範囲では低めであり、これが、「まろやかな水」、「柔らかな水」との聞き取り調査の結果に反映されたものと考えられる。

遊離炭酸は、加賀地区のO地点で4回ともおいしい水の要件を上回った。この地点での聞き取り調査では、「すっきりした水」との声が聞かれ、遊離炭酸の爽快感が聞き取り調査の結果に反映されたものと考えられる。

過マンガン酸カリウム消費量は、加賀地区のK地点でおいしい水の要件を上回ることがあったが、その他は要件を満たしていた。K地点では、一般細菌、大腸菌、色度が水質基準を超過する調査日もあり、周辺環境の影響を受けやすい状況であることが示唆された。

イ 主要溶存成分

主要溶存成分の結果を視覚的に表すため、硫酸イオン、硝酸イオン、重炭酸イオン、塩化物イオン、マグネシウム、カルシウム、ナトリウム、カリウムの結果を用いてヘキサダイアグラムを作成した結果を図2に示す。

能登地区では、ナトリウム重炭酸イオン型が6地点、ナトリウム塩化物イオン型が2地点であった。加賀地区では、ナトリウム重炭酸イオン型が3地点、ナトリウム塩化物イオン型が2地点、カルシウム重炭酸イオン型が2地点、調査日により型が異なるものが5地点(ナトリウム塩化物イオン型とナトリウム重炭酸イオン型の変動)であった。陽イオンでカルシウムが主要成分になる地点は加賀地区のM、Sの2地点であり、その他はナトリウムが主要成分で

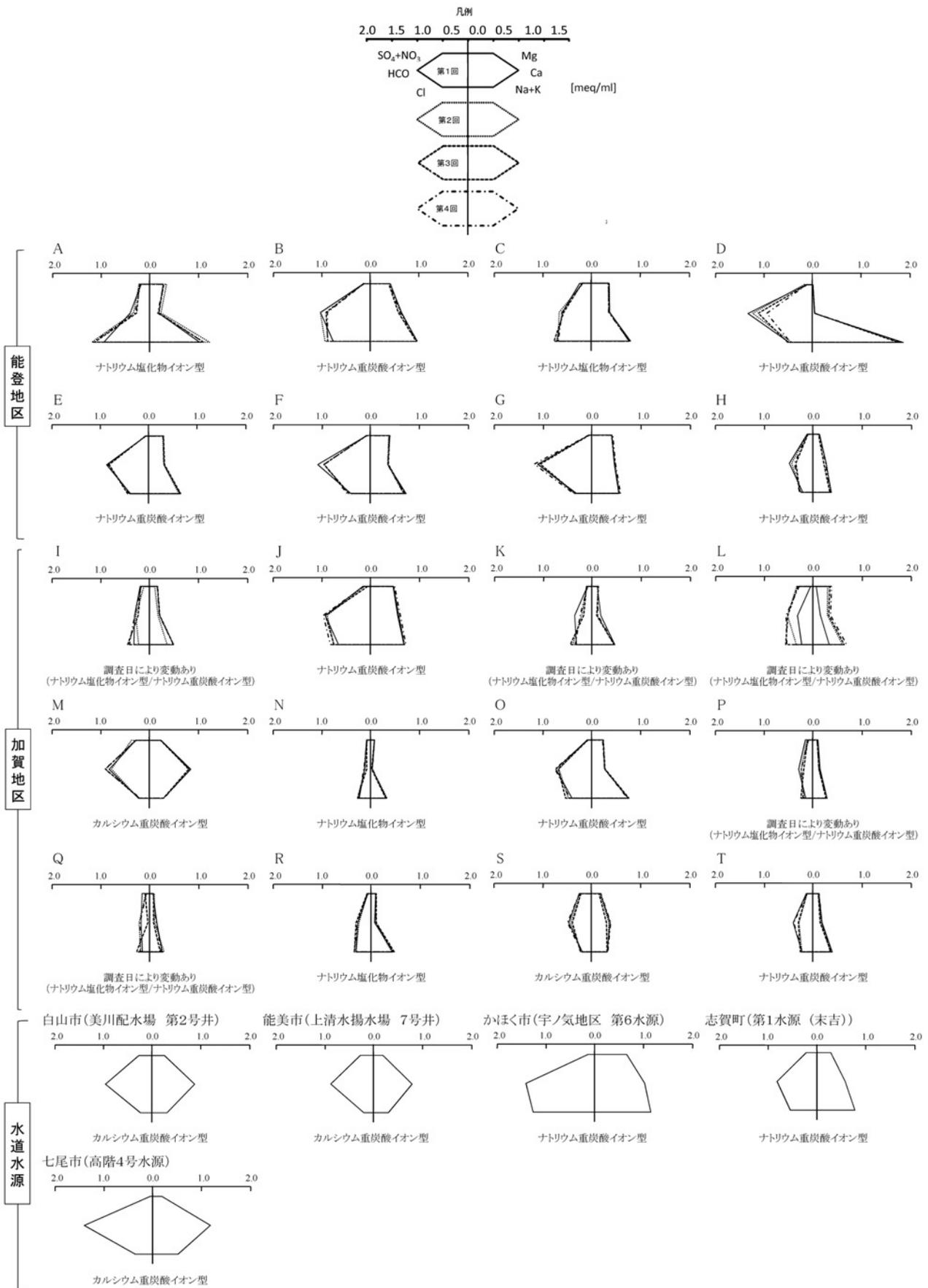


図2 ヘキサダイアグラム

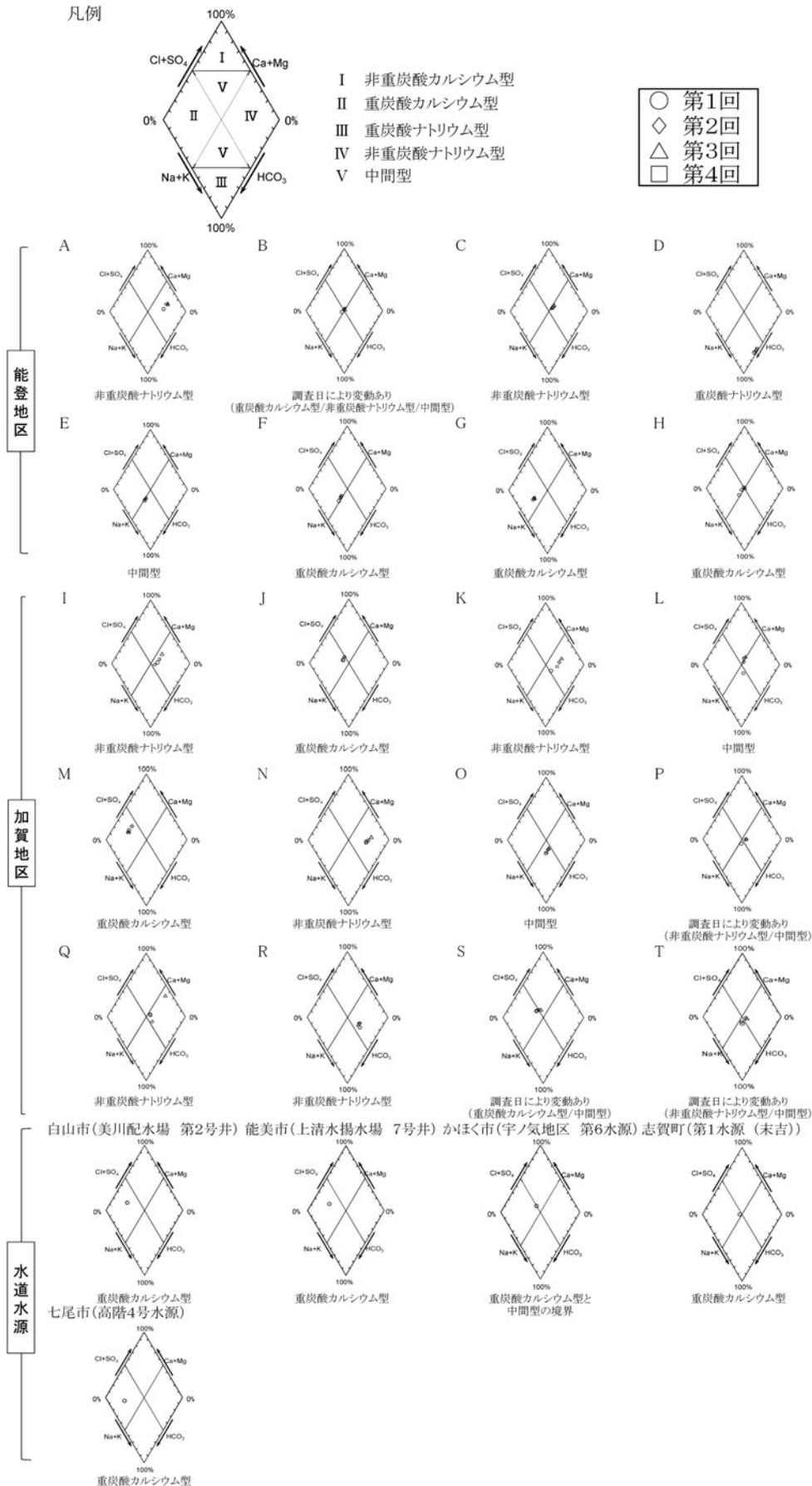


図3 キーダイヤグラム

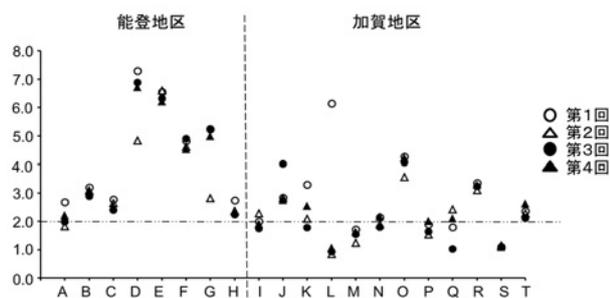


図4 おいしい水の指標 (2.0以上)

あった。一方、水道水源ではナトリウム重炭酸イオン型が2地点、カルシウム重炭酸イオン型が3地点であった。

次に、硫酸イオン、重炭酸イオン、塩化物イオン、マグネシウム、カルシウム、ナトリウム、カリウムを用いて、トリリニアダイアグラムのうちキーダイアグラムを作成した結果を図3に示す。

能登地区では、重炭酸カルシウム型が3地点、重炭酸ナトリウム型が1地点、非重炭酸ナトリウム型が2地点、中間型が1地点、調査日により型が異なるものが1地点(非重炭酸ナトリウム型と重炭酸カルシウム型と中間型の変動)であった。加賀地区では、重炭酸カルシウム型が2地点、非重炭酸ナトリウム型が5地点、中間型が2地点、調査日により型が異なるものが3地点(非重炭酸ナトリウム型と中間型の変動が2地点、重炭酸カルシウム型と中間型の変動が1地点)であった。能登地区では重炭酸カルシウム型が、加賀地区では非重炭酸ナトリウム型が多く見られた。一方、水道水源では、4地点が重炭酸カルシウム型であり、1地点は重炭酸カルシウム型と中間型の境界上であった。

橋本らが提唱したおいしい水の指標： $O\ Index = (Ca + K + SiO_2) / (Mg + SO_4)$ の結果を図4に示す。能登地区のAの1地点、加賀地区のI, K, L, M, N, P, Q, Sの8地点で1回以上指標に適合しなかった。M, Sの2地点では4回とも指標に適合しなかった。能登地区は、加賀地区に比べ多くの地点で適合していた。

指標に適合しない地点のヘキサダイアグラムを見ると、主要溶存成分が少ないものが多いことから、味を悪くする成分の割合が多くても濃度としては低いため味に大きく影響しなかったことが考えられる。

ウ 水質基準項目

一般細菌で、4回とも基準値を超えたものが1地点、3回基準値を超えたものは1地点、1回のみ基準値を超えたものが4地点で合計6地点あった。大腸菌では、3回陽性となったものが2地点、2回陽性となったものが2地点、1回のみ陽性となったものが4地点で合計8地点あった。一般細菌で1回以上基準値を超えた6地点は全て1回以上大腸菌陽性であった。

色度で4回とも基準値を超えたものが1地点、4回のうち1回のみ基準値を超えたものが2地点あった。これらの地点は一般細菌及び大腸菌で飲用に適さない地点であった。他の理化学9項目は20地点4回全てで基準値に適合していた。

一回以上飲用に適さないとなった8地点の採水4回の一般細菌、大腸菌、色度の関係を表4に示す。

なお、20地点の管理者への結果送付時には、自然界由来のものであるので結果の適、不適に関わらず生水で飲用しない等名水を利用する際の注意をお願いした。

4 まとめ

県内でおいしい水として利用されている名水20地点の水質を調査した結果、おいしい水研究会の「おいしい水の要件」や橋本らが提唱した「おいしい水の指標」に概ね適合していた。一部に蒸発残留物や硬度が「おいしい水の要件」より低いものがあったが、利用者のまろやかで柔らかい水への嗜好が、おいしい水として好まれるとともに、食材の味を生かした、石川の食文化を支えてきたと考えられた。

ヘキサダイアグラムで解析した結果は、能登地区では重炭酸ナトリウムイオン型が多くみられ、加賀地区では重炭酸ナトリウムイオン型とナトリウム塩化物イオン型

表4 一般細菌、大腸菌、色度の結果

地 点	第 1 回			第 2 回			第 3 回			第 4 回			飲用不適回数		
	一般細菌 (個/mL)	大腸菌	色度 (度)	一般細菌	大腸菌	色度									
1	110	陽性	2.9	12	陰性	6.0	0	陽性	3.3	2	陽性	3.8	1	3	1
2	8	陽性	1度未満	14	陰性	1度未満	0	陰性	1度未満	2	陰性	1度未満	0	1	0
3	500	陽性	11.1	320	陽性	6.1	150	陽性	10.9	140	陰性	5.7	4	3	4
4	180	陰性	1度未満	120	陽性	1度未満	42	陰性	1度未満	240	陰性	1度未満	3	1	0
5	370	陽性	5.4	6	陰性	1度未満	1	陰性	1度未満	5	陽性	1度未満	1	2	1
6	490	陽性	2.6	40	陰性	1度未満	30	陽性	1.5	45	陰性	1度未満	1	2	0
7	68	陽性	1.9	8	陰性	1度未満	0	陰性	1度未満	0	陰性	1度未満	0	1	0
8	520	陽性	1度未満	1	陰性	1度未満	0	陰性	1度未満	0	陰性	1度未満	1	1	0
飲用不適回数合計	6	7	2	2	2	2	1	3	1	2	2	1	11	14	6

及びこれらの変動する型が見られた。

キーダイヤグラムでの解析では、能登地区では重炭酸カルシウム型や非重炭酸ナトリウム型が多く、加賀地区では非重炭酸ナトリウム型が多く見られた。

一般細菌、大腸菌、色度の結果から名水といわれる水が全て飲み水として安全であるとは言えず、利用の際には煮沸などが必要なものも含まれることが明らかになった。今回調査した20地点の管理者には、名水を利用する際の注意をお願いしたところであり、安全でおいしい水を守る地域の努力が名水を適切に利用するうえで重要であると考えている。

この調査にあたり、資料を提供していただいた石川県環境部水環境創造課、南加賀保健所、石川中央保健所、能登中部保健所、能登北部保健所、金沢市保健所に深謝いたします。

文 献

- 1) 環境省，環境省選定 名水百選，
<https://www2.env.go.jp/water-pub/mizu-site/meisui/>，2009年4月6日
- 2) 環境省，環境省選定 平成の名水百選，
<https://www2.env.go.jp/water-pub/mizu-site/newmeisui/>，2009年4月6日
- 3) おいしい水研究会：おいしい水について（資料），水道協会雑誌，**54(5)**，76-81（1985）
- 4) 佐々木崇二：新・名水を科学する，日本地下水学会編，7-12，技法堂出版，（2009）
- 5) 石川県「飲用井戸等衛生対策要領」
<http://www.pref.ishikawa.lg.jp/mizukankyo/shiryo/suidou/documents/inyouidoeiseitaisakuyouryou-h21-4kaisei.pdf>
2009年6月1日
- 6) 橋本奨：健康な飲料水とおいしい飲料水の水質評価とその応用に関する研究，空気調和・衛生工学，**63(6)**，463-468（1989）

〔報文〕

石川県内土壌中の ^{137}Cs 及び ^{90}Sr の分布状況及び移行挙動に関する調査

石川県保健環境センター 環境科学部 藤井 明洋・小谷口久美子・浜道 啓太
 横山 暢・酒井 道則・柿本 均

〔和文要旨〕

過去の核爆発実験やチェルノブイリ原子力発電所事故等により環境中に放出された多量の長半減期人工放射性物質（フォールアウト）は現在まで残存しており、石川県内の土壌からも検出されている。本研究では、志賀原子力発電所周辺を主とした県内各地の土壌について、セシウム-137（以下 ^{137}Cs とする。）及びストロンチウム-90（以下 ^{90}Sr とする。）の現状レベルを把握することを目的として、分布状況及び土壌深層への移行挙動について調査した。分布状況について、表層土壌中の ^{137}Cs 濃度は不検出から140Bq/kg乾土、 ^{90}Sr 濃度は不検出から48Bq/kg乾土の範囲にあり、山林土壌で高い蓄積が見られた。移行挙動について、 ^{137}Cs 及び ^{90}Sr の深度分布は山林土壌と農耕地土壌の間で異なり、また、 ^{137}Cs は表層に残留しやすく、 ^{90}Sr は ^{137}Cs より下層へ移行しやすいことが示唆された。

キーワード：フォールアウト、土壌、 ^{137}Cs 、 ^{90}Sr 、深度分布、移行挙動

1 はじめに

人工放射性物質による地球規模の環境汚染は、1940年代から続いた米国、ソ連、フランス、中国、英国等による核爆発実験、1986年に起きたチェルノブイリ原子力発電所事故等により引き起こされてきた¹⁾²⁾。

本県では金沢市において、1963年から現在まで ^{137}Cs の月間降下量を継続して調査しており³⁾、その汚染が確認されている（図1）。核爆発実験の影響により1980年頃まで継続して ^{137}Cs の降下が見られ、チェルノブイリ原子力発電所事故と推測される高い降下量が1986年5月に観測された。さらに、東京電力株式会社福島第一原子力発電所事故の影響と推測される ^{137}Cs の降下が2011年4月に観測された。

長半減期核種である ^{137}Cs （半減期：30.1年）及び ^{90}Sr （半減期：28.8年）は環境中に現在も残存しており、特に土壌はそれら放射性物質の汚染を追跡する有用な指標となりうる。県内の土壌においても、これまで ^{137}Cs 及

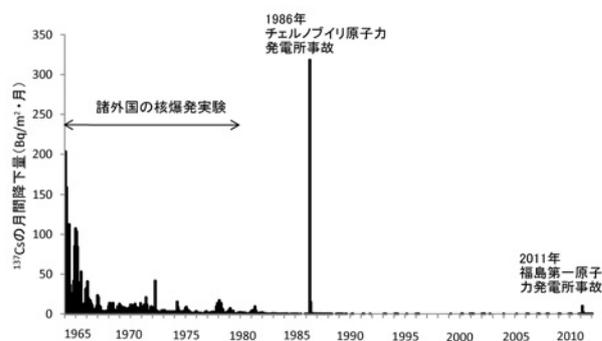


図1 石川県金沢市の ^{137}Cs 月間降下量の経年変化

び ^{90}Sr が検出されており⁴⁾、土壌中にどの程度存在するかを調べることは、現在のバックグラウンドレベルを把握するために重要である。

本研究では、県内の土壌の ^{137}Cs 及び ^{90}Sr の現状レベルを把握することを目的とし、志賀原子力発電所周辺を始めとした県内各地で土壌を採取し、濃度及び蓄積量を調査した。さらに、土壌表面に降下した ^{137}Cs 及び ^{90}Sr がど

Distribution and Mobility of ^{137}Cs and ^{90}Sr in the Soil of Ishikawa Prefecture. by FUJII Akihiro, KODANIGUCHI Kumiko, HAMAMICHI Keita, YOKOYAMA Mitsuru, SAKAI Michinori and KAKIMOTO Hitoshi (Environmental Science Department, Ishikawa Prefectural Institute of Public Health and Environmental Science)

Key words : Fallout, Soil, ^{137}Cs , ^{90}Sr , Distribution, Mobility

のように土壌下層へ移行するか調査するため、深度別に分析した。本研究結果により、 ^{137}Cs 及び ^{90}Sr について、県内土壌中の存在量や深度分布の特徴が明らかになった。なお、福島第一原子力発電所の事故により放射性物質の汚染に対する住民の関心が高まっていることから、本研究は、県内の環境中に存在する放射性物質の特徴を理解する一助となることが期待できる。

2 調査方法

2・1 土壌採取及び調製

2008年から2011年にかけて、志賀原子力発電所周辺で45か所、輪島市で5か所、七尾市で2か所、羽咋市で2か所、白山市で3か所の計57か所の土壌を採取した(図2)。

文部科学省放射能測定法シリーズ「環境試料採取法」⁵⁾に基づき、深さ0~5cm及び5~25cmの土壌を採土管(内径370mm)で採取した。また、コアサンプリングとして深さ0~50cmの土壌を6か所で採取した。採取した土壌は、根や石等を取り除き、105℃で乾燥させ

た後、粒径250 μm に粉碎した。

2・2 分析方法

^{137}Cs について、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」⁶⁾に基づき、キャンベラ社製ゲルマニウム半導体検出器(相対効率40%以上、FWHM1.9KeV以下)を用いて、U8容器に詰めた土壌を分析した。

^{90}Sr について、文部科学省放射能測定法シリーズ「放射性ストロンチウム分析法」⁷⁾に基づき、土壌試料を放射性化学分析(カラム法)により精製し、ストロンチウムとイットリウムが放射性平衡に達した後にイットリウムを分離し、日立アロカメディカル社製 2π ガスフロー β 線カウンタにより測定した。

3 結果と考察

3・1 県内土壌の ^{137}Cs 及び ^{90}Sr の分布状況

0~5cm及び5~25cmの土壌について、 ^{137}Cs 及び ^{90}Sr の濃度及び蓄積量を調査した(表1及び表2)。なお、各採取地点について、外観及びカーボン-14分析⁸⁾から、

山林自然(以上を「山林」タイプの土壌とする)、畑地、水田(以上を「農耕地」タイプの土壌とする)、山林造成、草地自然、草地造成及び裸地造成(以上を「その他」タイプの土壌とする)の地目に分類した。

^{137}Cs 濃度について、志賀原子力発電所周辺の0~5cm土壌では、不検出から90.5Bq/kg乾土(地点NE-6)の範囲にあった。さらに、山中で採取した七尾市(深見地内の山)及び白山市(白山)の0~5cm土壌をみると ^{137}Cs 濃度の高い場所が多く、最も高い値は139.5Bq/kg乾土(地点A-2)であった。 ^{137}Cs 濃度の高い場所は山林土壌に多く、人為的な攪乱(土壌の混合、混入等)がなく過去のフォールアウトの蓄積が残っていることが原因と思われる⁹⁾。また、山岳部では降水量の多さが曝露しフォールアウトの量が多くなり、 ^{137}Cs 濃度が高くなったと考えられる⁴⁾。 ^{90}Sr 濃度については、県内の0~5cm土壌では不検出から48.18Bq/kg乾土(地点NNE-4)の範囲にあった。 ^{137}Cs と同様に山林土壌で比較的高濃度の値を示し、土壌の攪乱の影響が少ないことが原因と考えられる¹⁰⁾。

土壌採取した地点の ^{137}Cs 及び ^{90}Sr の濃度の傾向をみるため、表層の0~5cm土壌について、濃度別に地点数を算出した(図3)。57地点中で、 ^{137}Cs が不検出から20

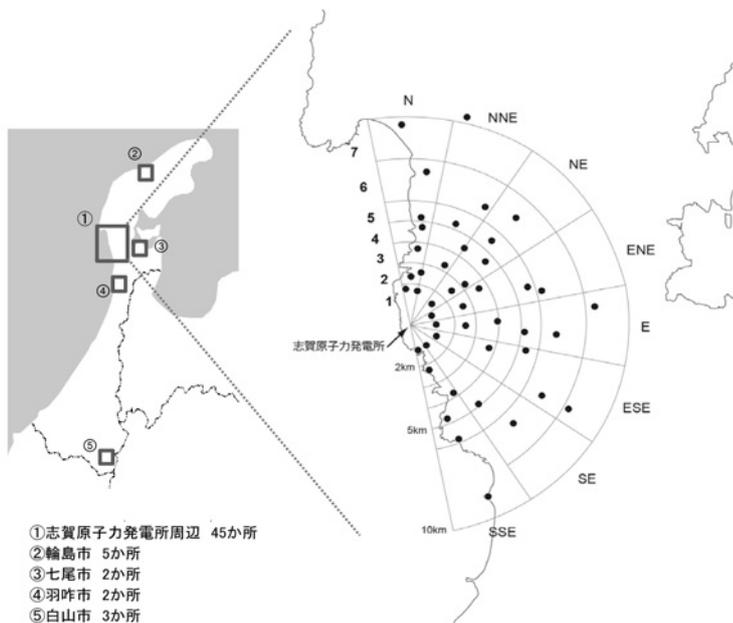


図2 土壌採取地点

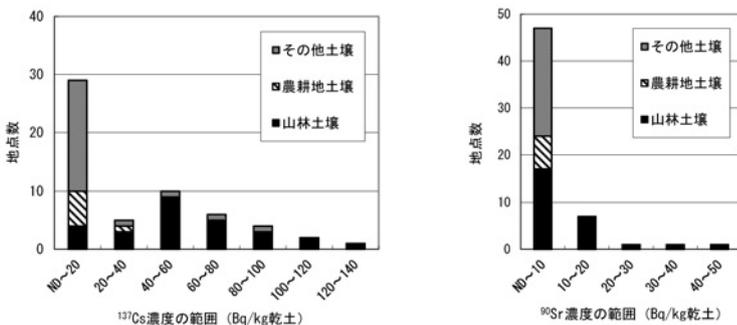


図3 表層土壌中の ^{137}Cs 及び ^{90}Sr の濃度別に見た地点数

表 1 志賀原子力発電所周辺の土壌中の¹³⁷Cs及び⁹⁰Srの濃度及び蓄積量

地点コード	場所	地目	採取年月日	深さ (cm)	濃度(Bq/kg乾土)		蓄積量(Bq/m ²)	
					¹³⁷ Cs	⁹⁰ Sr	¹³⁷ Cs	⁹⁰ Sr
N-1	旧福浦小学校グラウンド	裸地造成	2008. 9.10	0~ 5	ND	ND	ND	ND
				5~25	ND	ND	ND	ND
N-2	福浦区の畑	畑地	2008.10.16	0~ 5	12.6 ± 0.4	0.96 ± 0.13	707	54
				5~25	7.6 ± 0.3	0.69 ± 0.10	1634	148
N-3	富来牛下区の松林	山林造成	2008. 9. 2	0~ 5	22.3 ± 0.5	1.45 ± 0.15	564	37
				5~25	11.6 ± 0.4	0.46 ± 0.12	2389	95
N-4	富来牛下区の神社の敷地	山林造成	2008. 9. 2	0~ 5	6.1 ± 0.3	1.45 ± 0.12	277	66
				5~25	2.8 ± 0.3	1.73 ± 0.15	470	290
N-5	富来牛下区の山林	草地造成	2008. 9. 2	0~ 5	1.6 ± 0.3	1.39 ± 0.13	63	54
				5~25	1.8 ± 0.2	1.15 ± 0.12	331	211
N-6	七海区の山林	山林造成	2008. 9. 2	0~ 5	2.7 ± 0.2	1.96 ± 0.14	70	51
				5~25	2.7 ± 0.2	1.20 ± 0.14	365	162
N-7	給分区の畑	畑地	2009. 5.11	0~ 5	3.1 ± 0.3	0.52 ± 0.13	213	36
				5~25	3.8 ± 0.3	0.43 ± 0.12	1024	116
NNE-1	福浦区の山林	山林自然	2008. 9.10	0~ 5	50.0 ± 0.7	5.98 ± 0.25	1060	127
NNE-2	福浦区の山林	山林造成	2008. 9.10	5~25	15.0 ± 0.4	5.56 ± 0.23	2174	806
				0~ 5	ND	1.03 ± 0.14	ND	34
NNE-3	三明区の山林	山林自然	2008. 9.11	0~ 5	55.1 ± 0.8	4.93 ± 0.21	1311	117
				5~25	13.2 ± 0.4	1.44 ± 0.14	2047	223
NNE-4	三明区の山林	山林自然	2008. 9.11	0~ 5	80.0 ± 1.0	48.18 ± 0.63	1151	693
				5~25	17.6 ± 0.5	9.58 ± 0.35	2550	1388
NNE-5	荒谷区の山林	山林自然	2009. 8.12	0~ 5	36.6 ± 0.6	14.24 ± 0.32	891	347
				5~25	11.6 ± 0.4	7.92 ± 0.25	1373	937
NNE-6	草木区の山林	山林自然	2008. 9.10	0~ 5	72.7 ± 0.9	15.68 ± 0.37	1595	344
				5~25	12.8 ± 0.4	8.60 ± 0.27	1386	931
NNE-7	貝田区の水田	水田	2008.10. 3	0~ 5	10.0 ± 0.4	1.08 ± 0.12	471	51
NE-1	赤住区の山林	山林造成	2008. 9.10	0~ 5	13.2 ± 0.4	6.90 ± 0.26	446	233
				5~25	ND	3.80 ± 0.22	ND	574
NE-2	若葉台区の山林	山林自然	2009. 8. 4	0~ 5	62.2 ± 0.8	2.09 ± 0.14	1426	48
				5~25	17.3 ± 0.5	0.75 ± 0.09	1914	83
NE-3	若葉台区の山林	山林造成	2009. 5.20	0~ 5	2.4 ± 0.3	0.23 ± 0.07	74	7
				5~25	ND	0.15 ± 0.09	ND	24
NE-4	放射線観測局(熊野局)敷地	草地造成	2009. 8.12	0~ 5	2.6 ± 0.2	0.34 ± 0.10	92	12
				5~25	0.6 ± 0.2	0.48 ± 0.08	146	125
NE-5	谷神区の山林	山林造成	2009. 5.20	0~ 5	2.4 ± 0.2	0.45 ± 0.08	68	13
				5~25	ND	0.19 ± 0.09	ND	25
NE-6	町居区の山林	山林自然	2009. 8.12	0~ 5	90.5 ± 0.9	11.25 ± 0.28	1888	235
				5~25	17.5 ± 0.4	6.24 ± 0.22	1813	646
ENE-1	赤住区の山林	山林造成	2008.10.16	0~ 5	63.5 ± 0.8	4.09 ± 0.21	1327	85
				5~25	12.1 ± 0.4	2.35 ± 0.15	1664	323
ENE-2	若葉台区の市街地	裸地造成	2009. 8. 4	0~ 5	ND	0.09 ± 0.07	ND	7
				5~25	ND	0.05 ± 0.07	ND	5
ENE-3	長田区の山林	山林自然	2009. 8. 4	0~ 5	52.3 ± 0.7	13.75 ± 0.34	1314	345
				5~25	15.7 ± 0.7	6.04 ± 0.25	2113	813
ENE-5	直海区日吉神社の山林	山林自然	2008.10. 2	0~ 5	68.9 ± 0.9	30.80 ± 0.52	1173	524
				5~25	27.6 ± 0.6	3.14 ± 0.18	3442	392
ENE-6	直海区の山林	山林自然	2009. 8. 4	0~ 5	74.8 ± 1.0	15.77 ± 0.34	978	206
				5~25	21.7 ± 0.6	3.63 ± 0.18	2849	477
E-1	赤住区の山林	山林自然	2010. 8.30	0~ 5	56.9 ± 0.8	1.56 ± 0.12	1865	51
				5~25	10.6 ± 0.4	2.01 ± 0.13	1905	361
E-2	赤住区の山林	草地造成	2010. 8.31	0~ 5	ND	0.73 ± 0.09	ND	30
				5~25	ND	0.30 ± 0.07	ND	60
E-3	田原区の山林	山林自然	2010. 8.30	0~ 5	27.0 ± 0.6	9.22 ± 0.27	682	233
				5~25	13.1 ± 0.4	1.58 ± 0.14	1820	220
E-5	米町区日枝神社の山林	山林自然	2010. 8.30	0~ 5	58.0 ± 0.8	3.36 ± 0.17	1579	91
				5~25	12.7 ± 0.4	0.77 ± 0.10	2179	132
E-6	仏木区白山神社の山林	山林自然	2010. 8.30	0~ 5	6.5 ± 0.4	1.43 ± 0.13	199	44
				5~25	15.3 ± 0.5	1.10 ± 0.11	2360	170
E-7	矢田区日面神社の山林	山林自然	2010. 8.30	0~ 5	74.4 ± 0.9	21.92 ± 0.42	1866	550
				5~25	22.6 ± 0.5	6.65 ± 0.26	2811	827

ND：検出されず

地点コード	場所	地目	採取年月日	深さ (cm)	濃度(Bq/kg乾土)		蓄積量(Bq/m ²)	
					¹³⁷ Cs	⁹⁰ Sr	¹³⁷ Cs	⁹⁰ Sr
ESE-1	赤住区の山林	山林自然	2011.11.14	0~5	49.9 ± 0.8	3.41 ± 0.18	628	43
				5~25	12.6 ± 0.4	0.70 ± 0.12	2229	124
ESE-3	放射線観測局(五里峠局)周辺	草地造成	2011.11.28	0~5	ND	ND	ND	ND
				5~25	ND	ND	ND	ND
ESE-5	大笹区大杉神社の山林	山林自然	2011.11.28	0~5	43.0 ± 0.7	1.46 ± 0.13	1328	45
				5~25	7.2 ± 0.3	1.33 ± 0.13	981	181
ESE-6	梨谷小山区身代神社の敷地	山林造成	2011.11.17	0~5	3.2 ± 0.2	1.08 ± 0.11	156	53
				5~25	1.9 ± 0.2	0.89 ± 0.15	326	153
ESE-7	出雲区出雲神社の山林	山林自然	2011.11.17	0~5	48.0 ± 0.7	5.22 ± 0.21	1642	179
				5~25	10.8 ± 0.4	4.11 ± 0.21	1524	580
SE-1	赤住区の畑	畑地	2011.11.14	0~5	4.9 ± 0.3	0.36 ± 0.09	238	18
				5~25	7.0 ± 0.4	0.38 ± 0.08	1775	96
SE-4	志賀町監視センター周辺	草地造成	2011.11.14	0~5	1.1 ± 0.3	2.76 ± 0.19	48	121
				5~25	1.8 ± 0.3	2.16 ± 0.17	328	402
SE-6	掘松区掘松八幡神社の敷地	草地造成	2011.11.17	0~5	3.0 ± 0.3	0.73 ± 0.10	143	35
				5~25	ND	1.56 ± 0.14	ND	341
SSE-1	赤住区赤住八幡神社の山林	山林自然	2010. 9. 2	0~5	30.7 ± 0.6	4.71 ± 0.19	918	141
				5~25	15.9 ± 0.4	2.90 ± 0.17	1992	363
SSE-2	百浦区の草地	草地自然	2010. 8.31	0~5	1.0 ± 0.2	ND	35	ND
				5~25	ND	0.28 ± 0.08	ND	43
SSE-3	小浦区白山神社の山林	山林自然	2010. 8.31	0~5	4.1 ± 0.3	0.64 ± 0.09	140	22
				5~25	4.9 ± 0.3	0.27 ± 0.08	904	50
SSE-4	上野区の海岸	草地造成	2010. 9. 2	0~5	0.7 ± 0.2	ND	22	ND
				5~25	0.9 ± 0.2	ND	67	ND
SSE-5	安部屋区の海岸	草地造成	2010. 9. 2	0~5	2.6 ± 0.3	0.28 ± 0.08	87	9
				5~25	1.6 ± 0.2	ND	196	ND
SSE-6	大島区意富志麻神社の山林	山林造成	2011.11.14	0~5	5.0 ± 0.3	ND	279	ND
				5~25	4.1 ± 0.2	0.47 ± 0.10	646	73

ND：検出されず

表2 輪島市、七尾市、羽咋市及び白山市の土壌中の¹³⁷Cs及び⁹⁰Srの濃度及び蓄積量

地点コード	場所	地目	採取年月日	深さ (cm)	濃度(Bq/kg乾土)		蓄積量(Bq/m ²)	
					¹³⁷ Cs	⁹⁰ Sr	¹³⁷ Cs	⁹⁰ Sr
WA-1	輪島市山本町の山林	山林自然	2009. 8. 6	0~5	17.2 ± 0.5	14.38 ± 0.32	306	256
				5~25	25.8 ± 0.5	7.48 ± 0.23	2369	687
WA-2	輪島市深見町の山林	山林自然	2009. 8. 6	0~5	56.6 ± 0.8	6.38 ± 0.22	613	69
				5~25	21.1 ± 0.5	8.13 ± 0.27	2570	990
WA-3	輪島市下黒川町下河合神社の敷地	草地造成	2009. 8. 6	0~5	49.0 ± 0.7	7.27 ± 0.24	1298	193
				5~25	2.4 ± 0.2	5.75 ± 0.21	369	884
WA-4	輪島市下黒川町の畑	畑地	2009. 8. 6	0~5	8.0 ± 0.3	0.97 ± 0.14	327	40
				5~25	9.4 ± 0.5	1.14 ± 0.11	1489	181
WA-5	輪島市堀町の民家庭	草地造成	2009. 8. 6	0~5	82.4 ± 0.9	5.17 ± 0.21	2051	129
				5~25	8.6 ± 0.4	3.49 ± 0.18	1265	513
M-1	七尾市深見地内の山	山林自然	2010.12.22	0~5	106.1 ± 1.0	16.77 ± 0.35	2567	406
				5~25	15.7 ± 0.5	5.15 ± 0.22	1911	627
M-2	七尾市深見地内の山	山林自然	2010.12.22	0~5	81.8 ± 0.9	5.90 ± 0.33	1797	130
				5~25	23.9 ± 0.5	3.08 ± 0.26	2902	374
H-1	吉崎次場遺跡(羽咋市)	水田	2010.12. 7	0~5	19.3 ± 0.5	0.57 ± 0.10	832	25
				5~25	15.2 ± 0.4	1.00 ± 0.12	2377	156
H-2	吉崎次場遺跡(羽咋市)	水田	2010.12. 7	0~5	22.5 ± 0.5	1.28 ± 0.13	722	41
				5~25	21.6 ± 0.5	1.47 ± 0.13	3142	214
A-1	白山(白山市)	山林自然	2011. 9.14	0~5	114.6 ± 1.3	8.93 ± 0.40	739	58
				5~25	22.8 ± 0.5	0.72 ± 0.11	3374	107
A-2	白山(白山市)	山林自然	2011. 9.14	0~5	139.5 ± 1.2	5.87 ± 0.34	1156	49
				5~25	11.0 ± 0.4	0.33 ± 0.09	2414	72
A-3	白山(白山市)	山林自然	2011. 9.14	0~5	14.9 ± 0.4	3.03 ± 0.19	351	71
				5~25	32.4 ± 0.6	2.12 ± 0.15	3189	209

Bq/kg 乾土の範囲にある場所が 29 地点, ⁹⁰Sr が不検出から 10 Bq/kg 乾土の範囲にある場所が 47 地点と最も多かった。また, これら以外のより濃度が高い地点においては, 山林土壌が大部分を占める傾向にあった。

ここで, 放射性核種の存在量を評価する場合, 濃度 (Bq/kg) より蓄積量 (Bq/m²) の方が有用な情報源となる。深度分布 (降水等による土壌下層への移行等が影響) や土壌特性 (有機物量や砂, シルト, 粘土間の吸着量の差異等が影響) 等の因子により放射性核種の濃度変動してしまうため¹¹⁾, 蓄積量を評価することでより正確な地点の特徴を比較することができる。県内の 0 ~ 25 cm 土壌の ¹³⁷Cs 蓄積量 (0 ~ 5 cm 及び 5 ~ 25 cm 土壌の ¹³⁷Cs 蓄積量の合計) をみると, 不検出から 4699 Bq/m² (地点 M-2) の範囲にあった。土壌のタイプ別に ¹³⁷Cs の平均蓄積量をみると, 山林土壌では 3343 Bq/m², 農耕地土壌では 2406 Bq/m², その他土壌では 681 Bq/m² であった。なお, 各地点について, より正確な蓄積量を調べるには 25 cm 以深の蓄積量も把握する必要がある。土壌タイプ別の ¹³⁷Cs 蓄積量の傾向として, 山林土壌では, 過去のフォールアウト蓄積分が残存しており高い値を示すが, 農耕地及びその他の土壌では, 耕作や人為的改変が原因で蓄積量が減少したと考えられる。

3・2 県内土壌の ¹³⁷Cs 及び ⁹⁰Sr の移行挙動

コアサンプリングした土壌 (山林土壌 3 か所, 農耕地土壌 3 か所) について, 深さ 0 ~ 5 cm, 5 ~ 10 cm, 10

~ 15 cm, 15 ~ 20 cm, 20 ~ 30 cm, 30 ~ 50 cm に分けて, 濃度及び蓄積量を比較した (表 3)。山林土壌については, ¹³⁷Cs, ⁹⁰Sr 共に上層から下層へ向けて濃度及び蓄積量が減少していく傾向にあった。さらに, 深さ 0 ~ 50 cm の合計蓄積量のうち, 各層にどの程度の割合で蓄積されているか詳細にみると, 深さ 0 ~ 10 cm の間に, ¹³⁷Cs が 83.5%, ⁹⁰Sr が 59.6% 存在していた (図 4)。深さ 10 cm 以深では, ¹³⁷Cs は 20% 以下しか存在していないが, ⁹⁰Sr は 40% 以上存在しており, ⁹⁰Sr の方が ¹³⁷Cs より下層へ移行しやすい特徴を示唆した。降水等により, ¹³⁷Cs 及び ⁹⁰Sr は下層へ移行するが, ¹³⁷Cs の方が土壌に吸着されやすく表層に保持されることが既に報告されている¹²⁾。一方, 農耕地土壌については, ¹³⁷Cs 及び ⁹⁰Sr は深さ 0 ~ 50 cm まで一様な分布を示した。これは, 畑及び水田が人為的に耕され, 土壌が混合したため, 濃度及び蓄積量が表層から深層まで均一になったと考えられる。

4 まとめ

県内 57 か所の地点において, 深さ 0 ~ 5 cm と 5 ~ 25 cm の土壌を採取し, ¹³⁷Cs 及び ⁹⁰Sr の濃度及び蓄積量を調査した。表層の深さ 0 ~ 5 cm の土壌について, ¹³⁷Cs 濃度は不検出から 139.5 Bq/kg 乾土, ⁹⁰Sr 濃度は不検出から 48.18 Bq/kg 乾土の範囲にあった。また, 深さ 0 ~ 25 cm の土壌の ¹³⁷Cs 蓄積量は不検出から 4699 Bq/m² の範囲にあった。濃度及び蓄積量について, 特に, 山林土壌で高い傾向を示した。

表 3 コアサンプリング土壌中の ¹³⁷Cs 及び ⁹⁰Sr の深度別濃度及び蓄積量

山林土壌						農耕地土壌					
地 点 コード	深さ (cm)	濃度(Bq/kg 乾土)		蓄積量(Bq/m ²)		地 点 コード	深さ (cm)	濃度(Bq/kg 乾土)		蓄積量(Bq/m ²)	
		¹³⁷ Cs	⁹⁰ Sr	¹³⁷ Cs	⁹⁰ Sr			¹³⁷ Cs	⁹⁰ Sr	¹³⁷ Cs	⁹⁰ Sr
NNE-5	0- 5	38.0 ± 0.8	12.77 ± 0.36	621	209	N- 2	0- 5	13.5 ± 0.4	0.64 ± 0.10	674	32
	5-10	28.0 ± 0.5	6.73 ± 0.20	968	233		5-10	14.6 ± 0.4	0.47 ± 0.13	757	24
	10-15	10.4 ± 0.4	4.31 ± 0.15	396	164		10-15	13.6 ± 0.4	0.37 ± 0.09	732	20
	15-20	4.0 ± 0.3	2.21 ± 0.09	152	84		15-20	5.6 ± 0.3	0.53 ± 0.10	311	29
	20-30	0.9 ± 0.1	0.68 ± 0.05	65	50		20-30	0.8 ± 0.2	0.40 ± 0.10	94	47
	30-50	0.5 ± 0.1	0.17 ± 0.03	64	23		30-50	ND	0.54 ± 0.10	ND	138
合計蓄積量 (2266) (763)						合計蓄積量 (2568) (290)					
NE-6	0- 5	112.5 ± 1.4	11.98 ± 0.30	1616	172	N- 7	0- 5	2.8 ± 0.3	0.50 ± 0.11	160	29
	5-10	26.2 ± 0.6	5.07 ± 0.20	605	117		5-10	3.9 ± 0.3	0.55 ± 0.14	193	27
	10-15	5.7 ± 0.3	2.79 ± 0.16	162	79		10-15	4.2 ± 0.3	0.67 ± 0.14	215	34
	15-20	2.0 ± 0.2	2.22 ± 0.16	53	59		15-20	3.5 ± 0.2	0.64 ± 0.13	198	36
	20-30	0.9 ± 0.2	1.04 ± 0.11	50	57		20-30	2.6 ± 0.2	ND	309	ND
	30-50	ND	0.72 ± 0.11	ND	101		30-50	ND	ND	ND	ND
合計蓄積量 (2486) (585)						合計蓄積量 (1075) (126)					
ENE-5	0- 5	68.0 ± 0.9	22.87 ± 0.43	1335	449	NNE- 7	0- 5	10.3 ± 0.4	1.20 ± 0.13	488	57
	5-10	35.8 ± 0.6	2.90 ± 0.17	1149	93		5-10	10.9 ± 0.4	1.16 ± 0.13	509	54
	10-15	5.8 ± 0.4	1.13 ± 0.12	199	39		10-15	11.0 ± 0.4	1.27 ± 0.13	550	64
	15-20	1.2 ± 0.3	0.76 ± 0.13	44	28		15-20	13.8 ± 0.4	1.44 ± 0.16	733	76
	20-30	ND	0.61 ± 0.10	ND	52		20-30	10.3 ± 0.4	2.48 ± 0.19	1110	267
	30-50	ND	0.52 ± 0.11	ND	96		30-50	ND	2.19 ± 0.17	ND	464
合計蓄積量 (2727) (757)						合計蓄積量 (3390) (982)					

ND: 検出されず

ND: 検出されず

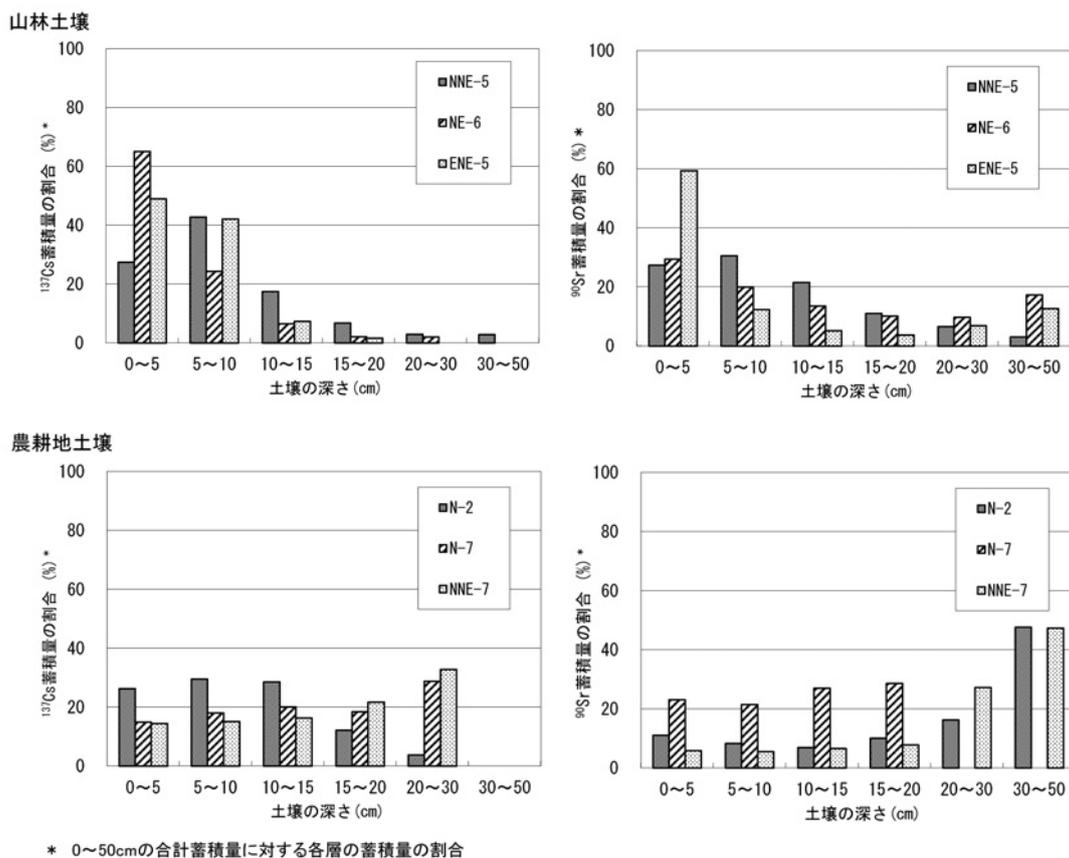


図4 山林及び農耕地の土壌中の¹³⁷Cs及び⁹⁰Srの深度分布

また、県内6か所において、深さ0~50cmの土壌をコアサンプリングし、¹³⁷Cs及び⁹⁰Srの深度分布を調査した。山林土壌では、¹³⁷Csの8割以上は深さ10cm内に蓄積されており、⁹⁰Srは¹³⁷Csより下層へ移行しやすいことが示唆された。農耕地土壌については、耕作等の人為的な攪乱により表層から深層まで一様な分布を示した。

文 献

- 1) 駒村美佐子, 津村昭人, 山口紀子, 藤原英司, 木方展治, 小平潔: わが国の米、小麦および土壌における⁹⁰Srと¹³⁷Cs濃度の長期モニタリングと変動解析, 農業環境技術研究所報告, **24**, 1-21 (2006)
- 2) SHA L., YAMAMOTO M., KOMURA K. and UENO K.: ^{239,240}Pu, ²⁴¹Am and ¹³⁷Cs in soils from several areas in China, J. Radioanal. Nucl. Chem., **155**, 45-53 (1991)
- 3) 文部科学省: “環境放射線データベース” <http://search.kankyo-hoshano.go.jp/servlet/search.top>, (参照2012-08-27).
- 4) 小森正樹: 環境放射線の挙動に関する調査研究(第4報) - 石川県における¹³⁷Csの蓄積量分布 -, 石川県衛生公害研究所年報, **19**, 212-219 (1982)
- 5) 文部科学省: 放射能測定法シリーズ16, 環境試料

- 採取法 (1983)
- 6) 文部科学省: 放射能測定法シリーズ7, 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 (1992)
- 7) 文部科学省: 放射能測定法シリーズ2, 放射性ストロンチウム分析法 (2002)
- 8) 山田芳宗, 安池賀英子: 「原子力発電所からの放出可能性核種の環境影響に関する調査研究」平成23年度研究成果報告書 - 低エネルギーβ線放出核種(¹⁴C)の分布状況及び移行挙動調査 -
- 9) SAC M.M., UGUR A., YENER G. and OZDEN B.: Estimates of soil erosion using ¹³⁷Cs tracer models, Environ. Monit. Assess., **136**, 461-467 (2008)
- 10) HE Q. and WALLING D.E.: The distribution of fallout ¹³⁷Cs and ²¹⁰Pb in undisturbed and cultivated soils, Appl. Radiat. Isot., **48**, 677-690 (1997)
- 11) LEE M.H., LEE C.W. and BOO B.H.: Distribution and characteristics of ^{239,240}Pu and ¹³⁷Cs in the soil of Korea, J. Environ. Radioact., **37**, 1-16 (1997)
- 12) LEE M.H. and LEE C.W.: Determination of ¹³⁷Cs, ⁹⁰Sr and fallout Pu in the volcanic soil of Korea, J. Radioanal. Nucl. Chem., **239**, 471-476 (1999)

〔報 文〕

石川県における福島第一原子力発電所事故の影響

石川県保健環境センター 環境科学部 浜道 啓太・小谷口久美子・藤井 明洋
横山 暢・柿本 均

〔和文要旨〕

平成23年3月に発生した東京電力福島第一原子力発電所事故（以下、「原発事故」という。）によって大量の放射性核種が環境中へと放出された。この原発事故により東北地方、関東地方はもとより全国各地で原発事故の影響と推定される人工放射性核種が環境試料から検出される事態となった。石川県でも、金沢市と志賀町で採取した大気浮遊じんや降下物から原発事故由来と推定される人工放射性核種が検出されたことから、県下全域に影響が及んだものと考えられる。

石川県で最も顕著に原発事故の影響が見られたのが平成23年4月であった。4月前半に採取した大気浮遊じんからセシウム-134、セシウム-137がそれぞれ最大で0.66 mBq/m³、0.60 mBq/m³の濃度で検出された。降下物からは4月にセシウム-134、セシウム-137が最大でともに28 Bq/m²検出された。その他松葉や海藻などの海産物からもヨウ素-131、セシウム-134、セシウム-137など原発事故由来と推定される人工放射性核種が検出された。

キーワード：東京電力福島第一原子力発電所事故、環境放射能

1 はじめに

平成23年3月に発生した原発事故によって大量の人工放射性核種が環境中へと放出された。放出された放射性核種は、主に東北地方、関東地方で土壌汚染を引き起こす¹⁾とともに、食品や水も汚染し、摂取制限や出荷制限といった措置がとられる事態も発生した。また、放射性核種の拡散は広範囲にわたり、平成23年4月の降下物では震災被害で測定を行うことのできなかつた宮城県以外の全ての都道府県で原発事故由来と推定される放射性核種が検出された²⁾。

石川県でもこの原発事故発生直後から大気浮遊じん、降下物の採取頻度を上げるなどモニタリング体制の強化を図る中、それらの環境試料から原発事故由来と推定される放射性核種が検出された。また、毎年実施している志賀原子力発電所監視事業のために採取した試料からも

原発事故由来と推定される放射性核種が検出された。

本報は県内において検出された原発事故由来と推定される人工放射性核種についてとりまとめたものである。

2 材料と方法

2・1 調査地点と試料

本調査は金沢市及び志賀町で採取した大気浮遊じん、降下物（雨水、ちり）、松葉、農畜産物及び海産物を対象とした。

2・2 測定方法

試料の前処理及び測定は、文部科学省放射能測定法シリーズ³⁾⁻⁵⁾に準拠し、表1に示した方法で行った。ゲルマニウム半導体検出器の測定時間は毎日採取した大気浮遊じんについては7,200秒とし、その他の試料では80,000秒とした。また、本調査では減衰補正の基準日時はすべて試料採取終了時点とした。

Influence of the Nuclear Reactor Accident at Fukushima on the Environmental Radioactivity Observed in Ishikawa Prefecture. by HAMAMICHI Keita, KODANIGUCHI Kumiko, FUJII Akihiro, YOKOYAMA Mitsuru, KAKIMOTO Hitoshi (Environmental Science Department, Ishikawa Prefectural Institute of Public Health and Environmental Science)

Key words : Nuclear reactor accident at Fukushima, Environmental radioactivity

表1 試料の前処理及び測定

測定試料	測定試料状態	試料量	測定器
大気浮遊じん	ろ紙 (折りたたみ)	採気量0.8m ³ /min 〔1日の採取で約1,100m ³ 2週間の採取で約15,000m ³ 〕	Ge半導体検出器 CANBERRA製 GC4519 GX4520 GC4019
降下物	蒸発濃縮物	水盤内全量 水盤面積: 10日の採取は1.5m ² 1ヶ月の採取は0.5m ²	
松葉	乾燥、灰化	生重量として 1kg程度	
農畜産物	乾燥、灰化 ¹³¹ Iは生試料を測定	生重量として 1kg程度	多重波高分析装置 SEIKO EG&G MCA7600
海産物	乾燥、灰化 ¹³¹ Iは生試料を測定	生重量として 1kg程度	

%とされている⁶⁾。このことから、粒子状のヨウ素のみを測定した場合でもヨウ素-131の大気中濃度の挙動をとらえる有効なデータであると考えられる。

放射性セシウムについては、4月5日、6日、7日、17日、18日、5月27日、6月18日にセシウム-134、セシウム-137がともに検出された。最大の濃度は一日あたりセシウム-134が4.8mBq/m³、セシウム-137が4.4mBq/m³であった。

毎日採取の大気浮遊じんと並行して金沢市及び志賀町において約2週間ごとに採取した大気浮遊じん中の

放射性核種の測定結果を表2に示す。

放射性セシウムは、いずれの地点においても4月前半に採取した試料で最大濃度を示した。最も濃度が高かったのは志賀町安部屋で、その濃度はセシウム-134、セシウム-137がそれぞれ0.66mBq/m³、0.60mBq/m³であった。その後、志賀町安部屋、志賀町福浦港では9月末、金沢市太陽が丘では7月末までセシウム-134、セシウム-137がわずかに検出された。これ以降、大気浮遊じん中から放射性セシウムはしばらく検出されなかったが、平成24年3月後半の志賀町安部屋において微量の放射性セシウムが検出された。

南北に細長い石川県の北部(能登地区)と南部(加賀地区)に位置する志賀町と金沢市とともに放射性セシウムが検出されたことから、原発事故の影響は県下全域に及んだものと考えられる。

4月前半に採取した試料において金沢市よりも志賀町で放射性セシウムの濃度が高い傾向がみられた。さらに、ヨウ素-131は志賀町安部屋、志賀町福浦港では5月に

採取した試料からも検出された。これらのことから、志賀町は金沢に比べて、福島からの気流が到達しやすい条件にあると考えられる。

その他の原発事故由来と推定される人工放射性核種として主に3月後半から4月前半の試料において、テルル-129、テルル-129m、ニオブ-95が検出された。

3 結果と考察

3・1 大気浮遊じん

原発事故の環境影響を評価する目的で平成23年3月16日から12月28日まで、金沢市太陽が丘(保健環境センター屋上)で毎日午前9時に大気浮遊じんを採取し放射性核種の測定を行った。その結果を図1に示す。原発事故後、ヨウ素-131、セシウム-134、セシウム-137が検出された。ヨウ素-131が検出されたのは3月26日から4月19日にかけての20日間であり、その濃度は最大で一日あたり4.0mBq/m³であった。4月20日以降、調査を終了した12月28日までヨウ素-131は検出されなかった。

本調査での大気浮遊じんの採取はハイボリュームエアサンプラーを用いたため、粒子状のヨウ素-131のみを測定対象としている。大倉らの報告によれば、今回の原発事故において放出されたヨウ素-131のうち粒子状のヨウ素-131がヨウ素-131全量に占める割合は最大で71

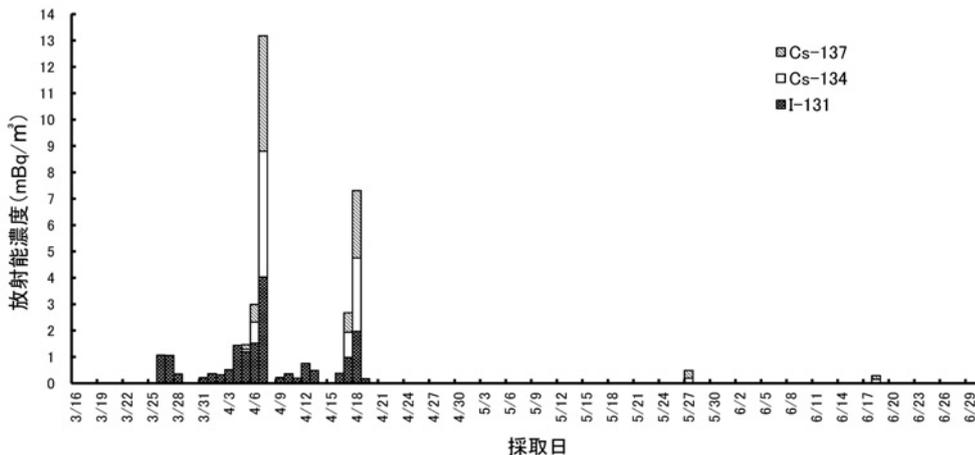


図1 大気浮遊じん中の放射性核種の濃度変動

表 2 大気浮遊じんの核種分析結果

単位：mBq/m³

採取地点	採取期間	天然放射性核種								
		Be-7	Cs-134	Cs-137	Cs-136	I-131	Te-129	Te-129m	Nb-95	
志賀町安部屋	2011. 2.28 ~ 2011. 3.15	2.94								
	2011. 3.15 ~ 2011. 3.31	5.87	0.005	0.005		0.109				
	2011. 3.31 ~ 2011. 4.15	6.87	0.655	0.601	0.014	0.245	0.077	0.193	0.009	
	2011. 4.15 ~ 2011. 4.28	5.13	0.399	0.373		0.076		0.086	0.003	
	2011. 4.28 ~ 2011. 5.16	4.53	0.278	0.266		0.006			0.004	
	2011. 5.16 ~ 2011. 5.31	5.97	0.058	0.056		0.004				
	2011. 5.31 ~ 2011. 6.15	4.54	0.002	0.002						
	2011. 6.15 ~ 2011. 6.30	4.54	0.055	0.062						
	2011. 6.30 ~ 2011. 7.15	2.01								
	2011. 7.15 ~ 2011. 7.29	1.66	0.012	0.012						
	2011. 7.29 ~ 2011. 8.15	1.53	0.016	0.017						
	2011. 8.15 ~ 2011. 8.31	3.72	0.003	0.004						
	2011. 8.31 ~ 2011. 9.15	3.65	0.002	0.003						
	2011. 9.15 ~ 2011. 9.30	4.50	0.003	0.002						
	2011. 9.30 ~ 2011.10.14	5.09								
	2011.10.14 ~ 2011.10.31	5.53								
	2011.10.31 ~ 2011.11.15	5.52								
	2011.11.15 ~ 2011.11.29	4.60								
	2011.11.29 ~ 2011.12.15	4.60								
	2011.12.15 ~ 2011.12.28	3.01								
	2011.12.28 ~ 2012. 1.16	4.00								
	2012. 1.16 ~ 2012. 1.31	3.83								
	2012. 1.31 ~ 2012. 2.15	4.41								
	2012. 2.15 ~ 2012. 2.29	5.34								
	2012. 2.29 ~ 2012. 3.15	4.51								
	2012. 3.15 ~ 2012. 3.30	5.28	0.004	0.008						
	志賀町福浦港	2011. 2.28 ~ 2011. 3.15	5.16							
		2011. 3.15 ~ 2011. 3.31	4.99	0.004	0.003	0.013	0.095	0.084	0.162	
		2011. 3.31 ~ 2011. 4.15	5.68	0.604	0.540	0.005	0.195			0.008
		2011. 4.15 ~ 2011. 4.28	4.60	0.404	0.388		0.077			0.004
2011. 4.28 ~ 2011. 5.16		4.41	0.221	0.218		0.006				
2011. 5.16 ~ 2011. 5.31		5.96	0.050	0.048						
2011. 5.31 ~ 2011. 6.15		4.26	0.002							
2011. 6.15 ~ 2011. 6.30		1.88	0.050	0.056						
2011. 6.30 ~ 2011. 7.15		1.28								
2011. 7.15 ~ 2011. 7.29		2.06	0.003	0.004						
2011. 7.29 ~ 2011. 8.15		1.33	0.008	0.009						
2011. 8.15 ~ 2011. 8.31		3.50	0.004	0.005						
2011. 8.31 ~ 2011. 9.15		1.54								
2011. 9.15 ~ 2011. 9.30		4.29	0.002	0.001						
2011. 9.30 ~ 2011.10.14		2.71								
2011.10.14 ~ 2011.10.31		5.22								
2011.10.31 ~ 2011.11.15		4.26								
2011.11.15 ~ 2011.11.29		3.97								
2011.11.29 ~ 2011.12.15		3.31								
2011.12.15 ~ 2011.12.28		2.07								
2011.12.28 ~ 2012. 1.16		2.98								
2012. 1.16 ~ 2012. 1.31		3.20								
2012. 1.31 ~ 2012. 2.15		1.87								
2012. 2.15 ~ 2012. 2.29		4.45								
2012. 2.29 ~ 2012. 3.15		4.04								
2012. 3.15 ~ 2012. 3.30		5.04								
金沢市太陽が丘		2011. 2.28 ~ 2011. 3.15	5.44							
		2011. 3.15 ~ 2011. 3.31	4.98	0.004	0.004	0.008	0.109			
		2011. 3.31 ~ 2011. 4.15	6.63	0.356	0.420	0.005	0.292	0.061	0.102	0.006
		2011. 4.15 ~ 2011. 4.28	4.96	0.340	0.324		0.069			0.003
	2011. 4.28 ~ 2011. 5.16	4.10	0.023	0.025						
	2011. 5.16 ~ 2011. 5.31	4.53	0.032	0.031						
	2011. 5.31 ~ 2011. 6.15	2.31								
	2011. 6.15 ~ 2011. 6.30	1.43	0.017	0.017						
	2011. 6.30 ~ 2011. 7.15	1.20								
	2011. 7.15 ~ 2011. 7.29	1.31	0.002	0.002						
	2011. 7.29 ~ 2011. 8.15	0.87								
	2011. 8.15 ~ 2011. 8.31	2.85								
	2011. 8.31 ~ 2011. 9.15	3.14								
	2011. 9.15 ~ 2011. 9.30	1.93								
	2011. 9.30 ~ 2011.10.14	3.71								
	2011.10.14 ~ 2011.10.31	4.14								
	2011.10.31 ~ 2011.11.15	5.39								
	2011.11.15 ~ 2011.11.29	4.46								
	2011.11.29 ~ 2011.12.15	4.00								
	2011.12.15 ~ 2011.12.28	2.19								
	2011.12.28 ~ 2012. 1.16	3.86								
	2012. 1.16 ~ 2012. 1.31	3.39								
	2012. 1.31 ~ 2012. 2.15	3.29								
	2012. 2.15 ~ 2012. 2.29	3.71								
	2012. 2.29 ~ 2012. 3.15	4.56								
	2012. 3.15 ~ 2012. 3.30	3.66								

空欄は検出下限値未満である。

3・2 降下物

金沢市で観測された約10日ごとの放射性セシウムの降下量を表3に示す。4月中旬に降下量が最大となった後減少し、7月以降はごく微量の放射性セシウムが検出される程度であった。

大気浮遊じんでは4月5、6、7、17、18日に放射性セシウムが検出されており、最大濃度となったのは4月7日であった。しかし、降下量が最大となったのは4月11日から4月20日の期間であった。これは、降水の有無による影響と考えられる。4月の大気浮遊じん中に含まれる放射性セシウム濃度と降水量を図2に示す。大気浮遊じん中で放射性セシウムが検出された5日間のうち、降水が観測されたのは4月18日のみであった。すなわち、4月5、6、7日には降雨がなかったため、放射性セシウムの地表面への降下が少なかったが、4月18日には放射性セシウムの飛来と降雨が重なったため、地表面への降下量が大きくなったと考えられる。

金沢市及び志賀町における1ヵ月ごとの放射性核種の降下量を表4に示す。放射性セシウムはいずれの地点においても4月の降下量が最大であった。最も降下量が大きかったのは4月の志賀町安部屋であり、その降下量はセシウム-134、セシウム-137がともに28Bq/m²であった。大気浮遊じんと同様に、志賀町における人工放射性核種の降下量は金沢市における降下量より高い傾向がみられた。

大気浮遊じんの測定結果から志賀町で10月以降、金沢で8月以降は放射性セシウムを含む空気塊の影響を受けていないと考えられるので、この時期以降に降下物から検出された放射性セシウムは主に周辺の地面からの舞い上がった土埃中の放射性セシウムであると考えられる。

また、大気浮遊じん同様、一部の試料でテルル-129、テルル-129m、ニオブ-95などが検出された。

表3 降下物中の核種分析結果
(10日ごと、金沢市太陽が丘)

単位: Bq/m²

採取期間	Cs-134	Cs-137
2011. 2.28 ~ 2011. 3.10		
2011. 3.10 ~ 2011. 3.17		
2011. 3.17 ~ 2011. 3.22		
2011. 3.22 ~ 2011. 3.31	0.26	0.25
2011. 3.31 ~ 2011. 4.11	0.10	0.11
2011. 4.11 ~ 2011. 4.20	11	9.9
2011. 4.20 ~ 2011. 4.28	2.7	2.5
2011. 4.28 ~ 2011. 5.10	1.0	1.0
2011. 5.10 ~ 2011. 5.20	0.32	0.32
2011. 5.20 ~ 2011. 5.31	1.1	1.3
2011. 5.31 ~ 2011. 6.10	0.34	0.32
2011. 6.10 ~ 2011. 6.20	0.09	0.09
2011. 6.20 ~ 2011. 6.30	0.16	0.14
2011. 6.30 ~ 2011. 7.11	0.11	0.10
2011. 7.11 ~ 2011. 7.20	0.03	0.03
2011. 7.20 ~ 2011. 8. 1	0.05	0.05
2011. 8. 1 ~ 2011. 8.10	0.02	0.02
2011. 8.10 ~ 2011. 8.19	0.08	0.08
2011. 8.19 ~ 2011. 8.31	0.04	0.04
2011. 8.31 ~ 2011. 9. 9	0.05	0.07
2011. 9. 9 ~ 2011. 9.20		0.03
2011. 9.20 ~ 2011. 9.30		0.05
2011. 9.30 ~ 2011.10.11	0.02	0.03
2011.10.11 ~ 2011.10.20		0.02
2011.10.20 ~ 2011.10.31	0.03	0.02
2011.10.31 ~ 2011.11.10		
2011.11.10 ~ 2011.11.21	0.02	0.03
2011.11.21 ~ 2011.11.29	0.03	0.02
2011.11.29 ~ 2011.12. 9		
2011.12. 9 ~ 2011.12.20	0.02	0.01
2011.12.20 ~ 2011.12.28		0.03
2011.12.28 ~ 2012. 1.10		0.02
2012. 1.10 ~ 2012. 1.20		0.02
2012. 1.20 ~ 2012. 1.31		0.02
2012. 1.31 ~ 2012. 2.10		0.02
2012. 2.10 ~ 2012. 2.20		
2012. 2.20 ~ 2012. 2.29		0.01
2012. 2.29 ~ 2012. 3. 8		
2012. 3. 8 ~ 2012. 3.19	0.04	0.08
2012. 3.19 ~ 2012. 3.31		

空欄は検出下限値未満である。

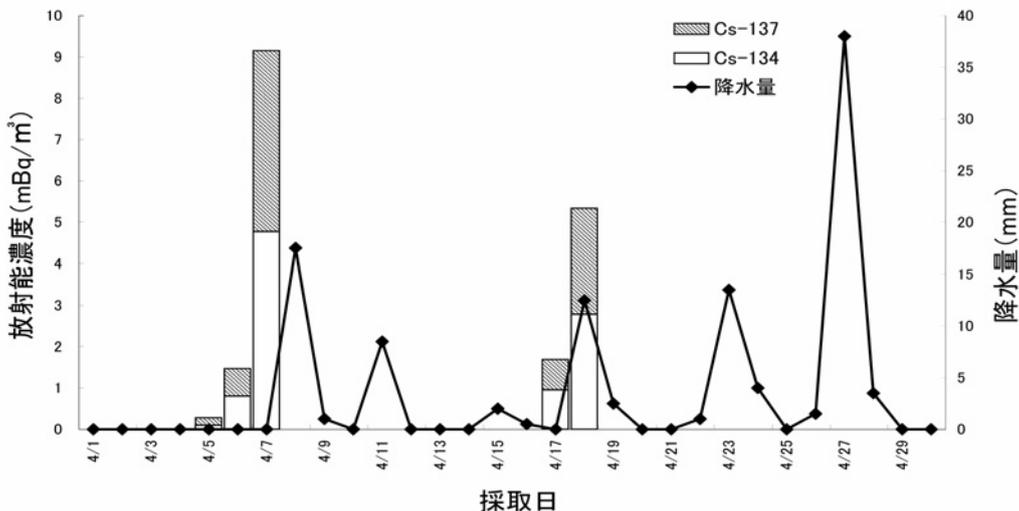


図2 大気浮遊じん中の放射性セシウム濃度と降水量 (平成23年4月)

表 4 月別の降下物中の核種分析結果

単位: Bq/m³ (30日換算値)

採取地点	採取期間	天然放射性核種				人工放射線核種			
		Be-7	Cs-134	Cs-137	Cs-136	I-131	Te-129	Te-129m	Nb-95
志賀町安部屋	平成 23 年 3 月	2011. 2.28 ~ 2011. 3.31	338	2.07	0.15	0.20			
	4 月	2011. 3.31 ~ 2011. 4.28	237	1.16	28.2	27.7	2.17	4.55	0.21
	5 月	2011. 4.28 ~ 2011. 5.31	229	1.97	2.51	2.49			
	6 月	2011. 5.31 ~ 2011. 6.30	168	1.07	0.86	0.89			
	7 月	2011. 6.30 ~ 2011. 7.29	91.1	1.36	0.27	0.29			
	8 月	2011. 7.29 ~ 2011. 8.31	121		0.17	0.24			
	9 月	2011. 8.31 ~ 2011. 9.30	133		0.11	0.11			
	10 月	2011. 9.30 ~ 2011.10.31	132	0.69	0.05	0.05			
	11 月	2011.10.31 ~ 2011.11.29	360	2.45	0.11	0.14			
	12 月	2011.11.29 ~ 2011.12.28	794	3.44	0.12	0.09			
	平成 24 年 1 月	2011.12.28 ~ 2012. 1.31	503	2.22					
	2 月	2012. 1.31 ~ 2012. 2.29	381	2.38	0.09	0.10			
3 月	2012. 2.29 ~ 2012. 3.30	238	1.66						
志賀町福浦港	平成 23 年 3 月	2011. 2.28 ~ 2011. 3.31	341	2.42	0.22	0.24			
	4 月	2011. 3.31 ~ 2011. 4.28	238	2.75	27.0	25.6	0.22	2.23	4.93
	5 月	2011. 4.28 ~ 2011. 5.31	174	3.51	3.33	3.13			
	6 月	2011. 5.31 ~ 2011. 6.30	160	1.25	0.47	0.53			
	7 月	2011. 6.30 ~ 2011. 7.29	72.2	2.10	0.64	0.61			
	8 月	2011. 7.29 ~ 2011. 8.31	66.7	1.26	0.26	0.25			
	9 月	2011. 8.31 ~ 2011. 9.30	95.6	2.86	0.11	0.13			
	10 月	2011. 9.30 ~ 2011.10.31	85.6	2.87	0.05	0.05			
	11 月	2011.10.31 ~ 2011.11.29	312	4.09	0.11	0.12			
	12 月	2011.11.29 ~ 2011.12.28	646	4.41	0.11	0.11			
	平成 24 年 1 月	2011.12.28 ~ 2012. 1.31	443	2.94	0.08	0.07			
	2 月	2012. 1.31 ~ 2012. 2.29	387	3.08					
3 月	2012. 2.29 ~ 2012. 3.30	243	2.14						
金沢市太陽が丘	平成 23 年 3 月	2011. 2.28 ~ 2011. 3.31	624	2.47	0.10	0.17			
	4 月	2011. 3.31 ~ 2011. 4.28	298	1.93	13.0	12.4	1.62		
	5 月	2011. 4.28 ~ 2011. 5.31	358	1.87	1.88	1.96			
	6 月	2011. 5.31 ~ 2011. 6.30	191		0.34	0.34			
	7 月	2011. 6.30 ~ 2011. 7.29	72.1		0.17	0.18			
	8 月	2011. 7.29 ~ 2011. 8.31	104		0.11	0.11			
	9 月	2011. 8.31 ~ 2011. 9.30	253		0.09	0.09			
	10 月	2011. 9.30 ~ 2011.10.31	291	0.90					
	11 月	2011.10.31 ~ 2011.11.29	760	1.86		0.06			
	12 月	2011.11.29 ~ 2011.12.28	959	2.87					
	平成 24 年 1 月	2011.12.28 ~ 2012. 1.31	704	2.09					
	2 月	2012. 1.31 ~ 2012. 2.29	694	3.01	0.05	0.09			
3 月	2012. 2.29 ~ 2012. 3.30	506	2.12						

空欄は検出下限値未満である。

3.3 松葉

地上植物への影響の指標として志賀町で採取した松葉の核種分析を行った。結果を表5に示す。5月に志賀町若葉台で採取した松葉からセシウム-134, セシウム-137がそれぞれ2.23Bq/kg, 2.25Bq/kg, 志賀町谷神で採取した松葉からセシウム-134, セシウム-137がそれぞれ2.70Bq/kg, 2.72Bq/kg検出された。

8月に採取した松葉(1年葉)の放射性セシウム濃度が5月の1/7程度に大きく減少したことから, 松葉で検出された放射性セシウムは主に大気浮遊じんや降下物中に含まれていたものが松葉に付着したものと考えられる。

3.4 農畜産物

農畜産物の核種分析結果を表6に示す。牛乳からセシウム-134, セシウム-137が検出された。放射性セシウムが乳牛の体内に取り込まれる経路としては, 呼吸あるいは飼料などが考えられる。いずれにしても5月には検出されておらず, 8月, 11月に検出されていることから, 直接石川県に飛来した放射性セシウムが乳牛の体内に取り込まれたとは考えにくい。生産者に確認したところ, 原発事故後に搬入された宮城県産の稲わらが飼料に混入していたことが明らかとなった。

精米及び志賀町の地域特産物であるころ柿からセシウム

ム-137が検出された。しかし, セシウム-134が不検出であること, セシウム-137の濃度が原発事故前の測定結果の範囲を超えるものではない⁷⁾ことから, 原発事故

表 5 松葉の核種分析結果

単位: Bq/kg 生

採取地点	種類	採取年月日	天然放射性核種		人工放射性核種	
			Be-7	K-40	Cs-134	Cs-137
志賀町若葉台	2年葉	2011. 5.17	40	70	2.23	2.25
	1年葉	2011. 8.29	23	102	0.29	0.34
	1年葉	2011.12. 7	42	72	0.37	0.44
	1年葉	2012. 2.22	38	58	0.13	0.15
志賀町谷神	2年葉	2011. 5.17	57	79	2.70	2.72
	1年葉	2011. 8.29	32	88	0.43	0.48
	1年葉	2011.12. 7	87	76	0.26	0.31
	1年葉	2012. 2.22	73	51	0.15	0.19

表 6 農畜産物の核種分析結果

単位: 牛乳はBq/L, その他はBq/kg 生

測定試料	採取地点	採取年月日	天然放射性核種		人工放射性核種	
			Be-7	K-40	Cs-134	Cs-137
牛乳	志賀町西海久喜	2011. 5.23		53		
		2011. 8.15		50	0.016	0.023
		2011.11.18		48	0.021	0.035
		2012. 2.16		48		0.018
精米	志賀町直海	2011.10.11		27		0.021
	志賀町貝田	2011.10.11		22		
	志賀町赤住	2011.11.14	0.24	66		
大根	志賀町直海	2011.11.24	0.29	69		
	志賀町福浦港	2011.11.25	0.33	83		
	志賀町赤住	2011.11.14	0.34	58		
白菜	志賀町直海	2011.11.24	0.82	76		
	志賀町福浦港	2011.11.25	0.76	67		
	志賀町倉垣	2011. 7.28		39		
ころ柿(干柿)	志賀町矢駄	2011.12.15		166		0.059
アスパラガス	志賀町給分	2011. 5.11	0.35	87		

の影響とは断定できない。

3・5 海藻

海藻の核種分析の結果を表7に示す。4月に採取したホンダワラからヨウ素-131が検出された。その濃度は最大で赤住地先のホンダワラの3.2Bq/kgであった。

ワカメにおいてもヨウ素-131が検出されており、その値は志賀町赤住地先、志賀町吉良地先でそれぞれ1.61 Bq/kg及び0.17Bq/kgであった。

海藻類は海水中のヨウ素を1000倍に濃縮する⁸⁾とされており、ホンダワラ、ワカメで検出されたヨウ素-131は降下物に含まれていたヨウ素が海水中に溶け込み、海藻に濃縮されたものと考えられる。

3・6 海産物

海産物（魚類、サザエ）の核種分析の結果を表8に示す。測定したすべての魚類でセシウム-137が検出されたが、いずれの試料においても原発事故前の測定結果の範囲を超えるものはなかった。またセシウム-134は不検出であり、魚類において原発事故の影響は認められなかった。

サザエから原発事故由来と推定される人工放射性核種の銀-110mが検出された。筋肉部よりも内臓部での銀-110mの濃度が高い傾向がみられた。軟体動物において銀は血色色素中の銅と置換され濃縮されることが報告されており⁹⁾、筋肉部よりも内臓部で銀-110mの濃度が高かったのは、内臓部の血液量が筋肉部よりも多かったためと考えられる。

4 まとめ

金沢市と志賀町で採取した大気浮遊じんや降下物から、微量ではあるが人工放射性核種が検出されたことから、原発事故の影響は、県下全域に及んだものと考えられる。最も顕著に原発事故の影響が現れたのは平成23年4月であった。

大気浮遊じんの測定結果から、原発事故由来と推定される人工放射性核種が石川県へ飛来したのは3月から9月の約6ヶ月間であった。

志賀町で採取した松葉や海藻などの海産物の一部にも原発事故の影響が認められた。海藻やサザエは特定の元素を生物濃縮するため、大気浮遊じんや降下物以外にもこれらの試料をモニタリングすることが原子力発電所の事故時には重要であることが示された。

文 献

- 1) 文部科学省：文部科学省による放射線量等分布マップ（放射性セシウムの土壌濃度マップ）の作成について（2011）
- 2) 文部科学省：環境放射能水準調査結果（月間降下物）

表7 海藻の核種分析結果

単位：Bq/kg生

測定試料	採取地点	採取年月日	天然放射性核種		人工放射性核種			
			Be-7	K-40	I-131	Cs-134	Cs-137	
ホンダワラ	志賀町赤住地先	2011. 4.21	4.7	318	3.21		0.08	
		2011. 7. 7	11.4	406				
	志賀町百浦地先	2011.10. 5	3.3	406				
		2011. 4.18	26.6	323	2.02			
		2011. 7. 1	4.2	429				
		2011.10. 5	8.4	372				
		志賀町福浦港（水之瀧）地先	2011. 4.18	4.4	289	1.49		
			2011. 7.19	3.6	366			
		志賀町福浦港（丹和）地先	2011.10. 5	1.3	421			
			2011. 4.18	6.2	362	0.33		
ワカメ	志賀町赤住地先	2011. 4.21	2.2	178	1.61			
		2011. 4.12	3.1	160	0.17			
イワノリ	志賀町赤住地先	2011.12.20	5.4	382				
		2011.12.14	2.1	154				

空欄は検出下限値未満である。

表8 海産物（魚類、サザエ）の核種分析結果

単位：Bq/kg生

測定試料	採取地点	採取年月日	天然放射性核種			人工放射性核種	
			Be-7	K-40	Cs-134	Cs-137	Ag-110m
サザエ	筋肉	志賀町	2011. 5.23	1.1	89.5		0.12
		百浦地先	2011. 8. 2	1.2	85.3		0.06
		志賀町	2011. 5.19	0.7	88.4	0.03	0.08
	内臓	吉良地先	2011. 8. 3	1.6	82.8		0.06
		志賀町	2011. 5.23	10.2	80.5		0.20
		百浦地先	2011. 8. 2	8.4	66.7		0.17
チダイ	福浦沖	志賀町	2011. 5.19	11.4	84.9		0.14
		吉良地先	2011. 8. 3	9.4	60.7	0.04	0.18
		志加浦沖	2011. 8.22	N D	140.8		0.11
	メバル	福浦沖	2011. 9.19	N D	135.7		0.10
		志加浦沖	2011. 5.18	N D	120.6		0.15
		福浦沖	2011. 4.12	N D	133.0		0.12
ヒラメ	志加浦沖	2011.10.20	N D	139.9		0.10	
		福浦沖	2011. 5.27	N D	130.0		0.15
キス	志加浦沖	2011. 9.25	N D	134.0		0.04	
		福浦沖	2011. 6.16	N D	134.4		0.10

空欄は検出下限値未満である。

- (2011)
- 3) 文部科学省：放射能測定法シリーズ7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（1992）
- 4) 文部科学省：放射能測定法シリーズ13ゲルマニウム半導体検出器等を用いる機器分析のための試料の前処理法（1982）
- 5) 文部科学省：放射能測定法シリーズ16環境試料採取法（1983）
- 6) 大倉毅史，他：Emergency Monitoring of Environmental Radiation and Atmospheric Radionuclides at Nuclear Science Research Institute, JAEA Following the Accident of Fukushima, JAEA-Data/Code 2012-010, 日本原子力研究開発機構（2012）
- 7) 石川県：志賀原子力発電所周辺環境放射線監視結果報告書平成22年度年報（2012）
- 8) 財団法人原子力環境整備センター：海洋生物への放射性物質の移行（1996）
- 9) 独立行政法人水産総合センター中央水産研究所：平成20年度中央水産研究所主要研究成果集（2009）

〔資料〕

石川県における温室効果ガス排出量の推計について

石川県保健環境センター 企画情報部 初瀬 裕・小西 秀則

〔和文要旨〕

石川県保健環境センターでは、「石川県環境総合計画」に盛り込まれたエネルギー起源の二酸化炭素排出量削減目標（2010年までに2001年比7.8%削減）の進捗状況を把握するため、二酸化炭素排出量の推計及び二酸化炭素以外（メタン、一酸化二窒素、フロン類）の温室効果ガス排出量の推計を実施しているが、昨年度環境省の推計マニュアルの改定にともない、新たな推計方法に準拠し、推計値の見直しを行った。温室効果ガス総排出量は2001年度以降2007年度を除きほぼ横ばいであった。

キーワード：温室効果ガス，排出量

1 はじめに

石川県保健環境センターでは、「石川県環境総合計画」（平成17年3月策定）に盛り込まれた、エネルギー起源の二酸化炭素排出量削減目標（2010年までに2001年比7.8%削減）の進捗状況を把握するため、エネルギー起源及び非エネルギー起源の二酸化炭素排出量並びに二酸化炭素以外（メタン、一酸化二窒素、フロン類）の温室効果ガス排出量の推計をそれぞれ実施してきた。

昨年度、「地球温暖化対策地方公共団体実行計画（区域施策編）策定マニュアル（第1版）平成21年6月 環境省」（以下、「策定マニュアル」という。）の改定にともない、新たな推計方法に準拠し、推計値の見直しを行ったので、報告する。

2 推計方法

2・1 温室効果ガス排出量の推計

温室効果ガス排出量推計の基本的な式は以下のとおりである。

$$\text{排出量} = \text{活動量} \times \text{排出係数}$$

活動量はエネルギー消費量、廃棄物の焼却量等で、統計値が存在するものは統計値を、統計値がないものは公表されている他の統計値から推計した。

排出係数は、環境省策定マニュアル¹⁾、国立環境研究所「日本国温室効果ガスインベントリ報告書」²⁾及びHP等^{3),4)}に公表されている値を使用した。

2・2 二酸化炭素排出量の推計

(1) 推計方法

環境省策定マニュアル等¹⁾⁻³⁾に準拠した方法で推計を行った。推計方法の決定にあたっては、エネルギー消費量等、活動量の算定が全国値データを関連データの石川県が占める割合で按分する方法（按分法）でなく、可能な限り個別データの積み上げによる方法（積み上げ法）を採用した。推計方法の概要及び推計フローをAppendix 1及びAppendix 2に示す。

(2) 算定対象

エネルギー起源の排出量推計では、産業部門、民生部門（家庭、業務）及び運輸部門（自動車、船舶、鉄道、航空）を、非エネルギー起源の排出量推計では、廃棄物部門を算定対象とした。（工業プロセス部門は県内には該当事業者がない。）

(3) 推計期間

推計期間は、1990（H2）年度、2001（H13）年度～2008（H20）年度である。ただし、1990年度については、統計値が入手出来ないデータがあり、活動量を直近のデータから推計・近似を行った。

Estimation of Greenhouse Gases (GHGs) Emission in Ishikawa Prefecture. by HATSUSE Yuh and KONISHI Hidenori (Information Science Department, Ishikawa Prefectural Institute of Public Health and Environmental Science)

Key words : Greenhouse Gases (GHGs), Emission,

2・3 メタン及び一酸化二窒素排出量の推計

(1) 推計方法

環境省策定マニュアル等^{1)-3),5)}に準拠した方法で推計を行った。推計方法の決定にあたっては、二酸化炭素排出量推計の場合と同様に、エネルギー消費量等活動量の算定が按分法でなく、可能な限り積み上げ法を採用した。推計方法の概要をAppendix 3に示す。

(2) 算定対象

算定対象は、「地球温暖化対策の推進に関する法律施行令」第三条第一項第二号及び第三号に準拠した。

(3) 推計期間

推計期間は、1990 (H2) 年度、2001 (H13) 年度～2008 (H20) 年度である。ただし、1990年度については、統計値が入手出来ないデータがあり、活動量を直近のデータから推計・近似を行った。

2・4 フロン類排出量の推計

(1) 推計方法

環境省策定マニュアル等^{1)-3),5)}に準拠した方法で推計を行った。推計方法の概要をAppendix 4に示す。

(2) 算定対象

代替フロン等3物質 (HFC, PFC, SF6) については、活動量の把握が困難なため、家庭用冷蔵庫、家庭用エアコン及びカーエアコンについてのみ使用時の漏洩に伴う

排出を算定対象とした。

(3) 推計期間

推計期間は、2001 (H13) 年度～2008 (H20) 年度である。1990年度については、推計に必要なデータが無いこと、日本国温室効果ガスインベントリ報告書において1990年の実排出量については未推計 (NE) となっていることから推計していない。

3 結果及び考察

推計結果を表1、表2に示す。メタン、一酸化二窒素及びフロン類は温暖化係数により二酸化炭素に換算した値である。

3・1 温室効果ガス全体の排出量

2008年度の温室効果ガスの総排出量は978.4万tCO₂であった。内訳は、二酸化炭素が934.1万tCO₂ (95.5%)、メタンが21.2万tCO₂ (2.2%)、一酸化二窒素が20.8万tCO₂ (2.1%)、フロン類が2.4万tCO₂ (0.2%)であった (図1)。

年次推移をみると、2001年度以降2007年度を除き、ほぼ横ばいであった。2007年度が高い一要因としては、能登半島地震の影響が考えられた (図2)。

3・2 温室効果ガス種別ごとの排出量

温室効果ガスごとの傾向をみると、二酸化炭素は総排

表1 温室効果ガス排出量 (CO₂換算、千t-CO₂)

(単位：千t-CO₂)

	排 出 量 (CO ₂ 換算)									
	H2 1990	H13 2001	H14 2002	H15 2003	H16 2004	H17 2005	H18 2006	H19 2007	H20 2008	2008増減率 (2001基準)
CO ₂ 排出量	7,140	8,995	8,936	9,372	9,266	9,127	9,196	11,224	9,341	3.9%
CH ₄ 排出量	310	271	259	250	242	236	227	220	212	-21.9%
N ₂ O 排出量	232	234	222	220	227	207	216	212	208	-11.3%
フロン排出量 (カーエアコン、エアコン、冷蔵庫)	未推計(NE)	13	13	16	18	17	19	21	24	84.9%
総 計	7,682	9,513	9,431	9,857	9,753	9,587	9,658	11,677	9,784	2.9%

表2 二酸化炭素排出量

(単位：千t-CO₂)

年 度	1990 (H2)	2001 (H13)	2002 (H14)	2003 (H15)	2004 (H16)	2005 (H17)	2006 (H18)	2007 (H19)	2008 (H20)	2008増減率 (2001基準)
総 排 出 量	7,140	8,995	8,936	9,372	9,266	9,127	9,196	11,224	9,341	3.9%
産業部門	2,290	2,277	2,187	2,355	2,254	2,151	2,286	2,964	2,121	-6.8%
民生部門	2,735	3,668	3,636	3,967	3,936	3,974	4,046	5,467	4,568	24.5%
家庭	1,337	1,714	1,687	1,810	1,801	1,903	1,940	2,577	2,012	17.4%
業務	1,398	1,953	1,950	2,157	2,135	2,071	2,106	2,890	2,556	30.8%
運輸部門	1,979	2,874	2,945	2,878	2,900	2,834	2,661	2,570	2,473	-13.9%
自動車	1,891	2,749	2,814	2,738	2,773	2,698	2,532	2,448	2,353	-14.4%
船舶	15	17	17	18	16	13	12	9	9	-47.8%
鉄道	17	14	14	15	14	14	15	21	16	14.4%
航空	56	93	101	106	97	109	102	92	95	1.9%
廃棄物部門	136	177	167	172	176	167	203	224	179	1.2%
評価対象部門の排出量計	6,917	8,693	8,637	9,060	8,963	8,824	8,863	10,878	9,042	4.0%
【参考】電気のCO ₂ 排出原単位(t-CO ₂ /kWh)	0.000395	0.000416	0.000392	0.000460	0.000433	0.000407	0.000457	0.000632	0.000483 ^{※1}	

※1 0.000483：2008クレジット反映済のもの

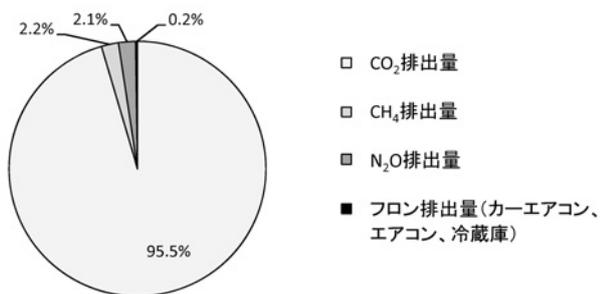


図1 平成20年度温室効果ガス排出量 (CO₂換算、%)

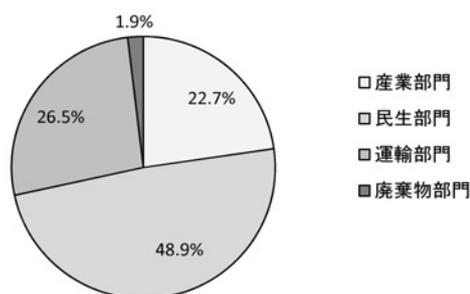


図4 二酸化炭素排出量の部門別割合 (%)

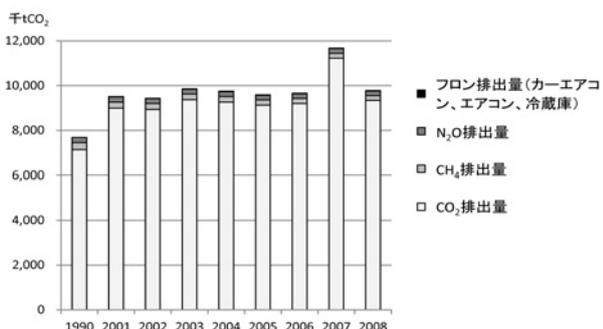


図2 温室効果ガス総排出量の推移

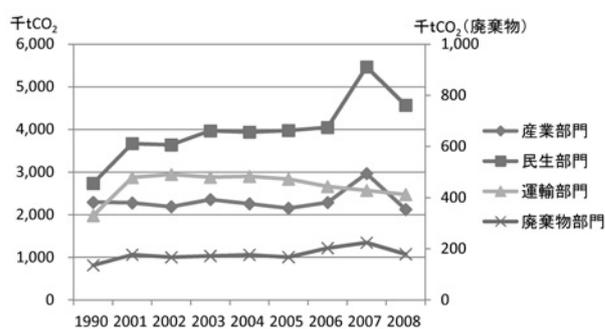


図5 部門別二酸化炭素排出量の推移

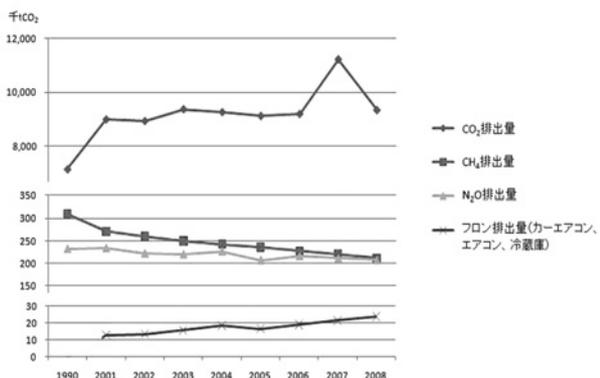


図3 各温室効果ガス排出量の推移

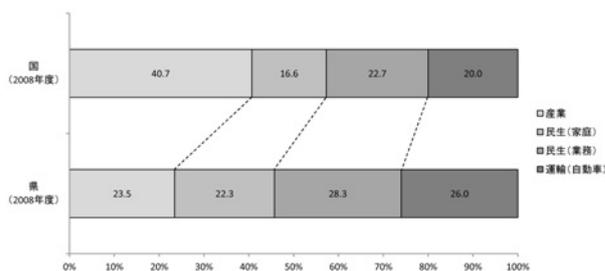


図6 国と県の部門別二酸化炭素排出量比較 (国立環境研究所温室効果ガスインベントリオフィスのデータをもとに作成)

出量と同様の傾向を示した。また、メタンは減少傾向を、一酸化二窒素も漸減傾向を示したが、フロン類は増加傾向を示した (図3)。

2008年度の二酸化炭素排出量は、934.1万 t CO₂で、2001年度比で3.9%増となった。部門ごとの内訳は、民生部門が48.9%、運輸部門が26.5%、産業部門が22.7%、廃棄物部門が1.9%であった (図4)。各部門の二酸化炭素排出量の推移は、2001年度以降2007年度を除き、運輸部門は減少傾向、産業部門及び廃棄物部門はほぼ横ばい、民生部門 (家庭、業務) は増加傾向を示した (図5)。

3・3 全国値との比較

「石川県環境総合計画」で二酸化炭素排出量削減目標を定めた部門について、推計方法が異なるため簡単に比較することはできないが、温室効果ガスインベントリオ

フィスのデータ (国) との比較を試みた。石川県では、国と比較すると民生 (家庭、業務) の割合が大きく、産業の割合が小さくなっている (図6)。

3・4 推計の問題点

- (1) 統計によっては都道府県別データがない、また、現在調査が行われていない等、排出量推計に必要なデータ (統計資料) が限られている (例：石油等消費構造統計調査は平成13年調査で中止)。
- (2) 前節3・3で国との比較を試みたが、推計方法が同じでないため、国や他自治体との比較を容易に行うことができない。

4 まとめ

- (1) 2008年度の温室効果ガスの総排出量は978.4万 t CO₂であった。年次推移は2001年度以降2007年度を除きほぼ横ばいであった。
- (2) 二酸化炭素排出量の年次推移は総排出量と同様の傾

向を示した。また、メタンは減少傾向を、一酸化二窒素も漸減傾向を示したが、フロン類は増加傾向を示した。

- (3) 石川県の二酸化炭素排出量は国と比較すると民生（家庭，業務）の割合が大きく，産業の割合が小さくなっている。
- (4) 推計の問題点としては，排出量推計に必要なデータが限られていること，及び推計方法が同じでないため，国や他自治体との比較を容易に行うことができないことがある。

文 献

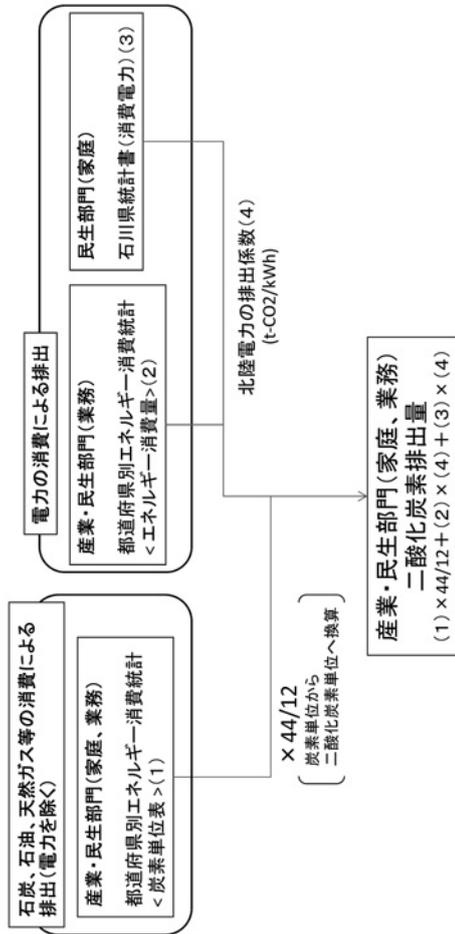
- 1) 環境省：地球温暖化対策地方公共団体実行計画（区域施策編）策定マニュアル（第1版）平成21年6月
- 2) 国立環境研究所温室効果ガスインベントリオフィス：「日本国温室効果ガスインベントリ報告書」
- 3) 環境省 経済産業省：温室効果ガス排出量算定・報告マニュアルVer.3.2 平成23年4月
- 4) 北陸電力ホームページ
<http://www.rikuden.co.jp/index.html>
- 5) 環境省：地球温暖化対策の推進に関する法律に基づく地方公共団体の事務及び事業に係る 実行計画策定マニュアル及び温室効果ガス総排出量算定方法ガイドライン 平成19年3月

Appendix 1 二酸化炭素排出量推計方法の概要

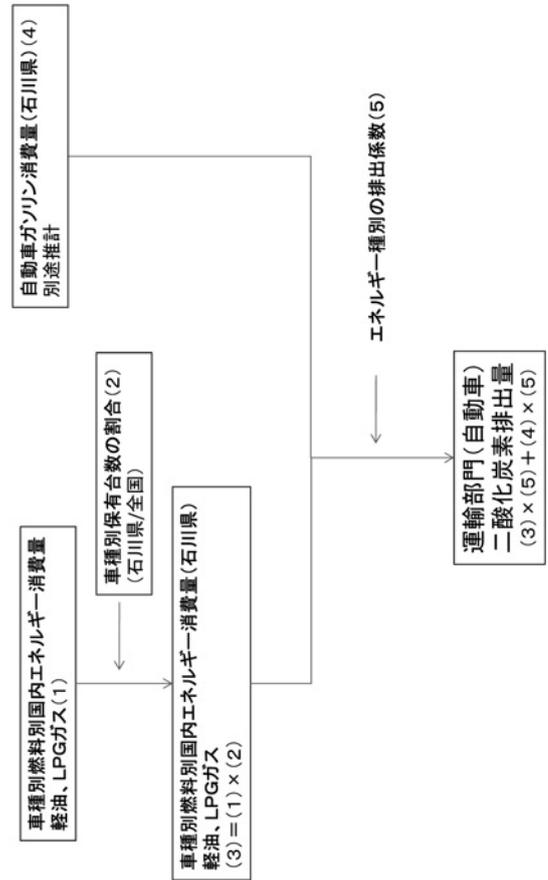
部 門	推 計 方 法	使用データ	参考文献等
産業部門	都道府県別エネルギー消費統計より算出	エネルギー消費量 排出係数	都道府県別エネルギー消費統計 データでみる北陸電力 FACT BOOK
	都道府県別エネルギー消費統計より算出 ただし、 民生家庭の電力は、石川県の消費電力(電灯)から推計	エネルギー消費量 石川県の消費電力 排出係数	都道府県別エネルギー消費統計 石川県統計書 データでみる北陸電力 FACT BOOK
民生部門	都道府県別エネルギー消費統計より算出	エネルギー消費量 排出係数	都道府県別エネルギー消費統計 データでみる北陸電力 FACT BOOK
		エネルギー消費量 排出係数	1) 交通関連統計資料集 国土交通省HP 2) 自動車輸送統計年報
自動車	ガソリン, 軽油, LPG消費量から推計	産業部門の軽質油製品消費量 (全国)	総合エネルギー統計
		産業部門の軽質油製品消費量 (石川県)	都道府県別エネルギー消費統計 1) 資源・エネルギー統計年報 2) 石油連盟
船舶	軽油, A/B/C重油消費量から推計	年度別ガソリン販売量 (石川県)	1) 資源・エネルギー統計年報 2) 石油連盟
		自動車の保有台数	1) 交通関連統計資料集 国土交通省HP 2) 自動車輸送統計年報
運輸部門	軽油, A/B/C重油消費量から推計	排出係数 (ガソリン, 軽油, 液化石油ガス (LPG))	石川運輸支局HP 月別自動車保有車両数 温室効果ガス排出量算定・報告マニュアル Ver.3.2 平成23年4月 環境省, 経済産業省
		エネルギー消費量	総合エネルギー統計 資源エネルギー庁
船舶	軽油, A/B/C重油消費量から推計	内航船舶輸送量	貨物地域・旅各地域流動調査 : 国土交通省総合政策局情報管理部編
		排出係数 (軽油, A重油, B重油, C重油)	温室効果ガス排出量算定・報告マニュアル Ver.3.2 平成23年4月 環境省, 経済産業省
鉄道	電力, 軽油消費量から推計	エネルギー消費量	1) 交通関連統計資料集 国土交通省HP 2) 交通経済統計要覧
		車両キロ 旅客輸送人員 輸送トン数	交通経済統計要覧 貨物・旅客地域流動統計 旅各地域流動統計
航空	ジェット燃料消費量から推計 (国内線のみ)	排出係数	貨物・旅客地域流動統計 貨物地域流動統計 データでみる北陸電力 FACT BOOK
		航空燃料供給量 着陸回数 排出係数	温室効果ガス排出量算定・報告マニュアル Ver.3.2 平成23年4月 環境省, 経済産業省 空港管理状況 暦年・年度別空港管理状況調書 : 国土交通省航空局飛行場管理部 理課 温室効果ガス排出量算定・報告マニュアル Ver.3.2 平成23年4月 環境省, 経済産業省
廃棄物部門	産廃 : 廃油, 廃ブラの焼却量から推計 一廃 : 廃ブラ, RDFの焼却量から推計	焼却量	石川県産業廃棄物排出量実態調査報告書
		排出係数 (廃油, 廃ブラ)	温室効果ガス排出量算定・報告マニュアル Ver.3.2 平成23年4月 環境省, 経済産業省
廃棄物部門	産廃 : 廃油, 廃ブラの焼却量から推計 一廃 : 廃ブラ, RDFの焼却量から推計	焼却量	石川の廃棄物処理 (一般廃棄物)
		ごみ組成比 ごみ水分量 排出係数	廃棄物の広域移動対策検討調査及び廃棄物等循環利用実態調査報告書 (廃棄物等循環利用実態調査編) 平成22年3月 環境省温室効果ガス排出量算定方法検討会廃棄物分科会資料 温室効果ガス排出量算定・報告マニュアル Ver.3.2 平成23年4月 環境省, 経済産業省

Appendix 2 部門別の二酸化炭素排出量推計フロー

産業・民生部門(家庭、業務)の推計方法

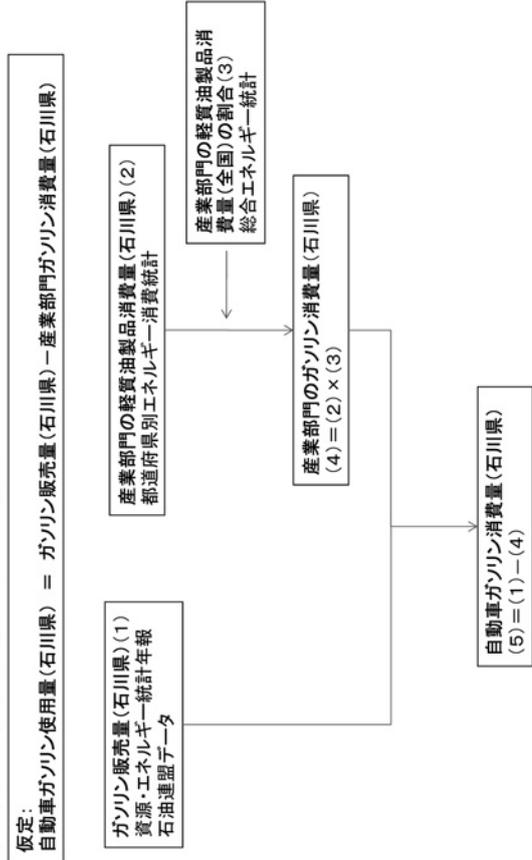


運輸部門(自動車)の推計方法(按分法)(その1)



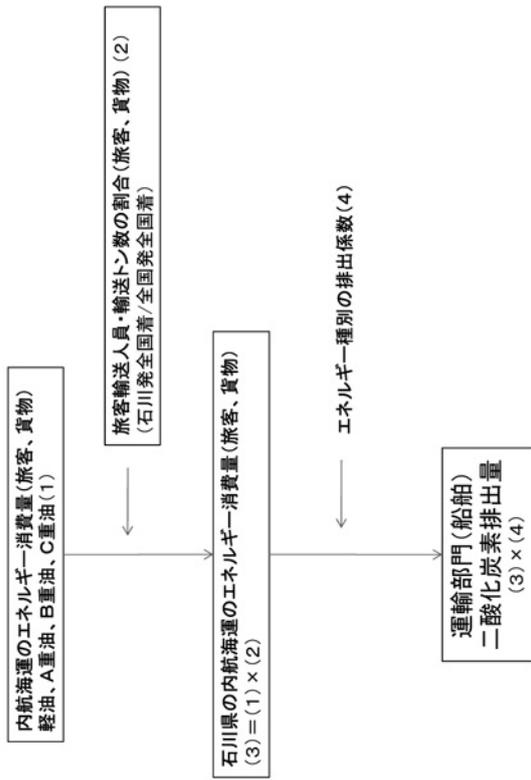
運輸部門(自動車)の推計方法(按分法)(その2)

○ 自動車ガソリン消費量(石川県)の推計

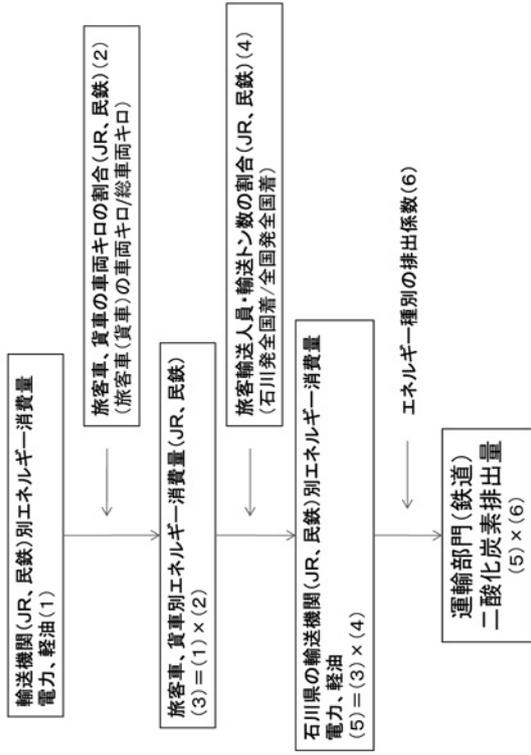


仮定:
自動車ガソリン消費量(石川県) = ガソリン販売量(石川県) - 産業部門ガソリン消費量(石川県)

運輸部門(船舶)の推計方法(按分法)

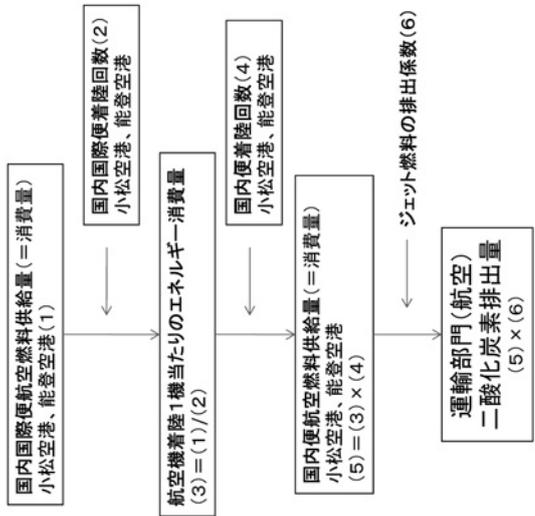


運輸部門(鉄道)の推計方法(按分法)

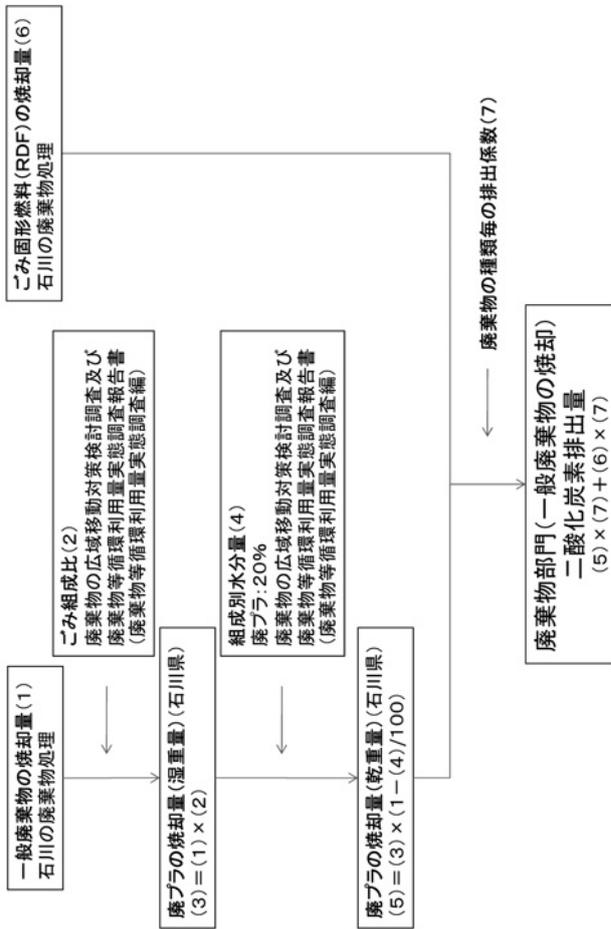


運輸部門(航空)の推計方法(積み上げ法 マニュアルp2-44)

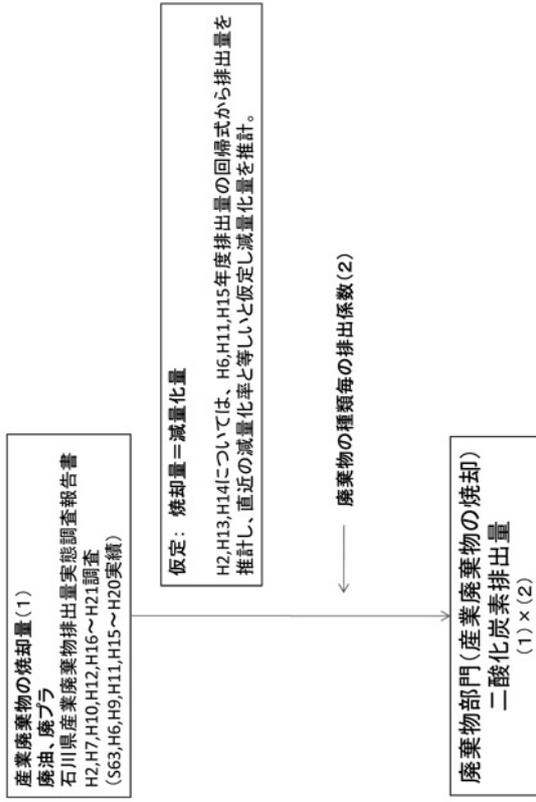
対象:国内便のみ



廃棄物部門（一般廃棄物の焼却）の推計方法（積み上げ法）



廃棄物部門（産業廃棄物の焼却）の推計方法（積み上げ法）



Appendix 3 メタン及び一酸化二窒素排出量推計方法の概要

部	門	施行令		項目	推計方法	使用データ	CH ₄	N ₂ O	参考文献等
		メタン	N ₂ O						
1	産業部門	2号イ	3号イ	ボイラーにおける燃料の使用に伴う排出	燃料消費量から推計	木材	○	○	石川県環境白書
			3号イ			ばい煙発生施設燃原料使用量調査 ばい煙発生施設燃原料使用量調査			
2	産業部門	—	3号ロ	ディーゼル機関（自動車、鉄道車両又は船舶に用いられるものを除く。）における燃料使用に伴う排出	燃料消費量から推計	B重油	○	○	石川県環境白書
						C重油	○	○	石川県環境白書
3	産業部門	2号ロ	3号ハ	ガス機関又はガソリン機関（航空機、自動車又は船舶に用いられるものを除く。）における燃料の使用に伴う排出	燃料消費量から推計	CH ₄	○	○	施行令 別表第二（第三条関係）
						N ₂ O	○	○	施行令 別表第五（第三条関係）
4	民生部門	2号ハ	3号ニ	家庭用機器（こんろ、湯沸器、ストーブその他の一般消費者が日常生活の用に供された灯油、LPG、都市ガスの使用による排出	燃料消費量から推計	灯油	○	○	H13、H14データ：過去推計時データ
						都市ガス	○	○	石川県環境白書
5	運輸部門	2号ニ	3号ホ	自動車	車種・燃料別の走行距離から推計	液化石油ガス（LPG）	○	○	H13、H14データ：過去推計時データ
						都市ガス	○	○	石川県環境白書
5	運輸部門	2号ニ	3号ホ	自動車	車種・燃料別の走行距離から推計	CH ₄	○	○	施行令 別表第三（第三条関係）
						N ₂ O	○	○	施行令 別表第三（第三条関係）
5	運輸部門	2号ニ	3号ホ	自動車	車種・燃料別の走行距離から推計	灯油	○	○	総務省「家計調査」金沢市消費量、購入費
						ガソリン	○	○	ガス事業年報（ガス販売量）
5	運輸部門	2号ニ	3号ホ	自動車	車種・燃料別の走行距離から推計	都市ガス	○	○	ガス事業年報（ガス販売量）
						LPG	○	○	国勢調査
5	運輸部門	2号ニ	3号ホ	自動車	車種・燃料別の走行距離から推計	金沢市一般世帯数	○	○	石川県人口移動統計調査、国勢調査（国勢調査年）
						石川県世帯数	○	○	ガス事業年報
5	運輸部門	2号ニ	3号ホ	自動車	車種・燃料別の走行距離から推計	金沢市都市ガス普及率	○	○	ガス事業年報
						都市ガス使用世帯数	○	○	ガス事業年報
5	運輸部門	2号ニ	3号ホ	自動車	車種・燃料別の走行距離から推計	LPGの密度	○	○	LPガス協会HP http://www.j-lpgas.gr.jp/news/2010/03/post-29.html
						排出係数	○	○	施行令 別表第四（第三条関係）
5	運輸部門	2号ニ	3号ホ	自動車	車種・燃料別の走行距離から推計	軽油	○	○	1) 交通関連統計資料集 国土交通省HP
						ガソリン	○	○	2) 自動車輸送統計年報
5	運輸部門	2号ニ	3号ホ	自動車	車種・燃料別の走行距離から推計	LPG	○	○	1) H2データ：H2年阪陸連統計要覧 2) H13-H15データ：過去推計時データ 3) H16-H20データ 石川運輸支局HP 月別自動車保有車両数
						自動車保有台数	○	○	自動車輸送統計年報
5	運輸部門	2号ニ	3号ホ	自動車	車種・燃料別の走行距離から推計	実働1日1車当たり走行キロ	○	○	自動車輸送統計年報
						実働率	○	○	施行令 第2号ニ
5	運輸部門	2号ニ	3号ホ	自動車	車種・燃料別の走行距離から推計	CH ₄	○	○	施行令 第2号ニ
						N ₂ O	○	○	施行令 第3号ホ

部	門	施行令 メタン	施行令 N ₂ O	項目	推計方法	使用データ		CH ₄	N ₂ O	参考文献等
						エネルギー消費量	軽油 A重油 B重油 C重油			
6	運輸部門 船舶	2号ホ	3号へ	船舶の航行による排出	石川県の燃料消費量は、国の燃料消費量を按分して推計	エネルギー消費量	軽油 A重油 B重油 C重油	○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○	総合エネルギー統計 資源エネルギー庁
						内航船舶輸送量	府県相互間旅客輸送人員 府県相互間輸送トン数	○ ○	○ ○	貨物地域・旅客地域流動調査：国土交通省総合政策局情報管理部編
						排出係数	CH ₄ N ₂ O	○ ○	○ ○	施行令 第2号ホ 施行令 第3号へ
7	民生部門 業務 (浄化槽の施設等)	—	3号ト	麻酔剤の使用による排出	国の麻酔剤による排出量を「病院病床数」で案分して推計	N ₂ O排出量		○	○	日本の温室効果ガス排出量データ (温室効果ガスインベントリオフィスHP) http://www-gio.nies.go.jp/aboutghg/nir/nir-j.html
						病院の病床数		○	○	医療施設調査
8	産業部門 農業分野	2号へ	—	家畜の反すう等に伴う排出	家畜の飼養頭数から推計	家畜の飼養頭数	牛 豚 馬 めん羊 山羊	○ ○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○ ○	畜産統計調査 農林水産省 農林業センサス 農林水産省 (H22豚、採卵鶏) 馬関係資料 農林水産省 社団法人畜産技術協会 http://jita.lin.gr.jp/index.html
						排出係数	CH ₄	○	○	施行令 第2号へ
9	産業部門 農業分野	2号ト	3号チ	家畜のふん尿による排出	家畜の飼養頭数から推計	家畜の飼養頭数	牛 放牧頭数(牛) 豚 鶏 馬 めん羊 山羊	○ ○ ○ ○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○ ○ ○ ○	畜産統計調査 農林水産省 農林業センサス 農林水産省 (H22豚、採卵鶏) 畜産物流通調査 農林水産省 日本の統計 馬関係資料 農林水産省 社団法人畜産技術協会 http://jita.lin.gr.jp/index.html
						排出係数	CH ₄ N ₂ O	○ ○	○ ○	施行令 第2号ト 施行令 第3号チ
10	産業部門 農業分野	2号チ	—	水田からの排出	水稲作付面積から推計	水稲作付面積	CH ₄	○	○	作物統計 農林水産省
						排出係数	CH ₄	○	○	施行令 第2号チ
11	産業部門 農業分野	—	3号リ, ス	施肥による排出	国データを耕地面積(田畑計)比で案分して推計	N ₂ O排出量		○	○	日本の温室効果ガス排出量データ (温室効果ガスインベントリオフィスHP) http://www-gio.nies.go.jp/aboutghg/nir/nir-j.html
						耕地面積(田畑計)		○	○	作物統計 農林水産省
12	産業部門 農業分野	2号リ	3号ル	放牧地における牛のふん尿による排出	家畜の飼養頭数から推計	家畜の飼養頭数	牛 放牧頭数(牛)	○ ○	○ ○	畜産統計調査 農林水産省
						排出係数	CH ₄ N ₂ O	○ ○	○ ○	施行令 第2号リ 施行令 第3号ル
13	産業部門 農業分野	2号ヌ	3号ヲ	農業廃棄物(殻、わら)の焼却による排出	国データを水稲、麦の収穫量比で案分して推計	排出量	CH ₄ N ₂ O	○ ○	○ ○	日本の温室効果ガス排出量データ (温室効果ガスインベントリオフィスHP) http://www-gio.nies.go.jp/aboutghg/nir/nir-j.html
						収穫量	水稲 麦	○ ○	○ ○	作物統計 農林水産省

部	門	施行令		項目	推計方法	使用データ	CH ₄	N ₂ O	参考文献等
		メタン	N ₂ O						
14	廃棄物部門	2号ル	—	廃棄物の埋立による排出	廃棄物の直接埋立量から推計	直接埋立量	○		石川の廃棄物処理(一般廃棄物)
						産業廃棄物	○		石川県産業廃棄物排出量実態調査報告書
						厨芥類(食物くず)	○		温室効果ガス総排出量算定方法ガイドライン H19.3 環境省
						紙(紙くず)	○		廃棄物の広域移動対策検討調査及び廃棄物等循環利用量実態調査報告書(廃棄物等循環利用量実態調査編)
15	廃棄物部門	2号ヲ	3号フ	下水またはし尿の処理に伴う排出	一廃直接埋立の組成率(全国、湿ベース%)	○		廃棄物分科会資料 繊維ハンドブック2012 日本化学繊維協会 繊維ハンドブック2012 日本化学繊維協会	
					含水率	○		日本国温室効果ガスインベントリ報告書	
					廃棄物が完全に分解するまでの期間	○		地球温暖化対策地方公共団体実行計画(区域編)策定マニュアル(第1版)平成21年6月 環境省	
					排出係数	○		施行令 第2号ル	
16	廃棄物部門	2号ワ	3号カ	浄化槽によるし尿及び雑排水の処理に伴う排出	浄化槽入口	○		施行令 第2号ル	
					浄化槽入口から推計	○		石川の生活排水処理施設	
					下水、し尿処理量	○		石川の廃棄物処理(一般廃棄物)	
					し尿処理量	○		施行令 第2号フ	
17	廃棄物部門	2号カ	3号ヨ	浄化槽によるし尿及び雑排水の処理に伴う排出	排出係数	○		施行令 第3号フ	
					浄化槽入口から推計	○		石川の廃棄物処理(一般廃棄物)	
					炉型式(連続、準連続、バッチ燃焼式)ごとの一般廃棄物焼却量	○		施行令 第2号ワ	
					焼却量から推計	○		施行令 第3号カ	
18	廃棄物部門	2号ヨ	3号タ	産業廃棄物の焼却に伴う排出	排出係数	○		石川の廃棄物処理(一般廃棄物)	
					焼却量	○		施行令 第2号カ	
					産廃(紙くず、木くず、廃油、廃プラ、汚泥、下水汚泥)の焼却量から推計	○		施行令 第3号ヨ	
					汚泥発生量、焼却量(国)	○		石川県産業廃棄物排出量実態調査報告書	
					下水道統計、県資料	○		下水道統計、県資料	
					汚泥発生量、焼却量(国)	○		廃棄物の広域移動対策検討調査及び廃棄物等循環利用量実態調査報告書(廃棄物等循環利用量実態調査編)	
					排出係数	○		施行令 第2号ヨ	
						○		施行令 第3号タ	

施行令：地球温暖化対策の推進に関する法律施行令
(平成十一年四月七日政令第百四十三号)
最終改正：平成二十二年三月三日政令第二〇号

Appendix 4 フロン排出量推計方法の概要

施行令	区分	排出物質	推計方法	使用データ	出典
4号イ	カーエアコン使用時	HFC-134a	自動車保有台数からHFCエアコン車両保有台数を推計し、1台当たり平均冷媒充填量及び1台当たり年間使用時漏洩量から推計	HFCエアコン車両保有台数 1台当たり年間使用時漏洩量 (普通自動車)	1) 産業構造審議会化学・バイオ部会地球温暖化防止対策小委員会 (第26回) - 配付資料 2) 日本国温室効果ガスインベントリ報告書 (NIR)
				自動車保有台数 (全国)	1) 交通関連統計資料集 国土交通省HP 2) 自動車輸送統計年報
4号ニ	家庭用エアコン使用時	R-410A	家庭用エアコンの保有数量からHFC機器市中稼働台数を推計し、機器稼働時平均冷媒充填量及び機器稼働時冷媒排出係数から推計	HFC機器市中稼働台数 機器稼働時平均冷媒充填量 機器稼働時冷媒排出係数 (全国)	1) 産業構造審議会化学・バイオ部会地球温暖化防止対策小委員会 (第26回) - 配付資料 2) 日本国温室効果ガスインベントリ報告書 (NIR)
				保有数量 (100世帯あたり)	国勢調査 1) 石川県人口移動統計調査 2) 国勢調査
4号ニ	家庭用冷蔵庫使用時	HFC-134a	家庭用冷蔵庫の保有数量からHFC使用機器国内稼働台数を推計し、1台当たり冷媒充填量及び使用時 (故障時含む) 漏洩率から推計	HFC使用機器国内稼働台数 1台当たり充填量 使用時 (故障時含む) 漏洩率 (全国)	1) 産業構造審議会化学・バイオ部会地球温暖化防止対策小委員会 (第26回) - 配付資料 2) 日本国温室効果ガスインベントリ報告書 (NIR)
				保有数量 (100世帯あたり)	国勢調査 1) 石川県人口移動統計調査 2) 国勢調査

施行令：地球温暖化対策の推進に関する法律施行令
(平成十一年四月七日政令第百四十三号)
最終改正：平成二十二年三月三日政令第20号

〔資料〕

石川県環境マネジメントシステム（ISO14001）統合運用後のセンターにおける目標設定と運用状況について

石川県保健環境センター 企画情報部 中山 哲彦・安田 優子・小西 秀則

〔和文要旨〕

石川県環境マネジメントシステムとして県庁本庁舎及び工業試験場と統合運用してから2期目の更新にあたり、環境負荷への削減の取組みや運用状況について取りまとめた。数値目標である環境教育等ポイント、電気及び灯油使用量の削減、可燃ごみ排出量及びコピー用紙使用量において環境目標未達成の年度が見られた。また、エネルギー削減の今後の検討資料とするため、センターの電気及び灯油使用量の内訳を推定算定した。その結果、前者は24時間稼働機器が55%、照明・コンセント負荷（平日）31%、平日業務に伴う稼働機器6%、照明・コンセント負荷（休日）4%、冷房と暖房稼働機器の割合はそれぞれ2%であり、後者は集中管理暖房用が59%、集中管理冷房用が30%、給湯用ボイラーが11%であった。今後のエネルギー削減対策として、電気では24時間稼働機器に課題が、灯油では集中管理暖房用を削減することが効果的であると考えられた。さらに、電気使用量は冬季より夏季の方が、灯油使用量は夏季より冬季の方が多く、冷温水発生機の更新により冬期において、灯油使用量が削減されていると推定された。

キーワード：ISO14001, 行動目標, 数値目標, 達成状況, エネルギー使用内訳, 内部コミュニケーション

1 はじめに

当センターでは、環境への負荷の少ない循環型社会の構築を推進するため、行政機関として環境保全活動を率先垂範し、そのことを内外に公表し責務を果たすため、平成11年12月に県内の自治体で最初に国際環境規格である環境マネジメントシステム（ISO14001）の認証を取得した。

次いで、平成12年2月に工業試験場が、さらに環境にやさしい行政を目指すため、平成16年2月に県庁本庁舎（行政庁舎、議会庁舎、警察本部庁舎）がISO14001の認証を取得し、それぞれのシステムで運用をしてきた。

その後、効率的運用を図るため、平成17年12月に石川県環境マネジメントシステム（ISO14001）として1システム3サイトに統合し、運用を開始した。

基本理念は、平成16年3月に制定した「ふるさと石川の環境を守り育てる条例」及び平成17年3月に策定した「石川県環境総合計画」¹⁾に基づき、

- (1) 環境への負荷の少ない循環を基調とした持続可能な社会の構築
 - (2) 自然と人とが共生する社会の構築
- の2項目を掲げ、ISO14001を活用し、職員一人ひとりの力を結集して環境にやさしい行政の運営に努め、県民とともに理念の達成を目指すこととしている。

Goal Setting and Employment Situation in our Laboratory after Joint Operations of Ishikawa Prefecture Environmental Management System (ISO 14001). by NAKAYAMA Tetsuhiko and YASUDA Yuko and KONISHI Hidenori (Information Science Department, Ishikawa Prefectural Institute of Public Health and Environmental Science)

Key words : ISO14001, Behavioral objective, Numerical target, Achievement situation, Energy use items, Internal communication

また、ISO14001に取り組む基本方針としては、PDCAサイクルによりP（計画）、D（行動）、C（記録・評価）、A（見直し）を行い、継続的改善を図り、県庁他部局による内部監査、第三者認証機関による定期サーベイランス審査及び3年毎の更新審査によりフォローアップを行っている。

ここでは、石川県環境マネジメントシステム（ISO14001）として統合した、平成17年度から2期目の更新審査を受けた平成23年度までの7年間における当センターの環境目標設定、達成状況、是正措置及び運用状況等について取りまとめたので報告する。また、エネルギー削減対策を講ずるための検討資料とするため、電気及び灯油使用量の内訳を推定算定したので、その結果も併せて報告する。

表1 行動目標

環境目標	年次ごとの環境目標	実施計画
	年次目標	
① 自然系からの流出水について、負荷の実態を把握し、負荷量を減らすための方策を検討する。	調査研究を推進	・閉鎖性水域の水質改善に向けた調査研究を推進する。
② 環境の知的資産を蓄える。	情報提供の実施	・情報収集方法の充実を図る。
③ データベースからの環境の知的資産の取り出しを可能にするシステムの構築を目指す。	既存システムの運用	・既存の提供方法の充実を図る。
④ 廃棄物分別の徹底を図り、廃棄物の削減に努める。	廃棄物分別を徹底し、リサイクルを図る	・庁舎内で発生する廃棄物について分別を徹底し、リサイクルに努める。
⑤ 職員に対する環境マネジメント研修を実施する。	研修の実施	・環境に関する研修及び情報を提供する。 ・環境保全活動を実践する。
⑥ 毒劇物管理システムの改善を行う。	毒劇物管理システムの改善を行う	・所内情報化推進員、毒劇物取扱担当で年4回打ち合わせを行う。 ・MSDSシートを随時登録する。 ・危険物の指定倍数等の法を順守する。

※⑤の環境目標は平成17年度～20年度において、「リサイクル製品の使用を促進する。」

2 環境目標の設定と達成状況

ISO14001は、事業活動に伴う環境への負荷の原因となる側面を洗い出してその影響度合を評価し、著しい環境影響が予想される環境側面を特定して環境目標を設定している。環境目標には、数値化による客観的評価は受けないが、達成について毎年状況を確認する行動目標及び数値化により達成を確認する数値目標を設定している。

2・1 行動目標

行動目標は表1に示すとおり6項目からなる。①については、水質基準が達成されていない河北潟の閉鎖性水域における水質改善の研究として、平成17～19年度に「有用プランクトンの特性評価と河北潟湖水浄化への適用に関する研究」を、平成20～22年度に「浮葉植物による水質浄化と植栽・利用に関する研究」を実施した。②については、ホームページによる研究成果の公表を行った。③については、県の「いしかわ環境情報交流サイト」からセンターHPへのリンクを可能とした。④については、廃棄物の分別徹底やリサイクルの推進を図った。⑤については、職員への環境マネジメント研修として、4月に新任・転入者研修会を、6月には全職員研修会を実施した。また、ポケットサイズの「環境カード」を作成し、パート、清掃員、守衛を含めた全職員に配付し、環境目標及び実施計画など環境活動の取り組みについて、意識啓発を図った。

⑥については、「毒劇物等管理システム」による毒劇物や危険物等の薬品管理や危険物の指定指数の順守について、四半期毎に年4回締め処理を行うと共に、MSDSシートを随時登録した。なお、これらの行動項目は全ての年度で達成した。

2・2 数値目標

(1) 目標値の設定

数値目標は、表2に示すように9項目あり、それぞれに目標値を設定している。目標値に平成15年度値を用いている項目が9項目中4項目あるが、平成16年度に

表2 数値目標の算定根拠

環境目標	2005(H17)	2006(H18)	2007(H19)	2008(H20)	2009(H21)	2010(H22)	2011(H23)
1. 国際環境協力の推進	前年度に規定のポイント表から積み上げにより推定算定						
2. 環境研究の推進	当該年度の調査研究画題（環境部門）						
3. 電気使用量の削減	過去3年間の平均値						
4. 灯油使用量の削減	過去3年間の平均値						
5. 公用車燃料使用量の削減（ガソリン＋軽油）	H15年度値の1%減	H15年度値の2%減	H15年度値の3%減	H15年度値の4%減	H15年度値の4.5%減	H15年度値の5%減	過去5年間の平均値
6. 水使用量の削減	H15年度の水準の維持(11,057㎡)						過去5年間の平均値
7. 可燃ごみ排出量の削減（生ごみ含む）	H15年度の実績値の維持(909kg以下)	県環境政策課との調整により1,100kgに変更					過去5年間の平均値
8. 用紙使用量の削減	H15年度の実績値の維持(22.8万以下)				※23.5万枚	H15年度の実績値の維持(22.8万以下)	
9. 環境にやさしい製品の使用（グリーン調達率）	調達率99%以上						

※全環研東海・近畿・北陸支部の環境保全・公害防止研究発表会が北陸3県主催で開催され、目標値の増量を見込む。

表 3 環境目標の数値目標値及び実績値

環境目標	単位	目標値 実績値	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
			(H17)	(H18)	(H19)	(H20)	(H21)	(H22)	(H23)
1. 国際環境協力の推進	万ポイント	目標値	29.0	29.0	33.0	33.0	28.0	26.0	25.0
		実績値	33.0	49.7	38.0	28.2	27.0	28.8	26.4
2. 環境研究の推進	課題	目標値	4	5	5	6	5	5	5
		実績値	4	5	5	6	5	6	5
3. 電気使用量の節減	千 kWh	目標値	1,838	1,857	1,894	1,891	1,874	1,884	1,874
		実績値	1,915	1,853	1,905	1,863	1,885	1,874	1,817
4. 灯油使用量の節減	Kℓ	目標値	61.0	59.5	61.1	59.1	56.2	52.0	50.4
		実績値	62.0	60.7	54.5	53.4	48.1	49.6	47.2
5. 公用車燃料使用量の削減 (ガソリン+軽油)	ℓ	目標値	8,208	8,215	8,042	7,959	7,918	7,876	6,329
		実績値	7,150	6,634	6,754	6,594	5,815	5,846	5,038
6. 水使用量の節減	m ³	目標値	11,057	11,057	11,057	11,057	11,057	11,057	8,241
		実績値	9,638	10,858	8,556	7,030	7,284	7,479	6,837
7. 可燃ごみ排出量の削減 (生ごみ含む)	kg	目標値	909	1,100	1,100	1,100	1,100	1,100	869
		実績値	981	896	950	740	773	987	1,168
8. 用紙類使用量の削減	万枚	目標値	22.8	22.8	22.8	22.8	23.5	22.8	22.8
		実績値	17.5	19.4	22.0	23.8	23.5	19.8	22.4
9. 環境にやさしい製品の使用 (グリーン調達率)	%	目標値	99.0	99.0	99.0	99.0	99.0	99.0	99.0
		実績値	99.6	99.1	100.0	100.0	99.4	99.7	99.7

■ は目標未達成

制定された「石川県環境総合計画」が前年度の数値を根拠に作成されているためである。

しかし、公用車燃料使用量、水使用量及び可燃ごみ排出量の削減については、平成15年度値を目標値とした場合、実績値が低めに推移していたことから、平成22年度定期サーベイランス審査で目標を高くするよう助言を受け、平成23年度から目標値を過去5年間の平均値とした。

グリーン調達率は、国のグリーン購入法第10条に基づき、県で定めた「石川県グリーン購入調達方針」の特定調達品目261品目の購入率を表わし、調達率99%以上を目標値とし、「石川県エコ・リサイクル認定製品」の使用に努めた。

(2) 達成状況について

数値目標値及び実績値は、表3に示すとおりで、未達成の年度は色付けにより表した。

① 国際環境協力の推進

国際環境協力を含む環境教育ポイント数は図1の凡例に示す①から⑦の分類でポイント数を算出し、その総計で表したものである。当該年度の目標値は前年度に環境教育活動計画表により推計して決めている。実績値は平成19年度から漸減傾向が見られ、平成20、21年度は未

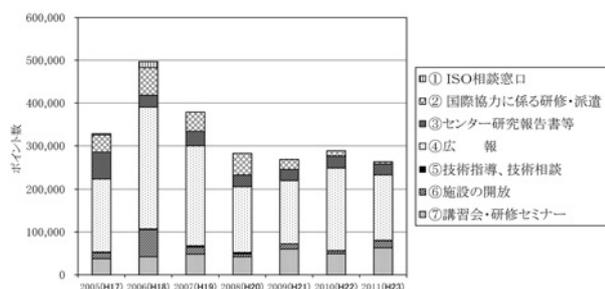


図1 環境教育等ポイントの内訳別による推移

達成となった(表3)。平成18年度は約50万ポイントあったものが、平成19年度には38万ポイント、平成20年度以降は27万前後で推移しており、これは国際協力に係る中国研修生の受入・現地専門家派遣のポイント数の減少などが考えられる(図2)。

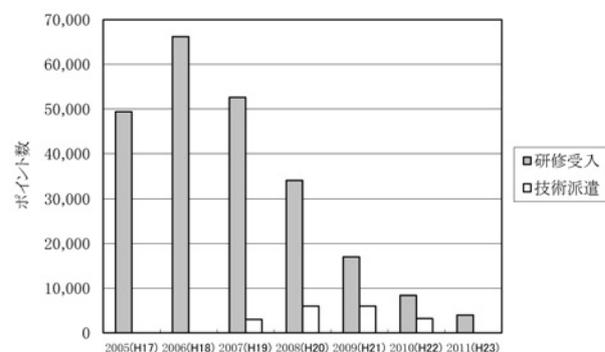


図2 国際環境協力に係る研修・派遣ポイント数の年推移

図1の内訳で、平成22年度の広報のポイント数の割合が他の年度より多いのは、平成22年度にコンテンツ・マネジメント・システム(CMS)の導入作業や福島第1原発事故による環境放射線データ閲覧等によりセンターHPのアクセス数が増えたことによるものである(図3)。

また、平成21、23年度の講習会・研修セミナーのポイント数の割合が増えているのは、県立大学環境科学科学生の研修受入によるものと考えられる。なお、外部からのISO14001の相談は平成18年度から無いが、これはISO14001の普及が進んだことによるものと考えられる。

② 環境研究の推進

研究評価事業の研究課題の内、当該年度に実施している環境部門の調査研究テーマ数と国等他機関との共同研究テーマ数を合計し、5テーマ以上を目標値としている。目標値の達成状況は、年2回(9月及び翌年2月)提出

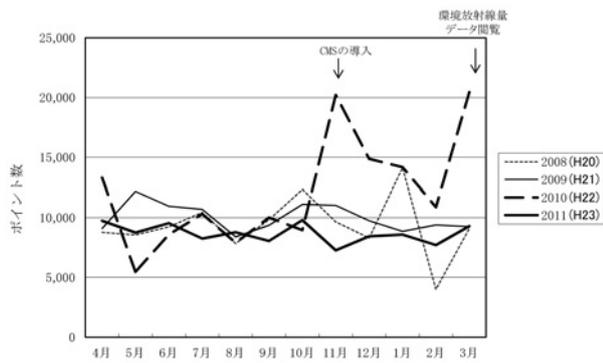


図3 HPアクセスポイント数の月推移
(H17～19は集計方法が違い対象外とした)

される調査研究評価調書（中間報告）による進捗管理で把握している。7年間において全て目標を達成した（表3）。

③ 電気使用量の削減

7年間において目標値未達成の年度は、平成17, 19, 21年度の3年間と最も多かった（表3）。

一般的に電気使用量は、気象条件をはじめ、業務量、測定機器の稼働状況等に影響されることから、夏季及び冬季の温度管理や測定機器の運用等による是正措置が不十分であったと考えられる。

④ 灯油使用量の削減

7年間において目標値未達成は平成17, 18年度の2年間であった（表3）。

一般的に灯油使用量は、気象条件に影響されることから、夏季及び冬季の温度管理等の是正措置が不十分であったと考えられる。

ここで、記録的な猛暑となった平成22, 23年度の灯油使用量について、過去5年間の平均値と比較検討した。

新潟地方気象台発表によると、北陸地方の平成22年は6月～8月の平均気温が統計開始以来最高となり、また、気象庁によると平成23年は6月～8月の全国の平均気温が統計開始以来4番目の高さで、しかも、冬季は低温の年であった。

図4に示すとおり、平成22, 23年度は、4月及び夏季の使用量が平均値よりも多かった。このため、9月上旬

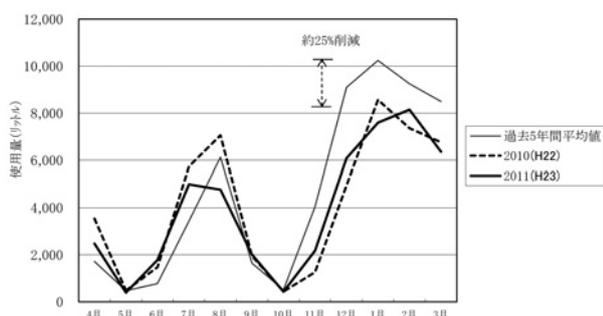


図4 灯油使用量のH22, H23と過去5年間平均値との比較

に是正措置を講じ、冷水発生機の温度設定を、冷房時は8℃から10℃に上げ、一方、暖房時は熱量負荷に応じた運転を実施し、室内温度管理の徹底も図ることにより、平成22, 23年度の冬季は5年間平均値の約25%の削減を行うことができ、目標値を達成した。灯油使用量は、冷水発生機が稼働する夏季及び冬季に多くなり、冬季の方が夏季より多い傾向が見られた。

同様に平成22, 23年度の電気使用量について、過去5年間の平均値と比較検討したところ、図5に示すとおり、灯油使用量の是正措置を行なった9月以降に減少傾向が見られた。電気使用量は、冷水発生機を稼働する夏季及び冬季に大きくなり、灯油使用量と違い、夏季の方が冬季より大きい傾向が見られた。

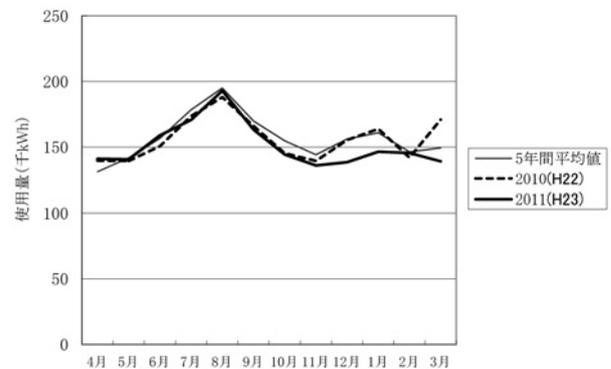


図5 電気使用量のH22, H23と過去5年間平均値との比較

⑤ 公用車燃料使用量の削減

公用車のガソリン及び軽油使用量を合計したものを燃料使用量とし、7年間において全て目標値を達成した（表3）。図6に示すとおり、実績値に漸減傾向が見られるのは、業務量はそれほど変化はなく、職員のエコ運転等の意識の向上や、運転手の削減により、運転手段が変わってきていることが考えられた。

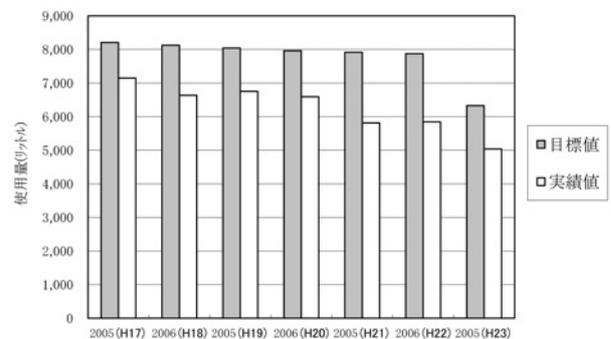


図6 公用車燃料使用量の目標値と実績値

⑥ 水使用量の削減

当センターで使用する飲用水及び雑用水は、全て水道水で、7年間において全て目標値を達成した（表3）。毎月の変化を見ると、いずれの年も夏季及び冬季に多くな

る傾向が見られ、夏季の冷却水や冬季の融雪への使用などが要因として考えられた (図 7)。

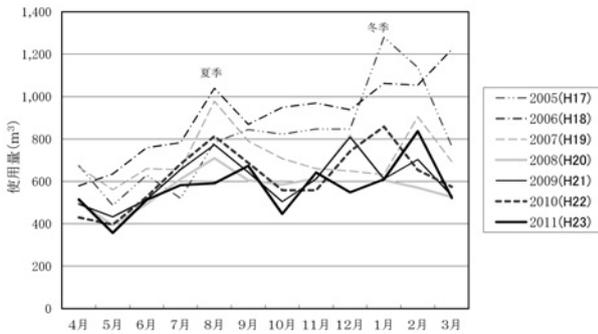


図 7 水道水使用量の月推移

⑦ 可燃ごみ排出量の削減

7 年間に於いて目標値未達成は平成 17, 23 年度の 2 年間であった。原因として、平成 17 年度は平成 15 年度の実測値を目標値にしたため実態に合わず、平成 23 年度は目標値を過去 5 年間の平均と厳しくしたことや、過去の書類を大量にシュレッダー処分したことにより排出量が増加したためである。

廃棄方法についての事前協議がなく、内部コミュニケーションに問題があり、各部においては、発生量の抑制を周知し、毎月の目標との推移を注視していく必要がある。

なお、センターで発生する一般廃棄物を 7 区分 (生ごみ、公文書、木くず、空き缶、埋立廃棄物、廃ガラス、可燃ごみ) に分類し、発生量の年推移を図 8 に示した。平成 21 年 9 月に庁舎中央機械室の外に設置してあった埋立廃棄物、ガラス、空き缶及び木くず等 4 種類の回収ボックスを、外部からの持ち込みや混廃を防ぐため撤去したことにより、ほとんどが可燃ごみ (生ごみ含む) となった。

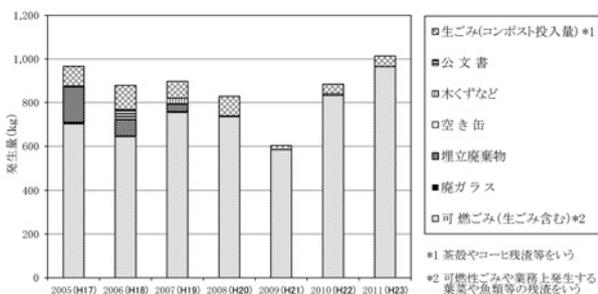


図 8 一般廃棄物の区分別発生量の年推移

⑧ 用紙類使用量の削減

平成 20 年度において、目標値を達成することができなかった (表 3)。原因として、大気環境監視システムの更新等による事務量の増大が考えられる。

⑨ 環境にやさしい製品の使用

グリーン調達率は全ての年度で目標値 99% 以上を達

成した (表 3)。

3 産業廃棄物の分別状況及びリサイクルの推進について

当センターで発生する産業廃棄物を 7 区分 (乾電池、蛍光灯、機械類、廃金属、廃ガラス、プラスチック類 (塩ビ)、プラスチック類) に分類し、各部の保管場所に一時保管し、毎年 12 月に産業廃棄物処理業者で処分した。

また、資源ごみは 4 区分 (雑誌など、上質紙、段ボール紙、新聞紙) に分類し、古紙リサイクルの推進に努めた。

3・1 産業廃棄物の発生量

産業廃棄物の区分別発生量は、図 9 に示すとおり各年度ともプラスチック類が最も多く約 50% を占め、次に機械類、廃ガラスであった。産業廃棄物はセンター内の一時保管場所にストックしており、当該年度の排出量を発生量としているため、発生量に変動が見られた。

廃プラスチック類は採取容器を使い捨てとした平成 18, 19 年度と増えたが、平成 20, 21 年度はセンター内の一時保管場所に保管したことにより減少し、平成 22 年度はそれを処分したため増加した。また、平成 23 年度は旧衛生公害研究所から引っ越し時に、大量に保管してあったプラスチック類を処分したため、大幅に発生量が増加した。

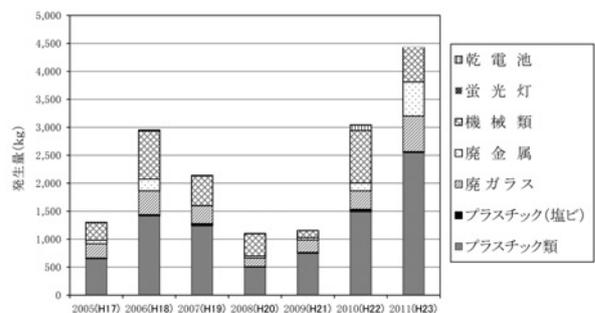


図 9 産業廃棄物の区分別発生量の年推移

3・2 資源ごみの発生量

資源ごみの区分別発生量は図 10 に示すとおりであった。資源ごみは、倉庫に一時保管しており、当該年度の

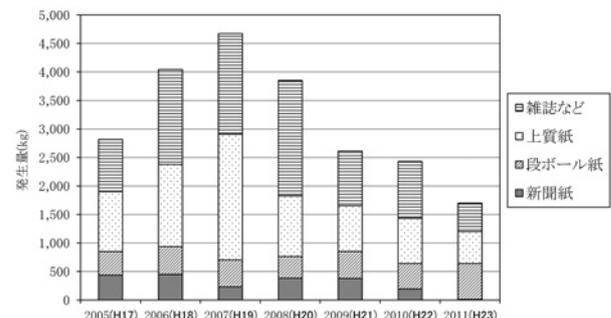


図 10 資源ごみの年推移

排出量を発生量としているため変動が見られた。平成23年度は、雑誌や上質紙が減り、新聞紙を倉庫に移動する前に中央機械室などに保管していたため、大幅に減少した。

3・3 古紙回収率

古紙リサイクル率は、A（回収古紙：新聞紙+段ボール+上質紙+コピー用紙・雑誌等）/B（回収古紙+公文書+可燃物）で表わした。目標値を80%に定めているが、図11に示すとおり、回収率の低下が見られた。

平成23年度が大幅に低下したのは、過去の書類を大量にシュレッダーにかけ可燃ごみとして処分したため、このような場合は、廃棄方法について事前協議する必要がある。

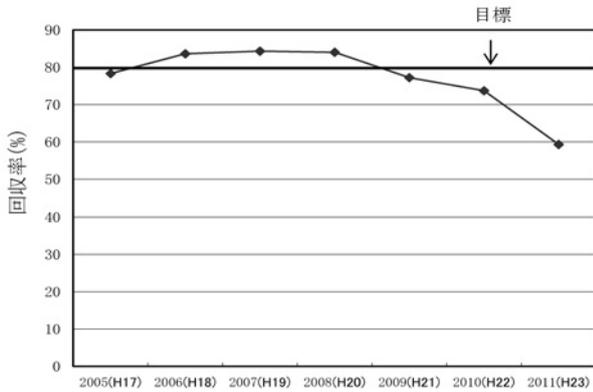


図11 古紙回収率の年推移

4 エネルギー使用内訳の検討

電気使用用途区分を6区分（①24時間稼働機器②平日業務に伴う稼働機器③集中管理冷房時稼働機器④集中管理暖房時稼働機器⑤照明・コンセント負荷（平日）⑥照明・コンセント負荷（休日））及び灯油使用用途区分を3区分（①集中管理暖房用②集中管理冷房用③給湯用ボイラー）に分類し、使用量を推定して検討を行った。

4・1 電力使用量の内訳

1年間の用途区分別電力使用量を推定算定した。センター全体の電力使用量は電力量計で分かるが、用途区分別電力使用量は、機器等の定格電力から算定することになる。そこで、用途区分別に機器等の定格電力を合計し、稼働率、稼働時間、稼働日数から電力使用量を推定した（表4）。

結果は図12に示すとおり、使用割合は24時間稼働機器が55%、照明・コンセント負荷（平日）31%、平日業務に伴う稼働機器6%、照明・コンセント負荷（休日）4%、暖房及び冷房稼働機器がそれぞれ2%で、削減のためには、24時間稼働機器に課題があることが分かった。また、図5で夏季の電力使用量が大きいのに対し、冷房と暖房の稼働機器の電力使用割合が同率となるのは、冷温水発生機の稼働日数は夏季が41日に対し、冬季は81日と長いためである。

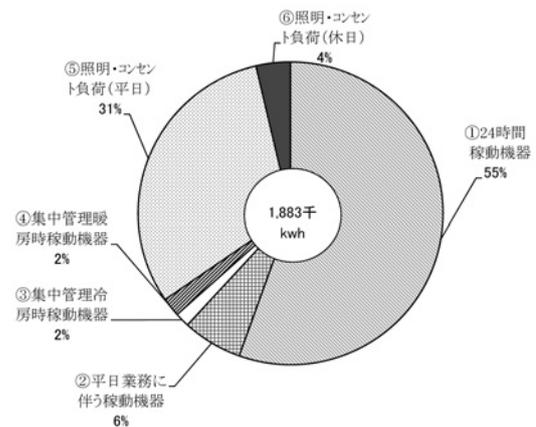


図12 電力使用量の内訳

なお、ISO14001を取得した平成11年度（1999）の報告²⁾では、24時間稼働機器が80%、平日業務に伴う稼働機器13%、暖房と冷房稼働機器の割合は3%と4%であり、今回の算定と差異が見られたが、平成11年度は1

表4 電力使用量の区分算定（推定）

単位：kWh

用途区分	主な対象機器	定格電力(kw) ^{*1} A	稼働率 ^{*2} B	稼働時間(hr/日) C	稼働日数(日) D	電力使用量(推定) A*B*C*D	電力使用量(実績) (H19~23平均値)
①24時間稼働機器	個別空調パッケージ・冷温水ポンプ・排気ファン・業務用冷凍冷蔵庫など	159	0.75	24	365	1,044,630	ISO記録より算定
②平日業務に伴う稼働機器	スクラパー・吸排気設備など	193	0.25	10	248	119,660	
③集中管理冷房時稼働機器	冷温水発生機・一次、二次ポンプなど	98	0.8	9	41	28,930	
④集中管理暖房時稼働機器	〃	65	0.8	9	81	37,908	
⑤照明,コンセント負荷(平日)	測定機器・照明など	490	0.2	24	248	583,296	
⑥照明,コンセント負荷(休日・祭日)	〃	490	0.05	24	117	68,796	
計						1,883,220	1,887,377

*1 各区分の主な対象機器定格電力を合計したもの

*2 実働時間÷スケジュール時間（主な対象機器全体の稼働率を平均して概算算定）

表 5 灯油使用量の区分算定 (推定)

単位：リットル

用途区分	2007(H19)	2008(H20)	2009(H21)	2010(H22)	2011(H23)	H19~23 平均値
灯油使用量 (年間)	54,504	53,396	48,137	49,564	47,210	50,562
給湯用ボイラー*1	5,900	5,817	6,122	6,039	5,291	5,834
冷暖房用*2	48,604	47,579	42,015	43,525	41,919	44,729
灯油使用量 (冷房用)*3	= 44,729 × 371 / (371 + 733)					15,031
灯油使用量 (暖房用)	= 44,729 × 733 / (371 + 733)					29,698

*1 給湯用ボイラー灯油使用量 = 稼働時間 × 27.7(L/h) 27.7: ボイラー仕様燃料

*2 灯油使用量(冷暖房用) = 灯油使用量(年間) - ボイラー灯油使用量

*3 灯油使用量(冷房用) = 灯油使用量(5年間平均値) × 冷房稼働時間 / (冷房 + 暖房)稼働時間

日使用量をパターン化し、パターン毎に回帰式を作り、重回帰分析を行ない推定したのに対し、今回は機器の定格電力や平日の運転記録から算定したことによるものである。今回の推定算定方法は、電力使用実績値と電力使用量(推定)がほぼ一致していることから、より実態に近いものとする。

4・2 灯油使用量の内訳

過去5年間平均の用途区別の灯油使用量を算定するため、運転記録から稼働時間及び灯油使用量を求め、より実態に近い方法で灯油使用量の内訳を推定した(表5)。

結果は図13に示すとおり、集中管理暖房用が59%、集中管理冷房用が30%、給湯用ボイラーが11%であった。暖房用が冷房用の約2倍であったことから、灯油使用量の削減は冬季において行うのが効果的であると言える。

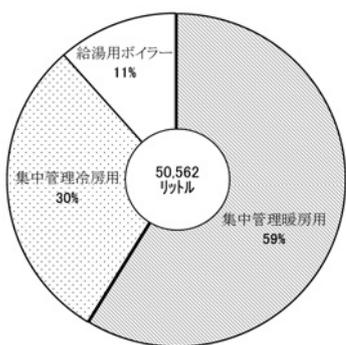


図13 灯油使用量の内訳

なお、平成11年度(1999)の報告²⁾では、集中管理暖房用が69%、集中管理冷房用が22%、給湯用ボイラーが9%で、今回の灯油使用量の内訳割合とほぼ同様であった。

5 冷温水発生機のエネルギー使用量の検討

平成21年9月に冷暖房装置を、熱効率の良い吸収式冷温水発生機に更新したので、エネルギー使用量について検討した。

また、平成23年度における夏季及び冬季の電力使用量についても検討を行った。

5.1 機器更新前後の灯油使用量比較

機器の仕様によると、燃焼能力が73.3L/hから64.2L/hに変更になっており、更新前後の年度における、月毎の灯油使用量の実績から比較検討を行った(図14)。

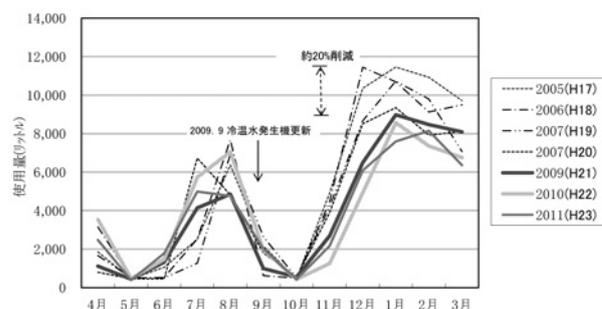


図14 機種変更前後の灯油使用量の比較

平成21年度は9月から灯油使用量が減少し、冬季においては、過去4年間と比較して、現有器は旧機器より約20%の灯油使用量が削減されていると推定された。

また、現有機の仕様では、灯油使用量は、冷房時40.4L/h、暖房時64.2L/hと暖房時の方が多く、しかも、温度設定は、夏季が冷温水出口の温度設定が10℃、冬季は50℃となっており、冬季の方が外気温から設定値に達するまでの温度差が大きいため、冬季の方が夏季より灯油使用量が多いことが分かった。

5.2 夏季及び冬季における電力使用量の経時変化

運転記録から、平成23年度における夏季最大日(8/8(月))及び最小日(7/31(日))並びに冬季最大日(H24.2/1(水))及び最小日(12/4(日))の電力使用量の日変動について図15に示した。夏季は冬季より電力使用量が大きく、夏季及び冬季の最大日は午前7時30分の冷温水発生機の稼働時から著しく上昇し、午後4時30分から著しく減少する時間サイクルが見られた。一方、夏季及び冬季の機器稼働の少ない日曜日は、時間変

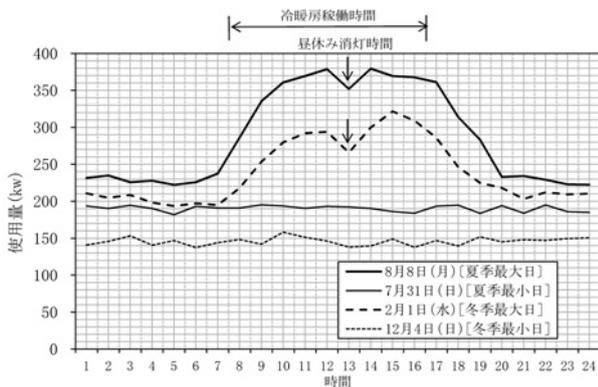


図15 夏季及び冬季における電力使用量の最大と最小日の経時変化(H23)

動がほぼ一定で、夏季では約190kw、冬季では約140kwが最小電力のベースであることが分かる。また、夏季においては電力使用量が大きいため、運転監視室では、契約最大電力を毎日監視し、節減に努めている。

なお、平日の夏季及び冬季の最大日に昼時間において約30kwの電力低下が見られるのは、昼休みの消灯効果によるものである。

6 内部コミュニケーションについて

当センターは、組織上4部1課11グループで構成され、職員室や試験室が分散している事から、職員への環境関連情報の伝達が十分に行き渡らず、周知不足が見られた。平成23年度内部環境監査ではこの点が観察事項となり、各自のパソコンのポータルサイトに『センターISO環境ニュース』のサイトを設け、ISO14001の達成状況の検索をよりスピーディにし、センターの環境マネ



図16 提案箱の設置について

ジメントシステムにおけるトピックス的な話題を掲載するなど、周知手段の改善を図った。また、職員室6ヶ所に『提案箱』を設け(図16)、ISO14001や緊急事態対応訓練の運用上の問題点について直接投入や、四半期毎に全職員にメールで意見を募集し、継続的な改善を図って行くことにしている。

7 まとめ

- (1) 数値項目は、環境研究の5テーマ以上実施、公用車の燃料使用量、水使用量及び環境にやさしい製品の使用については目標値を達成した。しかし、国際環境協力の推進、電気・灯油使用量及び可燃ごみや用紙類使用量の削減については、中国研修生の受入人数や期間の減少、天候による影響及び内部コミュニケーション不足により目標値未達成の年があった。
- (2) 電力量の推定内訳は、24時間稼働機器が55%、照明・コンセント負荷(平日)31%、平日業務に伴う稼働機器6%、照明・コンセント負荷(休日)4%、暖房及び冷房稼働機器の割合はそれぞれ2%であり、24時間稼働機器に課題があると考えられた。
- (3) 灯油使用量の推定内訳は、集中管理暖房用が59%、集中管理冷房用が30%、給湯用ボイラーが11%で、暖房用が冷房用の約2倍大きいことから、灯油使用量の削減は冬季において行うのが効果的である。
- (4) 電気使用量は冬季より夏季の方が、灯油使用量は夏季より冬季の方が多く、冷温水発生機の更新により灯油使用量が冬季において、約20%削減されていると推定された。
- (5) 内部コミュニケーションの手段として、「センターISO環境ニュース」により情報の共有化を図るとともに、「提案箱」による職員からの意見を募集し、運用面における継続的改善に繋げたい。

文 献

- 1) 石川県環境総合計画：102-108, 130-132 石川県(2005)
- 2) 竹野祐治, 加藤充哉：環境マネジメントシステム(ISO14001)の取組みと効果—環境目標の設定とその運用結果について(第1報), 石川県保健環境センター研究報告書, 37, 96-104(2000)

〔資料〕

石川県におけるインフルエンザの流行状況

- 2011/2012シーズン -

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

〔和文要旨〕

2011/2012シーズンの石川県におけるインフルエンザの流行状況は、集団かぜの発生が184施設、患者数3,577人であり、過去5シーズンと比較すると施設数は同程度であったが、患者数は少なかった。一方、感染症発生動向調査のインフルエンザ患者累積報告数は、17,350人であり、過去5シーズンと比較すると、2009/10シーズンに次いで多い患者報告数であった。

インフルエンザ様の症状を呈する患者から採取された76検体について、インフルエンザウイルスの遺伝子検出検査を実施した結果、50検体(65.8%)からA型H3HA遺伝子、20検体(26.3%)からB型Ns遺伝子が検出された。また、同検体について実施したウイルス分離培養検査では、A香港型32株(64.0%)、B型Victoria系統15株(32.7%)、B型山形系統3株(6.0%)が分離された。ワクチン株との比較のために実施したこれら分離株のHA抗原性状解析の結果では、A香港型の約3割がホモ価から8倍以上の反応性低下を示したが、B型Victoria系統、B型山形系統はいずれもワクチン株、参照株に類似であった。また、HA遺伝子解析の結果、A香港型はVictoria/208クレード、B型Victoria系統はクレード1、B型山形系統はクレード2に属しており、分離したA香港型32株はいずれもオセルタミビル耐性マーカーであるR292K、E119Vを保有していなかった。

キーワード：インフルエンザウイルス

1 はじめに

わが国におけるインフルエンザウイルスの分離及び抗原解析は、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。なお、ウイルスの分離・検出状況ならびに抗原解析等の検査結果は国に提供し、次シーズンワクチン株の参考資料として活用されている。

本報では、2011/2012(以下、2011/12)シーズンの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

の抗原性状等について報告する。

なお、感染症発生動向調査事業におけるインフルエンザ患者発生報告およびインフルエンザウイルス検査は通年実施し、国立感染症研究所(以下、感染研)に報告している。感染研ではインフルエンザのシーズンを9月から翌年の8月としていることから、本報では、基本的にシーズンの区切りを第35週から翌年の第34週までとした。

しかし、2009年は例年と大きく異なり、第26週(6月22日～28日)に初めて石川県におけるインフルエンザ(H1N1)2009(以下、H1N1pdm09)患者の発生があり、その後2010年第18週(5月3日～9日)まで継続して患者報告があったことから、変則的に2008/09シー

Prevalence of Influenza during 2011-2012 in Ishikawa. by KODAMA Hiroe, TANIMURA Mutsumi and HASHIMOTO Kiyokazu (Health and Food Safety Department, Ishikawa Prefectural Institute of Public Health and Environmental Science)

Key words : Influenza virus

ズンは2008年第35週から2009年第25週まで、2009/10シーズンは2009年第26週から2010年第34週までとした。

一方、本稿における種々の集計は、作成時期の都合上、2011年第35週（8月29日～9月4日）から2012年第26週（6月25日～7月1日）までとした。

2 材料と方法

2・1 患者発生状況

(1) 集団かぜ患者発生状況

県健康推進課が実施している、学校などを対象とした「インフルエンザ様疾患発生報告」により把握した。

(2) インフルエンザ患者発生状況

感染症発生動向調査事業における県内48定点（インフルエンザ定点19、小児科定点29）医療機関（以下、定点）を対象としたインフルエンザ患者報告数により把握した。

2・2 ウイルス検査

(1) 材 料

ア 集団かぜ

集団かぜ発生状況報告およびインフルエンザ様症状患者の集団発生報告（以下、集団発生報告）に伴い、保健所管内毎（県内5カ所）に、それぞれの初発事例について、1事例につき2人の患者から咽頭ぬぐい液を採取し検体とした。なお、2004年までは、インフルエンザ施設別発生状況報告に併せて、児童、生徒から検体を採取し、インフルエンザウイルス分離を実施していたが、抗インフルエンザウイルス薬の普及により年々ウイルスの分離率が低下したことから2005年から検体採取の実施が中止されていた経緯がある。今回実施した集団発生報告に伴う検体採取は、2009年に発生したH1N1pdm09の流行を受け、H1N1pdm09再流行の早期探知を目的として2010年から再び実施されたものである。

イ 感染症発生動向調査事業

感染症発生動向調査事業に基づき、県内5カ所（インフルエンザ定点1、小児科定点4）のインフルエンザ病原体定点医療機関（以下、病原体定点）にて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。採取については、感染症発生動向調査事業におけるインフルエンザ患者報告数が、定点あたり1.0を超えるまでは病原体定点を受診したインフルエンザ様患者全てから、1.0を超えた後は病原体定点ごとに1週間あたり1人とした。その他、石川県感染症発生動向調査実施要綱の一部改正¹⁾に伴い、平成23年9月5日からは、県内5カ所の基幹定点にてインフルエンザ様患者と診断された入院患者から採取された検体について、診断した医師から検査依頼のあった場合についても同様に検査を実施した。

(2) 検査方法

ア インフルエンザウイルスの遺伝子検出

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）、Sw H1 HA遺伝子（インフルエンザ（H1N1）2009ウイルス、以下H1N1pdm09）、H1 HA遺伝子（Aソ連型インフルエンザウイルス）、H3 HA遺伝子（A香港型インフルエンザウイルス）、B型NS遺伝子（B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7500Fast（アプライドバイオシステムズ社製）を使用し、インフルエンザ診断マニュアル（第2版）（以下診断マニュアル²⁾）に従い実施した。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 分離ウイルス型別とHA抗原性状

ワクチン株との比較を目的に、国立感染症研究所より分与された2011/12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0.75%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、分離株の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、2011/12シーズンワクチン株ウイルスのA/California/7/2009pdm（H1N1pdm09）、A/Victoria/210/2009（H3N2: A香港型）、B/Brisbane/60/2008（Victoria系統株）および参照株ウイルスB/Bangladesh/3333/2007（山形系統株）計4株である。また、ワクチン株とそのワクチン株に対する抗血清との間のHI価をホモ価とし、分離株のHI価がホモ価の4倍以内にあるものを類似株とした。

エ HA遺伝子解析

A香港型6株、B型Victoria系統3株、B型山形系統3株について、診断マニュアルに従ってHA遺伝子領域の塩基配列解析を行った。まず、RT-PCR法により分離株のHA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。次に、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、日本DNAデータバンク（DDBJ）のClustalWプログラムを用い、比較近隣結合法（neighbor-joining method）により系統樹解析を実施した。なお、アミノ酸配列解析は

European Molecular Biology Laboratory (EMBL) の Sequence Translation を用いた。また、ワクチン株や参照株の塩基配列は The Global Initiative on Sharing All Influenza Data (WHO インフルエンザ協力センターが解析) から入手した。

オ オセルタミビル耐性株検出

A 香港型 32 株について、診断マニュアルに従ってオセルタミビル耐性株の検出を実施した。すなわち、RT-PCR 法により A 香港型の NA 遺伝子を増幅し、エと同様に塩基配列、アミノ酸配列の決定を行い、オセルタミビル耐性遺伝子マーカー R292K, E119V の検索、同定を行った。

3 結 果

3・1 患者発生状況

(1) 集団かぜ患者発生状況

「インフルエンザ様疾患発生報告」によると、2011 年第 35 週以降、最初に発生した集団かぜは、2012 年第 3 週 (1 月 16 日～1 月 22 日) に報告のあった 8 施設であった。その後、施設数、患者数ともに急増し、第 4 週 (1 月 23 日～1 月 29 日) にピーク (45 施設、1,093 人) となり、その後、減少した (図 1)。

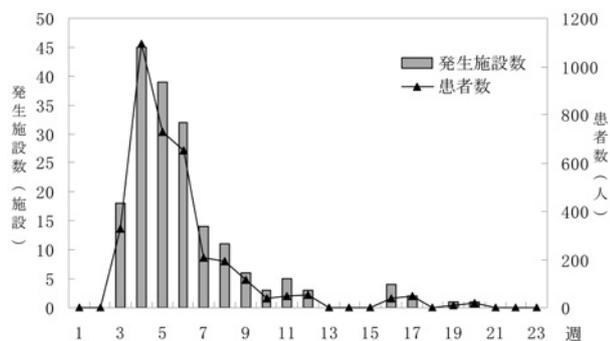


図 1 集団かぜの発生施設数と患者数 (2012 年)

集団かぜの発生は合計で 184 施設、3,577 人であり、過去 5 シーズン (2006/07 : 132 施設, 9,212 人³⁾, 2007/08 : 129 施設, 9,021 人⁴⁾, 2008/09 : 137 施設, 8,147 人⁵⁾, 2009/10 : 465 施設⁶⁾, 7,036 人, 2010/11 : 93 施設, 1,694 人⁷⁾ の平均 (191.2 施設, 7,022 人) と比較し、施設数は同程度であったが、患者数は少なかった。

(2) インフルエンザ患者発生状況

感染症発生動向調査事業におけるインフルエンザ患者報告は、2011 年 42 週 (10 月 10 日～10 月 16 日) にはじまった。定点あたり患者数が 1.0 を超えたのは 2011 年第 52 週 (12 月 26 日～1 月 1 日) であり 1.0 人であった。その後患者数の増加がみられ、第 5 週 (1 月 30 日～2 月 5 日) にピークとなり (定点あたり患者数 55.7 人)、その後減少した (図 2)。

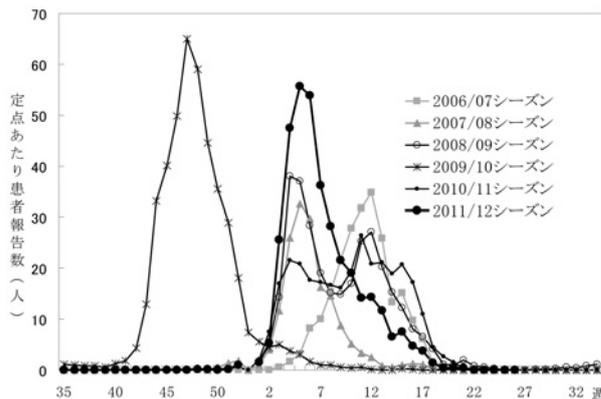


図 2 感染症発生動向調査におけるインフルエンザの患者発生状況 (2006/07 シーズン～2011/12 シーズン)

2011 年第 35 週から 2012 年第 26 週までの累積患者報告数は 17,350 人であり、感染症発生動向調査事業による過去 5 シーズンのインフルエンザ報告数 (2006/07 ; 10,995 人, 2007/08 ; 7,980 人, 2008/09 ; 15,227 人, 2009/10 ; 21,007, 2010/11 ; 14,557) と比較し、H1N1pdm09 の発生があった 2009/10 シーズンに次いで多い患者報告数であった。

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

ア 集団発生報告

集団発生報告に伴い、第 3 週 (1 月 16 日～22 日) に 5 事例 9 検体について検査を実施した。このうち 5 検体 (55.6%) から H3 HA 遺伝子が検出されたが、4 検体からはいずれのインフルエンザ遺伝子も検出されなかった。

イ 感染症発生動向調査事業

病原体定点、基幹定点から、67 人について検体の提出があり遺伝子検出を実施した (図 3)。

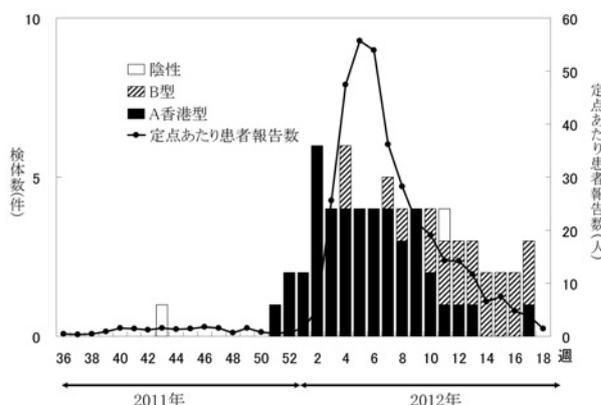


図 3 インフルエンザウイルスの遺伝子検出結果 (検体採取週別)

2011/12 シーズン初めての検体搬入は、2010 年 10 月 26 日 (第 43 週) であった。本検体は、医療機関で実施したインフルエンザ迅速診断キットの結果から B 型インフルエンザに感染していると診断された患者から採取さ

れた鼻汁であったが、遺伝子検査の結果、いずれのインフルエンザウイルス遺伝子も検出されなかった。その後、2012年17週（4月23日～29日）までに66検体の搬入があり、計67検体のうち65検体（97.0%）からインフルエンザウイルス遺伝子が検出されたが、2検体（3.0%）からはいずれの遺伝子も検出されなかった。

検出されたインフルエンザウイルス遺伝子の内訳は、H3 HA 遺伝子45検体（69.2%）、B型 NS 遺伝子20検体（30.8%）であった。

第3週（1月16日～22日）まではH3 HA 遺伝子が優位に検出されたが、第4週（1月23日～29日）以降はB型 NS 遺伝子も検出されるようになり、第11週（3月12日～18日）以降はB型 NS 遺伝子が優位に検出された。

（2）インフルエンザウイルス分離

前記（1）と同様の76検体（集団発生報告；9検体、感染症発生動向調査事業；67検体）全てについてウイルス分離検査を実施したところ、感染症発生動向調査事業により提出された50検体からのみインフルエンザウイルスを分離した（分離率65.8%）が、26検体からはいずれのインフルエンザウイルスも分離できなかった。

（3）分離ウイルス型別とHA 抗原性状

分離したインフルエンザウイルス50株の内訳は、A 香港型（H3N2）が32株（64.0%）、B型 Victoria 系統が15株（30.0%）、B型山形系統が3株（6.0%）であった。B型山形系統が分離された検体はいずれも、同一管内の医療機関で2012年第14週（4月2日～8日）から第16週（4月16日～22日）にかけて採取されたものであった。

分離したA 香港型32株のHA 抗原性状は、ワクチン株であるA/Victoria/210/2009のホモ価が640であったのに対して、HI 価80が11株（34.4%）、160が21株（65.6%）であり、ホモ価から8倍以上の反応性低下を示した株が約3割認められた（図4）。

一方、B型 Victoria 系統15株のHA 抗原性状は、ワクチン株であるB/Brisbane/60/2008（Victoria 系統）のホモ価が640であったのに対して、HI 抗体価160が10株（66.7%）、320が5株（33.3%）であり、すべてがワクチン株に類似であった（図4）。

A 香港型 (32株)		B型 Victoria 系統 (15株)		B型山形系統 (3株)	
分離株 抗HI価 (ホモ価:640)	分離株数	分離株 抗HI価 (ホモ価:640)	分離株数	分離株 抗HI価 (ホモ価:1280)	分離株数
160	21 (65.6%)	320	5 (33.3%)	320	3 (100.0%)
80	11 (34.4%)	160	10 (66.7%)	計	3 (100.0%)
計	32 (100.0%)	計	15 (100.0%)		

*ホモ価: ワクチン株とそのワクチン株に対する抗血清との間のHI価

図4 分離株の抗原性状 (HI 抗体価)

また、B型山形系統3株は、参照株であるB/Bangladesh/3333/2007（山形系統）のホモ価が1280であったのに対して、HI 抗体価がいずれも320（100%）であり、すべてがワクチン株に類似であった（図4）。

（4）HA 遺伝子解析

HA 遺伝子について遺伝子系統樹解析を行った結果、A 香港型6株はいずれもK158N, N189K, T212Aのアミノ酸変異を有するVictoria/208クレードに属していた。さらに、このうち4株はN145Sのアミノ酸変異を有するサブクレード3B、残り2株はS45N, T48I, Q33R, S278Kのアミノ酸変異を有するサブクレード3Cに属していた（図5）。

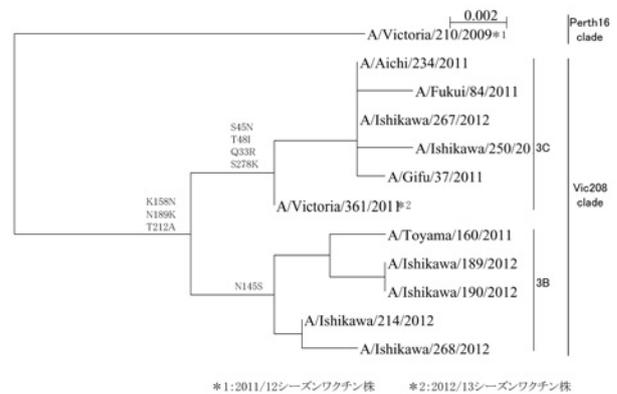


図5 A 香港型インフルエンザウイルスHA 遺伝子解析

B型 Victoria 系統3株はアミノ酸配列がほぼ一致しており、アミノ酸置換N75K, N165K, S172Pを有するクレード1に属していた（図6）。

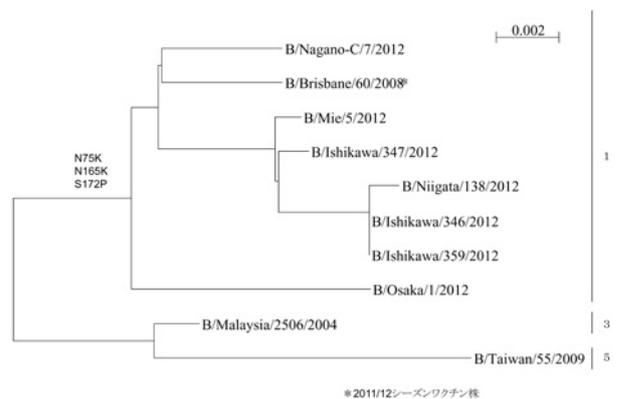


図6 B型 Victoria 系統インフルエンザウイルスHA 遺伝子解析

B型山形系統株3株もアミノ酸配列がほぼ同様であり、アミノ酸置換P108Aを有するクレード2に属し、さらに、アミノ酸置換R48K, T181Aを有していた（図7）。

（5）オセルタミビル耐性株検出状況

分離したA 香港型32株についてオセルタミビル耐性マーカーであるR292KおよびE119Vの検索を実施した

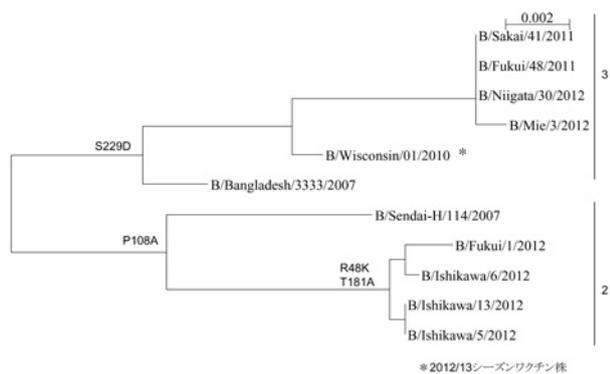


図 7 B 型山形系統インフルエンザウイルス HA 遺伝子解析

結果、本マーカーを保有する株は検出されなかった。

4 考 察

(1) インフルエンザ患者発生状況

2011/12 シーズンのインフルエンザ患者報告数は第 5 週をピークとする一峰性を示し、累積患者報告数は過去 5 シーズンと比較すると、H1N1pdm 流行のみられた 2009/10 シーズンに次いで多かった。感染症発生動向調査事業における病原体定点にて採取された検体についてインフルエンザウイルスの遺伝子検出を実施した結果、第 3 週までは H3 HA 遺伝子が、第 11 週以降は B 型 NS 遺伝子が優位に検出されたことから、前半の流行は主に A 香港型、後半の流行は主に B 型インフルエンザによるものであると思われる。

分離されたウイルスの HA 抗原性状を解析した結果、A 香港型については、ワクチン株のホモ価に対して 8 倍以上の反応性低下を示した株が約 3 割認められた。HA 遺伝子について遺伝子系統樹解析を行った結果、A 香港型は Victoria/208 クレードに属しており、サブクレード 3B、3C に分類され、全国でも同様の傾向がみられていた⁸⁻¹¹⁾。

B 型については、Victoria 系統株の他、限局された地域、期間で山形系統株も分離された。石川県における山形系統株の分離は 2008/09 シーズン以来であり⁵⁾、全国でも 2011/12 シーズンは Victoria 系統株と山形系統株が混合流行した。その比率は 2 : 1 であり、2010/11 シーズンの 9 : 1 に比較すると山形系統株の割合が大きく増加している¹¹⁾。近隣諸国での系統比率は国ごとに異なっている¹¹⁾ことから、今後どちらの系統株が主流になるのか、今後の流行状況を注視する必要がある。さらに、石川県で分離された山形系統株はいずれもクレード 2 に属していたが、2012/13 シーズンワクチン株 B/Wisconsin/01/2010 は G229D、S150I、N165Y 変異を持つクレード 3 であり、全国でも同様のアミノ酸変異を持つ株が報告されていることから、併せてその動向を注意深く監視

する必要がある。

(2) オセルタミビル耐性株

国立感染症研究所感染症情報センターは、2010/11 シーズンに全国で分離された H1N1pdm09 分離株 3,844 株のうち 78 株 (2.0%)、A 香港型 135 株のうち 1 株 (0.7%) がオセルタミビル耐性株であったと報告している¹²⁾。

今回我々は、2011/12 シーズンに石川県で分離した A 香港型 32 株についてオセルタミビル耐性マーカーである R292K および E119V の検索を実施した結果、本マーカーを保有する株は検出されなかった。

国内における薬剤耐性株の発生状況を迅速に把握し、速やかに情報提供することは公衆衛生上極めて重要であることから、H1N1pdm09 における H275Y 耐性マーカーの検索とあわせて、今後も A 香港型を対象とした R292K、E119V 耐性マーカーの検索も継続してモニタリングする必要がある。

5 ま と め

(1) 集団かぜ患者発生状況

集団かぜ発生施設数は 184 施設、患者数は 3,577 人であり、過去 5 シーズンの平均と比較し、施設数は同程度であったが、患者数は少なかった。

(2) インフルエンザ患者発生状況

インフルエンザサーベイランスによるインフルエンザ累積患者報告数は 17,350 人であり、これは過去 5 シーズンのインフルエンザ報告数と比較すると、H1N1pdm09 の発生であった 2009/10 シーズンに次いで多い患者報告数であった。

(3) インフルエンザウイルスの遺伝子検出状況

76 検体についてインフルエンザウイルスの遺伝子検出を実施し、50 検体 (65.8%) から H3 HA 遺伝子、20 検体から B 型 NS 遺伝子 (26.3%) を検出した。

(4) 分離ウイルス型別と HA 抗原性状

76 検体についてインフルエンザウイルスの分離を実施し、A 香港型ウイルス 32 株 (64.0%)、B 型 Victoria 系統ウイルス 15 株 (30.0%)、B 型山形系統ウイルス 3 株 (6.0%) を分離した。これらについて HA 抗原性状解析を実施した結果、A 香港型ウイルスの約 3 割はホモ価から 8 倍以上の反応性低下を示した株であったが、B 型 Victoria 系統ウイルス、B 型山形系統ウイルスについては、いずれもワクチン株に類似であった。

(5) HA 遺伝子解析

HA 遺伝子について遺伝子系統樹解析を行った結果、A 香港型 6 株はいずれも K158N、N189K、T212A のアミノ酸変異を有する Victoria/208 クレードに属していた。B 型 Victoria 系統 3 株は、いずれもアミノ酸置換 N75K、N165K、S172P を有するクレード 1 に属してお

り，B型山形系統3株はアミノ酸置換P108Aを有するクレード2に属していた。

(6) オセルタミビル耐性株検出状況

分離されたA香港型32株について，オセルタミビル耐性株の検索を目的にオセルタミビル耐性マーカーR292KおよびE119Vの検索を実施したが，いずれも本マーカーを保有していなかった。

文 献

- 1) 石川県健康福祉部長通知：石川県感染症発生動向調査実施要綱の一部改正について，平成23年8月24日
- 2) 国立感染症研究所：インフルエンザ診断マニュアル(第2版)(2012)
- 3) 倉本早苗，黒崎直子，大矢英紀，尾西一：石川県におけるインフルエンザ流行状況(2006/2007シーズン)，石川県保健環境センター研究報告書，**44**，28-30(2007)
- 4) 倉本早苗，大矢英紀，尾西一：石川県におけるインフルエンザ流行状況(2007/2008シーズン)，同上誌，**45**，53-55(2008)
- 5) 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)，同上誌，**46**，35-38(2009)
- 6) 児玉洋江，倉本早苗，杉森耕益，尾西一：石川県におけるインフルエンザ流行状況(2009/2010シーズン)，同上誌，**47**，38-46(2010)
- 7) 児玉洋江，谷村睦美，橋本喜代一：石川県におけるインフルエンザ流行状況(2010/2011シーズン)，同上誌，**48**，35-41(2010)
- 8) 国立感染症研究所：病原微生物検出情報，**33**，67-68(2012)
- 9) 国立感染症研究所：病原微生物検出情報，**33**，68-69(2012)
- 10) 国立感染症研究所：病原微生物検出情報，**33**，94-95(2012)
- 11) 国立感染症研究所：病原微生物検出情報，**33**，95-97(2012)
- 12) 国立感染症研究所：抗インフルエンザ薬剤耐性株(A/H1N1pdm)検出情報，<http://idsc.nih.go.jp/iasr/graph/tamiful10-11.gif>，2011年11月2日

〔資料〕

石川県における揮発性有機化合物の地下水汚染について

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・橋本 潤子

〔和文要旨〕

本県における揮発性有機化合物による地下水の定期モニタリング調査で、平成19年度～23年度の過去5年間に継続的な検出がみられた項目がある井戸を対象に、調査開始年度から継続的な検出がみられた項目についての経年的な濃度変化について解析した。その結果、調査井戸のうち浄化対策を実施している事業所の5井において、過去に環境基準超過があった項目で、浄化効果が確認された。また、以前からテトラクロロエチレン、トリクロロエチレン、1,1,1-トリクロロエタン等の分解生成物として調査項目となっている1,1-ジクロロエチレン、シス-1,2-ジクロロエチレンに加えて、新たに環境基準値が設定された1,2-ジクロロエチレンの分解生成物である塩化ビニルモノマーによる継続的な検出がみられた井戸では、前駆物質による継続的な汚染が多くの井戸でみられた。また、分解生成物が前駆物質にくわえて検出されるようになった井戸もみられたことから、地下水中で汚染原因物質の分解が進んでいると考えられる。

キーワード：揮発性有機化合物、メッシュ、地下水汚染

1 はじめに

平成元年度以降、水質汚濁防止法（昭和45年法律第138号）第15条第1項の規定に基づき、都道府県知事は地下水の水質汚濁の状況を常時監視することとされている。本県では毎年「水質測定計画」を作成し、これに従って概況調査（地下水汚染を発見するために地域をメッシュ等に分割し調査区域を選定して順次調査を行うローリング方式による調査）、汚染井戸周辺地区調査（概況調査等で新たに明らかになった汚染について汚染範囲の確認等のために実施）、定期モニタリング調査（汚染井戸周辺地区調査で汚染が明らかになった対象井戸について、継続的に監視を行うための調査）を行い、県内の地下水の汚染状況を常時監視している¹⁾。

本報では、定期モニタリング調査において平成19年～23年度の5年間（以下、「過去5年内」という。）に同一項目の揮発性有機化合物が継続的に検出された調査井戸（以下、「調査井戸」という。）を対象に、調査開始

年度から継続的に検出された項目による地下水汚染の経年変化についてとりまとめた。

2 調査方法

2・1 調査井戸

概況調査及び定期モニタリングの調査井戸の選定法は、前報²⁾のとおりである。調査井戸は、定期モニタリング調査の対象となった井戸のうち、過去5年内に同一項目の揮発性有機化合物が継続的に検出された井戸とした。

2・2 調査項目

調査項目は、過去5年内に同一井戸において継続的な検出があった揮発性有機化合物であるテトラクロロエチレン、トリクロロエチレン、1,1,1-トリクロロエタン、1,1-ジクロロエチレン、1,2-ジクロロエチレン、シス-1,2-ジクロロエチレン及び塩化ビニルモノマーの7項目並びに参考項目のトランス-1,2-ジクロロエチレンである。

これらの報告下限値、環境基準値及び関連法規を表1にまとめた。

Trends of Groundwater Pollution by Volatile Organic Compounds in Ishikawa Prefecture. by OKADA Makiko, INOUE Kazuyuki and HASHIMOTO Junko (Environmental Science Department, Ishikawa Prefectural Institute of Public Health and Environmental Science)

Key words : Volatile organic compounds, Mesh, Groundwater pollution

表1 過去5年以内に継続的な検出があった項目の環境基準、報告下限値及び関連法規

過去5年間で継続的な検出がみられた項目	平成21年度までの環境基準 (mg/L)	平成22年度からの環境基準 (mg/L)	報告下限値 (mg/l)	基準等の改正事項	関連法規
テトラクロロエチレン	0.01		0.0005	変更なし	<ul style="list-style-type: none"> ●改正水質汚濁防止法 (平成元年10月1日施行) ●環境基本法 (平成5年11月19日施行) ●地下水の水質汚濁に係る環境基準について (平成9年3月13日環境庁告示第10号)
トリクロロエチレン	0.03		0.002		
1,1,1-トリクロロエタン	1		0.0005		
1,1-ジクロロエチレン	0.02	0.1	0.002	平成22年度より環境基準値 0.02mg/L→0.1mg/L	<ul style="list-style-type: none"> ●地下水の水質汚濁に係る環境基準について (平成9年3月13日環境庁告示第10号) ●地下水の水質汚濁に係る環境基準について (一部を改正する件) (平成21年11月環境省告示79号)
1,2-ジクロロエチレン	—	0.04	0.004 (平成22年度から)	平成22年度より現行のシス-1,2-ジクロロエチレンにかわり、1,2-ジクロロエチレン (シス体及びトランス体の和) を新たに地下水環境基準項目として追加 (シス体及びトランス体のどちらかが報告下限値以下のときは、測定結果に0.002を加えた値となる。)	
シス-1,2-ジクロロエチレン	0.04	—	0.002		
トランス-1,2-ジクロロエチレン (参考)	—	—	0.002		
塩化ビニルモノマー	—	0.002	0.0002 (平成22年度から)	平成22年度より地下水環境基準項目として追加	

□: 平成21年11月環境省告示79号により変更があった項目

2・3 分析法

試料の分析は「地下水の水質汚濁に係る環境基準について」(平成9年3月環境庁告示第10号, 平成21年11月環境省告示第79号)に準じ、「P&T-GC/MS法」(P&T部: ジーエルサイエンス社製 AQUA PT 5000J, GC/MS部: サーマエレクトロン(株)社製 Polalis Q型)で行った。

3 調査結果

調査井戸における, 調査開始年度から継続的な検出があった項目についての汚染濃度の推移を表2に示した。定期モニタリング調査は季節の変動を考慮し, 夏季と冬季の年2回行っているが, 平成13年度以前の測定結果は年平均値として表現している。また, 調査井戸があるメッシュの位置を図1に示した。表2の測定結果のうち,

汚染浄化対策(揚水又は曝気等)を実施した井戸³⁾(以下, 「浄化対策井戸」という。)及び過去5年以内で環境基準値超過がみられた井戸について, 濃度の経年変化をグラフ化したものを図2に示した。表2及び図2から, 調査井戸の過去5年以内及び平成18年以前での継続的な汚染があった項目を, 環境基準値超過ありなしで区別して表3に示した。

3・1 テトラクロロエチレン

表3より, 環境基準値 (0.01mg/L) 超過が確認された井戸は, 平成18年度以前ではメッシュ14,15,35の各1井, メッシュ32,36,77の各2井で計9井, 過去5年以内ではメッシュ77の2井であった。環境基準値 (0.01mg/L) 以下での継続的汚染は, 平成18年度以前ではメッシュ14の1井, メッシュ36の2井, メッシュ35の5井で計8井, 過去5年以内ではメッシュ14,17,77の各1井, メッシュ32の3井, メッシュ36の4井, メッシュ35の6井で計16井であった。

浄化対策井戸であるメッシュ32-2を含み, 過去5年以内の調査結果で平成18年度以前に比べて環境基準値超過がなくなった井戸は8井(メッシュ14-1, メッシュ15, メッシュ32-1, メッシュ32-2, メッシュ35-8, メッシュ36-1, メッシュ36-3, メッシュ77-3)であった。

3・2 トリクロロエチレン

表3より, 環境基準値 (0.03mg/L) 超過が確認された井戸は, 平成18年度以前ではメッシュ51,59の各1井, メッシュ14の3井で計5井, 過去5年以内ではメッシュ14,59,77で各1井の計3井であった。環境基準値 (0.03mg/L) 以下での継続的汚染は, 平成18年度以前ではメッシュ14,17,35の各1井, メッシュ77の2井の計5井, 過去5年以内ではメッシュ17,40の各1井, メッシュ14,35の各2井の計6井であった。

浄化対策井戸であるメッシュ14-4, メッシュ59は過去5年以内でも環境基準値超過がみられた。また, 浄化対策井戸であるメッシュ14-3を含み, 過去5年以内の調査

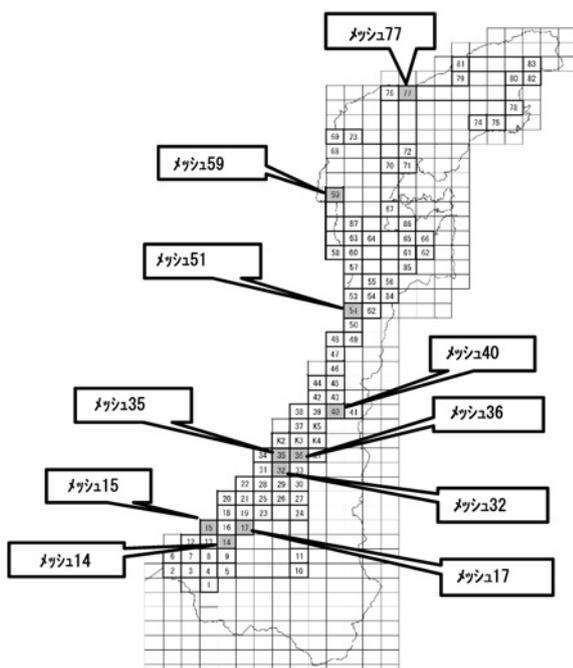


図1 過去5年以内に継続的な検出があった井戸があるメッシュの位置

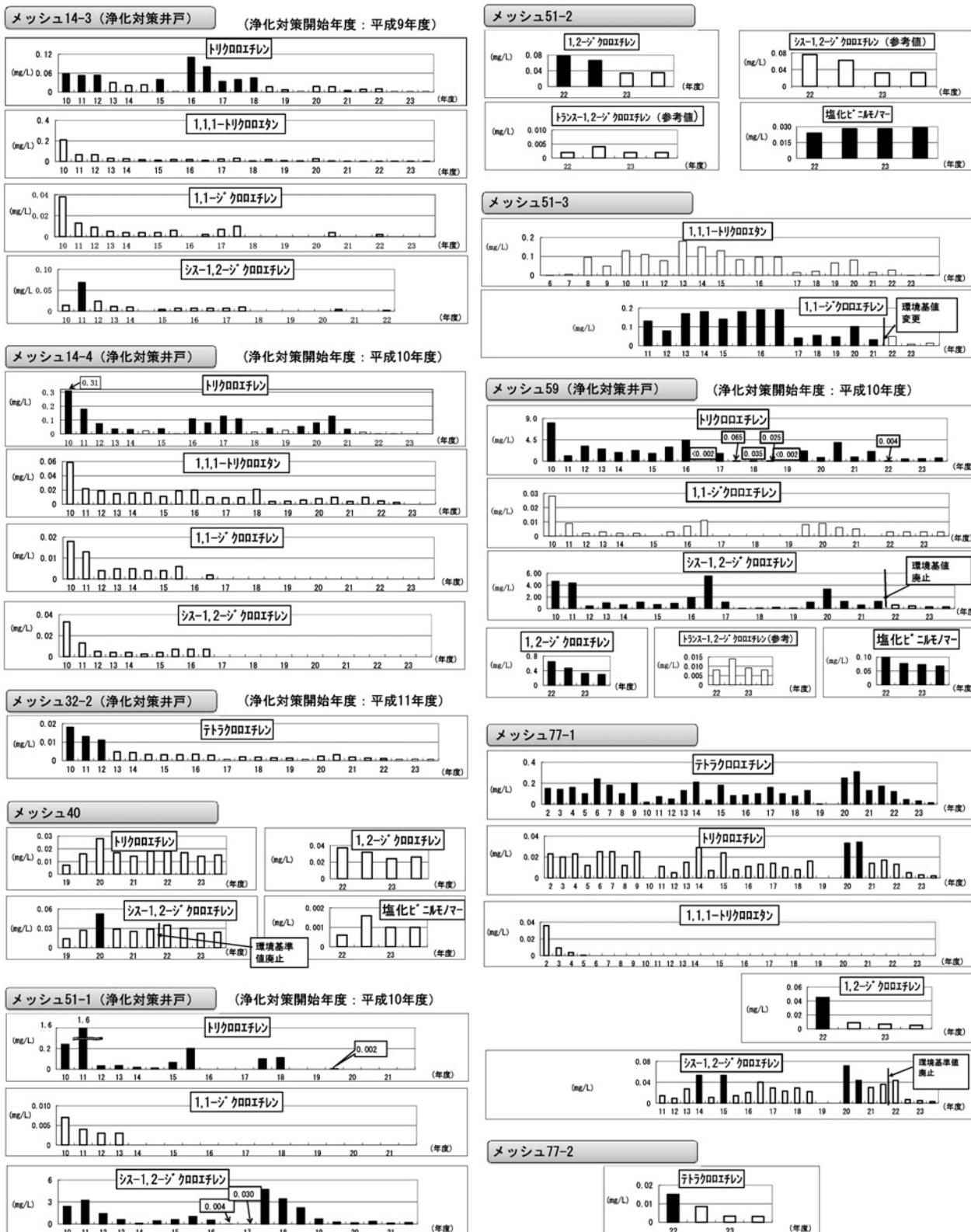


図2 浄化対策井戸と過去5年以内に継続的な検出及び環境基準値超過がみられた井戸

結果で平成18年度以前に比べて環境基準値超過がなくなった井戸は2井（メッシュ14-2, メッシュ14-3）であった。

メッシュ77-1は図2より平成18年度以前も環境基準値以下ながら継続的に検出されていたが、平成19年度は検出下限値未満となり、平成20年度には、一転して高濃度検出となり環境基準値超過であった。

3・3 1,1,1-トリクロロエタン

すべて環境基準値（1mg/L）以下での継続的汚染であった。平成19年度以降に継続的汚染がなくなった井戸がメッシュ14,15,32,35,77の各1井、メッシュ36の2井で計7井、以降も継続的汚染が続いている井戸はメッシュ51で1井、メッシュ14で3井、メッシュ35で4井の計8井であった。

浄化対策井戸であるメッシュ14-3, メッシュ14-4は、過去5年内でも継続的汚染があるが、図2より経年的に汚染濃度の低下がみられた。

3・4 1,1-ジクロロエチレン

平成22年度より環境基準値が0.02mg/Lから0.1mg/Lに改正された。表2及び表3より、環境基準値が0.02mg/Lの平成18年度以前で環境基準値超過があった井戸はメッシュ14-3, メッシュ51-3, メッシュ59の3井で、そのうち浄化対策井戸は、メッシュ14-3とメッシュ59の2井であった。メッシュ51-3は平成21年度までの検出値がすべて環境基準値（0.02mg/L）超過であったが、環境基準値改正後の平成22年度からは環境基準値（0.1mg/L）以下の扱いとなった。浄化対策井戸のメッシュ14-3では、過去5年内での継続的検出がなくなり、メッシュ59では、図2より経年的に検出濃度が低下傾向にあった。浄化対策井戸の2井（メッシュ14-4, メッシュ51-1）、メッシュ14-5及びメッシュ35-8には、平成18年度以前で環境基準値以下の継続的検出があったが過去5年内にはなくなった。

3・5 1,2-ジクロロエチレン及びシス-1,2-ジクロロエチレン

平成22年度よりシス-1,2-ジクロロエチレンの環境基準値0.04mg/Lが廃止され、シス及びトランス異性体の和として1,2-ジクロロエチレンの環境基準値0.04mg/Lが設定された。そのため、平成21年度までの調査項目はシス-1,2-ジクロロエチレンであったものが、平成22年度からは1,2-ジクロロエチレンとなっている。

調査項目がシス-1,2-ジクロロエチレンであった平成18年度以前の環境基準値超過井戸は、メッシュ14,51,59,77の各1井で計4井であった。そのうちメッシュ14-3, メッシュ51-1, メッシュ59の3井が浄化対策実施井戸でメッシュ14-3は平成19年度以降に継続的な汚染はなかったが、その他3井では平成19年度以降及び調査

項目が1,2-ジクロロエチレンに改正後も濃度レベルは環境基準値を超過した状態が続いた。調査開始年度が平成19年度以降で継続的汚染であったメッシュ40, メッシュ51-2の2井のうちメッシュ40は調査項目が1,2-ジクロロエチレンに改正する前に環境基準値超過があった。調査項目が1,2-ジクロロエチレンに改正後の平成22年度に浄化対策井戸であるメッシュ51-1の代替井戸となったメッシュ51-2にも環境基準値超過があった。メッシュ14-2, メッシュ14-4及びメッシュ15の3井は平成18年度以前に環境基準値以下の継続的な汚染があったが、過去5年内にはなくなった。

参考値のトランス-1,2-ジクロロエチレンの検出があった井戸はメッシュ51-2及びメッシュ59の2井であった。

3・6 塩化ビニルモノマー

平成22年度より新たに環境基準値0.002mg/Lが設定された。環境基準値超過があった井戸は、平成22年度に浄化対策井戸であるメッシュ51-1の代替井戸となったメッシュ51-2及び浄化対策井戸のメッシュ59の2井であった。環境基準値以下の汚染があった井戸は平成19年度に調査開始のメッシュ40のみであった。

4 考 察

(1) テトラクロロエチレン

過去5年内に環境基準値超過があった井戸は2井でいずれもメッシュ77であった。このうちメッシュ77-1は調査開始以来、平成19年度以外はすべて環境基準値を超過していた。平成19年度に観測された濃度の不連続的变化については、平成19年3月の能登半島地震による影響の可能性が考えられた。

また表2から、過去5年内に環境基準値以下で継続的な汚染があった16井のうち浄化対策井戸のメッシュ32-2を含む9井（メッシュ14-1, メッシュ15, メッシュ32-1, メッシュ32-2, メッシュ35-8, メッシュ36-1, メッシュ36-2, メッシュ36-3及びメッシュ77-3）での濃度レベルは低下する傾向がみられた。このことから、浄化対策井戸における浄化効果が確認できたといえる。

(2) トリクロロエチレン

平成18年度以前に環境基準値超過があった5井のうち、4井（メッシュ14-3, メッシュ14-4, メッシュ51-1, メッシュ59）が浄化対策井戸であった。過去5年内にメッシュ14-3は環境基準値超過がなくなり、メッシュ51-1では継続的な汚染がなくなった。残りの2井についても環境基準値超過ではあるが濃度レベルは低下する傾向がみられた。ここでも浄化対策井戸における浄化効果が確認できた。

過去5年内に環境基準値超過があったメッシュ77-1は平成19年度に報告下限値未満となり、平成20年度に

表 3 過去 5 年以内に継続的な汚染があった調査井戸での継続的な検出項目

○：過去 5 年以内に環境基準値超過なしで検出 △：平成18年以前に環境基準値超過なしで検出
 ●：過去 5 年以内に環境基準値超過ありで検出 ▲：平成18年以前に環境基準値超過ありで検出

メッシュ	調査井戸	調査開始年 (平成)	テトラクロロ エチレン	トリクロロ エチレン	1,1,1- トリクロロエタン	1,1- ジクロロエチレン	1,2- ジクロロ エチレン	シス-1,2- ジクロロエチレン	塩化 ビニル モノマー		
14	メッシュ14-1	10	○	▲							
	メッシュ14-2	11		△	○	▲		△			
	メッシュ14-3*	10			○	▲	○	△	▲		
	メッシュ14-4*	10			●	▲	○	△	△		
	メッシュ14-5	10				△	○	△			
15	メッシュ15	10	○	▲			△		△		
17	メッシュ17-1	11			○	△					
32	メッシュ32-1	2	○	▲				△			
	メッシュ32-2*	10	○	▲							
	メッシュ32-3	19	○								
35	メッシュ35-1	10	○	△							
	メッシュ35-2	10	○	△				△			
	メッシュ35-3	10	○	△			○	△			
	メッシュ35-4	19			○						
	メッシュ35-5	13			○	△					
	メッシュ35-6	9	○	△							
	メッシュ35-7	10	○	△			○	△			
	メッシュ35-8	9	○	▲			○	△	△		
	メッシュ35-9	11					○	△			
36	メッシュ36-1	2	○	▲				△			
	メッシュ36-2	2	○	△				△			
	メッシュ36-3	16	○	▲							
	メッシュ36-4	10	○	△							
40	メッシュ40	19			○			○	●		
51	メッシュ51-1*	10				▲		△	●	▲	
	メッシュ51-2 ¹⁾	22						●		●	
	メッシュ51-3	6				○	△	●	▲		
59	メッシュ59*	10			●	▲	○	▲	●	●	
77	メッシュ77-1	2	●	▲	●	△		△	●	●	▲
	メッシュ77-2	22	●								
	メッシュ77-3	2	○	▲		△					

1)：メッシュ51-1の代替井戸 *：浄化対策井戸 二重下線：平成19年度以降に調査開始した井戸および調査開始年度
 ■：平成22年度より環境基準改正項目（詳細は表1を参照）

は、一転して調査開始以来はじめての環境基準値超過となった。これは、テトラクロロエチレンと同様に変動的な動きであり、能登半島地震による影響の可能性が考えられた。

(3) 1,1,1-トリクロロエタン

環境基準値（1 mg/L）超過が確認された井戸はなかったが、過去 5 年以内に継続的な検出がある井戸は、平成18年度以前の15井から8井と減少した。また、浄化対策井戸であるメッシュ14-3及びメッシュ14-4の2井を含む、平成18年度以前から継続的な検出があった井戸も、表2から検出濃度が減少したことがわかる。ここでも、

浄化対策井戸における浄化効果が確認できた。

(4) 1,1-ジクロロエチレン

1,1-ジクロロエチレンは塩化ビニリデンともいい⁴⁾、テトラクロロエチレン、トリクロロエチレン、1,1,1-トリクロロエタンの分解生成物である⁵⁾。

過去 5 年以内に環境基準値超過があったメッシュ51-3は、環境基準値が0.02mg/Lから0.1mg/Lに改正されたことにより環境基準値以下の扱いとなった。過去 5 年以内では、平成18年度以前に環境基準値超過があった浄化対策井戸である2井のうち、メッシュ14-3は継続的な検出がなくなり、メッシュ59は環境基準値超過がなっ

たことから、浄化対策井戸での浄化効果が確認できた。また、1,1-ジクロロエチレンによる継続的な汚染があった井戸には、すべて前駆物質（テトラクロロエチレン、トリクロロエチレン、1,1,1-トリクロロエタン）のいずれかの汚染がみられた。

(5) 1,2-ジクロロエチレン及び

シス-1,2-ジクロロエチレン

1,2-ジクロロエチレンはトリクロロエチレンの分解生成物でシス体及びトランス体の和ではあるが、一般にトランス体はシス体に比べ検出が少なく、公共用水域における常時監視結果からは、トランス体の検出が全くみられない。地下水からの検出は、トリクロロエチレンが地下において嫌気条件で分解して生成されたものと考えられ、シス体が基準値の10%を超えて検出された地点ではトランス体が検出される可能性は完全に否定できないという報告がある⁵⁾。本研究でも、シス体が環境基準値の10%を超えて検出された浄化対策井戸のメッシュ51-1、メッシュ59の2井にのみトランス体が検出されたが、1,2-ジクロロエチレンのうちシス体のしめる比率がトランス体に比べて1桁以上高いことが明らかになった。

過去5年内でのシス-1,2-ジクロロエチレンによる汚染井戸は4井とも環境基準値を超過していた。監視項目が1,2-ジクロロエチレンに改正された後も、浄化対策井戸の2井（メッシュ51-1、メッシュ59）に、トランス体がわずかに検出されただけで、ほとんどシス-1,2-ジクロロエチレンのみが検出されるという結果であった。図2より、濃度レベルは4井とも低下傾向がみられたことから、ここでも浄化対策井戸での浄化効果が確認できた。

1,2-ジクロロエチレンによる環境基準値超過があった井戸では、前駆物質（テトラクロロエチレン又はトリクロロエチレン）の汚染もみられた。このことから、分解過程はゆっくり進むものと考えられ、異なる塩素数の化合物が同時に長期にわたって検出されるものと考えられた。

(6) 塩化ビニルモノマー

地下水における塩化ビニルモノマーによる汚染は、好気的条件下では難分解性であるとされているジクロロエチレン（1,1-ジクロロエチレン及び1,2-ジクロロエチレン）の嫌気性条件下における微生物よる分解生成物としての検出であるという知見もあり、必ずしも同物質による汚染の結果とはいえないという報告がある⁵⁾。本研究では、塩化ビニルモノマーが調査項目となった平成22年度以降汚染が明らかとなった3井には、同時に1,2-ジクロロエチレンによる汚染がみられた。このことから、3井における汚染が1,2-ジクロロエチレンの分解によると推測された。

5 まとめ

- (1) 過去5年内に同一の揮発性有機化合物が継続的に検出された調査井戸には浄化対策井戸が5井あり、依然として環境基準値超過もあったが、濃度レベルは徐々に低下しており、浄化効果が確認できた。同時に分解生成物である1,1-ジクロロエチレン、1,2-ジクロロエチレン及び塩化ビニルモノマー等の汚染がみられた。
- (2) テトラクロロエチレン、トリクロロエチレン、1,1,1-トリクロロエタンの分解生成物である1,1-ジクロロエチレンの汚染がある井戸には同時に上記前駆物質のいずれかによる汚染がみられた。また、トリクロロエチレンの分解生成物である1,2-ジクロロエチレンでも同様の結果がみられ、平成18年度以前にはトリクロロエチレンによる汚染がみられたが、過去5年内には継続的な検出もなくなり、1,2-ジクロロエチレンによる汚染のみとなった井戸もあることから、地下水中で汚染原因物質の分解が進んでいると考えられる。
- (3) 1,1-ジクロロエチレン及び1,2-ジクロロエチレンの分解生成物であり、平成22年度に新たに環境基準値が設定された塩化ビニルモノマーによる汚染がみられたすべての井戸に、1,2-ジクロロエチレンによる汚染がみられたことから、調査井戸における塩化ビニルモノマーによる汚染は、1,2-ジクロロエチレンによるものと推測された。

文 献

- 1) 橋本潤子，初瀬裕，橋田哲郎，柴野昭：石川保環研報，**40**，103-108（2003）
- 2) 岡田真規子，井上和幸，深山敏明，橋本潤子：石川保環研報，**49**，68-75（2011）
- 3) 岡田真規子，杉盛耕益，山田肇，小西秀則：環境保全・公害防止研究発表会講演要旨集，**33**，74-75（2006）
- 4) 中央環境審議会 水環境部会環境基準健康項目専門委員会（第11回）資料4：1,2-ジクロロエチレンについての整理（追加情報）：<http://www.env.go.jp/council/09water/y095-11/mat04.pdf>，平成24年10月5日
- 5) 中央環境審議会 水環境部会環境基準健康項目専門委員会（第11回）資料5：塩化ビニルモノマーについての整理（追加情報）：<http://www.env.go.jp/council/09water/y0912-01/mat0.pdf>，平成24年10月5日

〔資料〕

石川県におけるフォールアウト調査(平成23年度)

石川県保健環境センター 環境科学部

小谷口久美子・浜道 啓太・藤井 明洋
横山 暢・酒井 道則・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。また、福島第一原子力発電所事故を受けて、文部科学省がその環境への影響をモニタリングするため実施している、毎日採取の定時降下物及び陸水の核種分析を行った。その結果、定時降下物試料の1検体から福島第一原子力発電所事故由来と推定されるヨウ素-131が検出された他、1ヶ月毎採取の降下物試料からは、ヨウ素-131、セシウム-134及びセシウム-137等が検出された。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ものであるが、その後、昭和61年4月に起きた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ものである。石川県では昭和34年度から毎年実施している。

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とともに、福島第一原子力発電所事故の影響を評価するため、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23年度の文部科学省委託調査の結果(平成23年4月1日～平成24年3月31日)を述べる。

2 調査方法

2・1 調査対象

福島第一原子力発電所の事故を受けて、前年度(平成23年3月19日)に開始した毎日午前9時採取の定時降下物及び陸水の核種分析は、平成23年12月27日まで行った。平成24年1月4日から定時降下物は定時降水(降雨毎採取)に移行し、陸水は毎日定量(1.5L)採取の後、3ヶ月分まとめて核種分析を行った。

その他の調査対象は、大型水盤による降下物(1ヵ月採取)、陸水(年1回採取)、土壌(表層土壌0～5cm、下層土壌5～20cm)、農畜産物(精米、牛乳)、海産生物(ワカメ、サザエ、フクラギ)及び空間放射線量率である(調査地点については、測定結果の表を参照)。

2・2 測定方法

平成24年1月以降の定時降水は全ベータ放射能を測定し、平成23年12月までの定時降下物、1ヶ月毎採取の降下物、陸水、土壌、農畜産物及び海産生物はゲルマニウム半導体検出器による核種分析を行った。空間放射

Survey Data of Fall-out in Ishikawa Prefecture, April 2011 to March 2012. by KODANIGUCHI Kumiko, HAMAMICHI Keita, FUJII Akihiro, YOKOYAMA Mitsuru, SAKAI Michinori and KAKIMOTO Hitoshi (Environmental Science Department, Ishikawa Prefectural Institute of Public Health and Environmental Science)

Key words : Fall-out, Environmental radioactivity

表 1 定時降下物の放射能測定結果

試料名	採取場所	採取年月日	検出数/測定数	核種別放射能降下量 (MBq/km ²)			
				ヨウ素-131	セシウム-134	セシウム-137	その他の人工放射性核種
定時降下物	金沢市太陽が丘	H23.4.1~H23.12.27	1 / 271	ND~2.0	全て ND	全て ND	なし

ND : 検出されず (測定値が計数誤差の3倍を下回る場合)

表 2 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24年1月	193.0	0 / 17	ND	ND
2月	165.0	0 / 19	ND	ND
3月	136.5	3 ¹ / 14	ND~12	ND~13
年間値	494.5	3 ¹ / 50	ND~12	ND~13
平成20~22年度の測定結果		9 / 402	ND~5.3	ND~100

ND : 検出されず (測定値が計数誤差の3倍を下回る場合)

*1 : 核種分析の結果,人工放射性核種は検出されなかった。

表 3 降下物 (1ヶ月毎採取) 試料中の核種分析

採取場所：金沢市太陽が丘

採取期間 年月日~年月日	降水量 (mm)	核種別放射能降下量 (MBq/km ²)			
		ヨウ素-131	セシウム-134	セシウム-137	その他の人工放射性核種 Te-129, Te-129m, Nb-95
H23. 3.31 ~ H23. 4.28	102.5	13	11	10	なし
H23. 4.28 ~ H23. 5.31	284.0	0.88	2.3	2.2	なし
H23. 5.31 ~ H23. 6.30	121.5	ND	0.43	0.35	なし
H23. 6.30 ~ H23. 8. 1	95.0	ND	0.26	0.23	なし
H23. 8. 1 ~ H23. 8.31	209.0	ND	0.14	0.15	なし
H23. 8.31 ~ H23. 9.30	299.0	ND	0.12	0.12	なし
H23. 9.30 ~ H23.10.31	111.5	ND	0.10	0.082	なし
H23.10.31 ~ H23.11.29	277.0	ND	0.048	0.065	なし
H23.11.29 ~ H23.12.28	242.5	ND	0.078	0.11	なし
H23.12.28 ~ H24. 1.31	193.0	ND	0.068	0.090	なし
H24. 1.31 ~ H24. 2.29	165.0	ND	ND	0.074	なし
H24. 2.29 ~ H24. 3.30	136.5	ND	ND	0.061	なし
年間値	2,236.5	14	15	14	Te-129, Te-129m, Nb-95

ND : 検出されず (測定値が計数誤差の3倍を下回る場合)

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(日立アロカメディカル製)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(U₃O₈, 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製)により行った。

(3) モニタリングポストによる空間線量率測定

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(日立アロカメディカル製)により行った。

3 調査結果

3・1 定時降下物及び定時降水の放射能測定

表1に定時降下物の放射能測定結果を示す。採取試料数は271検体であり,そのうち平成23年4月2日から4月3日にかけて採取した1検体からヨウ素-131が検出された。降下量は2.0MBq/km²であった。それ以外の270検体については,人工放射性核種は検出されなかった。

表2に定時降水中の全ベータ放射能測定結果を示す。採取試料数は50検体であり,そのうち3検体から全ベータ放射能が検出された。これら3検体について核種分析を行ったが,人工放射性核種は検出されなかった。

3・2 核種分析 (定時降下物以外)

(1) 降下物 (1ヶ月毎採取)

表3に降下物(1ヶ月毎採取)試料中の放射能測定結果を示す。福島第一原子力発電所事故の影響と見られるヨウ素-131,セシウム-134及びセシウム-137等が検出された。半減期が約8日のヨウ素-131は平成23年5月まで,半減期が約2年のセシウム-134は平成24年1月まで,半減期が約30年のセシウム-137は平成24年3月まで検出され,セシウム-134及びセシウム-137には漸減傾向が見られた。1ヶ月毎の降下量はヨウ素-131がND~13MBq/km²,セシウム-134がND~11MBq/km²,セシウム-137が0.061~10MBq/km²であった。年間降下量はヨウ素-131が14MBq/km²,セシウム-134が15MBq/km²,セシウム-137が14MBq/km²であった。

(2) 陸水 (毎日採取)

表4に陸水(毎日採取)試料中の放射能測定結果を示す。採取試料数は,平成23年12月までは271検体,平成24年1月からは1検体であり,いずれも人工放射性核種は検出されなかった。

(3) 核種分析試料 (上記(1)(2)以外)

表5に環境試料中の放射能測定結果を示す。セシウム-137が表層土壌(0~5cm)で28Bq/kg乾土,下層土壌(5~20cm)で25Bq/kg乾土,サザエ0.044Bq/kg生,フクラギで0.11Bq/kg生と検出された。下層土壌

表 4 陸水（毎日採取）試料中の放射能測定結果

試料名	採取場所	採取年月日	検出数/測定数	核種別放射能降下量 (MBq/km ²)			
				ヨウ素-131	セシウム-134	セシウム-137	その他の人工放射性核種
陸水 上水 (蛇口水)	金沢市太陽が丘	H23.4.1~H23.12.27	0 / 271	全てND	全てND	全てND	なし
		H24.1.4~H24.3.31	0 / 1	ND	ND	ND	なし

ND：検出されず（測定値が計数誤差の3倍を下回る場合）

表 5 環境試料中の放射能測定結果

試料名	採取場所	採取年月日	セシウム-137		その他の人工放射性核種	単位	
			測定結果	平成20~22年度の測定結果			
陸水 上水 (蛇口水)	金沢市太陽が丘	H23.6.10	ND	ND	なし	mBq/L	
土壌	0~5cm	金沢市末町	H23.8.3	28	23~28	なし	Bq/kg 乾土
				540	310~930	なし	MBq/km ²
	5~20cm	金沢市末町	H23.8.3	25	20~24	なし	Bq/kg 乾土
精米	河北郡津幡町瀧端	H23.9.10	ND	ND	なし	Bq/kg 生	
牛乳	羽咋郡宝達志水町坪山	H23.8.18	ND	ND	なし	Bq/L	
			ワカメ	H23.5.6	ND	なし	
			サザエ	H23.7.6	0.044	ND	なし
海産生物	フクラギ	H23.10.12	0.11	0.11~0.15	なし		

ND：検出されず（測定値が計数誤差の3倍を下回る場合）

表 6 牛乳試料中ヨウ素-131濃度測定結果

試料名	採取場所	採取年月日	検体数	ヨウ素-131		単位
				測定結果	平成20~22年度の測定結果	
牛乳	羽咋郡宝達志水町坪山	H23.8.18	1	ND	ND	Bq/L

ND：検出されず（測定値が計数誤差の3倍を下回る場合）

表 7 空間放射線量率モニタリング結果

採取場所：金沢市太陽が丘

測定年月	測定結果 (nGy/h)	平均値 (nGy/h)
平成23年 4月	46 ~ 68	47
5月	46 ~ 71	48
6月	46 ~ 59	48
7月	46 ~ 69	49
8月	46 ~ 77	49
9月	46 ~ 61	49
10月	46 ~ 65	48
11月	46 ~ 81	50
12月	36 ~ 86	49
平成24年 1月	33 ~ 69	45
2月	27 ~ 79	36
3月	43 ~ 69	49
年間値	27 ~ 86	47
平成20~22年度の測定結果	19 ~ 91	48

(5~20cm) について、過去3年間の測定範囲 (20~24 Bq/kg 乾土) を上回ったが、顕著な差ではなく自然の変動範囲と考えられる。サザエについて、セシウム-137は過去3年間に検出されていなかったが、他の調査 (志賀原子力発電所周辺環境放射線監視事業) において、

過去に検出されている放射能濃度と同程度であることから、これも自然の変動範囲であると考えられる。表層土壌 (0~5cm)、フクラギの値は、過去3年間の測定範囲内であった。その他の試料については検出下限値未満であった。

(4) 牛乳試料中のヨウ素-131

表6に牛乳試料中のヨウ素-131濃度測定の結果を示す。牛乳からヨウ素-131は検出されなかった。

3.3 空間線量率

表7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の範囲は27~86 nGy/h であり、過去3年間の測定範囲内であった。年平均値は47 nGy/h であった。

4 まとめ

平成23年度の石川県におけるフォールアウト調査の結果は、定時降下物の1検体から福島第一原子力発電所事故由来と見られるヨウ素-131が検出された。降下物 (1ヶ月毎採取) からは、ヨウ素-131、セシウム-134及びセシウム-137等が検出された。セシウム-134、セシウム-137ともに漸減傾向が見られたが、セシウム-137は年間を通し検出された。陸水 (毎日採取) からは人工放射性核種は検出されなかった。全ベータ放射能及び空間放射線量率は従来と同程度であり、環境試料中の核種分析の結果も、土壌及び海産生物 (サザエ、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。

〔短 報〕

植物を用いた汚染土壌の環境修復に関する研究 (第3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効率について (その2)—

石川県保健環境センター 環境科学部
井上 和幸・岡田 真規子
北野 肇一・橋本 潤子

〔和文要旨〕

前報の研究に続き、鉛又はひ素を添加した混合土（赤玉土：腐葉土：鹿沼土が6：3：1）にヒマワリを生育させ、刈り取った後に葉や茎などの部位別に集積濃度を調べた結果、鉛は3.5～46mg/kg、ひ素は0.73～10mg/kgであった。

鉛及びひ素のいずれも他の部位に比べて根部に近いほど多く集積され、鉛については、葉の部位よりも茎の部位に多く集積される傾向が見られたのに対し、ひ素については、葉の部位により集積される傾向が見られた。

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

ファイトレメディエーション (phytoremediation) は、植物が根から水分や養分を吸収する働きを主に利用して、土壌中から有害物質を抽出除去する工法である。ファイトレメディエーションによる汚染土壌修復技術は、掘削除去・不溶化等の物理・化学的な処理法に比べて処理に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、浄化の際に必要な燃料等の外部エネルギーが少ない点に特徴がある¹⁾。

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、ハクサンハタザオによるカドミウムの除去^{2,3)}やモエジマシダを用いたひ素の除去⁴⁾は注目されており、植物体の集積機構が明らかになりつつある^{5,6)}。

著者らは前々報⁷⁾において、図1の研究スキームにより、文献調査等によって選定した9種類13品種の植物を鉛又はひ素を添加した混合土B（赤玉土：腐葉土：鹿沼土が6：3：1）で、生育試験を実施し、それぞれの植物の発芽数、長さ、乾燥重量を報告した。また、前報⁸⁾

において、鉛又はひ素の汚染土壌にカラシナ、ソバ、ヒマワリ及びライムギの4種類の植物を生育した結果を報告し、また、ライムギの生育期間別及び吸収部位別のひ素集積濃度の結果について報告した。

本稿では、前々報及び前報に引続き、フェーズ3（挙動とメカニズムの考察）の「植物の集積メカニズムの解明」におけるヒマワリの生育試験について報告する。

ヒマワリのどの部位に汚染物質（鉛及びひ素）が集積されるかを調べるため、対照土壌に汚染物質を添加した模擬汚染土壌を用いて、部位別の集積濃度を検討した。

試験は、平成23年10月20日から12月26日までの間、混合土Bに硝酸鉛 $Pb(NO_3)_2$ を鉛濃度が1,000mg/kgに、又は亜ヒ酸 H_3AsO_3 をひ素濃度が100mg/kgとなるように調整した模擬汚染土壌にヒマワリの種子を播種した後、屋外生育試験用ビニールハウス内（図2にて生育させた。なお、生育させている間は、模擬汚染土壌に含まれる水分を混合土Bの最大容水量に対して80%となるよう灌水した。

Study on Phytoremediation against the Contaminated Soil. (3rd Report)- Efficient Absorption of Lead or Arsenic on Phytoremediation, Part 2 - by INOUE Kazuyuki, OKADA Makiko, KITANO Keiichi and HASHIMOTO Junko (Environmental Science Department, Ishikawa Prefectural Institute of Public Health and Environmental Science)

Key words : Phytoremediation, Contaminated Soil, Lead, Arsenic

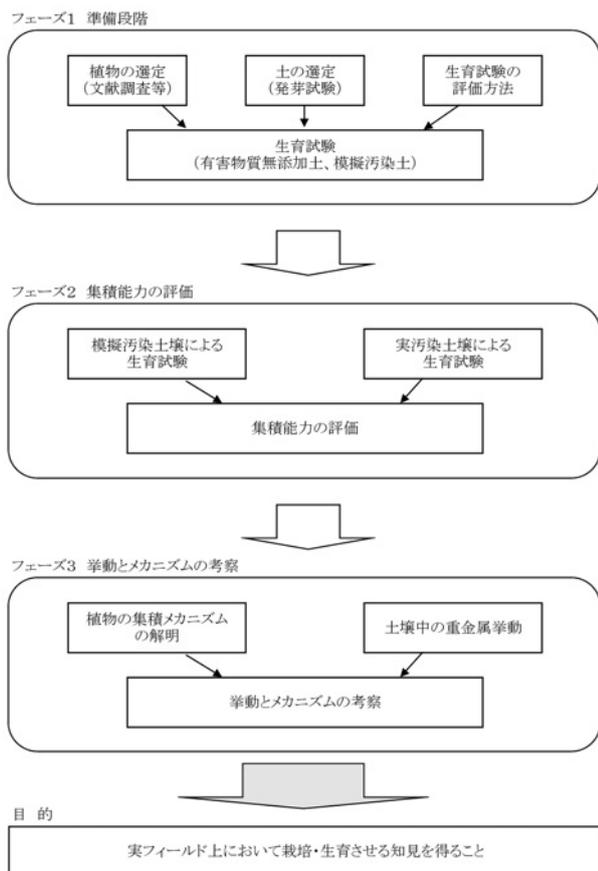


図 1 本研究におけるスキーム



図 2 屋外生育試験用ビニールハウス

生育期間終了後、ヒマワリを地表面で刈り取り、図 3 のとおり、茎 (0~10cm)、茎 (10~20cm)、茎 (20~30cm)、葉 (子葉)、葉 (本葉) の 5 種類の部位に分け、附着した土等を落とすため、それぞれを水で洗浄し、80℃で 24 時間乾燥した後、乾燥重量を求めた。それぞれ数 cm 程度に切断したものを試料とし、硝酸 20 mL に一晚浸した後、JIS K0102「工場排水試験方法」による硝酸と過塩素酸分解を行った。植物中の鉛及びひ素の集積濃度は ICP 発光分光分析計 (パーキンエルマー製

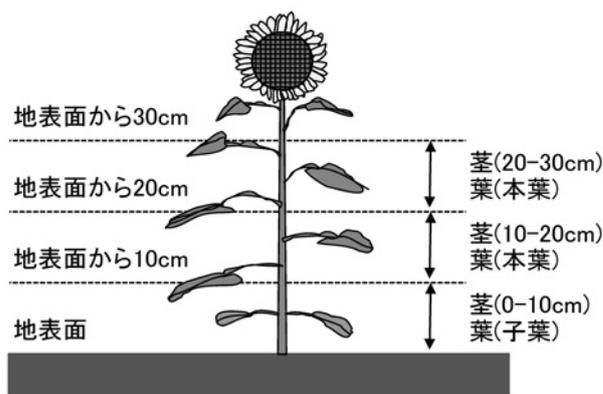


図 3 ヒマワリの分割部位

Optima 3300XL) 及び ICP 質量分析計 (アジレントテクノロジー社製 7700x) を用いて測定及び定量した。

播種数及び生育試験の結果を表 1 に、鉛及びひ素の部位別生育試験結果をそれぞれ表 2、表 3 に示した。なお、対照土壌での部位別生育試験結果については、鉛及びひ素のいずれも定量下限値未満であった。

表 1 から、模擬汚染土壌のヒマワリの生育は対照土壌の生育と比べても外形上の要素 (株数、地上部の長さ、乾燥重量) に差は見られず、生育においてこれらの有害物質の影響は確認できなかった。

表 2 から、ヒマワリの部位別鉛集積濃度は、3.5~46 mg/kg の範囲にあり、茎及び葉のいずれも地上に近い

表 1 播種数及び生育試験の結果

集積物質	播種数 (個)	生育株数 (株)	植物 (地上部)		乾燥重量 (g)
			長さ(中央値) (mm)	長さ(最大値) (mm)	
鉛	36	34	320	380	89
ひ素	36	35	310	380	61
(対象土壌)	36	36	310	330	68

表 2 鉛の部位別生育試験結果 (Pb 1,000mg/kg)

部位	刈取重量 (g)	乾燥重量 (g)	鉛集積濃度 (mg/kg)
茎 (20cm-30cm)	13.4	1.9	4.9
茎 (10cm-20cm)	20.6	3.3	20
茎 (0cm-10cm)	34.3	4.9	46
葉 (本葉)	15.3	3.2	3.5
葉 (子葉)	4.9	1.1	16

表 3 ひ素の部位別生育試験結果 (As 100mg/kg)

部位	刈取重量 (g)	乾燥重量 (g)	ひ素集積濃度 (mg/kg)
茎 (20cm-30cm)	6.4	0.85	0.73
茎 (10cm-20cm)	14	2.1	1.9
茎 (0cm-10cm)	24	3.3	2.5
葉 (本葉)	8.3	1.6	2.5
葉 (子葉)	7.6	1.1	10

部位に集積され、地上から離れた部位では集積濃度が低下する傾向が見られた。また表3の結果から、ひ素の集積濃度はそれぞれ0.73～10mg/kgであり、鉛の集積濃度と同様の傾向を示した。

鉛については、葉の部位よりも茎の部位に多く集積される傾向が見られたのに対し、ひ素については、葉の部位により集積される傾向が見られ、鉛とひ素では逆の結果となった。

前報では、ライムギでは他の部位に比べて葉の部位により吸収されると報告したがヒマワリについても同様の傾向であった。

文 献

- 1) 王効挙, 李法雲, 杉崎三男: フェ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)
- 2) 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 その1 高集積植物の探索と除去能力の評価, フジタ技術研究報告, **41**, 69-74 (2005)
- 3) 久保田洋, 菅原玲子, 北島信行, 矢島聡, 谷茂: ハクサンハタザオによるカドミウムのフェイトレメディエーション, 日本土壌肥科学雑誌, **81**(2), 118-124 (2010)
- 4) 近藤敏仁, 北島信行: ヒ素汚染土壌のモエジマシダによる浄化: 資源環境対策, **43**(2), 73-77 (2007)
- 5) 柏原輝彦, 保倉明子, 中井泉: 放射光蛍光X線分析および放射性同位体分析によるモエジマシダ前葉体におけるヒ素とリンのin vivo解析, PF NEWS, **28**(1), 30-35 (2010)
- 6) 北島信行, 小沼亮子, 保倉明子, 中井泉: 放射光マイクロ蛍光X線分析を用いたモエジマシダ羽片におけるAs動態の可視化, 地下水・土壌汚染とその防止対策に関する研究集会講演集, **12**, 461-464 (2006)
- 7) 井上和幸, 深山敏之, 岡田真規子, 中山哲彦: 植物を用いた汚染土壌の環境修復に関する研究 (第1報) —フェイトレメディエーションによる鉛又はひ素の吸収可能性—, 石川県保健環境センター研究報告書, **47**, 7-14 (2010)
- 8) 井上和幸, 深山敏之, 岡田真規子, 橋本潤子: 植物を用いた汚染土壌の環境修復に関する研究 (第2報) —フェイトレメディエーションによる鉛又はひ素の吸収効率について—, 石川県保健環境センター研究報告書, **48**, 14-18 (2011)

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っ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〕

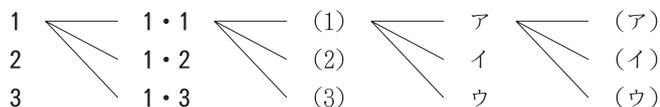
- 1 原稿は原則として新仮名遣い、新送り仮名、平仮名混じり国語文とし、簡潔で理解し易い表現にする。止むを得ぬ学術用語、地名、人名などのほかは常用漢字を用いる。
- 2 欧文はダブルスペースとする。

〔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。



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な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、その幅を刷り上り8 cm（半ページ幅）又は16.6 cm（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49号）

平成 25 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

TEL (076) 229-2011

FAX (076) 229-1688

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

e-mail：hokan@pref.ishikawa.lg.jp
