

報

告

秋田県における健康観及び喫煙の知識と死亡との地域相関研究

八幡裕一郎 田中 貴子 佐野 健

平成12年に厚生省（現厚生労働省）より提唱された「健康日本21」は「健康寿命の延伸」及び「早世の予防」を目的としている。「早世の予防」には健康観が重要であり、「健康寿命の延伸」及び「早世の予防」を達成するためにはがん、心疾患及び脳血管疾患などのリスクファクターの改善が重要である。しかし、これらの関連を秋田県内の保健所別に検討した報告はあまりない。本研究は既存の統計資料をもとに県内の保健所別の健康観及び喫煙に関する知識と「がん」、「心疾患」及び「脳血管疾患」のSMRとの関連を地域相関研究により検討した。健康であると感じている割合が大きいと「がん」のSMRは小さく、「心疾患」及び「脳血管疾患」のSMRは大きかった。また、喫煙が健康に及ぼす影響について知っている割合が大きいと「がん」のSMRは大きく、「心疾患」及び「脳血管疾患」のSMRは小さかった。これまで秋田県内の地域別に検討した報告はあまりなかったため、本研究の結果は地域特性を考慮した健康施策に今後利用可能であると考えられた。健康観及び喫煙の知識と「がん」のSMRとの関連と、健康観及び喫煙の知識と「心疾患」及び「脳血管疾患」との関連では関連性の方向性が異なった。これらの違いは疾患の病因となる形態が異なっている点や、保健行動へつながる要因が複数あるため包括的な検討が必要である点等が考えられた。地域相関研究は種々のバイアス及び交絡因子の調整などの問題があるため、これらの問題を除去した方法で保健行動につながる要因等の検討が今後必要であると考えられた。

キーワード：健康観、喫煙の知識、SMR、地域相関研究

I はじめに

平成12年に厚生省（現厚生労働省）は国民の健康づくり運動として「健康日本21」を掲げた。健康日本21は「健康寿命の延伸」及び「早世の予防」を目標とし、これらを実現するために「がん」、「心疾患」及び「脳血管疾患」の予防を掲げている¹⁾。さらに、健康日本21はこれらの疾患に対するリスクファクターの一つである喫煙対策が重要であると位置づけている。また、最近の研究では「健康観」が低いと「死亡率」が高くなるとの報告²⁾がある。よって、良い「健康観」の維持が「早世の予防」につながる重要な要因であると考えられた。これまで秋田県において、生活習慣病のうち脳血管疾患に関する研究が種々行われ、国内外において知られている^{3) 4)}。しかしながら、これらの報告は県内の一地区を対象としたものであり、秋田県内について保健所別に検討したものではない。また、秋田県内で「健康観」と「寿命」との関連についての検討はあまり報告されていない。本研究は秋田県内の保健所別にみた健康観及び喫煙に関する知識と「がん」、「心疾患」及び「脳血管疾患」のSMR（標準化死亡比：Standardized Mortality Ratio）との関連を検討した。

II 対象と方法

SMRの算出は平成9年から平成13年の秋田県衛生統

計年鑑より保健所別の「がん」、「心疾患」及び「脳血管疾患」の死亡^{5) 9)}、平成9年から平成13年の秋田県の人口（年報）より保健所別年齢5歳階級別人口^{10) 14)}、平成12年国勢調査の人口¹⁵⁾及び平成12年人口動態統計¹⁶⁾を用いた。これらのうち、平成9年から平成13年の秋田県の人口（年報）は秋田県のホームページに掲載されたデータを用いた。健康観及び喫煙に関する知識は秋田県発行の平成12年健康づくりに関する意識調査報告書¹⁷⁾を用いた。地域相関研究により、健康観及び喫煙に関する知識と「がん」、「心疾患」及び「脳血管疾患」の保健所別SMRとの関連を検討した。なお、秋田市及び秋田中央保健所管内は秋田市周辺として解析を行った。

III 結果

保健所別の「がん」、「心疾患」及び「脳血管疾患」のSMRを算出した（表1）。「がん」のSMRは100前後で、能代保健所が最も大きく、次いで秋田市周辺、大館保健所の順であった。「心疾患」のSMRは178から237の間で、湯沢保健所が最も大きく、次いで鷹巣保健所、大館保健所の順であった。「脳血管疾患」のSMRは113から155の間で、湯沢保健所が最も大きく、次いで大曲保健所、大館保健所の順であった。

健康観とSMRとの関連をみたところ、健康であると感じている割合が大きいと「がん」のSMRが小さくなっ

表 1. 保健所別がん、心疾患、脳血管疾患のSMR

	が ん	心疾患	脳血管疾患
秋 田 県	102	193	131
大 館 保 健 所	104	214	140
鷹 巣 保 健 所	96	215	137
能 代 保 健 所	107	178	132
秋 田 市 周 辺 ^{a)}	106	180	113
本 荘 保 健 所	96	179	131
大 曲 保 健 所	98	196	147
横 手 保 健 所	101	183	128
湯 沢 保 健 所	103	237	155

a) 秋田市周辺：秋田市及び秋田中央保健所

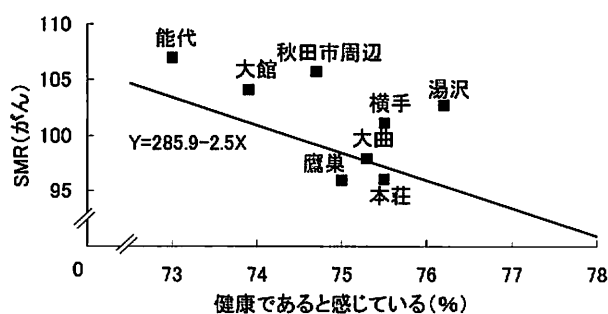


図 1. 健康観とがんのSMRとの関連

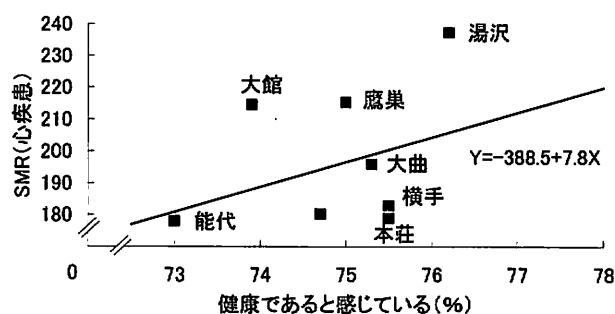


図 2. 健康観と心疾患のSMRとの関連

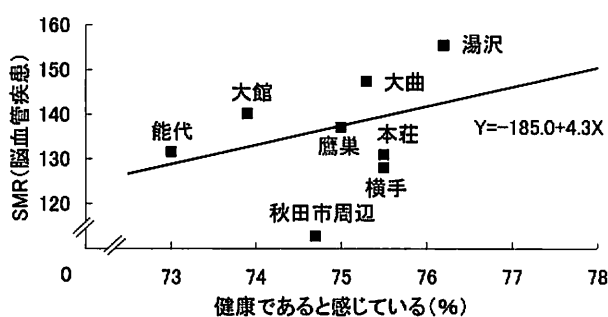


図 3. 健康観と脳血管疾患のSMRとの関連

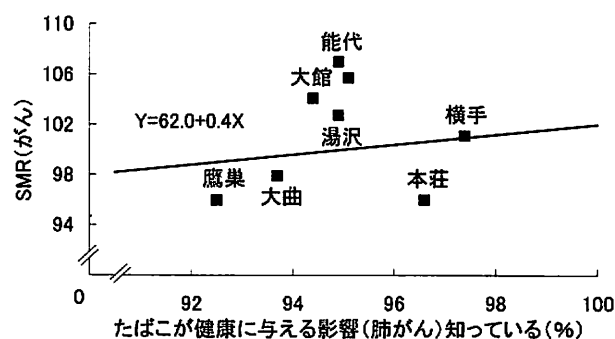


図 4. 喫煙が健康に及ぼす影響とがんのSMRとの関連

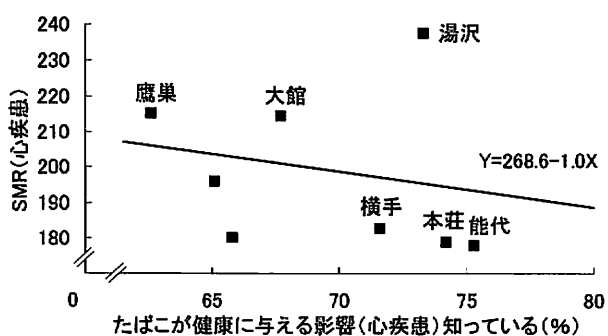


図 5. 喫煙が健康に及ぼす影響と心疾患のSMRとの関連

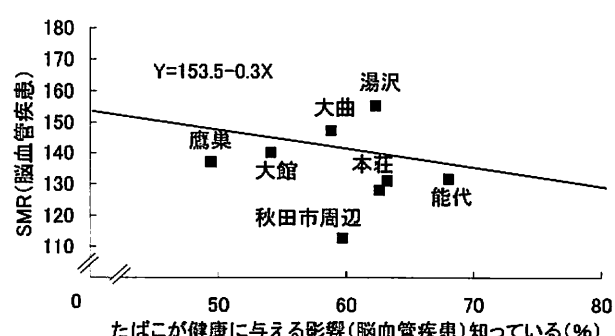


図 6. 喫煙が健康に及ぼす影響と脳血管疾患のSMRとの関連

ていた(図1)。健康であると感じている割合が大きいと「心疾患」及び「脳血管疾患」のSMRが大きくなっていた(図2、3)。

喫煙が健康に及ぼす影響とSMRとの関連をみたところ、喫煙が健康に影響を及ぼす(肺がん)と知っている割合が大きいと「がん」のSMRが大きくなっていた(図4)。喫煙が健康に影響を及ぼす(心疾患)と知っている割合が大きいと「心疾患」のSMRが小さくなっていた(図5)。喫煙が健康に影響を及ぼす(脳血管疾患)と知っている割合が大きいと「脳血管疾患」のSMRが小さくなっていた(図6)。

IV 考 察

本研究は健康観及び喫煙の知識と「がん」、「心疾患」及び「脳血管疾患」のSMRとの関連を地域相関研究で検討した。その結果、健康であると感じている割合が大きいと「がん」のSMRは小さくなった。また、喫煙が健康に及ぼす影響について知っている割合が大きいと心疾患及び脳血管疾患のSMRは小さくなった。

これまで秋田県内の健康に関する情報は記述統計による報告がほとんどであり、分析的な視点による解析はKojimaら³⁾の報告及びUeshimaら⁴⁾の報告などが散見されるが、保健所別に検討した報告ではない。よって、本研究は県内における保健所別にみた健康政策に対して重要な資料であると考えられた。

がんのSMRは全国平均である100前後であり、全国レベルであったが、心疾患及び脳血管疾患のSMRは全国と比べかなり高い死亡であることがうかがえた。特に、心疾患は200前後であり、重要度¹⁹⁾として高く心疾患対策が高い優先順位であると考えられた。

健康であると感じている割合が大きいと「がん」のSMRが小さくなり、「心疾患」及び「脳血管疾患」のSMRが大きくなっていた。よって、「がん」と「心疾患」及び「脳血管疾患」では健康観との間の関連性に対する方向が異なる結果となった。これらの違いは疾患の病因などによる特性が影響している可能性が考えられた。例えば、「心疾患」及び「脳血管疾患」などの循環器系疾患は大動脈瘤や脳動脈瘤などがある場合、血管に破裂が生じると、死亡する割合が極めて高い疾患である。しかしながら、大動脈瘤や脳動脈瘤などは自覚症がないこともある。そのため、これらの循環器系疾患は元気であった人が突然死する可能性が考えられる。しかし、「がん」はこれらの循環器系疾患のような突然死することはあまりなく、発症してからある程度時間を要してから死に至る疾患である。よって、「がん」と「心疾患」及び「脳血管疾患」の病因などの特性が健康観と死亡との間の関連の方向性に差異を生じさせていると考えられた。

喫煙の知識と「がん」の死亡との関連では喫煙が健康に影響すると知っている割合が大きいと「がん」の死亡が大きくなったが、喫煙の知識と「心疾患」及び「脳血管疾患」の死亡との関連では喫煙が健康に影響を及ぼすと知っている割合が大きいと「心疾患」及び「脳血管疾患」の死亡が小さくなった。「がん」と「心疾患」及び「脳血管疾患」とで関連の方向性が異なった。死亡を減少させるためには保健行動の改善につながる要因が重要となる。保健行動改善につなげる要因としては知識が重要であるが、慢性疾患の場合知識のみで必ずしも保健行動へつながらないと報告されている¹⁸⁻²⁰⁾。さらに、がんは部位によっても病因等が異なるため、結果に影響を及ぼしていることが考えられた。よって、保健行動へつなげる知識以外の要因を含めた検討及び部位別にした「がん」死亡による検討を今後行う必要性があると考えられた。

本研究では死亡の指標としてSMRを用いた。SMRは地域の死因別死亡数のみ既知である場合に有効な指標であると考えられる。しかし、SMRや年齢調整死亡率は丹後²¹⁾の報告によると「地域全体の人口が相対的に小さければこれらは粗死亡率の関数であるため人口の影響が大きい」と指摘している。そこで、SMRの解釈には注意が必要であると考えられる。しかしながら、SMRは市町村別または保健所別死因別の年齢階級別死亡数が既存の資料としてない場合に簡易に算出できる方法として使われてきている。今後、SMRの欠点を補うためにEmpirical Bayes SMR (EBSMR)²¹⁾などによる死亡率を算出し、検討する必要があると考えられた。

地域相関研究は生態学的バイアス(ecologic bias)、交絡因子のコントロール、グループ内での誤分類などの問題があるが、既存の資料を用い仮説を立て、今後の研究の方向性を検討する資料としては重要なものであると位置づけられている²²⁾。よって、これらの結果をもとに健康政策へ活かせる一次的な資料として重要な科学的根拠であると考えられる。今後、より精度の高い根拠を得るために、種々のバイアス及び交絡因子を除去した検討を行う必要性があると考えられる。

V ま と め

本研究はがん、心疾患及び脳血管疾患と知識との関連を秋田県内の保健所別にみた地域相関を検討した。その結果、次の仮説が考えられた。1)健康であると感じていると「がん」の死亡が小さくなる、2)健康であると感じていると「心疾患」の死亡が大きくなる、3)健康であると感じていると「脳血管疾患」の死亡が大きくなる、4)喫煙が肺がんに影響を及ぼすことに知識があると「がん」の死亡が大きくなる、5)喫煙が心疾患に影

響を及ぼすことについての知識があると心疾患の死亡が小さくなる、6)喫煙が脳血管疾患に影響を及ぼすことについての知識があると脳血管疾患の死亡が小さくなる。今後、地域相関研究で得られたこれらの仮説を検討するために無作為抽出による大規模コホート調査を行うことが必要であると考えられた。

文 献

- 1) 財団法人健康・体力づくり事業団. 健康日本21 (21世紀における国民健康づくり運動について). 2000年.
- 2) Bardage C, Isacson D, Pedersen NL. Self-rated health as a predictor of mortality among persons with cardiovascular disease in Sweden. *Scand J Public Health*. 2001; 29(1): 13-22.
- 3) Kojima S, et al. Prognosis and disability of stroke patients after 5 years in Akita, Japan. *Stroke*. 1990; 21(1): 72-77.
- 4) Ueshima H, et al. Multivariate analysis of risk factors for stroke. Eight-year follow-up study of farming villages in Akita, Japan. *Prev Med*. 1980; 9(6): 722-740.
- 5) 秋田県健康福祉部. 平成9年秋田県衛生統計年鑑. 秋田県: 1999年; 83-138.
- 6) 秋田県健康福祉部. 平成10年秋田県衛生統計年鑑. 秋田県: 2000年; 83-138.
- 7) 秋田県健康福祉部. 平成11年秋田県衛生統計年鑑. 秋田県: 2001年; 100-155.
- 8) 秋田県健康福祉部. 平成12年秋田県衛生統計年鑑. 秋田県: 2002年; 92-147.
- 9) 秋田県健康福祉部. 平成13年秋田県衛生統計年鑑. 秋田県: 2003年; 92-147.
- 10) 秋田県の人口(年報)平成9年市町村別年齢5歳階級別人口. <http://www.pref.akita.jp/tokei/xls/050012070199710000002.xls>
- 11) 秋田県の人口(年報)平成10年市町村別年齢5歳階級別人口. <http://www.pref.akita.jp/tokei/xls/050012070199800000001.xls>
- 12) 秋田県の人口(年報)平成11年市町村別年齢5歳階級別人口. <http://www.pref.akita.jp/tokei/xls/050012070199900000001.xls>
- 13) 秋田県の人口(年報)平成12年市町村別年齢5歳階級別人口. <http://www.pref.akita.jp/tokei/xls/050012070200000000001.xls>
- 14) 秋田県の人口(年報)平成13年市町村別年齢5歳階級別人口 <http://www.pref.akita.jp/tokei/xls/050012070200100000001.xls>
- 15) 国民衛生の動向・厚生指標 臨時増刊・第50巻第9号. 東京: 財団法人 厚生統計協会, 2003; 377-378.
- 16) 厚生労働省大臣官房統計情報部. 平成12年人口動態統計下巻. 東京: 財団法人 厚生統計協会, 2002; 116-339.
- 17) 秋田県. 健康づくりに関する意識調査報告書. 秋田県: 2001年; 57-103.
- 18) 吉田亨. 健康教育の動向. 石井敏弘編. 健康教育大要. 神奈川: 株式会社ライフ・サイエンス・センター, 1998; 148-159.
- 19) Becker MH, Drachman RH, Kirscht JP. A new approach to explaining sick-role behavior in low-income populations. *Am J Public Health*. 1974; 64(3): 205-216.
- 20) Health Promotion Planning, An Educational and Environmental Approach. Lawrence W Green, Marshall W Kreuter. Mountain View, CA: Mayfield Publishing Company
- 21) 丹後俊郎. 疾病地図と疾病集積性-疾病指標の正しい解釈をめざして. 公衆衛生研究. 1999; 48(2): 84-93.
- 22) Kenneth J. Rothman, Sander Greenland. *Modern Epidemiology*, second edition. Philadelphia, PA: Lippincott Williams & Wilkins, 1998; 459-482.

秋田県における平成3－14年度のEHEC感染事例発生状況と 感染給食従事者の陰性化確認で経験した問題点

八柳 潤 齊藤志保子 佐藤 晴美

秋田県における平成3－14年度のEHEC感染事例発生状況、および給食従事者定期検査においてEHEC O91 VT-1+が2ヶ月後に再検出された事例について検討した。年間のEHEC感染事例数は40程度で推移する傾向がみられ、平成14年度はEHEC O121 VT-2+施設内集団感染事例1事例を含む41事例のEHEC感染事例が発生した。給食従事者定期検査でEHEC O91 VT-1+が検出され、2ヶ月後の検査で同一人から同菌が再検出された事例において、一旦陰性化した菌が再検出された理由は不明であるが、検出限界以下まで減少したEHEC O91 VT-1+が、その後検出感度以上に増加した可能性が考えられた。EHEC O91は市販型別血清がないため、医療機関検査室などでは菌陰性化の確認が実施できず、薬剤感受性試験が実施されないことが問題となった。型別血清が市販されていない血清型のEHECの感染者をフォローアップするためには保健所と衛研、医療機関の密接な連携が必須であると考えられた。

キーワード：腸管出血性大腸菌、給食従事者、陰性化確認、抗菌剤投与、薬剤感受性試験

I はじめに

3類感染症は感染症新法に「ベロ毒素（VT）を産生する腸管出血性大腸菌（EHEC）の感染によりおこる全身疾患」と定義されている¹⁾。EHECは50個程度の少数で発症するため²⁾2次感染予防対策として給食従事者などの定期検便の徹底、無症状保菌者の発見と除菌が重要である。無症状保菌者が発見された場合、「一次、二次医療機関における腸管出血性大腸菌感染症治療の手引き（以下、治療の手引き）」³⁾では、幼稚園など集団生活により2次感染の恐れがある場合や感染者が就業制限の対象となる職種に就いている場合には抗菌剤の使用を考慮すること、また、抗菌剤投与後、直近の1回の検便が陰性であった場合に「陰性化」とみなされ、就業制限が解除されるとされている。秋田県では、県の外郭団体である秋田県総合保健事業団でVT遺伝子を指標としたPCR法を応用した方法により給食従事者等の検便検査を実施している。この検査は市販血清を使用する一般の検査機関では検出不可能なO91、O103、OX3などの血清型のEHECを検出可能であり、これらの菌を原因とする2次感染の防止に寄与してきた。

今回は、県内における平成3－14年度のEHEC感染事例発生状況と併せて、給食従事者の定期検査においてEHEC O91 VT-1+が陽性となり、2ヶ月後の検査で同菌が同一人から再検出された事例2事例の概要、及びその対応過程で明らかとなった問題点について報告する。

II 方法

1. 給食従事者のEHEC検査方法

秋田県総合保健事業団において、山崎らが報告したVTcomプライマー⁴⁾を使用したPCR⁵⁾により検便検体中のEHECをスクリーニングした。EHECが検出された検体について、当所においてFukushimaらの報告⁶⁻⁸⁾に準じてEHECを分離し、既報⁹⁾に準じて同定した。

2. EHEC分離株の薬剤感受性試験

「治療の手引き」³⁾に推奨されているホスホマイシンなどに対する分離株の最少発育濃度を、市販パネル（ドライプレート‘栄研’DP-21）を使用した微量液体希釈法により測定した。

3. *eaeA* および *saa* 遺伝子の検出とパルスフィールドゲル電気泳動（PFGE）パターン

eaeA 遺伝子は既報⁹⁾に従い、*saa* 遺伝子はPattonらが報告したプライマー¹⁰⁾を使用したPCRにより検出した。また、PFGEパターンは既報⁹⁾に準じて比較検討した。

III 結果

1. 平成3－14年度のEHEC感染事例発生状況

図1に秋田県における平成3年から14年のEHEC感染事例発生数を、O157感染事例とNon-O157感染事例毎に、有症事例と無症状事例に分けて示した。秋田県で確認された年間のEHEC感染事例数は、平成8年度以降増加し、平成10年度以降は40事例程度で推移する傾向がみられた。無症状事例は年によりO157感染事例の0-17%、Non-

図1 県内におけるEHEC感染事例発生状況（平成3年～14年）

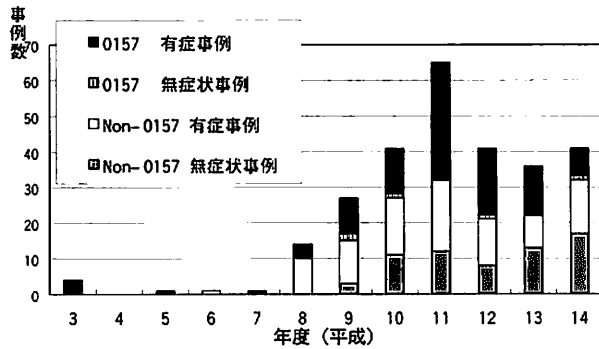


表1 Non-O157 EHECの血清型（平成3年～14年）

有症84事例（％）		無症状72事例（％）	
O26	43 (51.2)	O91	17 (23.6)
O121	14 (16.7)	O103	11 (15.3)
O103	10 (11.9)	O55	6 (8.3)
O111	5 (6.0)	O26	5 (6.9)
O91	3 (3.6)	O8	4 (5.6)
O128	2 (2.4)	O145	3 (4.2)
その他	7 (8.2)	O146	2 (2.8)
		O165	2 (2.8)
		UT	6 (8.3)
		その他	16 (22.2)

斜体：血清が市販されていないために、一般の検査機関では検査不能な血清型

O157感染事例の20～53%を占めた。表1にNon-O157感染事例の事例数を原因菌の血清型毎に、有症事例と無症事例に分けて示した。O26による事例は有症事例の51%、無症事例では6.9%を占めた。一方、O91による事例は有症事例の3.6%、無症事例の23.6%を占めた。また、O121は有症事例のみから分離された(16.7%)。以上の結果から、有症事例においてはO26、無症事例ではO91の分離頻度が高いことが示された。なお、O103は有症事例、無症事例ともにほぼ同頻度で分離された。平成14年度のEHEC感染事例一覧を表2に示した。EHEC感染事例発生数はO157感染事例9事例(有症事例8、無症事例1)、Non-O157感染事例32事例(有症事例15、無症事例17)、計41事例であった。溶血性尿毒症症候群(HUS)を併発した事例はなかった。事例数を原因菌の血清型毎に比較すると、O157とO103による事例がそれぞれ9事例と最も多く、O26による事例が8事例、O91による事例が7事例であった。集団感染事例としては、知的障害者施設でEHEC O121 VT-2+集団感染事例が1事例発生したが、HUSの併発もみられず、深刻な健康被害の発生には至らなかった。

2. 給食従事者定期検査においてEHEC O91 VT-1+が陽性となり、翌月の検査では陰性と判定されたものの、2ヶ月後の検査で同菌が同一人から再検出された2事例
平成14年度は給食従事者定期検査でEHEC O91 VT-1+感染が確認され、翌月一旦陰性化したものの2ヶ月後の検査で同一人から同菌が再検出された事例を2事例経験した。事例の概要は以下のとおりであった。

1) 事例1の概要：幼稚園勤務のAは7月の定期検査でEHEC O91 VT-1+が陽性となった。8月の定期検査では陰性と判定されたが、9月の検査で再びEHEC O91 VT-1+が検出された。O91は市販血清がなく、医療機関検査室等では検査不能のため、Aの陰性化確認は保健所が実施することとなり、検査は当所が担当した。Aが妊娠していたため主治医は抗菌剤を投与せず、9月17日と18日に検便を実施したが、その結果はいずれもEHECO91 VT-1+が陽性であった。9月19日からセフェム系薬剤が投与されたが、26日の検査までAは陰性化しなかった。Aから分離されたEHEC O91 VT-1+の薬剤感受性試験は実施されていなかったために、当所で試験を実施したところ、当該株はホスホマイシン、カナマイシン、ノルフロキサシンのいずれにも感受性であることが判明した。この成績は保健所から主治医に情報提供され、9月27日からホスホマイシンがAに投与された。その結果、9月30日以降の検査結果から陰性化が確認された(図2)。

図2 保育園勤務AのEHEC O91 VT-1+陰性化確認経過

EHEC O91分離 検便日	↓セフェム系							↓ホスホマイシン			
	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-
17日 9月	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-
18日	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-
19日	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-
20日	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-
24日	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-
25日	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-
26日	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-
27日	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-
30日	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-
1日 10月	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-
2日	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-
3日	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-

2) 事例2の概要：小学校勤務のBが8月の定期検査でEHEC O91 VT-1+が陽性となった。9月の検査では陰性と判定されたが、10月の検査で再びEHEC O91 VT-1+が検出された。前事例の経験から分離株の薬剤感受性試験を実施し、ホスホマイシン感受性であることを保健所に情報提供した。Bにはホスホマイシンが投与され、10月18日に医療機関で採取した検便を当所において検査した結果、陰性化が確認された。

3) EHEC O91 VT-1+分離株の*eaeA*、*saa*遺伝子保有状況とPFGEパターン：AとBから分離されたEHEC O91 VT-1+はいずれも*eaeA*、*saa*遺伝子共に陰性であった。また、Aから7月26日と9月14日に分離されたEHEC O91 VT-1+の*XbaI* PFGEパターンは同一であった。

IV 考 察

平成2年に埼玉県某幼稚園でEHEC O157による集団感染事例¹¹⁾が発生し、2名の園児が死亡したことによ

表2 平成14年度に県内で発生したEHEC感染事例一覧

事例番号	年月日	担当保健所	事例種別	血清型	VT型	備考
1	6月22日	横手	散発	O26	VT-1	
2	7月6日	中央	給食従事者	O103	VT-1	
3	7月12日	横手	給食従事者	O103	VT-1	
4	7月3日	秋田市	散発	O111	VT-1	
5	7月15日	本荘	家族 ¹⁾	O26	VT-1	家族1名陽性
6	7月18日	本荘	散発	O103	VT-1	
7	7月19日	横手	施設内集発	O121	VT-2	他3名陽性
8	7月23日	秋田市	散発	O157	VT-1,2	
9	7月24日	本荘	家族 ¹⁾	O157	VT-2	家族2名陽性
10	7月25日	秋田市	散発	O157	VT-1,2	
11	7月25日	秋田市	散発	O157	VT-2	
12	7月26日	湯沢	給食従事者	O91	VT-1	
13	7月31日	大曲	散発	O157	VT-1,2	
14	8月3日	中央	散発	O157	VT-1,2	
15	8月8日	本荘	散発	O91	VT-2	
16	8月9日	湯沢	家族 ¹⁾	O26	VT-1	家族3名陽性
17	8月13日	大曲	給食従事者	O103	VT-1	家族1名 O103 VT-1+陽性 家族1名 O8 VT-2+陽性
18	8月21日	鷹巣	給食従事者	O91	VT-1	
19	8月22日	本荘	家族	O157	VT-1,2	家族3名陽性
20	8月23日	鷹巣	給食従事者	O103	VT-1	
21	8月24日	鹿角	給食従事者	O103	VT-1	
22	8月28日	横手	散発	O121	VT-2	
23	9月3日	湯沢	散発	O26	VT-1	
24	9月14日	湯沢	給食従事者	O91	VT-1	事例番号12と同一人
25	9月19日	本荘	給食従事者	O26	VT-1	
26	9月30日	中央	家族 ¹⁾	O26	VT-1	家族1名陽性
27	10月5日	能代	給食従事者	O91	VT-1	
28	10月6日	能代	給食従事者	OUT	VT-2	
29	10月9日	大館	給食従事者	O91	VT-1	事例番号18と同一人
30	10月16日	横手	散発	O26	VT-1	
31	11月13日	鷹巣	給食従事者	O8	VT-2	
32	11月15日	秋田市	給食従事者	O91	VT-1	海外旅行同行者1名陽性
33	12月4日	鷹巣	給食従事者	O8	VT-2	事例番号31と同一人
34	12月30日	中央	散発	O103	VT-1	
35	1月6日 ²⁾	秋田市	散発	O103	VT-1	
36	1月9日	秋田市	給食従事者	O103	VT-1	
37	1月24日	中央	散発	O18	VT-2	
38	1月30日	鷹巣	給食従事者	O157	VT-2	
39	1月30日	大曲	散発	O26	VT-1	
40	3月8日	大曲	給食従事者	O148	VT-2	
41	3月21日	秋田市	散発	O157	VT-2	

1) 家族内感染事例

2) 事例番号35以降は平成15年に発生した事例

り、国内においてEHEC感染による健康被害の深刻さが初めて認識された。この事例を契機として、秋田県においても平成3年に初めてEHEC O157感染者が確認¹²⁾された。その後、平成8年にEHEC O157による食中毒事例が全国的に多発したことによりEHEC感染症が指定感染症となり、さらに感染症新法では3類感染症に位置付けられた。その結果、EHEC感染者の発生時に家族や感染源の調査が実施される体制が確立し、本感染症の発生実態が明らかとなってきた。秋田県における年間のEHEC感染事例発生数は、平成10年度以降、40事例程度で推移する傾向がみられ、今後もこの傾向は継続するものと推察される。Non-O157 EHEC感染事例においては、無症状事例が20-53%を占めることが示された。この原因は、給食従事者の定期検査において検出されるEHECの多くがNon-O157 EHECであることによると考えられる。また、有症事例の原因菌としてはO26、無症状事例の原因菌としてはO91が最も多いことが明らかとなった。EHEC感染により発生する健康被害のうち、特に深刻なものはHUSの併発など感染者の重篤化である。国内において感染者にHUSを惹起したEHECの血清型はO157がほとんどである¹³⁾が、我々はEHEC O121が症状の重篤化を招く可能性が高い菌型であることを指摘¹⁴⁾ ¹⁵⁾してきた。諸外国においてもEHEC O121感染に伴うHUS発症事例が報告されている¹⁶⁻¹⁸⁾ また、佐賀県においてはEHEC O121により保育園で集団感染事例が発生¹⁹⁾しており、今後も深刻な健康被害を惹起する可能性が高い菌型としてEHEC O121の動向に注目する必要があると考えられる。

EHEC感染症を予防する上で感染源の特定が重要と考えられる。秋田県ではこれまで、畜産農家の飼育牛からEHEC O103に感染したと考えられた事例⁵⁾、牛舎の糞便が井戸水を汚染したことが発生要因と考えられたEHEC O121によるHUS発症事例²⁰⁾、飼育牛からEHEC O26に感染したと考えられる事例（未発表）が発生しており、飼育牛の衛生管理などがこのような事例の予防に重要と考えられる。一方、焼肉店が原因施設と考えられたEHEC集団感染事例も数事例発生しており、これらの事例においては輸入牛肉の関与が疑われた。即ち、県内で流通している輸入牛肉のEHEC汚染実態を把握することが、このような事例の発生予防対策を構築する上での第1歩と考えられる。EHECは50個程度の少数で発症するため²⁾、ヒトからヒトへの感染が成立する。従って、給食を伴う施設におけるEHEC感染事例の発生予防するために給食従事者の定期検便の徹底による無症状保菌者の発見、および保菌者の除菌が重要である。治療の手引き³⁾には、感染者が就業制限の対象となる職種に就いている場合や幼稚園など集団生活により2次感染の恐れが

ある場合には抗菌剤の使用を考慮することと記されている。今回、我々はEHEC O91が2ヶ月後に再検出された給食従事者の感染事例を2事例経験した。O91の型別用血清は国内で市販されていないために、医療機関の検査室などではO91の菌陰性化の確認ができないこと、従って、適切な抗菌剤を選択する上で必須な薬剤感受性試験も実施し得ないことが問題として認識された。この問題は表1に斜体で示した血清型のEHECの感染事例にも共通すると考えられる。事例1では保健所が陰性化確認を実施する方針をとり、検査と薬剤感受性試験を当所が担当した。事例2では保健所の指導により医療機関で採取した検便を当所が検査を実施して陰性化の確認に至った。このような対応は上記問題点を解決する手法の一つと考えられた。

EHECに感染した給食従事者が翌月に陰性化し、2ヶ月後に再び陽性となったことは県内で過去に例をみない。陰性化した菌が再検出された理由は不明であるが、事例1で7月と9月に分離された菌のPFGEパターンが同一であったことから、検出限界以下まで減少したEHEC O91 VT-1+が、その後検出感度以上に増加した可能性が考えられる。事例1の原因菌はEHECの既知腸管定着因子である*eaeA*²¹⁾と*saa*²²⁾が共に陰性であるにもかかわらず、陰性化確認過程で約2週間感染者から検出され続けた。このことは、当該菌が未知の定着因子を保有する可能性を示唆する事実として興味深い。

県内ではEHEC O91の他にEHEC O121、O103など、型別血清が市販されていない血清型のEHEC（表1、斜体）による感染者が毎年発生している。このような菌の感染者については、有症者、無症状者ともに2次感染防止策を講じることが健康被害の拡大を防止する上で重要と考えられ、感染者を確実にフォローアップするためには保健所と衛研、医療機関の密接な連携が必須であると考えられた。

V まとめ

平成3-14年度のEHEC感染事例発生状況、および給食従事者定期検査においてEHEC O91 VT-1+が検出され、2ヶ月後の検査で同菌が再検出された2事例について検討して以下の知見を得た。

- 秋田県における年間のEHEC感染事例数は40事例程度で推移すると考えられた。
- Non-O157感染事例のうち、有症事例においてはO26、無症状事例ではO91の分離頻度が高かった。
- 平成14年度のEHEC感染事例発生数は41事例、集団事例（EHEC O121 VT-2+感染事例）が1事例発生したが、深刻な健康被害の発生には至らなかった。
- EHEC O91、EHEC O121、EHEC O103など、市販

型別血清がない血清型のEHECの感染事例では、医療機関検査室などでは菌陰性化の確認および薬剤感受性試験が実施し得ないことが問題であることが明らかとなった。

- EHEC O91、EHEC O121、EHEC O103などの感染者を確実にフォローアップするためには保健所と衛研、医療機関の密接な連携が必須であると考えられた。

VI 文 献

- 1) 厚生省保健医療局結核感染症課. 感染症新法に基づく医師から都道府県知事等への届出のための基準について. 感染症の予防及び感染症の患者に対する医療に関する法律, 1999; 288-289.
- 2) 厚生省生活衛生局食品保健課乳肉衛生課食品化学課監修、日本食品衛生協会. 食中毒予防必携, 1998; 117-130.
- 3) 竹田美文 (腸管出血性大腸菌感染症の診断治療に関する研究班班長). 一次、二次医療機関のための腸管出血性大腸菌 (O157等) 感染症治療の手引き. 厚生省; 1998.
- 4) 山崎伸二, 他. Vero毒素産生製大腸菌のPCR (DNA増幅) 法による迅速同定. 日細菌誌, 1991; 46: 289.
- 5) 齊藤志保子, 他. 牛が感染源と考えられVero毒素産生性大腸菌O103:H2による家族内感染事例, 感染症誌, 1998; 72: 703-713.
- 6) Fukushima, H. et al. An effective, rapid and simple method for isolation of Shiga toxin-producing *Escherichia coli* O26, O111 and O157 from faeces and food samples. Zentralbl Bakteriologie, 1999; 289: 415-428.
- 7) Fukushima, H. et al. Hydrochloric acid treatment for rapid recovery of Shiga toxin-producing *Escherichia coli* O26, O111 and O157 from faeces, food and environmental samples. Zentralbl Bakteriologie, 1999; 289: 285-299.
- 8) Fukushima, H. et al. Selective isolation of *eae*-positive Shiga toxin-producing *Escherichia coli*. J. Clin. Microbiol., 2000; 38: 1684-1687.
- 9) Yatsuyanagi, J. et al. Characterization of Enteropathogenic and Enteraggregative *Escherichia coli* isolated from diarrheal outbreaks. J. Clin. Microbiol., 2002; 40: 294-297.
- 10) Patton, A.W. et al. Direct detection and characterization of Shiga toxigenic *Escherichia coli* by multiplex PCR for *stx1*, *stx2*, *eae*, *ehxA*, and *saa*. J. Clin. Microbiol., 2002; 40: 271-274.
- 11) 城 宏輔. 埼玉県某幼稚園で流行した *Escherichia coli* O157:H7 による出血性大腸炎. 臨床と微生物, 1996; 23: 869-878.
- 12) 八柳 潤, 他. 秋田県で散発下痢症から分離された Vero毒素産生性大腸菌の性状. 感染症誌, 1995; 69: 1286-1293.
- 13) 国立感染症研究所感染症情報センター. 腸管出血性大腸菌感染症2001年4月現在. 病原微生物検出情報月報, 2002; 22: 135-136.
- 14) 八柳 潤, 他. 1997年7月に秋田県で分離された腸管出血性大腸菌 (EHEC) O121:H19の性状. 病原微生物検出情報月報, 1998; 19: 4-5.
- 15) 八柳 潤, 他. 1997年7月に秋田県で分離された Vero毒素産生性大腸菌O121:H19 2株の疫学性状と Virulence factor. 感染症誌, 1999; 73: 218-224.
- 16) Cornu, G. et al. Hemolytic uremic syndrome in Belgium: incidence and association with verocytotoxin-producing *Escherichia coli* infection. Clin. Microbiol. Infect., 1999; 5: 16-12.
- 17) McCarthy, T.A. et al. Hemolytic-uremic syndrome and *Escherichia coli* O121 at a lake in Connecticut. Pediatrics, 2001; 108: E59
- 18) Stock, K.J. et al. Hemorrhagic colitis due to a novel *Escherichia coli* serotype (O121:H19) in a transplant patient. Transpl. Int., 2001; 14: 44-47.
- 19) 増本喜美子, 他. 保育園における腸管出血性大腸菌 O121:H19の集団発生事例-佐賀県. 病原微生物検出情報月報, 2002; 23: 143-144.
- 20) Yatsuyanagi, J. et al. A case of Hemolytic-uremic syndrome associated with Shiga toxin 2-producing *Escherichia coli* O121 infection caused by drinking water contaminated with bovine feces. Jap. J. Infect. Dis., 2002; 55: 174-176.
- 21) McKee, M.L. et al. Enterohemorrhagic *Escherichia coli* O157:H7 requires intimin to colonize the gnotobiotic pig intestine and to adhere to HEp-2 cells. Infect. Immun., 1995; 63: 3739-3744.
- 22) Patton, A.W. et al. Characterization of Saa, a novel auto agglutinating adhesin produced by locus of enterocyte effacement-negative Shiga-toxigenic *Escherichia coli* strains that are virulent for humans. Infect. Immun., 2001; 69: 6999-7009.

薬剤耐性菌の浸淫実態解明に関する調査研究 （平成12年度～平成14年度）

齊藤志保子 八柳 潤 佐藤 晴美 伊藤 功*

秋田県内における薬剤耐性菌の浸淫状況を把握するため、市販鶏肉のバンコマイシン耐性腸球菌（VRE）、サルモネラ、カンピロバクター汚染調査を平成12年度～平成14年度に実施した。さらに、鶏肉から分離された株及び医療機関から分与された患者由来VRE、サルモネラ、カンピロバクター株について薬剤感受性試験を実施した。

鶏肉のVRE汚染調査では、タイ産鶏肉32検体中8検体（25%）から高度耐性であるVanA型VREが検出された。平成12年度～平成14年度の県内のヒト由来VREにVanA型株は認められなかった。VanB型VREはヒトから検出されているが、鶏肉からは検出されなかった。

サルモネラは鶏肉127検体中23検体（18.1%）から分離された。分離株中の耐性菌の割合は血清型により異なり、S. Typhimurium、S. Infantisにおける耐性菌の割合が高率であった。平成8年度～平成14年度に分離されたS. Typhimurium 27株（ヒト由来23株、鶏肉由来4株）について検査したところ、平成11年以降のヒト由来15株中7株が多剤耐性で問題となっているS. Typhimurium DT104であることが確認された。

カンピロバクターの鶏肉からの分離状況は、国産鶏肉73検体中陽性54検体（74.0%）、輸入鶏肉44検体中陽性4検体（9.1%）であった。ニューキノロン剤多剤耐性菌がヒト由来株の30.2%、鶏肉由来株の37.4%に認められた。

キーワード：VRE、サルモネラ、カンピロバクター、薬剤耐性菌

I はじめに

合成抗菌薬や抗生物質の発見により細菌感染症の治療は著しい進歩を遂げた。しかし、1980年代から薬剤耐性菌の出現が医療にとって大きな問題となっている。メチシリン耐性黄色ブドウ球菌（MRSA）やVRE等の院内感染菌、市中感染症であるペニシリン耐性肺炎球菌（PRSP）やインフルエンザ菌、食中毒・散発下痢症の原因となるサルモネラやカンピロバクターなど感染症を引き起こす病原細菌のほとんどにおいて薬剤耐性が進行し、しかも多剤耐性や高度耐性を獲得した耐性菌が出現しつつある。これら各種の薬剤耐性菌やその感染症に対する適切な対応や対策を行うためにはその実態の把握が不可欠である。

県内においても、患者由来株については治療に際し必要な薬剤感受性試験は実施されているが、薬剤耐性菌全体の浸淫状況は把握されていない。また、食品などの生活環境内における耐性菌の汚染状況も不明であり、感染源・経路も検討されていない。このことから本調査では重要な院内感染起因菌であり、輸入鶏肉による感染事例も報告されているVRE、多剤耐性DT104（definitive type 104）の出現が注視されているサルモネラ、下痢症

の治療に汎用されているニューキノロン剤に対する耐性菌の増加が懸念されているカンピロバクターについて、患者由来株の薬剤耐性の現状を把握するとともに市販鶏肉中の耐性菌の汚染実態を明らかにし、行政・医療機関などに情報提供することにより、耐性菌対策に資することを目的に調査を実施した。

II 材料と方法

1. 鶏肉における汚染実態調査

1) 材料

平成12年度～平成14年度に県内のスーパー等から購入した鶏肉を、VRE汚染実態調査には112検体（国産50検体、輸入56検体、不明6検体）、サルモネラ汚染実態調査には127検体（国産65検体、輸入56検体、不明6検体）、カンピロバクター汚染実態調査には122検体（国産73検体、輸入44検体、不明5検体）検査に供した。

2) 検査方法

(1)VRE：鶏肉25gをBPW225mlに接種し、一夜培養後、バンコマイシン（6 μ g/ml、32 μ g/ml）加EF平板及びm Enterococcus 平板に塗布し、発育

* 脳血管研究センター

してきた疑わしいコロニーについて耐性試験等を行った。

(2)サルモネラ：肉25gをBPW225mlに接種し一夜培養後、ハーナーテトラチオン酸塩培地で増菌し、SS、DHL平板で分離培養した。

(3)カンピロバクター：鶏肉10gをプレストン培地100mlに接種し、42℃好気培養後、CCDA平板で分離培養した。

2. 分離株の薬剤感受性試験

1) 材料

(1)サルモネラ：平成12年度～平成14年度に患者及び鶏肉から分離されたS. Infantis 14株、S. Virchow 2株、S. Enteritidis 70株、S. Typhimurium 10株、計4血清型96株を検査に供した。また、S. Typhimurium DT104の浸淫状況を確認するため、平成8年度～平成14年度に分離された患者由来23株、鶏肉由来4株のS. typhimuriumを検査に供した。

(2)カンピロバクター：平成12年度～平成14年度に分離された散発下痢患者由来169株、鶏肉由来91株を検査に供した。

2) 検査方法

(1)サルモネラ：4血清型96株については栄研化学のドライプレート‘栄研’DP21を用い17種類の抗生

物質（表1）に対する感受性を検査した。また、S. typhimuriumについてはDT104 確認試験として、5種類の薬剤（表1）に対する感受性をディスク法で検査するとともにDT104の特異遺伝子をターゲットとしたPCR¹⁾を行った。

(2)カンピロバクター：ニューキノロン剤等6種類に対する感受性をディスク法で検査した。

3. VRE分離株の耐性遺伝子を標的にしたPCRによる遺伝子診断法

1) 材料

平成12年度～14年度に医療機関で分離されたヒト由来43株、及び当所の汚染実態調査で分離された鶏肉由来8株を検査に供した。

2) 検査方法

VREはバンコマイシン、テイコプラニンに高度耐性を示すクラスA（vanA遺伝子保有）、バンコマイシンに高度耐性を示すがテイコプラニンには感受性を示すクラスB（VanB遺伝子保有）、バンコマイシンに中程度耐性を示すVanC（VanC₁、VanC_{2,3}遺伝子保有）などの種類に分けられる。VREのクラスを判定するため、耐性遺伝子VanA、VanB、VanC₁、VanC_{2,3}を標的にしたPCR²⁾を導入し、分離株について耐性遺伝子の検索を実施した。

表1 ドライプレートDP21の検査対象薬剤

ABPC	アンピシリンナトリウム
PIPC	ピペラシリンナトリウム
CEZ	セファゾリンナトリウム
CTM	塩酸セフォチアム
CAZ	セフトジジム
CCL	セファクロル
FMOX	フロモキシセフナトリウム
CPDX	セブポドキシムナトリウム
AZT	アズトレオナム
IPM	イムペネム
MEPM	メロペネム三水合物
GM	硫酸ゲンタマイシン
AMK	硫酸アミカシン
MINO	塩酸ミノサイクリン
FOM	ホスホマイシンナトリウム
LVFX	レボフロキサシン
ST	スルフォメトキサゾール/トリメトプリム
S. typhimurium のディスク法検査対象薬剤	
S	ストレプトマイシン
C	クロラムフェニコール
T	テトラサイクリン
G	スルフィソキサゾール
A	アンピシリン

III 結果と考察

1. VRE

平成12年度～平成14年度に医療機関で分離されたヒト由来VRE43株についてPCRにより耐性遺伝子を検査したところ、VanA遺伝子を保有する株は確認されなかったが、バンコマイシン高度耐性のVanB遺伝子保有株は19株確認された（表2）。VanC遺伝子保有株も16株確認されたが、VanC型VREは耐性度が低いことから、院内感染対策上はさほど問題視されていない。鶏肉からのVRE分離成績はタイ産鶏肉32検体中8検体が陽性であったが、国産鶏肉50検体、タイ以外の輸入鶏肉24検体、産地不明6検体はすべて陰性であった（表3）。タイ産鶏肉から分離されたVREはすべてVanA遺伝子保有株であった。

VRE増加の背景としては、バンコマイシン類似物質のアボパルシンが鶏や豚の肥育促進剤として世界各地で使用され、鶏等の腸管内でVREが選択的に増加したことによると考えられている。フランス産、タイ産の鶏肉からのVRE検出例がいくつか報告されており³⁾、今回の当所の調査においてもタイ産鶏肉から高率にVREが検出されたが、これは欧州、東南アジアでアボパルシンが長期にわたり、また近年まで使用されてきたことによると考えられる。家禽のVRE保有率が高いことに加え

表2 ヒト由来 VRE の PCR による耐性遺伝子成績

	検査件数	耐性遺伝子型					陰性
		VanA	VanB	VanC ₁	VanC _{2,3}	VanC ₁ /C _{2,3}	
平成12年	22	0	5	7	6	1	3
平成13年	12	0	9	2	0	0	1
平成14年	9	0	5	0	1	0	3
計	43	0	19	9	7	1	7

表3 鶏肉からの VRE 分離成績

産地別	平成12年		平成13年		平成14年		計	
	検体数	陽性数	検体数	陽性数	検体数	陽性数	検体数	陽性数
国内産	8	0	20	0	22	0	50	0
輸入(タイ不含)	9	0	7	0	8	0	24	0
タイ産	7	3 (VanA : 3)	13	2 (VanA : 2)	12	3 (VanA : 3)	32	8
不明	6	0	0	0	0	0	6	0
計	30	3	40	2	42	3	112	8

表4 鶏肉からのサルモネラ分離成績

産地別	平成12年			平成13年			平成14年			計	
	検体数	陽性数	血清型 (株数)	検体数	陽性数	血清型 (株数)	検体数	陽性数	血清型 (株数)	検体数	陽性数
国内産	23	5	S.Schwarzengrund (1) S.Infantis (4)	20	3	S.Infantis (3)	22	3	S.Typhimurium (1) S.Infantis (1) Out(1)	65	11
輸入	16	4	S.Virchow (1) S.Enteritidis (3)	20	2	S.Enteritidis (2)	20	5	S.Enteritidis (2) S.Haardet (1) O8 (3)	56	11
不明	6	1	S.Haifa (1)	0	0		0	0		6	1
計	45	10		40	5		42	8		127	23

表5 ヒト及び鶏肉由来サルモネラ分離株の薬剤感受性試験結果 (ドライプレート DP21)

血清型	由来	供試株数	耐性薬剤 (株数)	耐性株計 (%)	感受性株数 (%)
S.Infantis	ヒト	6	ST (1), MINO (1)	2 (33.3)	4 (66.7)
	鶏肉	8	ST (3)	3 (37.5)	5 (62.5)
S.Virchow	ヒト	1	-		1
	鶏肉	1	-		1
S.Enteritidis	ヒト	63	MINO (2) ABPC/PIPC (1) ABPC/IPM (1) ABPC/MINO (1) CTM/FMOX/AZT/AMK (1) ABPC/CEZ/CTM/CAZ/CCL/CPDX/AZT/MINO (1)	7 (11.1)	56 (88.9)
	鶏肉	7	MINO (1)	1 (14.3)	6 (85.7)
S.Typhimurium	ヒト	9	MINO (2), ABPC/PIPC (3)	5 (55.6)	4 (44.4)
	鶏肉	1	ABPC/PIPC/FOM/ S T (1)	1 (100)	0
計		96			77

て、患者の治療にバンコマイシン使用の歴史が古い欧州ではVREは重要な院内感染起因菌であり、健常者にも一定の割合で定着しているといわれている。国内ではまだ散発発生がほとんどであるが^{4,5)}、VanBによる院内集団発生事例⁶⁾や輸入鶏肉との関連が遺伝子型から示唆されたVanA感染事例も報告されている⁷⁾。今後はVRE

汚染鶏肉等を介して国内にVREが侵入し一般健常者の腸管汚染レベルが上昇することを防止することが院内感染対策上重要であると考えられている。県内においてはまだヒト由来のVanA型VREは確認されていないが、県内において市販されているタイ産鶏肉から高率にVanA型VREが検出されたことから、院内及び市中における

VanA型VREの出現に警戒が必要と考えられる。

一方、県内のヒト由来株で多いVanB型VREについてはその汚染源が不明であることから、その究明が必要と考えられる。

2. サルモネラ

鶏肉におけるサルモネラの分離成績は国産鶏肉65検体中陽性11検体、輸入鶏肉56検体中陽性11検体、産地不明6検体中陽性1検体、計127検体中23検体が分離陽性であった。分離株の血清型についてみると国産鶏肉ではS. Infantis (8/11株)、輸入鶏肉ではS. Enteritidis (7/11株)の分離数が多く、主要菌型が異なっていた(表4)。

鶏肉とヒト由来の分離株についてドライプレートDP21を用いて薬剤感受性試験を行った結果(表5)、S. Infantis 14株中5株にSTあるいはMINOに対する耐性株が認められた。S. Virchow 2株(ヒト由来1株および鶏肉由来1株)は供試薬剤にすべて感受性であった。S. Enteritidis については、ヒト由来63株中7株に耐性がみられ、8剤に対する多剤耐性株も1株認められた。また、鶏肉由来7株中1株がMINOに耐性であった。S. Typhimurium はヒト由来9株中5株、鶏肉由来1株に耐性がみられ、いずれも多剤耐性株であった。血清型により分離株の耐性菌の占める割合はかなり異なり、S. Typhimuriumが

非常に高率であり、次いでS. Infantisが高率であった。

近年欧米では多剤耐性のS. Typhimurium DT104(ファージ型別法でdefinitive type 104に分類)の増加が大きな問題となっている⁹⁾。S. Typhimurium DT104はペニシリン、テトラサイクリン、クロラムフェニコール、ストレプトマイシン、サルファ剤等の各種の抗菌薬に耐性のことが多く、オランダではキノロン薬にも耐性を獲得した株が確認されている。アメリカではDT104による食中毒事例や食肉の汚染も報告されている。

県内におけるDT104の浸淫状況を確認するため平成8年度～平成14年度に秋田県内で分離されたS. Typhimurium 27株(ヒト由来23株、鶏肉由来4株)について検査したところ、平成11年以降のヒト由来分離株15株中7株がDT104であることが確認された(表6)。平成11年度に分離されたDT104のうち3株は家族内食中毒事例で分離された株であり、食品衛生上留意が必要と考えられる。また、DT104以外のS. Typhimurium においても多剤耐性株がみられ、耐性遺伝子の一部は伝達性R-プラスミドで他のサルモネラや大腸菌に伝達されるといわれており警戒が必要である。

サルモネラ感染症において初期の不適切な抗菌薬の使用により体内の菌が選択的に増え、重症化が促進される

表6 県内で分離されたS. Typhimuriumの薬剤感受性試験及びDT104確認用PCR結果

分離年	患者由来株				鶏肉由来株			
	菌株No	ディスク法	ドライプレート DP21	PCR	菌株No	ディスク法	ドライプレート DP21	PCR
平成8年度	Sa618	S/C/T	MINO	-	Sa577	S/C/T/A	ABPC/PIPC/MINO	-
	Sa623	S/C/T/G/A	ABPC/PIPC/MINO	-				
	Sa624	S/C/T/G/A	ABPC/PIPC/CEZ/MINO	-				
平成9年度	Sa653	C/T	感受性	-	Sa663	C/T/A	ABPC/MINO	-
	Sa656	C/T	感受性	-				
	Sa661	C/T/G/A	MINO	-	Sa664	C/T/A	ABPC/MINO	-
	Sa674	未検査	MINO	-				
平成10年度	Sa574	未検査	MINO	-				
平成11年度	Sa1032	S/C/T/G/A	ABPC/GM/MINO	-				
	Sa1040*	S/C/T/G/A	ABPC/PIPC	+				
	Sa1041*	S/C/T/G/A	ABPC/PIPC	+				
	Sa1042*	S/C/T/G/A	ABPC/PIPC	+				
	Sa1066	C/T/A	ABPC/MINO	-				
	Sa1070	S/C/T/G/A	ABPC/PIPC	+				
平成12年度	Sa1112	C/T	MINO	-				
	Sa1171	S/C/T	MINO	-				
	Sa1177	S/C	感受性	-				
	Sa1182	C	感受性	-				
平成13年度	Sa1239	S/C/T/G/A	ABPC/PIPC	+				
	Sa1283	S/C/T/G/A	ABPC/PIPC	+				
平成14年度	Sa1372	S/C/T/G/A	ABPC/PIPC	+	Sa1393	S/C	ABPC/PIPC/FOM/ST	-
	Sa1385	S/C	感受性	-				
	Sa1402	S/C	感受性	-				

* 食中毒事例由来株

表7 鶏肉からのカンピロバクター分離状況

産地別	平成12年		平成13年		平成14年		計		
	検体数	陽性数	検体数	陽性数	検体数	陽性数	検体数	陽性数	%
国内産	31	28	20	11	22	15	73	54	74.0
輸入	4	1	20	1	20	2	44	4	9.1
不明	5	1	0	0	0	0	5	1	20.0
計	40	30	40	12	42	17	122	59	48.4

表8 C.jejuni 分離株の薬剤感受性試験結果

	散発患者由来株								鶏肉由来株							
	H12年		H13年		H14年		合計		H12年		H13年		H14年		合計	
	株数	%	株数	%	株数	%	株数	%	株数	%	株数	%	株数	%	株数	%
NA	1	1.3	0		2	5.3	3	1.8	1	2.2	0		3	12.0	4	4.4
EM	0		1	1.9	0		1	0.6	0		0		0		0	0.0
TC	18	23.1	17	32.1	10	26.3	45	26.6	11	24.4	3	14.3	4	16.0	18	19.8
NA/TC	0		1	1.9	1	2.6	2	1.2	2	4.4	0		1	4.0	3	3.3
NA/EC	0		0		0		0	0.0	0				1	4.0	1	1.1
EM/TC	3	3.8	2	3.8	0		5	3.0	0		0		0		0	0.0
NOR/OFX/CIP/NA	21	26.9	9	17.0	8	21.1	38	22.5	5	11.1	4	19.0	8	32.0	17	18.7
NOR/OFX/CIP/NA/TC	5	6.4	3	5.7	2	5.3	10	5.9	8	17.8	2	9.5	3	12.0	13	14.3
NOR/OFX/CIP/NA/EM/TC	0		0		1	2.6	1	0.6	0		1	4.8	0		1	1.1
NOR/OFX/CIP/NA/EM	0		0		1	2.6	1	0.6	0				0		0	0.0
NOR/OFX/CIP/EM/TC	1	1.3	0		0		1	0.6	0		3	14.3	0		3	3.3
ニューキノロン剤多剤耐性小計	27	34.6	12	22.6	12	31.6	51	30.2	13	28.9	10	47.6	11	44.0	34	37.4
感受性	29	37.2	20	37.7	13	34.2	62	36.7	18	40.0	8	38.1	5	20.0	31	34.1
合計	78		53		38		169	100.0	45		21		25		91	100.0

TC(テトラサイクリン)、EM(エリスロマイシン)、NA(ナリジクス酸)、NOR(ノフロキサシン)、OFX(オフロキサシン)、CIP(シプロフロキサシン)

危険性が指摘されていることから、最初に用いる抗菌薬の選択の重要性に併せて耐性菌の情報を関係機関に情報提供することが必要と考えられる。

3. カンピロバクター

鶏肉からの分離状況は、国産鶏肉73検体中陽性54(74.0%)、輸入鶏肉44検体中陽性4(9.1%)であった(表7)。輸入鶏肉に比べて国産鶏肉における汚染率が非常に高率であった。輸入鶏肉からの検出率が低い理由としては、農場の汚染状況や食鳥処理工程の違い、抗菌剤などの使用状況、輸送中の凍結温度・凍結期間、融解回数などが関係すると考えられるが詳細は不明である。

6種類の検査対象薬剤に対し、いずれかに耐性がみられた株はヒト由来株で63.3%、鶏肉由来株で65.9%と非常に高率であった。近年、ニューキノロン薬に対する耐性株の増加傾向が問題となっているが⁹⁾、当所の薬剤感受性試験においてもニューキノロン薬に対する多剤耐性株はヒト由来株で30.2%、鶏肉由来株で37.4%(表8)と高率であった。また、ヒト由来株と鶏肉由来株で耐性パターンが類似していた。このことは、鶏肉の高度なカンピロバクター汚染状況と共に、ヒトのカンピロバクター感染症の原因としての鶏肉の重要性を示唆しているものと考えられた。

治療に関しては、サルモネラ同様、不適切な薬剤の使用により重症化の危険性があると考えられた。

また、カンピロバクター・ジェジュニーの鑑別性状としてナリジクス酸に感受性であることが検査項目とされてきたが、ヒトおよび鶏肉由来株のほぼ4割がナリジクス酸耐性となり、鑑別性状検査項目としては不相当と考えられた。

以上本調査において、VRE、サルモネラ、カンピロバクターの耐性菌のヒトや鶏肉への高度な浸淫実態が明らかとなったが、今後必ずすべての菌において薬剤耐性が進行し、多剤耐性、高度耐性の方向に進むと考えられる。さらなる医療機関における薬剤耐性菌の動向監視強化、そして食品からの分離株における薬剤耐性菌の動向について検討が必要である。また各機関の情報交換が重要になってくると考えられる。

IV まとめ

1. 平成12年度～平成14年度の県内のヒト由来VRE株に、VanA型は認められなかったが、VanB、VanC型が確認された。また、タイ産鶏肉からVanA型VREが検出された。

2. サルモネラは鶏肉の18.1%から分離された。国産鶏肉ではS.Infantis、輸入鶏肉ではS.Enteritidisの分離数が多かった。また、多剤耐性で問題となっているS.typhimurium DT104が県内に平成11年頃から浸淫していることが確認された。

3. カンピロバクターは国産鶏肉の74%、輸入鶏肉の9.1%から分離された。ニューキノロン薬に対する多剤耐性株はヒト由来株で30.2%、鶏肉由来株で37.4%確認された。

文 献

- 1) Lori C. et al. Identification of DT104 and U302 Phage Types among Saimonella enterica Serotype Typhimurium Isolates by PCR. J. Clin. Microbiol., 2000 ; 38 : 3484-3488
- 2) Sylvie Dutka-Malen et al. Detection of glycopeptide resistance genotypes and identification of the species level. Microbiol. 1995 ; 33 : 24-27
- 3) 食肉より分離された腸球菌の高度バンコマイシン耐

性に関する調査、研究報告。病原微生物検出情報月報, 1999 ; 20 : 42

- 4) 今福裕司, 他. VanB型VREによる子宮頸癌術後骨盤内感染性膿瘍の1例. 感染症学雑誌, 1999 ; 73 : 473-476.
- 5) 小栗豊子, 他. 東日本における患者糞便内のバンコマイシン耐性 *Enterococcus* (VRE) の検出状況. 感染症学雑誌, 2001 ; 75 : 541-550.
- 6) 国内最初の VanB型VRE (*Enterococcus faecalis*) の集団発生. 病原微生物検出情報月報, 2001 ; 22 : 148
- 7) 国内で分離されるバンコマイシン耐性腸球菌の遺伝子型. 病原微生物検出情報月報, 2000 ; 21 : 248-249
- 8) Multidrug-Resistant Salmonella Serotype Typhimurium - United States, 1996. CDC MMWR 1997 ; 46 : 308-310
- 9) Smith KE. et al. Quinolone-resistant *Campylobacter jejuni* infections in Minnesota, 1992-1998. Investigation Team. N. Engl. J. Med. 1999 ; 340 : 1525-1532

秋田県内の温泉水の微量元素と泉質について

鈴木 憲 黒沢 新* 武藤 倫子

秋田県内の温泉水中の微量元素の含有量を把握する目的で、乳頭、八幡平地区、小安・秋の宮地区、鹿角市大湯及び秋田市周辺・男鹿地区等の温泉水を分析した。また、温泉水中の微量元素と、硫酸イオン、塩素イオン、ナトリウムイオン、カルシウムイオン等の主要成分及びpHのデータを用いて多変量解析を行った。その結果、温泉は泉質によって主要成分及びコバルト、モリブデン、バナジウム、ゲルマニウム等微量元素の含有パターンに違いがあり、今後温泉の泉質と効能の関係を解明する上で参考となるものと考えられた。また温泉水の生成由来を推測する上でも参考となるものと考えられた。

キーワード：温泉水、微量元素、泉質、主成分分析

I はじめに

秋田県は源泉数、温泉地数において、全国でも上位に位置する温泉県である。その泉質は多種多様で、湯治や保養、療養、レクリエーション等に利用されているが、それら温泉の特性が十分に解析されているとは言い難い。

温泉水中には種々の成分が含有されているが、主要成分による泉質によって効能が示されている。しかし、同じ泉質でも必ずしも同じ効能が得られるわけではない。名湯と呼ばれる温泉には単純温泉が多いという事実を見ても、今まで注目されていなかった微量の成分も何らかの効果があると推測される。一方、分析機器の発達により測定感度が向上し、人体で重要な働きをしていると確認される微量元素の種類も増加している。

そこで、温泉の効能に関する研究の基礎的データとするために、Co、Mo、V、Ge等の含有量を調査し、解析を試みた。

II 調査方法

1. 調査期間および調査箇所

平成10～12年度にかけて行った、「温泉水中の天然放射性物質及び微量元素の調査研究」^{2)~4)}の結果を踏まえて、平成13年度採取した乳頭・八幡平地域、小安・秋の宮地域、鹿角市大湯、秋田市周辺・男鹿地区の温泉水26検体及び、12年度採取した温泉水6検体、14年度採取した温泉水4検体の計36検体を分析した。また参考として海水、湧水、水道水を各1検体分析した。なお、蒸発残留物等の変動が大きかった温泉については複数回の調査を行った。

2. 調査項目

微量元素の定義は曖昧であるが、ここでは便宜上次の7成分を微量元素という。また、イオンの電荷記号+、-等は省略する。

1) 微量元素

As、Co、Cr、Mo、Ni、V、Ge

2) 主要陰イオン

SO₄、Cl、Br、F、BO₃、CO₃

3) 主要陽イオン

Na、K、Ca、Mg、Al、Fe

4) その他

温度、pH、蒸発残留物、電導度

3. 分析方法

1) 測定

(1)As：水素化物発生-原子吸光法

(2)Co、Cr、Mo、Ni、V、Ge、Al、Fe：フレイムレス原子吸光法

(3)Na、K：炎光光度法

(4)Ca、Mg：フレイム原子吸光法

(5)SO₄、Cl、Br、F：イオンクロマト法

(6)BO₃：クルクミン発色-吸光光度法

(7)CO₃：滴定法

2) 前処理：Co、Cr、Mo、Ni、Vは濃縮し塩酸-エタノール塩析法で、Geは水酸化鉄共沈法で塩分を除去して測定した。

3) 器具：プラスチック製

4) 試薬：精密分析用又は原子吸光用。塩酸-エタノールは調製後更に蒸留したものを用いた。

5) 機器：日立偏光ゼーマン原子吸光光度計Z-5000、

* 南部流域下水道

ダイオネクスイオンクロマトグラフDX-320、日立ダブルビーム分光光度計U-2001、日立水素化物付属装置HFS-3、堀場電導度計DS-14、堀場pH計F-8L

Ⅲ 結 果

36温泉及び対照としての海水、湧水、水道水について、微量元素及びその他の成分を分析した。測定値及び最大値、最小値は表1のとおりである。

1. 主成分分析

36温泉について主要陰・陽イオン12成分、微量元素7成分の計19の変量を用いて、主成分分析を試みた。19成分は対数正規分布と見なして対数変換した。すべての変量は平均値0、分散1となるように標準化した。また定量限界値未満のデータは、定量限界値の1/10として計算した。複数回調査した地点については幾何平均値を用いた。

第1主成分、第2主成分、第3主成分の関係式を表2に示した。また、それぞれの地点のデータを代入し、第1主成分 α 、第2主成分 β 、第3主成分 γ を求め、図1-1のようにプロットした。参考として、海水、湧水、水道水もプロットし、変動の大きかった地点は個々の値もプロットした。

またpHによって区分し、アルカリ性泉 ($\text{pH} \geq 7.5$)、中・弱酸性泉 ($4.0 \leq \text{pH} < 7.5$)、酸性泉 ($2.0 \leq \text{pH} < 4.0$)、強酸性泉 ($\text{pH} < 2.0$) に分類し、図1-1と同様に第1、第2主成分を泉質別にプロットした (図1-2)。

表2において、第1主成分は、 $\text{CO}_3 \cdot \text{Cl}$ が多くNaやGe・Moを多く含むものがプラス寄りに、Clが少なく、Al・FeやV・Co・Cr・Ni等を多く含むものがマイナス寄りにシフトすることが分かる。第2主成分は主にCl・Br等の陰イオン・K・Ca・Mg・Fe等の陽イオン、Cr・Ni等の微量元素濃度の多いものがプラス寄りにシフトし、Moが多いものはマイナス寄りにシフトする。第3主成分は主にF及びAsの多いものがプラス寄りにシフトし、 CO_3 及びMgの多いものがマイナス寄りにシフトする。

1) 主成分分析による温泉の分類

図1-2から明らかなように、変量にpHが含まれないにも関わらず、第1主成分により酸性泉・強酸性泉のグループaと、中・弱酸性泉・アルカリ性泉のグループbに大きく分類されることが分かった。

図1-1、図1-2により、aグループは第2主成分により酸性泉と強酸性泉とにグループ分けができ、強酸性泉は第3主成分も高い傾向が見られた。酸性泉の中で地点No.1は特異的で平穏時はbグループの近くに位置しているが、活動時にはa-1とa-3の中間に移動する。

bグループは第2主成分により中・弱酸性泉とアルカリ性泉にグループ分けでき、アルカリ性泉は第3主成分も高い傾向が見られる。ただし地点No.32は弱アルカリ性であるのに中性泉の領域に位置したが、第3主成分が低い点からそのグループに入ったことは妥当と考えられる。中性泉は第1主成分により、さらに3つのグループに分けることができる。以上のグループ分けの結果をa-1~3、b-1~4として、図1-1、図1-2に線で示した。

2) 各グループの温泉の特徴

主成分分析の結果をもとに得られた、それぞれのグループの特徴を表3-1、表3-2に示した。

酸性・強酸性温泉の中で、a-1は $\text{CO}_3 \cdot \text{Cl}$ が少なく SO_4 が多い、Al・Feが多い等の特徴を示し、微量元素はCo・Cr・Ni・Vが多くAs・Mo・Geが含まれないという酸性泉の典型的な含有パターンを示した。その濃度が希薄なものもa-1に含まれる。a-2は酸性にもかかわらず SO_4 の他にClも多く、As・Geを含み、Co・Cr・Ni・Vが平穏時には少ないが活動期には SO_4 とともに急激に多くなった。a-3はCr・Ni・V等酸性泉を特徴付ける成分が非常に多く含まれる一方Coが少なく、As・Ge等アルカリ性泉を特徴づける成分も含まれる。

中・弱酸性泉・アルカリ性泉の中で、b-1は $\text{CO}_3 \cdot \text{Cl}$ やNa・Kが多く、Al・Feが少ない等の特徴を示し、As・Mo・Geが含まれ、Co・Cr・Ni・Vが含まれないというアルカリ泉の典型的な含有パターンを示した。その濃度が希薄なものもb-1に含まれる。また地点No.35のようにb-1の領域に位置するが、 CaSO_4 を多く含み、Moが多いのにGeが含まれないという特異的なアルカリ性泉も含まれる。b-2は高濃度のNaClを含む温泉で、海水もこの領域に入る。

b-3は CaSO_4 や Na_2SO_4 を主に含む中性泉で、b-4はNaClと CO_3 を多く含む中性泉である。これらはいずれもAl・Fe・Co・Cr・Ni・Vが少ないということと、As・Mo・Geのいずれかを多く含むという共通性はあるが、主要陰・陽イオンの含有パターンもそれぞれで、微量元素もAs・Mo・Geがそれぞれ独自の含有パターンを示したため、明快な特徴づけはできなかった。

2. 重回帰分析

主要成分のデータから微量元素濃度の概算値を求めるために、pH及び主要陰・陽イオン12成分を説明変量、微量元素の一つを目的変量として重回帰分析を試みた。ここでは実用的な最良回帰式 (偏重回帰係数がすべて有意で、かつ分散比F値が最大となる回帰式) をstepwise法で求め、表4に示した。この回帰式に各地点のデータ

表 1 調查結果

地点 No.	檢体	地 区	採水月日	溫度 (℃)	pH	蒸 發 量 mg/l	殘 留 物 mg/l	SO ₄ mg/l	Cl mg/l	Br mg/l	F mg/l	BO ₅ mg/l	CO ₂ mg/l	Na mg/l	K mg/l	Ca mg/l	Mg mg/l	Al mg/l	Fe mg/l	Aa mg/l	Co mg/l	Mo mg/l	Cr mg/l	Ni mg/l	V mg/l	Ge mg/l	
1	温泉水	湯沢市	H12.8.24	76.3	5.49	918	1271	186	272	<0.5	0.8	1	<5	112	37	55	35	0.88	0.36	7.3	0.08	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	0.4	2.0
			H13.6.7	66.2	3.58	966	1320	288	268	<0.5	0.9	<1	<5	96	34	50	33	0.78	0.42	40	0.05	0.3	<0.2	<0.1	1.4	1.7	
			H13.8.22	72.6	1.96	1410	4720	885	210	<0.5	1.0	<1	<5	95	34	45	30	16.1	5.9	12	2.4	<0.2	3.7	2.0	15.2	1.9	
			H14.8.29	64.7	3.71	288	420	129	60	<0.5	0.2	1	<5	30	8.3	14	8.8	0.2	0.09	15	0.05	<0.2	<0.2	<0.2	0.9	1.1	
2	温泉水	湯沢市	H13.6.7	59.4	2.45	877	2120	463	4	3.9	0.1	<1	<5	12	5.2	6.2	2	14.2	6.8	2.5	<0.2	<0.2	2.7	3.0	25.1	<0.1	
			H12.5.24	93.0	2.56	1330	1580	470	3	<0.5	<0.1	2	<5	13	4.8	12	6.2	28.2	49.2	1.0	7.4	0.6	17.5	6.4	74.0	0.2	
			H13.6.7	85.0	2.78	650	1160	272	4	<0.5	0.1	<1	<5	10	4.2	10	4.7	6.9	17.3	3.1	2.7	0.3	4.3	2.4	23.0	<0.1	
			H13.8.22	64.6	2.32	1210	1940	552	3	<0.5	0.1	<1	<5	14	4.6	15	7.5	38.8	48.7	0.5	8.1	0.5	14.4	7.1	46.6	0.3	
			H14.8.29	88.2	3.24	288	472	111	3	<0.5	<0.1	<1	<5	6.1	1.6	5.9	2.7	1.1	0.61	4.8	0.87	<0.2	<0.2	0.8	1.2	4.9	<0.1
4	温泉水	湯沢市	H13.6.7	72.0	9.10	108	160	11	4	<0.5	0.1	<1	56	32	1.0	2.2	<0.1	0.062	<0.005	5.7	<0.05	3.0	<0.2	<0.2	3.0	0.6	
			H13.8.22	94.0	1.40	3010	20500	1300	2350	3.6	9.2	186	<5	63	56	122	131	98.1	87.1	290	0.53	<0.2	863	38.1	137	2.1	
			H13.10.10	93.0	1.41	2800	18450	1150	2100	3.3	6.9	82	<5	53	45	127	120	136	87.2	413	0.79	<0.2	751	31.1	192	2.0	
			H14.8.30	99.4	1.76	2812	15530	1090	1840	2.6	2.4	71	<5	44	35	99	108	43.8	34.4	270	1.1	<0.2	587	20.1	176	2.1	
6	温泉水	皆瀬村	H13.6.7	93.3	8.56	611	872	100	174	0.3	2.2	11	38	141	18	15	0.27	0.067	<0.005	124	<0.05	12.3	<0.2	<0.2	0.3	3.7	
			H13.6.7	95.7	9.11	747	1020	115	206	1.2	3.1	14	<5	183	19	8.9	<0.1	0.067	<0.005	124	<0.05	14.3	<0.2	<0.2	0.1	4.3	
			H13.6.7	98.8	9.27	1180	1440	169	282	0.5	4.6	18	38	256	34	11	<0.1	0.36	<0.005	133	<0.05	22.7	0.6	0.2	<0.1	6.0	
			H14.5.16	58.8	3.50	125	194	39	5	<0.5	<0.1	<1	<5	4.9	1.1	3.0	1.1	0.38	0.03	0.2	0.25	0.50	0.10	0.6	0.5	<0.1	
			H13.6.7	79.4	7.69	1690	2830	54	915	3.3	1.1	19	82	483	81	38	0.9	0.006	0.007	301	<0.05	5.1	<0.2	<0.2	<0.1	10.6	
			H13.6.27	61.7	2.75	1570	1890	719	19	<0.5	2.4	14	<5	36	6.4	87	56	18.1	36.6	16	10.6	0.3	21.6	16.7	19.6	0.1	
			H13.6.13	58.2	2.72	1450	1920	779	20	<0.5	2.4	8	<5	36	5.2	98	53	15.8	58.4	26.7	5.5	<0.2	9.8	7.5	12.4	0.1	
			H14.9.5	99.3	1.25	3350	30100	1023	3354	8	73.2	191	<5	70	43	142	47	81	85	2050	0.08	<0.2	<0.2	0.3	15.3	3.5	
13	温泉水	田沢湖町	H13.6.27	63.6	6.49	2490	3690	309	680	1.3	1.9	71	150	631	30	23	44	0.34	0.18	1.8	0.09	<0.2	3.0	0.9	2.8	15.6	
			H13.6.27	75.1	3.61	222	238	63	6	<0.5	<0.1	5	<5	7.6	1.6	8.0	3	1.0	1.3	0.4	0.87	0.2	1.8	0.8	5.5	<0.1	
			H12.6.17	50.0	5.53	828	863	542	6.3	<0.5	2.3	<1	<5	60	15	129	10	0.93	0.26	2.3	<0.05	0.4	0.3	0.9	0.8	0.8	
			H13.6.13	98.3	1.35	2520	24700	857	2660	7.2	60.0	206	<5	93	63	138	45	91.9	86.9	2440	0.1	<0.2	53.1	1.3	364	7.0	
			H14.9.5	99.3	1.25	3350	30100	1023	3354	8	73.2	191	<5	70	43	142	47	81	85	2050	0.08	<0.2	86.5	0.8	600	3.5	
17	温泉水	田沢湖町	H14.5.22	93.9	2.22	2137	2750	1180	4.3	<0.5	<0.1	<1	<5	29	17	43	20	117	30.1	4.2	2.5	0.8	32.3	4.7	275	0.5	
			H13.6.13	67.3	8.18	339	434	36	30	<0.5	0.9	60	26	69	6.4	11	0.17	0.051	0.011	696	<0.05	3.4	0.3	0.2	<0.1	2.0	
			H12.8.16	72.0	2.66	623	1495	350	2	<0.5	<0.1	2	<5	5.9	3.6	11	3.4	17.1	15.7	1.7	4.3	<0.2	4.9	4.2	22.1	<0.1	
			H13.6.13	73.9	2.70	346	823	147	2	<0.5	<0.1	1	<5	4.1	1.4	5.4	2.0	3.9	3.6	0.5	1.4	<0.2	2.6	2.5	8.0	<0.1	
			H13.10.31	96.3	2.00	2180	5150	1160	2	<0.5	<0.1	5	<5	14	14	25	30	37.7	46.2	4.7	10	<0.2	18.9	11.0	77.0	0.5	
			H14.9.5	98.2	2.77	494	735	178	2.7	<0.5	<0.1	<1	<5	14	11	15	1.5	2.2	1.8	0.1	1.9	<0.2	1.6	3.1	3.9	0.5	
20	温泉水	鹿角市	H13.6.13	48.4	7.24	288	323	11	3	<0.5	0.2	<1	184	44	16	7.1	0.018	<0.005	0.9	<0.05	0.3	0.9	0.3	0.9	<0.1	3.4	
			H13.6.13	59.5	7.72	488	548	84	57	<0.5	3.5	117	123	96	8.3	12	1.2	0.017	<0.005	1910	0.33	2.7	0.9	2.0	0.2	1.9	
			H13.6.13	47.5	8.41	343	460	47	51	<0.5	1.6	66	95	91	2.1	2.7	0.13	0.033	<0.005	780	<0.05	0.9	<0.2	0.2	0.8	3.8	
			H13.6.13	93.3	7.11	811	820	366	4	<0.5	0.1	<1	32	38	13	72	33	0.068	<0.005	2.8	<0.05	0.3	<0.2	0.2	0.7	0.2	
			H12.5.31	70.4	7.11	584	616	276	3	<0.5	<0.1	6	34	32	8	57	23	0.039	0.011	0.2	0.26	1.0	0.5	<0.2	4.0	<0.1	
			H13.6.13	83.0	7.23	830	817	392	4	<0.5	0.1	1	34	37	12	76	33	0.029	<0.005	6.2	0.28	1.1	0.2	0.2	5.7	0.2	
25	温泉水	鹿角市	H13.6.13	95.2	3.46	285	277	70	4	<0.5	<0.1	23	<5	13	3.5	7.5	3.3	3.61	7.35	10	2	<0.2	2.8	1.9	9.3	0.2	
			H13.6.27	52.2	7.74	2020	3100	169	771	1.8	3.4	140	44	542	23	90	0.24	0.022	<0.005	830	<0.05	5.8	<0.2	0.2	<0.1	9.5	
			H12.9.22	65.8	7.70	1431	2350	115	647	1.6	2.3	80	51	406	17	68	0.32	0.075	0.077	557	<0.05	10.9	0.3	<0.2	<0.1	11.3	
			H12.9.22	50.8	7.77	1342	2260	74	637	1.5	1.9	86	59	378	16	62	0.53	0.048	0.012	472	<0.05	6.2	0.5	<0.2	0.1	10.2	
			H13.10.30	47.0	6.72	3460	4750	544	790	2.2	0.1	9	1492	378	15	496	115	0.13	1.8	32	<0.05	<0.2	0.5	0.6	0.3	0.9	
			H14.5.22	43.9	6.36	3825	4760	481	671	2.1	0.2	4	1490	390	17	531	115	0.17	3.3	28	<0.05	0.9	<0.2	0.2	0.2	0.6	
30	温泉水	小坂町	H14.8.28	35.9	6.09	4380	5580	1120	795	1.8	0.7	42	988	848	43	289	73	0.009	0.006	774	0.11	<0.2	<0.2	<0.2	<0.1	6.1	
			H14.10.23	37.2	6.33	3388	3410	1139	207	0.4	<0.1	<1	1150	276	15	327	94	<0.005	0.036	114	0.16	2.6	<0.2	0.4	0.2	1.0	
			H13.9.13	45.5	7.64	20420	29600	0.3	16100	65.1	0.2	155	607	6680	464	95	38	0.009	0.043	4.1	0.27	2.9	0.7	1.2	2.4	4.2	
			H13.9.13	60.5	6.24	9280	13880	452	4440	1																	

図1-1 主成分分析 (第1、第2第3主成分)

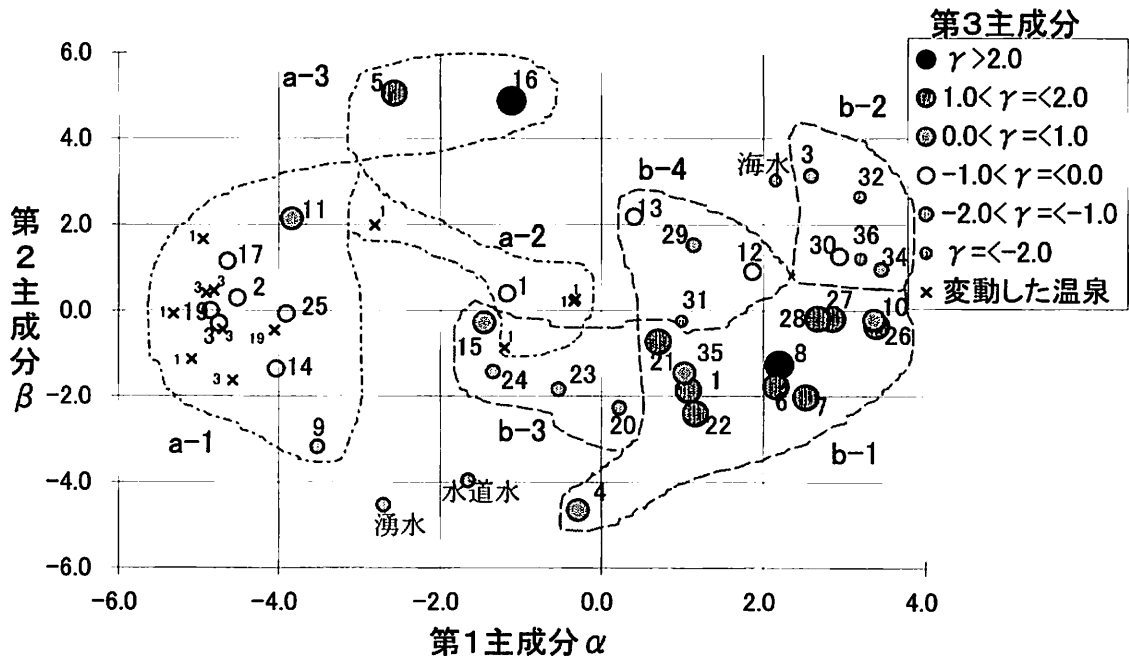


図1-2 主成分分析 (第1、第2主成分) とpH

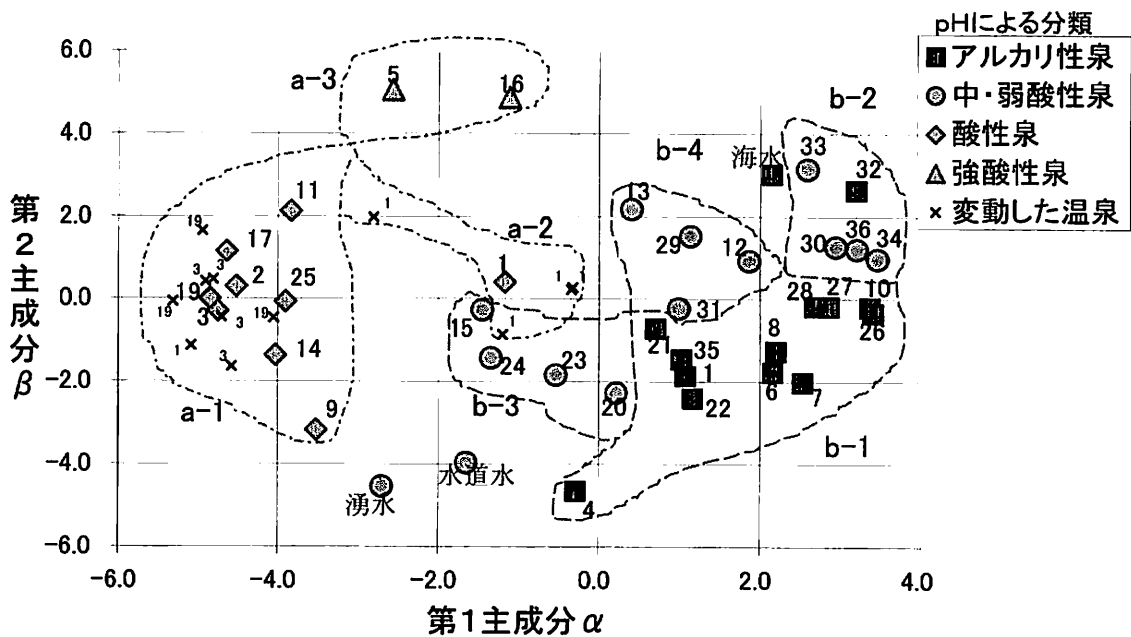


表2 主成分分析の関係式

主成分	寄与率	関 係 式
第1	0.4036	$\alpha = -0.1117 \times \text{SO}_4 + 0.22676 \times \text{Cl} + 0.2097 \times \text{Br} + 0.1776 \times \text{F} + 0.2021 \times \text{BO}_3 + 0.3035 \times \text{HCO}_3$ $+ 0.3156 \times \text{Na} + 0.2170 \times \text{K} + 0.1241 \times \text{Ca} - 0.0570 \times \text{Mg} - 0.2814 \times \text{Al} - 0.2335 \times \text{Fe}$ $+ 0.1559 \times \text{As} - 0.2702 \times \text{Co} + 0.1947 \times \text{Mo} - 0.2366 \times \text{Cr} - 0.2402 \times \text{Ni} - 0.2795 \times \text{V} + 0.2853 \times \text{Ge}$
第2	0.2335	$\beta = +0.1302 \times \text{SO}_4 + 0.2909 \times \text{Cl} + 0.2983 \times \text{Br} + 0.1452 \times \text{F} + 0.2300 \times \text{BO}_3 - 0.0307 \times \text{HCO}_3$ $+ 0.1842 \times \text{Na} + 0.3168 \times \text{K} + 0.2937 \times \text{Ca} + 0.3366 \times \text{Mg} + 0.1947 \times \text{Al} + 0.3223 \times \text{Fe}$ $+ 0.0944 \times \text{As} + 0.1793 \times \text{Co} - 0.2479 \times \text{Mo} + 0.2267 \times \text{Cr} + 0.2316 \times \text{Ni} + 0.1808 \times \text{V} + 0.1366 \times \text{Ge}$
第3	0.1099	$\gamma = +0.2179 \times \text{SO}_4 + 0.0153 \times \text{Cl} - 0.1108 \times \text{Br} + 0.4676 \times \text{F} + 0.2330 \times \text{BO}_3 - 2263 \times \text{HCO}_3$ $- 0.1378 \times \text{Na} - 0.1440 \times \text{K} - 0.1760 \times \text{Ca} - 0.3667 \times \text{Mg} + 0.23225 \times \text{Al} - 0.0254 \times \text{Fe}$ $+ 0.4679 \times \text{As} - 0.0814 \times \text{Co} + 0.1549 \times \text{Mo} + 0.2366 \times \text{Cr} - 0.0209 \times \text{Ni} + 0.0647 \times \text{V} + 0.2140 \times \text{Ge}$
累積寄与率	0.7370	

表3-1 酸性・強酸性泉の特徴

タイプ	pH	陰イオン	陽イオン	微量元素
a-1	約2~4	SO ₄ が多く、F・BO ₃ ・Clが少ない。	Al・Feが多い。	Co・Cr・Ni・Vが多く、As・Mo・Geを殆ど含まない。
a-2	約2~4	SO ₄ ・Clを含む。F・BO ₃ が少ない。	Na・K・Ca・Mgを含み、Al・Feが少ない。	As・Ge含む。活動時にはCo・Cr・Ni・Vが多くなる。
a-3	約1~2	塩酸濃度が非常に多い。SO ₄ ・BO ₃ が多く、Fも含む。	Na・K・Ca・Mgが比較的多く、Al・Feも多い。	As・Cr・Ni・Vが多くCoが少ないか不検出である。Geを少し含むがMoは含まない。

表3-2 中性・アルカリ性泉の特徴

タイプ	pH	陰イオン	陽イオン	微量元素
b-1	約7~9	ClがSO ₄ より多いか同程度である。F・BO ₃ を多少含む。	NaがCa・K等に比べてはるかに多く、Fe・Al・Mgが少ない。	As・Mo・Geの全部又は一部が比較的多く、Co・Cr・Ni・Vを含まない。
b-2	約6~8	Clが非常に多く、BO ₃ が多い。Fが少ない。	Naが非常に多く。K・Ca少なく、Al・Feが少ない。	Ge・Asが多いものと含まぬもの、Moは少ないか又は含まない等様々である。V・Ni等を含まないか又は僅かに含む。
b-3	約5~7	SO ₄ がClに比して多い。	Na・Caが比較的多い。	Ge又はMoを少し含む。他は含まないか、又は僅かに含む。
b-4	約5~7	SO ₄ ・Cl・CO ₃ が多い。	Naが高く、Ca・Mgが比較的多い。	Geが多いもの、Moを含むもの、Asを含むもの等、様々である。他は含まないか又は僅かに含むものもある。

表4 最良回帰式

回 帰 式	重相関係数	F 値
$\text{As} = 0.4707 \times \text{SO}_4 + 0.6137 \times \text{F} - 0.2947 \times \text{Mg}$	0.715	12.9
$\text{Co} = -0.7211 \times \text{pH} - 0.2511 \times \text{F}$	0.826	39.8
$\text{Mo} = 0.5496 \times \text{pH} - 0.3724 \times \text{Mg}$	0.808	34.8
$\text{Cr} = 0.4318 \times \text{BO}_3 - 1.3280 \times \text{Na} + 0.7489 \times \text{K}$	0.712	12.7
$\text{Ni} = -0.7164 \times \text{pH}$	0.716	39.0
$\text{V} = 0.2327 \times \text{Mg} + 0.7521 \times \text{Al}$	0.823	38.7
$\text{Ge} = 0.4962 \times \text{F} + 0.3889 \times \text{CO}_3 + 0.3912 \times \text{K} - 0.1722 \times \text{Ca}$	0.868	28.4

図2-1 Moの計算値と実測値

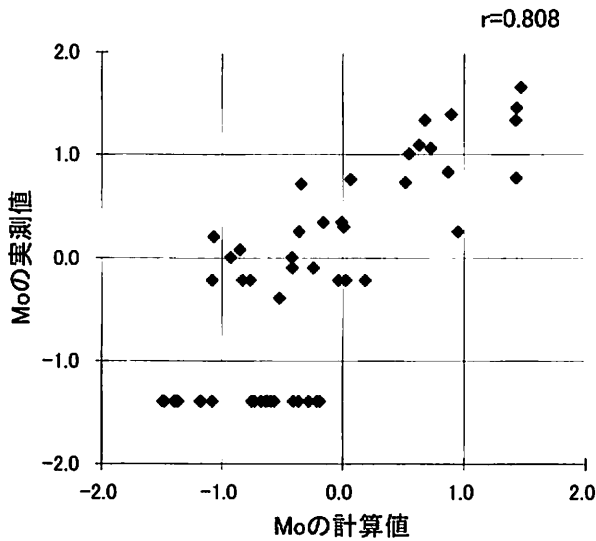


図2-2 Vの計算値と実測値

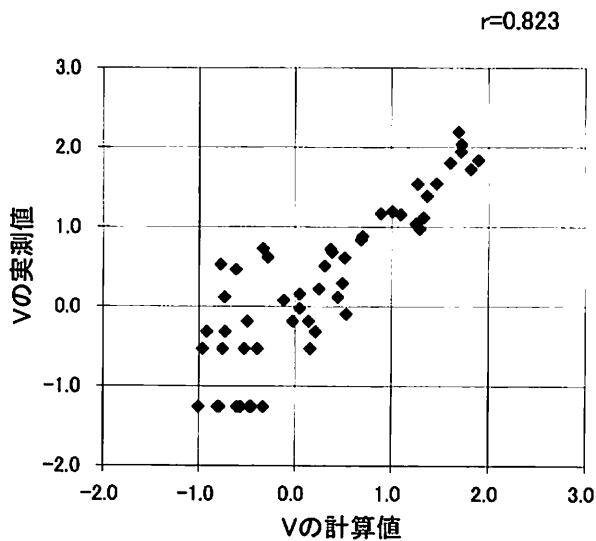
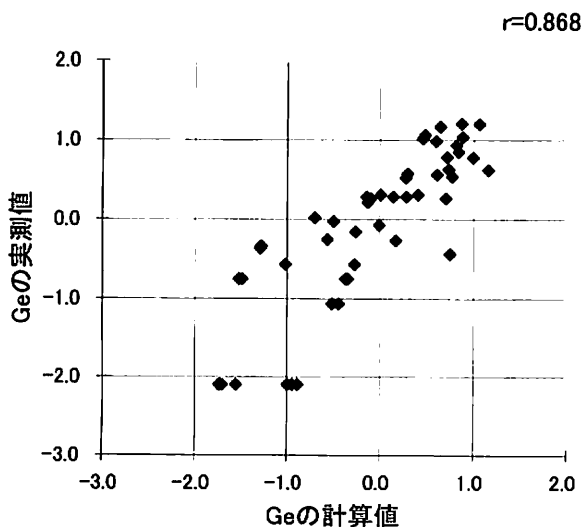


図2-3 Geの計算値と実測値



を代入して求めた計算値と実測値をプロットした一例を図2-1～図2-3に示した。

3. 主要成分濃度の変化と微量元素

電導度や蒸発残留物濃度の変化が特に大きかった3温泉について、主要陰・陽イオン及び微量元素の変化を見た。3地点とも蒸発残留物や電導度の変化に連動して、pHが若干変化し、 SO_4 及びAl・Fe・Co・Cr・Ni・Vが変化したが、Mo・Geは変化しなかった。変化の大きかった成分の経年変化の一例を、蒸発残留物とともに図3-1～図3-3に示した。濃度は変換しない値、単位はそれぞれ表1の通りである。

その他の成分については、地点No.1は13年夏に蒸発残留物が上昇した時には、Na・K・Ca・Mg等は変化しなかったが、14年夏に平静化した時にはいずれも少なくなり、更にCl・Fも少なくなった。また地点No.3は、13年に蒸発残留物に変化したが、Na・K・Ca・Mgは変化しなかった。しかし、14年夏に蒸発残留物が急激に低下した時にはそれらの成分も少なくなった。Cl等主要陰イオンに変化はなかった。また地点No.19は、13年秋に蒸発残留物が急上昇した時にはNa・K・Ca・

図3-1 地点1の経年変化

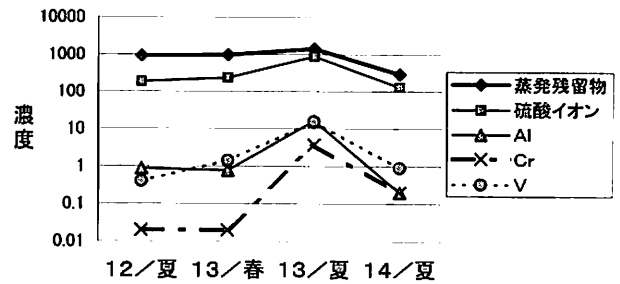


図3-2 地点3の経年変化

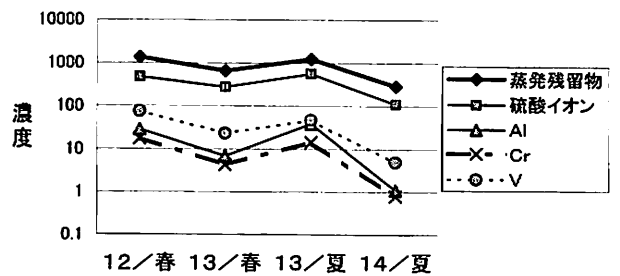
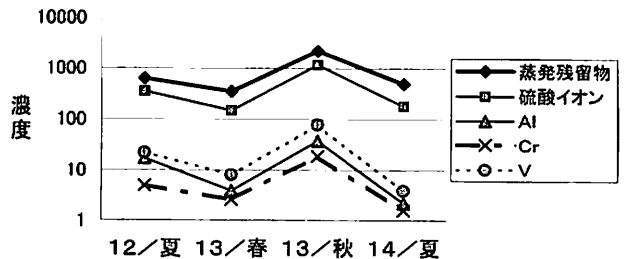


図3-3 地点19の経年変化



Mgも多くなったが、14年夏に蒸発残留物が元の水準に戻った時には、Mgは以前の水準まで少なくなったのに対し、Na・K・Caはそれほど少なくならなかった。Cl等主要陰イオンに変化はなかった。

IV 考 察

自然界に微量に存在する元素は一般に、生体に良い影響も悪い影響も微量の濃度で発現すると考えられる。飲泉により摂取された微量元素が体内で重要な働きをすることは十分期待できる。また、温泉は入浴により生体機能の亢進を促すような刺激作用があると考えられている⁴⁾。微量元素も単独ないしは主要成分との相乗効果で、何らかの重要な刺激作用を及ぼしていると推測される。

今回調査した地点は大部分が42℃以上の高温泉に分類され、また、奥羽山脈の火山地域を中心に行ったため酸性温泉の占める割合が多く、全県あるいは全国の平均とは異なるが、泉質により微量元素の含有に違いが見られることは明らかである。

温泉水中の成分組成は地下の複雑な要因で形成されるものと考えられる。主成分分析の寄与率を見ると、第1及び第2主成分で特性値の変動の約63%、第3主成分を含めると約74%を説明していることになり、19成分による情報を概ね説明していると考えられる。

酸性・強酸性温泉の中で、a-1はaグループの典型的な特徴を示し、火山性ガス由来の成分を含む温泉と考えられる。a-2は中・弱酸性の塩化物泉の温泉脈に火山性ガスが吹き込まれたものと考えられる。a-3に分類された2温泉は全国的にも数少ない塩酸酸性の火山性温泉である。またこの2温泉で、アルカリ性泉の特徴であるAs及びGeが高かったという事実は興味深い。

中性・アルカリ性温泉の中で、b-1はbグループの典型的特徴を示し、岩石由来成分を含む温泉で、その濃度の希薄な温泉は岩石との接触時間が短いものと考えられる。b-1の中で特異的だった地点Na35は石膏等の析出で共沈し成分組成が変化したと考えられるが、Moが高くGeが少ない点では海水のパターンと似ていて、海水由来の温泉が変化したものとも考えられる。b-2は海水ないしは化石海水に由来する食塩泉で、b-3はa-1が流出経路で石灰等を溶かし込んだもの、b-4はb-1が流出経路で炭酸ガス又は炭酸を多く含む水と反応したものと推測される。

図1-2において、酸性・強酸性泉と中性・アルカリ泉の2グループについて、それらを帯状に結ぶと、前者には地点Na9→Na14→Na19、Na1(平静時)→Na1(活動時)→Na11、後者にはNa4→Na6→Na10、Na24→Na12→Na33、という方向性が見られる。前者のNa19とNa11を結

んだ先には強酸性泉が位置し、後者のNa11とNa33を結んだ先には海水が位置する。反対方向の両単純泉の先には湧水が位置する。酸性泉も、アルカリ性泉も、成分濃度が高くなると、海水に近くなるということは、温泉水には海水に由来する成分も含まれると考えられる。すなわちプレート運動により、海洋プレートがマントル中に沈み込む際伴われた海水の成分はマグマと共に上昇するとされている。マグマからはHCl・SO₂等の火山ガス、熱水溶液が分離して来て、塩酸及び硫酸の濃度が高い強酸性泉と、熱水溶液に溶けずに上昇したSO₂・H₂S等のガスが地下水と接触してできる硫酸酸性泉が生成する。一方、残ったマグマから生成した火成岩は地下水に熱とアルカリ成分を与えると考えられる。

因みに、火山性温泉の生成のメカニズムに関し、玉川温泉を例にしたモデルが、松葉谷によって提唱されている⁵⁾。それによると、地下深部のマグマ由来のHClは殆どが熱水中に溶け込み玉川大噴に湧出するが、SO₂に酸化されず溶けずに残ったSO₂ガスは、周辺に広がって上昇して行く間に酸化されて地下水中に溶け、硫酸型温泉となって湧出するということである。

重回帰分析の結果、微量元素の濃度はpH及び主要陰・陽イオンと相関があり、それらの回帰式から微量元素の濃度の概算値が推測できる。ただ、今回我々が得た測定値は定量限界値未満のデータが多かったため、低濃度域のバラツキが大きかった。今後、更に低濃度まで精度良く測定できる機器を導入して調査する必要がある。

今回の調査期間中、酸性温泉において成分濃度が変動した温泉が見られたが、火山性温泉の成分は地下深部のマグマの活動によっても変化すると考えられる。変動の大きかった地点Na1、3、19のいずれも、活動的になるとSO₂の増加にともない、Al・Fe及びCo・Cr・Ni・Vが高くなったことから、これらの成分が火山ガスないしはマグマ水と密接な関係にあると推察される。

V おわりに

温泉水中に微量元素が高濃度含まれる場合には、飲泉による毒性や河川等の水質への影響にも注意を払う必要があることを忘れてはならない。

今回我々が行った微量元素の調査は、温泉に関する多方面の研究に役立つものと期待している。また、今後県内の温泉地が活性化され、県民及び県外客の健康増進に、多くの温泉が利用されることを切に願っている。

最後に、調査に協力頂いた旅館、源泉管理者及び県自然保護課の職員の方々に感謝します。

文 献

1) 温泉水中の天然放射性物質及び微量元素に関する調

- 査研究. 秋田県衛生科学研究所報, 1999 ; 43 : 27
- 2) 温泉水中の天然放射性物質及び微量元素に関する調査研究. 秋田県衛生科学研究所報, 2000 ; 44 : 8
- 3) 温泉水中の天然放射性物質及び微量元素に関する調

- 査研究. 秋田県衛生科学研究所報, 2001 ; 45 : 10
- 4) 山根靖弘. 微量元素と生体. 温泉科学, 1991 ; 42 : 1 - 11 5) 松葉谷 治. 熱水の地球化学 : 華房裳, 1991 ; 81 - 97