

## 他誌発表論文 (海外)

### Detection of sapoviruses and noroviruses in an outbreak of gastroenteritis linked genetically shellfish

#### 遺伝子的に二枚貝との関連が認められた集団胃腸炎事例におけるサポウイルスとノロウイルスの検出状況

Iizuka S., Oka T.<sup>1)</sup>, Tabara K., Omura T., Katayama K.<sup>1)</sup>, Takeda N.<sup>1)</sup> and Noda M.<sup>2)</sup>

1) 国立感染症研究所、2) 国立医薬品食品衛生研究所

Journal of Medical Virology, 82, 1247-54, 2010

2008年6月にA飲食店で食事をした3グループと翌日仕出し料理を自宅で食べた1グループ、計50名中38名が胃腸炎症状を呈した。喫食者24名(発症者23名、非発症者1名)中18名(発症者17名、非発症者1名)と飲食店の料理に使われた中国産冷凍むき身アサリの中腸腺および保存液からRT-PCR法あるいはリアルタイムRT-PCR法でサポウイルス(SaV)、ノロウイルスG I (NVG I)、ノロウイルスG II (NVG II)が単独または複合で検出された。増幅産物の塩基配列を決定し比較したところ、ヒト由来とアサリ関連由来との相同性はSaVで99.3~100%、NVG Iで98.6~99.7%、NVG IIで99.3%と同一もしくは極めて類似の配列を持つ株が検出された。

遺伝子解析から二枚貝との関連を強く示唆するSaVの食中毒事例の報告ははじめてである。

## 他誌発表論文 (国内)

### Long-Term Continuous In-Situ Measurement of Gamma Rays Using Ge Semiconductor Detector

#### Ge半導体検出器を用いたガンマ線の長期連続 In-Situ 測定

Misao IKUTA

Japanese Journal of Health Physics, 45, 177-185, 2010

Ge半導体検出器によるin-situ  $\gamma$ 線測定(in-situ Ge測定)の長期間連続測定法を開発し、36ヶ月間の連続測定を行った。測定システムの長期間の安定した運用に成功し、人工放射性核種の高感度の検出が可能であることを確認した。NaI(Tl)検出器を用いたモニタリングポストの測定値において、10%程度の微小な空間線量率上昇に対応するPb-214及びBi-214の計数率は約2倍を示した。本システムにより空間放射線の弁別問題が解決する。

## Detection of human metapneumovirus genomes during an outbreak of bronchitis and pneumonia in a geriatric care home in Shimane, Japan, in autumn 2009

### 高齢者福祉施設で発生した気管支炎と肺炎の集団感染事例からの ヒトメタニューモウイルスの検出

Omura T., Iizuka S., Tabara K., Tsukagoshi T.<sup>1)</sup>, Mizuta K.<sup>2)</sup>, Matsuda S.<sup>3)</sup>, Noda M.<sup>4)</sup> and Kimura H.<sup>4)</sup>

1) 群馬県衛生環境研究所、2) 山形県衛生研究所、3) 国立病院機構愛媛病院、4) 国立感染症研究所  
Japanese Journal of Infectious Diseases, 64, 85-87, 2011

2009年10月、高齢者福祉施設で急性呼吸器疾患の集団発生があり、新型インフルエンザ（AH1 2009）感染が疑われた。検査の結果、インフルエンザウイルスは検出されず、RT-PCR法で7名からヒトメタニューモウイルス（HMPV）が検出された。増幅産物の塩基配列を決定し比較したところ、7名から検出された株はいずれも subgroupB2に属し、100%の相同性を示した。また、同時期、県内の発生動向調査事業で採取された検体から検出されたHMPV subgroupB2 4株と98.7~100%の相同性であった。HMPVは幼児のみならず、高齢者における重症の呼吸器疾患の原因ウイルスとして重要である。

## 報告書

### 島根県におけるヒトメタニューモウイルスの分子疫学

小村珠喜

重症呼吸器ウイルス感染症サーベイランス/病態解明及び制御に関する研究 平成22年度総括・分担研究報告書  
(厚生労働科学研究費補助金 新型インフルエンザ等新興・再興感染症研究事業)

平成23 (2011) 年3月

島根県におけるヒトメタニューモウイルス（HMPV）の浸潤状況を把握するため、2009年に2つの高齢者福祉施設で発生した集団呼吸器疾患から検出された10株と2009-2010年に実施したウイルスサーベイランスにおいて検出された15株について分子疫学解析を試みた。その結果、島根県における両年のHMPV流行株は subgroupB2が主流で次いでA2であり、B1は散発的に検出されたのみであった。

### 新たに報告されたプライマーによる患者・食品からのサポウイルスの検出

飯塚節子

食品中の病原ウイルスのリスク管理に関する研究 平成22年度総括・分担研究報告書  
(厚生労働科学研究費補助金 食品の安心・安全確保推進研究事業)

平成23 (2011) 年3月

河川水からのサポウイルス（SaV）検出を目的に新たに設計されたプライマーを用いた nested RT-PCRをおこなった。食品（アサリ中腸腺）および患者からのSaV検出率を従来法と比較したところ、食品からの検出率が従来法より優れることが明らかとなった。

## Human enterovirus A 臨床分離株を用いた L-SCARB2 細胞感染実験

飯塚節子

エンテロウイルス感染症制御のための診断・予防治療に関する国際連携研究 平成22年度総括・分担研究報告書  
(厚生労働科学研究費補助金 新型インフルエンザ等新興・再興感染症研究事業)

平成23 (2011) 年 3 月

エンテロウイルス71 (EV71) 特異的受容体発現細胞 (L-SCARB2細胞) のHuman enterovirusA(HEV-A) に対する感受性を調べる目的で、EV71、コクサッキーウイルスA12 (CVA12)、CVA14の臨床分離株を細胞に接種したところ、EV71およびCVA14はすべての株で細胞変性効果 (CPE) が認められ感染が成立したが、CVA12は感染しなかった。さらに、EV71は株によって感染効率が悪い株が存在した。

### 学会・研究会発表

#### 公衆衛生関係 (全国)

#### 食中毒菌 24 標的遺伝子スクリーニング法における EHEC 及びサルモネラ検出プライマーの改良

川瀬 遵

平成22年度島根県獣医学会 (平成22年 8 月 5 日 : 松江市)

平成22年度 獣医学術中国地区学会 (平成22年10月 9 日~10日 : 岡山市)

1. はじめに : 長時間にわたる細菌性食中毒検査の労力削減や検査時間短縮化などを図る目的で、MultiplexリアルタイムSYBR Green PCR法による食中毒菌24標的遺伝子のスクリーニング法 (以下 : SG-PCR法と省略) を開発した。しかし、現在のSG-PCR法ではEHECの変異型*stx2*遺伝子の一部を検出できないことやサルモネラの一部の血清型 (S.Montevideo) で感度が低いものがあること、各プライマー間のPCR増幅産物のTm値が近接しているものがある等の課題が残されている。今回、EHECの*stx1* 遺伝子及び*stx2* 遺伝子、サルモネラの*invA* 遺伝子のプライマーの再設計を行い、SG-PCR法の識別能力等が向上したのでその概要を報告する。

2. 材料および方法 : *stx1* 遺伝子及び*stx2* 遺伝子、*invA* 遺伝子を検出するプライマーは、*stx1* 遺伝子及び*stx2* 遺伝子、*invA* 遺伝子に特異性を有する領域をBLASTを用い検索し設計した。また、設計したプライマーの反応性を確認するために、EHEC (*stx1* 遺伝子保有) 27株、EHEC (*stx2* 遺伝子保有) 24株、サルモネラ58株からDNAを抽出し、SG-PCR法などを用いて、プライマーの特異性や感度、融解曲線分析によるPCR増幅産物のTm値の確認を行った。

3. 成績 : 新規プライマーは、EHEC (*stx1* 遺伝子保有) 27/27株中、EHEC (*stx2* 遺伝子保有) 24/24株中、サルモネラ58/58株中について増幅産物が確認され、融解曲線分析によるTm値はそれぞれ、74.7、82.5、85.3であった。これらの増幅産物について電気泳動を行った結果、想定したサイズの断片が確認された。変異型*stx2* 遺伝子については、*stx2c* 株の3/3株中、*stx2d* 株の2/2株中、*stx2e* 株の1/1株中、*stx2f* 株の4/4株中で増幅産物を確認した。当初のプライマーセットでは、*stx1* と *aggR* プライマー間の増幅産物のTm値の差は1未満であったが、プライマーの再編成により4.7と改善した。又、サルモネラの新規プライマーにより、当初のプライマーでは感度が低かった血清型について感度の向上が確認されるとともに、サルモネラの主要な血清型についても同等の感度が確認された。

4. 考察 : 新規プライマーの設計により、検出できなかった変異型*stx2* 遺伝子の検出やサルモネラのプライマーの感度が改善した。又、プライマーの再編成により、*stx1* と *aggR* プライマー間の増幅産物のTm値の差が改善し、SG-PCR法の識別能力等が向上した。

## 抗体価分析からみた島根県での今後の麻しんの予防対策について

和田美江子

第24回公衆衛生情報研究協議会総会・研究会（平成23年1月20日～21日：名古屋市）

厚生労働省は、平成19年度の10代・20代の麻しんの流行を踏まえて、麻しんの予防接種については、従来の2回接種に加え、平成20年度から5年間、中学1年と高校3年生に相当する年齢の者を対象者として追加した。しかしながら、この世代より上の世代については、2回目の定期予防接種を受ける機会もなく、何時までも感受性者が存在すると想定されたため、島根県内の成人の麻しんの抗体保有状況及び罹患歴及び予防接種歴を調査した。抗体保有状況の結果は、全国と比較すると、島根県は感受性者率が高く、20歳代では2割の感受性者が存在し、50歳以上でも1割の陰性者が存在することが判明した。また、20歳代の“罹患歴有り”の者でも1割、“予防接種歴有り”の者でも2割が感受性者であり、罹患歴や予防接種歴を過信してはならないことがわかった。

定期予防接種対象外の20歳代の者で、特に好発年齢の1-4歳に接する機会の多い者への免疫付与を勧奨する必要があるとともに、医療機関に対し麻しんが疑われる50歳以上の者の遺伝子検査について積極的に考慮する必要がある。

### 公衆衛生関係（県内）

#### 島根県における食肉のカンピロバクターとサルモネラの汚染状況及びヒト由来株との関連性について

熱田純子

第51回島根県保健福祉環境研究発表会（平成22年7月5日：松江市）

島根県における食肉（2か所の食肉処理施設で採取した鶏肉148、豚肉21、牛肉21のドリップおよび2か所の食肉販売店で購入した国内産鶏肉25）のカンピロバクター及びサルモネラによる汚染状況を調査し、これらから分離された株と感染性胃腸炎患者等から分離された株との関連性についてPFGEによる解析を行った。

鶏肉からは25検体中カンピロバクターが14検体（56.0%）、サルモネラが18検体（72.0%）分離され、鶏肉はこれらの菌に高率に汚染されていた。鶏肉のドリップからは148検体中カンピロバクターが14検体（9.5%）、サルモネラが10検体（6.8%）分離された。ドリップは鶏肉に比較して分離率が低く汚染状況を把握するための検体としては適さないと考えられた。

#### 食中毒患者および鶏肉から *Campylobacter coli* が分離された事例

川瀬 遵

平成22年度食品衛生監視員研究発表会（平成23年2月18日：松江市）

*Campylobacter* 属菌による下痢症患者から分離されるのは、約90%が *Campylobacter jejuni* (*C.jejuni*)、数%が *Campylobacter coli* (*C.coli*) と言われている。平成22年10月に出雲保健所管内で発生した集団食中毒事例（患者9名）では、患者便の培養検査と馬尿酸加水分解試験などの生化学性状試験により病因物質を *C.jejuni* と判定していたが、24種の食中毒菌遺伝子迅速スクリーニング法により、患者2名の糞便DNA試料から *C.coli* の *ceuE* 遺伝子と *C.jejuni* の特異的配列が検出された。患者便および食材から分離保存されていた菌株を検討したところ、患者2名の分離株は *C.coli* と判定され、食材のうち、もも、せせり、砂ずりの分離株は *C.jejuni*、皮と軟骨の分離

株は *C.coli* と判定された。手羽先からの分離株は生化学性状試験で *C.jejuni* と判定されたが、PCR法で *C.jejuni* と *C.coli* の混在が明らかとなった。*C.coli* 5株 (患者由来2株と食材由来3株) についてPFGE解析を行ったところ、すべて同一パターンを示した。

本事例の病因物質は当初 *C.jejuni* と判定していたが、SG-PCR法や患者由来株の検討結果から *C.coli* と *C.jejuni* の混合感染事例と考えられた。また、患者及び食材由来の *C.coli* のPFGE解析から鶏肉を介して *C.coli* の暴露を受けた可能性が高いと考えられた。さらに食材から分離保存されていた菌株を検討した結果、*Campylobacter* は培地上で遊走するなど単一の菌集落を形成しにくく、コロニー形態等から菌種の推定は困難なことから、生化学性状試験のみによる混合感染の判定は難しい場合もあると考えられた。*C.coli* と *C.jejuni* の混合感染の発生頻度は少ないが、本事例のようなケースも視野に入れて検査する必要がある。

## 中国渡航集団の下痢症患者からの腸管凝集付着性大腸菌 (EAggEC) の分離

寺本彩香

平成22年度食品衛生監視員研究発表会 (平成23年2月18日: 松江市)

2010年8月、島根県と鳥取県から中国へ渡航した団体において集団下痢症が発生した。この集団下痢症で分離された大腸菌から腸管凝集付着性大腸菌 (EAggEC、以下EAECとする) に関連する複数の遺伝子が検出されたことから、EAECの同定検査を行った。

PCR, clump試験等の検査結果から患者3名/8名がEAECに感染していたことを確認した。また、患者便から分離された大腸菌にはEAECと同定されなかったが、多様な病原遺伝子を持つ多様な血清型の菌も分離された。EAECと同定されなかったこれらの菌の中にはPFGEパターン、薬剤感受性パターンが一致する株もあり、これらが原因菌であった可能性も考えられた。

毎年、多くの日本人が海外へ渡航しているが、旅行中や帰国後に下痢症を発症する事例が少なくない。海外渡航者に対し、渡航先での飲食には十分注意するよう啓発する必要があると考えられる。

## 環境衛生関係 (全国)

### 隠岐島における PM2.5 の水溶性成分の経年変動

佐川竜也・荒木卓久・黒崎理恵・後藤宗彦

第51回大気環境学会年会 (平成22年9月8日: 豊中市)

PM2.5については2009年9月に環境基準が設定され、今後は適切な大気汚染防止対策を講じるため全国的に実態把握を行う必要がある。PM2.5の大気汚染状況については都市域では多くの調査研究が行われ科学的な知見が集積されつつあるが、清浄な地域における調査研究例は少ない。我々は1998年から局所的汚染が少ない隠岐島において粒子状物質に関する調査を行っており、今回、PM2.5の質量濃度と水溶性無機イオン成分濃度の経年変動について解析を行った結果を報告する (解析対象期間: 2000~2009年度)。

質量濃度 (年平均値) は、 $13\sim 16\mu\text{g}/\text{m}^3$  の範囲で明確な増減傾向は見られなかったが、季節別では秋期に増加傾向を示した。また、環境基準と比較すると、2002、2005~2007年度は非達成の状況にあり、清浄な地域と考えられている隠岐においてもPM2.5の大気汚染が確認された。

成分別では、主要成分である  $\text{SO}_4^{2-}$  と  $\text{NH}_4^+$  で経年的に増加傾向が見られた。 $\text{SO}_4^{2-}$  について季節別にみると、春期と秋期に明確な増加傾向を示した。松江との地点間比較、高層気象の解析結果等から、増加の要因として越境汚染の影響を強く受けていることが示唆された。

## 島根原子力発電所周辺における冬季雷雲からの放射線

生田美抄夫

2010年日本原子力学会秋の大会 (平成22年9月15日:札幌市)

2008年の冬季、島根原子力発電所周辺監視のために設置しているモニタリングポストにおいて、雷雲からの放射線を検出した。Ge 半導体検出器によりスペクトルが得られ、NaI(Tl) 検出器により1秒毎の詳細な放射線の変動を記録した。線種及びエネルギーの推定を行うとともに TLD により被曝線量を求めた。

## 流下に伴う河川中硝酸の窒素・酸素安定同位体比の変化から見た自然及び人為的負荷量推定の試み

神谷 宏・宮廻隆洋 (島根県保健環境科学研究所)・田林 雄 (産業技術総合研究所)・  
三木健太郎・山室真澄 (東京大学院)・木庭啓介 (東京農工大)

日本陸水学会第75回大会 (平成22年9月20日:弘前市)

### 1. はじめに

河川に流入する負荷量は森林等の自然負荷と下水道や工場排水等の人為的な負荷に分けられる。河川に流入するこれらの負荷量の割合を把握することは困難で、現在まで原単位法を用いて計算されている。しかし、この方法は様々な問題点が指摘されていることから、硝酸の窒素・酸素安定同位体比が発生源によって異なることを利用して、河川に流入する負荷量を自然系、人為系に分けることが可能か検討を行った。

### 2. 方法

島根県の東部に位置する斐伊川において、源流から下流部までに12の採水地点を設定し、2008年4月から2009年3月まで月1回ずつ通算11回の採水・分析を行った。採水は原則として平水時に行った。なお、9月については採水日が確保できず欠測となった。比較のため降水 ( $n=61$ ) と雲南市内の下水道及び農集の排水 (12月17日採水,  $n=6$ ) を採取した。分析項目は全窒素 (TN)、硝酸態窒素 ( $\text{NO}_3\text{-N}$ )、硝酸の酸素同位体比 ( $\delta^{18}\text{O}$ )・窒素同位体比 ( $\delta^{15}\text{N}$ ) 等である。原単位については様々な報告があり、用いるデータによって結果が異なる可能性があるが、同位体比についてはその発生源によって特異な値をとるので (例えば Kendall et al. 1997)、河川水中の同位体比を調べることによって発生源が比較的わかりやすい利点がある。

### 3. 結果および考察

TNは平均値で見ると横田町の上流部から濃度が高く、横田町の下流部で最も濃度が高くなっていた。また、濃度には流量に影響された変動が見られ、流量の大きい冬期に高く、流量の少ない6月、11月に低くなっていた。降水のTNは河川水よりもかなり高く約2倍、排水のTNは河川水の約6倍の濃度であった。TNの約80%が $\text{NO}_3\text{-N}$ であり、 $\text{NO}_3\text{-N}$ はTNとほとんど同様の変化をしていた。

降水中の硝酸の $\delta^{18}\text{O}$ は文献に示されているように河川水に比べ非常に高かった (平均72.1%)。しかし、河川水の $\delta^{18}\text{O}$ は6~8%の範囲にあり、しかも流下に伴う変化はなかった。ただし季節的な変化があり、水温の低い11月から3月にかけて高い値をとっており、これは降水の変化と同様であった。 $\delta^{15}\text{N}$ に関しては文献が示しているとおり排水の値が高かった。また、河川水に関しては $\delta^{18}\text{O}$ と同様な季節的な変化があった。河川水の結果を平均値で見ると流下に伴う変化は小さく、2%前後の値をとっていた。

$\delta^{15}\text{N}$ が河川の流下に伴う変化がなかったことから排水の流入による影響はほとんど見られなかったと考えられる。

神立橋の上流にある大津流量観測所の結果によると、調査期間中の流量の平均値、最大値及び最小値はそれぞれ32.2、227.6、 $7.2\text{m}^3\text{s}^{-1}$ であった。また調査日の大津流量観測所の平均値、最大値及び最小値はそれぞれ33.5、70.1、 $8.9\text{m}^3\text{s}^{-1}$ であり、平均値及び最小値はほぼ近いものであった。一方、神立橋より上流にある排水処理施設

の保健所届け出合計水量は $0.2 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ であり、河川流量に比べるとはるかに小さい。排水の硝酸態窒素濃度は平均で $3.6 \text{ mg L}^{-1}$ で河川水の硝酸態窒素濃度の約6.5倍と顕著に高かった。しかし低流量時にも、排水の影響は河川水に現れなかった。このことから、山林から流入する負荷量が非常に大きい、もしくは今回の試みでは把握できなかった農地等からの負荷量が河川水質に大きく影響している可能性がある。

## モニタリングデータ及び流域からの負荷量を用いて計算した宍道湖・ 中海堆積物からのリンの溶出速度と溶存酸素濃度との関係

神谷 宏・大城 等・神門利之・狩野好宏・三島幸司（島根県保健環境科学研究所）・  
田林 雄（産業技術総合研究所）・山室真澄（東京大学）・  
三田村緒佐武（滋賀県立大学）・石飛 裕（自然と人間環境研究機構）

日本陸水学会第75回大会（平成22年9月19日：弘前市）

### 1. はじめに

堆積物からのリンの溶出速度の測定は、ほとんどが室内実験により求められている。しかし溶出速度に影響を与える因子は多く、実際の現場で発生している溶出過程は複雑なものである。そこで、我々は宍道湖・中海での月1回行っているモニタリングデータ、流域からの負荷量及び水収支の計算結果から実際に現場で発生しているリンの溶出及び沈降速度の計算を行った。

### 2. 方法

対象とした水域は宍道湖、中海及び中海の北西側の干陸を目的に築堤した本庄水域の3つである。斐伊川以外は流量が測定されていないため、宍道湖、中海及び本庄水域の各水域への淡水流入量は斐伊川の天津日流量（国土交通省測定）と流域面積および各水域の集水面積の比から比例配分して求めた。計算には1993年1月から2002年12月までのデータを用いた。水質データは毎月1回測定されている公共用水域の監視調査結果を用いた。宍道湖への流入負荷量は、淡水流入量の75%を占める斐伊川で得られたKamiya et al. (2008) のLQ式を用いて計算を行い、残りの25%は同じLQ式を用いて加算した。本庄水域についても同じLQ式を用いた。中海については松江市、米子市などから多くのTPが負荷されるためこのLQ式は適応できなかった。しかし、このLQ式と島根県が計算した原単位法による発生負荷量がほとんど同じであったことから、中海へ流入する負荷量は原単位法による負荷量が流入しているものとして計算した。

### 3. 結果および考察

保存物質である塩化物イオン濃度と斐伊川の河川流量を用いて月ごとの各水域での収支計算を行った。その結果、水収支については宍道湖及び中海については90%以上の精度で再現されていた。

全リン（TP）の堆積物からの溶出速度は、ある調査日の現存量とその次の月の調査日のTP現存量の変化量と、その間に各水域に流入及び流出した負荷量から計算される。宍道湖において、ある月の調査日と次の月の調査日との間に $Q_0$ の淡水が流入し、それに伴い流入負荷量 $L_s$ が宍道湖へ負荷される。ある月の宍道湖のリン濃度を $C_{sn}$ 、次の月のリン濃度を $C_{sn+1}$ 、中海も同様にそれぞれ $C_{nn}$ 、 $C_{nn+1}$ とおき、その間に宍道湖から流出する水量を $Q_1$ 、リン濃度を $C_{sn}$ 及び $C_{sn+1}$ との平均、中海から宍道湖へ流入する水の水量を $Q_2$ 、リン濃度も $C_{nn}$ 及び $C_{nn+1}$ との平均とすれば、次の月の溶出量 $A_{sn+1}$ は、

$$A_{sn+1} = V_s (C_{sn+1} - C_{sn}) + Q_2 \times (C_{sn+1} + C_{sn}) / 2 - Q_1 \times (C_{nn+1} + C_{nn}) / 2 - L_s$$

で表される。同様にして中海及び本庄水域の溶出量も計算を行った。

図1に堆積物直上のDOと得られた沈降・溶出速度との関係を示す。各水域ともDOが $2 \text{ mg L}^{-1}$ を下回ると溶出が大きくなる傾向が見られた。中海の▲で示したデータは*Prorocentrum minimum*による赤潮が観測されたときのデータで、本種は表面に集積する傾向があるため実際の数値より過大に見積もっていると思われるためこれらのデータを除いて判別分析を行った。その結果DO  $2.54 \text{ mg L}^{-1}$ が得られ、それ以下のDO濃度では溶出が卓越していることが明らかとなった。

## 藍藻 *Coelosphaerium Kuetzingianum* によるカビ臭物ジェオスミンの産生

神門利之・崎 幸子・神谷 宏 (島根保環研)・  
丸山将輝・遠藤睦巳・林 昌平・巢山弘介・相崎守弘 (島根大生物資源)・  
大谷修司 (島根大教育)・石飛 裕 (自然と人間環境研究機構)

日本陸水学会第75回大会 (平成22年9月19日: 弘前市)

### 1. はじめに

各地の水道水源でカビ臭が発生し、水道水が着臭するなどの問題となって久しいが、ここ2,3年、汽水域でのカビ臭発生事例も見られるようになった。島根県宍道湖では2007年5月にジェオスミンを原因とするカビ臭が発生し、シジミやスズキなどの水産物にも着臭した。原因生物は、今までカビ臭物質を産生することが知られていなかったシアノバクテリア *Coelosphaerium kuetzingianum* であることが強く示唆された。今回、*C. kuetzingianum* の単離培養に成功し、培養液中にジェオスミンが生成されていることを確認し、これが宍道湖のカビ臭原因生物と考えられたので報告する。

### 2. 方法

試水には、カビ臭が発生している2009年10月5日の宍道湖湖心表層水を用いた。培養にはM-11改変培地 (蒸留水に代え宍道湖湖水を孔径0.45 $\mu$ mのフィルターでろ過したものを用いた) を使用した。ピペット洗浄法により湖水から *C. kuetzingianum* を1群体取り出し、培地で6回洗浄した後培養用試験管に移した。培養条件は20°Cで12時間の明暗サイクルとした。

カビ臭産生生物としての特定はPersson (1983) が提唱する考え方にに基づき、①生態学的証明、②カビ臭発生の証明、③臭気物質の化学分析による同定、3点を検証した。植物プランクトンの観察は微分干渉光学顕微鏡を使用し、必要に応じて蛍光 (G励起) 装置を用いた。培養液中の生物の確認には、エチジウムブロミドによる染色法および16S rRNA 遺伝子を対象としたPCR-DGGE法を用いた。カビ臭原因物質の測定は、ジェオスミンおよび2-MIBを対象として、HS-GC/MS法により行った。植物プランクトンの計数には、トーマの血球計算盤を用いた。

### 3. 結果および考察

#### 条件1: 生態学的証明

図に2009年秋季のジェオスミン濃度と *C. kuetzingianum* 細胞数を示す。これから、ジェオスミン濃度と *C. kuetzingianum* 細胞数の変動傾向がよく一致している。これらのことから、条件1は満たされている。

#### 条件2: カビ臭発生の証明

培養株の培養液から宍道湖水と同様のカビ臭が感じられたことから、培養株が無菌純粋培養株であるかの確認を行った。光学顕微鏡による観察の結果、形態学的特長から *C. kuetzingianum* の存在を確認し、かつ他のプランクトンは見られなかった。また、エチジウムブロミドによるDNA染色法によっても *C. kuetzingianum* 以外の蛍光は確認できなかった。さらに16S rRNA 遺伝子を対象としたPCR-DGGE法を行った。DGGEの泳動写真には複数のバンドが現れたが、これを切り出してPCR増幅後バンドの解析を行ったところ、増幅に成功したバンドの塩基配列が全て一致した。したがって培養液中に存在するDNAは単一のものであると断定した。このように、形態学的特徴とDNAの解析結果から、無菌純粋培養に成功したのは *C. kuetzingianum* であると結論付けた。

#### 条件3: 臭気物質の化学分析による同定。

HS-GC/MS法を用いて培養液を分析したところジェオスミンが高濃度に検出された。2-MIBは検出されなかった。したがって、条件3を満たしている。

以上のことから *C. kuetzingianum* がジェオスミンを産生することが確認された。

## 島根県における放射能調査

藤原 誠

第52回環境放射能調査研究成果発表会 (平成22年12月2日: 東京都)

平成21年度に島根県が実施した文部科学省委託の環境放射能水準調査結果及び原子力発電所周辺の環境放射能調査結果をまとめた。三瓶山の土壌、野菜など全国的にも高レベルなものもあったが、過去の核実験等の影響であり、全体としては前年度と同程度のレベルで、特異な傾向は認められなかった。

## 近年の島根県における光化学オキシダントの状況について

佐川竜也・藤原 誠・田中孝典

大気環境学会中国四国支部公開講演会 (平成23年1月22日: 広島市)

全国的に大気環境行政の重要課題となっている光化学オキシダント (以下、Ox) について、島根県では汚染特性や発生原因の解明に関する研究を積極的かつ継続的に進めている。今回、近年の島根県における Ox 濃度の経年変化および高濃度 Ox 事象の特徴について解析した結果を報告する。

Ox 濃度の経年変化については、解析対象期間: 2000~2007年度、対象測定局は年間有効測定時間が6000時間以上で継続的に測定されている県内4局とし、併せてC型共同研究に参加している全国44自治体の測定局のうち島根県と同様の測定条件にある36局について解析を行い、島根県に見られる経年変動の要因を検討した。高濃度 Ox 事象については2000~2009年度において県内のいずれかの測定局で Ox 濃度が100ppb (1時間値) 以上を観測した事象を対象とし、各事象の気象状況、Ox 濃度の時空間変動、後方流跡線、シミュレーション等による解析を行い、高濃度 Ox の要因について検討した。

Ox 年平均値の経年変動の傾きは、全国解析対象局平均では0.32で正の傾きを示したのに対し、島根県4局平均では-0.20で負の傾きを示し、局別にみても益田を除く3局は負の傾きを示し、益田局は正の傾きを示したが解析対象局平均より小さい値であった。季節別でも、年平均値とほぼ同様の傾向が見られた。Ox の傾き (年平均値) の空間分布を見ると、関東、関西の都市域や九州では正の傾きを示す測定局が多いが、山陰、東北では負の傾きを示す測定局が多かった。Ox の傾きと Ox 年平均値については、負の相関、すなわち Ox 年平均値が高い測定局ほど傾きは小さい傾向が認められ、この傾向は夏期以外の全ての季節で認められた。以上の結果は、島根県に見られる Ox の特異的な挙動に局所的な影響よりも移流による一次汚染物質の増加が寄与している可能性を示唆している。

高濃度 Ox 事象は対象期間中に20事象観測された。全事象について解析した結果、島根県の高濃度 Ox 事象の特徴として、①季節的には4~6月初めの春期に観測されることが多い (15事象)、②地域的には中国・四国・九州地域の広範囲にわたり高濃度となることが多い (15事象)、③気圧配置は前線・寒気を伴う低気圧の通過後に高気圧に覆われるパターンが多い (15事象 (春期13))、④地上風向は各局とも西寄りの風が卓越することが多い、⑤光化学反応のない夜間に80ppbを超える高濃度を観測することが多い (13事象 (春期12))、⑥気塊の移流経路は大陸方面から移流してくるパターンが多い (15事象 (春期12)) が挙げられ、島根県では大陸からの越境汚染が主要因と考えられる高濃度事象が多いことが明らかになった。

## 雷雲からの放射線 (電離箱の上昇はノイズか?)

生田美抄夫

平成22年度放射能分析確認調査記述検討会 (平成23年3月11日: 東京都)

冬季の雷雲から線量率の上昇下降が 20秒~240秒に及んでいる長時間バーストと瞬間的な上昇である短時間バーストを確認した。瞬間的にIC 検出器のみ上昇した事例においても、東西7kmの発電所周辺モニタリングポストが一斉に上昇したこと等から、短時間の放射によりNaI 検出器では数え落としが生じたため、IC検出器のみ上昇したものと判断した。

2008年12月31日ではNaI 検出器で5MeV以上に伸びる連続スペクトル、2009年1月10日ではGe半導体検出器で4MeV以上に伸びる連続スペクトルを観測し、高エネルギーガンマ線からの対生成-対消滅に伴う511keVの明瞭な消滅放射線を、世界で初めてGe検出器で確認した。

一方、発電所周辺に設置していたTLDを回収し、雷雲影響の線量を見積もったところ、TLDの上昇量は最大14 $\mu$ Gyと90日積算値の10%にも相当し、胸部レントゲン撮影(0.1mSv)の1/10程度であった。また、TLDの上昇量はIC検出器の雷雲影響上昇量(積分値)の5~10倍大きく地上に到達した放射線種の成分がガンマ線だけでなく、荷電粒子等も多く含まれていることを示唆している。

## 仮想化技術とイーサネット環境を利用した統合型テレメータシステムの開発

田中孝典

平成22年度放射能分析確認調査記述検討会 (平成23年3月11日: 東京都)

島根県では平成22年の3月に島根県環境放射線情報システムを更新した。このシステムは、中国電力(株)島根原子力発電所周辺における環境放射線を、24時間休みなく監視するために島根県が整備している。発電所周辺11ヶ所に設置したモニタリングポスト(ステーション)で測定した放射線や気象の測定データを2分間隔で収集監視し、解析を行なっている。また得られたデータについては地域住民へ情報提供している。

今回の更新では、情報技術(IT)を活用し、いかなる場合においても今現在のモニタリングポストの測定値を監視することを最優先にする設計思想に基づいて、①広域LANによる通信ネットワーク化、②通信ネットワークシステムの2重化、③テキストファイルによる設定・通信処理化、④機能の独立化、⑤監視システムの多重化(各機能の有機的結合)、⑥仮想化技術の導入、⑦4V(Virtualization, Virtual Private Network, Visualization, VNControl)化、セキュリティ対策とコンピュータウイルス対策などを行うことにより、システムトラブルが起こりにくく、トラブルが起きていても監視を継続し、監視を継続したまま早急に復旧できるシステムを構築した。

## 環境衛生関係 (県内)

### 降水中の全窒素濃度と気象との関係

吉岡勝廣 (ラドン研)・神谷 宏 (島根保環研)・崎 幸子 (島根保環研)・  
石飛 裕 (自然と人間環境研究機構)・山室真澄 (東大院)

第51回島根県保健福祉環境研究発表会 (平成22年7月5日:松江市)

#### 1. はじめに

中国大陸から日本への硝酸、アンモニア、硫酸等の汚染物質の移流量は近年増加傾向にあると言われている。しかしその影響についての研究は主に土壌、河川水等の酸性化に主眼が置かれている。当然のことであるが、硝酸やアンモニアに含まれる窒素は植物の栄養素であることから、これらの濃度が上昇することは富栄養化という観点からも重要であるが、そのような研究報告は多くはない。斐伊川の全窒素濃度 (TN) の実測負荷量は増加傾向にあり、全リン濃度 (TP) は減少傾向にあるが、流域での両者の発生負荷は減少傾向にあることから、TNの増加は中国大陸で発生した窒素化合物が斐伊川集水域に降下するという、いわゆる越境汚染が原因であると考えられている (Kamiya et al. 2008)。

そこで我々は、当研究所の屋上において1降水ごとに採取し、栄養塩濃度の測定及び降水をもたらした気塊の移流経路を後方流跡線解析を用いて計算し、どこから気塊が来る場合降水中の栄養塩濃度が上昇するのか調査を行った。

#### 2. 実験方法

降水の採取は2007年1月26日から2008年2月1日まで1降水毎に行い、採取回数は56回であった。測定は全窒素 (TN)、溶存性窒素 (DN)、アンモニア態窒素、硝酸態窒素全リン (TP) 及び反応性リン (SRP) について行った。後方流跡線解析はアメリカ海洋気象庁 (NOAA) がインターネットに公開しているモデルHysprit4を用いて行い、松江に到着する気塊タイプを後方流跡線の結果と地上天気図を参考に、図1に示すように分けた。

#### 3. 結果および考察

松江に到着する気塊は夏季は太平洋 (SE, PE, PS)、冬季は大陸 (CS, CN, SW) と大きく分けられた。平均降水量が最も大きい降水タイプはPS及びSE型 (梅雨前線及び秋雨前線) であった (図2)。

降水のTN濃度は $0.14\sim 3.85\text{mg L}^{-1}$ の範囲であったが、冬季が高い傾向があった。TP濃度は $0.6\sim 90.2\mu\text{g L}^{-1}$ の範囲であったが、春季高い傾向があり、この理由は黄砂によるものと考えられた。

採取できた降水の総量は1164mmで、松江における降水量1385.5mmの84%であった。湿性降下物の総量はTNが $843\text{kg km}^{-2}\text{ year}^{-1}$ 、Pが $14\text{ kg km}^{-2}\text{ year}^{-1}$ であった。湿性降下物量をタイプ別に見るとTNはCN型の降水中の濃度が飛び抜けて高く、次にSW型であった (図2)。TNのほとんどは硝酸及びアンモニアが占めていた。硝酸の起源は化石燃料の燃焼によって発生する窒素酸化物であり、中国大陸の人口密度や工場地帯の立地を考えるとCS型が最も高くなると予想された。しかし、実際はCS型の場合は降下物量が非常に少なく、海洋型とほぼ同程度であった。CN及びSW型は西高東低の冬型気圧配置の場合に発生する型で、この場合は気塊の移動速度が速く、日本海で水蒸気を補給した後中国山地にぶつかり雨・雪を降らす。そのため途中で汚染物質は落下しない。また、中国東北部は冬季の暖房に石炭が用いられており、このことがCN・SW型の降下物量が大きい理由の一つと考えられる。CS型は揚子江付近で発生した移動性の低気圧が雨を降らせながら松江に到達するため、途中で汚染物質が洗い落されていることが考えられる。また、移動速度が遅く、東シナ海で汚染物質の少ない気塊と混合されるのも降下物量が少ない原因と考えられる。

松江に降下するTNのタイプ別の割合を計算した結果、JPが24%、CS+CN+SWが51%、SE+PE+PSが25%であり、大陸からもたらされるものが全体の約半分を占めていた。

本発表は、Yoshioka K, Kamiya H, Kano Y, Saki Y, Yamamuro Y, Ishitobi Y (2009) The relationship between seasonal variations of total-nitrogen and total-phosphorus in rainfall and air mass advection paths in Matsue, Japan. Atmospheric Environment 43:3496-3501を基にしている。

## 雨の中の硝酸の窒素・酸素安定同位体比の季節変化

宮廻隆洋・神谷 宏 (保健環境科学研究所)・田林 雄 (産業技術総合研究所)・  
三木健太郎・山室真澄 (東大院)・木庭啓介 (東京農工大)

第51回島根県保健福祉環境研究発表会 (7月5日:松江市)

### 1. はじめに

近年の著しい東アジアの工業発展により硫黄酸化物 ( $\text{SO}_x$ ) や窒素酸化物 ( $\text{NO}_x$ ) の排出量は大きく増加しており、これらの物質が気流に乗って日本に降下する、いわゆる越境汚染が懸念されている。

当研究所でもこれまでの研究により、島根県の降水や斐伊川流域の全窒素濃度 (T-N) は増加傾向にあり、特に冬～春にかけて濃度上昇が大きいことを報告している。また、国内では環境保全への意識も高く発生源の対策技術も進んでおり、大気中の  $\text{SO}_x$  や  $\text{NO}_x$  は減少傾向にあることから、島根県の降水等に増加した窒素は大陸由来の可能性が考えられる。そのため、大気中の窒素の起源及び大気から河川への窒素負荷の影響を評価することは重要な課題となっている。

物質循環の実態を解明する手法の一つとして、ほとんどの元素にごく微量存在している安定同位体を指標とする方法が普及しつつある。環境中の安定同位体の存在割合は、その由来により明確な違いが現れるため、その物質の起源を推定することが可能であり、食品の産地判別などにも用いられている。

本発表では、降水中の各種イオン成分並びに硝酸イオン ( $\text{NO}_3^-$ ) に含まれる窒素と酸素の安定同位体比 ( $\delta^{15}\text{N}-\text{NO}_3^-$  及び  $\delta^{18}\text{O}-\text{NO}_3^-$ ) を測定し、後方流跡線 (BTJ) 解析を組み合わせることでその起源と動態を推定した。

### 2. 実験方法

2007年8月～2008年8月に保健環境科学研究所屋上で雨水採取装置を用いて1降水ごとの採水 (計61試料) を行い、イオン成分濃度についてはイオンクロマトグラフィー、 $\delta^{15}\text{N}-\text{NO}_3^-$  及び  $\delta^{18}\text{O}-\text{NO}_3^-$  は脱窒菌法 (Sigman et al. 2001; Casciotti et al., 2002) により安定同位体比質量分析計 (IRMS) を用いてそれぞれ測定を行った。また、BTJ解析はアメリカ海洋気象庁 (NOAA) が公開している Hysprid4 を用いて行った。

### 3. 結果および考察

各種イオン成分濃度は、冬期 (10～3月) に高く、夏期 (4～9月) に低くなる傾向が見られた。特に、3月初めには黄砂の影響による高濃度の  $\text{NO}_3^-$  や硫酸イオン ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) が検出された (図1)。BTJ解析の結果、夏期は太平洋側から、冬期は大陸から気塊が到達する頻度が多いことが分かり、冬期における  $\text{NO}_3^-$  や  $\text{SO}_4^{2-}$  の増加は大陸での化石燃料の大量使用によって排出された  $\text{NO}_x$  や  $\text{SO}_x$  を含んだ気塊が風に乗って日本へ輸送されたことが原因と推定された。

$\delta^{15}\text{N}-\text{NO}_3^-$  は  $-5.4\sim 5.9\text{‰}$  であり、夏期と冬期と比較すると、夏期は平均で  $-1.7\text{‰}$ 、冬期は  $0.6\text{‰}$  と冬期の方が高い値を示した (図2)。 $\delta^{15}\text{N}-\text{NO}_3^-$  は自然由来のものに比べ人為起源の方が高くなるため、冬期は人為起源 (燃焼由来) の  $\text{NO}_x$  が中国大陸から輸送され降水中に溶け込み降下した影響が反映されたものと思われる。

$\delta^{18}\text{O}-\text{NO}_3^-$  は  $58.1\sim 91.7\text{‰}$  の幅を示し、夏期では平均で  $64.5\text{‰}$  であるのに対し、 $79.5\text{‰}$  と  $\delta^{15}\text{N}-\text{NO}_3^-$  と同様に冬期の方が高い値を示した (図3)。冬期に高くなるのは、冬期は  $\text{NO}_x$  の大気循環の中で高い  $\delta^{18}\text{O}$  値を有するオゾン ( $\text{O}_3$ ) との反応が活発となることが考えられる。また、BTJ解析により大陸から輸送されて来る降水をもたらす気塊は、海洋からの気塊に比べて高度が高く、より  $\text{O}_3$  と活発に反応したため  $\delta^{18}\text{O}-\text{NO}_3^-$  が高くなった可能性も考えられる。

## 宍道湖でのカビ臭発生生物の特定

神門利之・崎 幸子・神谷 宏 (保健環境科学研究所)・大谷修司 (島根大学教育学部)・  
丸山将輝・遠藤睦巳・林 昌平・巢山弘介 (島根大学生物資源科学部)・  
相崎守弘 (島根大学名誉教授)・石飛 裕 (自然と人間環境研究機構)

第51回島根県保健福祉環境研究発表会 (7月5日:松江市)

### 1. はじめに

各地の水道水源でカビ臭が発生し、水道水に着臭するなど大きな問題となって久しいが、ここ2、3年、汽水域でのカビ臭発生の事例も見受けられるようになった。一般に、カビ臭の原因物質は2-メチルイソボルネオール (2-MIB) あるいはジェオスミンであるとされている。これらの物質を産生する生物として、植物プランクトンである藍藻の一部、放線菌の一部などが知られている。

宍道湖では2007年5月にカビ臭が発生し、シジミやスズキなどの水産物にも着臭した。また、同年秋、2008年春及び秋、そして2009年春、秋及び冬にもカビ臭が発生した。これまでの調査で、カビ臭の原因物質がジェオスミンであることが判明し、今までカビ臭物質を産生することが知られていなかった藍藻 *Coelosphaerium kuetzingianum* がカビ臭を産生していることが強く示唆された。

今回、*C. kuetzingianum* の単離培養に成功し、培養液中にジェオスミンが生成されていることを確認し、これが宍道湖のカビ臭物質産生生物と推定されたので報告する。

### 2. 実験方法

カビ臭発生生物としての特定は、Persson (1983) が提唱する考え方にに基づき、次の3点を検証することにより行った。①生態学的証明 (カビ臭と対象生物とが同じ水域に発生すること)。②カビ臭発生の証明 (対象生物のみを培養しカビ臭の発生を嗅覚により確認する。なお、この確認にあたっては、培養したプランクトン中に他のプランクトンや細菌が含まれていないこと、すなわち無菌純粋培養であることを確認する必要がある)。③臭気物質の化学分析による同定。

対象生物の培養では、試験水には、カビ臭が発生している2009年10月5日の宍道湖湖心表層水を用いた。培地には、M-11培地に試験水を孔径0.45 $\mu$ mのフィルターでろ過したものを加え、滅菌したものをを用いた。ピペット洗浄法により試験水から *C. kuetzingianum* を1群体取り出し、培地で6回洗浄した後培養用試験管に移した。培養条件は20 $^{\circ}$ Cで12時間ごとの明暗サイクルとした。

植物プランクトンの観察は、微分干渉光学顕微鏡を使用し、必要に応じて蛍光 (G励起) 装置を用いた。培養液中の生物の確認には、エチジウムブロミドによる染色法及びPCR-DGGE法を用いた。カビ臭原因物質の測定は、ジェオスミン及び2-MIBを対象として、ヘッドスペース-GC/MS法により行った。植物プランクトンの計数には、トーマの血球計算盤を用いた。

### 3. 結果及び考察

#### 条件1: 生態学的証明

*C. kuetzingianum* の単離培養はカビ臭発生時の宍道湖湖水から行ったことから、条件1を満たしている。

#### 条件2: カビ臭発生の証明

約2ヶ月培養を行った試験管から宍道湖湖水と同様のカビ臭が感じられたことから、培養株が無菌純粋株であるかどうかの確認を行った。まず、培養液に単一種のプランクトンのみが存在するかどうかを光学顕微鏡により観察した。単一種の植物プランクトンのみが観察され、形態学的特長から *C. kuetzingianum* であると判断した。図1に *C. kuetzingianum* 培養株の写真を示す。また、エチジウムブロミドによるDNA染色法によっても *C. kuetzingianum* 以外の生物のDNAは確認できなかった。さらにPCR-DGGE法を用いたDNA解析を行った。DGGEの泳動写真には複数のバンドが現れたが、これを切り出してPCR増幅後バンドの解析を行ったところ、増幅に成功したバンドの塩基配列が全て一致した。したがって培養液中に存在するDNAは単一のものであると断定した。このように、形態学的特徴とDNAの解析結果から、無菌純粋培養に成功したのは *C. kuetzingianum* であると結論付けた。したがって、条件2を満たしている。

条件3：臭気物質の化学分析による同定

HS-GC/MS法を用いて培養液を分析したところジェオスミンが高濃度に検出された。2-MIBは検出されなかった。したがって、条件3を満たしている。

以上のことから3つの条件が全て満たされ、2009年10月5日の宍道湖湖心表層水から採取した*C. kuetzingianum*がジェオスミンを産生することが確認された。これまでのわれわれの文献調査では、*C. kuetzingianum*が属する藍藻のクロオコックス目でジェオスミンを産生するものはない。

図2に2009年秋季のジェオスミン濃度と*C. kuetzingianum*細胞数を示す。これから、ジェオスミン濃度と*C. kuetzingianum*細胞数の変動傾向がよく一致していることがわかる。また、この期間に既知のカビ臭産生プラントンは見られなかった。さらに、外部からカビ臭産生生物が流入している形跡も見られなかった。以上のことから、2009年秋季のカビ臭の原因は藍藻*C. kuetzingianum*であると結論づけた。さらに、2007年以降のカビ臭発生時には常に*C. kuetzingianum*が観察されていることから、2007年以降の宍道湖のカビ臭の原因生物は*C. kuetzingianum*であると考えられる。

#### 4. 結論

2009年10月5日に宍道湖で採取した湖水中の藍藻*C. kuetzingianum*がジェオスミンを産生することが判明した。また、本種が2007年以降の宍道湖のカビ臭原因生物であることがわかった。

今後は、現場の水質データの解析と培養実験から、*C. kuetzingianum*の増殖条件を明らかにしていきたい。

## モニタリングデータ及び流域からの負荷量を用いて計算された 宍道湖・中海におけるリンの溶出速度

神谷 宏・大城 等・神門利之（保健環境科学研究所）・狩野好宏（松江 HC）

三島幸司（隠岐 HC）・石飛 裕（自然と人間環境研究機構）・

田林 雄（産業技術総合研究所）・三田村緒佐武（滋賀県立大学）・山室真澄（東京大学）

第51回島根県保健福祉環境研究発表会（7月5日：松江市）

### 1. はじめに

堆積物からのリンの溶出速度の測定は、ほとんどが室内実験により求められている。しかし溶出速度に影響を与える因子は多く、実際の現場で発生している溶出は複雑なものである。そこで、我々は宍道湖・中海での月1回行っているモニタリングデータ、流域からの負荷量及び水収支の計算結果から実際に現場で発生しているリンの溶出及び沈降速度の計算を行った。

### 2. 方法

対象とした水域は宍道湖、中海及び中海の北西側を干陸を目的に築堤をした本庄水域の3つである。斐伊川以外は流量が測定されていないため、宍道湖、中海及び本庄水域の各水域への淡水流入量（日流量）は斐伊川の天津日流量（国土交通省測定、1992年3月～2002年12月）と流域面積および各水域の集水面積の比から比例配分して求めた。計算は1993年1月から2002年12月までを対象とした。水質データは毎月1回測定されている公共用水域の監視調査結果を用いた。宍道湖への流入負荷量は、淡水流入量の75%を占める斐伊川神立橋で得られた Kamiya *et al.* (2008) のLQ式を用いて計算を行い、残りの25%は同じLQ式を用いて加算した。中海及び本庄水域の流入負荷量は、上記により求めた比流量とLQ式を用いて計算した。

### 3. 結果及び考察

保存物質である塩化物イオン濃度と斐伊川の河川流量を用いて月ごとの各水域での収支計算を行った。その結果、水収支については宍道湖及び中海については90%以上の精度で再現されていた。しかし、本庄水域での精度は83%と若干悪かった。この原因は西部承水路の流量を過小評価しているためではないかと考えられた。

全リン（TP）の堆積物からの溶出又は湖水中からの沈降速度は、ある調査日の現存量とその次の月の調査日のTP現存量の変化量と、その間に各水域に流入及び流出した負荷量から計算される。宍道湖において、ある月の調査日と次の月の調査日との間に $Q_0$ の淡水が流入し、それに伴い流入負荷量 $L_0$ が宍道湖へ負荷される。ある月の

宍道湖のリン濃度を  $C_{sn}$ 、次の月のリン濃度を  $C_{sn+1}$ 、中海も同様にそれぞれ  $C_{nn}$ 、 $C_{nn+1}$  とおき、その間に宍道湖から流出する水量を  $Q_1$ 、リン濃度を  $C_{sn}$  及び  $C_{sn+1}$  との平均、中海から宍道湖へ流入する水の水量を  $Q_2$ 、リン濃度も  $C_{nn}$  及び  $C_{nn+1}$  との平均とすれば、次の月の溶出量  $A_{sn+1}$  は、

$$A_{sn+1} = V_s (C_{sn+1} - C_{sn}) + Q_2 \times (C_{sn+1} + C_{sn}) / 2 - Q_1 \times (C_{nn+1} + C_{nn}) / 2 - L_s$$

で表される。同様にして中海及び本庄水域の溶出量も計算を行った。各水域でのリンの流入量、流出量及び沈降量の経月変化を図1に示す。宍道湖では流入量に比べて流出量が比較的少なく、その分湖内へ沈降する傾向が見られたが、夏季においては堆積物からのリンの溶出の影響が見られた。本庄水域では他の水域に比較して流入量、流出量とも少ない結果となった。これは本庄水域流域内で発生する負荷量が少ないためであると考えられた。中海では流入量に比べて沈降量が意外と多く、そのため沈降量が負、つまり溶出が卓越するケースが多かった。これは8月から11月にかけて毎年観測された。宍道湖では、計算を行った10年間の平均でリンの流入量が  $131 \times 10^3 \text{ kg year}^{-1}$ 、流出が  $110 \times 10^3 \text{ kg year}^{-1}$  と  $21 \times 10^3 \text{ kg year}^{-1}$  が湖内へ堆積していた。本庄水域では流入が  $38 \times 10^3 \text{ kg year}^{-1}$ 、流出が  $37 \times 10^3 \text{ kg year}^{-1}$  で、 $1 \times 10^3 \text{ kg year}^{-1}$  が沈降しており、本水域は沈降・溶出のいずれの効果も観測されなかった。中海は流入が  $514 \times 10^3 \text{ kg year}^{-1}$  に対して  $554 \times 10^3 \text{ kg year}^{-1}$  が流出しており、湖底から  $40 \times 10^3 \text{ kg year}^{-1}$  が溶出している結果となった。これは中海が他の水域に比較して下層の溶存酸素濃度 (DO) が低く、リンが溶出しやすいためであると考えられた。

図2に堆積物直上のDOと得られた沈降・溶出速度との関係を示す。各水域ともDOが  $2 \text{ mg L}^{-1}$  を下回ると溶出が大きくなる傾向が見られた。中海の▲で示したデータは *Prorocentrum minimum* による赤潮が観測されたときのデータで、本種は表面に集積する傾向があるため実際の数値より過大に見積もっていると思われるためこれらのデータを除いて判別分析を行った。その結果DO  $2.54 \text{ mg L}^{-1}$  が得られ、それ以下のDO濃度では溶出が卓越していることが明らかとなった。

本発表は Kamiya H. Ohshiro H. Tabayashi Y. Kano Y. Mishima K. Godo T. Yamamuro M. Mitamura O. Ishitobi Y. (2010) Phosphorus release and sedimentation in three contiguous shallow brackish lakes, as estimated from changes in phosphorus stock and loading from catchment. *Landscape Ecol Eng* (accepted) DOI 10.1007/s11355-010-0110-7 を基にしている。