

## 第 142 回雑誌会

(June 1, 2012)

### (1) Biogas production by anaerobic co-digestion of cattle slurry and cheese whey

Comino, E., Riggio, A. V. and Rosso, M.

Bioresource Technology, **114**, 46-53 (2012).

Reviewed by T. Itoh

嫌気性消化は、エネルギー生産と排水処理を両立した技術である。現在、嫌気性消化の原料には、トウモロコシや畜産廃棄物など多くの農業系バイオマスが利用されている。また、チーズ製造の副産物として発生するチーズ乳清には、タンパク質やラクトースなどの有機物が豊富に含まれていることに加えて、高いアルカリ性と生物分解性を有していることから、嫌気性共消化（固形原料と他の基質を利用する消化法）に用いる基質として注目されている。しかしながら、乳清の急速に酸性化する性質や、微生物由来の粘性エキソポリマーの過剰生産に伴う粒子性汚泥のリアクター内面への付着などによって安定したリアクターの運転が困難であり、バイオガス生産量、ならびにメタン収率が低い。そこで本研究では、酪農場の嫌気性消化処理プラントにおいて、牛糞懸濁液とチーズ乳清との嫌気性共消化の可能性について検討した。

嫌気性リアクターは、コントロールパネル、供給システム、消化槽、および消化槽に付属する攪拌装置、およびガス貯留タンクから構成される。嫌気性リアクターは、始めに牛糞懸濁液のみを用いて運転を行い、運転開始 62 日後から牛糞懸濁液とチーズ乳清の混合液を用いた嫌気性共消化を行った。嫌気性共消化は 4 段階に分けて行い、混合液のチーズ乳清の比率を段階的に高めた。また、嫌気性共消化は fed-batch mode で行った。なお、本実験における嫌気性リアクターの培養温度は  $35 \pm 0.5^\circ\text{C}$  とした。測定項目は pH, BOD<sub>5</sub>, COD, アンモニア態窒素, 揮発性脂肪酸, 粒子密度, 全揮発性固体, ガス組成 ( $\text{CH}_4$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{O}_2$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ ) とした。

水理的滞留時間 42 日間における牛糞尿懸濁液とチーズ乳清の混合液 (50%:50%) からのバイオガス生産量 ( $\text{CH}_4$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ ,) は, 621 L/kg-VS (volatile solid) だった。また, バイオガスのメタン濃度は約 55% だった。COD と BOD<sub>5</sub> の最大除去効率は, それぞれ 82% と 90% であった。さらに, 本実験における最大バイオガス生産量は, 実験開始直後と比較して 79% 増加した。本研究結果から, 嫌気性共消化に乳清を用いることによって, pH 調整剤を必要とせずに, トウモロコシなどのエネルギー作物の嫌気性消化とほぼ同等のエネルギー生産が得られることが示された。

## (2) Dissolved iron(III) speciation in the high latitude North Atlantic Ocean

Mohamed, K. N., Steigenberger, S., Nielsdottir, M. C., Gledhill, M., Achterberg, E. P.

Deep-Sea Research I, **58**(11), 1049-1059 (2011).

Reviewed by Y. Hamasaki

鉄の物理化学的形態および化学種は、鉄の溶解性と生物学的利用能に影響を及ぼす可能性がある。したがって、海洋システムにおける鉄の生物・非生物学的循環に関する知見を得るためには、海洋水中の有機鉄の化学種を解明することが重要である。そこで本研究では、北大西洋の高緯度海域のアイスランド盆地 (IB), ハットンロッカル (HR), ロッカルトラフ (RT) の水柱 (表層域:  $\leq 150\text{m}$ , 中層域:  $300\text{-}1000\text{m}$ , 深層域:  $>1000\text{m}$ ) を対象として、溶存鉄・鉄結合リガンド分布, ならびにその海洋・生物学的特徴との関連性を検討した。また、有機鉄結合リガンドの錯体能力, ならびに鉄の化学種形成を評価するため、溶存鉄濃度 (dFe), 鉄結合リガンド濃度 ( $L_T$ ), 鉄結合リガンド濃度/溶存鉄濃度比 ( $L_T/\text{dFe}$ ), 条件安定度定数 ( $\log K'$ ), 鉄結合リガンドと鉄の錯体割合を算出した。試料は、D321 (2007年8-9月) と D340 (2009年6月) の航海調査において採取した。

全調査地域の表層水は、低い dFe (D321; IB:  $0.14 \pm 0.08 \text{ nM}$ , RT:  $0.15 \pm 0.05 \text{ nM}$ , D340; IB:  $0.24 \pm 0.17 \text{ nM}$ , HR:  $0.67 \pm 0.15 \text{ nM}$ , RT:  $0.25 \pm 0.13 \text{ nM}$ ) を示し、水深の低下とともに増加した (D321; IB:  $0.52 \pm 0.24 \text{ nM}$ , RT:  $0.52 \pm 0.22 \text{ nM}$ , D340; IB:  $0.79 \pm 0.56 \text{ nM}$ , HR:  $0.88 \pm 0.17 \text{ nM}$ , RT:  $0.53 \pm 0.25 \text{ nM}$ )。全調査地域の水柱を通して、 $L_T$  が dFe を超過して観測され、鉄 (III) の大部分 (99.5-99.9%) が錯体を形成していることが推察された。全調査地域の有機鉄リガンド錯体は、高い条件安定度定数 ( $\log K' \approx 22\text{-}23$ ) を示した。また、この  $\log K'$  は、Siderophore 型リガンドの  $\log K'$  の値と類似していた。 $L_T/\text{dFe}$  は、表層域において高い値で変動し、水深の低下とともに減少し、表層混合域以深では一定となった。この  $L_T/\text{dFe}$  の変化を次のように考察した。表層域では、鉄供給量が低く、微生物による鉄結合リガンドの生成によって、 $L_T/\text{dFe}$  が高い値で変動する。表層混合域では、水深の低下とともに増加する dFe を反映して、 $L_T/\text{dFe}$  が減少した。表層混合域以深では、沈降性の有機物の分解過程に発生する鉄結合リガンドによる鉄の保持, ならびに陸域から供給された鉄と有機鉄リガンドによるスキャベジングによって、 $L_T/\text{dFe}$  が一定となる。

## 第 143 回雑誌会

(June 8, 2012)

### (1) Effect of water treatment processes on *Cryptosporidium* infectivity

Keegan, A., Daminato, D., Saint, C, P., and, Monis, P, T.

Water Research, **42**, 1805-1811 (2008).

Reviewed by T. Takida

*Cryptosporidium* による飲料水を介した集団感染の事例が多く報告されている。浄水場における凝集処理プロセスに関する既往の研究では、オーシストの除去効率に関して検討されている。しかしながら、凝集処理プロセスがオーシストの感染性と凝集処理プロセス後の消毒効果に及ぼす影響に関する検討は見当たらない。そこで本研究では、オーシストの感染性と消毒効果に及ぼす凝集処理プロセスの影響について検討した。河川水 2L に約  $10^4$  オーシスト（精製後 8 週間以内）を添加した模擬汚染水を作成し、凝集剤としてミョウバン（添加濃度：0~200 mg/L）を用いた凝集処理、および遊離塩素とモノクロラミンを用いた消毒処理を行い、処理後のオーシストの感染性の有無（不活化）を調べた。また、*Cryptosporidium* の生存期間、および生存時の温度の違いによる影響を明らかにするため、培養温度 4°C または 15°C で 6 カ月間培養したオーシストについて、各条件 {塩素消毒のみ (untreated)、ジャーテストのみ (JT)、およびジャーテスト+ミョウバン+塩素消毒 (JT+Cl)} において処理し、オーシストの不活化を調査した。なお、不活化の判定には、細胞培養と real-time PCR を組み合わせた方法を用いた。

凝集処理プロセス後は、ほとんどのオーシストが感染性を保持した。また遊離塩素、およびモノクロラミンを用いた消毒処理を行った場合も、ほとんどのオーシストで不活化が確認できなかった。これらの結果から、精製後 8 週間以内のオーシストは、凝集処理プロセスの影響を受けず、感染性、および塩素消毒耐性を保持することがわかった。異なる培養条件で培養したオーシストの場合には、培養温度 4°C と 15°C のいずれにおいても、培養期間 16 週から 24 週において不活化したオーシスト数の増加が確認された。また、培養期間 24 週のオーシストを用いた場合、4°C で JT+Cl において、添加オーシスト数  $10^4$  オーシストのうち 約 160 オーシストの不活化が確認され、培養温度 15°C では、すべての条件 (untreated, JT, および JT+Cl) において約  $10^4$  オーシストの不活化が確認された。これは、生存期間の増加に伴い、*Cryptosporidium* が持つ強固な殻の透過性が高まり、凝集処理プロセスの影響を受けやすくなったことが原因であると考えられる。

## (2) Antimicrobial resistance of fecal indicators in municipal wastewater treatment plant

Luczkiewicz, A., Jankowska, K., Fudala-Ksiazek, S. and Olańczuk-Neyman, K.

Water Research, **44**, 5089-5097 (2010).

Reviewed by M. Nishiyama

大腸菌や腸球菌はヒトの腸管内に常在するため、環境分野においてふん便性指標細菌として広く用いられている。ヒトの治療で使用される抗生物質は排せつ物を介して下水道に流入し、それらの抗生物質を低濃度を含む下水中において、細菌が暴露され薬剤耐性を獲得する可能性が考えられる。したがって、下水起源のふん便性指標細菌の薬剤耐性パターンと下水処理の効果を検討することは重要である。本研究では、ポーランドの活性汚泥法を適用した下水処理施設を対象とし、大腸菌と腸球菌における薬剤耐性菌の有無を調査した。試料水は下水処理施設の流入部 (INF), 流出部 (EFF), 曝気槽 (BR), および返送汚泥 (RAS) から採取し、大腸菌と腸球菌の選択培地を用いて各菌株の単離を行った。単離された大腸菌株 (n=153) と腸球菌株 (n=199) について菌種同定試験を行い、同定された菌株について、それぞれ 19 薬剤と 17 薬剤の抗生物質感受性試験 (AST) を行った。

INF, EFF, BR, およびRAS地点において、単離した大腸菌株を菌種同定した結果、全ての株について大腸菌と同定された。また、腸球菌株は*E. faecium* 60.8%, *E. faecalis* 22.1%, *E. hirae* 12.1%, *E. casseliflavus/gallinarum* 4.5%, *E. durans* 0.5%と同定された。ASTの結果から、大腸菌は15薬剤に耐性を示し、主な薬剤の耐性率としてアンピシリン34%, ピペラシリン24%, テトラサイクリン23%が確認された。さらに、 $\beta$ -ラクタマーゼ産生大腸菌 (ESBL) が曝気槽で1株検出された。一方、腸球菌における主な薬剤の耐性率としてニトロフライトン53%, エリスロマイシン44%, シプロフロキサイン29%, テトラサイクリン20%が確認された。また、高レベルアミノグリコシドとグリコペプチドに対して耐性を示す菌株が、それぞれ10株と6株検出された。3剤耐性以上に耐性を示す多剤耐性菌の占める割合は、大腸菌株と腸球菌株において、それぞれ9%と29%であった。以上のことから、活性汚泥法を適用した下水処理施設では、INF, EFF, BR, およびRASの各地点において薬剤耐性を持った大腸菌と腸球菌が多数存在する可能性が高い。

# 第 144 回雑誌会

(June 15, 2012)

## (1) 粘土鉱物から見た古環境の解析 - 来馬層群の堆積環境 -

後藤 道治, 田崎 和江

粘土科学 **38**(2), 91-102 (1998).

レビュー：荒生 靖大

近年、地球規模の海水準変動や地域的な気候変動の解析において、過去の堆積環境を明らかにするため、粘土鉱物学的解析が多く用いられている。過去の堆積環境、ならびに環境変動は、堆積物中の粘土鉱物の変動と堆積物の化学組成の変化から読み取ることができる。そこで本研究では、陸から海にかけて広範囲に堆積場が存在する来馬層群（楯谷層、寺谷層、似虎谷層）において、各層から 52 試料を採集して、粘土鉱物を解析した。各試料は、X 線粉末回折分析 (XRD)、および蛍光 X 線分析 (XRF) を用いて、それぞれ粘土鉱物同定と元素量を分析した。

来馬層群の各層において、沿岸部に集中して堆積するカオリナイトと雲母類粘土鉱物の含有量が大きく変動した。似虎谷層では、沿岸生二枚貝の化石が産出された層において、カオリナイトの大きな変動が確認された。このことから、似虎谷層は河川の増水や洪水などの陸水の影響を強く受けたことがわかった。また寺谷層では、沖合で堆積する化石が産出された層において、カオリナイトとスメクタイトの含有量が増加したことから、堆積場の沖へのシフト、または陸の上昇といった海水準の変動が発生したと考えられる。このことは、先行研究で示唆されている世界的な大陸の移動による海水準変動と一致している。また、来馬層群の粘土鉱物の供給源を明らかにするために、来馬層群の堆積物と富山湾の海底泥の化学組成を三角ダイヤグラムでプロットした結果、黒部川から運ばれてくる花崗岩類に近い化学組成を示した。以上の結果から、粘土鉱物の解析によって、堆積物の供給源や海水準変動、気候の変化などの古環境の解析ができることが明らかになった。

## (2) Characterization of fecal indicator bacteria in sediments cores from the largest freshwater lake of Western Europe (Lake Geneva, Switzerland)

Florian, T., Nicole, R., Cinzia, B., Mauro, T., Thierry, A., Walter, W. and John, P.  
Ecotoxicology and Environmental Safety, **78**, 50-56 (2012).

Reviewed by H. Shimauchi

大腸菌や腸球菌などの糞便汚染指標細菌（FIB）は、人間活動、および動物による糞便汚染の評価指標である。環境水中における FIB の存在割合は、水中よりも栄養素が豊富な堆積物中の方が高い。また、人間活動や自然現象によって FIB を含む堆積物が再濁し、FIB が傷口などに接触して感染を引き起こす可能性がある。このことから、健康リスク対策として堆積物中の細菌学的調査を行うことが重要である。西ヨーロッパ最大のジュネーブ湖北部に位置する Vidy 湾は、生活雑排水と産業排水の処理水が多く放流されているため、最も糞便汚染が懸念されている地域である。しかしながら、堆積物中の FIB の性質、ならびに蓄積量に関する知見は得られていない。そこで本研究では、Vidy 湾の排水処理施設における排水口周辺部（V4, V7）の堆積物コアサンプル（深さ 0~60 cm）を用いて、過去数十年の Vidy 湾に蓄積された有機物含有量と FIB との関連性を評価した。FIB の菌種同定には、PCR 法を用いた。また、MALDI-TOF MS 法を用いて、FIB を分類した。

V4 と V7 のコアサンプルの 18~24 cm 層において、全窒素含有量（N%）と全有機炭素（C<sub>org</sub>）は、それぞれ 1.5 % と 12% という高い値を示した。この層は、ジュネーブ湖において発生した富栄養化に起因すると考えられた。V4 コアサンプルの 0~20 cm 層における大腸菌数、および腸球菌数は、それぞれ  $14.7\sim 35.2 \times 10^6$  CFU/100 g の範囲と  $3.8\sim 9.0 \times 10^6$  CFU/100 g の範囲で検出された。それに対して、22~60 cm 層における大腸菌数、および腸球菌数は、それぞれ  $0\sim 1.6 \times 10^6$  CFU/100 g の範囲と  $0.8\sim 97 \times 10^3$  CFU/100 g の範囲と低濃度で検出された。V4 コアサンプル中の全層において、腸球菌が検出された。この腸球菌の種類と PCR で解析した結果、ヒト特有の腸球菌（*Enterococcus faecium*, *E. faecalis*）が同定された。さらに、V4 コアサンプルの 22 cm と 50 cm の各層について MALDI-TOF MS 法を用いた結果、優占種は *E. faecium* であることが分かった。これらの結果から、富栄養化の時の有機物はヒト糞便汚染と関連していることが示唆された。

## 第 145 回雑誌会

(June 22,2012)

### (1) 熊本市飲用地下水水質の特徴とおいしい水としての評価に関する考察

川越 保徳, 岩佐 康弘, 湯之上 勉, 前田 香織, 富家 和男, 柿本 竜治  
水環境学会誌 **32**, 383-388 (2009).

レビュー：久原 理瑛

熊本市は、飲料水を含めて用水の全てを地下水で賄う世界的にも希有な地下水都市である。また、熊本の地下水は、豊富なだけでなく、我が国で最もおいしい水の一つとされた銘水でもある。しかしながら、近年では、涵養地の減少、気象の変化、および取水状況の変遷などによって、地下水水位の低下が顕在化し、水質に関しても硝酸性窒素の増加傾向が確認されている。水量の保全に関しては、地下水涵養面積の拡大などの施策が行われているが、市民の水質管理に対する意識は薄い。

そこで本研究では、地下水保全への関心と意識の向上を促すため、熊本市水源地取水井原水（81カ所）を対象とし、地下水水質の特徴づけを行った。水質項目は、総酸度、総アルカリ度、および各種イオン（ $K^+$ 、 $Ca^{2+}$ 、 $Na^+$ 、 $B$ 、 $Mg^{2+}$ 、 $NO_3^-$ 、 $F$ 、 $Cl^-$ 、 $SO_4^{2-}$ 、 $SiO_2$ ）などの溶解性成分を測定し、熊本市環境総合研究所が実施した国内外の市販ボトル水の水質測定結果、ならびに熊本市水道局が保管している過去 20 年に遡る水質データと比較した。さらに、市販のボトル水と熊本の水道水について官能試験（きき水）を行い、被験者がおいしさを 4 段階（とてもおいしい：4 点、おいしい：3 点、何とも思わない：2 点、まずい：1 点）で評価した。なお、陽イオン成分と溶性ケイ酸は ICP 発光分析法、陰イオン成分はイオンクロマトグラフ法、総アルカリ度は滴定法で測定した。官能試験（きき水）は、熊本市の水道水（浄水）と国内の市販のボトル水、および外国産ボトル水を用いて行った。

熊本市水道原水は、全取水 81 カ所のうち、70 カ所の水がアルカリ土類金属炭酸塩型の水質を示した。これらの原水は、 $Ca^{2+}$ 、 $Mg^{2+}$ 、 $Na^+$ （ $K^+$ ）の各陽イオン成分をほぼ等量ずつ含み、重炭酸塩に富むことが特徴としてあげられる。それ以外では、9 カ所の原水がアルカリ炭酸塩型の中間型、2 カ所ではアルカリ非炭酸塩型を示した。熊本市の主要な飲用地下水水質は、 $SO_4^{2-}$ と  $NO_3^-$ 濃度に若干の変化はみられるものの、成分組成はほとんど変化しておらず、20 年を通じて概ね維持されていることがわかった。しかし、一部地域では、 $NO_3^-$ 濃度の上昇が著しいため、単なる水質モニタリングにとどまらず、飲用水質管理の観点からの警戒と対策が必要である。また、官能試験（きき水）によると、熊本市の水道水は、硬度が 0~150 の範囲にある 16 種類の国内ボトル水と同等以上のおいしさを有するとの結果が得られた。

## (2) 下水処理過程から分離したサルモネラの同定, 薬剤耐性及びファージ感受性

高橋 善人

日本水処理生物学会誌 33(4), 199-205 (1997).

レビュー：牛島 理博

近年, サルモネラ菌属による食中毒事件数は増加傾向にあり, 細菌起因の食中毒患者数の上位を占めている。これは, 生活環境におけるサルモネラ汚染の拡大のみならず, サルモネラ汚染が下水環境へ移行し, 集積することを示唆するものである。そのため, 下水処理場の流入下水とその処理過程におけるサルモネラの動向を把握することは, 処理場従事者に対するバイオハザード対策の立案, および下水処理水の高規格化を図る上で重要である。そこで本研究では, 埼玉県内の流域下水道終末処理場において, 下水(流入下水, 一次処理水, 二次処理水), および汚泥(沈殿汚泥, 余剰汚泥, 濃縮汚泥, 消化汚泥)からサルモネラを単離し, 亜種の同定, 薬剤耐性, およびファージ感受性を調査した。

流入下水中のサルモネラ菌数は時間, および週間変動がみられ, 調査期間における最大濃度は110 MPN/100 mlであった。また, 一次処理水と二次処理水からそれぞれサルモネラが検出されたことから, サルモネラが環境中に流出する可能性が考えられた。次に, 下水, および汚泥試料から単離した29株のサルモネラの亜種を同定した結果, BG I 12株(41%), BGIV16株(55%), BG V1株(4%)であった。サルモネラ亜種を同定した29株に対して薬剤耐性試験を行った結果, 下水, および汚泥試料から単離したサルモネラの20株(69%)が薬剤耐性株であった。亜種別ではBG IとBGIVでペンジルペニシリンに耐性を持つ株が多く, それぞれ5株(42%)と10株(62%)であった。また, 2剤以上に耐性をもつ株はBG I 2株(17%), BGIV2株(12%), BG V1株(100%)であった。さらに, 下水, および汚泥試料から単離したサルモネラを宿主として流入下水中のファージの検索, および感受性を4回にわたり調査した結果, ファージを1回以上検出した感受性株の割合はBG I 9株(75%), BGIV15株(94%)であり, 最大検出プラーク数は550 PFU/mlであった。

流入下水中のサルモネラとそのファージの存在比は最大で110 MPN/100 ml : 550 PFU/ml, すなわち1 : 500であった。同一処理場において以前行った研究結果では, 糞便性大腸菌群 : 大腸菌ファージ $\approx$ 100 : 1であった。このことから下水環境において, サルモネラファージは大腸菌ファージと比較して菌の増殖を抑制していることが推察された。

## 第 146 回雑誌会

(June 29,2012)

### (1) 屋上緑化利用水の水質調査および細菌リスク評価

中村 伸也, 野知 啓子, 大塚 雅之, 山海 敏弘, 武田 仁, 中島 古史郎

日本建築学会環境系論文集 **603**, 77-84 (2006).

レビュー：村田 匡俊

都市空間全体を冷却し、ヒートアイランド現象を緩和する技術として、屋上緑化システムが注目されている。特に、水利用方法においての節水や水の有効利用を促進させるため、上水以外の雑用水を二次利用することも考案されている。しかしながら、貯留槽を設置した循環系での水利用ではレジオネラ感染症のリスクが高まる恐れがあり、細菌感染症へのリスクを考慮した衛生的に安全性の高い利用方法が必須条件である。そこで本研究では、屋上緑化利用水の水質実態調査を行い、衛生学的な視点からの使用実態を明らかにした。また、各種用途水の屋上緑化利用水としての可能性を検討するために、細菌リスク評価を含めた水質評価を行った。試料は、6 施設の屋上緑化利用水（雨水・上水循環水）を採取した。また、各種用途水は、雨水、一般家庭浴槽水、家庭用循環浴槽水、合併式浄化槽処理水、修景用水を対象とした。水質測定項目は、外観、透視度、pH、電気伝導率、臭気、TOC、COD、懸濁物質、一般細菌、従属栄養細菌、レジオネラ属菌、および大腸菌群とした。

4 施設の貯留水槽内において COD と TOC は、いずれも 10 mg/L 付近を示した。この要因として、貯留槽内で増殖した藻類による有機物の産生が考えられた。全施設における従属栄養細菌数は  $10^4$  CFU/mL $\sim$  $10^5$  CFU/mL の範囲で検出され、一般細菌数も比較的高く ( $10^2$  CFU/mL $\sim$  $10^4$  CFU/mL)、細菌汚染は顕著であった。病原性細菌であるレジオネラ属菌も全施設で検出され、菌数は 58 $\sim$ 440 CFU/100mL の範囲を示した。これは、浴場施設における指針値である 10 CFU/100mL よりも高い値を示した。細菌リスク評価として、TOC 濃度による一般細菌の増殖挙動を測定したところ、修景用水、浄化層処理水、一般浴槽水、循環浴槽水、雨水の順に一般細菌数は増加することが予測された。また、レジオネラ属菌は精製水、および雨水のように有機基質の低い環境下においても増殖可能であることが示された。これらの結果から、屋上緑化システムの衛生管理は、貯留槽内における藻類の産生を防止するための措置を行い、細菌リスクを考慮した消毒方法の検討が必要である。

## (2) ダム貯水池堆砂とそのダム下流河川還元についての研究

岡野眞久，菊井幹男，石田裕哉，角哲也

河川技術論文集 **10**, 191-196 (2004).

レビュー：玄 暁植

ダムは、長期間継続的に運用を行うことによってダム湖内に堆砂が進行し、上流河床の上昇や貯水容量の減少など、ダムの有する機能が損なわれる。また、ダム湖内での堆砂進行に加え、下流河道における河川砂利採取は、河床低下や河口周辺海岸での海岸浸食の原因となる。そこで本研究では、河川環境の改善を目的として、天竜川下流部の佐久間ダムの堆積特性を評価した。また、秋葉ダムにおける粒度分布について調べ、河床構成材料の検討を行った。さらに、船明ダム下流右岸、ならびに秋葉ダム直下流左岸において、秋葉ダム貯水池上流部から採取した土砂を用いて、仮置き方式について検討した。

佐久間ダム貯水池の中流部における堆砂高の変動量は、砂利採取による湖外搬出が本格化した1978年以降ほぼ一定で推移し、流水掃砂が実施され始めた1991年以降は減少傾向を示した。しかしながら、上流部では変化がほとんど確認されず、十分な排砂効果が得られていないと考えられた。佐久間ダム湖内の堆積層内上流部における粒径分布は、主に粗粒砂(0.2~2.0 mm)で構成され、下流になるほど細砂が卓越した。また、堆砂肩の先端ではシルトの割合が高くなり、堆砂肩の下流においては粒径がさらに小さい粘土やシルトが貯水池底部に堆積していた。佐久間ダム貯水池の上流部における河床変動量経年変化(一次元河床変動計算を基に算出)によると、中流部と下流部の土砂をそれぞれ10万m<sup>3</sup>/年を掘削した場合、上流部の河床変動量は毎年増加し、上流部河床の上昇傾向を抑制できないことが示唆された。一方、上流部で、土砂10万m<sup>3</sup>/年を直接掘削した場合では、増加傾向が少し抑制され、掘削量20万m<sup>3</sup>/年では、さらに抑制されることが示唆された。秋葉ダム直下流から支川気田川合流点までの約17km区間で、60%粒径縦断分布、表層と下層(表面マイナス1m)の粒度分布を調べた。観測地点1~9(地点1:秋葉ダム直下、地点9:支川気田川合流点より下流)で調査を行った。地点1から地点9に行くに従い、土砂の粒径が小さくなった。一方で、大規模貯水池を有さない支川気田川合流点よりも下流の地点9では、秋葉ダムに近い地点よりも、表層と下層で相対的に近い値を示した。これは、秋葉ダム設置による河床材料の粗粒化に起因すると考えられる。仮置き方式は1998~2002年に実施されたが、土砂供給試験において、河川環境に負の影響を与える要因が取り上げられ、仮置き方式は制限された。その制限によって還元量が限定され、仮置き方式による影響評価は困難であった。

### (3) 河口干潟における河川由来有機物の動態と底生動物による利用

坂巻 隆史

日本生態学会誌 **61**, 63-69 (2011).

レビュー：永井 凌

河口域では、河川を通じて輸送されてきた有機物が貯留され、生物的に利用される。しかし、河口域の地形、水理環境や河川の流域環境は河口によって異なるため、河川から河口に輸送される有機物の質、量、動態に大きな影響を及ぼす。また、河口域の生物による河川由来有機物の利用能は、生物種によって異なると考えられている。そこで本研究では、河川由来有機物の量、河口域に生息する生物の食物の選択性、微生物作用による有機物の質的改変、および河川由来有機物のサイズや形状に着目し、河口域、および干潟における底質中有機物と底生動物の炭素安定同位体比 ( $\delta^{13}\text{C}$ ) を測定した。

北米北西海岸の 20 河川の河口域において、流入河川の流域面積が大きいほど河川由来有機物の供給量が増加し、河口の底質中有機物に占める河川由来有機物の割合が増加した。また、河口の底質中有機物に占める河川由来有機物の割合の増加に伴い、河口に生息する生物の河川由来有機物への餌料としての依存度が高くなった。ただし、生物が食物の摂餌や同化において非選択的であることが条件となる。次に、陸上由来有機物を底質に多く含む干潟と海域由来有機物を底質に多く含む干潟において、それぞれ遮光区と非遮光区を設定し、1 ヶ月後に表層底質と底生動物を採取し炭素安定同位体比 ( $\delta^{13}\text{C}$ ) の測定に基づき分析を行った。その結果、多くの二次生産者にとって直接的な同化が困難である陸上高等植物由来有機物は、微生物作用による有機物分解や窒素付加を経て二次生産者に利用されている可能性が示唆された。さらに、リターパックを用いた現場実験によって、粗粒有機物の主要な構成物のひとつである落葉の干潟底生動物による利用について検討した。その結果、生物は落葉を食物源としてではなく、生息場として利用していることが確認され、河川由来有機物のサイズや形状も生物の利用に影響を与える重要な因子になると考えられる。

## 第 147 回雑誌会

(July 6, 2012)

### (1) Seasonal variations in river discharge and nutrient export to a Northeastern Pacific estuary

Sigleo, A. C., Frick, W. E.

Estuarine, Coastal and Shelf Science, **73**, 368-378 (2007).

Reviewed by Y. Hamasaki

河口域の多くは農業排水，家庭排水，および大気による栄養塩負荷の影響を受けている。そのため，河口域における栄養条件の正確な評価は，水生生態系における将来の動向の潜在的影響を評価するために重要である。また，河口域への栄養塩，および土砂の輸送量は，降雨量の季節的変動，ならびにそれに伴う河川流量の変化に影響される。そこで本研究では，海洋性気候（冬季に降雨量が増大する気候）であるオレゴン州ヤキーナ川流域のヤキーナ川（Chitwood），ヤキーナ川とエルク川の合流点から 50 m 下流地点（Elk City），およびヤキーナ川河口域（OSU Dock）において，河川流量と栄養塩（硝酸塩，シリカ，アンモニウム，リン酸塩）を測定し，河川流量の季節的変動と栄養塩負荷の関係について検討した。試料は，1999 年 12 月~2001 年 12 月の期間において毎週採取した。また，実験中に発生した暴風雨の期間では，集中的に試料を採取した。さらに，ElkCity において，硝酸塩濃度，および河川流量を毎時測定（1998 年 8 月~2002 年 12 月）し，ElkCity への硝酸塩負荷量の経時的変化を調査した。

冬季の河川流量の増大に伴い増加した Chitwood と ElkCity の硝酸塩濃度は，春から夏下旬にかけて減少した。また，干ばつが発生した 2001 年の ElkCity への硝酸塩負荷量は，その他の調査期間と比較して少なかった。しかしながら，干ばつ後における Chitwood と ElkCity における硝酸塩濃度は，冬季に発生した暴風雨によって最大値（約 195  $\mu\text{mol/L}$ ）を示した。また，Chitwood と ElkCity では暴風雨による河川流量の増大に伴って，シリカ濃度の一時的な減少も確認された。全調査地点におけるアンモニウム濃度は，暴風雨の期間中において最大値を示した。また，リン酸塩濃度は，Chitwood と ElkCity において常に 1  $\mu\text{mol/L}$  未満であり，季節による変動は確認されなかった。しかしながら，河口の OSU Dock のリン酸塩濃度は，夏季の湧昇流の影響を受け最大値を示した。本研究の結果から，ヤキーナ川流域において硝酸塩，シリカ，およびアンモニウムは，河川流量の季節的変動の影響を受けることが確認された。しかしながら，リン酸塩は河川流量の季節的変動の影響を受けなかった。

# 第 148 回雑誌会

(July 13, 2012)

## (1) Improved biogas production from whole stillage by co-digestion with cattle manure

Westerholm, M., Hansson, M., and Schnürer, A.

Bioresource Technology, **114**, 314-319 (2012).

Reviewed by T. Itoh

バイオエタノールの製造過程において発生する発酵残渣（以下、whole stillage）には、高濃度のタンパク質が含まれており、嫌気性消化の基質として多くの先行研究で検討されている。しかしながら、whole stillage を用いた嫌気性消化では、メタン生成量と比較して硫化水素生成量が高くなること、栄養塩や微量元素を新たに添加する必要があることなどが課題として挙げられている。一方で、牛糞尿には pH の緩衝作用があり、また栄養塩や微量元素が豊富に含まれていることが知られている。そこで本研究では、whole stillage と牛糞との嫌気性共消化を行い、リアクター性能を検討した。

Whole stillage はエタノール製造工場において発生する穀物の発酵残渣を、牛糞はスウェーデン国内の農場からそれぞれ採取した。リアクターとして内容積 5 L の攪拌式タンクを 5 個 (R1~R5) 用意した。培養温度は 37°C とし、約 700 日間運転した。リアクターは、始めに whole stillage のみを用いた嫌気性消化を行い、運転開始 333 日以降から whole stillage と牛糞との嫌気性共消化に切り替えた。また、リアクターは半連続式で運転し、基質を 1 週間に 6 日添加した。メタンガス生成量は、ガスクロマトグラフィーを用いて測定した。さらに、リアクター内のメタン生成細菌と酢酸生成細菌を qPCR 法によって解析した。

Whole stillage のみを用いた嫌気性消化では、リアクターが運転開始 120 日後から安定しなくなった。しかしながら、whole stillage と牛糞（whole stillage : 85%, 牛糞 : 15%）との嫌気性共消化に切り替えることによって、バイオガス生成量とリアクターの安定性が向上した。また、嫌気性共消化での運転期間中（有機物負荷量 : 2.8 g VS/ (L · day), 水理的滞留時間 : 45 日間) におけるメタンガス生成量は、0.31 N L-CH<sub>4</sub>/g-VS (N : Normal, 0°C, 1atm) であり、理論値よりも高かった。しかしながら、メタン生成細菌と酢酸生成細菌の豊富度は、whole stillage のみの嫌気性消化と、whole stillage と牛糞との嫌気性共消化に違いがみられなかった。また、細菌の豊富度はリアクター性能に影響しなかった。

## **(2) Characterization of environmental isolates of *Enterococcus* spp. by matrix-assisted laser desorption/ionization time-of-flight mass spectrometry**

Rebecca, A. G., Weston, F. and Todd, R. S.

Water Research, **42**, 931-940 (2008).

Reviewed by H. Shimauchi

現在、大腸菌や腸球菌などの糞便汚染指標細菌を用いた糞便汚染源追跡法の開発が検討されている。Matrix-assisted laser desorption/ionization time-of-flight mass spectrometry (MALDI-TOF MS) 法は、他の手法と比較して、迅速かつ正確に細菌の分類・同定を行うことができる。しかしながら、MALDI-TOF MS 法による環境中の腸球菌の解析に関する知見は極めて少なく、汚染源追跡手法として確立されていない。そこで本研究では、MALDI-TOF MS 法を用いた腸球菌の迅速かつ正確な解析方法の開発を目的とし、Lysozyme 酵素の処理時間 (0, 0.5, 20 時間) によってマススペクトルの再現性 (Dice 相関係数, ピアソン積率相関係数による算出) を評価した。また、異なる腸球菌の宿主の類似性についてクラスター解析した。さらに、同一宿主内の腸球菌の類似性について Jackknife 解析によって評価した。なお、腸球菌の各宿主は次の通りである：ハイイロオオカミ、ウシ、カモメ、カナダガチョウ、カモ、ニワトリ、ヒト。

すべての分離株について、Lysozyme 酵素処理時間の増加とともに、マススペクトル検出範囲が増大した (0 時間 : 900~1400m/z, 0.5 時間 : 1177~4409m/z, 20 時間 : 1046~9546m/z)。また、マススペクトルの精度について Signal to Noise(S/N)比で算出した場合、Lysozyme 酵素処理を行うことによって精度が 4~5 倍に向上した。このことから、マススペクトルの検出と精度は、Lysozyme 酵素処理時間の増加に伴って上昇することがわかった。再現性については、Lysozyme 酵素処理 20 時間の条件において、ピアソン積率相関係数で算出した再現性が高かった。また、Lysozyme 酵素処理 20 時間の条件において、ピアソン積率相関係数を組み合わせたクラスター分析によって、異なる宿主の腸球菌を分類することができた。しかしながら、同一宿主の分離株について解析すると、低い分類率を示す場合があった。これらの結果から、Lysozyme 酵素処理を考慮した腸球菌の解析は異なる宿主間で正確であったが、同一宿主の分離株には類似性が低くなる可能性が示唆された。

## 第 149 回雑誌会

(July 27, 2012)

### (1) *Enterococcus faecalis* Gene Transfer under Natural Condition in Municipal Sewage Water Treatment Plants

Marcinek, H., Wirth, R., Muscholl-Silberhorn, A. and Gauer, M.

Applied and Environmental Microbiology, **64**(2), 626-632 (1998).

Reviewed by M. Nishiyama

グラム陽性細菌である*Enterococcus faecalis*には、トランスポゾンやプラスミド（潜在プラスミド、薬剤耐性プラスミド）などの多様な遺伝子情報が存在する。細菌間における遺伝子伝達の例として、*E. faecalis*が異なる属の細菌と接合することによって、遺伝子情報の保有宿主として役割を果たすと考えられている。既往の研究において、実験室条件下での*E. faecalis*の遺伝子伝達に関する報告例は多数あるが、自然条件における報告例は極めて少ない。そこで本研究では、実験室条件と自然条件（都市下水処理施設）における、*E. faecalis*の様々な遺伝子の伝達能力を検討した。また、実験室条件では、複数の菌（*E. coli*, *Bacillus subtilis*, *E. durans*, *Staphylococcus aureus*, *Streptococcus mutans*, および*Streptococcus sanguis*）を受容菌として用いることによって、異属・異種間における遺伝子伝達の検討を行った。試験には、自然的に発生する遺伝子要素である、性フェロモンプラスミド（pAD1とpIP1017）、広宿主域プラスミド（pIP501）、接合トランスポゾン（Tn916）を含む*E. faecalis* OG1Xを供与菌、*E. faecalis* FA-Aを受容菌として使用した。実験室条件では、THB寒天培地と液体培地を使用した。また、自然条件はドイツの2つの都市下水処理施設（Munich, Regensburg）における活性汚泥槽と無酸素汚泥消化槽を対象として実施した。なお、遺伝子伝達率は供与細胞当たりの接合完了体の数の割合によって評価した。

実験室条件下における遺伝子伝達は、*E. faecalis*から他の菌種へは確認されなかった。しかしながら、異なる*E. faecalis*間では、pAD1とpIP1017の遺伝子伝達率が高いことが示された。MunichとRegensburgの下水処理場の遺伝子伝達率は、実験室条件下では同程度であったが、自然条件下においては、異なる傾向を示した。これらの結果から、自然条件下における*E. faecalis*の異なる菌種間の遺伝子伝達率は、実験室条件下と比較して、pAD1とpIP1017では $10^5$ 倍、pIP501では100倍、Tn916では10倍以下であることが示された。さらに、Regensburg都市下水処理施設において、異なる*E. faecalis*間の遺伝子伝達率から接合伝達発生を推定すると、最大で約 $10^8$ /dayであった。このことから、*E. faecalis*間における遺伝子の伝達は、自然条件下においても発生することが示唆された。

## (2) 温泉地すべりにおけるすべり面と粘土鉱物の関係 - 花合野の場合 -

香月 裕宣, 富田 克利, 尾辻 充, 河野 元治, 垣富 起彦

粘土科学 **44**(1), 1-11 (2004).

レビュー：荒生 靖大

地すべり対策において、地すべりの発生を未然に防ぐためには、すべり面の位置を把握することが重要である。温泉地域は、熱水変質作用によって、地すべり地全体の粘土が変質するため、コア観察によるすべり面の把握が困難である。また、地すべり滑動が沈静化している場合には、地中変動観察によるすべり面の把握は困難である。そこで本研究では、大分県の温泉地域の花合野地すべり地から採取した調査ボーリング試料（7 箇所）を対象として、粘土鉱物解析によるすべり面設定の有効性を検証した。X 線粉末回折（XRD）法と地中変動観測によって、すべり面の特定を行った。また、地すべり粘土中の主要粘土鉱物であるスメクタイトの性状を把握するため、走査型電子顕微鏡（SEM）観察およびエネルギー分散分析（EDX）を行った。

XRD 法によるボーリング試料の分析によって、深度 14m 以浅ではスメクタイトが大部分を占め、深度 14m 以深ではスメクタイトと緑泥石で構成されていることがわかった。この 14m 付近では、地すべり地中変動観察においてもすべり面が観察された。また、すべり面、ならびにすべり面の上部下部に存在するスメクタイトの化学組成に違いが確認された。SEM 観察では、全深度において、スメクタイトの表面形状に変化は確認されなかった。しかしながら、深度 14m 以深におけるスメクタイトは、続成作用の影響による厚みが確認された。以上の結果から、粘土鉱物の組み合わせの違いが確認された深度 14m 付近に、すべり面が存在することが示唆された。また、花合野地すべり地では、スメクタイトの存在箇所、ならびにスメクタイトと緑泥石の共存箇所の境界面付近がすべり面であると示唆された。すべり面の形成機構は、続成作用が影響を与えていると示唆された。しかしながら、風化作用、源岩の相違といった可能性も考えられるため、決定的なものを断定することはできなかった。この問題については、今後さらに研究を進める必要があるが、温泉地すべり地における、粘土鉱物解析によるすべり面の設定は、効果的な手法であると考えられた。

### (3) 東日本大震災による汚水処理施設の被害と応急対応

季 玉友, 高橋 慎太郎, 佐野 慈, 増田周平

環境技術, **40**, 52-57 (2011).

レビュー：椎屋 朋子

東日本大震災によって、太平洋沿岸部の下水処理施設は多大な被害を受け、2011年6月7日までに18施設(宮城県, 岩手県, 福島県, 茨城県)が稼働停止となった。そこで、宮城県内の代表的な下水処理施設(南蒲生浄化センター, 仙塩浄化センター), ならびに青森県, 岩手県, 宮城県, 福島県のし尿処理施設(八戸環境クリーンセンター, 気仙広域連合衛生センター, 名亘浄化センター, 雫浄化センター)の被害実態と応急対応について調査した。

南蒲生浄化センターは、仙台市の下水の約70%を処理し、疑似嫌気好気法を採用している。海岸から200m程度と近いため、施設の大部分は、津波による物理的被害や浸水被害を受けた。震災後は、最初沈殿池による一時処理と固形塩素剤による消毒だけを行っている。また、最初沈殿池内に汚泥を一時的に貯留し、臨時脱水機によって、汚泥の減量化を図っている。仙塩浄化センターは、宮城県が管理する最大の流域下水処理場である。主要な汚水ポンプは地下に設置されているため、海水の浸水によって使用不可となった。また、地盤沈下によって、生物反応槽と汚泥処理施設を繋ぐ管渠が被害を受け、生物反応槽内の汚泥が除去できない状態が続いた。震災後は、ポンプ室に貯まった汚水の汲み上げを行うために仮設ポンプ、汚水の受け入れをできるように臨時貯留池の設置を行った。また、4系列の生物反応槽と最初沈殿池、および最終沈殿池を全て沈殿池として利用し、さらに、大腸菌群数3000個/mL以下にするために、液体窒素消毒に加えて固形塩素剤を用いた。

また、し尿処理施設のほとんどは浸水被害を受けた。さらに、地盤沈下の影響より土台が露出している施設も確認された。震災直後は、一時貯留するなどして応急対応し、現在は他の処理施設に処理を委託している。

下水処理施設では、応急対応によって下水の受け入れを可能にしているものの、完全に稼働停止となり流入汚水のない施設もある。今後は、より詳細な被害状況の調査を行い、当面は流入下水を一時処理(沈殿, 消毒)することによって環境負荷の低減に努める必要がある。また、汚泥の減量・処分設備に関する本格的な復旧が望まれる。

#### (4) 焼成貝殻を用いた高機能凝集沈殿剤の開発

寺井章人, 山本房市, 大橋友孝, 豊原治彦

日本水産学会誌 77(5), 871-875 (2011).

レビュー: 玄 暁植

現在の凝集沈殿処理において、主に利用されている凝集沈殿剤は、無機系と合成高分子系に分類される。しかしながら、これらの凝集沈殿剤は、人体ならびに環境への影響が危惧されるため、環境低負荷型凝集沈殿剤の開発が進められている。そこで本研究では、環境低負荷型の高性能凝集沈殿剤の開発を目的として、貝殻に着目し、低温焼成処理による凝集沈殿剤の凝集沈殿効果に及ぼす影響について検討した。凝集沈殿剤は、焼成貝殻粉末 90%、PAC 7%、およびアクリルアミドポリマー 3%を混合することによって作成した。焼成条件ならびに攪拌条件による凝集沈殿効果に及ぼす影響を評価するため、各焼成条件（未焼成、200℃、300℃、400℃、500℃、600℃）によって調整された凝集沈殿剤を用いて、異なる攪拌条件（200rpm、400rpm、600rpm、800rpm）において凝集沈殿実験を行った。測定項目は、濁度、焼成貝殻の外観観察、および焼成貝殻粉末の粒度分布・比表面積とした。なお、貝殻は、京都大学附属舞鶴水産実験所において採取されたマガキ貝殻を使用した。

未焼成は、全攪拌条件において、凝集効果が確認されなかった。400℃焼成は、全攪拌条件において、高い除去率を示した。300℃以下の焼成は、400rpm と 600rpm の攪拌条件において、高い除去率を示したが、200rpm の低い攪拌条件において除去率が低下した。また、800rpm の攪拌条件では、全焼成条件において、低い除去率を示した。外観観察の結果、全焼成温度において、貝殻の表面構造は変化しなかった。粒度分布は、未焼成で 150 $\mu$ m 付近に最大の粒度分布を示し、焼成温度の上昇とともに、粒径が小さくなった。比表面積は、500℃以上の焼成温度において、著しく値が低下することが分かった。これらの結果から、400℃焼成の貝殻粉末を原料とした凝集沈殿剤は、すべての攪拌条件において、最も高い凝集効果を示した。400℃焼成では、速やかなフロック形成に必要な分散性を得るのに十分なほど粒径が小さく、かつ高速攪拌に耐える強度を持ったフロック形成に必要な比表面積が得られるからと考えられる。

## 第 150 回雑誌会

(Sep. 7, 2012)

### (1) 1992 年から 2005 年に沖縄県の動物および環境から分離された *Salmonella* の血清型と薬剤耐性

又吉 正直, 大城 聡, 新田 芳樹, 多嘉良 功, 高木 和歌子, 安里 仁, 座喜味 聡,  
貝賀 眞俊

日本獣医師会雑誌, **59**, 259-265 (2006).

レビュー: 牛島 理博

サルモネラは、食中毒の原因菌として、公衆衛生および食品衛生上で最も注目されている細菌である。さらに近年、食用動物生産現場では、抗生物質の安易な使用によって薬剤耐性菌が出現し始めたことから、サルモネラ感染症の治療効果の低下が指摘されている。既往の研究から、*bla*<sub>CMY</sub> 遺伝子を保有する多剤耐性 *Salmonella* *senover* Newport (以下 *S. Newport* と省略) は、動物用抗菌剤セフトロムに対して耐性を示し、DT104 特異遺伝子を保有する *S. Typhimurium* は多剤耐性を示すことが分かっている。したがって、薬剤の慎重使用を図り、安全な畜産物の供給を推進するためには、薬剤耐性の動向を把握することが重要である。そこで本研究では、沖縄県の 56 農場において 1992 年から 2005 年までに動物、および飼育環境から分離された *Salmonella* 549 株の血清型と薬剤耐性を調査した。さらに、多剤耐性を示した *S. Newport* については *bla*<sub>CMY</sub> 遺伝子、*S. Typhimurium* については DT104 特異遺伝子の検出を PCR で行った。

検出された血清型は、*S. Bareilly* 52 株 (9.5%)、*S. Weltevreden* 46 株 (8.4%)、*S. Enteritidis* 42 株 (7.7%)、*S. Newport* 41 株 (7.5%)、*S. Typhimurium* 40 株 (7.3%) などの 61 種類であった。薬剤感受性試験を行った結果、*S. Newport* の 4 株が 5 剤耐性を示した。また、*S. Typhimurium* は 4 剤耐性が 3 株、2 剤耐性が 18 株であり、40 株中 21 株 (52.5%) が多剤耐性であった。さらに、PCR の結果から、5 剤耐性を示した *S. Newport* 4 株すべてに *bla*<sub>CMY</sub> 遺伝子が検出された。また、4 剤耐性を示した *S. Typhimurium* 1 株で DT104 特異遺伝子が確認された。

これまで県内で分離された *S. Newport* は 2 剤耐性が最高であった。したがって、今回分離された多剤耐性 *S. Newport* は県外から導入した家畜を介して伝播した可能性があるため、今後、沖縄県内における多剤耐性 *S. Newport* の拡散が懸念された。一方の DT104 特異遺伝子を保有する *S. Typhimurium* の検出数は 1 株のみであるので、広く分布している可能性は低いと考えられる。

## (2) 東北地方太平洋沖地震の津波による千葉県旭市沿岸部における地下水利用と地下水水質への影響

杉田 文

地下水学会誌 54(1), 25-37 (2012).

レビュー：久原 理瑛

千葉県旭市では、海岸沿いの多くの民家や水産加工所が、深さ約 3~7m の浅井戸を古くから利用している。しかしながら、2011 年 3 月 11 日の東北地方太平洋沖地震で発生した津波によって、井戸本体の損傷、揚水ポンプの流失・破損などの物理的被害や、井戸水の濁水化・塩水化といった水質変化の影響を受けた。そこで、旭市の南部にあたる足川地区から仁玉地区と井戸野地区を対象として、津波による浅井戸損壊の被害状況把握のため、住民への聞き取り調査（67 件）を行った。また、海岸沿いの浅井戸 50 井を対象として、地上や地中構造物の損壊、ならびに塩水化の状況把握のために、それぞれ井戸水の硝酸イオン濃度と電気伝導率を測定した。

聞き取り調査の結果、津波による井戸損壊は、67 カ所中 3 カ所のみであり、物理的被害の大部分は揚水ポンプの流失・破損であった。本地域の浅井戸は、地上の構造物と比較して地震と津波に高い耐性を示した。そのため、地震発生から 2 か月後には、井戸の掘り替え、新しい揚水ポンプの設置によって、本地域の全井戸において地下水利用が再開されていた。一方、水質測定の結果では、50 井中 3 井の井戸において硝酸性窒素が検出された。その濃度は  $\text{NO}_3^-$  として 3~45 mg/L である。この原因として、地上または地中の排水管や浄化槽などの構造物の破損が考えられる。また、海水の混入率は、局所的に大きく異なるものの、ひざ丈以上の津波を被った多くの井戸で電気伝導率が 1,000  $\mu\text{S}/\text{cm}$  を超えていた。このことから、海水の混入が広範囲で生じていると推定された。これに対して、地震後の地下水抑揚量が多い井戸における電気伝導率は、低い値を示した。津波によって運ばれてきた塩分を含む地表堆積物を揚水が除去し、水質の回復を促進していると考えられた。したがって、塩水化した地下水をより早く淡水に回復させるためには、注意深いモニタリングをしながら地下水利用を継続することが効果的であることが示唆された。

### (3) ポリシリカ鉄凝集剤を用いた凝集沈澱-急速ろ過処理の特性

奥田 哲士, Phengxay Deevanhxay, 長谷川 孝雄, 西嶋 渉, 岡田 光正  
水道協会雑誌, 73(11), 2-10 (2004).

レビュー：椎屋 朋子

日本では、浄水処理用の凝集剤として、ポリ塩化アルミニウム (PAC) や硫酸アルミニウム等のアルミニウム系凝集剤が使用されている。これらの既存の凝集剤は、藻類の多量発生時の凝集不良によるかび臭、ろ過閉塞、着濁、ならびにアルツハイマー病の原因の 1 つとされているアルミニウムが処理水中に残留する可能性がある。ポリシリカ鉄凝集剤 (PSI) は、塩化鉄と凝集助剤として使用される重合ケイ酸をあらかじめ結合させた凝集剤であり、PAC よりも沈降速度が大きく、培養藻類 (キクロテラ等) に対して高い除去能力を持つことが示されている。しかしながら、水質変化を伴う長期的な使用例が報告されていない。そこで本研究では、凝集とろ過のプロセスから構成されるパイロットプラントにおいて水道用の湖沼原水を約 1 年間処理し、PSI、PAC および塩化鉄との比較を行い、PSI の処理性能を評価した。なお比較項目は、凝集沈澱処理水およびろ過処理水の残留濁度、残留全藻類数、ならびにろ過塔の総損失水頭とする。

PSI と PAC の場合、凝集沈澱処理水の残留濁度は、1 年を通して安定していた。一方、塩化鉄の場合、高水温期 (5~9 月) の処理水濁度は 0.7~1.3 度となり、同時期の PSI と PAC の濁度 (0.4~1.1 度, 0.9~1.3 度) と同様であったが、低水温期 (10~4 月) には最大で 2.0 度に上昇した。これらのことから、PSI は同じ鉄系凝集剤である塩化鉄と比較して、水温の影響を受けにくく、PAC と同様に安定した処理能力を示すことがわかった。凝集沈澱処理水の残留全藻類数は、水温が高い 5~11 月にかけて PSI では 14~105 個/ml、塩化鉄では 9~42 個/ml であった。しかしながら、水温の低下した 12 月以降において、PSI の残留全藻類数は変化がなかったのに対して、塩化鉄では増加した。また、PAC では、1 年を通して 34~200 個/ml と大きく変動した。これらのことから、PSI の場合、塩化鉄や PAC と比較して安定した藻類の除去を示すことがわかった。しかしながら、ろ過処理水の残留濁度および全藻類数について調べると、3 つの凝集剤の間ではほとんど違いがなかった。さらに、総損失水頭についても検討した。PAC は年間を通じて総損失水頭 90~146 cm であった。これに対して、PSI は 1 年を通して、常に 135 cm 以上を示し、しばしばオーバーフロー (総損失水頭 210 cm 以上) を引き起こした。また、1 年を通して、塩化鉄よりも高い値を示した。これは、凝集沈澱処理水に残留した PSI 由来の溶存の重合ケイ酸が、アンスラサイト表面に吸着・蓄積することによって、空隙を閉塞したことが原因であると考えられた。

#### (4) 炭素・窒素安定同位体分析による河川水生昆虫群集の重金属濃縮機構の解明

渡辺 幸三, 山本 直樹, 草野 光, 大村 達夫

水環境学会誌 **28**, 737-744 (2005).

レビュー: 永井 凌

鉛山や鉛山跡地から河川に流入した多くの重金属は、水生昆虫等の底生生物に蓄積する。水生昆虫の大部分は雑食性であり、また、成長段階によって餌資源を変化させる場合がある。そのため、水生昆虫を摂食機能群ごとに分類する従来の分析法では、食物網における正確な栄養学的位置付けを行なうことは困難である。そこで、近年では炭素・窒素安定同位体比 ( $\delta^{13}\text{C}$ ,  $\delta^{15}\text{N}$ ) による群集の栄養段階の推定が注目されている。また、栄養段階が高い分類群において、重金属濃度が低下する Biodilution という現象が水生昆虫群集で数多く報告されている。しかしながら、水生昆虫群集における Biodilution に関する検討は、現在まで行われていない。そこで本研究では、福島県柳津町の銀山川において、重金属汚染度が異なる 4 地点を対象として、水生昆虫と餌資源(付着藻類)の  $\delta^{13}\text{C}$ ,  $\delta^{15}\text{N}$ , および重金属濃度(銀 (Ag), 鉛 (Pb), 水銀 (Hg)), および水生昆虫の 1 個体あたりの乾燥重量を測定した。そして、水生昆虫の各分類群の  $\delta^{15}\text{N}$  と生体内の重金属濃度の相関、ならびに 1 個体当たりの乾燥重量と生体内の重金属濃度の相関をそれぞれ調べ、重金属の生物濃縮機構について考察を行った。

重金属流入直下の地点における水生昆虫の重金属濃度は、Ag 5.78  $\mu\text{g/g}$ , Pb 904  $\mu\text{g/g}$  であり、一方の付着藻類の重金属濃度は、Ag 6.73  $\mu\text{g/g}$ , Pb 3896  $\mu\text{g/g}$  であった。付着藻類の重金属濃度は水生昆虫よりも高く、下流に向かうに従って水生昆虫と付着藻類の重金属濃度は減少した。水生昆虫の  $\delta^{15}\text{N}$  と重金属濃度の相関を調べた結果、Ag (1 地点) と Pb (3 地点) において、有意な負の相関が得られた。これは、これらの地点で Biodilution が起きていることを説明している。Biodilution は栄養段階が低い分類群が、高い重金属濃度を有する付着藻類などをより多く捕食していることに起因すると考えられた。また、個体乾燥重量と重金属濃度の相関を調べた結果、Ag (3 地点), Pb (1 地点), Hg (4 地点) で有意な負の相関が得られた。これらの地点では、1 個体あたりの乾燥重量が大きい分類群ほど比表面積が小さく、経皮の直接濃縮の影響が弱まるため、重金属濃度が低くなるものと考えられた。

## 第 151 回雑誌会

(Sep 12, 2012)

### **(1) Nutrient and suspended matter discharge by tributaries into the Berre Lagoon**

#### **(France): The contribution of flood events to the matter budget**

Gouze, E., Raimbault, P., Garcia, N., Bernard, G. and Picon, P.

Comptes Rendus Geoscience **340**, 233-244 (2008).

Reviewed by Y. Hamasaki

沿岸域の富栄養化は、21 世紀の水に関する重大な問題の一つである。フランス南東部のベッレ潟湖では、水力発電所が開業した 1966 年以來、過剰量の浮遊懸濁物質や栄養塩が流入し、富栄養化が発生してきている。そこで本研究では、ベッレ潟湖の浮遊懸濁物、栄養塩流入量の年次的・季節的変動を評価するために、ベッレ潟湖の支流であるアーク川、トロウブレ川、カディ川、ならびに水力発電所の放流口において、河川流量、懸濁物質 (SM) 濃度、および栄養塩濃度 (硝酸塩、亜硝酸塩、アンモニウム、リン酸塩、全窒素、全リン) を測定した。また、各測定項目のベッレ潟湖への年平均流入量を算出した。試料水は、2005 年 1 月から 2006 年 12 月の期間において、2 週間毎に採取した。また、調査期間中に発生した洪水期間では、集中的に試料を採取した。さらに、同調査地点における過去の分析データと比較した。

ベッレ潟湖には、全河川から年平均で 27,100t の懸濁物質 (SM)、275t の硝酸塩、36t のリン酸塩、680t の全窒素、130t の全リンが流入したと見積もられた。SM 等の各物質は、河川から洪水などの高流量時の期間において、年平均全流入量の大部分が流入していた (SM : 99%, 硝酸塩 : 53%, 全窒素 : 44%, 全リン : 72%)。また、栄養塩についてみると、水力発電所の利用開始に伴い、冬季の期間 (10 月~3 月) において、全河川からベッレ潟湖内に、年平均全流入量の硝酸塩 64%, 亜硝酸塩 68%, リン酸塩 55% が流入した。そのうちの水力発電所からの流入が、冬季における全流入量の硝酸塩 54-60%, リン酸塩 56-65% を占めていた。同様に、夏季の期間 (4 月~9 月) において、全流入量の硝酸塩 43-70%, リン酸塩 63-75% が流入し、一年間を通して栄養塩の主要な流入源となっていた。しかしながら、全体の流入量は、20~30 年前に測定された値よりも低い値を示していた。これは、水力発電所の放流規制、ならびに流域周辺の乾燥条件に起因していると考えられた。

## (2) 環境水の潜在的な細菌増殖能の新規測定法

齋藤 紀行, 菅原 直子, 小林 妙子, 渡邊 節, 山田 わか  
宮城県保健環境センター年報 **24**, 132-135 (2006).

レビュー：村田 匡俊

微生物に汚染された環境水によって発生する感染症事例が度々報告されている。実際に、河川水・海水からサルモネラ、カンピロバクター、ノロウイルスなどの病原性微生物が検出され、感染源となる危険性が指摘されている。一般的に、環境水の汚染は、病原体保有動物の排泄物流入が原因で引き起こされ、細菌は溶存する有機物を栄養源として増殖する。そのため、環境水中の溶存有機物量を測定することによって、微生物リスクの評価が可能である。しかしながら、環境水中の全ての有機物を分析することは困難である。そこで本研究では、環境水の微生物リスクを簡便に測定する新たな方法として、環境水の菌発育能 (ability of bacterial growth : ABG) 試験の有用性を評価した。環境水の採取は、鳴瀬川の3地点 (上流・中流・下流) において毎月行い、松島湾の6地点 (P1, P2, P3, P4, P5, P6) では8月と10月に行った。これを被検水として、大腸菌と黄色ブドウ球菌を添加し、1日、4日、7日培養後の生菌数を算定した。また、採取した環境水中の大腸菌数と大腸菌群数を測定した。

鳴瀬川で採水した河川水の ABG 試験では、ほぼ全てにおいて大腸菌は培養7日目まで増殖し、黄色ブドウ球菌は減少する傾向を示した。これは、河川水では大腸菌が増殖するための無機態窒素などの栄養分は溶存しているが、黄色ブドウ球菌が増殖するために必要なアミノ酸等の栄養分は溶存していないためと考えられた。また、松島湾における8月の大腸菌と黄色ブドウ球菌の増減は、河川水と類似した挙動を示した。しかしながら、10月の検水の大腸菌は P1, P2, P3, P4 および P6 で減少する傾向が明瞭であり、8月と異なる結果を示した。このことから、8月の海水が通常の状態であるとする、10月の海水には大腸菌の増殖を抑制する物質が存在すると推察された。松島湾の大腸菌群数は、P5 においてのみ 3,500 MPN/100ml 以上の高値を示し、他地点では 1,000 MPN/100ml 以下であった。これは、P5 は河川水が流入する沿岸部に近く、河川水が影響したことが原因と考えられた。

以上のことから、河川水・海水について潜在的細菌増殖能を黄色ブドウ球菌、大腸菌を用いた ABG 法で測定した結果、ABG 法が河川水・海水の定常の状態と変動した状態の区別が可能であることが確認された。更にデータの積み重ね、使用菌の検討、化学的水質検査との比較を行うことによって、環境水質を細菌学的に判定する有用な測定法として利用できると思われる。

### **(3) *Cryptosporidium parvum* oocyst inactivation in field soil and its relation to soil characteristics: analyses using the geographic information systems**

Kato, S., Jenkins, M., Fogarty, E., and Dwight Bowman.

Science of the Total Environment, **321**, 47-58 (2004).

Reviewed by T. Takida

酪農場は*Cryptosporidium*の最大の汚染源であり、酪農場の土壌からは*Cryptosporidium*が多く検出される。既往の研究において、土壌の種類、温度、および土壌水分ポテンシャルが*Cryptosporidium*の生存性に影響を与えることが報告されている。しかしながら、これは実験室内で検討された知見であり、フィールド実験による検討は行われていない。そこで本研究では、3つのフィールドエリア {トウモロコシ畑 (33地点)、雑木林 (16地点)、および牧草地 (21地点)} について、各地点の土壌を詰めた容器に*Cryptosporidium parvum* (*C. parvum*) ( $10^7$  オーシスト)、および豚に感染する回虫である*Ascaris suum* (*A. suum*) の卵 ( $10^4$  個) を添加したものを埋設し、埋設後0, 60, 120日目の生存率を調査した。そして、回帰分析によって、*C. parvum*の生存率と各要因 (サンプルリング時間、土壌の種類、土壌pH、含水率、有機物含有量) との関係性を検討した。さらに、3つのフィールドエリアの*C. parvum*の不活化速度、ならびに*C. parvum*が99%不活化する為に必要な日数を予測し、その結果から3つのフィールドエリアの*C. parvum*の生存性を比較した。

埋設 120 日目における土壌全地点での *C. parvum* と *A. suum* の卵の平均生存率は、それぞれ約 10%、96%であった。しかしながら、4つの地点において、約 30%以上のクリプトスポリジウムが生存し、降雨や地面の流出による周辺地域への汚染が懸念された。また、生存率の低下は埋設 75 日目以降に数回発生した凍結融解による影響が示唆された。3つのフィールドエリアの *C. parvum* の生存性を比較した結果、各フィールドエリアの間のクリプトスポリジウムの生存性に有意差は確認されなかった。しかしながら、雑木林の地点は他の 2 地点と比べて生存性が僅かに低くなった。雑木林の地点には、有機物含有量が高い地点や pH が低い地点が多く存在したことが生存性低下の要因かもしれない。

## 第 152 回雑誌会

(Sep 20, 2012)

### (1) 疫学調査に基づいた *Campylobacter jejuni* 感染における感染－発症割合の推定

浅田 安廣, 大河内 由美子, 伊藤 禎彦

水環境学会誌, 35(9), 135-142 (2012).

レビュー：牛島 理博

病原性微生物が引き起こす水系感染症は、症状の種類、重篤度、持続期間が多様であるため、感染症による健康影響の大きさ全体を評価する指標が必要となる。疾病要因による多種多様な健康影響の大きさを表す指標として、障害調整生存年数（Disability Adjusted Life Years : DALYs）を用いた評価法がある。感染確率に基づいて DALYs を推定する場合、感染者が感染症を発症する割合（感染－発症割合）を正確に設定する必要がある。

現在、水系感染症原因菌のひとつである *Campylobacter jejuni* に設定されている感染－発症割合は、0.8～100%の広範囲で設定されている。したがって、*C. jejuni* 感染症について DALYs を正確に推定することは困難である。そこで本研究では、正確な *C. jejuni* の感染－発症割合の把握を目的とし、神戸市における *C. jejuni* の感染者数、ならびに発症者数の推定方法について検討した。感染者数の推定方法に関しては、血清疫学調査により得られた *C. jejuni* の血清抗体価データに基づいて、既往の研究の医学データに基づいた手法と統計学的手法の2手法から、それぞれ一般集団における感染者割合を算出した。そして、各手法より得られた感染者割合を神戸市に適応し、神戸市における感染者数をそれぞれ算定した。また、発症者数は、神戸市における病原体検出情報に記載された *C. jejuni* の分離報告数に基づいて算定した。さらに、各手法によって得られた神戸市における感染者数、ならびに発症者数から感染－発症割合を算定した。

血清疫学調査によって、一般集団における感染者割合は医学データに基づいた手法では7.9～35.0%、統計学的手法では12.1～13.6%と算定された。神戸市における感染者数を算出した結果、医学データに基づいた手法では362,759～1,607,161人、統計学的手法では555,619～624,496人となった。また、神戸市における *C. jejuni* の感染症発症者数は195,262人であった。さらに、神戸市における *C. jejuni* 感染による感染－発症割合を求めた結果、医学データに基づいた手法では12.1～53.8%、統計学的手法では31.3～35.1%となった。したがって、血清疫学調査を行い、得られた血清抗体価データに基づいて各手法を用いることで、さらに正確な感染－発症割合を算出することが可能である。

## (2) 有機高分子凝集剤を利用した浄水処理の検討

後藤 仁, 渡辺 英

日本機械学会第 13 回環境工学総合シンポジウム 2003 講演論文集, 215-218 (2003).

レビュー: 玄 暁植

施設基準省令の策定 (2000 年) に伴い, アクリル系凝集剤の浄水処理過程への使用が認められ, 有機高分子凝集剤の凝集補助剤としての適用に期待が寄せられている。しかしながら, 高分子凝集剤の浄水処理への適用例, ならびに実施設を用いての実験検討が少ない。そこで本研究では, 有機高分子凝集剤の効果的な使用方法の確立を目的とし, 有機高分子凝集剤と無機凝集剤の併用時における最適攪拌条件, ならびに実施設への有機高分子凝集剤の適用を考慮した注入点について検討した。原水として湖沼水を用いてジャーテストを行った。急速攪拌に関して, 無機凝集剤を添加し攪拌する 1 段目と, 有機高分子凝集剤を添加し攪拌する 2 段目に分けて検討した。なお, 無機凝集剤はポリ塩化アルミニウム, 有機高分子凝集剤は中アニオン系を用いた。

急速攪拌を 2 段とした場合の無機凝集剤と有機高分子凝集剤の急速攪拌条件を検討した。無機凝集剤では, 攪拌強度 120, 180rpm, 攪拌時間 1, 3, 5 分の条件について調べた。その結果, 攪拌時間 3 分において濁度が最も低く, 全攪拌強度において同等の効果が得られた。有機高分子凝集剤では, 攪拌強度 60, 120, 180rpm, 攪拌時間 1, 3, 5 分の条件について調べた。攪拌強度 180rpm, 攪拌時間 5 分において, 処理水の濁度が最も低くなった。また, 攪拌時間 0, 1, 3, 5, 7, 10 分, 攪拌強度 60rpm の緩速攪拌についても検討した。その結果, 攪拌時間の増大とともに, 処理濁度は低くなる傾向を示した。また, 攪拌時間が 3 分以上の場合において, 処理水の濁度は 0.4 度前後になることが確認された。実際の浄水場では混和槽は 1 池であることが多い。そこで, 急速攪拌後の緩速攪拌時に有機高分子凝集剤を注入する実験を行った。なお, 緩速攪拌条件は, 攪拌強度 60, 80, 100rpm, 攪拌時間 1, 3, 5, 7, 10 分とする。その結果, 攪拌時間が 3 分以上の場合, 全攪拌強度において, 処理水の濁度は 1.0 度以下となり, 10 分では 0.5 度以下となった。

以上の結果から, 急速攪拌を 1 段とした場合, 急速攪拌 2 段と同等の濁度除去効果が認められた。急速攪拌を 2 段とした場合, 緩速攪拌時間は 3 分であったが, 急速攪拌 1 段では緩速攪拌時間 10 分で同等の処理性となった。

## 第 153 回雑誌会

(Sep. 28, 2012)

### (1) Design and characterization of a microbial fuel cell for the conversion of a lignocellulosic crop residue to electricity

Gregorie, F. P., Becker, J. G.

Bioresource Technology, **119**, 208-215 (2012).

Reviewed by T. Itoh

トウモロコシ茎葉などの農作物残滓には、セルロースやリグニンを例とする高濃度の生化学的エネルギーが含まれており、バイオマス燃料製造工場においてエネルギー回収が試みられている。現在、セルロース系バイオマスからのエネルギー回収は、有機基質の熱化学的前処理を必要とする方法（嫌気性消化）が主流である。しかしながら、それらのプロセスは、低いエネルギー生産効率が課題として挙げられている。本研究では、リグノセルロース系バイオマスから直接発電が可能な微生物燃料電池（Microbial fuel cell）を構築し、その性能を検討した。

リグノセルロース系バイオマスは、市販のトウモロコシ穂軸粒を用いた。リアクターは、エアカソードを外側から固定したポリカーボネート製円柱容器（内容積：4 L）を2個（Reactor A, および Reactor B）用意した。さらに、リアクターは、異なる2つの条件（Trial 1：予備実験, Reactor A のみ；Trial 2：本実験, Reactor A, Reactor B 両方）でそれぞれ運転した。アノード電極には、Trial 1 ではグラファイトロッドを、Trial 2 ではグラファイトロッドとグラファイトグラニュールを用いた。植種源として、Trial 1 では牛ルーメン（第1胃）内液（Reactor A のみ）を、Trial 2 では低温殺菌した土壌、および純培養した *Geobacter metallireducens*（Reactor A, Reactor B 両方に添加）をそれぞれ用いた。なお、Trial 2 の植種源は時間差で添加した。また、Trial 2 ではセルロース分解細菌の増殖を促進させるために、滅菌した牛ルーメン内液を含む培地を添加した。リアクター培養温度は 23.5°C とし、回分式による長期間連続運転を行った。測定項目は電圧 (V)、溶解性メタン、有機酸、およびガス組成とした。なお、電圧は、電流 (A)、および電力密度 ( $\text{mW/m}^3$ ) に換算して評価した。

Reactor A, Reactor B におけるリアクターの最大電力密度は、それぞれ  $273 \text{ mW/m}^3$ ,  $106 \text{ mW/m}^3$  であった。また、Trial 2 において牛ルーメン内液を含む培地を添加することによって、発電量（電流、および電力密度）の向上と、アノード電極に付着している微生物の増加が確認された。Trial 2（Reactor B）におけるメタン生成量は、*G. metallireducens* 添加後に著しく増加した。さらに、*G. metallireducens* の増加は、MFC の性能の向上とも相関関係を示した。

## (2) 南東北地方の代表的な水田土壌の粘土鉱物組成

佐野 大樹, 伊藤 豊彰, 安藤 正, 南條 正巳, 斉藤 元也, 三枝 正彦  
ペトロジスト **54(2)**, 83-92 (2010).

レビュー：荒生 靖大

水田土壌の粘土鉱物組成を把握することは、環境に配慮しながら適切な施肥・土壌管理を行う上で重要である。既往の研究において、北東北3県（青森県、岩手県、秋田県）における、代表的な水田土壌の粘土鉱物組成の分布は解明されている。しかしながら、南東北3県（宮城県、山形県、福島県）における水田土壌の粘土鉱物組成の分布については解明されていない。そこで本研究では、南東北地方における、代表的な水田土壌の粘土鉱物組成を水田分布図上に示した。試料は、土壌環境基礎調査定点 225 地点（宮城県 72 点、山形県 49 点、福島県 104 点）における水田作土の風乾細土を用いて、X線粉末回折（XRD）を行い、調査定点の粘土鉱物を同定した。

宮城県において、スメクタイト質、準スメクタイト質の土壌が広く分布した。また、同県北部の仙北平野における後背湿地では、スメクタイトの少ない混合型の土壌が分布した。この仙北平野における結果は、既往の研究結果と一致しないと分かった。今後、仙北平野において、自然堤防と後背湿地の粘土鉱物組成を比較する必要がある。山形県の最大水田地帯である庄内平野南部では準スメクタイト質土壌、庄内平野中央部ではスメクタイト質土壌、庄内平野北部では2:1-2:1:1型中間種鉱物質の土壌が広く分布した。また、同県の山形盆地において、スメクタイト質、準スメクタイト質の土壌が広く分布した。さらに、同県南部の米沢盆地では、混合型、準スメクタイト質、およびクロライト質の土壌が分布した。福島県の会津盆地において、スメクタイト質、準スメクタイト質の土壌が広く分布した。しかし、会津盆地についてみると南部では、クロライト質および、混合型の土壌が分布した。また、同県の群山盆地では混合型、福島盆地ではスメクタイト質、太平洋沿岸部の沖積地では河川ごとに、スメクタイト質、準スメクタイト質、混合型が分布した。

### (3) 南西諸島の石灰岩島嶼における耕種農業と家畜飼育起源の硝酸態窒素による地下水汚染

中西 康博

日本草地学会誌 **54**(3), 280-285 (2008).

レビュー：久原 理瑛

20世紀初頭、ハーバー・ボッシュ法の開発によって、窒素肥料の大量生産が可能となった。その一方で、反応性のある窒素が土壌や湖沼などに大量に放出されることになり、飲料水質の悪化や、湖沼・湾の富栄養化問題の原因因子となっている。我が国においても、硝酸塩による水質汚染問題は1970年代から顕在化しており、地下水汚染に関して多数報告されている。南西諸島の宮古島東南部の地下水流域は、閉鎖的で独立性が高いため、流域内の物質収支や地下水汚染の因果関係等の調査・研究に適している。そこで本報告では、南西諸島の石灰岩島嶼（特に宮古島）における地下水硝酸態窒素汚染に関する機構、実態、および対策等について検討した。

南西諸島の石灰岩台地や沿岸地域は、地形が平坦であるため全域的に土地開発が進んでいる。これらの地表面は地下水の集水域でもあることから、地下水の水質は、土地利用の状況や生活排水の処理状況等の生活様態に直接的に左右される。また、南西諸島の多くの農地土壌では、土層が浅く透水性に優れた礫質暗赤色土が広く分布するため、土壌中の硝酸イオンは容易に溶脱され地下水に至る。このような理由から、南西諸島の地下水は硝酸態窒素による負荷を受けやすくなっている。原単位法によって推定した宮古島全陸地（約160 km<sup>2</sup>）に負荷された総窒素量は、1998年において1,926 tであった。そのうち、肥料、および家畜糞尿に起因する比率は、約8割にも及んだ。また、同年における地下水への窒素負荷量は960 tであり、肥料、および家畜糞尿に起因する割合が大部分を占めていた。これらのことから、宮古島における地下水への窒素負荷の大半が、営農に起因することが考えられた。そこで、営農に起因する硝酸態窒素による地下水への負荷実態を把握するため、農家への聞き取り調査を実施した結果、サトウキビ栽培における使用肥料の主体である水溶性肥料の余剰窒素分が雨水によって洗脱され、地下水を汚染することが考えられた。また、宮古島地域では、家畜糞尿を地域ごとに適正処理することが困難である。そのため、家畜飼育に起因する窒素が地下水を汚染する原因として、野積み等にされる家畜糞尿に含まれる窒素が雨水等によって地下水へ溶脱されることや、飼料作物に施される肥料に起因することが考えられた。地下水に負荷される窒素は、営農上の無駄によって生じており、これらを軽減することで、地下水の水質は大幅に改善されるだろう。

## 第 154 回雑誌会

(Oct. 3, 2012)

### **(1) Identification of Fecal Input Sites in Spring Water by Selection and Genotyping of Multiresistant *Escherichia coli***

Melanie, M., Fatma, K., Adrian, A., Richard, F., Marcel T., and Andreas, B.

*Applied and Environmental Microbiology*, **77**, 8427-8433 (2011).

Reviewed by H. Shimauchi

現在、飲料水等の水質管理を行う上で、大腸菌等を用いた糞便汚染源追跡 (Microbial Source Tracking, MST) 手法の開発が求められている。既往の研究では、大腸菌の遺伝的多様性や時系列的、および空間的な遺伝子パターンの変化が検討されている。しかしながら、現在の解析法において、解析時間やコストが掛かることのほかに、膨大な大腸菌の遺伝子情報の構築 (ライブラリの構築) が課題となっている。そこで本研究では、広範な大腸菌の遺伝子情報を構築するために、多剤耐性大腸菌に着目した。試料水は、糞便汚染の影響がある各サンプリング地点 (湧水サンプル地点 : LQ, KQ ; 表流水サンプル地点 : LU, LD, LC) において、時系列的に採取した。各試料は、4 つの薬剤を添加した選択培地 (TSA4) を用いて、多剤耐性大腸菌を単離した。単離された菌株は、さらに薬剤感受性試験によって、詳細に薬剤耐性パターンを分類した。さらに、遺伝子型別法であるパルスフィールドゲル電気泳動 (Pulsed-Field Gel Electrophoresis, PFGE) 法を用いて、湧水と表流水の各地点における多剤耐性大腸菌の時系列的・空間的な遺伝子パターンの変化を検討した。

多剤耐性大腸菌は、全サンプリング地点から、合計 173 株検出され、薬剤感受性試験と PFGE 法によって、4 つのグループ (I ~ IV) に分類された。グループ II 内における時系列的变化の検討から、LU と LC の各サンプル中の多剤耐性大腸菌の遺伝子パターンは、6 週間以内では変化しなかった。KQ においても、3 ヶ月以内では遺伝子パターンは変化しなかった。また、空間的变化の検討では、グループ III において、KQ のサンプル中の遺伝子パターンは、LU と LC の各サンプル中の遺伝子パターンと一致した。グループ IV において、LQ のサンプル中の遺伝子パターンは、LD と LC の各 2 サンプル中の遺伝子パターンと一致した。以上の結果から、汚染源を正確に特定できなかったが、多剤耐性大腸菌を対象とすることで、膨大なライブラリを構築せずに時間やコスト、労力を削減できることが分かった。

## (2) Detection of antibiotic-resistant bacteria and their resistance genes in wastewater, surface water, and drinking water biofilms

Schwartz, T., Kohnen, W., Jansen, B. and Obst, U.

FEMS Microbiology Ecology, **43**, 325-335 (2003).

Reviewed by M. Nishiyama

抗生物質に耐性を示す細菌（薬剤耐性菌）は、抗生物質が使用されている場所で広く出現しており、水環境中においても次第に観測され始めている。薬剤耐性菌は、各種抗生物質を無効にする機構を有しており、抗生物質の防御機構をコード化した遺伝子が染色体上、またはプラスミド上に存在する。その中でも、接合による耐性遺伝子の水平伝播は、細菌の密度が非常に高い状態で発生することが知られている。細菌の高密度化や多様性は、排水施設で形成されたバイオフィームにおいて確認されており、下水処理施設の活性汚泥、上水道の配水システムでも同様に形成される。本研究では、異なる地点で形成されたバイオフィーム内に存在する薬剤耐性菌について調査した。調査地点は、病院排水、下水処理施設の活性汚泥と排水口、Rhine川から上水道に流入する表流水、上水道で浸透濾過・UV照射した後の飲用水の配水システムとした。調査対象として、各地点で形成されたバイオフィーム内に存在する腸球菌、腸内細菌、および従属栄養細菌を各選択培地で培養した後、菌数を計測し、各菌株について薬剤感受性試験を実施した。さらに、腸球菌におけるバンコマイシン耐性遺伝子である*vanA*、ブドウ球菌におけるメシチリン耐性遺伝子である*mecA*、腸内細菌におけるβラクタム耐性遺伝子である*ampC*についてPCR法によって検査した。

バイオフィームから単離した細菌の計数は病院排水が最も高く、腸球菌 $666 \text{ CFU/cm}^2$ 、腸内細菌 $6.7 \times 10^6 \text{ CFU/cm}^2$ 、従属栄養細菌 $5.8 \times 10^5 \text{ CFU/cm}^2$ であった。その一方で、飲用水からは、腸球菌と腸内細菌が検出されなかった。薬剤感受性試験の結果、単離した腸球菌株に対するバンコマイシン耐性腸球菌の占める割合は、病院排水25%、活性汚泥16%、排水口12.5%であった。PCR法による検査結果において、*vanA*、*mecA*、および*ampC*は、病院排水のバイオフィームの株から多数検出された。また、*vanA*と*ampC*においては、飲用水を含む、全ての調査地点のバイオフィームの株からも同様に検出された。しかしながら、飲用水では腸球菌が検出されなかったことから、*vanA*遺伝子は飲用水のバイオフィームを形成する従属栄養細菌、または別の細菌へ伝達されている可能性が示唆された。

### (3) 酸処理粘土による海産赤潮プランクトンの除去

丸山 俊朗, 山田 僚一, 薄井 耕一, 鈴木 弘之, 吉田 多摩夫

日本水産学会誌, 53(10), 1811-1819 (1987).

レビュー：椎屋 朋子

赤潮プランクトンを直接的に駆除する方法の1つに薬剤散布法がある。新しい除藻剤を使用する場合、自然界における分解性と残留性が明らかかつ、生態系に対して安全であることが求められる。そこで新しい除藻剤として、硫酸アルミニウムの特長（プランクトンである *Olisthodiscus* sp. をよく凝集沈殿させ、pH 条件によっては細胞を破壊する性質）を有し、次のような利点を具えた酸処理粘土（Acid treated clay : ATC）を試作した。ATC の利点は、ATC から溶出する少ない Al 量で、pH の著しい低下なしに、プランクトンを効果的に凝集させ、フロックの沈降速度が大きいことである。本研究では、ATC の海水における Al と Fe の溶出量、その溶解度、粘土自体の凝集沈降特性、ならびに数種の海産プランクトン（*Chattonella* sp., *Dunaliella* sp., *Olisthodiscus* sp., *Skeletonema costatum*）の除去性とその機構について検討した。また、安全性についても考察した。

海水にATCを50~300 mg/lになるように粉体で散布・混合した場合、pHは短時間（30~60秒）で一定（pH6.6~7.6）となり、AlとFeの溶出量はATCに対して、それぞれ2.3 wt%と1.1 wt%となった。ATCの凝集性とプランクトンの除去性を調査するため、pH調整を行った実験において、pH6.8~8.3の範囲では、ATCから溶出したAlとFeが凝集剤となって、良好な凝集フロックを形成し、散布量に関係なく、残留濁度1~3濁度単位を示した。また、ATCの各プランクトンに対する除去能は、pHによって異なった。pHが一時的に低下すれば細胞破壊が生じ、pHがさほど低下しなくても粘土散布量を多くすることで凝集沈殿が生じて細胞は除かれた。また、それぞれのプランクトンを90%除去するためのATC散布量は、pH7~8で最大220 mg/lとなった。ATCによる海産物（魚、サビノリ幼芽など）や低生生物の影響は、pH低下、濁りの残留性、AlとFeの溶出量から極めて少ないと考えられる。

## 第 155 回雑誌会

(October 10, 2012)

### (1) 底質の安定同位体比を指標とした子吉川の水環境評価

金澤 伸浩, 齋藤 修成, 漆川 芳國

水環境学会誌 31 (1), 53-58 (2008).

レビュー: 永井 凌

近年, 自然環境における窒素の動態を推定する方法として, 窒素安定同位体比 ( $\delta^{15}\text{N}$ ) が用いられている。自然環境における窒素化合物の  $\delta^{15}\text{N}$  を測定することによって, 窒素化合物の同化, 硝化, 脱窒, 無機化, および吸着などの反応の履歴情報を得る手がかりとなる。したがって,  $\delta^{15}\text{N}$  は, 他の指標では得られない情報を提供する指標として水圏の環境評価に役立てられることが期待されている。しかしながら,  $\delta^{15}\text{N}$  を用いた既往の研究では, 地下水や沿岸域における  $\text{NO}_3^-$ -N の移動や脱窒を対象としており, 河川流域の環境評価に用いた事例は少ない。そこで本研究では, 2005 年 4 月から 2006 年 9 月にかけて, 秋田県の子吉川の全域 (上流, 中流, 下流) において, 底質の  $\delta^{15}\text{N}$  の測定を行い, 空間的・時間的分布から環境の特徴を明らかにした。また, 河川水中  $\text{NH}_4^+$ -N 濃度と底質の  $\delta^{15}\text{N}$  から窒素除去量の定量化についても検討した。さらに, 河川水の  $\text{NH}_4^+$ -N,  $\text{NO}_2^-$ -N,  $\text{NO}_3^-$ -N および DOC 濃度を測定し, 河川水の有機汚濁について調査した。

子吉川は, 全域で環境基準を満たす水質が維持されていた。しかしながら, 下流に向かうに従って有機汚濁が進行していた (上流地点で平均 DOC 濃度 2.0 mgC/l, 平均  $\text{NO}_3^-$ -N 濃度 0.22 mg/l, 下流地点で平均 DOC 濃度 2.8 mgC/l, 平均  $\text{NO}_3^-$ -N 濃度 0.31 mg/l)。底質の  $\delta^{15}\text{N}$  は上流地点で最大値 (3.2 ‰) を示し, 下流地点で最小値 (1.5 ‰) を示した。これは, 上流域に窒素汚染源があり, 下流域では腐植質の流入によって同位体の希釈が生じているためと考えられた。 $\delta^{15}\text{N}$  の季節変動を調査した結果, 8 月前後に一旦小さくなった後に上昇する傾向が見られ, 11 月以降にも再度  $\delta^{15}\text{N}$  の上昇が見られた。これは調査流域に多く見られる水田において, 4 月と 7 月に散布された肥料が,  $\delta^{15}\text{N}$  の変動に影響を与えていた可能性を示唆している。また, 水中の  $\text{NH}_4^+$ -N 濃度と底質の  $\delta^{15}\text{N}$  から同位体分別を利用した定量解析の結果, 算出された窒素除去量が施肥量と同程度であることが示された。このことから底質の  $\delta^{15}\text{N}$  の測定は, 汚染源の推定や河川環境の窒素除去量の推定など水環境の評価に役立てられると考えられた。

## (2) GIS を用いたメコン流域における飲用水起因下痢症リスク評価

三浦 尚之, 渡部 徹, 中村 哲, 大村 達夫

水環境学会誌 **30** (11), 611-616 (2007).

レビュー：村田 匡俊

WHO の報告によると、開発途上地域を中心に全世界の人口の約 11 億人が安全な飲用水を利用できず、不衛生な水を利用することで引き起こされる下痢症によって、年間 180 万人もの命が失われている。メコン流域に位置するラオスやカンボジアでは、依然として安全な水を利用できる人口割合は低く（それぞれ 51%, 41%）、下痢症の被害が深刻である。メコン流域の飲用水の種類（水道水、ボトル水、河川水、井戸水、雨水）は、水供給システムの整備状況や河川へのアクセスなどの地理的条件と各地域の経済的状况によって決定される。そのため、地理的分布に特徴があるメコン流域の水利用は、GIS (Geographical information system) を用いて水利用をモデル化することが有効である。そこで本研究では、メコン流域において GIS を利用することによって、飲用水摂取による感染リスクを算出するリスク評価モデルを構築した。さらに、構築したモデルを用いて、流域規模での水系感染症のリスク低減対策シナリオを検討した。

リスク評価モデルは、2004 年 9 月から 2006 年 9 月にかけて、メコン流域の 4 カ国（ラオス、カンボジア、ベトナム、タイ）の 23 ヶ所における飲用水の種類とその大腸菌群による汚染状況および摂取量の現地調査結果から、対象流域を 1 km メッシュに分割し、構築した。都市域の飲用水である広域水道水では、大腸菌群が検出されることは極めて少なく、感染リスクは  $10^{-4}$  のオーダー（1 年間で 1 万人に 1 人が感染する確率）であった。その一方で、満足な衛生設備が利用できない都市近郊の農村域では、感染リスクが極めて高く  $0.1 \sim 1$  のオーダーであった。得られた年間感染リスクに人口を乗じ、飲用水起因の下痢症発生件数を推定した結果、年間で約 1,200 万件であった。また、下痢症リスクが高い井戸水や河川水を飲用している農村域において、大腸菌群濃度の低い雨水を飲用するリスク低減対策シナリオに適用した結果、下痢症発生件数は最大で 72% 減少させることができると見積もられた。

### (3) 海藻ペーストを用いた浚渫用凝集剤の開発ーアルギン酸抽出を伴わないワカメペーストの調整とその泥水凝集性能ー

榎 牧子, 佐藤 道佑, 金田 航大, 関山 亮太, 中川 明子, 浦木 康光, 兼廣 春之  
日本水産学会誌 **74**(4), 688-693 (2008).

レビュー：玄 暁植

港湾土木工事における浚渫工程では、発生する余水の浄化のために凝集剤を用いる。一般的に用いる凝集剤は、ポリ塩化アルミニウムなどであるが、環境への負荷が懸念される。また、天然高分子であるアルギン酸やキトサンは、環境には優しいが単価が高い。そこで本研究では、アルギン酸を多く含む褐藻類のワカメを用いた凝集剤の簡易的な精製方法、およびその凝集効果について検討した。調査項目として、泥水凝集試験における泥水の温度、凝集剤を乾燥した場合の凝集効果、泥水濃度、海藻凝集剤添加量、架橋剤である塩化カルシウムの添加量、攪拌の回数、凝集剤混合後の凝集速度、凝集試験スケールの影響などについて検討した。実験には、宮城県気仙沼市大島で養殖されたワカメを用いた。また、泥土は汽水域である鳥取県湖山地、および大阪湾南港の海底から採取されたものを用いた。

褐藻ペースト調整時の加温時間は、加温時間 0~30 分の間において泥水の清浄化に対してほとんど影響を及ぼさなかった。乾燥させたペースト粉末の凝集性能は、大阪府南港泥水(土砂濃度 1000mg/L)を用いて凝集試験を行ったところ、乾燥粉末を直接泥水に加えても土砂濃度(処理水)421mg/L と凝集効果は乏しかったが、乾燥粉末を一度水に浸漬させると土砂濃度は 33mg/L となった。褐藻ペーストを添加した際のペースト濃度と濁度との関係は、泥水濃度とペースト濃度が高いほど、土砂濃度は低くなった。塩化カルシウムの影響は、塩化カルシウム濃度の増加とともに土砂濃度が低下し、フロックが占める体積も増加した。泥水温度の影響は、5, 18, 37°Cにおいて凝集試験を行ったところ、低温、高温条件でも凝集効果が確認でき、5°C, 37°Cの条件は、18°Cの条件よりも良好な結果となった。塩化カルシウム添加後の攪拌回数は、攪拌回数の増加によってフロック密度の上昇が確認された。実際の浚渫工事を想定し、1000mg/L という低い土砂濃度で 400L 泥水の凝集試験を行うと、ペースト濃度 0.025%で最小値 207mg/L となった。しかしながら、この 207mg/L は、環境基準を満たさないもので、実際に浚渫用凝集剤として用いるには改善が必要である。

## 第 156 回雑誌会

(Oct. 17, 2012)

### (1) Single chamber microbial fuel cell with spiral anode for dairy wastewater treatment

Mardanpour, M. M., Esfahany, M. N., Behazad, T., and Sedaqatvand, R.

Biosensors and Bioelectronics, **38**, 264-269 (2012).

Reviewed by T. Itoh

微生物燃料電池 (Microbial fuel cell) は、生体触媒として微生物を用いることによって、電気エネルギーの生産と有機懸濁物質の除去を同時的に行うことが可能である。酪農排水には、加水分解可能な多糖類や、有機酸などの有機化合物が含まれている。しかしながら、酪農排水を用いた微生物燃料電池は、他の排水を用いた先行研究と比較して、電力密度と有機物除去効率の低いことが課題として挙げられている。そこで本研究では、らせん形状をしたアノード電極 (スパイラルアノード) を搭載した 1 槽式微生物燃料電池を構築し、基質として酪農排水を用いた微生物燃料電池の性能を評価した。

酪農排水は、Pegah-Isfahan 酪農工場から採取した。リアクターは、プレキシグラス製の円柱形容器 (90 cm<sup>3</sup>) を用意した。スパイラルアノードは、らせん形状をしたステンレスメッシュを用い、電極表面をグラファイトスプレーで被覆した。植種源には、Pegah-Isfahan 酪農工場の排水処理施設の活性汚泥を用い、酪農排水と混合して添加した (50:50, v/v)。リアクターは、fed-batch mode で運転し、電圧が 20 mV 以下まで低下したときに希釈した酪農排水を添加した。なお、電解液の pH の低下を抑制するために、pH 緩衝溶液を添加した。電圧 (V) は、データ取得システムを用いて自動取得し、電流 (A)、電力 (W) に換算して評価した。また、外部抵抗の値を変化させて、分極曲線と電力曲線を作成し、微生物燃料電池の内部抵抗と最大電力密度を評価した。さらに、電流、および COD 除去量からクーロン効率を算出した。アノード電極表面に形成されているバイオフィームは、走査型電子顕微鏡 (Scanning electron microscopy, SEM) を用いて解析した。

運転開始 450 h 経過後における開放回路電位 (open circuit voltage) は 810 mV であった。最大クーロン効率と COD 除去率は、それぞれ 26.87 %, 91 % であった。また、分極曲線、および電力曲線から、本研究における内部抵抗と最大電力密度は、それぞれ 55 Ω, 20.2 W/m<sup>3</sup> であった。また、SEM の結果から、アノード電極表面にバイオフィームの形成が確認された。これらのことから、本研究で用いたスパイラルアノードを搭載した 1 槽式微生物燃料電池は、これまでに報告された先行研究例と比較して高い電力生産能と排水処理能を有することが示された。

## (2) Effect of sewage treatment plants and diffuse pollution on the occurrence of protozoal parasites in the course of a small river

Kistemann.T., Rind. E., Koch. C., Claßenand. T., Lengen. C., Exner. M., and Rechenburg. A.

International Journal of Hygiene and Environmental Health, **215**, 577-583 (2012).

Reviewed by T. Takida

*Giardia lamblia* (*G. lamblia*) と *Cryptosporidium* は胃腸の病気を引き起こす原虫である。これらは先進国においても、都市下水、農場排水、ならびに家畜や野生動物の糞便などが汚染源となり、河川等の水源から頻繁に検出される。したがって、河川を利用するにあたっては、*G. lamblia* と *Cryptosporidium* の起源や汚染状況を調査し、寄生虫学的影響の定量化、および衛生的な意義を評価することは公衆衛生上重要である。そこで本研究では、西ドイツにあるSwist川流域の*G. lamblia* と *Cryptosporidium* の汚染状況を、年間を通して調査した結果を報告する。調査対象のSwist川は多くの支流から形成され、Swist川流域には7つの下水処理場（Sewage treatment plants : STP A-G）も存在する。それらの処理場から排出される処理水は、Swist川の流量に対して大きな影響を与えている。そこで、サンプリングポイントは、Swist川の6地点および2つの支流の3地点の合計9地点を選定した。

*G. lamblia* は、すべてのサンプリング地点から検出された。*G. lamblia* は河川の流れの中で蓄積され、*G. lamblia*濃度は最下流のサンプリングポイントで最も高く、年間平均は71.2 cysts/100 Lだった。*G. lamblia*濃度に対する大腸菌濃度、ウェルシュ菌濃度、および河川流量との相関係数はそれぞれ0.635, 0.623, 0.475であり、正の相関を示した。これらの結果から、*G. lamblia*の汚染は下水処理排水による影響が強く示唆された。また、*Cryptosporidium*も、すべてのサンプリング地点から検出された。*Cryptosporidium*は河川の流れ中で緩やかに蓄積され、*Cryptosporidium*濃度は最下流のサンプリングポイントで最も高く、年間平均は9.7 oocysts/100 Lだった。*Cryptosporidium*濃度に対する大腸菌濃度、およびウェルシュ菌濃度の相関係数は、それぞれ0.483, 0.573であり、正の相関を示した。しかしながら、*Cryptosporidium*濃度に対する河川流量との相関係数は-0.473であった。以上のことから、*Cryptosporidium*は下水処理排水による影響よりも、激しい降雨による家畜や野生動物の糞便の流出が大きく影響していると示唆された。

# 第 157 回雑誌会

(Oct. 26, 2012)

## (1) Transformation dynamics and reactivity of dissolved and colloidal iron in coastal waters

Fujii, M., Ito, H., Rose, A. L., Waite, T. D. and Omura, T.

Marine Chemistry **110**, 165-175 (2008).

Reviewed by Y. Hamasaki

沿岸域では、Fe (II) 種は急速に酸化されるため、鉄の多くは Fe (III) 種 (有機第二鉄錯体 (Fe (III) L) または非晶質酸化第二鉄 (AFO)) として存在する。沿岸域の生物が利用できる鉄の生物利用性は、Fe (III) 種の酸不安定性に関連すると考えられる。したがって、沿岸域における鉄の生物利用性の観点から、海水中に存在する Fe (III) 種の酸不安定性を理解することは重要である。そこで本研究では、酸性化/陰イオン交換樹脂 (AER) 処理によって、海水中に存在する Fe (III) 種の化学形態、酸不安定性を評価した。また、酸性化/AER 処理とろ過処理を組み合わせることによって、海水中に存在する鉄の化学種 (<0.02  $\mu\text{m}$  : 真の溶存鉄, 0.02-0.45  $\mu\text{m}$  : コロイド状の溶存鉄) の変化を評価した。ろ過海水中において、Fe (III) とフルボ酸を 1 分から 1 週間反応させることによって、酸不安定性の異なる Fe(III)種を含む海水試料を作成した。海水試料中に存在する Fe (III) 種の解離速度を定量化するため、各反応時間において、海水試料を塩酸で酸性化処理を 1 分から 60 分間行った。酸性化処理した海水を AER カラムに通水させ、正電荷の Fe (III) 'から負電荷の化学種 (フルボ酸, フルボ酸鉄錯体, フルボ酸が吸着した非晶質酸化第二鉄 (AFO-L) ) を分離し、AER 処理水の全鉄濃度を測定した。また、各反応時間において、海水試料を酸性化/AER 処理またはろ過処理 (0.02  $\mu\text{m}$ , 0.45  $\mu\text{m}$ ) を行い、各処理水中の全鉄濃度を測定した。

酸性条件下において、フルボ酸鉄錯体から Fe (III) 'が短時間で大量に解離した (pH2 : 86-92%)。一方、AFO-L は非常にゆっくり解離した (解離速度定数 : pH3 :  $6.1 \times 10^{-5}$  /s, pH2.5 :  $1.2 \times 10^{-4}$  /s, pH2 :  $2.7 \times 10^{-4}$  /s)。このことから、フルボ酸鉄錯体は、短時間の酸性化処理後に AER カラムに通水させることによって、AFO-L と区別することができる。海水試料中に存在する真の溶存鉄、ならびにコロイド状の溶存鉄は、酸に不安定であることがわかった。また、コロイド状の溶存鉄は比較的迅速に水酸化第二鉄に変化した。一方で、真の溶存鉄は、海水中に長時間存在した。

## **(2) Spatial and temporal variation in indicator microbe sampling is influential in beach management decisions**

Amber, A. E., Laura, J. V., Amir, M. A., Helena, M. S., Lisa, R. W. P., Maribeth, L. G., Matthew, C. P., James, S. K., Alan, M. P., Zhixuan, F., Ad, J. H. M. R., Brian, K. H., Samir, M. E., Yifan, Z., Nasly, H. J., Noah, A. M., Michael, E. S., Alexis, B., Sumbul, Q. K., Adrienne, S. D., Norma, C. S. and Lora, E. F.  
Water Research, **46**, 2237-2246 (2012).

Reviewed by H. Shimauchi

糞便指標細菌の一つである腸球菌は、レクリエーション水域においてヒトの健康リスク評価の指標として利用されている。USEPA のガイドラインによると、海水中の腸球菌数基準値は、それぞれ月平均 35 CFU/100 mL 以下、1 日に 104 CFU/100 mL 以下と規定されている。しかしながら、空間的・時間的变化によって腸球菌数は異なるため、レクリエーション水域の水質管理が困難となる可能性がある。また胃腸以外の病気を引き起こす病原体のひとつである黄色ブドウ球菌が砂浜から検出された報告例があるが、腸球菌数と黄色ブドウ球菌数との相関に関する知見は少ない。そこで本研究では、第一の目的として、腸球菌の空間的・時間的变化がレクリエーション水域の水質管理の決定に与える影響を評価した。第二の目的として、腸球菌の存在による、黄色ブドウ球菌の存在予測を検討した。測定項目として、水文気象データ、流体力学的データ、水浴者数、腸球菌数、および黄色ブドウ球菌数を測定した。これらは 10 日間連続で、膝の深さの位置の表層水と浜砂を毎時採取した試料、および腰の深さの位置の表層水と潮上帯砂、潮間帯砂、喫水線砂を 6 時間毎に採取した試料を測定した。

膝の深さの位置の表層水において、腸球菌数は 1 日の間では昼間よりも夜間に多く、干潮時、および降雨時において多かった。このことから、腸球菌数の変動要因は、日射量、潮の干満、および降雨であることがわかった。黄色ブドウ球菌数は、浜砂サンプルよりも水サンプルのほうが多かった。また、水浴者数と黄色ブドウ球菌数の間に相関関係が示された。しかしながら、膝の深さの位置の表層水において、腸球菌数と黄色ブドウ球菌数との間に相関はなかった。以上の結果から、様々な環境要因によってレクリエーション水域の水質管理の決定に影響が及ぶことがわかった。

### (3) Release of antibiotic resistant bacteria and genes in the effluent and biosolids of five wastewater utilities in Michigan

Munir, M., Wong, K., and Xagorarakis, I.

Water Research, **45**, 681-693 (2011).

Reviewed by M. Nishiyama

薬剤耐性菌 (antibiotic resistant bacteria : ARB) や、それらの耐性遺伝子 (antibiotic resistant genes : ARGs) の発生は、世界的な健康問題となっている。ヒトや動植物の治療に対して、多様な抗生物質が使用されており、それら抗生物質の使用とARBの発生との間には関係があることが報告されている。抗生物質の多くは、ヒトの排せつ物や抗生物質の処分が原因であり、都市下水中に排出されている。また、下水中でもARBは発見されている。しかしながら、下水中に存在するARBの負荷量を減少させる下水処理施設の役割は、あまり知られていない。そこで本研究では、異なる下水処理施設の下水と汚泥から環境中に排出されるARB, およびARGsの発生量と排出量を定量した。調査地点は、ミシガン州における処理方法が異なる五つの下水処理施設 (活性汚泥法 (AS), オキシゲーションディッチ法 (OD), 回転円板法 (RBCs), および膜分離活性汚泥法 (MBR)) と、多数の汚泥処理プロセス (脱水, 重力濃縮, 嫌気性消化, および石灰安定処理) を対象とした。試料として、流入下水, 消毒前後の下水, および汚泥を処理場から採取し、各試料において、従属栄養細菌, テトラサイクリン耐性菌, およびスルホンアミド耐性菌を計数した。さらに、テトラサイクリン耐性遺伝子 (*tetW*, *tetO*), スルホンアミド耐性遺伝子 (*sulI*), および真正細菌の16S rRNA遺伝子をRT-PCR法によって定量した。

全ての下水処理施設において、異なる地点の下水中におけるARBとARGsの濃度は、流入下水, 消毒前の下水, 消毒後の下水の順に減少した。消毒後の下水中のARBとARGsの濃度の範囲は、それぞれ $5.00 \times 10^2 \sim 6.10 \times 10^5$  CFU/100 mL, ND (non-detectable)  $\sim 2.33 \times 10^6$  copies/100 mLであった。また、各汚泥中のARBとARGsの濃度では、それぞれ $3.17 \times 10^4 \sim 1.85 \times 10^9$  CFU/g,  $5.61 \times 10^6 \sim 4.32 \times 10^9$  copies/gであった。各下水処理過程のARBの濃度を比較した結果、AS, OD, RBCs, およびMBRの各処理方法では同程度が除去された。ところが、MBRにおける*tetW*, *tetO*, および16S rRNA遺伝子は、その他の処理法と比較して、1~3 log copies/100 mL減少した。その一方で、消毒 (塩素消毒, UV) の過程では、ARBとARGsの減少は見られなかった。以上のことから、MBRはARGsに対して、最も高い除去効果を示し、各汚泥処理プロセスは、テトラサイクリン, およびスルホンアミド耐性菌やそれらの耐性遺伝子の起源であることが示唆された。

## 第 158 回雑誌会

(Nov. 2, 2012)

### (1) 多変量解析による伊豆大島水源地下水の水質特性の解明

栃本 博, 関山 登, 矢口 久美子, 瀬戸 博

水環境学会誌 **28**(12), 759-767 (2005).

レビュー：久原 理瑛

1986 年、伊豆大島にある三原山が噴火した際に、伊豆大島の飲料用井戸水から水道水水質基準を超える高濃度の重金属等が検出された。伊豆大島では、地下水を浄水処理（脱塩処理など）した水道水が、約 9,000 人の島民に供給されている。島民に安全で良質な飲料水を供給するためには、水道水源である地下水の水質特性を明らかにする必要がある。既往の研究では、噴火直後の水質報告しかされておらず、火山活動にともない地下水中の無機成分濃度は変動することが予想されるため、火山活動沈静時の水質の把握も重要である。そこで本研究では、伊豆大島の火山活動沈静時における地下水の無機化学物質を主とした水質調査を実施し、その水質データをもとに多変量解析を行い、水質特性の解明を試みた。

サンプリングは、伊豆大島の主な地下水源 17 地点において、2002 年 5 月と 11 月の 2 回行った。測定項目は、水道水質基準の無機物を主とした項目 (Cd\*, Cr, Hg, Se, Pb, As\*, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N\*および NO<sub>2</sub><sup>-</sup>-N, F\*, B\*, Zn\*, Al, Cl<sup>-</sup>, Fe\*, Cu, Na\*, Mn, 硬度, 色度, 蒸発残留物\*, 濁度, pH\*), 水質管理目標設定項目 (Sb, U, Ni, NO<sub>2</sub><sup>-</sup>-N, 過マンガン酸消費量), 要検討項目 (Ba\*, Mo), 鉱泉に定義されている成分 (Br\*, Li\*, Sr\*), 天然水の主要化学成分 (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>\*, HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>\*, K\*, Ca\*, Mg\*, SiO<sub>2</sub>\*), 電気伝導率\*, 水温\*の合計 39 項目である (\*: 多変量解析の対象項目)。

クラスター分析および相関分析により、調査項目は海水侵入により増加する 11 項目 (K, Na, EC, 蒸発残留物, Mg, Cl<sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, Br<sup>-</sup>, Sr, Ca, Ba), 火山の影響により増加する 6 項目 (HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>, B, As, Li, SiO<sub>2</sub>, 水温), 火山の影響により減少する 2 項目 (pH, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N), その他 4 項目に分類された。また、主成分分析により、伊豆大島の水源地下水水質の第 1 主成分は、地下水への海水侵入と火山の総合的影響を表す主成分であり、第 2 主成分は、火山の影響を示す主成分と判断された。さらに、火山の影響を強く受ける地下水から有害元素である As と B が、水質基準以上、またはそれに近い濃度で検出された。これらの元素は、伊豆大島で行われている浄水方法（イオン交換膜電気透析法）では除去が困難なため、常に As と B の濃度の変化を監視し、これらの濃度が低い地下水を利用していく必要がある。

## (2) 高分子凝集剤を用いた浄水処理

大野 浩一, 亀井 翼

科学と工業, **79**(2), 53-58 (2005).

レビュー：椎屋 朋子

凝集剤は、コロイド成分を凝集させ、沈殿処理や砂ろ過処理により除去可能な大きさの粒子にまで成長させる重要な役割を果たしている。高分子凝集剤は、架橋作用を補強する目的で、各凝集剤とともに用いられる。高分子凝集剤は、有機系凝集剤と無機系凝集剤に分けられ、有機系凝集剤は、さらに天然のものと合成のものに分類される。また現在、日本においてアルミニウム系凝集剤が多用されているが、これに代わる凝集剤として鉄系凝集剤が注目されている。そこで本報告では、合成有機高分子凝集剤と鉄-シリカ無機高分子凝集剤 (PSI) を用いた凝集実験を行い、濁質除去の効果と凝集処理の特性について検討した。

合成有機高分子凝集剤 (カチオン系, アニオン系, ノニオン系) と人工濁水を用いた凝集実験 (高分子凝集剤単独の場合, 硫酸アルミニウムと併用した場合) の結果, 高分子凝集剤単独の場合, カチオン系凝集剤は高濁度 (濁度 50 度) 時に 90% 以上の除濁率が得られた。また, アニオン系・ノニオン系凝集剤では 30~90% の除濁率が得られた。硫酸アルミニウム凝集剤と併用した場合, アニオン系・ノニオン系凝集剤使用時の残留濁度は, 硫酸アルミニウム単独で使用時よりも低くなった。特に強アニオン系を使用した場合, 硫酸アルミニウム単独で使用時よりも少量の硫酸アルミニウム注入量で, 残留濁度をほぼ 0 度にすることができた。PSI を用いた凝集実験の結果, アルミニウム系凝集剤で通常用いられる操作条件 (急速攪拌: 120rpm, 5 分, 緩速攪拌: 40rpm, 25 分) と比較して, PSI は, 300rpm 程度の速度で攪拌を 6~7 分間程度行うことによって同等以上の除濁性能を示した。これは PSI が生成するフロックが強固であり, 高速の攪拌においてもフロックが破壊されにくく, 沈降するのに十分な大きさのフロックに成長するためである。このことから, 合成有機高分子凝集剤と硫酸アルミニウムを併用した場合, ならびに PSI を使用した場合, フロック強度が増加するため凝集処理をさらに短時間で行うことが期待できる。

### (3) ブロイラー農場における薬剤耐性カンピロバクターとサルモネラ出現の関連性

相場 政人, 中場 猛久, 岡本 嘉六

日本獣医師会雑誌 **65**, 147-152 (2012).

レビュー：牛島 理博

ブロイラー生産では、カンピロバクターおよびサルモネラに対する抗菌剤として、アンピシリンやフルオロキノロン系薬剤を使用している。また、両菌による人の感染症においても同じ薬剤を使用している。そのため、家禽由来の病原菌がこれらの薬剤に耐性を獲得すると、人の感染症の治療が困難となる。既往の研究から、ブロイラー由来のカンピロバクターとサルモネラそれぞれについて、アンピシリンとフルオロキノロン系薬剤の耐性状況とそれらの遺伝子型、分子疫学に関する報告が多くなされている。しかしながら、両菌が同時に分離されたブロイラー農場を対象にしたアンピシリンおよびフルオロキノロン系薬剤の耐性状況についての報告はなく、両菌の薬剤耐性出現の関連性は明らかではない。そこで本研究では、同一農場から分離されたカンピロバクターとサルモネラの耐性株の出現状況を比較し、両菌の耐性株が出現する様式について検討を行うために、アンピシリンおよびフルオロキノロン系薬剤であるオフロキサシンに対する薬剤感受性試験を行った。さらに、両菌のオフロキサシン耐性変異誘導試験、およびアンピシリンを無効化する $\beta$ -ラクタマーゼの保有状況を調査した。調査は両菌株が同時に分離された35農場を対象とした。

薬剤感受性試験の結果、同一農場から分離された両菌株がアンピシリンに対して耐性を示した農場はなかったが、オフロキサシンに対して4農場で両菌株の耐性が存在した。オフロキサシン耐性変異誘導試験の結果、カンピロバクターではすべての株に耐性変異が確認されたが、サルモネラでは確認されなかった。また、 $\beta$ -ラクタマーゼの保有を調査した結果、カンピロバクターではアンピシリン耐性の11株(84.6%)、感受性の15株(28.8%)が保有していた。その一方で、サルモネラではアンピシリンに耐性を示した株のすべてが $\beta$ -ラクタマーゼを保有していた。

以上の結果から、オフロキサシン耐性菌の出現は、サルモネラよりもカンピロバクターの方が出現しやすいことがわかった。また、アンピシリン耐性菌の出現は、サルモネラでは $\beta$ -ラクタマーゼの保有に関係することがわかった。その一方で、カンピロバクターでは $\beta$ -ラクタマーゼを保有しているにも関わらず感受性を示す株が存在するため、関係性を明らかにすることはできなかった。

## 第 159 回雑誌会

(Nov. 7, 2012)

### (1) ダム堆積物の連携排砂が黒部川の下流に与える影響

田崎 和江, 国峰 由貫江, 森川 俊和

粘土科学 **41**(2), 64-74 (2001).

レビュー：荒生 靖大

富山県黒部川水系の出し平ダムおよび宇奈月ダムでは、ダム堆砂による貯水機能の低下を防ぐため、排砂ゲートを設置している。また、出し平ダムおよび宇奈月ダムの排砂ゲートを開放し、ダム堆砂を下流域に排出する連携排砂が行われている。しかしながら、排砂により多量の汚泥を排出することから、下流域への生態系に多大な影響を及ぼしている。また、既往の研究において、黒部川河口沖では、ダムの排砂量が漁獲量の減少と一致することが報告されている。そこで本研究では、出し平ダムおよび宇奈月ダムの連携排砂時における、黒部川河川水の水質 (pH, Eh, EC, DO) および懸濁物質 (含有有機物) を調査した。また、X 線粉末回折分析 (XRD) によって、堆積物の分析を行い、排砂が下流域に与える影響を評価した。なお、河川水試料は、下黒部橋、黒部大橋、愛本橋から、堆積物は宇奈月ダム貯水池、および黒部川河口沖における海底付近から採取した。

連携排砂時において、黒部大橋および下黒部橋では、河川水の DO が低下した。とくに、下黒部橋では DO の低下とともに pH, Eh も低下していた。また、DO の低い河川水中の懸濁物質には、窒素および炭素が多く含まれていることが明らかとなった。DO の低下および有害物質の生成による生態系への影響から、漁獲量の減少を引き起こしたことがわかった。XRD を行った結果、河川水中の懸濁物質に含まれる鉱物は、スメクタイト、クロライト、バーミキュライト、雲母類粘土鉱物、カオリン鉱物、角閃石、石英、長石と同定された。また、黒部川河口沖における汚泥の鉱物組成は、出し平ダムおよび宇奈月ダムの堆積物と類似していた。以上の結果から、ダム堆積物の排砂による急激な水質変動、有機物を含む懸濁物質、および堆積物が、黒部川下流や富山湾内の生態系に影響を与えていると示唆された。

## (2) いさわ南部地区原川排水路における付着物の炭素・窒素安定同位体比特性

森 敦

農業土木学会誌 **74** (2), 131-136 (2006).

レビュー：永井 凌

炭素安定同位体比 ( $\delta^{13}\text{C}$ ) や窒素安定同位体比 ( $\delta^{15}\text{N}$ ) は、湖沼や海域における食物網解析に多く利用されている。近年、 $\delta^{13}\text{C}$  や  $\delta^{15}\text{N}$  は水田水域生態系の食物網解析においても適用されつつある。 $\delta^{13}\text{C}$  や  $\delta^{15}\text{N}$  を用いた食物網解析において、生産者の  $\delta^{13}\text{C}$  や  $\delta^{15}\text{N}$  は最も重要な情報である。水田水域生態系では水田の藻類、水路の礫付着物、および貯め池の植物プランクトンが主な生産者である。しかしながら、これらの安定同位体比特性に関する知見は極めて乏しい。そこで本研究では、国営いさわ南部地区の原川排水路の上流域から下流域 (Sta.1~Sta.7) において、礫の付着物 (藻類と懸濁体有機物の混合物) の  $\delta^{13}\text{C}$  と  $\delta^{15}\text{N}$ 、および河川水の  $\delta^{15}\text{N}$  と硝酸 ( $\text{NO}_3^-$ ) 濃度を測定した。そして、付着物の  $\delta^{13}\text{C}$  と  $\delta^{15}\text{N}$  の空間的・季節的变化について検討した。また、河川水の  $\delta^{15}\text{N}$  および  $\text{NO}_3^-$  濃度と、付着物の  $\delta^{15}\text{N}$  の関連性についても検討した。さらに、水生生物が多く生息する Sta.6 では流速計測を行い、付着物の  $\delta^{13}\text{C}$  と流速の相関を調べた。なお、調査は2003年4月から2004年2月までの期間とし、2ヵ月ごとに行った。

付着物の  $\delta^{13}\text{C}$  は Sta.7 を除く 6 地点において、夏季に向けて上昇した後、秋季に向けて下降した ( $-24\text{‰}$ ~ $-20\text{‰}$ )。また、付着物の  $\delta^{13}\text{C}$  と流速の間には正の相関 ( $r = 0.73$ ) が認められた。これは、流速が大きい地点では懸濁体有機物 (POM) が掃流され、付着物中に含まれる藻類の割合が大きくなるためと考えられた。付着物の  $\delta^{15}\text{N}$  は、上流の Sta.1 から次第に上昇し、Sta.4 から Sta.6 で 5 ‰程度を示し、Sta.7 で 3.5 ‰に下降した。季節的变化に関して Sta.1 と Sta.2 を除く 5 地点では、冬季に付着物の  $\delta^{15}\text{N}$  が上昇した。これは、非灌漑期に流量が減少したため、生活雑排水由来の  $\delta^{15}\text{N}$  の高い窒素が希釈されずに河川水中に残留し、これを藻類が利用したために生じたと考えられた。また、付着物と河川水の  $\delta^{15}\text{N}$  の変動の傾向は類似しており、付着物に含まれる藻類は河川水中の窒素を吸収している可能性が示唆された。さらに、 $\text{NO}_3^-$  濃度のピークが Sta.6 であるのに対し、付着物の  $\delta^{15}\text{N}$  のピークは Sta.4 から Sta.5 であった。これは、農業排水に含まれる化学肥料から溶出した  $\delta^{15}\text{N}$  の低い窒素が Sta.4 から下流側の河川水中の  $\text{NO}_3^-$  濃度を上昇させた一方、この窒素を利用した藻類の  $\delta^{15}\text{N}$  を下降させたためと推察された。

### (3) Al, Fe 系無機凝集剤の凝集・フロック特性に関する研究

中村 文雄, 竹内 章記, 張 元月, 西田 継

工業用水 **506**, 22-30 (2000).

レビュー：玄 暁植

硫酸アルミニウムやポリ塩化アルミニウムなどのアルミニウム塩は、浄水処理用凝集剤として長期間使用されてきた。しかしながら、凝集・沈降性の低さ、浄水中へのアルミニウムの残留、および飲料水中に残留したアルミニウムによる人体への影響などの問題がある。このことから、凝集剤としてのアルミニウム塩の有効性、ならびに鉄塩などの代替凝集剤に関する検討が要求されている。そこで本研究では、Al 系（硫酸アルミニウム (AS)、ポリ塩化アルミニウム (PAC)) および Fe 系（塩化第二鉄 (FC)、ポリ硫酸第二鉄 (PF)、ポリシリカ鉄 (PSI)) の無機凝集剤の凝集・フロック特性について検討した。ジャーテストによって、各凝集剤の凝集範囲および凝集 pH 範囲を検討した。また、凝集実験装置を用いて、各凝集剤の最適注入量における凝集性、フロックの沈降、およびフロック強度を比較した。

ジャーテストの結果から、凝集の生起する注入量範囲は、凝集剤によって大きな差があり、Fe 系凝集剤は Al 系凝集剤よりも低注入量範囲で凝集が生起することがわかった。また、各凝集剤の最小注入量（凝集始点）、および最大注入量（凝集終点）と原水アルカリ度との間には直線関係が認められ、Al 系凝集剤の方が、Fe 系凝集剤よりも凝集範囲が広がった。また、凝集 pH 範囲にも凝集剤による差が認められ、 $\text{Na}_2\text{CO}_3$  100 mg/L 以上の凝集 pH 範囲に関して、Fe 系凝集剤では、 $\text{PF} > \text{PSI} > \text{FC}$ 、Al 系凝集剤では、 $\text{AS} > \text{PAC}$  の順で凝集 pH 範囲が広がった。凝集実験装置の結果から凝集性の評価指標を比較すると、凝集・フロック形成開始時間は  $\text{PSI} > \text{FC} > \text{PF} \approx \text{PAC} > \text{AS}$  の順で短く、フロック半径増大速度は  $\text{PSI} > \text{FC} > \text{PF} \approx \text{PAC} > \text{AS}$  の順で速く、フロック数減少速度は  $\text{PSI} > \text{FC} > \text{PF} \approx \text{PAC} > \text{AS}$  の順で速かった。これらのことから、各凝集剤の凝集性は、 $\text{PSI} > \text{FC} > \text{PAC} \approx \text{PF} > \text{AS}$  の順で高いと考えられる。また、フロックの沈降性は、 $\text{PSI} > \text{FC} > \text{PF} > \text{PAC} > \text{AS}$  の順で高かった。さらに、フロック半径は  $\text{PSI} > \text{FC} > \text{PF} \approx \text{PAC} > \text{AS}$  の順で大きくなり、フロック数は  $\text{PSI} > \text{FC} > \text{PF} \approx \text{PAC} > \text{AS}$  の順で少なくなった。これらのことから、フロック強度は、 $\text{PSI} > \text{FC} > \text{PF} \approx \text{PAC} > \text{AS}$  の順で高いと考えられる。以上の結果から、本研究で用いた 5 種の無機凝集剤の総合的な性能を評価すると、 $\text{PSI} > \text{FC} > \text{PF} > \text{PAC} > \text{AS}$  の順で優れていると考えられる。

## 第 160 回雑誌会

(Nov. 14, 2012)

### (1) 生活排水処理施設における紫外線消毒効果

堀尾 明宏, 浅野 秀昭, 中島 淳

日本水処理生物学会誌 **38(3)**, 137-143 (2002).

レビュー：村田 匡俊

汚水処理施設では、公衆衛生上の観点から、塩素消毒法が多く用いられている。塩素消毒法は、主に塩素剤や残留塩素濃度の管理の容易性とランニングコストの安価なことが利点として挙げられる。その一方で、塩素消毒による消毒副生成物や残留塩素が生態系に悪影響を与える欠点も指摘されている。そこで、塩素消毒法の代替法として、消毒副生成物の抑制が可能であり、放流先への影響が少ない紫外線消毒法が注目されている。しかしながら、光回復現象や SS の高い試料には不向きであることやランニングコストの高価なことなどが欠点として指摘されている。そのため、それぞれの消毒法は、利点欠点を勘案し、水の性状や利用目的に応じた適用が求められる。実際に、河川上流域の農業集落排水施設では、塩素消毒された処理水を安易に河川に放流できないため、紫外線消毒法の適用を試みる施設が増加し始めている。そこで、農業集落排水施設における紫外線と塩素による消毒効果の実態を調査した。さらに、浄化槽の消毒前処理水を用いて、紫外線照射（4 秒（平均照射量  $13.3 \text{ mW} \cdot \text{s}/\text{cm}^2$ ）、8 秒（平均照射量  $26.5 \text{ mW} \cdot \text{s}/\text{cm}^2$ ））と塩素による大腸菌群の消毒効果の比較・検討を行った。

1999 年 3 月～2000 年 2 月の期間に月 3 回の頻度で、紫外線消毒と塩素消毒の両設備を有する農業集落排水施設において、大腸菌群数の測定を行った。紫外線消毒を用いた場合の大腸菌群数は、すべてが 30 個/mL 以下と安定して除去されており、消毒前処理水質が良好で、紫外線の妨害物質が少なかったことが理由として考えられた。その一方で、塩素消毒を用いた場合には、すべてにおいて残留塩素（0.1～1.0 mg/L）が検出されたものの、大腸菌群数は  $0 \sim 1.6 \times 10^3$  個/mL で分布しており、消毒効果には大きなばらつきがみられた。これは、消毒に必要な Ct（残留塩素濃度×接触時間）が十分確保できていなかったためと考えられた。浄化槽の処理水を用いた紫外線消毒実験の結果、大腸菌群数は照射時間が 2 倍となると、消毒効果は約 20 倍に増加した。また、4 秒間の紫外線照射で塩素消毒と同程度の消毒効果が得られた。紫外線照射量と生残率の関係から、大腸菌群の除去率 99 %にするためには、紫外線照射量が約  $30 \text{ mW} \cdot \text{s}/\text{cm}^2$  必要であった。紫外線照射量、SS、COD、色度を説明変数とした重回帰分析の結果、消毒効果を得るためには紫外線の照射量を安定して確保することが最も重要であることがわかった。

## (2) Comparison of three methods to concentrate *Giardia* cysts and *Cryptosporidium* oocysts from surface and drinking waters

Karim, H., Sylvain, S., Laurence, L., Lucien, H. and Michel, C. H.

Water Science & Technology **62**(1), 196-201 (2010).

Reviewed by T. Takida

*Giardia lamblia* (*G. lamblia*) と *Cryptosporidium parvum* (*C. parvum*) は、人や動物の腸管に寄生し、胃腸の病気を引き起こす原虫であり、河川水や稀に飲料水からも検出される。そこで、対象とする水試料から確実に原虫を捕足し、効率的に検出する為の膜の開発が多く行われ、製品化されている。しかしながら、膜の特性や使用手順によって両原虫の回収率が異なるため、それらの比較検討は正確な安全評価を行う上で重要である。そこで本研究では、異なる製品化された3種類の膜 (Cryptest, Whatman 製 ; FiltaMax, Idexx 製 ; Envirochek HV, Pall 製) を用いて、表流水と飲料水からの *G. lamblia* と *C. parvum* の回収率を比較検討した。試料水として、表流水20 L, 飲料水100 Lを採取し、それぞれに *G. lamblia* と *C. parvum* を  $10^3$  (oo) cysts ずつ添加したものを実験に用いた。また、Envirochek HVを用いた両原虫の検出において、飲料水についてはヘキサメタリン酸 (hexametaphosphate : HMP) を用いた膜洗浄工程を加えた方法 (Envirochek+HMP) の回収率も求めた。なお、すべての実験は同条件で3回ずつ繰り返した。

表流水からの *G. lamblia* 回収率は、Cryptest, FiltaMax, および Envirochek HV でそれぞれ、 $57 \pm 9\%$ ,  $91 \pm 12\%$ ,  $60 \pm 4\%$  となり、FiltaMax は他の2つの膜と比較して高い回収率を示した。また、表流水からの *C. parvum* 回収率は、Cryptest, FiltaMax, および Envirochek HV で、それぞれ  $50 \pm 7\%$ ,  $45 \pm 7\%$ ,  $65 \pm 5\%$  となった。飲料水中の *G. lamblia* は、Cryptest ( $78 \pm 7\%$ ) と FiltaMax ( $84 \pm 7\%$ ) によって高い回収率が得られたのに対し、Envirochek HV ( $49 \pm 12\%$ ) と Envirochek +HMP ( $34 \pm 29\%$ ) の場合には低い回収率であった。また、飲料水からの *C. parvum* 回収率は Cryptest, FiltaMax, Envirochek HV, および Envirochek +HMP を用いた場合、それぞれ  $57 \pm 4\%$ ,  $48 \pm 8\%$ ,  $6 \pm 3\%$ ,  $64 \pm 22\%$  となった。Envirochek HV は、ヘキサメタリン酸を用いた膜洗浄工程を追加したことによって、回収率が約10倍向上した結果となった。これらの結果から回収率に関してみると、FiltaMax が統計的に最適な方法であることがわかった。なお、表流水と飲料水のろ過時間は、すべての方法において、それぞれ約50分と15分であり、大きな差は確認されなかった。3種類の膜から使用する膜を選択する場合には、分析するサンプル数や、実用性、および必要な設備にかかるコストなどを考慮して選択することが望ましい。

### **(3) Comparative genomic analysis of *Geobacter sulfurreducens* KN400, a strain with enhanced capacity for extracellular electron transfer and electricity production**

Butler, J. E., Young, N. D., Aklujkar, M., and Lovley, D. R.

BMC genomics **13**, 471-495 (2012).

Reviewed by T. Itoh

*Geobacter* 属細菌は、効率的な細胞外電子伝達機構や難溶性の酸化鉄 (III) の還元能力を有しており、微生物燃料電池 (Microbial fuel cell, MFC) のアノード電極における生体触媒として用いられている。特に、最近単離された *Geobacter sulfurreducens* KN400 株は、*Geobacter sulfurreducens* の基準株である PCA 株と比較して高い電力生産能力と酸化鉄 (III) の還元能力を有している。そこで本研究では、以前の研究で決定した PCA 株と KN400 株の全ゲノム配列を用いてアライメント解析を行い、遺伝子 [ORFs (Open reading frames, タンパク質に翻訳される可能性がある塩基配列), SNP (Single nucleotide polymorphism, 一塩基多型)], およびプロテオームを比較した。

PCA 株と KN400 株の全ゲノム配列は、それぞれ全ゲノムショットガンシーケンシング法と Illumina sequencing 法, および 454 パイロシーケンシング法によって決定した。両株の全ゲノム, 全プロテオームのアライメント解析は, progressive Mauve version 2.3.0 と HOXD scoring matrix を用いて行った。また, 両株の全ゲノム中の ORFs は, NCBI (National Center for Biotechnology Information) のデータベースと比較して同定した。

PCA 株と KN400 株の全ゲノム中における ORF は, それぞれ 3,432 個と 3,328 個であった。また, KN400 株の 96 % の遺伝子 (3,192 個) が PCA 株との ortholog (直系遺伝子) を有していた。両株のゲノム間における SNP は 27,270 ヶ所であり, 遺伝子をコードしていない塩基配列, またはアミノ酸配列に影響を与えない配列において多く確認された。これは, *Geobacter* 属細菌の進化的選択圧による影響が考えられた。また, ortholog の 25 % は, アミノ酸置換が生じる SNP (non-synonymous SNP) を有していた。さらに, ortholog の 3.6 % では, non-synonymous SNP が多く確認された。また, non-synonymous SNP が多く確認された ortholog では, シトクロムと必須膜タンパク質が豊富に含まれていた。これらのことから, KN400 株では, 導電性を持つ繊毛には変化がみられなかったものの, シトクロムのフォールディング, 局在性, および酸化還元電位の変異が細胞-基質間の関係を変化させたと考えられた。

## 第 161 回雑誌会

(Dec 5, 2012)

### (1) Significant portion of dissolved organic Fe complexes in fact is Fe colloids

Boye, M., Nishioka, J., Croot, P., Laan, P., Timmermans, K, R., Strass, V, H., Takeda, S. and de Baar, H, J, W.

Marine Chemistry **122**, 20-27 (2010).

Reviewed by Y. Hamasaki

溶存性鉄錯体は、海洋の鉄循環を制御する中心的な要素であり、生物学的に利用可能な鉄の形態である。既往の研究において、海水中の溶存性鉄錯体は、主に鉄結合リガンドと錯体を形成して存在することが知られている。また、溶存性鉄錯体 (<0.2  $\mu\text{m}$ ) 中には、コロイド性鉄錯体 (0.03  $\mu\text{m}$ ~0.2  $\mu\text{m}$ ) と溶解性鉄錯体 (<0.03  $\mu\text{m}$ ) が含まれており、それらは海洋の鉄循環と密接に関係していると考えられている。しかしながら、海洋における鉄錯体の挙動、ならびに鉄結合リガンドの海洋循環は、いまだ解明されていない。そこで本研究では、南極極前線北部の環南極海流の水深 0~1000 m において、海水中の溶存性画分中に存在するコロイド性画分、および溶解性画分の鉄錯体と鉄結合リガンドの鉛直分布を調査した。試料採取は 2000 年 11 月 2 日~25 日に行った。

溶解性鉄錯体の鉄濃度は、表層域において溶存性鉄錯体の鉄濃度の大部分 (63 $\pm$ 8 %) を占めていた。しかしながら、水深の低下とともにコロイド性鉄錯体の鉄濃度が増加し、水深 500 m 以深において溶解性鉄錯体とコロイド性鉄錯体の鉄濃度の割合は同程度 (溶解性鉄錯体 : 49 %, コロイド性鉄錯体 : 51 %) となった。溶存性 (コロイド性リガンドと溶解性リガンドを含む) と溶解性リガンドのリガンド濃度は、クロロフィル a 濃度の高い表層域において最大値 (溶存性リガンドのリガンド濃度 : 0.9 nM, 溶解性リガンドのリガンド濃度 : 0.8 nM) を示した。また深層域では、溶存性リガンドと溶解性リガンドのリガンド濃度が、ほぼ一定となった (溶存性リガンドのリガンド濃度 : 0.70 $\pm$ 0.07 nM, 溶解性リガンドのリガンド濃度 : 0.50 $\pm$ 0.05 nM)。一方で、コロイド性リガンドのリガンド濃度は、水深の低下とともにわずかに増加した (表層域 : 0.06 $\pm$ 0.02 nM, 200 m 以深 : 0.15 $\pm$ 0.06 nM)。これらの結果から、溶解性リガンドが生物学的に利用可能な溶解性鉄錯体を形成し、表層域に存在していると考えられる。また、表層域においてコロイド性画分 (コロイド性鉄錯体とコロイド性リガンド) が沈降性粒子へと吸着、あるいは凝集され、コロイド画分を含む沈降性粒子が生物学的分解と脱着によって、深層域にコロイド性画分を供給している可能性が示唆された。

## (2) The impact of agriculture ground water quality in Slovenia: standards and strategy

Brane, M.

Agricultural Water Management, **40**, 235-247 (1999).

Reviewed by R. Kuhara

スロベニアは水資源が豊富で、地下水および湧水を水道水源としている。しかしながら、スロベニアの主な集約農業地域である Pomursko, Mariborsko, および Celjsko では、硝酸塩による地下水や表流水の汚染が問題となっている。そのため、水道水源である地下水の汚染は、スロベニアにおいて最も深刻な環境問題の一つである。そこで本研究では、硝酸塩問題の情報を提供するために、農場の地下水について窒素バランスの純残高を計算した。なお、窒素バランスの計算は、カルスト丘陵地域の限られた飼育環境である 152 の民間農場、16 の国営農場、16 の小規模農場を対象とした。また、環境や農業政策の法律の見直しを検討した。

平均の純窒素余剰量は、民間農場で 46 kg/ha、国営農場で 117 kg/ha であり、スロベニアの平均純窒素余剰 40kg/ha を超えていた。一方、小規模農場では 36 kg/ha であった。スロベニアの領土の約 45 %は、土壌が浅いカルスト丘陵地域であるため、わずかな家畜密度の増加によって 100 kg/ha 以上の窒素余剰を引き起こす可能性がある。したがって、化学肥料と堆肥の制限は平野部と比較してさらに厳格でなければならない。

これらの調査結果から、スロベニアの法律は、硝酸塩に関する指令および適正な農業実践のための非常に厳しい規制を行う必要があると考えられる。

## -第 162 回雑誌会

(Dec. 12, 2012)

### (1) Elimination of bacteria in biological-chemical wastewater treatment and tertiary filtration units

Koivunen, J., Siitonen, A., and Heinonen-Tanski, H.

Water Research **37**, 690-698 (2003).

Reviewed by M. Ushijima

下水処理場からの流出水は、環境水中における病原性細菌による汚染を増加させ、水系感染症を引き起こす原因となる。病原性細菌の流出を抑制するためには、下水処理条件や腸内細菌の除去、その他の汚染物質との相互関係についての情報が必要である。また、流出水の衛生的な質を向上させるためには、費用対効果の高い三次処理法に関する情報も必要である。そこで本研究では、フィンランドの活性汚泥処理を有する 4 つの下水処理場において、糞便指標細菌およびサルモネラの除去能力について調査し、下水処理条件に対する二次処理水中の腸内細菌数とその他の汚染物質との相互関係を調査した。また、各処理場の流入水と二次処理水から単離したサルモネラ 197 株の血清型、および薬剤耐性パターンを調査した。さらに、実験処理プラントを用いて急速砂ろ過、化学接触膜、生物・化学接触膜による二次処理水の細菌除去効果を調査した。

各処理場の二次処理水中には糞便指標細菌が多く生残し、サルモネラも少数ではあるが生残していた。また、二次処理水中の腸内細菌数は、BOD、全リンおよび SS と高い相関を示した。単離したサルモネラからは 32 種類の血清型が検出され、62 株 (32%) はナリジクス酸耐性であり、36 株 (18%) が 3~6 剤耐性であった。プラント実験において、急速砂ろ過処理、化学接触膜処理、および生物・化学接触膜処理による二次処理水中の大腸菌の除去率は、それぞれ 97%、39%、および 71%であった。

以上の結果から、急速砂ろ過処理による細菌の除去効果は、化学接触膜処理および生物・化学接触膜処理よりも高いことがわかった。また、下水処理における細菌の除去効果は、BOD、全リンおよび SS の除去率に関係していると考えられた。さらに、検出されたナリジクス酸耐性サルモネラは、食中毒の治療に用いられるシプロフロキサシンへの感受性を低下させることが知られている。したがって、このような病原性細菌を環境水中へ流出させないためには、二次処理水を急速砂ろ過処理することが有効である。

## (2) Evaluation of aluminum-silicate polymer composite as a coagulant for water treatment

B.Y. Gao., H.H. Hahn., and E. Hoffmann.

Water Research, **36**, 3573-3581 (2002).

Reviewed by T. Shiiya

Al (III) 塩類凝集剤は、一般的な水処理凝集剤として使用されている。Al (III) 塩類凝集剤の 1 つであるポリ塩化アルミニウム凝集剤 (PAC) は、他の Al (III) 塩類凝集剤と比較すると優れた凝集能力を有している。しかしながら、有機凝集剤と比較するとフロックが小さく、沈降速度が遅いという欠点がある。そこで本研究では、 $AlCl_3$  と多ケイ酸塩を混合した PASiCc、PAC と多ケイ酸塩を混合した PASiCm、および PAC を用いた凝集実験を行い、凝集能力を評価した。測定項目は、異なる Al/Si 比の PASiC (PASIcC, PASiCm)、および PAC のフロックサイズ、流動電流 (SC)、ならびに濁度とした。

PASiC と PAC についてのフロックサイズを比較した場合、PASiC は PAC よりも早い時間で大きなフロックを形成した。これは PASiC 中の多ケイ酸塩による影響と考えられる。また、Al/Si 比が同等の PASiCc と PASiCm についてフロックサイズを比較した場合、PASIcC は PASiCm よりも大きいサイズのフロックを形成した。この理由は PASiCc の方が PASiCm よりも分子量が高いためと考えられる。PASiC と PAC の SC 値は、凝集剤添加量の増加に伴って単調に増加し、相互を比較すると PAC の方が高い値を示した。また、Al/Si 比が同等の PASiCm と PASiCc の SC 値はほぼ同一の値を示した。PASiC の残留濁度は、少量の添加量で PAC よりも低い値となった。また、PASIcC は Al/Si 比が同等の PASiCm よりもいく分高い濁度除去を示した。しかしながら、処理後の濁度の差は添加量の増加に伴って小さくなった。以上の結果から、PASiC は PAC よりも高い凝集能力を有していることが明らかである。

### **(3) Stable isotope variation in macroinvertebrates indicates anthropogenic disturbance along an urban stretch of the river Tiber (Rome, Italy)**

Lascio, A. D., Rossi, L., Carlino, P., Calizza, E., Rossi, D., and Costantini, M. L.  
Ecological Indicators, in press (2012).

Reviewed by R. Nagai

都市部の河川には、未処理の下水や下水処理施設からの排水、および都市近郊農業地域からの有機および無機肥料などに由来する物質が流入する。これは、有機物の分解・堆積速度の変化を誘発し、河川の代謝や水生生物群集の摂食パターンを変化させる。近年、炭素および窒素安定同位体 ( $\delta^{13}\text{C}$  と  $\delta^{15}\text{N}$ ) は、生物のニッチ分析に利用されている。また、 $\delta^{15}\text{N}$  は窒素汚染の汚染源を把握するために使用されている。そこで本研究では、ローマの市内を流れるテヴェレ川の北部と南部にある主要な2つの下水処理施設 (WWTP) において、それぞれの上流と下流で  $\delta^{13}\text{C}$ ,  $\delta^{15}\text{N}$ , 河川水の浮遊粒子状有機物 (POM) 濃度, および栄養塩濃度 (特に  $\text{NH}_4^+$ ) を測定した。 $\delta^{13}\text{C}$  と  $\delta^{15}\text{N}$  は、大型底生無脊椎動物 (デトリタス食者およびその捕食者), 魚類, および POM について測定した。調査は2007年12月と2008年7月に行った。

河川水の  $\text{NH}_4^+$  濃度は、各 WWTP の上流よりも下流の方が高く、特に南部 WWTP において顕著であった (北部 WWTP 上流 0.32 mg/l, 下流 0.91 mg/l; 南部 WWTP 上流 0.75 mg/l, 下流 2.13 mg/l)。POM 濃度に関しても、下流の方が高い傾向が確認された。これらの結果から、WWTP の下流は無機的 ( $\text{NH}_4^+$ ) および有機的 (POM) 負荷を受けていることがわかった。また、南部 WWTP の下流において、POM の  $\delta^{15}\text{N}$  は著しく低下しており、これに伴ってデトリタス食者の  $\delta^{15}\text{N}$  も低下した。さらに、デトリタス食者の  $\delta^{13}\text{C}$  範囲 (最高値と最低値の幅) は、特に都市南部 WWTP の下流において減少しており、これはデトリタス食者が利用できる資源の範囲が小さくなっていることを示している。下水処理施設由来の有機物を直接取り込んでいるデトリタス食者の  $\delta^{13}\text{C}$  と  $\delta^{15}\text{N}$  は、河川における人為的汚染の影響を表す指標として用いることができる可能性が示唆された。

## 第 163 回雑誌会

(Dec. 19, 2012)

### (1) Particulate composition and origin of suspended sediment in the R. Don, Aberdeenshire, UK.

S.Hillier

The Science of the Total Environment, **265**, 281-293 (2001).

Reviewed by Y. Arao

浮遊土砂は、有機物と無機物からなる複雑な混合物であり、河川に土砂が流入することによって発生する。また、浮遊土砂は、人工の汚染物質とともに流出することで生じる非点源汚染の原因となっている。現在までに、浮遊土砂の土砂量に関する報告は多数なされているが、土砂供給源に焦点を置いた研究事例は少ない。土砂供給源を把握することは、流域内の土地利用を計画する上で重要である。そこで本研究では、X線粉末回折(XRD)分析と垂直減衰赤外分光(VATIR)分析を用いて、イギリスのアバディーン州ドン川の河川水中における浮遊土砂の特性と起源を検討した。試料は、上流域から河口までの8地点において、基底流量期に2回、暴風雨期(高流量期)に1回採取した。

ドン川における浮遊土砂は、複雑な鉱物の混合物(雲母/パーミキュライトの混合層鉱物、パーミキュライト、緑泥石、イライト、ヘマタイト、カオリナイト、石英、斜長石、角閃石、針鉄鉱、タルク、カルサイト、非晶質シリカ)で構成されており、流量条件による違いは認められなかった。そして、カオリナイトの含有量は、流下とともに増加した。既往の研究において、ドン川流域の地表には雲母/パーミキュライトの混合層鉱物、下流域の地表にはカオリナイトが多く存在することが報告されている。また、ドン川周辺地域の地下水には、タルクとカルサイトが存在することがわかっている。したがって、カオリナイトの含有量の増加は、地表の鉱物を反映していると考えられる。これらのことから、ドン川の主要な浮遊土砂供給源は、表土と地下水であることが示唆された。また、VATIR分析では、非晶質シリカと有機物(ろう、タンパク質、フミン酸塩)の存在が確認された。ドン川周辺地域には農場や有機畑が存在することから、浮遊土砂中の有機物は土壌由来であることがわかった。そこで、浮遊土砂の炭素/窒素(C/N)比についてみると、流量条件に関係なく、流下とともに減少した。また、C比は流量条件に関係なく一定だとわかった。これらのことから、土壌がドン川へ流入する際にN比が増加するため、C/N比の減少を引き起こすとわかった。

## (2) A study on the removal of organic substances from low-turbidity and low-alkalinity water with metal-polysilicate coagulants

Cheng, W. P., Chi, F. H., Li, C. C. and Yu, R. F.

Colloids and Surfaces A, **312**, 238-244 (2008).

Reviewed by K. Gen

水処理の消毒過程において、水中の塩素と天然有機物 (NOMs) が結合することによって、発がん性物質が生成される。そこで既往の研究では、アルミニウムや鉄塩を用いて NOMs を除去することを提唱している。しかしながら、アルミニウムを用いたポリ塩化アルミニウム (PAC) などの無機高分子凝集剤は、低濁度下においてフロックの形成・沈殿が起こりにくく、濁度や NOMs の除去効果が制限されるといった問題がある。凝集補助剤である  $\text{SiO}_2$  を含むポリ塩化ケイ酸アルミニウム (PASiC) やポリ塩化ケイ酸鉄アルミニウム (PAFSiC) は、既往の研究において、低濁度・低アルカリ度において、従来の凝集剤より優れた濁度や NOMs の除去効果があることがわかっている。しかし、カオリン粒子と NOMs が含まれている試料水の凝集メカニズムに関する知見は少ない。そこで本研究では、カオリンとフミン酸、またはサリチル酸を用いて、低濁度 (8 NTU 未満) および低アルカリ度 ( $\text{CaCO}_3$  として 50 mg/L) の混合水を準備し、凝集試験によって、PASiC や PAFSiC の濁度、または NOMs の除去メカニズム、ならびに除去効率の影響について調べた。

PASiC や PAFSiC 凝集剤は、 $[\text{Al} + \text{Fe}]/\text{Si}$  比が 5、B 値が 1.5 ( $B = [\text{OH}]/[\text{Al} + \text{Fe}]$ ) になるように調整した。PAC は、塩基性値 2.5 ( $B, B = \text{OH}/\text{Al}^{3+}$ ) になるように調整した。凝集試験の結果、PASiC または PAFSiC 凝集剤の除去効果は、有機物の種類に関係することがわかった。PASiC または PAFSiC は高添加量において、低濁度・低アルカリ度水の濁度除去に効果的であった。フミン酸とカオリンが含まれた合成水の場合、PASiC または PAFSiC は、初めにフミン酸と反応し、M-フミン酸コロイド (M は Al または Fe) を形成した。その後、形成された M-フミン酸コロイドとカオリン粒子が反応し、凝集フロックを形成した。しかし、凝集剤添加量が最適注入量に達しない場合、処理水濁度は原水濁度よりも高くなった。これは、この時形成された M-フミン酸コロイドが、カオリン粒子の表面電荷を中和するのに十分でなく、さらに、形成されるフロックが小さいことが原因と考えられる。また、サリチル酸とカオリンが含まれた合成水の場合、初めに凝集剤に含まれる M が加水分解し  $\text{M}(\text{OH})_4$  を形成した。その後、 $\text{M}(\text{OH})_4$  の表面にカオリン粒子が吸着されるので、濁度除去効果は凝集剤添加量に直接依存する。

### **(3) Sunlight Inactivation of Enterococci and Fecal Coliforms in Sewage Effluent Diluted in Seawater**

Davies-colley, R. J., Bell, R. G., and Donnison, A. M.

Applied and Environmental Microbiology **60**(6), 2049-2058 (1994).

Reviewed by M. Murata

従来から大腸菌群や糞便性大腸菌群は、糞便汚染の指標とされている。また近年では、疫学的研究の進歩に伴い、腸球菌に対する関心が高まっている。腸球菌は、沿岸水域の糞便汚染を示す優れた予測因子である。しかしながら、糞便汚染指標細菌は日光照射により不活化することが報告されている。そこで本研究では、模擬汚染海水を用いて、糞便性大腸菌群と腸球菌の日光照射による不活化の動態を比較した。模擬汚染海水は、ニュージーランド北島のタウランガ市における活性汚泥プラントの排水下水を濾過海水（0.22  $\mu\text{m}$ 孔径フィルター）で希釈し作成した。模擬汚染海水を容量の異なる容器（フラスコ（500 mL）、オープンチャンバー（50 L））に入れ日光に曝し、一定の日光照射量ごとに糞便性大腸菌群数と腸球菌数を測定した。また、模擬汚染海水を入れたフラスコをタウポ湖の各水深（0.075~7.5 m）に固定し、水深による日光照射量の変化が糞便性大腸菌群と腸球菌の不活化に与える影響を調査した。なお、調査は1990年から1992年の夏季（11月から3月）に行った。

容量の異なる模擬汚染海水に日光を照射した結果、フラスコにおける糞便性大腸菌群と腸球菌の不活化が速い傾向を示した。その要因として、オープンチャンバーは深さがあるために、日光照射量が減衰したと考えられる。また、日光照射前の糞便性大腸菌群数は腸球菌数と比較して、約1オーダー高い値を示した。しかしながら、約2.3 MJ/m<sup>2</sup>の日光照射量で両菌数が同程度になり、糞便性大腸菌群は日光照射の影響を受けやすいことが確認された。さらに、糞便性大腸菌群と腸球菌を90%不活化するために、腸球菌（平均5.8 MJ/m<sup>2</sup>）は糞便性大腸菌群（平均2.5 MJ/m<sup>2</sup>）の約2.3倍の日光照射量を必要とした。タウポ湖の各水深における日光照射量の変化による不活化実験では、水深が深いほど日光照射量が減衰し、不活化がさらに遅くなる傾向を示した。また、日光中のUV-B（290~320 nm）は、水中にそれほど透過せず、糞便性大腸菌群と腸球菌の不活化はUV-A（約360 nm）による影響が大きいことが示唆された。

## 第 164 回雑誌会

(Jan. 16, 2013)

### **(1) Temporal genetic variability and host sources of *Escherichia coli* associated with fecal pollution from domesticated animals in the shellfish culture environment of Xiangshan Bay, East China Sea**

Ling-Lin, F., Jiang-Bing, S., Yanbo, W., Hong-Jia, M. and Jian-Rong, L.

Environmental Pollution, **159**, 2808-2814 (2011).

Reviewed by H. Shimauchi

中国では、世界の食用貝養殖の約 60 % を占める食用貝養殖が行われている。また、近年では発展途上国の沿岸域において家畜排せつ物による糞便汚染が発生しており、沿岸域の養殖場環境への悪影響が懸念されている。したがって、養殖場環境を保全する上で、細菌学的な知見を得ることが重要である。既往の研究において、糞便汚染源の特定や糞便由来の病原体とその宿主の関連性について検討した事例はあるが、季節的变化を考慮した知見は少ない。そこで本研究では、中国東南部の香山湾の貝類養殖場 (Site 1~4) を対象として、季節的变化に伴う細菌学的調査を実施した。また、汚染源追跡手法として有効性が高いといわれる (GTG)  $\gamma$ -PCR 法を本実験で使用した。試料採取は 2009 年の 9 月と 12 月、2010 年の 3 月と 6 月に行った。なお、この期間の降雨量は 12 月から 6 月にかけて増大した。水試料から大腸菌を単離し、菌数を測定した。また、(GTG)  $\gamma$ -PCR 法による大腸菌の遺伝子解析から、宿主 (豚、鶏、アヒル、ガチョウ、ヤギ、ウサギ、羊、ウシ、ダチョウ) を特定した。さらに、病原体を検出し、大腸菌と病原体との関連性を評価した。

2009 年 12 月の大腸菌数は site1~4 において、それぞれ  $4.10 \times 10^2$  CFU/100mL,  $2.35 \times 10^2$  CFU/100mL,  $3.96 \times 10^2$  CFU/100mL,  $1.93 \times 10^3$  CFU/100mL であり、調査期間の中で最低値を示した。一方で、2010 年 6 月において大腸菌数は増加し、それぞれ  $2.80 \times 10^4$  CFU/100mL,  $1.80 \times 10^4$  CFU/100mL,  $2.00 \times 10^4$  CFU/100mL,  $3.01 \times 10^4$  CFU/100mL になった。このことから、降雨量が少ない時期よりも多い時期において大腸菌数が多くなった。各養殖場における大腸菌の主な宿主として、site1 では豚、site2 では鶏とアヒル、site3 ではヤギと羊、site4 ではウシであった。このことから、養殖場によって宿主が異なることがわかった。また、各養殖場で検出された主な病原体として、site1 ではサルモネラとリステリア菌、site2 では、カンピロバクターとサルモネラ、site4 では大腸菌 O157 であった。これらの病原体数の変動は、大腸菌数の変動と類似していたため、大腸菌と病原体の関連性は高いことが示唆された。

## (2) Antimicrobial resistance and species composition of *Enterococcus* spp. isolated from waters and sands of marine recreational beaches in Southeastern Brazil

Oliveira, A. J. F. C., Pinhate, J. M. W.

Water Research, **42**, 2242-2250 (2008).

Reviewed by M. Nishiyama

下水中には細菌、ウイルス、および原虫などの病原性微生物が多様に存在する。そのため、未処理、または処理の不完全な下水が海水浴場に達すると、遊泳者の病原性微生物に感染するリスクが高まる。また、沿岸環境を構成している海浜砂には海水中と比較して、微生物が多量に存在していることが知られている。沿岸域や海浜砂は下水の影響を直接受けるため、微生物が薬剤耐性遺伝子を伝達する可能性があると考えられている。しかしながら、海水や海浜砂を対象とした薬剤耐性菌に関する研究は一部に限られている。そこで本研究では、汚染の異なる2つの海洋レクリエーション用水域の海水と海浜砂（乾燥砂、湿潤砂）を対象とし、*Enterococcus*属の濃度、種の組成、および薬剤耐性について評価した。海水と海浜砂は、南ブラジルのサンビセンテ市の沿岸域（Gonzaguinha Beach, Ilha Porchat Beach）を対象として、2006年2月20日から5日間連続で採取した。採取後、腸球菌選択培地を用いて、各試料の菌株を計数した。さらに、単離した菌株について、生化学的手法による菌種同定試験ならびに9薬剤を用いた薬剤感受性試験を行った。

各沿岸域における海水、乾燥砂、および湿潤砂中の腸球菌数はそれぞれ、Gonzaguinha Beachで450~750 CFU/100mL、400~4000 CFU/100g、180~2500 CFU/100g、Ilha Porchat Beachで60~370 CFU/100mL、30~1000 CFU/100g、140~940 CFU/100gであった。菌種同定試験を行った結果、単離した624株のうち、94.2%（588株）が*Enterococcus*属と同定され、2つの沿岸域における海水と海浜砂の優占種は、*E. faecalis*と*E. faecium*であった。海水と海浜砂（乾燥砂と湿潤砂の平均値）における薬剤耐性菌の割合はGonzaguinha Beachではそれぞれ、61.5%、66.7%、Ilha Porchat Beachではそれぞれ31.3%、35.7%であった。耐性を示した主な抗生物質は、海水からの単離株ではストレプトマイシン（38.5%）とエリスロマイシン（25.0%）であった。また、海浜砂からの単離株ではエリスロマイシン（38.1%）とテトラサイクリン（14.3%）に高度耐性を示した。さらに、乾燥砂は海水や湿潤砂と比較して腸球菌数が多く、薬剤耐性菌数の占有率は高い傾向を示した。以上のことから、沿岸域の海水と海浜砂はヒト由来のふん便汚染の影響を受けており、薬剤耐性菌が多数存在していることが示唆された。