

第 242 回雑誌会

(Jun. 8, 2016)

(1) Drug-resistant and hospital-associated *Enterococcus faecium* from wastewater, riverine estuary and anthropogenically impacted marine catchment basin

Sadowy, E. and Luczkiewicz, A.

BMC Microbiology, doi 10.1186/1471-2180/14/66 (2014).

Reviewed by M. Nishiyama

腸球菌の*Enterococcus faecalis*と*Enterococcus faecium*は、ヒト腸管内の主要菌種である一方で、感染症を発症させる病原菌でもある。しかしながら、環境中における両菌種の存在実態や薬剤耐性に関する情報は少なく、環境分離株と臨床分離株との関連性は明らかとなっていない。そこで本研究では、ポーランドの下水処理放流水が流入するGdansk湾を対象として、腸球菌種の存在割合と薬剤耐性について調査し、臨床分離株との関連性を評価した。試料は、2011年4月、6月、8月、および10月において、異なる2つの下水処理施設の処理過程と、その排水が流入するGdansk湾から採取した（流入下水、活性汚泥、下水処理放流水、放流水とGdansk湾の混合水、Gdansk湾の河口）。試料採取後、腸球菌選択培地を使用して各試料から菌株を単離した。単離菌株について、Phoenix™ Automated Microbiology Systemを使用して、単離菌株の菌種の同定と11種類の抗菌薬に対する薬剤感受性を評価した。*E. faecium*と同定された菌株について、7つのハウスキーピング遺伝子を対象としたMLST (Multi-Locus Sequence Typing) を実施し、臨床分離株との疫学的関連性について評価した。さらに、PCR法によって、薬剤耐性遺伝子と病原遺伝子の有無を調査した。

各下水処理過程とGdansk湾における腸球菌を計数した結果、2つの下水処理施設の腸球菌除去率は99%以上であった。また、Gdansk湾河口の腸球菌数は1-30 CFU100mL⁻¹であった。各試料から単離した全438株の腸球菌のうち、*E. faecium*が244株 (57.0%)、*Enterococcus hirae*が113株 (26.4%)、*E. faecalis*が63株 (14.7%)、その他の腸球菌種として8株 (1.9%) が同定された。同定された*E. faecium*株について薬剤感受性試験を実施した結果、エリスロマイシン、テトラサイクリン、およびアンピシリンに耐性を示した菌株の割合は、それぞれ51.2% (125株)、18.0% (44株)、および7.8% (19株)であった。69株の*E. faecium*についてMLSTを実施したところ、59個の異なるSequence Type (ST) に分類され、59個中の23個は新規のSTであった。さらに、59個中の11個のSTに分類された17株は、院内感染で問題となるClonal Complex (CC) 17であった。CC17に分類された17株は、他のSTに分類された52株と比較して、薬剤耐性を有する菌株の割合と病原遺伝子 (*espIintA*) の保有率が有意に高かった ($p < 0.05$)。以上のことから、院内感染で問題となる*E. faecium* CC17が水環境から検出され、下水処理放流水は薬剤耐性腸球菌を水環境に拡散させる汚染源であると示唆された。

(2) Spatial distribution of bacterial communities driven by multiple environmental factors in a beach wetland of the largest freshwater lake in China

Ding, X., Peng, X. J., Jin, B. S., Xiao, M., Chen, J. K., Li, B., Fang, C. M. and Nie, M. *Frontiers in Microbiology*, **129**(6), 1-9 (2015).

Reviewed by K. Teranishi

ビーチの浜砂中に存在する細菌種は多様であり、生態系の機能および循環の観点から重要な役割を担っている。しかしながら、ビーチの浜砂中における細菌叢を分析した研究例は極めて少なく、環境要因の変化が細菌叢に及ぼす影響も不明である。そこで本研究では、淡水湖ビーチの浜砂を対象として、空間（水際からの距離と地表からの深度）、ならびに理化学的性質（含水比、容積密度、有機炭素、 NH_4^+ 、 NO_3^- ）の変化が浜砂中の細菌叢に与える影響を調査した。調査は、2011年7月において、中国の江西省北部に位置する鄱陽湖が形成するビーチを対象に実施した。浜砂は、水際から0、125、250、375、および500 mの5地点から採取した。さらに、それぞれの地点について、地表から0~5、5~10、10~20、20~30、30~60、および60~100mの6層に区分したコア試料を採取した。各砂試料からDNAを抽出した後、蛍光自動シーケンサー（Applied Biosystems）を用いて、16S rRNA 遺伝子を標的とした菌叢解析を実施した。なお、浜砂における空間的要因と各理化学的性質が細菌叢に与える影響は、正準対応分析と線形回帰分析を用いて評価した。

各浜砂中の細菌叢を分析した結果、水際から離れるにつれて、*Alphaproteobacteria*、*Chloroflexi*、*Acidobacteria* の存在量は増加した。その一方で、*Firmicutes*、*Deltaproteobacteria*、および*Gammaproteobacteria* の存在量は減少した。また、浜砂の深度が30 cm以下の層では、*Alphaproteobacteria* と *Deltaproteobacteria* が優占的に検出されたのに対して、最深層においては *Actinobacteria* が優占的に検出された。正準対応分析を用いて、浜砂における空間的变化と理化学的性質の関係を調査したところ、水際からの距離と含水比、または有機炭素濃度との間で、それぞれ有意な相関関係が認められた ($P < 0.001$, $P < 0.05$)。さらに、地表からの深度と容量密度、または NH_4^+ 濃度との間においても有意な相関関係が認められた ($P < 0.001$)。これらのことから、浜砂中の細菌叢と理化学的性質は、空間的要因によって変動することが明らかとなった。次に、線形回帰分析を用いて、浜砂中から優占的に検出された細菌門 (*Proteobacteria*、*Acidobacteria*、および *Firmicute*) の数と理化学的性質の関係を調査した結果、優占門数と含水比、容量密度、および NH_4^+ 濃度との間でそれぞれ有意な相関関係が認められた ($P < 0.01$)。以上のことから、浜砂中の細菌叢は、空間的要因に起因した理化学的性質の変化によって影響を受けることが明らかとなった。

(3) Acclimatization of microbial consortia to alkaline conditions and enhanced electricity generation

Zhang, E., Zhai, W., Luo, Y., Scott, K., Wang, X. and Diao, G.

Bioresource Technology, **211**, 736-742 (2016).

Reviewed by T. Hirai

微生物燃料電池 (Microbial Fuel Cells, MFCs) は、pH6~9の条件で高い性能を発揮することが知られている。一方で、高アルカリ条件でMFCを運転した場合、アノード電位の低下やアノードバイオフィーム上における電気化学反応の促進が報告されている。そこで本研究では、高アルカリ条件下で運転するMFCについて、エアカソードMFCを用いて、pH9, pH10, pH11, およびpH12の4条件で検討した。本研究で用いたMFCは、ガラスチャンバー内部に、アノードを等間隔に3つ配置したエアカソードMFCを使用した。電解液は、pH10のAGM培地 (NH₄Cl, 1.5 g/L ; KCl, 0.1 g/L ; K₂HPO₄, 0.13 g/L ; Na₂CO₃, 7.4 g/L ; NaHCO₃, 2.5 g/L ; glucose, 2.0 g/L ; yeast extract, 0.2 g/L ; mineral stock solution, 12.5 mL/L) にビール醸造所の排水プラントで発生した活性汚泥 50 g/Lを混合した。また、pH9, pH11, およびpH12のAGM培地は、Na₂CO₃とNaHCO₃の比率がそれぞれ1 : 9, 9 : 1, および10 : 0となるように調整した。外部抵抗は、200Ωとし、27~35日間馴致運転をした後、電圧が50 mV以下になると回分処理を行った。さらに、pH10で運転を行ったエアカソードMFCのアノードバイオフィーム、浮遊微生物、および活性汚泥に存在している微生物について16S rDNAを解析し、高アルカリ条件に適応している微生物群集構造を明らかにした。

好アルカリ性微生物をpH9~pH10で純粋培養した既往の研究と比較して、pH10のエアカソードMFCは、高い電力密度 118±14 mW/m²で安定した。続いて、pH 9, pH10, pH11, およびpH12の4条件で、エアカソードMFCに最適なpH条件を検討した。その結果、pH11に調整したエアカソードMFCは、最も高い単位面積当たりの電力密度 (235±6 mW/m²) を記録した。また、pH11の条件で長期間の運転を行ったところ、pH10と比較して、長期間安定した電力密度を計測した。pH10のMFCにおけるアノードバイオフィームと浮遊微生物の微生物叢は、Firmicutes門がそれぞれ88.1%と71.8%を占めており、活性汚泥と比較して増加していた。また、微生物コミュニティを属レベルで解析した結果、高アルカリ性菌の*Alkalibacter* sp., *Anoxynatronum* sp., *Alkaliphilus* sp.が検出された。すでに、アノードバイオフィーム上において、Firmicute門やClostridial目に分類された微生物が、電気化学反応を活性させることが報告されている。以上の結果から、本研究で用いたエアカソードMFCは、高アルカリの条件化においても、高い出力で運転できることが示された。

第 243 回雑誌会

(Jun. 16, 2016)

(1) Clay minerals in surface sediment of the north Yellow Sea and their implication to provenance and transportation

Yan, Li., An-Chun, Li., Peng-Jian, Xu., and Xu-Feng, Zheng.

Continental Shelf Research, **90**, 30-40 (2014).

Reviewed by T. Itakiyo

中国大陸と朝鮮半島の間位置する北黄海では、沿岸流による堆積環境への影響が注目されている。また、北黄海における大規模、かつ高密度な堆積試料の採取による調査は、北黄海における堆積物起源の特性の解明に不可欠である。そこで本研究では、北黄海における粘土鉱物の分布特性および堆積物の起源と輸送との関係を調査した。試料は、北黄海の堆積物 (293 試料)、および各河川 (黄河、長江、および鴨緑江) 河口の堆積物 (37 試料) とし、合計 330 試料を試験した。各試料について、X 線回折 (XRD) 分析を行い、粘土鉱物を同定した。さらに、同定された粘土鉱物は、クラスター分析を行い、試料間の類似性から輸送特性を評価した。

XRD分析によって、各地点の粘土鉱物を同定した結果、2 μm 以下の粒子において、イライト (平均59%)、スメクタイト (平均20%)、緑泥石 (平均16%)、カオリナイト (平均5%) および少量の石英と長石が同定された。北黄海における粘土鉱物について、イライトと緑泥石は東部、スメクタイトは中央部、カオリナイトは西部に多い分布特性を示した。各河川河口における粘土鉱物の含有率についてみると、黄河河口ではスメクタイトが高い割合で存在し、長江河口と鴨緑江河口ではイライトが高い割合で存在した。北黄海における粘土鉱物の含有率についてクラスター分析を用いて特徴付けした結果、北黄海の西部地域では、スメクタイトとカオリナイトの含有率が、全体の平均値に近い傾向を示した。さらに、スメクタイトの含有率は、緑泥石と比較して高かった。この特徴は黄河河口の堆積物と類似したことから、北黄海の西部地域の堆積物は、黄河からの影響を強く受けていることが示唆された。東部地域では、イライトと緑泥石の含有率が高い傾向を示した。また、西部地域とは異なり、東部地域における緑泥石の含有率はスメクタイトよりも高かった。この特徴は鴨緑江河口の堆積物と類似したことから、北黄海の東部地域の堆積物は、鴨緑江から輸送されることが示唆された。北黄海の中央部は、スメクタイトの含有率が、東西地域と比較して高い傾向を示した。スメクタイトは、鴨緑江付近を流れる海流によって、鴨緑江から長距離を輸送され、中央部に堆積することが推察された。以上の結果から、北黄海の粘土鉱物は、東西の河川 (黄河、鴨緑江) 流域を起源とし、海流によって輸送されることが示唆された。

(2) Detection of virulence genes in *Escherichia coli* of an existing metabolic fingerprint database to predict the sources of pathogenic *E.coli* in surface waters

Ahmed, W., Tucker, J., Bettelheim, K. A. and Katouli, M.

Water Research, **41**, 3785-3791(2007).

Reviewed by T. Ueda

近年、病原性大腸菌による表流水汚染が問題となっている。しかしながら、病原性大腸菌による表流水汚染について、菌株の起源推定やリスクに関する情報は極めて少ない。そこで本研究では、ふん便細菌によって表流水汚染が発生しているオーストラリアの Eudlo 川を対象として、病原遺伝子の検出とフィンガープリンティング法を組み合わせる手法を用いて、病原遺伝子を保有する大腸菌株の起源推定を試みた。供試菌株は、それぞれ宿主が異なる 10 種のふん便から単離した大腸菌 262 株（牛, 32 株; 鶏, 30 株; 鹿, 12 株; 犬, 33 株; アヒル, 32 株; 馬, 30 株; ヒト, 36 株; カンガルー, 13 株; 豚, 31 株; 羊, 13 株）、および Eudlo 川 5 地点の水試料から単離した大腸菌 104 株とした。各単離株について DNA を抽出した後、PCR 法を用いて、大腸菌の主要な病原遺伝子 15 種 (*eaeA*, *EAgg*, *Einu*, *VT1*, *VT2*, *VT2e*, *O111*, *O157*, *hlyA*, *CNF1*, *CNF2*, *papC*, *LT1*, *ST1*, *ST2*) を標的とした遺伝子の検出を行った。また、PhPlate system を用いて、各単離株の生化学的表現型 (biochemical phenotypes; BPTs) を取得した。さらに、取得した BPTs を既存のフィンガープリンティングデータベースと比較し、菌株間の BPTs の類似性を評価した。

PCR 法によって、各単離株から病原遺伝子を検出した結果、ふん便由来の大腸菌株 262 株のうち 39 株（牛, 5 株; 鶏, 7 株; 鹿, 3 株; 犬, 8 株; アヒル, 2 株; 馬, 2 株; ヒト, 6 株; 豚, 4 株; 羊, 2 株）が病原遺伝子を保有していた。また、水試料由来の大腸菌株 104 株のうち 10 株が病原遺伝子を保有していた。次に、ふん便ならびに水試料由来の大腸菌株について、BPTs の類似性を評価した結果、水試料由来の大腸菌株 104 株のうち 11 株 (10.6%) がヒト由来の大腸菌株に分類され、58 株 (55.8%) が動物由来の大腸菌株に分類された。その一方で、その他の 55 株は、どの宿主のふん便から単離した大腸菌株の BPTs と一致しなかった。また、病原遺伝子を保有する水試料由来の大腸菌株 10 株のうち 6 株が、ふん便由来の大腸菌株 6 株（ヒト, 2 株; 犬, 2 株; 鶏, 1 株; 羊, 1 株）から得られた 4 種類の BPTs とそれぞれ一致した。さらに、同一の BPTs に分類された大腸菌株は、それぞれ共通の病原遺伝子を保有していた。以上のことから、病原遺伝子の検出とフィンガープリンティング法を組み合わせることによって、ふん便汚染水の病原性大腸菌株の起源を推定できることが示唆された。

第 244 回雑誌会

(June. 22, 2016)

(1) Inactivation and regrowth of multidrug resistant bacteria in urban wastewater after disinfection by solar-driven and chlorination processes

Fiorentino, A., Ferro, G., Alferez, M. C., Polo-López, M. I., Fernández-Ibañe, P.
and Rizzo, L.

Journal of Photochemistry and Photobiology B, **148**, 43-50 (2015).

Reviewed by R. Hashimoto

近年、下水処理場が環境中への薬剤耐性の拡大に寄与している可能性が危惧されている。従来の消毒法である塩素消毒では、薬剤耐性菌に対して部分的にしか効果がないことが指摘されている。また、消毒後の処理水中において、不活性化した細菌が再増殖するという報告がある。そこで新規の消毒法として、太陽光を利用した促進酸化法 (Advanced oxidation processes, AOP 法) が注目されている。本研究は、都市下水処理場から単離した大腸菌を用いて、AOP 法による細菌の不活性化を評価した。さらに、大腸菌の不活性化と再増殖について、AOP 法と塩素処理法で比較した。供試菌株として、下水処理場の放流水から単離した多剤耐性大腸菌株を用いた。太陽光照射実験は、滅菌した活性汚泥処理後の処理水を使用し、大腸菌の初期濃度が 10^6 CFU/mL になるように添加した。照射実験の条件として、太陽光、各太陽光による AOP 法 (TiO_2 , H_2O_2 , $\text{H}_2\text{O}_2/\text{TiO}_2$, およびフォトフェントン) で実施した。各条件における消毒効果は、処理水の実験前後の細菌数を計数することによって評価した。また、大腸菌が検出限界 (2 CFU/mL) まで減少するために必要な単位体積当たりの累積エネルギー量 Q_{UV} を見積り、照射実験の異なる条件の結果を比較した。

太陽光照射実験の結果、すべての条件で大腸菌数は約 6 log の低下が見られた。太陽光消毒の結果における Q_{UV} は、37 kJ/L であった。また、 TiO_2 ならびに H_2O_2 を添加した条件における Q_{UV} は、それぞれ 20 kJ/L と 8-30 kJ/L であった。その一方で、 $\text{H}_2\text{O}_2/\text{TiO}_2$ を添加した場合、 Q_{UV} は 3-4 kJ/L となり、 TiO_2 と H_2O_2 の単体の場合と比較して Q_{UV} が減少した。また、フォトフェントン実験において、 Q_{UV} は 15-23 kJ/L であった。このことから、 $\text{H}_2\text{O}_2/\text{TiO}_2$ が AOP 法の中で、大腸菌の不活性化に最も有効であった。しかしながら、コスト面で評価すると、 TiO_2 とフォトフェントンよりも H_2O_2 を添加する AOP 法の方が有効である。次に、暗室において塩素処理法と H_2O_2 を添加した AOP 法を比較したところ、大腸菌が完全に不活性化 (未検出) するまでの暴露時間は、それぞれ 60 分と 90 分であった。また、48 時間後に多剤耐性大腸菌が再増殖した割合は、塩素処理と AOP 法において、それぞれ 6.7% と 3% となった。以上のことから、塩素処理は短時間の大腸菌不活性化に効果的である一方で、再増殖を防止するには、 H_2O_2 を添加した AOP 法が効果的であると考えられ

た。

(2) Rapid Classification and Identification of *Microcystis aeruginosa* Strains Using MALDI-TOF MS and Polygenetic Analysis.

Sun, L. W., Jiang, W. J., Sato, H., Kawachi, M. and Lu, X. W.

PLOS ONE. **11**(5), e0156275 (2016).

Reviewed by T. Matsuwaki

Microcystis aeruginosa は、淡水水域で最も一般的に分布するラン藻類であり、アオコの原因となることが知られている。その一方で、*M. aeruginosa* の中にはミクロシスチン (MCs) と呼ばれる肝毒素を生成する株が存在し、人の肝臓ガンリスクを高めることが報告されている。このことから、*M. aeruginosa* の恒常的なモニタリングと毒性株の識別は、水環境における公衆衛生の向上を図る上で極めて重要である。毒性株の識別には、7つのハウスキーピング遺伝子を対象とした MLST (multi-locus sequence typing) などが用いられるが、煩雑な処理や多大なコストが必要である。そこで本研究では、タンパク質やペプチド断片といった生体高分子を測定するイオン化飛行時間型質量分析計 (MALDI-TOF MS) を用いて、*M. aeruginosa* 毒性株と非毒性株の識別能力を評価した。供試藻類は、異なる水環境 (湖水、池水、およびダム貯留水) から採取し、MLST による遺伝子解析で、5通りの異なる遺伝子型に分類された *M. aeruginosa* 55 株 (毒性株 23 株、非毒性株 32 株) とした。藻類用培地である MA 培地を用いて培養し、培養後に生育した株を MALDI-TOF MS によって測定することでマススペクトルを取得した。また、得られたマススペクトルについて、BioNumerics software を用いて系統樹解析を行った。

MLST によって異なる遺伝子型に分類された株は、MALDI-TOF MS によって取得したマススペクトルにおいても、それぞれ異なるピークパターンを示した。このことから、*M. aeruginosa* のマススペクトルは遺伝子型の違いによってそれぞれ特徴を有すると考えられた。そこで、得られたマススペクトルについて系統樹解析を行った結果、類似度 50%以上で5つのクラスター (I~V) を形成した。クラスターI・IIは、主に毒性株で形成されており (19/31 株)、クラスターIII~Vは非毒性株のみで構成されていた (22/22 株)。また、クラスターIII~Vは、MLST によって異なる遺伝子型に分類された株がそれぞれ単独で形成していた。さらに、クラスターIIに分類された非毒性株のうち4株は、MCs 合成酵素遺伝子 (*mcyG*) を保有していた。その一方で、クラスターIII~Vに分類された非毒性株22株は *mcyG* を保有していなかった。以上のことから、MALDI-TOF MS は、*M. aeruginosa* を遺伝子型ごとに分類でき、毒性株を迅速かつ正確に識別可能であること

が示唆された。

第 245 回雑誌会

(Jun. 29, 2016)

(1) Removal of trace Cd²⁺ from aqueous solution by foam fractionation

Lu, J., Li, Y., Zhang, S. and Sun, Y.

Journal of Hazardous Materials, **286**, 466-473 (2015).

Reviewed by B. Maralmaa

The development of adsorptive bubble separation technique for removing a wide variety of substances from wastewater takes on importance. Foam fractionation is an effective technique with high potential on being used to remove heavy metal ions from the polluted water. In this study, the removal of Cd²⁺ ion from the aqueous solution by foam fractionation using anionic–nonionic surfactant sodium trideceth-4 carboxylate (AEC) was investigated. Otherwise, AEC surfactant was used to generate foam to remove Cd²⁺ ion which has been classified by U.S. EPA as a probable human carcinogen from aqueous solution. First of all, foam properties of AEC solution with and without Cd²⁺ were studied. The foamability and foam stability, liquid carrying capacity of the foams, bubble size statistical analysis were characterized using foamscan device which means image analysis and conductivity measurements. After that, the effect of several conditions such as molar ratio of surfactant and metal ions, pH and surfactant concentration on the removal efficiency was studied. Furthermore, zeta potential of gas bubbles was determined to verify the combination between surfactant molecules and Cd²⁺ ion (Zeta-Meter System), isothermal titration calorimeter (ITC) determination and FT-IR measurement (Thermo Scientific Nicolet iS5) were utilized, which helped to understand the mechanisms more clearly.

There were no significant differences on the foamability and foam stability of aqueous foams. In addition, liquid fraction of foam film formed from AEC solution containing Cd²⁺ was lower than that without Cd²⁺. The bubble size of foam containing Cd²⁺ ion was larger than that without Cd²⁺. The removal rate of Cd²⁺ was 99.8% under the optimum conditions, when the molar ratio of surfactant/metal ion was about 10, pH=7.5 and the surfactant concentration was 7.5 mmol/L. By measurements of FT-IR, ITC and Zeta potential, the high Cd²⁺ removal efficiency of AEC foam showed from the strong combination interaction between the negatively charged head group of AEC and Cd²⁺ ion. As these results, Cd²⁺ can be combined with the surfactant interface layer and was carried to the foam film under the

optimum conditions.

(2) 分布型流出モデルの広域的適用

安陪 和夫, 大八木 豊, 辻倉 裕喜, 安田 佳哉
水工学論文集, 第 46 卷, 247-252 (2002).

レビュー: 金山 祐太

分布型流出モデルは, レーダー雨量計による降雨分布や衛星画像による土地利用等の情報をモデルに統合することで, 精度の高い流出解析を行うことが可能である。本研究では, 分布型流出モデルを水循環の健全性を評価するツールとして活用するための適用手法の確立を試みた。対象流域は, 地下水が生活用水, 工業用水, および農業用水として大量に使用されている霞ヶ浦流域とした。本研究で用いた分布型流出モデルは, 流出の物理機構を残したままで大流域に適用できるモデルに, 地下水流動モデルを付加したものである。空間解像度は, 陸域部において約 1 km 四方の基準地域メッシュとし, 湖水部において基準地域メッシュを 4 分割した約 500 m 四方のメッシュとした。流出計算は表層, 不飽和層, および地下水層について行った。さらに, 生活用水, 工業用水は茨城県が保有する統計資料から水源別水使用量とメッシュ別の使用量を推定した。農業用水は, 水源を表流水と地下水に分類して使用量を推定した。降雨量, 気温, 風速, 日射量, 湿度, 河川流量, 湖水位, 地下水位は, AMeDAS, 国土交通省, 茨城県の観測データを用いた。解析期間は, 1995 年の 1 年とし, 1 日毎の河川流量, 地下水位, 湖水位の観測値を用いてモデルの検証を行った。パラメータは, 流域の特徴や既存の文献を参考に初期値を与えた後に, キャリブレーションを行い設定した。

小野川地点の河川流量, 出島地区の地下水, ならびに霞ヶ浦湖心の湖水位の計算結果と観測結果をそれぞれ比較すると, どの計算結果も概ね変動パターンを捉えており, 良好な結果を示した。また, 流域における平均水収支と市街地である土浦市のメッシュの平均水収支を比較すると, 土浦市の水使用量はそれぞれ, 生活用水が 16 倍, 工業用水が 3.7 倍, 農業用水が 0.19 倍となり, 典型的な都市域の水利用形態であることが分かった。さらに, 下水道接続率が 100% になると, 生活系処理量が 503 mm/y から 592 mm/y に増大し, 河川への生活系排水量 171 mm/y から 82 mm/y に減少すると推定され, 下水道接続率の向上が土浦市の水循環に大きな影響を与えることが示された。以上より, 分布型流出モデルによって都市化に伴う利水が流域の水循環

に与える影響を評価できた。しかしながら、対象流域が広域になるほど多くの資料や観測データが必要となり、本手法で水循環の改善を提案するためにはデータの共有と蓄積が望まれる。

(3) ダム直下におけるヒゲナガカワトビケラの生産量と試験湛水の影響

藤野 毅, ニンウィリ, 高橋 陽一, 浅枝 隆

土木学会論文集, 第 68 巻, 775-780 (2012).

レビュー：白坂 厚大

近年、ダム建設による河川生態系への影響を評価するため、魚類、水生昆虫、藻類などの生物モニタリングが行われている。その中でも食物連鎖において基礎となる水生昆虫の現存量についても、調査事例が増加してきている。しかしながら、現存量の調査は多くの場合季節ごとに一度であり、生活史が異なる水生昆虫の個体群間に分けて議論する場合には不十分である。そこで本研究では、底生動物群集においてしばしば優占種となり、生活史についての知見が多いヒゲナガトビケラ(*Stenopsyche marmorata*)を対象として、ダム試験湛水による生産量への影響を評価した。ヒゲナガトビケラは造網型に分類される大型の水生昆虫であり、成虫になるまでに 5 齢を経て年 2 世代（非越冬期と越冬期）の生活史を有している。調査は荒川水系中津川における滝沢ダムの上流とダム直下において、2005 年 4 月から 2008 年 3 月までの期間と、2009 年 10 月から 2011 年 3 月までの期間で実施した。流速が速く、膝程度までの水深を有する瀬において、0.5 m×0.5 m のサーバーネットを用いて 3 回試料を採取し、各々を別のサンプルとした。採取したヒゲナガカワトビケラはエタノールを用いて固定した後、実験室内において各個体の頭長、体長、乾・湿潤重量を計測した。ヒゲナガカワトビケラの実験室での生産量は、月間の差から求めた生産量を積算する増分積算法と、調査日間の比から求めた生産量を積算する瞬間成長法を用いて算出した。さらに、各々の生産量を年間平均現存量により除して、世代交代の速さを示す回転率を求めた。

ヒゲナガカワトビケラの出現割合は、試験湛水前の 8 回の調査では平均 31%(10/32 サンプル)だったが、試験湛水中の 36 回の調査では 88%(92/105 サンプル)に上昇した。1 サンプル当たりの個体数は、湛水試験前において 1~4 個体、試験中に 1~299 個体、試験後において 1~6 個体であった。中流域河川である水ヶ瀬や馬見ヶ崎と比較して、現存量における際立った変動は確認されなかった。各世代間において回転率に大きな差は確認されず、同様に上述の両河川と比較した場合においても明確な差異を示さなかった。これは、試験湛水時の流量調節が世代交代速度に影響を与えないことを示唆している。しかしながら、ダム直下の現存量や生産量の時系列的な変化を

精査することにより、試験湛水時の流量調節によって幼虫個体の流下による損失が少なく、次世代の個体数が増えることや、出水のタイミングによって生産量が増減している実態が確認できた。

(4)機内二液調質型遠心脱水機の実用化

久野 清人, 鈴木 和美, 井上 剛, 宮内 千里

下水道協会誌, **48**(590), 91-97 (2011).

レビュー：大幸 和佳奈

下水汚泥の低含水化は、汚泥処理プロセスにおける温室効果ガスの排出量の削減に寄与する。下水汚泥は、一般的に、高分子凝集剤のみを添加する一液調質法、または高分子凝集剤と無機凝集剤を併用する二液調質法を用い、遠心脱水される。また、二液調質法は、汚泥供給ラインで無機凝集剤を添加し、遠心脱水機内で高分子凝集剤を添加する従来の手法と、高分子凝集剤を添加した後に無機凝集剤を添加する手法（機内二液調質法）に分類される。機内二液調質法は、一液調質法や従来の二液調質法と比較して、脱水汚泥中の含水率をさらに低下させることが報告されている。そこで本研究では、機内二液調質法について脱水性能およびコスト面の観点から従来法と比較し、実用性について検討した。調査は、2010年7月から2011年3月にかけて、宇都宮市川田水再生センターに遠心脱水機メーカー3社の機内二液調質型遠心脱水機を設置して行った。対象汚泥は、同センターで発生した混合生汚泥および消化汚泥とした。脱水性能は、汚泥に添加する無機凝集剤の薬注率、あるいは無機凝集剤の添加位置を可変させ、各条件における含水率から評価した。また、コストおよび温室効果ガスの排出量を試算し、一液調質法との比較も行った。

脱水性能試験を行った結果、遠心脱水機メーカー3社すべての機内二液調質法における汚泥含水率は約70%前後であり、いずれの調質法よりも著しく低下した。機内二液調質法と一液調質法（無機凝集剤薬注率0%）の汚泥含水率の差を比較したところ、混合生汚泥と消化汚泥はそれぞれ、最大7.3 pt（pt：パーセント値の差）と11.0 ptであった。また、従来の二液調質法と比較したところ、混合生汚泥と消化汚泥はそれぞれ、約5 ptと約3 ptであった。次に、機内二液調質法と一液調質法におけるコストならびに温室効果ガスの排出量を比較したところ、混合生汚泥においてコストは約9%、温室効果ガスの排出量は約22%低減した。一方の、消化汚泥ではコストはほぼ同等であるものの、温室効果ガスの排出量は約28%低減した。以上のことから、機内二液調質法は従来法と比較して高い脱水性能を有しており、同コストで温室効果ガスの排出量を削減できることが明らかとなった。

第 246 回雑誌会

(Jul. 6, 2016)

(1) マトリックス支援レーザー脱離イオン化飛行時間型質量分析法 (MALDI-TOF MS) による抗酸菌の同定

新妻 一直, 齋藤 美和子, 小柴 静子, 金子 美千代

日本結核病学会, **89**(5), 555-563 (2014).

レビュー: 西川 由梨

抗酸菌とは、らい菌・結核菌 (MTC)・非結核性抗酸菌 (NTM) など 150 種で構成される細菌群の総称であり、ヒトに対して病原性を有する細菌が約 30 種属している。特に結核菌は、結核患者の咳やくしゃみを介して感染するため、臨床分野において重要な病原菌とされる。現在、結核菌の菌種同定には、生化学性状試験や分子生物学的手法が用いられている。しかしながらこの同定法は、多大な時間とコストを要する。そこで本研究では、細菌の分類や同定を迅速かつ低コストで実現できる手法として期待される MALDI-TOF MS を用いて、MTC と NTM を対象とした菌種同定試験を行った。供試菌株は、臨床から分離された MTC158 株、NTM37 株とした。菌株は MGIT (Mycobacteria Growth Indicator Tube) 液体培地と 3%小川培地によって培養をした後に、MALDI-TOF MS 分析を行い、菌体のマススペクトルを取得した。得られたマススペクトルは、MALDI Biotyper Ver. 3.1 (Bruker Daltonics 社) によって解析し、従来法 (核酸増幅法, キャピリア TB 法, DDH マイコバクテリア法, 16S rRNA 解析法) による菌種同定試験と比較し、MALDI-TOF MS の識別精度を評価した。さらに、MTC 株は、培養に用いた培地と培養後の保存期間の違い (3, 28, 42 日) について、データベース上のマススペクトルとの一致率を評価する値である Score Value (SV) の変動から評価した。

MALDI-TOF MS による MTC 株と NTM 株の菌種同定試験の結果と従来法に基づく菌種同定試験を比較したところ、MTC 株は、種レベルで 94.9% (150/158 株)、属レベルで 99.4% (157/158 株) 一致した。また、NTM 株は、種レベルで 45.9% (17/37 株)、属レベルで 94.6% (35/37 株) 一致した。このことから、MALDI-TOF MS は、従来法と比較して MTC を迅速かつ正確に同定可能であることが分かった。しかしながら、NTM の種レベルでの同定は困難であった。さらに、測定条件の違いによる SV 値の変動を評価した結果、MGIT 液体培地と小川培地間における SV 値の差は確認されなかった。その一方で、培養後 28 および 42 日後の株は、培養後 3 日の株と比較して、SV が平均で 0.3 低下した (n = 10)。以上の結果から、培養後の菌株は迅速に MALDI-TOF MS に供する必要がある。

(2) カルバペネム系抗菌薬の使用と緑膿菌の薬剤耐性

栃倉 尚広, 鐺木 盛雄, 山舘 周恒, 本石 寛行, 林 国樹

環境感染誌 24(3), 195-201 (2009).

レビュー：西村 恵美

カルバペネム系抗菌薬の不適切な使用と継続投与により、カルバペネム耐性緑膿菌や多剤耐性緑膿菌が出現し、問題となっている。また、日本国内において、緑膿菌に対するカルバペネム系抗菌薬の感受性率は低下しているとのサーベイランス報告もある。そこで本研究では、院内におけるカルバペネム系抗菌薬の使用量と緑膿菌の薬剤感受性率との関係について調査し、既往のサーベイランス報告における感受性率と比較した。調査は、2005年1月から2008年6月までの3.5年間とし、6ヶ月ごとに実施した。供試菌株は、調査期間内に入院患者から分離し、同定された緑膿菌813株とした。分離した緑膿菌は、VITEK（自動細菌同定感受性検査装置）を用いて、カルバペネム系抗菌薬である imipenem/cilastatin（IPM/CS）、meropenem（MEPM）、およびその他8種の抗菌薬に対する薬剤感受性を評価した。また、同時期におけるカルバペネム系抗菌薬の使用量は、オーダーリングシステムによって取得し、6ヶ月ごとに集計した。さらに、2007年11月から3ヶ月間に分離した緑膿菌38株は、微量液体希釈法によって、5種類のカルバペネム系抗菌薬（IPM/CS、MEPM、panipenem/betamipron（PAPM/BP）、biapenem（BIPM）、doripenem（DRPM））の薬剤感受性試験を実施し、MIC（minimum inhibitory concentration）値を測定した。

調査期間におけるカルバペネム系抗菌薬の使用量を集計した結果、2007年後期以降の使用量は、前年の同時期と比較して、約2倍に増加した。分離した813株の緑膿菌について薬剤感受性を評価したところ、2005年から2007年前期では、緑膿菌に対するIPMとMEPMの感受性率は80%以上であった。これに対して、2007年後期以降のIPM/CSとMEPMの感受性率は、10～15%低下した。このことから、カルバペネム系抗菌薬の使用量増加に伴い、耐性菌の割合が増加していることが明らかとなった。次に、異なるカルバペネム系抗菌薬の薬剤耐性を評価した結果、耐性率はMEPMが23.7%と最も高く、既往のサーベイランスデータと比較しても有意に高かった（ $p=0.013$ ）。その一方で、DRPMの耐性率は5.3%と最も低く、MEPMと比較して、DRPMのMIC₅₀とMIC₉₀はそれぞれ1/8と1/4であった。DRPMは、緑膿菌に対して優れた抗菌性を示した。カルバペネム系抗菌薬の使用量増加に伴って、緑膿菌の感受性率が低下したことから、抗菌薬の適正使用が極めて重要であることが明らかとなった。

(3) 閉空間と開空間での粗粒材養浜がもたらす効果・影響の相互比較

石川 仁憲, 宇多 高明

土木学会論文集 B3(海洋開発) 67(2), I_1153-I_1158 (2011).

レビュー: 宮園 昂

2000年の海岸法の改正に伴い、砂浜を防護施設として見なすことが可能になったため、養浜が積極的に実施されている。養浜は、粗粒材や細粒材などの養浜材の粒径によって、その安定性や前浜の拡幅への効果が大きく異なる。養浜を実施する際、沿岸漂砂の影響を受けずに養浜材の移動がない閉空間と、沿岸漂砂の影響を受けて砂礫が沿岸方向に移動する開空間では、周辺海浜への影響が異なることが報告されている。そこで本研究では、閉空間と開空間における粗粒材を用いた養浜の効果と影響について検証した。調査は、閉空間として4つの海岸(神向寺海岸, 0.9 km: 茅ヶ崎中海岸, 1.5 km: 秋谷海岸, 1.4 km: 逗子海岸, 0.9 km)と、開空間として2つの海岸(浜松篠原海岸, 茅ヶ崎中海岸)を対象とした。各海岸における底質平均粒径を測定し、閉空間の海岸には以下の粒径の砂または礫を養浜した: 神向寺海岸 3~13 mm, 茅ヶ崎中海岸 0.3~0.4 mm, 秋谷海岸 15 mm, 逗子海岸 1.05 mm。開空間の海岸である浜松篠原海岸と富士海岸には、粒径 19 mmと 50~150 mmの礫を養浜した。そして、養浜が実施された6つの海岸のモニタリングデータを分析し、粗粒材養浜について考察した。

閉空間である神向寺海岸, 茅ヶ崎中海岸, 秋谷海岸, および逗子海岸における底質平均粒径は、それぞれ 0.2 mm, 0.2~0.4 mm, 0.1~0.3 mm, および 0.28 mmであった。全ての閉空間の海岸において養浜を実施したところ、養浜前と比較して、広い前浜が形成される養浜効果が得られた。中でも秋谷海岸は、養浜によって侵食されていた前浜は復元したが、大礫のみの養浜であったため、前浜勾配が急になる現象が生じた。このことから、閉空間内の養浜は、現地海浜の粒径と比較して大きい養浜材料を使用することによって、前浜全体が粗粒材によって覆われ、海浜が安定することが明らかとなった。一方、開空間である浜松篠原海岸, 富士海岸では、一定の養浜効果は得られたが、養浜箇所前面や離岸堤背後に汀線が前進した。これは、養浜した礫の粒径が大きく、沿岸方向への移動が抑制されるため、下手側の海浜では侵食が生じることが原因であると考えられた。以上のことから、閉空間と開空間の海岸における粗粒材を用いた養浜において、その養浜効果は大きく異なることが明らかになった。特に、開空間の海岸での粗粒材養浜を実施する際は、粒径の選択に十分配慮が必要であると考えられた。

第 247 回雑誌会

(Jul. 13, 2016)

(1) Can chlorination co-select antibiotic-resistance gene?

Lin, W., Zhang, M., Zhang, S., and Yu, X.

Chemosphere **156**, 412-419 (2016).

Reviewed by M. Nishiyama

環境中における抗菌薬や他の環境要因 (e.g. 消毒, 重金属, 有機化合物) は, 細菌を増殖させる選択圧になることが知られている。中でも, 塩素消毒は, 上下水道で使用される最も一般的な消毒法であり, 公衆衛生の向上に寄与している。しかしながら, 塩素消毒による薬剤耐性菌と耐性遺伝子への影響に関して不明な点が多い。そこで本研究では, 下水放流水を対象として, 多種多様な薬剤耐性遺伝子の検出と定量によって, 塩素消毒による薬剤耐性遺伝子への影響を検証した。試料は, 2014年7月, 8月, および9月に, 中国の下水処理施設から二次処理水を採取した。二次処理水をフィルター (孔径0.22 μm) に通水後, 250 mLのポリ瓶に分注し, 塩素を以下の濃度となるよう添加した: 0, 0.5, 1.0, 2.0, 4.0 $\text{mg-Cl}_2/\text{L}$ 。室温 (25°C) で各条件の試料を30分間暴露し, 試料水からDNAを抽出した。各試料における抽出DNAについて, qPCRによって, 耐性遺伝子の検出と遺伝子数を定量した。なお, 対象遺伝子は, 薬剤耐遺伝子が282種類, 可動性遺伝子が13種類 (インテグロン: 4種類, トランスポゾン: 9種類), および16S rRNAの296種類とした。

各条件における耐性遺伝子をqPCRによって検出した結果, 塩素無添加の試料から, 異なる抗菌薬に対する耐性遺伝子が125種類検出された (7月: 93種類, 8月: 103種類, 9月: 97種類)。中でも, 高頻度で検出された耐性遺伝子は, β -ラクタム (20-21種類), テトラサイクリン (13-17種類), およびアミノグリコシド (12-13種類) であった。これに対して, 塩素を添加した試料は, 耐性遺伝子数が減少し, 1.0 $\text{mg-Cl}_2/\text{L}$ の条件において, 5-90種類であった。さらに添加濃度を増加させた4.0 $\text{mg-Cl}_2/\text{L}$ の場合では, 6-24種類に減少した。そこで, 各試料中の耐性遺伝子を定量し, 耐性遺伝子の減少量を算出したところ, 4.0 $\text{mg-Cl}_2/\text{L}$ の塩素濃度において, $7.49 \times 10^4 \sim 3.92 \times 10^7$ copies/100 mLの減少が確認された。このことから, 塩素消毒によって薬剤耐性遺伝子の検出数と存在量は減少することが明らかとなった。今回検出された125種類の耐性遺伝子のうち, 119種類は塩素添加によって, 減少する傾向が認められた。その一方において, 6つの耐性遺伝子 (*dfrA1*, *tetPB-03*, *tetPA*, *ampC-04*, *tetA-02*, および*erm(36)*) は, 塩素添加によって増加することが確認された。中でも, 塩素濃度4.0 $\text{mg-Cl}_2/\text{L}$ における*dfrA1*と*tetPB-03*の存在量は, 塩素無添加と比較して, それぞれ10.09倍と10.06倍増加した。以上のことから, 下水処理における塩素消毒は, 一部の耐性遺伝子には選択圧として作用するものの, 大部分の薬剤耐性遺伝子の除去に効果的であると示唆された。

(2) Effects of full-scale beach renovation on fecal indicator levels in shoreline sand and water

Hernandez, R. J., Hernandez, Y., Jimenez, N. H., Piggot, A. M., Klaus., J. S., Feng, Z., Reniers, A. and Solo-Gabriele, H. M.

Water Research, **48**, 579-591 (2014).

Reviewed by K. Teranishi

アメリカフロリダ州南部のマイアミに位置する Hobie Cat Beach では、海水からふん便指標細菌が高濃度に検出されており、浜砂がその供給源であると報告されている。また、Hobie Cat Beach において、海岸侵食に伴う隣接する幹線道路へのアクセスの阻害が問題となったことから、養浜工が推進された。これまでに、養浜が浜砂中の細菌数に及ぼす影響を調査した報告例は見当たらない。そこで本研究では、Hobie Cat Beach の養浜前後における浜砂と海水中のふん便指標細菌数、ならびに浜砂中のバイオフィルム量の変動を調査した。調査は、2009 年 8 月から 2011 年 9 月にかけて実施し、期間を養浜前、養浜中、および養浜後に区分した（養浜前、2009 年 8 月～2010 年 6 月；養浜中、2010 年 7 月～10 月；養浜後、2010 年 11 月～2011 年 9 月）。浜砂は、地表からの深度が異なる 3 つのコア試料を採取した（表層コア、4 cm；Depth コア、13 cm；掘削コア、66 cm）。なお、掘削コアは養浜完了直後においてのみ採取し、5 cm ごとに区分した。対象とするふん便指標細菌は腸球菌とし、海水についてのみふん便性大腸菌群も計数した。各調査期間におけるふん便指標細菌数とバイオフィルム量の変動は、ANOVA 検定を用いて評価した。

養浜前後の表層コアと Depth コアにおける腸球菌数を調査した結果、両者ともに養浜前と比較して養浜後に有意に減少した ($P < 0.01$)。また、養浜中における腸球菌数は、大部分の調査日において検出限界値である 0.1 CFU/g 以下であった。掘削コアの腸球菌数についてみると、深度 0～13 cm においては、3.0 CFU/g 以下と極めて低濃度で検出された。これに対して、深度 15～36 cm では 7.0～16 CFU/g に増加していた。この要因として、養浜前の浜砂中における腸球菌が、養浜によって地中に埋没した後も生残していたことが考えられた。次に、養浜前後の海水中におけるふん便指標細菌を計数したところ、腸球菌数とふん便大腸菌群数はいずれも、養浜前と比較して養浜後に有意に減少した ($P = 0.02$)。さらに、各浜砂中のバイオフィルムは、養浜前 (5.2 $\mu\text{g/g}$) と比較して養浜後 (2.4 $\mu\text{g/g}$) に有意に減少した ($P = 0.02$)。以上のことから、バイオフィルム含有量の低い浜砂を養浜に用いることによって、ビーチの浜砂と海水中において高濃度に存在するふん便指標細菌数を効果的に減少できることが明らかとなった。

(3) A novel pilot-scale stacked microbial fuel cell for efficient electricity generation and wastewater treatment

Wu, S., Li, H., Zhou, X., Liang, P., Zhang, X., Jiang, Y. and Huang, X.

Water Research, **98**, 396-403 (2016).

Reviewed by T. Hirai

微生物燃料電池 (Microbial Fuel Cells, MFCs) は、有機物の化学エネルギーを転換する際、発電菌を触媒として利用する装置である。今後、MFCsを実用的な装置へと適用するには、MFCリアクターの規模を拡大する必要がある。しかし、大規模なMFCは、抵抗の増加や発電に不要な容積の増大によって、MFCの電力密度が大きく低下すると報告されている。そこで本研究では、内容量72 Lのスタック型MFC (Stacked MFC, SMFC) を構築し、回分処理と連続運転の条件のもと、直列回路と並列回路の電力密度とCOD濃度を測定した。SMFCは、アノードチャンバー、陽イオン交換膜、カソードチャンバー、陽イオン交換膜の順に11層となるよう交互に積み重ねた。なお、SMFCは、5つの回路を組み合わせた構造になっており、流入口側からそれぞれMFC1, MFC2, MFC3, MFC4, MFC5とした。アノードチャンバーとカソードチャンバー内には、バイオフィルムの付着面積を広げるために粒状活性炭を充填した。基質には、アノード溶液 (CH_3COONa , 0.27~1.64 g/L; NH_4Cl , 0.31 g/L; KH_2PO_4 , 4.4 g/L; $\text{K}_2\text{HPO}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$, 3.4 g/L) とカソード溶液 (NaHCO_3 , 1.92 g/L; NH_4Cl , 0.31 g/L; KH_2PO_4 , 4.4 g/L; $\text{K}_2\text{HPO}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$, 3.4 g/L) を使用した。なお、種源には、あらかじめ運転していた微生物脱塩電池の電解液を使用した。SMFCの運転期間中は、48時間ごとに全ての電解液を入れ替える作業 (回分処理) を行った。実験終了後、SMFCの水理学的滞留時間を 1.25 h^{-1} とした連続運転に切り替えた。

運転開始直後におけるSMFCの直列回路と並列回路の最大電力密度は、それぞれ $50.4 \pm 2.1 \text{ W/m}^3$ と $47.2 \pm 1.3 \text{ W/m}^3$ であった。並列回路の外部抵抗を 100Ω 以上にした場合、MFC1とMFC2は負の電流値を記録した。また、外部抵抗値の増加、あるいは長期間の運転によって、負の電流値は増加する傾向を示した。その結果、2ヶ月間後の並列回路の最大電力密度は、 50.9 W/m^3 であり、同じ条件の直列回路と比較して、約 9 W/m^3 下回った。一方で、SMFCを並列回路で運転した際、運転開始3時間後において、COD濃度は 1200 mg/L から 700 mg/L まで低下し、48時間後には97%のCOD除去率を記録した。連続運転の条件では、流入水のCOD濃度を 200 mg/L から 800 mg/L へ増加した際に、電力密度が 25.6 W/m^3 から 42.1 W/m^3 へ増加した。以上の結果から、粒状活性炭を充填したSMFCは、電力密度やCOD除去率のいずれも高い性能を示すことが確認された。

第 248 回雑誌会

(Jul. 20, 2016)

(1) Owens Lake dune fields : Composition, sources of sand, and transport pathways

Lancaster, N., Baker, S., Bacon, S. and McCarley-Holder, G.

Catena, **134**, 41-49 (2015).

Reviewed by T. Itakiyo

乾燥・半乾燥地域における砂丘は、起源エリア、輸送経路、および堆積環境から成る砂輸送システムによって形成される。これら輸送システムの動態は、堆積砂の粒径や、風による運搬によって支配される。カリフォルニア州に位置するオーウェンズ湖は、北東地域と南地域に砂丘が形成されているが、砂丘形成の起源や輸送経路の解明については、詳細な研究がなされていない。そこで本研究では、オーウェンズ湖に位置する主要な砂丘と周辺流域を対象として、粒径と鉱物の組成を分析し、砂丘の起源と輸送経路を調査した。試料は、河川 1 地点 (Owens River)、砂丘 6 地点 (Swansea Dune, Keeler Dune, Lizard Tail Dune, Keeler-Sulphate Dune, Southeast Flat Rock Dune, Olancha Dune)、および枯れ川 3 地点 (Coso Wash, Cotton Wood Wash, Keeler Fan Wash) の計 10 地点からを採取した。各試料について、粒径を測定し、粉末 X 線回折 (XRD) 分析によって鉱物組成を評価した。さらに、風の観測データをもとに砂輸送過程の推定を行った。

全試料の粒径を測定したところ、粒径の平均値は、133-511 μm であった。また、XRD 分析によって鉱物の同定を行った結果、砂丘の全試料において石英 (平均 47%)、長石 (平均 46%)、および微量の方解石と角閃石が同定された。砂試料中の石英と長石の含有率から、オーウェンズ湖流域の砂丘は、花崗岩によって構成されていると考えられた。オーウェンズ湖流域の砂丘に花崗岩を供給する地域は、西から北にかけて位置する Sierra Nevada と南に位置する Coso Range であると推察され、両地域が砂供給の起源になると示唆された。また、湖の北東に位置する砂丘である Swansea Dune と Keeler Dune は、湖の北に流入する Owens River と鉱物の含有率が類似した。このことから、湖の北東地域の砂丘は、Owens River を経由して堆積したと考えられた。これに対して、湖の南側に位置する Olancha Dune における鉱物の含有率を測定した結果、石英と長石の平均値がそれぞれ 55.3% と 39% であり、Owens River と比較して石英が約 16% 高く、長石が約 19% 低い傾向を示した。このことから、湖の南地域の砂丘は、北東地域とは異なり、湖の南に流入する Coso Wash を経由して堆積した可能性が高いと考えられた。さらに、Owens River と Coso Wash を経由して堆積した砂は、風の影響を受け、オーウェンズ湖の南東方向と南西方向に運搬され、堆積することが明らかとなった。以上のことから、オーウェンズ湖の砂丘は、周辺地域の花崗岩が河川を經由して堆積し、風の影響によって砂が運搬され、形成されることが考えられた。

(2) Highly sensitive and rapid determination of *Escherichia coli* O157:H7 in minced beef and water using electrocatalytic gold nanoparticle tags

Hassan, A.-R. H. A.-A., De la Escosura-Muniz, A. and Merkoci, A.

Biosensors and Bioelectronics, **67**, 511-515(2015).

Reviewed by T. Ueda

現在、食物や水試料中の大腸菌 O157:H7 の検出ならびに定量は、選択培地を用いた培養法によって行われている。しかしながら、培養法は多大な時間と専門的な研究施設を必要とする。その一方で、近年、ナノ粒子標識とその他のナノマテリアルを組み合わせた、高感度で迅速かつ正確に病原細菌を検出できるバイオセンシング技術が普及し始めている。そこで本研究では、金ナノ粒子 (AuNPs) の電極触媒特性ならびに免疫磁気ビーズ (MBs) を組み合わせた電気化学的バイオセンシング技術の開発を行った。試料は、大腸菌 O157:H7 (CECT4783) を異なる濃度 ($0\sim 10^7$ CFU/mL) で接種した牛肉抽出液、水道水、およびリン酸緩衝液 (PBST) とした。大腸菌の検出ならびに定量は、ボルタンメトリー法によって行った。ボルタンメトリー法とは、触媒に電位を印加することで酸化還元反応を促進し、生成する電流値から物質濃度を算出する分析法である。各試料 150 μ L について、MBs を用いて大腸菌 O157:H7 の捕捉・分離を行った後、AuNPs と大腸菌 O157 抗体の結合剤を添加し、菌と結合させた。次に、AuNPs に一定の電圧 (-1.00 V) を 100 秒間加え、カソードに生成した電流値を測定した。また、得られた検出結果を従来法と比較し、本手法の検出感度と迅速性を評価した。さらに、本手法の再現性を評価するために、大腸菌を同一濃度 (5×10^2 CFU/mL) で摂取した 5 つの PBST について、同一条件下での電流値を測定した。

大腸菌を異なる濃度 ($0\sim 10^7$ CFU/mL) で接種した牛肉抽出液、水道水、および PBST の電流値を測定したところ、いずれの試料も菌株の濃度が $10^2\sim 10^5$ CFU/mL の範囲において、濃度の増加に伴って電流の値が増加した。牛肉抽出液、水道水、および PBST の検出限界値は、それぞれ 457, 309, および 148 CFU/mL であった。市販の検出キットにおける検出限界値 ($\leq 10^5$ CFU/mL) と比較したところ、200~1000 倍程度希薄な濃度の試料についても検出できることがわかった。また、本手法はサンプリングから定量に要する時間が約 9 時間であり、培養に 24 時間を必要とする培養法と比較して、非常に優れていた。さらに、本手法の再現性を評価したところ、5 つの PBST サンプルの相対標準偏差は 4.7% と誤差が小さかったことから、良好な再現性が認められた。以上のことから、金ナノ粒子と免疫磁気ビーズを組み合わせた電気化学的バイオセンシング技術は、食品や水試料中の大腸菌を迅速かつ高感度に検出し定量できることが示された。

第 249 回雑誌会

(Jul. 28, 2016)

(1) Inactivation, reactivation and regrowth of indigenous bacteria in reclaimed water after chlorine disinfection of a municipal wastewater treatment plant

Li, D., Zeng, S., Gu, A. Z., He, M., and Shi, H.

Journal of Environmental Science, **25**(7), 1319-1325 (2013).

Reviewed by R. Hashimoto

人口増加や水資源の枯渇に伴い、下水処理放流水の再利用が積極的に行われている。下水の消毒法には、一般的に塩素処理が用いられているものの、処理水から病原性細菌が検出されている。しかしながら、塩素消毒によって、処理水に存在する細菌への影響を調査した研究は少ない。そこで本研究では、下水処理水を対象として、塩素消毒による細菌の不活性化、再活性化、および再増殖について調査した。試料は、中国北京の下水処理場において、二次処理水を採取した。試料中に存在している大腸菌群、腸球菌、およびサルモネラを対象として、以下の実験を行った。塩素消毒実験は、試料の初期濃度を 0.2~3.0 mg Cl₂/L に調整して 30 分間暴露し、暴露前後の各細菌数から不活性化率を算出した。再増殖実験と再活性化実験は、原水と塩素添加試料 (4.8, 9.3, 21.9, 43.45, 69.3 (mg·min)/L) を室温 (20°C) で 24 時間暗所保存した後、各細菌数を測定した。再増殖は、実験開始前後の各細菌数の変動値を比較することによって評価した。再活性化は、実験開始前後の細菌の細胞数をフローサイトメトリー法によって計数し、細胞密度から評価した。

塩素消毒実験によって、大腸菌群、腸球菌、およびサルモネラが 3 log₁₀ の不活性化に必要な塩素投与量を推定したところ、それぞれ 21.7, 18.5, および 52.6 (mg·min)/L であった。このことから、サルモネラは、他の指標細菌と比較して、塩素耐性を有することがわかった。再増殖実験を行った結果、原水のサルモネラの菌数は 24 時間後に、0.4 log₁₀ 増加した。それに対して、他の指標細菌と細胞数は減少した。また、試料中の大腸菌群と腸球菌は、塩素投与量の増加に伴って減少し、44 と 69 (mg·min)/L において再増殖は確認されなかった。その一方で、サルモネラは、塩素投与量を 69 (mg·min)/L とした場合も細菌数は減少せず、他の指標細菌と比較して、再増殖能が高いと推察された。各細菌の再活性化を評価したところ、塩素投与量を増加するに伴って、細胞数密度は小さくなり、細菌の再活性化は低下した。次に、塩素投与による各細菌の存在割合の推移を調べたところ、投与量が 21.9 (mg·min)/L 以上の場合には、原水と比較して、各細菌の割合は 0.001%未満となった。しかしながら、塩素を添加後、24 時間放置した試料中の大腸菌群とサルモネラの存在割合は、それぞれ 0.02%と 0.045%に増加した。以上のことから、塩素処理後の処理水中でも、サルモネラなどの病原性細菌のリスクは存在していると考えられた。

(2) Use of matrix-assisted laser desorption/ionization-time of flight (MALDI-TOF) mass spectrometry for bacterial monitoring in routine analysis at a drinking water treatment plant.

Comorera, L.S., Vilaro, C., Galafre, B. and Blanch, A. R.

International Journal of Hygiene and Environmental Health, in press (2016).

Reviewed by T. Matsuwaki

欧州の浄水施設では、生化学性状に基づいて微生物に関する定期的な水質の検査を行っている。しかしながら、浄水施設から供給される処理水には、多種の細菌が存在しており、これらの細菌が人に及ぼす生理学的影響に関する知見は少ない。そこで本研究では、細菌を迅速かつ正確に同定できる MALDI-TOF MS を用いて、処理水から検出された細菌の菌種同定試験を行った。試料は、スペインの Snat Joan Despi に位置する浄水施設から採取した処理水とした。処理水をフィルターに通水し、生育したコロニー (277 株) を MALDI-TOF MS で測定した。その後、Biotyper 2.0 を用いて菌種同定を行った。また、PhenePlate™ system を用いて、異なるグループに分類した 120 株について 16S rRNA 遺伝子に基づく菌種同定試験を行った。さらに、PhenePlate™ system によって分類した各グループから 1 株ずつ選択し (28 株)、API 20NE による菌種同定試験を行った。そして、これらの菌種同定試験結果を比較し、MALDI-TOF MS の菌種同定精度を評価した。

MALDI-TOF MS を用いた菌種同定試験の結果、種レベルで 39% (108/277 株)、属レベルで 26% (72/277 株) が同定された。また、16S rRNA 遺伝子による同定で対象とした 120 株の内 79 株は、MALDI-TOF MS においても同定され、同定結果の一致率は 78% (62/79 株) であった。その一方で、API 20NE によって同定された 12 株と 16S rRNA 遺伝子による同定結果との一致率は、50% (6/12 株) であった。このことから、MALDI-TOF MS は、API 20NE と比較して、高精度で細菌を同定できることが示唆された。しかしながら、*Chryseobacterium* 属、*Flavobacterium* 属、*Lysinibacillus* 属、*Bergeyella* 属、*Cloacibacterium* 属、および *Hydrogenophaga* 属の MALDI-TOF MS と 16S rRNA 遺伝子による同定結果の一致率は、19% (11/57 株) となり、極めて低い値を示した。この要因として、*Chryseobacterium* 属、*Flavobacterium* 属、および *Lysinibacillus* 属はグラム陽性菌であり、タンパク質のイオン化が困難であること、*Bergeyella* 属、*Cloacibacterium* 属、および *Hydrogenophaga* 属は、データベースの不足が推察された。以上の結果から、MALDI-TOF MS は処理水中の細菌を高精度に同定可能であるが、グラム陽性菌やデータベースが不足している菌種を対象とした場合は、同定が困難であることが明らかとなった。

(3) A one-step electrochlorination/electroflotation process for the treatment of heavy metals wastewater in presence of EDTA

Khelifa, A., Aoudj, S., Moulay, S. and De Petris-Wery, M.

Chemical Engineering and Processing, **70**, 110-116 (2013).

Reviewed by B. Maralmaa

Electroflotation (EF) process is making advances into the separation field, particularly in the separation of heavy metals, oils and surfactants. The electrogeneration of gas bubbles (oxygen and hydrogen), which are formed at the electrodes, allows the precipitation of hydroxides of the contaminating metals by alkalization and successive transport by flotation to the surface of the solution. Also, electrochlorination (EC) has been considered as an applicable process for the degradation of many organic pollutants such as cyanide and ethylenediaminetetraacetic acid (EDTA), which is used for removal of heavy metals. In this study, possibility of simultaneous removal of heavy metals (copper and nickel) with EDTA using electrolytic chlorination and flotation process was investigated. The removal efficiency of nickel and copper by EF process using ruthenium oxide-coated titanium (Ti/RuO₂), stainless steel electrodes and the behavior of this system in presence of organic chelating agent (EDTA) were studied in case of without chloride. After that, the feasibility of combining EC and EF in one-compartment cell for removal of Cu and Ni was examined. Furthermore, effects of chloride concentration, current intensity on the removal efficiency of heavy metals were examined, and species distribution diagrams as a function of pH were calculated for nickel and copper (MEDUSA software).

The results showed that nickel and copper removal by EF process were sensitive for pH variation in absence of EDTA. The removal efficiencies of Ni and Cu were 99.6% and 97%, respectively. In presence of EDTA, the metal removal by the EF process was inhibited due to depending on EDTA/metal molar ratio. In situ generated active chlorine allowed the decomplexation of Me-EDTA in the one-step EC and EF process. And then, free metal ions were removed by precipitating and subsequent floating with the bubbles generated by electro. The obtained results revealed that, under the condition of 0.6 EDTA/metal molar ratio, the removal efficiencies of Ni and EDTA were 77% and 78%, respectively. In the case of Cu-EDTA solutions, the removal efficiencies of Cu and EDTA were 89% and 96%, respectively. As these results, the removal efficiency of heavy metals based on the one-step electrochlorination/electroflotation process was affected by chloride content and current intensity.

第 250 回雑誌会

(Aug. 3, 2016)

(1) 愛知県豊川における瀬の物理特性と底生動物現存量

小林 草平, 中西 哲, 尾嶋 百合香, 天野 邦彦

陸水学雑誌 71, 147-164 (2010).

レビュー：白坂 厚大

河川における底生動物の現存量は、流速や河床礫などの物理特性に強く影響される。しかしながら、瀬ごとに物理特性を評価した上で、底生動物の群集構造や現存量の違いを議論している研究は少ない。そこで本研究では、流程を平野部、峡谷部、山間部、山地部に分類し、異なる流程における瀬の物理特性と底生動物群集の比較を行った。さらに、底生動物の河床生息型を、摂食機能や河床利用形態から区分した。調査を 2007 年 3 月、8 月、11 月、2008 年 2 月にかけて行った。調査地点を、愛知県豊川の本川において縦断的に 14 地点設定した。底生動物のサンプリングは、30 cm×30 cm のコドラート付きサーバーネットを用いて、1 地点につき 3 回行い、現存量を測定した。瀬の物理特性は、流速、河床礫径および礫の動きにくさから設定した。平水時の流速は、水位観測所の平水流量とレベル測量による瀬の水面幅と、水面勾配から Manning 式を用いて推定した。河床の代表礫径は、1 地点につき 50 個以上の礫の平均とした。礫の動きにくさは、年最大流量時における摩擦速度を地点ごとに算出した後、その摩擦速度によって動き得る礫径を計算し、各地点において観測された河床礫径との比から表現した。現存量(g/m^2)は、底生動物サンプルの乾燥重量を計測し、採集面積で除して求めた。また、属レベルまで同定したサンプルを付着物食者、濾過食者、堆積物食者、捕食者に分類し、さらにそれらを礫面-固着巢型、礫間-固着巢型、礫下砂-固着巢型、礫面-可携巢型、礫面-自由型、礫間-自由型、礫下砂-潜入型に分類した。

河床礫径は、平野部と比較して山地部の地点において大きい傾向を示した。しかし、礫の動きにくさは平野部において河床が安定していた。底生動物が全調査地点から 158 分類群（属または科）確認され、現存量の年間平均は平野部において最も大きく、次いで山間部において大きかった。また、摂食機能群別で現存量をみると、付着物食者は平野部、濾過食者は平野部と山間部において大きい傾向を示した。底生動物の河床生息型区分を考慮すると、平野部において、礫面-固着巢型や礫下砂-固着巢型等の安定した河床環境を好むグループが優占していた。一方、山地部では、礫間-固着巢型、礫間-自由型など礫間の空隙を利用するグループが優占していた。以上より、底生動物現存量および群集構造に影響する瀬の物理特性は、平野部において河床安定性、

山間部において礫の大きさに伴う礫間空隙量であることが示唆された。

(2)下水汚泥のベルトプレス脱水における重力沝過ケーキの強度と脱水特性との関係

五十嵐 千秋

化学工学論文集, **14**, 698-702 (1988).

レビュー：大幸 和佳奈

汚泥のベルトプレス型脱水は、重力沝過ケーキの強度が不十分な場合、脱水性能の低下に繋がる可能性がある。そのため、汚泥の凝集脱水操作における重力沝過ケーキの強度と脱水性能に関する知見は重要である。その一方で、ブレイク点（有機高分子凝集剤が汚泥中に残留しはじめる添加率）において、凝集汚泥の重力沝過速度が極大になり、圧搾脱水ケーキの含水比が極小になることが報告されている。そこで本研究では、重力沝過ケーキの強度と凝集剤添加率の関係を実験的に検討し、ベルトプレス脱水特性（重力沝過速度および脱水ケーキの含水比）と重力沝過ケーキ強度の関係性を調査した。試料は、標準活性汚泥法によって処理された都市下水処理場の混合生汚泥とした。凝集剤は、高分子量カチオンポリマー3種、低分子量カチオンポリマー1種、および高分子量アニオンポリマー1種とした。凝集脱水試験は、試料に各凝集剤を異なる添加率（ブレイク点を含む）で凝集処理した後、重力沝過と圧搾脱水を行った。そして、重力沝過速度と圧搾脱水ケーキの含水比を求めた。また、このときに得られた重力沝過ケーキについて、棒貫入試験法によって、重力沝過ケーキの強度指標である無次元貫入量と圧縮指数（ Cc^* ）を算出した。なお、凝集プロセスにおいては、高分子量カチオンポリマーを単独で添加する場合と、低分子量カチオンポリマーと高分子量アニオンポリマーを併用して添加する2通りの手法を用いた。

高分子量カチオンポリマーを単独で用いた凝集脱水試験の結果、ブレイク点において重力沝過ケーキの強度と重力沝過速度は極大であり、脱水ケーキの含水比は極小であった。また、低分子量カチオンポリマーと高分子量アニオンポリマーを併用した場合、アニオンポリマーの添加率を可変させた場合も、高分子量カチオンポリマーを単独で用いた場合と同様の結果となった。これらのことから、重力沝過ケーキの強度を増大し、脱水ケーキの含水比を低下させるためには、ポリマー添加率をブレイク点となるように薬注条件を制御する必要があると考えられた。しかしながら、低分子量カチオンポリマーの添加率を可変させた場合、脱水ケーキの含水比はブレイク点において極小となったにもかかわらず、重力沝過ケーキの Cc^* は、ブレイク点を越えた添加率において、わずかに低下した。これは、重力沝過ケーキの強度がブレイク点において極大を示さなかったことを意味する。このことから、圧搾脱水ケーキの含水比と Cc^* は必ずしも関係性はなく、

Cc*以外のその他の因子が脱水特性に大きな影響を及ぼしていることが示唆された。

(3) 福井県内における人および鶏肉由来基質特異性拡張型 β ラクタマーゼ産生大腸菌の分子疫学的解析

石畝 史, 永田 暁洋, 鈴木 里和, 山崎 史子, 望月 典郎, 荒川 宜親
日本獣医公衆衛生学会誌 **63**, 883-887 (2010).

レビュー：西村 恵美

基質特異性拡張型 β -ラクタマーゼ (ESBL) 産生大腸菌は、ペニシリン等の β -ラクタム系抗菌薬や第3世代セファロスポリンに対して耐性を示す。その ESBL には様々な型が存在し、中でもセフトキシム (CTX) に対して高度耐性を付与する CTX-M 型が流行している。ESBL 産生大腸菌のヒトへの感染源として、鶏肉を介したルートが重要視されているが、我が国の鶏肉を対象とした ESBL 産生大腸菌の調査例は少ない。そこで本研究では、鶏肉から大腸菌を分離し、CTX-M 型 β -ラクタマーゼ遺伝子を保有する ESBL 産生大腸菌の分布状態を調査した。試料は、福井市内で購入した鶏肉 43 検体 (国内産 37 検体, 外国産 6 検体) とし、鶏肉から分離した大腸菌 37 株 (国内産 36 株, 外国産 1 株) を鶏肉由来株とした。また、福井県内の散発下痢患者から分離した大腸菌 25 株を患者由来株とした。各大腸菌株について、生化学的性状と血清型別を調べた後、ディスク法によって 12 種類の抗菌薬に対する薬剤感受性を評価した。また、PCR 法によって、CTX 耐性株が保有する *bla*_{CTX-M} の保有率と型別を判定した。さらに、*bla*_{CTX-M} 型とキノロン耐性決定領域 (QRDR) を対象としたシーケンス解析によって、鶏肉由来株と患者由来株の分子疫学的性状を比較した。

鶏肉由来大腸菌 37 株と患者由来大腸菌 25 株について薬剤感受性試験を実施した結果、それぞれ平均 6.6 剤と 7.2 剤の抗菌薬に耐性を示した。中でも、鶏肉由来株の第三世代セファロスポリンに対する MIC 値は、患者由来株と比較して有意に高かった ($P < 0.01$)。また、PCR 法による *bla*_{CTX-M} の検査において、鶏肉由来株と患者由来株から、それぞれ 16 株と 22 株が検出された。*bla*_{CTX-M} 陽性株の血清型別は、鶏肉由来株では O78:H9 と O25:H4 が主要であったのに対し、患者由来株では O1:H6, O25:H4, および O86a:H18 の 3 種が 59% (13 株) を占めた。そこで、共通の血清型であった O25:H4 株について、CTX-M 型の型別を判定した。その結果、鶏肉由来株は CTX-M-3 であったが、患者由来株は CTX-M-14 と CTX-M-27 であった。また、QRDR のシーケンス解析によって、患者と鶏肉由来 ESBL 産生大腸菌株間を比較したところ、明確な関係性は認められなかった。以上のことから、鶏肉から ESBL 産生大腸菌が検出されたものの、鶏肉がヒトへの感染源と

なったという直接的な証拠は得られなかった。

第 251 回雑誌会

(Aug. 31, 2016)

(1) 群知能最適化手法を用いた分布型流出モデルのパラメーター同定

小槻 峻司, 田中 賢治, 小尻 利治, 浜口 俊雄

土木学会論文集 B1(水工学), **68**, 523-528 (2012)

レビュー: 金山 祐太

流出計算のパラメーターは経験的に決定される事が多いが、客観的指標から同定することを目的として最適化手法を用いる事例が増えてきている。最適化手法の一つとして、収束速度が速い群知能最適化手法 (PSO) が挙げられる。しかし、分布型流出モデルのパラメーター同定に PSO が用いられた例はない。そこで本研究では、阿武隈川を対象流域として、PSO を分布型流出モデルのパラメーター同定に用いて有効性を評価した。落水線情報は GDBD (Global Drainage Basin Database) によって計算を行った。気象データは、AMeDAS および地上気象観測データによって作成した。蒸発散量は、SiBUC から出力されたデータを用いた。PSO の計算手順は、制約条件を満たすパラメーター数の設定、全パラメーターの解析、移動ベクトルの算出、パラメーターベクトルの算出の手順に従って、繰り返し計算を行った。パラメーター同定は、パラメーター感度の違い、ならびに、パラメーター数が収束に与える影響を検討するため、3 層のタンクモデルに関するパラメーターが 3 つの場合と 5 つの場合、畑地・森林・河川の流出率と粗度に関するパラメーターが 3 つの場合と 5 つの場合の計 4 通りの同定を行い、評価した。加えて、一回の計算負荷を減らすため、粒子数を 10, 25, 50, 100, 250, および 500 とし、それぞれ初期パラメーターを 24 通り発生させて収束させた。

PSO によってパラメーター同定を行った結果、収束に要した繰り返し計算数は、感度が高いほど多く要することが推察された。さらに、各粒子数における 24 通りの計算から、局所解に陥る割合を算出したところ、感度が高いタンクのパラメーターにおいてその割合が高まり、さらに粒子数を増やした場合にも、局所解に陥るリスクが存在した。また、感度が低い畑地・森林・河川に関するパラメーターは、パラメーターの同定に要する繰り返し計算数が少なくなると考えられた。以上より、パラメーターが 5 つ程度の場合、感度の高いパラメーターの同定の計算回数を最大値として見積もり、粒子数 100 以上、繰り返し計算数 25 回程度が同定に必要な指標を得た。PSO は分布型流出モデルのパラメーター同定に適用可能であることがわかった。パラメーター同定は、観測状況と同定パラメーターの関係性を見つける重要な作業であり、例えば、土壌物理データと同定パラメーターの関係法則を見つけ、水文貧観測地域に適用する等の応用が有意義である。

(2) 食肉、野菜および環境に分布する大腸菌群の同定

形部 陽宅, 香取 幸治, 田中 大祐, 細呂 木志保, 磯部 順子, 木全 恵子, 永井美之

日本食品微生物学会雑誌, 20(4), 197-202 (2003).

レビュー: 西川 由梨

食品製造施設では、食品中のふん便による汚染を確認するために、大腸菌群を対象とした調査が実施されている。しかしながら、食品から検出される大腸菌群の中には、環境中に存在する細菌が含まれている可能性があり、食品のふん便汚染を評価するためには、大腸菌群を菌種レベルまで同定する必要がある。そこで本研究では、食品中の大腸菌群とふん便性大腸菌群の分布実態とその構成菌種について調査した。さらに、食品から検出される大腸菌群の大部分は低温発育性を示すことから、環境材料とふん便中の低温性大腸菌群の分布状況も調査した。試料は、2000年4~5月にかけて、量販店から購入した食品 191 検体（食肉 53 検体、野菜 138 検体）、環境材料 47 検体（河川水 25 検体、土壌 22 検体）、および食品関連事業所従業員 120 名のふん便を用いた。食品検体は、乳糖ブイヨンにて増菌培養を行い、培養液を用いて病原性大腸菌の検出を試みた。また、各食品検体の培養液は、BGLB 培地と EC 培地を用いて大腸菌群とふん便性大腸菌群を検出した。低温性大腸菌群の検出は、環境材料とふん便試料を BGLB 培地で培養後、5~7°C でコロニーを形成したのものとした。検出した各菌株について、API20E によって大腸菌群の菌種を同定した。

食肉 53 検体における大腸菌群、ふん便性大腸菌群、ならびに病原性大腸菌の検出率は、それぞれ、92%、49%、0%であった。野菜 138 検体における大腸菌群、ふん便性大腸菌群、ならびに病原性大腸菌の検出率は、それぞれ、68%、28%、0%であった。食品と野菜はいずれも、ふん便性大腸菌群と比較して、大腸菌群の方が検出率は高かった。また、病原性大腸菌は、食肉、野菜のどちらからも検出されなかった。各食品検体から分離された大腸菌群 206 株について菌種同定を実施した結果、16 菌種が同定され、*Escherichia coli*、*Klebsiella pneumoniae*、*Klebsiella oxytoca*、および *Citrobacter freundii* が優占菌種であった。その一方で、ふん便性大腸菌群 71 株は、5 つの菌種に同定され、大部分が *E. coli* であった。次に、河川水、土壌、およびふん便試料における低温性大腸菌群の検出率は、それぞれ、88%、73%、58%であった。各試料から分離した低温性大腸菌群 137 株は、11 菌種に同定され、*C. freundii*、*K. pneumoniae*、および *K. oxytoca* が優占菌種であった。以上の結果から、食肉、野菜類から検出された大腸菌群の大部分は、環境材料からも検出される低温性大腸菌群であり、大腸菌群を用いた評価では、ふん便汚染を過大評価する可能性がある。

(3) 化学組成および粒度分布に基づいた東京湾の底質分布

岡田 和也, 大淵 敦司, 古川 恵太

土木学会論文集 B2(海岸工学) 69,(2) I_1121-I_1125 (2013).

レビュー：宮園 昂

港湾における底泥の輸送は、港湾機能の維持のみではなく、環境の視点からも適切な管理が必要とされている。また、底泥における微細粒子の輸送源や堆積特性を把握することは、底泥の管理において重要である。底泥輸送に関して、底泥の粒度分布および化学組成を用いることによって、由来毎の特徴を把握できる可能性が示されている。そこで本研究では、底泥の粒度分布と化学組成を用いて、東京湾広域の底泥分布図を作成し、底泥分布の特徴について調査した。試料は、東京湾沿岸：112 地点、東京港：151 地点、川崎：164 地点および、東京湾内：21 地点の計 449 地点から採泥した。採泥した試料の粒度分布は、レーザー回折・散乱式粒子径分布測定装置を用いて測定した。測定した粒度は、エントロピー法によってシルト、細砂混じりのシルト、極細砂混じりシルト、および中砂が卓越する砂混じりシルトに分類した。また、化学組成はシルト成分と砂成分を対象に、波長分散型蛍光 X 線装置を用いて分析した。さらに、粒度分布の分類と化学組成のグループについて、分布図を作成し、東京湾内の分布の特徴を考察した。

粒度分布をエントロピー法によって分類した結果、底泥中のシルトが卓越する地点が東京湾の広範囲に分布していた。一方で、細砂混じりのシルト、極細砂混じりシルト、および中砂が卓越する砂混じりシルトは、運河や河口に点在した。シルト成分の化学組成についてクラスター解析を実施した結果、隅田川河口、荒川河口、江戸川河口、東京港内および京浜運河（東京都側）が同じグループ（Cs₁）に分類された。このことから、Cs₁に分布するシルトと粘土は、隅田川、荒川、および江戸川を由来とすることが推測された。また、多摩川河口、京浜運河（川崎側）の川崎航路、海老取川、昭和島周辺が同一のグループ（Cs₂）に分類された。このことから、Cs₂に分布するシルトと粘土は多摩川に由来し、海老取川や川崎航路によって、多摩川河口から南北に輸送されることが推察された。次に、砂成分の化学組成についてクラスター解析を実施した結果、京浜運河（東京都側）の昭和島周辺、多摩川河口、京浜運河（川崎側）が同一のグループに分類された。特に、多摩川周辺に分布が集中したことから、多摩川を由来とする砂は、シルト・粘土と同様に南北に分布し、南側ではシルト・粘土よりも広範囲に分布することが考えられた。以上の結果から、粒度分布と化学組成に基づいて、東京湾の主要河川からのシルト成分、および砂成分の分布範囲と輸送経路が推測された。

第 252 回雑誌会

(Sep. 8, 2016)

(1) Antibiotic resistance, efflux pump genes and virulence determinants in *Enterococcus* spp. from surface water systems

Molale, L.G., and Bezuidenhout, C.C.

Environmental Science and Pollution Research, doi 10.1007/s11356-016-7369-7 (2016).

Reviewed by M. Nishiyama

水環境における薬剤耐性や病原遺伝子を有する細菌の存在は、親水域利用者に対して重篤な細菌感染症を発症させるリスクがある。腸球菌は環境中に普遍的に存在する細菌でありながら、病原性を有し、日和見感染症を発症させる院内感染原因菌でもある。本研究では、南アフリカの河川流域を対象として、腸球菌の抗菌薬に対する薬剤感受性を評価し、薬剤耐性に関連する排出ポンプ遺伝子と病原遺伝子の保有率について調査した。試料は、南アフリカのノースウェスト州を流下する4つの河川 (Vaal, Harts, Schoonspruit, Mooi) と湖 (Barberspan) から採取した。採取した試料は、MF法によって菌株を単離し、単離した菌株について、16s rRNAに基づくシーケンス解析によって腸球菌種を同定した。同定した腸球菌株について、Disk法によって薬剤感受性試験を実施した。また、薬剤耐性機構のひとつである排出ポンプ遺伝子として、*mefA*, *tetK*, *tetL*, *msrC* を検出した。さらに、腸球菌の病原遺伝子である *asa1*, *cylA*, *esp*, *gelE*, *hyl* の検出を試みた。

全ての調査地点から単離した腸球菌 124 株は、7つの腸球菌種に同定された ; *E. faecium* 30 株, *E. faecalis* 37 株, *E. mundtii* 36 株, *E. casseliflavus* 14 株, *E. gallinarum* 5 株, *E. hirae* 1 株, *E. sulfureus* 1 株。薬剤感受性試験の結果、ペンシリンとバンコマイシンに対して耐性を示した腸球菌株が、それぞれ 70% と 69% 検出され、単離菌株の大部分が耐性を示した。次いで、エリスロマイシンとテトラサイクリンに対して耐性を示す腸球菌株が多く検出された。(それぞれ、55% と 48%)。次に、腸球菌株における排出ポンプ遺伝子の保有率を調査したところ、*mefA* と *tetK* は全ての腸球菌株から検出されなかった。しかしながら、*tetL* と *msrC* を保有する腸球菌が検出され、それぞれ 7% (9 株) と 12% (15 株) であった。さらに、排出ポンプ遺伝子である *tetL* と *msrC* の保有菌株について、病原遺伝子を検出した結果、86%の菌株が *asa1*, *cylA*, *gelE*, ならびに *hyl* のいずれかの病原遺伝子を保有していた。河川ごとに病原遺伝子の検出数を調査したところ、Mooi River と Schoonspruit River から単離した腸球菌株からは、4つの病原遺伝子が検出された。その一方で、Harts River と Vaal River から検出された病原遺伝子は、2つであり、河川間で病原遺伝子の検出数は異なった。以上のことから、南アフリカの河川流域には、薬剤耐性腸球菌が存在し、一部は薬剤排出ポンプと病原遺伝子病原因子の両遺伝子を有した。

(2) Microbial release from seeded beach sediments during wave conditions

Phillips, M. C., Feng, Z., Vogel, L. J., Reniers, A., Haus, B. K., Enns, A. A., Zang, Y., Hernandez, D. B. and Solo-Gabriele, H. M.
Marine Pollution Bulletin, **79**, 114-122 (2014).

Reviewed by K. Teranishi

近年、レクリエーションビーチの浜砂中に生残するふん便細菌による海水汚染が問題となっている。また、浜砂から海水への汚染要因の一つとして、波浪によって浜砂中のふん便細菌が海水中へ放出していることが挙げられる。しかしながら、浜砂に存在するふん便細菌が波浪作用によって海水の水質に与える影響を評価した報告は極めて少ない。そこで本研究では、波動水槽内 (15 m×1 m×1 m) に人工ビーチを作成し、波浪作用に伴う浜砂中のふん便細菌の挙動を調査した。アメリカフロリダ州に位置するマイアミビーチを対象として、300 L の浜砂を人工ビーチの作成に用いた。人工ビーチのスケールモデルの条件を以下に示す：波高、1.9～10.5 cm；波の周期、1～2.7 sec；砂浜の勾配、3.7 度；滅菌海水面の水位、40 cm；最大砂浜高さ、42 cm。対象とするふん便指標細菌は腸球菌とし、濃度が 10^5 CFU/100 g となるように浜砂に接種した (Seeded sand)。なお、Seeded sand は人工ビーチの幅 20 cm の区間にのみ配置した。そして、実験開始から 10 分間は 2 分ごと、それ以降は 5 分ごとに 30 分間にわたって、人工ビーチから海水と浜砂を採取し、腸球菌数を計数した。海水と浜砂は、それぞれ 4 箇所と 6 箇所から採取した。また、コントロールとして、波を発生させない条件についても実験した。さらに、Seeded sand を配置した区間においてのみ、深度 20 cm のコア試料を採取し、表層 (0～10 cm) と深層 (11～20 cm) に区分した。

各試験時間における浜砂から海水中へ放出された腸球菌数を調査した結果、実験を開始して最初の 6 分間は、いずれの試料においても安定して増加する傾向が認められた。しかしながら、実験開始後 7～30 分間においては、時間ごとに大きなばらつきが確認された。また、実験終了後も浜砂に添加した腸球菌のうちの 35% が浜砂中に残存していた。そこで、Seeded sand から採取したコア試料について、実験前に対する実験後に放出された腸球菌数の割合を調査したところ、深層 (58±28%) と比較して、表層 (78±17%) において有意に高かった ($p=0.05$)。その一方で、コントロール実験においては、コア試料の表層と深層間で有意な差は認められなかった ($p=0.57$)。したがって、浜砂の深層におけるふん便指標細菌は、表層と比較して、波浪による影響を受けていないことが示唆された。以上の結果から、波浪は海水中へのふん便汚染に影響を与えているものの、それ以外の要因が浜砂から海水へのふん便汚染に強く寄与していることが考えられた。

第 253 回雑誌会

(Sep. 16, 2016)

(1) CapE (capture, amplify, extract) : A rapid method for detection of low level contamination of water with Verocytotoxigenic *Escherichia coli* (VTEC)

Morris, D., Kavanagh, S., Carney, K., MacDomhnaill, B. and Cormican, M.

Science of the Total Environment, **563-564**, 267-272 (2016).

Reviewed by T. Ueda

水中に低濃度で存在するベロ毒素産生性大腸菌 (Verocytotoxigenic *Escherichia coli* ; VTEC) を迅速に検出するためには、大量の水試料から VTEC の細胞を濃縮する必要がある。IDEXX Filta-Max system (FMS) は、内部のフィルターモジュール (孔径 1 μm) に圧力をかけることによって、大量の水試料から、低濃度で存在するクリプトスポリジウムの検出に成功している。そこで本研究では、FMS をメンブレンフィルター (MF ; 孔径 0.45 μm) のプレフィルターとして利用する CapE 法を用いて、水試料中の VTEC の迅速な検出を試みた。滅菌河川水に大腸菌 O157 株を $10\sim 10^3$ CFU/L の濃度で単独接種した試料と、O157 株 ($10\sim 10^3$ CFU/L) とその他の微生物群集を 10^3 CFU/L の濃度で接種した試料の 2 種類を作成した。FMS に MF を直列に接続し、各水試料 10 L をろ過した。プレフィルターによる細菌の捕捉の有無を判定するために、FMS の洗浄液とろ過後の試料中の大腸菌数を、Colilert-18 によって計数した。ろ過後の MF は、2 つに分割し、Buffered peptone water (BPW) に投入後、それぞれ 37 $^{\circ}\text{C}$ と 42 $^{\circ}\text{C}$ で一晩培養した。BPW から細菌の DNA を抽出した後、Real-time PCR 法によって、VTEC の病原遺伝子 (*eae*) の検出を行った。また、培養液 100 μL について、VTEC 選択培地である CHROMagar STEC による選択培養を行い、菌株の単離を試みた。さらに、CapE 法によって、実河川水 (5 試料) から病原遺伝子 (*eae*, *vtx1*, *vtx2*) および血清型の特異的抗原遺伝子 (O157, O26) を検出した。

CapE 法を用いることによって、サンプリングから 24 時間以内に遺伝子検出を行うことができた。FMS 洗浄液とろ過後の水試料から大腸菌は検出されなかったことから、プレフィルターによって細菌は捕捉されず、MF に捕捉されていることがわかった。CapE 法による *eae* 遺伝子の検出限界は、微生物群集の有無に関わらず良好であった (10 CFU/L)。培養温度の違いによる VTEC の陽性コロニーの識別と単離への影響を評価したところ、培養温度が 42 $^{\circ}\text{C}$ の場合、37 $^{\circ}\text{C}$ と比較して微生物群集の減少が確認され、識別と単離は比較的容易であった。また、実河川水から VTEC の各遺伝子を検出したところ、CapE 法によるろ過可能水量は最大 33 L であり、5 試料すべてから *eae* 遺伝子が検出された。そのうち、2 試料からはすべての標的遺伝子が検出された。以上のことから、CapE 法は水中に低濃度で存在する VTEC を迅速かつ高感度に検出できることがわかった。

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

Thevenon, F., Regier, N., Benagli, C., Tonolla, M., Adatte, T., Wildi, W. and Pote, J. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, **78**, 50-56 (2012).

Reviewed by T. Matsuwaki

西ヨーロッパの水源水域では、下水処理水の流入に伴うふん便汚染が深刻な問題となっている。さらに、水源水域のひとつである湖内の堆積物中には、ふん便指標細菌 (FIB) である大腸菌や腸球菌が高濃度に蓄積・生残することが報告されている。しかしながら、堆積物の特性と FIB の存在実態に関する情報は一部に限られている。そこで本研究では、西ヨーロッパ最大の淡水湖である Geneva 湖の Vidy 湾を対象として、堆積物の特性と FIB の存在実態を調査した。調査地点は、Vidy 湾に流入する下水処理施設の放水口周辺部 (V4, V7) とした。堆積物のコア試料 (V4, 0~60 cm ; V7, 0~38 cm) を採取し、それぞれ 2 cm 間隔で分割した。分割した各コア試料中の大腸菌と腸球菌はメンブランフィルター法によって計数し、この後に菌株を単離した。単離した菌株について、大腸菌とヒト腸管内の腸球菌で優占種とされる *Enterococcus faecalis*, *Enterococcus faecium* を対象とした PCR 法による菌種同定を行った。さらに、各コア試料からヒトを由来とする *Bacteroides* 属が特異的に有する遺伝子 (HF183, HF134) を対象とした PCR を行った。また、各コア試料中の全有機炭素 (C_{org}), 全窒素 (N) を測定し、FIB の存在実態との関連性を評価した。

各コア試料中の FIB を計数した結果、表層 (0~20 cm) における大腸菌および腸球菌は、深層 (22~60 cm) と比較して極めて高濃度で検出された (大腸菌, $22\sim 7.4\times 10^4$ 倍; 腸球菌, $93\sim 4.8\times 10^3$ 倍)。コア試料の 0~16cm 層 から単離された 188 株のうち 125 株 (66%) が *E. faecalis* または *E. faecium* と同定されたのに対し、18~22 cm 層から単離された 78 株のうち 71 株 (91%) が *E. faecalis* または *E. faecium* と同定された。そこで、各コア試料中の C_{org} , N を測定した結果、18~24 cm 層においてそれぞれ 12%, 1.5% と最も高い値を示した。これは、過去に Geneva 湖で発生した富栄養化に起因するものであり、この富栄養化が *E. faecalis* および *E. faecium* の蓄積に影響したことが考えられた。さらに、PCR 法によって *Bacteroides* 属における HF183 および HF134 遺伝子の検出を行った結果、全層から検出された。このことから、Vidy 湾は、ヒト由来のふん便汚染による影響を強く受けていることが示唆された。以上の結果から、Vidy 湾の堆積物は表層において FIB を高濃度に蓄積し、特に富栄養化の影響を受けた 18~22 cm 層においてヒトを由来とする *E. faecalis*, *E. faecium* が高い割合で存在することが明らかになった。

第 254 回雑誌会 (Sep. 21, 2016)

(1) Fate of the fecal indicator *Escherichia coli* in irrigation with partially treated wastewater

Vergine, P., Saliba, R., Salerno, C., Laera, G., Berardi, G. and Pollice, A.
Water Research, **85**, 66-73 (2015).

Reviewed by R. Hashimoto

近年、下水処理水の再利用が推進されており、灌漑などに使用されている。一方で、下水処理水を使用したことによる土壌や地下水へのふん便汚染が問題となっている。そこで本研究は、下水処理水の灌漑利用による土壌中のふん便細菌数の影響を調査した。試料は、イタリア南東のプーリア州に位置する都市下水処理場から採取した未処理の下水を膜分離活性汚泥法によって処理した下水処理水、および砂質粘土ローム（土壌試料）とサワズメノヒエの葉（草試料）を対象とした。下水処理水を用いた灌漑による土壌試料と草試料中における大腸菌数の変動を調査するために、フィールド実験を行った。灌漑水は、下水処理水に大腸菌を接種したものとした。灌漑は5時間継続的に行った。土壌試料と草試料を均一に配置し作成したフィールド（4×4 m）において、以下の実験を行い、各試料中の大腸菌数を測定した：(a) 灌漑後の大腸菌数；(b) 1日1回の灌漑を7日間連続して行った場合における1日後と7日後の大腸菌数の比較；(c) 灌漑後、乾燥条件下での時間経過に伴う大腸菌数の変動。また、土壌中において時間経過に伴う大腸菌数の空間的変動を評価するために、カラム実験を行った。円筒容器（高さ40 cm）に土壌試料を高さ36 cmまで充填し、未処理の下水を通水し、0, 1, 6, 8, 14, 22, および42日後に表土（表層0~10 cm）、下層土（深さ11~36 cm）、および通水後の下水中における大腸菌数を測定した。

フィールド実験を行った結果、灌漑水中の大腸菌数が減少するとともに、土壌試料と草試料中の大腸菌数も減少した。1日後と7日後の土壌試料中における大腸菌数を比較したところ、 8.7×10^1 から 1.6×10^2 CFU/10 g に増加した。一方で、草試料中の大腸菌数は1日後と比較して7日後に減少した。また、乾燥条件下における草試料中の大腸菌数は、土壌試料と比較して時間経過に伴い大きく減少した。これらのことから、草試料と比較して、土壌試料中の大腸菌は高濃度に蓄積し、長期間にわたって生残すると考えられた。カラム実験の結果、表土と下層土中の大腸菌数は、実験を開始してから14日後に検出限界値以下（ <1.0 CFU/g）となった。一方で、通水後の下水中の大腸菌数は42日後に検出限界値以下となった。以上のことから、土壌汚染に影響を与える主な要因は、短期的には灌漑水中の大腸菌数であり、長期的には土壌中における大腸菌の生残性であると考えられた。

(2) Study of flotation conditions for cadmium(II) removal from aqueous solutions

Mamdoh, R. M., Nick, K. L., and Kostas, A. M.

Process Safety and Environmental Protection, **94**, 203-211 (2015).

Reviewed by B. Maralmaa

A most common method for removal of heavy metals from wastewaters is chemical precipitation. The problems associated with this process are slow separation, poor settling and huge sludge. However, foam separation or generally flotation has received considerable interest due to its simplicity, rapidity, high separation yields and the flexibility of the equipment and its adaptability for recovery. The combination of precipitation and flotation, termed precipitate flotation, could become an efficient process for removal of metals from wastewaters. In this study, two kinds of precipitate flotation methods were tested for removal of Cd(II) from aqueous solutions using potassium ethyl xanthate (KEtX) as a precipitating agent. In precipitate flotation of first kind (PFFK), the ionic species of interest are first precipitated by addition of non-surface agent (Hexadecyltrimethylammonium bromide (HDTMA); Sodium dodecyl sulphate (SDS)). In precipitate flotation of second kind (PFSK), precipitation of ionic species produces a hydrophobic precipitate that can be floated without the addition of collector. Therefore, the effects of KEtX concentration, pH, mixing and bubbling time, and some foreign ions (Co^{2+} , Ni^{2+}) on Cd^{2+} removal were investigated. Furthermore, the effectiveness of the developed flotation processes for simultaneous removal of Cd^{2+} , Co^{2+} and Ni^{2+} from tap water was tested.

By PFFK method, cadmium(II) removal was achieved by 93% and 99% at Cd(II)/KEtX molar ratios ≥ 2 and 3 using SDS and HDTMA, respectively. However, the maximum removal was 64% at Cd(II)/KEtX molar ratios ≥ 2 by PFSK method. The removal more than 99% for cadmium(II) was attained in the pH range of about 3.2-7.4 by PFFK with HDTMA and then, stirring times of 15 min and 5 min were sufficient to achieve maximum removal for Cd(II) by PFFK and PFSK, respectively. When increasing the collector concentration beyond certain values, the efficiency of Cd(II) removal was decreased. The removal efficiency of Cd(II) by PFFK using HDTMA collector at the higher initial Cd(II) concentrations and constant Cd(II)/KEtX molar ratio was dependent on the collector concentration. The results showed that the PFFK method can effectively applied for simultaneous removal of these heavy metals from tap water. As these results, it assumes that the PFFK method is successfully applied for remediation of wastewaters contaminated with toxic heavy metals.

(3) 嘉瀬川ダム上下流における試験湛水開始前後での堆積・流下有機物の量的・質的变化

坂東 伸哉, 河口 洋一, 大串 浩一郎, 野口 剛志, 濱岡 秀樹, 佐藤 雄大,
関島 恒夫, 手塚 公裕
土木学会論文集 70,175-182 (2014).

レビュー：白坂 厚大

貯水ダムの建設に伴い、河川生態系の基礎となる有機物の輸送および縦断構造に変化が生じることが報告されている。ダムが下流の有機物動態に及ぼす影響についての報告は散見するが、これらは一般的に長期運用のダムを対象としており、本来の有機物動態が既に変化している河道の評価をしている可能性がある。貯水ダム建造に伴う試験湛水は、河道の連続的な流水環境において、初めて止水環境が形成されるイベントである。このため、ダムによる有機物動態への影響が顕著に現れることが予想されるが、試験湛水前後における堆積・流下有機物を比較した研究は存在しない。そこで本研究では、試験湛水前後における河道区間内の堆積・流下有機物を量的・質的な観点から評価した。調査地点は、佐賀県嘉瀬川ダムの上流における 1 地点、下流における 2 地点の計 3 地点とした。ダム上流の地点は試験湛水の影響を受けない対照区として設定した。試験湛水は 2010 年 10 月 19 日から 2011 年 2 月 13 日の間に行われ、調査は、2009 年 11 月から 2012 年 8 月の秋 (11 月)、春 (3~4 月)、および夏 (7~8 月) に行った。調査項目は、堆積 FPOM (Fine Particulate Organic Matter; 1 μ m~1mm) と流下 FPOM とした。堆積 FPOM の量的評価として強熱減量、質的评价として炭素・窒素安定同位体比 ($\delta^{13}C$, $\delta^{15}N$) を測定し、流下 FPOM の量的評価として強熱減量と、クロロフィル a 量を測定した。また、国土交通省から水質データ (クロロフィル a, 硝酸態窒素, 亜硝酸態窒素, アンモニア態窒素) を入手した。

ダム下流 2 地点において、試験湛水前に確認された堆積 FPOM の強熱減量の季節的な増減は、試験湛水期間中は発生していなかった。対照区ではこの季節変動が確認されたため、ダム建設によって陸上由来の有機物の流下が貯水池において遮断されたと考えられる。また、質的な変化として、ダム下流 2 地点において有意に高い堆積 FPOM の $\delta^{15}N$ を確認した (t 検定, $P < 0.05$)。この $\delta^{15}N$ の上昇は、試験湛水中の春におけるダム湖表層において発生した植物プランクトンの大量発生に起因していると推測される。同時期の流下 FPOM の強熱減量が増加したこともこれを裏付ける。以上より、試験湛水がダム下流における堆積・流下 FPOM の質的・量的な変化に与える影響が明らかとなった。

第 255 回雑誌会

(Oct. 5, 2016)

(1) Sediment tracing in the upper Hunter catchment using elemental and mineralogical compositions: Implications for catchment-scale suspended sediment (dis)connectivity and management

Kirstie, F., Damian, G.

Geomorphology, **193**, 112-121 (2013).

Reviewed by T. Itakiyo

オーストラリアに位置する Hunter 川の上流域では、浮遊砂が colmation 層を形成している。colmation 層に含まれる微粒土砂は、河川水と地下水との混合機能の低下に寄与している。そのため、河川生態系に重大な影響を与える可能性が指摘されており、混合機能の回復は河川の管理において重要である。そこで本研究では、colmation 層に捕捉された微粒土砂の特性を解明することを目的として、土砂の鉱物学的性質と地球化学的性質を調査した。試料は、Hunter 川の上流域を 12 区分した小流域（本川：Hunter, 支川：Hunter, Page, Isis, Dart, Middle, Moonam, Stewarts, Rouchel；入江：Pages, Davis；池：Kingdon）において、氾濫原を中心に計 123 試料を採取した。加えて、流域から供給される浮遊砂の堆積地域である Muswellbrook の colmation 層から、18 試料とその氾濫原から 20 試料を採取した。各試料について粉碎と洗浄を行い、蛍光 X 線（XRF）分析によって得られた Al, Rb, Zr, および Ti の元素比を比較した。また、X 線回折（XRD）分析によって得られた鉱物組成の値をクラスター解析し、試料間の類似性を評価した。

XRF 分析によって元素比を比較した結果、Muswellbrook における colmation 層と氾濫原は、Al や Ti と比較して、Rb が多く含有していた。また、この特性は、Rouchel, Davis, および Hunter 支川の土砂と類似した。次に、XRD 分析によって得られた鉱物組成についてクラスター解析を行った結果、60%の非類似率で 9 つのクラスターを形成した。Muswellbrook における colmation 層の 15 試料と氾濫原の 17 試料は、Rouchel, Davis, Hunter 本川と支川、および Pages の下流地域の土砂と同一のクラスターに分類された。また、このクラスターは土砂中における正長石、微斜長石、およびアストカラナイトの割合が支配的であった。さらに、上記のクラスターを 3 つに分類したところ、Muswellbrook における colmation 層と氾濫原の 75%が Rouchel, Davis および Hunter 本川と支川の土砂と非常に高い類似性を示した。以上のことから、Muswellbrook における colmation 層と氾濫原に土砂を供給する主な起源地域は、Rouchel, Davis, および Hunter 本川・支川であった。元素分析と鉱物分析を用いた土砂追跡は、河川改修や管理を行う際に、流域における優先順位を決める手法として有用であることが示唆された。

(2) 土壌粒度依存性を考慮した放射性物質の流域規模の移動再現

名和 規夫, 吉田 武郎, 堀川 直紀, 工藤 亮治, 皆川 裕樹

農業農村工学会論文集, **302**, 145-157 (2016)

レビュー: 金山 祐太

福島第一原子力発電所の事故によって拡散した放射性物質は、降雨時に直接流出により浮遊物質とともに河川に流下することが予想される。したがって、吸着した放射性物質の陸域から河道に渡る移動プロセスを明らかにすることは極めて重要である。そこで本研究では、福島県内のダム流域を対象に分布型物質移動モデルを構築し、浮遊物質とそれに吸着する放射性物質のセシウム 137 の移動を推定した。流域分割のために、国土数値情報が定義する 3 次メッシュ (1 km×1 km) を用いた。気象データとして、AMeDAS の観測データを用いた。対象流域から表土、河床堆積砂を採取し、土質実験によって土砂の物理特性を把握した。また、水中の SS、濁度、および放射性セシウム濃度について、東北農政局がダム上流 2 地点に設置した自動採水器による観測データを用いた。流出解析期間は、2005 年 1 月から 2013 年 10 月までとした。流出解析による水中の浮遊物質の生産・運搬過程を、斜面部と河道部に分けて推定した。斜面部において、表面流と雨滴による表土浸食作用ならびに、浮遊物質の沈降堆積作用の生産過程を計算した。河道部において、斜面部からの横流入、河床からの巻上浮遊、河床への沈降堆積過程を計算した。放射性物質の移動プロセスを、文部科学省の航空機モニタリングによる地表面の放射性物質沈着量を用いて、降雨に伴う表面流の発生による浮遊物質の運搬と濃度変化、粒径ごとに決定される浮遊物質に吸着する放射性物質の濃度変化によって表現した。

浮遊物質の移動量を計算した結果、浮遊物質が降雨規模に応じて、短期間に発生することがわかった。2013 年の浮遊物質の移動量は観測地点で年間 780 t であり、高水が観測された 9 月から 10 月の浮遊物質の移動量は 574 t で年間の 74 % を占めることが推定された。また、2013 年のセシウム 137 の移動量を計算した結果、高水が観測された 9 月から 10 月のセシウム 137 の移動量は 100,548 MBq であり、年間のセシウム 137 の移動量である 128,000 MBq の 80 % を占めると推定された。さらに、流域に不均一に沈着したセシウム 137 が、降雨によって生産・運搬される浮遊物質に吸着して移動するのを時間単位で連続的に計算できた。以上のことから、分布型物質移動モデルを用いて、浮遊物質に吸着したセシウム 137 の移動を推定できることがわかった。

(3)高分子電解質によるコロイド粒子の凝集機構に関する研究

青木 謙治, 足立 泰久

農業土木学会論文集, **245**, 65-71 (2006).

レビュー：大幸 和佳奈

カチオン性の高分子凝集剤（高分子電解質）は、水処理の凝集剤や土壌団粒の安定剤として広く利用されている。高分子電解質によるコロイド粒子の凝集機構は、架橋作用（1本の高分子鎖が複数のコロイド粒子に吸着することで起こる凝集）と荷電中和作用（コロイド粒子の電荷と逆電荷を有する高分子電解質と粒子の吸着により粒子の電荷を中和し、粒子間の静電的反発力を減少することで起こる凝集）であるという報告はあるものの、その詳細については不明な点が多い。そこで本研究では、高分子電解質によるコロイド粒子の凝集機構を検討した。高分子凝集剤は、トリメチルアミノエチルメタクリレートとし、塩（KCl）溶液に溶解させたものを用いた。コロイド粒子は、水溶液重合法で合成したポリスチレンラテックス（PSL）粒子（粒子径、 $1.52\ \mu\text{m}$ ；粒子数濃度、 $4.60 \times 10^7\ \text{cm}^{-3}$ ）を用いた。高分子凝集剤と PSL 粒子を等量混合した溶液を攪拌凝集し、各測定項目の経時変化（0, 50, 100, 150, 200 秒）を測定した。顕微鏡電気泳動法によって、一次粒子（フロックを形成していない PSL 粒子）の電気泳動移動度の値を測定し、測定値が規定値以下となった場合、荷電中和作用が進行していると判断した。またコールターカウンターによって、粒子径ごとの粒子数濃度を測定し、凝集速度と凝集量を算出した。その後、凝集剤に塩溶液のみを用いた実験系の凝集速度と比較し、凝集速度が大きい場合、架橋作用が進行していると判断した。なお、凝集実験は以下の条件で行った：高分子電解質濃度、 $0.025 \sim 0.5\ \text{mg/L}$ ；高分子電解質分子量、 $16\ \text{万} \sim 490\ \text{万}\ \text{g/mol}$ ；溶液中のイオン強度（KCl 濃度）、 $1.0 \times 10^{-2} \cdot 10^{-4}\ \text{mol/L}$ 。

高分子電解質の濃度の違いによる凝集機構の変化を調べたところ、高分子電解質が高濃度（ $0.5\ \text{mg/L}$ ）の場合、凝集機構は架橋作用であることが確認されたが、凝集量は小さかった。一方、中濃度（ $0.075\ \text{mg/L}$ ）の場合、凝集機構は架橋作用と荷電中和作用であると考えられ、凝集量も大きかった。また、高分子電解質が高濃度と中濃度の場合、高分子電解質分子量と溶液中のイオン強度の違いによる凝集機構の変化は、高分子電解質分子量が高く、溶液のイオン強度が低いほど強い架橋作用の効果を示し、凝集速度も速くなる傾向があった。これに対し、高分子電解質が低濃度（ $0.025\ \text{mg/L}$ ）の場合、架橋作用や荷電中和作用は確認されなかったものの、凝集の進行が確認された。これは、高分子吸着層の正電荷と PSL 粒子表面の負電荷との静電的引力によって凝集したと考えられた。今後、このような作用による凝集について、さらに研究を進める必要がある。

第 256 回雑誌会

(October 21, 2016)

(1) Microbiological quality of water from the rivers of Curitiba, Paraná State, Brazil, and the susceptibility to antimicrobial drugs and pathogenicity of *Escherichia coli*

Giowanella, M., Bozza, A., do Rocio Dalzoto, P., Dionísio, J. A., Andraus, S., Guimarães, E. L., and Pimentel, I. C.

Environ Monit Assess, DOI 10.1007/s10661-015-4896-5 (2015)

Reviewed by E. Nishimura

公衆衛生における水の安全性は、様々な指標によって決定されており、微生物汚染は、大腸菌群や大腸菌を用いて評価している。大腸菌の中には、病原性を有する種も存在し、下痢症や敗血症を発症することが知られている。これらの治療には、抗菌薬が使用されるが、薬剤耐性を示す種が出現し、治療を困難にしている。そこで本研究では、都市域の河川を対象として、細菌学的調査を実施し、大腸菌における病原性の有無と、抗菌薬に対する感受性を評価した。試料は、2012年1月19日と26日において、ブラジルのイグアス川水域の4地点から、各3試料採取し、計24試料とした。試料採取後、Endo寒天培地に試料を塗抹し、45°Cで24時間培養後、形成したコロニーを熱耐性大腸菌群とした。生育したコロニーを単離し、生化学性状試験によって菌種を同定した。大腸菌と同定された菌株は、PCR法によって病原性大腸菌の病原因子を検出した；腸管病原性大腸菌（EPEC）、毒素原性大腸菌（ETEC）、腸管侵入性大腸菌（EIEC）、腸管出血性大腸菌（EHEC）、腸管凝集性大腸菌（EAEC）。さらに、ディスク法によって、12種類の抗菌薬に対する薬剤感受性を評価した。

全24試料から、熱耐性大腸菌群が検出され、494コロニーからランダムに単離した。単離した菌株のうち、139株について生化学性状試験を実施した結果、大腸菌が96株、*Klebsiella spp.*が23株、*Enterobacter serratia*が15株、*Pantoea agglomerans*が5株同定された。同定された96株の大腸菌株について、病原因子を検出した結果、EAECが3株、ETECが1株、EPECが1株検出された。次に、薬剤感受性試験を実施した結果、49株（51.04%）が全ての抗菌薬に対して感受性を示した。その一方で、47株はいずれかの抗菌薬に対して、中度耐性以上を示し、そのうち31株は、2剤以上の抗菌薬に中度耐性、または耐性を示した。病原性大腸菌株の薬剤耐性についてみてみると、1株のEAECは全ての抗菌薬に対して、感受性を示した。しかしながら、その他の病原性大腸菌株は、いずれかの抗菌薬に中度耐性、または耐性を示した。以上のことから、水環境中に病原性大腸菌が存在しており、その中には、薬剤耐性を有している菌株が存在したことから、ヒトに対して潜在的な健康リスクを与える可能性が示唆された。

(2) 海浜の粒径に着目した試験養浜効果の把握とその検証

細井 寛昭, 平野 宜一, 神保 正暢

土木学会論文集 B2(海岸工学) 65,(2) I_696-I_700 (2009).

レビュー：宮園 昂

仙台湾南部海岸の南側に位置している山元海岸では、漁港や港湾の建設などが原因となり、福島県側からの沿岸漂砂が激減し、侵食によって砂浜が消失している。また、山元海岸は、北向きの沿岸漂砂が卓越しており、養浜単独の対策では投入土砂の流出が予想されるため、ヘッドランドを併用した海岸保全対策を計画している。そこで本研究では、効果的な養浜計画を策定するための基礎データを得ることを目的として、試験養浜効果のモニタリング調査を実施した。試験養浜は、山元海岸南部に位置するヘッドランド根元部に養浜材を 1.6 万 m^3 ($d_{50}=0.28 \text{ mm}$) 投入した。試験養浜の効果は、空中写真による汀線変化、ヘッドランド根元部の堆積状況との波浪との応答評価、深浅測量による地形変化状況の把握、粒径の異なる蛍光砂（細粒分：粒径 0.1~0.3 mm, 粗粒分：粒径 >0.3~2 mm 以上）投入による養浜砂の移動状況の調査、および粒度組成の比較による底質調査によって検証した。さらに、養浜計画を策定するため、混合粒径を考慮した等深線変化モデルを構築し、再現計算を実施した。

空中写真によって汀線変化を調査した結果、ヘッドランド南側に養浜実施した 1 週間後には砂浜の形成が確認された。形成した砂浜は 1 年経過した後も保たれており、土砂投入とヘッドランドによる養浜効果が認められた。ヘッドランド根元部における堆積状況と波浪の関係を調べると、高波浪発生時において、海浜の一時的な侵食が生じた。その一方で、高波が発生していない夏季～秋季で、堆砂高の上昇が確認された。また、深浅測量によって、試験養浜の地形変化を調査したところ、投入完了 1 年後の投入量残存率は約 2 割となり、約 8 割が投入地点から流出した。蛍光砂調査によって養浜砂の移動を評価した結果、有義波高が 2 m 以上の波浪来襲時には、0.3 mm 程度の中砂もヘッドランドを超えて移動することが確認された。さらに、試験養浜後の底質は、投入土砂の細砂・中砂が汀線際に移動することによって、汀線際の主な粒度組成が粗砂～礫から細砂～中砂に変化した。試験養浜から得られた土量変化の実測値は海浜変形モデルの再現計算によって、侵食傾向を概ね再現できた。そこで、この海浜変形モデルを用いて、養浜砂の投入土砂粒径を検討した。その結果、山元海岸では、細粒材（粒径：0.25 mm）と比較して、粒径 2 mm の粗粒材を用いた養浜効果が大きいことが明らかとなった。以上のことから、山元海岸における養浜は、粒径 2 mm 以上の粗粒材を含んだ土砂投入が重要であると考えられた。

第 257 回雑誌会

(Oct. 28, 2016)

(1) Relationship between antibiotic- and disinfectant-resistance profiles in bacteria harvested from tap water

Khan, S., Beattie, T.K. and Knapp, C.W.

Chemosphere, **152**, 132-141 (2016).

Reviewed by M. Nishiyama

塩素消毒は、一般的に使用される消毒法であり、細菌感染症の発症リスクを低減させるために使用される。上水処理プロセスにおける塩素消毒は、細菌数を劇的に減少させる反面、一部の細菌は塩素耐性を有し、生残することが報告されている。しかしながら、塩素消毒後の飲料水中における細菌の構成種や薬剤耐性に関する知見は得られていない。そこで本研究では、水道水から単離した細菌の塩素消毒と抗菌薬に対する感受性を評価し、その関係性を調査した。試料は、イギリスのグラスゴーの水道水を52ヶ所から採水した。採取した試料は、MF法によって菌株を単離し、16s rRNAのV4領域を対象としたシーケンス解析によって細菌種を同定した。同定した菌株について、KB-Disk法によって塩素(次亜塩素酸ナトリウム14.5%)と抗菌薬(テトラサイクリン'TC', スルファメトキサゾール'SMX', アモキシリン'AMX', シプロフロキサシン'CIP')に対する感受性を評価した。さらに、塩素耐性を有する菌株について、塩素による暴露実験を実施した。暴露時間は15分と60分とし、遊離塩素濃度は以下の条件で実施した: 0.5, 1.0, 2.0, 4.0, および8.0 mg/L。

採取した52ヶ所の水道水のうち、42試料(80%)から少なくとも1 CFU/100 mL以上の細菌が検出され、塩素消毒後の飲料水からも細菌が確認された。各水道水から単離した148株の菌株について菌種同定試験を実施した結果、22属の菌種が同定された。中でも、*Paenibacillus*, *Burkholderia*, *Escherichia*, *Sphingomonas*, *Demacoccus*の細菌属は、免疫力が低下した患者に対して感染症を発症させることが知られており、飲料水中にも生残していることが明らかとなった。次に、塩素と抗菌薬に対する感受性を評価した。単離菌株の8.8% (13株/127株) が塩素耐性を示した。また、115株 (77.7%) が少なくとも1薬剤以上の抗菌薬に耐性を示し、中でもAMX耐性株の割合が最も多かった (64.9%)。塩素耐性と薬剤耐性の関係性についてみると、塩素耐性とTC, SMX, およびAMXとの間には、弱い相関関係が認められた。さらに、主要な6菌種を対象として、塩素暴露実験を実施した結果、*Burkholderia spp.*は、遊離塩素8.0 mg/Lで60分間の暴露後においても生残が確認され、他の細菌種と比較して、高い塩素耐性と有した。また、多剤耐性*Burkholderia spp.*株は、単剤耐性株と比較して、遊離塩素中に高い割合で生残した。以上のことから、飲料水中には塩素耐性細菌が生残しており、その中には薬剤耐性も併せて有する菌株が存在していた。

(2) Characterizing relationships among fecal indicator bacteria, microbial source tracking markers, and associated waterborne pathogen occurrence in stream water and sediments in a mixed land use watershed

Bradshaw, J. K., Snyder, B. J., Oladeinde, A., Spidle, D., Berrang, M. E., Meinersmann, R. J., Oakley, B., Sidle, R. C., Sullivan, K. and Molina, M.

Water Research, **101**, 498-509 (2016).

Reviewed by K. Teranishi

近年、河床堆積物が、病原性微生物やふん便指標細菌による河川水への汚染源になり得ると報告されている。そのため、河床堆積物中における病原性微生物の存在実態を解明することは極めて重要である。しかしながら、河床堆積物と河川水中における病原性微生物の発生要因に関する知見は乏しい。そこで本研究では、統計解析を用いて、河床堆積物と河川水中の病原性微生物に影響を与える因子の特定を試みた。調査は、アメリカジョージア州の South Fork Broad 川流域を対象とし、2012年10月から2013年12月にかけて、15地点から河床堆積物（120試料）と河川水（120試料）を採取した。病原性微生物として、*Salmonella*, *Campylobacter*, *Listeria*, および *Shiga toxin-producing E.coli (stx₂)* 遺伝子を標的とした定量 PCR 法を実施した。さらに、ヒト、牛、および反芻動物に特有な遺伝子を有し、微生物の起源を推定できる3種の Microbial Source Tracking (MST) マーカー (HF183, CowM3, Rum-2-bac) を用いた定量 PCR 法も実施した。次に、各水質項目（水温、pH、DO、電気伝導度、総懸濁固体量）、各試料中のふん便指標細菌（大腸菌と腸球菌）数、および3種の MST マーカー濃度を用いて、各病原性微生物の遺伝子数を予測変数とした再帰分割分析を実施し、各測定項目が病原性微生物の遺伝子数に与える影響を評価した。

全調査地点の河床堆積物と河川水から、各病原性微生物の遺伝子とふん便指標細菌が検出されたが、両者の数に有意な相関関係は認められなかった。そこで、各試料中の病原性微生物の遺伝子数に影響を与える因子を特定するために再帰分割分析を実施したところ、河川水中の DO が 11.3 mg/L 以下、pH が 6.65 以上、および大腸菌数が 2.4 log MPN/100 mL 以上の場合、*Salmonella* 遺伝子が河川水から検出される確率は 96% と算出された。さらに、*stx₂* 遺伝子は、水温が 14.4 °C 以上、かつ河床堆積物中の大腸菌数が 5.5 log MPN/100 mL 以上の場合において、79% の確率で河床堆積物から検出されると見積もられた。以上の結果から、河床堆積物や河川水中の病原性微生物に影響を与える要因を調査する際は、ふん便指標細菌数に加えて、水質項目や MST マーカーを組み合わせた複数の因子を用いることが有効であると考えられた。

(3) The performance of microbial anodes in municipal wastewater: Pre-grown multispecies biofilm vs. natural inocula

Madjarov, J., Prokhorova, A., Messinger, T., Gescher, J., and Kerzenmacher, S. *Bioresource Technology*, **221**, 165-171 (2016).

Reviewed by T. Hirai

微生物燃料電池 (Microbial Fuel Cells, MFCs) は、アノード上に存在する発電菌によって、有機炭素を酸化しながら電力を生成できる。そのため、排水処理を行う際のエネルギーを低減することが可能である。種源に関する既往の研究では、*Shewanella oneidensis*, *Geobacter sulfurreducens*, および *G. metallireducens* の3種の発電菌を微生物電解セルに接種した場合、14日後においても、アノードバイオフィーム上に50%以上占めていると報告されている。しかし、回分培養または半回分培養による運転であるため、生長の遅い微生物による影響は考慮されていない。そこで本研究では、乳酸12.5 mMとプロピオン酸5 mMを含んでいる炭酸緩衝培地に、*S. oneidensis*, *G. sulfurreducens*, および *G. metallireducens* 3種を接種したMFCについて、FISH法と定量PCRによって、アノードバイオフィーム上で存在している微生物の割合を調べた。また、バイオフィームを形成させたMFCに生活排水を供給し、連続運転を行ったときの電流値、微生物叢、およびTOCについても調べた。さらに、活性汚泥と嫌気汚泥の混合汚泥 (1:4) に接種したMFCの電流値とTOC除去率も調べた。なお、生活排水は、MFCに注入した翌日から流速0.22~0.17 mL/minで連続供給を行った。電流値の測定は、ポテンショスタットを使用し、掃引速度0.0335 mV/sの条件で測定した値から算出した。生活排水を用いて連続運転を行ったMFCのアノードバイオフィームの群集構造は、定量PCRと次世代シーケンサーで分析した。

S. oneidensis, *G. sulfurreducens*, および *G. metallireducens* を接種したMFCのバイオフィームは、*G. sulfurreducens* が $93.3 \pm 0.8\%$ を占めていた。MFCの電流値は、 $407 \pm 21 \mu\text{A}/\text{cm}^2$ で安定した後、生活排水を用いた連続運転へ切り替えると、種源を入れていないMFCや混合汚泥を接種したMFCと比較して低い値 ($65 \pm 8 \mu\text{A}/\text{cm}^2$) を記録した。また、生活排水を使用した場合、20日後における3種を接種したMFCのバイオフィームと種源を入れていないMFCのバイオフィームの微生物叢は類似していた。このとき、あらかじめ接種していた菌株の99%は剥離していた。電流値が安定している4~14日目において、種源を入れていないMFCと混合汚泥を接種したMFCのTOC除去率は、それぞれ $24 \pm 6\%$ と $36 \pm 11\%$ であり、汚泥を入れることによって、高いTOCの除去につながることを示された。

第 258 回雑誌会

(Nov. 4, 2016)

(1) Heavy mineral analysis for assessing the provenance of sandy sediment in the San Francisco Bay Coastal System

Florence L, W., Donald L, W. and Mary, M.

Marine Geology, **345**, 170-180 (2013).

Reviewed by T. Itakiyo

サンフランシスコ湾では、海面上昇、海岸の脆弱性、および浚渫などの土砂が及ぼす経済的損失が問題となっている。サンフランシスコ湾内外における土砂の起源や輸送、沈殿などの土砂動態の追跡において、重鉱物分析は有効的な手法の一つである。そこで本研究では、重鉱物分析を用いて、サンフランシスコ湾における土砂の動態を調査した。試料は、サンフランシスコ湾、湾近傍の砂浜と沿岸の海底の表層土砂、およびこれらに面する河川（Sacramento River, San Joaquin River, その他 11 つの小川）と崖の露頭から採取した計 74 試料の土砂を対象とした。重鉱物分析は、テトラプロモエタン（比重 2.9）によって各試料から重鉱物を分離し、岩石顕微鏡の透過光を用いて重鉱物の種類を同定した。さらに、同定された重鉱物粒子数の比率を算出後、クラスター解析を実施し、各土砂試料の類似性を評価した。

クラスター解析によって、各試料の重鉱物の組成について類似性を評価した結果、10 個のグループ（class1 : 32 試料, class2 : 4 試料, class3 : 20 試料, class4~class10 : 1~4 試料）に分類できた。このうち、サンフランシスコ湾の試料が分類されたグループは、class1 と class3 であった。class1 に分類された試料は、サンフランシスコ湾の東に位置するシエラネバダ地方からの土砂流出を受ける Sacramento River と San Joaquin River からサンフランシスコ湾、および湾外の沿岸に分布していた。これらの土砂を支配的に構成する重鉱物は、角閃石、輝石、緑簾石、スフェーン、およびジルコンであった。一方で、class3 の試料は、サンフランシスコ湾に分布した。そこで、これらの重鉱物を調べたところ、class1 の重鉱物に加えて、チャートが含まれていた。このことから、class1 と class3 はチャートの有無によって分類されていることが明らかとなった。また、サンフランシスコ湾において、チャートを含まない class1 と含む class3 の試料に分類されたが、チャートを含まない class1 の試料の方が多数分布した。このことから、サンフランシスコ湾内は class3 よりも、class1 に分類された Sacramento River と San Joaquin River によるの影響を強く受けると考えられた。以上の結果から、サンフランシスコ湾に流入する土砂の起源は、Sacramento River と San Joaquin River に土砂を供給するシエラネバダ地方が支配的であり、これらの土砂はサンフランシスコ湾を通過後沿岸へ輸送されることが推定された。

(2) Quantitative microbial risk assessment (QMRA) shows increased public health risk associated with exposure to river water under conditions of riverbed sediment resuspension

Abia, A. L. K., Ubomba-Jaswa, E., Genthe, B. and Momba, M. N. B.

Science of the Total Environment, **566-567**, 1143-1151 (2016).

Reviewed by R. Hashimoto

発展途上国における河川は重要な水資源であり、未処理の河川水を様々な生活用水として利用している。河川底質には河川水と比較して、高濃度に細菌が集積しているとの報告があり、大腸菌や *Clostridium* といった病原細菌の存在も確認されている。河川底質中の細菌が水中に再懸濁した場合、ヒトへの感染リスク上昇が懸念されているが、その影響は不明である。そこで本研究では、河川水と河川水中に底質が再懸濁した条件において、定量的微生物リスク評価 (QMRA) を行い、細菌への感染する確率 (以下、感染確率) を推定した。調査は、南アフリカ共和国の Apies 川を対象として、本川と支川の計 10 地点から採水した。試料は、乾季 (2013 年 5 月~8 月) と雨季 (2014 年 1 月~2 月) において、河川水と採水地点直下の底質表層 5 cm から採取し、計 1116 試料とした。対象細菌は、大腸菌と病原細菌 (コレラ菌, サルモネラ菌属, 赤痢菌属) とした。大腸菌は、Colilert[®] 18/Quanti-Tray[®] 2000 によって、試料中の大腸菌の検出率と計数を行った。病原細菌は、各試料から DNA 抽出を行った後に、リアルタイム PCR によって病原細菌の特有遺伝子を検出した。QMRA は、河川水と河川水中に底質が再懸濁した条件において、1 mL または 100 mL の河川水を経口摂取した場合の対象細菌に対する感染確率を計算することによって評価した。

雨季における河川水と底質の大腸菌数は、乾季と比較して有意に増加した ($p = 0.001$; $p < 0.05$)。各試料中の病原細菌を検出した結果、乾季と雨季のいずれにおいても、コレラ菌が最も多く検出された (59%)。細菌数と病原細菌の検出率から QMRA によって感染確率を推定したところ、河川水 1 mL における病原大腸菌への感染確率は、乾季で 0~4% であり、雨季で 1~74% であった。河川水におけるコレラ菌とサルモネラ菌属の感染確率は、雨季に上昇する傾向が見られ、雨季と乾季の間には有意な差が認められた。その一方で、赤痢菌属は、乾季と雨季との間に有意な差は認められなかった。次に、乾季における底質が再懸濁した条件の大腸菌への感染確率は 1~63% と推定され、定常状態の河川と比較して、感染確率は大幅に上昇することが明らかとなった。以上のことから、河川水からの感染確率は雨季において上昇し、河川中の底質が再懸濁することによってヒトへの感染リスクが高まることが示唆された。

第 259 回雑誌会

(Nov. 15, 2016)

(1) Detection and risk assessment of diarrheagenic *E.coli* in recreational beaches of Brazil

Rodrigues, V. F. V., Rivera, I. N. G., Lim, K. Y. and Jiang, S. C.

Marine Pollution Bulletin, **109**, 163-170 (2016).

Reviewed by T. Ueda

レクリエーション水域における下痢原生大腸菌によるヒトへの健康被害が懸念されているにもかかわらず、下痢原生大腸菌の存在実態とリスク評価に関する研究は一部に限られている。そこで本研究では、ブラジルのサンパウロ州に位置する3つのレクリエーション水域 (Ubatuba, UB ; Sao Sebastiao Channel, SS ; Baixada Santista, BS) を対象として、定量的微生物リスク評価 (QMRA) を行った。調査は、2006年2~5月と2007年1~3月の海水浴期間内に行った。各地点から海水を採取し、mFC agar (Difco) を用いたメンブレンフィルター法による大腸菌の計数後、各試料から菌株を単離した。単離した菌株から、DNAを抽出し、下痢原生大腸菌の病原関連遺伝子 (*stx1*, *stx2*, *eae*, *bfpA*, *aggR*, *elt*, *esth*, *estp*, *invE*, *astA*) を標的としたPCR法によって、遺伝子を検出した。次に、病原大腸菌 O157:H7 の Beta-Poison モデル式を用いて、水浴イベントにおける地点ごとの下痢原生大腸菌による発症確率を算出した。さらに、ヒトの健康被害へのリスクが最大となる場合を想定するため、大腸菌数がサンパウロ州の水質基準の最大許容濃度である 800 CFU/100 mL の場合における発症確率も算出した。なお、水浴イベントにおける下痢原生大腸菌のヒトへの曝露レベルは、性別や年齢で異なるため、発症確率は、成人男性、成人女性、および子供 (15歳未満) の3通りについて算出した。

SSとBSにおける大腸菌の平均濃度は、それぞれ7.84 CFU/100 mLと154 CFU/100 mLであった。一方で、UBは ≤ 1 CFU/100 mLであり、非常に低濃度であった。また、大腸菌単離株の病原関連遺伝子の保有率は、SS、BS、およびUBでそれぞれ、55.1%、33.3%、および20.0%であった。全単離株から最も高い割合で検出されたのは、*astA* 遺伝子 (35.4%) であった。次に、水浴イベントにおける下痢原生大腸菌の発症確率を算出したところ、BSの発症確率はSSと比較して、1オーダー以上高かった (男性、 2.9×10^{-4} ; 女性、 1.9×10^{-4} ; 子供、 3.4×10^{-4})。さらに、最大許容濃度における男性、女性、および子供の発症確率はそれぞれ、 8.0×10^{-4} 、 5.4×10^{-4} 、および 8.7×10^{-4} であった。これは、U.S. EPA が推奨する海水浴者の発症確率 ($3.2-3.6 \times 10^{-3}$) と比較して、1オーダー以上低い結果であった。しかしながら、本研究は下痢原生大腸菌のみを対象とした調査であるため、その他の病原体を網羅した全体的なリスク評価ではないことを認識しておく必要がある。

(2) Improved identification including MALDI-TOF mass spectrometry analysis of group D streptococci from bovine mastitis and subsequent molecular characterization of corresponding *Enterococcus faecalis* and *Enterococcus faecium* isolates

Werner, G., Fleige, C., Feßler, A, T., Timke, M., Kostrzewa, M., Zischka, M., Peters, T., Kasper, H. and Schwarz, S.

Veterinary Microbiology, **160**, 162-169, (2012).

Reviewed by T. Matsuwaki

腸球菌は、人を含む温血動物の腸管内に存在する常在菌である。また、臨床分野では院内感染や乳牛の乳房炎を引き起こす原因菌として挙げられている。そのため、腸球菌に汚染された乳製品を摂取した場合、感染症を引き起こす可能性は否定できない。そこで本研究では、乳房炎を発症した乳牛の乳液中から菌株を単離し、腸球菌の存在実態を調査した。試料は、乳液中から単離した菌株 199 株とした。菌株を単離した後、PCR 法によって病原性遺伝子 (*esp*, *hyl_{Efm}*, *IS16*) の検出を試みた。そして、MALDI-TOF MS と従来法（生化学性状試験および PCR 法）で菌種を同定した。菌種同定後、両手法による同定結果を比較することによって、MALDI-TOF MS の識別精度を評価した。また、*Enterococcus faecalis* あるいは *Enterococcus faecium* と同定された株について、Pulsed-field gel electrophoresis (PFGE) 法によって遺伝子型を取得し、系統樹解析を行った。あわせて、multi-locus sequence typing (MLST) を実施し、乳液分離株とデータベース上に存在する臨床分離株の遺伝子型を比較した。

MALDI-TOF MS によって乳液中から単離した菌株 199 株の菌種同定を行った結果、63% (125/199 株) が腸球菌に分類され、このうち *E. faecalis* (64 株) と *E. faecium* (37 株) が優占的に同定された。また、MALDI-TOF MS によって腸球菌に分類された 125 株と従来法との同定結果は 89% (111/125 株) で一致した。このことから、MALDI-TOF MS は、高い同定精度を有していることが明らかとなった。次に、*E. faecalis* あるいは *E. faecium* と同定された 101 株の遺伝子型について PFGE 法と MLST を用いて解析した結果、*E. faecalis* は類似度 82% 以上で 3 つの大きなクラスターを形成し、それぞれ単独の Sequence Type (ST) に分類された (ST40, ST211, および ST268)。一方で、*E. faecium* は類似度 82% 以上で 6 つの小さなクラスターを形成し、それぞれ新規の ST に分類された (ST624~ST629)。また、これら 101 株のうち、病原性遺伝子を保有していたのは、ST626 に分類された 1 株のみであった。以上の結果から、本研究で乳液中から単離した腸球菌がヒトへの感染症を引き起こす可能性は低いことが明らかになった。

(3) Utilization of milk protein as an environmental material: accumulation of metal ions using a protein-inorganic hybrid material

Yamada, M. and Tsuruzumi, M.

Polymer Journal, **48** (3), 295–300 (2015).

Reviewed by B. Maralmaa

Role of surface active agent is paramount important in the flotation process. Casein is one of the surface active agents which is well-known phosphoprotein. Casein has many metal ion-binding sites in its molecular structure. However, casein is unstable under the environmental conditions and cannot be used for a long period. Therefore, utilization of casein requires hybridization with other materials. In this study, the accumulation of various metal ions (Cu^{2+} , Zn^{2+} , Cr^{3+} , Al^{3+} , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Y^{3+} , In^{3+} , La^{3+}) was investigated using the casein-inorganic (casein-SiNSi) hybrid material from aqueous solutions. A casein-SiNSi hybrid material was prepared by mixing casein and a silane coupling reagent (bi[3-(trimethoxysilyl)propyl]amine). After that, the water stability of casein-SiNSi hybrid material and the amount of casein in the hybrid material was investigated by absorption (Bio-spectrophotometer, Hitachi Ltd.) and P element, related to the phosphate group of casein, was analyzed by ICP-AES-7000 (Shimadzu Corp.). Also, structure of the casein-SiNSi hybrid material and the metal ion accumulated casein-SiNSi hybrid material was determined by the IR absorption spectra (FT-IR 8400 Shimadzu Corp.). Furthermore, the accumulation of the metal ions using casein-SiNSi hybrid material and the possibility of reuse of metal ion-accumulated casein-SiNSi hybrid material using the EDTA and HCl solutions were investigated.

These casein-SiNSi hybrid materials showed good water stability when the mixing ratio of casein/SiNSi was varied to 30:70 (wt%/wt%) through encapsulation into the three-dimensional siloxane network and through electrostatic interactions. In addition, the casein-SiNSi hybrid material could accumulate various metal ions from an aqueous solution. The binding affinities between the casein-SiNSi hybrid material and the metal ions were $\text{Mg}^{2+} > \text{Ca}^{2+} > \text{Al}^{3+} \gg \text{Cu}^{2+} > \text{Cr}^{3+} > \text{Zn}^{2+} \gg \text{In}^{3+} > \text{Y}^{3+} > \text{La}^{3+}$. The hybrid materials showed ion selectivity for heavy and light metal ions. In addition, the metal ion-accumulated hybrid materials could be recycled by washing them with an aqueous EDTA solution or hydrochloric acid. As these results, the casein-SiNSi hybrid material may have a potential use in environmental applications, such as the detoxification of harmful metal ions from drinking water, river water and industrial waste.

第 260 回雑誌会

(Nov. 21, 2016)

(1) Short-term effects of dam removal on macroinvertebrates in a Taiwan stream

Chiu, M.C., Yeh, C.H., Sun, Y.H. and Kuo, M.H.

Aquatic Ecology, **47**, 245-252 (2013).

Reviewed by K. Shirasaka

近年、河川を自然の状態に戻す目的でダム撤去が推進されている。しかし、ダム撤去に伴い下流へ供給される土砂が生物相へ与える影響が懸念される。そこで本研究では、堆砂の進んだ砂防ダムの撤去後のハビタット変化と、それに対する底生動物と捕食者である鳥類の応答を評価した。2011年3月-9月にかけて、台湾中央部を流れる Dajia River の上流部に位置する砂防ダムの上流2地点(ダムから 0.1 km, 1.0 km)と下流2地点(ダムから 0.1 km, 0.8 km)を対象に調査を行なった。なお、ダム撤去は2011年の5月23-30日にかけて行われた。調査項目は標高、河床礫径、底生動物、鳥類とした。標高と河床礫径に関しては、各地点に3本の測線を設定し、測線の4等分点上、すなわち1地点計9点で測定した。標高は、トータルステーションを用いて測量した。底生動物は、30.48 cm×30.48 cm のコドラート付きサーバーネットを用いて、各地点で6回サンプリングし、それらを1つにまとめた。鳥類はカワガラスを対象に、ダム上下流の河川沿い1,850 mに渡って個体数を計測した。これらのデータについて上流-下流間とダム撤去前後を主要因、地点と日数を入れ子要因とする nested-ANOVA (analysis of variance) によって解析した。

ダム撤去後、ダム直下地点において 0.4 m-2.8 m の標高の上昇が確認された。河床礫径は、ダム下流において撤去前には 3.3-41 cm であったが、撤去後には 2.8-21 cm に縮減した。一方ダム上流では、撤去前には 1.2-14.2 cm であったが、撤去後には 4.5-21.5 cm に増大した。標高や河床礫径の変動は、ダム撤去に伴って粒径の小さい土砂やシルトが流下したためと考えられる。底生動物群集の個体数と分類群数は、ダム撤去前後とダム上流-下流間において有意差が確認された(個体数密度:P=0.0033, 分類群数:P=0.0189)。また、ダム下流の底生動物の個体数密度は、ダム撤去以前よりも減少した。一方で、ダム上流では個体数密度が増加した。底生動物の分類群数は、撤去後、全調査地点において減少し、ダム下流において最も大きく減少した。このことから、貯水池からの大量の土砂流下によって、底生動物は剥離、埋没したことが示唆された。しかしながら、短い生活史を有する底生動物の割合は、ダム撤去後直ちに回復していた。このことから、今後は多様な底生動物群集の構築が期待された。捕食者の指標生物として用いたカワガラスの個体数に関しては、ダム撤去の影響を確認できなかった。これは、一般的に鳥類は移動性が高く、本研究のようなダム周辺の狭い領域における底生動物の変動には影響されないことが要因と考えられた。

第 261 回雑誌会

(Dec. 2, 2016)

(1) Growth and nutrient uptake capacity of two co-occurring species, *Ulva prolifera* and *Ulva linza*

Luo, M., Liu, F., Li, Xin, M. and Xu, Z.

Aquatic Botany **100**, 18-24 (2012).

Reviewed by K. Nakada

現在、世界中の沿岸域において、富栄養化による緑藻類の緑潮が問題となっている。中国江蘇省の沿岸域には、*Ulva prolifera* と *Ulva linza* の 2 種が広く分布しており、富栄養化による異常増殖が懸念されている。そこで本研究は、*U. prolifera* と *U. linza* における 2 種の生長に影響を及ぼす水温、照度、栄養塩濃度、および栄養摂取率の生理学的な違いを検討した。供試生物は、乳山ビーチから採取した *U. prolifera* とノリ養殖場から採取した *U. linza* を用いた。生長に及ぼす水温と照度の影響は、2, 5, 8, 12, 16, 22, 26, 30°C の 8 条件と 0, 10, 20, 50, 100, 200, および 500 $\mu\text{mol photon m}^{-2} \text{s}^{-1}$ の 7 条件について、それぞれ 16 日後の生長率 (RGR) から評価した。窒素応答試験は、硝酸性窒素とアンモニア性窒素の濃度をそれぞれ 5, 10, 20, 50, 100, 200 μM の 6 濃度区とし、リン応答試験は、リン酸濃度を 30 μM に設定した。2 つの応答試験の判定指標は、16 日後の RGR とした。また、窒素摂取試験は、硝酸性窒素濃度とアンモニア性窒素濃度ともに 0, 5, 10, 20, 50, 100, 200 μM の 7 濃度区とし、リン摂取試験は、リン酸濃度を 0, 5, 10, 20, 30, 40 μM の 6 濃度区に設定した。そして、全ての栄養摂取試験は、0, 30, 60, 120, 180 min 後に採取した海水の栄養塩濃度を測定し、栄養摂取率の変化を評価した。

水温と照度の影響を検討した結果、水温 8 ~ 30°C と照度 50 ~ 200 $\mu\text{mol photon m}^{-2} \text{s}^{-1}$ において、*U. prolifera* の RGR は、*U. linza* と比較して、有意に高い値を示した ($P < 0.001$)。次に、窒素応答試験によって、硝酸性窒素とアンモニア性窒素の RGR の最大値を評価したところ、*U. prolifera* は、13.1% d^{-1} と 16.9% d^{-1} であり、*U. linza* は、9.8 および 11.6% d^{-1} であった。その一方で、リン応答試験では、*U. prolifera* と *U. linza* の RGR の間には有意差は認められなかった ($P < 0.05$)。また、硝酸性窒素とアンモニア性窒素における *U. prolifera* の最大栄養摂取率は、それぞれ 124.25 および 284.60 $\mu\text{mol g}^{-1} \text{DM h}^{-1}$ であり、*U. linza* の摂取率 (109.13, および 250.25 $\mu\text{mol g}^{-1} \text{DM h}^{-1}$) と比較して、高い値を示した。以上の結果から、*U. prolifera* は、*U. linza* と比較して、高い生長および栄養摂取能力を有することから、江蘇省の沿岸域における藻類増殖による緑潮の原因は、*U. prolifera* であることが示唆された。

第 262 回雑誌会

(Dec.9, 2016)

(1) Microbial fuel cell assisted nitrate nitrogen removal using cow manure and soil

Vijay, A., Vaishnava, M., and Chhabra, M.

Environmental Science and Pollution Research, **23**, 7744-7756 (2016).

Reviewed by T. Hirai

微生物燃料電池 (Microbial Fuel Cell, MFC) は、富栄養化や発がん性の原因の一つである硝酸塩の除去を行うことができる。既往の研究において、従属栄養細菌を利用した脱窒処理は、独立栄養細菌を利用するよりも除去率が高く、高濃度の硝酸塩の除去も可能である。しかし、アノード側で脱窒処理を行う場合、電極と脱窒菌が電子を競合するため、微生物燃料電池のクーロン効率を低下させてしまう。そこで本研究では、容量0.150 Lのアノードチャンバーとカソードチャンバーを長さ5.5 cmの塩橋 (KCl) で接続したMFCを構築し、カソードチャンバー内の硝酸塩除去と発電量に関する性能を評価した。牛糞 (含水率80%) は、50 mMのリン酸二水素カリウム液 (pH 4.5) に懸濁し、好気条件で6時間インキュベート後、pH7になるよう50 mMのリン酸水素カリウム液で希釈した。その後、アノードチャンバーには、前処理した牛糞60 g/L, フルーツ廃棄物62 g/L, および50 mMリン酸緩衝液を供給した (COD/NO₃⁻-N=100)。同様に、カソードチャンバーには、前処理した牛糞 (6, 20, 30, 45, 60 g/L), 土壌62 g/L, および50 mMリン酸緩衝液を供給した。

本研究で使用したMFCにおいて、発電に最適な牛糞濃度は30 g/Lであった。しかし、NO₃⁻-N除去率、クーロン効率、およびアノードチャンバーとカソードチャンバーのCOD除去率は、牛糞濃度が高くなるに従って増加し、60 g/Lで最も高い値を示した。9条件のNO₃⁻-N濃度 (0.069, 0.138, 0.207, 0.276, 0.345, 0.414, 0.552, 0.690, および0.966 g/L) において、電力密度とNO₃⁻-N除去に最適なNO₃⁻-N濃度は、0.345 g/Lであった。そこで、各NO₃⁻-N濃度 (0.069, 0.138, 0.276, および0.345 mg/L) について、運転中におけるNO₂⁻-N濃度とNH₄⁺-N濃度の挙動を調べた。その結果、NO₂⁻-N濃度は、1~5.5 mg/Lまで増加した後、1mg/L以下に減少した。同様に、NH₄⁺-N濃度も初期には増加したものの、2時間後には最初の濃度を下回った。牛糞濃度とNO₃⁻-N濃度をそれぞれ30 g/Lと0.345 g/Lにしたときのカソードチャンバー内のCOD/NO₃⁻-N比は、7.31であった。最適な牛糞濃度とNO₃⁻-N濃度をもとに運転を行った結果、窒素除去効率は、7.1±0.9 kg NO₃⁻-N/m³ (net cathodic compartment)/日を記録した。この値は、従属栄養細菌を使用した既往の研究よりも高い値である。以上の結果から、本研究で使用したMFCは、高い硝酸塩廃棄物の処理に対して有用である。

(2) Characteristics of Sewage Sludge Affecting Dewatering by Belt Press Filter

Hashimoto, M. and Hiraoka, M.

Water Science Technology, **22**(12), 143-152 (1990).

Reviewed by W. Taiko

下水汚泥の脱水は、汚泥の脱水特性と高分子電解質を添加する汚泥の調質に依存している。汚泥の脱水特性や高分子電解質の添加量を支配する因子については多数の調査が行われているものの、それらの大部分はベンチスケール試験における報告であり、実際の脱水装置を用いた脱水試験についての研究事例は極めて少ない。そこで本研究では、現行の実脱水装置であるベルトプレスフィルターによる下水汚泥の脱水試験を行い、汚泥の脱水特性と高分子電解質の添加量に影響を及ぼす因子を決定した。対象汚泥は、沈降汚泥と余剰活性汚泥の混合生汚泥 16 サンプル、および嫌気性消化汚泥 8 サンプルとした。高分子電解質は、固有粘度と溶液中のコロイド電荷数が異なる DAM(CH₃Cl) のホモポリマー 3 種類、および DAM(CH₃Cl) とアクリルアミドの共重合体 11 種類を用いた。脱水特性は、ろ布に対する調質された汚泥の重力ろ過性、ベルトプレスフィルターによって生成された脱水汚泥ケーキの含水率・容量指数、およびろ布上の残留固形物の量によって評価した。また、汚泥因子として 33 項目について、JIS KO102-1986、あるいは下水道標準法に基づいて測定した。なお、脱水特性と高分子電解質の添加量に影響を及ぼす因子は、各汚泥因子との相関係数を算出することによって決定した。

各脱水特性と強い相関関係が認められた汚泥因子を以下に示す：汚泥の重力ろ過性、生汚泥の SS 濃度 ($r=0.81$)；脱水汚泥ケーキの含水率、懸濁液の粘度 ($r=0.89\sim 0.92$)；脱水汚泥ケーキの容量指数、汚泥粒子の電荷密度 ($r=0.83$)；ろ布上の残留固形物の量、汚泥粒子の電荷密度 ($r=0.83$)；ろ布上の残留固形物の量、生汚泥の繊維質含有量 ($r=-0.82$)。このとき、懸濁液の粘度に影響を及ぼす因子は、汚泥のアルカリ抽出物の固有粘度、(VSS-繊維 A) / SS : 灰 / SS : 繊維 A / SS ($r=0.79\sim 0.81$)、および汚泥粒子の電荷密度 ($r=0.88$) であった。次に、高分子電解質の投与量に影響を及ぼす汚泥因子を評価した結果、生汚泥の液体に含まれるアニオン性物質の濃度であることが確認された ($r=0.86$)。以上のことから、パイロットスケールの試験において、汚泥の脱水特性と高分子電解質の添加量に影響を及ぼす複数の汚泥因子を決定できた。

第 263 回雑誌会

(Dec. 16, 2016)

(1) Decay of genetic markers for fecal bacterial indicators and pathogens in sand from Lake Superior

Eichmiller, J. J., Borchert, A. J., Sadowsky, M. J. and Hicks, R. E.

Water Research, **59**, 99-111 (2014).

Reviewed by K. Teranishi

近年、レクリエーションビーチの浜砂中に長期間生残・蓄積している病原性細菌によるビーチ利用者の健康被害が懸念されている。また、浜砂中における病原性微生物やふん便指標細菌 (FIB) の生残性は、砂中の含水率によって変動することが報告されている。しかしながら、浜砂中において FIB と病原性細菌の生残性を比較した報告は極めて少ない。そこで本研究では、淡水湖ビーチの浜砂を対象として、時間経過に伴う FIB と病原性細菌数の挙動を室内実験によって調査した。室内実験は、55 mL のねじ口試験管に浜砂を 40 g 投入した。次に、各対象細菌をねじ口試験管内に接種し、浜砂中の含水率がそれぞれ 14%、または 28% となるように滅菌蒸留水を添加した。その後、室温 (25°C) で日光を遮断した状態のねじ口試験管から 0, 1, 3, 5, 7, 9, 11, および 14 日後に浜砂を採取した。対象とする FIB は *Escherichia coli*, および *Enterococcus spp.* とし、平板培養法と定量 PCR 法 (*Enterococcus spp.*; Enterol プライマー) によってそれぞれ計数した。また、病原性細菌は、*Campylobacter jejuni*, *Methicillin-resistant Staphylococcus aureus* (MRSA), *Salmonella enterica subsp. enterica serovar Typhimurium*, および *Shigella flexneri* とし、それぞれの標的遺伝子の定量 PCR 法によって検出した。なお、時間経過に伴う各細菌数の減少率は、GraphPad Prism バージョン 5 ソフトウェアを用いて算出した。また、含水率が各細菌数に与える影響は、Tukey's 検定と ANOVA 分析を用いて評価した。

浜砂中の含水率の違いによる各細菌数の減少率を比較した結果、*E. coli* を除く全ての細菌が、含水率 14% と比較して 28% の条件において低く算出された。このことから、浜砂中の含水率が高い条件において、FIB や病原性細菌は高い生残性を有することが示唆された。次に、時間経過に伴う FIB と各病原性細菌数の変動を調査した結果、平板培養法による *E. coli*, および *Enterococcus spp.* と、MRSA を除く全病原性細菌数は、どちらの含水率の条件 (14%, 28%) においても安定して減少する傾向を示した (減少率; 0.28~0.79)。一方で、定量 PCR 法による *Enterococcus spp.* 数は、調査期間を通して有意な減少は認められなかった。以上のことから、淡水ビーチの浜砂中において、平板培養法による FIB 数は定量 PCR 法と比較して、病原性細菌の代替指標として用いることが有効であると考えられた。

(2) Simulating the spatio-temporal dynamics of soil erosion, deposition, and yield using a coupled sediment dynamics and 3D distributed hydrologic model

Zi, T., Mukesh, K., Gerard, K., Ciaran, L., John, A.

Environmental Modeling & Software, **83**, 310-325 (2016).

Reviewed by Y. Kanayama

降雨や地表流により生じる土壌浸食は、土壌の生産性低下や水質悪化を引き起こす。したがって、土壌の損失や土砂の空間分布の正確な推定は、貯水池管理や農業生産性の予測において重要である。そこで本研究では、アイルランドの Dripsey 川流域を対象に、土砂浸食、堆積および輸送過程を分布型流出モデル (GEOtop, 空間解像度=50×50m) に組み込み、集水域内の浮遊物質生産量 (SSY) を推定した。降水量、温度、日射量、気圧、相対湿度、および風速には HYDRONET flux tower の観測データを採用した。土壌パラメータには Irish Forestry soils (IFS) のデータを採用した。また、流量および浮遊砂濃度の観測値を Dripsey 川流域内に設置した水位記録計と自動採水器によって取得した。表面流は kinematic wave 法、そして地下水および土壌水分量は 3 次元-Richards 式を用いてそれぞれ算出した。流出解析期間は、2002 年 3 月 15 日から 2003 年 12 月 31 日とした。モデルの較正には、2002 年 1 月 1 日から 2002 年 3 月 14 日までの 1 時間ごとの流量および浮遊物質濃度のデータを用いた。SSY は、流出解析による流量や土壌水分量から算出した。また、流出解析の評価には、Relative bias (RB), Nash-Sutcliffe efficiency (NSE), index of agreement (IOA), Root mean square error (RMSE) の 4 つの指標を用いた。

流出解析による流量の再現結果は、良好な再現性を有することが示された (RB=1.2%, NSE=0.5, IOA=0.9)。しかし、RMSE は標準偏差の 53% と高い値を示した。これは高流量時の過大推定と、低流量時の過小推定が原因と考えられる。一方、SSY の再現結果においても、良好な再現結果が得られた (RB=9.9%, NSE=0.7, IOA=0.9)。また、高流量時の流量推定と同様に、ピーク流量時における SSY が過大推定された。このことから、流量の再現結果は SSY の再現結果に大きく影響することがわかった。さらに、集水域の土壌水分と SSY の変動を調べたところ、集水域の土壌層が飽和状態に近いほど、浸食量が大きくなる傾向が確認された。したがって、SSY を時空間的に精度良く推定するためには、土壌水分量の空間分布を正確に把握する必要があると示唆された。

(3) Prevalence of antibiotic resistance genes in antibiotic-resistant *Escherichia coli* isolates in surface water of Taihu Lake Basin, China

Giowanella, M., Bozza, A., do Rocio Dalzoto, P., Dionísio, J. A., Andraus, S., Guimarães, E. L., and Pimentel, I. C.

Environmental Science and Pollution Research, **22**, 11412-11421 (2015).

Reviewed by E. Nishimura

臨床や畜産場における抗菌薬の使用に伴い、薬剤耐性菌が出現し、薬剤耐性菌の急速な拡散が世界中で危惧されている。そこで本研究では、環境中における大腸菌の薬剤耐性、薬剤耐性遺伝子 (ARGs)、および遺伝子の水平伝播に関する *Int-I* 遺伝子の有無を調査し、表流水における薬剤耐性大腸菌の起源を推定した。試料は、2009 年 12 月から 2010 年 5 月にかけて、中国の太湖流域から表流水 33 試料 (太湖 16 試料, 支川 17 試料) を採水した。また、鶏と豚の飼育所の処理水と下水処理水を採水し、各試料からの単離株を鶏, 豚, およびヒト由来株とした。加えて、野生コサギの 3 つの巣から、ふん便を 4 回に分けて採取し、計 12 試料から菌株を単離した。試料採取後、MacConkey 寒天培地を用いて培養し、生育した菌株について、大腸菌の同定試験を実施した。大腸菌同定株について、ディスク法によって薬剤感受性試験を実施した。大腸菌株の薬剤耐性から、多剤耐性 (MAR) 指標を算出し、表流水における MAR 大腸菌の分布と各宿主の MAR 度を比較した。また、PCR 法によって、39 種類の ARGs、および *Int-I* 遺伝子を検出した。検出した遺伝子の多重対応分析によって、表流水からの単離株と動物由来株との類似性を評価した。

各試料から単離・同定された大腸菌株は、それぞれ、表流水 665 株, 鶏由来 27 株, 豚由来 29 株, ヒト由来 45 株, およびコサギ由来 15 株であった。大腸菌同定株について薬剤感受性試験を実施した結果、表流水における大腸菌は、少なくとも 4 種類の抗菌薬に対して耐性を示す菌株が 49% (77/164 株) 検出された。次に、単離した起源ごとに MAR 指標を算出したところ、表流水は平均で 0.44 であったのに対し、ヒトとコサギはそれぞれ 0.30 と 0.15 であり、MAR 指標が低下した。これに対して、鶏と豚由来の MAR 指標は、それぞれ 0.64 と 0.57 であり、表流水と比較して上昇し、MAR 株の割合が多いと推察された。薬剤耐性大腸菌の ARGs を確認したところ、抗菌薬に薬剤耐性を示す株から耐性遺伝子が検出された。中でも、全 MAR 大腸菌の 57% が *Int-I* 遺伝子を保有していた。多重対応分析を実施した結果、表流水中の大腸菌株が保有する ARGs は、鶏, 豚, およびヒト由来株と類似していた。以上のことから、水環境における薬剤耐性大腸菌の拡散には、人間活動が関与していると考えられた。