

7 抄録・概要

7.1 自主研究概要

- (1) 自然環境データベースのGISによる構築・運用 —森林変遷の把握と温暖化緩和機能の評価— 嶋田知英、三輪誠
- (2) 微小有機成分粒子の一次排出および二次生成の寄与割合推定に関する基礎的研究 長谷川就一、米持真一、梅沢夏実、松本利恵、佐坂公規
- (3) 微小エアロゾルの通年観測試料を活用した各種大気イベントの解析 米持真一、梅沢夏実、長谷川就一、松本利恵
- (4) 光化学反応によるBVOC由来生成物の測定手法の構築と埼玉県における現況把握 佐坂公規、梅沢夏実、松本利恵、米持真一、長谷川就一、野尻喜好
- (5) 資源植物による汚染土壌の修復効果にみられる品種間の差の評価 王効挙、米持真一、磯部友護、細野繁雄、三輪誠、米倉哲志、金澤光
- (6) 光化学オキシダントの高濃度化と温暖化の進行が埼玉県の水稻等に及ぼす単独および複合的な影響の評価 米倉哲志、王効挙、嶋田知英、三輪誠
- (7) 河川水中ネオニコチノイド系殺虫剤濃度の年間変動 大塚宜寿、野尻喜好、養毛康太郎、茂木守、堀井勇一
- (8) 環状シロキサンの分析法開発と環境汚染実態解明 堀井勇一、茂木守、大塚宜寿、養毛康太郎、野尻喜好
- (9) 県内における有機ハロゲン難燃剤の汚染実態の把握 茂木守、養毛康太郎、大塚宜寿、堀井勇一、野尻喜好
- (10) 中小河川・水路における水生生物の生息環境の評価手法の検討 木持謙、田中仁志、金澤光
- (11) 下水処理プロセスにおけるN₂O生成ポテンシャルの評価 見島伊織
- (12) 県内河川における内部生産現象の実態解明と水質汚濁影響評価 池田和弘、柿本貴志、見島伊織、渡邊圭司
- (13) 浮遊細菌の構成種から見た埼玉県内河川の水質特性評価 渡邊圭司、池田和弘、柿本貴志、見島伊織、高橋基之
- (14) 埼玉県における地下水質特性の総合評価とその応用に関する研究 八戸昭一、石山高、濱元栄起、白石英孝
- (15) 海成堆積物の風化メカニズムと土壌汚染リスク管理に向けた検討 石山高、八戸昭一、濱元栄起、白石英孝、細野繁雄
- (16) 土壌中における有害重金属の存在形態と植物への移行状況の解析 石山高、八戸昭一、濱元栄起、白石英孝、細野繁雄
- (17) 地中熱利用のための地下熱環境評価手法と熱応答試験装置の開発 濱元栄起、八戸昭一、白石英孝、石山高、佐竹健太
- (18) 生態園をモデルとした放射性物質の分布及び移行に関する研究 佐竹健太、米持真一、白石英孝、小林良夫、嶋田知英、三輪誠、細野繁雄

[自主研究]

自然環境データベースのGISによる構築・運用

－森林変遷の把握と温暖化緩和機能の評価－

嶋田知英 三輪誠

1 目的

当センターでは、これまで自然環境分野を中心に地理情報システム(GIS)データの収集や作成を行い自然環境GISデータベースの構築に取り組んできた。また、蓄積したGISデータを用い、野生生物の生息条件の空間的評価や生息適地モデルの検討、耕作放棄地等土地利用変遷の把握などを行ってきた。

この様な自然環境データベースの構築や解析を行う過程で、埼玉県の森林の空間的構造に近年大きな変化があったことが分かったが、その詳細な実態は分かっていない。そこで、GISデータベースのさらなる充実を図り、県施策や県民による環境保全活動を支援する情報を提供するとともに、GISデータベースを用いた埼玉県の詳細な土地利用変遷の把握を行う。

2 森林への土地利用変遷に関する解析

埼玉県広域緑地計画によると、埼玉県の森林面積は1975年から2000年の間に約6%減少したとしている。しかし、国土数値情報土地利用細分メッシュデータを用いた解析では、3次メッシュ単位で見ると、1976年から2006年の間に全体の10.5%のメッシュで森林が増加しており、森林の増減に地域的な違いがあることが分かっている¹⁾。

そこで、埼玉県における、より詳細な森林の変遷と森林増減の地域特性を知るため、あらたに2009年の国土数値情報土地利用細分メッシュデータを加え、1976年から2009年の間に起きた、メッシュ単位の森林変遷の空間分布を、GISを用い解析・整理した。なお、国土数値情報土地利用細分メッシュデータの空間解像度は一辺約100mで、土地利用を11～15の種別に分類しているが、年次により土地利用種別が若干異なるため、8つの土地利用種別に統合・再分類し解析を行った。

1976年から2009年の間に、他の土地利用から森林に変化したメッシュは、森林全体の5.6%を占め、その変化した土地利用メッシュの1976年時点の土地利用は、畑等が最も多く33.6%となり、次いで荒地が23.4%、その他が13.0%、河川湖沼が11.0%、田が10.1%、建物用地が8.4%であった。

他の土地利用から森林への変化が多かった畑等と荒地のメッシュ密度分布を図1、図2に示した。また、1976年から2009年の間に森林へ変化したメッシュの平均標高を図3に

示した。畑等から森林に変化したメッシュは、平均標高が200mを超える県中西部の丘陵から山間地域に多く、荒地から森林に変化したメッシュは、県西部の平均標高が約1000mの山岳地帯に多く分布していた。他の土地利用も、森林へ変化したメッシュは平均標高が100mを越えており、比較的標高の高い地域で森林への変遷が起きたと考えられた。

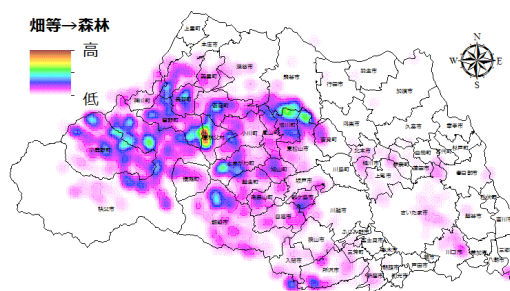


図1 1976年から2009年の間に畑等から森林へ変化したメッシュの密度分布

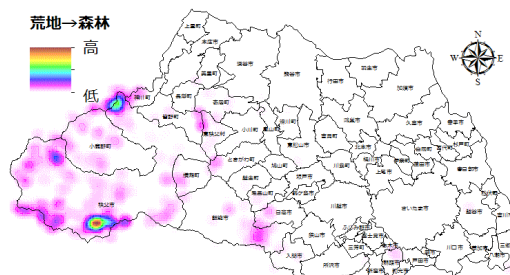


図2 1976年から2009年の間に荒地から森林へ変化したメッシュの密度分布

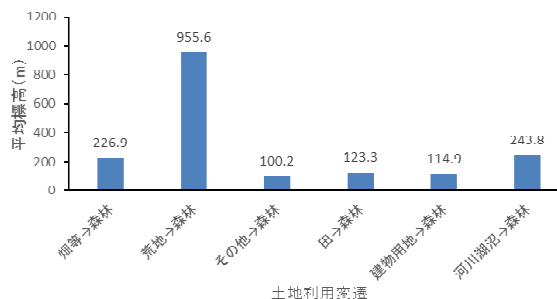


図3 1976年から2009年の間に他の土地利用から森林へ変化したメッシュの平均標高

文献

- 1) 嶋田ら(2012)埼玉県環境科学国際センター報, 12, 110

[自主研究]

微小有機成分粒子の一次排出および二次生成の寄与割合推定に関する基礎的研究

長谷川就一 米持真一 城裕樹* 梅沢夏実 松本利恵 佐坂公規

1 背景と目的

微小粒子状物質(PM_{2.5})の濃度は年々低下してきているものの、環境基準達成率は十分でない。PM_{2.5}を構成する主な成分のうち、元素状炭素(EC)は燃焼起源だが、有機炭素(OC)は発生源が多種多様であり、野焼き等のバイオマス燃焼起源に関する動態解明や寄与の把握、また、二次生成の寄与の把握が遅れている。そこで、本研究では、バイオマス燃焼起源及び二次生成の指標となるレボグルコサン及び水溶性有機炭素(WSOC)と有機酸を測定し、微小有機成分粒子の発生源を適切に推定するための手法検討やデータ収集などの基礎的な研究を行った。

2 方法と結果

2.1 秋季・冬季の高濃度事例の比較

秋季・冬季にPM_{2.5}が顕著に高濃度となった①2011年11月、②2014年1月、③2014年2月上旬、④2014年2月下旬について、騎西における観測結果を比較した(図1)。いずれの事例でも、PM_{2.5}日平均値の最高は50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ を超えた。主要成分の中ではOCと硝酸塩(NO₃⁻)が高かったが、④では硫酸塩(SO₄²⁻)が主に高かった。①と②では、レボグルコサン・K⁺・char-ECが高いことから、バイオマス燃焼の影響が大きかった。ただし、WSOCや有機酸は①の方が高かったため、①ではエイジングが進んでいた可能性が示唆される。③については、レボグルコサンは①や②ほど高くないが、K⁺・char-ECは①や②と同程度だったことから、バイオマス燃焼の影響があったと考えられる。④は③よりもレボグルコサン・char-ECが低いことから、バイオマス燃焼の影響は他よりも小さかったと考えられる。

2.2 夏季の状況

2012年と2013年の夏季の鴻巣における観測結果(1週間平均)を比較した。観測期間中、特に高濃度にはならなかったため、夏季の平均的な状況をとらえたと考えられる。夏季はレボグルコサン・K⁺・char-ECは低く、バイオマス燃焼の影響は小さかった。一方で光化学反応は盛んであると考えられるが、WSOCや有機酸は、秋季・冬季の低濃度時と大きな違いはなかった。ただ、2013年には有機酸が2012年よりもやや高めで、光化学オキシダントとフタル酸に正の相関が見られた。

2.3 バイオマス燃焼の発生源組成

農作物残渣(大麦・小麦・稲わら、籾殻)の焼却実験、および籾殻の焼却現場で採取したPM_{2.5}試料からレボグルコサンを分析した結果、OC中の割合は大麦わら・稲わらで1~2%、籾殻で1~6%だった一方、小麦わらでは0.4~0.5%と低く、種類によって異なることが示唆された。また、char-ECは、大麦わら・稲わらでECの8割以上を占めていたが、小麦わら・籾殻では検出されず、soot-ECのみで構成されていた。

2.4 バイオマス・化石燃料燃焼の寄与推定

2.1および2.2の観測結果について、稲わらと籾殻のバイオマス燃焼を想定し、レボグルコサンを指標として観測されたOC、char-EC、およびsoot-ECのうちバイオマス燃焼分を推定し、残りを化石燃料燃焼分としてOCについてはさらに一次排出と二次生成を推定した。この推定では、稲わら・籾殻燃焼粒子中のレボグルコサンとOC、char-EC、およびsoot-ECの比、化石燃料燃焼粒子中のOCとECの比について、発生源組成データを参考に与えた。その結果、秋季・冬季の高濃度事例①~③ではOC・ECはバイオマス燃焼の寄与が支配的だが、低濃度時や④では化石燃料燃焼の寄与がある程度存在した。

④は大陸からの移流による広域汚染が影響しており、硫酸塩が高かったことから、この傾向は整合的と考えられる。夏季については、化石燃料燃焼の寄与が大きい、そのうち二次生成の寄与は2012年の方が大きい傾向が見られた。今後、さらにバイオマス燃焼等の発生源組成データを集積していくことが重要である。

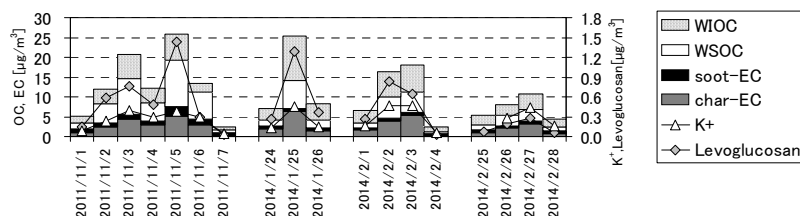


図1 秋季・冬季の高濃度事例の各成分濃度

Basic study on source apportionment of primary emission and secondary formation of atmospheric fine organic particles

* さいたま市健康科学研究センター

[自主研究]

微小エアロゾルの通年観測試料を活用した各種大気イベントの解析

米持真一 梅沢夏実 長谷川就一 松本利恵

1 目的

微小粒子状物質(PM_{2.5})は、2009年に環境基準値が告示されたが、当センターでは設立当初の2000年9月から一週間単位のPM_{2.5}の通年観測を開始し、15年にわたり継続してきた。また、2005年からは国内でも例のないPM₁の通年採取を、2009年からは、標準測定法による日単位のPM_{2.5}採取も開始した。平成26年度末には全国約1000の測定局に、PM_{2.5}質量濃度測定のための自動測定機が整備され、また、四季の2週間ずつPM_{2.5}の詳細な成分を調べる、“PM_{2.5}成分調査”も開始されたが、手間のかかる1日単位のフィルター捕集を通年で実施している事例は、現在でもほとんど無い。この間に東日本大震災や2013年1月の中国広域でのPM_{2.5}高濃度汚染発生に伴う急激な社会的関心の高まりが生じ、注意喚起のための暫定指針値(1日平均値で70 μg/m³)も決められるなど、PM_{2.5}を取り巻く状況は大きく変化した。

本研究は、微小エアロゾルの通年観測試料を活用し、大気イベント解析に直接または間接的に活用するものである。

2 方法

環境科学国際センター(加須)の敷地内に2台のPM_{2.5}採取装置(FRM2025)及びPM₁採取装置を配置し、試料採取を行った。週単位で採取したPM_{2.5}、PM₁は石英ろ紙を用い、相対湿度50%で、1日単位で採取したPM_{2.5}はPTFEろ紙を用い、標準測定法に準じて相対湿度35%で秤量を行った後、必要に応じて水溶性イオンと金属元素成分を分析した。

3 結果

3.1 2014年度のPM_{2.5}の状況

2014年度は、年間で359試料を得た。年平均値は13.7 μg/m³、98%値は36 μg/m³であり、PM_{2.5}の環境基準値と比較すると、年平均値は基準達成、98%値は環境基準値並まで低下した。いずれも緩やかな減少傾向と見ることができ、年平均値、98%値とも昨年度(それぞれ14.1 μg/m³、41 μg/m³)より、減少しており、5年間で約5 μg/m³の低下となった。

35 μg/m³以上の高濃度出現も2013年度から半減し、8日間となった。従来は秋季から冬季にかけて高濃度が現れやすくなるが、2014年度は12月、1月、2月に35 μg/m³を超過した日は無かった。

3.2 2013年度の高濃度イベント

越境大気汚染への関心が高まる一方で、関東地域は日本で最も経済活動が盛んな地域であるため、PM_{2.5}及びその原因物質の排出量も多い。そこで2013年度の夏季と冬季の高濃度について、本試料を用いて考察した。2013年度は過去5年間で初めて夏季にPM_{2.5}の高濃度が見られ、冬季の2月下旬には、県内で注意喚起レベルの70 μg/m³に達した高濃度イベントが見られた。図1に夏季および冬季の高濃度イベントのSO₄²⁻、NO₃⁻および金属元素比(As/V)の推移を示す。

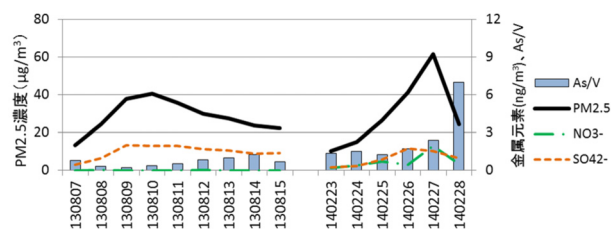


図1 2013年度夏季、冬季の高濃度イベント

高濃度はSO₄²⁻と概ね連動していたが、As/V比は異なっていた。同時期の北京市のAs/Vは夏季が3.8(最大16)、冬季が2.5(最大9.6)であった。夏季には南風が卓越することで、東京湾岸の重油燃焼の影響を受け、As/Vが低下するが、期間中後半は1.3まで上昇した。冬季は、北西風の影響で期間中越境汚染の影響を受けていたと思われるが、更にNO₃⁻の上昇が見られた2月27日は、都市汚染が上乘せされた可能性がある。その後、As/V比は大きく上昇し越境汚染の影響が強まったと考えられる。

4 結言

本研究データは、国内の様々な研究課題や機関にデータ提供を行い、様々な形で活用されてきた。また、並行して行っている中国や韓国の最新の観測データも活用することで、今後も大気汚染イベントの解析に活用しつつ、依頼があれば提供していきたいと考えている。また、科研費研究と併せて、多くのメディアにも取り上げられ、取り組みやデータは、社会に還元できたものと考えている。

[自主研究]

光化学反応によるBVOC由来生成物の測定手法の構築と 埼玉県における現況把握

佐坂公規 梅沢夏実 松本利恵 米持真一 長谷川就一 野尻喜好

1 目的

微小粒子状物質(PM_{2.5})による大気汚染の状況は深刻であり、その改善は喫緊の課題である。国や県では、その原因物質の一つである揮発性有機化合物(VOC)について、種々の排出抑制策を講じている。一方で、国内の陸生植物から放出されるイソプレン等、生物起源VOC(BVOC)の動態やPM_{2.5}生成への寄与は、まだ十分に把握されていない。

本研究では、BVOCの光化学反応により生成するPM_{2.5}中の指標化合物について測定・分析手法を構築し、本県におけるBVOCの現況を把握する。今年度は、昨年度検討した指標化合物の測定・分析手法を用い、県内3か所(堂平・東松山・加須)における現況把握を試みた。

2 方法

2.1 試料採取

PM_{2.5}試料の採取は、当センター生態園(CESS生態園)、東秩父大気測定局及び東松山大気測定局において、主に夏季及び秋季に実施した。採取には、PM_{2.5}捕集用の分級器を装着したハイボリウムエアサンプラーを用い、毎分740Lの流量で石英繊維フィルター上に捕集した。採取時間は、日中(9~17時)、夜間(21~翌5時)の各8時間とした。採取後のPM_{2.5}試料は分析まで冷凍保存(-30℃)した。

2.2 前処理及び分析

試料の前処理及び分析は、概ね昨年度構築したスキーム(図1)に準じて行った。測定対象は、BVOC由来の指標化合物2種(*cis*-ピノン酸及び2-メチルテトラール)と、バイオマス

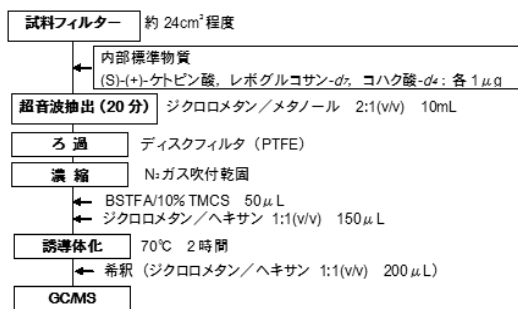


図1 PM_{2.5}試料の分析スキーム

燃焼の指標化合物1種(レボグルコサン)とし、表1に示す条件を用いてGC/MSで測定した。

表1 GC/MS分析条件

Instrument	ISQ LT GC-MS (Thermo Fisher Scientific)
Column	Rtx-5ms 60m x 0.25mmID x 0.25µm (RESTEK)
Oven temp	60°C (1min) ⇒ 10°C/min ⇒ 200°C ⇒ 5°C/min ⇒ 300°C (10min)
Injection	1µL Splitless
Inlet Temp	270°C
Carrier Gas	He, 1.0mL/min
Ionization voltage	70eV
Ion Source Temp	230°C
MS Mode	Scan

3 結果

採取したPM_{2.5}試料に含まれる指標化合物濃度の推移の一例として、夏季のCESS生態園における結果を図2に示す。

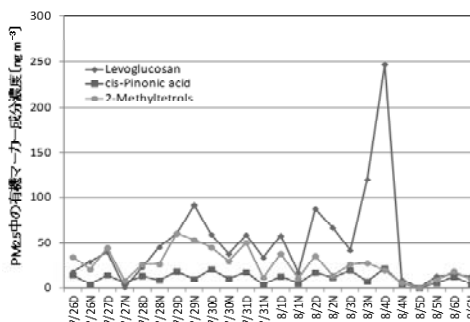


図2 PM_{2.5}試料の分析スキーム

cis-ピノン酸及び2-メチルテトラールの濃度は、日中に増加し、夜間に減少することから、光化学反応による二次生成が示唆された。この結果は、PM_{2.5}試料の採取と同時期に実施した大気中のα-ピネンやイソプレンの濃度変動とも調和していた。同様の変動はレボグルコサンでも見られたが、この化合物はセルロースの燃焼生成物の一種であり、日中のバイオマス焼却の状況を反映したものと考えられる。

4 今後の研究方向

引き続き本県におけるBVOCの現況把握を進めるとともに、比較検討を目的とした人為起源の指標化合物についても測定・分析を試みる。

[自主研究]

資源植物による汚染土壌の修復効果にみられる品種間の差の評価

王効拳 米持真一 磯部友護 細野繁雄 三輪誠 米倉哲志 金澤光

1 目的

植物の環境保全機能を活用したファイトレメディエーション(PR)は、低コストで生態環境に優しい技術として注目されている。PR実用化を促進するため、修復効率の改善だけでなく、修復期間における収益性の確保も極めて重要である。本研究では、従来、開発対象とされた重金属超集積植物などの専用植物の代わりに、バイオ燃料などに利用可能な高付加価値の資源植物を用いた「収益型ファイトレメディエーション」について研究を進めてきた。これまでに一部の資源作物は、PR専用植物に比べ、バイオマス量の大きさから重金属の蓄積量で劣っていないことが確認された。しかし、品種による修復効率の差は確認できていない。そこで、本研究では、トウモロコシ、ダイズ等資源作物に対し、品種間の修復効率の差を評価し、最適な品種を選定することを目的とする。今年度は11品種のトウモロコシについて栽培試験を行い、品種による重金属修復効率の違いを評価した。

2 方法

国産トウモロコシ11品種について、重金属汚染土壌を用い、当センターの人工気象室内でポットカルチャー栽培試験を行った。各品種は3ポットで、各ポットに1株を栽培し、栽培期間終了後に茎葉、芯、実などに区分して乾重量及び重金属濃度を測定した。各部位の乾重量に重金属濃度を乗じて植物の重金属蓄積量を算出し、修復効果の評価した。用いた11品種のトウモロコシは以下であった。黒もちとうもろこし(A)、バナラッシュ(B)、ピュアホワイト(C)、イエローポップ(D)、カクテル600(E)、黄もちとうもろこし(F)、おおもりのコーン(G)、ピクニックコーン(H)、ハニーバンタム(I)、ランチャー82(J)、極早生ハニーバンタム20(K)。

3 結果

栽培したいずれの品種も試験用汚染土壌に明確な被害がなく生育した。地上部(茎葉芯実)の乾収量は43.1~75.1 g/potであり、大きな差が無かった。しかし、収益性を反映する実の乾収量では、1.1~28.0g/potであり、極めて大きな差であったことが分かった(図1)。これは異なる品種が汚染土壌への適応性の差を反映していることも考えられる。

植物地上部の重金属濃度は、総じてZn>Cu>Cd>Pb、As、

Ni、Crの順であった。品種CのCd濃度が比較的lowく、品種Hとの差が6倍であった。それ以外では、品種間の地上部分の重金属濃度の差異が小さかった(表1)。また、重金属濃度の部位別では、概ねに根>茎葉>芯>実であった(表2)。

植物の修復効率を表す地上部の重金属蓄積量の範囲はCd、Pbを例として、それぞれ24.5~143.6、25.8~74.7 μg/株であり、品種間の差が大きかった(表3)。品種A、G、E、Iは実の収量(収益性)、地上部乾重量、重金属蓄積量が高く、汚染土壌の修復に良い品種であることが示唆された。

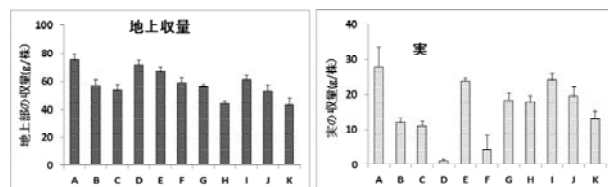


図1 異なる品種の地上部と実の乾重量

表1 異なる品種の地上部の重金属濃度(mg/kg)

品種	Ni	Cu	Zn	As	Cd	Pb	Cr
A	1.0	11.1	142.0	1.1	2.0	0.7	1.3
B	0.8	9.7	99.3	1.9	1.0	1.0	0.9
C	0.9	11.8	106.4	2.0	0.6	1.1	0.7
D	1.1	8.7	101.5	1.0	2.0	0.8	1.0
E	0.9	11.1	207.7	1.2	2.5	0.6	0.6
F	0.9	12.5	154.6	1.2	1.9	1.3	1.0
G	1.1	13.2	264.4	1.8	2.9	1.0	1.0
H	0.7	9.6	181.3	1.0	3.6	0.8	0.8
I	0.9	14.0	131.3	1.3	2.3	1.3	0.6
J	0.7	9.7	155.4	1.6	2.3	0.8	1.0
K	1.1	10.7	118.0	1.2	1.8	0.8	1.2

表2 植物体内部位別の金属分布(品種A例として)

	Ni	Cu	Zn	As	Cd	Pb	Cr
根	9.0	116.3	212.0	11.6	4.3	40.3	9.7
茎葉	1.0	11.1	142.0	1.1	2.0	0.7	1.3
芯	0.6	10.8	176.6	0.7	0.5	0.4	0.2
実	0.5	6.0	64.7	0.3	0.2	0.3	0.1

表3 異なる品種の地上部の重金属蓄積量(μg/株)

品種	Cr	Ni	Cu	Zn	As	Cd	Pb
A	61.7	56.8	668	8606	56.1	92.8	36.5
B	55.3	59.7	530	5704	78.4	44.0	69.0
C	41.5	58.1	557	5304	76.4	24.5	43.9
D	70.4	80.0	612	7516	68.6	143.6	52.6
E	46.5	70.0	639	11544	50.6	92.1	29.1
F	57.0	67.2	770	8778	63.8	86.6	74.7
G	44.1	58.8	598	12174	60.4	99.8	38.4
H	24.6	34.4	404	7959	26.2	88.5	26.1
I	33.5	63.1	652	8258	48.3	74.4	43.8
J	40.9	39.5	469	7398	56.9	65.5	25.8
K	47.1	40.5	415	4906	35.5	50.2	33.3

4 今後の研究方向

「収益型ファイトレメディエーション」の確立においては、今後、さらなる多様な高付加価値の資源植物に対し、品種間の差の解明が必要である。

[自主研究]

光化学オキシダントの高濃度化と温暖化の進行が埼玉県の水稲等に及ぼす単独および複合的な影響の評価

米倉哲志 王効拳 嶋田知英 三輪誠

1 目的

我が国において光化学オキシダントの主要成分であるオゾン(O₃)濃度の上昇傾向が近年再び認められており、埼玉県は、O₃濃度が著しく高い地域である。O₃は植物への毒性が高く、農作物の成長や収量が低下する。水稲もO₃による収量低下などの悪影響が指摘されており、その収量低下の程度は品種間で異なっているため、水稲生産に対するO₃リスク評価には、O₃影響の品種間差も考慮しなければならない。

一方、大気中の二酸化炭素(CO₂)濃度は上昇し続けている。CO₂濃度上昇によって植物の光合成は促進され、植物の成長や収量が増加する一方で、高CO₂環境下で長期間栽培すると、光合成の抑制が起こる。また、植物の形態的な違いにより高CO₂応答が異なり、水稲においても籾数の多い品種などシンク容量が大きい品種で増収率が高い傾向にあるため、高CO₂環境下での水稲の増収率も品種間で異なることが十分に予想される。

高CO₂環境下のO₃影響は、高CO₂の長期暴露による気孔閉鎖により、O₃吸収量が減り、悪影響が緩和されるとの報告もある一方、O₃は気孔の開閉機能を鈍らせるため高CO₂による気孔閉鎖反応を誘発させにくくなり、O₃の悪影響の程度は変わらないとの報告もあり、一定の見解は得られていない。我が国の水稲の収量等に対するO₃とCO₂の複合影響に関する知見は無く、O₃の悪影響に対する感受性や高CO₂による成長促進や収量増大は、植物種や品種によっても異なるとともに長期的応答は初期応答と異なってくると予想される。

そこで本研究では、比較的埼玉県で育成されている水稲品種を主に対象とし、収量等へのO₃の悪影響発現が高CO₂環境下で変化するか評価するとともに、O₃とCO₂の単独および複合影響の品種間差異が発現する要因を調べ、近い将来起こりうる高濃度CO₂環境下における水稲生産性に対するO₃リスクの評価を行う。本研究はH26~28年度の3年間での実施を予定しており、1年目のH26年度は、筆者らが開発した小型オープントップチャンバー(OTC)を改良しO₃やCO₂を添加する装置を作成し、それぞれの濃度制御等の評価を行い、O₃とCO₂添加実験手法を確立することを目的とする。

2 方法と結果

小型OTC(写真1)に隣接して市販の物置を設置し、計測機器やO₃発生器、CO₂ボンベ、CO₂ガスの供給量を制御するための流量計等を配置し、それぞれの小型OTCへのO₃とCO₂ガス分配を調整できるように設計した。

またO₃除去区において、チャンバーの背面にO₃除去フィルターを付けることによる



写真1 小型OTC

O₃除去効率は、O₃濃度が高い夏期においても野外のO₃の約60%以上が除去されており、その時期のO₃濃度は10ppb前後となっており、植物にほとんど悪影響を与えないレベルまで低下していた(図1)。

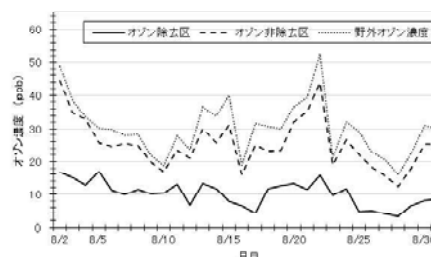


図1 小型OTCのO₃濃度推移

また、チャンバー内のCO₂濃度が野外+

100ppm(図2③)、200ppm(図2①)、400ppm(図2②)になるようにCO₂を添加し、調整し、その精度を検証したところ、全てのCO₂濃度段階において比較的精度良くCO₂が制御されていた(図2)。

一方、O₃添加についてもCO₂添加と同様に制御されており、O₃とCO₂添加実験に利用可能な仕様となった。

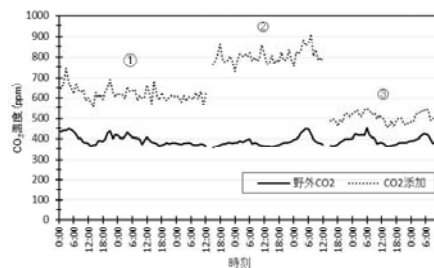


図2 小型OTCのCO₂制御の状況

[自主研究]

河川水中ネオニコチノイド系殺虫剤濃度の年間変動

大塚宜寿 野尻喜好 蓑毛康太郎 茂木守 堀井勇一

1 目的

ネオニコチノイド系殺虫剤は、近年、脊椎動物に対する免疫機能や生殖機能の低下などの慢性毒性が報告され、生態系への影響が懸念されている。先行研究¹⁾により、県内においてネオニコチノイド系殺虫剤が広く使用されていることがわかった。また、海外では、すでに使用されている新規のネオニコチノイド系殺虫剤スルホキサフルルや、ネオニコチノイド系殺虫剤と同様の影響が懸念されているフェニルピラゾール系殺虫剤フィプロニルも注目されるようになってきたが、これらの殺虫剤については、その存在実態も明らかとなっていない。これらだけでなく、従来のネオニコチノイド系殺虫剤についても、河川水中濃度の長期的な変動や、その起源は明らかとなっていない。本研究は、発生源の推計や各種リスク評価の基礎資料とするため、先行研究で対象としたネオニコチノイド系殺虫剤7化合物とスルホキサフルルおよびフィプロニルの河川水中濃度の年間変動と農業活動や気象条件との関連性に加え、検出地域の拡大縮小傾向および地域的特徴の把握を目的とする。

2 方法

今年度は、先行研究¹⁾で高濃度となった夏季に、埼玉県内で環境基準点が設定されている35河川38地点の河川水中濃度を同様に調査した。また、我々がすでに開発した、ネオニコチノイド系殺虫剤7化合物の同時分析法²⁾を基に、スルホキサフルルとフィプロニルも含めた同時分析法となるように改良した。

3 結果

3.1 夏季調査

調査したネオニコチノイド系殺虫剤7化合物のすべてが不検出であった地点は、今回の調査においても山間部にある荒川の上流部の1地点だけであった。今回の調査においても昨年度の調査結果と同様に、出荷量が他の化合物に比べて多いジノテフランは、検出率および検出濃度範囲が他に比べて高く、本調査で最も高い濃度は230ng/Lであった。各化合物の濃度範囲は、昨年度の調査結果と同程度であった。このことから、県内においてネオニコチノイド系殺虫剤が昨年度と同様に使用されていたと推察された。

3.2 分析方法の改良

すでに開発した、ネオニコチノイド系殺虫剤7化合物の同時分析法²⁾からの主な変更点は、次のとおりである。スルホキサフルルおよびフィプロニルも測定対象とした。内標準物質に重水素でラベル化したジノテフランを追加して、先行研究での検出率と濃度が高かったジノテフランの定量に使用し、その精確度の向上を図った。内標準物質を添加した試料は、ろ液とろ過残さに分けずに ジーエルサイエンス(株)製固相抽出カートリッジ InertSep® Pharma FF に通水することとした。通水乾燥後の InertSep® Pharma FF にコンディショニングした InertSep® GC を連結し、アセトンで溶出、クリーンアップをすることとし、分画試験により溶出に用いるアセトンは8mLとした。スルホキサフルルの感度を向上させるため、移動相を0.1%ギ酸から10mM酢酸アンモニウムに変更した。

装置の検出下限値は、0.3pgから1pgの範囲であった。試料量250mLでの測定方法の検出下限値は、0.2ng/Lから0.8ng/Lであった。河川水を用いた添加回収試験(n=4)の結果は、回収率86%から101%(平均97%)であった。測定方法の検出下限は十分低く、回収率も確保できたことから、本研究で開発した分析方法はこれまでのネオニコチノイド系殺虫剤7化合物に加えてスルホキサフルルおよびフィプロニルの河川水中における存在実態を把握するための同時分析に使用可能であると判断した。

4 今後の予定

農業地域を流れる河川におけるネオニコチノイド系殺虫剤8化合物とフィプロニルの河川水中濃度を年間を通じて測定し、濃度の年間変動と農業活動や気象条件との関連性を把握する。また、夏季での埼玉県内を流れる35河川の調査を継続し、検出地域の拡大縮小傾向および地域的特徴の把握をするとともに、スルホキサフルルやフィプロニルの存在実態も把握する。

参考文献

- 1) 大塚宜寿, 茂木守, 野尻喜好, 蓑毛康太郎, 堀井勇一 (2014) 県内の河川におけるネオニコチノイド系殺虫剤の汚染実態の把握, 埼玉県環境科学国際センター報, 14, 118.
- 2) 大塚宜寿, 野尻喜好, 蓑毛康太郎, 茂木守, 堀井勇一 (2013) 河川水中のネオニコチノイド系殺虫剤の分析, 環境化学討論会要旨集, 22, 2PD-019.

[自主研究]

環状シロキサン分析法開発と環境汚染実態解明

堀井勇一 茂木守 大塚宜寿 蓑毛康太郎 野尻喜好

1 背景・目的

揮発性メチルシロキサン(VMS)は、多様なパーソナルケア製品に使用される高生産量化学物質であるが、その一部について、環境残留性や生物蓄積性が指摘されている。本研究では、環状及び鎖状の3~6量体のVMSを対象に、まず、公定法提案を目指した高精度の分析法開発を行う。次に、確立した分析法を用いて発生源データの整備、環境中へのVMS排出状況を把握する。さらに水質、底質、生物の各環境媒体について環境汚染実態を把握し、VMSの環境残留性評価を行う。このうち平成26年度は、環境汚染実態調査として、東京湾流域を対象としたモニタリング調査を実施した。VMSのリスク評価として、VMSの実濃度データを用いた魚類に対する生物蓄積性評価、及びVMSの毒性情報との比較による環境リスク評価を行った。

2 試料と方法

東京湾流域におけるVMS濃度分布把握のため、平成24年度から環境調査を継続的に実施してきた。主な調査は、東京湾主要流入河川調査(平成24年度)、埼玉県内における主要河川調査(平成25年度)、元荒川における年間季節変動調査(平成25年度)、東京湾主要流入量河川調査(平成26年度)、荒川下流域詳細調査(平成26年度)、東京湾調査(平成26年度)である。これら水底質の調査結果をまとめることで、東京湾流域におけるVMS環境汚染の実態を把握した。魚類については、同水域から試料を収集し、採取地点及び魚種別に分別して分析した。

3 結果と考察

3.1 水底質中の濃度分布

河川水について計84地点、東京湾海水について計23地点のVMS濃度を分析した。河川水及び海水について得られたΣVMS濃度(7化合物の合計)は平均212ng/Lで、その濃度範囲は4.9~1,690ng/Lであった。埼玉県内主要河川の濃度分布は、県南部の都市域を流れる芝川や荒川(笹目橋)で高く、県北西部の荒川上流やその支川では低い傾向が見られ、その分布は下水や生活雑排水の流入の影響を強く受けていると示唆された。

河川底質(n=31)から得られたΣVMS濃度は平均615ng/g-dryで、その濃度範囲は3.8~3,480ng/g-dryと流域により大きな濃度差が確認された。同一河川においては、上中流域

で数~数十ng/g-dryと低く、河口域で高濃度に堆積しており、粒子沈着に応じた傾向が見られた。中でも荒川や隅田川の河口域では、底質中のVMS濃度がμg/g-dryオーダーと、特に高濃度で蓄積している実態が明らかになった。

3.2 生物蓄積性評価

魚類中のΣVMS濃度は7.7~4,060ng/g-wetと、調査地域により3桁の大きな濃度差が確認された。特に下水放流口付近の魚類からは、平均値でppmオーダーと高濃度のVMSが検出された。概して、河川魚類からは数百から数千ng/g-wetのVMSが検出され、海水魚中の濃度より高い分布であった。

生物蓄積性の指標として、得られた実濃度を用いて生物蓄積係数(BAF)及び生物相-底質蓄積係数(BSAF)を算出した。その結果、BAFについては、約半数の検体について、D4及びD5のBAFが5,000を超える結果となった。一方で、BSAFについては、河川及び東京湾の平均値は、D4、D5、D6についていずれも1未満となり、特にD6については0.1未満と低い値を示した。しかしながら、河川のチチブやボラ、東京湾のマコガレイやシャコ等の一部の魚種については、D4又はD5のBSAFが1以上となり、生物蓄積性を示す結果となった。

3.3 環境リスク評価

下水放流水(n=26)及び河川水(n=84)の調査から得られたD4、D5、D6の濃度と既報の予測無影響濃度(PNEC)を用いてハザード比(HQ)を算出し、得られたHQの総和によりハザードインデックス(HI)を求めた。カナダ環境省算出のPNECから得られたHIの平均値は、下水放流水及び河川水についてそれぞれ0.19及び0.07となった。それぞれHIの最大値は1.07及び0.80であり、下水放流水の1検体についてHIが1を超える結果となった。このうち、D4がHIの8割程度を占めることから、特にD4について追加の環境調査や情報収集が重要と示唆された。しかしながら、リスク評価に用いる既報のPNECによっては、HIの最大値や各化合物の割合が異なることが判明した。その原因として、水溶解度に近い暴露試験データの取り扱いの違いが指摘され、スクリーニングの段階では、PNECの算出において安全側に考慮することも必要と示唆された。

謝辞

本研究の一部は、環境省の環境研究総合推進費(5RFb-1202)により実施した。試料採取には、埼玉県下水道公社及び埼玉県漁業協同組合連合会にご協力いただいた。

[自主研究]

県内における有機ハロゲン難燃剤の汚染実態の把握

茂木守 蓑毛康太郎 大塚宜寿 堀井勇一 野尻喜好

1 目的

有機臭素系難燃剤であるヘキサブromシクロドデカン(HBCD)は2013年にPOPs登録され、製造・使用等を禁止するための措置が講じられている。有機塩素系難燃剤であるデクロランプラス(DP)は電線やケーブルの被覆樹脂などに添加され、現在も特に規制されずに使用されているが、近年汚染物質として注目され始めている。両難燃剤の環境分析に関する公定法は確立されていない。国内での調査事例も少なく、埼玉県における環境汚染実態に関する情報はほとんどない。本研究では、これら難燃剤の環境汚染実態及び環境動態の把握を目的としている。H26年度は、大気試料の測定法を検討したので報告する。

2 方法

HBCDやDPには多数の異性体や類縁物質が存在する。そこで5種のHBCD類(α -、 β -、 γ -、 δ -、 ϵ -体)をLC/MS/MSで、2種のDP(anti-、sin-体)および9種の類縁化合物(Dechlorane 601、Dechlorane 602(Dec-602)、Dechlorane 603(Dec-603)、Dechlorane 604、Dechlorane 604 Component B、Chlordene Plus(CPlus)、Dibromochlordene、Dibromoaldrin、Hexachloro(phenyl)norbornene)を高分解能GC/MSで可能な限り一斉に分析できる前処理方法、測定条件等を検討した。国内大気中のHBCDおよびDPの濃度は pg/m^3 のオーダーであることから、試料採取にはハイボリウムエアサンプラ(HVAS)のような大容量の空気を吸引できる装置が必要である。一方、大気中のダイオキシン類は全国の自治体がモニタリング調査を行っており、埼玉県でも例年県内20数カ所でHVASを用いた調査を実施している。ダイオキシン類調査では通常抽出液の半量しか使われず、この抽出液の一部を目的の難燃剤の測定に用いることができれば、試料採取の手間や経費を削減でき、また県内全域の汚染概況を確認できると期待される。そこで、石英繊維ろ紙(QFF)およびポリウレタンフォーム(PUF)を用いたHVASによる難燃剤の捕集の可否を確認した。

3 結果と考察

大気試料の分析フローを図1に示す。試料の前処理には夾雑物の除去効果が高い硫酸処理を採用した。44%硫酸シリカゲル+5%含水シリカゲルのカラムクリアップ工程では、

HBCD類とDP類を分画でき、試料を有効に利用できることが確認できた。5種のHBCD類をLC/MS/MSで、11種のDP類を高分解能GC/MSで一斉に検出する条件を見だし、得られた測定方法の検出下限値は、HBCD類で $0.2\sim 0.8\text{pg}/\text{m}^3$ 、DP類で $0.01\sim 0.09\text{pg}/\text{m}^3$ となった。

添加回収試験の結果、すべての対象物質がQFF/PUFで捕集でき(HBCD類:80~105%、DP類:83~123%)、大気中ダイオキシン類測定用の抽出液をHBCD類およびDP類の分析に利用できることが確認できた。

埼玉県加須市における大気中濃度を試験的に測定したところ、HBCD類では α -、 β -、 γ -体が検出された。DP類では、DPのsin体、anti体が pg/m^3 のオーダーで観測されたほか、Dec-602、Dec-603、CPlusがわずかに検出された。

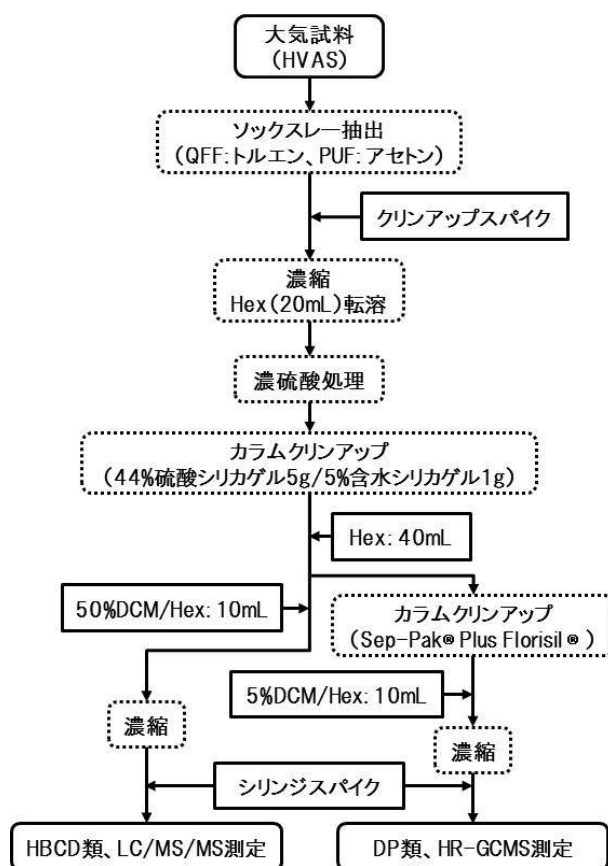


図1 HBCD類およびDP類の分析フロー

[自主研究]

中小河川・水路における水生生物の生息環境の評価手法の検討

木持謙 田中仁志 金澤光

1 背景および目的

本県熊谷市には、荒川を取水源とする水路網(大里用水)が展開する。本研究は、大里用水を対象に、環境指標種(以下、指標種という)を設定し、生息環境を整理・解析するためのカルテ様の評価手法を検討する。その際、理想的な水生生物生息環境が存在する岡山市の水路を参考にする。

2 方法

河川中流域で想定される指標種を選出し、それらが生息可能な環境であれば他種もほぼ生息可能という仮定の下で、生息条件等を検討した。具体的には、ギバチ(魚類)、シジミ類等(二枚貝類)とした。いずれも底生生物であり、河床環境が生息のための重要因子である。

大里用水の、農耕地を流下する水路上(①、②)、住宅地の水路上(③~⑤)、商業地の水路上(⑥)に、合計6つの調査地点を設定した(図1)。設定は、指標種生息の可否をある程度予測して行った。各地点の諸元を、生息環境カルテを意図して、表1(破線より上部分)に整理した。なお、住宅地水路(④、⑤)には小流量時の魚類等待避所(幅1.0m×長さ4.0m×深さ0.5m)が、河床を掘り下げて複数設けられている。

河川調査は、流況(水深、流速等)、環境因子(水温、DO等)、水質(BOD等)や水生植物の有無等について、1~2ヶ月毎に、生物調査は、すくい網等を用い季節毎に実施した。

3 結果および考察

2年間の調査結果を表1(破線より下部分)に示す。DOおよび水温(約4~27℃の季節変動)は、指標種生息に問題ないと考えられた。BODは、非灌漑期を中心に、住宅・商業地水路で農耕地水路よりもやや悪化が見られた。NH₄-Nは、農耕地水路で一時的に大きく上昇したことがあったが、全体的には地点毎の差はほとんどなかった。これらから、環境因子と水質は指標種の生息には問題ないと考えられた。

一方、流速は、底生生物等の定着に大きな影響を及ぼすと考えられる。地点⑤は、河床にほとんど堆積物が見られなかったが、待避所内には砂利や落葉等の堆積、即ち流速の低減効果が見られた。加えて、指標種は待避所内を中心に観察されたことから、生息環境の創出により、コンクリート三面張りの水路でもこれらの定着が可能であった。しかしながら、農耕地水路は自然河床にも関わらずギバチは確認できなかった。ここには浮き石がほとんどなく、岡山の水路と比較

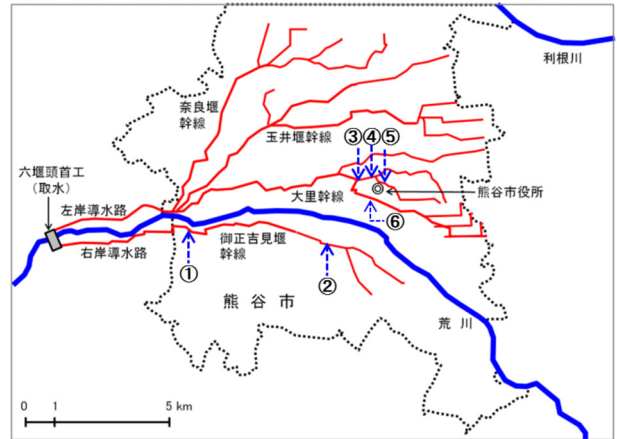


図1 研究対象河川および調査地点

地点	① 農耕地 (上)	② 農耕地 (下)	③ 住宅/ 商業地 (上)	④ 住宅地 (中)	⑤ 住宅地 (下)	⑥ 商業地 (下)
護岸	石組み	←	コンクリート平板	→	←	石組み
河床	れき	←	コンクリート平板	→	←	れき
堆積物	砂利等	殆どなし	砂利等	なし	なし	殆どなし
備考	-	-	-	魚類等待避所あり	魚類等待避所あり	-
DO (mg/L)	7.8 ~15	8.3 ~17	7.8 ~17	9.0 ~17	7.9 ~18	7.8 ~14
BOD (mg/L)	0.4 ~1.9	0.3 ~1.7	0.6 ~3.2	-	0.6 ~3.4	0.4 ~3.3
NH ₄ -N (mg/L)	ND ~0.19	ND ~3.0*	ND ~1.4	-	0.05 ~0.42	ND ~0.58
流速 (m/sec)	0.13 ~0.72	0.00 ~0.72	0.17 ~0.53	0.10 ~0.56	0.00 ~1.1	0.08 ~0.34~
ギバチ確認	×	×	×	○ 待避所内	○ 待避所内	×
シジミ類確認	○	○ 砂利の貯まり	×	○ 待避所内	○ 待避所内	×

* 一時的な観測で施肥由来の可能性あり

しても、ギバチには住みかや餌生物生息場所としての浮き石や堆積物の存在が、またシジミ類には砂利等が堆積し得る河床環境が重要と考えられた。

4 今後の展望等

引き続き、カルテの改善と、生息・産卵機材等の設置による生息環境改善効果についての検討評価が望まれる。

[自主研究]

下水処理プロセスにおけるN₂O生成ポテンシャルの評価

見島伊織

1 背景と目的

下水処理施設においては、エネルギーの消費やN₂Oの排出等により多量の温室効果ガスが発生している。よって、下水処理施設の活性汚泥が持つN₂O生成ポテンシャルを評価し、N₂O排出量の概算を行うことは有用と考えられる。本研究では、N₂O生成に関連する反応に着目し、下水処理施設のN₂O生成速度などを活性試験から調査し、N₂O生成ポテンシャルやN₂O排出係数の変化を議論することで、N₂O排出量を低減できる条件を考察することを目的とした。本年度は、これまでの結果を総合し、硝化の進行とN₂O生成の反応経路やN₂O排出量を低減できる運転方法について考察を行った。

2 実験方法

県内の標準活性汚泥法で運転されている下水処理施設の反応槽から活性汚泥を採取した。本施設では、硝化抑制(Case1)と硝化促進(Case2)の2つの運転条件があった。各条件において、これまでに求めた条件でN₂O生成活性試験を行い、窒素代謝の各種活性を測定した。

3 結果

N₂Oの生成経路を検討するために、これまでの活性試験の好気条件下でNO₂-Nのみを活性汚泥に添加したN₂O生成活性に加え、NH₄-NやNO₂-NおよびNH₄-Nを添加した系、また無酸素条件下でNO₂-Nを添加した系の結果をCase1およびCase2に分けて図1に示す。Case1においては好気条件下のNO₂-N添加、NO₂-N+NH₄-N添加系のN₂O生成活性が0.4mgN/gVSS/h程度で有意差はなかった。NO₂-N+NH₄-N添加系においては、添加したNH₄-Nの減少は観察されなかった。よって、図2に示した経路3は生起していないと考えられる。さらに、NH₄-N添加系においては、N₂O生成は他の系に比べて少なかったことは、経路1は主要ではないと考えられた。一方で、Case2の好気条件下のNH₄-N添加系、NO₂-N添加系の結果は同程度で低かったことから、経路1、経路3は少なかったものと考えられた。NO₂-N+NH₄-N添加系においては、NO₂-N添加系に比べ11倍程度高い結果が得られた。このように、Case2においては、NO₂-NとNH₄-Nの共存下において、それぞれの窒素源単独の添加よりも非常に高いN₂O生成が行われたこと、添加したNO₂-NとNH₄-Nの両方に減少が確認されたことから、AOBがNH₂OHの酸化により得た電子をNO₂-N還元を使用する経路2が主要であ

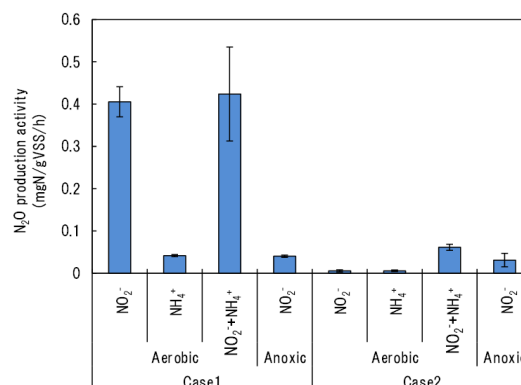


図1 異なる窒素源添加におけるN₂O生成

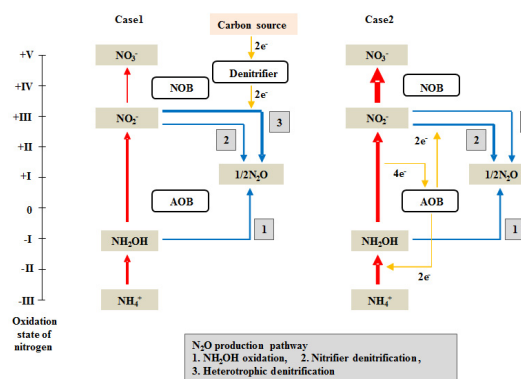


図2 N₂O生成経路のイメージ

ったと考えられた。このように、N₂O生成ポテンシャルを求める活性試験により、N₂Oの生成経路についても情報を得ることができることを示した。

N₂O排出の抑制という点からは、高いN₂O生成ポテンシャルを持ちながらも硝化を完全に抑制するCase1のような運転、もしくは硝化を完全に進行させNOBの活性を高めることでN₂O生成ポテンシャルを低下させるCase2の後半のような運転が好ましいと考えられる。硝化を完全に抑制する運転においては、処理水にNH₄-Nが残存するため、N-BODの増加や生態系への影響に注意が必要である。また、硝化を完全に進行させる運転では、曝気のための電力由来のCO₂排出との温室効果ガス排出量の総合解析が必要と考えられた。※本内容は水環境学会誌 (Vol.37(6), p.219-227, 2014) に掲載されています。

[自主研究]

県内河川における内部生産現象の実態解明と水質汚濁影響評価

池田和弘 柿本貴志 見島伊織 渡邊圭司

1 研究背景・目的

富栄養化は従来から湖沼の問題で、河川では問題にならないという認識が強い。しかし埼玉県内には栄養塩濃度が高く、流れが緩慢な水域が数多くあり、それら水域も含め、富栄養化の実態や影響については検討されていない。本研究では、県内の河川における富栄養化の実態把握やその水質汚濁影響を評価することを目的として河川調査を実施した。

2 研究方法

2.1 河川水質調査

県内河川の環境基準点等38地点、荒川中流域の支川である市野川徒歩橋上流域の5地点を調査対象とし、藻類(Chl-a)、有機物、栄養塩等の水質を測定した。

3 結果および考察

3.1 県内河川における富栄養化の実態

県内の環境基準点におけるクロロフィルa(Chl-a)濃度を測定した結果、湖沼であれば貧栄養に分類¹⁾される地点が7地点、同じく中栄養が15地点、富栄養が12地点、過栄養が4地点という結果になった。秩父山地を水源域とする荒川等の河川の上流部は貧栄養か中栄養のレベルであったが、その他河川の中流部、下流部にあたる他の地点は富栄養や過栄養に相当するレベルであった。また藻類増殖ポテンシャル(AGP)を調べ実測Chl-aの比(AGP/Chl-a)をみると、多くの地点で10~30倍程度の差異があった。これより、県内河川水のAGPは非常に高いものの、AGPの1/10~1/30程度しか実際に藻類に転換されていないこと、しかしなお富栄養、過栄養に分類される地点が調査地点の約4割を占めているという状況が分かった。

3.2 市野川の滞留区間における詳細調査

本水域は県内でも有数の高濃度のChl-aが検出される地点であるため、基準点の上流部を含む詳細調査を2013年、2014年の2年間実施した。本河川区間は例年5月から9月頃にかけて2つの堰によって2つの滞留区間が形成される。2013年8月には上流部の堰Aによって形成される滞留区間の入り口ではC-BODが2.6mg/Lであったが、滞留区間末端では14mg/Lに急増した。Chl-a濃度も滞留区間末端に向けて急増し、同様の現象が下流側の滞留区間でも発生していた。本水域は水質類型のC類型(BODの環境基準値5mg/L)であり、内部生産により環境基準を超過した事例である。翌

年も同様の現象が確認され、湖沼に比べて滞留時間が短い河川の滞留区間でも内部生産による汚濁が発生することが明らかになった。

3.3 河川の有機汚濁へ対する内部生産の影響

有機汚濁に関連する代表的な水質指標であるBODとChl-aの相関を調べたところ、藻類濃度の高い水域ほど両対数グラフで直線関係が認められた。相関係数の高さから、県内河川でも特に徒歩橋(市野川)、葛三橋(大場川)、笹目樋管(笹目川)は内部生産の影響を強く受けていると唆され、有機汚濁対策として富栄養化対策が有効であると考えられた(図1)。その他の環境基準点のうち図中灰色丸で示された地点は藻類濃度が比較的高いものの、上述3地点に比べてBODとの相関関係は弱かった。これは生活排水等、他の汚濁発生源が存在していることを示唆しており、従来から行われているBODの発生源対策が有効と考えられるが、藻類濃度も高い水域であるので、富栄養化対策も合わせて検討することが必要であると考えられた。これ以外の環境基準点は藻類濃度も比較的低く、BODとの相関も弱いため、有機汚濁との関連では内部生産の顕著な影響は现阶段では見られない。しかしAGPが高い水域があり、3.2で述べたように滞留区間があれば急激な内部生産が発生する恐れはあるため、環境基準点に拘らない詳細な監視は必要である。

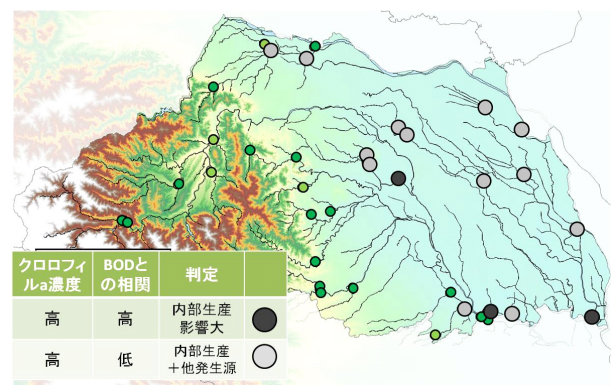


図1 内部生産の影響を受けている河川

参考文献 1) Eutrophication of Waters, OECD, 1982

[自主研究]

浮遊細菌の構成種から見た埼玉県内河川の水質特性評価

渡邊圭司 池田和弘 柿本貴志 見島伊織 高橋基之

1 目的

浮遊細菌の構成種は、物理化学的な環境パラメーター（例えばpH、水温、クロロフィルa濃度や有機物濃度など）に敏感に反応し、その組成が変化するため、新たな河川水質特性評価指標としてその有効性が期待できる。

本研究では、河川における浮遊細菌の構成種の把握および河川水質特性との関連性を明らかにし、新たな水質指標としての可能性を探ることを目的としている。ここでは、その前段として、埼玉県内の様々な河川から培養法により浮遊細菌の検出を行い、それぞれの河川における構成種の類似性と相違点について調べた。

2 方法

浮遊細菌を簡便かつ効率的に分離・培養する方法として、先行研究で開発したsize exclusion assay method (SEAM法 [図1]) により¹⁾、埼玉県内の10河川、14地点から浮遊細菌を分離・培養した。得られた純粋分離株のDNAを市販のキットを用いて抽出および精製した。16S rRNA遺伝子の部分配列 (V3-V4領域) 解析により同定を行い、SEAM法で得られた各河川の浮遊細菌の構成種を明らかにした。

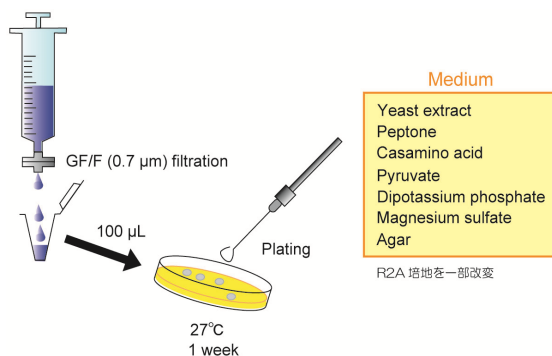


図1 SEAM法

3 結果

埼玉県内の10河川、14地点から、計237菌株の浮遊細菌を分離・培養した。16S rRNA遺伝子解析による系統分類から、門 (Phylum) の分類では (*Proteobacteria*のみ綱まで分類した)、*Alphaproteobacteria*が3.8%、*Betaproteobacteria*が78.5%、*Epsilonproteobacteria*が1.3%、*Actinobacteria*が8.9%、*Bacteroidetes*が7.6%を占めていた (図2)。対象とした埼玉県内河川では、*Betaproteobacteria*が最も優占しており、世界各

地の湖沼や河川で報告されているのと類似した傾向を示した。

*Betaproteobacteria*については全ての地点から検出されたが、*Alphaproteobacteria*は4地点、*Actinobacteria*は7地点、*Bacteroidetes*は5地点から検出された。*Actinobacteria*は、プロテオロドプシンと呼ばれる赤色もしくはオレンジ色の色素 (光受容タンパク質) を有しており、淡水圏において優占する系統群の1つとして知られているが、その生態については未解明な部分が多い。

*Epsilonproteobacteria*については、河川上流域の1地点からのみ検出された。*Epsilonproteobacteria*が、河川環境に普遍的に存在する系統群なのかについては不明である。

*Betaproteobacteria*の内部構成種に着目すると、対象とした河川の中で、水草が大量に繁茂している河川、および堰により滞留性が高く微細藻類が異常繁殖していた河川については、*Polynucleobacter cosmopolitanus* (PncD) に属する浮遊細菌が多く検出されており、PncDと光合成により生産される有機物 (一次生産物) との関連性が示唆された。

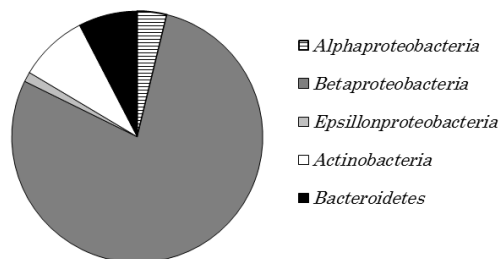


図2 得られた浮遊細菌の構成種 (門、綱による分類)

4 今後の課題

浮遊細菌の構成種に関する知見は国内においてはこれまでほとんど報告が無く、基礎データとしての新規性および重要性は極めて高い。今後は、構成種の季節変動を明らかにするとともに、構成種の違いと河川水質特性の関係性を明らかにし、新たな水質指標としての有効性を検討する。

参考文献

- 1) Watanabe, K. et al. (2012) Environ. Microbiol., 14, 2511-2525

[自主研究]

埼玉県における地下水質特性の総合評価とその応用に関する研究

八戸昭一 石山高 濱元栄起 白石英孝

1 はじめに

近年、地下水は各地で基準を超える規制物質が検出される一方、貴重な天然資源としても注目を浴びてきている。しかしながら地下の構造は複雑であることから地下水が流れている帯水層の深度や分布範囲、そして地下水質に関する地域的特性は不明な点が多い。そこで、埼玉県平野部の地下地質構造を三次元的に把握すると共に、各種地下水質の地域的な特性を取りまとめた。

2 方法

調査対象とした井戸は県平野部とその周辺地域における計652地点の工業用・農業用・水道用及び一般民間井戸とし、井戸深度については実測及び聴き取りにより取りまとめた。分析試料はICP/MS法やICP/AES法によりヒ素等の重金属類、そしてIC法や酸消費量法により溶存イオンなどを計測した。さらに、広域の地下地質構造とストレーナの相対的位置関係さらには主要な帯水層レベルとその分布状況の立体的可視化を検討した。

3 結果と考察

県内全域を地形地質条件を基に9地域に分類し、全調査井戸を地形分類図上にプロットしたところ、地域によって井戸が使用している主要な帯水層の深度に特徴が見られた(図1)。図によると、秩父盆地、秩父山地山麓・丘陵とその周辺地域、そして大宮台地北部地域では井戸深度が10m以下の浅井戸が数多く確認されることがわかる。このうち、大宮台地北部地域では100mを超えるレベルの深井戸が全く存在しないという事ではなく、浅層部に優良な帯水層が存在することから調査対象となり得る浅井戸が豊富に存在することを裏付けている。

また、比較的深い井戸が多く存在する県北東部(加須市・久喜市及び羽生市)における計225地点の地質柱状図を対象として、114種類の地層(層相)を13種類に類型化し、地下300m程度までの地層カラムやフェンスダイアグラムによる三次元表示を検討した例を図2に示す。図に示すとおり、地質情報やストレーナ位置の深度情報などを三次元的に表示することにより、帯水層や海成層の広がりより詳細かつ正確に把握することができた。さらに、本研究により計測した地下水

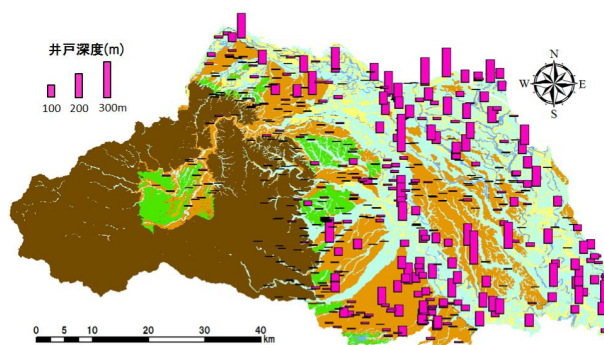


図1 調査井戸の位置と井戸深度の分布
(背景地図は埼玉県の地形分類図を使用)

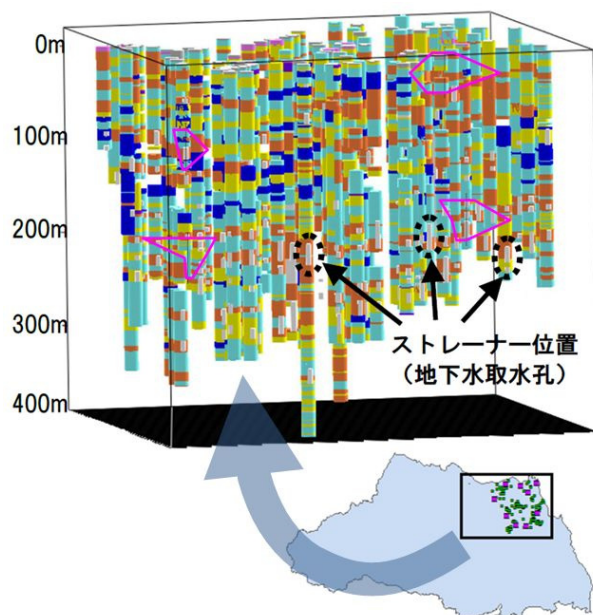


図2 県北東地域における地層カラムとストレーナの三次元表示及び地下水質データ(ヘキサダイアグラム)

質情報を三次元地質情報と併せて解釈することにより、地域の地下水質特性を帯水層のレベルに応じて把握することができた。

本研究により得られた地域毎の地質情報や帯水層レベルに関する知見さらには様々な地下水質情報は、今年度から環境省が開始した放射性物質の常時監視井戸の選定、さらには地下水汚染発覚時の周辺井戸調査などに有用な情報となった。

[自主研究]

海成堆積物の風化メカニズムと土壤汚染リスク管理に向けた検討

石山高 八戸昭一 濱元栄起 白石英孝 細野繁雄

1 研究目的

海成堆積物は大気中で長い時間放置されると、黄鉄鉱の風化により酸性土壌へと変化し、様々な有害重金属類が溶出する。この対策方法としては、風化の進行を抑制した上で敷地内に埋め戻すリスク管理手法の適用が有効である。

本研究では黄鉄鉱の風化過程と土壌pHの変化について解析し、この結果を基に海成堆積物の土壤汚染リスク管理手法を検討する。最終年度は、開発した海成堆積物の風化抑制手法について、風化抑制剤として使用する貝殻片の添加量を最適化すると共に、屋外実験を実施して本手法の実用性について検討した結果を報告する。

2 実験方法

海成堆積物にホタテ貝を添加し、高温湿潤条件(40℃)で風化試験を実施した。また、ホタテ貝を添加した海成堆積物を用いて屋外風化試験を実施した。

どちらの風化試験においても、一定時間毎に土壌溶出試験を行い、土壌溶出液のpH、電気伝導度、濁度及び有害重金属類の溶出濃度等から風化の進行度合いを評価した。

3 結果と考察

昨年度までの風化抑制実験は、貝殻添加率13wt%で実施している。処理対策の簡便性を考慮すると貝殻の添加率は、できるだけ少ないほうが適している。そこで、ホタテ貝の添加率を0、2.5、5.0、7.5、10、13wt%に設定して風化試験を実施した。その結果、貝殻添加率2.5wt%でも黄鉄鉱の風化を抑制できることが分かった(図1)。海成堆積物の硫黄含有量は、一般に0.4~1.5wt%程度であり、この硫黄が仮に全て硫酸に分解されたとしても、ホタテ貝の添加量を5.0wt%以上に設定しておけば、土壌の酸性化を防止することが理論上可能である。黄鉄鉱の風化抑制効果の持続性や重金属類の溶出リスク等を考慮し、本法では貝殻添加率を7.5wt%に設定した。

本手法を屋外で適用したところ、一般環境でも黄鉄鉱の風化が十分に抑制できることが確認できた(図2 砒素の鉄酸化物態の存在量が増加しない)。貝殻を添加していない系では、酸に溶出しやすい亜鉛、カドミウムやニッケルの存在形態は、時間の経過と共に鉄酸化物態や酸可溶性態からイオン交換態へ変化していることが確認できた。なかでも亜鉛とニッケルは、貝殻を添加していない系において、可溶性

態(水溶性態+イオン交換態+酸可溶性態+鉄酸化物態)としての存在量の減少が確認されていることから、風化実験の最中に一部が地下浸透した可能性が考えられる。これに対して、貝殻を添加した系では、亜鉛とニッケルの可溶性態としての存在量は変化しなかった。この実験結果から、貝殻を用いる本手法は黄鉄鉱の風化抑制だけでなく、重金属類の溶出リスクの低減にも効果を発揮することが確認できた。

本研究では、貝殻の添加で微生物活性を低下させることにより、黄鉄鉱の風化抑制を試みているが、風化抑制実験終了後の微生物量は測定していない。そこで、貝殻を添加した系と添加していない系において、微生物の菌叢解析を実施して両者の比較検討を行った。風化が進行すると、菌叢に大きな変化が認められたが、代表的な硫酸化細菌や鉄酸可細菌の増殖は確認できなかった。微生物解析に関する研究については、今後も継続して研究を進める。

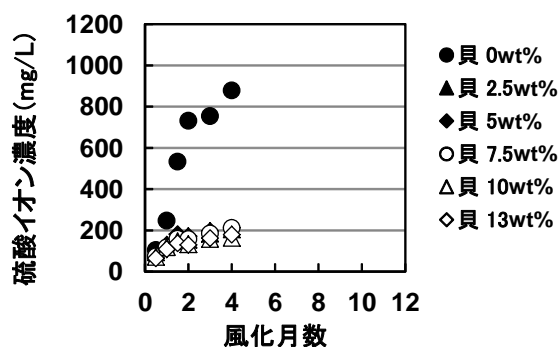


図1 貝殻添加率と硫酸イオン溶出濃度の関係

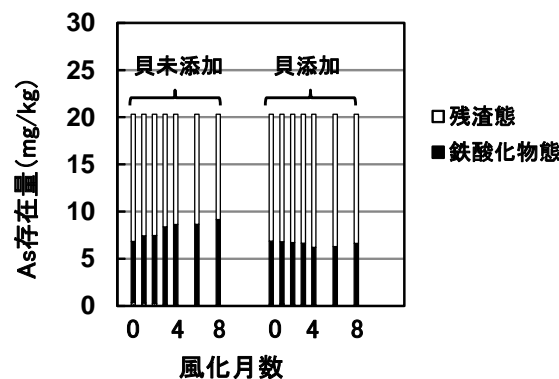


図2 屋外風化試験の結果

[自主研究]

土壌中における有害重金属の存在形態と植物への移行状況の解析

石山高 八戸昭一 濱元栄起 白石英孝 細野繁雄

1 研究目的

近年、中国では急速な経済発展に伴い、様々な環境汚染が顕在化している。特に、都市郊外の農業地域では、工場排水や生活排水で汚染された灌漑用水による農用地土壌汚染が大きな問題となっている。

本研究では、過去の国際貢献プロジェクトで入手した中国山西省の農用地土壌を用いて、土壌から植物への金属移行特性について解析する。最終年度は、植物地上部への移行を促進するための因子について検討すると共に、本研究で得た知見を基に、金属移行特性の類型化を行った。

2 実験方法

植物地上部への移行特性を解析するため、各金属元素の土壌溶出特性について検討した。風化した海成堆積物に消石灰の一定量を添加し、土壌溶出量試験を行った。土壌溶出液については、pHや重金属類の溶出濃度を測定し、重金属類が土壌から溶出し始めるpHを測定した。

試験植物(トウモロコシ、コウリヤン、マリーゴールド、大豆、ヒマワリ)における部位別(根、茎、葉、実等)の金属含有量と土壌溶出特性を比較検討し、地上部への移行を促進する因子について検討した。

3 結果と考察

土壌から溶出し始めるpHは金属種により大きく異なり、鉄、アルミニウム、三価クロムや鉛はpH4.5付近、マンガンはpH7.5、ニッケルはpH6.5から溶出し始めることが分かった。溶出し始めるpHが高い金属は、陽イオン交換反応により土壌に捕捉されにくいということを示唆しており、陽イオン交換機能を有する植物の根部では捕捉されずに地上部へと効率的に移行する可能性が考えられる。植物の部位別金属含有量を分析したところ、pH4.5付近から溶出し始める鉄や三価クロム等は、地上部への移行率が低く、多くが根に蓄積されていることが分かった。これに対し、マンガンやニッケルは、鉄等に比べて地上部への移行率が高く、なかでも根部から酸を分泌するマリーゴールドやヒマワリで地上部への移行率が高い傾向が見られた。

陰イオンの形で溶出する砒素やモリブデンは、根部での捕捉効果(陽イオン交換反応による捕捉効果)が弱いため、

地上部への移行率は、植物の種類に関わらず高い傾向を示した。六価クロムは、砒素やモリブデンと同様に陰イオンの形で土壌から溶出するため、地上部への効率的な移行が懸念された。そこで、六価クロムの存在形態の変化の様子を観察したところ、表層土壌では、時間の経過と共に、水溶出態が減少し、代わりに鉄酸化物態が増加することが分かった。腐植物質は、六価クロムを三価クロムに還元する機能を有すると報告している資料も存在することから、表層土壌ではクロムの化学形態が変化し、それと共に植物への移行性は大きく減少するものと予想される。以上のように、植物地上部への移行特性は、土壌から溶出した金属イオンの電荷、根部におけるイオン交換反応の起こりやすさ、根からの酸分泌量、腐植物質等の影響を受けることが判明した。

土壌から植物への金属移行特性の類型表を表1に示す。中国山西省のような弱塩基性土壌地域では、砒素、モリブデン、ふっ素のようなアニオン類は植物に移行しやすいことが分かった。特にモリブデンやふっ素は、水溶出態としての存在比率が高いことから、植物への移行性は非常に高いと予想される。一方、カチオン類の中でも土壌に対する吸着力が強い三価クロムや鉛は植物に移行しにくく、仮に移行したとしても根部に蓄積されることが分かった。土壌から植物への金属移行特性には、①土壌中での存在形態、②土壌pH、③植物の有する金属吸収機構、④腐植物質の存在、⑤共生微生物等が密接に関与していることが分かった。

表1 金属移行特性の類型表

植物への移行性	元素	土壌中での存在形態			備考
		土壌中での存在形態	土壌への吸着特性	植物への移行性	
↑ 高	Mo, F	水溶出態	弱	高	Moは根圏pHを下げない植物に非常に移行し易い。酸を分泌する植物への移行率は若干低下する。
	As, Se	水溶出態 鉄酸化物態	弱	高	鉄を多量に吸収する植物に移行し易い。 根圏pHを下げない植物に移行し易い。
	Cr ⁶⁺	水溶出態 鉄酸化物態	弱	高	腐植物を多量に含む土壌では移行率は徐々に低下する。 根から還元物質を分泌する植物には移行しにくい。
	Cd, Ni, Mn	酸可溶性態	弱～中	中	酸を分泌する植物に移行し易い。 酸分泌植物では地上部への移行率が高い。
	Cu, Zn	酸可溶性態 鉄酸化物態	中～強	低～中	鉄を多量に吸収する植物、酸を分泌する植物に移行し易い。 腐植物を多量に含む土壌では酸可溶性態が増加する。
↓ 低	Cr ³⁺ , Pb, Fe, Al	残渣態	強	低	植物への移行特性は低い。 地上部への移行率は低い。

[自主研究]

地中熱利用のための地下熱環境評価手法と熱応答試験装置の開発

濱元栄起 八戸昭一 白石英孝 石山高 佐竹健太

1 背景と目的

再生可能エネルギーのひとつである「地中熱エネルギー」の活用が期待されている。当センターでは前自主研究事業において埼玉県内の地下環境(地下温度、地質、地下水特性)の情報整備を行うとともに、精細な地質構造モデルを活用し250mメッシュの地中熱ポテンシャルマップを作成した。

一方、実際の施工の際には、設置場所の熱の利用可能量(例えば採熱率や有効熱伝導率)を実測し、その結果をもとに熱交換井の深さや本数を決定することになる。この試験は熱応答試験と呼ばれるが、まだいくつかの課題が残されている。そこで本研究では新しい方式による試験装置を提案しその有効性を確認することを研究の目的とした。

さらに地中熱利用システムの長期的な安定性を調べるためには地中熱運転シミュレーションが有効である。このような運転シミュレーションでは、熱応答試験等によって得られる熱伝導率等の熱物性に加えて自然状態の地下温度分布の情報が有用であることから前自主研究事業に引き続き埼玉県の平野部を対象とした地下温度調査を行いデータの拡充を図った。

2 新型の熱応答試験装置の開発

一般に行われる熱応答試験は、温水を用いた方法で掘削孔にU字状のパイプを通して入口から温水を流し、入口温度と出口温度の差から、熱交換井と近傍の地層との熱のやりとりを調べるという方法である(温水循環法)。本研究では、形状を工夫した電熱ヒーターを用いることで短時間にかつ簡易に測定できる装置を提案した。この方法の特徴のひとつとして各地層の熱伝導率を計測できることが挙げられる。本研究においては、数値シミュレーションと簡易な試作機を作成しその有効性を確認した。このうち試作機を用いた試験では「水試料(寒天固定)」と「珪砂」の熱伝導率を測定し、±0.1W/m/K程度の精度で計測できることがわかった。さらに一般的な熱交換井の口径(150mm)をモデル化したシミュレーションによって、計測時間は従来の半分以下である約12時間の計測時間で測定できることがわかった。

3 埼玉県内における地下温度計測と公開

熱伝導率を実測し、地中熱シミュレーションを行うには、計算の初期条件や境界条件として自然状態の地下温度情報が必要不可欠である。このため前自主研究事業から埼玉県内の平野部に設置されている地下水位観測井で地下温度計測を行ってきた(23地点)。本自主研究事業では新たに6地点(行田、浦和、北川辺、大利根、深谷北、川島)で測定を行いデータの拡充を図った。このうちデータ整理が終わった23地点については、「埼玉県地質地盤資料集」で公表し、広く利用されている。現在インターネットによる公開も準備中である。本研究で提案する新型の熱応答試験法で計測する各地層の熱伝導率とこの地下温度データを用いることで、これまでよりも精度の高い地中熱シミュレーションを行えることになる(図1)。

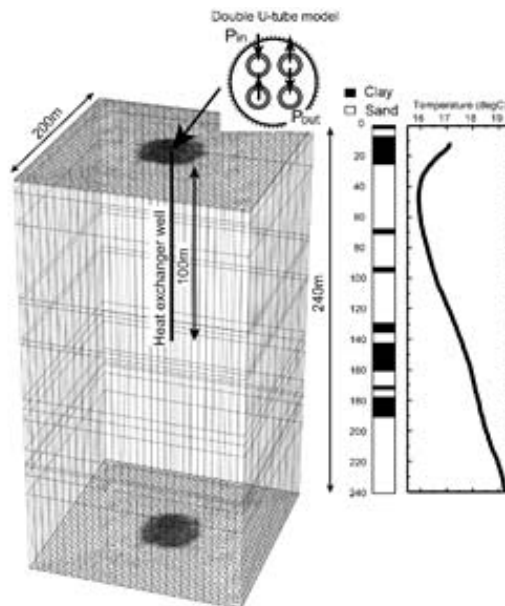


図1 多層構造モデルによる地中熱シミュレーション例

[自主研究]

生態園をモデルとした放射性物質の分布及び移行に関する研究

佐竹健太 米持真一 白石英孝 小林良夫 嶋田知英 三輪誠 細野繁雄
(ほか衛生研究所生態影響担当)

1 目的

平成23年(2011年)3月に発生した東京電力福島第一原子力発電所の事故により大気中に放出された放射性物質は、本県の一部地域にも影響を与えた。放射性物質は今後、地表面から地下への浸透、放射性物質を吸着した土砂の河川・湖沼への移動、森林・農産物・生物への移行など、様々な経路で環境中を移動することが予想されるが、その実態は必ずしも明らかではない。そこで本研究では、当所の生態園において土壌、植物、昆虫など環境中での放射性物質の移動に関与すると考えられる各種媒体の放射性物質濃度を調査し、環境中での放射性物質の分布、移行、蓄積状況等の実態を把握することを目的とする。

2 方法

生態園内において、放射性物質の移動媒体となる土壌(裸地、草地、水田、畑地、林地等)、池水及び底質、植物(米、里芋、ゆず、柿、樹木葉、水生植物等)、生物(蟬、ザリガニ、魚等)の試料を採取し、Ge半導体検出器を用いたγ線スペクトロメリーによる放射性物質の測定を行った。

対象とした核種は、人工放射性核種の¹³⁴Cs及び¹³⁷Csであるが、参考として天然放射性核種の⁴⁰Kも測定した。

3 結果

土壌等の分析結果は表1のとおりである。土壌の濃度は一般に地表0~5cm(上層)及び5~20cm(下層)の値で評価されるが、ここでは細かな深度分布を把握するため、上層をさらに細分して分析を行った。全体の傾向として、より地表に近い部分の濃度が高く、放射性物質は現在でも表層にとどまっていることがわかる。その度合いは土地の利用形態で異なり、例えば田畑では土壌が耕起されるため、下層の濃度がやや高い。また、樹木に覆われた林地よりも開放地である果樹園・原っぱのほうが上層の濃度は低いことなどがわかる。

動植物等の分析結果は表2のとおりである。放射性物質濃度は土壌等と比べると桁違いに低い。また、濃度については水生動植物がやや高い値を示している。これらは池の底質近傍で成長するため、底質の放射性物質濃度が影響を与えている可能性がある。なお生態園での測定値は、各媒質

に関連する基準値等と比べて十分低い値であった。

表1 土壌等の放射性物質濃度(Bq/kg乾)

試料	深度	Cs-137	Cs-134	K-40	備考
田	0-5cm	99.6	33.1	346	
	5-20cm	37.8	12.4	379	
畑	0-5cm	51.8	15.3	374	
	5-20cm	26.6	7.19	399	
果樹園	0-1cm	146	52.8	401	樹木のない場所 で土壌を採取。
	1-2cm	148	49.5	435	
	2-5cm	73.1	25.6	452	
	5-20cm	4.8	1.63	402	
原っぱ	0-1cm	216	70.7	321	
	1-2cm	178	57.5	326	
	2-5cm	124	38.4	351	
	5-20cm	17.4	5	361	
屋敷林	0-1cm	1110	382	246	シラカシ(常緑樹)-クスギ(落葉樹)を主体とする林。
	1-2cm	328	120	295	
	2-5cm	78.1	30	263	
	5-20cm	1.8	<1.99	294	
	リター *	899	320	114	
社寺林	0-1cm	471	162	199	シラカシ・スダジイを主体とする常緑樹林。イヌシデ等落葉樹も混在。
	1-2cm	93.6	32.1	199	
	2-5cm	16.7	8.45	199	
	5-20cm	5.69	1.75	253	
	リター *	166	59.4	72.4	
雑木林	0-1cm	763	255	153	クスギ(落葉樹)を主体とする林。イヌシデ、ミズキ等落葉樹も混在。
	1-2cm	262	88.5	171	
	2-5cm	56.1	16.9	210	
	5-20cm	6.71	1.56	241	
	リター *	799	264	147	
下の池	底質(入)	172	60.7	393	
	底質(出)	93.3	29.7	327	
林内池	底質(入)	260	89	297	

* 風乾

表2 動植物等の放射性物質濃度(Bq/kg生)

試料	Cs-137	Cs-134	K-40
アブラゼミ	0.32	0.13	79.8
ザリガニ-1	12	4.3	61.3
ザリガニ-2	13	4.5	59.5
ドジョウ	8.6	3.6	83.5
ヒシ	3.5	1.3	67.7
マツモ	0.15	<0.079	120
池水(mBq/kg)	6.8	2.2	94.1
サトイモ	0.13	0.053	171
柿-1(全体)	0.088	<0.046	73.7
柿-1(可食部)	0.13	0.045	70.2
柿-2(全体)	0.22	0.094	89.9
ユズ-1	0.59	0.19	60.5
ユズ-2	0.54	0.17	67.0
ユズ-3	0.47	0.14	67.1
籾米	0.38	<0.16	96.4
玄米	0.30	0.10	75.2
精米	0.11	0.046	25.9
籾殻	0.96	<0.70	148
米糠	2.3	0.75	61.4

4 今後の研究方向

平成26年度の測定項目を中心に引き続き調査を進め、測定値の経年変化や媒体相互の関連について検討を進める。