

## 7 抄録・概要

### 7.1 自主研究概要

- (1) 埼玉県における温暖化に伴う気候変動と極端気象に関する研究 .....原政之、嶋田知英、武藤洋介
- (2) 微小エアロゾル長期観測試料中の金属元素成分の検討 .....米持真一、松本利恵、佐坂公規、長谷川就一、野尻喜好、藤井佑介
- (3) 地域汚染によるPM<sub>2.5</sub>の発生源寄与と推定に関する研究 .....長谷川就一、米持真一、佐坂公規、野尻喜好、藤井佑介
- (4) 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、三輪誠、米倉哲志、金澤光
- (5) 光化学オキシダントと高濃度二酸化炭素が埼玉県の水稻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
- (6) 埼玉県における希少野生動植物の保全に関する基礎的調査研究 .....三輪誠、角田裕志、米倉哲志、王効拳、金澤光、嶋田知英
- (7) ニホンジカによる森林植生への影響評価と植生回復に関する研究 .....角田裕志、三輪誠、米倉哲志、王効拳、嶋田知英
- (8) 循環型社会における埋立廃棄物の安定化評価に関する研究 .....磯部友護、渡辺洋一、長森正尚、川寄幹生、長谷隆仁、鈴木和将
- (9) ソーラー発電設備設置が処分場表面からの蒸発水量に与える影響に関する研究 .....長谷隆仁
- (10) 埋立地における水銀ガス調査 .....長森正尚、長谷隆仁、渡辺洋一
- (11) 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、竹峰秀祐
- (12) 県内における有機ハロゲン難燃剤の汚染実態の把握 .....蓑毛康太郎、竹峰秀祐、茂木守、大塚宜寿、堀井勇一、野尻喜好
- (13) 揮発性メチルシロキサンの大気汚染実態の把握 .....堀井勇一、蓑毛康太郎、大塚宜寿、茂木守、竹峰秀祐、野尻喜好
- (14) 緊急時大気中化学物質の迅速調査法の開発とリスク評価 .....茂木守、竹峰秀祐、大塚宜寿、蓑毛康太郎、堀井勇一、野尻喜好
- (15) 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
- (16) 富栄養化河川の水質シミュレーションと河川管理手法の検討 .....柿本貴志、池田和弘、見島伊織、渡邊圭司
- (17) PARAFAC-EEM法による水質モニタリングに関する基礎的研究 .....池田和弘、柿本貴志、見島伊織、渡邊圭司
- (18) 地中熱利用システムによる環境や社会への影響評価 .....濱元栄起、八戸昭一、石山高、白石英孝、嶋田知英、渡邊圭司、山崎俊樹
- (19) リモートセンシングを援用した埼玉県における地盤変動監視に関する研究 .....八戸昭一、白石英孝、濱元栄起、石山高、原政之、柿本貴志
- (20) 県内自然土壌を対象とした有害重金属類のバックグラウンド値の測定と地域特性解析 .....石山高、八戸昭一、濱元栄起
- (21) 生態圏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 .....山崎俊樹、米持真一、伊藤武夫、嶋田知英、三輪誠、梅沢夏実、白石英孝

[自主研究]

# 埼玉県における温暖化に伴う気候変動と極端気象に関する研究

原政之 嶋田知英 武藤洋介

## 1 研究の背景と目的

かつては、地球温暖化の影響は北極海や島嶼など脆弱な地域で顕在化していると認識されていた。しかし、近年、埼玉県など中庸な気候の地域にも影響は広がりつつある。

埼玉県は国内でも夏場の気温が最も高くなる地域として知られている。また、長期的にも気温上昇が続いており、過去100年間に熊谷気象台の気温は2.0℃上昇している。このような気温上昇は地球温暖化と都市ヒートアイランド現象との複合的な影響だと考えられるが、実態として埼玉県の気温は上昇し、農業や健康分野、自然環境などに様々な影響も出始めている。しかし、埼玉県における長期的な気象の変化や、極端気象に関する情報は十分整理されていない。以上を踏まえて、本研究の目的は、過去の気象データを収集し、埼玉県における気候変動と、極端気象情報を整理・解析し実態を把握することである。

## 2 研究の概要

今年度までに、現在入手可能な気象庁により収集・公開されている地点気象データ(AMeDAS)、気象衛星データ、国土交通省水文学データベースを収集した。また、米国国立環境予測センター(NCEP)による気候予測システム再解析データ(Climate Forecasting System Reanalysis; CFSR)、欧州中期予報センター(ECMWF)による再解析データ(ERA-interim)なども収集し、解析を進めている。第5次全球大気海洋結合モデル相互比較プロジェクト(CMIP5)で収集された全球大気海洋結合モデル(CGCM)の過去気候再現実験結果についても収集を進めた。過去の気候に関するデータ収集(全体で15TB超)、埼玉県の災害に関する文献・データの収集も行った。今年度は、更に、将来気候予測データについても収集・解析を行った。

短時間極端気象現象(台風、竜巻などの突風、降雹、落雷、早霜・遅霜、豪雪)や、異常気象イベント(30年に一度生じる程度の暑夏・冷夏、渇水(連続無降水日数)など)が、観測が開始されてから近年までどのように変化してきているかについて統計的な調査を行った。また、気象に関連する災害情報の収集も行った。それらの中から結果の一例を以下に示す。

## 3 結果

図1は、厚生労働省人口動態調査による、埼玉県における熱中症死者数を示している。熱中症による死亡者数は、2000年代以降増加傾向にあり、気温が高かった2007年、2010年にはそれぞれ96名、125名と多かった。

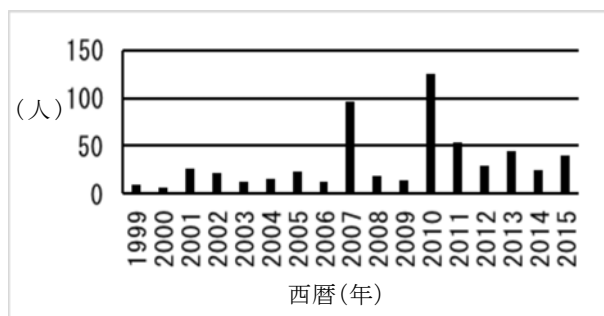


図1 埼玉県における熱中症死者数

図2は、国土交通省水害統計調査による、埼玉県における水害の被害額である。年による差は大きいですが、治水により近年は減少傾向である。

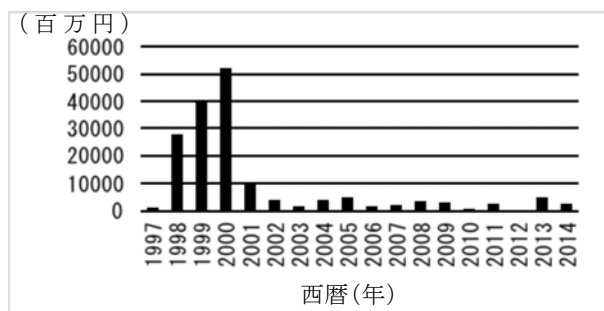


図2 埼玉県における水害による被害額(名目額)

## 4 まとめ

今後は、気候変動に対する適応策を検討する資料とするため、引き続き関連情報の整理・収集し、更なる解析を進める予定である。また、顕著なイベントが見られた場合には、より詳細を把握するため収集した気象データを用いた解析や、領域気象モデルを用いた気象の数値シミュレーションなどを行い原因の解明などに役立てていく。

[自主研究]

## 微小エアロゾル長期観測試料中の金属元素成分の検討

米持真一 松本利恵 佐坂公規 長谷川就一 野尻喜好 藤井佑介

### 1 目的

当センターでは2000年の設立当初から、PM<sub>2.5</sub>の週単位測定を開始し、継続している。2005年からはPM<sub>1</sub>、環境基準値の設定された2009年からは、1日単位のPM<sub>2.5</sub>採取を追加して、標準測定法に準じた質量濃度測定を開始した。PM<sub>2.5</sub>濃度には微減傾向が見られていたが、2013年1月に中国広域で高濃度PM<sub>2.5</sub>汚染が発生し、これを機に、日本国内でも社会の関心が急激に高まった。東アジアの経済発展は著しく、特に中国で排出された大気汚染物質の一部が風下側の日本に輸送されるため、越境大気汚染への関心も高まった。一方、関東は自身の排出量も多く、西日本と比べて大陸からの距離も離れているため、地域汚染の影響も少なくはない。

PM<sub>2.5</sub>に含まれる微量元素成分は、長距離輸送中の変化が無く、同時に発生源推定に有効な成分である。本研究では、金属元素成分に着目し、加須におけるPM<sub>2.5</sub>高濃度要因について明らかにすることを目的とする。

### 2 方法

環境科学国際センターに2台のPM<sub>2.5</sub>採取装置(FRM 2025)及びPM<sub>1</sub>採取装置を配置し、通年測定により得られた試料中の金属元素成分を分析した。金属元素成分は、マイクロウェーブ試料前処理装置(ETHOS UP、Milestone)を用い、フッ化水素酸、硝酸、過酸化水素を添加して高温高压条件下で酸分解を行い、ICP/MSにより66元素を測定した。

### 3 結果と考察

#### 3.1 通年観測結果

2016年4月1日から2017年3月31日までの1日単位のPM<sub>2.5</sub>試料から得た年平均濃度は、11.1  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ であった。2014年度の13.7  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、2015年度の12.5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ から更に低下し、従来、長期的トレンドとして見られた微減傾向が継続し、過去最低となった。

短期基準値である日平均値35  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ の超過日数は、2013年度が8日、2015年度は5日であり、2016年度も5日であった。これらは全て10月から12月に出現していた。2015年度は夏季に関東で広域的な高濃度が出現したが、2016年度の夏季は、低濃度で推移した。8月の月平均濃度は5.9  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ と特に低く、10  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ を超えた日は僅か1日であった。

#### 3.2 金属元素成分による考察

高濃度が続いた2015年夏季と断続的な濃度上昇が見られた2016年12月に着目した。特に2015年夏季は、PM<sub>2.5</sub>濃度上昇とともに光化学スモッグ注意報も連日発令され、関東では典型的な光化学大気汚染となった。加須のPM<sub>2.5</sub>については昨年度、一部を報告したが、同時期に富士山頂で、期間後半は韓国済州島、中国上海でもPM<sub>2.5</sub>の同時採取を行ったことから、継続してこの解析を行った。

図1にPM<sub>2.5</sub>濃度の変化を示す。期間中には3つの濃度上昇があった。金属元素のうちAsを石炭燃焼の指標、Vを石油燃焼の指標に選択し、As/Vの期間中の推移を図2に示した。加須で見られた濃度上昇のうち、①はAs/Vは変化しなかったが、②、③では富士山頂でも上昇した。特に③は顕著であった。富士山頂では日中に下層大気の影響を受ける場合があるが、近傍の風上側にAs/Vを上昇させる要因が無いこと、表土の巻き上げによる影響があった場合には、As/V比は更に低下することを考慮すると、長距離輸送された気塊をとらえ、更に関東にも影響を及ぼした可能性がある。

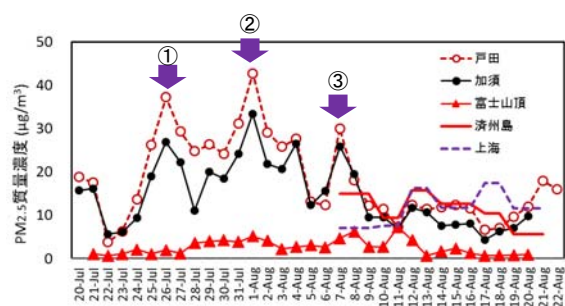


図1 PM<sub>2.5</sub>濃度の推移(2015年夏季)

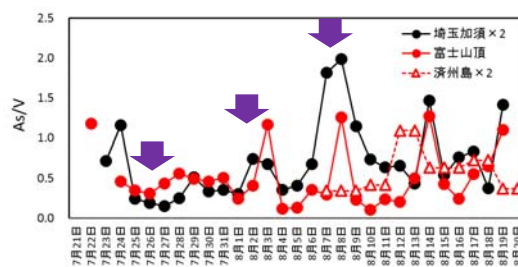


図2 As/Vの推移(2015年夏季)

#### 4 今後の方向性

分析を行った他の元素を用いた解析を行うとともに、他の高濃度期間にも適用することで、一般化が可能か検討する。

[自主研究]

## 地域汚染によるPM<sub>2.5</sub>の発生源寄与推定に関する研究

長谷川就一 米持真一 佐坂公規 野尻喜好 藤井佑介

### 1 背景と目的

微小粒子状物質(PM<sub>2.5</sub>)の環境基準達成率は年々変動しており、達成率低下は特に短期基準の超過が影響している。越境汚染によるPM<sub>2.5</sub>の影響は特に西日本で大きく、東日本ではあまり大きくないという知見がある一方、首都圏を抱える関東地方では、比較的広域で濃度上昇が起こる越境汚染とは異なり、関東地方のみで濃度上昇がたびたび観測される。そのため、こうした地域汚染の発生源寄与を把握する必要がある。本研究では、PM<sub>2.5</sub>常時監視・通年観測データや成分測定データ、また発生源粒子の成分測定データを取得・解析し、県行政との連携、各種の共同研究等による関東地方や全国の研究機関との連携を図りながら、地域汚染の発生源寄与割合を推定する研究を行う。

### 2 結果と考察

#### 2.1 成分の地域的・季節的特徴と経年変化

2014年度に実施された四季の成分調査による県内の一般局(県実施の鴻巣・日高・秩父、および政令市実施のさいたま市城南、川口市芝・南平)での測定結果から地域的・季節的特徴を考察した。硫酸塩(SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>)は春季または夏季に高い傾向だが、地点間の濃度差はいずれの季節も小さかったため、比較的広域スケールの影響が大きいと考えられる。一方、硝酸塩(NO<sub>3</sub><sup>-</sup>)や塩化物(Cl<sup>-</sup>)は秋季や冬季に高い傾向だが、日高・秩父では相対的に低かった。このため、化石燃料燃焼や廃棄物焼却などの地域汚染の影響が地点によって異なる可能性が示唆される。有機炭素(OC)や元素炭素(EC)は、地点・季節によってばらつきがみられ、特に夏季のOCにおいて顕著であった。このときOCは秩父・日高で高く、次いで鴻巣・城南で高かったが、川口芝・南平では低かった。夏季の主風向は南寄りになることに加え、2014年度の夏季は過去4か年で日射量が最も高く、さらに秩父では弱風であったことから、地点間の濃度差はこうした気象・地理的条件を背景とした移流や光化学二次生成の影響によることが示唆される。一方、四季の成分調査は鴻巣において毎年実施していることから、2011～2015年度の成分の経年変化を考察した。PM<sub>2.5</sub>の濃度は、横ばいか若干減少傾向であったが、SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>とOCの割合にやや上昇傾向がみられた。

#### 2.2 燃焼発生源の影響

2011年10月～2014年9月の県内の市町村等における野外焼却に関する苦情・パトロールの記録を集計・解析したところ、秋季に落ち葉や農作物残渣の焼却が増加していた。こうした実態を基に関東地方における排出量を推計した結果、秋季に限ればこうした野外焼却は自動車や大規模固定煙源に匹敵する程度となった。また、加須における連続測定結果より、秋季・冬季のPM<sub>2.5</sub>濃度の上昇は休日や降水前日・当日(図1)、時間帯は午後から夜の場合が多かった(図2)。これは、野外焼却の実施との関連性が示唆されるとともに、弱風や高湿度といった気象条件が要因となっていた。このようなケースでは、日単位のフィルター試料や化学成分自動測定機を搭載した移動測定車による時間単位の測定により、高濃度時にOCやNO<sub>3</sub><sup>-</sup>、Cl<sup>-</sup>などの成分が上昇していた。一方、加須におけるPM<sub>2.5</sub>とECおよび黒色炭素(BC)の関係を考察したところ、PM<sub>2.5</sub>の上昇へのディーゼル排ガスの直接影響は相対的に小さいことが考えられた。このため、燃焼発生源として焼却炉やボイラー、野外焼却等を中心に寄与を検討していく必要があることが示唆される。

文献 長谷川就一：大気環境学会誌、52、40-50(2017)

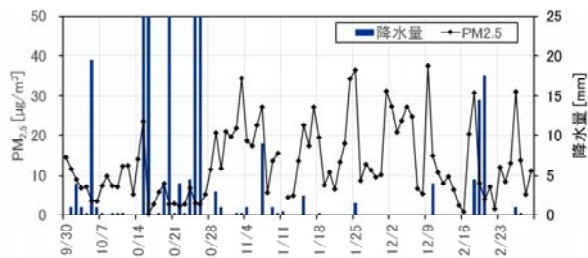


図1 2013年10～12月のPM<sub>2.5</sub>日平均値と日降水量

(降水量は熊谷における観測値、表示されている日付は月曜)

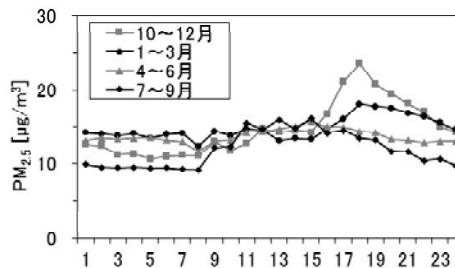


図2 2011年10月～2014年9月のPM<sub>2.5</sub>の季節別平均経時変化

[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

王効挙 米持真一 磯部友護 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、修復期間での収益性の確保も極めて重要である。我々は従来の専用植物の代わりに、高付加価値の資源植物の活用による新たな「収益型の汚染土壌修復技術」を構築し、社会に発信している。本研究では、有用な資源植物に対して、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。今年度はこれまでに選出された汚染土壌修復に有望な資源植物の品種において、その収量と重金属の修復能力(PEP, phytoremediation potential)の比較と評価を行った。

## 2 方法

バイオ燃料用植物であるトウモロコシ(3品種)、ヒマワリ(2品種)、ダイズ(2品種)及び観賞用植物であるマリーゴールド(4品種)を用いて、当センターの人工気象室内で重金属汚染土壌の入ったポットで栽培試験を行った。各品種は3ポットで、各ポットに1株を栽培し、栽培期間終了後に根、茎、葉、実(花)などに区分して乾重量及び重金属濃度を測定した。修復能力(PEP)は以下の計算式により算出した。

$$PEP = \sum(C_{\text{plant}} \times M_{\text{plant}})$$

ここで、 $C_{\text{plant}}$  (mg/kg)は植物の部位別の重金属濃度、 $M_{\text{plant}}$  (g/pot)は部位別の収量である。

用いた資源植物とその品種は以下の通りである。トウモロコシ(A): 黒もちとうもろこし(A1)、おおものコーン(A2)、カクテル600(A3); ヒマワリ(B): ひまわりロシア(B1)、ビッグひまわり(B2); ダイズ(C): 黒豆枝豆(C1)、幸福えだまめ(C2); マリーゴールド(D): フレンチ(D1)、アイスミックス(D2)、レメディアパール(D3)、レメディアイエロー(D4)。

## 3 結果と考察

用いた植物は試験用汚染土壌による明確な被害がなく生育した。資源植物の総収量と実(花)の収量について、トウモロコシ、ヒマワリ、ダイズにおいては品種間の差があまり無かったが、マリーゴールドにおいては品種D3とD4の収量がD1とD2より高かった(図1)。植物地上部の重金属濃度について、

ヒマワリのB1とB2両品種間の差異が小さかったが、トウモロコシのA2品種、ダイズのC2品種、マリーゴールドのD4品種は他品種より概ね高かった(表1)。また、植物の部位別の重金属濃度を見ると、CdとZnは地上部に移行しやすいことが分かった(表2)。各重金属の修復能力は、トウモロコシのA2品種、ヒマワリのB1品種、マリーゴールドのD4品種において比較的大きかった(表3)。

本研究では、「収益型ファイトレメディエーション」の推進の一環として、資源植物の汚染土壌修復能力の品種間差の概要を明らかにし、品種選定に必要な基本的指針及び主要な資源植物における適切な品種を示した。今後、汚染土壌の修復に有効な対策方法として、汚染土壌の有効利用と生態環境保全に活用する。

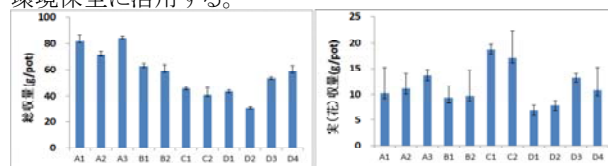


図1 総収量(左)及び実(花)の収量(右) (g/pot)

表1 資源植物及びその品種の茎部の重金属濃度(mg/kg)

処理	Ni	Cu	Zn	As	Cd	Pb
A1	2.20	5.49	54.77	0.51	0.70	0.88
A2	1.26	11.16	264.61	1.35	5.07	1.00
A3	5.33	4.03	92.74	0.80	0.20	0.48
B1	5.28	15.69	887.85	0.77	7.61	3.72
B2	6.12	19.23	793.19	0.14	6.59	1.51
C1	4.96	9.13	131.65	0.73	5.50	3.27
C2	3.27	15.66	423.89	3.58	11.50	4.76
D1	2.40	7.68	216.10	0.66	3.93	3.89
D2	3.78	9.63	124.45	1.46	11.48	4.54
D3	1.75	3.75	50.19	0.10	7.25	1.77
D4	8.21	16.15	250.71	0.78	16.68	1.30

表2 植物体内部位別の重金属濃度(A2を例として、mg/kg)

部位	Ni	Cu	Zn	As	Cd	Pb
実	0.94	8.69	222.97	0.28	0.75	0.58
茎	1.26	11.16	264.61	1.35	5.07	1.00
葉	3.25	16.37	243.57	2.84	12.58	2.48
根	21.79	196.09	256.98	26.15	4.59	47.57

表3 異なる資源植物及び品種の修復能力(μg/株)

処理	Ni	Cu	Zn	As	Cd	Pb
A1	567.4	3298.6	11991.3	412.2	229.4	713.9
A2	397.3	3290.0	16996.0	469.6	468.5	711.3
A3	432.2	2540.8	11508.7	379.8	135.2	539.0
B1	575.9	3260.5	33592.4	333.8	519.4	698.5
B2	404.7	1940.7	36575.8	75.9	563.8	176.6
C1	414.3	2290.2	12495.4	98.8	208.9	763.4
C2	268.6	2185.6	17900.2	162.9	246.8	584.6
D1	584.2	2698.2	16586.0	199.0	542.4	632.7
D2	1001.4	2022.3	7717.9	138.5	386.0	360.8
D3	468.0	1930.8	9325.3	112.3	725.4	520.4
D4	749.8	2703.9	12177.7	172.6	633.1	671.2

[自主研究]

# 光化学オキシダントと高濃度二酸化炭素が埼玉県の 水稲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

埼玉県は、光化学オキシダントの主要成分であるオゾン(O<sub>3</sub>)濃度が著しく高い地域である。O<sub>3</sub>は植物への毒性が高く、農作物の成長や収量を低下させる。水稲もO<sub>3</sub>による収量低下などの悪影響が指摘されている。一方、大気中の二酸化炭素(CO<sub>2</sub>)濃度は上昇し続けている。一般にCO<sub>2</sub>濃度上昇によって植物の光合成は促進され、成長や収量が増加するが、その促進程度は作物種等で異なっている。また、高濃度CO<sub>2</sub>環境下のO<sub>3</sub>影響は、O<sub>3</sub>吸収量が減り、悪影響が緩和されるとの報告もある一方、O<sub>3</sub>は気孔の開閉機能を鈍らせるため高CO<sub>2</sub>による気孔閉鎖反応を誘発させにくくなり、O<sub>3</sub>の悪影響の程度は変わらないとの報告もあり、応答は複雑である。また、我が国の水稲の収量に対するO<sub>3</sub>とCO<sub>2</sub>の複合影響に関する知見はほとんど無い。

そこで本研究では、埼玉県の水稲品種の収量に対するO<sub>3</sub>とCO<sub>2</sub>の影響を評価するため小型オープントップチャンバー(OTC)を用いたH27・28年の2作期の暴露実験を実施し、水稲収量へのO<sub>3</sub>影響が高CO<sub>2</sub>環境下で変化するか検討した。

## 2 方法

H26年に改良した小型OTC(図1)を用いて、水稲品種に対するO<sub>3</sub>とCO<sub>2</sub>の単独および複合影響評価実験を実施した。埼玉県で多く育成されている水稲2品種(コシヒカリ、彩のかがやき)を用いて、O<sub>3</sub>濃度3段階[O<sub>3</sub>除去区(CF区)、野外O<sub>3</sub>濃度区(NF区)、野外O<sub>3</sub>濃度+30ppb区(O<sub>3</sub>区)]と、CO<sub>2</sub>濃度2段階[野外CO<sub>2</sub>区、野外CO<sub>2</sub>+150ppb区(高濃度CO<sub>2</sub>区)]を設け、それぞれのガス処理条件を掛け合わせた6処理区(各3チャンバー反復)を設けた。H27年とH28年の5月下旬~10月上旬まで育成し、収量を計測した。

## 3 結果と考察

H28年の実験期間中の各処理区の日中の平均CO<sub>2</sub>濃度は、野外CO<sub>2</sub>濃度区で385ppm、高濃度CO<sub>2</sub>区で541ppmであった。また、昼間の平均O<sub>3</sub>濃度はCF区で13.6ppb(AOT



図1 小型OTC

40で0ppm・h)、NF区で44.5ppb(AOT40で10.4ppm・h)、O<sub>3</sub>添加区で71.5ppb(AOT40で30.8ppm・h)であった。なお、AOT40とは、40ppb以上のO<sub>3</sub>を積算したO<sub>3</sub>ドースであり、O<sub>3</sub>の植物影響評価の際に良く用いられる。

H28年において各処理条件で育成したコシヒカリと彩のかがやきの収量について検討した結果、両品種ともCO<sub>2</sub>添加による収量の増加傾向が認められた。また、オゾンによる有意な収量低下が両品種で認められた。

H27とH28年の暴露実験結果より、収量とO<sub>3</sub>ドース(AOT40)との関係を検討した。図2は、各年のCF-野外CO<sub>2</sub>区の収量を100%とした時の相対収量と育成期間中の昼間7時間のAOT40との関係をCO<sub>2</sub>処理区別に示したものである。その結果、O<sub>3</sub>により収量は低下し、CO<sub>2</sub>濃度上昇によって収量は約10%程度増加すると考えられ、それぞれの影響に品種間差が認められた。また、両品種とも高濃度CO<sub>2</sub>環境下におけるO<sub>3</sub>による収量に及ぼす影響は大きく変化しないのではないかと考えられた。

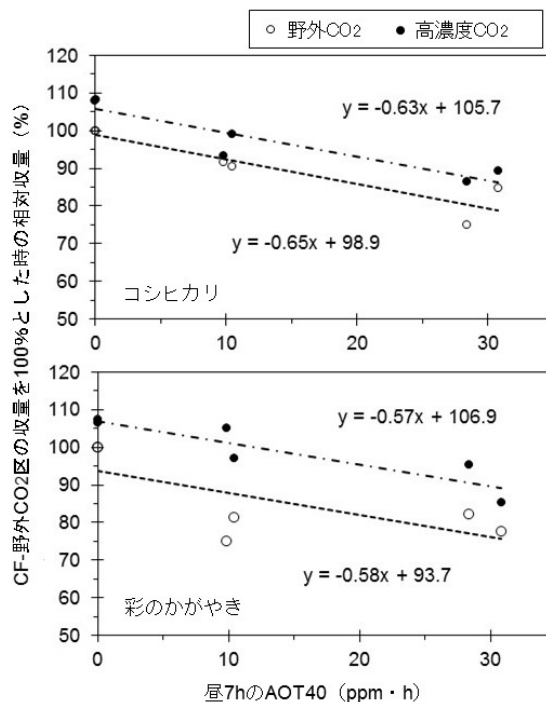


図2 水稲の相対収量とオゾンドース(AOT40)との関係

[自主研究]

# 埼玉県における希少野生動植物の保全に関する基礎的調査研究

三輪誠 角田裕志 米倉哲志 王効拳 金澤光 嶋田知英

## 1 目的

本研究では、平成27年度に、「埼玉県レッドデータブック 2011 植物編」に掲載されている希少野生植物(絶滅危惧植物)のうち602種に関する県内での分布や生育状況等の基礎的情報を収集し、データベースを構築するとともに、県内におけるそれらの分布状況を検討・解析した。なお、このデータベースには、植物種名、調査地、現地確認日、調査地の三次メッシュコード、標高、調査地帯区分、生育状況、証拠標本の有無、現存する集団数、全集団の群落総面積、全集団の総株数、以前と比較した増減、減少危機の主要因及びその他の所見に関する情報が収録されている。

平成28年度は、このデータベースを基に、県内における絶滅危惧植物の減少要因について検討したので報告する。

## 2 方法

平成27年度に、構築したデータベースに基づき、県内における絶滅危惧植物の分布状況を市町村別に解析した結果、県内でそれらが確認された約5,900地点のうち、秩父市での確認地点数が最も多く、次いで小鹿野町、飯能市、越生町、さいたま市の順で多いことが分かった。この結果を踏まえて、平成28年度は、絶滅危惧植物の確認地点数が多いこれらの5市町について、それらの減少要因を検討した。

## 3 結果と考察

表1に、絶滅危惧植物の確認地点数が多い上位5市町について、その減少要因を割合の高い順に示した。各市町において、10%以上を占める減少要因(表1の二重線より上の要因)を主要な要因として着目すると、秩父市では森林伐採・整地、動物(シカ)食害、自然遷移、園芸採取の順で、小鹿野町では自然遷移、石灰採掘、森林伐採・整地、園芸採取、動物(シカ)食害の順で、飯能市と越生町では森林伐採・整地、園芸採取、自然遷移の順で、さいたま市では自然遷移、湿地開発、河川敷開発、自然乾燥化の順で、それぞれ減少要因の割合が高かった。

これらの結果を踏まえて、表2に、絶滅危惧植物の主要な減少要因を、上位5市町間での共通点を考慮してまとめた。秩父市、小鹿野町、飯能市、越生町およびさいたま市(山地、丘陵地および市街地を含む地域)では自然遷移が、秩父市、小鹿野町、飯能市および越生町(山地および丘陵地を含む地域)では森林伐採・整地や園芸採取が、秩父市および小鹿野町(山地地域)では動物(シカ)食害が、それぞれ共通の減少要因として挙げられた。すなわち、自然遷移については様々な地域で生じる減少要因であるが、森林伐採・

整地や園芸採取については主に山地や丘陵地を含む地域、動物(シカ)食害については主に山地地域における減少要因であると考えられた。また、さいたま市では湿地開発、河川敷開発および自然乾燥化が、小鹿野町では石灰採掘がその市町特有の減少要因として挙げられた。

埼玉県では、秩父地域とその隣接地域、特に、秩父市、小鹿野町、飯能市及び越生町を中心に絶滅危惧植物が多く分布している。そのため、これらの市町を中心に分布する絶滅危惧植物の保全対策を早急に検討することが望まれる。これらの市町における主要な減少要因として、自然遷移、森林伐採・整地、園芸採取、動物(シカ)食害および石灰採掘が挙げられる(表2)。したがって、この地域に生育する絶滅危惧植物を保全するためには、これらの減少要因の影響をできる限り軽減することが必要と考えられた。とりわけ、動物(シカ)の食害が絶滅危惧植物の減少要因となっている秩父地域においては、シカの捕獲対策の推進が絶滅危惧植物の保全に寄与するものと期待される。

表1 絶滅危惧植物の確認地点数が多い上位5市町における減少要因の割合

秩父市		小鹿野町		飯能市		越生町		さいたま市	
減少要因	割合(%)	減少要因	割合(%)	減少要因	割合(%)	減少要因	割合(%)	減少要因	割合(%)
森林伐採・整地	25.0	自然遷移	22.9	森林伐採・整地	35.0	森林伐採・整地	24.9	自然遷移	19.6
動物(シカ)食害	19.7	石灰採掘	18.3	園芸採取	15.3	園芸採取	18.1	湿地開発	12.0
自然遷移	12.8	森林伐採・整地	18.0	自然遷移	11.6	自然遷移	10.4	河川敷開発	10.9
園芸採取	11.0	園芸採取	14.2	踏みつけ	5.1	農業汚染	8.0	自然乾燥化	10.1
踏みつけ	9.6	動物(シカ)食害	12.6	土地改修	4.8	危険要因なし	7.7	管理放棄	9.8
自然乾燥化	6.1	踏みつけ	4.1	土地造成	4.6	道路新設・拡幅	5.9	埋め立て・残土盛	7.2
道路新設・拡幅	3.7	自然乾燥化	2.8	動物(シカ)食害	4.6	河川敷開発	5.3	土地造成	6.9
危険要因なし	3.6	道路新設・拡幅	1.8	道路新設・拡幅	3.1	土地改修	4.7	園芸採取	5.4
石灰採掘	2.2	危険要因なし	1.5	河川敷開発	2.9	土地造成	2.7	水質汚染	4.0
その他(15要因)	6.3	その他(10要因)	3.7	その他(16要因)	12.8	その他(13要因)	12.2	その他(16要因)	14.1
合計	100.0	合計	100.0	合計	100.0	合計	100.0	合計	100.0

表2 絶滅危惧植物の確認地点数が多い上位5市町間での共通点を考慮してまとめた絶滅危惧植物の主要な減少要因

<市町>	<地帯区分>	<減少要因>
秩父市、小鹿野町	山地	自然遷移
飯能市、越生町	丘陵地	
さいたま市	市街地	
秩父市、小鹿野町	山地	森林伐採・整地、園芸採取
飯能市、越生町	丘陵地	
秩父市、小鹿野町	山地	動物(シカ)食害
小鹿野町	山地	
さいたま市	市街地	湿地開発、河川敷開発、自然乾燥化

## 4 今後の研究方向

埼玉県レッドデータブック動物編の掲載種に関する情報を収集し、データベースの構築を試みる。また、行政と情報を共有し、その活用を図る。

[自主研究]

## ニホンジカによる森林植生への影響評価と植生回復に関する研究

角田裕志 三輪誠 米倉哲志 王効拳 嶋田知英

### 1 研究の背景と目的

近年、埼玉県内ではニホンジカ (*Cervus nippon*) の分布拡大と捕獲数の増加が続いている。秩父地域を中心に、ニホンジカが高密度化した森林では、過剰な採食圧によってササ類や低木類などの林床植生が衰退・消失し、森林生態系への影響が懸念される。このため、埼玉県では従来まで行われてきた狩猟や有害捕獲に加えて、平成26年度からはニホンジカの個体数低減を目指した管理捕獲も実施されており、捕獲の強化に取り組んでいる。しかし、捕獲によってニホンジカの密度低減に成功した事例は全国的に少ないため、ニホンジカの捕獲による森林植生の回復効果はほとんど検証されてこなかった。そこで、本研究では、森林の林床植生に対するニホンジカの採食影響と捕獲活動との関係を明らかにすることを目的とした。

### 2 方法

#### 2.1 林床植生の衰退度と捕獲数の関連性解析(課題1)

平成22年度と平成27年度に行われたニホンジカによる林床植生の被害調査結果を用いて、過去5年間の林床植生(低木類・ササ類・草本類の被度およびササ類のみの被度)の衰退状況を鳥獣保護区等位置図の5kmメッシュ単位で分析した。また、同期間におけるニホンジカの推定密度と林床植生の被度の変化率との関係を分析した。

#### 2.2 捕獲活動がニホンジカの行動に与える影響(課題2)

捕獲活動によるニホンジカの行動変化と林床植生への被食圧の変化の関係を把握するために、東大秩父演習林内に狩猟や管理捕獲の実施状況が異なる2箇所の試験地を設けて野外実験を行った。野外実験では、各試験地に小規模柵(約3m四方)を設置し、柵の内外にニホンジカの嗜好性植物であるアオキ (*Aucuba japonica*) を植栽して(図1)、採食状況を観察した。また、試験地内に自動撮影カメラを設置して、ニホンジカの出没頻度と行動を観察した。アオキの採食状況ならびにニホンジカの出没頻度を試験地間および狩猟または管理捕獲の実施期間中と期間外とで比較した。

### 3 結果

低木類・ササ類・草本類の被度については、調査メッシュ(n=60)の78.3%において被度の減少が見られた。また、ササ

類については調査メッシュの58.3%のメッシュで被度の減少が見られた。一方、ニホンジカの推定生息密度と林床植生の変化率との間には一定の傾向は認められなかった。

野外実験では、アオキに対する採食状況とニホンジカの出没頻度について試験地間で差が認められた。周辺の山林で狩猟が実施されている試験地では狩猟期間中のニホンジカの出没頻度が減少し、アオキへの採食も見られなかった。一方、狩猟が行われていない試験地ではニホンジカが頻繁に出没し、アオキへの採食が観察された(図2)。



図1 野外実験の試験地の様子



図2 試験用の植栽木(アオキ)を採餌するニホンジカ

### 4 今後の予定

課題1についてはメッシュ単位の林床植生の変化率と捕獲状況との関連性について解析を行う。課題2については野外実験を継続すると共に、すでに得られた動画のデータからニホンジカの行動解析を行う。



[自主研究]

# 循環型社会における埋立廃棄物の安定化評価に関する研究

磯部友護 渡辺洋一 長森正尚 川寄幹生 長谷隆仁 鈴木和将

## 1 背景と目的

近年の廃棄物処理の状況を見ると、埼玉県内では焼却残さのセメント原料へのリサイクルが進んでおり、今後、循環型社会の進展に伴い、埋立量の減少と質的变化はさらに顕著になっていくものと考えられる。本研究では、埼玉県内の埋立地において、今後の埋め立て廃棄物の質的变化を見据えた安定化挙動を把握することを目的とし、各種モニタリング調査を行う計画である。本稿では、2016年度より対象埋立地で開始したモニタリングの経過について報告する。

## 2 方法

本研究では、埼玉県内の管理型埋立地を対象とした。平成27、28年度の埋立管理記録から焼却残渣の埋立割合が異なる6箇所のセル1～6を選定した(表1)。各セルに①センサー、②場内観測井、③間隙水採取器の3種類のモニタリング設備を深度1.0、2.5mにそれぞれ設置した。センサーには温度、含水率、電気伝導率を同時測定できるものを用いた。また、場内観測井より内部ガスを、間隙水採取器より間隙水を定期的にサンプリングした。内部ガスはガスモニターで現場測定を行った。間隙水は採取後分析に供した。

表1 各セルの概要

セル番号	埋立日	一般廃棄物	
		焼却残渣	不燃残渣
1	2015/6/25	11	57
2	2015/6/11	35	31
3	2015/5/22	41	33
4	2016/6/1	14	44
5	2016/6/7	33	33
6	2016/6/6	40	27

単位[%]

## 3 結果

本稿では2016年度に埋め立てが終了したセル4～6におけるセンサーモニタリング経過の一部を報告する。

内部温度のモニタリング経過においては、いずれのセルも深度1.0mでは外気温に追従した温度変化を示した。図1に一例としてセル6における内部温度の経時変化を示す。深度2.5mにおいては深度1.0mほどの追従性はないものの、40℃前後で緩やかに低下する傾向を示し、焼却灰の混合割合が最も少ないセル6でその傾向が顕著であった。

含水率、及び電気伝導率は降水イベント直後にピークが発生しており、電気伝導率のピーク値は時間変化とともに低下する傾向であった。

場内観測井で測定した内部ガス濃度の経時変化を見ると、全てのセルにおいて二酸化炭素は検出されず、焼却灰による中和の影響が示唆された。また、酸素濃度も非常に低かったことから、埋立終了から90日弱で内部が嫌気状態になっていることが明らかとなった。メタン、水素は焼却残渣の埋立割合による影響を受けている可能性が示された。一例としてセル4～6のメタン濃度の経時変化を図2に示す。

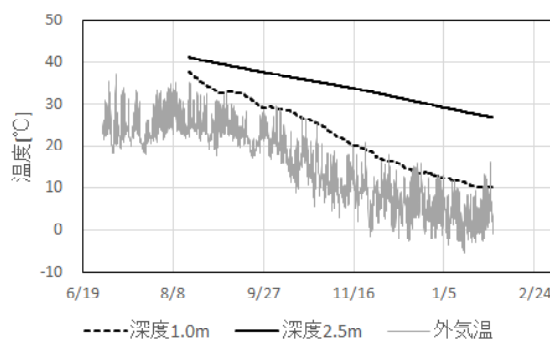


図1 セル6における内部温度

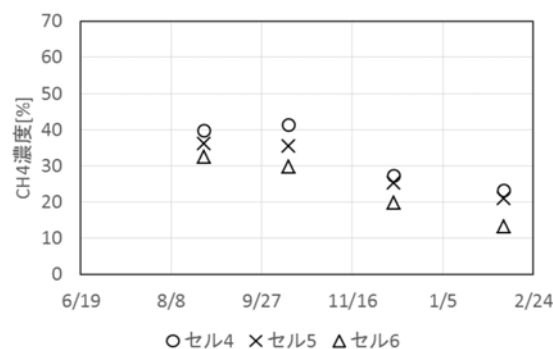


図2 セル4～6(深度2.5m)におけるメタン濃度

## 4 まとめと今後の予定

これまでのモニタリング経過より、時間変化に伴い内部温度やガス濃度の低下や、降水に伴う電気伝導率のピーク値の低下が確認され、安定化の進行状況を把握できることが示された。また、焼却残渣の混合割合が安定化挙動に影響している可能性が示された。今後はモニタリングを継続するとともに、一部で確認されたセンサー埋設状況の不備を解消するため、センサーの追加設置を行う予定である。

[自主研究]

# ソーラー発電設備設置が処分場表面からの蒸発水量に与える影響に関する研究

長谷隆仁

## 1 目的

再生可能エネルギーの固定買取制度導入後、廃棄物処分場でも、太陽光発電施設が導入されるようになってきた。

地表に到達する太陽エネルギーは、一部が地表から反射し、残った正味の放射量(純放射量)が、潜熱、顕熱、地中伝熱に分配される(図1)。潜熱は水分蒸発に利用される分であり、太陽エネルギーを利用する太陽光発電システムの地表設置は、地表に到達する太陽エネルギーの減少によって、潜熱あるいは水分蒸発量の減少等、地表での熱収支・水収支に影響を及ぼすと考えられる。水収支への影響は、管理型の廃棄物最終処分場では、浸出水量、水処理負担への影響という問題にも影響を及ぼすことが予想される。

そこで、本研究では、処分場への太陽光発電設備設置による処分場水収支への影響を把握するため、太陽光発電設備設置の蒸発散量への影響の推定を研究課題と

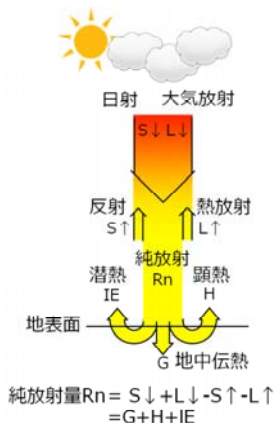


図1 地表面における熱収支

本年度は、前年度の予備調査を踏まえ観測対象処分場の選定や依頼作業等を進めると同時に、地表面への日射等到達を遮る模擬パネルを自作し、予備実験を行った。予備実験により、前年度より検討してきた観測装置の問題点の確認・解決を事前に行うとともに、パネル有無による蒸発量への影響について比較確認を行った。

## 2 方法

センター内で模擬パネル下での遮光条件と、遮光しない露天条件の2条件での蒸発量の測定を行った。蒸発量測定には、非常に多くの手法が提案されており、特定の確立された手法はない。そこで、蒸発量の測定を複数手法で比較検証しながら行う事とした。処分場での観測を想定して実施可能手法として簡易蒸発計(UIZ-PE100(ウイジン製))を用いた測定、自作ライシメータ(土壌充填したプラ容器の雨量・排水

量等水収支から重量損失を蒸発量として推計)、熱収支・ボーエン比法(日射計EK-ML01(EKO製)・長波放射計CHF-IR02(Hukseflux製)・地中熱流板HFP01(Hukseflux製)・温度湿度計S-THB-M(Onset製))による測定を選択した。

## 3 結果

予備試験は、夏期に35日間行った(途中台風・大雨による欠測期間を含む)。簡易蒸発計の結果では、遮光条件で蒸発量が25%減少した。自作ライシメータの結果では、遮光条件で蒸発量が50%減少した。浸透排水が不十分で土壌表面が湿潤状態にある傾向があった。熱収支・ボーエン比法による測定では、熱収支による純放射量からボーエン比を用いて蒸発量を算出する際に異常値が発生した。これは、温湿度計からボーエン比を算出する際、異常値が発生したためである。

予備試験からは、遮光条件で蒸発量の減少を確認することができた(25~50%)。ただし、測定方法によって減少率が異なった。水面蒸発量を測定する蒸発計値に対し、地表面蒸発量を測定すると考えられるライシメータ値の方が信頼性は高い。ただし、湿潤状態での測定であり蒸発量が過大となった可能性があり、ライシメータの排水機構の改善を行った。熱収支観測では遮光条件で純放射量が80%減少した。ライシメータ計の結果と併せると、純放射量の潜熱への配分は採光条件で36%、遮光条件で90%と算出され、純放射量の減少率がそのまま蒸発量減少率となっていなかった。熱収支・ボーエン比法については、ボーエン比算出に異常が発生し、蒸発量算定に支障が生じたことから、温湿度計の高度、データ処理等、異常値発生改善のための検討を行った。これらの検討により遮光条件で、ライシメータ値と同等の蒸発量値算出が可能となったので、観測対象処分場を一か所選定し、観測機器を設置した。

## 4 今後の研究方向

現在ソーラー発電設備を設置した実処分場での蒸発量観測を実施中である。季節により蒸発量が異なるので、通年観測後、蒸発量、さらには浸出水量等への影響把握を進める。また、複数処分場での観測を検討する。

[自主研究]

## 埋立地における水銀ガス調査

長森正尚 長谷隆仁 渡辺洋一

### 1 背景・目的

水俣条約上の水銀廃棄物とは一定量以上の水銀を含む廃金属水銀及びその化合物、水銀汚染物、水銀添加廃製品と定義され、廃掃法上は特別管理廃棄物に指定されるが、埋立判定基準を満たせば管理型最終処分場で処分できる。管理型最終処分場に埋め立てられる水銀含有廃棄物としては、焼却飛灰の処理物が代表的である。

過去には水銀を多く含む廃棄物が最終処分されていた。乾電池を例に挙げると、2009及び2012年度調査で40及び16 mg/kgと比較的高濃度であった<sup>1)</sup>。2014年調査では、水銀ゼロ使用表示の乾電池(28検体)で2~110  $\mu$ g/kg(18検体:定量下限値未満)と極低濃度に低下した<sup>2)</sup>。他方、埋立地の研究事例<sup>3)</sup>では、水銀の排出経路は大部分が大気への拡散であることが分かったが、日本の水銀大気排出インベントリで埋立地の推定値がないのが実状である。なお、1990~2002年の東京都調査で0.05~19  $\mu$ gHg/m<sup>3</sup>N<sup>4)</sup>と、当時の埋立地からのガス状水銀の発生量は多かったと推察される。

そこで、埋立地ガス中の水銀の排出実態を把握するため、捕集条件の検討、埋立時期や埋立廃棄物の異なる処分場を調査することとした。なお、文献値と比較して大幅に上回る場合には、受入廃棄物の検討も必要である。今年度は、①管理型最終処分場に現在埋め立てられている廃棄物の水銀含有量、②埋立地の場内観測井内ガス状水銀濃度を調査した。なお、ガス状水銀が極低濃度であったため、定量下限や妨害物質対策を検討した。

### 2 方法

#### (1) 埋立廃棄物中の総水銀の含有量測定

対象廃棄物は、一般廃棄物21検体(焼却灰7、焼却飛灰1、熔融スラグ1、不燃物12)、産業廃棄物4検体(燃えがら2、廃プラ2)とした。総水銀は、約50~290mgの試料をマーカーキュリーSP-3D(日本インスツルメンツ社製)で測定した。

#### (2) 埋立地ガス採取の条件検討

ガス状水銀は、金アマルガム捕集管(以下、捕集管)に各種ガスを0.5L/分で60L及び120L通気させ、気中水銀測定装置WA-5A(日本インスツルメンツ社製)で測定した。水銀吸着の破過を確認するため、水蒸気及びCO<sub>2</sub>もソーダライム管(SL管)<sup>5)</sup>のブランク試験を行った。なお、水蒸気は蒸留水入りの遮光したインピンジャーに30分通気させ発生させた<sup>5)</sup>。標準添加回収試験は、水銀蒸気飽和ガス30  $\mu$ L添加した。

### 3 調査結果

#### (1) 埋立廃棄物中の総水銀の含有量測定

焼却灰1~128  $\mu$ g/kg(中央値5  $\mu$ g/kg)、熔融スラグ18  $\mu$ g/kgに対して、焼却飛灰5,700  $\mu$ g/kg、不燃物86~6,080  $\mu$ g/kg(中央値2,860  $\mu$ g/kg)と比較的高濃度に水銀を含有していた。焼却灰の水銀含有量は低く、乾電池(水銀ゼロ使用)と同レベルであった。不燃物はばらつきが大きいものの、水銀含有量が焼却飛灰を超える試料もみられた。

#### (2) 埋立地ガス採取の条件検討

操作ブランクは約0.2ngHg/m<sup>3</sup>Nと比較的高かった。一般大気より採取時間が短いことが要因であるが、発生量の少ない埋立地ガスを60L採取することは容易でない。SL管のブランク値は操作ブランクと同程度であったが、ばらつきが大きかった。次に、水蒸気を通気させる条件では、SL管を使用しないと若干低い値になったことから、除湿により水銀の捕集能力が向上すると推察された。さらに、CO<sub>2</sub>を通気させる条件でSL管を用いると約0.2ngHg/m<sup>3</sup>N低下する結果となったことから、CO<sub>2</sub>による水銀吸着の破過はないと推察された。逆に、捕集管に吸着したCO<sub>2</sub>が吸光度を上昇させ、ガス状水銀濃度を見かけ上高く見積もることが分かった。なお、添加回収試験の結果は良好であった。

### 4 今後の予定

ソーダライム管を使用して数多くの測定を実施するとともに、放出量測定の方法も検討する予定である。

### 文献

- 1)入佐:水銀条約と使用済み乾電池廃棄物の水銀実態調査、第35回全都清研究・事例発表会、197-199(2014)
- 2)清水ら:最終処分場における乾電池の取り扱い見直しのための水銀含有量調査、第36回全都清研究・事例発表会、90-91(2015)
- 3)柳瀬:使用済み乾電池の埋立処分に伴う埋立20年間の水銀の挙動、廃棄物資源循環学会論文誌、12-23(2009)
- 4)高橋ら:中防外側処分場における水銀の挙動、東京都環境科学研究所年報、165-171(2004)
- 5)丸本ら:揮散損失を低減した溶存揮発性水銀捕集用海水サンプラーの開発と揮散損失が水銀放出フラックスの見積もりに与える影響、分析化学、61、1063-1072(2012)

[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 竹峰秀祐

## 1 目的

ネオニコチノイド系殺虫剤は、近年、脊椎動物や昆虫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化合物である。我々は、県内のほとんどすべての河川からネオニコチノイド系殺虫剤が検出され、夏季にその濃度が高くなる傾向があることを報告した<sup>1)</sup>。昨年度は、殺虫剤の使用が想定される農地から河川への移行に着目して、農業排水路水における濃度の年間変動を調査した<sup>2)</sup>。本年度は、多くの殺虫剤の濃度が高くなる夏季に着目して、県内河川を4年間調査した結果を報告する。

## 2 方法

ネオニコチノイド系殺虫剤である ジノテフラン、クロチアニジン、イミダクロプリド、チアメトキサム、アセタミプリド、チアクロプリド、ニテンピラム、スルホキサフロルと、生態系へ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の濃度をLC/MS/MSで測定した<sup>3)</sup>。

## 3 結果と考察

平成25年から平成28年にかけて県内の35河川38地点の調査地点で、河川水中のネオニコチノイド系殺虫剤とフェニルピラゾール系殺虫剤フィプロニルの濃度を夏季(8月)に測定した。(フィプロニルは平成26年から、スルホキサフロルは平成27年から調査)。調査年別の濃度分布を図1に箱ひげ

図で示した。

濃度分布は、調査年の違いによる変化がほとんど見られなかった。出荷量も毎年、同程度で増減が小さかったことから考えると、この期間において使用実態に大きな変化はなかったと考えられる。フィプロニルの濃度は、出荷量を反映した結果となり、比較的濃度が低く、チアメトキサムやアセタミプリドと同程度であった。未登録であるスルホキサフロルは、検出されなかった。

Morrisseyら<sup>4)</sup>が報告しているネオニコチノイド系殺虫剤の水生無脊椎動物群に対する急性影響濃度である200ng/Lや慢性影響濃度である35ng/Lを超過する結果もみられた。4回の調査において1回以上35ng/Lを超過した地点は、38地点のうち24地点であった。そのうち、4回とも35ng/Lを超過した地点数は約半数の11であり、比較的濃度の高い地点は概ね限定されており、地域的な分布の縮小や拡大も見られなかった。

## 参考文献

- 1) 大塚ら (2014) 埼玉県環境科学国際センター報, 14, 118.
- 2) 大塚ら (2016) 埼玉県環境科学国際センター報, 16, 117.
- 3) 大塚ら (2015) 埼玉県環境科学国際センター報, 15, 178.
- 4) Morrissey *et al.* (2015) *Environmental International*, 74, 291-303.

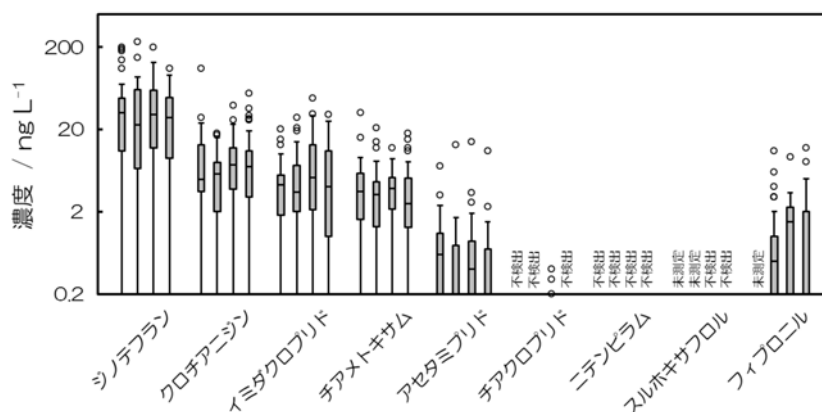


図1 河川水中のネオニコチノイド系殺虫剤とフィプロニルの濃度分布の経年変化 (各殺虫剤の左から順に平成25、26、27、28年の調査結果)

[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

蓑毛康太郎 竹峰秀祐 茂木守 大塚宜寿 堀井勇一 野尻喜好

### 1 目的

2013年に化審法第一種特定化学物質に指定され製造・使用等が禁止されている有機臭素系難燃剤のヘキサブロモシクロドデカン(HBCD)、および近年環境汚染物質として注目されつつある有機塩素系難燃剤のデクロランプラス(DP)とその類縁化合物について、環境汚染実態と環境動態を把握するための調査を行っている。2016年度は、大気降下物を測定し、季節変動を確認したので報告する。

### 2 方法

センターにおいて、ヘキサンで洗浄した蒸留水を約5L加えたステンレスポット(直径30cm、高さ40cm)を設置し、湿性および乾性降下物を合わせて採取した。採取期間は2015年4月から1年間で、およそ1ヵ月(27~36日)ごとに試料を回収し分析に供した。既報(HBCD<sup>1)</sup>、DP<sup>2)</sup>の前処理法を施し、5種のHBCD( $\alpha$ -、 $\beta$ -、 $\gamma$ -、 $\delta$ -、 $\epsilon$ -体)をLC/MS/MSで、2種のDP(*syn*-、*anti*-体)および9種のDP類縁化合物を高分解能GC/MSで測定した。

### 3 結果と考察

対象物質の降下フラックスを図1に示す。HBCD(図1a)では $\alpha$ -体(0.18~1.0ng/m<sup>2</sup>/d、年間:210ng/m<sup>2</sup>/y)、 $\beta$ -体(0.04~0.19ng/m<sup>2</sup>/d、年間:46ng/m<sup>2</sup>/y)、 $\gamma$ -体(0.24~1.1ng/m<sup>2</sup>/d、年間:160ng/m<sup>2</sup>/y)がすべての試料から検出された。 $\delta$ -体はわずかに検出され(不検出(ND)~0.03ng/m<sup>2</sup>/d)、 $\epsilon$ -体はすべての試料でNDであった。以上から、製造・使用が禁止されている現在でもHBCDが大気を通じて地上

に降下していることが確認された。製品中HBCDの組成は $\alpha$ :5~10%、 $\beta$ :<20%、 $\gamma$ :70~90%<sup>3)</sup>で、特に $\gamma$ -体の割合が高いが、大気降下物では概して $\alpha$ (28~67%)> $\gamma$ (22~59%)> $\beta$ (7~14%)の順であった。大気中で紫外線等の影響を受けて組成が変化しものと推察される。ただし、濃度、組成ともに明確な季節変動は確認できなかった。

DPは*syn*-体、*anti*-体ともにすべての試料から検出され、大気を通じて地上に降下していることが確認された。降下量はそれぞれ0.31~1.7ng/m<sup>2</sup>/d(年間:330ng/m<sup>2</sup>/y)、1.3~6.0ng/m<sup>2</sup>/d(年間:1,100ng/m<sup>2</sup>/y)であった(図1b)。DP降下量の明確な季節変動は確認できなかった。DPの*f<sub>anti</sub>*値(*syn*-体と*anti*-体の合計に対する*anti*-体の割合)は、DPが大気中で紫外線等の影響を受けると低くなる<sup>4)</sup>。今回観測された*f<sub>anti</sub>*値は0.73~0.81で、製品の*f<sub>anti</sub>*値(0.75~0.8<sup>5)</sup>)と大きく変わらなかったことから、当該地点の大気降下物中DPは遠方から移送されたものではなく、大気中DP<sup>2)</sup>と同様にDPを含む身近な製品に由来すると推察された。DP類縁化合物では、デクロラン-602、-603、-604、-604CB、クロルディンプラスがわずかに検出された。

### 文献

- 1) 竹峰ら(2016)第19回日本水環境学会シンポ講演集, 202-203.
- 2) 蓑毛ら(2016)第25回環境化学討論会予稿集, P-041.
- 3) 経済産業省 [http://www.meti.go.jp/committee/summary/0004475/pdf/118\\_s08\\_00.pdf](http://www.meti.go.jp/committee/summary/0004475/pdf/118_s08_00.pdf)
- 4) Möller *et al.* (2010) *Environ. Sci. Technol.* **44**, 8977-8982.
- 5) Hoh *et al.* (2006) *Environ. Sci. Technol.* **40**, 1184-1189.

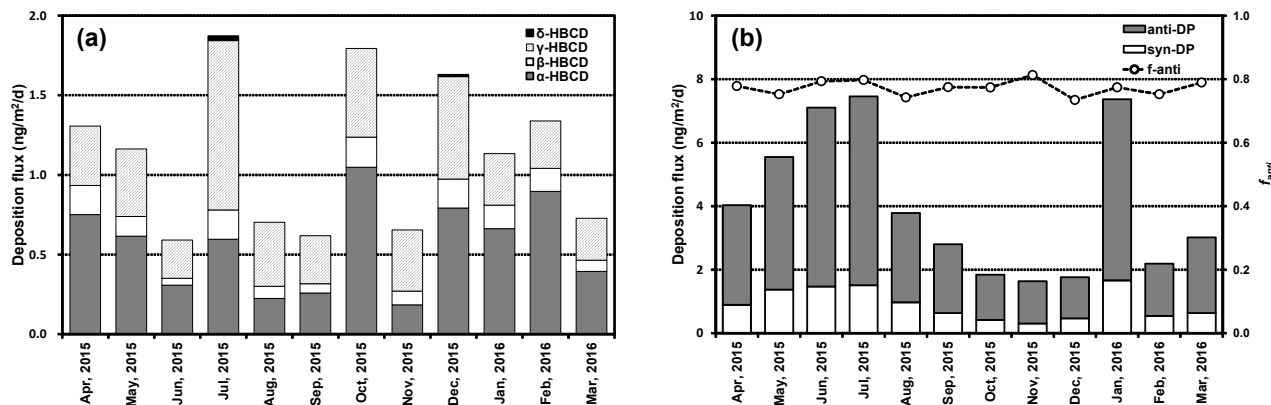


図1 2015年度にセンターで採取した大気降下物中のHBCD(a)およびDP(b) ( $f_{anti} = anti-DP / (syn-DP + anti-DP)$ )

[自主研究]

# 揮発性メチルシロキサンの大気汚染実態の把握

堀井勇一 蓑毛康太郎 大塚宜寿 茂木守 竹峰秀祐 野尻喜好

## 1 背景・目的

環状メチルシロキサン(CMS)は、シリコン工業における主要化学物質であり、シリコンポリマーの製造原料や日用品の溶剤等に使用される高生産量化学物質である。最近の調査・研究では、一部のCMS(4~6量体)について環境残留性や生物蓄積性が指摘されており、欧米ではこれらについて詳細なリスク評価が進められている。しかし国内では、CMSの環境中への排出量や濃度分布に関する情報は極めて少ない。CMSは高揮発性を有することから、製品等の使用過程において、大部分は大気中へ移行すると推測される。よって、CMSの環境動態解析やリスク評価のためには、主な排出先である大気についてのデータ収集が不可欠である。本研究では、CMS及びその類縁物質について大気試料の分析法を確立し、大気環境汚染実態の解明を試みる。

本年度は、埼玉県内における大気中濃度分布を把握するため、大気常時監視局におけるモニタリングを開始した。また、併せて季節的な濃度変動を調査するため、環境科学国際センター(CESS)における通年観測を開始した。

## 2 試料と方法

**試料採取・分析:** CMSの3~9量体(それぞれD3~D9とする)及び鎖状メチルシロキサン(LMS)の3~15量体(L3~L15)を分析対象とした(総じてシロキサン類とする)。埼玉県内全域に観測地点を配置できるよう大気常時監視測定局(ダイオキシン類)から9地点を選定し、7月、10月、1月にそれぞれ1週間サンプリングを実施した。サンプリングは、捕集材として固相カートリッジ(Sep-Pak plus PS-2, Waters社)を使用し、柴田科学社製ミニポンプを用いて、定流量(0.2 L/min)で吸引した。固相カートリッジに捕集した対象物質を1.5mLのヘキサンで溶出し、これをGC/MS分析に供試した。夏季の調査において、バックアップ捕集材を取り付け、目的物質の破過が無いことを確認した。

## 3 結果と考察

**全県調査:** 全9地点におけるシロキサン類濃度の平均は、夏季に350ng/m<sup>3</sup>、秋季に480ng/m<sup>3</sup>、冬季に360ng/m<sup>3</sup>であり、その大部分をCMSが占めた。化合物別の濃度は、概してD5>D4>D3>D6の順であったが、地域による濃度組成の特徴が確認された。具体的には、人口密度の高い県南部ではD5の濃度及び全体に占める濃度組成が高く、県北西部で共に低い傾向が確認された(図1)。この濃度分布は主要

排出源であるパーソナルケア製品にはD5が主に使用されることが起因するものと示唆された。一方で、D4については、東秩父局を除く県北西部で高い傾向にあり、他の発生源の存在や大気中半減期の違いによるものと推察された。大部分の試料について、比較的高質量であるL9以上のLMSは不検出であった。本研究により、新たに国内大気におけるシロキサン類の濃度レベルが明らかになり、得られたD5の平均濃度(220ng/m<sup>3</sup>)は、既報の都市大気の観測値と比較して若干高い傾向にあった<sup>1)</sup>。

**通年観測:** 2016年6月~2017年2月の期間で観測されたシロキサン類濃度の範囲は110~980ng/m<sup>3</sup>、その平均は440ng/m<sup>3</sup>であった。通年観測の中間結果ではあるが、主要CMS(D3~D6)の総濃度は、秋季から冬季にかけて上昇する傾向が観測された。特にD4の濃度変化は15~440ng/m<sup>3</sup>と大きく、濃度上昇に伴いD4/D5濃度比も高くなる特徴がみられた。これは上述のように、異なる発生源の存在や大気中半減期の違いによるものと推察された。また、CMS濃度と気象データ(気温、放射収支量、光化学オキシダント、SPM等)の間には、化合物により有意な相関がみられた。

## 4 今後の予定

県内大気常時監視測定局における定期観測及びCESSにおける通年観測を引き続き実施し、県内大気中のシロキサン類濃度と気象データや発生源データを併せて解析する。

## 文献

- 1) UK Environment Agency (2009) Environmental risk assessment report: Decamethylcyclopentasiloxane

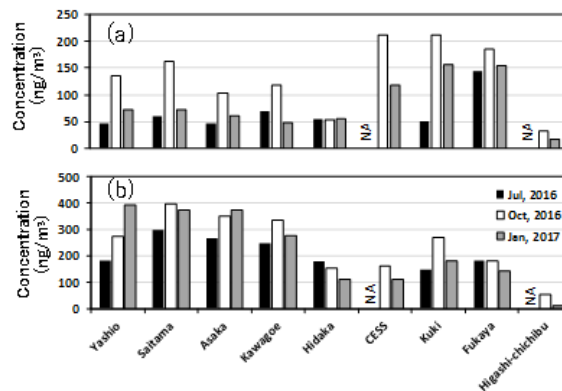


図1 大気常時監視測定局におけるD4(a)及びD5(b)の濃度

[自主研究]

# 緊急時大気中化学物質の迅速調査法の開発とリスク評価

茂木守 竹峰秀祐 大塚宜寿 蓑毛康太郎 堀井勇一 野尻喜好

## 1 目的

埼玉県では、化学物質管理促進法や埼玉県生活環境保全条例(県条例)の規定により定められた606物質を特定化学物質とし、一定規模以上の事業所におけるそれらの取扱量を把握している。これらの物質には、急性毒性や刺激性を有するものもあり、災害や事故によって大気中へ大量に放出された場合、ヒトに対する健康被害や生態系への悪影響が懸念される。この場合、近隣住民に対して速やかに避難誘導等を行う必要があるが、有害な特定化学物質が排出された現場の安全性を確認するためには、当該化学物質の濃度を測定し、判断する必要がある。

特定化学物質の中には、検知管で簡易に測定できたり、キャニスターGC/MS法を用いた公定法等で比較的速やかに分析・測定できる揮発性有機化合物(VOC)なども含まれているが、未だに分析方法が確立されていない物質も多い。また、大気環境基準や有害大気汚染物質指針値が設定されている特定化学物質もあるが、有害性に関する情報が乏しく、リスクを評価することが困難な物質も多い。そのため、本研究では、それらの化学物質を迅速に計測する方法を開発し、その測定値を基に災害や事故後の短期的な健康リスク等を評価する方法を構築することを目的とする。

## 2 方法

### 2.1 特定化学物質の選定

対象とする特定化学物質の選定にあたっては、新潟県保健環境科学研究所が報告した方法<sup>1)</sup>を参考にした。簡易測定法や公定法が示されていない特定化学物質のうち、県条例により把握した埼玉県内の「取扱量」に、「人と健康保護のための大気管理参考濃度」から算出した毒性重み付け係数を掛け、得られた毒性重み付け量が上位の物質を候補とし、平成28年度はイソシアネート類を選定した。

### 2.2 迅速調査法の開発

イソシアネート類は反応性が強く、加水分解しやすい物質であるため、大気中でこれらの物質を捕集するためには、誘導体化によりイソシアネート類を安定な物質に変化させることが必要である。現在、イソシアネートを捕集する方法として①ジブチルアミン(DBA)による誘導体化法、②1-(2-ピリジル)ピペラジン(PP)による誘導体化法が提示されている。そこで、こ

れらによるイソシアネート類誘導体化物をLC/MS/MS(Waters UPLC H-Class/Xevo TQD)で測定し、感度等を比較して、迅速調査法への適用可能性を調べた。

## 3 結果

### 3.1 特定化学物質の選定

放出リスクの高い物質としてトリレンジイソシアネート(2,4-TDI、2,6-TDI)、メチレンビス(4,1-フェニレン)=ジイソシアネート(MDI)、ヘキサメチレン=ジイソシアネート(HDI)を選定した。

### 3.2 迅速調査法の開発

イソシアネート類(2,4-TDI、2,6-TDI、MDI、HDI)のDBA誘導体化物はPP誘導体化物よりも感度が16~180倍程度高く、定量下限は12Lの大気捕集量でUSEPAや米国産業衛生専門家会議が提唱する基準値(非発がん性慢性毒性値等)の1/10を満たした(表1)。DBA誘導体化法によるイソシアネート類のブランク試験値に問題はなく、添加回収試験でも2,4-TDI、2,6-TDI、MDI、HDIの平均回収率は、それぞれ114、85、91、85%と良好であった。

表1 各誘導体化物の検出、定量下限と基準値の比較

	試料換算値(ng/m <sup>3</sup> )		基準値*	基準値の	
	IDL**	IQL***	(ng/m <sup>3</sup> )	1/10	
DBA誘導体化	2,4-TDI	0.4	1.1	70	7
	2,6-TDI	0.3	0.9	70	7
	MDI	1.2	3.0	170	17
	HDI	0.2	0.4	10	1
PP誘導体化	2,4-TDI	23	58	70	7
	2,6-TDI	24	63	70	7
	MDI	18	48	170	17
	HDI	28	71	10	1

\* 基準値: USEPA等による非発がん性慢性毒性値等  
 \*\* IDL: 装置の検出下限  
 \*\*\* IQL: 装置の定量下限

## 4 今後の予定

平成29年度は、今回開発した迅速調査法を用いて、毒性重み付け量が高い取扱事業所周辺のイソシアネート類の大気環境濃度を把握し、平常時における基礎データとする。また、簡易測定法や公定法が示されておらず、埼玉県内で毒性重み付け量が高い特定化学物質を2種類選定し、それらの迅速調査法を検討する。

## 参考文献

1) 土屋ら(2012)新潟県保健環境科学研究所年報, 27, 76-80.

Development of methods for rapid analysis of hazardous chemical substances in the atmosphere and evaluation the risks posed by such substances in emergencies

[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

淡水圏の浮遊細菌には、世界中の湖沼や河川で普遍的に見られる系統群が存在し、これらは淡水圏の物質循環において重要な役割を担っているものと考えられている。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される。

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。昨年度までは、埼玉県内の10河川、15地点および1河川について隔月で採取した試料から、ろ過によるサイズ分画を取り入れた培養法により、浮遊細菌を検出してその種組成を調べた。本年度は、未ろ過試料について、次世代シーケンサーを用いた浮遊細菌を含む全細菌の網羅的菌叢解析を行った。また、これまでの研究成果を踏まえ、河川から検出される細菌の特徴と水質との関係性について考察した。

## 2 方法

埼玉県内河川から採取した河川水16試料について、200 mL程度を、直径47mm、孔径0.1 μmのポリカーボネート製メンブレンフィルター（Millipore）でろ過し、細菌をフィルター上に捕集した。フィルターを、ピンセットを用いて8つ折りにし、土壌細菌DNA抽出キット（FastDNA SPIN Kit for Soil, MP-Biomedicals）に入れ、付属のマニュアル従って細菌のDNAを抽出した。得られたDNAの濃度は、Qubitフルオロメーター（Invitrogen）を用いて測定を行った。16S rRNA遺伝子のV1-V2領域を対象として、次世代シーケンサーMiSeq（Illumina）による菌叢解析を行った。

## 3 結果

次世代シーケンサーによる埼玉県内河川水（下水処理水を含む）の細菌叢解析の結果を図1に示した。全ての試料で、Proteobacteria門、Bacteroidetes門、Actinobacteria門およびFirmicutes門の4門で、全リード数のおよそ90%以上を占めていた。畜舎排水の影響を受けていると考えられる試料では、Firmicutes門（特に*Clostridium*属）の全リード数に占める割合が高くなっていった。下水処理水の試料では、河川試料で

はほとんど検出されない特定の*Pseudomonas*属、*Undibacterium*属および*Flavobacterium*属に近縁なリードが多く含まれていた。河川水試料では、*Flavobacterium*属、*Limnohabitans*属、*Polynucleobacter*属、*Rhodoluna*属、IRD18C08クラスター、PRD01a001Bクラスター、acIクラスターに近縁なリードが多く含まれていた。

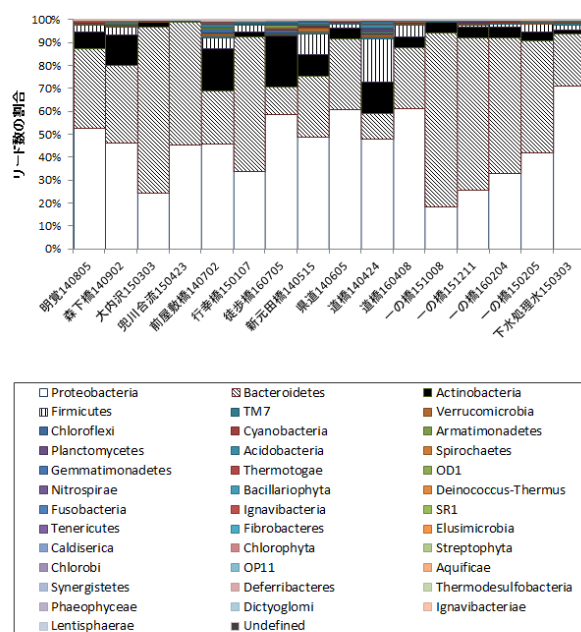


図1 次世代シーケンサーによる河川細菌叢の解析結果

## 4 まとめと今後の予定

自然界の淡水圏に存在する浮遊細菌は、単一の細胞で水の中を浮遊しているため、細胞のサイズが極めて小さい（0.7 μm以下）ことが特徴の1つである。一方、畜産排水や下水処理水など人為的な汚濁に関わる細菌の多くは、細胞のサイズが大きい凝集性を持つなどの特徴を有する。本研究結果は、全細菌を対象とした菌叢解析を行うことで、いくつかの細菌種が人為的汚濁の影響の指標となり得ることを示唆していた。本研究では定性的な解析を行ってきたが、今後はこれらの指標細菌の定量評価を行う予定である。



[自主研究]

# 富栄養化河川の水質シミュレーションと河川管理手法の検討

柿本貴志 池田和弘 見島伊織 渡邊圭司

## 1 背景と研究目的

県内河川の環境基準点で有機物、栄養塩、藻類(クロロフィルa)についての水質モニタリングを実施した結果、県内の河川水は栄養塩濃度が高く、かつ内部生産に由来する有機物によって汚濁が引き起こされている水域が少なからず存在していることが明らかになった。それら水域の水質改善は根本的には栄養塩濃度の低減が必要であるが、栄養塩濃度と有機汚濁の関連について水域の水理特性も加味した定量的な整理は行われていない。そのため栄養塩の管理レベルを示すことができていない状況にある。

本研究では富栄養化している河川における栄養塩濃度、藻類濃度、有機物濃度等の関連を記述できる水質シミュレーションモデルを構築することと、作成したモデルを用いて、栄養塩の管理レベルを提示することを目的とする。

2015年度は、本研究で活用する河川生態モデル(IWA River Water Quality Model No.1(RWQM1))における有機物の分画方法について検討を行った。2016年度は本研究の研究対象である市野川の水理学的特性の調査・数値モデル化及び河川生態モデルの適用を行ったので報告する。

## 2 研究方法

### 2.1 河川区間のモデル化及び流下時間の推定

本研究では富栄養化した河川として市野川の「市の川橋一徒歩橋」の区間を対象とした。この区間内には堰によって流れが停滞する区間が2つあり、今年度は荒川との合流点から8.0-10.2kmの上流部の区間を対象とした。河川の形状や河床勾配等のデータは河川測量データ(2012年)から入手した。水理モデルにおいて流路は矩形断面とし、対象区間の下流端にある堰における水位は実測データを用いた。水位や流速はAQUASIM(EAWAG)のRiver Section Compartmentを用いて計算し、粗度計数は対象河川の状況から0.05とした。

### 2.2 河川水の有機物分画とシミュレーション

RWQM1では、有機物を9種類の成分に分類している。本研究では滞留区間の上端で採取した河川水の一部をフィルター(ナイロンネットやGF/B)でろ過することにより、河川水、動物プランクトンが大幅に除かれた河川水、溶解性有機物からなる河川水の3種類の河川水を得た。これら試料のCOD変化量やNH<sub>4</sub><sup>+</sup>、NO<sub>2</sub><sup>-</sup>濃度変化からS<sub>s</sub>やS<sub>i</sub>、X<sub>N1</sub>とX<sub>N2</sub>を

求めた。また気温を20℃に設定した人工気象室の明/暗条件下における酸素生産/消費速度の測定結果からX<sub>ALG</sub>を、その他、基質を添加した系における酸素消費速度等からX<sub>H</sub>等を推定した。シミュレーションに用いる流入水質は分画結果及びバイオン類の実測データとし、水温は7℃、日射量は気象台(前橋市)のデータを用いた。

## 3 結果

### 3.1 上流部滞留区間の滞留時間推定

2017年2月に対象区間上端における河川流量測定を行ったところ、流量は0.40m<sup>3</sup>/sであった。河川水理モデルの区間上端に流量の実測値を、区間末端の堰における水位の実測値をそれぞれ与え、断面平均流速を算出したところ、実測データを概ね再現していた。次いで水理モデルの区間上端からトレーサーをパルス的に入力し、2200m下流の区間末端におけるトレーサー濃度変化を計算した結果、滞留時間は約2.7日と算出された。本計算結果の妥当性を評価するため、浮子等による流下時間の調査を実施したが、いまのところ妥当性評価は完了していない。

### 3.2 河川水の有機物分画とシミュレーション

2017年2月に滞留区間上端において採取した河川試料中の有機物分画を行った。結果を図1に示す。全COD23mg/Lのうち、約8割が難分解性溶解性有機物(S<sub>i</sub>)であり、昨年と同様の傾向であった。また、藻類X<sub>ALG</sub>は3mg/L、従属栄養細菌X<sub>H</sub>は1.5mg/Lとなった。この結果と各態窒素、リンの実測値等を区間への流入水質として与え、2.7日後における水質を計算した(図2)。末端におけるX<sub>ALG</sub>濃度は流入水の2倍以上になっており、水温7℃という低水温でも藻類が十分に増殖できることが示唆された。

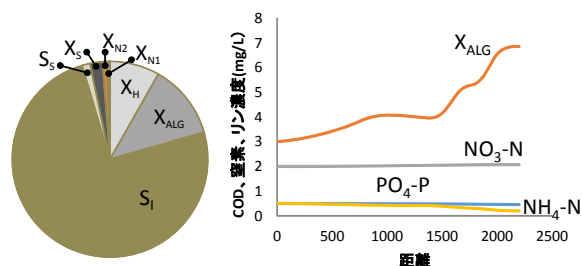


図1 有機物分画の結果 図2 2.7日後の水質予測結果

[自主研究]

# PARAFAC-EEM法による水質モニタリングに関する基礎的研究

池田和弘 柿本貴志 見島伊織 渡邊圭司

## 1 背景と目的

県内河川においては過去の甚大な水質汚濁は大幅に改善されたが、親水空間としての水環境の保全や水道水源としての水質管理など地域ごとの高度な要求に応える必要もある。このためには、多地点の水質監視が必要であり、また平常状態だけでなく急激な水質悪化の検出と対応が重要となっている。さらに、水質改善のための汚濁原因調査を効率化・迅速化する必要がある。多変量解析的手法を組み合わせた、最新の蛍光分析手法であるPARAFAC-EEM法は、水中の有機物成分を分離・検出・定量する能力が高い分析手法である。また、検出されるいくつかの成分は起源に特徴的なものと考えられている。蛍光分析は迅速性が高いため、これを用いた河川モニタリング手法の構築により、水質に影響を与える成分のリアルタイム検出が可能となり、また水質評価や汚濁起源推定が実現すると考える。

そこで本研究では、新しい水質モニタリング手法を構築することを目標とし、3年間で、①県内河川を対象としたPARAFAC-EEM法の適用手法の構築、②蛍光成分の挙動把握、③水質評価モデルの構築、④汚濁の由来を判断する手法開発を行う。初年度は、河川水および下水処理水の蛍光データの取得・蓄積、生活排水による負荷の指標物質であるカルバマゼピン定量を行うとともに、PARAFAC-EEM法の適用手法を構築したので、これについて報告を行う。

## 2 研究方法

PARAFAC-EEM法の適用手法構築のため、平成25年度に県内常時監視地点38カ所の河川水を1年間月1回測定した蛍光データを利用した。励起蛍光波長ともに220-550nmの範囲で、前者は3nm、後者は5nm間隔でスリット幅5nmの条件でスペクトル補正済みの蛍光分光光度計(日立製作所F-2500)により測定を行った。同時に島津製作所UV2700により吸光スペクトルを取得した。PARAFAC解析はMatlab2012b上でdrEEM and the N-way toolbox (Murphy K.R. *et al.*, 2013)を利用して行った。

## 3 研究成果

PARAFAC解析の手順は以下に示す多段であり、最終的な結果が得られるまで繰り返し解析条件を変更し、最適化を

行う。ここでは手順とともに確立した解析条件を記述する。

①蛍光、吸光データのインポート

②データの正規化:分析の日変動を補正し、他研究者とデータ比較を可能とするための正規化を行う。ブランク測定で得られる励起波長350nmの水のラマン光で正規化を行った。吸光度が2を超えないことを確認し、吸光スペクトルを利用した内部遮蔽効果の補正も行った。またブランク補正を行った。

③データの再処理:解析の妨害となる散乱光由来ピーク、波長範囲、異常値を除去する。レーリー散乱の一次光の範囲はNaNとし、レーリー散乱の二次光とラマン散乱の一次光は除去後、近隣のピークで補完処理することとした。また、励起波長450nm以上の範囲は解析から除くこととした。さらに全データ456個中2個を異常値として除外した。

④モデル化:成分数を仮定し、PARAFAC解析を行う。抽出された成分および残渣スペクトルの検討などで最適化を行った。非負制約および試料の各蛍光強度を全蛍光強度で正規化処理する条件を導入することで、7成分モデルを作成することができた。

⑤モデルの検証:Split half analysisなどでモデルの安定性などの検証を行う。この結果、図1に示す7成分モデルが構築され、各成分濃度に対応するスコア値が得られた。Comp1と2は土壌由来の腐植物質、3は微生物活動に由来する腐植物質、4は微生物活動に由来するタンパク質、6はチロシン様物質、7はトリプトファン様物質と考えられる(眞家2009)。5は腐植物質と考えられるが不明である。Comp4、6、7間の相関性は低く、汚濁の起源推定への利用が大いに期待できる。

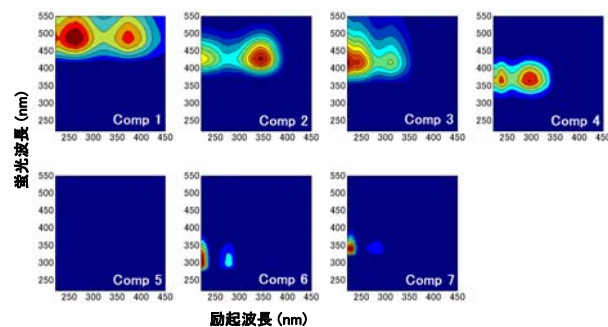


図1 分離された7つの蛍光成分

[自主研究]

## 地中熱利用システムによる環境や社会への影響評価

濱元栄起 八戸昭一 石山高 白石英孝 嶋田知英 渡邊圭司 山崎俊樹

### 1 背景と研究目的

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。本研究は、地下環境等に関する新たな情報収集や調査を行い、埼玉県内に地中熱利用システムが多数普及した場合の環境や社会への影響について評価することを目的としている。具体的には、地中熱利用システムが普及することによるCO<sub>2</sub>の削減効果や省エネ効果を推定するとともに、熱を地中へ排出することによる環境負荷等を評価する。

### 2 研究方法

地中熱の普及による地下環境等への影響を評価するためには、従来のエネルギーシステムから地中熱を活用したシステムに転換した場合の両者の効果を比較する必要がある。このためには実証試験等の機会を活用し、データを取得することが有効である。そこで本研究では、県のエコタウン環境課や産業労働部の所管する高等技術専門学校と連携し、実証試験施設にセンサー類を設置してデータの収集を行った。具体的には熱交換井内の地中温度、1次側循環液の入口と出口温度、循環液の流量、システムの電力使用量を計測するセンサーや計器類である。本研究では、これらの施設で得られたデータや地質情報等を用い、地下の熱環境を数値シミュレーションによって評価する。

### 3 結果と今後の予定

#### 3.1 実証システムの連続運転試験

本年度は、中央高等技術専門学校(上尾市)に設置したクローズド式システムを活用し、夏季に冷房の連続運転試験を、冬季に暖房の連続運転試験を行った。以下には冷房の連続運転試験結果の概要を示す。この試験は、8月1日から31日までの期間、室内温度の設定値を22℃にした状態で運転し、地中温度の上昇幅を調べた。この結果、U字管付近の温度は、自然状態で16℃から、運転時には最高27.5℃まで上昇することを確認した(11.5Kの温度上昇幅)。この上昇幅は海外のガイドラインに示された運転の目安となる閾値に近い。ただし、このような閾値は、その場所の地下温度や地質条件なども加味する必要があることから、今後日本国内に適した閾値の議論も不可欠である。

#### 3.2 基礎情報収集と調査

昨年度、別事業で越谷市内に地質試料用の掘削を行い、土壌微生物の細菌叢を解析するためのサンプリングを行った。本年度、この試料を分析した結果、「門」レベルの分類は可能であったが、さらに細かな「属」レベルは、既存のデータベースに掲載されておらず大半は分類分けすることができなかった。これは、新しい微生物が存在する可能性を示唆する。「門」レベルで菌叢をみると、深度ごとに菌叢が異っており、今後、土質との関連など詳細な解析を行う予定である。

地中への熱負荷(地下温度の上昇や低下)を評価するうえで、地表での熱需要を知ることが重要である。この目的のために県内27地点の地下水観測井の観測小屋に長期間にわたり温度記録器「おんどり T&D製 TR52i」を設置している。本年度、そのうち23地点のデータを回収した。その結果、県北部に位置する妻沼観測井において最高温度47℃を記録した。そのような高温は地理的な条件に加えて建物構造(プレハブ構造)による熱的影響も一因であると考えられるため、今後、熱需要の設定条件として活用する予定である。

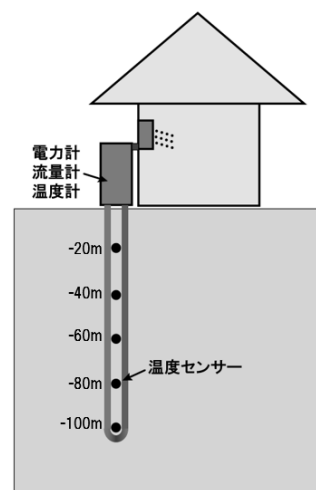


図1 クローズド式の試験システム概念図

[自主研究]

# リモートセンシングを援用した埼玉県における 地盤変動監視に関する研究

戸昭一 白石英孝 濱元栄起 石山高 原政之 柿本貴志

## 1 目的

地盤沈下は主に地下水の過剰な汲上げによって発生し、一旦発生すると基本的には元に戻らない不可逆的な現象であり、即座に止めることが難しい。本県における地盤沈下はこれまでの施策により軽減化しているものの、過去数十年にわたって累積した地盤沈下のため、水害に対して脆弱な地域が広く存在するのが現状である。一方、近年人工衛星を利用した地盤変動解析手法を援用することで全県レベルの広域的な地盤変動を平面的且つ網羅的に計測することが可能となってきている。

そこで、本研究では、従来の水準測量に基づいた地盤変動監視に同技術を援用する場合の問題点を整理し、効率的且つ効果的なモニタリング手法を検討する。そして地盤沈下が集中する地域において発生している各種被害の地域特性を把握し、問題解決に役立つ情報発信を目指す。

## 2 方法

今年度は、県東部の地盤沈下集中域で実際に発生した洪水災害の実態把握のため、「平成27年9月関東・東北豪雨」の際に浸水被害が発生した地域を面的に抽出した。解析には、被害発生約1ヶ月前の平常時(観測日:平成27年8月13日、シーンID:ALOS2065942890-150813)と、浸水被害発生時(観測日:平成27年9月10日、シーンID:ALOS2070082890-150910)に取得されたALOS2/PALSAR2のLevel2.1を使用し、災害前後の2時期のデータをRGB(R:平常時、G:浸水時、B:浸水時)に割り当ててカラー合成する事で浸水地域の網羅的な抽出を試みた。

## 3 結果

図1は解析により得られた推定浸水域を破線で示したものである。図に示されるとおり、中央に広く分布する水田において広範囲の浸水域が抽出された。抽出された浸水域は当時撮影された様々な写真や映像等でも記録されており、解析結果が概ね良好であることが確認された。

一方、新方川と大落古利根川に囲まれる2箇所の小中学校の校庭では、浸水の事実があるにもかかわらず抽出することができなかった。SAR衛星から照射されたレーダーは、表面

の粗さが大きいほど後方散乱が強くなる。小中学校の校庭のように均一な平坦面が広く続く地区では、照射した電波が鏡面反射するため反射波がアンテナに戻って来ることはない。このため、画像上では黒色に塗りつぶされることとなり情報を得ることができなかったものと推定された。

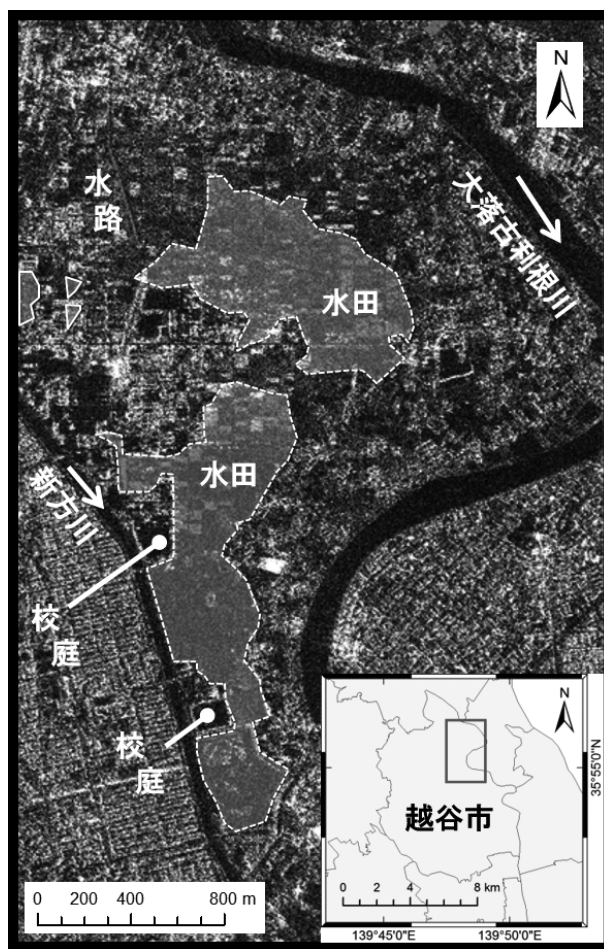


図1 平成27年9月10日に越谷市において発生した浸水地域の解析結果(白破線の囲み域で図示)

## 4 今後の研究方向

次年度は、当該地域における地下構造を解析し、地盤沈下が集中する地域の地盤特性を考察する。

[自主研究]

# 県内自然土壌を対象とした有害重金属類のバックグラウンド値の測定と地域特性解析

石山高 八戸昭一 濱元栄起

## 1 目的

近年、自然的原因による土壌汚染が大きな環境問題となっている。この問題に的確に対処するためには、土壌汚染を引き起こす可能性の高い自然土壌の化学特性や地域分布特性をあらかじめ把握しておくことが重要である。

本研究では、当センターが保有する県内土壌試料(約50地点)を分析し、有害重金属類のバックグラウンド値の測定と地域特性解析を試みる。全国各地の土壌を分析し、その土壌特性をデータベース化したものは既に冊子やWebなどで公開されているが、これらのデータは、①試料採取地点や土質に偏りがある、②表層土壌が中心で深さ方向のデータがない、③市街地のデータが少ないなどの問題がある。

## 2 方法

初年度では、浅層地盤(1~5m)を対象に、①土壌中重金属類の全含有量、②重金属類の土壌溶出量を測定した。

### 2.1 全含有量試験

底質調査法に基づく湿式分解法により、土壌中重金属類(Pb、As、Cdなど全15項目)の全含有量を分析した。

### 2.2 土壌溶出量試験

環境省告示18号で規定されている方法により、重金属類(Pb、As、Cdなど全27項目)の溶出濃度を測定した。また、補足データとして、土壌溶出液のpH、電気伝導度(EC)、濁度を測定した。

### 2.3 地域特性解析

全含有試験や土壌溶出量試験の結果を埼玉県の地形分類図上にマッピングし、土質と各分析結果の関係から地域特性解析を試みた。

## 3 結果

海成堆積物は、掘削後に大気中で一定時間放置すると、中に含まれている硫黄鉄物(黄鉄鉱)が酸化分解することで酸性土壌へと変化し、土壌からは多種多様な重金属類が溶出する。したがって、黄鉄鉱の酸化が進行すると、土壌のpHが低下するとともにECが増加する。そこで、本研究では土壌溶出液のECを測定し、埼玉県内における海成堆積物の存在地域を解析した。

土壌溶出液のECを埼玉県の地形分類図上にマッピングしたところ、ECの高い土壌(図1中の●)は、本県南東部の中川低地と大宮台地南部の谷底低地に集中して存在することが判明した(図1)。特に、谷底低地の海成堆積物は、深度3~5mと比較的浅い場所に堆積しており、掘削後に建設残土をしばらく放置すると、土壌pHも3付近まで低下する可能性が認められた(表1)。これらの海成堆積物からは、高濃度のセレン、ふっ素、カドミウム、ニッケル、亜鉛、コバルト、アルミニウムなどがイオンの形で溶出し、なかでもセレンとふっ素は環境基準を上回る濃度で検出された(表1)。

大宮台地南部は、埼玉県の人口密集地であることから、土地開発などが活発に行われる可能性が高い。本地域で土木工事を実施する際には、地形条件をあらかじめ把握した上で、建設残土の取り扱いには十分注意する必要がある。

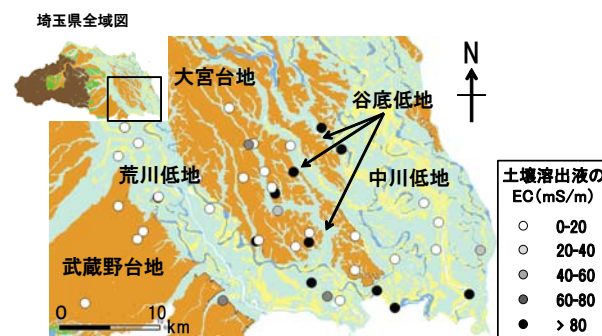


図1 土壌溶出液のEC

表1 海成堆積物の分析結果(土壌溶出量試験)

試料名	深度(m)	pH	EC(mS/m)	Se(mg/L)	F(mg/L)
地点A	5	3.6	460	0.036	2.1
地点B	5	3.5	390	0.054	4.5
地点C	5	3.5	290	0.022	2.6
地点D	5	3.2	650	0.017	1.6
地点E	3	3.6	240	0.014	2.7
環境基準				0.010	0.8

## 4 今後の研究方向

次年度は、深度6~10mの土壌を対象に分析を行い、平面方向の地域特性だけでなく、深度方向の地域特性についても解析を実施する。

[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

山崎俊樹 米持真一 伊藤武夫 嶋田知英 三輪誠 梅沢夏実 白石英孝  
 三宅定明\* 長島典夫\* 坂田修\* 高瀬冴子\* (\*衛生研究所)

## 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①地表面から地下への浸透、②放射性物質を吸着した土砂の河川・湖沼への移動、③森林・農作物・動植物への移行など、様々な経路で環境中を移動することが推測されるが、その実態は必ずしも明らかではない。そこで本研究では、当センターの生態園において、土壌や動植物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や移行、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、利用形態の異なる土壌、池水及び底質、動植物等の試料を採取し、ゲルマニウム半導体検出器を用いたガンマ線スペクトロメトリーによる放射性物質濃度の測定を行った。

そのほかに、土壌に非放射性セシウム(以下セシウムとする)を10  $\mu\text{g/g}$ 添加し、土壌溶出試験及び風化実験を行い、土壌中のセシウムの存在形態について評価を行った。

## 3 結果

土壌の放射性物質については、全体の傾向としては過去2年間の結果と同様に、より地表に近い部分の濃度が高い傾向を示し、放射性物質は現在でも土壌表層付近にとどまっていた。その度合いや蓄積量は土地の利用形態で異なり、田畑では、土壌の耕起によるものと思われるが下層の濃度がやや高く、また樹木や落葉層(リター層)に覆われた林地よりも、開放地である果樹園・原っぱの方が上層の濃度は低いことなどが分かった。

動植物等の濃度も過去2年間の結果と同様に、土壌の濃度や一般食品中の基準値(100Bq/kg)と比較してはるかに低い濃度であった。また、半減期が比較的短いCs-134は、多くの試料で検出下限値未満となった。

土壌溶出試験では、土壌中のセシウムの存在形態を、水溶出態、イオン交換態、酸可溶態及び鉄酸化物態として溶

出試験を行った。また溶出されずに土壌に固定された形態を残渣態とした。このうち、水溶出態とイオン交換態が比較的移動しやすい形態である。各土壌の溶出試験の結果を表1に示す。セシウム添加直後の水溶出態の割合は、全ての土壌で全体の2%以下であった。またイオン交換態の割合は30~50%前後と、比較的高い割合を示した。土壌間で比較すると、社寺林表層や底質の水溶出態は、果樹園や田畑よりもやや高い割合を示した。

表1 土壌溶出試験によるセシウムの水溶出態とイオン交換態の存在形態割合

	水溶出態 (%)	イオン交換態 (%)
果樹園0~1 cm	0.22	36
果樹園5~20 cm	0.25	40
畑0~5 cm	0.33	36
畑5~20 cm	0.35	37
田0~5 cm	0.22	33
田5~20 cm	0.25	34
社寺林0~1 cm	0.80	51
社寺林5~20 cm	0.36	56
下の池 底質	1.1	55
林内池 底質	1.7	51

風化実験では、土壌を高温湿潤条件(40℃)で風化し、一定期間ごとに溶出試験を行い、セシウムの存在形態の経時変化を調べた。結果を図1に示す。土壌表層では溶出割合に大きな変化は見られなかったが、下層では溶出割合が減少した。減少割合は社寺林よりも果樹園が大きい。この違いは土壌中の有機物含量によるものと考えられる。

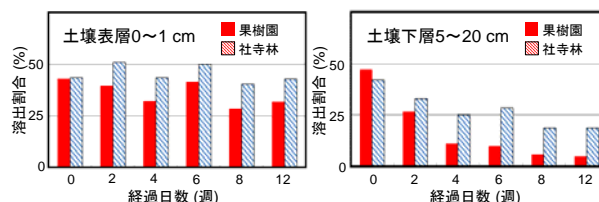


図1 風化実験によるセシウム溶出割合の経時変化 (溶出割合=水溶出態とイオン交換態の合計割合)

## 4 今後の研究

放射性物質の移動媒体について引き続き調査を進めるとともに、媒体内、媒体間における移行状況の評価を行う。