

第33回全国環境研究所  
交流シンポジウム 予稿集

平成30年2月15日・16日



国立研究開発法人 国立環境研究所



# 第 33 回全国環境研究所交流シンポジウム

## 「平時/緊急時モニタリング」

平成 30 年 2 月 15 日(木)～16 日(金)  
於 国立環境研究所 大山記念ホール

2 月 15 日(木)

司会: 岩崎 一弘(国立環境研究所 企画部)

14:30～14:35 開会挨拶

国立環境研究所 理事長 渡辺 知保

14:35～14:40 来賓挨拶

環境省総合環境政策統括官グループ 環境研究技術室長 行木 美弥

### セッション 1: 平時モニタリング①

座長: 清水 厚(国立環境研究所 地域環境研究センター)

- (1)14:40～15:00 「ライダーネットワーク常時観測から見出される各種エアロゾルイベント」…………… 1  
○清水 厚・杉本 伸夫・西澤 智明・神 慶孝  
(国立環境研究所)
- (2)15:00～15:20 「横浜市と東京都における夏季の揮発性有機化合物(VOC)同時観測調査」…………… 3  
○福崎 有希子<sup>1</sup>・石倉 淳士<sup>3</sup>・星 純也<sup>2</sup>・小森 陽昇<sup>1</sup>・志村 徹<sup>1</sup>・松永 壯<sup>2</sup>・  
上野 広行<sup>2</sup>  
(<sup>1</sup>横浜市環境科学研究所・<sup>2</sup>(公財)東京都環境公社 東京都環境科学研究所・  
<sup>3</sup>東京都環境局)
- (3)15:20～15:40 「フラクタル日除け及び熱線再帰フィルムを用いた暑さ対策の効果検証」…………… 5  
○小田切 幸次・関 浩二・松島 由佳・石原 充也  
(横浜市環境科学研究所)
- (4)15:40～16:00 「埼玉県における暑熱環境対策に資する研究」…………… 7  
○原 政之  
(埼玉県環境科学国際センター)

16:00～16:10 (休憩)

## セッション 2: 平時モニタリング②

座長: 高津 文人(国立環境研究所 地域環境研究センター)

- (1)16:10~16:30 「7県8湖沼における夏季の溶存酸素環境の変動要因について」…………… 9  
○高津 文人<sup>1</sup>・小松 一弘<sup>1</sup>・霜鳥 孝一<sup>1</sup>・三浦 真吾<sup>1</sup>・土屋 健司<sup>1</sup>・今井 章雄<sup>1</sup>・  
加川 綾乃<sup>2</sup>・佐藤 優<sup>2</sup>・佐藤 貴之<sup>3</sup>・大沼 沙織<sup>3</sup>・小室 俊輔<sup>4</sup>・松本 俊一<sup>4</sup>・  
中島 麻依子<sup>5</sup>・平山 大輔<sup>5</sup>・吉澤 一家<sup>6</sup>・山本 春樹<sup>7</sup>・岡本 高弘<sup>7</sup>・藤田 和男<sup>8</sup>  
(<sup>1</sup>国立環境研究所・<sup>2</sup>宮城県保健環境センター・<sup>3</sup>福島県環境創造センター・<sup>4</sup>茨城  
県霞ヶ浦環境科学センター・<sup>5</sup>栃木県保健環境センター・<sup>6</sup>山梨県衛生環境研究  
所・<sup>7</sup>滋賀県琵琶湖環境科学研究センター・<sup>8</sup>岡山県環境保健センター)
- (2)16:30~16:50 「底層溶存酸素量と生物種の関連性の調査」…………… 11  
○佐藤 優・加川 綾乃・福地 信一・郷右近 順子・松本 啓・佐藤 重人  
(宮城県保健環境センター)
- (3)16:50~17:10 「琵琶湖水質のモニタリング結果から ~大型植物プランクトンの異常発生や気象  
イベントが水質変動に与える影響~」…………… 13  
○岡本 高弘<sup>1</sup>・七里 将一<sup>1</sup>・山本 春樹<sup>1</sup>・古角 恵美<sup>1</sup>・廣瀬 佳則<sup>1</sup>・尾原 禎幸<sup>1</sup>・  
池田 将平<sup>1</sup>・佐藤 祐一<sup>1</sup>・浅見 正人<sup>2</sup>・田仲 輝子<sup>2</sup>  
(<sup>1</sup>滋賀県琵琶湖環境科学研究センター・<sup>2</sup>滋賀県琵琶湖政策課)
- (4)17:10~17:30 「霞ヶ浦における環境 DNA を使った魚類多様性調査」…………… 15  
○今藤 夏子・松崎 慎一郎  
(国立環境研究所)

17:30~17:45 総合討論

\*\*\*

18:00~19:45 懇親会 (会場: 国立環境研究所 中会議室) ※事前希望者のみ

2月16日(金)

司会: 岩崎 一弘(国立環境研究所 企画部)

## セッション 3: 緊急時モニタリング①

座長: 中島 大介(国立環境研究所 環境リスク・健康研究センター)

- (1)9:15~9:30 「緊急時モニタリングの現状と課題:我々は何をすべきか」…………… 17  
○中島 大介  
(国立環境研究所)
- (2)9:30~9:45 「どう取り組むか:リスク評価と優先物質、事象推移と監視手法、基盤情報の整備

- など多角的研究が必要」…………… 18  
 ○鈴木 規之<sup>1</sup>・浅見 真理<sup>2</sup>・井ノ上 哲志<sup>3</sup>・中村 智<sup>4</sup>  
 ( <sup>1</sup> 国立環境研究所・<sup>2</sup> 国立保健医療科学院・<sup>3</sup> 堀場製作所・<sup>4</sup> 大阪府立環境農林  
 水産総合研究所)
- (3)9:45～10:00 「何を測るか:毒性値・生産量ベースの優先対象物質の検討」…………… 19  
 ○小山 陽介  
 (国立環境研究所)
- (4)10:00～10:15 「どう調べるか:高リスク化学物質漏えい時における大気調査法の検討」…………… 21  
 ○茂木 守・大塚 宜寿・蓑毛 康太郎・堀井 勇一・竹峰 秀祐・野尻 喜好  
 (埼玉県環境科学国際センター)
- (5)10:15～10:30 「どう備えるか:大阪府域における化学物質のストック量について」…………… 23  
 ○中村 智  
 (大阪府立環境農林水産総合研究所)

10:30～10:40 (休憩)

#### セッション 4: 緊急時モニタリング②

座長: 山田 正人(国立環境研究所 福島支部)

- (1)10:40～10:55 「埋立地という環境を測る」…………… 25  
 ○山田 正人  
 (国立環境研究所)
- (2)10:55～11:10 「硫化水素ガスが発生する最終処分場の現場調査法」…………… 26  
 ○遠藤 和人<sup>1</sup>・小野 雄策<sup>2</sup>・山田 正人<sup>1</sup>  
 ( <sup>1</sup> 国立環境研究所・<sup>2</sup> 建設廃棄物協同組合)
- (3)11:10～11:25 「廃棄物最終処分場のガス抜き管等からのガス流量測定」…………… 28  
 ○長森 正尚  
 (埼玉県環境科学国際センター)
- (4)11:25～11:40 「非破壊的診断法～電磁探査の紹介～」…………… 30  
 ○大石 修  
 (千葉県環境研究センター)

11:40～11:50 総合討論

11:50～12:00 閉会挨拶

国立環境研究所 理事 原澤 英夫

\*\*\*

13:30～14:30 所内施設見学会 ※事前希望者のみ

# ライダーネットワーク常時観測から見出される各種エアロゾルイベント

○清水 厚・杉本 伸夫・西澤 智明・神 慶孝  
(国立環境研究所)

## 1. はじめに

国立環境研究所では、レーザー光を用いた大気測定装置であるライダーを東アジア域 20 地点に展開し、上空の雲・エアロゾルについて連続自動観測を実施している。本講演ではライダー観測の概要を述べた後、長期観測の中から単発で見られたエアロゾルイベント、連続観測ならではのデータ活用法のそれぞれについて紹介する。

## 2. ライダー観測

可視および赤外のレーザーパルスを上空に射出し、大気中の粒子（エアロゾル・雲粒）および分子からの後方散乱光を望遠鏡で集光してレーザー射出後時間とその瞬間の光強度を記録し、粒子の鉛直分布を得る(Shimizu et al., 2016)。送受信による光の偏波状態の変化から、粒子の形状（球形かどうか）を推定して非球形の土壌粒子（主に黄砂）および球形粒子（硫酸塩等）の濃度の鉛直分布が得られることが特徴である。

## 3. 常時観測から見出された顕著なエアロゾルイベントの例

### 1. 関東域ローカルダスト

例年 2 月から 3 月頃、各地で「春一番」による強風が発生するが、特に関東では地上付近(2km 以下)で土壌粒子が舞い上がる様子がライダーで捉えられることがある。例としてつくばにおける 2017 年 2 月 2-3 日のケースを示す (図 1)。この時西日本や日本海側のライダーでは土壌粒子が見られず、またつくばで下層から土壌粒子が見え始める様子からも黄砂ではなくローカルダストであることが分かる。

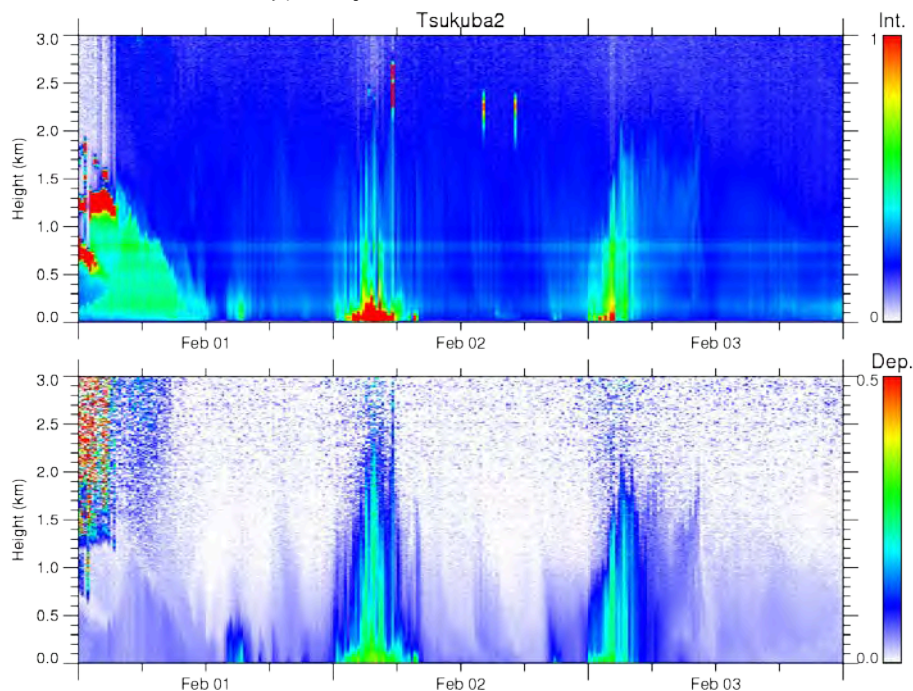


図 1：2017 年 2 月初頭のつくばにおける後方散乱強度（上段）および偏光解消度（下段）の時間高度断面。横軸は世界標準時(UTC)。

## 2. 長距離輸送された火山噴煙

ネットワークのライダーは必ずしも活発な火山の近傍に存在しないが、桜島の噴煙が長崎のライダーで捉えられたケース(2013年8月23日)が過去には見られる。今後仮に国内で大規模な火山噴火が発生した場合、民間航空機の航行基準となる上空の粒子濃度の推定にライダーデータが活用される可能性がある。

## 3. 高濃度越境汚染イベント

2014年2月26日頃北陸地方に到達した越境由来と考えられる大気汚染空気塊が富山・新潟のライダーにおいて観測されている。この時、日平均PM2.5質量濃度は新潟市内で最大96.6ug/m<sup>3</sup>に達していたが、ライダーでもこの現象が黄砂ではなく、厚さ1km程度の規模を持つ人為汚染粒子(=球形粒子：硫酸塩等)の層であることをリアルタイムで把握できている。

## 4. 連続観測であることが重要なデータ活用

黄砂や人為汚染粒子の経年変動を調査するためには長期観測が必要であるが、必ずしも連続でなくとも等時間間隔の観測データがあれば傾向を知ることが可能かもしれない。実際に連続であることによるアドバンテージは、例えば疫学への応用において顕著である。ライダー観測では地上付近の黄砂濃度を高い時間分解能で推定出来るため、「日平均黄砂濃度」を通年にわたって計算し、環境省保健部による「黄砂による健康影響検討業務」他、医療系研究者に提供している。この場合、黄砂があった日だけに観測するのではなく、「黄砂がないことを観測した」ことが重要である。即ち、イベントを予測してそれに対応した観測を行うだけでなく、たとえイベントがなくても観測し続けていること自体に大きな意味がある。

## 5. まとめ

当初、環境研のライダーネットワークは黄砂の立体構造と輸送を把握する研究目的で整備が進んだ。その後、人為汚染粒子の研究にも応用が進み、近年では黄砂疫学研究においても不可欠なデータソースとなっている。これらはネットワーク展開開始時には必ずしも想定していたものではないが、常時観測(そのためのリアルタイムデータ転送と可視化を含む)に努めてきた結果として幅広い応用に繋がった例と言うことが出来る。環境計測においては突発的な事例への対処が必要とされる場合も考えられることから、現象解明のための観測であってもモニタリング的設計の観点を出来る限り取り入れることが重要である。

## 参考文献

Shimizu A., Nishizawa T., Jin Y., Kim S.W., Wang Z., Batdorj D., Sugimoto N. (2016), Evolution of a lidar network for tropospheric aerosol detection in East Asia. *Optical Engineering*, 56 (3), 031219

# 横浜市と東京都における夏季の揮発性有機化合物(VOC)同時観測調査

○福崎 有希子<sup>1</sup>・石倉 淳士<sup>3</sup>・星 純也<sup>2</sup>・小森 陽昇<sup>1</sup>・志村 徹<sup>1</sup>・松永 壯<sup>2</sup>・上野 広行<sup>2</sup>  
 (1横浜市環境科学研究所・2(公財)東京都環境公社 東京都環境科学研究所・3東京都環境局)

## 1. はじめに

横浜市及び東京都では夏季に光化学オキシダントが高濃度となる時、東京湾・相模湾からの海風が吹く。この海風による移流の影響と Ox 生成への寄与が大きい VOC を把握するため、横浜市と東京都環境科学研究所は共同で VOC 同時観測調査を行った。

## 2. 調査方法

図 1 に示す調査地点において、2014 年 7 月 23 日（横浜市 6～17 時、東京都 6～21 時）、2015 年 7 月 21 日、8 月 6 日（横浜市 7～17 時、東京都 9～19 時）に、キャニスターに大気を 1 時間毎に採取し、GC/MS で測定を行った（一部欠測）。また、アルデヒド類は BPE-DNPH カートリッジに 1 時間毎に捕集し、LC/DAD または LC/MS で測定を行った。

空気塊の移動経路の推測は、風向風速 10 分値（2014 年：府中・八王子・海老名のアメダス、横浜地方气象台、いであ(株)国土環境研究所、2015 年：東京、府中、八王子、海老名のアメダス、横浜地方气象台、昭和大学横浜市北部病院、済生会横浜市東部病院、聖マリアンナ医科大学横浜市西部病院）から 1 時間毎に進む方向と距離を算出した。そして、VOC 測定結果から、空気塊の移動前後における VOC 成分の増減等を解析した。



図 1 調査地点

## 3. 結果

図 2 に各調査日の Ox 濃度推移を示した。2014 年 7 月 23 日と 2015 年 7 月 21 日はいずれも南から北へ向かってピーク時間がずれており、北へ向かうほど濃度が高くなる傾向だった。一方、2015 年 8 月 6 日はほぼ同時刻（12 時頃）に Ox 濃度最高値に達した。

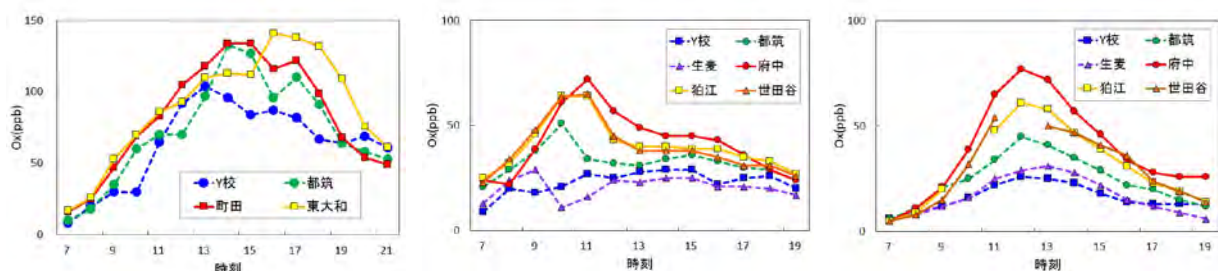


図 2 Ox 濃度推移 (左：2014 年 7 月 23 日、中央：2015 年 7 月 21 日、右：2015 年 8 月 6 日)

図 3 に 2014 年 7 月 23 日のオゾン生成能経時変化を示した。いずれの調査日も、横浜では都内と比較してアルカン及び芳香族が高い傾向であり、アルデヒド類は横浜・都内とも日中上昇する傾向だった。

南から北へ空気塊が移流した前後でのオゾン生成能の変化を図 4 に示す。2014 年よりも 2015 年は移流時間が短かったため、2014 年は 2 h と 3 h、2015 年は 1 h と 2 h で比較した。移流時間が長いほど PO・アルデヒド類は増加し、アルカン・アルケン・芳香族は減少する傾向が見られた。

2014 年調査で移流に 3 h 掛かったケースと 2015 年調査で移流に 2 h 掛かったケースそれぞれについて、各成分の移流前後でのオゾン生成能変化量と PO 濃度変化量をプロットし、その傾きが大きか



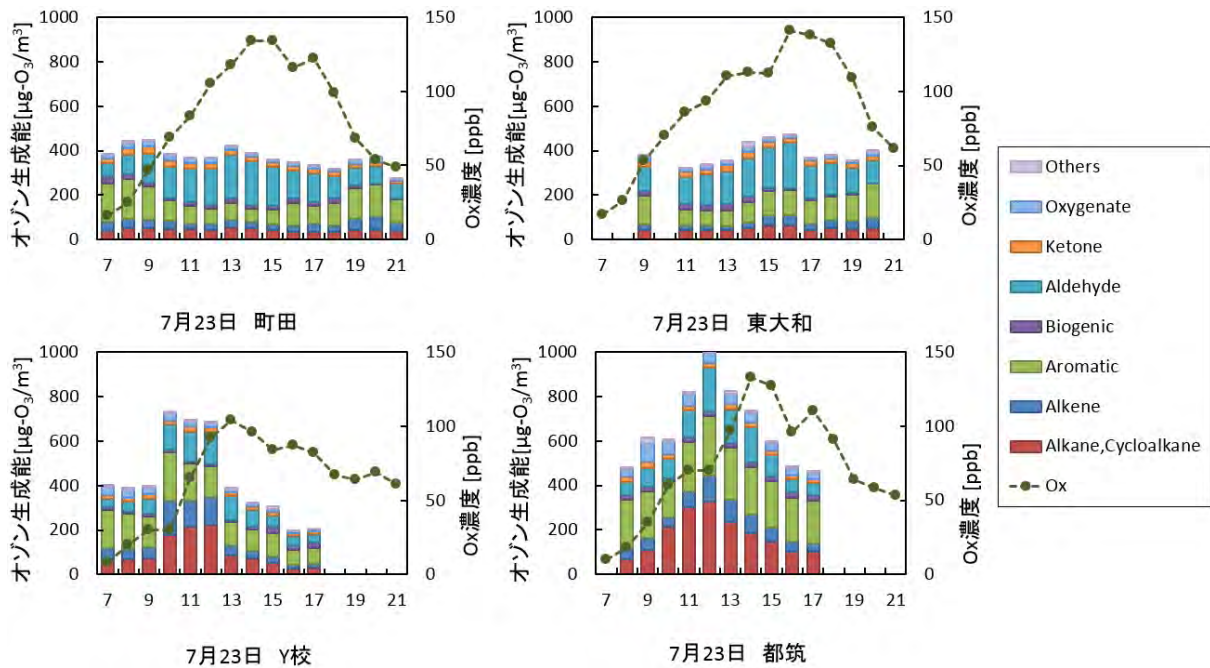


図3 オゾン生成能推移 (2014年)

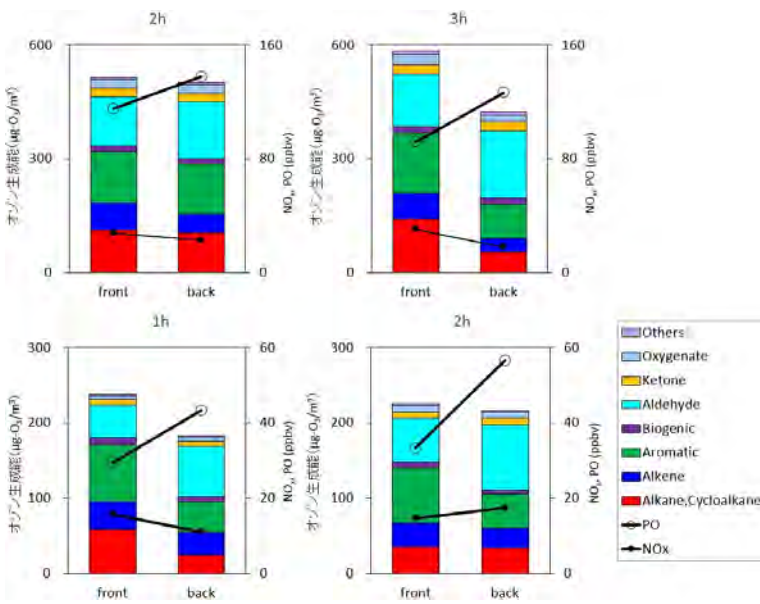


図4 移流前後におけるオゾン生成能推移

(上段: 2014年、下段: 2015年)

表1 移流前後での増減成分

調査年	成分名	PO との 相関係数
2014	ホルムアルデヒド <sup>*</sup>	0.884
	アセトアルデヒド <sup>*</sup>	0.700
	メチルエチルケトン	0.281
	m,p-キシレン	-0.742
	1,2,4-トリメチルベンゼン	-0.657
2015	ホルムアルデヒド <sup>*</sup>	0.566
	アセトアルデヒド <sup>*</sup>	0.498
	メチルエチルケトン	0.847
	m,p-キシレン	-0.192
	1,2,4-トリメチルベンゼン	-0.136

った成分を表1にまとめた。移流前後で共通して増加した上位成分はホルムアルデヒド・アセトアルデヒド・メチルエチルケトン、減少した上位成分は m,p-キシレン・1,2,4-トリメチルベンゼンだった。

#### 4. 結論

横浜は東京と比較してオゾンを生成しやすい大気質であることが分かった。また、実大気で移流に伴う VOC の組成変化と Ox 濃度推移から、関東地域での Ox 生成に m,p-キシレン、1,2,4-トリメチルベンゼンが大きく寄与している可能性が示唆された。ホルムアルデヒド・アセトアルデヒドは PO との相関が高いため、その多くが光化学反応によって生成していると考えられる。反応時間の短いアルケン・植物起源 VOC などは今回の調査では正確な濃度変化を捉えられていない可能性があることから、今後は東京湾岸地域における VOC 集中観測が必要である。

# フラクタル日除け及び熱線再帰フィルムを用いた暑さ対策の効果検証

○小田切 幸次・関 浩二・松島 由佳・石原 充也  
(横浜市環境科学研究所)

## 1. はじめに

地球温暖化やヒートアイランドの影響により、横浜市の平均気温は長期的に上昇傾向にあり、夏季の熱中症患者数の増加など、人の健康への悪影響が懸念される。暑さによる身体へのストレスを低減させるには、日射の低減、地表面等の高温化抑制、空気の冷却が効果的であり、暑さ対策技術の具体例として、フラクタル日除けや熱線再帰フィルムなどが挙げられる。今回、横浜市内での暑さ対策の推進のため、フラクタル日除けや熱線再帰フィルムの対策効果の検証を実施した。検証の結果、フラクタル日除けでは夏の晴天時の午前中に地面の表面温度が約 12℃低いことを確認し、熱線再帰フィルムでは熱線を天空方向に反射させ、地上に向かう熱線を低減させる効果があることを確認した。

## 2. 調査方法

### 1) フラクタル日除け

フラクタル日除けとは、樹木の葉の形状を模して放熱特性を高めた人工日除けである。横浜市都筑区こども家庭支援課と横浜市環境科学研究所が連携して、都筑区内の市立保育園 2 か所（大熊保育園、みどり保育園）に設置したフラクタル日除け（図 1）の導入による暑さ対策効果の実測調査を実施した。

調査期間は、大熊保育園では平成 29 年 8 月 23 日、25 日の午前 8 時からの 24 時間、みどり保育園では平成 29 年 8 月 29 日、9 月 5 日の午前 8 時からの 24 時間とした。各保育園で日なた及びフラクタル日除けの下で調査を行い、気温、相対湿度、黒球温度、日射量、赤外放射量を 24 時間測定し、地面の表面温度を午前 8 時から午後 8 時まで測定した。

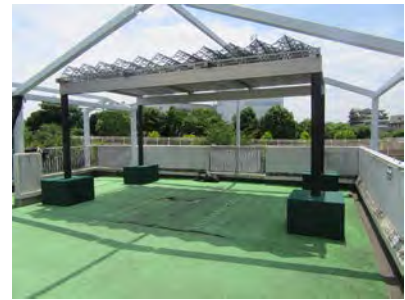


図 1 フラクタル日除けの外観  
(大熊保育園にて撮影)

### 2) 熱線再帰フィルム

熱線再帰フィルムとは、窓ガラスの内側に貼ることで、室内に向かう近赤外線（熱線）を天空に反射する遮熱フィルムである。横浜市環境科学研究所、デクセリアルズ株式会社、株式会社 JVC ケンウッドの 3 者が連携し、平成 29 年 7～8 月に、横浜市立上末吉小学校（図 2）で熱線再帰フィルムを使用した暑さ対策効果の実測調査を実施した。

調査期間は平成 29 年 7 月 21 日から 8 月 25 日、調査地点は小学校の 1 号館（窓が南東向きの校舎）3 階の 3 教室（窓ガラスの内側に熱線再帰フィルムを貼った教室、従来の遮熱フィルムを貼った教室、遮熱フィルムを貼らない教室）とグラウンドとした。7 月 28 日と 8 月 22～24 日に 3 教室とグラウンドで日射量と相当外気温（外気温に日射や長波放射の影響を温度として加味した仮想の空気温度）を測定し、7 月 26 日から 8 月 24 日までの間、3 教室内で温度と黒球温度を測定した。



図 2 熱線再帰フィルムを貼った  
教室をグラウンドから撮影

## 3. 結果と考察

### 1) フラクタル日除け

フラクタル日除けの下での気温、黒球温度、上方向からの日射量は、調査期間内の日中のほぼ全て

の時間帯で、日なたよりも低かった。大熊保育園では日なたと比較して、フラクタル日除けの下での黒球温度は、最大17.0℃（8月23日12時32分）低かった。この時、気温は2.3℃低く、上方向からの日射量は72%低かった。みどり保育園では日なたと比較して、フラクタル日除けの下での黒球温度は、最大9.7℃（9月5日11時03分）低かった。この時、気温は0.8℃低く、上方向からの日射量は73%低かった。また、日なたと比較して、フラクタル日除けの下での表面温度は、大熊保育園で最大17.0℃（8月23日12時30分）低く、みどり保育園で最大16.5℃（8月29日13時00分）低かった。地面の表面温度測定結果の一例を図3に示す。この時刻の地面の表面温度は、フラクタル日除けの下での地面では平均で39.6℃であり、日なたの地面（平均で51.8℃）よりも12.2℃低かった。

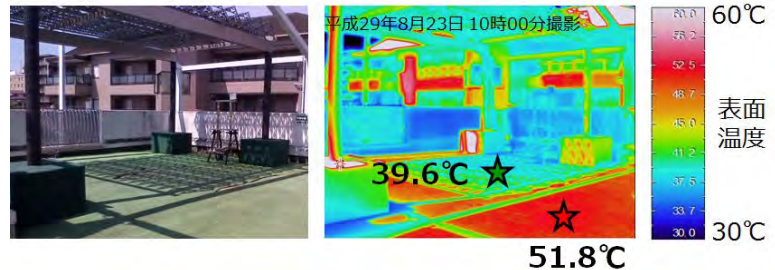


図3 大熊保育園で撮影した可視画像と赤外面像  
(平成29年8月23日10時00分撮影)

## 2) 熱線再帰フィルム

全測定項目を測定した日時のうち、日照時間が最も長かった8月23日の午前9時～10時の測定データを図4～9に示す。測定時間内の平均は、熱線再帰フィルムを貼った教室ではフィルムを貼らない教室と比較して、日射量は49%低く、相当外気温度は12.2℃低く、温度は0.5℃低く、黒球温度は1.0℃低かった。

また、グラウンドでの日射量は、フィルムを貼らない教室と比較して、熱線再帰フィルムを貼った教室では1%低かったが、従来の遮熱フィルムを貼った教室では11%高かった。

また、グラウンドでの相当外気温度は、フィルムを貼らない教室と比較して、熱線再帰フィルムを貼った教室では0.6℃低かったが、従来の遮熱フィルムを貼った教室では3.0℃高く、熱線再帰フィルムと従来の遮熱フィルムとの相当外気温度の差は3.6℃であった。本調査により、従来の遮熱フィルムでは太陽光の熱線を下方向に反射してグラウンドに到達する熱線が増えるのに対し、熱線再帰フィルムでは熱線を天空に反射することで、グラウンドに向かう熱線も低減させる効果があることを定量的に確認できた。

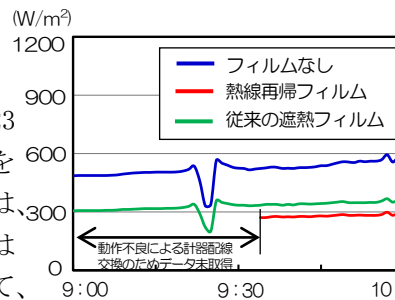


図4 教室内での日射量

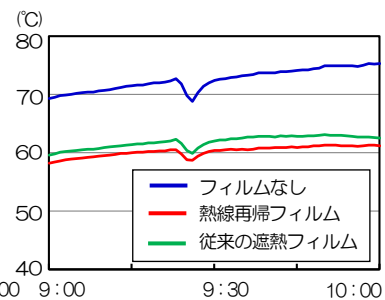


図5 教室内での相当外気温度

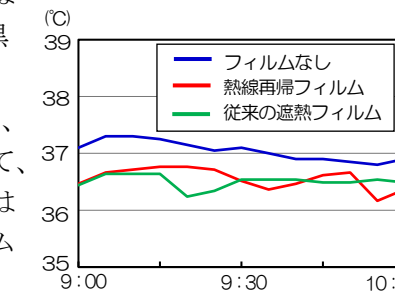


図6 教室内での温度

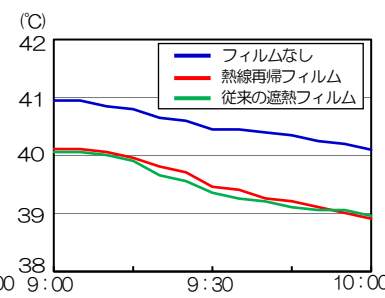


図7 教室内での黒球温度

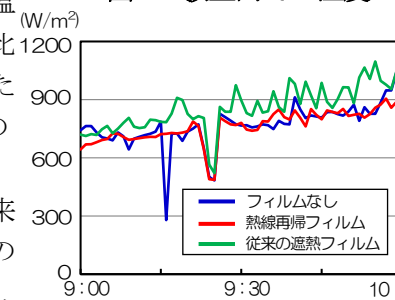


図8 グラウンドでの日射量

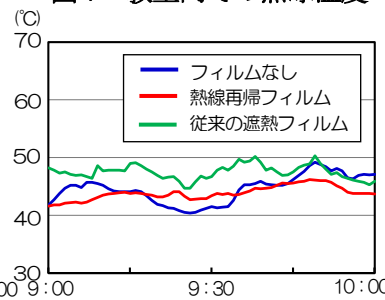


図9 グラウンドでの相当外気温度

## 参考文献

- 1) 環境省：まちなかの暑さ対策ガイドライン．57pp(2016)．

# 埼玉県における暑熱環境対策に資する研究

○原 政之

(埼玉県環境科学国際センター)

## 1. はじめに

東京都市圏は、日本の中でも夏季に猛暑となる場所の1つとして知られている。特に埼玉県ではこれまでも40℃を超える日最高気温が数回観測されてきている。これは、都市化の進行及び地球温暖化による気温の上昇が関係していると言われている。また、東京の近郊である埼玉県、神奈川県などではここ数十年急速に都市化が進んできている。日本の都市化による昇温量が少ない地点での昇温量（地球温暖化による）は1.5℃/100年とされているが、熊谷（埼玉県）においては、図1に示すように2.08℃/100年の昇温量が見られている。この差は、都市の拡大に伴う昇温と考えられる。

過去の観測データの傾向を詳しく見てみると、暑熱環境の悪化はより顕著にみられる。図2は、熊谷地方気象台における30年毎に区分した日最高気温の頻度分布である。1928-1957年では猛暑日（日最高気温が35度以上となる日）の日数が85日/30年だったが、1958-1987年では199日/30年と、1988-2017年では485日/30年と急増してきている。

このように、気温が上昇してきていることもあり、近年暑熱による健康被害は増加してきている。図3は、埼玉県内の熱中症による救急搬送者数を示している。近年熱中症による被害者数は増加してきており、2010年以降、2000～4000人程度と多い年が続いており、熱中症対策のためにも、詳細な暑熱環境の把握が必要となってきた。

ところで、近年、都市気候を対象とした領域気候モデルを用いた数値実験による都市化による暑熱環境への影響の評価が数多く行われてきている。特に、都市キャノピーモデルを用いた気候実験は、都市気候の影響評価に有用であることが示されてきている。都市域では特に、都市キャノピーモデルを用いることにより、地上気温の予測精度は向上する。

## 2. 調査方法と結果

このような背景の中、領域気候モデルや統計的ダウンスケーリングによる詳細な気象データを用いて暑熱環境を対象とした解析を行い、過去の土地利用の変化が暑熱環境へ与える影響の定量的な評価、県スケールでの緑地保全による暑熱環境緩和効果の検証、将来の暑熱環境の予測など進めてきている。ここでは、領域気候モデルを用いたシミュレーションを行うことにより、都市化によってどの程度の

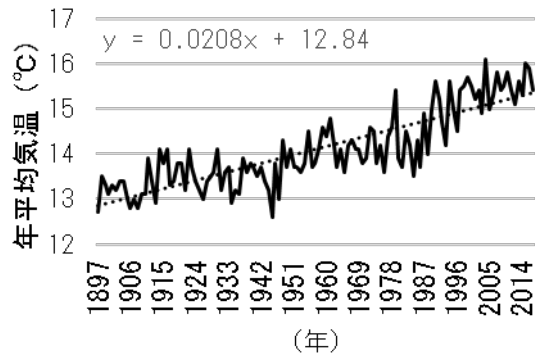


図1 熊谷地方気象台における年平均気温の経年変化

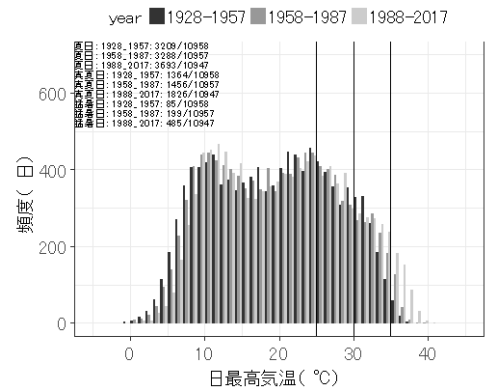


図2 熊谷地方気象台における日最高気温の頻度分布

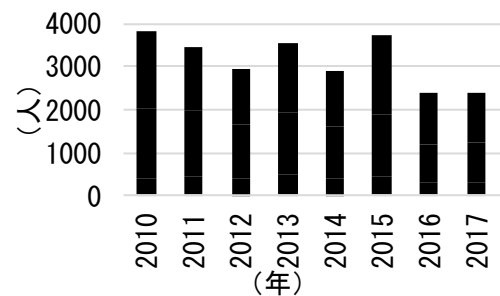


図3 埼玉県内の熱中症による救急搬送者数

昇温がもたらされているかについて評価した。領域気候再現実験の際には、領域気候モデルとして米国国立大気研究所 (National Centers for Atmospheric Research ; NCAR) で開発された WRF (Weather Research and Forecasting) モデル<sup>2)</sup>・バージョン 3.8.1 を用いた。図 4 は、計算対象領域を示している。格子間隔は、第 1 領域は 9km、第 2 領域は 3km である。鉛直層数は、第 1、2 領域ともに 65 層である。対象期間は、猛暑であった 2010 年の夏期梅雨明け (7 月 17 日) から 2010 年 9 月 1 日であり、8 月 1 日までは助走期間とし解析対象期間は 8 月 1 日から 9 月 1 日である。現状に近い土地利用データ (国土数値情報土地利用細分メッシュデータ) を用いた実験 (再現実験)、及び、土地利用のうち都市を都市の次に面積が多い土地利用に置き換えた実験 (都市無し実験) を行った。

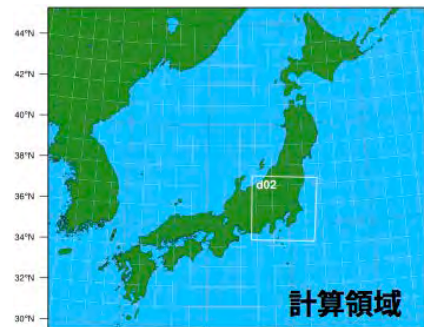


図 4 計算対象領域

図 5 は、熊谷における 8 月 1 ヶ月平均の気温の日変化を示している。実線は熊谷地方気象台における観測値を示している。破線は再現実験の結果であり、最高気温の値・時間帯などが高い精度で再現されている。点線は、都市なし実験の結果を示している。(再現実験) - (都市無し実験) は、都市化の影響による気温の上昇を示している。日没後から夜間にかけて都市化の影響が大きく 3 度以上の影響が見られており、一方、日中は 2 度程度の差がある。領域気候モデルによる実験を行うことにより、このように都市化の影響を定量的に見ることができる。

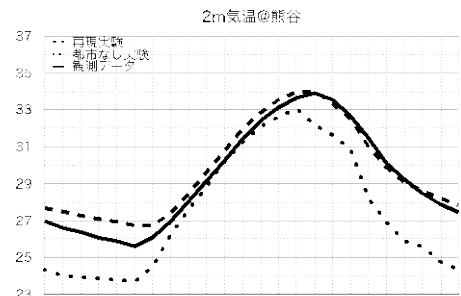


図 5 領域気候実験で再現された熊谷における気温の日変化 (月平均)

### 3. 今後の課題

都市気候の変化を見るためには、都市ヒートアイランドだけではなく、気候変動についても把握する必要がある。また、前節までに述べた領域気候モデルを用いた数値実験手法を用いることにより、詳細な将来の気候が分かるだけではなく、計算機上で土地利用に関する複数の政策シナリオを想定し、その土地利用変化による局地的な気候への影響を定量的に評価することもできる。

領域気候モデルの計算結果を地方自治体の行政に情報提供する機会は増えつつある。埼玉県では、気候変動対策として“緩和策”だけではなく“適応策”について先進的に取り組みを行ってきている。研究開発の面では、環境省環境総合研究推進費 戦略研究開発領域 S-8 (温暖化影響評価・適応政策に関する総合的研究) (FY22-FY26、著者は当時の所属機関より参画)、文部科学省気候変動適応技術社会実装プログラム (通称 SI-CAT) におけるモデル自治体 (FY27-FY31)、地域適応コンソーシアム (FY29-31) への参画を通じて、適応策に関わる所内での研究や、国の試験研究機関や大学からの先進的な研究成果・技術の行政への提供を進めてきている。また、著者は、S-8 において、政策担当者に近い立場の方でも容易に領域気候モデルを使用できるようにしたアプリケーションである気候変動ダウンスケーラの開発を行い、これまでも発展途上国の政策担当者、気候が専門ではない研究者などに対して講習会も行ってきた。このようなツールが世界中でも幾つか作られ始めてきてはいるが、これまで地方自治体に取り組んでいる都市ヒートアイランド研究は観測研究が主体のものが多く、シミュレーションを用いた研究は多くない。今後、他の地方自治体においても領域気候モデルそのものや計算結果などが利活用されるよう、研究・技術開発を進めていきたい。

### 参考文献

- 1) 気象庁、ヒートアイランド監視報告 2015、pp.67 (2016)
- 2) Skamarock, W. C., and Coauthors, A Description of the Advanced Research WRF Version 3. NCAR Technical Note NCAR/TN-475+STR, doi:10.5065/D68S4MVH. (2008)

## 7 県 8 湖沼における夏季の溶存酸素環境の変動要因について

○高津 文人<sup>1</sup>・小松 一弘<sup>1</sup>・霜鳥 孝一<sup>1</sup>・三浦 真吾<sup>1</sup>・土屋 健司<sup>1</sup>・今井 章雄<sup>1</sup>・  
加川 綾乃<sup>2</sup>・佐藤 優<sup>2</sup>・佐藤 貴之<sup>3</sup>・大沼 沙織<sup>3</sup>・小室 俊輔<sup>4</sup>・松本 俊一<sup>4</sup>・  
中島 麻依子<sup>5</sup>・平山 大輔<sup>5</sup>・吉澤 一家<sup>6</sup>・山本 春樹<sup>7</sup>・岡本 高弘<sup>7</sup>・藤田 和男<sup>8</sup>

(<sup>1</sup>国立環境研究所・<sup>2</sup>宮城県保健環境センター・<sup>3</sup>福島県環境創造センター・<sup>4</sup>茨城県霞ヶ浦環境科学センター・<sup>5</sup>栃木県保健環境センター・<sup>6</sup>山梨県衛生環境研究所・<sup>7</sup>滋賀県琵琶湖環境科学研究センター・<sup>8</sup>岡山県環境保健センター)

### 1. はじめに

H28 年 3 月に水質環境基準の生活環境項目に底層の溶存酸素濃度（底層 DO）が新たに加わった。水が滞留し DO が低くなりやすいのは湖底付近であり、底層 DO を監視することで、湖沼全体の生態系保全の図られることが期待されている。湖水柱の溶存酸素濃度（DO 濃度）は日中の光合成により上昇し、夜間は湖水柱や底泥表層での有機物や還元物質の酸化による酸素消費に伴い減少することが知られている<sup>1)</sup>。しかしながら、湖沼はその場所や形状、サイズ、流域の地質や土地利用状況の違いにおいて実に多様であり、各湖沼の湖水柱の DO 濃度が何によって主として規定されているかを解析することは、水生生物の保護や水質保全の観点から今後ますます重要と考えられる。2017 年 8 月～9 月にかけて行った 7 県 8 湖沼における湖水柱の DO 濃度の深度プロファイルをもとに、各湖沼の DO 濃度決定因子に関する解析結果を紹介しながら、DO 環境悪化の改善策に資する考察を行う。

### 2. 調査方法

調査は 7 県の地方環境研究所の協力のもと、船で湖沼の複数地点で多項目水質計（ProDSS, YSI）を湖面から湖底まで降ろしながら、水温、pH、電気伝導度、DO、濁度等の水質パラメーターを取得した。調査地点は水質計に内蔵された GPS による緯度経度情報をもとに決定した。



図1 調査 8 湖沼の内、湯の湖と霞ヶ浦北浦を除く 6 湖沼の調査地点（青色マーク下端）。各湖沼では 2017 年 8 月 18 日から 9 月 8 日の半日程度調査した。

### 3. 結果と考察

#### (1) 各湖沼の夏季の溶存酸素環境の変動要因について

山中湖ではほとんどの地点で 8-10m の水深を境に DO は  $8\text{mgL}^{-1}$  から  $0.3\text{mgL}^{-1}$  以下にまで急激に低下した。表層湖水+浅層地下水 (pH 8, DO  $8\text{mg L}^{-1}$ ) と中層地下水 (pH 6.8-7.2, DO  $7\text{mg L}^{-1}$  程度) と深層地下水 (pH 6.6-6.8, DO  $<0.3\text{mg L}^{-1}$ ) の混合で湖水の pH、DO、水温の特性は説明できた。琵琶湖南湖では調査日が比較的風の強い日だったためか、水草帯およびリングピア (湖底附着藍藻) 帯以外では、底層 DO はほぼ表層 DO と同じであった。水草帯では、群落内部の水が動かないからか、表面から底層に向かって水深に対し一定の割合で DO が減少しており、湖水柱での酸素消費は小さく、ほとんど底泥表層での酸素消費によりこの勾配がつけられていると考えられた。漆沢ダム湖の水質は水温、電気伝導度、DO の特性から、4つのソース (流入河川水、表層湖水、底層湖水、最深部湖水) の混合で説明できた。堤体近くの 14m 以深には水温がほぼ  $5^{\circ}\text{C}$  の最深部湖水が存在し、湖底に向かって水深に対し一定の割合で DO が減少していた。霞ヶ浦北浦では釜谷沖の 30 分連続の底層 DO の時間変化は DO の低い底泥間隙水の巻き上げ・混合の影響が出やすい時間帯かどうかでほぼ説明できることが分かった。長沼では表層 DO はハス群落の内部で  $4\text{-}5\text{mg L}^{-1}$  であったのに対し、開水面では  $8\text{-}12\text{mg L}^{-1}$  であった。湖面を覆いつくす高密度で生えるハス帯では被陰されることで植物プランクトンによる光合成生産が抑えられ、ハス帯での表層 DO の低下につながったと推察できた。

#### (2) 湖沼ごと異なる溶存酸素環境の変動要因を踏まえた貧酸素抑制の可能性

夏季一回の調査ではあったが、底層 DO の低下要因は下記のように湖沼間で異なることが示唆された。【山中湖、河口湖】貧酸素の地下水流入、【湯ノ湖】貧酸素+高濃度還元性物質の地下水流入、【琵琶湖南湖】水草帯での水の滞留、【漆沢ダム湖】堤体近傍の最深部湖水の滞留、【長沼】水の滞留+遮光効果 (ハス帯内)、高い SOD (開水域)、【霞ヶ浦北浦】高い SOD+底泥巻き上げに伴う貧酸素な底泥間隙水の混合、【児島湖】DO の高い流入河川水の減少+高い SOD。

このことから、貧酸素抑制の可能性については、現時点で下記のように考えている。

【山中湖、湯ノ湖】底層の貧酸素を抑制するには流入する地下水の DO を高めることが必要であるが、その改善は困難。よって、底層 DO 低下の緩和策ではなく、適応策を考えるのが現実的。夏場に {低水温+ $\text{DO}>6\text{mg L}^{-1}$ } が必要となるシャケ科魚類の生存確保を考えるなら<sup>2)</sup>、比較的高い DO を維持している浅層地下水の湧水域や河川水の流入域を保全するのが大切と考えられた。

【琵琶湖南湖、長沼】貧酸素は、水草やハスが高密度で生育している大型水草群落内で発生している。水が滞留しやすいこうした群落のサイズと数を適正に管理することが有効な底層 DO 低下抑制につながると考えられる。

【漆沢ダム湖】底層 DO 低下は堤体近傍の最深部湖水で顕著で、おそらくは水の交換の悪さが原因であるが、小規模なので人工的に水の交換を促進する施策が効果的と思われる。

【霞ヶ浦北浦、児島湖、長沼】有機物の多い底泥による高い酸素消費速度が貧酸素化のリスクを高めている。底質をできるだけ攪乱しないで改善効果の見込める底質改善が必要と考えられる。

#### 参考文献

- 1) Stefan H.G., Fang X. (1994) Dissolved oxygen model for regional lake analysis. *Ecol. Model.* 71: 37-68
- 2) Dillon P.J. et.al (2003) Predicting the location of optimal habitat boundaries for lake trout (*Salvelinus namaycush*) in Canadian Shield lake. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 60: 959-970

謝辞: 宮城県保健環境センター、福島県環境創造センター、茨城県霞ヶ浦環境科学センター、栃木県保健環境センター、山梨県衛生環境研究所、滋賀県琵琶湖環境科学研究センター、岡山県環境保健センターの関係者の皆さまには調査計画・実施等でお世話になりました。ここに謝意を表します。

## 底層溶存酸素量と生物種の関連性の調査

○佐藤 優・加川 綾乃・福地 信一・郷右近 順子・松本 啓・佐藤 重人  
(宮城県保健環境センター)

### 1 はじめに

公共用水域の水質の保全に係る生活環境の保全に関する環境基準については、水域毎に COD や全窒素・全燐などの水質目標値を設定し、各種施策を行ってきた。加えて、平成 28 年 3 月には水生生物の生息への影響等を直接判断でき、国民が直感的に理解しやすい指標として、底層を利用する生物の健全な生息のための新たな基準となる海域及び湖沼における「底層溶存酸素量(底層 DO)」が追加された。

これをうけ当所では将来的に県が類型指定を行う際の予備的先行調査として、自然湖沼である長沼と人工湖である漆沢ダムについて、多項目水質計を用いた水質調査及び採水分析による水質現況値の把握と、関係機関へのアンケートによる生息魚種の調査を行った。

### 2 調査概要

#### <調査対象湖沼について>

##### ○長沼 (平成 28 年～平成 29 年調査)

宮城県最大の湖沼であるが、水深は 1～3m と浅く、流入水量も少ないため恒常的に高 COD 値を呈している。

近年ではハスの繁茂域が拡大し、最盛期には沼内の 3 分の 2 を占める。

##### ○漆沢ダム (平成 29 年調査)

鳴瀬川上流部に昭和 56 年に設置されたダムである。

水深は最深部で 40m 程度、大崎広域水道 (10 町村へ上水供給) の原水となっている。

過去に水道異臭味や湖内でのアオコの発生があった。



図 1 調査湖沼位置図

#### 2.1 現地水質調査

##### 2.1.1 調査日程

各湖沼で春季、夏季、秋季の 3 回調査を実施し、季節間の変動を確認した。

##### 2.1.2 調査地点

各湖沼を 150-200m メッシュで区切り、上流部、中央部、下流部 (環境基準点) を基点として測定地点を選定した (長沼 : 21 地点、漆沢ダム : 22 地点)。選定にあたっては通年的な調査に支障が出ないよう、季節間で水深の変化や植生の影響を考慮した。

##### 2.1.3 調査方法

船上より各調査地点で多項目水質計を吊下し、水質 (DO, pH, chl-a, EC, ORP, 水深, 水温) の測定を行った。なお、水域の上流、中流、下流部では併せて採水 (上層・底層) を実施し、各種水質分析 (各態窒素, 燐酸態燐, 全窒素, 全燐, 全鉄, 全マンガン, COD, SS) を行った。

#### 2.2 生息魚種についての文献調査とアンケート

平成 18 年に宮城県内水面水産試験場がとりまとめた資料を参考に調査票を作成し、現在から 10 年程度前までの魚類生息状況について各湖沼を所管する関係部局、自治体、漁協等へアンケート調査を実施した。併せて、環境省の資料より魚種別の貧酸素耐性値についてとりまとめた。

### 3 結果・考察

#### 3.1 現地水質調査

##### <長沼>

各地点での測定データから換算された長沼の底層 DO の平面分布を図 2 に示した。

夏季は春季・秋季と比較して湖内全域で酸素濃度が低下しており、下流域には周囲よりも濃度が低



下した地点もあった。これらの地点では、クロロフィル濃度が他地点（13.2～23.6  $\mu\text{g/L}$ ）に比べて低く（4.6～8.0  $\mu\text{g/L}$ ）になっていたが、他の測定項目ではDO値との関連は見られなかった。

周囲に繁茂するハスや、近隣の汚濁源など、沼の立地や地形、周辺環境からの影響が考えられた。



図2 長沼 DO 濃度断面分布 (mg/L)

#### <漆沢ダム>

長沼同様に底層 DO の分布を図3に示した。春季調査時には既に水温躍層が形成されていたが、DOの低下は見られなかった。夏季には3層の水温躍層が形成されており、水深16m付近から大きくDOの低下が見られた。水深が深い下流域で底層DOの低下が顕著で、最深部では1.7mg/Lとなっていた。

また、秋季調査では調査直前の台風通過の影響のためか躍層は解消され、ほぼ全域でDOは10mg/L程度となっていたが、下流域ではDOの低下がおり最深部では2.1mg/Lとなっていた。

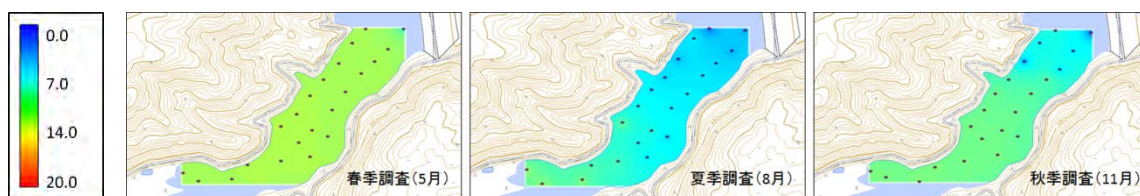


図3 漆沢ダム DO 濃度断面分布 (mg/L)

### 3.2 水質分析

#### <長沼>

採水を行った全地点で春季、夏季、秋季ともに上層のCOD値が7.2～8.6mg/Lと環境基準(5mg/L)を超えていたが、他の項目では特に異常な値は見られなかった。

沼内水質は上流、下流、表層、下層間で大きな差は見られなかった。

#### <漆沢ダム>

鉄、マンガン濃度が春季、夏季ともに全ての採水地点で底層が表層よりも高い値を示していたが、底層DOとの関連は見られなかった。他の項目では顕著な差は見られなかった。

### 3.3 生息魚種についてのアンケート

長沼では現在までに40種の魚種が生息していたが、現在も生息が確認できるのは30種となっており、うち貧酸素耐性値を確認できたのは類型生物3(DO基準値2.0mg/L以上)相当のコイ、類型生物2(DO基準値3.0mg/L以上)のタモロコなど6種であった。

一方の漆沢ダムでは現在までに11種類の魚種が生息していたが、現在生息が確認できるのは9種となっており、うち貧酸素耐性値を確認できたのはコイ、タモロコなど3種となっていた。

この結果より、長沼の方が多様な魚種が生息している事がわかった。

## 4 まとめ

長沼では、水深が浅く流量も少ないために水質は表層・底層で大きな差はなく、貧酸素化の要因も躍層形成によらない地点特異的なものであった。

漆沢ダムでは春季から水温躍層が形成され、夏季には肥大した躍層によって水深約16m以下の地点からDOの低下が起こっていた。長沼と異なり水深以外の要因による貧酸素化は見られなかった。

また、アンケート調査の活用により捕獲調査を行わずに生息魚種を確認できた。

しかしながら現時点では生息魚種のうち一部の貧酸素耐性値しか把握できていないため、保全対象種の選定のためには魚種別の耐性値について他機関とも協働したさらなる知見収集が必要である。

本研究によって得られた湖沼別のDO値の平面、垂直分布や生息魚種の知見は、今後類型指定を行う際の基礎資料の一端として活用が見込めるため、今後他機関と知見の共有を行う事で貧酸素化が起こりやすい水域の把握や、生息魚種に対応した類型の設定などが見込めるものと考えられる。

## 琵琶湖水質のモニタリング結果から

### ～大型植物プランクトンの異常発生や気象イベントが水質変動に与える影響～

○岡本 高弘<sup>1</sup>・七里 将一<sup>1</sup>・山本 春樹<sup>1</sup>・古角 恵美<sup>1</sup>・廣瀬 佳則<sup>1</sup>・尾原 禎幸<sup>1</sup>・

池田 将平<sup>1</sup>・佐藤 祐一<sup>1</sup>・浅見 正人<sup>2</sup>・田仲 輝子<sup>2</sup>

(<sup>1</sup>滋賀県琵琶湖環境科学研究センター・<sup>2</sup>滋賀県琵琶湖政策課)

#### 1. はじめに

琵琶湖を対象とした水質のモニタリングは、1979年度から現在まで、環境基準項目や環境基準点の追加に基づく変更はあるが、長期トレンドを把握する意味からも、透明度やpH、窒素・りん等栄養塩類、クロロフィル等の主要項目については地点や頻度は変えず、調査・解析を継続している。これらの結果から、長期的に透明度やSS、全窒素、全りんは改善傾向が認められるが、CODは上昇後高止まりし環境基準の達成に向かっていないといった課題を提起してきた。さらに、近年、年によって植物プランクトンの大発生や豪雨に起因する特異的な水質変動の発生が増加している。今回、長期モニタリングの結果と近年のイベントを抽出し、水質変動に与えた影響について考察したので報告する。

#### 2. 調査方法

調査は、公共用水域水質測定計画に基づき、国土交通省近畿地方整備局琵琶湖河川事務所、(独)水資源機構と滋賀県(琵琶湖環境科学研究センター)の3者が共同で地点を分担して実施している。図1に琵琶湖の水質調査地点と調査の種類、担当機関を示す。機関毎に、透明度やDO等を現場測定するとともに湖水を採取し、生活環境項目(SS、全窒素、COD等)および富栄養化関連項目(クロロフィル、栄養塩類、TOC等)については、全地点で毎月分析している。健康項目(重金属、VOC、農薬等)、要監視項目(クロロホルム等)については、計画に定められた地点・頻度で分析している。結果は各機関で集計し、交換・突合後、解析・評価し、水質変動要因とともに県環境審議会等に報告、公表している。

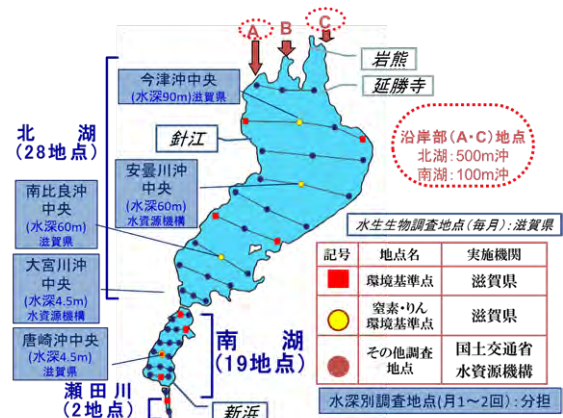


図1 琵琶湖の水質調査地点

#### 3. 結果

##### (1) 主要項目の水質の長期トレンド

琵琶湖では、1977年の大規模な淡水赤潮の発生に端を発した富栄養化に対する県民あげての負荷削減対策が進められた。その成果を反映し、北湖と南湖の全りんと南湖の全窒素は減少傾向にあり、北湖の全窒素も2000年代に入って減少傾向にある。透明度、SS、クロロフィルa等も改善傾向にある。

しかしながら、環境基準項目の有機汚濁指標であるCODについては、流入負荷量の削減にもかかわらず、1998年頃まで上昇後高止まりしたままである。また、1998年度以降モニタリングしているTOCも減少せずDOCは2005年頃まで上昇しているが、BODは減少傾向にあり、各項目の乖離が顕在化している。この要因を把握するため、100日間生分解試験後に残存する難分解性有機物(RTOC)を調査したところ、RTOCが湖内TOCの6割以上を占め、うち9割が溶存態であり、季節・地点・水深によらず一様であったことからRTOCの影響が認められた。また、CODでは琵琶湖における有機物収支がとれないこと等もあり、新たな有機物管理のあり方について検討を進めるに至っている。

植物プランクトンの長期モニタリング結果からは、夏季～秋季に藍藻類の占める比率が増加していることや、プランクトン種組成が珪藻主体<sup>1)</sup>から緑藻主体に変化していること、小型の種<sup>2)</sup>や細胞外

に粘質鞘を持つ種の比率が増していること等、湖内の生産構造の変化も指摘されている<sup>3)</sup>。

## (2) 近年の水質の特異変動

2012年と2017年の6~7月には季節外れの大型緑藻が、2016年11~翌3月には新たな大型緑藻がそれぞれ特異的に増加し、POCやCOD、SS、クロロフィルaが調査開始以来もしくは経月の最高値となる等の特異変動が生じた。そして、増殖後には、細胞沈降に起因するとみられる北湖底層DOの急激な低下が観測された。また、2012年の増加は、南湖におけるアオコの多発生にも影響した。

さらに、2013年9月の台風18号や2017年10月の台風21号襲来時には記録的な水位の上昇と透明度の低下、強風に伴う北湖深水層のかく乱に伴う底層DOの急激な回復が観測された。

水深別調査の結果からは、北湖水深90mの底層DOが2mg/Lを下回る貧酸素状態になる年の頻度が2000年代に入って増えているが、逆に例年より高い年も増えており、年による変動幅が大きくなっていることがわかってきた。さらに、2007年や2016年は、記録的な暖冬の影響を受け、毎年2月には観測される北湖の水深90mの全層循環が、3月中旬まで遅延した。

図2に北湖透明度の19地点月平均を示したが、12か月移動平均で見ると、1990年代は5~6mと安定していたが、2007年以降は、上記の特異変動に伴い、変動幅が拡大している。

我々は、これらの要因把握のため、各水質項目に加え、水象の変動やプランクトンの発生状況、沈水植物の繁茂状況等との関係把握に努めている。

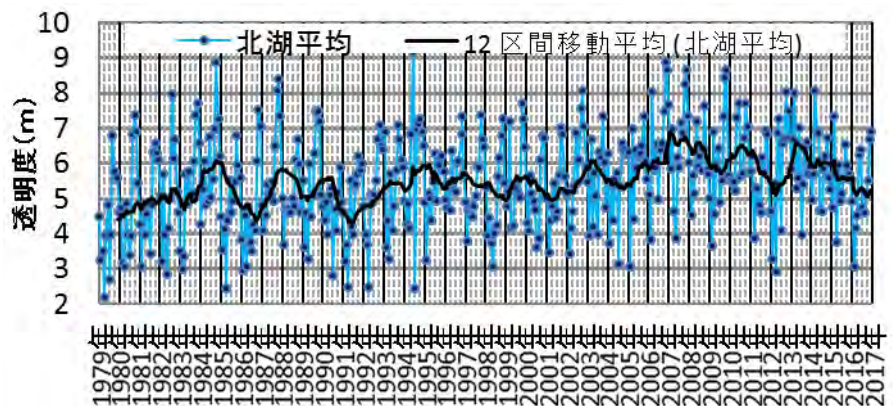


図2 北湖透明度(19地点)月平均とその12か月移動平均

## 4. 課題対応への活用と今後の課題

水質のモニタリング結果は、水質保全施策の計画立案・評価、水質形成メカニズムの解明、リスク管理、湖の生態系把握等に活用されているが、プランクトンの異常発生や漁獲の異変時にも、その原因に対する水質との関連性について検討が求められ、その都度活用している。

また、データの解析結果は、湖沼水質保全計画の策定に用いている琵琶湖流域水物質循環モデルと連携し、同計画をはじめ地球温暖化による影響の予測等、行政計画の立案に活用されている。

しかしながら、近年の気象の極端な変化は、水質項目の長期トレンドを見えにくくするとともに、水生生物の生息への関与も認められるため、水質との関連を把握するためには、気象・水象のみならず、継続的かつ精度を考慮した生物モニタリングも求められるようになってきている。

極端な気象と水質の変動は、水質形成機構を複雑化し、水環境保全施策を評価しにくくする方向にあることから、変動に追従できるモニタリングと解析のシステム整備が必要になるものと考えられる。

## 参考文献

- 1) 根来：琵琶湖の富栄養化に伴うプランクトン・カレンダーの乱れ、水温の研究,25(1),15-19(1981)
  - 2) Kishimoto et.al: Analysis of long-term variation in phytoplankton biovolume in the northern basin of Lake Biwa, *Limnology*,14,117-128(2013)
  - 3) 一瀬ら：琵琶湖に棲息する植物プランクトンの総細胞容積および粘質鞘容積の長期変動解析, *日本水処理生物学会誌*, 49,65-74(2013)
- 謝辞：国土交通省近畿地方整備局琵琶湖河川事務所と(独)水資源機構のご担当の方々にはデータ取得やとりまとめ等でお世話になりました。ここに謝意を表します。

# 霞ヶ浦における環境 DNA を使った魚類多様性調査

○今藤 夏子・松崎 慎一郎  
(国立環境研究所)

## 1. はじめに

生物のモニタリングにおいて、生物の名前をその形態や生態から同定する分類技能はとても重要である。しかし、分類技能は高い専門性を必要とすること、担当者が変わると実施できなくなる場合があること、担当者の分類技能によってデータの質が変化してしまうことなどの点から、データの質を維持したモニタリングの長期的な継続はなかなか難しい。

近年、生物の分類同定に DNA の塩基配列の相違を用いる DNA バーコーディングが提唱され、分類技能を用いずに生物を同定できるようになってきた (Hebert et al. 2003)。この DNA バーコーディングを活用し、水中に含まれる生物の DNA を解析することで水生生物の分布を調査する技術がここ数年で急速に発展している。水などの環境試料に含まれる生物の DNA、すなわち環境 DNA を用いた生物の検出は、特定の種にターゲットを絞った定量 PCR を用いる方法と幅広い分類群を対象としたいわゆるメタバーコーディングと呼ばれる方法がある (図 1)。環境 DNA による生物調査のメリットとしては、調査地では採水のみという作業の簡便さ、生息密度の低い希少種や外来種の高い検出感度、多地点における調査が可能になること、調査困難な場所においても生物の分布情報を得ることができることなどが挙げられている (Fukumoto et al. 2015; Hänfling et al. 2016; Thomsen and Willerslev 2015)。

国立環境研究所では、霞ヶ浦古渡において 2005 年から 10 年以上にわたり、2 ヶ月毎に 1 地点で魚類モニタリングを行ってきた。今後の継続性を考慮し、魚類モニタリングにおける環境 DNA の活用を検討した結果について報告する。

## 2. 調査方法と結果

従来のモニタリング方法として採用している定置網による捕獲魚種と環境 DNA を用いたメタバーコーディングによる魚類多様性解析の結果を比較した。調査地は、魚類モニタリングを実施している霞ヶ浦南岸の古渡 (茨城県稲敷市) であった。

環境 DNA 用の湖水サンプルは、2014 年の 12 月と 2016 年 7 月に、定置網引き上げの前に採取した。湖水は 250ml のポリエチレン容器にて 10 本、合計 2.5 L を採水し、クーラーボックスにて氷冷して研究所に持ち帰り、ガラス繊維ろ紙 (Whatman GF/F、粒子保持能 0.7  $\mu\text{m}$ ) でろ過した。ろ紙は、DNA 抽出まで -28°C にて保管した。抽出した DNA は、Miya et al. (2015) に従って MiFISH によって解析した。すなわち、魚類の 12S rRNA について Illumina 社の次世代シーケンサー MiSeq によってアンプリコン解析を行い、得られた塩基配列データについては、MiFISH pipeline を用いて種を同定した。捕獲調査は、定置網を 24 時間仕掛けて採集された魚類を形態によって同定するという通常のモニタリング方法で行った。

検出された魚類の種数は、2014 年、2016 年のそれぞれに捕獲調査でいずれも 17 種群、環境 DNA ではそれぞれ 15 種群、18 種群であり、優位な差はなかった。しかし、どちらの年も捕獲調査もしくは環境 DNA のどちらか一方のみで検出された種群が 4~6 ずつあった。捕獲調査・環境 DNA の両方法を併せて得られた魚類多様性は、2014 年は 21 種群、2016 年は 22 種群であった。

捕獲調査と環境 DNA で得られた魚種多様性が異なった原因として、定置網は 24 時間仕掛けたのに対し、環境 DNA の採水は短時間で 1 回のみ行ったことが考えられ、今後は採水量を増やすなどの検討を行う必要があるだろう。また、その他の要因として、定置網では捕獲されにくい魚種があること、また、採水は水面近くで早朝のみに行ったことから底生の魚種や夜行性の魚種などが、環境 DNA で

は検出されにくかったことなども考えられた。

### 3. 結論

環境 DNA による魚類多様性調査は従来の捕獲調査に比べ、調査地での採集作業において、専門的な道具や技術も不要である点で大幅に簡素化されるため、特に継続的・多地点でのモニタリングに有効であると考えられる。ただし、定置網による捕獲調査で得られる魚種とは一致しない結果もあることに注意が必要である。捕獲調査と補完的に用いることで、調査地点における魚類多様性をより正確に把握することができるだろう。従来の捕獲調査から環境 DNA による調査へ転換する際には、これらの点を考慮し、両方法を並行して行う期間を設けるなどの工夫が必要であると考えられる。

### 参考文献

- Fukumoto et al. (2015) A basin-scale application of environmental DNA assessment for rare endemic species and closely related exotic species in rivers: a case study of giant salamanders in Japan. *Journal of Applied Ecology*, 52: 358-365
- Hänfling et al. (2016) Environmental DNA metabarcoding of lake fish communities reflects long-term data from established survey methods. *Molecular Ecology*, 25: 3101-3119.
- Hebert et al. (2003) Biological identifications through DNA barcodes. *Proceedings of the Royal Society of London B: Biological Sciences*, 270: 313-321.
- Miya et al. (2015) MiFish, a set of universal PCR primers for metabarcoding environmental DNA from fishes: detection of more than 230 subtropical marine species. *R. Soc. open sci.* 2: 150088.
- Thomsen and Willerslev (2015) Environmental DNA – An emerging tool in conservation for monitoring past and present biodiversity. *Biological Conservation*, 183: 4-18.

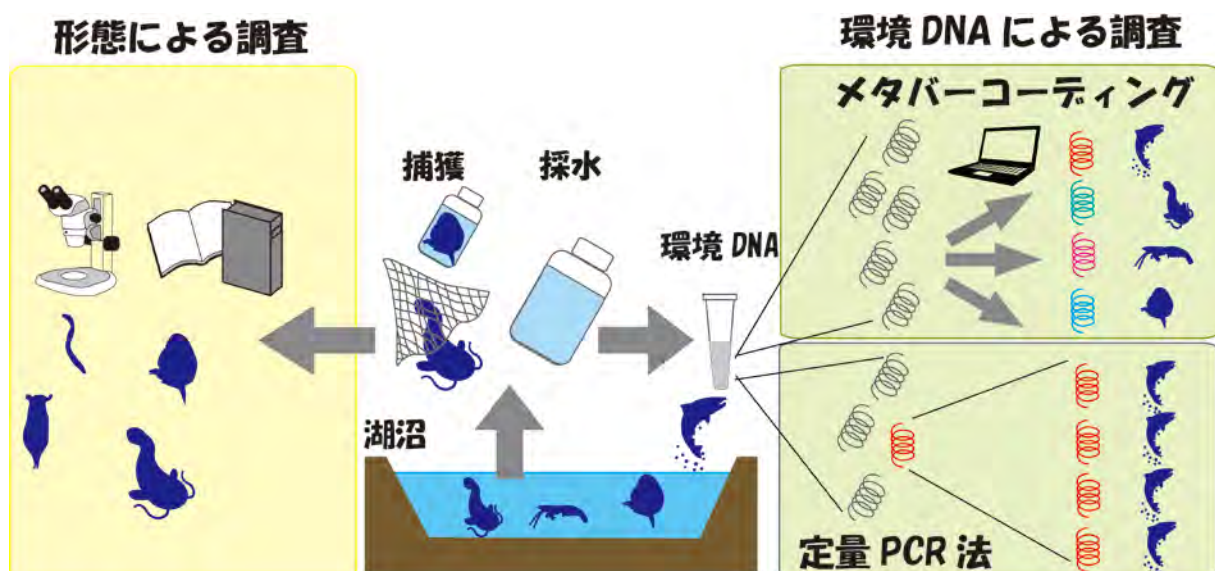


図1 捕獲・形態同定による従来の生物調査と環境 DNA による 2 種類の生物調査法

## 緊急時モニタリングの現状と課題：我々は何をすべきか

○中島 大介  
(国立環境研究所)

災害時には、DMAT (Disaster Medical Assistance Team : 災害派遣医療チーム) が活動を開始し、現地に医師団が派遣される。医師だけではなく、看護師、薬剤師も同様である。報道などでも目にすることが多い。被災地において最優先されるのは人命救助であり、その担い手である医療関係者が派遣されるのは自然であり、古くからこの体制があるものと思われるかもしれない。しかし、この仕組みができたのは2005年(東京DMATは2004年)であり、21世紀に入ってからのものである。これは1995年に発生した阪神・淡路大震災の教訓を受けて設立されたものである。その後、私たちは更に東日本大震災を経験し、2015年にD.Waste-Net(災害廃棄物処理支援ネットワーク)が設立され、災害時の廃棄物処理が適正かつ円滑・迅速に行われるような体制が整えられた。続いて2016年にはDHEAT(災害時健康危機管理支援チーム)の人材育成・研修も開始されている。このように、災害時における健康を守るための仕組みは近年になって急速に拡充されてきている。

その一方、災害時には化学物質汚染による健康被害の防止も考慮する必要があるが、そのモニタリング体制は、いまだ確立していない。その要因には技術的課題と体制的課題のふたつがあるが、特に技術的課題が大きいと考えられる。私自身の経験であるが、東日本大震災の被災地に出向いて、いざ化学物質モニタリングをしよう、とした段階で、はて、何をすればよいのか、と途方に暮れた記憶がある。

被災地の化学物質モニタリングの際によりどころになるものとして、阪神・淡路大震災の後に環境庁(当時)が取り纏めた、「緊急時における化学物質調査マニュアル(平成10年3月)」がある。とても参考になるマニュアルであるものの、実に20年近く前のものであり、最新の技術、情報を取り入れて更新する必要があるだろう。例えば、このマニュアルではGC/MSによる全自動同定定量(AIQS)システムが中心的に取り上げられているが、記載されている物質数は285種類にすぎない。現在では約1,000物質まで拡大されたシステムが市販されるようになってきている。また、GC/MSで測定できない物質、親水性物質の一斉分析法も追記できれば有用であろう。

どこで(調査地点)何を(調査項目)どう測るか(測定技術)、結果をどう解釈するのか(判定・判断)、それに対してどう対応するのか(対策)、災害に備えて何を準備しておくべきか(平時)。これらを整理し、連携をとりながら必要な要素技術開発・研究をどう展開していくのか。マニュアルを更新するとしても、これらの問いに対して、まず科学的に答えることができないといけな。そのための取り組みは、実はまだ始まったばかりである。

発災時には、まず地方環境研究所がその環境調査の最前線に立つことになるかと予想される。また、現地を遠方から知見の提供等によりサポートする体制も必要だろう。国・自治体・大学・民間等、それぞれが担うものを踏まえつつ、技術開発と研究を展開する必要もあるだろう。

本セッション(3)では、緊急時環境調査に必要な技術的課題、体制的課題を概観し、それらの課題に取り組んでいるいくつかの事例の紹介を通じて、今後の体制整備を加速するための意見交換をしたい。今回は、何を測るか、どう調べるか、どう備えるか、どう取り組むか、の4つの視点から講演をお願いした。有意義な意見交換を期待したい。

## どう取り組むか：リスク評価と優先物質、事象推移と監視手法、

### 基盤情報の整備など多角的研究が必要

○鈴木 規之<sup>1</sup>・浅見 真理<sup>2</sup>・井ノ上 哲志<sup>3</sup>・中村 智<sup>4</sup>

(<sup>1</sup>国立環境研究所・<sup>2</sup>国立保健医療科学院・<sup>3</sup>堀場製作所・<sup>4</sup>大阪府立環境農林水産総合研究所)

#### 1. はじめに

国内外において大規模から小規模まで化学物質の排出を伴うさまざまな事故や災害が経験されてきた。東日本大震災では津波被災等に伴う有害物質の漏出が懸念されたところである。このような災害・事故に伴う化学物質リスクへの懸念に対して、既存の防災、危険物等災害への取り組みは災害発生地点や事業場敷地内における対応が中心であり、放出された化学物質が敷地外に出て一般環境に到達した場合への体系的な検討が不足している（図1）。この課題に対して環境省環境研究総合推進費においてS-17課題が開始されることとなった。本講演ではS-17課題に沿って取り組むべき課題を考察する。

#### 2. 取り組むべき課題の概要

災害・事故に伴う化学物質リスクへの対応において、対象とすべき物質の特定、検出された濃度レベルからリスクの適切な評価、物質の存在情報や対策・監視技術の整備など多角的な課題がある。推進費S-17では図2のような概念により、排出から観測、評価、対応力などに体系的に取り組むこととしている。

#### 3. 今後の課題

災害・事故に伴う化学物質リスクへの対応技術の開発によって、将来の行政施策の構成の基礎となるべき知見と技術を提供し、例えば南海トラフ巨大地震など国家的懸念への行政諸施策に有効な貢献ができることを目指して研究を進める必要があると考えている。

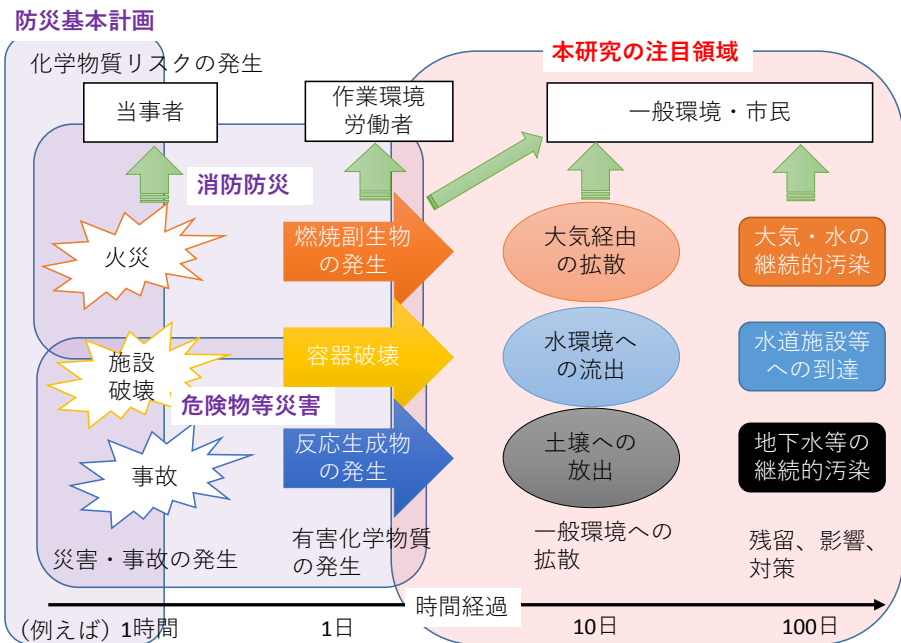


図1 災害・事故に伴う化学物質リスクに関する担当機関の取り組みと研究の必要な領域

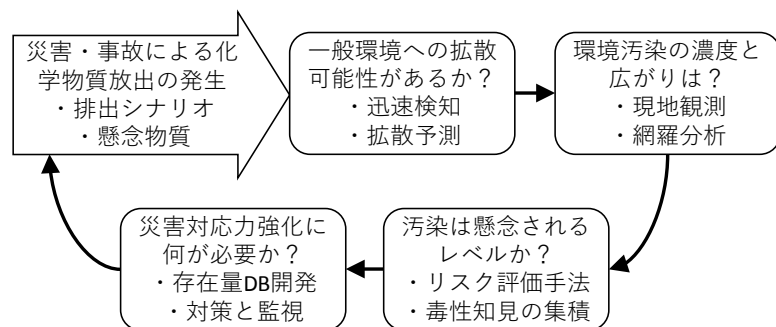


図2 災害・事故に伴う化学物質リスクに対する課題

# 何を測るか：毒性値・生産量ベースの優先対象物質の検討

○小山 陽介  
(国立環境研究所)

## 1. はじめに

事故・災害等の緊急時における有害な化学物質の漏洩を想定する場合、どのような物質がどの程度存在しているかを把握しておくことが重要である。緊急時には様々な物質が環境中に放出されることが考えられ、曝露可能性のある物質が多様に存在する場合には、ある種の一律基準的な毒性判断値により、優先順位付けを行う必要があると考えられる。海外では、AEGL<sup>1)</sup>、PAC<sup>2)</sup>等の緊急時用の判断値が提案されているが、国内ではそのような取り組みは限定的である。そこで、本研究では、国内における製造輸入数量や出荷量等の量的情報と、国内外で利用されている毒性判断値の組み合わせにより、緊急時に優先的に調査対象とすべき物質の序列化を試みた。

## 2. 調査方法と結果

本研究では、量的情報が把握可能な物質として、化審法における届出対象物質と、出荷量に関する情報のある農薬を主な対象とした。化審法では、化学物質を年間1トン以上（監視化学物質は年間1kg以上）製造・輸入した者は、その数量等を届出することが義務付けられており、合計としての届出量が公開されている。また、農薬に関してはwebkis-plus<sup>3)</sup>で公開されている農薬データベースを参照し、原体別の出荷量を利用することとした。優先対象物質リストの作成フローを図1に示す。

### 1) 化審法対象物質に関するリストの作成

平成27年度の公表データを基に解析を行った。6774種の物質について届出がなされており、うち製造輸入数量の把握が可能な物質は2483種であった。これらに対応する毒性値については、物質の網羅性の観点からPAC (Rev. 29)の値を利用することとした。得られた製造輸入数量と毒性値の比を一つのリスク指標として、対象物質の優先順位付けを行った。この際、製造輸入数量については官報公示整理番号別、毒性値についてはCAS登録番号別と異なる枠組みで分類が行われているため、これらの対応関係は、一般化学物質等製造（輸入）実績等届出システム<sup>4)</sup>の辞書ファイルを基に整理した。なお、一般化学物質については、数量区分（例、1000~2000トン/年）として公開されているため、区分内の上限値を物質の製造輸入数量と仮定することとした。1つの届出番号に対して複数の対応物質あるいは毒性判断値が存在する場合には、最も低い判断値を参照することとした。

上記の条件に基づき、848種の物質について、製造輸入数量と毒性値の比による簡易的なリスク指標値を導出し、その数値により序列化を行った。また、製造輸入数量が非公表の物質については、毒性判断値のみで別途リスト化を行うこととした。

### 2) 農薬に関するリストの作成

平成27年度データで出荷量の情報のある物質は、原体別で476種であった。毒性判断値にはJECFA、JMPR、厚生労働省のいずれかによって提案されているADI（許容一日摂取量）の値を参照することとした。量的情報と毒性値情報の両方が得られた物質は251種あり、これらについて、1)と同様に、出荷量と毒性値の比により優先順位付けを行った。

## 3. 結論

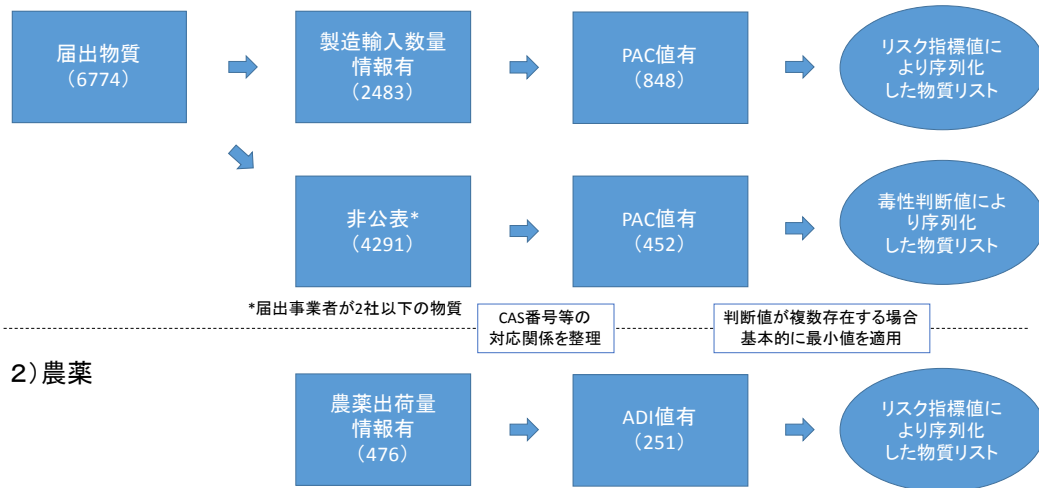
国内での製造輸入数量や流通量の情報が把握可能な物質を中心として、その量的情報と毒性値に基づき優先的評価物質の序列化を試みた。化審法対象物質については848種、農薬については251種の物質に関して、リスク指標値による物質リストを作成することができた。



#### 4. 今後の課題

各化学物質の使用用途や物理化学的特性、質的な毒性情報についても集約・整理を行っており、作成した物質リストは、これらの情報を付与した形で整備を進めている（表1）。緊急時の対応を想定した場合、各物質が利用されやすい環境や、想定される曝露シナリオを考慮し、物質の絞込を行うことが必要と考えられる。これらの点を踏まえて、集約したデータのカテゴリー化を進めていくことにより、緊急時に優先的に評価すべき物質を判断するにあたり、より有用なデータベースが構築可能と考えられる。

##### 1) 化審法対象物質



##### 2) 農薬



図1 優先対象物質リスト作成フロー（括弧内は該当物質数）

表1 物質リスト作成例（VOC）

Chemical Compound	製造輸入数量(t/年)	PAC-1 (mg/m <sup>3</sup> )	用途情報	急性毒性			感作性		生殖細胞変異原性	発がん性	生殖毒性	特定標的臓器毒性		
				経口	経皮	吸入：ガス	吸入：蒸気	吸入：粉塵、ミスト				呼吸器	皮膚	単回曝露
Tridecane	200,000	0.055	有機合成中間体、溶剤、反応溶媒、食品添加物（香料）											
Dicyclopentadiene	81,254	0.054	EPDM・不飽和ポリエステル樹脂・アルキド樹脂・エポキシ樹脂原料、医薬・農薬・難燃剤原料	区分4	区分5	分類対象外	区分2	分類できない	分類できない	区分外	分類できない	区分外	区分外	区分1（呼吸器系、肝臓） 区分2（循環器、肝臓、肺）
Toluene diisocyanate (mixed isomers)	192,836	0.14	ポリウレタン・エラストマー原料、塗料・接着剤・封止剤原料	区分5	区分外	分類対象外	区分1	分類できない	区分1	区分外	区分外	区分2	区分外	区分1（呼吸器、中枢神経系）、 区分2（肝臓）
Bis(chloromethyl)ketone; (1,3-Dichloroacetone)	30,000	0.025	医薬・農薬中間体											
Acrylonitrile	372,177	0.34	合成繊維・ABS樹脂・AS樹脂原料、合成ゴム原料、塗料・繊維樹脂加工・化粧品・合成樹脂原料、アクリルアミド（紙力増強剤、凝集剤）重合原料	区分3	区分2	分類対象外	区分2	分類できない	分類できない	区分1	分類できない	区分1B	区分1B	区分1（神経系、肝臓、腎臓、血液系、呼吸器、肝臓、腎臓、精巣）

#### 参考文献

- 1) <https://www.epa.gov/aegl>
- 2) <https://energy.gov/ehss/protective-action-criteria-pac-aegls-erpgs-teels-rev-29-chemicals-concern-may-2016>
- 3) <http://w-chemdb.nies.go.jp>
- 4) [http://www.nite.go.jp/chem/kasinn/ippan\\_todokede/jisyo01.html](http://www.nite.go.jp/chem/kasinn/ippan_todokede/jisyo01.html)

# どう調べるか：高リスク化学物質漏えい時における大気調査法の検討

○茂木 守・大塚 宜寿・蓑毛 康太郎・堀井 勇一・竹峰 秀祐・野尻 喜好  
(埼玉県環境科学国際センター)

## 1. はじめに

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、緊急時における曝露リスクを評価することが困難な物質も多い。そのため、その地域においてリスクの高い化学物質を選定し、それらを迅速に計測する方法を確立するとともに、その測定値を基に災害や事故による化学物質漏えい後の短期的な健康リスク等を評価することが必要になる。

表1 毒性重み付け量による高リスク化学物質の選定

順位	物質名	毒性重み付け係数	H26度条例取扱量(t)	毒性重み付け量	検知管	公定法
1	六価クロム化合物	7100000	232.6	1651673000		あり
2	1,2,4-ベンゼントリカルボン酸1,2-無水物	590000	170.0	100300000		
3	鉛	2000	39323.1	78646240		あり
4	トリレンジイソシアネート(別名 m-トリレンジイソシアネート)	14000	5148.3	72076200		
5	銀及びその水溶性化合物	30000	1999.9	59996100		あり
6	マンガン及びその化合物	6700	7702.5	51606884		あり
7	ニッケル化合物	40000	1127.8	45112000		あり
8	ヒドラジン	500000	77.0	38485000		
9	メチレンビス(4,1-フェニレン)ジイソシアネート	5900	3869.8	22831938		
10	ヘキサメチレンジイソシアネート	100000	198.8	19880000		
11	3,3'-ジクロロ-4,4'-ジアミノジフェニルメタン	59000	303.2	17888800		
12	ホルムアルデヒド	2500	4934.9	12337200	あり	あり
13	コバルト及びその化合物	15000	710.8	10662150		あり
14	鉛化合物	2000	3818.9	7637740		あり
15	無水マレイン酸	30000	232.2	6966000		
16	ベンゼン	330	8504.1	2806363	あり	あり
17	アンチモン及びその化合物	3000	839.8	2519340		あり
18	砒素及びその無機化合物	170000	13.5	2295000		あり
19	カドミウム及びその化合物	200000	10.9	2180000		あり

## 2. 方法

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(エコケミストリー研究会)<sup>2)</sup>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、4、9、10位のイソシアネート類を選定した(表1)。

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

黄色：今回の対象物質、緑：今後の対象物質

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<sup>3)</sup>、②1-(2-ピリジル)ピペラジン(PP)による誘導体化法<sup>4)</sup>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 ACQUITY 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。検討した方法を用いて、イソシアネート類を取り扱っている事業所周辺の平常時大気中濃度を測定した。調査地点は事業所ごとにイソシアネート類の毒性重み付け量を計算し、上位の事業所周辺4地点とした。大気中のイソシアネート類は、バッテリー駆動のミニポンプ(SIBATA MP-W5P)にDBA誘導体化用捕集カートリッジ(SPELCO® ASSET™ EZ4- NCO Dry Sampler)を接続して雨よけ箱に入れ、三脚等に固定して、0.2L/minの吸引速度で1時間採取した。

### 3. 結果

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。

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、1時間に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(目標定量下限)を満たした(表2)。また、ブランク試験値に問題はなく、2,4-TDI、2,6-TDI、MDI、HDIの平均添加回収率は、それぞれ114、85、91、85%であった。

この方法を用いてイソシアネート類取扱事業所周辺3地域の大気中濃度を測定したところ、HDIとMDIは全ての地点で目標定量下限未満であったが、2,6-TDIと2,4-TDIは2地域の周辺計3地点で検出され、その濃度はそれぞれ17~79、15~32 ng/m<sup>3</sup>の範囲であった(表3)。

### 4. まとめ

化学物質の取扱量と毒性情報から大気への漏えい時にリスクが高い物質としてイソシアネート類を選定し、調査方法を検討した。大気の採取は電源不要であるため、採取設置の設置が比較的簡便であり、1時間の採取時間でも、イソシアネート類のDBA誘導体化法を採用することで目標定量下限を満足することを確認した。また、この方法を用いて取扱事業所周辺のイソシアネート類の大気中濃度を把握した。

### 5. 今後の予定

今後は、イソシアネート類調査方法、平常時の大気中濃度測定結果、緊急時におけるリスク評価方法などをマニュアルとしてとりまとめ、イソシアネート類取扱事業所へ提供する。また、埼玉県内でリスクの高い化学物質のうち、簡易測定法や公定法が示されていないものについて順次、分析・調査方法を検討し、平常時濃度の把握、リスク評価方法を含めたマニュアルを作成する。

### 参考文献

- 1) 土屋江理子・四柳宏基・向井博之・村山等：化学物質事故等に対応するための測定技術の構築. 新潟県保健環境科学研究所年報, 27, 76-80(2012).
- 2) エコケミストリー研究会：人の健康保護のための大気管理参考濃度.  
<http://www.ecochemi.jp/PRTR2014/prtr-index.html>.
- 3) ISO17734-1:2013, Determination of organonitrogen compounds in air using liquid chromatography and mass spectrometry -- Part 1: Isocyanates using dibutylamine derivatives.
- 4) 環境省総合環境政策局環境保健部環境安全課：メチレンビス(4,1-フェニレン)=ジイソシアネート. 化学物質と環境 平成27年度化学物質分析法開発調査報告書, 760-777(2016).

表2 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

表3 大気中イソシアネート類調査結果

調査地域	試料*	ng/m <sup>3</sup>			
		HDI	2,6-TDI	2,4-TDI	MDI
A地域	TB**	<1	<7	<7	<17
	北	<1	17	26	<17
	東	<1	<7	<7	<17
	南	<1	<7	<7	<17
B地域	TB	<1	<7	<7	<17
	北	<1	<7	<7	<17
	東	<1	<7	<7	<17
	南	<1	<7	<7	<17
C地域	TB	<1	<7	<7	<17
	北	<1	79	15	<17
	東	<1	22	32	<17
	南	<1	<7	<7	<17
	西	<1	<7	<7	<17

\*平成29年7月26日採取

\*\*TB:トラベルブランク

# どう備えるか：大阪府域における化学物質のストック量について

○中村 智

(地方独立行政法人大阪府立環境農林水産総合研究所)

## 1. はじめに

大阪府では、「化学物質排出把握管理促進法（以下「化管法」と記す。）」によるP R T R制度を補完し、P R T R制度をより実効性のあるものとするため、平成 19 年 3 月に「大阪府生活環境の保全等に関する条例」を改正し、対象化学物質の取扱量等の届出を義務化した（届出は平成 21 年度より開始）。対象事業所での化学物質の取扱量（製造量、使用量等）が把握できることで、①取扱量と排出量との関係の解析による管理の改善の状況の判断、②化管法に基づく排出量及び移動量の届出データの精度向上、③災害・事故時の潜在的排出可能性の把握等が可能となった。

今回は、大阪府域の対象事業所からの届出があった取扱量（厳密には異なるものではあるが、今回は便宜的に、以下「ストック量」と記す。）を用いて種々の解析を行ったので報告する。

## 2. 調査方法

大阪府から提供を受けた 2010～2015 年度の事業所の排出量等のデータ（延べ 1210 事業所・40 業種・236 物質（大阪府独自指定物質を除く。）のデータで、燃料小売業及び特別要件施設を除く。）を用いて、当研究所において以下の解析を行った。

- (1) 業種別及び物質別のストック量と排出率
- (2) 大阪府域の地域別のストック量の分布

なお、化学物質の取扱量は企業活動の状況を表す情報であるため、府からは事業所名を除くデータの提供を受けるとともに、本報告で事業所が特定できないようにする等、データの取扱いに注意した。

## 3. 調査結果

### (1) 業種別及び物質別のストック量と排出率

2015 年度の大阪府域における対象化学物質の業種別の排出量、ストック量及び排出率（＝排出量／ストック量（％））の集計結果を表 1 に示した。なお、業種はストック量が多い順に 20 業種を選定した。

大阪府域では、ストック量は化学工業、石油製品・石炭製品製造業、倉庫業の順で多く、排出量の最も多い金属製品製造量は 6 位であった。また、石油製品・石炭製品製造業、石油卸売業、化学工業、倉庫業の排出率は 0.0035～0.017％であり、ストック量は排出量の約 6,000～30 万倍に及ぶことが分った。

次に、2010～2015 年度の業種別の排出率の経年変化を図 1 に示した。

全業種の排出率は 6 年間通して約 0.1％、化学工業では約 0.02％、金属製品製造業では 5.7～6.6％とあまり変化はみられないが、出版・印刷・同関連産業では 40.4 から 32.5％へと年々減少している。これは、同業種で取り扱われる V O C の排出量が、大気汚染防止法に基づく規制・自主的管

表 1 大阪府域における業種別届出排出量、ストック量及び排出率（2015年度）

業種名	届出量(トン/年)	ストック量(トン/年)	排出率
1 2000 化学工業(4)	315	1,925,373	0.016%
2 2100 石油製品・石炭製品製造業(13)	59	1,683,664	0.0035%
3 4400 倉庫業(15)	53	311,863	0.017%
4 2700 非鉄金属製造業(8)	120	54,119	0.22%
5 2600 鉄鋼業(2)	388	33,350	1.2%
6 2800 金属製品製造業(1)	964	16,017	6.0%
7 3000 電気機械器具製造業(14)	55	13,899	0.40%
8 5132 石油卸売業(1)	1	11,566	0.0055%
9 1600 木材・木製品製造業(6)	207	8,500	2.4%
10 2200 プラスチック製品製造業(7)	193	7,724	2.5%
11 2500 窯業・土石製品製造業(11)	73	4,376	1.7%
12 2900 一般機械器具製造業(5)	237	3,162	7.5%
13 2300 ゴム製品製造業(12)	64	1,431	4.5%
14 2060 医薬品製造業(1)	17	1,150	1.5%
15 1900 出版・印刷・同関連産業(3)	324	997	33%
16 3100 輸送用機械器具製造業(10)	106	608	17%
17 3400 その他の製造業(20)	18	430	4.3%
18 1200 食品製造業(9)	115	385	30%
19 1400 繊維工業(2)	2	291	0.59%
20 1300 飲料・たばこ・飼料製造業(3)	1	214	0.47%

・業種名の横の丸囲み数字は排出量の順位を示す。  
・排出率＝排出量／ストック量（％）

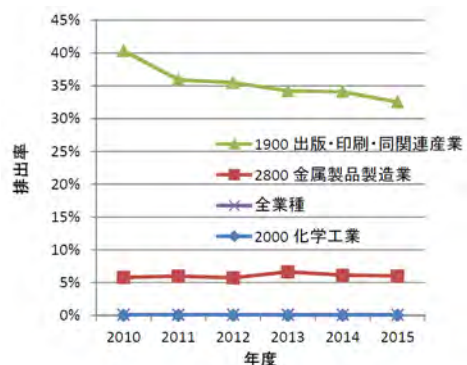


図 1 業種別の排出率の経年変化

理により減少した結果が反映されているものと推測される。

次に、2015年度の大阪府域における対象化学物質別の排出量、ストック量及び排出率の集計結果を表2に示した。なお、物質はストック量が多い順に10物質を選定した。

大阪府域では、ストック量はトルエン、キシレン、ベンゼンの順で多く、排出量が2位である塩化メチレンは34位と上位10物質内には入らなかった(排出量:619ト/年、ストック量:14,788ト/年)。また、排出量が16位のベンゼンのストック量は3番目に多く、ストック量が上位の物質はいずれも化学工業製品の原料となる物質であることが分った。

トルエン及びキシレンの排出率は、それぞれ0.18及び0.10%であり、ストック量は排出量のそれぞれ570及び1000倍に相当することが分った。

表2 大阪府域における物質別届出排出量、ストック量及び排出率(2015年度)

物質名	排出量(ト/年)	ストック量(ト/年)	排出率
1 300 トルエン①	1,190	674,326	0.18%
2 80 キシレン③	557	557,542	0.10%
3 400 ベンゼン⑤	10	319,173	0.0031%
4 392 ノルマルヘキサン⑤	194	290,442	0.067%
5 83 クメン⑫	26	284,361	0.0091%
6 349 フェノール⑫	5	202,194	0.0024%
7 134 酢酸ビニル⑭	1	170,149	0.00046%
8 296 1,2,4-トリメチルベンゼン⑨	45	163,223	0.027%
9 94 塩化ビニル⑯	4	130,340	0.0029%
10 374 ふっ化水素及びその水溶性塩⑮	13	117,132	0.011%

・物質名の横の丸囲み数字は排出量の順位を示す。

## (2) 大阪府域の地域別のストック量の分布

大阪府域を大阪市域、堺市域、北大阪地域、東大阪地域、泉州地域及び南河内地域に区分し、2015年度の対象化学物質の排出量(ト/年)とストック量(百ト/年)を算出した結果を図2に示した。

排出量は東大阪地域及び大阪市域の順で、それぞれ862及び822ト/年と多いが、府域では突出した量というわけではない。一方、ストック量は泉州地域及び堺市域で、それぞれ20,416百及び15,256百ト/年と他の地域に比べて圧倒的に多かった。これは、堺市から泉北地域にかけての臨海部に石油・化学工業のコンビナートが立地しているためである。

南海トラフ地震等で災害が危惧されている府域の臨海部<sup>1)</sup>において、化学物質のストック量を予め把握しておくことは極めて重要であり、対象事業所に取扱量の届出を課すことには大きな意義がある。

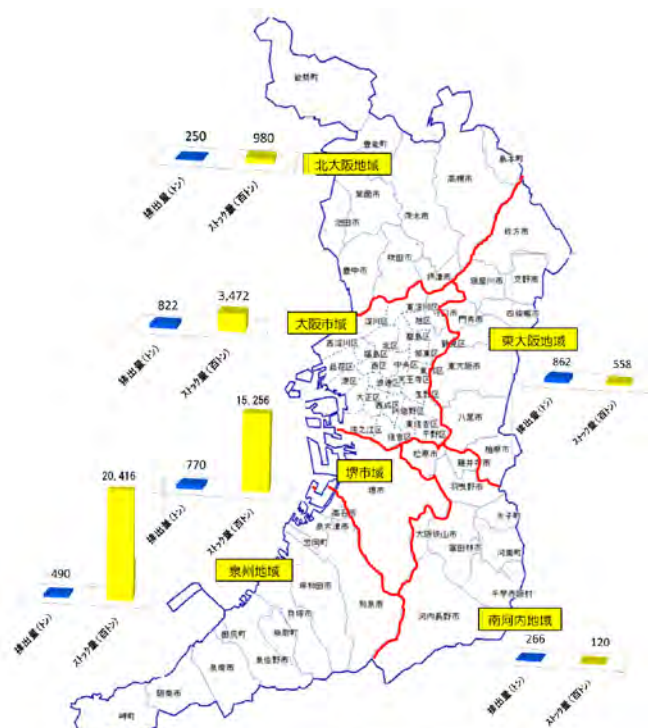


図2 地域別の化学物質の排出量・ストック量(2015年度)

## 4. まとめ

大阪府域における対象化学物質のストック量は、業種別では化学工業、石油製品・石炭製品製造業、倉庫業、物質別ではトルエン、キシレン、ベンゼンの順で多く、業種別でみると、ストック量は排出量の約6,000~30万倍に及ぶことが分った。また、ストック量は、臨海部に石油・化学工業のコンビナートが立地する泉州地域及び堺市域で多いことが分った。

災害・事故への備えとして、自治体が化学物質のストック量を予め把握しておくことは極めて重要である。また、化学物質の取扱事業者に対し、日頃から管理体制の整備等に関する指導、意識啓発を行うことも必要である。

## 参考文献

- 1)大阪府ホームページ 南海トラフ巨大地震を踏まえた「大阪府地域防災計画」の修正に向けて：  
[http://www.pref.osaka.lg.jp/kikikanri/keikaku\\_higaisoutei/bukai.html](http://www.pref.osaka.lg.jp/kikikanri/keikaku_higaisoutei/bukai.html)

# *MEMO*

# 埋立地という環境を測る

○山田 正人  
(国立環境研究所)

## 1. はじめに

廃棄物の埋立地は、社会で利用されたものが、最後にたどり着いて地中に処分される場である。我々は埋立地に、処分された廃棄物がやがて土壌に還元されるという、sinkの機能を期待している。安定化とは、その初期において、埋め立てられた廃棄物が持つ反応性や移動性が、時間経過とともに大きく減衰する過程のことをいう。無秩序に地中に廃棄物を埋めたり、埋めたものを管理しないで放置しておけば、ガス（埋立地ガス）、汚水（浸出水）の周囲環境への放出や、内部の物質の喪失による沈下や崩落などの生活環境保全上の支障が生ずる。我々が埋立地の環境を測るのは、これらの支障を未然に防ぎ、発生した場合に対策を講じるために、その原因を探り、安定化の終焉を見定めるためである。

## 2. 安定化過程とエミッション<sup>1)</sup>

埋立地の安定化は、廃棄物層内の有機物の分解を核とした生物化学反応や溶解や吸脱着等の物理化学反応と、物質を輸送する保有水と埋立地ガスの移動によって生ずる（図1）。生物化学反応は、化学物質の形態を変化させ、物理化学反応を支配する雰囲気を形成し、熱により物質を相変化させる。物理化学過程は、廃棄物に元々含まれていたり、生物化学反応で生じた物質の気固液間の交換を支配する。浸透した降水に廃棄物からの溶解・溶脱物や代謝産物が溶け込んだ保有水と、生物代謝などにより発生したガスが、廃棄物層内を移動してエミッションとして外部に放出される。

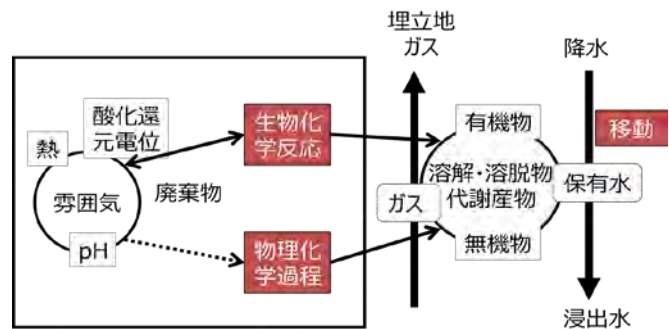


図1 埋立地の安定化における諸反応とエミッション<sup>1)</sup>

## 3. 埋立地という場と観測

埋立地で観測の対象となる廃棄物は地下に埋蔵されている。掘削等による地下構造の攪乱や廃棄物の大気への曝露は、埋立地の本来の状態を反映しなくなる。地表面と、浸出水集排水管やガス抜き管、観測井などの設備において、地面の形状や植生を観察したり、温度や水位、エミッションを測定したり、物理探査などを行って、非破壊で内部の状態をうかがい知ることが観測の基本となる。

埋立地の地下にある廃棄物の質ならびに構造は不均一であり、諸反応は時空間的に偏って生ずる。地表面や観測井などで観測する場合、埋立地全体の傾向を知りたい、または局所的な支障の発生の原因を突き止めたいなどの目的に合わせた、観測点（群）の位置決めが必要となり、そのためのスクリーニング調査が行われる。集排水管で集められた浸出水は、埋立地全体を比較的代表的なものであるが、保有水が埋立地内を移動する経路や貯留される位置は偏っており、時間経過とともに変化する。このような埋立地内の大構造を把握する手法として物理探査がある。

現在の地環研との共同研究（Ⅱ型）では、これら観測で用いられている諸手法の緊急時モニタリングへの適用性の評価と改良、さらには普及を、共同現場調査によって遂行しているところである。

## 参考文献

- 1) 山田正人・関東処分組編著：廃棄物最終処分場のための現場調査法：現場屋がつくった現場調査法。サムハウブリッシング、東京（2016）。

## 硫化水素ガスが発生する最終処分場の現場調査法

○遠藤 和人<sup>1</sup>・小野 雄策<sup>2</sup>・山田 正人<sup>1</sup>

(<sup>1</sup>国立環境研究所・<sup>2</sup>建設廃棄物協同組合)

### 1. はじめに

廃棄物の最終処分場で発生する硫化水素ガスは、高濃度である場合に死亡事故等も発生しており、有害な処分場ガスとして取り扱われる。最終処分場だけではなく、不法投棄現場や、不適正処分場においても硫化水素ガスが多量に発生しているところもある。硫化水素ガスは、土壌への吸着能が高いため、適切に覆土が設置されていると大気へ放出されることはほとんどなく、内部で硫化水素ガスが発生していることを気付きにくい。覆土の侵食や滑りなどによってクラックが生じると、ガスみちが形成され、吸着されない硫化水素ガスが大気へと放出され、悪臭の原因となる。また、高濃度になると嗅覚では感じなくなるため、比重の大きい硫化水素ガスが窪地に滞留していることに気付かずに侵入してしまう懸念もある。不法投棄現場や不適正処分場は、そもそも違法・不適正であるが、硫化水素ガスが発生している最終処分場というだけでは不適正処分場とはならない。これは、処分場の維持管理基準にガス濃度の項目が無いためである。しかしながら、悪臭を放ち、近付くと健康被害が生じる可能性があることから、不健全な処分場といえる。表1に硫化水素ガス発生等の要因や懸念等を示す。本論では、不法投棄現場等も含み、硫化水素ガスが発生している、もしくは、発生していることが懸念される処分場等の現場調査法について述べる。なお、本調査は、不法投棄事案の管轄自治体や、処分場管理者である自治体（もしくは地環研）や民間企業が自ら実施することを前提としており、本格的な土木工事を含むような恒久対策ではなく、事前の調査、応急調査・対応を想定している。

表1 硫化水素ガス発生等の要因と懸念等

主な要因	事前の症状	発生が懸念される被害	対策上の問題点
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 硫酸ピッチの不法投棄</li> <li>✓ 廃棄物等に由来する硫酸塩源 (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>) の存在</li> <li>✓ 硫酸塩還元菌の存在</li> <li>✓ 有機物源 (硫酸塩還元菌の炭素源) の存在</li> <li>✓ 水が滞留しているなどの嫌気性環境</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 異臭の発生</li> <li>✓ 水蒸気の発生</li> <li>✓ 煙、火災の発生</li> <li>✓ 立ち枯れや変色等周辺植生分布の異常</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 悪臭、異臭</li> <li>✓ 火災</li> <li>✓ 周辺植生の生育不良、枯損</li> <li>✓ 硫化水素ガス等による浸出水の水質悪化</li> <li>✓ 調査、対策実施時の作業員の健康・生命への危険性</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 廃棄物の性状が不明</li> <li>✓ 可燃性ガス等、危険性のあるガス発生については、事故等により存在が明らかとなることが多い (事前防止困難)</li> <li>✓ 調査時の掘削・ボーリングにより、ガス発生量が増大することがある</li> <li>✓ 調査、対策のための掘削・ボーリング時の発生ガスが作業員や周辺環境へ悪影響をおよぼす場合がある</li> </ul>

### 2. 調査方法

硫化水素ガスが発生している、もしくは発生する懸念のある処分場や不法投棄現場等における調査フロー案を図1に示す。

#### 2.1 初動調査

初動調査の「①資料調査」では、廃棄物処分場申請書類の有無や内容を確認し、地形・地質情報を収集する。「②現地踏査」では、目視および簡易ガス計測やガス温度、ヒアリング等によって現地の状況を確認する。目視検査では、水蒸気や煙等の発生を確認すると共に、臭気を確認する。その際、硫化水素ガス濃度等が高くなっている可能性があるため、十分に注意しながら実施する。ガスが発生していると植生異常が認められる場合があることから、植生分布や草本類の色、生育不良等のマップを作ると発生域の確認に効果的である。検知管等の簡易ガス計測が可能であれば、ガス抜き管や地表面



の亀裂等を利用して行う。さらに、集排水管やガス抜き管の閉塞状況についても確認しておく。また、土地所有者や周辺住民等へのヒアリングによって埋立経緯や臭気状況等を確認することで、書類には無い情報を得られる可能性がある。

## 2.2 詳細調査

初動調査を踏まえ、「①測量」を実施し、敷地境界や堰堤、高さ関係、亀裂の位置等を把握し、以降の調査における基礎データ（マップ）を作成する。ガス発生には水分や有機物等が影響するため、「②非破壊物理探査」等を実施して廃棄物層内の性状の概略や特異点を見付けることも有意である。調査地点が決まれば、「③自走式ボーリング、試掘（トレンチ掘削）」等を実施してコアや掘削断面の観察を行い、廃棄物をサンプリングして溶出試験等を実施することが望ましいが、本調査はスキップしてもよい。また、掘削の際、掘削の進行とともに順次、ガス濃度の測定（検知管でも可）を行うことで、地中ガス濃度分布を知ることができる。硫化水素やメタン等の嫌気性ガス、保有水水位が高い場所や宙水が存在する場所で発生しやすいため、「④水位」の観測も行うことが望ましい。同時に、初動調査の「①資料調査」や現地測定で得られた浸出水原水水量や原水水質、降水量等のデータを、保有水水質と比較することで、水収支や水みちの概略（同系列の水であるかどうか等）を把握することができる。「⑤地中温度測定」を実施することも有意である。一連の状況調査が終了した後、「⑥無水ボーリング調査」を実施して廃棄物サンプリングを行い、場内観測井戸を設置する。なお、ボーリング掘削を行いながら孔内ガス濃度の測定を行うことが望ましい。先述した「③自走式ボーリング」の代わりに「⑥無水ボーリング調査」を実施してよい。場内観測井戸を設置した後、孔内温度を測定して、気温の影響を受けない深度（恒温点）を探し、それ以深で「⑦孔内ガス濃度観測」を行うと効果的である。なお、場内観測井戸を設置した初期に、二酸化炭素濃度が低く、メタン濃度が異常に高いのは二酸化炭素が保有水に溶解したためと考えられる。観測井戸を設置するための地点選定の際、面的な「⑧地表面ガスフラックス測定」を行い、硫化水素ガスフラックスの高い点をボーリング地点として絞り込む方法もある。

初動調査の「①資料調査」や現地測定で得られた浸出水原水水量や原水水質、降水量等のデータを、保有水水質と比較することで、水収支や水みちの概略（同系列の水であるかどうか等）を把握することができる。「⑤地中温度測定」を実施することも有意である。一連の状況調査が終了した後、「⑥無水ボーリング調査」を実施して廃棄物サンプリングを行い、場内観測井戸を設置する。なお、ボーリング掘削を行いながら孔内ガス濃度の測定を行うことが望ましい。先述した「③自走式ボーリング」の代わりに「⑥無水ボーリング調査」を実施してよい。場内観測井戸を設置した後、孔内温度を測定して、気温の影響を受けない深度（恒温点）を探し、それ以深で「⑦孔内ガス濃度観測」を行うと効果的である。なお、場内観測井戸を設置した初期に、二酸化炭素濃度が低く、メタン濃度が異常に高いのは二酸化炭素が保有水に溶解したためと考えられる。観測井戸を設置するための地点選定の際、面的な「⑧地表面ガスフラックス測定」を行い、硫化水素ガスフラックスの高い点をボーリング地点として絞り込む方法もある。

## 3. 今後の展開

本現場調査法は、書籍<sup>1)</sup>や研究<sup>2)</sup>にまとめているが、現在、平成30年度地方公共団体研究機関等と国立環境研究所との共同研究（Ⅱ型）を通して、調査法の拡充を図っている。なお、本調査は、跡地利用方策を検討するにあたっても有用と考えられる。

### 参考文献

- 1) 山田正人編著（2016）：廃棄物最終処分場のための現場調査法：現場屋がつくった現場調査法。
- 2) 遠藤和人研究代表（2014）：最終処分場機能の健全性の検査手法と回復技術に関する研究（3K113009）、平成25年度環境研究総合推進費補助金研究事業・総合研究報告書。

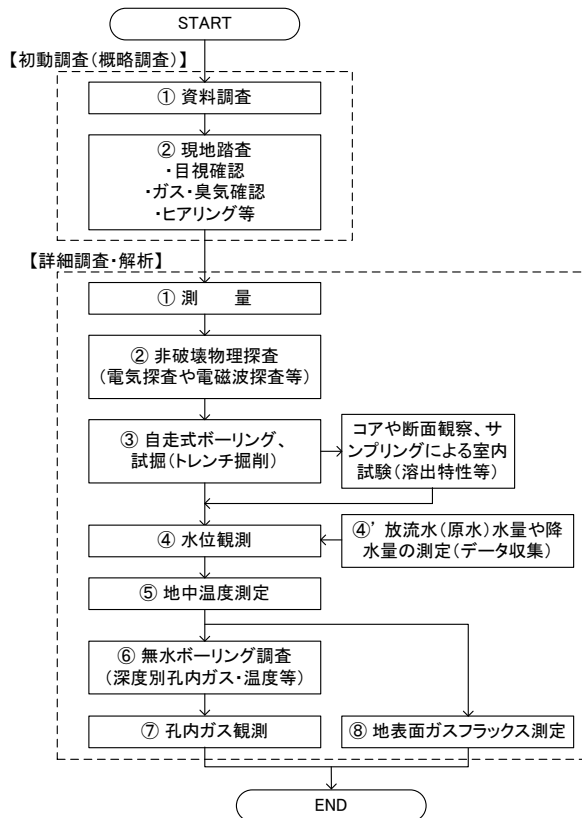


図1 硫化水素ガス発生に係る不健全性の確認調査フロー案

# 廃棄物最終処分場のガス抜き管等からのガス流量測定

○長森 正尚

(埼玉県環境科学国際センター)

## 1. はじめに

廃棄物の処理および清掃に関する法律の改正のあった平成 10 年以前からの廃棄物最終処分場、あるいは不法投棄地等は内部構造が不明な場合がある。そのような状況下で当該地の初動調査を開始する際に、担当者（所管自治体の職員や地方環境研究所の職員）があらゆる状況を想定した調査手法を持ち合わせていることは稀である。そこで、国立環境研究所とのⅡ型共同研究「最終処分場ならびに不法投棄地における迅速対応調査手法の構築に関する研究」を今年度から開始し、各参加機関が有する技術や経験を総合化するとともに、定期モニタリング用の「廃棄物最終処分場の現場調査法」<sup>1)</sup>等の既存資料をベースにしながらか調査・解析することで、各機関相互の調査および評価能力を向上させ、事案発生時における自治体横断的な支援体制の構築を目指している。

今年度は、有害ガスの硫化水素等を対象にして廃棄物最終処分場を調査したので、その概要を示すとともに、調査の一部であるガス流量測定の結果を報告する。なお、最終処分場における硫化水素ガス発生自体は維持管理基準違反ではないが、硫化水素ガスの発生は不健全であり、場合によっては人命に影響を及ぼすため、迅速な対応が求められる場合がある。

## 2. 調査手順

調査手順を図 1 に示す。①資料等調査は、Web サイトによる地形情報、既存の場内観測井モニタリング結果を収集し、事前に共同研究者と情報共有した。現地に入り、②現地踏査で水蒸気や臭気は確認できなかったが、簡易ガス計測で微量のメタンガス放出地点をチェックした。次に、③GPS 測量により敷地境界や目印あるいは調査地点の位置を把握し地図化した。

実調査では、④表層ガス、⑤場内観測井、⑥物理探査を並行して実施した。④表層ガス調査では、天場を面的に把握するため、地表面でのガスフラックス計測に加え、ボーリングバーで狭い穴を深度 70cm 程度開け穿孔内ガス濃度も簡易計測した。ガスフラックスでは、二酸化炭素が最大で  $0.78\text{mol}/\text{m}^2/\text{day}$  で、他のガス成分は極微量であった。ただし、穿孔内ガス濃度でメタン 60.2%、二酸化炭素 8.7%、硫化水素 800ppmv など高濃度地点がいくつか存在した。

ガスの組成や発生量は、有機物量や水分等の層内環境あるいは土堰堤構造等に左右される。土堰堤の位置や内部保有水分分布等の内部の特異点を⑥物理探査（比抵抗探査および電磁探査）で非破壊計測したところ、廃棄物層は低比抵抗、覆土層は高比抵抗、岩盤と思われる境界で急激に比抵抗が高くなった。③場内観測井内の温度、水位および内水の酸化還元電位（Eh）を図 2 に示す。井戸 3 本の水位は地表からの深度で Ts が 20.3m、Te が 15.8m、Tn が 18.8m とばらつきが大きく、廃棄物層内の不均一性を反映しており、水位の高い Te 井戸周辺には宙水が存在すると思われる。この Te 井戸は、孔内温度が低く、内水の Eh が高いことから、井戸周辺では残存有機物が少ない可能性が示唆された。また、Te 井戸の水位から下は高比抵抗ゾーンと一致しており、内部の状態が他と異なる可能性があった。なお、深度 10m のガス濃度は、メタンが Ts (13.7%) > Tn (0.95%) > Te (0.50%)、二酸化炭素が Tn (10.1%) > Ts (8.1%) > Te (5.5%)、硫化水素が Ts (17.8ppm) > Te (3.0ppm) > Tn (0.41ppm) であった。

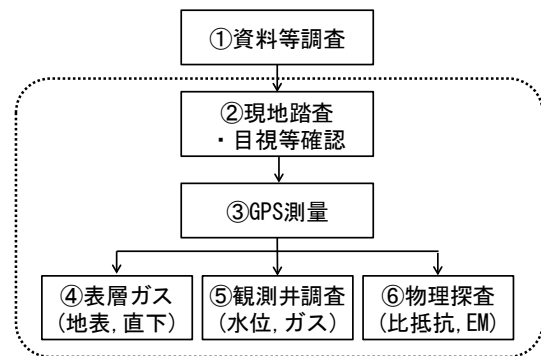


図 1 調査手順

### 3. 場内観測井のガス流量測定

場内観測井のガス流量の経時変化を図3に示す。通常蓋を閉めている場内観測井であるが、10月11日14:00頃から翌日9:00頃まで開放状態とし、塩ビ製レドューサーで内径31mmまで絞って熱線風速計で流速を計測した。平均ガス流速が  $T_n (0.35\text{m/sec}) > T_s (0.23\text{m/sec}) > T_e (0.02\text{m/sec})$  の順になり、孔内温度やガス濃度が高いほどガス放出量が多くなる傾向にあった。また、内水の Eh が高かった  $T_e$  井戸でガスがほとんど放出されていなかった。他方、ガス流量と気象データの経時変化では、気圧が大きく変化した18:00頃と翌8:00頃において、全ての井戸の流量が明らかに変化した。気圧が低下した後に上昇するときは流量が低下し、気圧が上昇した後に下降するときは流量が増加するパターンで、他の最終処分場におけるガス抜き管の調査結果<sup>2)</sup>と同じ傾向がみられた。

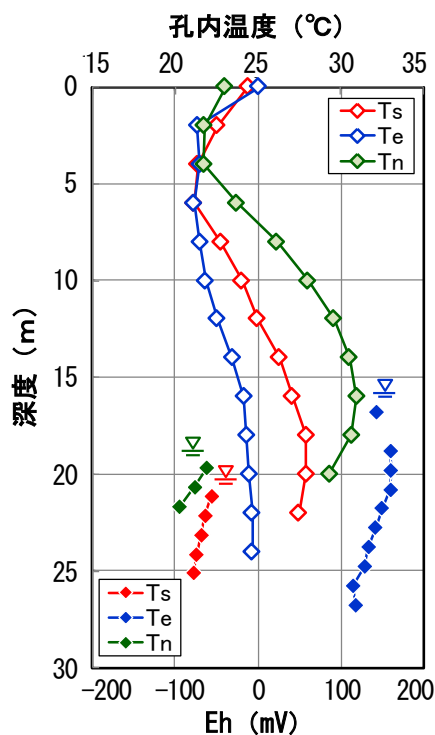


図2 場内観測井内の温度等

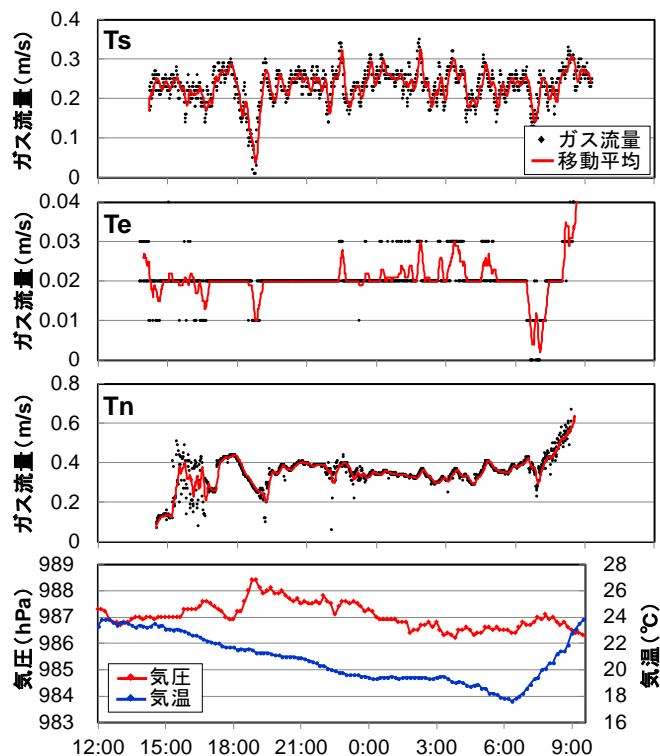


図3 場内観測井のガス流量の経時変化

### 4. 今後

現場調査で得られたデータをさらに解析・情報整理し、必要な追加調査を明確にすることにより、廃棄物由来の環境保全上の支障の恐れのある対象地において、迅速に対応できる体制づくりを進めていく予定である。

### 5. 謝辞

本研究は国立環境研究所とのII型共同研究「最終処分場ならびに不法投棄地における迅速対応調査手法の構築に関する研究」の支援を受けたもので、参加機関の担当者に感謝いたします。

### 参考文献

- 1) 山田正人 (編著) : 廃棄物最終処分場の現場調査法. 発行人 小野雄策 (2016).
- 2) 長森正尚・山田正人・石垣智基・小野雄策 : 管理型最終処分場の廃止基準に関する考察 (6). 廃棄物資源循環学会研究発表会要旨集, 20, D7-6 (2009).

## 非破壊的診断法～電磁探査の紹介～

○大石 修  
(千葉県環境研究センター)

### 1. はじめに

物理探査とは、地下に存在する物質の物理的、化学的性質について人為的または自然的に生じた現象を遠隔的に観測し、その資料を解析することにより、地下の状態や状況を解明する技術である<sup>1)</sup>。本来、土木や資源探鉱の分野で活用された技術であるが、環境分野においても使われるようになった。

今回、物理探査のうち簡易に広範囲な調査が可能である電磁探査について紹介し、緊急時モニタリングの適用に関する考察を行う。

### 2. 調査方法とこれまでの活用例<sup>2)</sup>

電磁探査は、磁場をかけ大地に誘導された電磁場を地表で観測し、地下に存在する導体を検出、地下の導電率分布を推定する方法である。一方、電気探査（比抵抗探査ともいう）は、電流を流し大地の比抵抗（導電率の逆数）の分布を求める方法である<sup>1)</sup>。それぞれの手法にメリット・デメリットがあるが（表1）、当センターでは廃棄物最終処分場の広いエリアを電磁探査により平面情報（導体の存在分布）を得て、電気探査によりその特徴的な位置の深さ情報（イオン類の洗い出しや安定化の進行状態）を得るという組み合わせで活用してきた（図1）。

表1 各手法の主な特徴

手法	特徴
電気探査	直流 比抵抗分布 測定作業が手間 結果が分かりやすい
電磁探査	交流 導電率分布 測定作業が楽 結果が分かりにくい

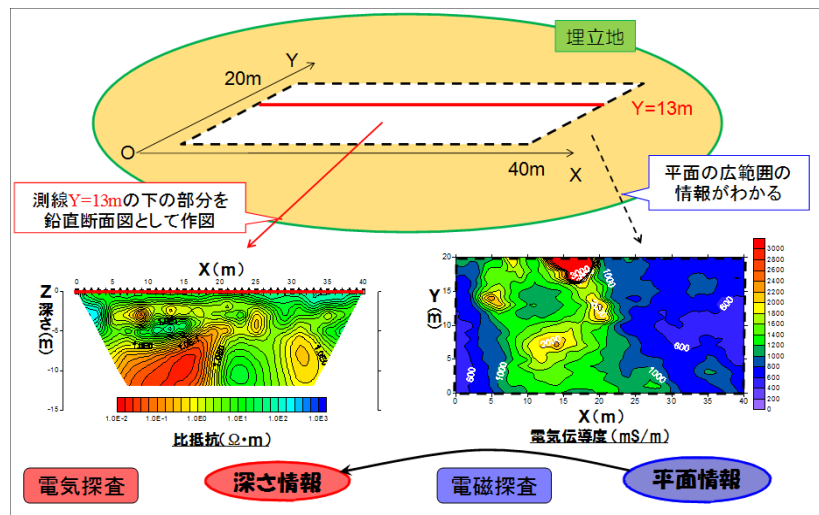


図1 活用例

### 3. 調査事例

本章ではこれまで行ってきた調査結果のうち緊急時モニタリングにも適用可能と考えられる事例を紹介する。

#### 3.1 埋立履歴がある現場での事例

産業廃棄物最終処分場において、アスベストが埋め立てられた区画で電磁探査を行った。見掛け導電率（図2のEC）の結果は左右で応答の強弱が分かれ、見掛け磁化率（図2のMSusc）の結果では履歴のポールに近い位置で応答が検出された。電気探査とボーリングも行っており、その結果と合わせると、アスベストそのものに対する応答ではなく埋立工法（セメント固化）による周囲との差が応答に現れたと推測された。

### 3.2 埋設物の違いによる応答の違いの事例

産業廃棄物最終処分場において、5年近く同じ区画で電磁探査を行ったところ、見掛け導電率で非常に強いスポットが検出され続けた(図3の上.(5,25))。この位置を掘削したところ、深さ1mから鉄板が掘り起こされた。鉄板を撤去後、同じ区画で電磁探査を行うと強いスポットは無くなった。一方、見掛け磁化率でも別の場所に強いスポットが検出されたため掘削したところ、深さ1mにグラインダーダストが埋まっていた(図3の下.(20,43))。

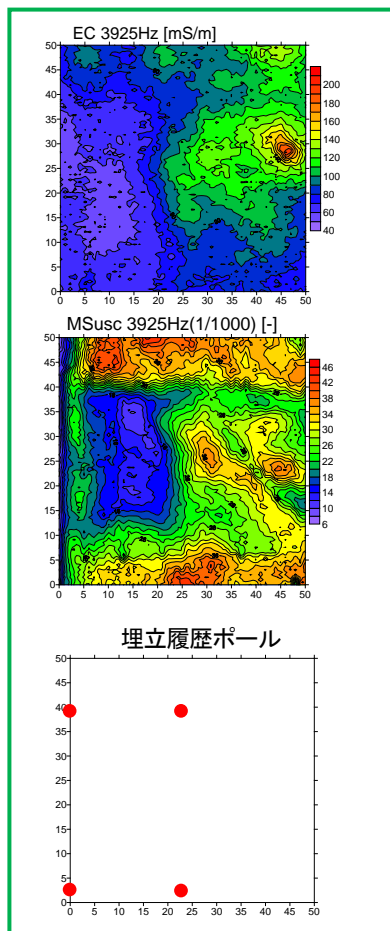


図2 調査事例1

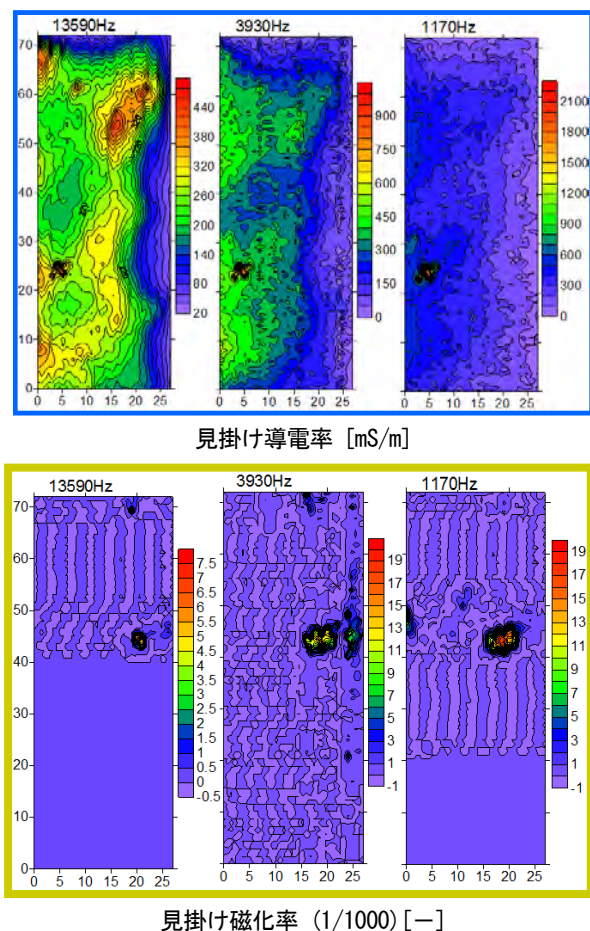


図3 調査事例2

### 4. 緊急時モニタリングの適用に向けた課題

今回紹介した電磁探査を緊急時のモニタリング手段として利用する場合(特に埋設物を発見することを目的とした場合)、広い範囲を短時間で調査できるという利点がある。その反面、災害時の現場では周辺に様々な廃棄物や資材などが存在することが予想されるため、検出される応答が埋設物だけではないことに注意しなければならない。現段階では、得られた結果は事前調査的な位置付けとして活用することに留め、他の調査手法と組み合わせることでより確実な判断をすることが大切であると考えられる。今後、緊急時モニタリングでの活用をすすめるためにも様々な現場での事例結果を蓄積していく必要がある。

#### 参考文献

- 1) 社団法人物理探査学会：新版物理探査用語辞典(2005)
- 2) 大石修：物理探査(電磁探査、電気探査)による産業廃棄物最終処分場の調査について。千葉県環境研究センターニュース, 31号(2008)

