

第29号
(Vol.29)
Oct., 2015

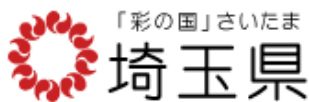
発行者：〒347-0115 埼玉県加須市上種足914

埼玉県環境科学国際センター

TEL 0480-73-8331 FAX 0480-70-2031

<http://www.pref.saitama.lg.jp/cess/index.html>

～CESS（セス）は、埼玉県環境科学国際センターの愛称です～



今年も10月に入り、季節もめっきり秋らしくなってきました。環境科学国際センター周辺の田んぼでは、稲穂が黄金色になって垂れ下がり、収穫の時期を迎えています。深まりゆく秋とともに、皆様に、埼玉県環境科学国際センターニュースレター第29号をお届けします。

本号の研究・事業紹介は、「埼玉県におけるPM_{2.5}の実態—成分調査からわかってきたこと—」、「数学で探る廃棄物最終処分場の美しい世界」についてです。「ココが知りたい埼玉の環境」では、「県内の一部の学校で行われた放射能の除染作業」に関する疑問について研究員が分かり易く解説します。また、環境学習・イベント情報では、「県民の日特別企画」を中心にご案内します。

ぜひご一読いただき、ご意見・ご感想をお寄せください。あて先はこちら (g738331@pref.saitama.lg.jp) です。

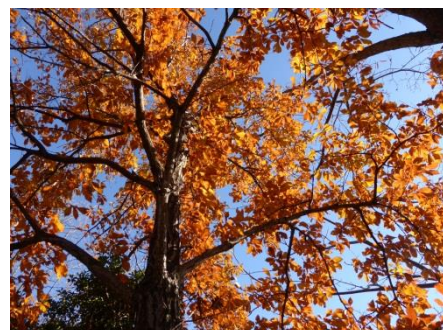
研究・事業紹介

- ・ 埼玉県におけるPM_{2.5}の実態—成分調査からわかってきたこと— 2
- ・ 数学で探る廃棄物最終処分場の美しい世界 3

ココが知りたい埼玉の環境 (20)

- ・ 県内の一部の学校では放射能の除染作業が行われたと聞きますが、広い校庭の除染をどのように行ったのですか 5

環境学習・イベント情報 6



環境科学国際センター生態園の秋

埼玉県環境科学国際センター公式フェイスブックを開設しました。環境学習・イベントや、生態園で見られた動植物などの季節の様子を写真で随時紹介していますので、ぜひご覧ください！

当センターホームページ (<http://www.pref.saitama.lg.jp/cess/index.html>)にリンクがあります。

(平成26年12月にホームページのアドレスが変更になりました)



QRコードはこちら

◆研究・事業紹介

当センターでは、環境状況の把握、環境問題の解決、良好な環境の維持・創造に向けて、様々な調査・試験研究等を行っています。ここでは、その一部についてご紹介します。

埼玉県におけるPM_{2.5}の実態 —成分調査からわかってきたこと— 大気環境担当 主任 長谷川 就一

PM_{2.5}とは、大気中に浮かぶ粒子状物質のうち、粒径が2.5μm以下の粒子のことをいいます。PM_{2.5}濃度の環境基準は2009年に設定され、埼玉県では2010年度から大気常時監視測定局においてPM_{2.5}濃度のモニタリングを始めました。測定局数は年々増え、現在は43地点で行っています。環境基準の達成状況は、測定局数が少なかった2010～2011年度を除き、県全体で30%に満たない低い状況となっています。

PM_{2.5}の発生源は、人間活動や自然現象など様々ですが、多くは人間活動に由来しており、発生源によって成分に特徴があります(表1)。自動車や工場、焼却炉などの排ガスに含まれている粒子を一次粒子と呼びます。また、大気中に存在する気体状の硫黄酸化物(SO_x)や窒素酸化物(NO_x)、揮発性有機化合物(VOC)が、大気中で化学反応を起こしてPM_{2.5}へ変化してできる粒子を二次生成粒子といいます。SO_xやNO_xは主に燃焼から、VOCはガソリンなどの燃料や工場などで使われる塗料や溶剤などの揮発により出てきます。

このように発生源によって特徴のある成分が異なるため、粒子の成分を分析することで、どういった発生源の影響が大きいかを推測することができます。そのため、PM_{2.5}濃度のモニタリングに加えて、PM_{2.5}の成分についても、季節ごとに調査することになっており、埼玉県では2011年度から毎年3地点で成分調査を実施しています(図1)。以下では2011～2013年度の成分調査の結果からわかったことを中心に紹介します。

表1 PM_{2.5}の主要成分とその主な発生源

成分	主な発生源
元素状炭素 EC	化石燃料やバイオマスなどの燃焼
有機炭素 OC	化石燃料やバイオマスなどの燃焼塗料や溶剤、ガソリンなどから出る揮発性有機化合物(VOC)が大気中で粒子化
硝酸イオン NO ₃ ⁻	エンジンやボイラーなどの燃焼過程で発生する窒素酸化物(NO _x)が大気中で粒子化
硫酸イオン SO ₄ ²⁻	石炭や重油などの燃焼で発生する二酸化硫黄(SO ₂)が大気中で粒子化
塩化物イオン Cl ⁻	廃棄物焼却などで発生する塩化水素(HCl)が大気中で粒子化
アンモニウムイオン NH ₄ ⁺	農地への施肥や家畜排せつ物などから発生するアンモニア(NH ₃)がNO ₃ ⁻ 、SO ₄ ²⁻ 、Cl ⁻ と結びついて粒子化

各季節で2週間の調査・観測によりPM_{2.5}平均濃度と主要成分の構成比を求めました。その例として、図2に2013年度鴻巣の結果を示します。3か年の成分調査により観測されたPM_{2.5}平均濃度の多くは10～20μg/m³でしたが、2011年度秋季と2013年度冬季に25～30μg/m³と高くなりました。特に、2週間の調査期間の中で、2011年度秋季は11月3日と5～6日、2013年度冬季は1月25日と2月2日に、日平均値が50～70μg/m³と高濃度になりました。日平均値に関する環境基準は35μg/m³ですので、これを大きく超えました。この2011年度秋季と2013年度冬季に濃度が高かった成分は有機炭素(OC)と硝酸イオン(NO₃⁻)でした。また、濃度自体はさほどではありませんが、元素状炭素(EC)の中でもchar-ECと呼ばれる、わらや枯草などのバイオマス燃焼から多く発生する画分が上昇を示していました。こうしたことから、バイオマス燃焼や化石燃料等の燃焼に由来するNO_xからNO₃⁻への粒子化が影響したと推測されます。さらに、このときは3年間の同季節の中で大気安定度が“安定”となる頻度が高かったことから、気象条件も影響したと考えられます。

この2つの時期以外ではPM_{2.5}平均濃度に大きな差はありませんが、成分ごとには季節的な特徴が見られました。NO₃⁻は秋季や冬季に高くなる一方、硫酸イオン(SO₄²⁻)は春季や夏季に高くなる傾向が見られました。これは、NO₃⁻は気温が高いとガスとして、気温が低いと粒子として存在しやすい性質があるためです。また、SO₄²⁻については、春季は大陸からの気流の影響を受けやすかったり、夏季にかけては強い日射により国内でも光化学反応で生成するためと考えられます。

地域的な特徴については、秋季や冬季のPM_{2.5}濃度は

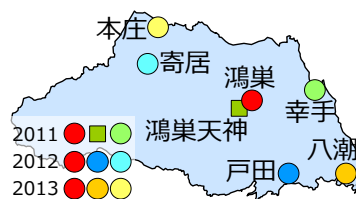


図1 PM_{2.5}成分調査の測定地点
※鴻巣天神は自動車排出ガス測定局、それ以外は一般環境大気測定局

は寄居・本庄といった県北部では南部に比べて低めの傾向があります。これは、主風向が北寄りになり、県南部や東京湾

岸の大都市部の影響が小さくなったことが要因の1つと考えられます。また鴻巣と鴻巣天神の濃度差は小さいことから、この地域での自動車排ガスの影響

は比較的小さいと考えられます。

SO₄²⁻は年度によって濃度レベルは異なるものの、同じ年度の中では地点による差が他の成分に比べて小さくなっています(図3、例として2013年度でNO₃⁻と比較)。これは、SO₄²⁻については局所的・地域的な発生源よりも、比較的広域の発生源(越境汚染も含む)の影響を受けていることを表していると考えられます。

当センターでは、2000年からPM_{2.5}の測定をセンター(加須)で行っていますが、PM_{2.5}濃度は2000年に比べて大きく低下しており、その中でも塩化物イオン(Cl⁻)とECが比較的大きく低下しました。Cl⁻はダイオキシンの排出を抑制する廃棄物焼却炉対策、ECはディーゼル車に対する排ガス規制の強化や首都圏での運行規制などの自動車排ガス対策が進んだことによって低下したと考えられます。NO_xやVOCについても発生源対策が進められていますが、今後より一層進めていく必要があります。当センターでは、バイオマス燃焼由来粒子、VOC由来の二次生成粒子に注目した研究、日中韓共同観測による越境汚染に関する研究など、様々な角度からPM_{2.5}の研究に取り組んでおり、今後も引き続き精力的に行っていきます。

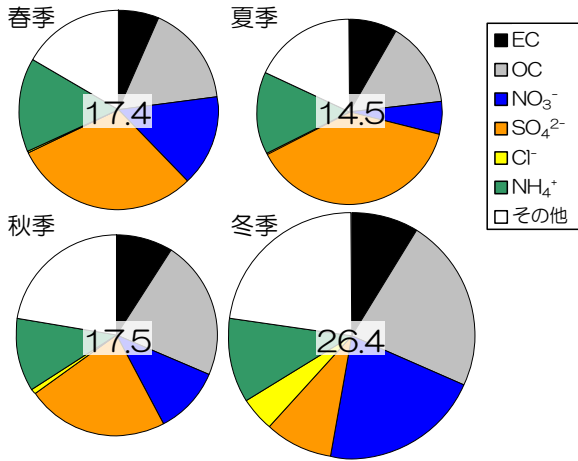


図2 2013年度鴻巣におけるPM_{2.5}の主要成分の構成比(中央の数字はPM_{2.5}平均濃度[µg/m³])

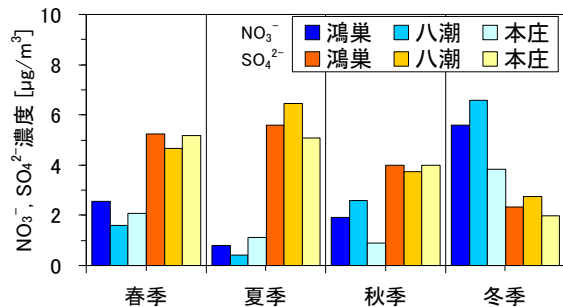


図3 2013年度の各地点のNO₃⁻とSO₄²⁻の季節平均濃度

数学で探る廃棄物最終処分場の美しい世界

資源循環・廃棄物担当 主任 鈴木和将

皆さん、数学は好きですか？小中学校・高校と算数や数学に苦しめられたという人も少なくないことでしょう。それでも、数学は、私たちの社会のいたるところに入り込み、様々な問題を解決するのに非常に役立っています。それは、私の専門のごみ問題も例外ではありません。ごみの終着場所である処分場は、社会にとって必要な施設ではありますが、近隣住民にとっては、迷惑施設となっています。今後、処分場が迷惑施設から脱却していくためには、処分場内部で何が起きているのかを解明し、モデル化することによって、将来的にどの程度の環境影響があるのかを予測し、処分場をどうコントロールしていくべきかを定量的に示していく必要があります。数学は、このような問題を解決するための強力なツールとなります。現在、私は、数学を使って、処分場内部で起きている様々な現象をコンピュータでシミュレーションする研究を行っており、その一部を紹介させていただきます。



図1 コア試料のX線CT画像

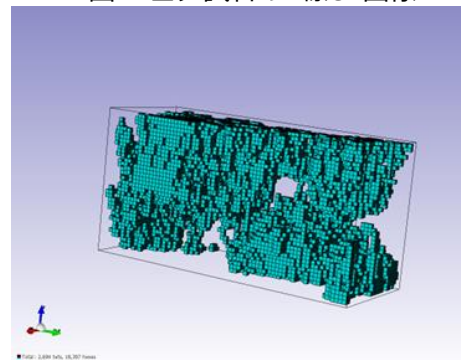


図2 コア試料内部をシミュレーションに用いるため格子状に分割したもの(間隙を緑、固体部分を透明で示す)

処分場には、焼却灰、ばいじん、不燃残さ等さまざまなものが埋め立てられ、埋立層内部は骨格構造を形成するこれらのごみとそのすき間である間隙とで構成されています。その間隙中を汚水（浸出水）や埋立ガスといった流体はどのように流れているのでしょうか？そのためには、まず、内部の間隙構造がどのようなになっているのかを知る必要があります。そこで、埋立層をボーリングマシンで掘り、埋め立てられているごみ、コア試料Φ120mmを採取しました。ここで、その試料の内部構造をみるために使われるのがX線CT（コンピューター・トモグラフィ）装置です。多くの人になじみがあるのは、医療現場で活躍しているX線CT検査ではないでしょうか。CT検査では、体のまわりをぐるっとX線を照射して得られた情報をコンピュータで計算し、体の断面の画像（CT画像）や三次元画像を得ることができ（これにも数学が大きく貢献しているのですが）、体の中に異常がないか詳細に調べることができます。これと同じ原理でコア試料の内部構造を可視化しました。マイクロフォーカスX線CT装置を用いて撮影したコア試料の断面CT画像とその断面CT画像を三次元に再構築したものを図1に示します。さらに、画像処理ソフトウェアを用いて、ごみと間隙部分を分ける処理を行いました。この間隙部分の形状を計算に組み込むために、格子状にして（図2）、さらに、間隙部分=1、ごみ部分=0と区分した上で、ごみ部分では抵抗がかかり流体が流れないようにしました。間隙中の水の流れのシミュレーションでは次の連続の式と運動方程式（ナビエーストークス方程式）を支配方程式としました。

（連続の式）

$$\nabla \cdot \mathbf{u} = 0$$

（運動方程式）

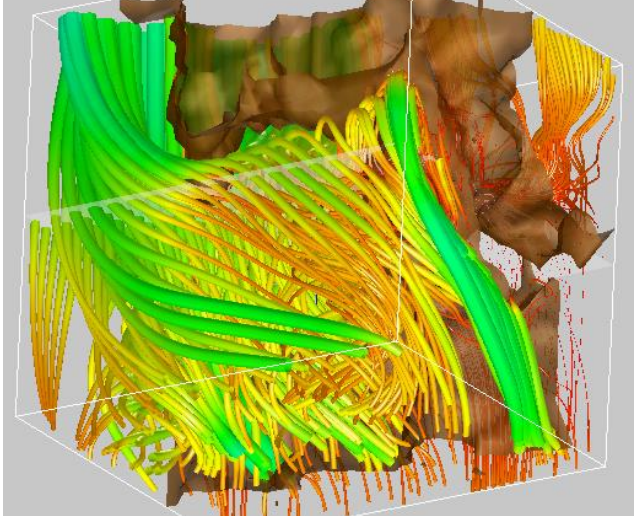
$$\frac{\partial \mathbf{u}}{\partial t} + (\mathbf{u} \cdot \nabla) \mathbf{u} = -\frac{1}{\rho} \nabla p + \nu \nabla^2 \mathbf{u}$$

ここで、 \mathbf{u} は流速、 ρ は密度、 p は圧力、 ν は流体の粘性を示します。この流体の流れを表す上の2つの式を差分法で解きました。差分法では、計算する空間領域を差分格子と呼ばれる格子状に分割して、この難しそうな偏微分方程式を、コンピュータで計算可能な四則演算（足し算、引き算、掛け算、割り算）で構成される差分方程式に書き換えて、格子点（格子線の交点）において近似解を求めていきます。

しかし、この数値シミュレーション結果は、単に

数字の羅列ですので、間隙中に水がどのように流れているかを理解できる形にするため可視化しました。図3に、速度ベクトルをつなげて描かれる瞬間流線を示します。複雑な間隙構造の干渉によって、いくつもの渦構造が観察できます。これまで、処分場がブラックボックスであった時には、雨で処分場に入ってきた水は、アウトプットとして浸出水がでてくるのが見えていただけですが、数学を使って、処分場の中を覗いてみると、このような美しい世界が広がっています。現在、水の流れだけでなく、ガスの流れを同時に解くことができる数値シミュレーション手法の開発を進めており、それにより、合理的な埋立地の設計や管理に役立てていくことは勿論のこと、数学サイドの新たな発展につながればと考えています。嫌われがちな数学やごみですが、少しでも興味をもっていただけたら幸いです。

【側面からみた流れの様相】



【下面からみた流れの様相】

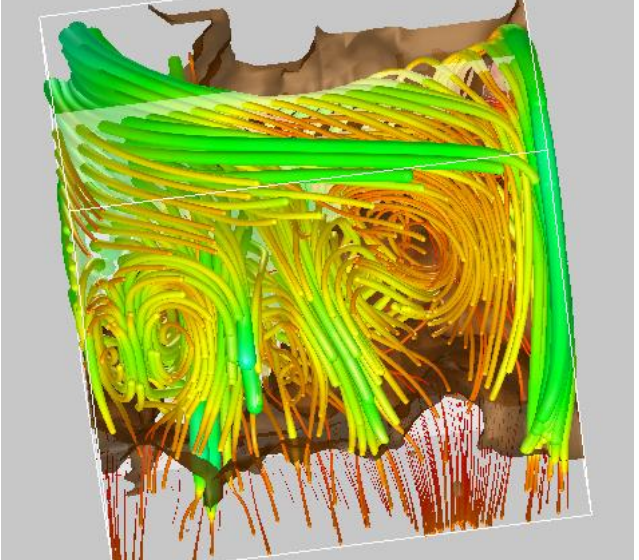


図3 間隙中の水の流れを計算し可視化したもの（チューブ状に表示されているのが流れの様相を表す流線。流速が大きいほどチューブは太く、緑色）

◆ココが知りたい埼玉の環境(20)

このコーナーでは、よく分かっているようで、明快な答えがすぐに思い付かない、身近な環境に関する質問や素朴な疑問について、当センターの研究員がズバリお答えします。なお、バックナンバーは当センターのホームページ(<http://www.pref.saitama.lg.jp/cess/index.html>)に掲載していますのでご覧ください。

質問 県内の一部の学校では放射能の除染作業が行なわれたと聞きますが、広い校庭の除染をどのように行ったのですか？

答え 原発事故によって大気に放出された放射性物質は、大気中を移動し、チリや雨とともに地表に降下しました。降下した放射性物質は、地表面付近に存在しますので、表層の土壌を除去すれば、放射能を低減することができます。ここでは、平成23年9月から10月にかけて、三郷市内の小学校をモデルに行った除染作業を紹介します。校庭等の除染の条件と放射線の低減効果を事前に評価し、その結果をもとに校庭全体の除染を行いました。事前評価では、校庭の他、局地的汚染地点として遊具(すべり台)下なども対象としました。

平成23年8月30日に公布された「放射性物質汚染対策特措法」では、追加被曝線量が年間1mSv(時間あたり0.23 μ Sv)以上の地域を含む市町村を汚染状況重点調査地域に指定し、指定された市町村は除染実施区域を定め、当該区域の除染実施計画を策定することを規定しています。追加被曝線量は、地上1mで評価することになっていますが、事前調査は限られた範囲でしか行えません。そこで、周辺からの影響を極力避けるため、地上から1cmの高さで放射線量を測定して除染の効果を評価しました。

調査は、校庭に1mの正方形の区画を設定し、0.5cm、1cm、以降は1cm刻みに5cmの深さまで、表面の土壌を削り取り、その都度、中央の位置で放射線量を測定しました。

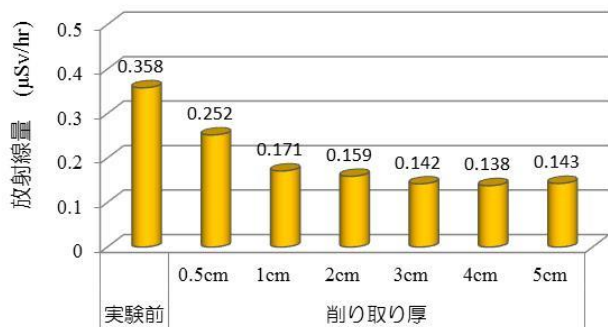
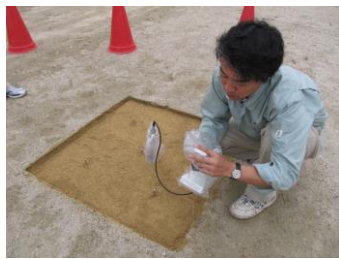


図1 削り取り厚による放射線量の低減効果(校庭)

実験前に、0.358 μ Sv/hであった放射線量は、表面の土壌を1cm削り取ることで、1/2以下の0.171 μ Sv/h、2cmで0.159 μ Sv/hまで減少しました。また3cm以降は、ほとんど変わりませんでした(図1)。

すべり台下も同様に、すべり台の先端に1mの正方形の区画を設定して行いました。実験前に0.707 μ Sv/hであった放射線量は、表面の土壌を1cm削り取ることで30%以下の0.192 μ Sv/hまで急激に、以深はわずかずつ減少しました。

校庭全体の除染作業の前日に、校庭の5ヶ所で測定した放射線量の平均値は、地上1mで0.244 μ Sv/hであり、除染の基準(0.23 μ Sv/h)をわずかに超える程度でした。除染条件の検討結果からは、1cmの表層土壌を削り取ることで、放射線量は除染の基準を十分に下回ると予想されましたが、上述のように地上1cmでの評価であり、除染の基準とは測定高さ異なることを考慮し、2cmまで削り取ることを目標としました。

作業は、最初に散水車で校庭全体に撒水した後、道路の清掃に使用されるロードスイーパーにより表層の土壌を削り取りました。ロードスイーパーは、車両前方に取り付けた水平方向に回転する2つの大型の“タワシ”で土壌を削り、車両の下に取り付けた鉛直方向に回転するブラシで削った土壌を掃き集める構造になっています。目標の深さまで削るため、作業を3回繰り返しました。作業終了後、作業前と同様に測定した放射線量の平均値は、地上1mで0.175 μ Sv/hとなり、除染の基準を下回りました。ただし、参考に測定した地上1cmの放射線量は平均で0.184 μ Sv/hであり、除染条件の検討で2cmを削り取った時よりも1割程度高い値でした。削り取る深さのムラや削り取った土壌を完全に掃き集められないことなどの影響と考えています。



(研究推進室長 細野繁雄)

◆環境学習・イベント情報

彩の国環境大学の報告

環境科学国際センターでは、地域で環境保全活動や環境学習活動を行うリーダーを育成することを目的に、毎年度「彩の国環境大学」を実施しています。

今年度は、「基礎課程」に35名、「実践課程」に28名の応募があり、実践課程は8月29日(土)から5週にわたり実施しました。

基礎課程は、10月10日(土)から毎週土曜日に実施いたします。

講座に先駆け、8月23日(日)に開講式が行われ、受講生は、副学長である当センターの坂本和彦総長から、開講にあたっての激励のあいさつを受けたあと、坂本総長による「大気汚染～局地汚染から越境汚染まで～」と題した公開講座に参加しました。

また11月23日(月・祝)の閉講式では、国立環境研究所理事の原澤英夫氏による「地球温暖化～国連気候変動パリ会議(COP21)後の温暖化対策～」と題する公開講座を予定しています。会場は武蔵浦和コミュニティセンター(JR武蔵浦和駅西口徒歩2分)です。公開講座は、受講生以外の方も聴講できます。学習・情報担当(TEL0480-73-8363)までお申し込みください。



県民の日特別企画のご案内

11月14日(土)の県民の日には、サイエンスショーや研究所公開など、楽しい企画が盛りだくさんあります。また、オリエンテーリングクイズ正解者の先着500名様に景品をさしあげます。県民の日は展示館の入場も無料となりますので、ぜひお出かけください。

イベント	時間	定員	参加方法
オリエンテーリングクイズ	9:30～16:00	時間内は随時参加OK	事前申込みや整理券はあません 展示館受付で解答用紙配布
自然観察会 見てみよう感じてみよう 秋の生態園	①10:40～11:40 ②13:10～14:10	各回30名	当日整理券
ダンボールクラフト ASIMOを作ろう	10:00～11:30	30名	当日整理券
サイエンスショーA 空気ってチカラもち!?	①10:00～10:30 ②12:20～12:50 ③14:20～14:50	各回100名	往復ハガキによる事前申込み または当日指定席券
サイエンスショーB -196℃の世界	①11:10～11:40 ②13:20～13:50	各回100名	往復ハガキによる事前申込み または当日指定席券
研究所公開 (普段は非公開)	① 9:45～10:45 ②13:05～14:05 ③15:05～16:05	各回30名	当日整理券

- ・当日の整理券・指定席券は、午前8時50分から展示館前で先着順に配布します。
- ・サイエンスショーは、各回50席を往復ハガキでの事前申込み席とします。〔11月4日(水)必着、抽選〕
残席を当日券とし、当日指定席券を配布します。
- ・詳細は電話かホームページでご確認ください。
- ・講師の都合により、開催時間・内容等が変更となることがあります。

お問い合わせ

環境科学国際センター 学習・情報担当 TEL 0480-73-8363

〔休館日:月曜(ただし休日の場合は開館)、開館した月曜日の翌平日、年末年始12月29日～1月3日〕

<http://www.pref.saitama.lg.jp/cess/index.html>.