

第37号
(Vol.37)
October, 2017

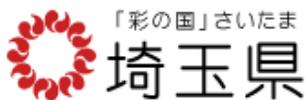
発行者：〒347-0115 埼玉県加須市上種足914

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～



澄み渡る空気が心地よく感じられる今日この頃、当センターの生態園でも秋の実りや虫の音など、秋の訪れを実感できるようになりました。埼玉県環境科学国際センターニュースレター第37号をお届けします。

本号の研究・事業紹介では、廃棄物最終処分場の未来を予測する「スーパーコンピュータで切り拓く廃棄物（ごみ）の研究」、地中熱利用システム普及のための「埼玉県における地中熱エネルギー活用に向けた研究」について紹介します。「ココが知りたい埼玉の環境」では、富士山頂での大気調査に関する疑問に研究員が分かり易く解説します。環境学習・イベント情報では、「平成29年度（11月）の講座・イベント」についてご案内します。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

- ・スーパーコンピュータで切り拓く廃棄物（ごみ）の研究…………… 2
- ・埼玉県における地中熱エネルギー活用に向けた研究…………… 3

ココが知りたい埼玉の環境（28）

- ・富士山で空気を調べると何が分かるの？富士山の空気はどこが違うの？…………… 5

- 環境学習・イベント情報 …………… 6

秋の生態園



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ています。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、環境の把握、環境問題の解決、良好な環境の創造に向けて、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。

スーパーコンピュータで切り拓く廃棄物（ごみ）の研究

資源循環・廃棄物担当 専門研究員 鈴木和将

皆さん、映画『ドリーム』¹⁾（20世紀フォックス）をご覧になりましたか。本作は、1960年代初頭、アメリカとソ連の宇宙開発競争が繰り広げられている中、NASAで働いていた黒人女性の数学者たちが、様々な逆境や困難にも負けずに立ち向かい、アメリカ初の有人地球周回飛行を成功させ、新たな時代を切り拓いたという感動作です。当時、ロケットの打ち上げに必要な巨大で複雑な計算は、彼女たちのように「計算手（Computer）」と呼ばれる人達の手計算によって行われていましたが、作中で描かれているとおり、NASAに新しくIBMのコンピュータが導入され、機械が計算手に代わり計算を担うようになってきました。その後、コンピュータは飛躍的な進歩をとげ、新たな計算の道具として、宇宙科学の分野だけではなく様々な分野の発展に貢献してきました。ごみの分野も例外ではありません。

近年、ごみの研究で、私が特に力を入れて取り組んでいることは、埋立地からどのような浸出水やガスが出てくるかを予測するために、計算により埋立地内部の現象を再現するという数値シミュレーションの研究です²⁾。プログラムを組んで、相棒のノートパソコンに実行させると、計算結果がでてきます。しかし、埋立地のような不均質な地下環境の現象を詳細に再現しようとするとうとう計算量が多くなり、結果が出るまでに長い時間（数週間）かかってしまいます。いろいろ試したいことがあるのに、パソコンの性能がネックとなり、なかなか研究が進まないという歯痒い思いをしていました。そこで、これを打破するに為に、一つの方法として、スーパーコンピュータ（以下「スパコン」と略す）を利用することとしました。スパコンは、気象、防災、医療等様々な分野で活躍していますが、まだ、ごみの分野では、ほとんど活用されていません。

スパコンとは、同時代の家庭用パソコンやサーバーパソコンと比べて桁違いに速いスピードで計算を行うことができる高性能なコンピュータのことをいいます。日本で最も有名なスパコンは、理化学研究

所の「京（けい）」、それ以外にも大学や研究機関等に設置されています。現在進めている研究では、東京工業大学のスパコンTSUBAME（ツバメ）を利用して計算を行っています（図1）³⁾。



図1 スパコンTSUBAME2.5(引用 東京工業大学GSIC : <https://www.gsic.titech.ac.jp/tsubame>)

なぜ、スパコンは、驚異的な速さで計算ができるのでしょうか？大量の計算問題でも一人の計算手で計算するより、沢山の計算手達で行うと計算時間が短縮する、つまり、コンピュータも同様で並列計算により高速化が可能となります。また、TSUBAMEは、GPUスパコンと呼ばれ、画像処理のために開発・進化してきたグラフィックプロセッサ（GPU）を搭載しており、それを汎用的な計算に利用するものです。GPUは非常に演算性能が高く、これを複数利用することにより、さらに計算の高速化が図れます。そこで、GPU上で高速に動作する埋立地内部流体数値解析コードを開発し⁴⁾、GPUの台数を変えて数値シミュレーションを行い、計算にかかった時間を計測しました。図2は、計算した埋立地内部の浸出水の流れの様子（速度ベクトル）を表しています。これをGPUを用いないで計算した場合、計算時間は 1.48×10^5 秒かかりますが、1台のGPUを用いることにより、計算時間は 1.65×10^4 秒と9.0倍速くなり、さらに2台のGPUを用いると、計算時間は 9.06×10^3 秒となり、16.3倍高速化することができました。今後、さらにGPUの台数を増やして超並列高速計算に挑戦してい

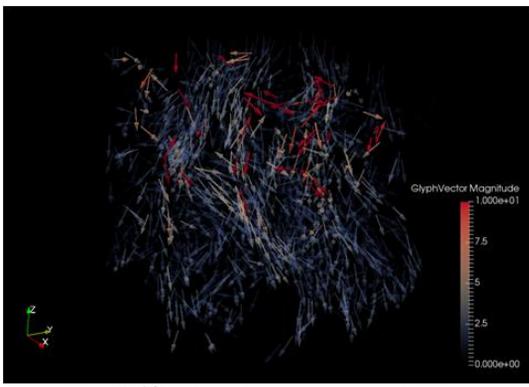


図2 数値シミュレーションの結果

きます。

このような計算の高速化により、これまで計算できなかったより大規模で不均質な系での精度の高いシミュレーションや実験的手法ではわからなかった埋立地の浸出水やガスの将来予測が可能となります。また、いくらスパコンがすばらしくても間違ったモデルを使っているのは本当の答えを得ることはできません。埋立地内部で起こっている現象を明らかにし、それをモデル化することが重要です。それにもスパコンは大きく貢献することが期待されます。

私たちが捨てたごみは、浸出水やガスを排出しながら、将来、土へ還っていくのでしょうか？土でないなら百年、千年それ以上先、ごみは安定なものへ変化していくのでしょうか？それとも……。まだ誰も答えられないこの疑問をスパコンの力を借りて解き明かしたいと思っています。この問題を解くため、まだ課題が山積みですが、映画『ドリーム』の彼女たちのような知性、パワーや勇気をもって困難に立ち向かい、埋立地が安全・安心な社会基盤施設となるよう研究を進めてまいります。

参考文献

- 1) 20 世紀 フォックス : <http://www.foxmovies.jp.com/dreammovie/>
- 2) 鈴木和将: 数学で探る廃棄物最終処分場の美しい世界, CESSニュースレター, Vol.29 (2015)
- 3) 東京工業大学 学術国際情報センター : <http://www.gsic.titech.ac.jp/node/60>
- 4) 鈴木和将, H. Q. H. Viet, 水藤寛: GPUスパコンを用いた廃棄物埋立層内の数値流体シミュレーション, 第28回廃棄物資源循環学会研究発表会講演原稿, D2-5 (2017)

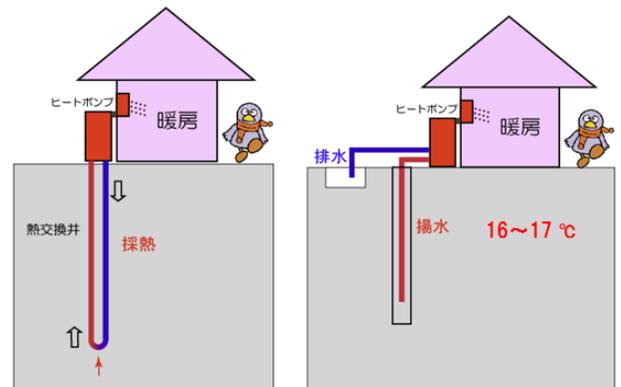
埼玉県における地中熱エネルギー活用に向けた研究

土壌・地下水・地盤担当 専門研究員 濱元栄起

地球温暖化やエネルギーの問題から再生可能エネルギー（自然エネルギー）の活用が求められています。近年、水力や風力、地熱などに加えて地中熱エネルギーも注目され始めています。「地熱」は火山地帯などに存在する高温の熱であるのに対して、「地中熱」は地表から200m程度の深さまでの熱と言われています。この地中熱の大きな特徴は、これまでの再生可能エネルギーのように発電のために用いるのではなく、熱そのものを直接利用できることです。この原理は、地中の温度は年間を通じてほぼ一定であるため、夏は気温より地温の方が低く、冬は地温の方が暖かいという性質を利用して、夏は「冷熱」として冷房に使い、冬は「温熱」として暖房に使うというものです。身近な例では井戸の水が夏は冷たく、冬は暖かく感じるのも同じ性質によるものです。

地中熱エネルギーを利用するためのシステム（地中熱利用システム）には、大きく分けて次のふたつの方式があります。ひとつは数十メートルから百メートル程度の熱交換井と呼ばれる孔を掘削して、そこにU字状のパイプを通して、循環液を流すことにより地中で熱交換をする方式（クローズドループ式）、

もうひとつは地下水をくみ揚げて、その熱を地上部で熱交換する方式（オープン式）です（図1）。これまでのところ、エアコンなどでも使われるヒートポンプと組み合わせたクローズドループ式が、住宅やビルなどの冷暖房や給湯などで広く活用されています。地中熱利用システムは国内外でも普及し始めており、埼玉県でも両方式を合わせて80件以上が導入されています（2016年環境省調べ）。地中熱利用システムは、環境にも経済的にも優しいことから今後も広く普及していくものと考えられます。



クローズドループ式

オープン式

図1 地中熱利用システムの概念図

ただし、地中の熱エネルギーの採りやすさは、場所によって地下環境の条件が違うため差が生じます。そこで当センターではエコタウン環境課と共同で全県レベルの評価（図2）を行い、さらに県南部では当センターが独自に細かなスケールでの評価（図3）を行いました。これらの評価で、埼玉県では県の全域で地中熱エネルギーを活用できそうだということが分かってきました。県南部の細かな評価では特に大宮台地などでポテンシャル（採熱量）が高めであるという結果がでています。ただし、これらの評価は地質や地下温度、地下水特性などの情報から間接的に算出していますので、今後実測データなどと比較をして精度の高い評価を行いたいと考えています。これらの研究成果を活用することで、埼玉県におい

て、今後地中熱エネルギーを活用したビルや住宅が普及するのに役立つと期待されます。

さらに、この地中熱エネルギーを従来の住宅やビルなどだけでなく、埼玉県の農業分野でも活用するという実証試験を、エコタウン環境課や当センター、農業技術研究センター、農林振興センターが連携し、県内の農家さんに御協力を頂きながら進めています。現在、イチゴ栽培（熊谷市）とハーブ栽培（久喜市）で試験を行っています（図4）。試験は途中段階ですが、例えばイチゴの栽培では、1シーズン中にこれまでよりも多くの回数収穫が可能となったこと、さらに春先には、冷房がない場合には暖かすぎてイチゴの質がやや落ちる傾向にあります。地中熱利用システムを導入することで暖房に加えて冷房も使

いやすくなり質の高いものができるようになったと農家さんから評価を頂いています。今後、電力量などのモニタリングデータ等を取りまとめてCO2の削減効果や省エネルギー効果なども評価したいと考えています。近い将来、地中熱エネルギーを活用した埼玉県の美味しいイチゴが、全国に、そして世界に広まるかもしれません。

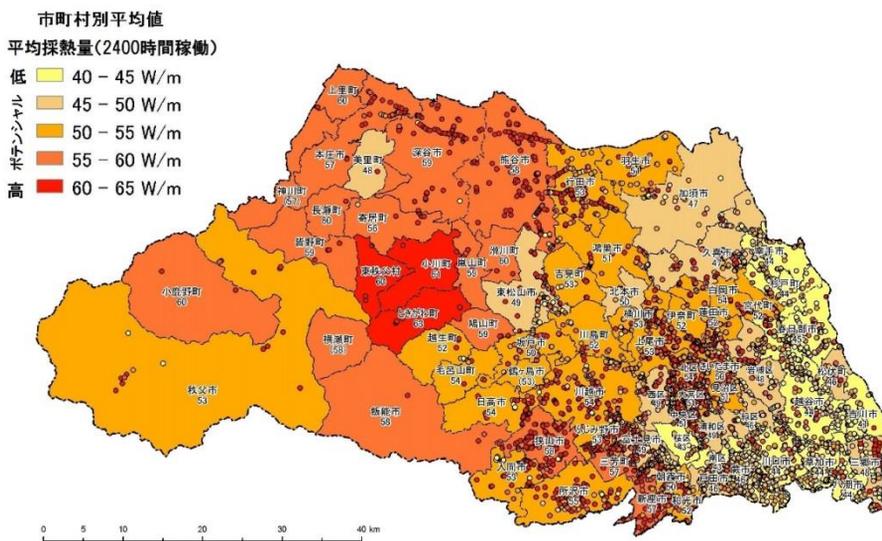


図2 埼玉県全域の地中熱ポテンシャル（地中熱採熱予測図）

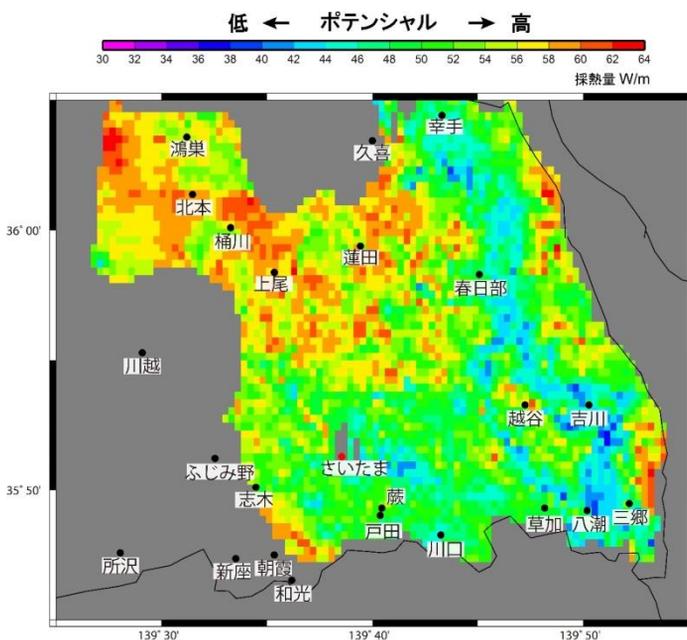


図3 県南部の細かな地中熱ポテンシャル評価



図4 地中熱エネルギーのイチゴ栽培への活用

◆ココが知りたい埼玉の環境(28)

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 富士山頂で空気を調べると何が分かるの？山頂の空気は地上の空気と何が違うの？

答え 世界文化遺産にも登録された富士山は、日本人なら誰でも知っている標高3,776mの日本一高い山です。

標高約2,500m付近から上部の大気は、地上の大気汚染の影響を受けにくく「自由対流圏」と呼ばれます。また、富士山は日本アルプスなどとは違い、山脈には属さない「独立峰」と呼ばれる形をしており、大気汚染などを観測するタワーと考えることもできます。

当センター(加須市)では、夏の間、富士山頂(旧富士山測候所、図1)で、微小粒子状物質(PM2.5)を調べています。これは、富士山頂では中国大陸などから長距離を運ばれてくる大気汚染物質を調べることができるためです(図2)。

埼玉県をはじめ、日本全国で大気汚染の常時監視測定が行われていますが、測定局は私たちの生活している地上にあるため、上空の大気については、まだ十分には分かっていません。



図1 富士山頂の観測地点

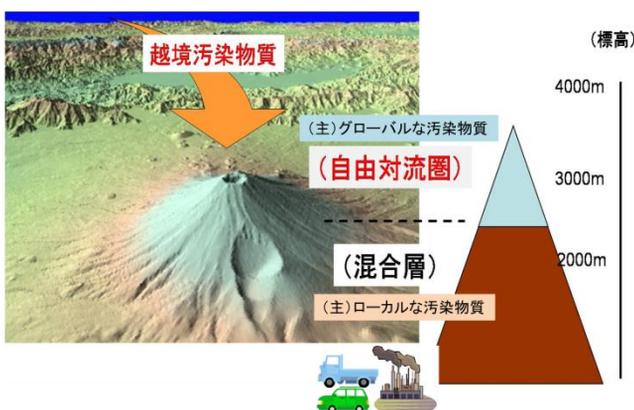


図2 富士山頂で空気を調べると・・・

そこで当センターでは、2010年から富士山頂で大気汚染の調査研究を開始し、2015年にはPM2.5を自動的に採取する装置を設置しました。2015年と2016年は1日単位で、2017年は昼と夜の12時間単位で、夏の1ヶ月間PM2.5を採取し、PM2.5に含まれる化学成分の分析を行いました。

地上のPM2.5濃度が増加した、2015年の夏の1ヶ月間の平均濃度は、当センターでは14.6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ であるのに対して、富士山頂では2.6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ と5分の1程度でしたが、化学分析の結果、石炭の燃焼によって大気中に放出されるいくつかの元素の比率が高まる期間があることが分かりました。この元素の一つにヒ素(元素記号: As)があります。

このことは、石炭消費量の多い中国等の空気が富士山頂まで運ばれていた可能性を示しています。更に、富士山頂でヒ素の比率が高まった期間のいくつかは、加須でも同様にヒ素の比率が高まっていました。このことから、地上の空気にも影響していた可能性が考えられます。

夏の大气汚染は、地上付近で発生する光化学スモッグがよく知られていますが、このように富士山頂(上空)と地上とで同時にPM2.5を調べることで、今までよく分からなかったことを少しずつ知ることができます。また、この観測は、大気の流れの上流側にある、韓国最高峰のハルラ山(済州島)や中国の大都市でも同時に行っています。

なお、旧富士山測候所は、大気や気象の研究者を中心とするNPO法人(富士山測候所を活用する会)が夏の間だけ管理しており、大気汚染だけでなく様々な科学研究に活用されています。

(<http://npofuji3776.net/>)

さて、富士山は大気汚染の観測に適していますが、気圧は地上の約3分の2で、日本で最も高山病になりやすい山でもあります。また、夏であっても天候が悪ければ、気温は冬並になることもあります。登られる際は、十分に気をつけましょう。

(大気環境担当 米持 真一)

◆環境学習・イベント情報

彩の国環境大学の報告とご案内

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40名、「実践課程」に15名の応募があり、実践課程については9月2日(土)から5週にわたり実施し、基礎課程については10月7日(土)から毎週土曜日に実施しているところです。

講座に先駆け、8月26日(土)に開講式が行われ、受講生は副学長である当センターの畠山史郎総長から、開講にあたっての激励のあいさつを受けたあと、畠山総長による「古くて新しい光化学スモッグ－原因、発生機構、新たな対策－」と題した公開講座に参加しました。

また11月23日(木・祝)の閉講式では、世界自然保護基金ジャパン気候変動・エネルギーグループ長の山岸尚之氏による「パリ協定から始まる”脱”炭素化時代－地域の役割は?－」と題する公開講座を予定しています。会場は当センター研修室です。公開講座は、受講生以外の方も聴講できますので、ぜひご参加ください。



県民の日特別企画のご案内

11月14日(火)の県民の日には展示館の入場が大人の方も無料となります。サイエンスショーや研究所大公開など、楽しい企画も盛りだくさんです。また、オリエンテーリングクイズ正解者(先着500名様)や県防災学習センター(鴻巣市)とのスタンプラリーに参加した方にプレゼントを差し上げます。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、参加が可能です。	事前申込みや整理券はありません。(展示館受付で解答用紙を配布します。)
自然観察会 「見てみよう感じてみよう 秋の生態園」	①11:00～12:00 ②13:40～14:40	各回30名	当日整理券
県民実験教室 「自然塩を作ろう」	10:00～11:30	体験者24名(小学校 4年生～6年生)	当日整理券
サイエンスショー 「空気ってチカラもち!？」	①11:20～11:50 ②13:50～14:20	各回120名	当日会場先着順
サイエンスショー 「マイナス196℃の世界」	①10:00～10:40 ②12:30～13:10 ③15:00～15:40	各回120名	当日会場先着順
研究所大公開 (普段は公開していません)	10:00～15:00	時間内は随時、参加が可能です。	事前申込みや整理券はありません。研修棟通用口から入退場ください。(混雑時はお待ちいただく場合があります。)

- ・当日の整理券は、午前8時50分から展示館前にお並びの方お一人につき1枚先着順に配布します。
- ・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(ただし休日及び県民の日の場合は開館)、開館した月曜日(県民の日を除く)の翌平日
年未年始12月29日～1月3日〕

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