



July, 2023

CESS(セス)とは、
埼玉県環境科学国際センターの愛称です。

研究・事業紹介

● 埼玉県における地中熱エネルギーの活用 脱炭素社会への切り札！

ココが知りたい埼玉の環境 (第51回)

- 光化学スモッグの原因となる揮発性有機化合物(VOC)は
どんなもので、どこから出てくるのですか？

環境学習・イベント情報

- 令和5年度 彩の国環境大学のご案内

(写真)

イチゴ農家と連携した地中熱利用
システムの実証試験(熊谷市)

今年もやります！夏休み特別企画
イベント参加者募集中！（詳しくはHPへ）

役立つ情報を発信

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

センター紹介動画公開中
センター事業を動画で紹介





土壌・地下水・地盤担当
濱元栄起

埼玉県における地中熱エネルギーの活用 脱炭素社会への切り札！

地中熱エネルギーとは

地球温暖化やエネルギー問題に対応するために、再生可能エネルギーの普及が重要です。再生可能エネルギーのひとつである「地中熱エネルギー」も、積極的な利用が期待されています。地中の温度は年間を通じて安定しているため(例えば埼玉県では15℃程度)、冬は外気よりも地中が暖かく、夏は外気よりも地中が冷たいという特徴があります。このような地中の暖かさや冷たさを「地中熱」といい冷房や暖房の熱源のために利用できます。「地中熱」は「地熱」とは異なり、基本的にどこでも利用できるエネルギーです。地中熱の歴史は古く、縄文時代の「竪穴住居」でも利用されていました。竪穴住居は、地面を掘り下げて、屋根で覆った建物であるため、冬は地表より暖かく、夏はひんやりと快適に暮らすことができたと思います。

現代の地中熱利用は、エアコンなどの室外機(ヒートポンプ)と組み合わせて、地中熱利用ヒートポンプ(地中熱利用HP)として冷暖房や給湯に利用する方法が普及し始めています。地中熱利用HPは、「クローズド式」と「オープン式」に分けることができます(図1)。クローズド式は数十メートルから百メートル程度のボーリング掘削をして、孔内にU字状のパイプを埋設し、循環液を流すことで地中の温熱や冷熱を循環液に移して地上で利用するものです。一方、オープン式は、地下水をくみあげ、地上部で直接ヒートポンプの熱源として利用するものです。国内では地下水保全の観点からクローズド式のほうが多く用いられています。

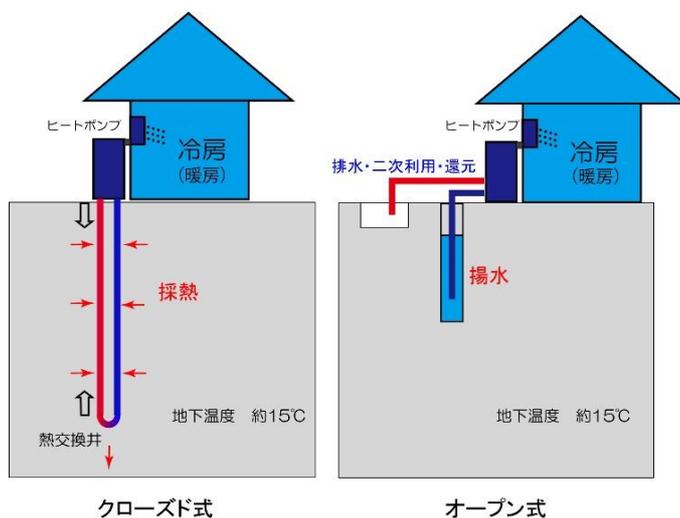


図1 地中熱利用ヒートポンプの概念図

埼玉県における地中熱の利用

地中熱利用HPは、これまで欧米を中心に普及してきました。例えばアメリカで100万台以上が導入されています。近年、中国でも急速に導入が進んでいます。日本国内では環境省の調査で3,218台導入されていますが、海外に比べて普及が遅れているのが現状です(*1)。埼玉県の導入件数は、関東地域では東京都に次いで2番目に多い124件です。県内の公共施設では、ウエスタ川越(川越市)やふれあいキューブ(春日部市)、大宮警察署(さいたま市)などで導入され、さらにオフィスビルや一般住宅などでも使われています。

地中熱エネルギーの特徴として、利用場所の地下の条件(地質、地下温度や地下水の流れ方)によって、熱を採ることのできる効率が異なることが挙げられます。一般には設置場所の地層が地下水の流れやすい砂や砂礫でできていると熱を採る効率が高くなる傾向にあります。そこで、県エネルギー環境課と共同で埼玉県全域での熱の採れやすさの傾向を把握するため、約5,000地点の地質情報(地質柱状図)を解析し、市町村別の「地中熱ポテンシャルマップ」を作成しました(図2)(*2)。この結果、粘土やシルトの地層が広がっている東部地域に比べると、砂や砂礫の地層が広がっている西部地域のほうが熱を採りやすい傾向にあることが分かりました。ただし東部地域でも、全国の標準的な値に近いことから埼玉県全域で地中熱が利用できそうであると考えられます。



図2 地中熱ポテンシャルマップと実証試験結果

これを踏まえて地中熱の効果を実際に確認するために、県エネルギー環境課と協力し県内5地点の小規模な建物(環境科学国際センターのエコロジック棟や4地点の大気常時監視測定局)に、実証試験用の地中熱利用HPと通常のエアコンである空気熱利用ヒートポンプ(空気熱利用HP)を各1台設置し、運転効率を比較しました。

この実証試験では電気エネルギーを1与えた場合に、大気中や地中から冷熱や温熱を受け取り、最終的に室内で使うことができるエネルギー量を表す「SCOP(システム成績係数)」によって効率を評価しました。値が大きければ効率が高いことを示します。図2に冷房運転した時の地中熱利用HPの平均SCOP(赤字)と空気熱利用HPの平均SCOP(青字)を示しました(この図では建物条件がほぼ同じである大気汚染常時監視測定局の結果のみ記載しています)。実証試験の結果、地中熱利用HPのSCOPは5.2~5.7であるのに対して、空気熱利用HPは2.8~4.0となりました。このことから地中熱利用HPの省エネによるCO₂削減効果が従来の空気熱利用HPに比べると1.5倍以上高いことが明らかになりました。

この実証試験は、特定のモデルケースであるため、実際に地中熱を導入する場合には、それぞれの設置場所の条件に適したシステムを設計して施工することが重要です。

農業分野における地中熱の利用

農業分野への地中熱の利用も期待されています。特にハウス栽培は、大量の燃料を必要とします。そこで、化石燃料をボイラーなどで燃焼させハウスを暖房していたシステムを、地中熱利用HPに転換する試みも始まっています。埼玉県では、洋ラン栽培やイチゴ栽培など、全国的にはこれらの作物に加えてトマトやナスなどでも利用されています。

県ではハウス栽培における地中熱の効果を調べるため、熊谷市にあるイチゴのハウス栽培農家と連携して実証試験を行いました。

この実証試験では、「地中熱ハイブリッドシステム」という最新のシステムを導入しました(図3)。これは、外気温などの環境条件に合わせて地中熱利用HPと空気熱利用HPを組み合わせることで最適な運転するもので、従来のシステムよりも効率が良いことが特徴です。さらに、イチゴの根元を加熱する「クラウン栽培」という最新の栽培方法を取り入れました(図4)。約3年間の実証試験の結果、空気熱利用HPのみを利用した場合の半分の電気使用量で加熱や冷却ができることが分かりました。また、機能面では従来の化石燃料を利用したボイラーの場合には、加熱機能しか利用できなかったのに対して、地中熱利用HP(ハイブリッド方式を含む)は冷却機能を併せ持っていることが大きなメリットです。栽培時期である秋や春などイチゴの生育にとっては気温が高くなりすぎる場合でも、この冷却機能によって栽培に適した温度に調整でき、これまで以上に高品質なイチゴが栽培できるようになりました。また、イチゴの旬の季節は、一般的には春頃までですが、この冷却機能を利用することで、初夏頃まで品質を保ったまま栽培時期を延長できる可能性があります。このように栽培時期が延長できれば、美味しいイチゴを夏にも食べられるようになるかもしれません。地中熱は、脱炭素化の切り札であると同時に、栽培面でも大変革を起こすことができると期待しています。

*1 環境省ホームページ:

<https://www.env.go.jp/seisaku/list/thermal.html>

*2 埼玉県エネルギー環境課:

<https://www.pref.saitama.lg.jp/a0503/energy/reene/reene-tityu.html>



図3 ビニルハウスへの地中熱利用システム設置



図4 地中熱を利用したイチゴ栽培

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、環境に関する質問や素朴な疑問について、当センターの研究者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に掲載していますのでご覧ください。
(<http://www.pref.saitama.lg.jp/cess/index.html>)

質問

光化学スモッグの原因となる揮発性有機化合物(VOC)はどんなもので、どこから出てくるのですか？

答

VOCは揮発性が高く、主に人為的な排出源や植物から放出される有機化合物で、大気汚染や健康への影響などに関わる重要な物質です。県では光化学オキシダント(Ox)の生成に関わる人為由来のVOC成分を明らかにするための調査を行っており、都市部では排出削減の効果が見られる一方で、郊外ではその効果が限定的であることが分かりました。Oxの生成に寄与するVOC成分には、主に芳香族炭化水素類やアルデヒド類がありますが、飽和あるいは不飽和炭化水素の寄与も今後のOx対策に重要と考えられます。

揮発性有機化合物(VOC)とは

揮発性有機化合物(Volatile Organic Compounds; VOC)は、大気中で揮発しやすく、ガス状で存在する有機化合物の総称です。VOCには、炭素と水素からなる炭化水素だけでなく、酸素を含むアルコールやケトン、アルデヒド、窒素を含むアミン、塩素や臭素を含むハロゲン化合物など、多種多様な成分があり、主なものだけでも200種以上存在するといわれています。例えば、塗料などに含まれる溶剤やガソリンから揮発するトルエンやキシレン、金属洗浄に使われるトリクロロエチレン、ジクロロメタンなどは代表的なVOC成分であり、これらを使用する工業プロセス、自動車の排気、建築・塗装過程、製造活動などから人為的に放出されます。また、植物の代謝に伴うイソプレンの放出といった自然由来のVOCの発生量も多いことが知られています。

VOCと光化学スモッグ

VOCには、特有の臭気をもつものや、高濃度や長期的な暴露によるヒトへの健康影響が指摘されるものがあります。また、VOCは、太陽の紫外線によって大気中の窒素酸化物と光化学反応を起こすことで、オゾンを生成分とする光化学オキシダント(Ox)を生成します。Ox濃度が高まり、空が白っぽくかすん

で遠方の視界が悪化する現象を光化学スモッグと呼びます。

VOCがOxの生成にどの程度関わるかは、VOC成分によって異なります。その度合いを示す指標の1つとして、MIR(Maximum Incremental Reactivity)があります。MIRは「単位重量当たりのVOCが生成する最大オゾン重量」と定義されており、MIR値が大きいVOC成分ほど、オゾンを生成する力が強いことを意味します。

Oxの生成に関わるVOC成分

Oxの生成に関わる人為由来のVOC成分を明らかにするため、県では、Ox濃度が上昇しやすい暖候期(5~9月)に、毎月4地点(戸田、幸手、鴻巣、寄居)で昼/夜別にVOC(約100種)を測定しています。図1にVOC成分の総濃度の推移を示しました。都市部の戸田ではVOC濃度の減少傾向が見られますが、県内のVOCの推計排出量は近年漸減傾向にあり、その影響を反映しているものと推察されます。一方、郊外部の寄居では、VOC濃度が横ばいで推移しており、これは周辺に人為的発生源が少なく、削減効果が限定的であったためと考えられます。戸田の昼におけるオゾン生成能に占めるVOC成分の割合を見ると(図2)、芳香族炭化水素類やアルデヒド類の寄与が大きい(約50~80%)一方で、飽和または不飽和炭化水素の寄与が大きい年もあります。これは、どこから出てくるVOCがOx濃度の削減に重要なヒントにもなり得るため、今後も調査を継続し、更なる解析を進めたいと考えています。

(大気環境担当 佐坂公規)

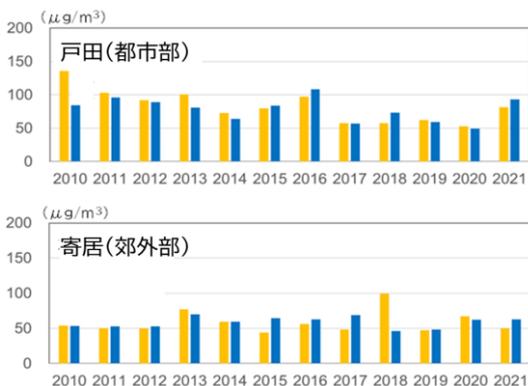


図1 調査対象成分の総濃度の推移 (■:昼、■:夜)

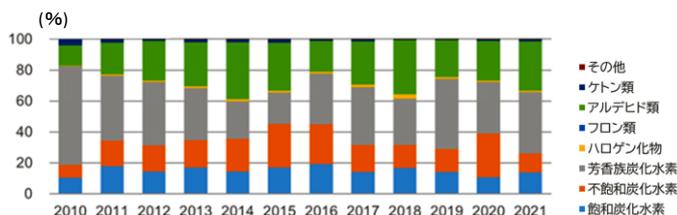


図2 MIRを用いて評価したオゾン生成能に占めるVOC成分の割合(戸田・昼)

令和5年度 彩の国環境大学のご案内

Events

環境科学国際センターでは、県民の皆様を対象に環境に関する基礎知識や地域での環境活動に必要な手法等を学んでいただけるよう、毎年度「彩の国環境大学」を開設しています。

今年度も下記の日程や内容で開講する予定で、現在、受講生及び聴講生を募集（8月13日（日）締切）しています。

※今年度の基礎課程の開催方式は会場開催、動画中継及びオンデマンド動画配信となります。

「彩の国環境大学」は、内容別に公開講座、基礎課程、実践課程がありますが、公開講座では最近の環境に関するトピックスを取りあげ、各課程の受講生でなくても受講（開催日の前日締切）いただけますのでお申し込みをお待ちしております。

各課程の講義内容や申込方法は、当センターのホームページをご参照ください。



公開講座



実践課程

開講式・公開講座・閉講式

日時	会場	内容	講師
8月26日（土） 13:00～13:15	環境科学国際センター	開講式	
8月26日（土） 13:30～15:30	同上	公開講座 「彩の国で地球環境を知る、学ぶ、考える、創る」	埼玉県環境科学国際センター 総長 植松 光夫
11月23日（木・祝） 13:00～15:00	同上	公開講座 「SDGs時代のインフラ開発と環境」	埼玉大学研究機構研究推進室 教授 小中 鉄雄
11月23日（木・祝） 15:15～15:30	同上	閉講式	

基礎課程・実践課程

	日時	開催方式	内容
基礎課程	9月2日(土)から10月8日(日)までの毎週土曜日（5日間） 10:00～15:00	・会場開催（環境科学国際センター） ・動画中継 ・オンデマンド動画配信	環境問題全般について基礎的な知識を学びます。
実践課程	10月7日(土)から11月4日(土)までの毎週土曜日（5日間） 10:00～15:00	・会場開催（環境科学国際センター）	専門的な知識や地域で活動する指導者を養成するため必要な知識や手法を学びます。

お問い合わせ

環境科学国際センター 総務・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、年末年始12月29日～1月3日〕

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

