

産総研

National Institute of Advanced Industrial Science and Technology

TODAY

9

2013
September

Vol.13 No.9

特集

2 地熱・地中熱はエネルギー問題の切り札となるか

地球の熱を上手に使おう
 地熱資源マップと地熱資源量評価
 温泉と共生する地熱開発
 温泉バイナリー発電の現状
 地熱の湯あか（スケール）
 地熱開発と微小地震
 地中熱ポテンシャルマップの作成
 地質標本館の地中熱システム
 東・東南アジアでの地中熱利用
 再生可能エネルギー研究拠点での活動

リサーチ・ホットライン

- 12 CIGS 太陽電池の新しいプロセス技術
 オールドライブプロセスによるCIGS太陽電池の量産化に道
- 13 ヒトiPS細胞を生きたまま可視化
 細胞の状態を確認しながらの効率的な培養が可能に
- 14 光照射でめっき薄膜の密着性を向上
 新しい微細金属パターンの形成技術

パテント・インフォ

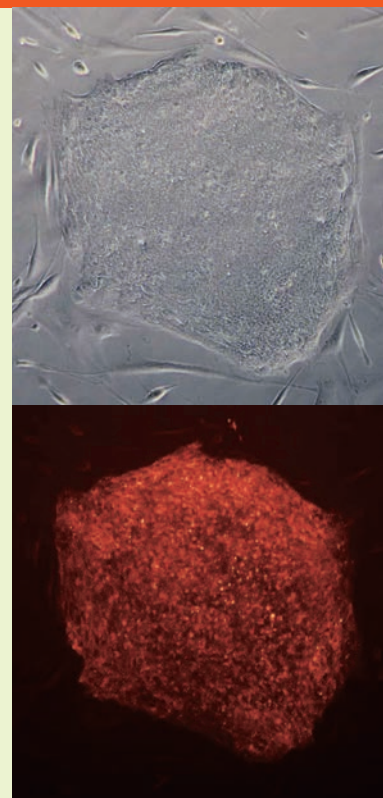
- 15 酵母から見いだした複合型糖鎖分解酵素
 酵素による糖タンパク質合成法への展開
- 16 次世代蓄電池用のセラミック電解質シート
 イオン伝導性が高く、大面積で薄い電解質シートの作製が可能に

テクノ・インフラ

- 17 非ニュートン流体の粘度標準の開発
 より便利で信頼できる粘度計測を実現するために
- 18 深部ゆっくりすべりの検出精度向上を目指して
 南海トラフの巨大地震の中期予測に貢献するために

シリーズ

- 19 進化し続ける産総研のコーディネーション活動(第44回)
 チームイノベーション




 National Institute of
 Advanced Industrial Science
 and Technology
AIST

技術を社会へ
 Integration for Innovation

地熱・地中熱はエネルギー問題の切り札となるか

地球の熱を上手に使おう

地熱・地中熱とは

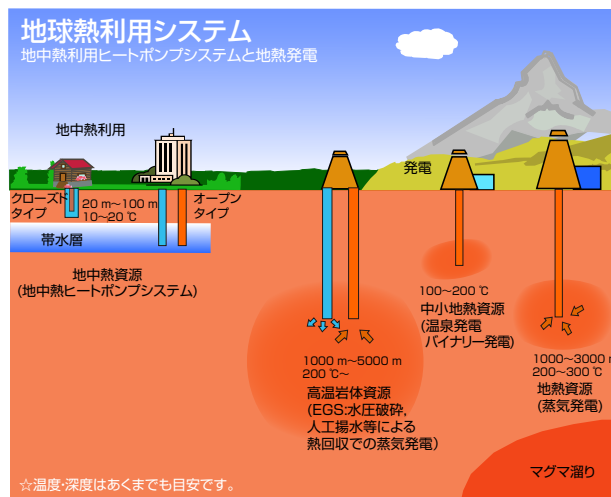
地熱は、6000℃といわれる地球の中心部からの熱や地殻内の放射性元素の崩壊によってもたらされる熱であり、これを資源として利用します。この地熱資源は、日本ではいわゆる温泉として最も多く利用されています。浴用での利用のほか、地熱により暖められた熱水は樹木の乾燥、融雪、温室栽培、養魚などに利用されています。熱水の熱を直接利用するほか、タービンを回して発電を行う利用法もあります。地熱発電では、地面の下から蒸気混じりの熱水を取り出し、蒸気だけを分離して利用します。このため、比較的高温(150℃以上)の地熱資源が使われてきました。

一方、地中熱は、地下の比較的浅い部分にある低温熱エネルギーで、四季を通じて一定な地中の温度を利用します。例えば、熱交換を行うパイプを地面の下に敷設し、その中を循環する流体と地中との熱交換を行うシステムは、建物の冷暖房などに使われます。この地中熱利用では、熱水が噴出しない地域でも地熱資源が利用できます。

新しい地熱・地中熱利用技術

地熱利用では、近年、100℃以下で気体になる物質を地熱により加熱し、その蒸気の圧力でタービンを回すバイナリー・サイクル発電技術が確立し、これまでは利用できなかった比較的低温の地熱資源を用いた発電が可能となってきました。

また、地中熱利用では、熱を輸送する物質(熱媒体)の気化熱や凝縮熱と地中での熱のやりとりによって、熱媒体を減圧や加圧するのに用いるエネルギーよりも



地中熱は、地下20～100m深、10～20℃程度の地中の温度環境を上手く利用するシステム。「温度差エネルギー」とも呼ばれている。

多くのエネルギーを取り出すことができるヒートポンプ技術が発達し、これまでの技術では地球の熱資源の利用が困難であった地域での冷暖房にも利用できるようになるなど、地熱資源の利用方法が拡大してきています。

産総研での技術開発

地熱資源は、地球から大気圏外に放出される熱エネルギーのほんのわずかを利用しているに過ぎません。ちょうど太陽光発電が、地球に降り注ぐ太陽の光のわずかなエネルギーを電気に変換しているのと同じです。このため、地熱エネルギーを採取しても地熱資源が枯渇することはなく、再生可能エネルギーとして分類されています。しかし、日本中どこでも地熱の恵みを享受できるわけではありません。温泉や地熱発電用の資源には、地球の熱とともに熱を輸送する水とその水をためておく地下の構造が必要です。産総研では、どこに多くの資源量があるかを表示した地熱ポテンシャルマップを発刊して地熱資源の利用拡大を図っています。

また、地熱発電などの大規模な開発では温泉への影響が懸念材料として常に指摘されています。このため、温泉に影響を与えない開発方法や熱水の汲み上げなどに伴って発生する極微小地震の観測などの技術開発を進めてきました。

一方、地中熱資源の利用においても、地下水の流動などにより採取できる熱の量が地域によって違ってきます。産総研では、地中熱に関してもポテンシャルマップを作成し、利用拡大を図ってきています。地中熱は、韓国や中国ではすでに導入が進んでおり、ほかの東南アジアの国々でも導入可能性調査が開始されています。

再生可能エネルギー研究拠点

産総研では、福島県郡山市に再生可能エネルギーの研究拠点を建設中です(2014年4月開所予定)。この研究拠点でも、地熱や地中熱エネルギーの研究開発が進められていく予定です。

地圏資源環境研究部門
とうしゃ としゆき
當舎 利行
さかぐち けいいち
阪口 圭一

地熱資源マップと地熱資源量評価

地熱資源マップの使いみち

日本は地熱資源大国ですが、どこでも地熱発電ができるわけではありません。地熱蒸気をそのまま使って発電するには200℃程度以上の高温の蒸気や熱水が必要で、それが可能なのは火山地域に限られます。数十℃の温水（温泉）が得られる地域なら、範囲はずっと広がり、浴用を含めた熱の直接利用ができます。

国や地方自治体が地熱開発に関する政策を定めたり、企業や地域コミュニティなどが地熱開発を計画したりする際の最も基本的な情報として、どこに、どのくらいの量の、そして何℃くらいの地熱資源があるかを評価して示す地図、つまり地熱資源マップが必要です。

地熱資源マップには工夫が必要

例えば太陽光発電なら、その場所の日射量や日照時間を測定すればおよその発電可能量が計算できますが、地熱資源には、地表で簡単に測定して地下の資源量を見積もることができる観測項目がありません。そのため、これまで、地熱資源の分布や性質（温度や熱水の性質など）を表した多くの種類の地図が工夫されて発表されています。図1は、ボーリングの温度データから地中の温度勾配の分布を表した地図で、温度勾配が高い地域に地熱資源が期待できます。図2は、温泉やボー

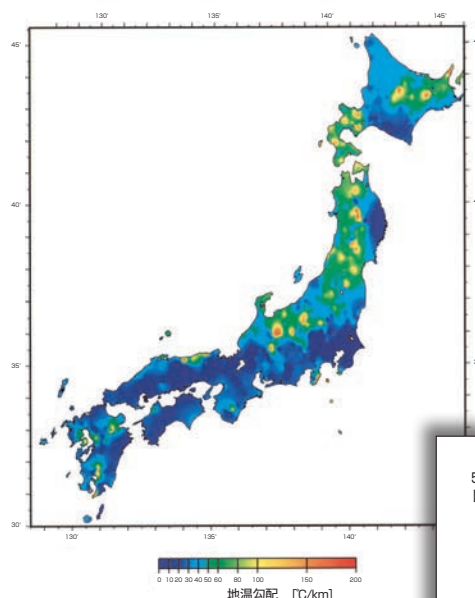


図1 ボーリングの温度データに基づく日本列島の地温勾配図^[1]

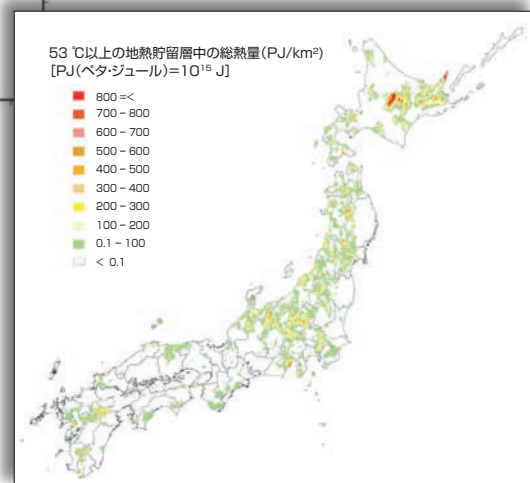


図2 53℃以上の地熱貯留層中の熱量分布^[2]

リングの温度データから地中の温度分布を、重力測定値から蒸気や熱水の溜まっている地熱貯留層の分布を、それぞれ推定して計算した地熱資源量（地熱貯留層中の熱量）の分布図です。

日本の地熱資源量評価

産総研が発行した「全国地熱ポテンシャルマップ」^[2]のデータに基づいて

地熱資源量評価ができます。150℃以上の地熱貯留層を対象として国立公園などの制約なしに日本国中の地熱資源を開発した場合、30年間にわたって約2300万kWの発電が可能と試算されています^[3]。

産総研では、よりよい地熱資源マップを作成するための研究を続けています。

参考文献

- [1] 矢野雄策他：日本列島地温勾配図 1:3,000,000, 地質調査所（1999）。
- [2] 村岡洋文他：全国地熱ポテンシャルマップ 数値地質図GT-4, 産総研地質調査総合センター（2009）。
- [3] 村岡洋文他：日本の熱水系資源量評価2008, 日本地熱学会講演要旨集（2008）。

地圏資源環境研究部門
地熱資源研究グループ
さかぐち けいいち
阪口 圭一

温泉と共生する地熱開発

温泉も地熱も永続的に使いたい

新規の地熱開発を行う際には、地元の人たちの理解（パブリック・アクセプタンス、PA）が必須です。周辺地域に温泉があれば、それらに悪影響を及ぼさないように開発することは当然と言えます。しかし過去には、地熱開発によって温泉に悪影響が出るのではないかという温泉事業者の懸念により、開発が遅れたり中止される例がありました。実際には、周辺の温泉や天然の地熱徴候に悪影響が出るような開発の仕方では、そういった周辺影響が出る以前に、地熱貯留層自体の温度や圧力が下がり、永続的な地熱発電を行うことができません。地熱開発業者がそのような開発計画を立てるとは思えませんが、いずれにしても、事前調査に基づいて温泉に悪影響を及ぼさない開発計画を立てることが重要です。その基本的考え方は、

- ・ 開発の対象となる地熱貯留層と温泉帯水層との間に、しっかりした不透水層があれば問題ない
- ・ 天然の熱と水の供給量に対して、温泉・地熱で採取する熱と水の収支バランスがあれば問題ない

となります。しかし、地下に関してはいくら調査しても不明な点が残るのは事実です。そこで、万が一、開発後に想定外の影響が生じた場合に備えて、地熱開発地域周辺でのモニタリングを行います。モニタリングを続けていけば、温泉の変化をいち早くとらえ、実質的な問題が起こる前の段階で対策を立てることができます。

当研究部門では、2010～2012年度に環境省委託事業「地球温暖化対策技術開発等事業（温泉共生型地熱貯留層管理シ

ステム実証研究）」を実施しました。この研究では、上記の考え方に基づいた地熱-温泉系モデリング、影響予測シミュレーション、モニタリングによって、温泉に対する悪影響がない地熱発電を行うための総合的な地熱貯留層管理システムを作成しました。また、温泉へのPA活動の一環としては、既存温泉を利用した温泉発電の促進も有効と考えられます。当研究部門は、2010～2012年度の環境省委託事業「同上（温泉発電システムの開発と実証）」（代表：地熱技術開発（株））にも参加しています。

地熱調査は温泉のお医者さん

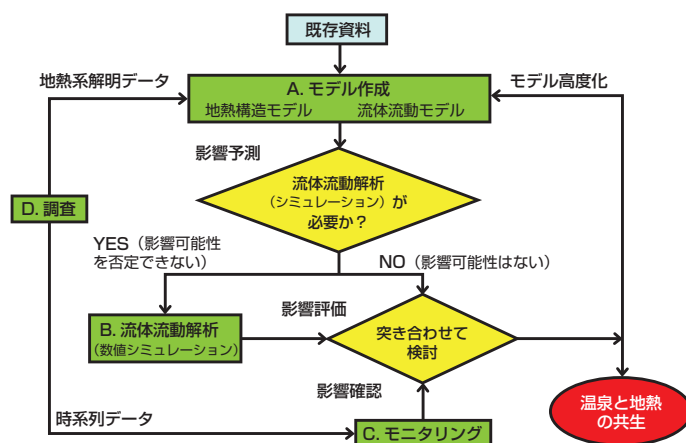
さて、温泉事業者にとって地熱開発にメリットはあるのでしょうか。答えはイエスです。地熱開発の際は、付近の温泉も含めた熱水系の調査をします。したがって温泉事業者にとっては、地下の温泉資源が現在どのような状況なのかを知る絶好の機会となります。つまり、無料で温泉の検診を受けられるわけです。また、地熱開発後に周囲の温泉でモニタリングを行っていれば、それは定期検診に相当します。もし地熱開発以外の原因による何らかの異常

が起きた場合にも早期発見ができ、温泉の経営者にとってプラスにこそなれ、マイナスにはなりません。

メリットとデメリットのバランス感覚

地熱開発を含めあらゆる開発は、周辺環境に何らかの影響を与えます。しかし、それを技術力や発想力でゼロに近づけることは可能です。また影響というリスクが伴うとしても、それを補って余りあるメリットがあれば、開発を行う価値があると考えられます。災害時にも安定電源を確保できるという地域の人々へのメリット、地球温暖化対策に有効なクリーンな電源という地球環境へのメリットを考えれば、地熱開発を行う意義は大きいはずです。同様に、温泉事業者にとっては、温泉への影響というリスクが多少残るとしても、温泉源の状態を正しく知ることができ、何らかの異常の際には、原因が何であれ、それを早期に知って対処できるというメリットがあり、互恵関係を結ぶことができるのです。

地圏資源環境研究部門
地圏環境評価グループ
やすかわ かすみ
安川 香澄



温泉共生型（温泉に悪影響を及ぼさない）地熱開発のための調査フロー

地熱・地中熱はエネルギー問題の切り札となるか

温泉バイナリー発電の現状

バイナリー発電とは

高温の温泉を利用した発電方法としてバイナリー発電が注目を集めています。この方式は、温泉の熱水や蒸気を熱交換し、低沸点の媒体を気化してタービンを回すものです(図)。

バイナリー発電に使われる媒体としては、代替フロン、炭化水素系媒体、水とアンモニアの混合物などがあります。世界的には炭化水素系媒体を利用した1,000 kW規模の発電機が主流で、日本でも八丁原地熱発電所で導入されています。ただし、最近日本で温泉発電用に開発されるのは代替フロン利用型が多くなっています。これは、代替フロン利用型の場合、ほかと違って発電出力300 kW以下ならボイラー・タービン主任技術者を配置する必要がなく、その分ランニングコストを低くできることによります。

地質分野からのアプローチ

当研究部門では2007年度から地熱技術開発(株)と共同で温泉バイナリー発電の研究に取り組んでおり、地質分野からのアプローチを行っています。

まず、金原(2005)^[1]が収集した約4,500の源泉データを基に発電可能な高温温泉からの発電可能量を約72万kWと推定しました(大里・村岡, 2008)^[2]。また、発電に利用可能な温泉の量とその安定性を確認するために、地質調査、地化学調査などから温泉地域のモデリングを行い、さらに過去の温泉生産量や化学組成のデータの検討、周辺温泉のモニタリングを行っています。

そして、温泉水中に含まれるシリカや炭酸カルシウムなどにより熱交換

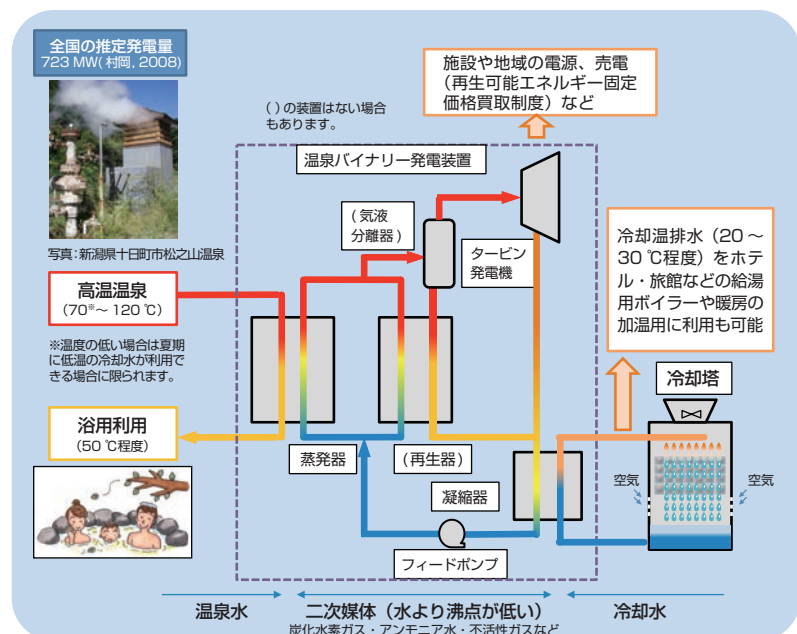
器でのスケール付着問題が生じることがあるので、温泉水の化学組成からスケール付着可能性を求めるとともに、付着対策の研究をしています。

カーリーナサイクルの可能性

地熱技術開発(株)との共同研究では、水とアンモニアの混合物を用いたカーリーナサイクルでの実証試験を新潟県の松之山温泉地域で行っています。この方式の長所は、発電効率が代替フロン利用型より高く、媒体が温室効果ガスでないことにあります。ただしアンモニアガスに毒性があることから、現在はボイラー・タービン主任技術者を配置する必要があります。しかし、温

泉地域で長期に安全に運転可能なことが実証できれば規制緩和によるコスト低減で普及が進むと思います。カーリーナサイクルの例としては、新日鐵住金(株)鹿島製鉄所で高炉からの廃熱を利用した3,450 kWのものがありますが、1999年の導入以後トラブルなく安定した発電が行われています。松之山温泉での試験では、温泉発電向けの50 kW規模のシステムが同様に安全に安定して稼働するか、同時に温泉の生産が安定しているかを調査する予定です。

地圏資源環境研究部門
地熱資源研究グループ
やなぎさわ のりお
柳澤 教雄



温泉バイナリー発電の概念図(地熱技術開発(株)作成)

参考文献

- [1] 金原啓司: 日本温泉・鉱泉分布図及び一覧(第2版CD-ROM版), 数値地質図GT-2(2005).
- [2] 大里和己, 村岡洋文: 温泉バイナリー発電(<特集>地熱利用技術の研究開発最前線), 日本エネルギー学会誌, 87, 812-818(2008).

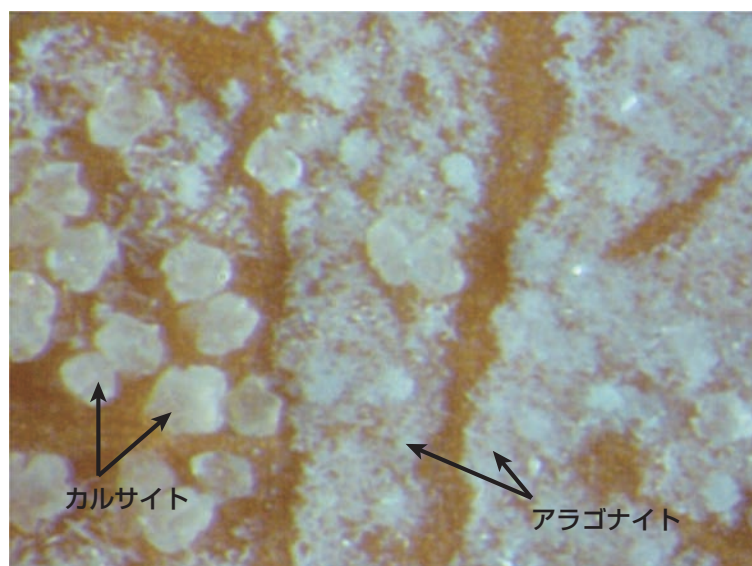
地熱の湯あか（スケール）

スケールとは

湯けむり漂う温泉地の湯船には多種多様な泉質の湯があふれ、しばしば可憐な湯の華が咲き誇ります。この湯の華は温泉水の物理化学的变化によって生じた浮遊物や沈殿物のことで、鉄の赤、炭酸カルシウムの白、硫黄の黄のように湯船に彩りを添えてくれます。ところが、温泉の維持管理の観点からは湯の華は少々厄介な存在で、井戸内や配管内に付着し成長すると温泉水の生産量や給湯量を減少させ、時には井戸や配管を閉塞します。温泉や地熱ではこのような湯の華をスケールと称しています。よく問題となるスケール物質は、温泉水では酸化水酸化鉄($\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$)と炭酸カルシウム(CaCO_3)、地熱水では炭酸カルシウムと二酸化ケイ素を主成分とするシリカ鉱物($\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$)です。

対策の現状

温泉水が地上に湧き出ると、溶存する鉄分が酸化して酸化水酸化鉄を生成し、脱水反応が進行すると硬化します。対策は浮遊中にろ過除去したり、沈殿固化後には薬剤で洗い流したりしています。温泉水が井戸内を上昇し、あるいは、配管内を流動する際に圧力が低下すると、溶存する炭酸成分が脱気して炭酸カルシウムが沈殿します。対策はいろいろなものが考案・試験されています。例えば、保守管理的手法（水で希釈、沈殿槽設置、沈殿物の浚渫、閉塞配管の交換）、電磁気学的処理（電気分解、磁界照射）、化学的処理（薬剤添加）が



温泉水に浸した材料表面に成長した2種類の炭酸カルシウム鉱物（粗粒：カルサイト、細粒：アラゴナイト）

挙げられます。地熱水は高温で多量のシリカが溶存するため、生産後の温度低下によって配管やタービンにシリカ鉱物が析出します。対策として沈殿槽設置や薬剤によるpH調整と重合制御が試みられています。

基礎研究の展開

温泉や地熱の多段的利用が奨励・期待される中で、現状のスケール対策は泉質や利用形態を配慮するにはいまだ不十分であると思われる、今後に対策の選択枝の幅を広げ、費用対効果を向上していく必要があります。そこで、基礎研究として、スケール発生機構、各種材料の表面物性に基づく抑制機能、電磁気学的な抑制効果、回収したスケールの利活用法を検討しています。例えば、炭酸カルシウムについて、マクロな観点からは脱気した分の炭酸ガスを温泉水に

圧入して送水時の沈殿を抑制する方法を、ミクロな観点からは温泉水に材料を浸して生成するスケールの種類とそれらの成長速度を調査する方法（図）や、結晶核形成に対する溶存成分の影響の調査方法について、検討しています。このような基礎研究にはいろいろな物理化学特性が関係するので、例えば材料開発分野などとの分野横断的な連携・推進が必要です。

地圏資源環境研究部門
地熱資源研究グループ
佐々木 宗建

地熱・地中熱はエネルギー問題の切り札となるか

地熱開発と微小地震

はじめに

地熱地域で地下に高温の蒸気や熱水が存在する領域を地熱貯留層と呼びますが、これらは高温で多くの亀裂が存在する場所、例えばカルデラ壁や断層の近くに形成される事例が大多数です。地熱貯留層の内部には、水や蒸気に満たされた不安定な亀裂が存在するため、地震活動が観測される地熱貯留層もあります。また、透水性が低い亀裂に対して流体注入による加圧を行うことにより透水性を改善する^{かんよう}涵養地熱システム（Engineered Geothermal Systems；EGS）型の地熱開発でも、亀裂への加圧時に人間が感じない微小な地震が発生するのが一般的です。

には、地下数kmの高温、高圧環境下にある個々の亀裂の特性を計測する必要がありますが、これを実現できる技術はほとんどありません。このため、特にEGS分野の標準的な手法として、微小地震の発生場所や発生時の震源の動きなどを調べる方法の研究開発が行われてきました。この手法により亀裂群の分布を推定することに加え、加圧時における透水性改善のモニタリングなどが可能になってきました。産総研をはじめ、日本の研究者はこの分野における高い技術をもっており、各国でのモニタリングを実施するなど地熱開発の促進に寄与しています。

高圧流体注入時の地震は、地熱開発に伴う環境影響の一つとみなされています。地熱地域で発生する有感地震については、各種の解析が可能となる良好なデータが取得された事例が極めて少なく、また、地域依存性が高いという特徴があります。このため、有感地震発生前後に地下で起こった他の地学現象や開発行為との因果関係について十分な科学的理解が進んでいないのが現状です。産総研ではさまざまなアプローチにより、地熱地帯で起こる地震のリスク評価や発生を低減させる地熱開発方法の導出を目指して研究を行っています。

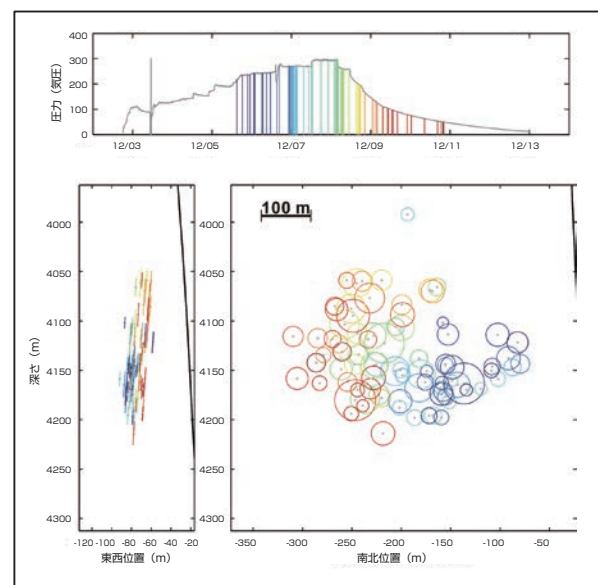
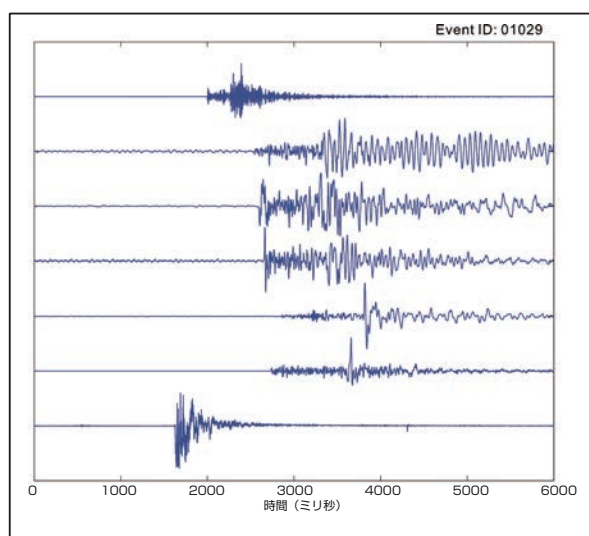
微小地震による地熱貯留層モニタリング

地熱エネルギー開発・利用のため

地熱地域で発生する有感地震

地熱貯留層からごくまれに発生する有感地震、特にEGS分野における

地圏資源環境研究部門
あさぬま ひろし
浅沼 宏



スイス、BaselでのEGSプロジェクトにおいて観測された微小地震波形（左）と震源の時空間分布（右）。送水にともなう透水領域の拡大にともない震源が移動していく様子が見られる。

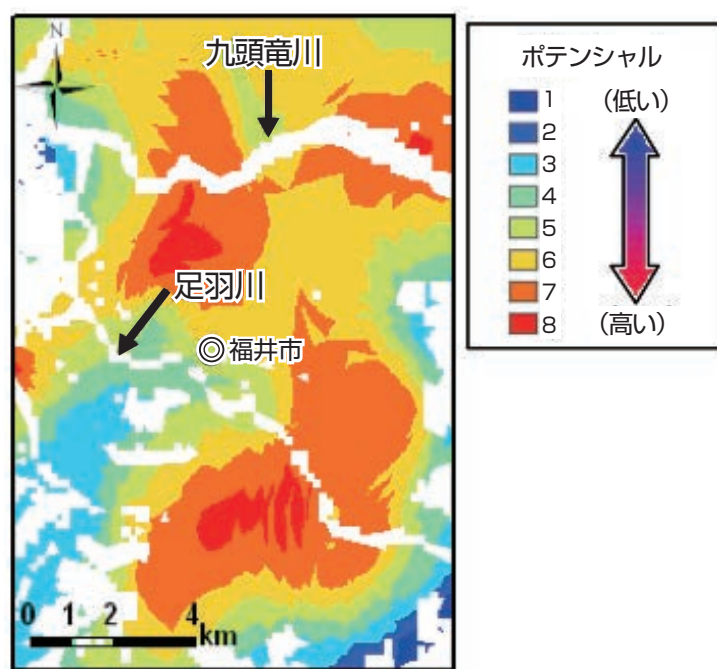
地中熱ポテンシャルマップの作成

地中熱ポテンシャルマップ

省エネルギー技術の一つである地中熱利用システムは、比較的浅部（深度50～100 m程度）の地中に賦存している熱エネルギーを冷暖房や融雪などに利用する技術です。北米やヨーロッパ、最近では中国でも普及が急速に進んでいるシステムですが、日本での普及はこれからという状況です。日本における地中熱利用システムの普及を考えた場合、導入コストを下げ、システム効率を向上させることが重要です。そのためには、地域ごとの地中熱利用システムに関わる地質や地下水などの地下情報をまとめ、そのポテンシャルを評価する必要があります。地圏資源環境研究部門 地下水研究グループでは、現地調査と数値解析を組み合わせたポテンシャル評価手法の開発に取り組んでいます。

ポテンシャル評価手法の開発

当研究グループでは、九州大学、福井県との共同研究で、福井平野における地下水流動と地下温度構造に関する現地調査を実施し、その調査結果を基に、3次元地下水流動・熱輸送モデルを構築しました。モデルの構築後、地理情報システム（GIS）を用いて地中熱利用の適地を選定するためのマップの作成を試みました。作成されたポテンシャルマップは、平野部では8つの段階に区分され、九頭竜川の北域および南域、足羽川の東域および南域において高いポテンシャルが示されました^[1]。その後、熱交換井設置地点の地下水流動場と温度場に即した局所的な熱交換井モデルを構築し、平野内の複数点に



作成された地中熱利用ポテンシャルマップ（[1]より）

おいて熱交換量を計算することにより、より定量的な地中熱ポテンシャルの評価を試んでいます^[2]。今後は、実際に現地での温度応答試験や熱交換井の試験運転などを行い、モデルの精度向上に努めたいと考えています。

今後の展開

地中熱利用システムの国内における研究については、地中熱ヒートポンプや熱交換井の高度化など、工学的な研究は数多く行われています。一方、システムのエネルギー部分となる地中に関しては、ほとんど手が付けられてない状況です。産総研の地質分野では、その前身である地質調査所時代から120年以上にわたって、日本全国の地質・地下水調査を実施し、データを集積しています。これらのデータを活用することにより、日本の主要地域にお

ける地中熱のポテンシャルマップ作成を目指していきます。また、最近では、地下水を直接汲み上げてヒートポンプの熱源にするシステム（オープン型）を想定したポテンシャル評価手法に関する研究にも取り組んでいます。これらのポテンシャルマップは、地域ごとに最適なシステム設計や運転パターンの把握を可能とし、わが国の地中熱システムの普及促進に貢献すると考えています。

参考文献

- [1] 内田洋平他:日本地熱学会誌, 32 (4), 229-239 (2010).
- [2] 吉岡真弓他:日本地熱学会誌, 32 (4), 241-251 (2010).

地圏資源環境研究部門
地下水研究グループ
うちだ ようへい よしおか まゆみ
内田 洋平、吉岡 真弓

地質標本館の地中熱システム

産総研・地質標本館

地質標本館は、産総研地質調査総合センターの研究成果としての岩石・鉱物・化石などの地質標本の登録・管理・利用を支援し、あわせて地球科学の研究成果を来館者の方々にわかりやすくお伝えするため、1980年茨城県つくば市に設置された博物館です。地質標本館2階の第3展示室には、地中熱利用システムに関する模型やパネルが展示されており、その原理や産総研における地中熱研究を紹介しています。

また、2013年5月より設置工事を開始した地質標本館の地中熱システムが7月に完成しました。実際のシステムを見学し、地中熱による冷暖房の効率を来館者の皆さまに体験していただけます。

地質標本館における地中熱利用システムの狙い

化石燃料を燃焼させて暖房や給湯に用いるシステムでは、得られる温度が500℃～1500℃であるのに対して、暖房や給湯への利用温度は低温（暖房用温水：47℃程度、給湯用温水：60℃程度）になるので、エネルギーの大部分は排熱として排出されます。一方、自然エネルギーである地中熱は、もともと低温の熱源であり、冷暖房や給湯に利用する温度との差は比較的小さいと言えます。そこで、ヒートポンプを用いてこの小さな温度差を活用することにより、エネルギーロスの少ないシステムが構築できます。産総研地質標本館で行っている地中熱利用ヒートポンプシステムの実証試験では、以下の3点を課題として取り組んでいます。



- 1 地中熱システムの冷暖房を導入した地質標本館の映像室。
- 2 同室のモニターでシステム運転状況がわかる。
- 3 建物脇に埋設した最先端技術のシート型熱交換器（黄色のチェーンの1～2m下に埋設）。また、熱交換器の配管部も見ることができる。
- 4 シート型熱交換器の解説図。

1. 地質標本館の1階映像室に本システムを導入し、実証試験を行うと同時に、来館者に対して地中熱利用により冷暖房における節電が可能であることを理解していただく。
2. 標準的なシステム（クローズド型）と最先端のシステムを比較することで、新たな技術による産業創設の一助とする。
 - a) 直膨方式・クローズド型との比較
 - b) 水平埋設型地中熱交換器との比較
3. 屋外に設置する熱交換井、および室内のヒートポンプとファンコイルについては、すべて可視化する。また、各種の運転状況を把握できる電光掲示板を設置するな

ど、通常は「ブラックボックス」となっている地中熱ヒートポンプシステムの仕組みを来館者が簡単に把握できるよう工夫する。

今後は、産総研の一般公開やオープンラボ、地質標本館の特別展などのイベントを通じて、より多くの方々に実際の地中熱利用システムを体感していただくことにより、このシステムの普及につなげたいと考えています。

地圏資源環境研究部門
地下水研究グループ
うちだ ようへい よしおか まゆみ
内田 洋平、吉岡 真弓

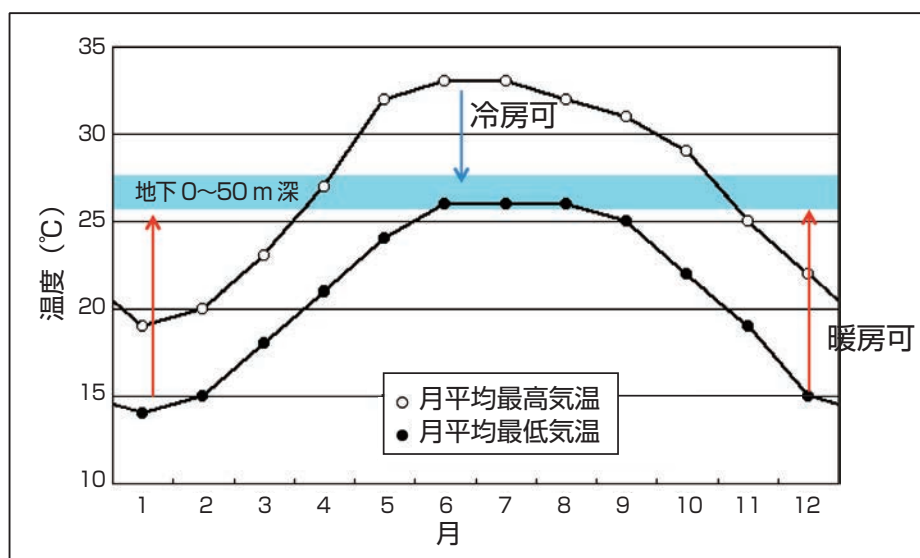
東・東南アジアでの地中熱利用

東・東南アジアにおけるエネルギー事情

地中熱利用システムは、これまで欧米などの先進諸国を中心として普及してきました。今後、極端に高いエネルギー需要の伸びが予想されるアジアの国々でも、省エネルギーシステムとして関心が高まっています。実際、中国では、国を挙げて地中熱システムの導入・普及に努めた結果、その設置件数は米国に次いで世界第2位となっています。地中熱利用システムは、地表と地下の温度差を利用するため、地熱地帯などではない普通で利用できることから、「どこでも利用できる地中熱」というイメージが広まっており、今後も爆発的な電力需要の増加が見込まれる東・東南アジアの都市地域への導入を期待する声が高まっています。その一方で、熱帯に位置する東南アジアの国々においては、気温も地下温度も日本と比べて高く、その温度差がほとんど無いため、地中熱利用システムの冷房には、課題が残されています。

東・東南アジアでの研究展開

産総研 地下水研究グループは、東・東南アジア地球科学計画調整委員会（The Coordinating Committee for Geoscience Programmes in East and Southeast Asia; CCOP）のプロジェクトに対して積極的に参加・サポートを行っています。2009年度より地下水プロジェクトフェーズⅡが実施されており、タイ・チャオプラヤ平野とベトナム・ホン河デルタにおける水文データを編集した水文環境図をCCOPから出版する予定です。これらのデータには、地下



ベトナム・ハノイ周辺における気温と地下温度分布による地中熱利用のメリット ([1]より)

水位、地下水質に加えて地下温度のデータも含まれているため、東南アジア地域における地中熱研究の基礎データとして利用できます。地下温度分布と気温データを用いて、地中熱冷房の可能性を評価したところ、タイのピッサヌローク、ナコンサワンについては、年間を通して地下温度が最高気温より低く、またカンチャナブリについては、季節によっては地下温度のほうが低いので、地中熱を冷房に利用できる可能性がわかってきました。また、ベトナムのハノイ周辺では暖房の需要もあり、その地下温度分布と気温データから冷房利用の可能性もありそうです^[1]。

今後の研究展開

これら地中熱冷房の可能性は、地下温度分布と気温データから評価したものです。地域に適した地中熱ヒートポンプシステムの設計や最適化を考えた

場合、現場の地質データや水文環境を反映した詳細な数値モデルが必要となります。2013年度より、産総研・タイ チュラロンコン大学・秋田大学の三者共同で、タイ国内における地中熱研究をスタートしました。今後は、東・東南アジア地域に適した地中熱ヒートポンプシステムの開発を目指し、タイにおける地中熱研究を取っ掛かりとして、周辺国においても研究展開を図る予定です。

参考文献

[1] K. Yasukawa et al.; *Bulletin of the Geological Survey of Japan*, 60 (9/10), 459-467 (2009).

地圏資源環境研究部門
地下水研究グループ

うちだ ようへい
内田 洋平

地圏資源環境研究部門
地圏環境評価グループ

やすかわ かすみ
安川 香澄

地熱・地中熱はエネルギー問題の切り札となるか

再生可能エネルギー研究拠点での活動

再生可能エネルギー研究拠点とは

2011年3月11日の未曾有の震災の後、7月29日に政府は「東日本大震災からの復興の基本方針」を発表し、国の総力を挙げて東日本大震災からの復興へと取り組みを進めていくことを示しました。その基本方針の中で、再生可能エネルギーの研究開発拠点整備として政府系研究機関の関連部門などを、大きな原子力災害を被った福島県にて設置することを提示しています。この政府決定を受けて、産総研は、福島県郡山市に研究開発拠点「福島再生可能エネルギー研究所」の開所準備を進めています。

再生可能エネルギー研究センター

この研究所では研究推進組織「再生可能エネルギー研究センター」を新設し、太陽光発電や風力発電、エネルギーの貯蔵輸送やシステム統合化技術などとともに、地熱・地中熱エネルギーの研究・開発も行うことになりました。地熱・地中熱では、以下の2つのテーマを実施します。

①地熱の適正利用技術

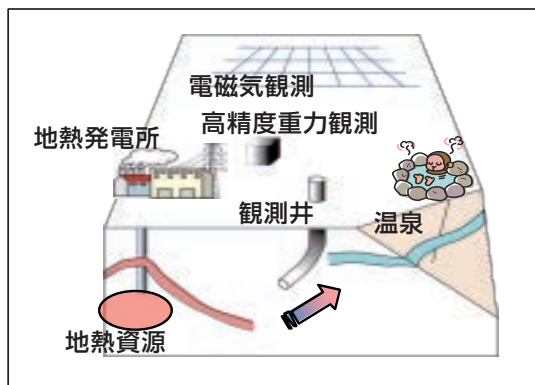


図1 地熱モニタリング技術開発の概念図

②地中熱ポテンシャル評価とシステム最適化技術

また、これらの研究課題を、福島県をはじめとする東北被災県の大学、公設試験研究機関、地元企業などと連携して行うことにより、復興のための再生可能エネルギー産業を集積することや国内外の再生可能エネルギー研究機関とも連携をした世界最先端の再生可能エネルギー研究を実施することも目指しています。2014年1月に建物が完成し、2014年4月から研究センターとしての活動を開始します。

地熱の適正利用技術

地熱発電の導入促進が進まない理由として、技術的課題とともに社会的な課題も大きいことが指摘されています。研究センターでは、公平中立的な立場からこの双方の課題に取り組むことを計画しています。技術的課題では、高度地熱モニタリング技術開発として、地熱発電所の持続的な運転や周辺温泉への影響の監視などに用いる技術の開発を行う予定です。また、社会的

課題への研究として、地熱発電の理解の促進と利用に関する懸念の払拭など社会的受容確立を目指した研究を進めていきます。

地中熱ポテンシャル評価とシステム最適化技術

わが国で地中熱を利用する場合、地下での熱交換の効率は地下水の流動に大きく左右されます。研究センターでは、地下水調査などを行って、東北地方の平野や盆地での地中熱ポテンシャルマップの作成を行い、地中熱利用適地の抽出や地中熱交換器の設計指針として役立てます。また、実験用の坑井などを研究所敷地内に掘削・整備をして、大学や福島県ハイテクプラザ、地元企業との連携による総合的な地中熱システム開発・運用の技術開発を計画しています。

地図資源環境研究部門
副研究部門長
とうしゃ としゆき
當倉 利行

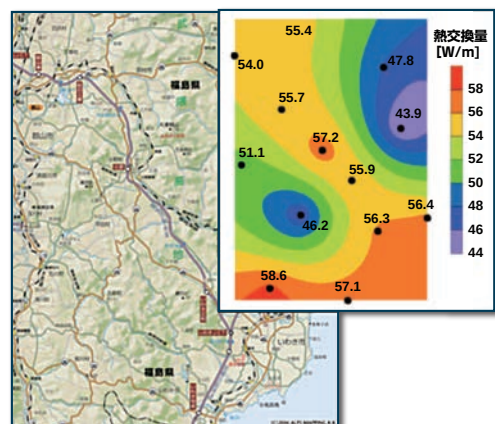
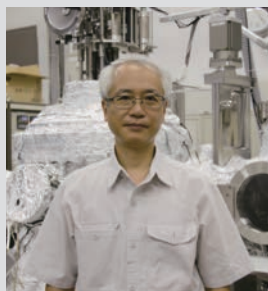


図2 地中熱ポテンシャルマップのイメージ図
地形図に対応したポテンシャルマップの作成

CIGS 太陽電池の新しいプロセス技術

オールドライブプロセスによる CIGS 太陽電池の量産化に道



柴田 肇

しばた はじめ
h.shibata@aist.go.jp

太陽光発電工学研究センター
先端産業プロセス・高効率化
チーム
研究チーム長
(つくばセンター)

入所以来、固体の光学的性質の研究に従事してきました。物質と電磁波との相互作用に関する研究を通して、新しい産業技術の開発と産業応用を目指しています。特に、化合物半導体を用いた高効率な薄膜太陽電池の開発を目指しています。

関連情報：

● 共同研究者

仁木 栄 (産総研)、佐藤 正律、渡部 修、中川 隆史 (キヤノンアネルバ株式会社)

● 用語説明

* ウェットプロセス：液体を利用する半導体デバイスプロセス技術。

** ドライブプロセス：液体を利用しない半導体デバイスプロセス技術。通常は、真空中で行われるプロセス技術のことを指す。

● プレス発表

2013年3月18日「スパッタリングによるバッファ層で高効率 CIGS 太陽電池を実現」

● この研究開発は、キヤノンアネルバ株式会社との共同研究によって行われました。

CIGS 太陽電池の量産化における課題

CIGS 太陽電池（銅、インジウム、ガリウム、セレン系太陽電池）は、光電変換効率が高い、経年劣化が少なく長期信頼性に優れるといった特徴をもつ高性能な薄膜太陽電池のひとつです。CIGS 太陽電池にはバッファ層と呼ばれる層がありますが、このバッファ層は CIGS 太陽電池の性能を決める PN 接合の形成を担っており、CIGS 太陽電池の高効率化のキーポイントのひとつです。現在量産されている CIGS 太陽電池では、バッファ層はウェットプロセス*により形成された硫化カドミウム (CdS) 薄膜が多く用いられています。しかし、ウェットプロセスはドライブプロセス**と比較して工程が複雑であり、また CdS には有害物質であるカドミウムを含んでいるという欠点があります。したがって工程の簡略化と環境負荷低減のために、バッファ層のドライブプロセス化と Cd フリー化が求められています。

スパッタリングによるバッファ層の形成

バッファ層の Cd フリー化については、多くの研究開発が進められています。溶液成長法 (CBD 法) を用いたものでは、硫化酸化亜鉛、硫化インジウムをバッファ層として、CdS に近い光電変換効率が報告されています。Cd を含まないバッファ層で高い光電変換効率を達成した例はいくつか報告されていますが、ドライブプロセスであるスパッタリング法で CIGS 上にバッファ層を形成したものでは高い光電変換効率は達成されていません。

そこで私たちは今回、図1に示すとおり、ド

ライブプロセス化と Cd フリー化を行ったバッファ層を用いて CIGS 太陽電池を作製しました。ここで、光吸収層である CIGS 層はドライブプロセスである多元蒸着三段階法により形成し、またバッファ層としてはスパッタリング法により形成した ZnMgO (酸化亜鉛に酸化マグネシウムを混合した物質) の薄膜を用いました。作製した CIGS 太陽電池の写真を図2に示します。また比較対象として、従来技術である CBD 法により形成した CdS 薄膜をバッファ層に用いたデバイスも作製しました。

その結果、スパッタリング法により形成した ZnMgO 薄膜をバッファ層に用いた太陽電池において、光電変換効率 16.2 % を達成しました。この結果は、比較対象として従来技術を用いてバッファ層を形成した太陽電池の光電変換効率 17.5 % に近づく値です。

現在量産されている CIGS 太陽電池では、光吸収層の CIGS はドライブプロセスである多元蒸着法やスパッタリング+セレン化法といった方法で形成されているのに対して、バッファ層はウェットプロセスである CBD 法により形成されています。しかし今回開発した手法により、オールドライブプロセスによっても高い光電変換効率をもつ CIGS 太陽電池を実現できることがわかりました。

今後の予定

今後はオールドライブプロセスでのさらなる光電変換効率の向上を目指すとともに、大面積基板への適用や、装置の事業化に向けた開発を進めていきます。



図1 評価を行った CIGS 太陽電池のデバイス構造

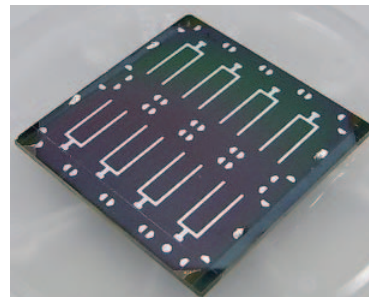


図2 ドライブプロセスであるスパッタリングによりバッファ層を形成した CIGS 太陽電池

ヒトiPS細胞を生きたまま可視化

細胞の状態を確認しながらの効率的な培養が可能に



伊藤 弓弦

いとう ゆずる (右)
yuzu-itou@aist.go.jp
幹細胞工学研究センター
器官発生研究チーム
研究チーム長
(つくばセンター)

平林 淳

ひらばやし じゅん (左)
jun-hirabayashi@aist.go.jp
幹細胞工学研究センター
首席研究員
糖鎖レクチン工学研究チーム
研究チーム長
(つくばセンター)

iPS細胞等幹細胞を用いた「再生医療」「創薬」「病因解明」実現への社会的ニーズが高まるにつれ、ソースである幹細胞の規格化／標準化は喫緊の課題となっています。私たちは、幹細胞の遺伝子発現や糖鎖修飾に関する網羅的情報と増殖能／分化能との関連を統合的に解析することにより、幹細胞の状態を正確に規定（標準化）するための評価方法を確立し、幹細胞の産業応用化を目指しています。

関連情報：

● 共同研究者

本多 進、藁科 雅岐、福田 雅和（和光純薬工業株式会社）、小沼 泰子、館野 浩章（産総研）

● 参考文献

Tateno H. *et al.*: *Stem Cells Transl. Med.*, 2, 265-273 (2013).

Onuma Y. *et al.*: *Biochem. Biophys. Res. Commun.*, 431, 524-529 (2013).

● プレス発表

2013年3月19日「ヒトiPS細胞を生きたまま可視化できるプローブを開発」

●この研究開発は、独立行政法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）の助成事業（平成21～22年度）、および和光純薬工業からの資金提供型共同研究（平成23年度～）の支援を受けて行っています。

iPS細胞の実用化における課題

近年、iPS細胞などのヒト幹細胞を用いた再生医療に大きな期待が寄せられており、iPS細胞を分化させて神経細胞や網膜細胞などさまざまな細胞を作り出し、細胞治療に用いる試みが世界中で精力的に進められています。しかし一方で、iPS細胞から分化し移植される細胞の中に残存した未分化のiPS細胞が腫瘍化することが問題となっています。このことがiPS細胞を再生医療に応用する上での大きな障壁となっており、残存iPS細胞を効率良く除くための新しいプローブ（ある特定の分子や細胞を検出する際に用いる物質）が切望されていました。

iPS細胞に特異的に結合するレクチン

私たちはこれまでに、レクチンの一種であるrBC2LCNが、iPS細胞に特異的に結合するプローブであることを発見しています。今回の研究でrBC2LCNがiPS細胞上のどんな分子に結合するかを調べたところ、ポドカリキシンという高度に糖鎖修飾された膜タンパク質上のO型糖鎖に結合することがわかりました。さらに、rBC2LCNは細胞に対する結合力がとても強く、iPS細胞の生体染色に有効であることを見出しました。図1にrBC2LCNによるiPS細胞の生体染色の結果を示します。培養中のiPS細胞の培養液に、赤色蛍光物質で標識した

rBC2LCNを添加したところ、iPS細胞を生きたまま蛍光染色できました。このプローブは毒性がほとんどなく、培養液の中に入れておけるため、常に品質管理しながらiPS細胞を培養できます。また、このプローブはES細胞も生きたまま染色でき、幅広く幹細胞の品質管理に使用できます。

iPS細胞と分化細胞が混じった細胞集団に、蛍光標識したrBC2LCNを加えて、フローサイトメーターによる分離実験を行ったところ、分化細胞とiPS細胞を分離できました（図2）。再生医療に用いる移植用の細胞にiPS細胞が混入していても、この技術を活用してiPS細胞を分離除去することによって、腫瘍化を防げると期待されます。

rBC2LCNは大腸菌を用いて大量（>80 mg/L）に調製できることから、これまでの抗体にかわる、iPS細胞を評価するための新しいプローブとして、コストの面からも期待できます。

今後の予定

rBC2LCNを用いて混入しているiPS細胞を取り除いた細胞源が、本当に腫瘍化を引き起こさないか、などの安全性を確認する予定です。また産学官連携により、rBC2LCNを用いた技術に関して、5年後の医療現場での実用化を目指します。

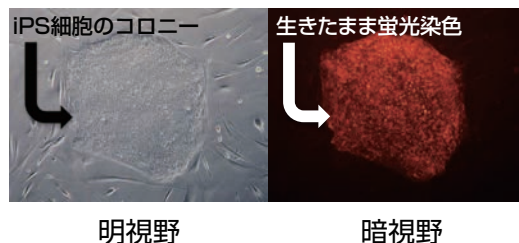


図1 生きたまま染色したiPS細胞の光学顕微鏡像

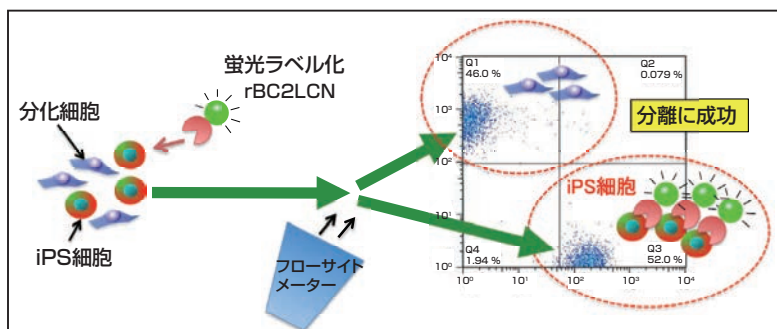


図2 rBC2LCNを用いたiPS細胞の分離実験

光照射でめっき薄膜の密着性を向上

新しい微細金属パターンの形成技術



堀内 伸

ほりうち しん
s.horiuchi@aist.go.jp

ナノシステム研究部門
ナノシステム計測グループ
上級主任研究員
(つくばセンター)

高分子／高分子、高分子／金属の界面構造および特性の解析、評価に関する研究を進めており、同時に、接着現象の解明と制御を目指しています。

関連情報：

● 共同研究者
島田 悟、中尾 幸道（産総研）

● 用語説明

* パルス光：短い時間の間だけ生じる光。一般に、発光時間が短いほど強度が高くなる。

** フォトマスク：ガラス、フィルムなどの透明な基材に所定の画像を形成し、光の透過量を調整し、基材へパターンを転写するためのもの。

● プレス発表

2013年3月27日「光照射によるめっき薄膜の密着性向上法とパターンニング法の開発」

● この研究開発は、独立行政法人 科学技術振興機構 復興促進プログラム (A-STEP) 探索タイプの支援を受けて行っています。

無電解めっきの課題

無電解めっきは、プラスチックやセラミックスなどの絶縁材料や複雑な形状の部品へ金属めっきを施す化学的な成膜プロセスで、電子部品や自動車部品など広く産業界で用いられています。これまでの無電解めっきには、めっき膜の密着性を向上させる表面粗化工程が必要で、プラズマ処理など真空装置を用いた物理的な方法や、危険度の高い酸化剤を使うエッチングなど化学的な方法がとられてきました。しかし、基材表面を粗化すると、表面に形成される金属薄膜の平滑性が悪く、電気・光学特性に悪い影響を及ぼすといった問題があります。

高強度パルス光による後処理法

私たちはこれまでに、表面粗化せずめっき膜の密着性を向上させる方法を開発しましたが、この方法では、めっき後に100～250℃（基材の特性により温度は異なる）で約30分加熱処理していました。

今回、これまでの後加熱に替わる、より簡便な方法として高強度パルス光*による後処理法を検討しました。プラスチック基材上に成膜しためっき膜に、パルス光照射装置を用いて数百μs（マイクロ秒）のパルス光を照射すると、めっき膜とプラスチック基材の界面だけが瞬間的に加熱されます。これによって、めっき薄膜の密着性が向上する一方で、加熱が瞬間的であるた

め、プラスチック基材にはそりや変形などが生じません。図1にパルス光照射条件と照射後のPETフィルム上の金めっき膜の状態（密着、除去、剥離）を示します。300 μs、1.21 J/cm²のパルス光を1回照射したところ、密着性は向上し、テープ剥離試験で剥離しない密着性が得られました。一方、より高いエネルギーのパルス光（例えば300 μs、2.06 J/cm²）を1回照射すると、めっき膜はエッチングされました。また、図1に青で示すような、より低いエネルギーのパルス光照射では、密着性は向上せず、テープ剥離試験により容易に剥離しました。

さらに、パルス光をフォトマスク**を通して照射すると、図2のようなめっき膜のパターニングができました。パルス光のエネルギーを高くすると、露光部のめっき膜がエッチングされ、逆のパターンが得られました。なお、このようなパルス光による密着性の向上、エッチングは種々のプラスチック基材でも可能であることを確認しています。

今後の予定

今後はさまざまな金属とプラスチックの組み合わせに対する有効なパルス光照射条件の収集を行うとともに、用途展開を図っていきます。また、今回見いだした現象のメカニズム解明を進めていく予定です。

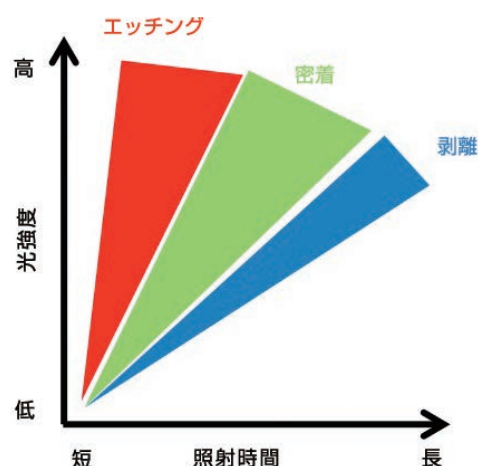


図1 パルス光の照射条件（照射時間と照射強度）に対するPETフィルム上の金めっき膜の密着性変化



図2 PETフィルム上に作製した無電解金めっき膜のパターン（上）と用いたフォトマスク（下）

酵母から見いだした複合型糖鎖分解酵素

酵素による糖タンパク質合成法への展開

国際公開番号
WO2013/051608
(国際公開日：2013.4.11)

研究ユニット：

生物プロセス研究部門

適用分野：

- 糖タンパク質の分析のための標準糖タンパク質作製
- 糖タンパク質医薬品の糖鎖構造・機能相関解析
- 非天然糖タンパク質（ネオグリコプロテイン）の創成

目的と効果

情報伝達や細胞間のコミュニケーションに重要な役割を果たしている細胞表面の多くのタンパク質には糖鎖が共有結合しており、近年における、抗体医薬などの「バイオ医薬品」の開発においても糖鎖の機能が重要であることがわかってきました。糖鎖の機能を分析するには、糖タンパク質から糖鎖を切り出す必要があります。この発明の酵母由来エンド- β -*N*-アセチルグルコサミニダーゼ (ENGase) は、さまざまな糖鎖を切断するだけでなく、切断した糖鎖を適切な受容体に転移する活性をもちますので、糖鎖構造解析だけでなく、酵素により糖タンパク質などを合成する際の有用なツールとして期待できます (図1)。

技術の概要

この発明で見いだした酵母由来 ENGase は、細菌などの ENGase と比較して、二分岐複合型や一部の三分岐複合型糖鎖を切断するなど、比較的広い基質特異性をもっているため、ヒト由来の糖タンパク質の糖鎖切断にも利用可能です。

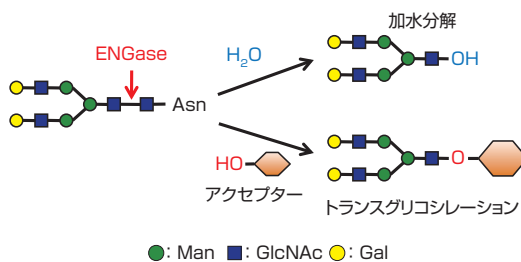


図1 エンド- β -*N*-アセチルグルコサミニダーゼ (ENGase) の作用様式

N-型糖鎖の根元を切断する（加水分解）だけでなく、切断した糖鎖を適当な水酸基をもつ受容体分子に転移する（トランスグリコシレーション）活性をもつ。

特にメタノール資化性酵母 *Ogataea minuta* 由来の ENGase (Endo-Om) は、基質濃度が濃い条件で強い分解活性を示しました。このため、糖鎖や糖タンパク質の大量調製に向いています。また反応液中に高濃度のグルコース誘導体 (pNP-Glc) を添加すると、Endo-Om は切断した糖鎖を pNP-Glc に転移しました (図2)。この活性を利用すると、*N*-アセチルグルコサミンをもつタンパク質に糖鎖を転移することができ、均一な糖鎖構造を有する糖タンパク質を生産することができます。

発明者からのメッセージ

この発明の Endo-Om は大腸菌、酵母を宿主として発現できることを確認しており、比較的安価に酵素を調製することができます。近年では、加水分解活性を抑制した変異 ENGase が開発されており、この技術により高効率に糖鎖を転移することができるようになりました。比活性の高い Endo-Om を利用することで、糖鎖の生理機能を活用した次世代のバイオ医薬品開発を進め、国民の健康維持に貢献できると期待しています。

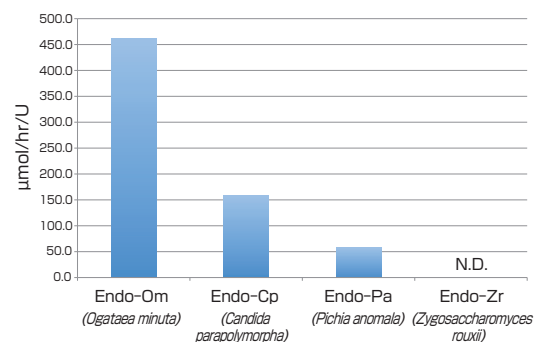


図2 さまざまな酵母由来のENGaseによるpNP-Glcへの糖転移効率

pNP-Glcへの糖鎖の転移（トランスグリコシレーション）量を比較したところ、酵素1ユニット分に換算するとEndo-Omが最も高かった。Endo-Zrは検出不可。括弧内は由来する酵母名。

Patent Information のページでは、産総研所有の特許で技術移転可能な案件をもとに紹介しています。産総研の保有する特許等のなかにご興味のある技術がありましたら、知的財産部技術移転室までご連絡なくご相談下さい。

知的財産部技術移転室

〒305-8568
つくば市梅園 1-1-1
つくば中央 2
TEL : 029-862-6158
FAX : 029-862-6159
E-mail : aist-tlo-ml@aist.go.jp

次世代蓄電池用のセラミック電解質シート

イオン伝導性が高く、大面積で薄い電解質シートの作製が可能に

国際公開番号
WO2013/024724
(国際公開日：2013.2.21)

研究ユニット：

先進製造プロセス研究部門

適用分野：

- リチウム-空気電池
- 全固体型蓄電池

Patent Information のページでは、産総研所有の特許で技術移転可能な案件をもとに紹介しています。産総研の保有する特許等のなかにご興味のある技術がありましたら、知的財産部技術移転室までご連絡なくご相談下さい。

知的財産部技術移転室

〒 305-8568
つくば市梅園 1-1-1
つくば中央第 2
TEL：029-862-6158
FAX：029-862-6159
E-mail：aist-tlo-ml@aist.go.jp

目的と効果

大容量で安全性の高い蓄電池の実用化が期待されています。これらを実現するために、不燃性で長期の化学的安定性に優れたリチウムイオン伝導性をもつガラスやセラミック電解質シートの開発が求められています。しかし、これまで市販されている電解質シートは、室温付近でのイオン伝導性が十分ではなく、また、デバイス開発に必要な大面積化・薄型化が困難でした。この発明により、室温付近でのイオン伝導性の向上だけでなく、薄く、柔軟性の高い大面積セラミック電解質シートを作製することが可能となりました。

技術の概要

セラミック電解質シートの中でも、例外的に耐水性が高い NASICON 型の結晶構造を有する酸化物系電解質 (LATP) について、これまで困難であった大型化・薄型化を実現する新しいセラミック電解質シート作製技術を開発しました。開発した多結晶性の LATP 電解質シートは、これまで

問題となっていた粒界抵抗の 1 桁以上の大幅な低減に成功し、室温で単結晶並の高いイオン伝導性 ($1 \times 10^{-3} \text{ S/cm}$) を実現しました (図 1)。また、有機系の電解液が分解する高温域 (800 °C まで安定) でも利用することが可能です。さらに、これまでにはない高い柔軟性 (図 2) のシート部材を得ることもできるため、振動などに強い蓄電池を実現することが期待できます。

発明者からのメッセージ

開発した電解質シートは、高い安全性が期待できる全固体型蓄電池だけでなく、高いエネルギー密度が得られ、究極の蓄電池として期待されるリチウム-空気電池への応用が可能です。また、この特許技術はさまざまな酸化物系電解質の開発にも応用が可能です。現在、耐還元性をもつ多層構造電解質シートの開発や良好な電極-電解質界面の形成技術開発に取り組んでおり、企業の皆様と共に革新的蓄電池の実現に向けた研究開発を進めていきたいと考えています。

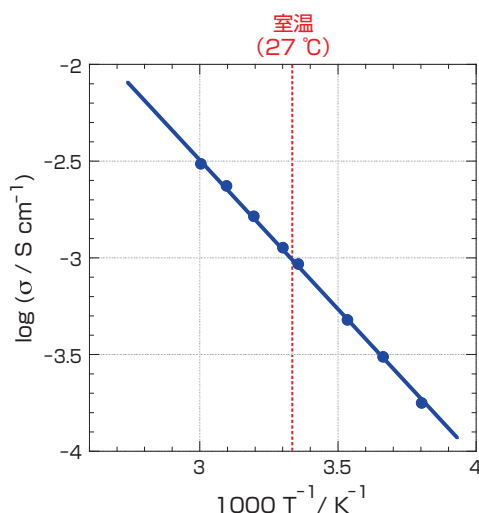


図1 リチウムイオン伝導性のセラミック電解質シートのイオン伝導率の測定温度依存性

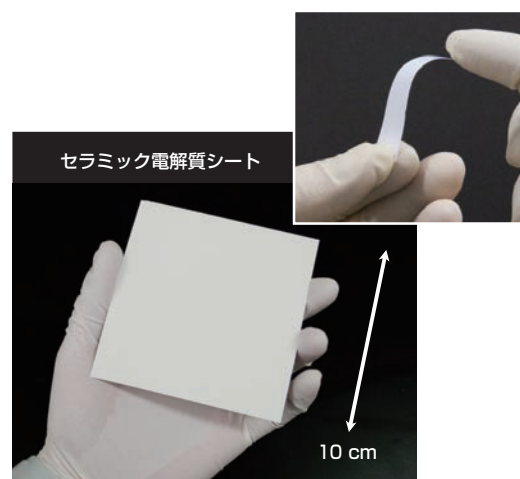


図2 開発したセラミック電解質シートおよびシートを曲げた様子

非ニュートン流体の粘度標準の開発

より便利で信頼できる粘度計測を実現するために



山本 泰之

やまもと やすゆき (中央)
yamamoto-yasu@aist.go.jp

計測標準研究部門
材料物性科
流体標準研究室
主任研究員
(つくばセンター)

藤田 佳孝

ふじた よしたか (右)

所属は同上
流体標準研究室長
(つくばセンター)

菜嶋 健司

なしま たけし (左)

所属は同上
主任研究員
(つくばセンター)

ニュートン流体や非ニュートン流体の粘度標準体系の供給・構築とともに、産業界における粘度計測の技術的課題を解決するために、マイクロマシン技術を用いた超小型の粘性センサーも開発しています。便利で正確な粘度計測がより手軽に利用できるよう、研究を進めていきます。

関連情報:

● 参考文献

山本泰之他: 第59回レオロジー討論会講演要旨集, 59, 338-339(2011).

菜嶋健司他: レオロジー学会第40回年会講演予稿集, 40, 65-66(2013).

● 用語解説

* ニュートン流体と「非」ニュートン流体: ずり応力とずり速度が比例する流体をニュートン流体、その比例関係が成り立たない流体を非ニュートン流体という。

* ずり応力とずり速度: 液体がずり変形(直方体が面に平行な方向へずれる変形)する際に変形方向に平行な単位面積の面に働く力をずり応力、その面に垂直な方向への速度勾配をずり速度という。

開発の背景

計測標準研究部門の流体標準研究室では、産業界における粘度計測の信頼性向上と技術的發展に貢献するため、粘度計の校正に用いる標準液の校正值の提供や、各種粘度計の開発を行ってきました。現在供給されている粘度計校正用標準液(JIS Z 8809)は、主に水のようなニュートン流体の粘度計測の校正を対象としています。しかし、産業界で実際に用いられている液体の多くは非ニュートン性を示すため(例: インキ、増粘剤)、ニュートン流体の粘度標準だけでは、計測の信頼性を確保することができません。そこで当研究室では新たに、非ニュートン流体についても粘度標準を提供できるよう、マスター粘度計としてシリンダーバランス非ニュートン粘度校正装置を独自に開発しました。この粘度計を頂点として、汎用測定用の精密回転粘度計が校正され、さらに非ニュートン粘度の標準物質を値づけし、最終的に非ニュートン粘度標準液を粘度計ユーザーに提供するという、非ニュートン粘度の標準体系の構築を進めています。

シリンダーバランス非ニュートン粘度校正装置

これまでの回転式の非ニュートン粘度測定装置では、微小なトルクの標準が存在しないため、ずり応力のトレーサビリティを確保するのが困難でした。そこで、回転運動ではなく並進運動にすることで、粘性力の測定を高精度な精密電子天秤で行えるようにした、シリンダーバラン

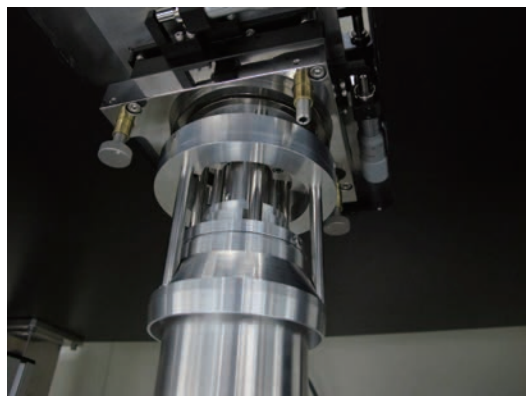


図1 シリンダーバランス法の内側円筒と調整機構
測定時は、この円筒の外側にガラス円筒を設置し、上下に並進運動させる。

ス非ニュートン粘度校正装置を開発しました。これにより、ずり応力、ずり速度ともに、基礎物理量にトレーサブルな非ニュートン粘度の測定が可能になりました。この校正装置による非ニュートン粘度の依頼試験が開設され、標準液候補物質の受け入れが開始されています。

今後の展開

シリンダーバランス法による依頼試験は、標準液候補物質を校正対象としており、主に非ニュートン粘度標準液の供給を計画する事業者向けとしています。さらに、非ニュートン粘度の効率的な校正のために精密回転粘度計型校正装置の開発を進めています。一方、粘度計ユーザーが手軽に非ニュートン粘度のトレーサビリティ体系を利用できるようにするため、非ニュートン粘度標準液の開発を進めています。特に食品産業をターゲットとして、食品用増粘剤をベースとした液体を非ニュートン粘度標準液の候補物質として検討しています。現在、フィールドテストに向けた試作品を開発中です。非ニュートン粘度標準液を用いれば、非ニュートン性の計測に関しても粘度計を手軽に校正することが可能になり、計測の信頼性が向上します。これにより、手の上では流れないのに肌に塗るとさっと流れる化粧品や、書き心地は滑らかなのに紙の上では垂れないボールペンインキなどの、非ニュートン性を有効に活かした液体製品の開発が進むことが期待できます。

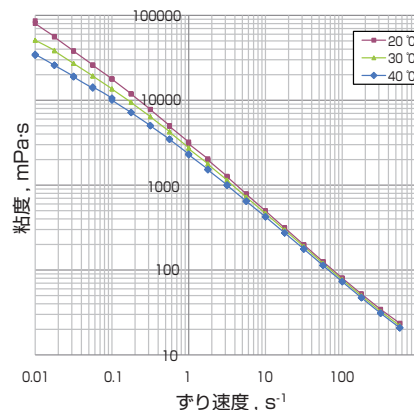
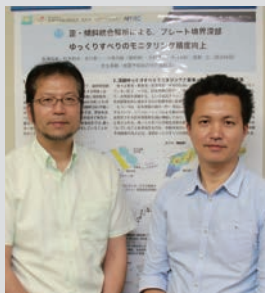


図2 試作した食品用増粘剤の非ニュートン性
右下がりの強い非ニュートン性を示している。ニュートン性の場合、グラフは水平になる。

深部ゆっくりすべりの検出精度向上を目指して

南海トラフの巨大地震の中期予測に貢献するために



板場 智史

いたば さとし (右)
itaba-s@aist.go.jp

活断層・地震研究センター
地震地下水研究チーム
主任研究員
(つくばセンター)

松本 則夫

まつもと のりお (左)
n.matsumoto@aist.go.jp

所属は同上
研究チーム長
(つくばセンター)

南海トラフの巨大地震の予測精度向上のため、地下水・地殻変動・地震を観測する地下水等総合観測施設の整備や観測のほか、地下水・ひずみなどのデータ解析手法の開発に従事しています。解析結果は地震調査委員会や東海地震の判定を行う地震防災対策強化地域判定会などに報告し、地震に関連する地下水観測データベース Well Web (<http://www.gsj.jp/wellweb>) で公開しています。

関連情報:

● この研究成果は産総研の戦略予算「南海・東南海地震の前兆現象検出精度向上のための研究」、気象庁地震火山部との共同研究「地震に関する観測データのリアルタイム交換」および防災科研との共同研究「東海・東南海・南海地震対象地域等における地震・地殻傾斜・地下水・地殻歪等観測研究」によるものです。

微動・深部すべりと巨大地震

四国から静岡県の沖合にある南海・駿河トラフ沿いでは、マグニチュード8クラスの巨大地震が100～150年間隔で発生しています。ここで巨大地震を起こすと考えられている想定震源域は、深さ10～30 kmのプレート境界です(図1)。

今世紀に入り、この巨大地震の想定震源域よりも深いプレート境界沿い(深さ約30～40 km)で深部低周波微動と深部ゆっくりすべり(以下、「微動」と「深部すべり」と呼びます)が発見されました。深部すべりは、人間が感じる揺れを発生させずに数日かけてプレート境界の断層がすべる現象です。このすべりは地震のマグニチュードに換算すると5～6程度で、数カ月に1度、間欠的に発生しています。

シミュレーションの結果、巨大地震の数年前から深部すべりの発生頻度や大きさが変化する可能性が明らかになりました。これは、深部すべりの分布や発生間隔を正確に知ることで、南海トラフの巨大地震を中期的に予測できる可能性があることを示しています。

産総研では深部すべりを監視し、南海トラフの巨大地震予測の研究を行うため、図1の17点(太

い黒丸と赤丸)に地下水等総合観測施設を設置しました。それぞれの観測施設では深さの異なる3本の井戸を掘削し、ひずみ計、地震計、水位計などを設置しました。

深部すべりの統合解析

深部すべりが発生すると、わずかなひずみが生じます。ひずみ計の変化量は、ノイズレベルと同程度の小さなもので、すべりの量と場所を正確に推定する際に問題となっています。

産総研では、防災科学技術研究所(防災科研)との共同研究に基づき、2011年より産総研のひずみ・地下水などの観測データと防災科研Hi-net高感度加速度計(傾斜計)との相互データ交換を開始しました。2012年には、気象庁のひずみデータと、産総研の地下水データを加えて、深部すべりの統合解析手法を高度化しました。これらの結果、これまでよりも深部すべりの発生位置やすべり量の推定精度が向上しました(図2)。

今後、深部すべりの位置・規模・時間変化をさらに詳細・正確に把握するための技術開発を進め、南海トラフの巨大地震の中期予測技術の開発に貢献したいと考えています。

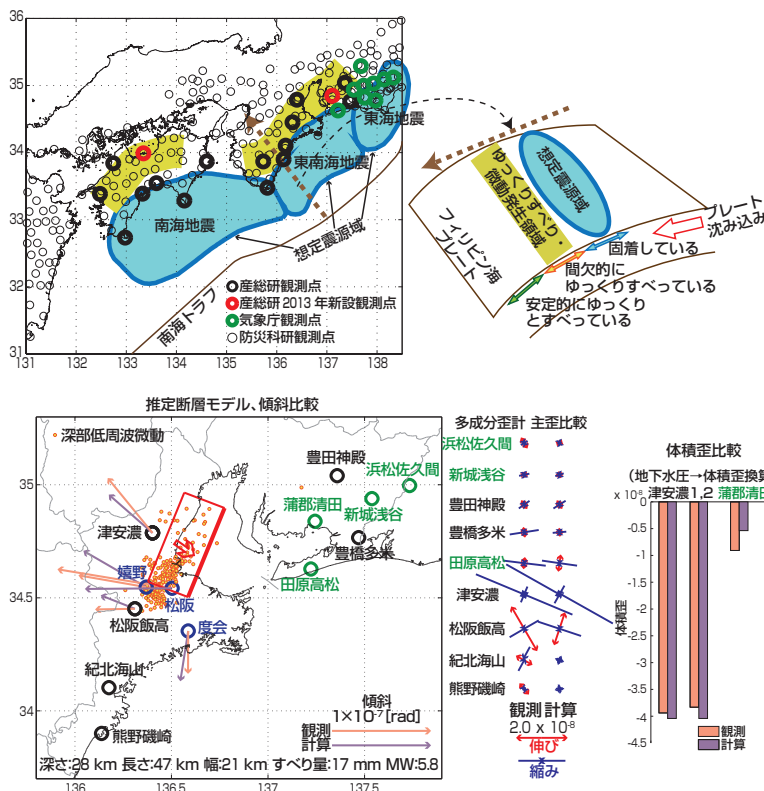


図1 東海・東南海・南海地震の想定震源域と深部すべり・微動の発生領域、および産総研・防災科研・気象庁の観測点の位置

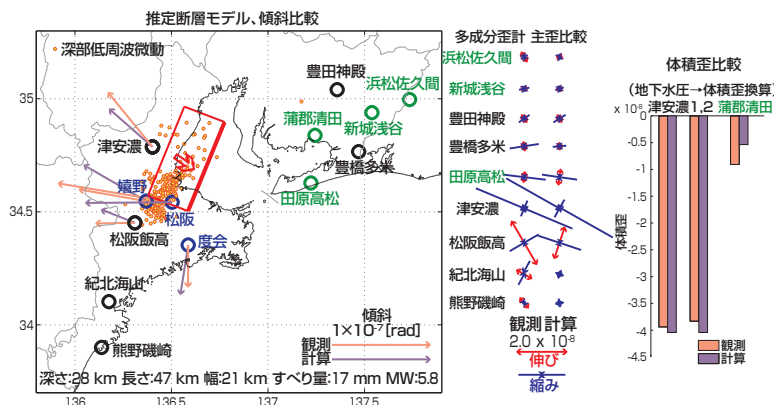


図2 産総研(黒丸)のひずみ・地下水データ、防災科研(青丸)の傾斜データ・気象庁(緑丸)のひずみデータを統合して求めた、2012年5月15日から16日にかけての深部すべりの位置とすべり量。

シリーズ：進化し続ける産総研のコーディネーション活動(第44回)

チームイノベーション

上席イノベーションコーディネータ こんどう みちお
近藤 道雄

イノベーションとスピード感

2013年4月に上席イノベーションコーディネータに着任しました。それまでは研究ユニット長として9年間太陽光発電に関わってきました。その中で産学連携について経験したことをご紹介し、皆様のお役に立てれば幸いです。



イノベーションという言葉は科学技術基本計画の中でも“科学的発見や技術的発明を洞察力と融合し発展させ、新たな社会的価値や経済的価値を生み出す革新”と定義されています。生み出された技術や知見が社会実装されるまでには色々な人の合意と協力が必要ですので、本来時間がかかります。しかし、最近の実例を見るとその発明から応用、社会実装までの期間はこれまでより圧倒的に短くなっています。太陽光発電について言えば、この10年で世界の太陽電池生産量は30倍の年産3,000万キロワット、世界の総導入量が1億キロワットにまで急成長しました。今のイノベーションにはスピード感が求められるのだと思います。

その一方、グローバルなコスト競争の中で日本の企業は国際競争力を失いつつあります。これには、日本特有の同一業種に多くのメーカーが存在して競争力が分散しているという事情による弊害もあるように思います。

産総研の役割

産総研の目指す究極のゴールは、国民社会、ひいては地球上のすべての人の暮らしを豊かにするイノベーションを実現することだと思います。太陽電池を例に取れば、発電性能

や品質を中立的に評価するための知的基盤の確立や、その国際標準化などにより、消費者、受け手の利益が守られることになります。一方、複数の太陽電池メーカー同士の共通的課題の解決や、部材メーカーとの異業種交流による新素材、部材開発の促進などハブ機能を果たすためのコンソーシアム研究は作り手の競争力強化に資することになります。これらの活動の中で共通して痛感させられたのは合意形成の難しさでした。

チームイノベーション

イノベーションは社会全体を変えていく行為ですから、多くの人の協力、チームワークが必要です。スピード感も必須です。日本の同業多社という環境の中で本来差別化することを目的としている企業間の合意を取って連携するということは簡単ではありません。標準化においても関係者の合意を得るという意味で同様です。そのためには強い信念、信頼関係、そして粘り強い交渉が必要だと思います。信念のない言葉は説得力をもちません。

産総研が組織としてイノベーションの要になるためには、時間をかけて信頼関係を国民および企業の皆様と築いていくことが必要です。その信頼関係のなかで、お互いの本音で交流することが可能になり、イノベーションを生み出す原動力が生まれるのだと考えます。

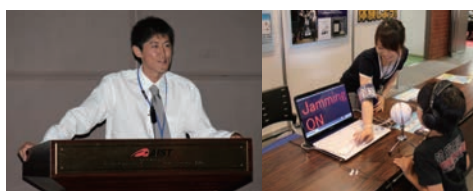
このような連携は産総研を核とするチームイノベーションと言えるでしょう。イノベーション推進本部はチームイノベーションの応援団だと思います。私自身、その一員として皆様と力を合わせて微力を尽くしたいと考えます。どうぞよろしくお願いいたします。

産総研 一般公開

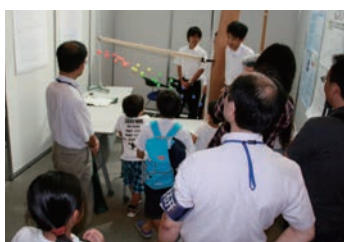
今年も全国各地の産総研で「一般公開」を開催しています。今回は、つくばセンター（7月20日）での体験コーナー、展示コーナーなどを報告いたします。



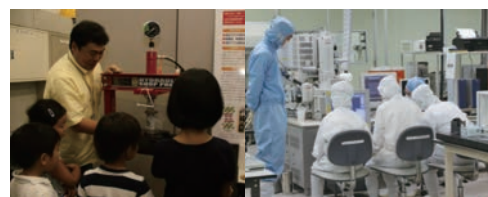
真夏ながらさわやかな天候のもと、昨年を上回る約5,900名の皆さまにお越しいただきました。ありがとうございました。



2012年 イグノーベル賞を受賞した 栗原 一貴 主任研究員が、受賞テーマである「スピーチジャー」のことや授賞式の様子についてお話ししました。また、実際にスピーチジャーを体験できるブースを会場内に設けました。



近隣の中学校・高校の理科系クラブの皆さんが、産総研の研究者とブースを並べて研究発表を行いました。



普段は見ることのできない産総研の研究施設を、ガイドつきでご案内しました。



地質標本館の来館者がこの日に100万人に達したため、記念イベントを行いました。



「サイエンストーク」では、小学生から大人の方までご参加いただき、研究者との熱心な対話が繰り広げられました。



地中熱利用の現状と展望について、NPO法人地中熱利用促進協会の 笹田 政克 理事長にご講演いただきました。



「科学工作コーナー」の「モアレペン立て」では、縞模様が動く不思議な工作を楽しんでいただきました。



工作や実験など、楽しみながら科学技術にふれられる「チャレンジコーナー」には、たくさんの子どもたちが参加し、とてもにぎやかでした。

東アジア・アセアン経済研究センター事務総長の来訪

報告

2013年6月18日、東アジア・アセアン経済研究センター（ERIA）の西村事務総長が産総研東京本部を訪問され、中鉢理事長、瀬戸理事と会談されました。

会談では、産総研とERIAとの連携に関して意見交換を行い、今後も相互の協力関係を強化していくために、情報交換を続けていくことになりました。

ERIAは、東アジア経済統合の推進

を目的として、政策研究・政策提言を行う国際的機関として2008年に設立され、インドネシア・ジャカルタに本部を置いています。産総研は、2007年度より、バイオディーゼル燃料の標準化や、バイオマス利活用の持続性評価に関して、ERIAからの受託研究を実施しています。さらに、ERIA人材交流・育成プログラムにより、東アジア各国からの研究者・研修生を受け入れるな

ど、ERIAとの密接な連携を推進しています。



西村事務総長（左）と中鉢理事長

シンポジウム「広がるダイバーシティと日本を元気にするイノベーション」の開催

報告

2013年7月2日に、日経ホールにて開催された、シンポジウム「広がるダイバーシティと日本を元気にするイノベーション」には、産学官の各界から約400名の参加がありました。

シンポジウムでは、シカゴ大学 山口教授による基調講演、塩野義製薬 澤田専務および産総研 中西フェローによる特別講演が行われました。続いて、講演者によるパネルディスカッションで、女性の活用問題を中心に、

日本におけるダイバーシティの現状に関して議論されました。

「日本を元気にする産業技術会議」は、昨年12月に「もの」、「こと」、「ひと」づくりで日本を元気にしよう！」と題した提言を発表しました。今後も提言内容をフォローアップするとともに、新たな課題について議論を続けます。提言や活動の詳細につきましては、右記のURLをご参照ください。

http://www.aist-renkeisensya.jp/ind_tech_council/



パネルディスカッションの様子

国際標準推進戦略シンポジウム「キッズデザインと生活支援ロボット」

報告

2013年7月3日に、イイノホールにて、国際標準推進戦略シンポジウム「キッズデザインと生活支援ロボット—その安全ガイドラインと国際認証戦略—」を開催しました。3回目となる今回は、産総研が標準化・認証の取組みに積極的に関わっているキッズデザインと生活支援ロボットを事例として取り上げ、企業の方を中心に約370名にご参加いただきました。

特別講演として経済産業省 土井良

治 基準認証政策課長、基調講演として欧州でロボットの社会受容の研究に携わっているドイツ オルデンブルク大学 松崎泰憲氏、ロボットスーツ HALの開発者である筑波大学大学院 山海嘉之教授にご講演いただくとともに、生活支援ロボットとキッズデザインそれぞれのテーマについて事例紹介を行いました。続いて行われたパネルディスカッションでは、「人間とシステムの相互作用における安全」をテ

マに会場の参加者も交えて議論されました。



パネルディスカッションの様子

国際度量衡局ミルトン局長らの来訪

報告

2013年7月26日、国際度量衡局 (BIPM) のミルトン局長、ヘンソン国際部長が産総研つくば本部を訪問され、中鉢理事長、川上理事、三木理事らと意見交換されました。

BIPMは国際メートル条約の事務局と研究機能を合わせもつ機関で、フランス・パリ郊外のセーブルにあります。ミルトン局長にとっては今年1月に第13代局長に就任されてから初めての来日です。会談では、中鉢理事長より産業やイノベーションを支える計測・計量標準の重要性とBIPMの活動への謝意が語られるとともに、ミルトン局長からは同分野における産総研の技術的・人的寄与を始めとする日本の貢献への謝辞が述べられました。

同日、計量標準総合センター (NMIJ) では、ミルトン局長による“Metrology: Worldwide Achievements and Future Opportunities”と題した約1時間の講演会も行われました。1875年締結のメートル条約に端を発する近代度量衡が現代社会を支える重要な技術インフラになっていること、計量標準の技術革新

に伴う国際単位系 (SI) の基本単位の再定義の話題などが提供され、活発な議論が交わされました。

ミルトン局長らは、週明けの7月29日に経済産業省を表敬訪問された後、次の訪問国である韓国に向かわれました。



中鉢理事長を中心に向かって左側がミルトン局長、右側がヘンソン国際部長



NMIJでの講演風景

地質標本館の最近の活動について

産総研つくばセンター一般公開の行われた2013年7月20日に、地質標本館では1980年8月19日の開館以来100万人目の来館者をお迎えすることができました。同日、100万人目の来館者となった牛久市の小学校3年生の女子児童とともに、地質標本館玄関前でささやかなセレモニーを開催しました。

この一般公開では、今年度実証試験として地質標本館映像室に導入されたばかりの地中熱利用の空調システムのお披露目を兼ねて、3回のミニツアーを開催しました。このミニツアーでは、映像室に設置されたファンコイルユニットと隣の準備室に設置されたヒートポンプユニット、および館外の掘削地点とあわせてご見学いただきました。また、映像室に設置したモニターでリアルタイム表示される地中熱システムの可動状況もご覧いただきました。なお、地質標本館ロビーでは、これに関連して7月17

日から9月29日まで、夏の特別展「地球の恵み 地熱・地中熱エネルギーを活用しよう」を開催しています。

また、東日本大震災後に地質分野の研究ユニットが取り組んでいる「複合地質リスク評価プロジェクト」の研究成果の一部として、糸魚川-静岡構造線活断層系の岡谷断層の大型はぎ取り標本（長野県岡谷市産）、西暦869年貞観地震による津波堆積物の大型はぎ取り標本（宮城県仙台市産）が、地質標本館ロビーにて現在公開中です。この2つは、事前にプレス発表されていたこともあり、はぎ取り標本としては日本最大級という迫力とあわせて、一般公開当日も来館者の関心を呼んでいました。

さらに、地質標本館ロビー天井の日本列島周辺の震源分布を16年ぶりに更新し、2011年東北地方太平洋沖地震を含む最近の被害地震の震源ランプを設置することができました。

地質標本館では、来館される皆様に、地質や地球内部のダイナミックな動きや、それに伴って起きうる地質災害等に関心を高めていただくよう、今後も努力を重ねていきたいと考えています。

地質標本館ウェブサイト：<http://www.gsj.jp/Muse/>



地質標本館来館者 100 万人達成のくす玉の前で記念写真
右から、中鉢理事長、100 万人目となったお子さんとそのご家族、佃理事、利光地質標本館長

イベントの詳細と最新情報は、産総研のウェブサイト（イベント・講演会情報）に掲載しています
<http://www.aist.go.jp/>

EVENT Calendar

2013年9月 → 2013年11月

8月10日現在

期間	件名	開催地	問い合わせ先
9 September			
5日	NMIJ 標準物質セミナー 2013 ～きっと役立つ分析ノウハウと標準物質～	千葉	029-861-4118
9～13日	B i W O 2 0 1 3	東京	03-3599-8080
18日	シンポジウム「食」の新しい価値づくりで日本を元気に	東京	03-6812-8659
10 October			
15日	産総研本格研究ワークショップ	札幌	011-857-8406
22日	CSJ化学フェスタ・産総研特別企画「触媒技術で拓く化学産業の未来」	東京	029-861-6052
25日	産総研一般公開(中国センター)	東広島	082-420-8245
31日～11月1日	産総研オープンラボ 2013	つくば	029-849-1580
11 November			
9～10日	産総研一般公開(臨海副都心センター)	東京	03-3599-8006
12日	産総研本格研究ワークショップ	松山	087-869-3530
19日	産総研本格研究ワークショップ	仙台	022-237-5211

企業の経営層、研究者・技術者、大学・公的研究機関の方々のために、研究室公開と特別講演会を開催いたします。

産総研オープンラボ

2013.10.31(木) → 11.1(金)

■ 展示・公開時間＝9:30～17:00 (2日目は16:30終了) ■ ご参加いただくには事前登録が必要です。

事前登録制
(お申し込みはこちら)

<http://www.aist-openlab.jp/>

● 会場：産総研つくばセンター

■ 産総研オープンラボ事務局
〒305-8568 茨城県つくば市梅園 1-1-1 中央第2

電話：029-849-1580

Eメール：openlab2013-info-ml@aist.go.jp

※ 電話対応時間／平日：午前10時～12時、午後1時～4時

参加費
無料

ライフサイエンス
地質
ナノテクノロジー・材料・製造
環境・エネルギー
情報通信・エレクトロニクス
計測・計量標準

探そう、明日を拓く技術。
きっと見つかる！日本を元気にするイノベーションのたまご。

50
Tsukuba Science City

主催：
技術を社会へ
Integration for Innovation
独立行政法人
産業技術総合研究所
後援：
経済産業省、茨城県、福島県、つくば市、郡山市、
一般社団法人日本経済団体連合会、
独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構、
つくばイノベーションアリーナナノテクノロジー拠点運営最高会議
(順不同)

【オープンラボ2013 の特別展示】

■ 福島再生可能エネルギー研究所／特設会場

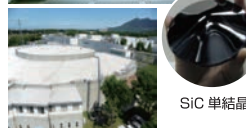


風力発電施設と
次世代太陽電池モジュール施設
(完成予想図)

産総研は平成26年4月、福島県郡山市に再生可能エネルギーに関する中核的研究開発拠点を開設します。福島再生可能エネルギー研究所は、太陽光発電、エネルギー貯蔵、地熱、地中熱、エネルギーシ

ステム統合技術に関する技術開発から実証までを扱います。オープンラボでは、連携研究機関、福島県、郡山市のご協力を得て、新拠点を中心とした研究展開をご紹介します。

■ つくばイノベーションアリーナナノテクノロジー拠点 (TIA-nano)



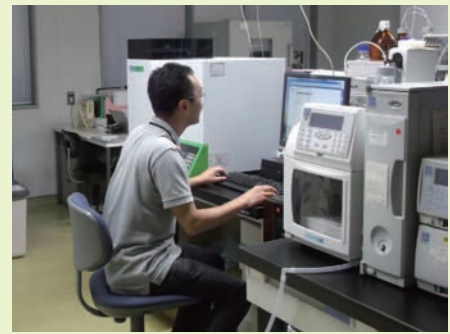
SiC 単結晶
蛍光XAFS実験装置 (KEK フォトンファクトリー)

TIA-nanoの新たなシンボルとなるTIA連携棟が、6月に産総研つくばセンター内にオープンしました。隣接するスーパークリーンルーム (SCR) 棟と共にナノテクノロジー分野の最先端の研究拠点となります。オープンラボでは、このTIA連携棟内の見学や各種展示を行うと共に、産総研内外のTIA-nano各研究施設を見学して回る「TIAツアー」を開催します。

微量有機成分分析に用いる認証標準物質の研究開発

計測標準研究部門 有機分析科 有機組成標準研究室 伊藤 信靖^{いとう のぶやす}（つくばセンター）

昨今の分析装置の発展はめざましく、誰が分析しても結果が数値として得られるようになりました。その一方で、微量有機成分を機器で分析する前には煩雑な前処理操作が不可欠であり、この操作の成否が分析結果にも大きく影響してきます。そこで、試料に含まれる微量有機成分の濃度が保証された認証標準物質を用いて前処理操作の妥当性を評価することが求められています。有機組成標準研究室では、環境試料や食品試料に含まれる微量有機成分（主に有害成分）の濃度を保証した認証標準物質（組成標準物質）を開発・供給しています。



実験室にて



伊藤さんからひとこと

認証標準物質の開発では、正確で高精度の分析手法（信頼性の高い分析手法）を複数適用する必要があります。世の中には無数の分析手法があるものの、信頼性の高い分析手法の数は少なく、その適用範囲も限られています。これまで、この分析手法の制約が、社会のニーズに応じた迅速な認証標準物質の開発と供給の障壁となっていました。このため私は、新たな分析手法を積極的に取り入れて、信頼性の高い分析手法として発展させ、社会のニーズに応じた認証標準物質を迅速に開発・供給できるようにしたいと思っています。

表紙：生きたまま染色したiPS細胞の光学顕微鏡像（上：明視野、下：暗視野）（p.13）

産 総 研
TODAY

2013 September Vol.13 No.9

（通巻152号）
平成25年9月1日発行編集・発行
問い合わせ独立行政法人産業技術総合研究所
広報部広報制作室

〒305-8568 つくば市梅園1-1-1 中央第2

Tel : 029-862-6217 Fax : 029-862-6212 E-mail : prpub-ml@aist.go.jp

ホームページ

<http://www.aist.go.jp/>

● 本誌掲載記事の無断転載を禁じます。● 所外からの寄稿や発言内容は、必ずしも当所の見解を表明しているわけではありません。