

# 第2回KACST-KAUST-JCCP地表・地中4Dモニタリング・国際ワークショップ

## 1. 始めに

JCCPは平成24年度までキングアブドルアジズ科学技術都市(KACST)との共同事業で地盤変動把握技術の開発事業を行ってきました。平成25年度より、川崎地質(株)が参加してこれをさらに発展させた「石油精製時に生成するCO<sub>2</sub>地中貯留向けCCSの監視技術に関する共同事業」を開始しました。(JCCP News 2014年春号参照)

今回、この事業の一環として、CCS監視技術にかかわる最新技術の交流を図る目的で、ジェッダ郊外にあるキングアブドゥラー科学技術大学(KAUST)キャンパスで第2回KACST-KAUST-JCCP地表・地中4Dモニタリング・国際ワークショップ(2nd International KACST-KAUST-JCCP Workshop on Surface and Subsurface 4D Monitoring)を3月4、5、6日の3日間開催しました。

第1回のワークショップは2012年1月にリヤドのKACSTにてKACSTとの共催で開催しましたが、2年ぶりとなる今回は新たにKAUSTが加わり、KACST、KAUSTとJCCPの3者共催で開催しました。

キングアブドゥラー科学技術大学(KAUST)は2009年に創立された大学院大学で、世界大学ランキング(World University Rankings 2013-2014)1位のカリフォルニア工科大学(Caltech)の元学長であるジャン＝ルー・シャモー氏を2013年に学長(Jean-Lou Chameau, President)として迎えました。イスラム圏の科学技術の最高峰ひいては世界のトップとなるべくアブドゥラー国王の肝いりで設立され、その研究者たちもまた世界のトップクラスを集めていると言っても過言ではありません。

## 2. 地表・地中監視 4D モニタリング技術と CCS

さて、地表・地中4Dモニタリング技術とは何でしょうか?地表・地中モニタリングは平たく言えば現場に直接アクセスできる場所では地上では地中レーダーや起震車あるいは観測井で、海上では震探船で直接アクティブに音波や振動の伝わり方を解析したり、電気検層による伝導率の変化などで地中の状態を把握します。現場に行けないところ、あるいは広大な砂漠や海洋ではレーダー衛星や航空機を利用したりリモートセンシングで把握することです。

この技術は、資源探査、油層管理はもちろん、地滑り・地盤沈下の監視、火山噴火や地震の予兆をとらえるのに使えるのではと、世界各国で研究が進められています。冷戦時代に地下に造られた秘密のミサイルのサイロを探るために使われた合成開口レーダー技術(特に干渉合成開口レーダー InSAR-Interferometric Synthetic Aperture Radar)や、磁気探知技術(MAD-magnetic anomaly detection)などを含む空中マルチセンサー(airborne multi-sensor)などの潜水艦の探知技術が、冷戦時代の終了とともに、資源探査や防災などの平和技術に民生に利用されているのであれば、これもまた平和の果実ということができるでしょう。これに4Dが加わると継続的にモニタリングを行うことにより時系列の変化をとらえることができ、地表・地中の状況が時間的な変化として把握できることになります。

石油ガスなどの探査では巨額の費用を投じて物理探査、地震探査、3D解析を行います。いったん油やガスが見つかり生産が始まると、その挙動を把握するためにさらに時間をかけてもう一度物理探査、地震探査、3D解析を行って時間



KAUST シャモー学長、JCCP 吉田常務、  
KACST アルダメグ・ディレクター



KAUST 学長挨拶

的な変化をとらえることはなかなかできないのが現状です。つまり既存の油ガス田の変化を調べる経済的メリットと、全くの新規の開発案件に対して物理探査、地震探査、3D解析を行うメリットを比べると比較にならないからであります。

一方 CCS では、地中に埋め戻した CO<sub>2</sub> の挙動を監視できなければ意味がありません。石油ガスの生産のように産出物に価値はありませんので、可能な限りコストを安くする必要があります。排出権取引のマーケットプライスが下落している現在ではなおさらです。安く地下の状態が継続的に監視できることがわかると、これまで高い費用をかけて地震探査、3D解析を行ってきた石油会社も、この技術を原油ガスの地層内の挙動監視や EOR（原油増進回収）に使えないものかと興味を示し始めています。

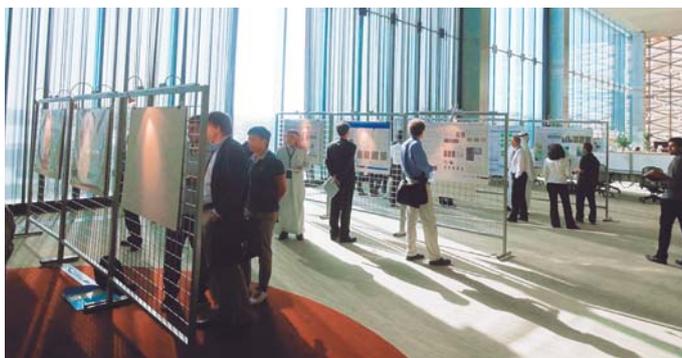
### 3. ワークショップの内容

3月5日のワークショップ開会式には、シャモア KAUST 学長、カーリド アル・ダメグ石油ガス研究部ディレクター (Dr. Khalid Al-Damegh, Director, Oil & Gas Research Institute, KACST) および JCCP からは吉田常務理事が開会の挨拶を行いました。

来賓の挨拶では、2年ぶりとなる今回のワークショップ開催に関し地表・地中における地盤変動把握・資源探査、さらには防災等に関する専門家が一堂に会し、サウジアラビアにおけるワークショップが第1回目よりもさらに拡大した形で開催される重要性が強調されました。吉田常務からも「第1回のワークショップが単発でおわることなく、前回の参加者から寄せられた熱い要望に応える形で第2回を開催できることを嬉しく思う」と述べられました。

初日3月4日のオフショア視察に次いで3月5日の開会式後の初日と3月6日の2日間にわたり講演及びポスターセッションが行われました。

特筆すべきは KACST-JCCP 共同事業の成果を笠原海洋大教授（川崎地質技術顧問）が「Al-Wasse 揚水フィー



ポスターセッション

ルドにおけるアクロスソースによって得られた時間経過データの解釈」として ACROSS (Accurately Controlled Routinely Operated Signal System 精密制御定常信号システム) 技術を使用した事業成果を報告したことです。また JOGMEC 高梨氏も ACROSS 技術を使用した油層モニタリングについて発表を行いました。

このワークショップにおいて、日本で開発した ACROSS 技術を国際的にアピールし、その認識を高めたものと自負しております。

### 4. 次は?

今回のワークショップでは地盤変動把握に関する講演及び活発な質疑応答が行われ、この分野の革新的技術の情報交換を行うことができました。2年前の第1回ワークショップと第2回のワークショップ両方に参加した人々が異口同音に、第1回も良かったが今回は発表の内容も質疑応答もさらによかったと口にしていました。

JCCP としてもワークショップ実現に影の力となった KAUST・KACST の関係者に感謝するとともに、第3回目のワークショップへの期待の高まりを感じた機会となりました。

(技術協力部 和田 貞男)



講演者によるラップアップディスカッション



熱心な聴衆

	テーマ	スピーカー	所属
1	キーノートプレゼンテーション 1 全波形インバージョン法の 4D 水中音響トモグラフィーへの適用 Full waveform inversion applied to 4D Hydroacoustic Tomography	三ヶ田 均	京大
	4D 監視のためのインターフェロメトリック・マイグレーション Interferometric migration for 4D monitoring		
2	AI-Wasse 揚水フィールドにおけるアクロスソースによって得られた時間経過データの解釈 The interpretation of time-lapse data obtained by seismic ACROSS source operated in AI-Wasse water pumping field in Saudi Arabia	Gerard Schuster (Danglian Zhan)	KAUST
	時間経過震探を視野に入れた波形インバージョンの解明 Unraveling waveform inversion with an eye on time lapse seismics		
3	マルチチャンネル弾性波速度測定による高圧下でのコア試料の弾性異方性 Elastic anisotropies of core samples under very high confining pressure from multi-channel elastic wave velocity measurement	伊藤 久男	東大
	中東の火山と地震プロセスの InSAR による観測 InSAR observations of volcanic and seismic processes in the Middle East		
4	リザーバーモニタリング・モデリングのための高度な InSAR 法 Advanced InSAR for reservoir monitoring and modelling	Sigurjón Jónsson	KAUST
	タイムラプス InSAR による水溶性ガス生産地域における長期的な地表変形のモニタリングと分析 Longterm surface deformation monitoring and analysis in water dissolved gas production areas by time-lapse SAR interferometry		
5	タイムラプス InSAR による水溶性ガス生産地域における長期的な地表変形のモニタリングと分析 Longterm surface deformation monitoring and analysis in water dissolved gas production areas by time-lapse SAR interferometry	六川 修一	海洋開発研究機構 (JAMSTEC)
	InSAR による地盤変動を使用し帯水層と断層の水力機構特性の流域規模でのキャラクタリゼーション Characterizing aquifer and fault hydromechanical properties at basin-scale using InSAR-derived ground deformation		
6	InSAR による地盤変動を使用し帯水層と断層の水力機構特性の流域規模でのキャラクタリゼーション Characterizing aquifer and fault hydromechanical properties at basin-scale using InSAR-derived ground deformation	Estelle Chaussard	University of California, USA
	中東の火山と地震プロセスの InSAR による観測 InSAR observations of volcanic and seismic processes in the Middle East		
ポスターセッション (会場 KAUST 図書館) Poster Session at Library			
10	キーノートプレゼンテーション 2 空中、海洋電磁データの 3D インバージョンを利用した大規模な地下イメージングのパラダイムチェンジ Paradigm change in large-scale subsurface imaging using 3D inversion of airborne and marine electromagnetic data	Michael S. Zhdanov	University of Utah, USA
	新しいスケールでの貯留層のマッピングと監視のための大深度分析技術 Deep diagnostic technologies for reservoir mapping and monitoring at a new scale		
11	CO <sub>2</sub> 地中貯留を監視するための地震波・電磁モデリングとインバージョン Seismic and electromagnetic modeling and inversion to monitor CO <sub>2</sub> geological storage	Alberto F. Marsala	Saudi Aramco
	砂漠環境に埋設したハイドロフォンと受信器による恒常的モニタリング Permanent monitoring with buried land hydrophones and geophones in a desert environment		
12	砂漠環境に埋設したハイドロフォンと受信器による恒常的モニタリング Permanent monitoring with buried land hydrophones and geophones in a desert environment	Jose Marcione	OGS, Italy
	炭化水素貯留層のモニタリングに向けたアクロス震源とフィールドデータの観測と数値解析 Field data observation and numerical study with a permanent seismic source ACROSS towards hydrocarbon reservoir monitoring		
13	複雑な表土下のマルチェンコ再データミング Marchenko re-datuming below a complex overburden	Andrey Bakulin	Saudi Aramco
	炭化水素貯留層のモニタリングに向けたアクロス震源とフィールドデータの観測と数値解析 Field data observation and numerical study with a permanent seismic source ACROSS towards hydrocarbon reservoir monitoring		
14	複雑な表土下のマルチェンコ再データミング Marchenko re-datuming below a complex overburden	Joost van der Neut	Sclumberger
	深度火山プロセスの時間経過のモニタリング：モン・セラト、BWI2007 SEA-CALIPSO 実験からの教訓 Time-lapse monitoring of deep volcanic processes: Lessons from the 2007 SEA-CALIPSO experiment on Montserrat, BWI		
15	深度火山プロセスの時間経過のモニタリング：モン・セラト、BWI2007 SEA-CALIPSO 実験からの教訓 Time-lapse monitoring of deep volcanic processes: Lessons from the 2007 SEA-CALIPSO experiment on Montserrat, BWI	Larry D. Brown	Cornell Univ. USA
	タイムラプス震探再現性の改善：オトウェイサイトでの恒常受信器アレイのフィールドトライアル Improving time-lapse seismic repeatability: Otwaysite permanent geophone array field trials		
16	タイムラプス震探再現性の改善：オトウェイサイトでの恒常受信器アレイのフィールドトライアル Improving time-lapse seismic repeatability: Otwaysite permanent geophone array field trials	David Lumley	University of Western Australia
	ドイツ、ケッチンでの CO <sub>2</sub> 圧入のタイムラプス震探モニタリング：3Dc 地表及び地中ダウンホール の観測 Time-lapse seismic monitoring of CO <sub>2</sub> injection at Ketzin, Germany: 3D surface and subsurface-downhole observations		
17	ドイツ、ケッチンでの CO <sub>2</sub> 圧入のタイムラプス震探モニタリング：3Dc 地表及び地中ダウンホール の観測 Time-lapse seismic monitoring of CO <sub>2</sub> injection at Ketzin, Germany: 3D surface and subsurface-downhole observations	Stefan Luth	Uppsala University Sewden
	CO <sub>2</sub> 分離の精査：InSAR と地質メカニズムモデリングを併用して空間的および時間的な特性を監視するアルジェリア InSalah での CO <sub>2</sub> 圧入のケーススタディ Scrutinizing CO <sub>2</sub> sequestration: A case study coupling InSAR and geomechanical modeling to monitor spatial and temporal characteristics of CO <sub>2</sub> injection at InSalah Algeria		
18	CO <sub>2</sub> 分離の精査：InSAR と地質メカニズムモデリングを併用して空間的および時間的な特性を監視するアルジェリア InSalah での CO <sub>2</sub> 圧入のケーススタディ Scrutinizing CO <sub>2</sub> sequestration: A case study coupling InSAR and geomechanical modeling to monitor spatial and temporal characteristics of CO <sub>2</sub> injection at InSalah Algeria	Andrew Shepherd	University of Leeds, UK
	CO <sub>2</sub> 分離の精査：InSAR と地質メカニズムモデリングを併用して空間的および時間的な特性を監視するアルジェリア InSalah での CO <sub>2</sub> 圧入のケーススタディ Scrutinizing CO <sub>2</sub> sequestration: A case study coupling InSAR and geomechanical modeling to monitor spatial and temporal characteristics of CO <sub>2</sub> injection at InSalah Algeria		