

U.S. DOE's National Risk Assessment Partnership

Assessing Carbon Storage Risk to Support Decision Making Amidst Uncertainty

Rajesh J. Pawar
Los Alamos National Laboratory



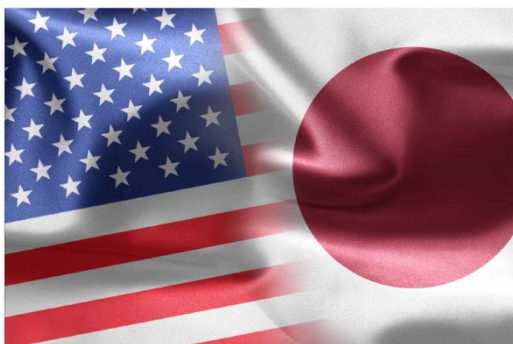
Los Alamos
NATIONAL LABORATORY
EST. 1945



Solutions for Today | Options for Tomorrow

LA-UR-18-20199





2015.4.28

DOE-METIが日米CCS協力 文書(MOC)に署名

経産省、米国エネルギー省とCCS技術で協力

2015年5月11日掲載

☆ 記事を保存

いいね！ 0

ツイート

経済産業省は4月28日（現地時間4月27日）、米国エネルギー省と、「二酸化炭素回収・貯留分野に係る協力文書（MOC）」に署名した。

MOCの概要は、[CO2回収・貯留（CCS）技術](#)に関する日米間の協力を推進するため、研究成果の共有、実験材料・装置等の交換、ワークショップの開催、両国専門家のプロジェクトへの相互派遣等を実施するというもの。協力する技術分野は、CO2の分離・回収、輸送、地下貯留、地下モニタリング等。

CCS（Carbon dioxide Capture and Storage）とは、化学プラント・製油所・発電所等から大量に排出されるCO2を地下に貯留する技術のことをいう。

日本は、2020年頃の実用化を目指して苫小牧での実証事業や研究開発を実施している。本実証事業では2016年度以降、供給源となる製油所で発生したガスからCO2を分離・回収し、年間10万トン以上のCO2を、圧入井で苫小牧港の港湾区域内の海底下の貯留層へ圧入する計画となっている。

また同省は同日、米国エネルギー省と「エネルギー及び関連分野の研究開発協力に係る実施取極（IA）」に署名した。

この取り決めは、「日米科学技術協力協定」（昭和63年6月20日効力発生）第2条第3項に基づき、クリーンエネルギー研究開発分野における知的財産の取扱いや人的交流、研究開発機器の提供の際の費用負担等に関し、具体的内容を定めるもの。対象となる協力分野は、[省エネルギー](#)、[再生可能エネルギー](#)、[スマートグリッド](#)、[蓄電池](#)、クリーンエネルギー輸送技術、CCS等。

Discussion on Joint Research Topic Candidates

Jan 26, 2016

US/DOE & Japan/METI

Joint Research Topic Candidate 1

- **Title:** Fiber Optic Sensing (Geomechanics, Well Integrity, DAS/VSP)
- **Partners:**
 - ✓ US: LBNL (Tom Daley), MRCSP(Neeraj Gupta)
 - ✓ JP: RITE (Ziqiu Xue), AIST(Xinglin Lei)
- **Proposed plan:**
 - ✓ **Lab & Field Experiments, Geomechanics Coupled with Reservoir Simulation**

Joint Research Topic Candidate 5

- **Title: Risk Assessment (NRAP)**
- **Partners:**
 - ✓ **US: NETL (Grant Bromhal),
Los Alamos (George Guthrie)**
 - ✓ **JP: RITE (Takahiro Nakajima), AIST**
- **Proposed plan:**
 - ✓ **Data Analysis?**

米国エネルギー省との間でCCUS分野に係る協力文書に署名しました

2017.10.17

DOE-METIが日米CCS協力
文書(MOC)を改訂、日米
でCCUS案件形成へ

本件の概要

10月17日、経済産業省と米国エネルギー省との間で、「二酸化炭素回収・利用・貯留分野に係る協力文書（MOC）」に署名しました。

1. 背景

2016年に発効したパリ協定では長期目標（世界の平均気温上昇を産業革命以前に比べて2℃より十分低く保つとともに、1.5℃に抑える努力を追求）が掲げられる等、温室効果ガスを大規模削減する中長期的な技術としてCCUS（Carbon Capture, Utilization and Storage：二酸化炭素回収・有効利用・貯留）への期待が高まっています※。

経済産業省では、これまでCCUSの研究開発・実証実験に取り組んできており、2015年には日米共同で研究開発を促進するため、二国間でのMOCを締結し、これまで、苫小牧の実証サイトでのテキサス大学とのデータ解析、ローレンスバークレー国立研究所との光ファイバーを用いたモニタリング検証等に取り組んできました。

他方、石油増産にCO₂を活用するEOR(Enhanced Oil Recovery)が米国では先行しており、日本企業が参画する事例が出てきています。今般、日米でEORを含むCCUSの案件形成を促進するため、10月17日付でMOCの改訂を行い、翌18日に行われた世耕大臣とブレイエット米国エネルギー副長官との会談において、協力を進めていくことが確認されました。

二酸化炭素地中貯留技術研究組合の概要

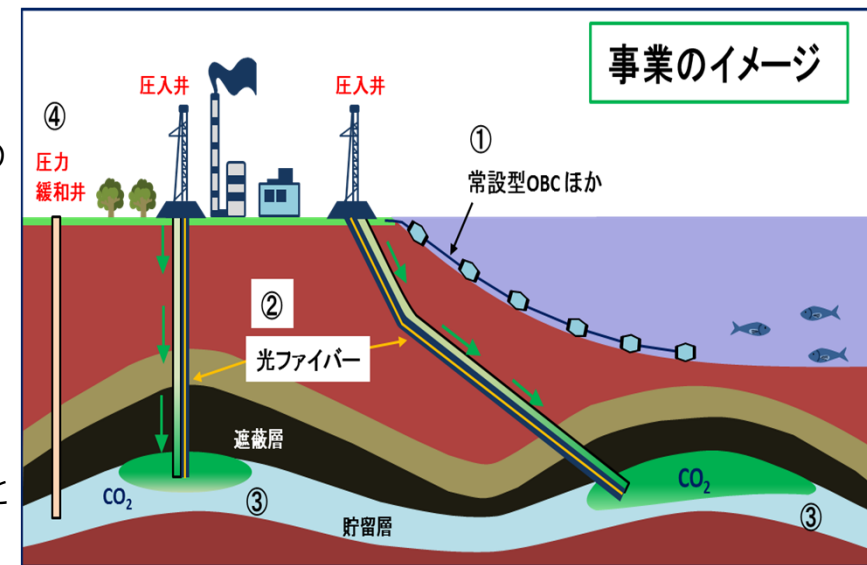
- ・ **設立年月日**：平成28年4月1日
- ・ **理事長**：山地憲治
- ・ **組合員**：（4企業、1国立研究開発法人、1公益財団法人）
石油資源開発（株）、大成建設（株）、国際石油開発帝石（株）、応用地質（株）、
国立研究開発法人**産業技術総合研究所、**公益財団法人**地球環境産業技術研究機構**
- ・ **所在地**：京都府木津川市木津川台9-2

○組合設立の目的

CCSは地球温暖化対策の重要な温暖化対策技術として、国内外に認識されているが実用化に当たっては、**安全かつ大規模・効率的**なCO₂貯留技術の実現が必須である。当組合では我が国の貯留層に適した**実用化規模**（100万トン/年）でのCO₂貯留技術を開発するとともに、CCSの**社会受容性の獲得**やCCS技術の**海外展開**を志向した研究開発を行う。

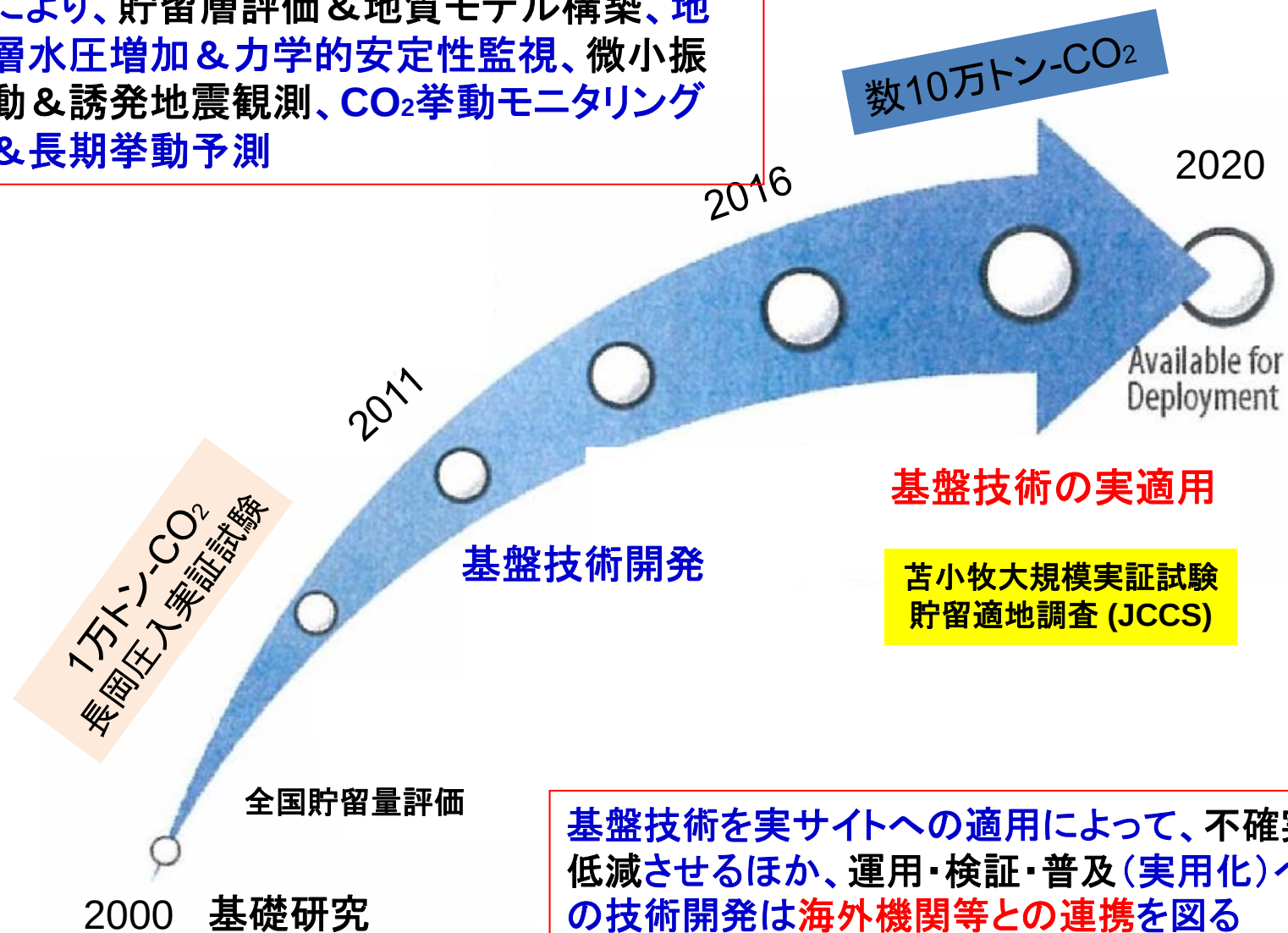
○実用化の方向性

エネルギー基本計画（H26年4月閣議決定）において、「2020年頃のCCS技術の実用化を目指した研究開発」等を推進することとされており、当組合では、**実証規模での研究成果をベース**とし、実用化規模へのup-scalingに係る**(1) CO₂圧入・貯留の安全管理技術の確立、(2) 大規模貯留層有効圧入・利用技術の確立、(3) CCS普及環境整備・基準の整備**を行い、地球温暖化対策としてのCCS促進に寄与する。



- ① 自然地震や微小振動観測結果を基に、ATLSによる圧入安全管理
- ② 光ファイバーを利用した地層安定性や廃坑井の健全性監視
- ③ 圧入中のCO₂挙動モニタリングを基に、圧入後の長期挙動予測
- ④ CO₂圧入井や圧力緩和井の最適配置及び貯留率向上
- ⑤ CO₂貯留安全管理プロトコル（IRP）の構築

貯留層規模／CO₂圧入規模のUp-scaling
により、貯留層評価&地質モデル構築、地
層水圧増加&力学的安定性監視、微小振
動&誘発地震観測、CO₂挙動モニタリング
&長期挙動予測



H29年度事業計画

研 究 課 題		実施組合員
(1)大規模CO ₂ 圧入・貯留の安全管理技術の開発	①圧入安全管理システムの開発	RITE、JAPEX、INPEX
	②CO ₂ 長期モニタリング技術の確立	AIST
	③大規模貯留層を対象とした地質モデル構築、貯留層評価	RITE、JAPEX、応用地質
	④大規模貯留層に適したCO ₂ 挙動シミュレーション、長期挙動予測手法の確立	RITE、AIST、大成建設、応用地質
	⑤光ファイバーを利用した地層安定性や廃坑井の健全性監視システムの開発	RITE、AIST、JAPEX、INPEX
	⑥CO ₂ 漏出検出・環境影響評価総合システムの構築	RITE
(2)大規模貯留層の有効圧入・利用技術の開発	① CO ₂ 圧入井や圧力緩和井の最適配置技術の確立(NRAP含む)	RITE、大成建設
	② CO ₂ 溶解促進技術の適用による貯留効率向上	RITE、JAPEX
(3)CCS普及条件の整備、基準の整備	① CO ₂ 貯留安全管理プロトコル(IRP)の整備	RITE
	② 苫小牧実証データの提供による技術事例集の作成、海外機関との連携	RITE
	③ 社会受容性の向上、国際標準化との整合	RITE

U.S. DOE's National Risk Assessment Partnership

Assessing Carbon Storage Risk to Support Decision Making Amidst Uncertainty

Rajesh J. Pawar
Los Alamos National Laboratory



Los Alamos
NATIONAL LABORATORY
EST. 1945



Solutions for Today | Options for Tomorrow

LA-UR-18-20199



National Risk Assessment Partnership (NRAP)

Objective: Building tools and improving the science base to address key questions related to environmental impacts from potential release of CO₂ or brine from the storage reservoir, and potential ground-motion impacts due to injection of CO₂

Technical Team



Stakeholder Group



NRAP is part of US DOE's Carbon Storage Program

- NRAP is funded through the Carbon Storage R&D Program and managed by National Energy Technology Laboratory (NETL)
- Carbon Storage Program Goals
 - Develop technologies that ensure **safe, secure**, efficient, and cost effective CO₂ containment in diverse geologic formations for commercial readiness by 2030
 - **ensure 99% storage permanence**,
 - improve storage efficiency and **containment effectiveness**, and
 - predict storage capacity to $\pm 30\%$
- NRAP is leveraging DOE's capabilities to help quantify uncertainties and risks necessary to remove barriers to full-scale CO₂ storage deployment

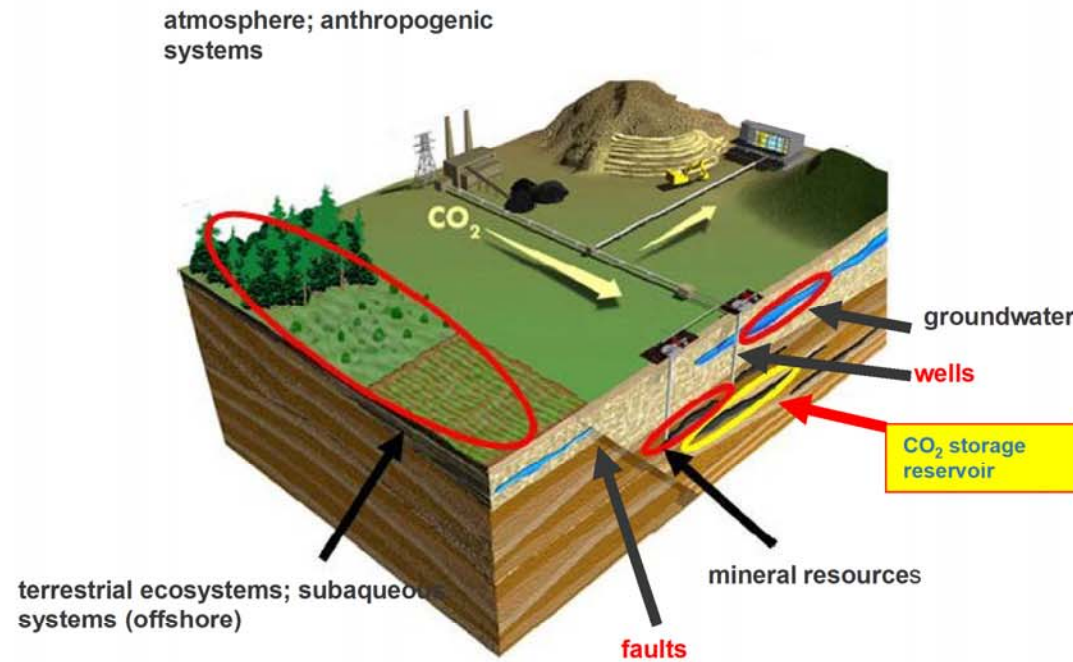
Assessing and managing risks is key for geologic CO₂ storage

Multiple stakeholders with different interests



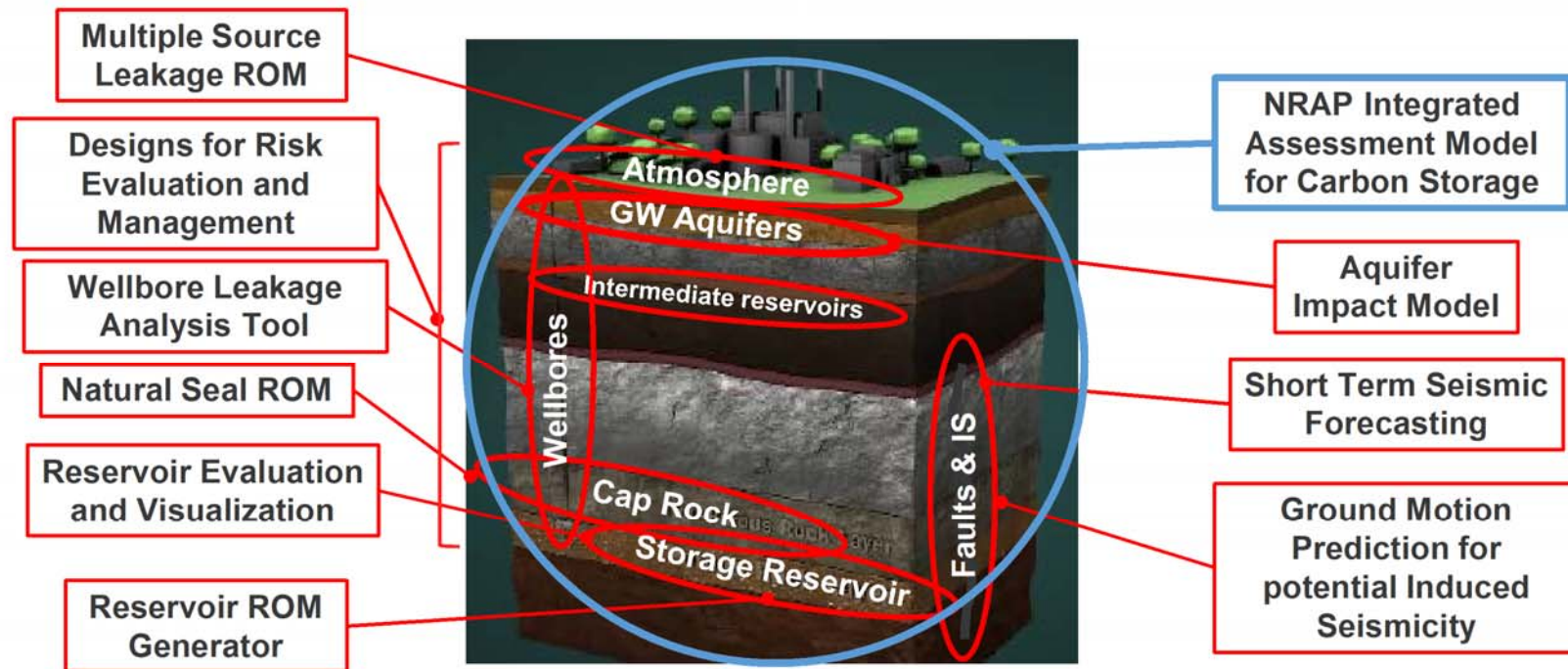
Confidence in geologic CO₂ storage technology can be increased by using Science (-Based Predictions) to inform decisions related to safe site operations & management

Geologic CO₂ storage sites are complex



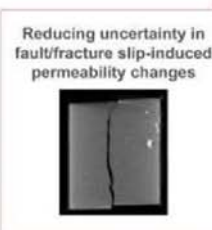
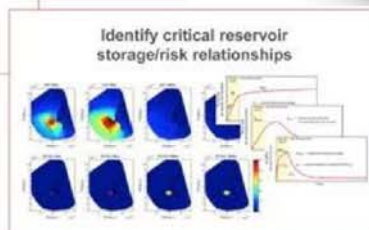
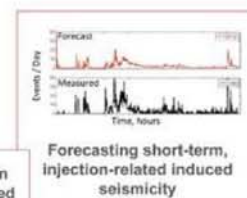
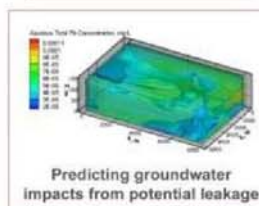
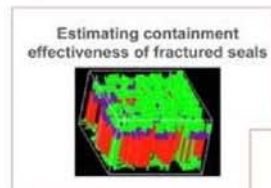
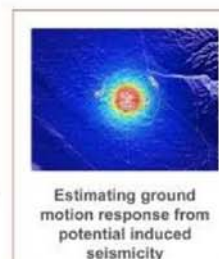
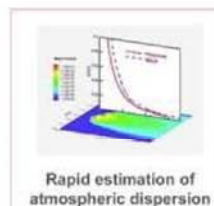
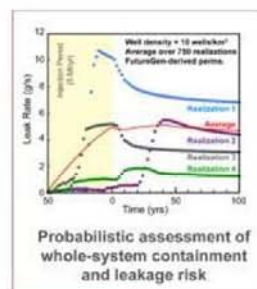
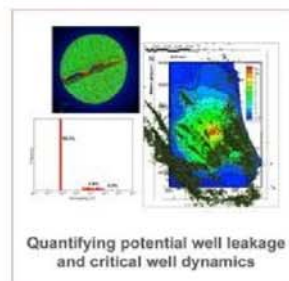
Assessing long-term risks requires predictions that take into account key aspects of geologic CO₂ storage sites

NRAP Phase I CO₂ Storage Risk Assessment Toolset



NRAP Phase I Accomplishments

NRAP Tools Available at:
www.edx.net/1.doe.gov/nrap



MSRP Tool		Prevalence	Training Materials	
			SLIDES	VIDEO
Integrated Assessment/Performance through ARMS/ARMS-CE	ARMS/ARMS-CE			
Water Risk (ARMS-ARMS)	ARMS-ARMS			
Financial Evaluation and Evaluation ARMS Tool	ARMS-ARMS			
Global Change ARMS/ARMS-ARMS	ARMS-ARMS			
ARMS/ARMS-ARMS-ARMS	ARMS-ARMS			
Global Change ARMS/ARMS-ARMS	ARMS-ARMS			
ARMS/ARMS-ARMS-ARMS	ARMS-ARMS			
ARMS/ARMS-ARMS-ARMS	ARMS-ARMS			
ARMS/ARMS-ARMS-ARMS	ARMS-ARMS			
ARMS/ARMS-ARMS-ARMS	ARMS-ARMS			
ARMS/ARMS-ARMS-ARMS	ARMS-ARMS			
ARMS/ARMS-ARMS-ARMS	ARMS-ARMS			

IJGGC Virtual Special
Issue (August, 2016)

Risk Management & Uncertainty Reduction

- Demonstrate Risk Assessment Tools Applicability to Field Projects
 - Ongoing work with Regional Partnership, CarbonSAFE & BEST Projects
 - Open to international collaboration opportunities
- Containment Assurance:
 - Approaches for risk management through integration of risk quantification, strategic monitoring, risk mitigation
 - Risk-based framework for pressure and plume management
 - Leakage potential through damaged wellbores, Caprock/AZMI response to stress/leakage
- Induced Seismicity:
 - Real time hazard forecasting
 - Active seismicity management & seismicity management protocols
 - Fault leakage due to seismicity
- Strategic Monitoring for Uncertainty Reduction
 - Integrate monitoring with risk assessment to reduce uncertainty
 - Effective monitoring designs
 - Post-injection monitoring protocols
- Critical Questions Related to Environmental Risk Assessment and Management
 - Develop knowledge-base for making decisions on PISC

NRAP tools 開発コンセプト

CO2地中貯留の実施・・・多くの不確実性



リスク評価必要（事業者、投資家、規制機関、PA）



3Dフルモデルでの
不確実解析は高コスト

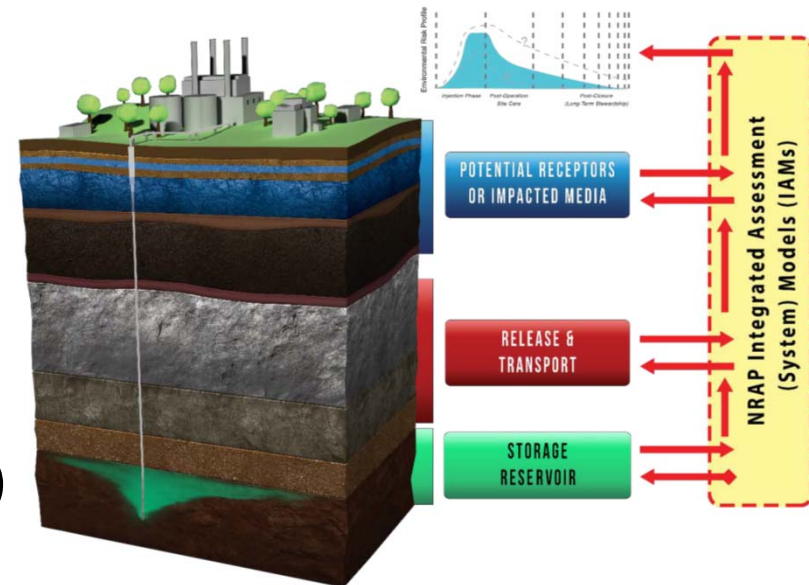


ROMによる解析高速化



不確実性分析を迅速に実現
（計算時間1/1000のオーダー）

ROM = Reduced Order Model



NRAP toolsの全体評価

分類		名称	基本機能	概要	評価
統合モデル	1	NRAP-IAM-CS	CCS統合システム	圧入～環境影響までを評価 中核モデル	漏洩評価フレーム 構築完了
貯留層評価	2	RROM-Gen	3D解析結果読込	ScO ₂ 、ΔP等時系列データ取得	ユーティリティ 貯留層モデルの利用 が容易
	3	REV	貯留層情報可視化	可視化	
漏洩	4	WLAT	坑井	プラグ、セメント変質、開放井考慮	適用検討例多数あり
経路	5	NSealR	遮蔽層	100×100のセルを通過する二相 流で表現	適用検討例まだ少ない
環境 リスク	6	AIM	帯水層	pH、TDS等のプルームサイズ	米国帯水層対象 帯水層条件単純化
	7	MSLR	大気	高濃度CO ₂ のプルームサイズ	流れ条件を特定した 極めて単純なモデル
観測井	8	DREAM	観測井最適配置	数値解析結果を基に最適化	CO ₂ 、ブライン挙動解析 結果の信頼性に依存
地震 リスク	9	STSF	発生頻度	圧入影響を考慮 地熱発電データでモデリング	地震発生メカニズム の詳細は研究途上。 サイト毎にキャリブ レーションが必要
	10	GMPIS	地震動強度評価	応答スペクトル評価 地熱発電データでモデリング	


現時点では1～4は国内にも適用可能（迅速な漏洩リスク評価可能）
その他のツールは今後の動向も確認が必要（特に地震）
統合モデルによるリスク評価の考え方は、わが国にも参考になる。

我が国への適用性

我が国への適用性

不確実性が大きな段階でのリスク評価を簡易に実施可能

- 早期の事業判断、許認可判断、投資判断に活用できる
- 事業者、規制関係者等のリスク・不確実性の共通理解に活用できる

発生確率が小さいと考えられる要因のリスク評価

- 坑井閉鎖処理後の長期評価
 - 万一の断層からの漏洩の評価
- ⇒不確実性を踏まえて、リスクが小さいことを示すことができる

我が国特有のリスク対象に対しては改良の余地がある

- 海底下貯留、地震、断層等

意義

**米国と共通のツールを保有することは国際展開の視点からも意義がある。
事業者、規制側でのリスク認識の共有に役立つ。**