



原子力プラントのリスク・安全 に関するEPRIの研究

ニール・ウィルムスハースト
副社長（VP）兼最高原子力責任者（CNO）

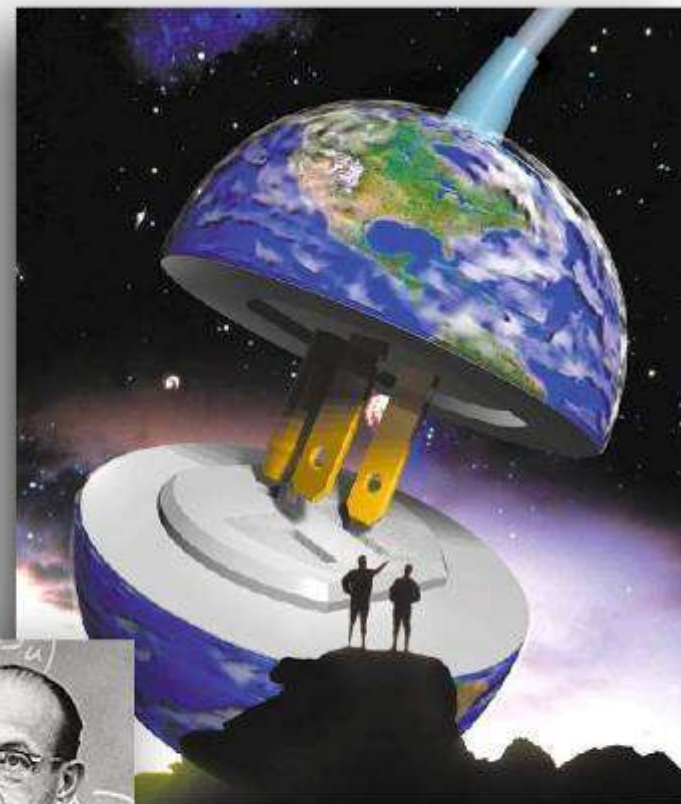
経済産業省
東京 日本
2014年2月5日

概要

- EPRI
- EPRI原子力部門会員資格とガバナンス
- プラントの安全性・信頼性向上におけるEPRIの役割
 - リスク・安全性プログラム (RSM)
 - ポスト福島R&D
- 産業界の構成と相互作用
- まとめ

我々の使命と歴史...

- 1972年、電気事業者により、電気事業者のために創設
- 公共エネルギーおよび環境研究のための独立非営利組織
- 電力業界の共有のリソース
- 主要オフィス：カリフォルニア州パロアルト、ノースカロライナ州シャーロットおよびテネシー州ノックスビル



チョーンシー・スター
EPRI 創設者

大停電を契機に設立

1972年、公共エネルギーおよび環境研究のための
独立非営利組織として設立



1965年北東部大停電の際のニューヨーク市,

協力

米国の会員



U.S. Nuclear Power Plants

Source: NEI Website, 2009

- 全米国原子力発電所所有者/運転者
- 原子力発電所100基

米国以外の会員



- 20 カ国、原子炉>220基

世界的な広がりと深み



- 世界の商用炉の>75%

会員組織でほとんどの原子炉設計を網羅

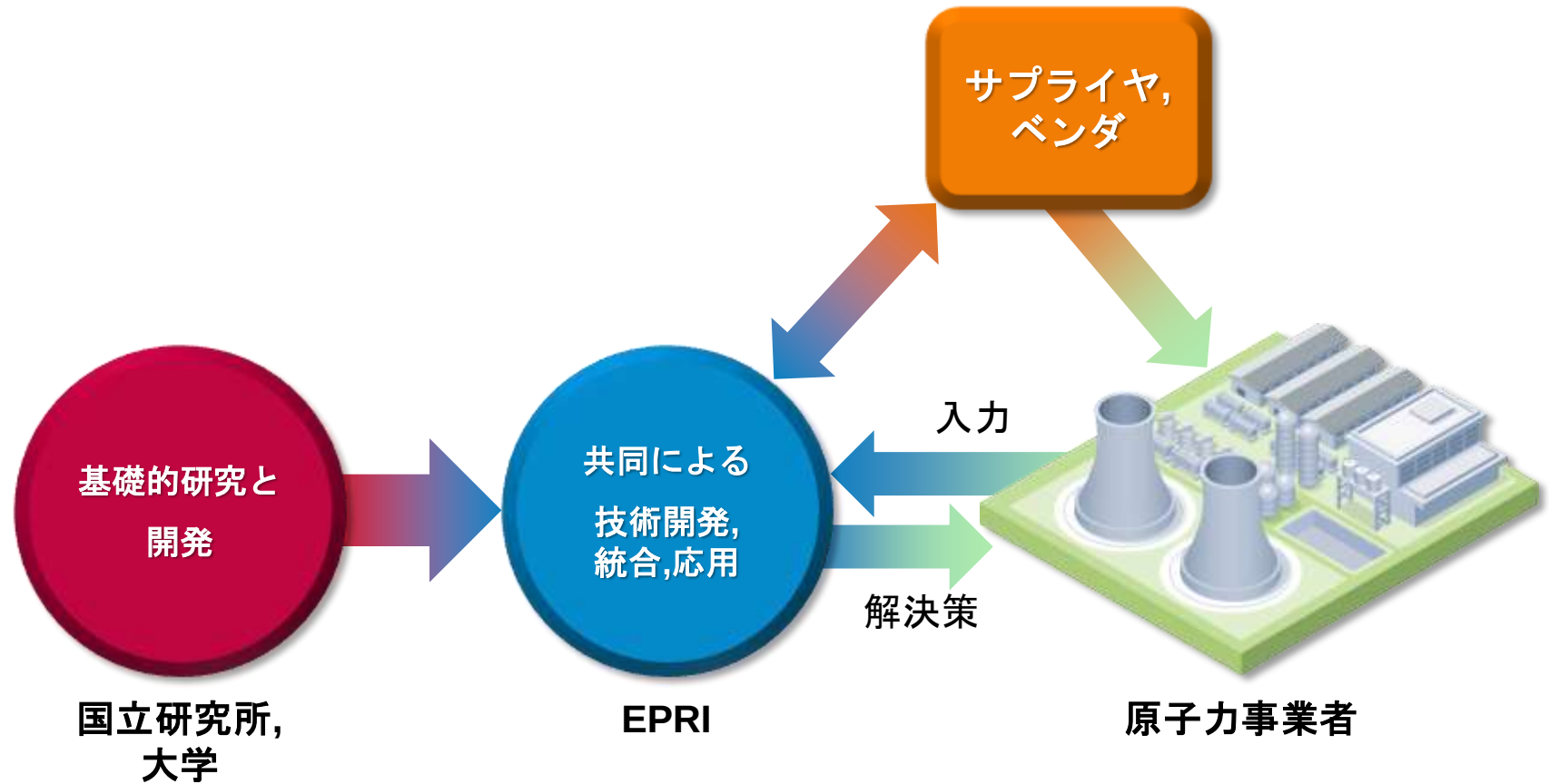
世界各国からの参加

全会員:

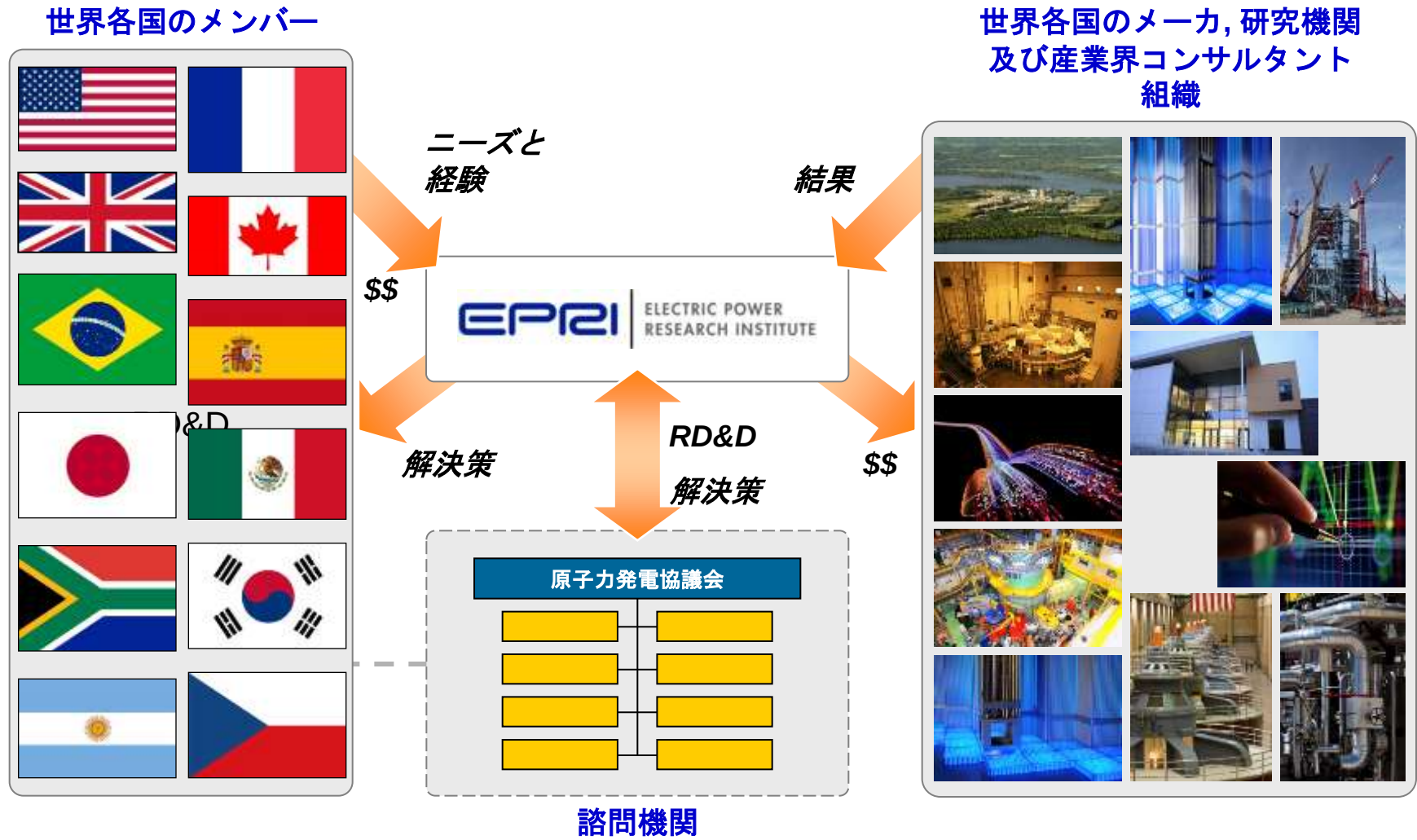
- 全26原子力事業者 (米国)
- CEZ (チェコ)
- COG (カナダ、ルーマニア)
- CFE (メキシコ)
- 中部電力(日本)
- 中国電力 (日本)
- EDF (仏国)
- EDF Energy (英国)
- ENEC (UAE)
- Eletronuclear (ブラジル)
- Eskom (南アフリカ)
- KHNP (韓国)
- NASA (アルゼンチン)
- Rolls Royce (英国)
- 四国電力(日本)
- 東京電力 (日本)
- UNESA (スペイン)

会員の積極的参加と 運転経験の分析が
EPRI最大の価値の一つ

我々のアプローチ



事業者の問題に向けられるグローバルな資源

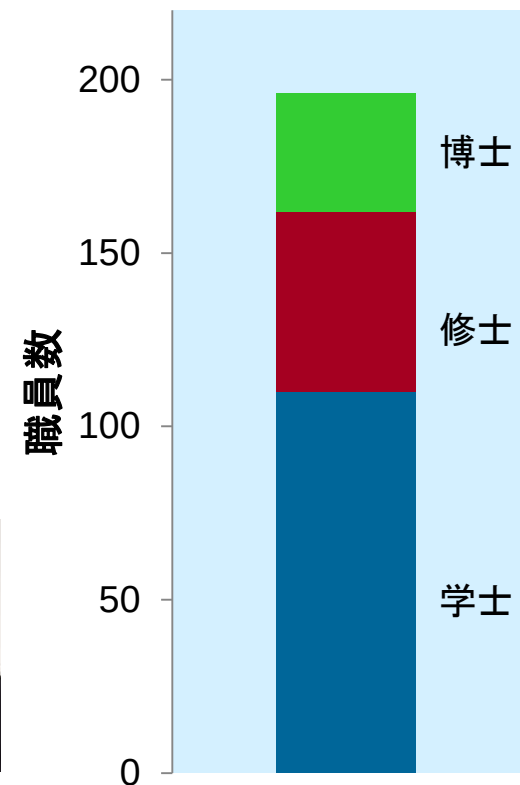


産業界の専門知識

- 原子力技術スタッフの50%以上が博士号または修士号を取得
- 原子力プログラム・プロジェクトマネージャの大部分が事業者または産業界経験者
- グローバルな視点...原子力スタッフの出身は12カ国以上



原子力技術スタッフの学位



出典: EPRI 職員データ報告書

原子力分野のガバナンス

				 Neil Wilmshurst Electric Power Research Institute	 Tom Joyce PSEG Nuclear, LLC		
 Cleve Reasoner AmerenUE	No Photo Available	 Shane Lies American Electric Power Corp.	 Jack Cadogan Arizona Public Service Company	 Ales Laciok CEZ a.s.	 Hiromu Masuda Chubu Electric Power Company	 Tsukasa Hayashi Chugoku Electric Co.	
No Photo Available	 Agustin Lozano Laes Comision Federal de Electricidad (CFE)	 Maria Korsnick Constellation Energy Nuclear Group	 Mark Sartain Dominion	 Wayne Colonnello DTE Energy	 Joe Donahue Duke Energy	 Neil Thomson EDF Energy Nuc. Generation	
 Jean-Pierre West Electricite de France (EDF)	 Luiz Soares Eletrobras Eletronuclear	 Alex Javorik Energy NW	 Jeff Forbes Entergy Nuclear Operations	No Photo Available	 Ross Ridenoure Emirates Nuc. Energy Corp. (ENEC)	 Antone Kotze ESKOM	
No Photo Available	 Paul Harden FirstEnergy Nuclear Operating Company	 Seung-Chul Lee Korea Hydro & Nuclear Power Co.	 Ben Mays Luminant	 David Kimball Nebraska Public Power District	 Mano Nazar NextEra Energy	No Photo Available	 Fernando Monserat Nucleoelectrica Argentina S.A.
 Scott Greenlee Exelon	 Victor Naschansky Omaha Public Power District	 Paul Spekkens Ontario Power Generation (CANDU)	 Jeff Summy Pacific Gas & Electric Company	 Tim Rausch PPL Susquehanna	 Ian Armson Rolls Royce Power Engineering		
 Susumu Tanigawa Shikoku Electric Power Company	 Dan Gatlin South Carolina Electric & Gas Co	 Tom Palmisano Southern California Edison Co.	 Danny Bost Southern Nuclear Operating Co.	 Dave Rencurrel STP Nuclear Operating Company	 Joe Grimes Tennessee Valley Authority		
		 Takafumi Anegawa Tokyo Electric Power Company	 Pedro Mata UNESA	 John Broschak Wolf Creek Nuclear Operating Corp.	 Timothy O'Connor Xcel Energy		



プラントの安全性・信頼性改善におけるEPRIの役割

米国原子力産業の設備利用率 –EPRIのR&Dによる支援

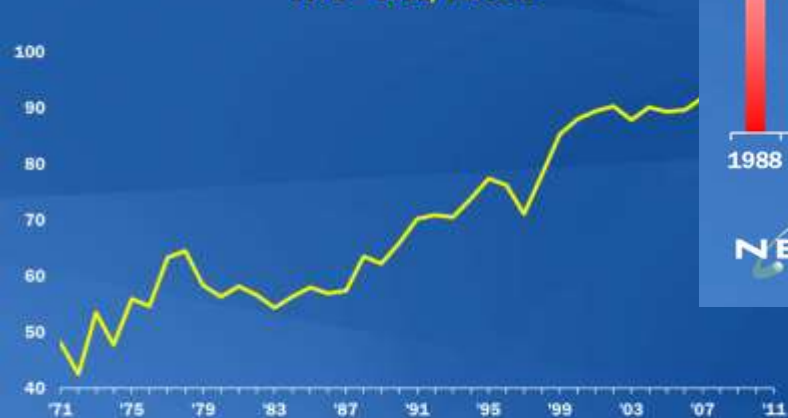


EPRIの貢献

- オンライン・メンテナンス
- 信頼性重視保全(RCM)
- 燃料破損の減少
- 材料経年変化研究
- 確率論的手法/リスク情報活用研究
- 熱水力学的モデル
- 非破壊評価の技術と実証
- 運転認可更新

設備利用率と安全性は関連がある...

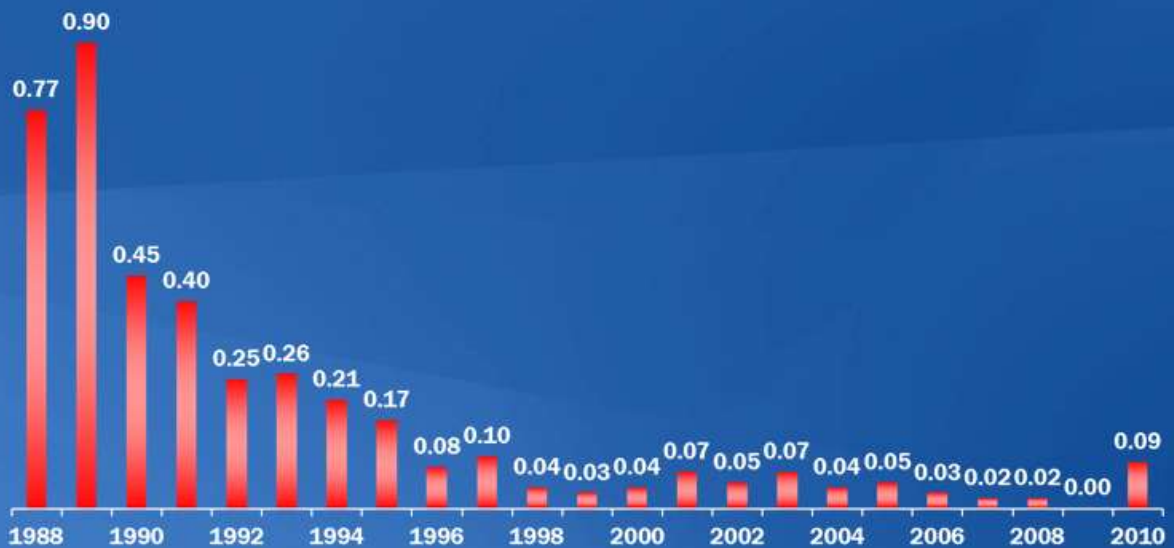
U.S. Nuclear Industry Capacity Factor
1971 – 2011, Percent



Source: Energy Information Administration
Updated: 3/12

Significant Events at U.S. Nuclear Plants:

Annual Industry Average, Fiscal Year 1988-2010



Source: NRC Information Digest, 1988 is the earliest year data is available.
Updated: 9/11



ELECTRIC POWER
RESEARCH INSTITUTE

2014年の研究分野とプログラム

行動計画	プログラム
材料	1次系腐食
	SG管理
	BWR容器および内部構造物
	PWR材料信頼性
	溶接補修と技術センター
燃料信頼性	燃料信頼性
使用済燃料/高レベル廃棄物管理	使用済燃料/高レベル廃棄物管理
長期運転	長期運転
非破壊評価	非破壊評価
機器信頼性	原子力保守応用センター
	プラントエンジニアリング
	計装制御
リスクと安全マネジメント	リスクおよび安全マネジメント
改良原子力技術	改良型原子力技術
化学,低レベル廃棄物および放射線管理	低レベル廃棄物および放射線管理
	廃止措置技術開発
	水化学

EPRI リスク・安全マネジメント(RSM)の任務

- 以下を可能にするリスク情報を活用した
枠組みの実施
 - リスクを減じ、安全上の焦点を明確にする
安全上の利益
 - 同時に**運転のフレキシビリティ**も向上
- この枠組みは以下により達成
 - **技術手法, データおよび 解析 ツール**の開発
 - これら手法およびツールの有効利用のため
指針および訓練の提供



EPRI RSM 研究分野

技術手法と指針

リスク評価の
手法・指針

内部事象

外部洪水

火災

強風

地震

その他のモード
とハザード

応用

リスク情報を活
用した規制と
応用

信頼性評価

セキュリティと
緊急時計画

支援活動

PRAと安全性
ソフトウェア

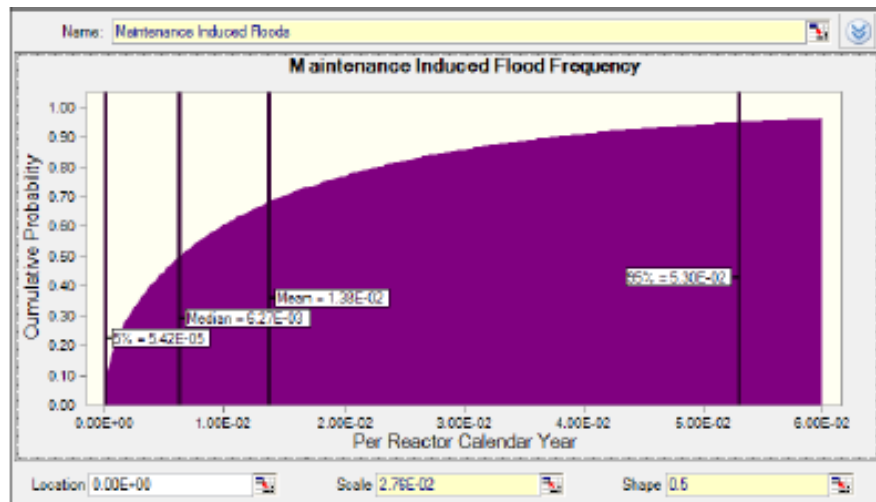
訓練/
技術移転

特別プロジェクト

福島関連 活動

内部溢水

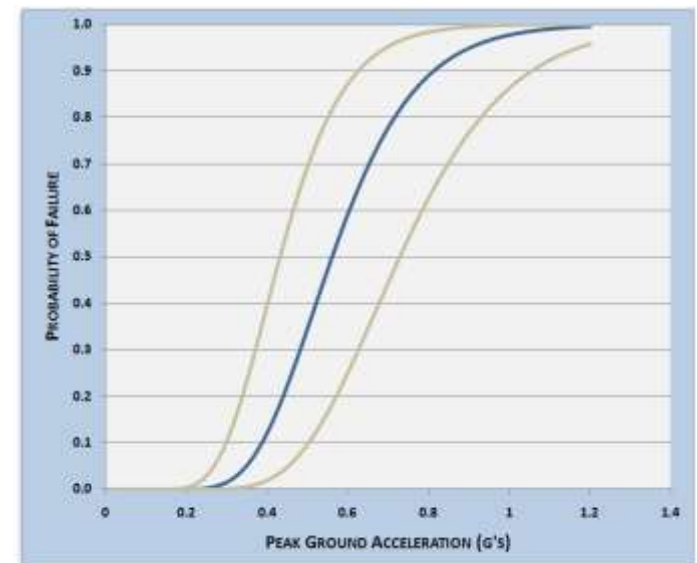
- 可能性のある内部溢水を特定し評価する包括的指針(EPRI 1019194)
 - 世界中で広く使用される“同意形成アプローチ”



- 故障率データに関する付帯報告書 (EPRI 3002000079)
 - 潜在的溢水源としての配管系破損率

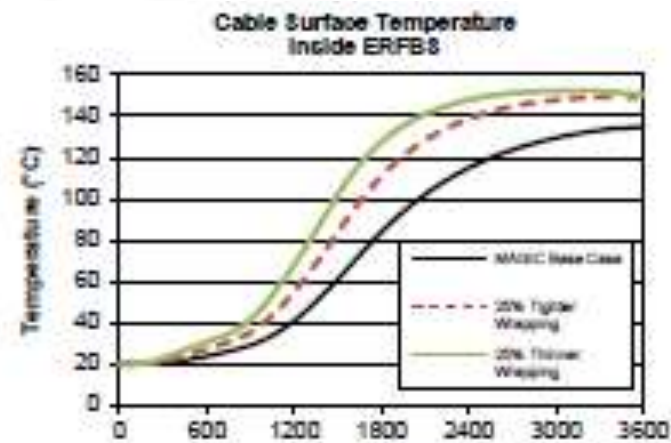
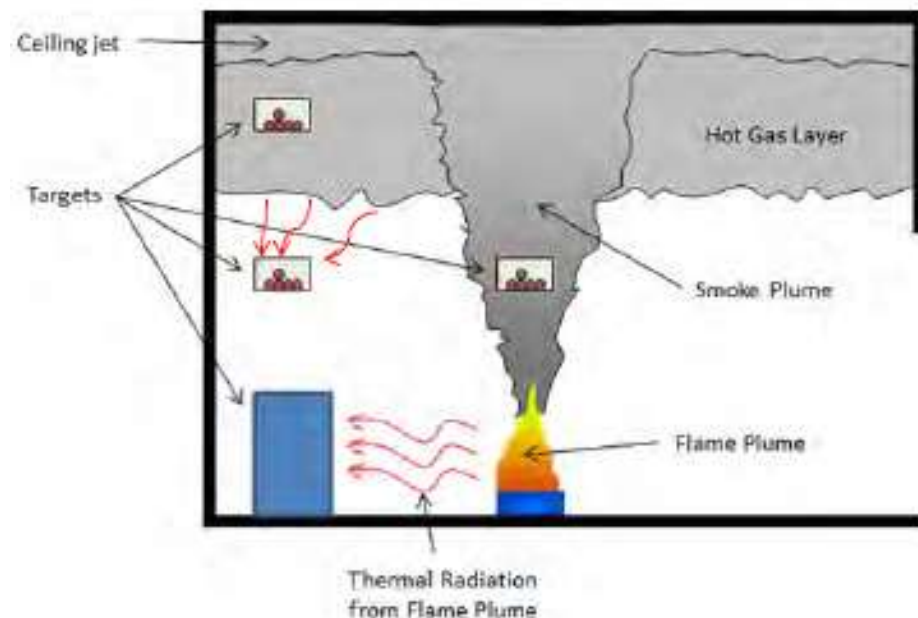
耐震評価とリスク解析

- 地震PRA実施ガイド(EPRI 3002000709) – 地震リスク評価実施のためのガイド
- 地震フラジリティ解析 – 地震による破損の頻度
 - 改良手法(EPRI 1022995) – シナリオ- 地震に基づくフラジリティ解析
 - 地震フラジリティ解析ガイド(EPRI 1019200)
- プラント運転のための支援; 例えば、
 - 地震時対応のためのガイド(EPRI 1025288)および再起動のためのガイド(EPRI 3002000720)



火災リスク解析

- 火災PRAのための主要ガイド
 - 包括的火災PRAガイド (EPRI 1011989)
 - 火災PRA手法の改良 (EPRI 1019259)
 - 火災モデリング適用ガイド (EPRI 1023259)
- 火災事象データ
 - 包括的データベース (EPRI 1025284)
 - および頻度推定手法 (EPRI 1013211)



リスクに対応するためにプラントの改善点を特定する効果的ツール

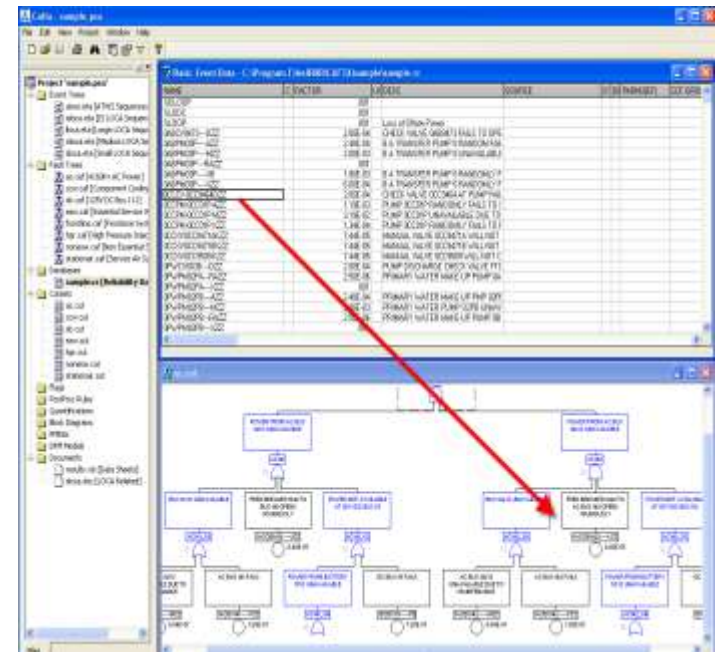
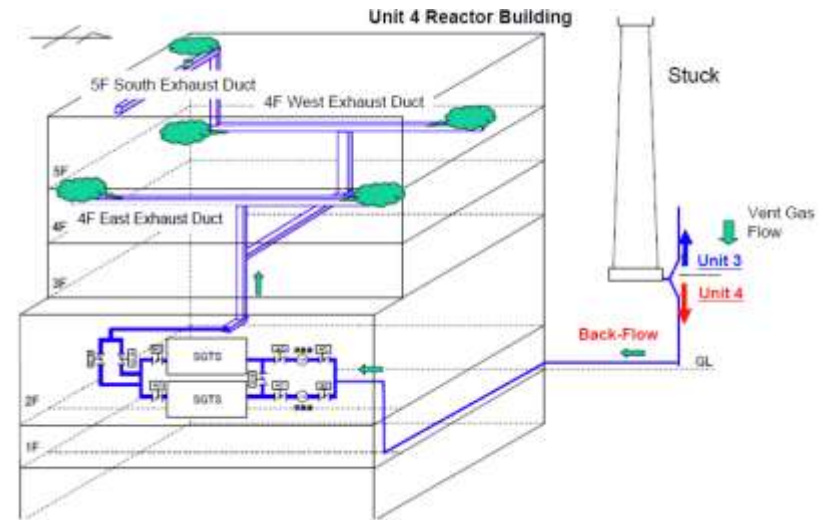
PRA・安全ソフトウェア

●安全解析コード

- MAAP
- GOTHIC
- RETRANおよびVIPRE

- PRAソフトウェア

- HRA Calculator
- CAFTA, EOOS
- FRANX, FIVE
- PRA DocAssist
- Etc.



PRA・安全トレーニング: リスクのプロフェッショナルの教育

- プログラムは緊急のニーズに対応
 - PRA技術者に対するニーズの増加
 - 一人前になるまで長期間必要
 - 整合性と品質
- アプローチ
 - 1週間の課程を年6回開催
 - PRAの全要素を詳細に
 - 幅広い経験を有するインストラクタ
 - 実践的、パフォーマンスベース
- 成功
 - 130名以上が本課程を修了済み
 - 多数の事業者が繰り返し参加



EPRIのリスク&安全マネジメントプログラム: 日本との関わり 2014~2015年

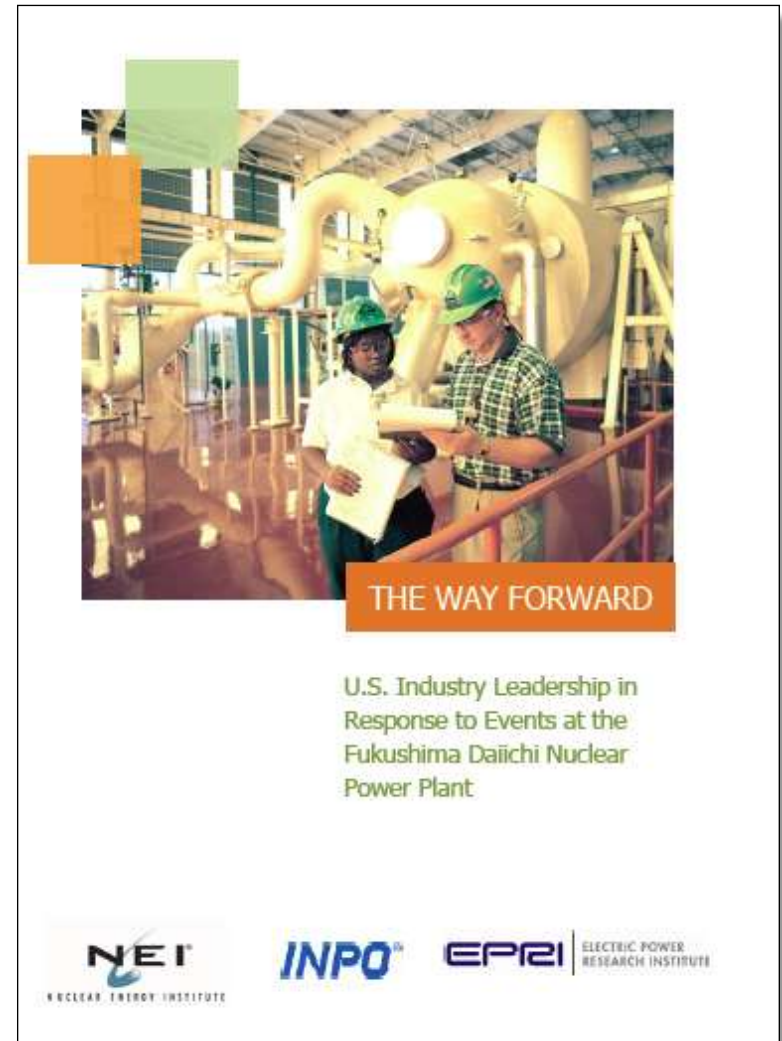
- 役員、幹部、リスク専門家向けのPRA教育を初期に強調
 - 役員向けのPRA課程(2014年4月)
 - リスク専門家向けの教育課程(第2四半期に開始)
 - モジュール1: 幹部および技術者向けのもの
 - モジュール1-6: 詳細なPRAの知識が必要な技術者向けに開発; EPRI/RSMメンバー向けのもの
- その他、EPRI会員向けワークショップを開催;
例, MAAP, GOTHIC, Risk & Reliability Workstation



ポスト福島研究

福島事故関連R&Dの範囲

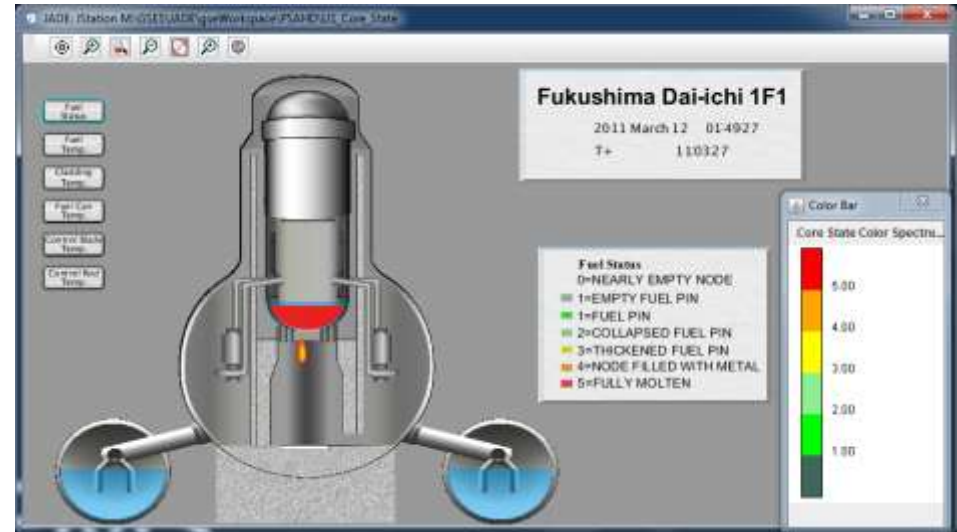
- 根本原因の技術的評価
- 外部事象
 - 地震
 - 洪水
- シビアアクシデントマネジメント
- 使用済燃料プール
- 放射性物質放出の緩和



膨大な件数が進行中 ... グローバルに適用可能

技術評価

事故の現象の理解のために...



EPRIシビアアクシデントコード – MAAP

- 炉心損傷シーケンスの理解
- 観測データとの比較
- モデルの検証/更新
- 今後の技術的検討への情報提供

大規模でグローバルな共同作業

シビアアクシデントマネジメントガイドンス (SAMG) 支援のための技術ベース報告書

- オリジナルの1992年版技術ベースの改訂

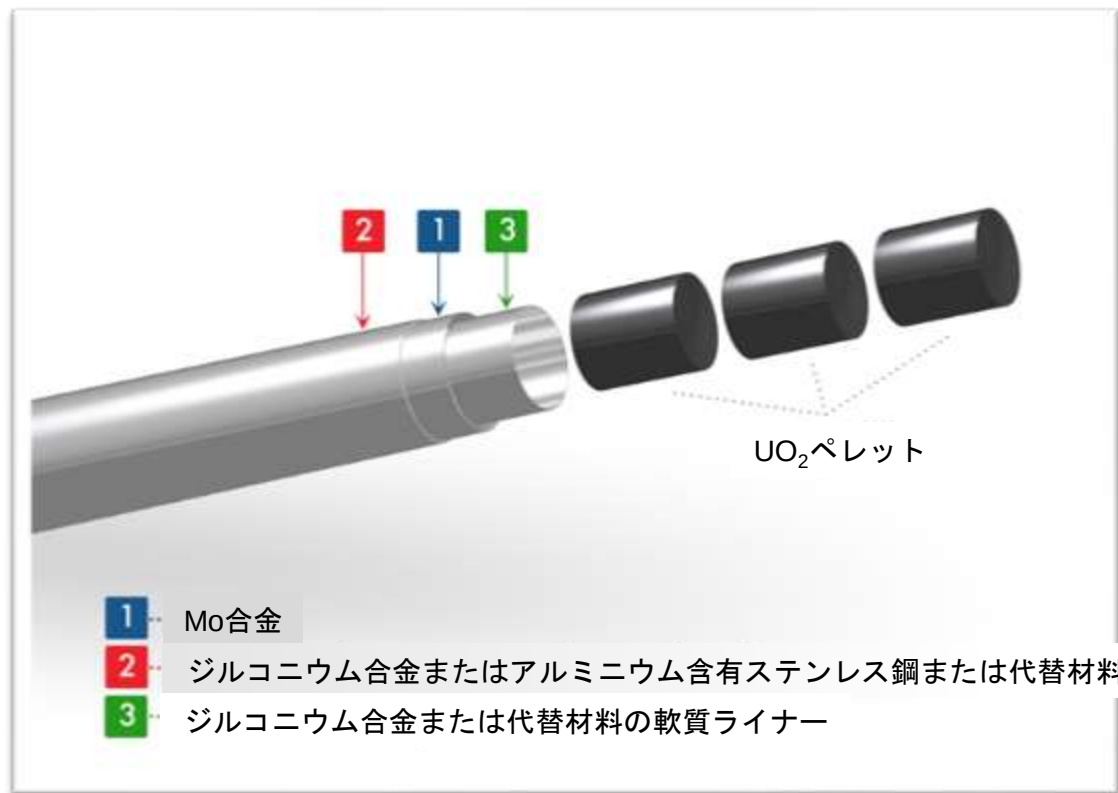
- 次の事項から知見の入手
 - 福島事故
 - 事故現象の実験
 - プラント個別の解析



- プラント個別の対応のための高レベル措置の決定

戦略的焦点

改良型燃料被覆管・燃料チャンネル



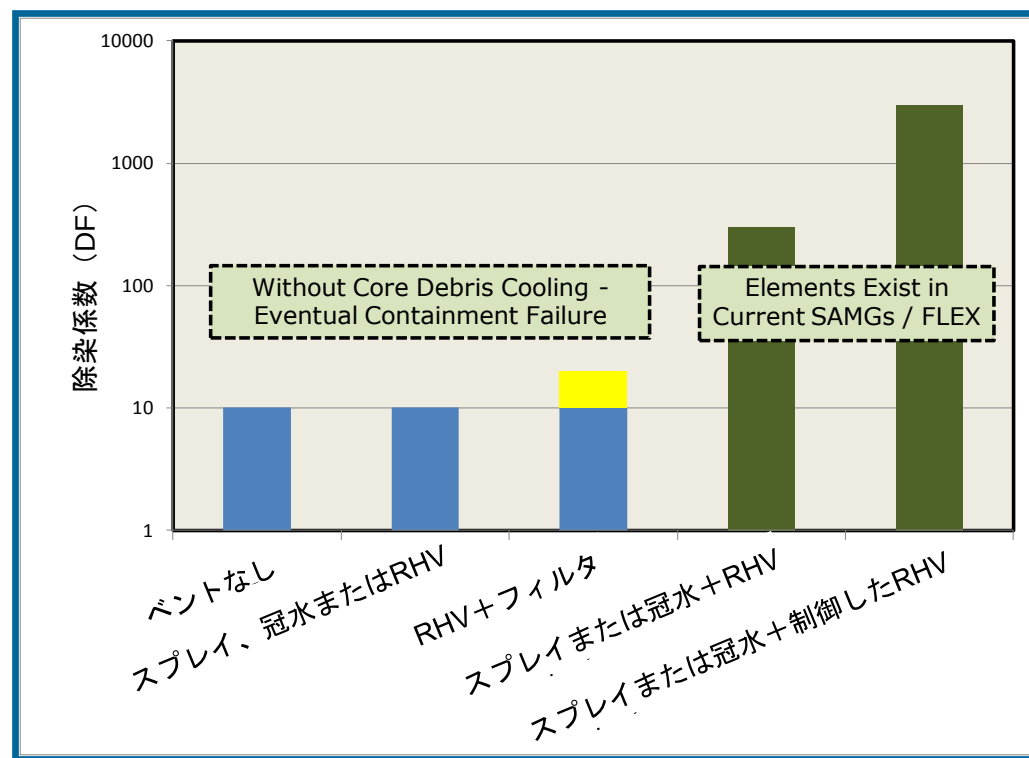
モリブデン合金燃料被覆管



炭化ケイ素複合
BWR チャンネル

シビアアクシデント時の放射性物質放出緩和戦略

- 格納容器健全性の維持
- 注水によるデブリ冷却および潜在放出物質のフィルタ:
 - 水スプレイと冠水による浮遊エアロゾルのフィルタ
 - ベントの繰り返しがエアロゾル捕捉を最大化し、水素を制御する。
- 除染係数 >1000 も可能



RHV : Reliable Hardened Vent 信頼性の高い耐圧ベント

検討への情報提供のため科学的能力を活用...



産業界の構成と相互関係

主要なインタフェース

EPRI | ELECTRIC POWER
RESEARCH INSTITUTE

INPO

NEI

U.S.NRC

産業界の協力
戦略的な提携
積極的な関与
緊密なコミュニケーション

U.S. DEPARTMENT OF
ENERGY



世界の研究機関、国立研究所、大学、ベンダーと二国間または多国間協定



maei
the materials ageing institute



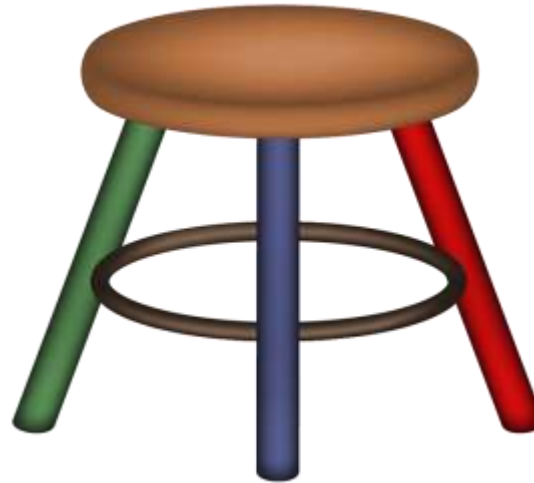
KHNP
Nuclear Engineering & Technology Institute



IAEA.org
International Atomic Energy Agency



米国原子力産業の支援組織



NUCLEAR ENERGY INSTITUTE

政策、主張、
規制の窓口

INPO

Institute of Nuclear Power Operations

運転
エクセレンス

EPRI

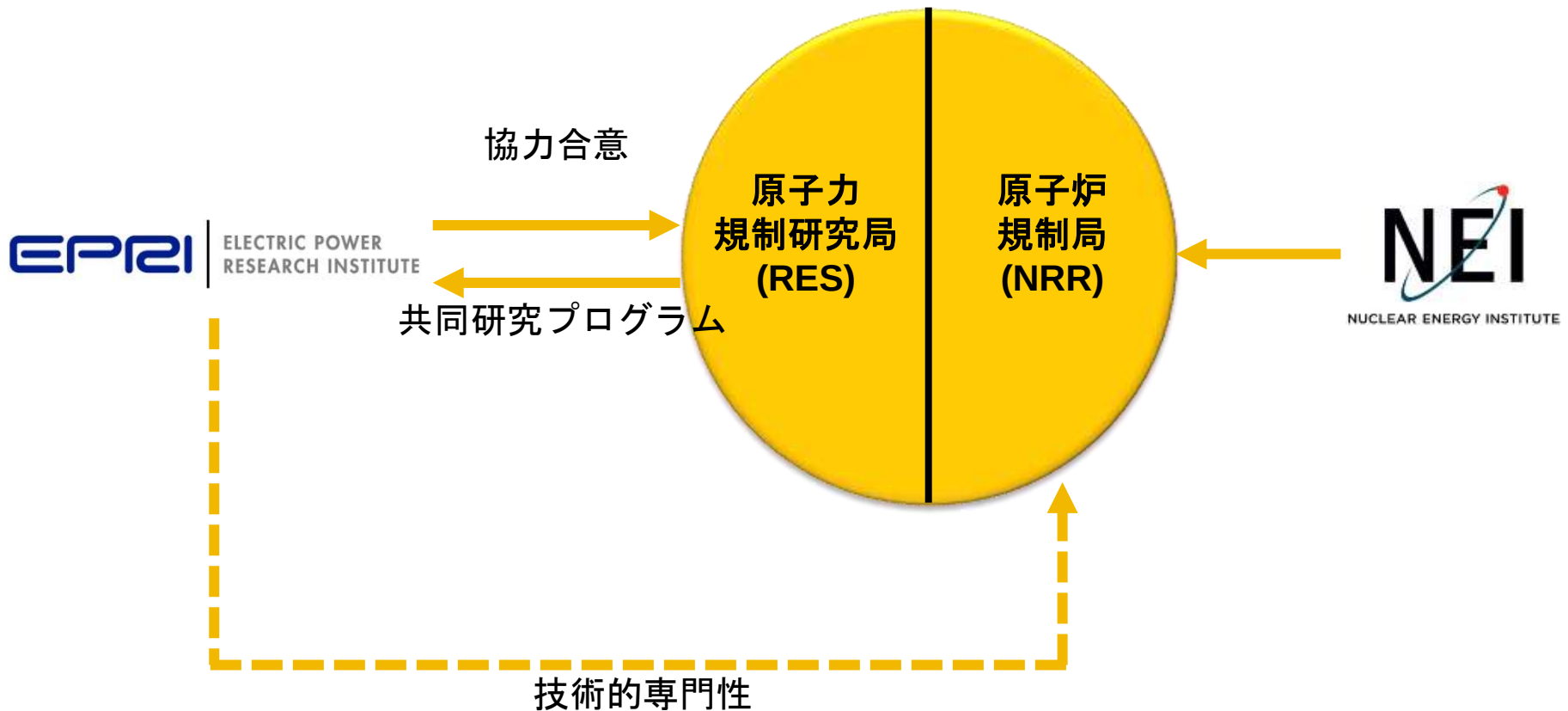
ELECTRIC POWER
RESEARCH INSTITUTE

研究、技術開発、実証

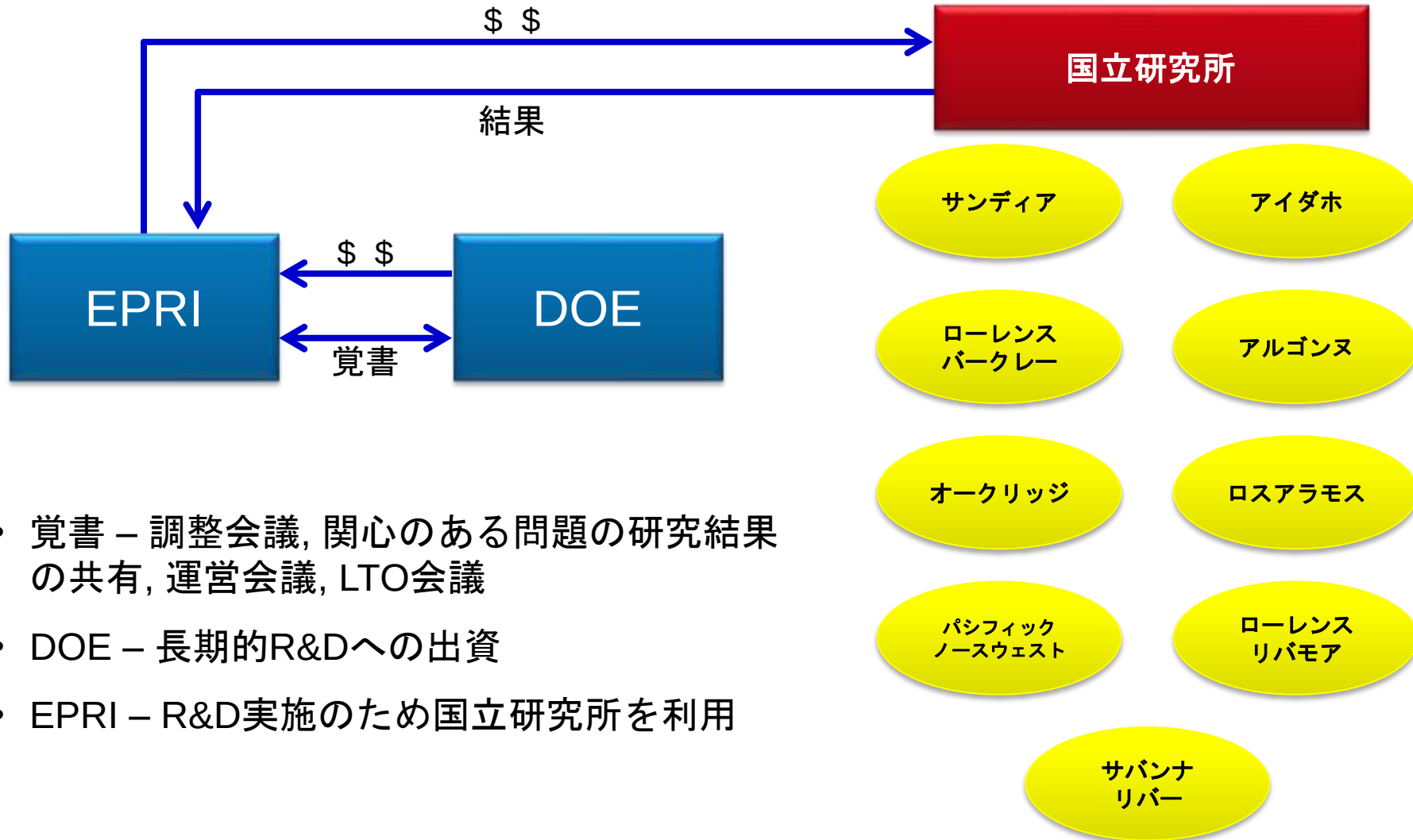
EPRI

ELECTRIC POWER
RESEARCH INSTITUTE

米国原子力規制委員会との関わり



DOEとの関わり



- 覚書 – 調整会議, 関心のある問題の研究結果の共有, 運営会議, LTO会議
- DOE – 長期的R&Dへの出資
- EPRI – R&D実施のため国立研究所を利用

まとめ

- EPRIのR&Dはプラントの安全性, 信頼性, パフォーマンスに貢献
 - 安全関連R&Dによって産業界に指針, ツール, 訓練を提供
- EPRIのユニークなモデルが世界的協力を可能に
 - タイムリーなプラント運転経験
 - 世界レベルの専門性
 - プラント安全向上のための解決策と指針
- 日本の事業者と長年にわたり活発な連携
 - 4社が正式会員、11事業者全てがいずれかの原子力プログラムに参加



共に...電気の未来を創る