



総合資源エネルギー調査会
自主的安全性向上・技術・人材WG
第3回会合
資料2-1



EPRI Risk & Safety R & D & Human Resource Planning

Rosa L. Yang
EPRI Fellow, Nuclear Power

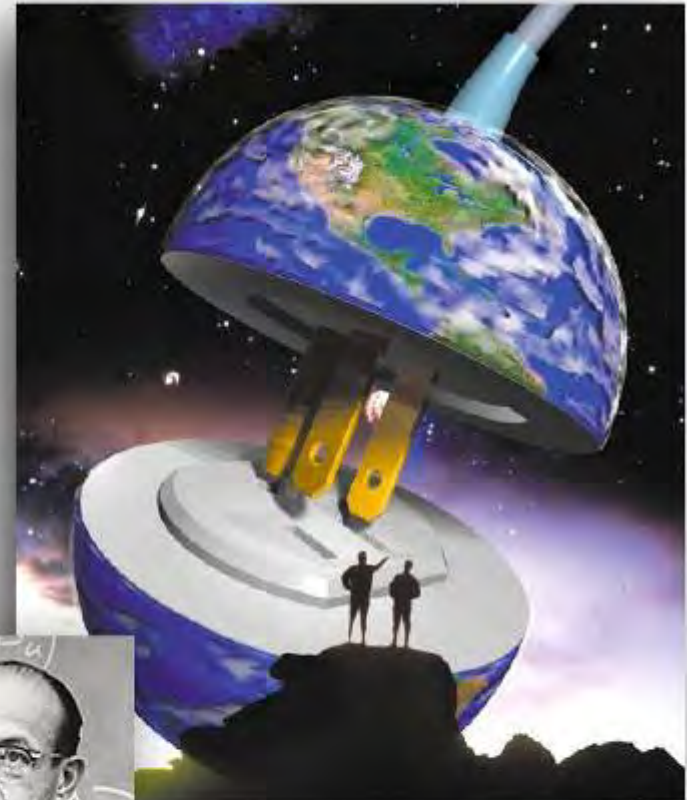
Ministry of Economy, Trade & Industry
Tokyo, Japan
November 10, 2014

Outline

- Brief introduction of EPRI & the Nuclear Group
- EPRI R & D Model
 - Approach
 - Success factors
 - Selected tools – prioritization, roadmap of the Risk & Safety Program
 - Training
- Working closely with other industry organizations
- Summary

EPRI – Electric Power Research Institute

- Founded by and for the electricity industry in 1972
- **Independent**, nonprofit center for public interest energy and environmental **research**
 - nuclear, generation, power delivery and utilization and environment
- **Collaborative** resource for the electricity sector
- Major offices in Palo Alto, CA; Charlotte, NC and Knoxville, TN



Chauncey Starr
EPRI Founder

Worldwide Participation

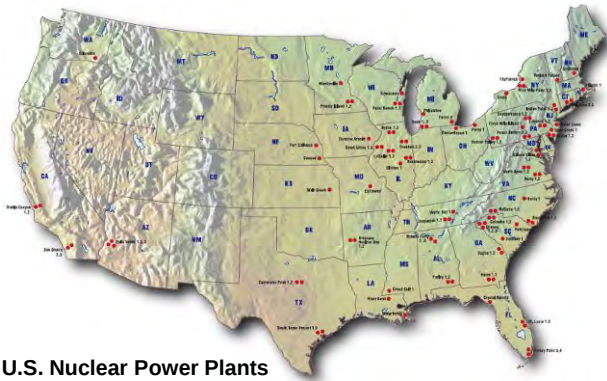
Full Members:

- All 23 U.S. utilities (USA)
- CEZ (Czech Republic)
- COG (Canada and Romania)
- CFE (Mexico)
- Chubu (Japan)
- Chugoku (Japan)
- EDF (France)
- EDF Energy (UK)
- ENEC (UAE)
- Eletronuclear (Brazil)
- Eskom (South Africa)
- KHNP (South Korea)
- Kansai (Japan)
- NASA (Argentina)
- Rolls Royce (UK)
- Shikoku (Japan)
- TEPCO (Japan)
- UNESA (Spain)

**Active member participation and analysis of operating experience
is one of EPRI's greatest values**

Collaboration

U.S. Participants



U.S. Nuclear Power Plants

Source: NEI Website, 2009

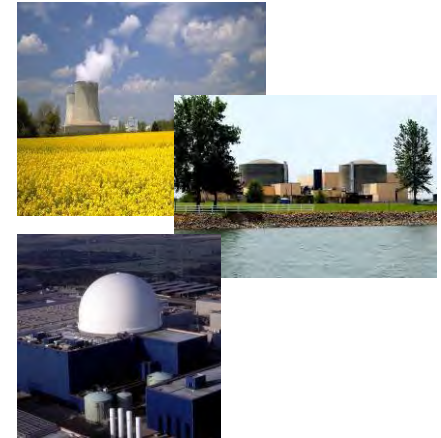
- All U.S. nuclear owners/operators
- 100 reactors

Non-U.S. Participants



- 20 countries, >220 reactors

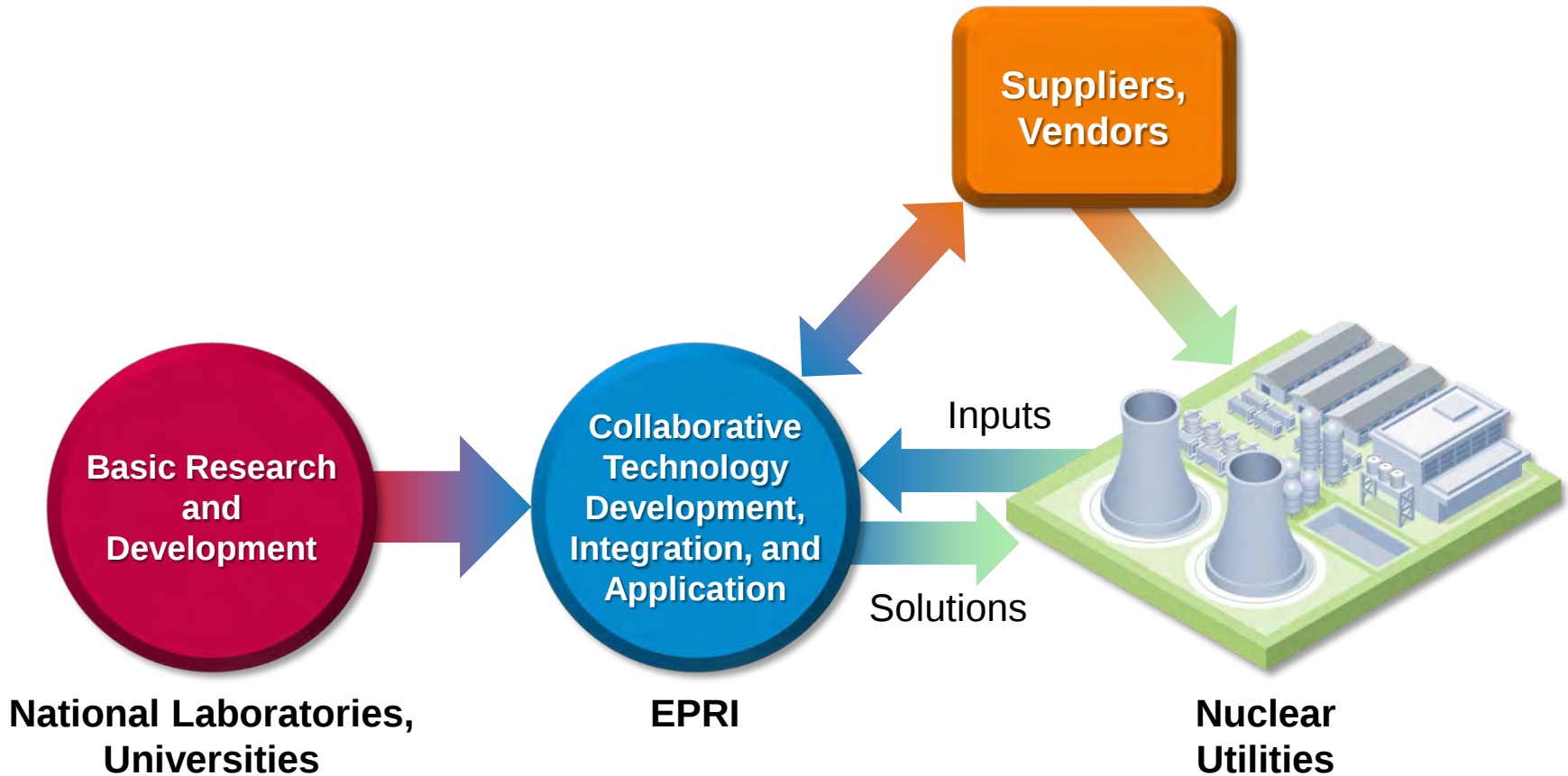
Global Breadth and Depth



- >75% of the world's commercial nuclear units

Participants encompass most nuclear reactor designs

Our Approach



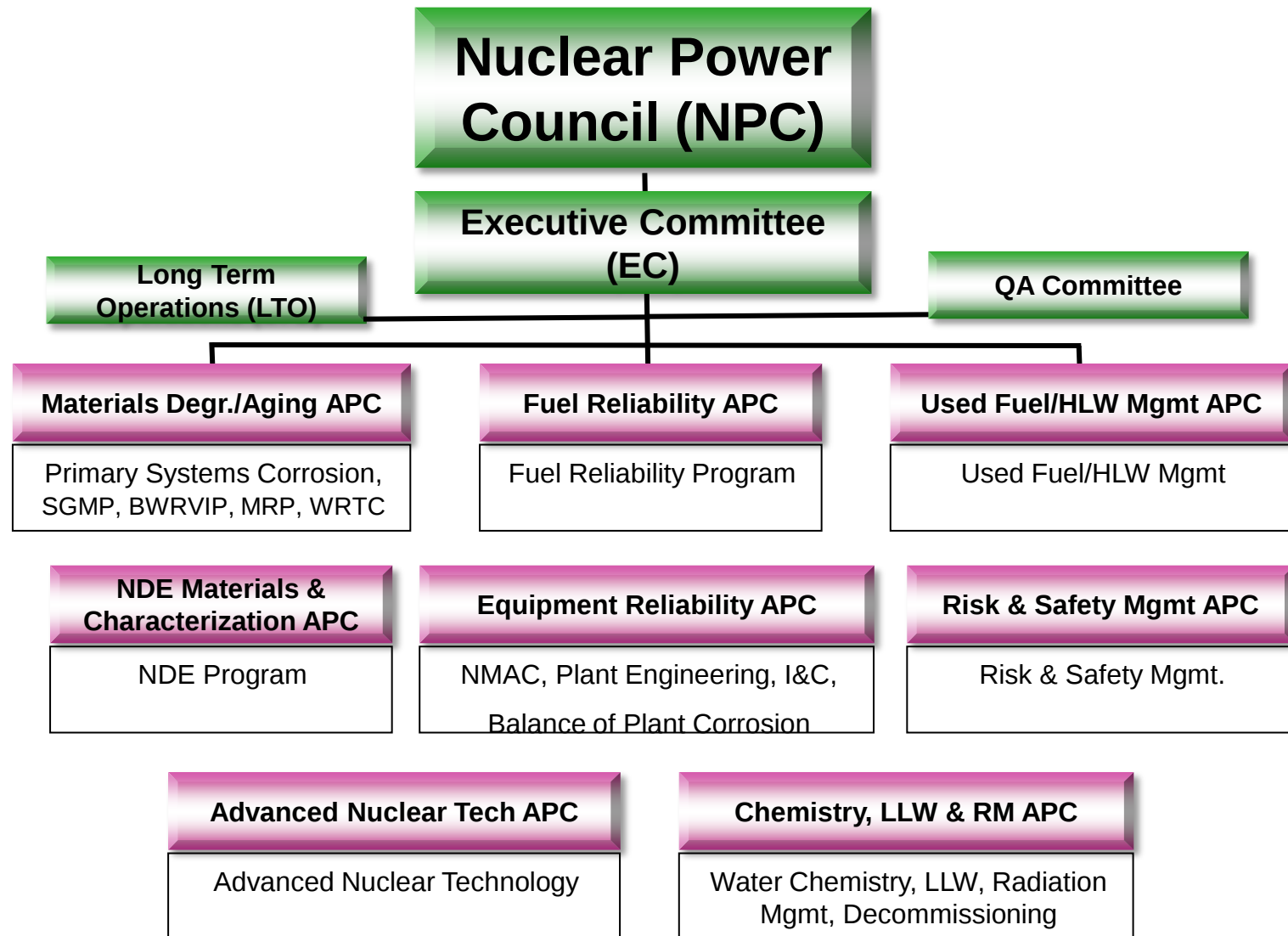
Key Success Factors

- Focus on members & plant needs
 - Listen to members thru Advisory meetings, workshops, conference calls/webcasts, visits/calls, etc.
- Deliver relevant results on time, within budget
 - Effective project management
 - Develop plans, identify best contractors, ensure work are performed satisfactorily or modify plans as necessary
 - Deliver solutions to users
 - Budgeting process needs to be purposeful & flexible
- Competent staff
 - Knowledge & expertise
 - Planning

2014 Research Areas & Programs

Action Plan	Programs
Materials	Primary Systems Corrosion
	Steam Generator Management
	BWR Vessels and Internals
	PWR Materials Reliability
	Welding Repair and Technology Center
Fuel Reliability	Fuel Reliability
Used Fuel/High-Level Waste Management	Used Fuel/High-Level Waste Management
Long-Term Operations	Long-Term Operations
Nondestructive Evaluation	Nondestructive Evaluation
Equipment Reliability	Nuclear Maintenance Applications Center
	Plant Engineering
	Instrumentation and Control
Risk and Safety Management	Risk and Safety Management
Advanced Nuclear Technology	Advanced Nuclear Technology
Chemistry, Low-Level Waste and Radiation Management	Low-Level Waste and Radiation Management
	Decommissioning Technology Development
	Water Chemistry

Identify & Focus on Members' Needs



Varied Products

- **Technical Guidelines**

- Examples: fuel reliability, water chemistry, internals inspection

- **Maintenance and Process Guidebooks**

- Examples: feedwater maintenance, air-operated valve maintenance, dispersant application sourcebook

- **Technology Development**

- Examples: Capillary electrophoresis, online noble chemical addition, buried pipe inspection techniques, cobalt sequestration resin

- **Software**

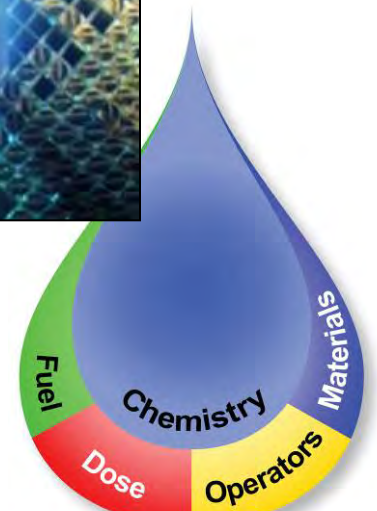
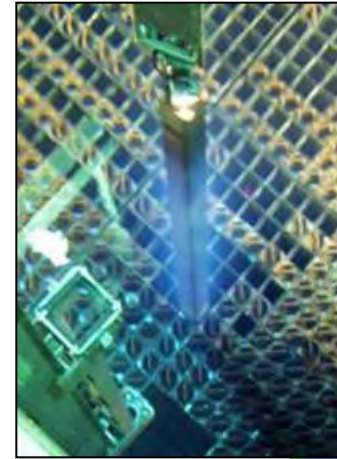
- Examples: Falcon fuel analysis software, CHEMWORKS, MAAP accident analysis code

- **User Groups**

- Examples: Pump Users Group, Large Electric Motor Users Group, CHEMWORKS Users Group

- **Site Assists/Expert Assistance**

- Examples: Subscriber Requested Assistance, Low-Level Waste Assessments, Radiation Source Term Assessment, BWR Cycle Chemistry Evaluation



Global Resources Applied to Utility Issues

Worldwide Membership



Needs and Experiences

\$\$

EPRI | ELECTRIC POWER
RESEARCH INSTITUTE

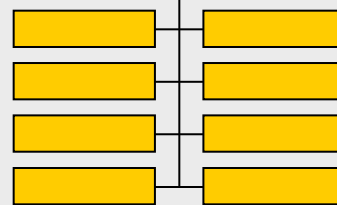
Results

\$\$

Solutions

*RD&D
Solutions*

NUCLEAR POWER COUNCIL



Advisory Structure

Worldwide Manufacturers, Research and Industrial Consulting Organizations



RSM Mission and Implementation

Risk & Safety Management Strategic Vision

Provide practical technology for assessing and managing risk to help nuclear power plants to achieve safe, reliable operation

RSM Program mission statement:

To equip members to implement a cost-effective, risk-informed framework to support

- Improving ***safe operations***, while
- Enhancing ***operational flexibility***

Achieved through:

- Developing and improving ***technical methods*** and analysis ***tools***
- Providing ***guidance*** for effective use of these methods and tools

Strategic vs. Tactical Research

- Current research plans reflect a mix of tactical and strategic
 - Emphasis continues to be on identifying and meeting strategic needs
 - High-priority tactical work continues to be important
 - Most tactical work is aimed at bridging gaps
 - Meeting immediate needs, while
 - Establishing the foundation for strategic development
- Strategic plans focus on ***external hazards***
 - Significant development remains for external flooding, seismic, fire, and high winds
 - Most important risk contributors for plants world-wide

Budget Process

Factors to consider :

- Source, decision making level(s) , stability of funds
- Source
 - Government, corporate R & D funds, O & M budget, individual groups
- Decision making level (s)
 - CEO at corporate/group level before 1990
 - Currently at individual program level
 - EPRI nuclear funding process is at group and program level; many cases are a combination of group & program
- Flexibility & Stability
 - Balance between short (tactical) and long-term (strategic) needs
 - Flexible to change to address emerging issues

Budgeting process plays a significant role in determining the nature, scope and effectiveness of the R & D activities

New Projects and Priorities

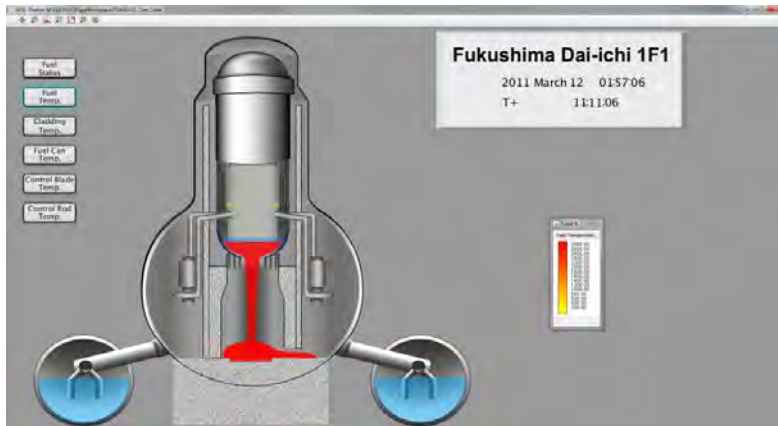
– After Fukushima Accident

- In-depth technical investigation of the Fukushima accidents (new)
- Accelerated and expanded efforts to enhance MAAP
- Significant new attention to methods for assessing flooding and other external hazards
- Extensive update of technical bases for severe-accident management guidance (new)
- Investigation of risks associated with spent fuel pools (new)
- Extensive investigations of potential for accident mitigation (new)



Wide Range of MAAP Applications

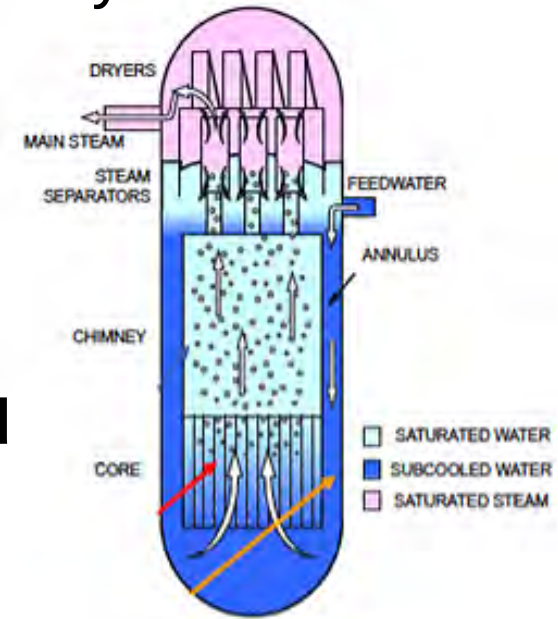
- Probabilistic risk assessment
- License renewal/power uprates
- Design & design certification for Advanced Light Water Reactors
- Severe accident management
- Simulators & training



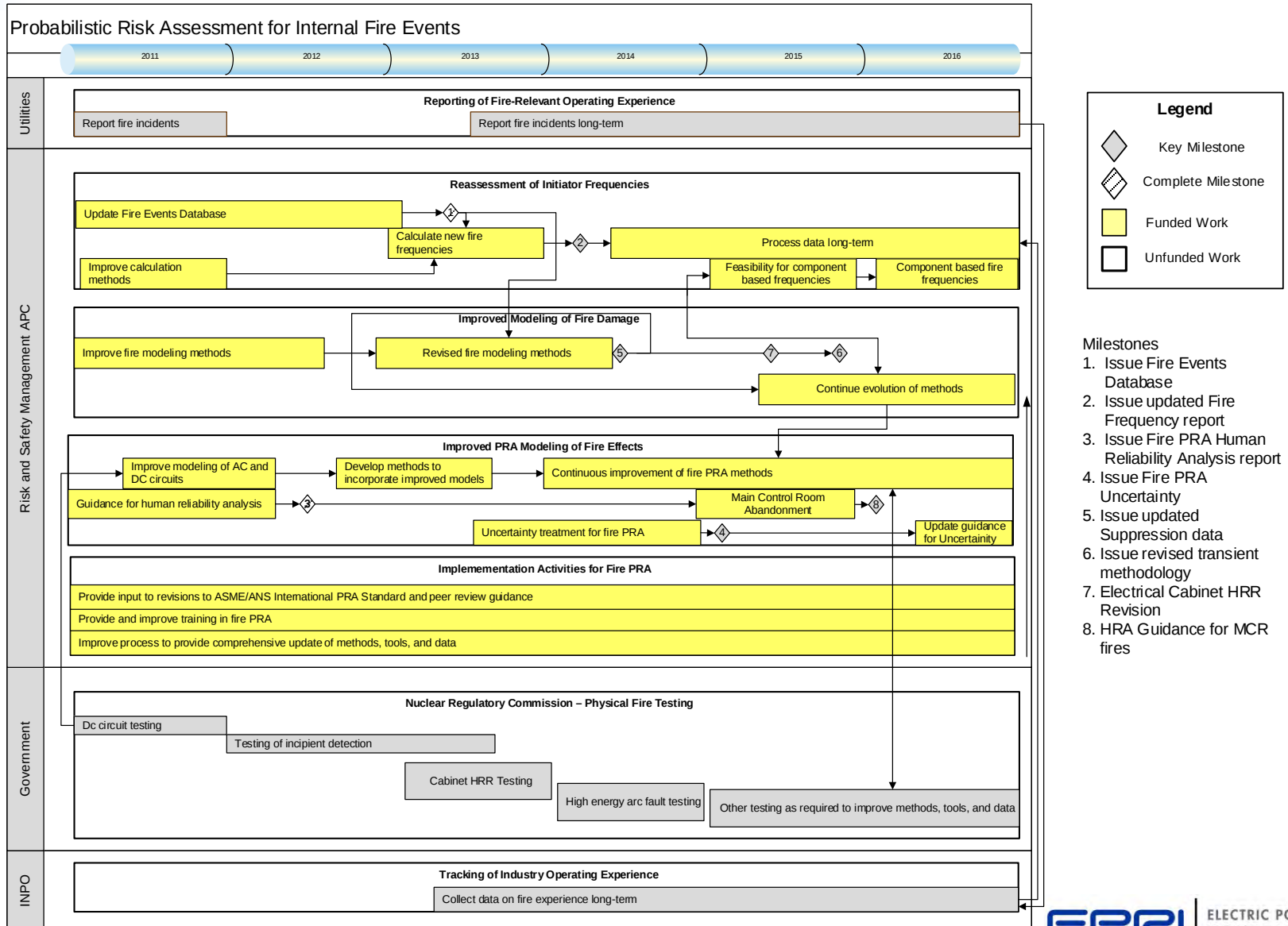
- Fukushima root-cause evaluation
- Filter and venting strategies
- Stress tests
- Restart analyses in Japan
- Portable equipment/FLEX
- Spent fuel pool analyses

EPRI Continues to Improve MAAP

- **Improvement needed for decommissioning & safety**
 - Incorporated insights from Fukushima analysis and operating experience
 - BWR-specific phenomena, features & enhanced understanding of fission product chemical forms
- **Improvements identified and supported through**
 - MAAP Users Group
 - Japan (METI) & other organizations
 - METI has provided funds since 2012



Example Strategic Roadmap: Fire PRA



Roadmaps

- Planning vs. Communication tool?
- Need to include all stakeholders
- Identify schedule & funding (or lack of)
- Include contingencies
- Dynamic
- May need “lower-level” roadmaps

Key Elements of Prioritization

Prioritization of research relies on:

- Continuous staff engagement with members and other stakeholders to address member needs
- Focused efforts to gain input and advice (advisory meetings, collaborative research projects, review of research products)

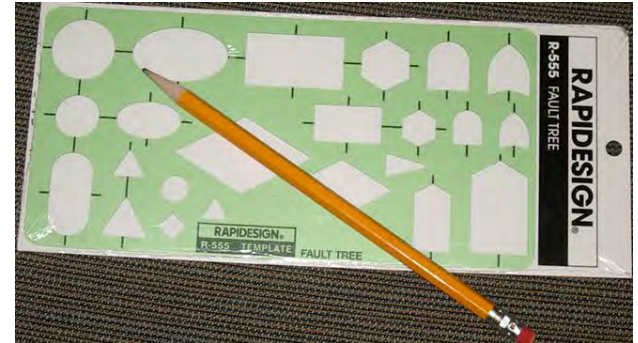
Allocation of resources, funds and human, need to be purposeful & flexible

- Build long-term capabilities – human, technology & tools
- Flexibility to address emerging issues & strategic re-direction

Competent staff is a critical element to success

Education of Risk Professionals

- Background
 - Comprehensive six-week course in probabilistic risk assessment
 - Develops the next generation of risk professionals
- Reduces time to develop PRA staff by a factor of three
- Provides a strong, consistent foundation for PRA
 - Innovative, hands-on instructional format
 - Instruction by subject matter experts
 - In-depth exposure to technology
 - Development of peer networks



Education of Risk Professionals (continued)

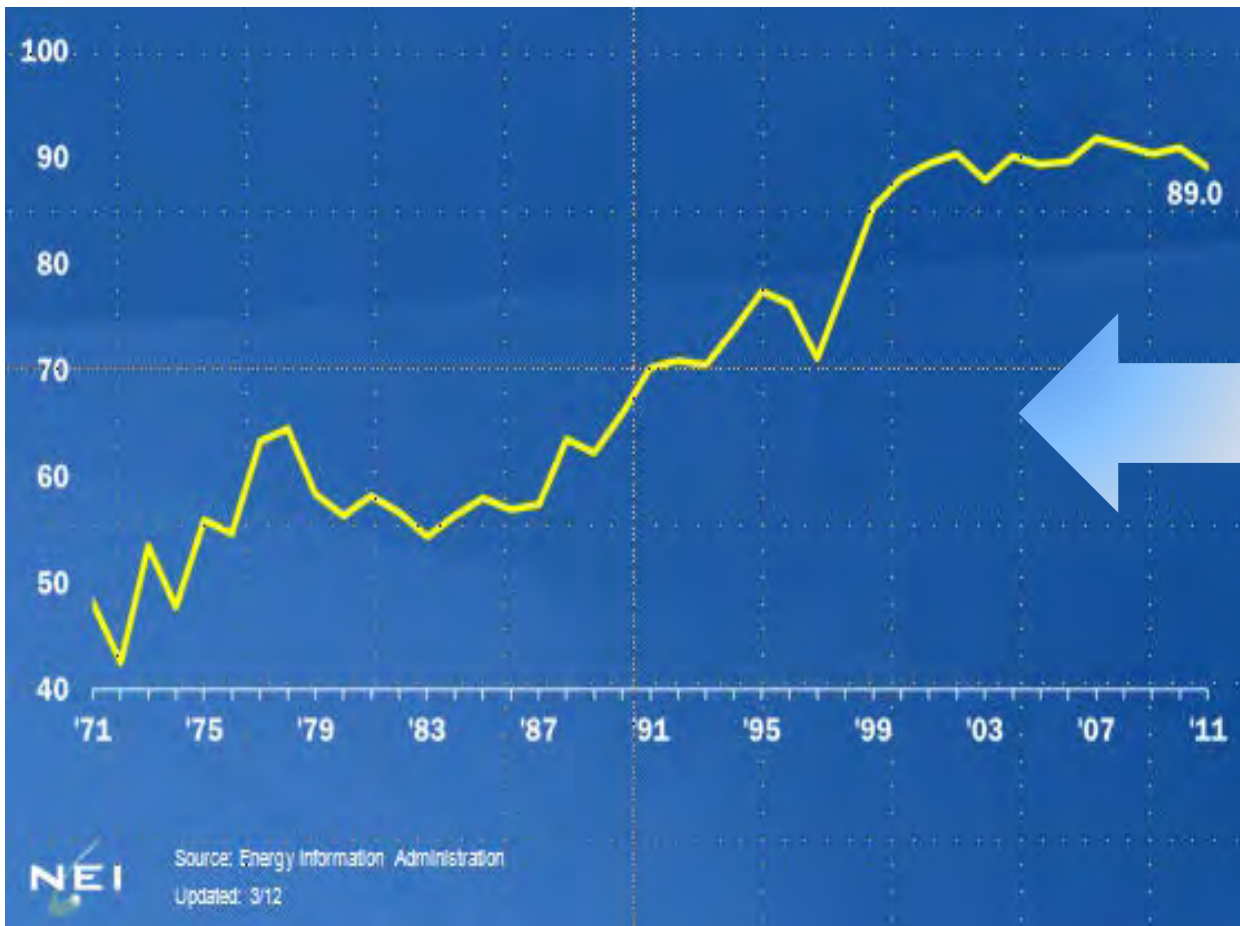
- How do we know its value?
 - Extensive “repeat business”
 - 180 graduates / some members with 10+ graduates
 - Some use in their staff qualification process
 - US participation: 25 organizations
 - International participation: 20+ organizations
- Derivative executive and management courses
 - Conducted in Japan in 2014
- Who should consider?
 - Utilities where staff need an understanding of PRA concepts
 - Any utility adding to PRA staff

**More than 180
graduates!**



- | | | |
|--------------------|------------|---------------|
| • Ameren | • NextEra | • ANAV |
| • Areva | • NPPD | • CFE |
| • APS | • NEI | • ENEC |
| • B&W | • NuScale | • Eskom |
| • Bechtel | • OPPD | • All Japan |
| • Constellation | • PPL | • KHNP |
| • DTE | • SCE | • OPG |
| • Dominion | • Southern | • Rolls-Royce |
| • Duke | • STP | |
| • Energy Northwest | • TVA | |
| • Entergy | • WCNO | |
| • FirstEnergy | • Xcel | |
| • GE Hitachi | | |

U.S. Nuclear Industry Capacity Factor – Supported by EPRI R&D

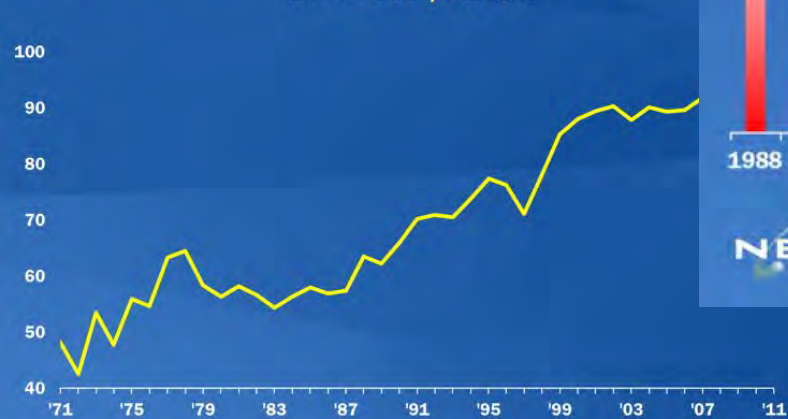


EPRI Contribution

- On-line maintenance
- Reliability-centered maintenance
- Fuel failure reduction
- Materials aging studies
- Probabilistic methods/ risk-informed studies
- Thermo hydraulic modeling
- NDE techniques and demonstration
- License renewal

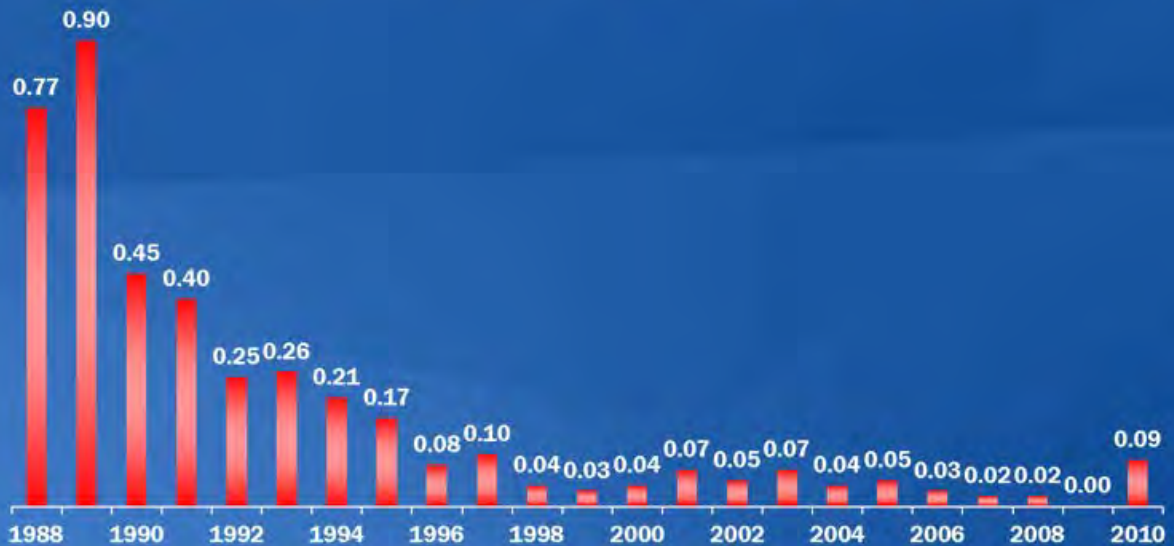
Capacity Factor & Safety are Connected...

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



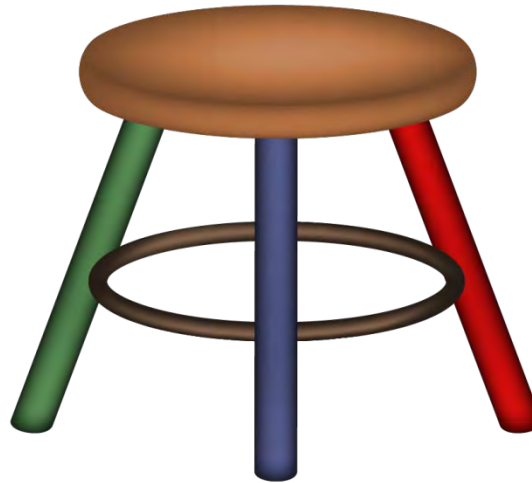
Source: Energy Information Administration
Updated: 3/12

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

U.S. Nuclear Industry Support Organizations



NUCLEAR ENERGY INSTITUTE

Policy, Advocacy &
Regulatory Interface

INPO

Institute of Nuclear Power Operations

Operations
Excellence

EPRI

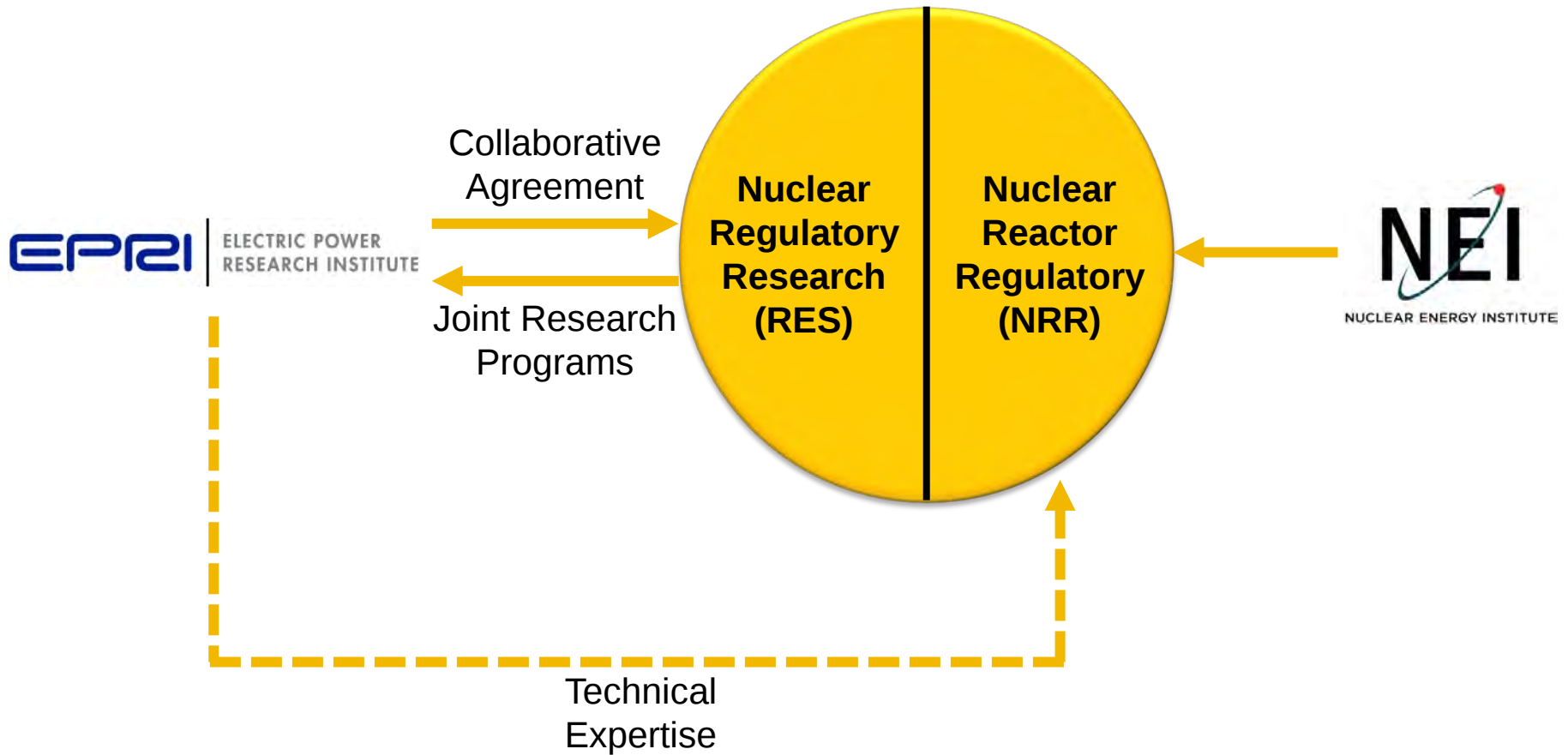
ELECTRIC POWER
RESEARCH INSTITUTE

Research & Technology
Development & Demonstration

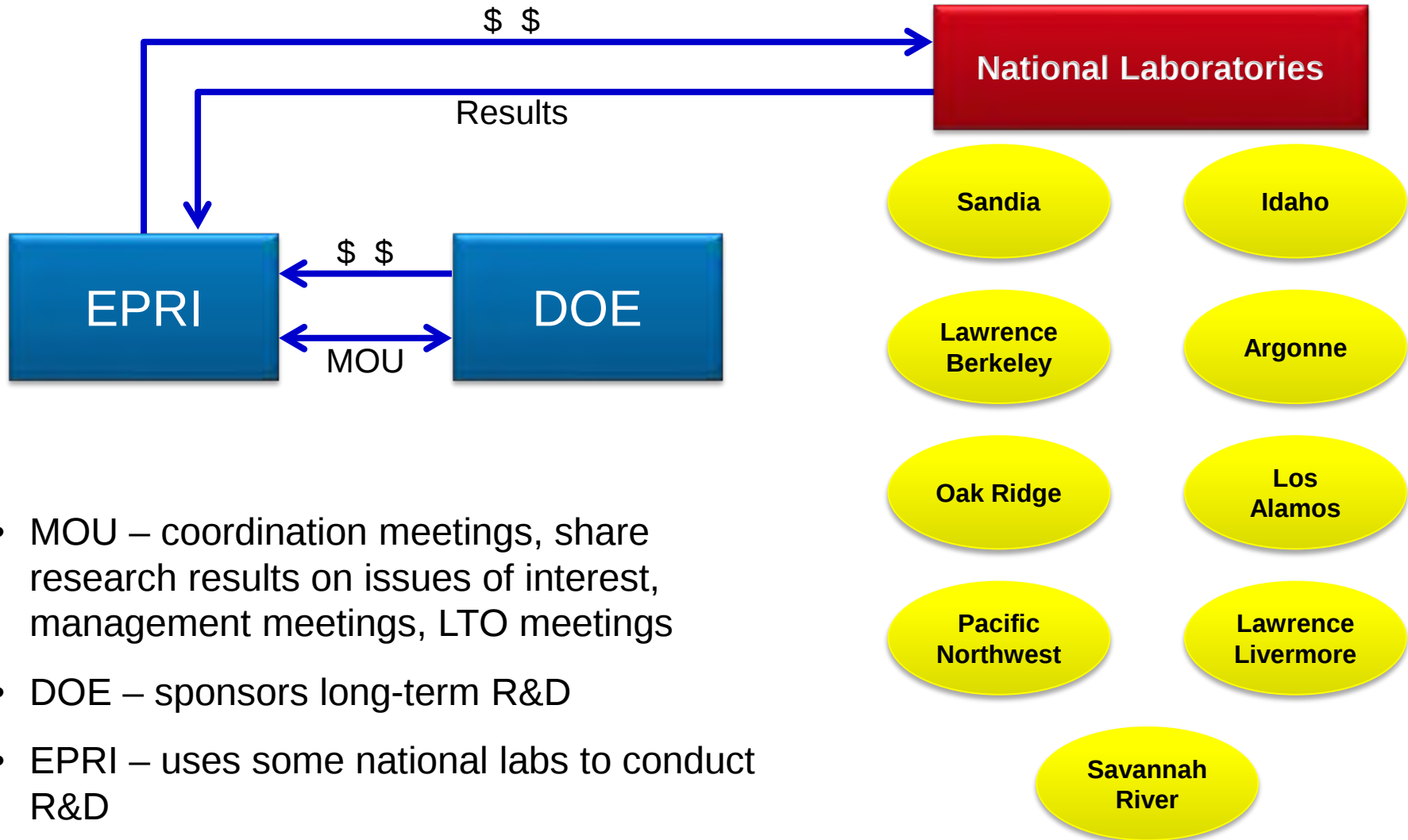
EPRI

ELECTRIC POWER
RESEARCH INSTITUTE

U.S. NRC Interactions



Interaction with DOE



- MOU – coordination meetings, share research results on issues of interest, management meetings, LTO meetings
- DOE – sponsors long-term R&D
- EPRI – uses some national labs to conduct R&D

Summary

- EPRI's R&D contribute to plant safety, reliability and performance
- EPRI's unique model enables worldwide collaboration
 - Address members needs
 - Solutions and guidelines to enhance plant safety
 - Timely plant operating experiences
 - World-class expertise
- Have a long history of active engagement with Japanese nuclear industry



Together...Shaping the Future of Electricity

Slides in Japanese



EPRIのリスク&安全の研究開発と 人的資源計画

Rosa L. Yang

EPRIフェロー, 原子力発電

経済産業省

東京, 日本

2014年11月10日

概要

- EPRIと原子力グループの簡単な紹介
- EPRIの研究開発モデル
 - アプローチ
 - 成功要因
 - 厳選されたツール – 優先順位付け、リスク&安全プログラムのロードマップ
 - 訓練
- 他の産業組織との密接な連携
- まとめ

EPRI – 電力研究所

- 1972年、電気事業者により、電力事業者のために創設
- 公益エネルギー及び環境研究のための独立非営利組織
 - 原子力、発電、電力の供給と利用及び環境
- 電力業界の共有のリソース
- 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、及びテネシー州ノックスビルに主要事務所



チョーンシー・スター
EPRIの創設者

世界各国からの参加

全会員:

- 米国の電力会社全23社（米国）
- CEZ（チェコ共和国）
- 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（フランス）
- EDFエナジー（英国）
- ENEC（UAE）
- Eletronuclear（ブラジル）
- Eskom（南アフリカ）
- KHNP（韓国）
- 関西電力（日本）
- 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の最大価値の1つ

協力

米国の会員



米国の原子力発電所

Source: NEI Website, 2009

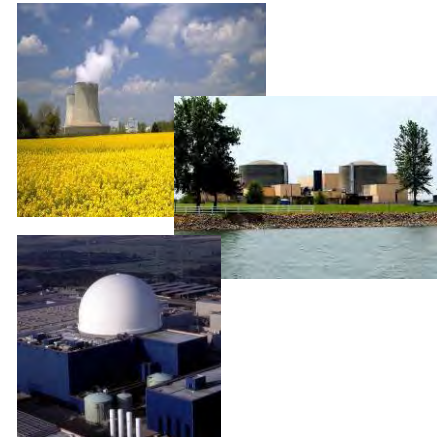
- 米国のすべての原子力発電所の所有者／運転者
- 100基の原子炉

米国以外の会員



- 20カ国、220 基以上の原子炉

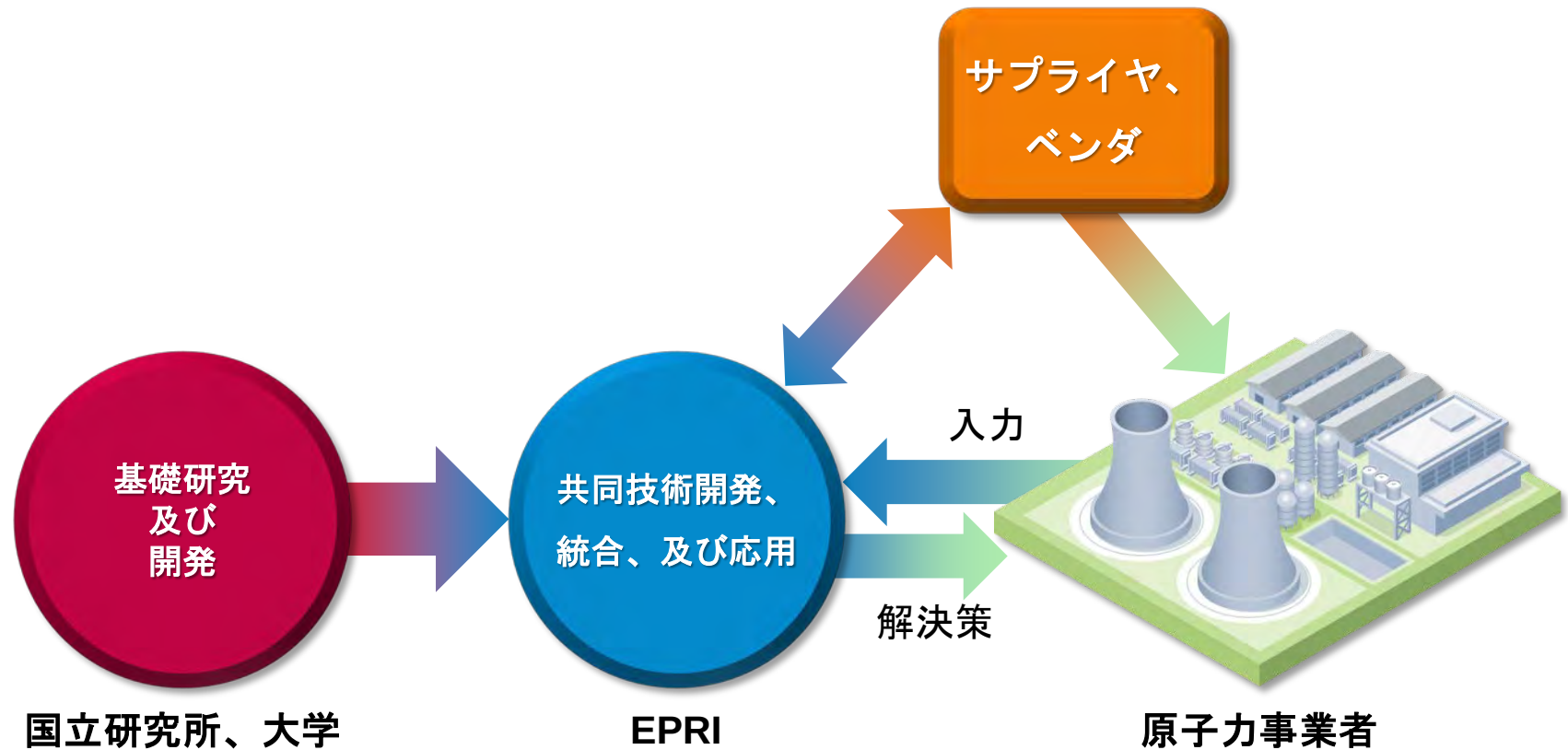
世界的な 広がりと深み



- 世界の商業発電ユニットの75%以上

会員組織でほとんどの原子炉設計を網羅

我々のアプローチ



主要成功要因

- 会員と発電所のニーズに焦点を合わせる。
 - 諮問会議、ワークショップ、電話会議／ウェブキャスト、訪問／電話などを通じて会員の声を聞く。
- 予算の範囲内で、期限内にニーズに対応した結果を発表する。
 - 効果的なプロジェクト管理
 - 計画を策定し、最適な請負業者を特定し、作業が満足のいくよう実施されるようにするか、又は必要に応じて計画を変更する。
 - 解決策をユーザに提示する。
 - 予算編成プロセスは目的を持ち、かつ柔軟であることが必要である。
- 有能なスタッフ
 - 知識と専門知識
 - 企画立案

2014年の研究分野とプログラム

行動計画	プログラム
材料	一次系腐食
	蒸気発生器管理
	BWR容器および炉内構造物
	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／高レベル放射性廃棄物の管理	使用済燃料／高レベル放射性廃棄物管理
長期運転	長期運転
非破壊評価	非破壊評価
機器の信頼性	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
リスク管理と安全管理	リスクおよび安全管理
先進原子力技術	先進原子力技術
化学、低レベル放射性廃棄物及び放射線管理	低レベル放射性廃棄物及び放射線管理
	廃止措置技術開発
	水化学

会員のニーズを特定し、そこに焦点を当てる



多様な成果

- 技術ガイドライン

- 例：燃料信頼性、水化学、炉内構造物検査

- 保守及びプロセス手引書

- 例：給水保守、空気作動弁の保守、分散剤応用ソースブック

- 技術開発

- 例：キャピラリー電気泳動、オンライン希化学薬品添加、埋設管検査技術、コバルト隔離樹脂

- ソフトウェア

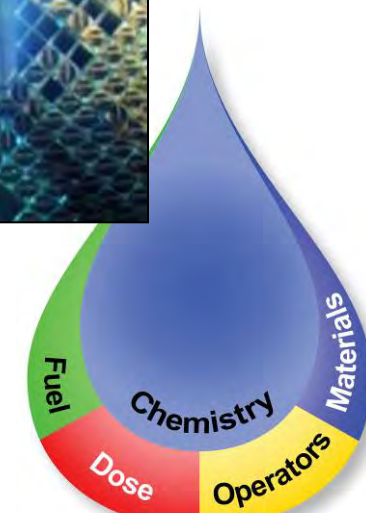
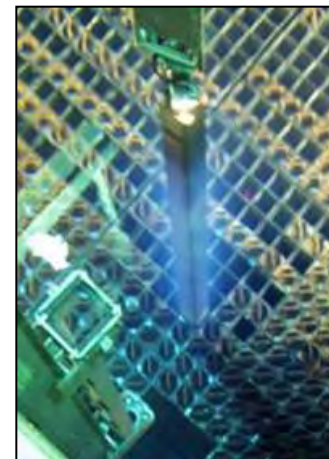
- 例：Falcon燃料分析ソフトウェア、CHEMWORKS、MAAP事故解析コード

- ユーザーグループ

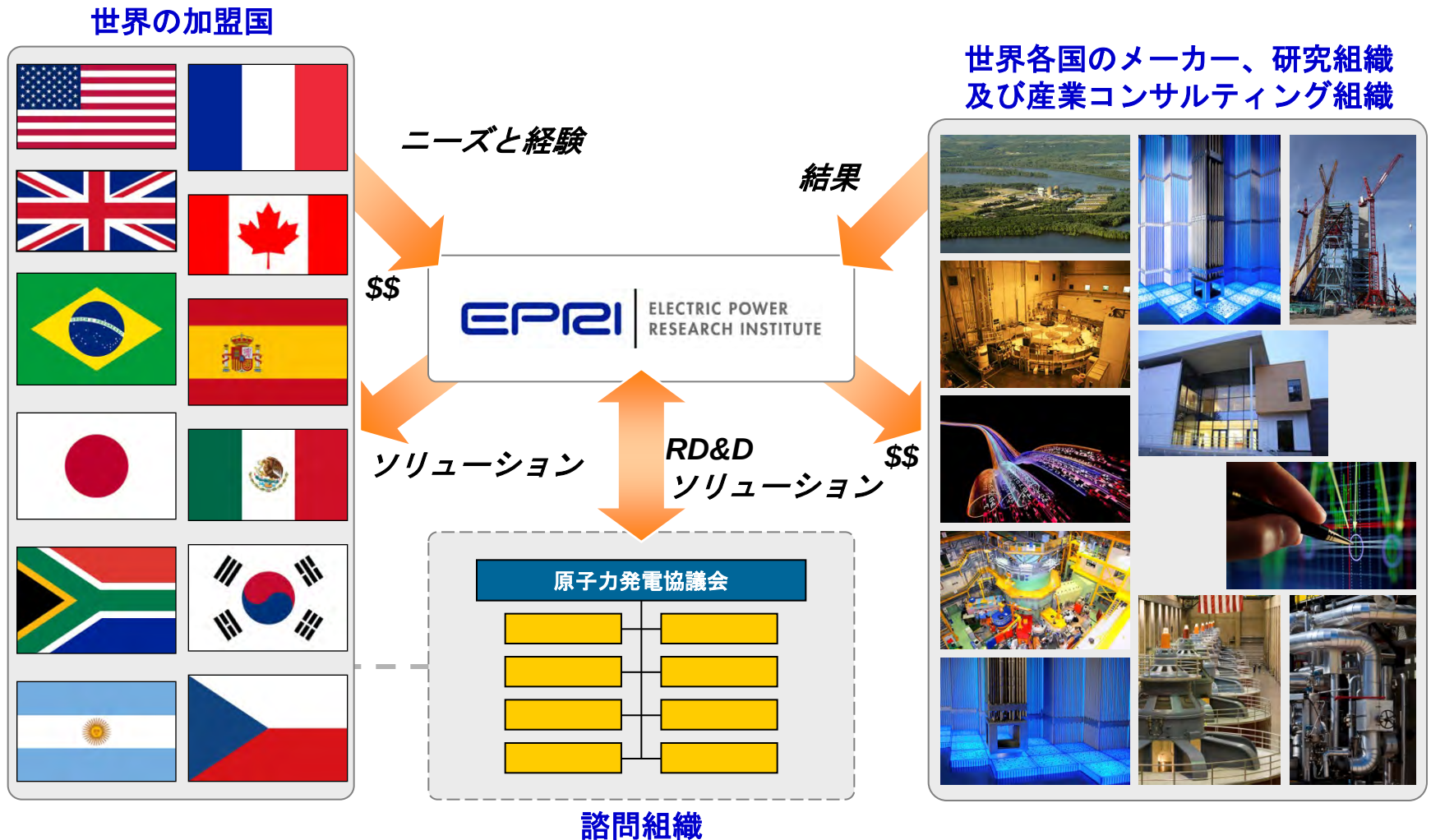
- 例：ポンプユーザーグループ、大型電動機ユーザーグループ、CHEMWORKSユーザーグループ

- サイト援助／専門家支援

- 例：加入者要求支援、低レベル放射性廃棄物の評価、放射線ソースターム評価、BWRサイクル化学評価



事業者の問題に向けられるグローバルな資源



RSMの任務と実施

リスク & 安全管理の戦略的構想

リスクを評価及び管理するための実用的技術を提供し、
原子力発電所が安全で信頼できる運転を達成するのを支援する。

RSMプログラムのミッション・ステートメント:

会員が費用効果的な、リスク情報を活用した枠組みを実施して以下を支援できるようにすること。

- **安全な運転** を改善すると同時に、
- **運転の柔軟性** を高める。

以下を通じて達成される:

- **技術的手法**と分析 **ツール**を開発し、改善する。
- これらの方法とツールの効果的使用のための **ガイダンス**を提供する。

戦略的研究 vs. 戦術的研究

- 現在の研究計画は、戦術的研究と戦略的研究の混合になっている。
 - 戦略的ニーズの特定及び充足に引き続き重点を置く。
 - 優先順位の高い戦術的研究が今後も重要であり続ける。
 - 大半の戦術的研究はギャップを埋めることを目指す。
 - 即時ニーズを満たすと同時に、
 - 戦略的開発の基礎を確立する
- 戦略的研究は、**外部ハザード**に着目している。
 - 外部洪水、地震、火災、及び強風に関する重要な開発が残っている。
 - 全世界のプラントにとって最も重要なリスク寄与因子である。

予算プロセス

考慮すべき要素：

- 財源、意思決定レベル、資金の安定性
- 財源
 - 政府、企業の研究開発資金、O & Mの予算、個人グループ
- 意思決定レベル
 - 1990年以前は企業／グループレベルで、CEO
 - 現在は個別プログラムレベルで
 - EPRIの原子力資金調達プロセスはグループレベルとプログラムレベルがある；多くのケースではグループとプログラムの組み合わせになっている。
- 柔軟性と安定性
 - 短期（戦術的）ニーズと長期（戦略的）ニーズのバランス
 - 柔軟に変化して新たな問題に対処する。

予算編成プロセスは、研究開発活動の性質、範囲、及び有効性を決める上で重要な役割を果たす。

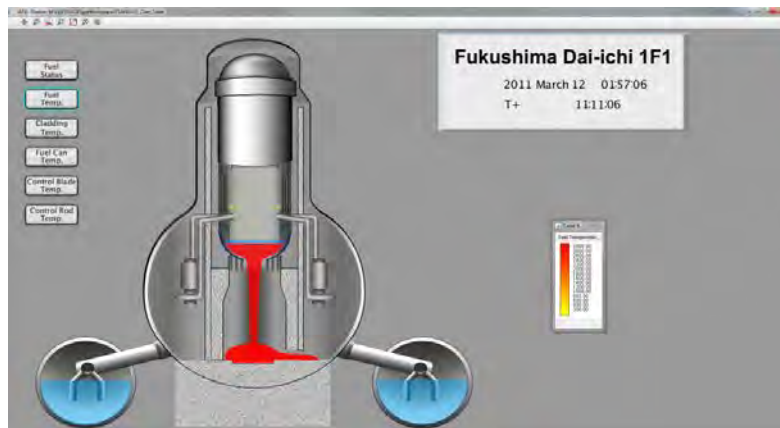
新規プロジェクトと優先順位 – 福島事故以後

- 福島事故の詳細な技術調査（新規）
- MAAP強化のための加速及び拡大された努力
- 洪水及びその他の外部ハザードを評価する手法に対する重要な新たな関心
- シビアアクシデント管理ガイダンスの技術的根拠の広範な更新（新規）
- 使用済燃料プールに関連するリスクの調査（新規）
- 事故緩和の可能性に関する広範な調査（新規）



広範囲のMAAPの用途

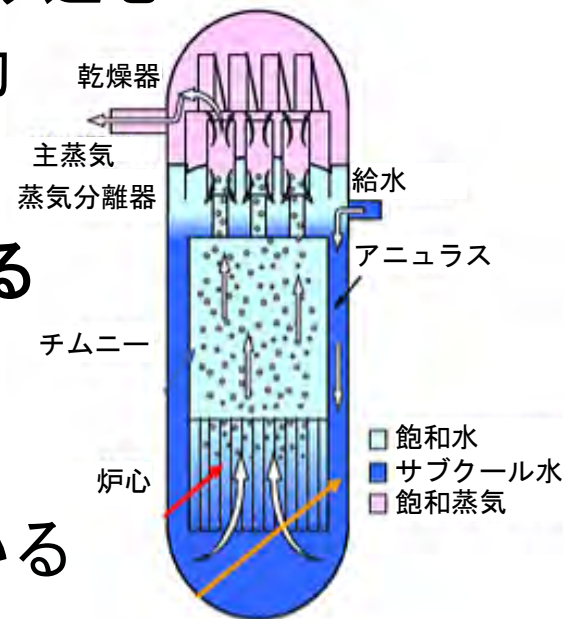
- 確率論的リスク評価
- 許認可更新／出力向上
- 改良型軽水炉の設計 & 設計認証
- シビアアクシデント管理
- シミュレータと訓練



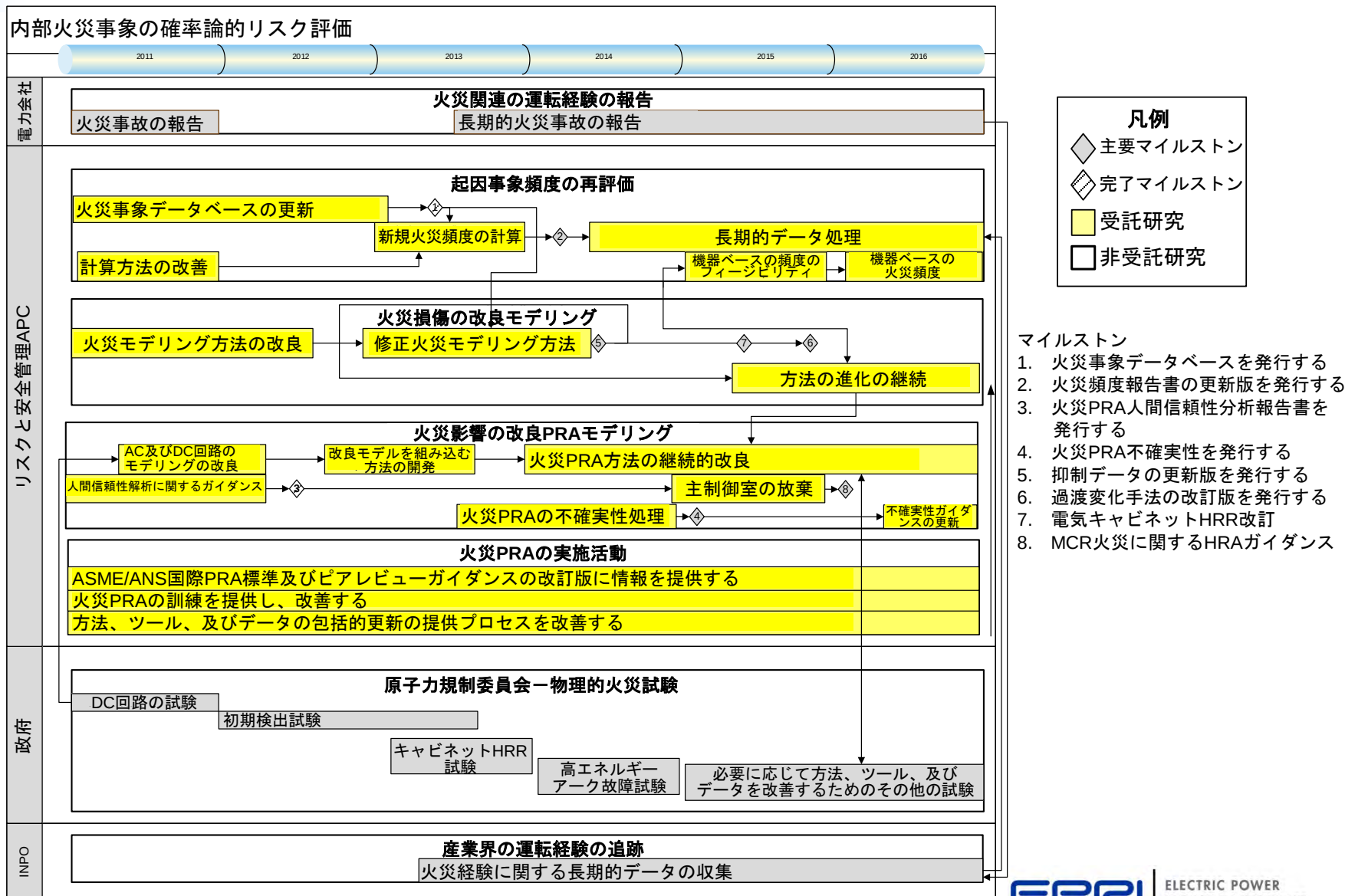
- 福島の原因評価
- フィルタ & ベンティング戦略
- ストレステスト
- 日本での再起動分析
- 可搬式機器/FLEX
- 使用済燃料プールの分析

EPRIはMAAPを改善し続ける

- 廃炉及び安全に必要な改善
 - 福島分析と運転経験から得た知見を取り込む
 - BWR固有の現象、特徴 & 核分裂生成物の化学形態に対する理解の向上
- 改善は以下を通じて特定され、立証される
 - MAAPユーザーグループ
 - 日本 (METI) & その他の組織
 - METIは2012年から資金を提供している



戦略的ロードマップの例: 火災PRA



ロードマップ

- 計画立案 vs. コミュニケーションツール?
- すべての利害関係者を組み込む必要あり
- スケジュール & 資金調達（または資金不足）を特定する
- 不測事態を組み込む
- ダイナミック
- 「下位レベル」のロードマップが必要になることがある

優先順位付けの主要要素

研究の優先順位付けは以下に頼る:

- スタッフが継続的に会員及びその他の利害関係者と関わり、会員のニーズに対処する。
- 集中的に取り組む、情報と助言を得る（諮問会合、共同研究プロジェクト、研究成果の再検討）

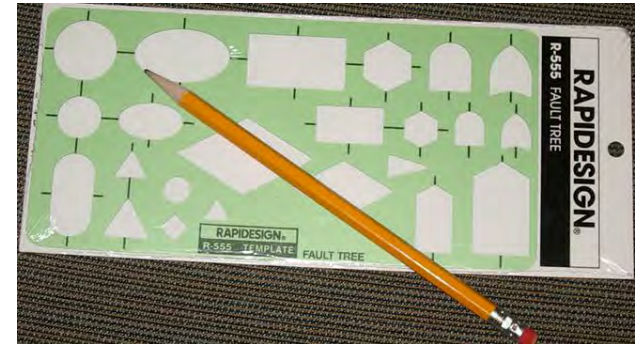
資源、資金、及び人材の割当ては、目的を持って柔軟に行う必要がある

- 長期的能力を構築する – 人、技術及びツール
- 柔軟性を持って新たな問題と戦略的再方向付けに対処する

有能なスタッフは、成功のための決定的要素である

リスク専門家の教育

- 背景
 - 包括的な6週間コースの確率論的リスク評価
 - 次世代のリスク専門家を育成する
- PRAスタッフの育成時間を3分の1に減らす
- PRAの強力で一貫性ある基礎を提供する
 - 革新的な実践的指導フォーマット
 - 主題専門家による指導
 - 技術の具体的な教育
 - ピアネットワークの開発



リスク専門家の教育（続き）

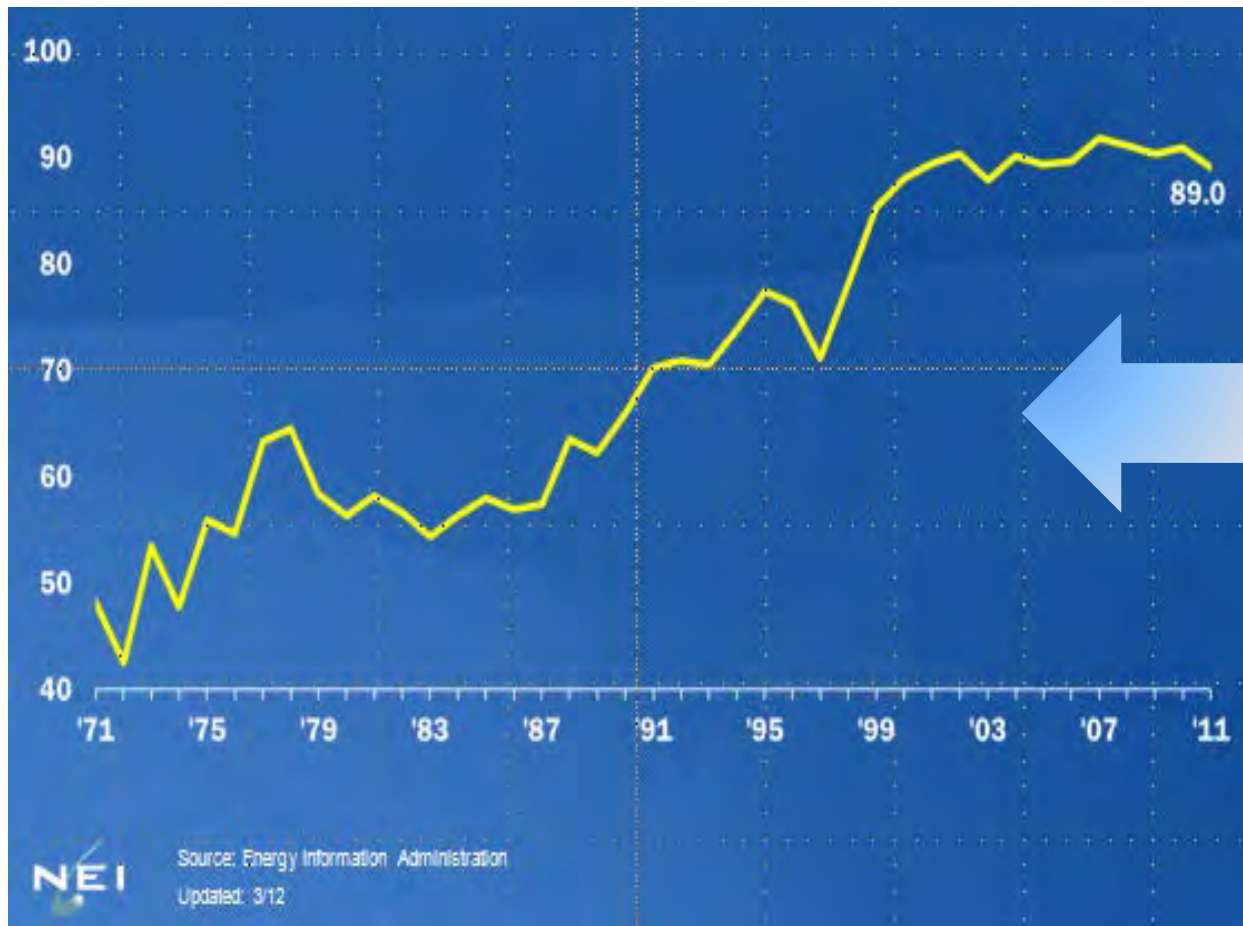
- その価値はどのように分かるか？
 - 非常に「繰り返し需要の多い仕事」
 - 180人の卒業生／一部会員では10人以上の卒業生
 - 一部はスタッフ認定プロセスの中で使用
 - 米国内の参加：25組織
 - 海外からの参加：20以上の組織
- 派生的な上級幹部向けコース
 - 2014年に日本で実施された
- 誰が参加を検討すべきか？
 - スタッフがPRA概念を理解する必要がある電力会社
 - PRAスタッフを増加する電力会社

180人以上の
卒業生!



- | | | |
|--------------------|------------|---------------|
| • Ameren | • NextEra | • ANAV |
| • Areva | • NPPD | • CFE |
| • APS | • NEI | • ENEC |
| • B&W | • NuScale | • Eskom |
| • Bechtel | • OPPD | • All Japan |
| • Constellation | • PPL | • KHNP |
| • DTE | • SCE | • OPG |
| • Dominion | • Southern | • Rolls-Royce |
| • Duke | • STP | |
| • Energy Northwest | • TVA | |
| • Entergy | • WCNO | |
| • FirstEnergy | • Xcel | |
| • GE Hitachi | | |

米国の原子力産業の設備利用率 – EPRIの研究開発による支援



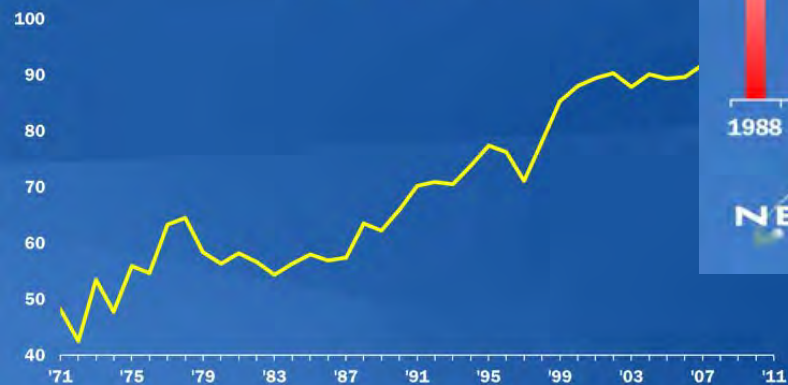
EPRIの貢献

- オンライン保守
- 信頼性重視保全
- 燃料破損の低減
- 材料経年劣化研究
- 確率論的手法／リスク情報活用研究
- 熱水力モデリング
- 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...

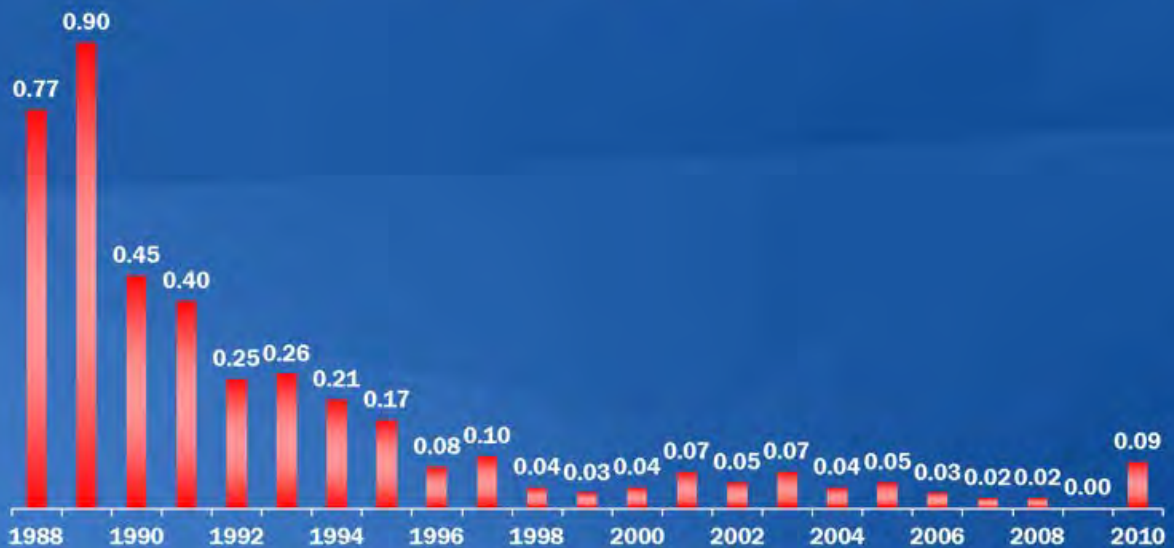
米国原子力産業の設備利用率

1971～2011年、パーセント



米国原子力発電所の重要事象

産業界の年間平均（1988～2010会計年度）

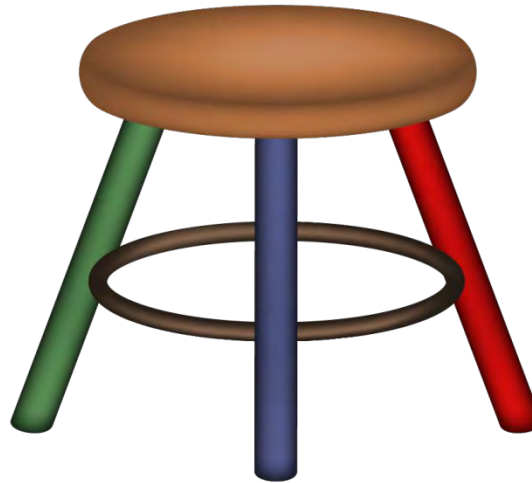


Source: NRC Information Digest, 1988 is the earliest year data is available.
Updated: 9/11



Source: Energy Information Administration
Updated: 3/12

米国の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

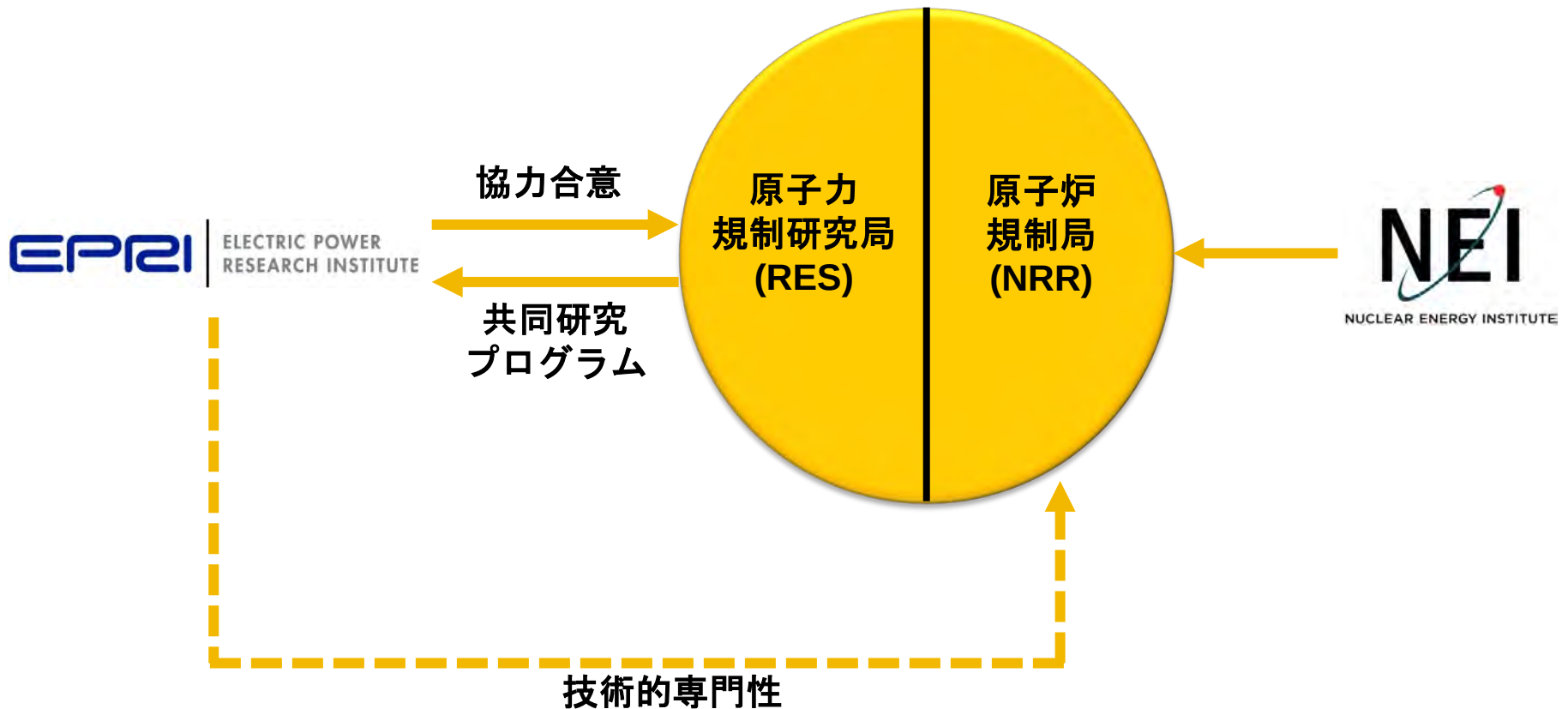
ELECTRIC POWER
RESEARCH INSTITUTE

研究、技術開発、実証

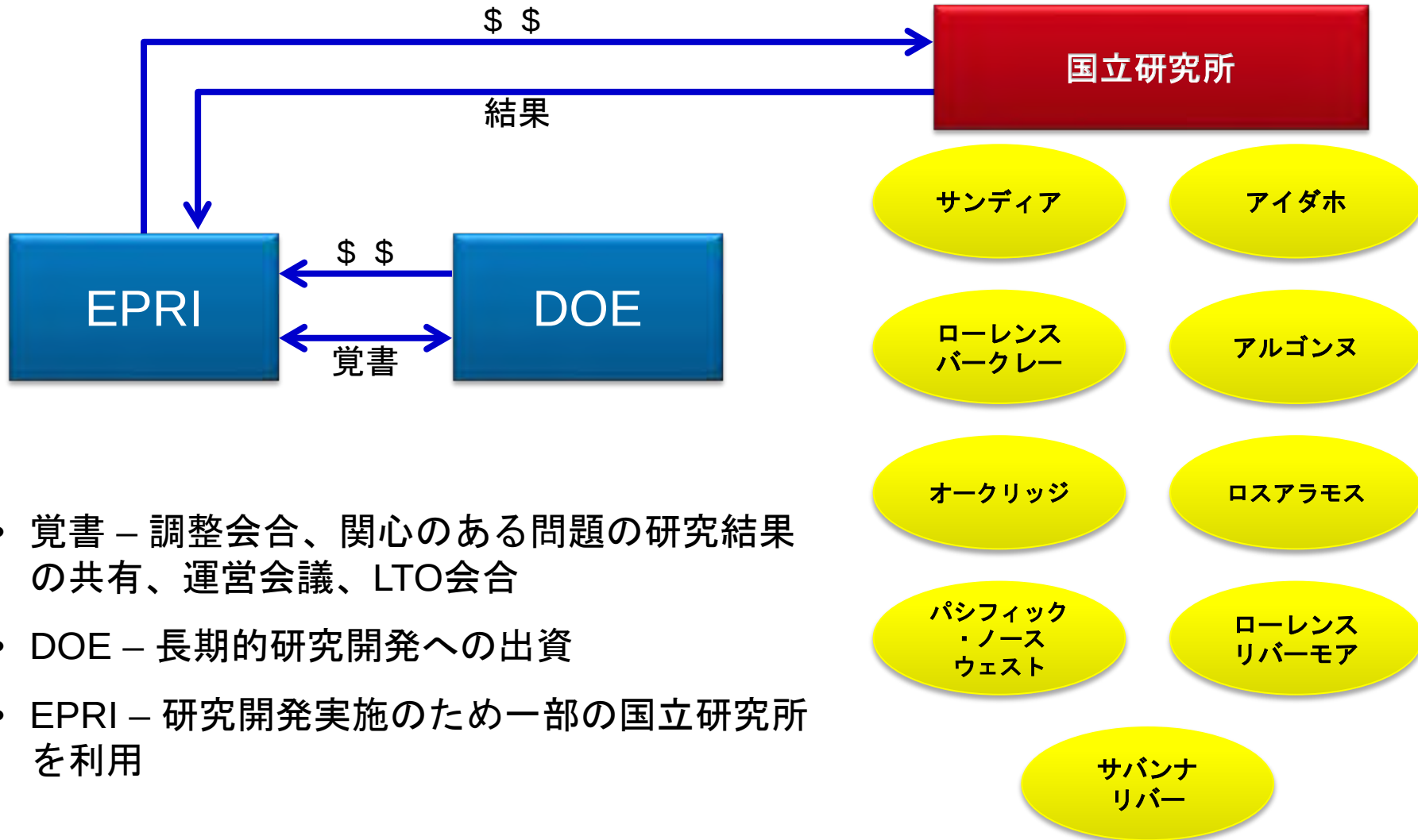
EPRI

ELECTRIC POWER
RESEARCH INSTITUTE

米国NRCとの関わり



DOEとの交流



- 覚書 – 調整会合、関心のある問題の研究結果の共有、運営会議、LTO会合
- DOE – 長期的研究開発への出資
- EPRI – 研究開発実施のため一部の国立研究所を利用

まとめ

- EPRIの研究開発はプラントの安全性、信頼性、及びパフォーマンスに貢献する。
- EPRIの独自モデルによって、世界規模の連携が可能になる。
 - 会員のニーズに対応する
 - プラント安全を高めるためのソリューションとガイドライン
 - 適時のプラント運転経験
 - 世界に認められた専門知識
- 日本の原子力産業界との長い積極的な関わりの歴史がある



一緒に... 電力の未来を作ろう