

諸外国（米国、仏国、EU）における安全研究

平成26年11月
経済産業省

1. 安全研究の体制

米国の安全研究における各組織の役割

エネルギー省(DOE)

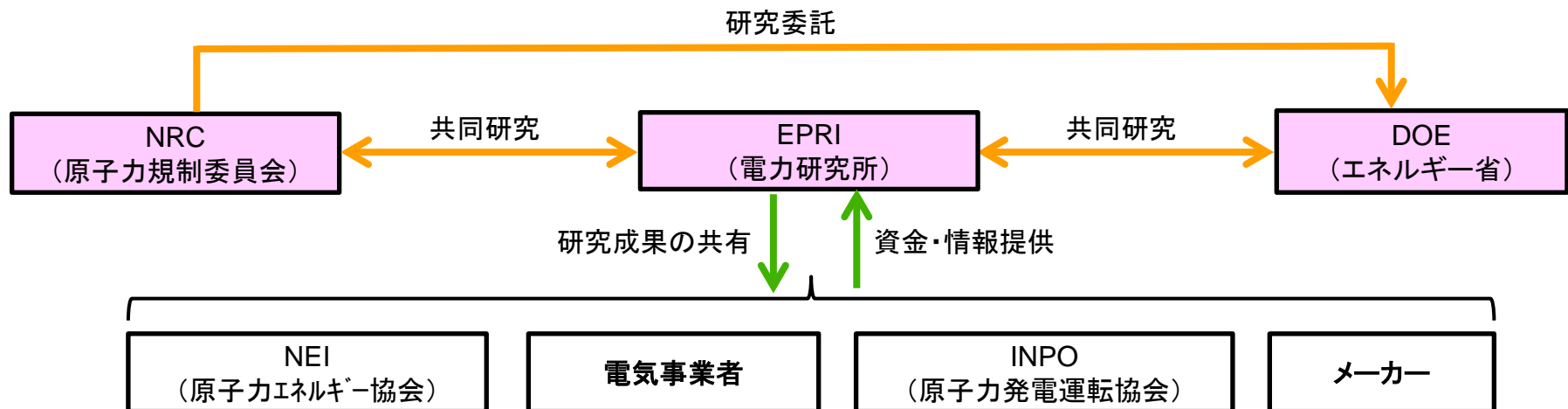
- 米国全土に17の国立研究所を擁しており、各種エネルギー関連の基礎科学研究や、原子力エネルギーの新技术開発を実施。多くの国立研究所は、DOEが契約した大学、企業、非営利団体等が運営。
- 国立研究所、大学、EPRI等に研究開発費用を拠出し、研究を委託。
- DOEの国立研究所は、DOEから基礎科学や技術開発の委託された研究だけではなく、NRCから委託された安全規制のための研究を行うこともある。

原子力規制委員会(NRC)

- 原子力安全の維持をするための原子力規制に関する研究を実施。
- EPRIと安全規制のための共同研究を実施。
- DOE国立研究所に安全規制のための研究を委託。

電力研究所(EPRI)

- INPOやNEI、会員等と連携し、産業界のニーズにタイムリーに合致した5年後、10年後の研究計画を策定。原子力関連では、8割が既存炉に係る研究開発で、2割が先進原子炉(第4世代、核融合等)に係る研究開発。
- NRCの研究部門と共同研究を実施する等、規制当局と緊密に連携。
- NEI、INPO、EPRIの3者で交わした覚書(MOU)に基づき、シニアレベルで緊密に連携。



エネルギー省(DOE)①

エネルギー省(DOE: Department of Energy)は、連邦政府が民間の事業開発を促すための基礎研究開発を担当しており、傘下の国立研究所や、大学、EPRI等との共同出資プロジェクトを通じて研究開発を実施している。

概要

- 米国全土に17の国立研究所を擁する。
- 研究開発においては、原子核物理に関する研究活動も含む各種エネルギー関連の基礎科学研究や、原子力エネルギーの新技术開発を推進。多くの国立研究所の運営は、DOEが直接実施するのではなく、DOEが契約した大学、企業、非営利団体等が実施。
- 原子力の産業利用と軍事利用の両方を所管しており、産業用の原子力技術だけでなく、核兵器関連等の研究開発も実施している。

予算

- 270億ドル(約2兆7000億円)の内、原子力エネルギー関連は約9億ドル(約900億円)(2013年度)。その他の原子力関連分野では、核兵器関連が約76億ドル(約7600億円)、海軍原子炉関連が約11億ドル(約1100億円)等。

他組織との関係

- 国立研究所、大学、EPRI等に研究開発費用を拠出し、研究を委託。
- DOEの国立研究所は、DOEから委託された基礎科学や技術開発の研究だけではなく、NRCから委託された安全規制のための研究を行うこともある。

研究内容

- DOEは原子力研究開発ロードマップ(2010年4月)において、既設炉、新設炉、燃料サイクル、核不拡散の4分野に関する研究開発の方針を示している。
- 各分野のロードマップでは、策定時から2020年頃(※)までに達成すべき複数の短期的なマイルストーンと長期的な成果目標が設定されている。

※以下の「(3)持続可能な核燃料サイクルの開発」のロードマップでは、より長期的なマイルストーン(具体的な時期は示されていない)が設定されている。

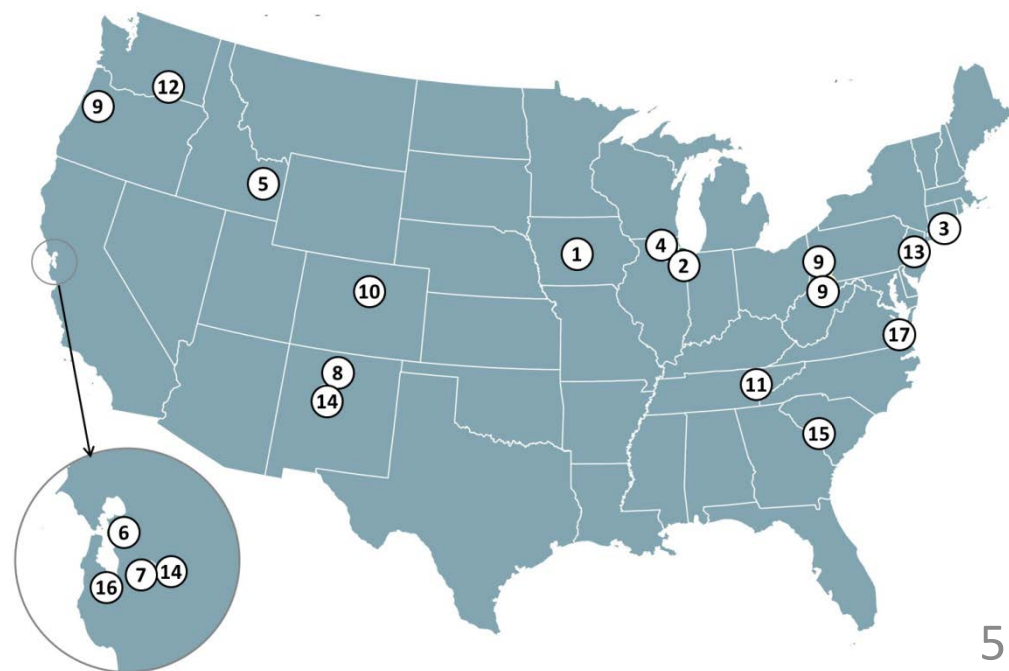
＜ロードマップの概要＞

(1) 既設炉の信頼性向上・安全性維持・寿命延長	(3) 持続可能な核燃料サイクルの開発
<ul style="list-style-type: none">原子炉内部、圧力容器、コンクリート、埋設配管・電線等の材料経年劣化安全性と性能を向上させる先進的な軽水炉燃料先進的な計装、情報、制御システムリスク・インフォームド安全裕度特性長期運転時の安全性能を理解するための先進的なモデリング及びシミュレーション 等	<ul style="list-style-type: none">燃料サイクル戦略の評価(ワンスルー・サイクル等)、使用済燃料処分関連核種分離・隔離長期的に予測可能で抵抗性の高い廃棄体の開発燃料サイクル戦略に適した燃料の開発核変換技術
(2) 新型炉の実用性の向上	(4) 核拡散及びテロリスクの理解と最小化
<ul style="list-style-type: none">先進的な軽水炉の設計小型モジュラー炉(SMR: Small Modular Reactor)の設計先進的な原子炉技術の開発 等	<ul style="list-style-type: none">核拡散リスクの評価保障措置とセキュリティ技術・システム 等

(参考) DOEの所管する国立研究所

研究所	研究内容
①エイムズ国立研究所	材料科学、化学、生物学、環境保護 等
②アルゴンヌ国立研究所	原子物理学、原子力科学、粒子加速、材料科学、化学工学、システム工学、コンピュータ科学 等
③ブルックヘブン国立研究所	原子物理学、光科学、ナノ物質科学、気候変動、持続可能エネルギー、地球規模エコシステム 等
④フェルミ国立加速器研究所	粒子加速、プラズマ物理学 等
⑤アイダホ国立研究所	原子力科学、先進燃料サイクル、次世代原子炉、原子炉安全解析、核不拡散、無線通信 等
⑥ローレンスバークレー国立研究所	原子力科学、粒子加速、地球科学、材料科学、計算科学、生命科学 等
⑦ローレンスリバモア国立研究所	テロ対策、防衛、エネルギー・環境セキュリティ、核不拡散、核兵器、バイオセキュリティ 等
⑧ロスアラモス国立研究所	プラズマ物理学、国家安全保障、兵器科学、材料科学、情報システム、バイオ科学 等
⑨国立エネルギー技術研究所	ボイラータービン・燃料電池等の高効率化、石炭火力発電所排出物制御、炭素回収貯留 等
⑩国立再生可能エネルギー研究所	再生可能エネルギー開発 等
⑪オークリッジ国立研究所	原子力科学、材料科学、クリーンエネルギー、国家安全保障、スーパーコンピュータ科学 等
⑫パシフィックノースウェスト国立研究所	原子力科学、再生可能エネルギー開発、電力インフラ、環境保護、気候変動 等

研究所	研究内容
⑬プリンストンプラズマ物理研究所	核融合、プラズマ物理学 等
⑭サンディア国立研究所	核兵器、核不拡散、国土安全保障、サイバーセキュリティ、原子炉安全、核融合、材料科学、生物学 等
⑮サバンナリバー国立研究所	放射能汚染サイト環境修復、放射性物質処理処分輸送、原子力施設除染・廃炉、国土安全保障 等
⑯SLAC国立加速器研究所	宇宙物理学、粒子加速、材料科学、エネルギー科学、環境科学 等
⑰トーマスジェファソン国立加速器研究所	核物理学、粒子加速、放射線検出、超電導利用無線技術 等



電力研究所(EPRI: Electric Power Research Institute)は、産業界のニーズにタイムリーに合致した軽水炉の安全研究を含む各種技術開発ロードマップを作成し、それに従い、EPRI がプロジェクトマネージャーとなる形で研究開発を実施している。

概要

- 原子力分野においては、米国原子力発電事業者(26社)等に加え、米国外の20カ国の組織が会員。役員会は、23の米国原子力発電事業者CEOに加え、米国外の発電事業者3社、送電会社等の幹部33名で構成。
- INPOやNEI、会員等と連携し、産業界のニーズにタイムリーに合致した5年後、10年後の研究計画を策定。原子力関連では、8割が既存炉に係る研究開発で、2割が先進原子炉(第4世代、核融合等)に係る研究開発。
- 研究テーマ毎に世界から最適な研究機関を選定し、研究開発を実施。専門家を迅速に動員できる国内外の研究機関とのネットワークを構築・維持する。

予算

- 原子力部門は、1.5億ドル以上(150億円以上)(※任意加盟の会員による会費及び事業者や政府機関等からの委託研究費等で運営。会費は保有発電施設の総出力を基本パラメータとして計算。)

他組織との関係

- DOEを始め、専門家を迅速に動員できる国内外の研究機関とのネットワークを構築・維持。
- NRCの研究部門と共同研究を実施する等、規制当局と緊密に連携。
- NEI、INPO、EPRIの3者で交わした覚書(MOU)に基づき、シニアレベルで緊密に連携。

研究内容

- EPRIは、原子力分野のロードマップを毎年2回開催されるNuclear Power Council(※)に合わせて更新している。2014年8月の時点で、以下の9分野に関する研究開発の方針が示されている。
※会員各社が参加しており、この場での投票と決議を経てロードマップが公式化される。
- ロードマップの時間軸は概ね5年～10年程度であり、以下のような研究課題が取り上げられる。
 - ①5年～10年程度の期間を対象に、複数の研究プロジェクトを組み合わせで解決する課題
 - ②原子力産業界の要請、規制当局の政策・方針、新技術の開発動向など、他組織・団体との調整を要する課題
- 個々の研究のロードマップ毎に責任者がアサインされ、具体的な内容が作成・更新されている。

<ロードマップの概要>

研究分野	プログラム
①材料	一次系腐食、蒸気発生器管理、BWR 圧力容器と炉内構造物の評価、PWR 材料信頼性、溶接補修センター
②燃料信頼性	燃料信頼性
③使用済燃料・高レベル廃棄物	使用済燃料・高レベル廃棄物
④長期運転	長期運転
⑤非破壊検査	非破壊検査
⑥機器信頼性	原子力保全技術応用センター、プラントエンジニアリング、計装と制御
⑦リスクと安全性管理	リスクと安全性管理
⑧新型炉技術	新型炉技術
⑨化学・低レベル廃棄物・放射線管理	低レベル廃棄物と放射線管理、廃炉技術開発、水化学

NRCの研究と利益相反①

- 原子力の平和利用(推進と規制)と軍事利用について規定をした1954年原子力法において、NRCの研究における権限が規定されている。
- NRCは研究・開発などの契約、合意または取決めに交わす相手に対し、それらを交わす前に利益相反に係る情報の提出を求め、利益相反の評価を行うことを規定。
- この評価により、
 - ①利益相反が存在すると考えられない場合、
 - ②契約、合意または取決めに交わすことが最大の国益となり、適切な条件を盛り込むことにより利益相反を緩和できると判断される場合、NRCは利益相反が存在する相手とも契約、合意または取決めに交わすことが可能。
- また、DOE及びDOEの研究施設等の場合、利益相反の緩和が不可でもそれを正当化できれば、契約、合意または取決めに交わすことが可能。(同法第170A条)

1954年原子力法

第170A条 委託及びその他の取り決めに関する利益相反

- a.原子力規制委員会は、本法律またはその他の法律に基づき、競争入札または折衝により研究、開発、評価活動の実施、または技術及び管理支援サービスに関する契約、合意またはその他の取り決めに結ぶことを提案する者に対し、そのような契約、合意または取決めに結ぶ前に、以下の観点で利益相反の可能性の有無に関わると原子力規制委員会が判断する全ての情報を原子力規制委員会に提供することを規則で要求しなければならない。
- (1)その他の活動または他の人間関係を考慮して、偏りがない、技術的に健全、または客観的な支援または指導を行うことができるか。または、
 - (2)不公平な競争の便宜が与えられているか。そのような者は、原子力規制委員会の定める規制に従い、再委託者(必需品の再委託者を除く)または1万ドルを超える再委託を受ける者が本条に従うことを保証しなければならない。

NRCの研究と利益相反②

(続き)

b.評価 —

(1) 一般 — (2)に規定するものを除き、原子力規制委員会は、a項に基づき提供される全ての情報及びその他の原子力規制委員会が得た情報を評価して以下を確認しない限り、いかなる契約、合意または取決めも交わしてはならない。

(A) 利益相反が存在するとは考えられない。または、

(B) 契約、合意または取決めに適切な条件が盛り込まれており、利益相反は回避されている。利益相反が存在し、適切な条件を盛り込むことにより利益相反を回避することができないと原子力規制委員会が判断する場合を除き、その契約、合意または取決めに交わすことが合衆国の最大の利益になり、利益相反を緩和するため適切な条件が契約、合意または取決めに盛り込まれていると原子力規制委員会が判断するなら、原子力規制委員会は、その契約、合意または取決めに交わして良い。

(2) 原子力規制委員会 — 利益相反の有無に係らず、原子力規制委員会が以下と判断する場合、原子力規制委員会はエネルギー省またはエネルギー省施設の運営者と契約、合意または取決めに交わして良い。

(A) 利益相反を緩和することができない。及び、

(B) 利益相反を緩和せずとも進めることを適切に正当化できる事由がある。

NRCとDOEの共同研究①

- ・ 1999年、NRCとDOEは原子力安全の共同研究に関する方針を記した覚書について署名を交わした。(2009年に改定)
- ・ 共同研究活動の全体的な調整、統合、優先順位付けは双方の幹部を含む運営チームを通じて行い、共同研究の新しい候補の可能性のレビューも実施。
- ・ 共同研究プログラムにおいては、利益相反を回避するため、基本的なデータの取得に焦点を当て、特定の規制課題の解決策やデータを規制に適用した結論は扱わないこととした。

NRCとDOEの原子力安全に関する共同研究の覚書(1999年)

Article 1 両組織の責務

1.2 可能性のある共同研究トピックスの選定

以下の要因を考慮して、可能性のある共同研究プログラムを特定し優先順位を決める。

- 研究トピックスへのNRC及びDOE双方の関心
- 研究の最終結果の有用性
- リスク低減への寄与
- 費用対効果
- 適時性

(続き)

Article 2 共同研究のガイドライン

- 2.1 組織の利益相反を回避できるように共同研究プログラムを構築しなければならない。一般に、これは、共同研究プログラムが特定の規制課題の解決策またはデータを規制に適用した結論ではなく、基本的なデータの必要性に焦点を当てることにより達成される。規制課題の解決策の策定またはデータの規制への適用は、本覚書の対象外であり、NRCとDOEが独立して遂行しなければならない。
- 2.7 各組織への共同研究プログラムの費用は、一般にその組織の研究成果に比例するものとする。サービスの価値(例、委託、プログラム管理)またはその他寄与した業務と同様に寄付金について費用共有の配分を検討できる。これらには、各組織が委託する共同プロジェクト、研究を運営・遂行する共同プロジェクト、結果を共有する共同プロジェクトが含まれる。

NRCとEPRIの共同研究①

- ・ 2007年、NRCとEPRIは原子力安全の共同研究に関する方針を記した覚書について署名を交わした。
- ・ 共同研究活動の運営は、状況を把握しているプロジェクトマネージャ及び／またはNRCスタッフとEPRI職員で構成する技術審査グループによって運営。
- ・ 独立を維持し、利益相反を回避するため、共同研究プログラムから得られたデータもしくは規制または規制ガイダンスに対するデータの適用に関して、共同で結論を導いてはならない。

NRCとEPRIの原子力安全に関する共同研究の覚書(2007年)

Article 1 両組織の責務

1.3 共同研究プログラムの運営:

- b. 共同研究プログラムの選定: NRCとEPRIは、NRCと産業界の関心のある共同研究プログラムを特定する。可能性のあるプログラムを選定する際に考慮するファクターを以下に示す。
 - そのテーマに対する相互の関心
 - 研究結果の応用性
 - プラント安全性への寄与
 - リスク低減への影響
 - 資源を有効活用する機会
 - 適時性

共同研究の分野特定後、プログラムの技術要件(目的、スコープ、アプローチ及び品質保証要件を含む)及び両組織の役割と責任に双方が合意すれば、共同研究プログラムを実施することができる。

(続き)

1.3 共同研究プログラムの運営:

f.連邦規則または規制との矛盾の回避:独立した組織としてのNRCの役割は維持されなければならない。ここに記載したあらゆる契約内容または補遺に反するにも係らず、共同研究プログラムに関する協力、承認、関与またはNRCスタッフのガイダンスは、いかなる方法(特に規則作成、許認可または裁判手順)でもNRCを束縛してはならない。本覚書もしくは補遺では「合意」という単語または「shall」や「will」のような強制力のある言葉を使用している箇所もあるが、それに強制的な義務を持たせようという意図はなく、どちらかの組織に活動を強制できる権利は発生しない。EPRIはNRCに対する助言組織としての役割を果たしてはならない。NRCの規制の独立性を維持するため、両組織は共同研究プログラムから得られたデータの結果または関連事項を合同で解釈してはならない。EPRIは、NRCの上級マネジメント担当者の事前承認を得ずに、共同研究プログラムまたはその関連研究、報告書、出版物をNRCが承認またはエンドースしたことを示す見解を、研究、公開資料、報告書または出版物に主張または公表してはならない。

Article 2 共同研究のガイドライン

2.1 各共同研究プログラムの目的は、研究データを得ることではない。独立を維持し、利益相反を回避するため、また、たとえ利益相反がある場合でも、NRCとEPRIは、共同研究プログラムから得られたデータもしくは規制または規制ガイダンスに対するデータの適用に関して、共同で結論を導いてはならない。NRCとEPRIは、意思決定者が利用できることを確認するためのデータの確認と検証を協力して実施してよい。既存の規制または新たな規制に対するデータの適用可能性及び影響を検討する規制上の解析は、独立して実施しなければならない。

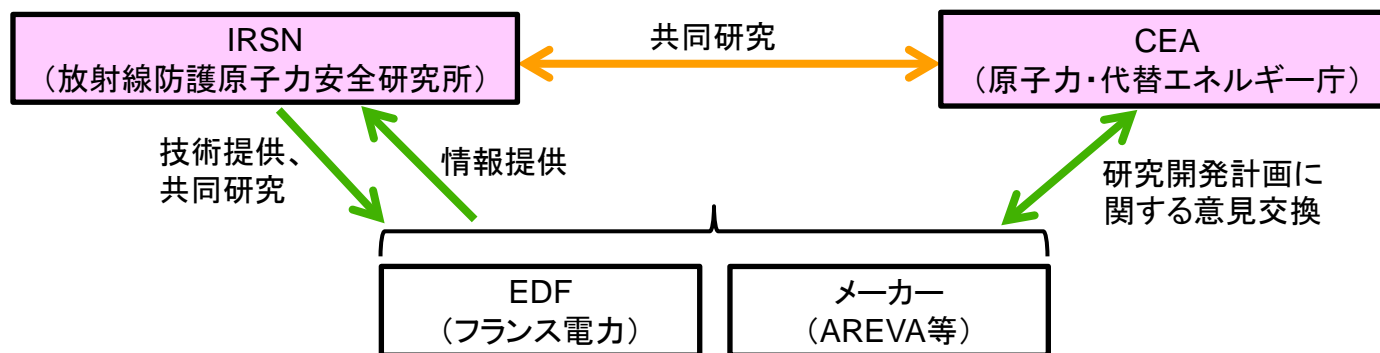
仏国の安全研究における各組織の役割

放射線防護原子力安全研究所 (IRSN)

- 規制当局である原子力安全局 (ASN) に対して、原子力と放射線のリスクに関する技術的な支援を提供するため、原子炉安全やシビアアクシデント等の分野において安全研究を実施。
- ASNの技術支援機関であるが、規制者の立場上、施設を保有することが出来ないため、原子力推進側の政府研究機関であるCEA とシビアアクシデント等の分野において、CEA施設を利用して共同研究を実施。
- 実機に関する知識を得るため、EDFやAREVAなどの産業界にも契約に基づき技術を提供。

原子力・代替エネルギー庁 (CEA)

- 民生用の原子力利用を中心にした研究開発機関であり、原子炉研究、燃料サイクル研究、基礎研究 (材料、熱水力等) 等を実施。また、第4世代炉開発等についての研究開発ロードマップを策定。
- 仏国内の原子力研究開発全般をコーディネートするハイレベルの原子力エネルギー委員会があり、CEA 長官、省内幹部他、EDF、AREVA、ASN等が必要に応じて参加する。
- CEA、EDF、AREVAの三者のパートナーシップ合意に基づき、原子炉分野の研究開発計画について定期的に意見交換。
- IRSNとはシビアアクシデント等の分野において共同研究を実施。



原子力・代替エネルギー庁(CEA)①

原子力・代替エネルギー庁(CEA: Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives)は、原子力を中心にした研究開発機関であり、主に産業界の原子力研究開発を支援する役目を担っている。

概要

- 軍事利用のための原子力開発を実施する機関として設置されたが、現在は民生用の原子力利用を中心にした研究開発機関である。
- 原子力分野においては、原子炉研究、燃料サイクル研究、基礎研究(材料、熱水力等)を実施している。また、第4世代炉開発等についての研究開発ロードマップを策定している。

予算

- 原子力分野は12億ユーロ(約1700億円)(2011年度)

他組織との関係

- 仏国内の原子力研究開発全般をコーディネートするハイレベルの原子力エネルギー委員会があり、CEA 長官、省内幹部他、EDF、AREVA、ASN等が必要に応じて参加する。
- 政府の研究機関であるが、産業界にとって必要な研究は産業界がCEAに資金を拠出する。
- CEA、EDF、AREVAの三者のパートナーシップ合意に基づき、原子炉分野の研究開発計画について定期的に意見交換。
- IRSNとはシビアアクシデント等の分野において共同研究を実施。IRSNは、規制者の立場上、施設を保有することが出来ないため、CEAの施設を利用。
- EDFとは発電所設計、運転に関する共同研究を実施し、頻繁に意見交換。

研究内容

- CEAが実施する研究は、(1)仏原子力産業のレベルの維持に必要となる、運転中・建設中の原子炉の安全に関する技術開発と、(2)第4世代炉の商業化に向けた原子力システムの開発の2つから成る。
- 安全研究は、主に前者のために実施されており、①地震時の構造物の挙動、②シビアアクシデント時の原子炉の挙動の2分野に大きく分けられる。

<運転中・建設中の原子炉の安全に関する技術開発>

①地震時の構造物の挙動

試験と定量的シミュレーションに基づき実施。以下の分野については、地震時の構造物の反応モデルの有効性を検証するために、試験能力の拡張が必要としている。

- 大規模な供試体による試験
- 大きな移動と加速度のシミュレーション
- 多数の振動台に連結され、複数の支持構造物で支えられた試供体による試験

②炉心溶融を伴うシビアアクシデント時の原子炉の挙動

試験施設を用いたR&Dを継続的に実施する必要性が福島事故で明らかになっており、以下のような課題を特に重視。

- 水素燃焼のあらゆるリスクを予測するための、格納容器内における水素の分布と成層化に関する長期R&Dの実施。
- 核分裂生成物の漏出と移動に関する研究。特にMOX燃料の核分裂生成物の揮発性に応じた挙動について、ウラン燃料と同水準の知見の獲得。
- コリウムと原子炉圧力容器及び圧力容器ウェルの水との相互作用に関する研究の重要性。原子炉圧力容器を貫通したコリウムとコンクリートの相互作用に関する研究のさらなる精緻化。

放射線防護原子力安全研究所(IRSIN: Institute de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire)は、原子力安全や放射線防護に関する研究及び仏国の規制当局であるASNへの技術支援を行うとともに、CEAとの共同研究や産業界への技術提供も実施している。

概要

- CEAから原子力安全防護研究所を分離し、安全放射線防護関連研究開発を独立させるとともに、放射線防護庁を統合して、行政機関から独立した専門家組織として2002年に設立した。国防、環境、健康、産業、研究の各担当大臣の共同権限下に置かれている。
- ASNに対して、原子力と放射線のリスクに関する技術的な支援を提供するため、原子炉安全やシビアアクシデント等の分野において安全研究を実施。

予算

- 3.0億ユーロ(約420億円)(2013年度予算)

他組織との関係

- ASNの技術支援機関であるが、原子力推進側の政府研究機関であるCEA とシビアアクシデント等の分野において、CEA施設を利用して共同研究を実施。
- 実機に関する知識を得るため、EDFやAREVAなどの産業界にも契約に基づき技術を提供。その際、産業界からの独立性を担保するため、ASNを支援する専門家と産業界を支援する専門家を内部で区別し、利益相反を回避している。

研究内容

- 安全研究において、CEAが原子炉を安全に運転・管理することを目的としているのに対し、IRSNIは安全規制を行う上で原子力や放射線のリスクを適切に評価することを目的としている。
- IRSNIは、主に①事故の発生防止、②事故の影響緩和の2分野に関する研究を実施している。

①事故の発生防止

施設を安全な状態で維持し、機器の異常やシステムの不具合を防止するため、以下のような研究を実施。

- 安全上重要な機器の経年化メカニズムの解明とその対策
- 安全上重要な機器のソフトや電子機器等の適切な機能を保証するための新技術
- 臨界リスクについて、制御不能な核分裂反応が発生する閾値を特定するためのデータベースの充実化及び試算方法の精緻化
- 意思決定メカニズムや下請業者の影響等、人的・組織的要素の評価

②事故の影響緩和

事故の現象学的な理解、事故状況を管理するための安全システムの機能検証、事故の影響緩和措置の特定のため、以下のような研究を実施。

- 自然事象や産業的事象(特に地震と火災)。
- 冷却源が喪失した場合の燃料損傷の形態等、事故時の燃料の挙動。
- 炉心溶融を伴う事故において発生する物理的現象(コリウムの生成、水素燃焼、蒸気爆発、コリウムとコンクリートの反応等)。
- 事故で発生した放射性物質の挙動に関する理解と放射性物質の濾過方法の改善

EUにおける安全研究

- EUにおける原子力研究は、欧州委員会(EC: European Commission)の研究・イノベーション総局が所掌しており、これまでフレームワークプログラム(FP: Framework Program)と呼ばれる複数年の研究計画を策定し、それに基づき研究開発を実施してきた。
- 昨年末で2007－2013年(※1)を対象とする第7次FP(FP7)の期間が満了し、2014年からは2020年(※2)までを対象とする新たな研究枠組み「ホライズン2020」がスタート。ECは現在プロジェクトを募集中。

(※1)原子力分野の研究開発は、ユーラトム条約に基づき5ヵ年計画となっているが、2011年12月のEU理事会決定により、FP7については2012－2013年にかけて追加予算が組まれた。

(※2)ホライズン2020の枠組みでも原子力の研究開発計画は2018年までの5ヵ年計画。

FPとホライズン2020

①間接活動

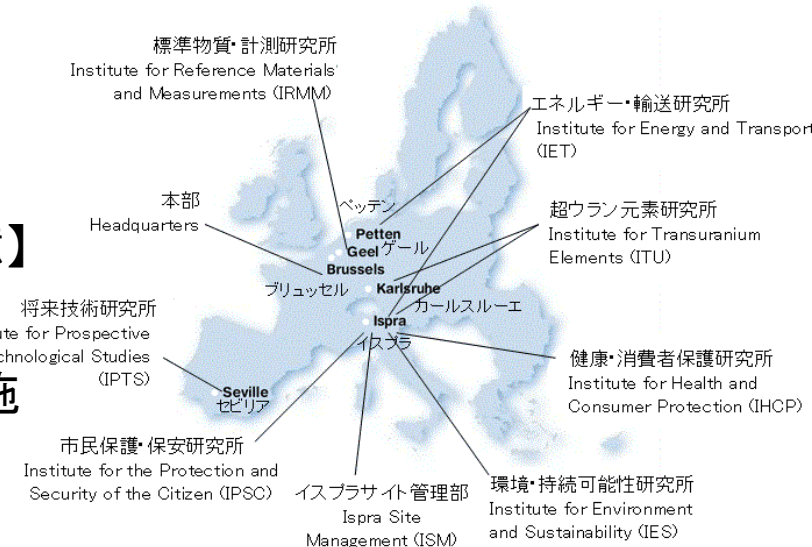
ECの公募により外部機関が実施

- 核融合【19億、22億、7.3億】
- 核分裂(安全及び放射線防護)【2.9億、1.2億、3.2億】

② 直接活動【5.2億、2.3億、5.6億】

ECの共同研究センター(JRC: Joint Research Center)が実施

- 放射性廃棄物の管理と環境影響評価及び基礎知識
- 原子炉システムにおける安全性
- 核セキュリティ



(出典)Joint Research Center HPを基に作成

(※)【】内はそれぞれFP7(2007－2011年)、FP7追加(2012－2013年)、ホライズン2020(2014－2018年)における予算。単位はユーロ。

2. 福島第一原子力発電所事故後の展開

地震評価ガイダンス作成

- 福島第一原発事故の教訓に基づきNRCが出した短期タスクフォース(NTTF: Near Term Task Force)の中で勧告された設計基準地震の再評価等のために、NRCと協議を重ねながら、産業界としての標準的な地震リスクの評価手順を地震評価ガイダンスとしてまとめた。

事故解析コードの解析結果の妥当性の確認

- BWRで長期に亘る全交流電源喪失が生じた場合の熱水力現象を解析するため、米国内で事業者が一般的に利用している事故解析コードMAAPを使用する場合の技術的根拠を確認する研究(仮定やモデル、規制当局が用いる解析コードMELCORの解析結果との比較、GEが実施した試験との比較等)を実施した。

使用済燃料プールのハザード解析

- 事故の起因事象発生後の使用済燃料プールと原子炉システムの相互作用をプラント個別にモデル化するPRA手法を開発した。
- 福島第一原発事故とPRA研究から得られた知見を反映し、使用済燃料ラックの詳細なモデル、不均一な燃料分布、燃料の劣化による熱伝導率の変化、ラック間の輻射、ジルコニウムと空気の酸化反応等を考慮してMAAPを改良した。

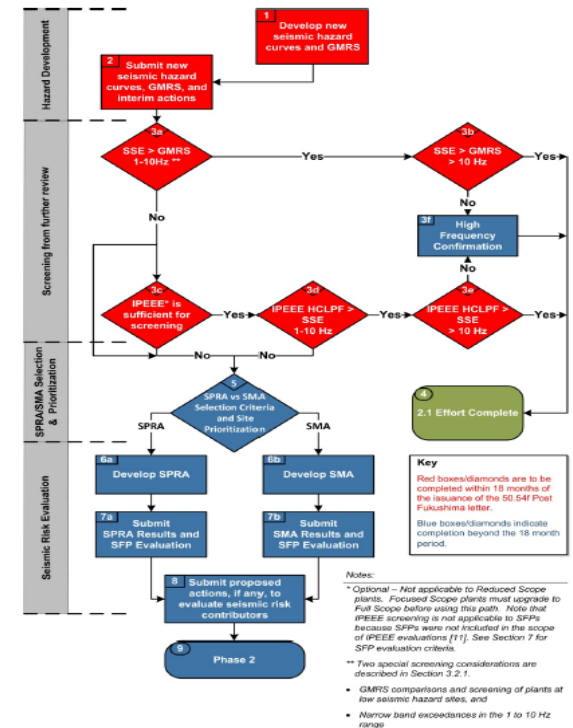
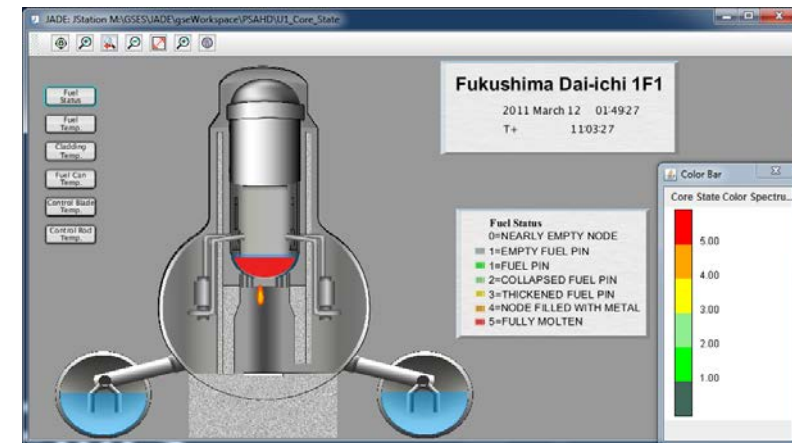


Figure 1-1
Recommended Approach to Respond to Information Request 2.1

(出典)NRC, Seismic Evaluation Guidance Screening, Prioritization and Implementation Details (SPID) for the Resolution of Fukushima Near-Term Task Force Recommendation 2.1: Seismic



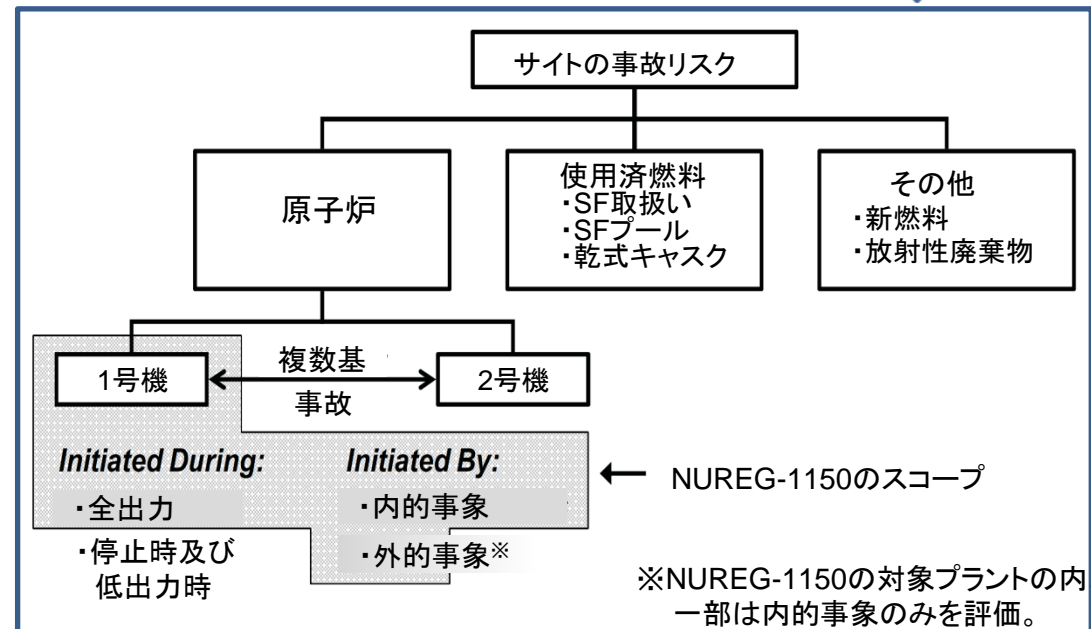
(出典)総合資源エネルギー調査会原子力の自主的安全性向上に関するWG(第9回会合)資料 21

米国における取組： NRCの取組

NRCによるレベル3 PRAプロジェクト

- 1990年 NRCのPRA研究 NUREG-1150以降
 - その後の運転・保守・訓練・手順書などの改善、過酷事故の理解、PRA技術の向上を反映
 - これまで評価していない範囲までのフルスコープレベル3PRA実施可能性を評価
- 2010年 NRCスタッフがレベル3PRAフィジビリティ研究をNRC委員会に提案
NRC委員会が検討方針案作成をNRCスタッフに指示
- 2011年 NRCスタッフが検討方針案をNRC委員会に提出
NRC委員会が検討方針案を了承
 - 産業界と協力して4年間でフルスコープレベル3PRAを実施する計画
- 2012年9月 進捗状況報告
 - パイロットプラントに Vogtle-1/2 (WH-PWR)を選定

今回のレベル3
PRAプロジェクト
のスコープ



(出典) SECY-12-0123(2012年9月13日付)

CEAとIRSNの認識

- 福島第一原発事故後、CEAは「これまで実施してきたR&Dに重大な欠落はなかった」としており、今後もこれまでの研究枠組みを継続していく方針。
- IRSNも「過去の研究成果が福島事故後の緊急時対応で活用され、これまでの研究取組みが政府にも評価された」としているが、今後以下のテーマについて、研究の強化が必要としている。
 - 事故の防止のため、地震・洪水等の外的事象のより適切な特性評価。特に確率論的安全評価（PSA）を活用した施設の弱点の特定。
 - 事故が発生することを想定した事故対応策検討のための研究継続。炉心損傷の進行度合い、原子炉容器が貫通した場合の影響等については研究の深化が必要。
 - 使用済燃料プールにおける冷却源喪失の場合に、燃料が損傷し、放射性物質が放出されるまでの時間的裕度をより適切に把握するため、燃料の温度が急激に上昇する条件についての研究。
 - 使用済燃料プール向けの事故ソースターム評価コード（ASTEC）の開発

「未来への投資」計画における安全研究の実施

- 2009年に策定された「研究・イノベーション国家戦略」に基づき、第4世代炉開発、放射性廃棄物管理等に関わるプログラムに合計10億ユーロを拠出する内容を含む「未来への投資」計画が打ち出された。
- 2011年6月、福島第一原発事故を受け、「未来への投資」計画の枠組みの中で、原子力安全研究を強化することが決定。当初は第4世代炉開発と放射性廃棄物管理につけられていた金額を削り、5000万ユーロが原子力安全・放射線防護に関する研究に割り振られた。

SARNETの概要

- SARNET (Severe Accident Research NETwork of Excellence) は、FPの枠組みの中で2004年から実施されている研究プログラム。19の欧州諸国およびカナダ、韓国、米国の19の研究機関(JRCを含む)、8の大学、8の電気事業者、7の規制機関及び安全性に関係する技術機関で構成。
- 第2期(2009年から2012年の4年間の期間で実施。総予算は約3,900万ユーロであり、ECの負担は575万ユーロ)では、古い世代の炉の安全性を研究し、第3世代炉に反映することを目的とした福島タスクフォースが立ち上げられ、使用済燃料プールでのシビアアクシデント等に関する研究が強化された。

第2期SARNETにおける研究課題

- 研究プログラムの優先度を定期的にランク付けし、すでに進められているものの調整や再編成を行い、必要に応じて新しいプログラムを策定。
- 最優先の研究課題(2009年6月時点)は以下の6つであり、これらに関する実験と分析により、問題となる物理現象に関する共通理解を形成。
 - ①圧力容器内の冷却機能の確保
 - ②溶融した炉心とコンクリートの相互作用
 - ③冷却材の相互作用
 - ④格納容器内での水素の混合と燃焼
 - ⑤ソースタームにおける酸化条件の影響
 - ⑥ヨウ素の化学反応
- 福島第一原発事故を踏まえ、使用済燃料プールでのシビアアクシデントを想定したコードの改良検討等の研究課題が新たに加えられた。

ホライズン2020の公募状況

- 間接活動の研究分野について、ECは2014-2015年に採択する研究プロジェクト公募を開始。募集プロジェクトの仕様等に関するECの文書では、「核分裂」の対象分野は以下の5つ。
 - A: 原子力システムの安全な運転の支援
 - B: 放射性廃棄物の最終管理方法の開発への寄与
 - C: 放射線防護の強化
 - D: 核分裂と放射線防護に関する分野横断的な側面
 - E: EU内での原子力分野における能力向上と社会経済的な側面の開発支援

福島第一原発事故の教訓の反映

- 福島第一原発事故を受け、ECは原子力安全、リスク緩和等の分野の研究開発に優先的に取り組む方針を示しており、ホライズン2020においても、上記Aに含まれる以下の2テーマには、福島第一原発事故の教訓が反映されている。（【】内は予算額。ともに2014年9月に公募締切。）

＜核分裂炉の設計と運転の安全性の改善【1,880万ユーロ】＞

- プラント寿命マネジメントに関する知見の蓄積、安全文化の促進、シビアアクシデントマネジメント（特に福島の事故により問題提起された使用済燃料貯蔵の安全性、水素爆発、格納容器の挙動、コリウム/デブリの冷却可能性等）等にフォーカスして実験やシミュレーションツールの開発を実施し、受動的安全性、冗長性・多様性の強化等の導入による既存原子炉の安全性向上や将来の原子炉設計における安全特性の最適化を目指す。

＜シビアアクシデントの進展の迅速かつ確実な予測とソースタームの予測ツール【300万ユーロ】＞

- 福島第一原発事故を受けて改善の必要性が認識された、事故時のプラントの状態やソースタームを予測するためのツールを開発する。本ツールは、アクシデントマネジメント手順の改善や、シビアアクシデントマネジメントのガイドラインの評価にも利用される。

原子力安全に関するアクションプランの策定

- 福島第一原発事故の教訓を踏まえた原子力安全、緊急時対策、放射線防護等の強化を目的として、2011年6月に原子力安全に関するIAEA閣僚会議が開催された。
- 同会議の閣僚宣言に基づき、下記の12項目から成るアクションプランが策定され、2011年9月にIAEA理事会及び総会で承認された。
 - ① 福島第一原子力発電所事故を踏まえた安全評価(事故の教訓を踏まえた原子力発電所の安全脆弱性の評価の実施)
 - ② IAEAピアレビュー(加盟国の利益を最大化するためのIAEAピアレビューの強化)
 - ③ 緊急時の対策及び対応(緊急時の対策及び対応の強化)
 - ④ 各国の規制機関(各国の規制機関の有効性の強化)
 - ⑤ 運転組織(原子力安全に関する運転組織の有効性の強化)
 - ⑥ IAEA安全基準(IAEA安全基準の見直しと強化及びその活用状況の改善)
 - ⑦ 国際的な法的枠組み(国際的な法的枠組みの有効性の改善)
 - ⑧ 原子力発電計画に着手予定の加盟国(原子力発電計画に着手する加盟国に必要なインフラ開発の促進)
 - ⑨ 能力開発(能力開発の強化と維持)
 - ⑩ 電離放射線からの公衆及び環境の防護(緊急事態における電離放射線からの公衆及び環境の継続的な防護の確保)
 - ⑪ コミュニケーション及び情報の周知(コミュニケーションの透明性及び有効性の向上と情報の周知状況の改善)
 - ⑫ 研究開発(効果的な研究開発の活用)

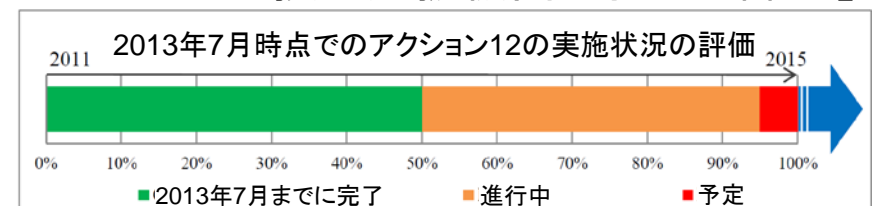
(参考) IAEAにおける取組: 原子力安全に関するアクションプラン②

アクションプランに示された研究開発

- 原子力安全技術及び工学に関する研究開発の実施
 - 自然事象
 - シビアアクシデントマネジメント
 - 発電所の停電
 - ヒートシンクの喪失
 - 格納容器ベントシステム
 - 格納容器及び使用済燃料プールの構造的・一貫性と燃料集合体の挙動
 - 過酷事故後のモニタリングシステム 等
- 研究開発成果の活用及び成果の全加盟国への共有

アクションプランに沿った研究開発の実施状況

- 2012年9月に、中小型炉の設計に関する検討会合を開催し、受動的及び能動的な安全系の信頼性、非電化炉心・格納容器冷却系の設計、シビアアクシデント緩和設計、中小型炉の性能評価手法の開発等に関する議論を実施。
- 2013年4月に、「福島第一原発事故の教訓と福島型事故に対処するための水冷却炉技術開発」に関する会合を開催し、外的事象がBWRに与える影響についての福島第一原発事故の技術的教訓や今後の水冷却炉技術開発に関する議論を実施。
- 2014年10月に、「原子力安全及びセキュリティの向上に向けて技術支援機関が抱える課題」に関する会議を開催。
- 加盟国で実施されている研究開発の調査の実施とそのデータベース化及び福島第一原発事故を踏まえた将来技術の評価 等



(出典) IAEA, Progress in the Implementation of the IAEA Action Plan on Nuclear Safety Supplementary Information を基に作成