

軽水炉安全に係る技術・人材の国内外の状況

平成26年9月

1. 国内の軽水炉安全に係る技術・人材の取組

<エネルギー基本計画における記載>

【技術・人材の維持・発展】

- 東電福島第一原発の廃炉や、今後増えていく古い原発の廃炉を安全かつ円滑に進めていくためにも、高いレベルの原子力技術・人材を維持・発展することが必要である。また、世界の原子力利用が拡大する中、我が国は、事故の経験も含め、安全や核不拡散及び核セキュリティ分野での貢献が期待されており、周辺国の原子力安全を向上すること自体が我が国の安全を確保することとなるため、高いレベルの原子力技術・人材を維持・発展することが必要である。

【戦略的な技術開発の推進】

- ① 万が一の事故のリスクを下げていくため、過酷事故対策を含めた軽水炉の安全性向上に資する技術や信頼性・効率性を高める技術等の開発を進める。また、放射性廃棄物の減容化・有害度低減や、安定した放射性廃棄物の最終処分に必要となる技術開発等を進める。
- ② また、水素製造を含めた多様な産業利用が見込まれ、固有の安全性を有する高温ガス炉など、安全性の高度化に貢献する原子力技術の研究開発を国際協力の下で推進する。

1－(2)原子力規制委員会における安全研究について

【安全研究の基本的な考え方】

原子力安全規制等を的確に実施するため、規制基準の整備とその適用に必要な技術的知見の取得、個別の技術的判断の根拠となる知見の取得等を目的として、原子力規制委員会における安全研究を実施する。また、原子力安全規制等における課題に直接対応することに加え、科学的知見の蓄積を通じて新たな課題が明らかとなる場合もあることを踏まえ、先見的・横断的な安全研究も実施する。

安全研究は、国内における学協会、産業界等の動向及び国際的な規制動向を注視しつつ、効率的に推進していく必要がある。このため、その実施に際しては、海外規制関係機関等における課題に我が国のそれと共通するものが存在すること、限られた資金・人材で最大の効果を目指すことを踏まえ、2国間及び国際機関を含む多国間での国際的枠組みを積極的に活用していくことが必要である。さらに、研究資源の効率的活用の観点からは、原子力安全規制の独立性、研究実施過程の透明性を確保しつつ民間研究機関等と連携して研究を実施することを排除するものではない。

原子力規制委員会における安全研究としては、以下に示すものを対象とし、国際原子力機関(IAEA)等の国際機関や海外規制関係機関等の最新動向等に係る調査、原子力規制委員会がその実務として実施する規制基準や審査ガイドの作成のための調査といった新たな実験、解析及び分析等を伴わないものについては、ここで整理する安全研究には含めていない。

① 規制基準・制度、具体的判断基準等の整備に資する研究

規制基準や制度、審査・検査等に用いる具体的判断基準、技術マニュアル、解析コードの開発・整備・検証等を目的とする研究

② 原子力安全規制等を実施する際の判断に必要な技術的知見の取得

審査、検査、施設健全性評価、その他の事業者に対する指導等を行う際、その検証の精度を上げるために必要なデータ取得を目的とする研究

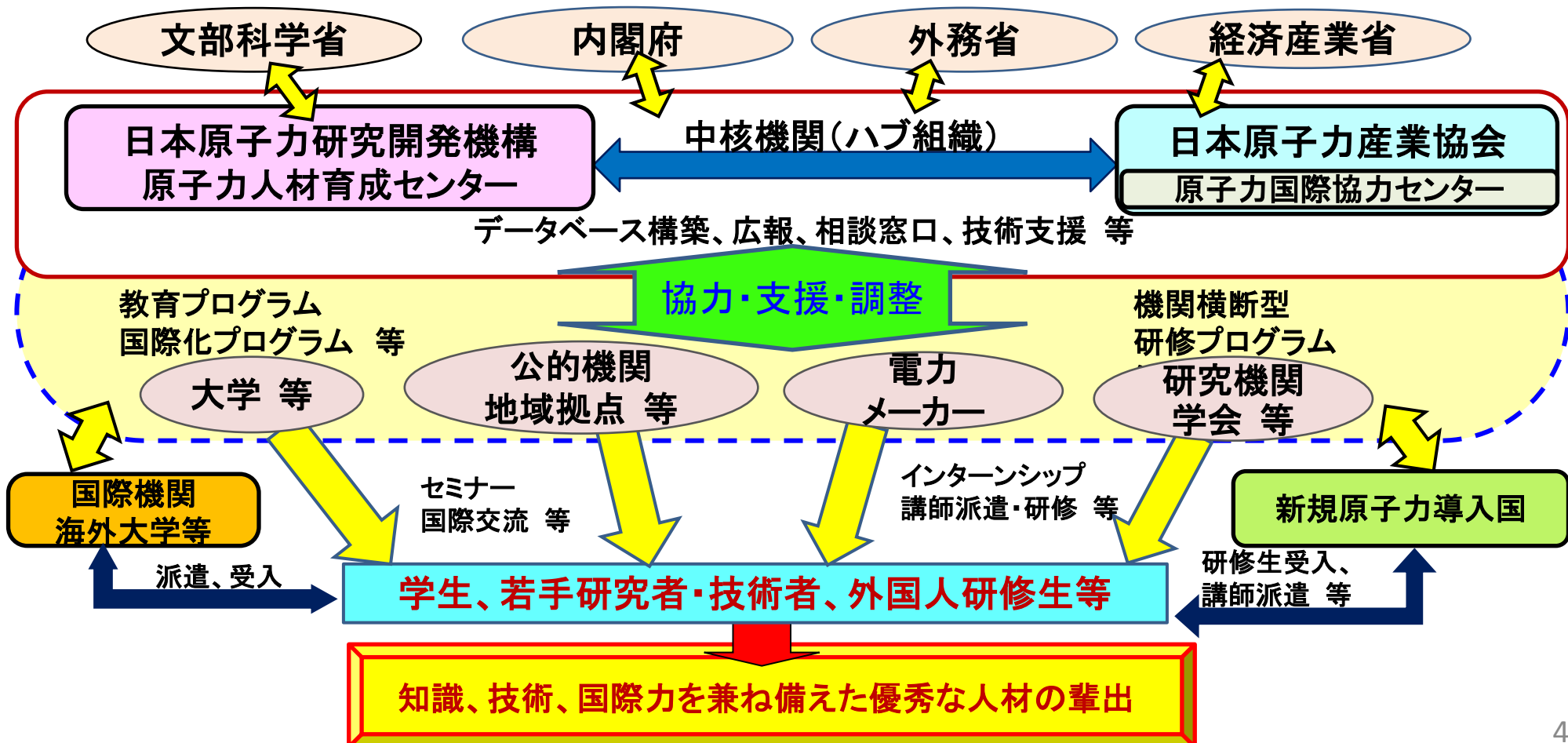
③ 技術基盤の維持・構築

将来にわたって原子力規制委員会の業務を的確に実施していくために必要な技術基盤の維持あるいは構築を目指す研究

原子力人材育成ネットワーク(平成26年7月現在 70機関)

産学官の原子力人材育成機関の相互協力の強化及び我が国一体となった原子力人材育成体制の構築を目指し、平成22年11月に「原子力人材育成ネットワーク」を設立。

これにより、企業や国際社会が求める人材像をよりの確に把握し、効果的・効率的・戦略的に人材育成活動を推進し、知識、技術、国際力を兼ね備えた優秀な人材を継続的に輩出する。



2. 海外の軽水炉安全研究と人材育成の取組

【安全研究の方向性】

○ エネルギー省(DOE)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。主要担当官庁はDOE・原子力エネルギー(NE)局。DOE傘下の国立研究所や、大学、民間研究所、企業などとの共同出資プロジェクトを通じて研究開発を実施。

DOE・NE局による研究開発の方針は、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、核不拡散という4分野に分かれて示されており、既設炉分野で主に安全高度化・高経年化のための研究テーマが位置づけられている。

(1) 既設炉の寿命延長技術の開発

① 既存原子炉で直面している課題の克服

- ・原子炉内部、圧力容器、コンクリート、埋設配管・電線等の経年劣化
- ・燃料信頼性の問題
- ・旧式の制御計測技術
- ・1980年代の知見ベースの設計及び解析ツール

② 運転寿命延長・性能向上に関連するR&D

- ・安全性と性能を向上させる先進燃料
- ・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モデリング・シミュレーションの開発

(2) 新型炉の現実的な実用性の向上・確立

- ・先進軽水炉設計、SMR設計、先進原子炉技術等の研究

(3) 持続可能な核燃料サイクルの確立

- ・燃料サイクル戦略の評価(ワンスルー・リサイクル等)、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

(4) 核不拡散・テロリスクの最小化・理解

○ 原子力規制委員会(NRC)は規制の独立性を確保するため、独自の安全研究を実施(多くはDOEの国立研究所等に委託・資金拠出を行う)。

NRC・原子力規制研究局(RES)は、東電福島第一原発事故を受けた短期タスクフォース(NTTF)レポートに基づき、最優先の提言項目(Tier1項目)に対応する規制対応、すなわち命令や情報要求(RFI)の発行、規則策定活動と並行して、第2及び第3の優先項目(Tier2、3項目)等に関する安全研究を行っている。

○ 電力研究所(EPRI)は、原子力が安全性、経済性及び信頼性のある電源であることを保証するために様々な研究を実施している。原子力発電所の運転会社、規制機関及び他の研究機関との協同を通して、コスト効果的な技術を開発している。

EPRIの主なプログラムは以下の通り。

- ・リスク及び安全管理プログラム
- ・長期運転プログラム
- ・高レベル放射性廃棄物及び使用済燃料プログラム
- ・低レベル放射性廃棄物及び放射線管理プログラム
- ・デコミッショニング技術プログラム
- ・革新的原子力技術プログラム

【人材育成の課題】

米国の原子力産業界ではベビーブーム世代(1945年から60年代に生まれた世代)の一斉退職により、2011年時点で今後5年間に25,000人以上(電気事業全体で約10万人)の退職が予想されていた。

人員確保を目的とした電力大での活動として、米国のエネルギー関連の民間組織(原子力エネルギー協会(NEI)を含む)は2006年3月にエネルギー人材開発センター(the Center for Energy Workforce Development (CEWD))とよばれる非営利組織を設立した。

CEWDは学生に対するエネルギー産業のプロモーションを目的としたウェブサイト(get into energy)を開設している。原子力産業界での対応としては、原子力事業者は36校のコミュニティ・カレッジや、大学における30件を超える原子力エンジニアリング・プログラムを支援した。

その後、コミュニティ・カレッジは定員に達し、2009年には大学の原子力エンジニアリング・プログラムに2,800人が入学した。

これらの取り組みの結果、2009年から2012年の間に、原子力産業界では約15,000名を採用することができ、これにより退職者を補てんするために十分な労働力を確保したとしている。

【人材育成の取組】

1. NRC

原子力教育助成金プログラム(Nuclear Education Grant Program)においてNRCは、原子力安全、セキュリティ、環境保護及びNRCが重要と判断したあらゆる分野に関する課程、研究、訓練及びカリキュラムを支援する高等教育制度への助成金として、最大470万ドルの資金を供給している。

2. DOE

2009年に作成された原子力エネルギー大学プログラム(NEUP:Nuclear Energy University Program)において、DOE・NE局は大学への支援を強化し、NE局の技術プログラムにおける大学での研究を一体化している。NEUPは、米国の大学の研究開発、基礎の強化及び学生の教育支援に関与しており、それによって国際レベルの原子力エネルギー及び労働人口の維持を支援している。2009年以降NEUPでは、米国の次世代の原子力エンジニア及び科学者を訓練するため、35の州とコロンビア特別区における89の大学に対して約2億9000万ドルを供給している。

3. NEI

原子力エネルギー訓練及び教育プログラム(Nuclear Energy Training & Education Program)は、薬物及びアルコールの悪影響から免れ、従業員が安全で安心な職場環境を享受できることを保証するために策定されている。本プログラムの1つである原子力一貫カリキュラムプログラム(Nuclear Uniform Curriculum Program)は、正しい人材が適した時期にふさわしい場所にいることを保証するための産業界の戦略である。

4. EPRI

EPRI学生プログラムでは、大学生、卒業生及び大学院生に対して、電力産業の研究開発に参加する機会を提供している。

【安全研究の方向性】

- ・ 欧州委員会の研究・イノベーション総局がEUにおける研究開発を所掌。
- ・ EUにおける研究開発は、フレームワークプログラム(FP)と呼ばれる複数年の計画に基づいて実施。
- ・ 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年までを対象とする新たな研究枠組「ホライズン2020」がスタート。欧州委員会は現在プロジェクトを募集中。※²

※¹ 原子力分野の研究開発は、FP7ではユーラトム条約に基づき5カ年計画となっていたが、2011年12月のEU理事会決定により、2012～2013年にかけて追加予算が組まれることとなった。

※² 原子力分野の研究開発は、ホライズン2020の枠組みでも2018年までの5カ年計画である。

○原子力分野における研究開発枠組(FPとホライズン2020)

- ① 欧州委員会が公募し、外部機関が実施(間接活動):
 - － 核融合
 - － 核分裂・安全及び放射線防護に関する研究
- ② 欧州委員会の共同研究センター(JRC)が実施(直接活動)
 - － 放射性廃棄物管理その環境影響及び基礎的な知識
 - － 原子炉システムにおける安全性
 - － 核セキュリティ

【人材育成の取組】

○ 欧州原子力教育ネットワーク(ENEN)

2003年9月に設立された国際非営利組織。拠点はフランス、原子力・代替エネルギー庁(CEA)のサクレーサイトに置かれている。

第5次FPの枠組みで2002年に発足した欧州原子力工学ネットワークにおいて、原子力分野の知見の維持のための基盤が構築されるとともに、原子力分野欧州高等教育圏(European High Education Area for nuclear disciplines)が設立された。これがENENの前身となっている。

2013年3月時点で、ENENへの加盟機関数は64。高等教育と育成によって原子力分野の専門知見の維持発展を使命に掲げている。実際の活動は、大学、研究機関、規制機関、産業界、原子力や放射線分野のその他の機関との連携を通じて実施される。ENENはFP7の枠組みで実施されるプロジェクトにも、欧州の他機関と協力して取り組んでいる。(NUSHARE: 欧州ストレステストの教訓もふまえ、EUにおける高い安全文化を達成するために必要な能力を強化するための教育、訓練、情報プログラムの開発を実施。2013年1月～2016年12月まで)

【安全研究の方向性】

- ・原子力発電所や燃料サイクル施設の運転者は、国が株式の大半を保有するフランス電力(EDF)やAREVA社。
- ・原子力施設の許認可権限や、関係機関の管轄権限は複数の省庁によって共有される体制。
- ・現社会党政権が掲げる減原子力の目標を盛り込んだエネルギー転換に関する法律(2014年7月末に法案が公開)に基づいて、国家エネルギー研究戦略(SNRE)が策定される予定。エネルギー所管省庁、環境エネルギー管理庁(ADEME)、エネルギー研究統括全国連盟(ANCRE:CEAが設立メンバー、放射性廃棄物管理機関(ANDRA)や放射線防護・原子力安全研究所(IRSN)も参加)等によって策定される見通し。
- ・R&Dを担当する各研究機関は、SNREに示された方針に沿って、研究計画に関する複数年契約を政府(管轄省庁)と結ぶ。
- ・注力する研究テーマの見直しはあるが、予算額の観点からは、CEAやIRSNの研究活動の大枠や規模については、東電福島第一原発事故前後で大きく変わっていない。

【人材育成の課題】

- ・2020年頃にかけて、大量の職員が定年退職することによる知見やノウハウの喪失が課題。
- ・原子力人材の需要に関する2008年の調査結果では、その後10年間でEDF、AREVA社、GDF-Suez社、ANDRA、それらの下請会社、さらにCEA、国立科学研究所(CNRS)、IRSNにおいて約13,000人のエンジニアあるいは修士号取得者、約10,000人の技術者、すなわち技術者免状(BT)、上級技術者免状(BTS)、工業技術短期大学終了証(DUT)ないし国家職業資格(Licence Professionnelle)の取得者が必要になるとの見通し。
- ・フラマンヴィルで建設が進められているEPRは、「将来のリプレイスに備えたもの」とEDFは明言。

【人材育成の取組】

- ・EDFは現行の原子力政策に関わらず、将来的な原子炉リプレイスを想定。特に、原子力開発を計画する諸外国に進出することで、リプレイスまでの間、国内では得ることができない原子炉建設のシリーズ化効果を獲得し、関連知見の集約を図ることを目指している。EDFによれば、仏原子力産業界全体で2020年までに11万人の新規雇用が生まれる見通しであり、うちEDFは毎年3,000人を採用する計画であるとしている。
- ・国立原子力科学技術学院(INSTN)

1956年に設立されたCEAの高等教育機関であり、CEAの研究知見の普及を目的としている。主な教育対象分野は、原子力発電所、原子力産業にかかわる材料問題、燃料サイクル、放射線防護と環境、安全性、放射線・放射能測定、生物学とバイオ技術、および研究開発プロジェクト管理である。
- ・国際原子力学院(I2EN)

2010年3月にフランスで開催された「民生原子力利用へのアクセスに関する国際会議」において前サルコジ大統領によって提唱され、2011年6月に設立。原子力教育情報のハブ機関であり、INSTN、大学、高等教育機関(グランゼコール)、産業界(AREVA、EDF、GDF-Suez社)、CEAと連携。国内の人材育成だけでなく、海外からの学生受け入れにも注力。英語での授業も実施している。

【安全研究の方向性】

○英国では原子力安全研究に対しての責任を持つ原子力規制局(ONR)が、2013年に原子力研究ニーズ(NRN)を公表している。

NRNは、ONRがその安全研究方針を示した2012年の原子力研究インデックス(NRI)では研究範囲が不十分であるとの上院科学技術専門委員会の見解を受けて、NRIを拡大して作成されたもので、ONRが責任を有する全ての安全規制関連項目(地層処分のみ除く)がカバーされている。

NRNでは原子力施設の安全な操業を維持するため、また安全性を向上させるうえでONRが必要と考える研究項目が示されている。具体的にはNRNでは以下の18項目に区分されて、各項目についての研究ニーズが示されている。なお、これらの項目はONRが有する専門分野の構成に基づいて区分されている。

ー土木工学、外部ハザード、化学・処理エンジニアリング、メカニカル・エンジニアリング、構造統合性、グラファイト研究、放射線防護・臨界、ヒューマン・ファクタ及び組織要因、計装管理・電気エンジニアリング、放射性廃棄物・廃止措置、確率論的安全評価(PSA)、内部ハザード、決定論的安全解析、放射性物質輸送、核燃料研究、民生原子力セキュリティ、原子力安全保障措置、環境規制

【人材育成の課題】

1995年に運開したサイズウェルB(PWR)を最後に原子炉新設が無かった英国だが、2020年代以降は数基以上の原子炉新設が計画されている。このため、今後大量に引退していく技術・熟練技能者の補てんのための人材育成が急務であり、人材育成が遅延すると新設基数に制約が出るリスクや海外市場進出の貴重な価値ある機会も奪われてしまうリスクがあるとされている。

また、過去の研究開発から現在の専門性や知見が培われているため、積極的な研究開発の実施を早急に決定しないと人材育成のための専門性も失われていくことになり、育成プログラムの海外依存度が今後増えることになるとされている。また原子炉新設、及び今後閉鎖される再処理施設等のサイクル施設がリプレイスされない場合のOJT機会の喪失も人材育成の上で問題視されている。

【人材育成の取組】

英国では、研究開発の実施、及び原子力施設でのOJTを通じた人材育成が図られている。研究開発分野で2、3年を経験した後、原子力施設の設計・操業等または原子力規制といった分野へ職を映していくのが通常となっており、多くの熟練技術者が研究開発を含む原子力産業界での経験を有している。

【安全研究の方向性】

○政府のエネルギー研究プログラム

ドイツでは、(原則)約4年程度に1度、連邦予算で行うエネルギー関連研究の基本方針と予算規模を示した「エネルギー研究プログラム」を策定している。現在は第6次プログラム(対象期間:2011年7月～2014年末)を実施中。

第6次エネルギー研究プログラムにおける原子炉安全研究の基本方針

(目的)

第6次エネルギー研究プログラムでは、政府予算による原子炉安全研究の目的を、「原子力関連メーカや運転者の安全概念を評価し、向上させるために必要な国家として独立したコンピテンスを確保すること」としている。

(原子炉安全研究における注力分野※2011年時点)

ドイツにおける原子力安全研究(連邦環境省が行う規制業務の一環としての研究を除く)は、連邦経済エネルギー省(BMWi)と連邦教育研究省(BMBF)で行われている。研究分野を含め、エネルギー政策の方向性を決定するのはBMWいである。BMBFは、教育・研究を所管する官庁として、原子力研究を実施する公立研究所や大学を管轄しており、こうした施設単位での運営管理を監督する立場にある。

第6次エネルギー研究プログラムにおいて、以下の通り、ドイツ国内で運転中の原子炉の安全性確保に重点を置くとしている。

- ー高経年化管理に関する研究
- ー事故事象時における原子炉炉心、冷却系統の挙動に関するより現実的なシナリオに関する研究
- ー高濃縮燃料、高燃焼度燃料など先進的燃料の装荷に関する研究
- ー原子炉圧力容器保護や負荷追従運転に係る出力調整に関する研究
- ー放射性物質漏出の最後の壁としての原子炉格納容器の健全性に関する研究
- ーデジタル計装制御導入に伴う安全性問題に関する研究
- ー設備設計や処理工程における弱点特定にツールの改善に資する確率論的手法、および評価における不確実度の低減に関する研究

○コンピテンス同盟(研究所・大学による協力・調整組織)

2000年1月の連邦政府「評価委員会」報告書では、原子力分野研究における人的・質的効率性の向上を目指して、能力を集積しつつ限られたリソースの配分の最適化を図る協力組織の設置を提言している。これを受け、ドイツでは2000年3月に「原子力技術コンピテンス同盟」を設置。この組織には現在、原子力関連研究を行う公立研究所や大学などの高等教育機関が参加している。BMWいほか連邦官庁もオブザーバとして参加しているほか、産業界もこの同盟を通じ、資金援助や人的交流その他の協力を提供している。主な活動内容は以下の通り。

- ・ 政府研究プログラムに示された研究の方向性や予算規模を踏まえつつ、研究所・大学らで構成する「原子力技術コンピテンス同盟」が原子力安全・処分場研究に係る活動の重点項目を決め、調整を実施。
- ・ 原子力安全・処分場研究における優先課題に関する取組やリソースの調整を検討する「ドイツにおける原子力安全および処分場に関する研究のトピックス」(5カ年計画)を作成。
- ・ 東電福島第一原発事故後、優先課題の見直しを実施(安全保持に注力。国外向け縮小)

※(参考)見直し後の原子力安全研究の優先課題

1. 構造安全試験・評価
2. 過渡事象、事故事象時の制御可能性に関する検証
3. 緊急時対応センターでの対応のための急速進展する事象のプロセスモデル
4. 確率論的安全評価(PRA)
5. 安全性に対する人間活動・組織の影響
6. 外的事象・内的事象による影響の多重化

【人材育成の課題】

脱原子力政策下で予算規模も限られ、原子炉閉鎖が予定されている中、既存炉の安全や閉鎖後の廃止措置、放射性廃棄物処分等に関わる若手人材の不足が課題となっている。こうした課題は脱原子力政策開始当初から認識されており、対策の一環として2000年にコンピテンス同盟が設置された。

しかし大学等における原子力関連講座の履修登録は2011年の東電福島第一原発事故後、さらに減少傾向にある。ドイツでは、今後数年で原子力分野の現役人材の1/3が定年に達し引退するとみられており、今後の人材不足の深刻化が懸念される。

関連企業におけるインターン受け入れや共同研究など産学間の人的交流は盛んである。しかしドイツでは一般的に、理工学を初めとする実学系の学科では学位取得にあたりインターンが必須であり、産学交流が原子力分野特有の魅力とはなり難いのが実情である。

【人材育成の取組】

1) 研究分野

○連邦経済エネルギー省(BMWi)による若手研究者助成

BMWiは、脱原子力政策開始前の1996年から、若手研究者のプロジェクトに対する研究助成プログラム「原子力技術分野のコンピテンス維持に関する助成イニシアチブ」を実施している。対象者は、原子力安全分野で博士号取得を目指す人材である。プロジェクトテーマは、2011年の東電福島第一原発事故後にコンピテンス同盟が見直しを行った優先課題に合致することが求められる。運営管理は、技術支援機関(TSO)である原子炉安全協会(GRS)が担っている。

○原子力学会年次大会における取組

ドイツの原子力学会年次大会では毎年、「後進育成」セッションが設けられる。大学等が後進育成に係る発表を行うほか、若手研究者数名が発表を行い、最も優秀な発表に対し賞金が授与される。賞金(1,000ユーロ〔約13万8,000円〕)は原子力関連エンジニアリング会社であるSiempelkamp社が提供している。

○コンピテンス同盟の取組

プログラムとは異なるが、「コンピテンス同盟」が教育機関と研究所、産業界との協力強化や、原子力産業界における人材需要、教育機関における人材育成のキャパシティの把握などに取り組んでいる。

2) 産業分野

コンピテンス同盟を通じ、教育・研究機関と産業界のコラボレーションによる産業人材育成の取組が見られる。

- ・ AREVAと教育研究機関であるカールスルーエ工科大学の共同プロジェクト「AREVA原子力プロフェッショナルスクール」
 - ・ アーヘン大学が民間からの出資を受けて運営する「アーヘン原子力トレーニング研究所」
- など。

3) 規制分野

技術支援機関であるGRSに、規制機関(州・連邦)の人材のトレーニングを行う「GRSアカデミー」が設置されている。

【安全研究の方向性】

＜アクション・プラン＞

- ・事業者が実施する研究
 - 格納容器、スクラバー建屋及び燃料貯蔵プールの地震(再発頻度 10^{-5})に対する健全性に関する研究
 - 洪水に対して重大な領域及び空間を特定するための研究。この研究では、安全関連設備を格納する建屋内の体積防護の改善も検討される。
- ・スウェーデン放射線安全庁(SSM)が実施する研究
 - 古地震データの影響に関する研究プロジェクト
 - 極端な気象条件の評価(産業界との共同研究)。フィンランドのSAFIR(原子力発電所の安全性ーフィンランド国家研究プログラム)で実施中。

＜スウェーデン放射線安全庁(SSM)の研究＞

- ・規制要件(Ordinance 2008:452)に規定
- ・目的:規制上の意思決定に役立てるため
- ・年間予算:約8000万スウェーデンクローネ
- ・研究は、高等教育機関やコンサルティング会社に委託し実施
- ・毎年10件ほどの研究プロジェクトを策定

＜BWR北欧オーナーズグループ(NOG)＞

- ・北欧(スウェーデン及びフィンランド)のBWR運転事業者間で協力して行われている研究。
- ・一般的に研究結果は公開されない。

【人材育成の課題】

- ☐ 原子力安全条約国別報告書によれば、人材に関する課題として、技術者の高齢化、退職、知識継承などがある。

【人材育成の取組】

- ☐ 安全条約報告書には、知識継承に関する各発電所の取り組みが示されている。例えばOKG社は、毎年、人員確保と能力に関する分析を実施。
- ☐ スウェーデン原子力技術センター(SKC)は若手原子力研究者の研究助成なども行っており、その取り組みも、人材育成に関するプログラムの一環としてとらえることが可能。

【安全研究の方向性】

- ・ ロシア国営原子力会社であるROSATOMは、民生と軍事の両方を含んだ原子力分野のあらゆる活動を統括する巨大組織であり、民生用原子力発電を所掌するアトムエネルギープロム(AEP)のほかに、核兵器部門、研究機関、核安全・放射線防護機関を包含している。
- ・ 東電福島第一原発事故後、プーチン大統領は、古い原子炉の寿命延長よりは、より新しい安全技術を備えた原子炉の建設を推進すべきとの立場を示し、トルコのアククユやインドのクダンクラムにおける新規原子力発電所の建設プロジェクトに言及し、海外においても、より新しく安全性の高い原子炉建設を進めている実績を強調している。
- ・ ROSATOMは東電福島第一原発事故を受け、エネルギー省、環境技術・原子力監督庁などと共に国内原発の安全性に関するストレステストを実施した。結果、何らの弱点も発見されなかったと報告している。
- ・ 東電福島第一原発事故を踏まえた安全対策としては、短期(2011年に完了)、中期(2013年までに完了)、長期(2015年に完了)のものに分けられる。短期対策では、ロスエネルギーアトムが自主的に設置した可搬式電源等が挙げられる。中期対策には設置に時間が掛かる水源タンクの増設がある。長期対策は、規制変更によって必要とされる大規模な改造が含まれる。

【人材育成の課題】

- ロシアでは、原子力分野で30万人(平均年齢48歳)が働き、毎年、約1万人ものあらゆる教育レベルを経た若手人材が必要になっている。
- また、ロシアはプラント輸出に意欲的であり、ROSATOMは人材育成に関して、国外での自国の原子力市場拡大を目的とした国外での人材育成を課題と捉えている。

【人材育成の取組】

- ROSATOM傘下には、原子力人材育成機関として、中央先進訓練研究所(Central Institute of Continuing Education & Training: CICE&T)が設置されている。CICE&Tは、ロシアの原発職員の運転訓練を担当しており、年間で1万4千人程度を訓練している。CICE&Tでは、原子力発電所の安全運転にはメンテナンスも重要との観点から、メンテナンスの研修訓練も実施している。
- 原子力の海外展開をはかるロシアは、原子力分野における人材育成を重視し、2010年、CICE&Tをベースに「国際原子力人材育成センター」を設立。ベトナム、トルコ、ベラルーシ、エジプト等の原子力新興国の研修生を積極的に受け入れている。

【安全研究の方向性】

○ウクライナ政府は2011年に、東電福島第一原発事故の教訓に基づいた「包括的安全向上プログラム」の実施を承認した。「包括的安全向上プログラム」の科学的技術的な根拠は、原子力規制監督庁(SNRIU)の付属機関である原子力放射線安全科学技術センター(SSTC NRS)が主体となって検討した。この検討には、既設炉のための「ストレステストの結果に基づく安全向上の実施方策」と、新設炉のための「福島事故の知見に基づくプラント建設安全基準」が含まれている。

【人材育成の取組】

- 複数の国公立大学が協力して、原子力分野の専門家の養成に貢献している。
- 原子力規制監督庁の付属機関である原子力放射線安全科学技術センター(SSTC NRS)は、原子力規制監督庁や原子力放射線安全科学技術センターやその他の原子力安全に携わる関係機関の専門家を養成するために、基礎訓練コースを策定している。この訓練コースの講習は、以下の5分野に大別される。
- ・ 原子力安全及び放射線防護の基礎
 - ・ 国内の主要原子力施設の実情
 - ・ 規制における科学的技術的な支援
 - ・ 世界の原子力開発動向
 - ・ 原子力・放射線安全科学技術センター職員の労働安全

【研究開発の方向性】

- ・中国政府は、2012年10月に「原子力安全及び放射性汚染防止十二五(12次五カ年)計画及び2020年長期目標」を策定。
- ・同文書は、「福島原子力事故以降、さらなる原子力安全の確保と放射性物質による汚染の防止という任務は重要性和緊急性を増しており、関係部門は新たな情勢と挑戦に直面している」という認識を提示。
- ・上記の計画で重点的な安全技術研究の対象として示された点として、以下などがある。
 - －大型PWR
 - －高温ガス炉及び使用済燃料の処理における科学的な研究と成果の応用
 - －原子炉の安全性
 - －発電所サイトの安全性
 - －飛行物体の衝突の防止と影響の緩和
 - －原子力安全関連施設の信頼性の向上
 - －サイクル施設の安全性
 - －原子力技術の利用における安全性

【人材育成の課題】

- 「原子力安全及び放射性汚染防止十二五(12次五カ年)計画及び2020年長期目標」では、「人材育成の加速、均衡と流動化の促進」の項で、以下の点などが対策として示されている。
 - －人材確保のための規則の策定、
 - －人材育成の強化、
 - －政府・高等教育機関や社会の人材育成機関や人材を活用する単位の共同参画による人材教育や育成体制の構築

【人材育成の取組】

- 中国では、世界に伍する高等教育機関の育成を目指した「211工程」の一部として、1995年より、原子力の専門教育を実施し、専門人材の育成を実施。
- 2010年の民間会社の調査によると、中国の原子力分野における人材は、62基の原子炉の新設を満足する。
- 上述の調査結果によると、中国では11の高等教育機関で、大学の学部生に対する原子力の専門教育を実施。原子力を専門とする2007年の学生数は1,483名、2008年は1,957名。原子力教育の分野で主要な大学は、清華大学、上海交通大学、西安交通大学、ハルビン工科大学
- 電気事業者の一つである中国電力投資集团公司(CPI)における、現在の原子力分野における従事者の数は2,648名。同社の推計によると、原子力分野で必要となる人材の数は、2015年で3,900名、2020年で15,000名、2030年で28,000名。

【安全研究の方向性】

- 第4次原子力振興総合計画(2012~2016年)のビジョンに基づき、第4次原子力研究開発5カ年計画(2012~2016年)が策定されている。

目標: 先導型技術開発による、原子力・放射線技術強国の地位強化

5大推進戦略(放射線利用関連は詳細を省略)

- | | |
|--------------------|--|
| ① 最高水準の原子力安全技術力の確保 | <ul style="list-style-type: none"> ・ 原子炉安全性向上・SA 総合評価／管理技術開発 ・ 極限的危険要因に対する総合的リスク評価技術開発 ・ 既存炉コア材料および機器の安全性向上技術開発 ・ 放射能事故に対応する放射線防護コア技術開発 ・ 重水炉安全性強化・評価技術開発 |
|--------------------|--|

- | | |
|---------------------|--|
| ② 未来原子力システム、コア技術の確保 | <ul style="list-style-type: none"> ・ ナトリウム冷却高速炉原型炉設計(2017年迄) ・ 原子力水素精算システムコア技術開発 ・ 未来原子力システム許認可基盤開発 |
|---------------------|--|

- | | |
|----------------------|---|
| ③ 環境にやさしい核燃料サイクル技術開発 | <ul style="list-style-type: none"> ・ パイロプロセス技術開発 ・ HLW 処分関連基盤研究システム構築 ・ 原子力施設除染・解体、回復技術開発 ・ 核燃料サイクルコア技術開発 |
|----------------------|---|

④ 放射線技術高度化による新物質・新技術確保(略)

- | | |
|-----------------------|---|
| ⑤ 原子力革新研究強化および高度人材の育成 | <ul style="list-style-type: none"> ・ 先導型原子力コア要素技術開発 ・ 革新型チャレンジ技術開発 ・ 原子力戦略分野基礎研究推進 ・ 原子力研究基盤施設・設備構築 ・ 高度人材・グローバル人材育成 |
|-----------------------|---|

【人材育成の課題】

- ☐ 先進国からの技術導入の時期を経て、国産化・国産炉開発にまい進してきた。
- ☐ 1990年以降、二度の原子力事故を受けた原子力需要の減退、1997年経済危機による産業界等での人材リストラにより、原子力人材が質・量ともに不足
- ☐ 高度人材の育成不足、国際展開に向けた人材不足、輸出候補先国に対する人材教育協力による輸出の実現に向けた取組の必要性を認識。
- ☐ 今後、2025年以降の廃炉に向けた人材育成の必要性も認識しており、先進国からのノウハウを得るため、積極的な国際協力を展開している。

【人材育成の取組】

- ☐ 国によるさまざまな学生支援事業を展開。
- ☐ 2001年に実証事業を行い、2003年より現在まで、約1,300名の学生を支援、国家予算334億ウォンを投じた。
- ☐ 原子力専攻の学生数は2008年の877名から2013年には1,629名に増えている。

○ 原子力関連人材育成総合対策(2010年10月)

アラブ首長国連邦(UAE)における原子力発電所の建設プロジェクトの受注、国内の原子炉増設計画などにより、2020年までに約2万4千名の原子力専門人材の新規需要が生まれると試算し、うち約1万2千名は、原子力専門大学・学部の新設、企業インターン等によってまかなうとした。

○ 国際原子力大学院大学

☐ 2012年3月、国際原子力大学院大学(KEPCO INGS=KiNGS)を開講

☐ 原子力発電導入のためのF/S、経済性分析等政策決定過程からサイト選定、原子力発電全分野の設計、建設マネジメント、運転、保守メンテナンス、廃炉までの全過程の実務能力を持つリーダー級エンジニアの育成を目指す。定員は年間100名(国内50、国外50名)

【安全研究の方向性】

○ 福島事故を受けたアクション・プラン(2011～2015年)

1. 福島第一原子力発電所の事故に関する安全評価
2. IAEAピアレビュー
3. 緊急時対策及び対応(EPR)
4. 国別の規制機関
5. 運転組織
6. IAEA安全基準
7. 国際的な法的枠組み
8. 原子力発電プログラムを進める計画のある加盟国
9. 能力開発
10. 電離放射線からの公衆及び環境防護
11. コミュニケーション及び情報の周知
12. 研究開発

【人材育成の取組】

□ IAEA原子力安全・セキュリティ局(NS)の取組

IAEA原子力安全・セキュリティ局(NS)では主に原子力発電導入国におけるキャパビル支援として、キャパビルのコンセプトや各種指針などを取りまとめている。

NS局が示すキャパビルのコンセプトでは、「政府」「その他組織」「個人」の3つのレベルそれぞれにおいて、「教育・訓練」「人的資源の開発(HRD)」「ナレッジマネジメント」「ナレッジネットワーク」の4分野での取組を行うことにより、当該国全体での能力基盤の向上を図る方向性が示されている。

□ アジア原子力安全ネットワーク(ANSN)

(目的)

- 原子力安全に関する情報や知見・経験の蓄積・評価・共有
- 人材育成を含む参加諸国のキャパビル支援
- 参加国の原子力安全専門家相互の人的ネットワークとサイバーコミュニティ形成のためのプラットフォームの提供

(沿革)

IAEAの「東南アジア・太平洋・極東諸国の原子力施設の安全に関する特別拠出金事業(EBP-アジア)」の活動の一つとして2002年に開始。アジア地域における原子力安全に関する地域協力のためのインターネット・プラットフォームを提供。(2002年以前はIAEA主宰のワークショップや訓練コース、国別の技術支援が中心であった)

・ 原子力発電分野における人的資源の開発(HRD)支援

IAEAの原子力局の「原子力エンジニアリング」部門では、原子力発電を既に行っている国、新規参入国双方に対する人的資源の開発(HRD)支援を提供している。

IAEAの人的資源マネジメントに関するテクニカルワーキンググループ(TWG-MHR)では、人的資源に関する各種指針や報告、ワークショップの開催、評価サービスやHRDに係るマネジメントや訓練に関する各種ツールの提供といった取組を行っている。

【安全研究の方向性】

以下の共同研究が行われている。

○原子力安全研究

- ・ハルデン炉プロジェクト: 高燃焼度燃料、ヒューマンファクタ
- ・ATLASプロジェクト: 熱水力
- ・BIP-2: ヨウ素挙動
- ・BSAF: 福島第一原発事故のベンチマーク
- ・Cabri水ループプロジェクト: 高燃焼度燃料
- ・HEAFプロジェクト: 高エネルギーアーク故障
- ・HYMERESプロジェクト: 格納容器内水素リスク
- ・LOFCプロジェクト: ガス炉の冷却材喪失
- ・PKL-2及びPKL-3プロジェクト: SG熱輸送
- ・PRISME-2プロジェクト: 火災進展
- ・ROSA-2プロジェクト: 熱水力
- ・SCIPプロジェクト: 燃料破損挙動
- ・SERENAプロジェクト: 蒸気爆発
- ・SFP: 熱水力
- ・STEMプロジェクト: ソースターム
- ・THAI-2プロジェクト: ヨウ素、水素の挙動

○原子力安全データベース

- ・CADAKプロジェクト: ケーブル経年化
- ・CODAP: 機器の経年化
- ・FIREプロジェクト: 火災事象
- ・ICDEプロジェクト: 共通原因故障

【人材育成の取組】

- ・2000年に「Nuclear Education and Training: Cause for Concern?」を発行し、人的資源が不十分になる可能性を指摘し、関係者の関与を促すいくつかの方策を提案。
- ・2004年に「Nuclear Competence Building」を発行し、進捗状況を評価して問題点を指摘。
- ・2007年にNEA運営委員会は人的制限の必要性に関する声明を採択。以下3点が主要な問題であるとした。
 - － いくつかの国で認可延長が行われており、廃止措置を含む既設炉の寿命にわたってスキルを維持する必要性
 - － 廃棄物管理、再処理といった核燃料サイクルに関する他の原子力施設における作業員を育成し、維持する必要性
 - － 要員の高齢化への対処
- ・2012年に「Nuclear Education and Training – From Concern to Capability」を発行し、NEA加盟国を通じて必要となっている措置を指摘。この評価は、2009年末にNEA内で結成されたアドホック・グループが実施。