

# 諸外国における人材育成の取組

平成27年1月  
経済産業省

# 1. 米国における人材育成の取組

# 米国における人材育成に関する課題と対策

- スリーマイルアイランド事故以降、1980、1990年代に原子炉の建設が途絶え、大学の原子力工学専攻の生徒数などが減り、2000年代以降、技術者の退職時期が到来。その後、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。
- これを受け、原子力エネルギー協会（NEI）、エジソン電力協会（EEI）等の米国のエネルギー関連の組織は、2006年3月にエネルギー人材開発センター（CEWD）とよばれる非営利組織を設立し、エネルギー業界の従事者に対する人材開発や教育訓練支援、学生のエネルギー業界への就職支援を実施した。
- また、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の支援を行った。
- これらの取組の結果、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。

# 米国における人材育成を行う主な組織

政府	<ul style="list-style-type: none"><li>• <u>エネルギー省(DOE)</u>は、研究開発を通じた人材維持・確保の取組を実施している。</li><li>• <u>原子力規制委員会(NRC)</u>は、規制機関の人的資源維持・確保のため、NRC職員向けの教育訓練及び人材育成プログラムを実施するとともに、研究開発を通じた人材維持・確保の取組を実施している。</li></ul>
産業界等	<ul style="list-style-type: none"><li>• <u>原子力エネルギー協会(NEI)</u>は、学生の原子力業界への就職の促進と、原子力業界に従事する職員への訓練提供を目的として、大学やコミュニティ・カレッジにおける原子力エンジニアリングプログラムを支援し、人材維持・確保の取組を実施している。</li><li>• <u>米国電力研究所(EPRI)</u>は、原子力産業界で働く従業員を支援するための教育訓練を数多く実施している。</li><li>• <u>原子力発電運転協会(INPO)</u>により設置された、<u>原子力訓練アカデミー(NANT)</u>は、原子力発電専門家のための訓練と支援を提供している。</li><li>• <u>エネルギー人材開発センター(CEWD)</u>は、米国内の電気・ガス関連企業・組織が協力して2006年に発足した非営利団体であり、エネルギー業界の従事者に対する人材開発や教育訓練支援、学生のエネルギー業界への就職支援を実施している。海軍出身者がエネルギー業界に再就職するための機会提供や支援も行っている。</li></ul>

# 米国(原子力エネルギー協会(NEI))における取組

～大学やコミュニティ・カレッジと連携した原子力業界に従事する職員の人材育成～

- 原子力エネルギー協会(NEI: Nuclear Energy Institute)は、学生の原子力業界への就職の促進と、原子力業界に従事する職員への訓練提供を目的として、大学やコミュニティ・カレッジにおける原子力エンジニアリングプログラムを支援し、人材維持・確保の取組を実施している。

## 原子力統一カリキュラムプログラム(NUCP: Nuclear Uniform Curriculum Program)

- 全米の約30大学、36校のコミュニティ・カレッジと連携して(提携大学数は年毎に変動)、学生・従事者に対する原子力教育や訓練を提供している。
- 原子力発電事業者は提携大学と同意書を結び、各事業者の従業員が自らが希望・設定したカリキュラムに関する講習・訓練を提携大学で受講する。標準的な受講カリキュラムは原子力発電運転協会(INPO)原子力訓練アカデミー(NANT)が作成した統一カリキュラムガイダンスに示されており、これには一般的な基礎科目から受講者が対象とする専門科目が含まれている。

＜統一カリキュラムガイダンスの主なカリキュラム＞

- ① コアカリキュラム(基礎科目)(数学、物理、電気、原子炉・放射線の基礎、等)
- ② 非認可運転員向けカリキュラム(系統設備(一般/プラント固有)、等)
- ③ 放射線防護技術者向けカリキュラム(放射能、放射線防護、測定器、汚染管理、等)
- ④ 化学技術者向けカリキュラム(検出器、分析器、水化学、腐食等)
- ⑤ 保全職員向けカリキュラム(系統設備、機械設備、電気設備、計装制御設備、等)

## (参考) NUCPに参加するコミュニティ・カレッジ(Wharton County Junior College<sup>(※1)</sup>)における取組

- 上記カリキュラムの①、②、⑤のほとんどが受講可能となっており、原子力業界の従事者向けの教育の場を提供。2007～2012年の参加実績は500名以上。  
※1 1944年(前身を含む)に発足したテキサス州ウォートンに本部を置く2年制大学。学問領域の中に原子力発電に関連する専門科目が含まれる。  
※2 テキサス州の原子力発電所基数 : 運転中4基、申請中2基(South Texas Project : ABWR)

# 米国(米国電力研究所(EPRI))における取組

～事業者向け教育訓練の実施、規制と共同で実施する人材育成の取組～

- 米国電力研究所(EPRI: Electric Power Research Institute)は、原子力産業界で働く従業員を支援するための教育訓練(講義形式またはコンピュータ・ウェブ形式)を数多く実施している。(以下にリストを掲載)
- また、原子力規制委員会(NRC)と共同で、火災PRA手法について学ぶ教育訓練コースを合同開催している。

## (1) EPRI会員向け原子力訓練の計画(2014年実施の内容)

- 化学、低レベル廃棄物、放射線管理
- 工学(埋設配管、ケーブル、工学基礎、工学技術訓練、電気、計装制御、機械、耐環境性能、設備信頼性、流れ加速腐食、熱交換器、ヒューマンファクタ工学、被覆材、プラント熱特性、保護リレー、調達工学、耐震、サービス水系、タービン発電機)
- 燃料信頼性
- 保全(保全工学、保全プロセス、保全プログラム)
- 材料(BWR圧力容器及び炉内構造物プロジェクト(BWRVIP)、PWR材料信頼性プログラム(MRP)、蒸気発生器管理プログラム)
- 非破壊検査プログラム
- リスク及び安全管理
- 溶接補修

## (2) NRC-EPRI合同火災PRAワークショップ

- NRCの原子力規制研究局(RES)とEPRIは、2002年に覚書を交わし、2005年に共著で火災PRA手法に関する報告書を公表。毎年、本手法について学ぶ教育訓練コースを合同開催している。2014年は8日間の日程で開催された。

### <ワークショップにおける講義内容>

講義1:PRA 講義2:電気解析 講義3:火災解析 講義4:人間信頼性解析 講義5:先進火災モデル

# 米国(原子力発電運転協会(INPO))における取組

## ～事業者の訓練プログラムの評価・認定制度事例～

- 原子力発電運転協会 (INPO: Institute of Nuclear Power Operations)により設置された、原子力訓練アカデミー (NANT: National Academy for Nuclear Training)は、原子力発電専門家のための訓練と支援を提供している。また、NANTが運営支援を行う、独立原子力認定委員会は、事業者の訓練プログラムを評価して、長所と短所を明らかにし、改善すべき点を勧告している。

### NANTの取組

- NANTは、原子力事業者の訓練や学生の教育に関する活動を支援する目的として、INPO会員の拠出で1985年に設立された。
- 具体的活動内容としては、以下のとおり。
  - ① 米国のすべての原子力事業者による訓練の取組の取りまとめ
  - ② 独立原子力認定委員会 (Independent National Nuclear Accrediting Board) の活動の取りまとめ
  - ③ INPOの訓練関連活動の取りまとめ

#### (参考1) 独立原子力認定委員会の活動

- 事業者の訓練プログラムの品質を検証し、認定に関する全ての決定を行う。訓練プログラムが認定基準を満たしている場合、原子力認定委員会は認定、または更新(4年間隔)を行う。当初の認定の延期、認定されたプログラムの保留、撤回も行われる。
- NANTにより運営支援されるものの、訓練、教育及び産業界の専門家から構成され、意思決定の権限は独立している。

#### (参考2) INPOの訓練活動の例

- オンライン講座の提供: National Academy for Nuclear Training e-Learning(NANTeL)  
(産業界の実務者に対して、750,000件のコースを提供。)
- リーダーシップ教育の実施: Leadership Pipeline Development

## 2. 仏国における人材育成の取組

# 仏国における人材育成に関する課題と対策

- 前サルコジ政権は、国内で原子力産業に携わる人材の大規模な世代交代を見据え、また、仏原子力産業の海外進出の支援等のために多くの人材を雇用する必要性から、2008年10月、主に技術者ポストへの採用を想定し修士号レベルの人材育成を拡充するという方針が示された。
- また、原子力教育の国際協力に注力する方針が掲げられ、サルコジ前大統領が2010年3月の「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、「欧州最大規模のキャンパス」を開設する意向を示したことをうけて、2011年7月に国際原子力学院(I2EN)が設立された。
- 現政権下においては、モンテブール生産復興大臣とバト・エコロジー・持続可能開発・エネルギー大臣が2013年1月29日に原子力戦略委員会(CSFN)を開催。同会合において、若者の原子力分野への求職意欲の喚起、イノベーションの支援、海外市場における受注確保に向けた産業界の協力体制の強化等のための措置が発表された。この中で、政府と産業界は若者が原子力分野の仕事について理解し、人材育成のオプションに関するフランスの優位性を維持するよう協力して取り組むとしている。

# 仏国における人材育成を行う主な組織

政府	<ul style="list-style-type: none"><li>• <u>原子力・代替エネルギー庁(CEA)</u>傘下で唯一の原子力大学院である<u>国立原子力科学技術学院(INSTN)</u>は、原子力高等教育を集中して実施している。また、INSTNは、欧州原子力教育ネットワーク(ENEN)の教育拠点としての役割も担っている。</li><li>• <u>原子力安全局(ASN)</u>は、検査官の教育訓練として、内部と外部での教育訓練を実施しており、外部教育訓練は産業界等のASN外部で行っている。</li><li>• <u>国際原子力学院(I2EN)</u>は、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社、フランス電力(EDF)、GDF-Suez社)、CEAと連携。</li></ul>
産業界等	<ul style="list-style-type: none"><li>• <u>フランス電力(EDF)</u>及び<u>AREVA社</u>は共同でPWRに関する実務的な訓練を実施している。</li></ul>

# 仏国(国立原子力科学技術学院(INSTN))における取組

～高等教育機関と連携した原子力業界に従事する職員の人材育成～

- 国立原子力科学技術学院(INSTN)は、フランス原子力・代替エネルギー庁(CEA)傘下の唯一の原子力専門大学院であり、原子力高等教育を集中して実施している。

## INSTNにおける教育訓練活動

- INSTNは下記の2通りの人材育成を実施している。
  - ① 学位プログラム
  - ② 専門家及び博士号取得者を対象とした継続教育コース(職業訓練コース)
- ②の継続教育の中には、1～12週間の様々なコースがあり、運転員、技術者、規制機関の職員に対して訓練が行われている。(毎年、約400人の訓練生が360時間の訓練を受講している。)
- 理論コースと実践コースがあり、理論コースを実践コースで完了させるという点が特徴。実践コースでは、ソフトウェア、コード、シミュレータ、訓練用原子炉(ISIS)といった広範な訓練ツールを用いる。

### <継続教育コースの主な内容>

- 燃料装荷中の反応度制御
- 臨界達成
- 原子炉起動及び安定化
- 原子炉制御における先行核(遅発中性子)の役割の実証
- 制御棒の較正曲線の作成
- 制御棒ドロップテクニックを用いた制御棒価値の評価

- 反応度試験装置による影響
- 炉心の反応度変化—干渉効果
- 温度効果の学習(温度係数、自己安定化)
- 原子炉運転に適用される放射線防護
- 中性子検出系の学習及び設置
- 中性子マップ作成／中性子放射化分析
- ISIS職員及びINSTN指導者の監視の下での原子炉運転

# 仏国(国際原子力学院(I2EN))における取組

～原子力発電輸出に伴う国外人材育成～

- 国際原子力学院(I2EN)は、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社、フランス電力(EDF)、GDF-Suez社)、CEAと連携。

## I2ENの活動

- 国際的な教育訓練に関する要請への対応
- 海外の学生及び職業人の訓練生に対する情報の提供(最適なカリキュラムの選択、教育機関への入学及び受講に関する助言の実施)
- フランスの教育訓練を包括的に見渡すことにより、原子力の全てのレベルにおける高い教育システムの提供(技術者、学士、修士、博士)

### (参考) 近年のI2ENにおける国際的活動の実績

#### ポーランド

- ポーランドの大学教授20名に対して、フランス国際原子力支援機構(AFNI)、I2EN、AREVA社、EDF、CEA、放射線防護・原子力安全研究所(IRSN)、放射性廃棄物管理公社(ANDRA)が協働して初期訓練を実施(技術訓練、サイト訪問、経験の共有、フランスの学術機関とのネットワーク構築)

#### サウジアラビア

- AREVA社、EDF、CEA、I2ENが能力開発のロードマップを提案

# 仏国(電気事業者(EDF))における取組

～電気事業者における職員訓練・緊急時対応のための体制及び訓練～

- フランス電力(EDF)及びAREVA社は、共同でCETIC実物大モデル原子力発電所訓練センターを設立。職員訓練として、大型モックアップ設備を使用した実務的な訓練を実施している。
- また、EDFでは、福島第一発電所の事故後、危機対応能力を強化するため、人や機器などの支援を即座に提供する組織として、FARN(原子力事故即応チーム)を2011年に設置している。

## (1) CETIC実物大モデル原子力発電所訓練センターにおける訓練施設の例

- 一次系ループ機器(据付型)の完全なセット(本物の機器、実物大モックアップ)
- 燃料建屋プールの正確な複製品(実物大)(水中作業の訓練等)
- 燃料装荷／取出機器(900 MW, 1300MW & N4 原子炉、ダミー燃料集合体の取扱い)

## (2) FARN(原子力事故即応チーム) (本部:パリ、地域本部:4箇所)

- FARNのマネージャ及び本部職員はフルタイムのFARN勤務となる。他のFARN職員(約260名)は年間20週間をFARNで勤務し、残りの時間は原子力発電所で通常業務を行う。
- 特別チームと機器が事故後12時間以内に発電所に到着し、24時間以内に作業を開始できる体制を2015年中に完備するよう整備中。
- FARNの毎年の訓練期間は20週間であり、訓練領域は運転中の危機管理、物流管理／取扱、“後方基地”の設置、等。

### 3. 英国における人材育成の取組

# 英国における人材育成に関する課題と対策・人材育成を行う主な組織

- 英国では廃止措置関連は継続的な需要もあったことから人材面での不安は少ないが、1995年に運開した英国初の軽水炉であるサイズウェルB(PWR)以来、長期にわたって原子炉が無いことや現在の技術者の70%が2025年までに退職する状況から人材・技能不足(Skills Gap)が顕著になることが懸念されている。
- 英国政府は原子炉新設の推進方針を公表した2008年1月の原子力発電に関する白書(原子力白書)において既にこの懸念を示しており、以降、Skills Gapの解消を主要目的として、育成措置・投資を行ってきた。
- 原子力白書の発表後には国立職業技能アカデミー原子力センター(NSAN)が開設された。
- さらに、政府は、人材・技能育成を目的として、2013年3月に政策文書「原子力産業戦略－英国の原子力の将来」を公表し、同文書の中で今後の育成方針を「適切な人材・技能育成への投資」として、戦略的なアプローチをとっている。

## ＜英国における人材育成を行う主な組織＞

政府	<ul style="list-style-type: none"><li>• <u>エネルギー・気候変動省(DECC)</u>においては、<u>国立原子力研究所(NNL)</u>にて研究開発を通じた人材維持・確保の取組を実施するとともに、<u>原子力廃止措置機関(NDA)</u>にて、廃止措置関連の人材育成等が義務づけられ、取組が進められている。</li></ul>
産業界等	<ul style="list-style-type: none"><li>• 2008年に民間と行政の協力により設置された<u>国立職業技能アカデミー原子力センター(NSAN)</u>においては、現在及び今後の廃止措置、原子力施設運転、廃棄物処分、原子炉新設等を着実に実行するために必要な人材育成に関する取組が実施されている。</li></ul>

# 英国(国立職業技能アカデミー原子力センター(NSAN))における取組 ～技術力の認証制度等①～

- 国立職業技能アカデミー原子力センター(NSAN)は、現在及び今後の廃止措置、原子力施設運転、廃棄物処分、原子炉新設等を着実に実行するために必要な人材を英国原子力産業界及びそのサプライチェーンに配置できるよう2008年に設立された団体(2014年12月WEB閲覧時点で131社。(政府:保健安全執行部(HSE)、原子力廃止措置機関(NDA)等、産業界:AREVA、EDF等))。
- NSANにおいては、(1)～(3)を技術力の認証制度としている。

## (1)原子力専門技術証明(Certificate of Nuclear Professionalism)

- 原子力専門技術証明は、NSANにより実施されている原子力産業界で専門的作業に就くために必要な技能を個人に身に着けさせるように設計された高度な教育プログラム。訓練は7つの教育モジュールを1年間かけて実施され、バーチャル・ラーニング・システムを使って実施される。モジュールごとに試験が行われ、最終的に証明書が交付され、その内容はスキルパスポート(後述)に記載できる。

### <7つの教育モジュール>

- |  |                   |
|--|-------------------|
| ① 安全・環境マネジメント(原子力安全文化、厳しい規制環境下での作業、ヒューマンパフォーマンス、経験からの学び、セキュリティと保障措置) | ④ 商業的認識           |
| ② 技術分野でのリーダーシップ  | ⑤ プロジェクトマネジメント    |
| ③ コミュニケーション  | ⑥ 原子力の原理・防護・規制枠組み |
|  | ⑦ セーフティケースの作成と評価  |

# 英国(国立職業技能アカデミー・原子力センター(NSAN))における取組 ～技術力の認証制度等②～

## (2)トリプルバー(Triple Bar)

- 原子力サイトにエスコートなしで入構する必要がある個人用に準備された訓練である。訓練は基礎レベルに焦点を当てており、原子力産業界で作業するために必要なコンプライアンス、原子力の認識、産業界の行動など要件が導入されている。

### <訓練内容>

- BCISコース(1時間のeラーニング): 原子力サイトに適用される規則、放射線ハザードに近接した場での安全な作業のために特別な条件があること、セキュリティ要件とサイト内での行動などの認識。
- BNIBコース(2時間のeラーニング): 事象の報告、安全を意識した振る舞いと安全文化の重要性、エラー防止、作業場視察とその実施理由などの理解。
- BNICコース(2時間のeラーニング): 安全な作業にとっての放射線と放射能汚染、原子力の歴史と将来の安全運転に対する教訓と原子力エネルギーの発生と利用の方法、安全文化の重要性とコンプライアンスの必要性について知ること。

## (3)原子力スキルパスポート(Nuclear Skills Passport)

- どの原子力組織からも、原子力スキルに関する全情報に即時かつ安全にWebでアクセスでき、組織の従業員だけでなく下請業者が受けた訓練の詳細な内容を知ることができるシステム。スキルパスポートを活用することによって、組織は訓練、スキル、人に関する要件を効果的に評価し必要な訓練を計画することができる。

# 英国(原子力廃止措置機関(NDA))における取組

## ～廃炉業務に従事する人材育成～

- 原子力廃止措置機関(Nuclear Decommissioning Authority :NDA)は、2004年成立のエネルギー法(Energy Act 2004)に基づき、国有時代に発生した原子力債務の処理のため2005年に設立。廃止措置関連の人材育成等が義務づけられ、取組が進められている。

### Nucleargraduatesプログラム

- NDAによって設計・創設されたプログラムで、優秀な学生を原子力分野(廃炉、発電、再処理、防衛、新規建設の5分野)でプールし、2年間の教育・訓練をスポンサー機関で行う。プログラム期間が終わると学生に就職先を選択させる。
- Nucleargraduatesの現在のスポンサーは、環境庁、国際原子力サービス(NDAの子会社)、低レベル廃棄物管理会社、マグノックス社、NDA、放射性廃棄物管理会社、ロールスロイス社、セラフィールド社、原子力規制局の9機関である。
- スポンサーに代わってNDAが学生との窓口業務を行い、就職先の紹介なども行う。訓練期間中は学生にプログラムサポートチームが付き、学生の全ての相談を引き受ける。訓練期間中、3回の配置換えがあり、海外研修も実施されている。

## 4. ドイツにおける人材育成の取組

# ドイツにおける人材育成に関する課題と対策・人材育成を行う主な組織

- エネルギー政策を所管する連邦経済省(当時)は1999年、脱原子力政策下における原子力安全・処分関連の専門知識および人材の確保を検討する評価委員会を招集した。同委員会は2000年、最終報告書「ドイツにおける原子炉安全・最終処分場研究」において、原子力関連の予算が縮減傾向にある中で、原子炉安全研究・最終処分場研究における教育・研究機関間の専門性や研究内容の適性配分を図るため、相互協力を行う組織の設置を提言した。
- これを受け、2000年3月に「原子力技術コンピテンス同盟」(原子力技術者・研究者を養成・訓練する10機関で構成)が設立された。
- コンピテンス同盟においては「協力パートナー」として、原子力関連の官庁、教育・研究施設に加え、各地域に所在する電気事業者、原子力関連産業、国際組織などが示されている。

## <ドイツにおける人材育成を行う主な組織>

政府	<ul style="list-style-type: none"><li>• <u>連邦経済エネルギー省(BMWi)</u>は、研究開発を通じた人材維持・確保の取組を実施している。</li><li>• 規制機関の技術支援機関である<u>原子炉安全協会(GRS)</u>では、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、人材育成が行われている。</li></ul>
産業界等	<ul style="list-style-type: none"><li>• コンピテンス同盟を通じ、教育・研究機関と産業界の連携による産業人材育成の取組が行われている。(AREVA社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」等)</li></ul>

# ドイツ(カールスルーエ工科大学)における取組

～産業界と高等教育機関との連携～

- カールスルーエ工科大学のエネルギー研究科が「AREVA Nuclear Professional School」として、ドイツ国内の運転・保守等に係る原子力技術のレベルを維持し、優れた教育プログラムを提供している。科学的な指導及び産業に関連する実用的な実験を通して、最先端の研究に向けた最適な要件を満たす。

## カールスルーエ工科大学におけるAREVA Nuclear Professional School

- 2年間の教育プログラム
- 2009年に設置され、初年は30名の博士課程の学生が入学。

### <コース・スケジュール(2014年)>

- |   |                                   |
|---|-----------------------------------|
| 1. 原子力施設の廃止措置に関する技術及び管理                       | 11. 設計を超える事故、炉心損傷事故               |
| 2. 決定論的手法による原子炉物理計算                           | 12. モンテカルロ臨界・遮へい計算                |
| 3. 軽水炉の炉心設計及び燃料管理                             | 13. 応力解析                          |
| 4. 軽水炉の炉心のフィードバック及び過渡応答                       | 14. 格納容器の熱-水力学及び水素の挙動             |
| 5. 熱-水力学安定性解析                                 | 15. 訓練-原子炉ワークショップ                 |
| 6. 熱伝達  | 16. 中性子/熱-水力学システム連成コード            |
| 7. OpenFOAM(*)を用いた計算流体力学(*:オープンソースの流体解析ライブラリ) | 17. 軽水炉における設計事故及び数値解析ツール          |
| 8. 多次元計算流体力学                                  | 18. 燃料被覆管及び原子炉機器の構造材料             |
| 9. 一次元二層流モデル                                  | 19. 地震荷重に関連する配管設計及び実装             |
| 10. 燃料集合体における水流のサブチャンネルモデル                    | 20. 液体金属原子炉におけるシビアアクシデント・シミュレーション |

## 5. ロシアにおける人材育成の取組

# ロシアにおける人材育成に関する課題と対策・人材育成を行う主な組織

- 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、国営原子力公社(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。

(参考)海外でのプラント建設を推進するために、1998年にROSATOMの傘下に設立されたAtomstroyexport社が受注している近年の主な国外新增設計画は以下のとおり。

- 計画中:トルコ(4基)、ベトナム(2基) 等
- 建設中:スロバキア(2基)、ウクライナ(2基)、中国(2基)、ベラルーシ(1基) 等
- 運転開始予定:インド(1基) 等

## <ロシアにおける人材育成を行う主な組織>

- ROSATOMの傘下の中央先進訓練研究所(CICE&T)は、原子力分野の専門家や原子力発電所の職員のために様々な教育訓練を施し、ROSATOMに人材を供給するとともに、同研究所に付設の国際訓練センターで国外の原子力分野の人材を受け入れ様々な教育訓練を実施している。
- また、ROSATOMは国内主要大学(国立原子力研究大学(モスクワ応用物理科大学))の国際活動とも連携し、留学生等の受け入れを積極的に実施している。
- 連邦環境・技術・原子力監督局(Rostechnadzor)の附属機関である通商安全検査機構は、ロシアで設計されたプラント輸出がされている諸国の規制側の職員のための訓練についても貢献。

# ロシア(中央先進訓練研究所(CICE & T))における取組

～新規導入国に対する指導者層の人材育成事例～

- 中央先進訓練研究所(CICE&T)は、ROSATOMの傘下に設置され、原子力の様々な分野の専門家や原子力発電所の職員のために様々な教育訓練を施し、ROSATOMに人材を供給するとともに、同研究所に付設の国際訓練センターで国外の原子力分野の人材を受け入れ様々な教育訓練を行っている。

## CICE&Tの活動

- 原子力新興国への人材育成の協力では、まず原子力推進の主導的立場に就くべき専門家を、続いて発電所の運転員と協力会社やその他の関係機関の職員を養成するという手順が想定されている。

時期	人材育成の対象
第1段階(原子力発電導入計画の開始から3年後まで)	原子力推進の主導的立場に就くべき専門家
第2段階(3～8年後まで)	
第3段階(8～14年後まで)	発電所の運転員と協力会社やその他の関係機関の職員

<訓練コース(2012年実施内容)>

- |                                  |  |
|----------------------------------|--|
| 1. 当該国内初の原子力発電所の入札公募準備           | 9. 原子力発電所建設のためのプロジェクト管理                    |
| 2. 立地選定                          | 10. 小型発電炉                                  |
| 3. 核燃料設計特性(安全裕度含む)               | 11. VVER-1000型の原子炉及び一次冷却系等の系統機器の物理(技術者向け)  |
| 4. 施設と核物質の防護(セキュリティ)及び安全と保障措置の関係 | 12. VVER-1000型のタービン及び二次冷却系等の系統機器の工学(技術者向け) |
| 5. 核不拡散                          | 13. 核燃料加工のための工学(核原料物質から燃料集合体まで)            |
| 6. 原子力発電計画の立ち上げ(上級管理職向け)         | 14. 原子力安全技術の基礎                             |
| 7. 使用済燃料及び放射性廃棄物の管理              |  |
| 8. ロシアで開発された安全解析計算コード            |  |

(参考) CICE&T国際訓練センターにおける研修生受け入れ実績(2010～2012年)

- エジプト(the Nuclear Power Plant Authority of Egypt 等)70名
- ベトナム(the Vietnam Agency for Radiation and Nuclear Safety, the Vietnam Atomic Energy Institute 等)39名
- トルコ(the Turkish Atomic Energy Authority 等)16名
- バングラディッシュ 9名 等

## 6. EUにおける人材育成の取組

# EU (Framework Programme 7 (FP7)) における取組

## ～標準となる訓練スキームの提供～

- EUにおいては、2006年12月に、Framework Programme 7 (FP7) が2007～2011年(5年間)のプログラムとして実施され、このプログラムのもと、核分裂及び放射線防護の研究・訓練活動が行われた。(本プログラムは、2011年に2年間の延長が採択された。)

### FP7における教育・訓練に関する活動 (Euratom Fission Training Schemes (FETS))

#### (1) ENEN-III

- 2009年5月より、原子力企業、研究所、規制機関の専門家を対象とした設計・建設等に関する訓練スキームを実施。
- 実施機関: 大学、研究機関、企業(全19機関 うち、コーディネート機関は欧州ネットワーク (ENEN))
- 実施内容:
  - 基本訓練スキーム(原子力施設や受託者の非原子力エンジニアまたは要員向け)
  - 技術訓練スキーム(第三世代原子力発電所等の設計向け)
  - 技術訓練スキーム(第三世代原子力発電所等の建設向け)
  - 技術訓練スキーム(第四世代原子炉の研究、開発向け)

#### (2) ENETRAP-II

- 2009年3月より、学生や様々な組織の専門家を対象とした放射線防護に関する訓練スキームを実施。
- 実施機関: 大学、研究機関、規制機関(全12機関)
- 放射線防護専門家(RPE)や放射線防護オフィサー(RPO)の訓練プログラムは欧州内でばらつきがあり、欧州標準としての訓練スキームを提供することにより人材異動の円滑化に寄与。 25

# EU( Framework Programme 7(FP7))における取組

## ～標準となる訓練スキームの提供～

### (3) PETRUS II

- 2009年1月より、様々な組織の専門家を対象とした地層処分で必要となる長期的な訓練を実施。
- 実施機関: 大学、研究機関、規制機関、企業(全14機関)
- 解析及び計画(訓練ニーズの評価と既存リソースの特定)、開発及び実施(個別の訓練領域を設定し大学院の科目に適合)、評価及び検証(関与度を評価する適切な手法を設定)を包含するシステムを通じ、訓練の系統的なアプローチを有する。欧州の複数個所に同時配信する遠隔授業も実施。

### 福島事故後の対応

#### NUSHARE

- EuratomのFP7プロジェクトの一つであり、福島事故に応じて実施されたストレステストを踏まえた教育、訓練及び情報を提供することによって欧州の原子力安全の強化及び安全規制の調和を図ることが目的。以下の三つのグループが対象となる。(2013年1月～)
  - 政策又は意見を発する人間及び組織(研究者、政治家、記者等)
  - 規制機関及び技術支援機関のスタッフ
  - 事業者、メーカー等。ENSTTIは規制機関・技術支援機関の訓練・情報提供を担当する。

# (参考)EU(欧州原子力教育ネットワーク(ENEN))における取組

## ～欧州全体における高等教育機関のネットワーク～

### 欧州原子力教育ネットワークENENの活動

- 1980年代以降、EU 諸国において、原子力学科を希望する学生が減少したこと、引退する教授陣の後継者不在、原子力関連学科・学部の閉鎖などから、原子力技術・ノウハウが失われるという危機感があった。このような状況を受けて、欧州原子力共同体(EURATOM)のFP5の計画に基づき、Europe Nuclear Engineering Networkプロジェクトが2002年に開始され、欧州における原子力教育のネットワークが図られた。
- 2003年9月のプロジェクト終了前に、その実施と成果を継続的なものにするため、2003年9月にフランス1901年法のもとにENEN(European Nuclear Education Network)が設立され、欧州における原子力分野の高等教育領域が形成された。
- 目的: 高等教育と訓練の提供による原子力分野の専門技術の維持とさらなる発展
- 拠点: 仏国国立原子力科学技術学院INSTN
- 参加機関: EU加盟国中心に大学、研究機関、規制機関、産業界が協力。(日本からは、日本原子力研究開発機構、東京工業大学、福井大学が参加。)

# わが国の人材育成の取組の参考となる各国の主な事例

- 各国において、実施されている取組のうち、わが国の今後の人材育成を考えるに当たって、参考となるものは以下の通り。

## 米国

- 原子力エネルギー協会 (NEI)、米国電力研究所 (EPRI)、原子力発電運転協会 (INPO) においては、学生の原子力業界への就職の促進のみならず、原子力業界に従事する職員への訓練提供を目的とした取組が充実している。

## 仏国

- フランス原子力・代替エネルギー庁 (CEA) は自ら、職業人も含めた原子力高等教育を集中して実施するために、国立原子力科学技術学院 (INSTN) を設置している。また、原発輸出の促進を目的とした原子力教育情報のハブ機関として、サルコジ前大統領の提唱により、国際原子力学院 (I2EN) が設置されている。

## 英国

- 国立職業技能アカデミーの下に設置された原子力センター (NSAN) においては、職業人の技術力の認証制度等が充実している。また、原子力廃止措置機関 (NDA) においては、廃止措置関連の人材育成の取組が進められている。

## ドイツ

- 原子力関連の予算が縮減傾向にある中で、原子炉安全研究・最終処分場研究における教育・研究機関間の専門性や研究内容の適性配分を図るため、相互協力を行う組織として「原子力技術コンピテンス同盟」が設立され、教育機関と産業界の連携が進められている。

## ロシア

- 原子力分野で毎年約1万人ものあらゆる教育レベルを経た若手人材が必要という客観的分析に基づき、国営原子力公社 (ROSATOM) の傘下の中央先進訓練研究所 (CICE&T) 等における人材育成の取組が進められている。また、原子力発電新規導入国の人材育成については、2012年までの3年間で490名規模の人材育成がなされている。