

5-2. サプライチェーンの維持・強化

人材育成・確保に向けた課題整理

- 本年2月に閣議決定された「**GX実現に向けた基本方針**」では、「**研究開発や人材育成、サプライチェーン維持・強化に対する支援を拡充**する。また、同志国との国際連携を通じた研究開発推進、強靱なサプライチェーン構築、原子力安全・核セキュリティ確保にも取り組む」とされている。
- また、5月に成立したGX脱炭素電源法により「**原子力基本法**」が改正され、原子力発電に係る**高度な技術の維持及び開発を促進**し、これらを行う**人材の育成及び確保**を図り、その技術の維持及び開発のために**必要な産業基盤を維持し、及び強化**するための施策を講じるものとされている。

～「GX実現に向けた基本方針」（令和5年2月10日 閣議決定）抜粋～

エネルギー基本計画を踏まえて原子力を活用していくため、原子力の安全性向上を目指し、新たな安全メカニズムを組み込んだ次世代革新炉の開発・建設に取り組む。そして、地域の理解確保を大前提に、廃炉を決定した原発の敷地内での次世代革新炉への建て替えを対象として、六ヶ所再処理工場の竣工等のバックエンド問題の進展も踏まえつつ具体化を進めていく。その他の開発・建設は、各地域における再稼働状況や理解確保等の進展等、今後の状況を踏まえて検討していく。あわせて、安全性向上等の取組に向けた必要な事業環境整備を進めるとともに、**研究開発や人材育成、サプライチェーン維持・強化に対する支援を拡充**する。また、**同志国との国際連携を通じた研究開発推進、強靱なサプライチェーン構築、原子力安全・核セキュリティ確保にも取り組む**。

～原子力基本法（昭和30年法律第186号）抜粋～

※脱炭素社会の実現に向けた電気供給体制の確立を図るための電気事業法等の一部を改正する法律(令和5年法律第44号)による改正後(原子力利用に関する基本的施策)

第二条の三 国は、原子力発電を適切に活用することができるよう、原子力施設の安全性を確保することを前提としつつ、次に掲げる施策その他の必要な施策を講ずるものとする。

一 原子力発電に係る高度な技術の維持及び開発を促進し、これらを行う**人材の育成及び確保を図り、並びに当該技術の維持及び開発のために必要な産業基盤を維持し、及び強化するための施策**

- 原子力人材の領域を、社会人・学生、技術・技能の四象限で分けてみると、技術領域は、政府や民間各社等による取組みが相対的に進んでいる。
- 一方、建設（ものづくり）を始めとする技能領域は、震災以降の需要剥落により、職人技の継承・人材育成機会の喪失を懸念する声が挙がる等、課題感が大きい状況。

社会人

- 様々な人材育成を実施している一方、産業界からは、プラント建設やものづくり現場がなく、職人の技能継承や人材育成機会の喪失を懸念する声が挙がっている
- 技能者領域の人材育成・確保が進まず、人材不足が続けば、建設の遅延につながる懸念も

- メーカー内のトレーニングや研究開発・技術開発で、人材育成が実施されている。加えて、経産省等による研究開発支援も実施されている。
- 現在、「学生×技術」の取組みが充実しており、取組みを受けた学生⇒社会人となることによって、原子力人材確保は比較的できている

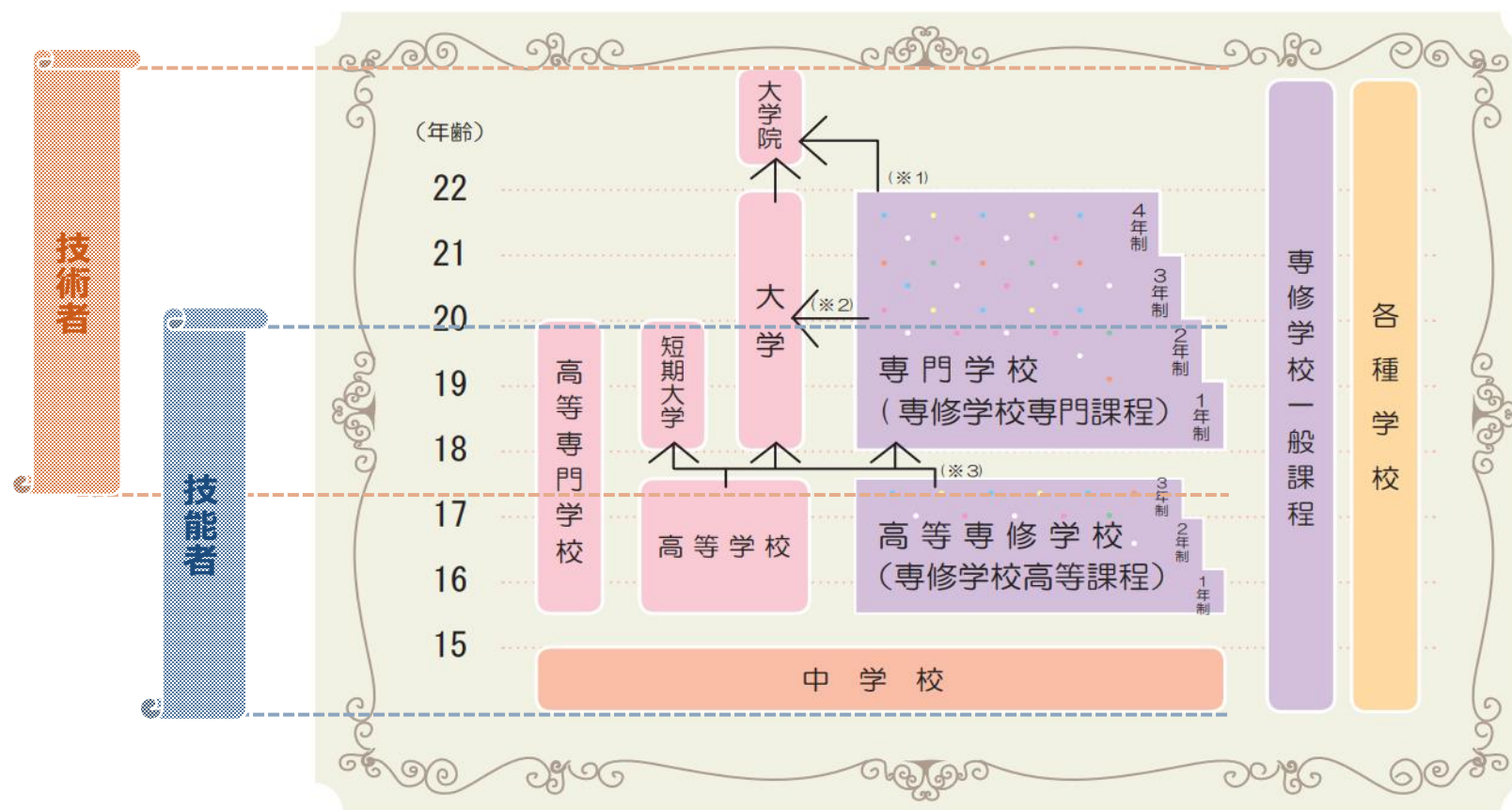
- 技能領域は、技術領域での専門教育でなく、溶接や電気工事等の個別スキル毎の教育が必要
- 学生が就職する段階において、原子力といった産業領域での選択をせず、原子力分野としての人材確保が難しい

- 文科省・規制庁等より人材育成の取組が複数実施されている
- 原子力分野の専門教育によって、原子力人材（社会人）の確保に貢献

学生

技術者

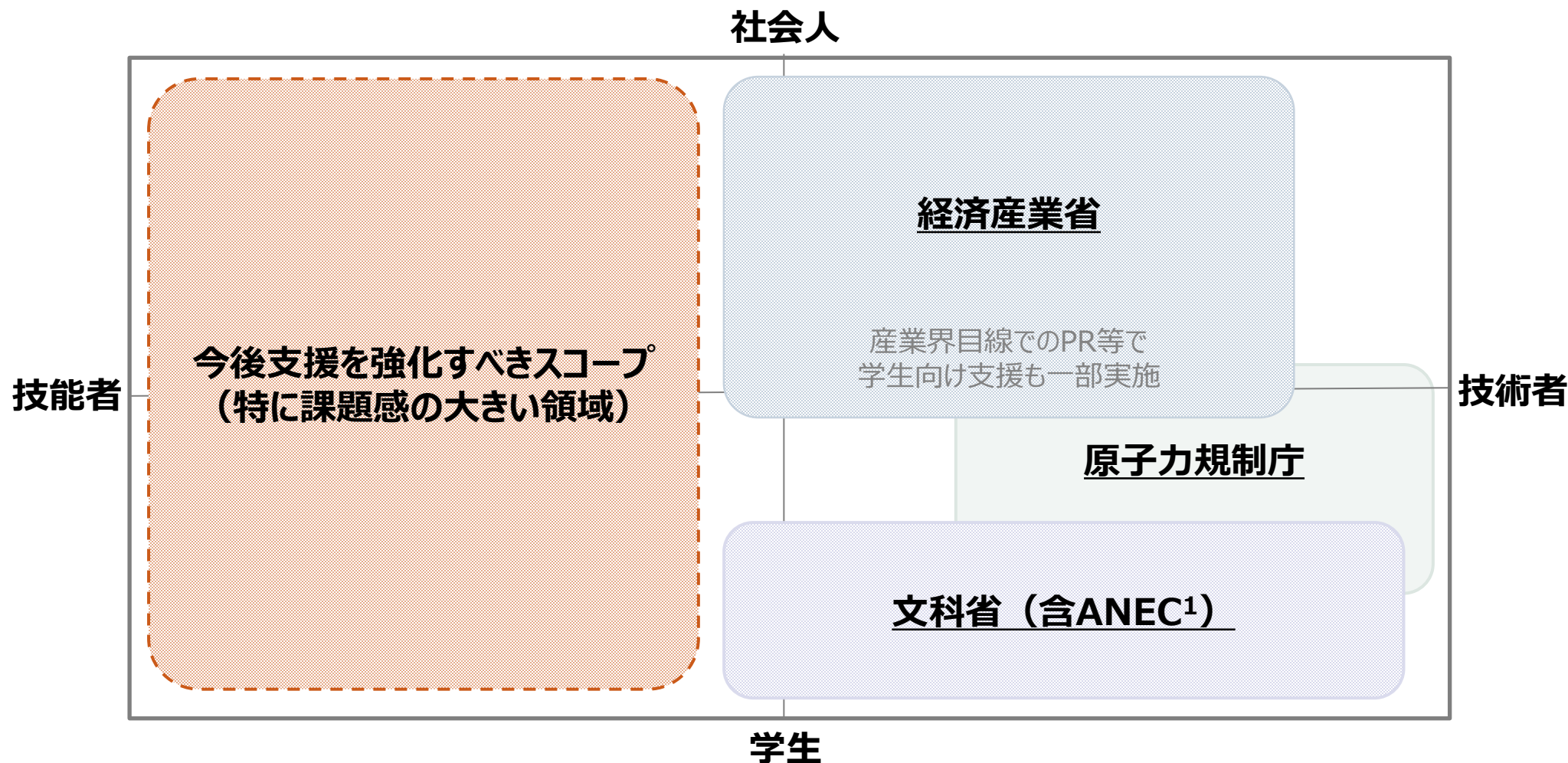
- 「技術者」と「技能者」の違いは、以下の通り。
 - **技術者**：原子炉の設計・解析を担う研究者等、直接的な現場作業は基本的に行わない。
 - **技能者**：溶接工など工場といった現場で、直接的な作業を行う就業者。



(出所) 文部科学省・国土交通省資料より資源エネルギー庁作成

(注) 1. 修業年限が4年以上等の要件を満たした専門学校の修了者は大学院へ進学可能
 2. 修業年限が2年以上等の要件を満たした専門学校の修了者は大学へ編入学が可能
 3. 一定の要件を満たす高等専修学校の修了者は、大学・短期大学へ進学が可能

- 先述同様に四象限で分けてみると、経済産業省や文部科学省など国による人材育成事業では、これまで主に技術領域を支援してきたことが伺える。
- こうした状況を踏まえると、今後は技能領域への支援も強化していく必要があるのではないかな。



(注) 1. 未来社会に向けた先進的原子力教育コンソーシアム (大学・高専等が参加)

- 経済産業省による予算支援のほか、大手メーカーの研修施設や原子力関連団体等が開催しているセミナーや研修を通じて、社会人における技術者向けの支援が複数実施されている。

実施主体	内容
経済産業省 (支援例：電中研、TVE等)	・ 電中研等では、<u>社会人を対象にリスク情報を活用した意思決定</u>、及び<u>機器の材料劣化事象に対する確率論的な健全性評価手法</u>を整備していくための人材育成を推進。 ・ TVEでは、<u>デジタル技術を活用した鋳型造形プロセスイノベーション</u>を進め、少量多品種の<u>バルブ製造管理プロセスの伝承</u>を進めている。 ・ 三菱総研では、<u>廃止措置・廃棄物管理ビジネス</u>に対し、計画立案能力や業務マネジメント、適用可能な技術といった<u>技術者の人材育成</u>を実施。
大手メーカー (例：原子力発電訓練センター、BWR運転訓練センター等)	・ <u>自社内での研修を中心に技術者育成を実施</u>。MHIでは<u>自社でモックアップ施設を保有し、定期検査要員の訓練や新規開発機器の性能試験</u>を実施。東芝においてもモックアップ施設を保有し、<u>実機プラントと同様の操作・研究が行える環境</u>を保有。 ・ 現場管理者を対象に、<u>運転訓練センター（電力会社と共同出資）にて人材育成</u>を実施。
電力会社 (例：関西電力、日本原子力発電等)	・ 関西電力では、<u>大飯の原子力研修センターにて監督者等の技術力向上の訓練</u>を実施。 ・ <u>原子力安全や放射能管理の基礎及び設備保全などを学習</u>するプログラム。原子力プラントの挙動を模擬するプラントシミュレータや保守訓練設備、安全体感設備などを利用した実習研修を行う。
原子力業界団体（下記参照）	・ <u>原子力学会や団体・企業レベルでセミナーや研修を開催</u>しており、知識・<u>技術の習得</u>を実施。

業界団体の技術者講習	内容
原子力安全技術センター	・ 放射線取扱主任者や防護管理者の定期講習。<u>技術者向けの講習</u>を開催。
青森原燃テクノロジーセンター	・ <u>原子燃料サイクルや再処理等</u>、仕組みから各施設の安全対策や事故時の対応等。
原子力安全推進協会	・ <u>原子力特有のリスクを認識</u>すべく、経営層から管理者層に至る各階層に対して、消防や自衛隊等の危機管理を専門とする外部機関のノウハウ等も活用した<u>リーダーシップ研修プログラム</u>を実施。
技術情報センター	・ <u>原子力発電所廃止措置の状況のほか、技術の現状・課題及びコスト</u>と放射性廃棄物の処理処分の課題等について、廃止措置・処理処分に伴う<u>ビジネスの可能性も含めたセミナー</u>を開催。

- 文部科学省・原子力規制庁を中心に、大学や高専等の学生を対象とした、技術者向けの多くの支援が展開されている。

文科省（プログラム名）	内容
集まれ高校生！原子力オープンキャンパス	・ <u>中性子ラジオグラフィ等、近大炉を使用した実験</u> を通して、原子炉に触れる機会を提供。 <u>原子力を体系的に学べる大学、および大学卒業後の進路である企業・研究機関をブース形式で紹介</u>
ニュークリアイノベーション ブートキャンプ（NIB）	・ <u>東工大において、国内大学院生4名、8カ国大学院生25名</u> が、10日間程度の日程で、合宿形式のセミナーを実施。 <u>原子力関連施設のフィールドワークを通じて、原子力エネルギー利用に不可欠な専門性を育む</u>
原子力イノベーション留学 （SANI）	・ 大学院生2名を4か月間 <u>米国大学に原子力研究留学派遣</u> 。（派遣先：MIT、UCバークレー、テキサスA & M、ミシガン大学、ウイスコンシン大学マジソン校、ノースカロライナ州大学）
原子力緊急時の環境影響評価と 廃棄物処理・処分を支える人材育 成（ENEP）	・ 筑波大学において、 <u>大学院の地球科学学位プログラムとして開設している育成事業</u> 。福島第一原子力発電所事故後の現状と課題、放射性核種の環境動態と生態系への影響評価、地層処分をゴールとする放射性廃棄物の管理・処分に関する環境科学・地球科学について学ぶ研修、だれでも活用できるオンライン教材も提供

原子力規制庁（支援先）	内容
東京工業大学	・ フィジカル・サイバー空間にまたがる <u>原子力プラント3S¹を俯瞰し実践・主導する規制人材育成</u>
東北大学	・ 連携教育研究プログラムによる <u>俯瞰的知識を有する原子力規制人材育成</u>
東京大学	・ 我が国固有の特徴を踏まえた <u>原子力リスクマネジメントの知識基盤構築のための教育プログラム</u>
福島工業高等専門学校	・ 高専ネットワークによる <u>廃炉と地域の環境回復に貢献する原子力規制人材育成</u>

（ご参考／経産省の例）

若狭湾エネルギー研究センター ・廃止措置技術の向上研修では、社会人中心ながら廃止措置に関心のある大学生等も対象に人材育成を実施

（出所）文科省・原子力規制庁資料

（注）1. 原子力安全（Safety）、核セキュリティ（Security）、保障措置（Safeguards）

- 原子力プラントには建設から運転・保守、廃炉に至るライフサイクルがあるが、中堅・中小サプライヤのほか大手メーカー・関連省庁・業界団体等、多方面に亘る関係者の意見をみると、特に建設（ものづくり）を懸念する声が多いことが伺える。
- 事業環境変化や建設プロジェクト不在期間の長期化で、ものづくりの技能・人材維持等の課題が顕在化する中、課題の先送りは、将来的な次世代革新炉の開発・建設にも支障を来す懸念。

関係者の意見

①中堅・中小サプライヤ

- 研修は年1回で行っているが、製造・メンテナンス等の技能は、実際の製造機会がないと維持できない。（バルブ）
- 技能継承が弱くなっている。資料は残っているが、それだけではニュアンスを伝えられず。ベテランを雇用延長で確保し、勉強会を行う等の対応をしている。（ポンプ）
- 溶接の技能は、所謂職人技のようなところがある。当社では、少なくとも5年は修業が必要になる。（空調）
- モックアップ製造等で技能を繋ぐ必要があるが、鍛造人材が減少。数年後には原子力関連製品の製造ができなくなるかもしれない。（鍛造）
- 溶接・組立に関して、原子力グレードに必要な品質を追求するには、「人の目」に頼る必要ある部分があり、自動化できず、10年20年の職人が作業を行っている。（バルブ）
- プレスやフランジングは手作業は殆どなく機械操作多いが、機械操作は職人芸で、自動化できない。（鍛造）

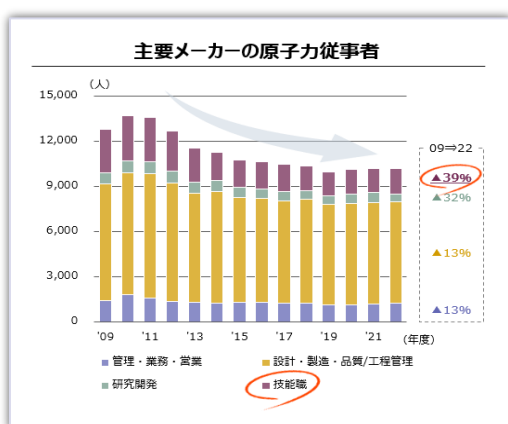
（出所）関係者ヒアリング

②大手メーカー・関連省庁・業界団体等

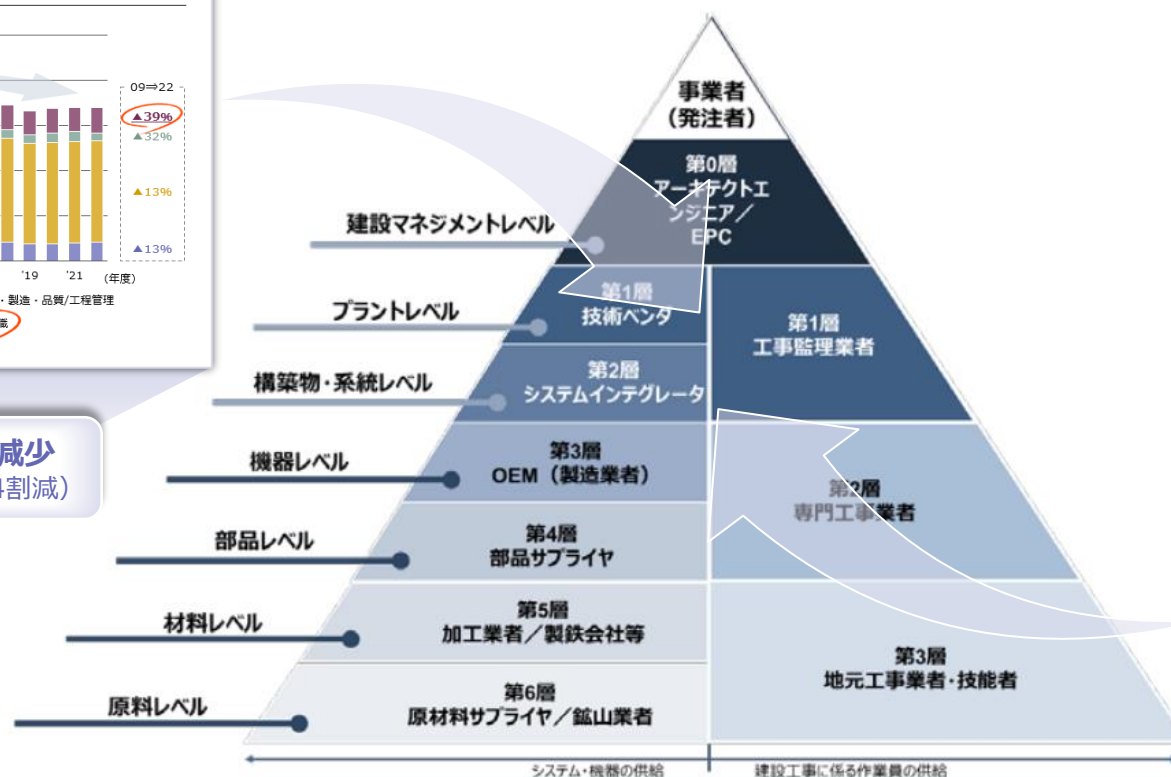
- 自社系列のサプライヤに関して、震災以降のものづくり現場機会の剥落や事業予見性の欠如等を通じ、撤退する先も増えていて事前の対策が必要だが、撤退が殆ど確定・表面化した段階からしか対処できていないのが正直な所。（大手メーカー）
- サプライヤは、プラントメーカー以上に原子力人材の確保に苦労している先が多いときく（同上）
- アカデミア・学生向けの取り組みはできているが、産業界のニーズを踏まえた講座開発や人材育成支援はできておらず、今後の課題と認識している。（文科省）
- 2023年度中の改定を目指す原子力人材育成ロードマップでも言及しているが、産業界全体を俯瞰すると、これまで技能者の領域は未カバーで、技術者への支援がメインであった。（原子力人材育成ネットワーク）
- 今後の人材需要を踏まえて、サプライチェーンなど現状とのGAPが大きい領域に注力する必要がある。サプライチェーン維持に向けて、所謂生きた現場の創出も重要（同上）

- 日本の原子力サプライチェーンは複層化しており、多岐に亘る数百社もの関連企業がプラント建設に紐付いていることに加えて、震災以降の技能者の減少のほか、国内建設でのみ継承可能な技術が多数あること等も踏まえると、各領域における人材育成・確保は喫緊の課題。

原子力プラント建設段階における産業構造



技能者の減少
(09年度比:4割減)



国内建設でのみ
継承可の技術多数

分野毎の技術継承の機会例

○: 継承可 △: 一部の技術のみ継承可

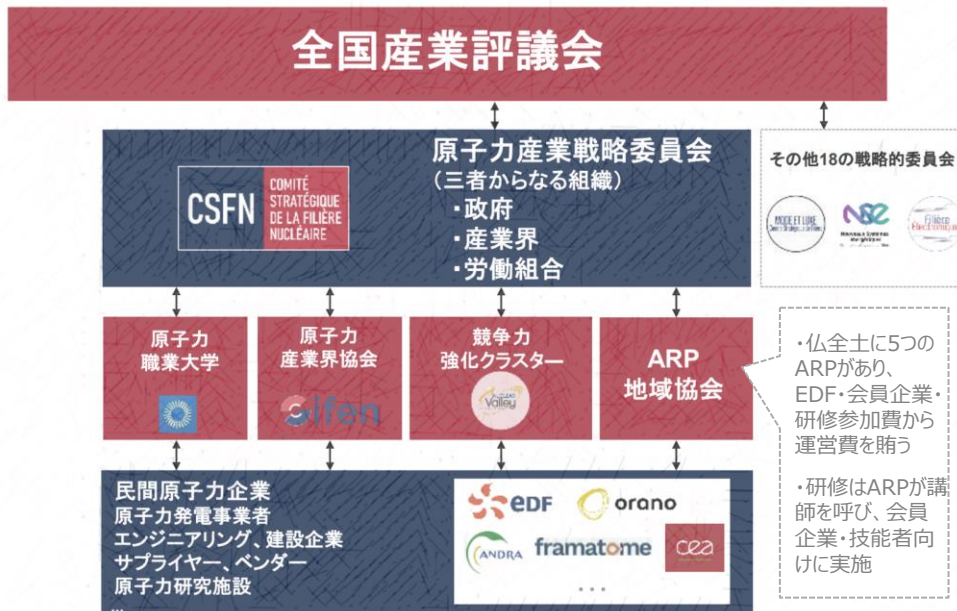
プラント建設に必要な工程

	設計		製作		現場工事	
	基本設計	機器設計	主機	補機	据付	管理
国内建設	○	○	○	○	○	○
新規制基準対応	○	△	-	△	○	○
修理取替	○	△	△	△	△	△
R&D	○	△	△	△	-	-
機器輸出	△	△	△	△	△	△

技術継承の機会

- フラマンビル3号機の建設が大幅に遅れた課題や今後の新設計画を踏まえ、人材育成・確保に向けた包括的な支援体制が確立され、技能等ものづくり人材の強化への取組みが進展。
- 原子力産業戦略委員会（CSFN）が人材育成の全体戦略を構築し、原子力産業協会（GIFEN）が調査・分析・提言を行い、原子力職業大学（UMN）が主に技能講習等を学生・社会人に提供。その他各組織を含めた支援領域をみると、広範にカバーされている。

人材に関する包括的な支援体制

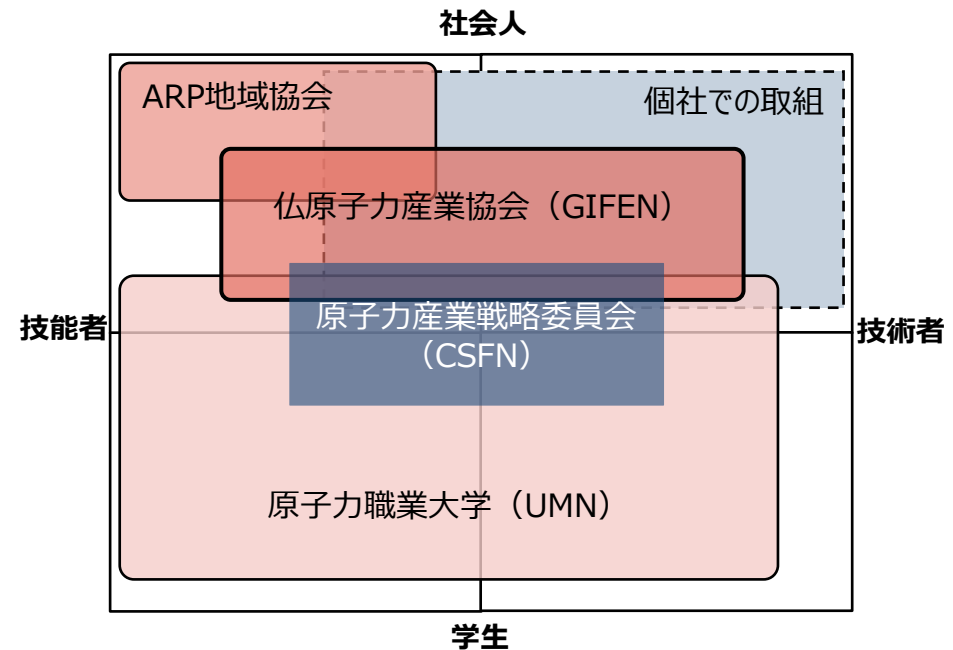


- ・ 競争力強化クラスター：企業と大学とを結びつけ、イノベーション創出支援を実施
- ・ ARP¹地域協会：EDFと会員企業との仲介のほか、会員企業の従業員への研修も実施

（出所）日本原子力産業協会資料

（注）1. Association Régionale de Prestataires nucléairesの略称

各組織による支援領域イメージ



（出所）各種資料、ヒアリング

- 仏原子力産業協会（GIFEN）は、今後の建設に向けて、今後10年で必要な雇用数や需給ギャップ・事業領域等を調査・分析している。
- 一方、上述の分析が実施される前から、原子力職業大学（UMN）によってものづくり技能に関する取組みが既に開始されており、溶接学校の創設のほか電気技師育成プロジェクトも実施中。

人材の需給ギャップ分析（GIFEN）

サプライヤを20事業分野に分け、課題・必要雇用数を分析

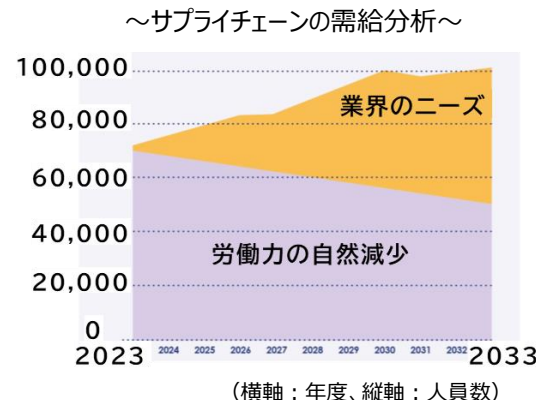
ー事業分野での課題ー

- 特に鋳造・鍛造分野において需給ギャップ有、課題大と指摘

分野	技能面の課題	産業としての課題
鋳造・鍛造	■ 原子力特有の技能を有する人材の獲得	■ 産業設備とプロセスの最新化が必要
土木工事	■ 急増する需要及び一部特定の技能を有する人材	■ プロジェクトスケジュールや工事内容の棚卸と最適なリソース配分
他18分野	...	...

ー必要雇用数の算出ー

- 今後10年間に各企業や組織が必要とする業務量および人材を分析し、予想される退職数から、必要な雇用数を予測



(出所) GIFEN資料

ものづくり人材育成（UMN）

左記の分析前から、ものづくり技能に関する取組みを開始



～訓練カタログ～



～原子力発電所内を模擬した訓練施設～

- HEFAISと呼ばれる、原子力と海軍分野を対象とした模擬環境下での溶接訓練校を創設し、次世代のものづくり人材を確保
- 更には、原子力分野の電気工事会社が、原子力専門電気技師育成アカデミー（AFEN）を創設し、職業訓練機関やOranoの訓練機関と協力しながら、社会人と学生に技能訓練を提供し、人材確保を実施

(出所) UMN資料

人材育成・確保に向けた課題整理

- 技術領域は、関係省庁や民間各社等による取組みが相対的に進んでいる一方、建設（ものづくり）分野を中心に技能領域では課題感が大きい状況。
- 次世代革新炉の開発・建設に向けては、技能・人材やサプライチェーンの維持・強化が不可欠であることを踏まえると、仏国といった海外の事例を参考にしつつ、関係省庁・業界団体等との議論も行いながら、今後の方策を検討していくべきではないか。