

NPO法人ニュークリア・サロン講演会 2020 年 8 月 26 日

# 変革時代の原子力 どうする？

【講演要旨】

東京工業大学 名誉教授

齊藤正樹

## 目次

### 第1部 はじめに

1. 原子力を取り巻く情勢
2. 原子力13の危機
3. 第14番目の原子力の危機

### 第2部 国民の理解と信頼の回復

(反省、学習、克服)

4. 福島第一原子力発電所事故
  - 4.1 国としての責任(反省)の明確化
  - 4.2 事故検証(学習)の実施
5. 原子力災害即応支援部隊の創設(克服)

### 第3部 「核兵器のない世界」の実現に向けて

6. 「国家安全保障」そして「人間安全保障」
7. 「原子力平和利用と核不拡散の両立」の深化
  - 7.1 プルトニウムの核拡散抵抗性と分離プルトニウム
  - 7.2 ウランの核拡散抵抗性と回収ウランの再利用

### 第4部 非連続イノベーションと新しい市場

8. 原子力の多様性
9. 情報社会と原子力  
(鉄腕アトムの時代が来るか?)
10. 海洋開発と原子力  
(電力・水素輸出：多目的原子力船群団コロニー)
11. 宇宙開発と原子力(月、火星)(今回は省略)

### 第5部 人材戦略は経営の要

# 第1部 はじめに

## 1. 原子力を取り巻く情勢

### 「国内情勢」

- 原子力船「むつ」、新型転換原型炉「ふげん」、高速増殖原型炉「もんじゅ」、何れの原子力国家プロジェクトも、残念ながら実用化に結び付かなかった。日本の原子力政策に大きな欠陥があるのではないか？（現状のままでは、「高温ガス炉」の実用化も困難？）
- 再稼働は遅々として進まない。  
（「新知見反映（バックフィット）」の課題など）
- 運転年数の長い原発は時期が来れば徐々に廃炉になるが、新規増設の見込みは皆無である。
- 国内では電力の自由化・競争激化。海外では輸出戦略が大きく後退。この様な状況が続けば、日本の原子力産業は弱体化し、人材が散逸。産業の統廃合が避けられない。
- 分離プルトニウム問題（原子力委員会は自主的に「保有量の上限」を設定。  
→再処理施設の稼働に影響）
- 政府は、2018年第5次「エネルギー基本計画」で、原子力の依存は「可能な限り低減」させると公表
- 原子力の国家戦略の将来が見えない。非常に不透明。責任のある「司令塔」がない。
- 福島第一原子力発電所の事故処理（多額の経費と長期間）
- 原子力研究・開発施設の廃止措置（多額の経費と長期間の研究・開発人材投入（研究・開発費と人材不足で研究・開発の停滞））
- 社会や若者が原子力に“未来（夢）”を感じなくなった。優秀な学生が原子力に来なくなりつつある。
- 大学の原子力教育資源の危機。大学の原子力教育の危機
- 少子高齢化。（優秀な若者の獲得をどうするか？）

### 「国際情勢」

- ① 核軍縮・核拡散問題
  - ・北朝鮮の核・ミサイル問題
  - ・米国のイラン核合意からの離脱問題

- ・イランの濃縮施設の不自然な火災・爆発（2020年7月）  
（イスラエル関与？）
- ・米ロの中距離核戦力（INF）条約の廃止問題
- ・サウジアラビア原子力計画（ウラン濃縮計画、中国の支援）
- ・アラブ首長連合国：原子力発電所核燃料装荷開始（2020年3月）

## ② エネルギー地政学の変化

（米国）

- ・「シェールガス革命により輸入依存から脱却」し、エネルギー余剰戦略「世界のエネルギー支配」に移行。中東やロシアのエネルギー戦略に対抗できる。

（中国）

- ・2009年に、米国を抜いて、「世界最大のエネルギー消費国」となり、その差は年々広がっている。
- ・「エネルギーの安定確保」が成長の絶対条件で、原子力開発や革新的なエネルギー技術開発は重要な国家戦略。
- ・「一帯一路」も資源・エネルギー確保とそれを運ぶ海上輸送路を確保する重要な国家戦略。（サウジアラビアの「ウラン鉱石からイエローケーキ製造する施設建設」支援）
- ・中国経済が平成の後半（2010年）に日本を追い越した。令和の時代には、米国も超える情勢である。

## 2. 原子力13の危機

原子力を取り巻く情勢より、以下の様な危機が挙げられる。

- ① 原子力政策の危機
- ② 原子力技術開発の危機
- ③ 原子力教育（次世代人材育成）の危機
- ④ 既設発電所再稼働遅延の危機
- ⑤ 新規増設が見通せない危機
- ⑥ 海外戦略行き詰まりの危機
- ⑦ 原子力関連企業が撤退しつつある危機
- ⑧ 社会や若者から見放されつつある危機

- ⑨ 政治家が後ろ向きになりつつある危機
- ⑩ 原子力先進国から脱落しつつある危機
- ⑪ 朝鮮半島の危機
- ⑫ 中東一触即発の危機
- ⑬ 米中冷戦の危機

### 3. 第14番目の原子力の危機

第5次「エネルギー基本計画」では、2030年に向けて、再生可能エネルギーを「主力電源化」に、原子力は、「依存度を可能な限り低減させる」方針の下に、エネルギーミックスにおける電源構成比率（再生可能エネルギー：22～24%、原子力：20～22%）の実現を目指すとしている。【国のエネルギー政策の問題点①】

何故、「可能な限り原子力依存度を低減」させる？ 何故？ これはまさに「第14番目の原子力の危機」である。

日本の原子力は、まさに「変革の時代」に突入した。  
どうする？

## 第2部 国民の理解と信頼の回復

### 4. 福島第一原子力発電所事故

#### 4.1 国としての責任（反省）の明確化

事故後、これまでの原子力安全行政を見直し、独立性の高い原子力規制委員会等を新設したが、事故当時の政権いかに係らず、過去に、国が原子力発電所の安全審査・認可したのは事実である。このような事態をもたらしたことについて、国民に対して「国としての責任」を明確にすべきである。

#### 4.2 事故検証（学習）の実施

これほど悲惨な災害になった原因（地震や津波だけが原因か？住民避難対応も含めて）や事故（炉心溶融）進展状況などの検証を国としてどうすべきか？

事故現場のクリーンアップは重要で、（特に発電所の外は）急ぐ必要であるが、この事故は「**人類の共有教材**」であり、未だに事故（炉心溶融）進展状況など不明な点が多々ある。米国 TMI 事故の国際チームは長年かけて、最終的に溶融炉心物質が原子炉容器内で保持できたメカニズムを解明した。

事故の貴重なデータが散逸する前に、事故当時の運転情報やサンプルを「**第3者機関**」が管理し、分析・検証すべきである。決して犯人探しではなく、人類にとって「**貴重な教材が消えてゆくのを防ぐ**」ためである。

平成 17 年 4 月 25 日に発生した「福知山線列車脱線事故（107 名が死亡、562 名が負傷）」、昭和 60 年 8 月 12 日に発生した「日本航空 123 便墜落事故（乗客乗員 524 名のうち、520 名が死亡）」、1986 年 1 月 28 日に発生した「チャレンジャー号爆発事故（7 名の乗組員が死亡）」など、いずれも「**第3者機関**」が検証することによって貴重な再発防止策を学んできた。

## 「提言」

- ① 「国会事故調査委員会」の後続として、国会内に、IAEA を含む各国の専門家による「**国際技術検証委員会（仮称）**」を早急設置する。
- ② 先ずは、「福島原子力発電所事故**検証基本計画（事故検証 100 年の計）**」を策定し、その基本計画に基づいて、事故進展の技術的な検証を進めるべきである。
- ③ この「**事故検証基本計画（事故検証 100 年の計）**」に基づいて、事故現場のクリーンアップを進めるべきである。

## 5. 原子力災害即応支援部隊の創設（克服）

福島第一原子力発電所事故後、原子力基本法が改正され、「原子力規制委員会」と「原子力防災会議」が設置されたが、国民の原子力に対する信頼は回復した？

原子力文化振興財団の世論調査（2017 年 10 月）によると、原子力のイメージは否定的（危険（68.5%）、不安（57.3%））である。

原子力発電の再稼働は住民の信頼・安心を取り戻すことが最優先であり、地方自治体は、住民の信頼・安心の回復なしに再稼働の同意は困難である。また、原子力防災訓練などの負担が大きい悩みもある。

原子力施設の安全性の強化は当然である。事故は起こることを前提に常に備えるべきである。しかし、浜岡原子力発電所の津波対策（海拔 22m の巨大壁）の総工費は約 1500 億円で、東京五輪の主会場となる新国立競技場（1490 億円）とほぼ同額である。しかも、それで十分なのか？と住民には不安が残る。

火災が発生したら消防が、事件が発生したら警察が、テロが発生したら警察・消防・海上保安庁・自衛隊が連携して公衆を保護する。原子力災害発生防止は第 1 に事業者の責任ではあるが、大災害に発展した場合は、事業者だけでは対応が不可能であることは福島原子力発電所の事故で経験した。

一方、原子力規制委員会はテロ対策用「特定重大事故等対処施設」が設置期限までに未完の場合は、翌日から原子炉を停止と通告した。期限までに間に合わなかったとしても、リスクが格段に増大する訳ではない。翌日から稼働停止させなければならない「相応の根拠」がわからない。規制機関は規制の在り方（何故そのような規制をする必要があるか）について「説明責任」がある。

原子力施設に対する核テロは、電気事業者や従業員が憎いわけではない。核テロは国家に対する敵対行為であり、国家が前面に出て対応すべき課題である。

従って、他省庁（防衛省、外務省、海上保安庁、警察庁など）と強い連携が重要である。単なる追加設備による防御だけでなく、各省庁との連携により、原子力施設を標的にした飛翔体等の敵対行為は、確実に迎撃する防御策（「代替案」）もある。それが、「核テロに対する強い抑止力」にもなる。

特に、テロ対策には「想定外を想定」する必要がある。いつ、何が起こるか予測は難しい。従って、「想定外事象」にも対応する優れた”指揮官（リーダー）”と常に鍛えられた強い「緊急時即応支援部隊」の常設が不可欠である。（この部

隊は、自然災害時には自治体を支援し、住民の保護・救助も任務とする。）

## 「提言」

- ① 「国民の防護」、「自治体の支援」、「事業者の支援」、「国の危機管理能力の強化」等を目的とする「原子力災害即応支援部隊（仮称）」の創設を提案する。
- ② 特に、原子力施設への「サイバー攻撃」に対する対応が急務である。
- ③ 原子力規制委員会は「独立性」が認められている。しかし、決して「孤立した機関」にならないことを期待する。
- ④ 「多重防護」の考え方に基づく「合理的”な安全規制」が重要である。

## 第3部 「核兵器のない世界」の実現に向けて 6. 「国家安全保障」そして「人間安全保障」へ

日本の国益と国家安全保障の目標が、以下の様に公表されている。（外務省 HP）

### 「国益」

- 日本の平和と安全を維持し、その存立を全うすること。
- 日本と国民の更なる繁栄を実現し、我が国の平和と安全をより強固なものとする。
- 普遍的価値やルールに基づく国際秩序を維持・擁護すること。

### 「目標」

- 抑止力を強化し、我が国に脅威が及ぶことを防止する。
- 日米同盟の強化、パートナーとの信頼・協力関係の強化等により地域の安全保障環境を改善し、脅威発生を予防・削減する。
- グローバルな安全保障環境を改善し、平和で安定し、繁栄する国際社会を構築する。

「国家安全保障」の対応には、確かに「軍事力」は非常に重要な要素ではあるが、近年は、「経済力」や「技術革新（イノベーション）力」等の「経済安全保障」の方がより密に関係し、重要である。最近の新しい戦い方は、従来のように空母やステルス戦闘機、巡航ミサイルを使うわけではなく、「経済戦争」や情報・



通信・AI・サイバーを含む「技術革新（イノベーション）戦争」である。（貿易摩擦、ハイテク覇権争い、輸出管理・禁輸措置、経済封鎖、関税措置など。）

また、「軍事力」は、「経済」や「技術革新（イノベーション）」に大きく依存し、強い「経済力」や高い「技術革新（イノベーション）力」がないと、より高度な「軍事力」は維持できない。

米・ソ冷戦時代に両国が競って開発した「核兵器」は、大国間（最近「米・中」）の紛争の「抑止力」（決して使用できない兵器）として有効であっても、AI を装備したロボット群や無人ドローン群など「無人兵器」による局所的に多発する紛争（テロ）や「サイバー攻撃」の時代にも有効だろうか？疑問である。

**「技術革新力」、「経済力」が「国の存立」を支える。**

政府は、2020年4月から、外交・安全保障政策の司令塔である国家安全保障局に経済分野を専門とする「経済班」を立ち上げた。「経済」と「外交・安全保障」が密接に絡む問題に対処する。当面は次世代通信規格「5G」で先行する中国などを念頭に米国と連携して、知的財産の流出や最先端科学技術流出防止を狙う。

2013年12月17日に公表された「国家安全保障戦略」において、“我が国は、国際協調主義に基づく積極的平和主義の立場から、国際社会の平和と安定のため、積極的な役割を果たしていく。”こと、及び、そのための「軍縮・不拡散」に係る政策について、以下の様に謳っている。

- ① 我が国は、世界で唯一の戦争被爆国として、「核兵器のない世界」の実現に向けて引き続き積極的に取り組む。
- ② 北朝鮮による核開発及び弾道ミサイル開発の進展がもたらす脅威や、アジア太平洋地域における将来の核戦力バランスの動向、軍事技術の急速な進展を踏まえ、…（略）…北朝鮮による核・ミサイル開発問題やイランの核問題の解決を含む軍縮・不拡散に向けた国際的取組を主導する。

わが国の「エネルギーの基本計画」においては、経済性や環境問題に加えて、地政学的リスク「日本を取り巻く国際情勢（米国と中国の激突危機の時代）、北朝鮮の核・ミサイル危機、中東の一触即発危機など）」を十分に考慮したエネルギー政策（原子力政策）を立てることが重要である。

第5次「エネルギー基本計画」の2030年における目標で、火力（LNG、石油、石炭）の電源構成比率は半分以上の56%で、その全てが海外の天然資源に依存している。【国のエネルギー政策の問題点②】

将来に向けて、「原子力の依存度を可能な限り低減する」のではなく、「**海外の化石燃料の依存度を可能な限り低減する**」こと、更に、そして国家の安全保障上最も重要なエネルギーの安定供給（自給率の向上、更に将来は自給から輸出へ）が我が国の新しいエネルギー国家戦略（「国家安全保障」）の基本である。

2020年、政府は、非効率な石炭火力を2030年度までに段階的に休廃止を促す方針を打ち出したが、次の「エネルギー基本計画」の改定では、原子力発電所の活用が不可欠であり、新規増設も明記することが必要であろう。

原子力の「多様性」並びに「原子力基本法」及び我が国の国是である「非核3原則」の基に、「核軍縮」と「原子力平和利用と核不拡散」の積極的な推進は、我が国の国益である「我が国の平和と安全をより強固にし、我が国と国民の更なる繁栄を実現し、平和で安定した国際社会を構築する」ためには不可欠である。

また、「平和と安全」とは「戦争のないこと」ではなく、国連開発計画『人間開発報告書1994』で提唱されている「人間の安全保障」を満たすことである。

この報告書によると、「多くの人にとって安全とは、病気や飢餓、失業、犯罪、社会の軋轢、政治的弾圧、環境災害などの脅威から守られることを意味している。このような普通の人びとが感じている「安全」を保障することが「人間の安全保障」であり、それは「武器へ関心を向けることではなく、人間の生活や尊厳にかかわること」であって、「普遍的な生存権の要求を認めることから始まる」。また、この報告書は、「いまこそ、国家の安全保障という狭義の概念から、『人間の安全保障』という包括的な概念に移行すべきときである」と述べてる。

「原子力推進の究極の目的」は、「エネルギー安全保障」、「環境安全保障」はもとより、「国家の安全保障」さらに「人間の安全保障」に貢献することである。

この貢献アプローチ（方策）を策定し、それを実行するのが「我が国の原子力政策の基本」である。

## 「提言」

- ① 将来に向けて、「原子力の依存度を可能な限り低減する」のではなく、「海外の化石燃料の依存度を可能な限り低減する」こと。
- ② そして「国家の安全保障上最も重要なエネルギーの安定供給（自給率の向上、更に将来は自給から輸出へ）」がエネルギー国家戦略の基本である。
- ③ 我が国の国益（「国家安全保障」）のために、「原子力基本法」及び我が国の国是である「非核三原則」の基に、「核軍縮」と「原子力平和利用と核不拡散の両立」政策を積極的な推進すること。
- ④ 特に、次章で述べる「原子力平和利用と核不拡散の両立」の深化（「核物質」や「核燃料サイクル技術」の核拡散抵抗性の向上）は、「我が国の安全保障」のみならず、「核兵器なき世界」の実現に向けて、非常に重要な課題である。
- ⑤ 「原子力推進の究極の目的」は、「エネルギー安全保障」、「環境安全保障」はもとより、「国家の安全保障」さらに「人間の安全保障」に貢献することである。

## 7. 「原子力平和利用と核不拡散の両立」の深化

戦後、日本は原子力分野に関する研究は禁止された。1952年に「サンフランシスコ講和条約」が発効し、停止状態にあった我が国の主権が回復した。「Atoms for Peace」（1953年）を受けて、1955年「原子力基本法」等を制定し、原子力平和利用に向けた研究、開発、利用が開始した。

戦後一貫して平和国家としての道を歩み、専守防衛に徹し、他国に脅威を与えるような軍事大国とはならず、非核三原則（1968年）を堅持し、「核兵器不拡散条約（Treaty on the Non-Proliferation of Nuclear Weapons (NPT)）条約」（我が国は1976年に批准）や「包括的核実験禁止条約（Comprehensive Nuclear-Test Ban Treaty (CTBT)）」（我が国は1997年に批准）の基に、「原子力の平和利用」と「核軍縮と核不拡散」を推進してきた。

本章では、「核兵器のある現実の世界」から「核兵器のない世界」の実現に向けて、これまでの「外交的・政治的なアプローチ」を支える「科学技術的なアプローチ「原子力平和利用と核不拡散の両立」の深化（核兵器に転用困難な核拡散抵抗性の高い原子力平和利用技術）」について紹介する。

## 7.1 プルトニウムの核拡散抵抗性と分離プルトニウム

### (1) 日本の核燃料サイクルを取り巻く最近の国際情勢

日米原子力協力協定が2018年7月17日自動延長した。しかし、6か月前に事前通告をすれば一方的に協定を破棄できるため、非常に不安定な状態になる。

また、北朝鮮の非核化問題が、将来、朝鮮半島の非核化や北東アジアの非核化、即ち日本の核燃料サイクルに飛び火することが懸念される。更に、米国のイラン核合意からの離脱なども考慮すると、核不拡散の観点から、ウラン濃縮も含む我が国の核燃料サイクルに対する国際環境は一層厳しくなることは確かだろう。

核兵器不拡散条約(NPT)(1970年:核不拡散と核軍縮(191カ国・地域が加盟))において、核兵器国(米、ロ、中、仏、英)は、誠実に核軍縮交渉を進める義務があり、非核兵器国は、締約国の「奪い得ない権利」として、原子力平和利用(核燃料サイクルも含めて)の権利が認められている。但しIAEAの保障措置を受ける義務がある。日本はIAEA保障措置の優等生である。

にもかかわらず、海外(特に近隣の東北アジア)から、①核物質の保有、②施設(核燃料サイクル)の保有、③原子力技術(能力)の保有のため、「“潜在的”核兵器国」と懸念されている。

このような日本の核燃料サイクルを取り巻く国際情勢の中で、我が国とした重要なものは、常に緊張感をもって、「利用目的のないプルトニウムは持たないという原則」の基に、原子力の平和利用を、これまで以上に、着実に、滞りなく、進めてゆく努力が必要であるが、最新の科学技術に基づく効果的な「原子力平和利用と核不拡散の両立」の深化政策を、準備しておくことである。

### (2) 日本の分離プルトニウム問題

我が国の「分離プルトニウム保有量」は、2016年末時点で46.9ト(国内9.8トン、英仏37.1トン(再処理保管))である。しかし、自主的に「プルトニウム保有量上限値の設定」や「海外保有Puの削減(放棄?)」が、賢明な対応策か？

プルトニウムの核兵器転用の問題は、「Puの量」の問題ではなく、「Puの質」の問

題である。

U-238 を何百トン集めても科学的に核兵器は作れない。ウランを核兵器に利用するには、核分裂性 U-235 の高濃縮ウランが必要である。従って、ウランの軍事転用の問題は「ウランの質(濃縮度)」で議論している。

プルトニウムにも、核兵器に転用が非常に魅力的なプルトニウム(例えば Pu-239)もあれば、核兵器に転用不可能なプルトニウム(例えば Pu-238)もあるが、Pu-238 を何百トン保有しても技術的に核兵器はつukれない。その最大の理由は崩壊熱である。

従って、プルトニウムの質(核拡散抵抗性)を科学的に評価しないで、量だけ減らせばいいという方針は合理的ではない。

また、日本が原子力発電所で平和的に再利用を予定している「約 47 トンの分離プルトニウムは、原子爆弾約 6 千発に相当する」という表現も科学的には正しくない。そういう報道は国民や国際社会をミスリードする。マスコミは科学的根拠に基づいた真実を報道すべきである。

### (3) プルトニウムの核拡散抵抗性

一般に、核物質の核拡散抵抗性因子は、臨界量、崩壊熱、自発核分裂中性子、ガンマー線等が挙げられる。質量数が偶数のプルトニウム(Pu-238、Pu-240、Pu-242)は、自発核分裂中性子や崩壊熱のために核拡散抵抗性が高く、核兵器に転用が困難なプルトニウムである。

例えば、Pu-238 は  $\alpha$  崩壊によって 1Kg あたり約 570 ワットの崩壊熱を放出する。これは、軍事利用に最も魅力的な材料である Pu-239 と比較すると約 300 倍であり、このように、大量に発熱する Pu-238 を多く含むプルトニウムは、周囲の材料(高速爆縮するための爆薬(自己着火温度に達し、自動的に爆縮が始まる)等)や機器に大きな悪影響を及ぼすため、軍事転用は非常に困難な物質である。

このような特性から、国際原子力機関(IAEA)は、80%以上 Pu-238 を含むプルトニウムは、保障措置の対象から免除している。(最近の研究では、Pu-238 の割合が

数%から15%程度以上含むプルトニウムでも高い崩壊熱を放出するため、実質的には核兵器に転用できないと指摘されている。)

さらに、Pu-238は、Pu-239の約13万倍の自発核分裂中性子を自然に放出する。自発核分裂中性子を多く放出するPu-238は、核爆発の早期爆発(未熟爆発)現象を誘導し、軍事転用には非常に魅力のない物質である。

軽水炉の使用済み燃料中には比較的多く含まれているPu-240やPu-242も自発核分裂中性子を多く放出する。IAEAの核査察などを担当する保障措置局の元事務次長のB. Pellaud氏も、ウランと同様に、プルトニウムもその同位体成分に基づいて核兵器に転用で可能かどうか議論すべきであると述べている。

具体的には、B. Pellaud氏は、使用済み燃料中にPu-239に次いで多く含まれるPu-240の自発核分裂中性子に着目して、プルトニウムの核兵器への転用性を議論している。それによるとPu-240が30%以上含むプルトニウムは「**“実質的”**に核兵器には**使えない (Practically Unusable)**」と述べている。

実際には、軽水炉の使用済み燃料中のプルトニウムにはPu-240だけでなく、自発核分裂中性子数がPu-240の約2倍発生するPu-242や約3倍発生するPu-238も含まれている。従って、「**“実質的”**に核兵器に使用できるかどうかは、Pu-240だけでなく、Pu-238やPu-242の自発核分裂中性子数の効果も考慮して、**プルトニウム全体で発生する自発核分裂中性子総数で評価するのが合理的である。**」

軽水炉で低濃縮ウラン燃料を燃やした場合、先ず核兵器の材料として最も魅力的なPu-239がU-238から生成するが、燃焼期間が長くなればなるほど、即ち、燃焼度が高くなればなるほど、核拡散抵抗性の高い質量数が偶数のPu-240、Pu-242、Pu-238の割合が増加して、核兵器に実質的に使用困難な核拡散抵抗性の高いプルトニウムに原子炉の中で自然になってゆく。

使用済み燃料から回収したプルトニウムをウラン燃料と混合して、混合酸化物(MOX)燃料として、再度軽水炉(プルサーマル炉)でPu-239を燃焼しても、U-238から新たにPu-239が生成するため減量には限界がある。寧ろ、プルサーマル炉での燃焼は、プルトニウムの量を低減するよりも、装荷した「**プルトニウムの核拡散抵抗性を更に向上(質を変化)**」させるためと理解すべきである。

#### (4) プルトニウムの核拡散抵抗性向上方策

前述のように、国際原子力機関(IAEA)は、例えば、 $\alpha$ 崩壊による発熱が非常に高い Pu-238 の割合が 80%以上含むプルトニウムは核兵器に転用できないから核査察を免除すると宣言している。また、東京工業大学や海外の最近の研究では、Pu-238 の割合が6%から15%程度以上含むプルトニウムでも崩壊熱が非常に高いため、核兵器に装填すると、プルトニウム自身が溶融するか、爆縮用の周辺の装填している化学爆薬の温度が自己着火温度に達し、勝手に爆縮が開始する可能性があり、核兵器の管理保管上非常に不安定であり、実質的には核兵器に転用できないと指摘している。

核拡散抵抗性の非常に高い Pu-238 の割合を飛躍的に増加させる画期的な方法が、今世紀になって見つかった。現在、“核のゴミ”と言われている“マイナーアクチノイド(MA: Np や Amなど) をウラン燃料に少量添加して燃焼させると、中性子を吸収して、核拡散抵抗性の高いプルトニウム Pu-238 に核変換することが可能である。

例えば、現行の軽水炉から取り出される使用済み燃料中の MA の約半分を占める Np-237 は、特に熱中性子領域では大きな中性子捕獲断面積を持ち、中性子をよく吸収する。中性子を吸収すると Pu-238 に核変換する。

残り約半分の MA(Am、Cm)は、例えば、前述の Np-237 よりもっと大きな中性子捕獲断面積を持つ Am-241 は、中性子を吸収すると、Am-242 を経て、主に  $\beta$  崩壊して Cm-242 に核変換する。この Cm-242 は半減期約 163 日で  $\alpha$  崩壊して、Pu-238 に核変換する。また、Am-242 の一部は、電子捕獲して Pu-242 に核変換する。さらに、Cm-244 は  $\alpha$  崩壊して、Pu-240 に核変換する。

このように現在、高レベル放射性廃棄物(“核のゴミ”)とされている MA を軽水炉のウラン燃料や高速増殖炉のブランケット燃料に少量添加することにより、発電しながら、どのような燃焼度のタイミングで取り出しても、燃料中に Pu-238 を多く含む[高い核拡散抵抗性を有するプルトニウムを生成(Protected Plutonium Production: PPP (P<sup>3</sup>))]することが可能となる。

この核反応メカニズムは、中性子エネルギースペクトルの異なる国内外の2種類の

研究炉(JAEA の高速実験炉「常陽」と米国アイダホ国立研究所の熱中性子研究炉「ATR(Advanced Test Reactor)」で、文部科学省の支援により、筆者らが実験的に実証している。

MA の核変換によってプルトニウムの核拡散抵抗性を飛躍的に向上するこの新しい科学技術は、国際原子力機関 (IAEA) も関心を持ち、各国の専門家を集めて「諮問会議」を 2 回開催 (2003 年と 2006 年) している。(筆者がその議長を務めた。) また、2006 年の IAEA 年報に、この新しい科学技術について記載されている。

## 「提言」

- ① Puの核兵器転用の問題は、「Pu の量」の問題ではなく、「Pu の質」の問題である。従って、「Puの質(核拡散抵抗性)を科学的に評価しないで、量だけ減らせばいい」という方針は合理的ではない。」
- ② また、「約 47トンの分離プルトニウムは、原子爆弾約 6 千発に相当する」という表現も科学的には正しくない。そういう報道は国民や国際社会をミスリードする。マスコミは科学的根拠に基づいた「真実」を報道すべきである。
- ③ 分離Puのプルサーマル炉での燃焼では、燃焼中に U-238 から、Pu-239 が新たに生成されるため、完全に燃やし切れる訳ではない。寧ろ、プルサーマル炉での燃焼は、Puを量的に削減するよりも、核拡散抵抗性を向上(質を変化)させるためと理解すべきである。
- ④ 先ずは、MAの核変換を利用した Protected Plutonium Production:PPP(P<sup>3</sup>)の新しい科学技術を現行の軽水炉やプルサーマル炉に順次適用し、核兵器に転用困難な「核拡散抵抗性の高いPuに質的に変換」してゆくこと。
- ⑤ 更に、この新しい科学技術を高速増殖炉のブランケットに適用し、「核兵器に転用困難な核拡散抵抗性の高いPuを増殖」する次世代高速増殖炉の研究・開発ロードマップを、至急、策定し、実用化に向けて国際協力(日・仏・米)で研究・開発を開始すること。



MAは、決して“核のゴミ”ではなく、人類にとっての貴重な“宝”！

(因みに、Albert Einsteinは” It is easier to denature plutonium than it is to denature the evil spirit of man” と述べている。)

## 7.2 ウランの核拡散抵抗性と回収ウランの再利用

2018年現在で全世界の原子力発電所から排出された使用済み燃料は約290,000トンに上り、そのうち約100,000トンが再処理された。使用済み燃料中のウランは全重量の約95 wt%を占めているので、再処理により全てが回収されれば、約275,500トンのウランが再利用可能である。これらのウランを回収することにより廃棄物容量を減らすことができるうえ、回収したウランを原子炉燃料として再利用することによりウラン資源の節約にも資する。

本章では、回収ウランの再利用とその核拡散抵抗性を理解してもらうため、回収ウランの同位体特性、濃縮特性、照射挙動、経済性を含めた管理方法等を紹介するとともに、回収ウランの核拡散抵抗性について解説する。

非分裂性同位体 U-236 は、原子炉内でのウラン燃料の燃焼中に U-235 から生成される。軽水炉の使用済み燃料の燃え残りの U-235 同位体に対する U-236 の典型的な同位体比は、初期の濃縮度や燃焼度に依存し、およそ 0.4~1.0 である。

燃焼中は、U-236 は更に中性子を吸収して U-237 となり、ベータ崩壊して Np-237 を経由して、前章で述べたように核拡散抵抗性の高い Pu-238 を自然に生成する。(これがウラン燃料から Pu-238 が生成する基本メカニズムである。)

回収ウランの遠心分離による再濃縮では、U-236 が U-235 と一緒に濃縮されるため、核兵器級 90%以上の U-235 ウランの濃縮を困難にする可能性がある。

回収ウランを再濃縮して、再び原子炉で燃焼すると、U-235 は燃焼中に核分裂によって減少し、1 回目の燃焼にくらめて、2 回目の燃焼後の U-236 の含有量はさらに増加する。また、Pu-238 の含有量も、1 回目の燃焼後よりさらに増加し、これは Pu の核拡散抵抗性が 1 回目の燃焼後よりもさらに増加することを意味する。このプロセスを繰り返すことで、核兵器級高濃縮ウランの生産は、多リサイクルの回収ウランから益々困難になる。

このように回収ウラン中に含まれるU-236は、プルトニウムの核拡散抵抗性を高めるだけでなく、ウランの核拡散抵抗性も高める非常に魅力的な同位体である。

## 「本章のまとめ」

- ① 回収ウランに含まれるU-236は、原子炉で照射すると中性子を吸収してNp-237を介してPu-238を生成し、前述の様にプルトニウムの核拡散抵抗性を高めるが、本章で紹介したようにウランの核兵器への転用も困難にする。
- ② 回収ウランを再濃縮すると、U-236がU-235と一緒に濃縮されるため、「U-235が90%以上の核兵器級高濃縮ウランの製造が困難」である。
- ③ 回収ウランを再濃縮した低濃縮ウラン燃料を、再び原子炉で燃焼すると、当然U-235が燃焼してエネルギーを放出して減少するが、2回目の燃焼後のU-236の含有量は、1回目の燃焼後に比べて更に増加する。これを繰り返すと、回収ウランの核拡散抵抗性が益々増加し、「U-235の90%以上の核兵器級高濃縮ウランの製造が、益々困難」になるばかりでなく、「U-235の20%以上の高濃縮ウランの製造でさえ困難」になるだろう。

但し、この予測は実験による確認が必要である。(今後の課題)

回収ウランは「貴重な資源(宝)」である！

## 「提言」

「核兵器のある現実の世界」から「核兵器なき世界」実現に向けて、我が国は、使用済み燃料中の核分裂生成物以外、U、Pu、MAすべてをリサイクルして有効利用する「次世代の「核拡散抵抗性の高い核燃料【核兵器に転用できないプルトニウムやウラン】サイクル新技術」を世界に先駆けて実用化し、「原子力平和利用と核不拡散の両立」の深化させることにより、我が国の「国家安全保障」への貢献のみならず、「国際社会の平和と安定」のために、我が国が積極的に貢献すべきである。

## 第4部 非連続イノベーションと新しい市場

### 8. 原子力の多様性

原子力は「環境負荷低減（環境安全保障）」や「エネルギー安全保障」だけでなく、「医療・福祉への貢献」、「農業・食料・水資源への貢献」、「宇宙開発、海洋開発への貢献」など「多様性」がある。

特に、近未来の「水素社会への原子力の貢献」や通信技術「5G」、{6G}など飛躍的な進化が進んでいる「情報・AI社会」では、将来、大量の電力の消費が懸念される。枯渇の可能性があるかつCO<sub>2</sub>による環境破壊を起こす化石燃料や不安定でエネルギー密度が低い太陽エネルギーではその電力は賄えない。それを支えるのは原子力しかない。

日本は、領海及び排他的経済水域の面積（海外の領土を含まない場合）では、アメリカ合衆国、ロシア、オーストラリア、インドネシア、カナダに次いで第6位（447万km<sup>2</sup>：国土の約12倍）である。体積（海外の領土を含まない場合）では、アメリカ合衆国、オーストラリア、キリバスに次いで第4位（15.8百万km<sup>3</sup>）を誇る世界有数の「海洋国家」である。

2019年11月1日に公表された「第11回科学技術予測調査」によると、“海洋ポテンシャルを利用し、海に新しいエコシティと新しいエコライフスタイルを実現する「海洋都市」の建設技術”の科学技術的実現の見通し時期は2033年である。社会的実現の見通し時期（日本を含む世界のどこかでの科学技術的な実現に続き、日本で社会的に実現する時期）は2048年である。

我が国の「持続可能社会」と「国家安全保障」のために、領海及び排他的経済水域（海上、海中、海底）の開発及び利活用が将来の大きな課題である。

一方、「第11回科学技術予測調査」によると、“長期的視点に基づく、人類の生息空間拡大のための、宇宙空間や月及び火星での「宇宙基地」の建設技術”の科学技術的実現の見通し時期は2040年である。社会的実現の見通し時期は2052年である。今世紀半ばに、人類は宇宙空間へと活動の領域を広げる。その活動には、太陽エネルギーの利用は当然であるが、太陽の届かない場所や火星や深宇宙では原子力利用が不可欠である。

また、気象条件に頼る再生可能エネルギーは、大きな気象変動や異常気象（気象危機）が“通常”に成りつつある現状を考えると、将来はその「信頼性に大きな問題」があり、「分散的な補助電源（地産地消）」としては理解できるが、我が国のベース電源としては、「リスクが非常に大きい選択肢」であることを理解すべきである。【国のエネルギー政策の問題点③】

「原子力発電所」の賛否は自由だが、「原子力」を否定することは病気になっても、「レントゲン撮影、CT断層撮影、PET断層撮影」などによる診断を否定すること、また、飛行機に搭乗する際の「手荷物のX線検査」を否定することに等しいことを、原子力を反対する人は理解すべきである。

以上の様に、原子力分野は、エネルギー分野に包含されるのではなく、その外に食い出している分野がある。この食い出した分野は、再生可能エネルギーでは絶対対抗出来ない。

人類が受けてきた太陽の恵みは測り知れないが、太陽も巨大な原子炉。近づけば危険である。要は、人間社会が“原子力とどう向き合ってゆくか？”である。

## 「提言」

- ① 原子力は、再生可能エネルギーでは太刀打ちのできない「多様性」を持っている。CO<sub>2</sub>フリーのエネルギーとしての利用のみならず、「医療・福祉」、「農業・食料・水資源」、「海洋開発」、「宇宙開発」などの「多様な分野」の研究・開発の推進も、「我が国や国際社会の平和、安定、福祉そして繁栄」の実現に多いに貢献する。
- ② 近未来の「水素社会への原子力の貢献」や通信技術「5G」、{6G}など飛躍的な進化が進んでいる「情報・AI社会」では、将来、大量の電力の消費が懸念される。枯渇の可能性がありかつCO<sub>2</sub>による環境破壊を起こす化石燃料や不安定でエネルギー密度が低い太陽エネルギーではその電力は賄えない。それを支えるのは原子力しかない。
- ③ 領海及び排他的経済水域の面積では、世界第6位、その体積では、世界第4位の「海洋国家」である日本は、「国家安全保障」のために、領海及び排他的経済水域（海上、海中、海底）の開発及び利活用が重要であ

る。

- ④ 今世紀半ばに、人類は宇宙空間へと活動の領域を広げる。その活動には、太陽エネルギーの利用は当然であるが、太陽の届かない場所や火星や深宇宙では原子力利用が不可欠である。

## 9. 情報・AI社会と原子力（鉄腕アトムの時代が来るか？）

新型コロナのパンデミック状況下で、リモート会議、在宅勤務、オンライン教育などのデジタル情報通信技術がその威力を発揮している。

しかし、今後、情報通信量が飛躍的に増大し、情報通信の機器/システムは膨大な電力を消費することが予測される。これらの機器/システムの大幅な省エネルギー化を進めない限り、近い将来、国内のみならず世界的に現在計画している全発電量を大幅に上回る電力を、情報通信の機器/システムだけで消費する新たな危機が予測される。

科学技術振興機構低炭素社会戦略センターの「情報化社会の進展がエネルギー消費に与える影響（Vol. 1）」－ IT 機器の消費電力の現状と将来予測－（平成31年3月（LCS-FY2018-PP-15））によると、「情報化社会の進展に伴って、従来の予想を超える膨大なデータが取り扱われるようになり、この傾向は今後も拡大すると考えられる。これに伴い、エネルギー消費がどのような影響を受けるかを2050年までを視野に入れ、調査、ヒアリングなどにより検討した。

その結果、世界の情報量（IP トラフィック）は2030年には現在の30倍以上、2050年には4,000倍に達すると予想され、現在の技術のまま、まったく省エネルギー対策がなされないと仮定すると、情報関連だけで2030年には年間42PWh、2050年には5,000PWhと、現在の世界の消費電力の約24PWhを大きく上回る予測となった。すなわち、技術進歩がなければ情報関連だけで世界の全てのエネルギーを消費してもまだ不足するという事態になりうる。」と驚きの予測をしている。

同資料のIT関連の日本の消費電力予測を基に評価をすると、2030年には、2030年度予測総発電量の約1.5倍、2050年には、2030年度予測総発電量の約176倍の電力をIT関連機器だけで消費する。

これを太陽光発電で供給するには、2030年には、国土総面積の約1%（山手線内側面積の約62倍）、2050年には、国土総面積の約1.3倍（山手線内側面積の約7,340倍）の面積が必要である。

一方、原子力発電所（100万kW）（1年間フル稼働を仮定して）評価すると、2030年には約169基、2050年には約2万基が必要である。（因みに、2016年のIT関連機器の電力実績でも、100万kWの原子力発電所の約4.6基の分になる電力を消費している。）

化石燃料は環境問題だけでなく、枯渇の問題がある。太陽エネルギーや風力など再生可能エネルギーは、気象条件によって左右され、非常に不安定である。原子力だけが情報社会の将来を支えることができる。

## 「提言」

- ① 高性能、低エネルギー消費の情報・AI機器の開発が急務であり、不可欠である。
- ② 国は、至急、超小型（可動性）・長寿命・高い核拡散抵抗性を持つ「マイクロ原子炉」開発（（可燃性毒物効果＋親物質（軍事転用不可能なPu-238生成・燃焼）効果を持つマイナーアクチナイド（MA）の利活用（第7.1章参照））
- ③ 「マイクロ原子炉」は、大型情報処理センター分散型電源のみならず、国家安全保障重要施設分散型電源、海洋開発（海上発電＋水素製造多目的原子力船、海洋資源探査・採集潜水艇）宇宙開発（月・火星探査・移住（来世紀？））に貢献する。

### 「参考資料」日本の代表的なスパコンの消費電力

1. 地球シミュレータ（Earth SimulatorS）  
初代（2002-）： 約5～6MW（40 Tflops）  
2代目（2009-）： 約3MW（131 Tflops）  
3代目（2015-）： 約2MW（1.31 Pflops）
2. 京（2011-2019）：12.7 MW（10.62 Pflops）
3. 富岳（2020-）：28.3 MW（415 Pflops）（TOP500 LIST-JUNE 2020）

## 10. 海洋開発と原子力

(電力・水素輸出：多目的原子力船群団コロニー構想)

戦後の復興は、「勤勉な国民」の「技術力向上(教育)」による優れた”「モノ」つくり“とその「輸出」により外貨を稼ぎ、「経済力」をつけ、国の豊かさを得てきた。天然資源の乏しい我が国では、「輸出」が重要な国家の経済戦略の1つである。

また、「国家の安全保障上最も重要なエネルギーの安定供給(自給率の向上、更に将来は自給から輸出へ)」がエネルギー国家戦略の基本である。

前章で述べたように、日本は、領海及び排他的経済水域の面積(海外の領土を含まない場合)では、世界第6位であり、その体積(海外の領土を含まない場合)では、世界第4位を誇る世界有数の「海洋国家」である。

本章では、【ハード(原子力発電所)】を輸出するのではなく、【ソフト(エネルギー(電気、水素)、水、海洋資源など)】を輸出する新しい構想を紹介する。

それを可能にする「発電、水素製造、海水淡水化、海洋資源(生物・鉱物)研究開発、魚介類養殖など」を目的とした「海洋都市(多目的原子力船群団コロニー)構想」について紹介する。

### 多目的原子力船の特徴

- ① 地震や津波に対して強い安全性【耐震構造や津波対策低減:コスト削減】
- ② 緊急用冷却水(海水)が豊富:海が膨大なヒートシンク 【安全性向上】
- ③ 万が一の緊急時には、移動して居住地域から離脱が可能【住民が避難するのではなく、発電所が移動する!】
- ④ 海外の沿岸だけでなく、我が国の離島、僻地、被災地域の「領海」や「排他的経済水域」及び「公海上」にも設置可能。

等が挙げられ、【新しい国内外のマーケットの開拓】の可能性もある。

### 多目的長寿命原子力船(軽水炉、Heガス炉)の概要

- ① 発電(海底ケーブルで送電)、水素製造(液化タンカーで輸送)、海水淡

水化、漁業・養殖、海洋資源開発等を目的とする。

- ② 領海内の場合は、沿岸に停泊し、電気と水を供給。(必要なら水素も)
- ③ 排他的経済水域や公海上の場合は、発電した「電気で水素を製造」し、大型水素タンカーで日本を始め各国に輸送。また、客船を従業員・家族の居住(病院、学校、郵便局、レストラン、劇場など)区域とする海洋都市(原子力船群団コルニー)を構築する。
- ④ 「小型長寿命モジュール炉システム」を開発する。(前述のマイナーアクチナイド(MA)の「可燃性毒物と親物質(Pu-238生成・燃焼)効果」を利用すると長寿命化が可能)【30年以上燃料交換不要:30年に一度、燃料交換と保守点検のため日本の母港に戻り、新燃料を積んだ新しい原子力船と交代する。】
- ⑤ 燃料にMAを添加すると、燃料中にPu-238が生成するため高い核拡散抵抗性を有する。【核不拡散性が高い】
- ⑥ トリチウム水を(小型モジュール)軽水炉の冷却材として活用(領海外)できる。【トリチウム水問題の解決】
- ⑦ MOX燃料でなくウランフリー母材(Zr系や高温ガス炉用SiC系燃料)を使うと、プルトニウムの非常に効果的な燃焼(Deep Burning)が可能である。【分離プルトニウム問題の解決】

また、以下の我が国の既存の技術が活用できる。

- ① 原子力船「むつ」の技術の活用
- ② メガフロートの技術の活用
- ③ 大型タンカー(LNG、石油、石炭鉱石、水素など)の技術の活用
- ④ 大型客船の技術の活用
- ⑤ 「いずも型」護衛艦の技術の活用
- ⑥ 漁業・養殖の技術の活用
- ⑦ 海底ケーブルの技術の活用
- ⑧ 海洋探査技術の活用
- ⑨ 海水ウランの回収技術の活用
- ⑩ AI技術の活用(自動化、省力化、無人化など)
- ⑪ 水中ドローンの技術の活用(船体の点検と周辺海域の監視など)



この構想は、経済産業省が掲げる「原子カインノベーションの課題」（①更なる安全性向上、②核不拡散、③放射性廃棄物対策、④エネルギーの多目的利用、⑤機動性、⑥自由化市場での経済性の追求）の他に、現在、我が国が抱えている「トリチウム水」、「分離プルトニウム」や「新規立地」などの問題も解決する。

特に、原子力施設や核燃料物質を海外に供給するのではなく、エネルギー（電力や水素）などを輸出するので、「核不拡散」への貢献も大きい。

例えば、北朝鮮の非核化後の日本の経済支援の一つとして、以前のように軽水炉発電所を支援するのではなく、朝鮮半島の沿岸で、「多目的原子力船でエネルギー（電気や水素）を供給する国際貢献」も可能である。この構想は、「朝鮮半島の核不拡散」と北朝鮮の「人間の安全保障」に大きく貢献するだろう。

一方、世界的な化石燃料の枯渇は近い将来に必ず訪れる。すでに、自動車は水素を利用し始めているように、将来は航空機や大型船も「水素エンジン」或いは“非化石燃料からの水素とCO<sub>2</sub>で生成した炭化水素燃料”（前述の「第11回科学技術予測調査」によると、社会的実現の見通し時期は2039年）で駆動している可能性が高い。大量の水素利用時代が必ず訪れる。

また、海水中に無尽蔵（45億トン（鉱山ウランの1000倍）な海水ウランを回収し、原子炉の燃料として用いて、電気で海水から水素を生成することにより、「海水が無尽蔵のエネルギー資源」となる未来社会が必ず訪れるだろう。

## 「提言」

- ① 関係機関（文科省（研究開発）、経産省（実用化、水素製造、海洋資源（鉱物））、国土交通省（新しい船舶技術開発）、原子力規制庁（海上原子力発電所の安全規制・審査）、農水省（海洋水産資源）、外務省（国際法：公海上での営業）、防衛省・海上保安庁（護衛）、電力業界、自動車業界（水素）、原子力プラントメーカー、化学プラントメーカー、造船業界、海運業界、商社など）で構成する「多目的原子力船研究会（仮称）」を早急に設立すること。
- ② 多目的原子力船の「国内外のニーズ・市場調査」、「各市場の要件に適合するシステム概念」、「建造コスト（陸上原子力発電所と概要比較）」な

どの検討を実施し、新しい「政策提言(エネルギー自給・輸出基本戦略)」としてまとめること。

- ③ 世界第4位の海水量を有する「海洋国家」日本が、世界に先駆けて、海水から水素を生成し、輸出する経済的な技術インフラ【海上都市】(多目的原子力船団群コロニー)を構築し、将来の世界エネルギー戦略を主導する。【海水が無尽蔵のエネルギー資源となる】

## 11. 宇宙開発と原子力(月、火星)(今回は省略)

### 「原子力の新しい市場のまとめ」

原子力には、国内の電力だけでなく、水素社会、情報社会、海外へのエネルギー等(電気、水素、水等)の輸出、海洋開発、宇宙開発など、将来の新しい市場がある。

#### 「イノベーションの注意すべきポイント」

- 「イノベーションのジレンマ」(クレイトン・クリステンセン: Harvard Business School): 大きな会社は衰退する。新しいビジネスを社内でやるとすると、本流の部署が潰してしまうから。
- 既存の大きな組織は(例えば、電力や医療)は、イノベーションに対して非常に堅固(規制で保護)
- 「非連続イノベーション」は、逞しい「意志」、豊かな「想像力」、燃える「情熱」、未知への「冒険心」がなければ生まれない。(ベンチャー・ビジネス)

## 第5部 人材戦略は経営の要

第1部で述べたように、原子力を取り巻く危機（①原子力政策の危機、②原子力技術開発（イノベーション）の危機、③原子力教育（次世代人材育成）の危機、④既設発電所再稼働遅延の危機、⑤新規増設が見通せない危機、⑥海外戦略行き詰まりの危機、⑦原子力関連企業が撤退しつつある危機、⑧社会や若者から見放されつつある危機、⑨政治家が後ろ向きになりつつある危機、⑩原子力先進国から脱落しつつある危機、⑪朝鮮半島（核開発）の危機、⑫中東一触即発（核開発）の危機、⑬米中冷戦の危機）にも拘らず、「わが社では社内教育（人材育成）は十分に行っています。」と、“沈みつつある戦艦ヤマト”に気が付いていない！原子力界の次世代の人材育成は、まさに“茹でガエル”状況にあり、これが最も怖い本当の危機である。

更に少子高齢化と原子力教育環境の悪化など低迷している我が国の原子力状況に対して、勇気をもって立ち向かい、原子力による未来社会イノベーションを担う次世代原子力人材の養成が急務である。

社内の“On the job training”では限界がり、特に、IT、AI、サイバー等の新しい分野のイノベーションを担う次世代人材育成（リーダー）は、従来の育成方法では無理である。

産官学が連携してコンソーシアムを構築して、勇気をもって立ち向かう次世代人材（リーダー）育成が急務である。

深い専門性はもとより、幅広い「社会性」や「国際性」、更に、豊かな「人間性」を養い、「時代の流れを俯瞰」しながら「高い志を持って、人のため、社会のため、世界のために貢献するリーダーを育成する」ことが必要である。

例えば、養成すべき人材の例を以下に示す。

- ① 新たな価値を見出す感性と好奇心、社会的課題を自ら発見し、解決する能力などを備えたイノベーター（原子力ベンチャー養成道場）
- ② 国際社会で活躍するタフなグローバル・ネゴシエーター（グローバルリーダー養成道場）

- ③ 「リカレント教育」の一環として、企業統治、コンプライアンス、国際戦略、IT・AI戦略、教養、倫理、危機・リスク管理、技術革新想像力、俯瞰力、実践力などの能力を備えた次世代リーダー（次世代トップリーダー養成道場）

基本的な養成方法の例を以下に示す。

- 産官学にけるこれまでの人材育成経験を共有・連携・融合して、一体となって「産官学コンソーシアム（原子力イノベーション未来塾（仮称）」）を構築する。但し、「原子力ムラ」の閉鎖的な教育はしないことを基本とする。
- 「自主的に、能動的にスキルアップ」可能な、教室や会議室のみならず、研究室、オフィス、自宅でも学習が可能な教育システムを構築し、「オンライン教育」（分散型教育：同時、オン・デマンド）を実施する。
- 「実践力」や「コミュニケーション力」を養成するために、互いに切磋琢磨する教育環境（合宿・研修方式（集合型教育））を提供する。
- 海外の大学や研究所、国際機関（IAEA, CTBTO など）、欧州原子力教育ネットワーク（ENEN：東工大はメンバー会員）世界原子力大学（WNU：東工大はメンバー会員）等と連携して、学生交流、国際セミナー、海外研修、国際会議・調査派遣、海外インターンシップ）等により、「国際性（国際的実践力）」を効果的に養成する。
- 専門の基礎・基盤は重要であるが、古典的な教育（知識）ではなく、自ら「課題発掘し、課題解決する能力」を重視する。
- 「人間力」を養成するために、教養（国際政治、経済、歴史、文化、芸術、哲学等）、倫理教育、ボランティア（社会奉仕）等を重視する。
- 他専攻学生、文系学生、社会人学生も交流できる環境を提供する。（多様性が重要）。
- 有能なシニア一人材（国の財産）の協力を効果的に活用する。
- オンライン教育のために開発する体系的なデジタル教材は、将来も教育資源（「原子力Web図書館（仮称）」）として活用する。

本講演では、次世代原子力人材育成の例として、文部科学省の支援により東京工業大学が実施してきた「全寮制」のリーディング大学院「グローバル原子力安全・セキュリティ・エージェント養成」プログラムを紹介する。

## －まとめ－

# IAの方舟はいつ作られたか？

## 正解は、「洪水が来る前！」

# Make Nuclear Great Again !

(2020年8月10日記)

### 「主な関連資料」

- (1) 齊藤正樹 “サイバー攻撃への対応は急務 原子力災害即応支援部隊の創設を”、エネルギーフォーラム、2019年11月
- (2) 齊藤正樹、“プルトニウムの軍事転用問題－21世紀の最新の科学技術に基づく速報－”、エネルギーレビュー、2019年2月
- (3) 徹底討論 “核兵器転用が不向きな日本のプルトニウム－「量」とともに「質」で管理を－”、エネルギーフォーラム、2018年12月
- (4) 滝純一、“核兵器に使えないプルトニウムも、量より「質」が問題－科学者の目－”、日本経済新聞 電子版、2019年2月11日
- (5) 齊藤正樹、“高い核拡散抵抗性を有するプルトニウム”、日本原子力学会 ATOMO Σ、Vol.58、No.2、2016
- (6) “プルトニウム “核兵器に転用しにくく、一技術実証－”、NHK おはよう日本、2008年9月16日
- (7) 「原子力平和利用と核不拡散・核セキュリティ」、NSA/COMMENTARIES: No.25、原子力システム研究懇話会、2020年6月