

原子力技術の研究開発

エネルギー計画コンサルタント

宮沢 龍雄

(はじめに) 福島第一発電所事故からの反省と教訓 ーホメオスタシスからの脱却とイノベーションの展開ー

- 始めに、原子力に長年携わってきた者として、『東京電力福島第一発電所事故を反省し、多くの皆様にご迷惑をお掛けしたことへのお詫びと、一日も早い復興がなされるよう祈念している』ことを申し上げたい。
- 8月に、公表された、IAEA事故報告書で『今回の事故につながった、低確率・高影響事象への考慮が不十分であったことの一要因は「設計の頑強性は十分であるという基本的想定が長年にわたり補強され、安全レベルに疑問を呈しないという傾向にあった』と指摘され、この点に注目した。
(IAEA「福島第一原子力発電所事故ー事務局長報告書(和訳)」(2015年8月発行P62-64より))
- これは、我々が取り組んできた技術活動が改良・改善の提案や議論が不十分のまま、導入した技術やその後の技術を信頼できると考えてきた「恒常性維持本能(ホメオスタシス)」があったことを指摘されたと理解。
- この指摘や従来の事故報告書などでも指摘されたことを含め、福島第一発電所事故の教訓として『ホメオスタシスからの脱却』を今後の技術活動への反映事項の一つに取り上げたい。
- 具体的な取り組みとして、原子力の復興、飛躍発展に向け、技術への取り組み姿勢を変革をしてゆく「原子力のイノベーション」の展開に生かし、それを牽引する研究開発を今日の話題として課題などを紹介させて頂く。

目次

はじめに

1. 原子力技術のイノベーション
2. 原子力エネルギー利用の研究開発
3. 研究開発の計画と実行
4. 研究者と技術者
5. 大学・研究機関と企業との連携
6. エネルギー利用を中心とした研究開発資金

おわりに

1. 原子力イノベーションの展開

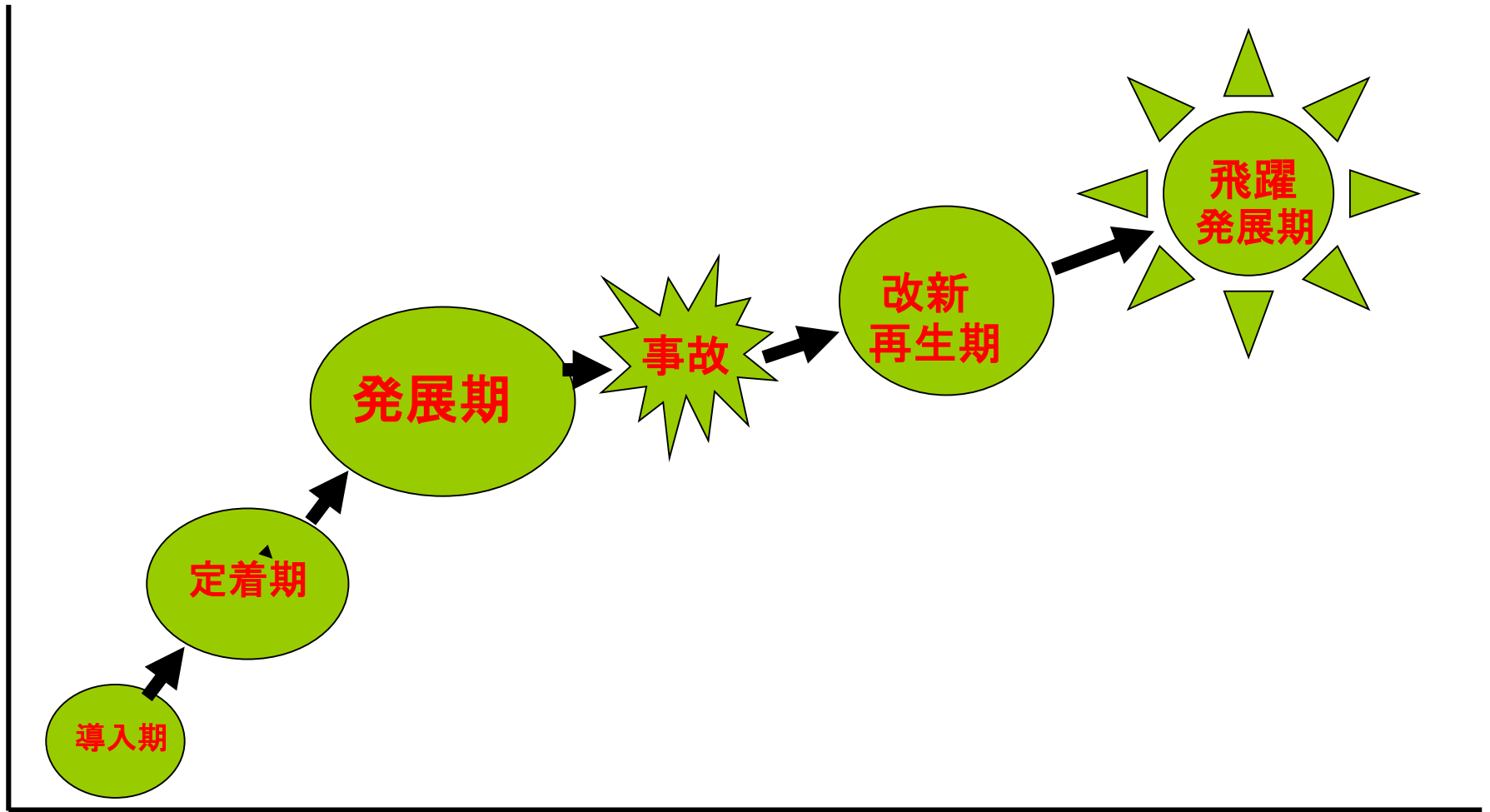
1.1 エネルギー利用でのイノベーションと研究開発

- 原子力技術は発電分野や医療分野で採用され、多くの国々で実用化・産業化されている。今後、原子力の有する長所を生かして、飛躍・発展をするためにはイノベーションが1つの重要な要素
- イノベーションの展開の中では**研究開発による技術革新**は中核活動であり、ここでは今後の研究開発の課題について日頃考えてきたことの一部を紹介

【イノベーションの定義など】(後藤晃著“イノベーションと日本経済”岩波新書から転載、編集)

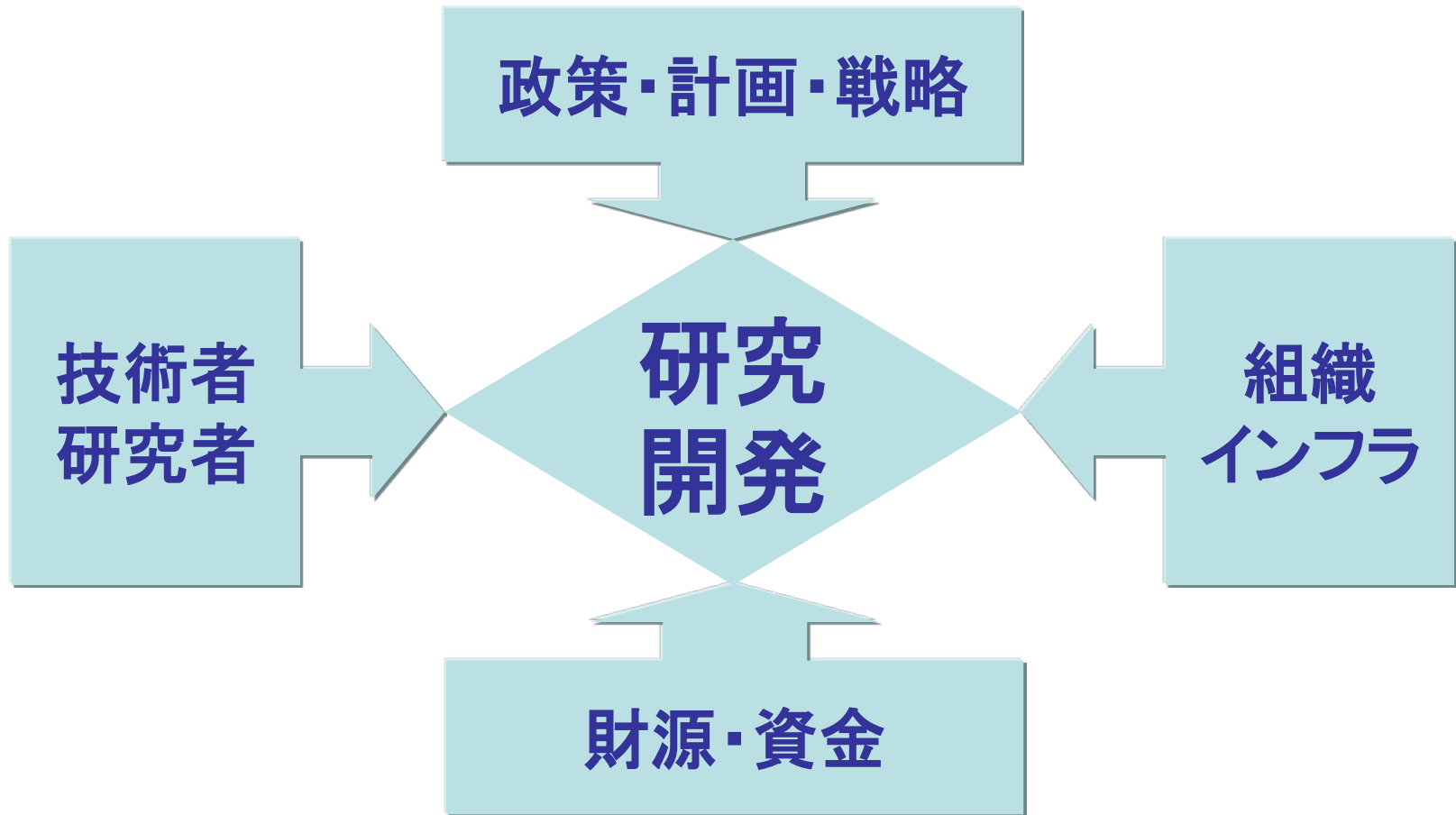
- ・イノベーションは、技術革新だけではなく、組織や制度の革新、サービスや製造のプロセスの革新、事業では、市場などの改革まで含む概念
- ・中国では「革新」ではなく【**創新**】と使う
- ・最初に概念を定義したシュンペーターは【**創造的破壊**】と定義
- ・イノベーションは**デマンドプル(需要牽引)**と**テクノロジープッシュ(技術後押し)**の2本柱で推進
- ・イノベーションは、市場分析型の競争戦略とは対照的な知識創造による戦略の一つ

1. 2 日本の原子力発電の進展と期待



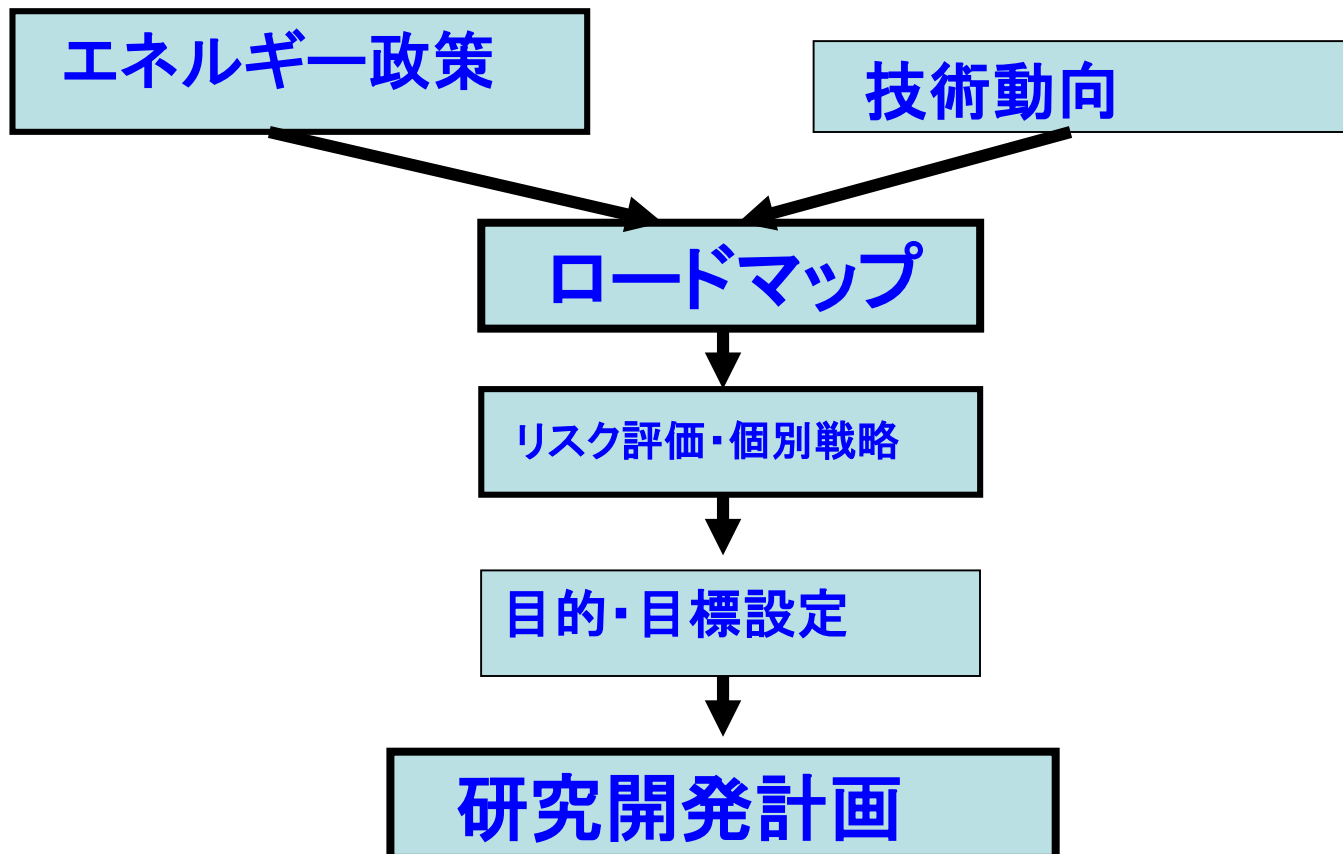
2. 研究開発

2.1 研究開発の基本要素

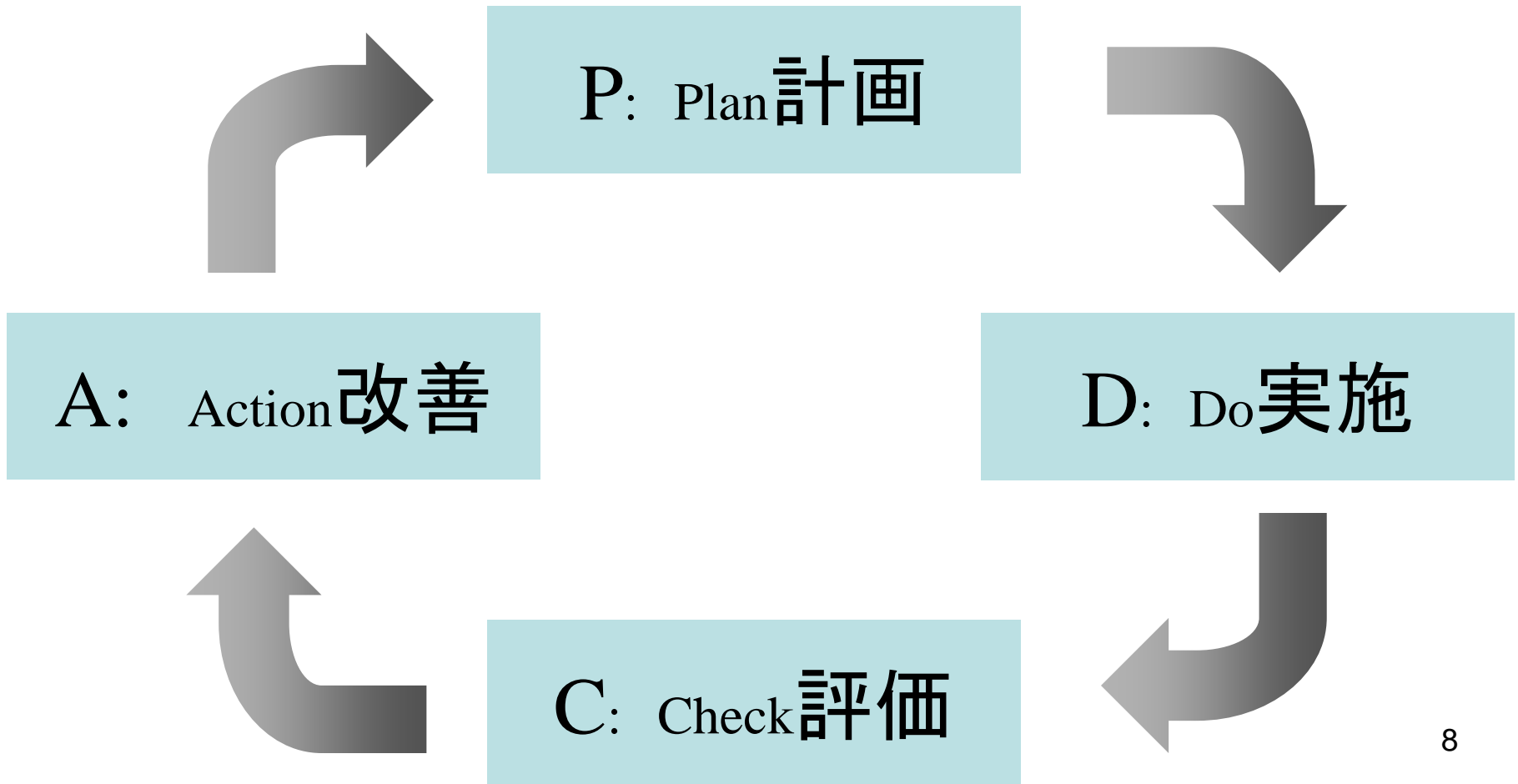


3. 研究開発の計画と実行

3.1 研究開発計画策定プロセス



3. 2 研究開発の管理サイクル



3.3 我が国の原子力研究開発ロードマップ (全体計画)

(エネルギー関係技術開発ロードマップ 経済産業省 2014年12月 ホームページより抜粋)



3. 4 原子力研究開発ロードマップ(2)

－研究開発の段階分類の試み－

項目	研究開発の具体例	基礎	応用	開発
軽水炉安全	<ul style="list-style-type: none"> ・高融点燃料開発研究 ・安全対策高度化 	◎	◎	◎
廃止措置	<ul style="list-style-type: none"> ・デブリ取り出し向け遠隔技術 ・汚染水対策など廃止措置技術 	△	◎	◎
廃棄物の処分	<ul style="list-style-type: none"> ・信頼性向上 ・回収可能性技術 ・郡分離・核変換など 	○	◎	○
燃料サイクル 廃棄物減容	<ul style="list-style-type: none"> ・高速炉の開発 ・もんじゅ稼働 	○	◎	△
国際協力	<ul style="list-style-type: none"> ・高温ガス炉 	△	◎	○

4. 研究開発人材（技術者・研究者）

4. 1 原子力技術の特徴と研究開発人材育成の課題

1. **巨大システム技術**: 構成技術の幅が広く、個別専門技術と統合化技術が要求され、基盤技術力の醸成、専門性の深耕と多角・多面な能力向上化
2. **長期にわたる技術のライフサイクル**: 機器・システムは数十年の性能維持、廃棄物管理は数千年にもおよぶために、新規技術への移転や技術継承、モチベーション維持の枠組みの構築
3. **高品質維持**: 技術基準・指針に合致した最高の品質の追及と技術的・経済的効率向上への取り組みへのコンセプト創生や物づくりのスキル向上
4. **国際化対応**: 海外事情に適応し、かつ国際競争力のある技術の研究開発に取り組む姿勢と技術移管の展開応用力（放射線応用から発電炉までの広範なパッケージ連携など）
5. **情報セキュリティ**: 機微技術や規制物質の管理技術の先端情報化技術によるサイバーテロ対策などのアップデート

4.2 企業での研究者に必要な素養例

共通の基盤的な素養は、炉工学、信頼性工学、情報工学基礎、関係法規、工学倫理、目標管理、など

	研究職	設計職	製造・建設職
基礎・基盤知識	<ul style="list-style-type: none">・自部門個別専門・数理統計・実験計画	<ul style="list-style-type: none">・部門横断専門モジュール・図学/CAD・品質管理基礎	<ul style="list-style-type: none">・加工・施工技術・製造機器/CAM・品質・調達管理基礎
スキル	<ul style="list-style-type: none">・学術報告活動・技術モジュラー化・トラブルシューティング・安全管理	<ul style="list-style-type: none">・設計図書管理・品質管理・トラブルシューティング	<ul style="list-style-type: none">・製造建設図書館管理・製造・施工品質および調達管理・安全管理
コンピテンシー	<ul style="list-style-type: none">・共同・連携活動・ミニPDCAの実践・顧客折衝	<ul style="list-style-type: none">・グループ活動とアウトソーシング管理・客先折衝	<ul style="list-style-type: none">・グループ活動とアウトソーシング管理・改善計画策定

5. 組織とインフラ

5. 1 組織・機関・企業へ期待する機能

- 原子カイノベーション展開のため夫々の組織・機関はビジョンを明確に
- 大学は人材育成と基礎研究による将来展望を担うリードオフ組織として貢献
- 研究機関は応用研究の中枢として、国のコア(基盤)技術のセンター機能、基礎研究から開発までの技術移管牽引機能、海外技術モニタリング機能、など多様な貢献
- 企業は日本の伝統的に強い、材料、部品、モジュールなどの高品質製品の創出センター機能、高度安全原子炉技術の国際的な連携供給センター、を指向
- 大学は、世界大学ランキング、企業は利益率で定量的な評価を受けるが、研究機関の評価指標は今後の検討課題

5. 2 産業界が活用した大学・研究機関の先端技術設備

(NISTEP REPORT No.160”民間企業の研究活動に関する調査報告2013

文部科学省 科学技術・学術政策研究所(2014年9月)より 編集)

施設区分	代表例	利用割合
放射線発生施設	・Spring8 ・J-Parc加速器 ・高エネ研 ・筑波大加速器	54.7%
大規模試験設備	・物質材料研 強磁場施設 ・東北大学 風洞設備	34.3%
スーパーコンピュータ	・理研「京」・海洋研 地球シミュレー タ ・東工大 TUBAME	26.0%
先端計測分析器	・北大 同位体顕微鏡 ・名工大 表面 分析装置	14.4%
NMR	・理研 ・横浜市大 ・阪大 蛋白研	9.4%
レーザー発生装置	・理研 SACLA(X線自由電子レーザー) ・理科大 赤外自由電子レーザー	5.0%

5.3 国内外の大学研究機関等からの技術反映

(NISTEP REPORT No.160”民間企業の研究活動に関する調査報告2013

文部科学省 科学技術・学術政策研究所(2014年9月)より 編集)

役立った段階	国内機関	海外機関
研究テーマの探索	36.7%	46.6%
研究テーマの決定段階	32.2%	34.5%
基礎研究実施段階	64.0%	51.3%
開発・実用化段階	50.0%	31.9%
事業戦略立案段階	9.4%	9.9%
役立ったものは無い	9.2%	18.1%

5.4 国内外大学・研究機関からの技術情報導入手段

(NISTEP REPORT No.160”民間企業の研究活動に関する調査報告2013
文部科学省 科学技術・学術政策研究所(2014年9月)より 編集)

導入内容	国内機関	海外機関
学術論文などの公開研究資料	56.0%	68.8%
共同研究や委託研究の成果	77.5%	38.8%
研究者の人事交流(除インターシップ)	30.2%	20.7%
寄付金による研究	36.2%	8.7%
産学連携本部や窓口からの情報	17.0%	4.0%
ライセンス契約を伴う技術導入	20.5%	12.7%
ライセンス契約を伴わない技術導入	32.2%	20.3%
役立ったことは無い	6.6%	15.2%

5.5 国内外の大学・研究機関との連携での問題点

(NISTEP REPORT No.160”民間企業の研究活動に関する調査報告2013文部科学省
科学技術・学術政策研究所(2014年9月)より編集)

(国内大学・機関対象社:915社、海外大学・機関対象283社)

項 目	国内	海外
実用化に繋がる研究成果が少ない	46.2%	20.5%
受け手側の研究費の使用制約がある	15.4%	5.7%
企業の情報が他社に漏れる	11.8%	8.5%
研究のスピードが遅い	33.9%	7.4%
契約が煩雑で時間がかかる	23.8%	18.4%
仲介組織の機能が不十分	12.7%	5.3%
特許化での問題	17.8%	11.7%
使用許諾条件が厳しすぎる	14.8%	12.4%
企業の支出する額が高いこと	15.1%	15.9%
問題ない	17.3%	11.3%

5. 6 調査報告書から示唆される連携上の課題

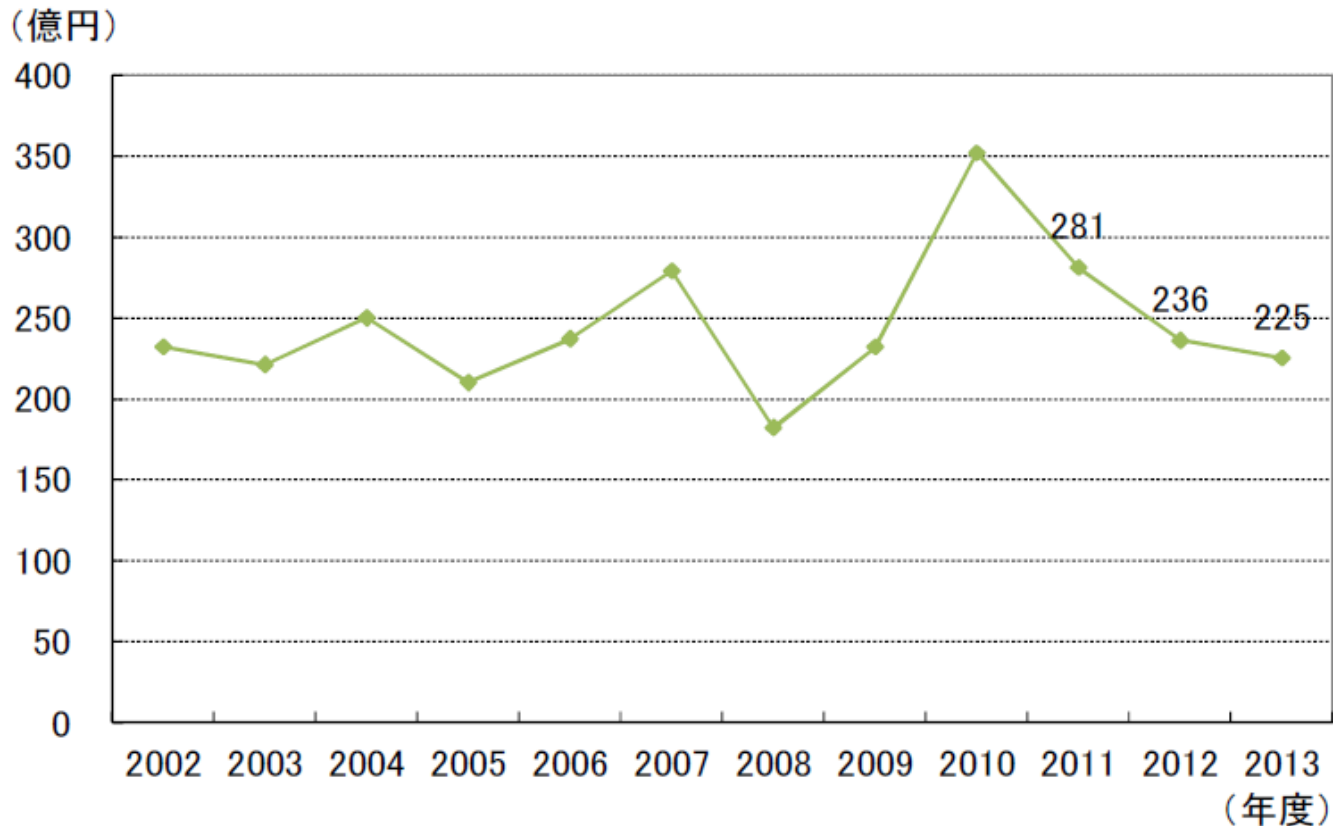
- 原子力関係の研究機関や大学の所有する**先端科学機器・装置の利用**は活発で、工業力向上に役立っている。今後も、さらに科学技術の発展のために**共用施設の整備**(研究炉や放射線照射装置、粒子加速器、大出力レーザー装置、NMRなど)も整備し技術サービス面も充実することを期待
- 企業からの**委託研究**や企業との**共同研究**は大きな効果があり、原子力関係も含め今後も**継続・活性化**を期待
- 研究の情報は、企業の研究企画や基礎研究から実用化開発まで広い範囲に使われることから企業との連携の契機になるよう**研究成果の情報開示をスピーディ**に行うことを期待
- 大学や研究機関の**研究論文**や**非公式な技術者同士の情報交換**も有効な情報源であり、原子力学会などに介在機能の拡張を期待
- 大学や研究機関の**スピードが遅い**ことや、**実用化につながらない**との指摘もあり、**研究の内容や管理の充実**を要望

6. 研究開発資金

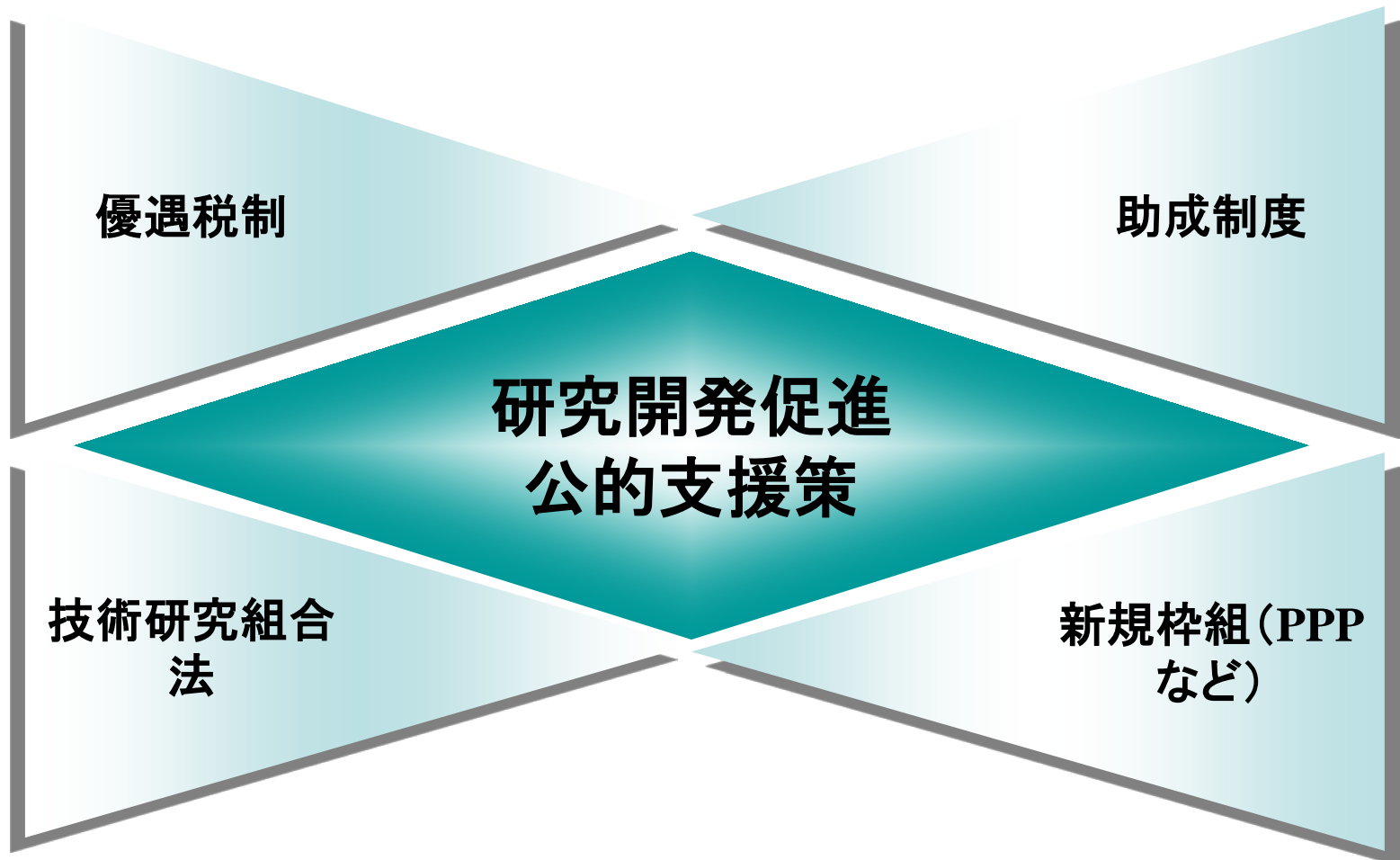
6.1 鈾工業における研究開発費の経緯

原子力発電に係る産業動向調査2014(2013年度調査)報告書
2014年12月発行 原子力産業協会 より転載

鈾工業他における原子力関係研究費の推移



6. 2 民間の研究開発を財政面で支援する枠組み



6.3 官民連携(Public Private Partnerships)による 新たな研究開発スキーム構築

- 研究開発プロジェクトスキームの提案

新たなスキームは、「テーマ設定」、「スピード管理」、「評価体系デファクト標準化」などの要素を含み、さらに“実用指向性”、“連携の主体性のバランス”等の視点から以下の3のタイプを評価・選定

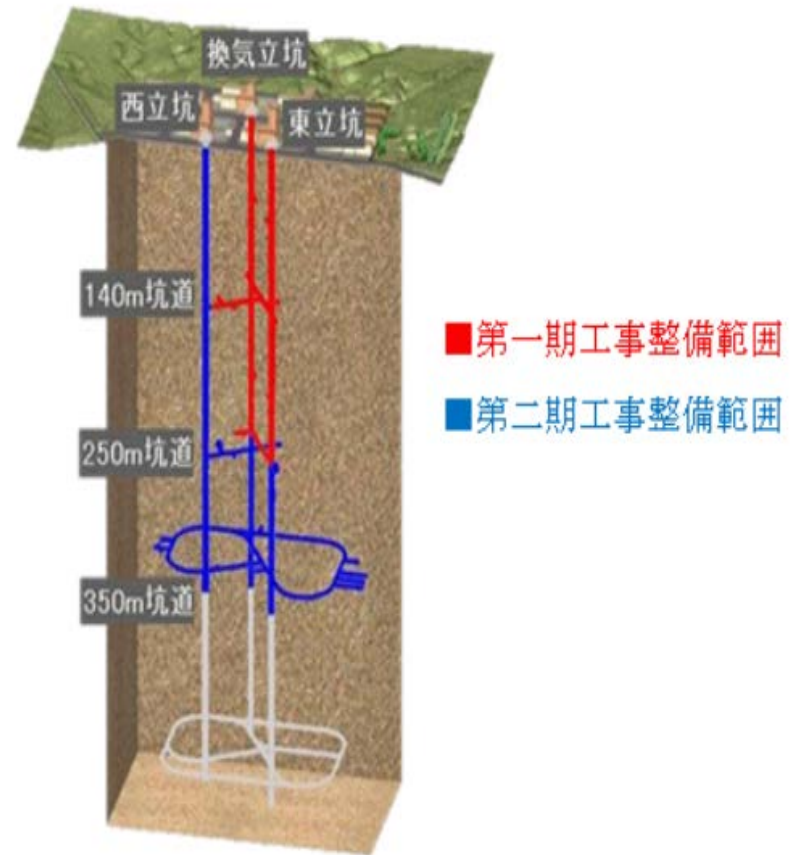
	包括アウトソーシング型	技術開発設備投資型	研究開発ファンド型
実用指向性 連携バランス	△ 官>民	○ 官=<民	◎ 官<<民
スキーム概要	基礎研究等の必要な業務を包括的に取扱い、PDCA実践による実効的な展開を図る	技術応用や基盤技術導入での製品化・システム化等の目的性の高い領域で効果的展開を実現	技術移転や転用・改良等実用性拡大に向けたスキーム。投資判断視点や技術保有企業M&A等も視野。
適用導入例 参考事例	* 大型装置利用 * 機器製作+実験 参考) 幌延PFI事例	* 応用研究 * 製品化・システム化 * ビジネスモデル化	* 技術移転 * 技術転用・改良 * 技術企業M&A

6. 4 PFI の研究機関実施例

(日本原子力研究開発機構 幌延深地層研究計画地下研究施設整備事業
大成建設 ホームページより転載)

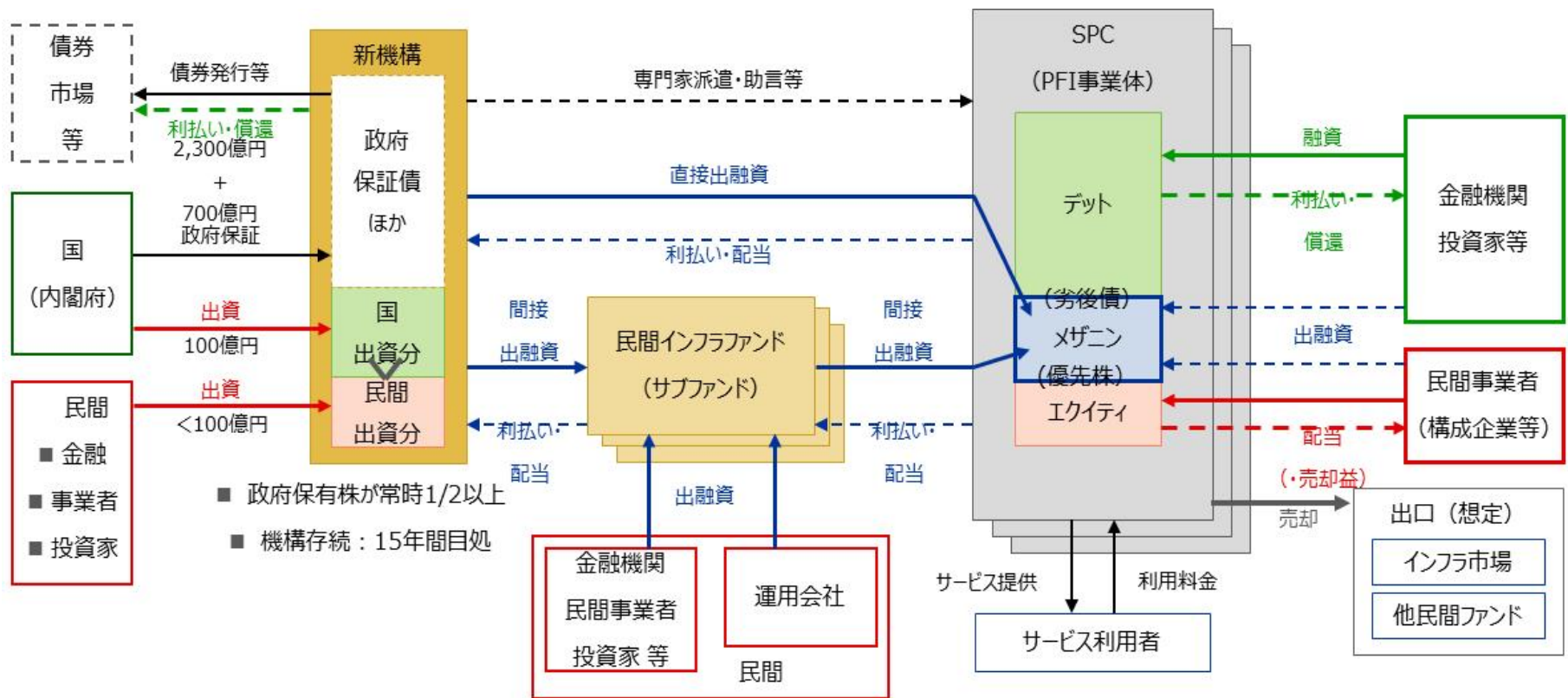
プロジェクトの概要: 日本原子力研究開発機構の高レベル放射性廃棄物の地層処分技術の研究・開発のための地下研究施設を整備し、第一期施設の維持管理・研究支援を行いつつ、第二期工事を推進、竣工後は第一期・第二期施設の維持管理・研究支援を行う

地下研究施設は大規模であるため、実験施設の整備と維持管理、研究支援を包括してアウトソーシングするPFI事業であり、計画・実施の確実性(PとD)と効果的な履行モニタリング(CとA)の仕組みを備えている点が特徴といえる。



6.5 官民連携インフラファンド事例

- 民間資金導入を促進しインフラ投資市場を育成機能を担う（株）民間資金等活用事業推進機構（官民連携インフラファンド）を設立（平成25年10月）



- 機構による出融資の対象は、メザンを基本としつつ、必要に応じてエクイティやデットもあり得る
- コンセッションの場合、資本・負債に対する資産は「公共施設等運営権」

「おわりに」にかえて

研究開発における国、大学、研究機関、企業への期待

