

資料2

第4回FaCT評価委員会
平成23年2月22日



FBRサイクルの導入効果と 開発に要する費用について

平成23年2月22日

日本原子力研究開発機構

次世代原子力システム研究開発部門



本資料の内容

- FBRサイクルの導入による効果およびFBRサイクルの開発に要する費用について示す。



FBRサイクルの導入効果



FBRサイクルの導入により得られる主な効果

① ウラン資源の有効利用とエネルギーセキュリティの向上

- ✓ FBRサイクルの早期導入によって、海外のウラン資源に依存しない原子力利用が実現でき、**ウラン資源の枯渇や供給停止への不安を払しょく**できる。(原子力政策大綱)

② 放射性廃棄物による負荷の低減

- ✓ FBRサイクルの導入によって、**高レベル放射性廃棄物の発生、処分等の負荷を低減**し、長期間にわたって持続的な原子力利用が可能となる。(原子力政策大綱)

③ 国家安全保障・基幹技術としての基盤の保持

- ✓ FBRサイクルは国家存立の基盤に関わる研究開発の一つとして、**国の安全保障と科学技術基盤の構築に貢献**する。その実現により、我が国が国際的な優位性を保持し、国民生活の安全を確保していくことが可能となる。(第4期「科学技術に関する基本政策について」の答申)

④ 国際的なリーダーシップの発揮と競争力の維持・向上

- ✓ 国際標準炉として炉とシステムを一体として開発することにより将来のシステム輸出につながる。また、**経済性・安全性・核拡散抵抗性に優れた世界最新の取組**において、**安全設計・基準を含めて我が国がリード・貢献**していくことは**国際的なリーダーシップの発揮**につながる。

⑤ 将来の発電コスト低減による国民経済への利益

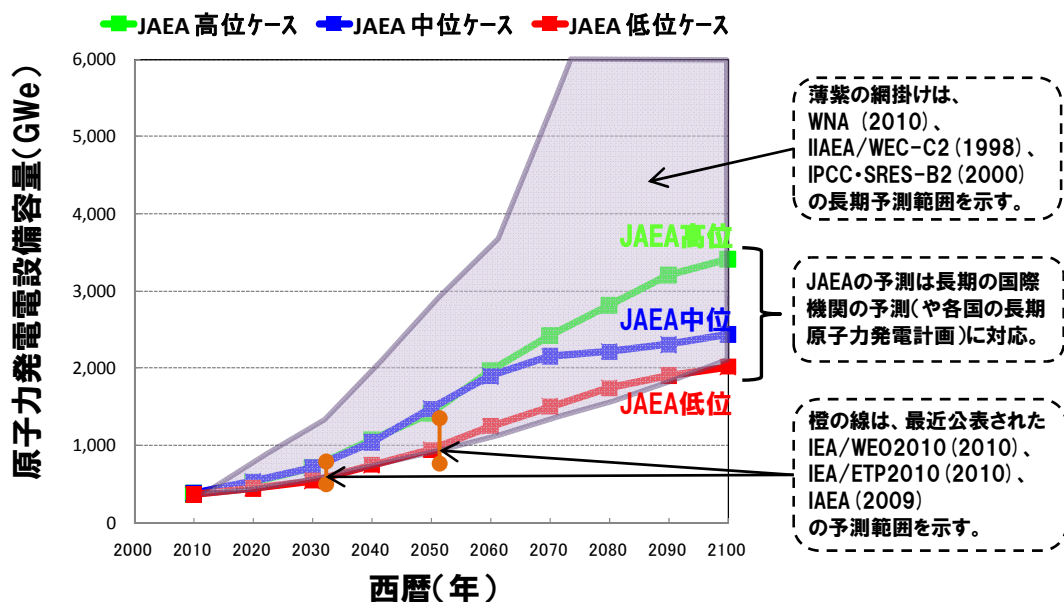
- ✓ 革新技術開発により、**建設単価ひいては発電コストの低いプラントの導入が可能**となる。将来においてウラン資源の価格高騰や供給停止が懸念されるとしても、一定の低水準の価格の電力を安定供給でき、**我が国経済に利益をもたらす**こととなる。



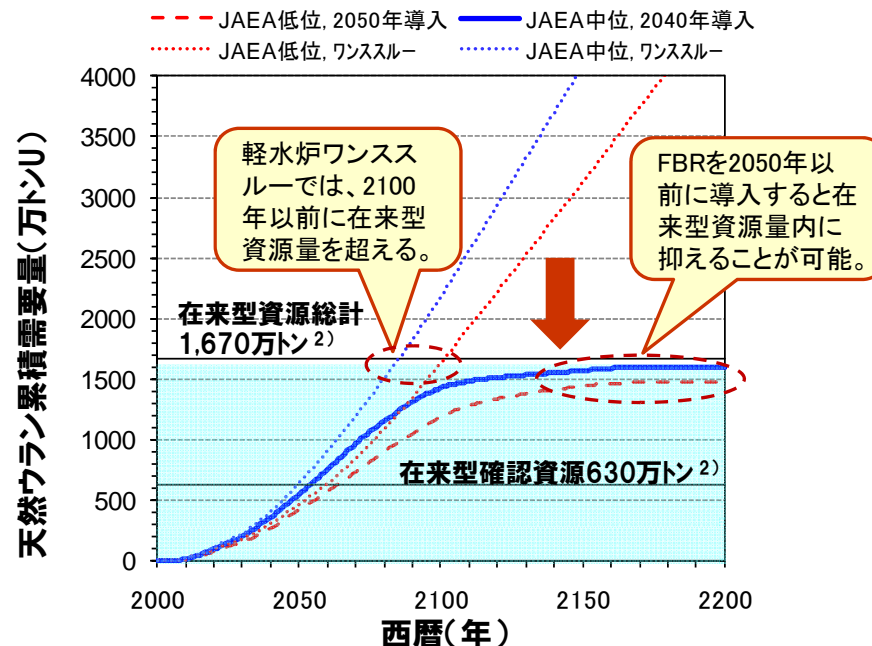
① ウラン資源の有効利用とエネルギーセキュリティの向上

- 将来の原子力発電電力量として、近年の他機関による予測の低位あるいは中位と同等なケース(JAEA低位～中位ケース)を想定しても、軽水炉ワンスルーでは、21世紀終盤には在来型資源総計1,670万トン*の天然ウランを消費し尽くす。上記を防止するためには、天然ウラン資源をほとんど消費しないFBRを遅くとも2040年から2050年までに本格的に導入する必要がある。
- 日本は、FBR導入によって最終的にウラン資源の海外依存から脱却可能となり、エネルギーセキュリティの確保につながる。

*) 副産物として生産されるウランや海水ウラン等の非在来型ウランは、資源として利用する上で不確実性が高いことから、含めていない。



主要機関およびJAEAによる原子力発電電力量の将来予測¹⁾



天然ウラン累積需要量の推移(FBR導入と軽水炉ワンスルー)³⁾

1) IIAEA/WEC: "GLOBAL ENERGY PERSPECTIVES", IIAEA/WEC (1998), IPCC/SRES: "Special Report on Emissions Scenarios", IPCC (2000), WEO: "World Energy Outlook 2010" IEA (2010), ETP: "Energy Technology Perspectives" IEA (2010), IAEA: "Energy, Electricity and Nuclear Power Estimates for the Period up to 2030, 2009 Edition" IAEA (2009), WNA: "The WNA Nuclear Century Outlook" WNA (2010)

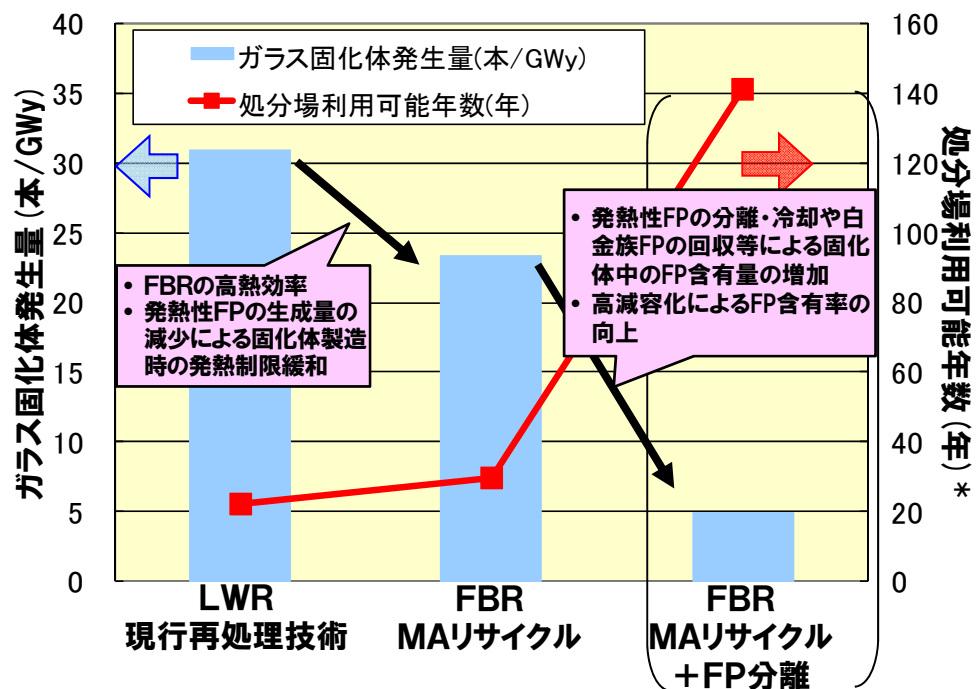
2) Uranium 2009, OECD/NEA-IAEA

3) 日本原子力研究開発機構試算



② 放射性廃棄物による負荷の低減(1/2)

- FBRサイクルでは、高熱効率等により、**高レベル放射性廃棄物(ガラス固化体)の発生量を減少**できる可能性がある。



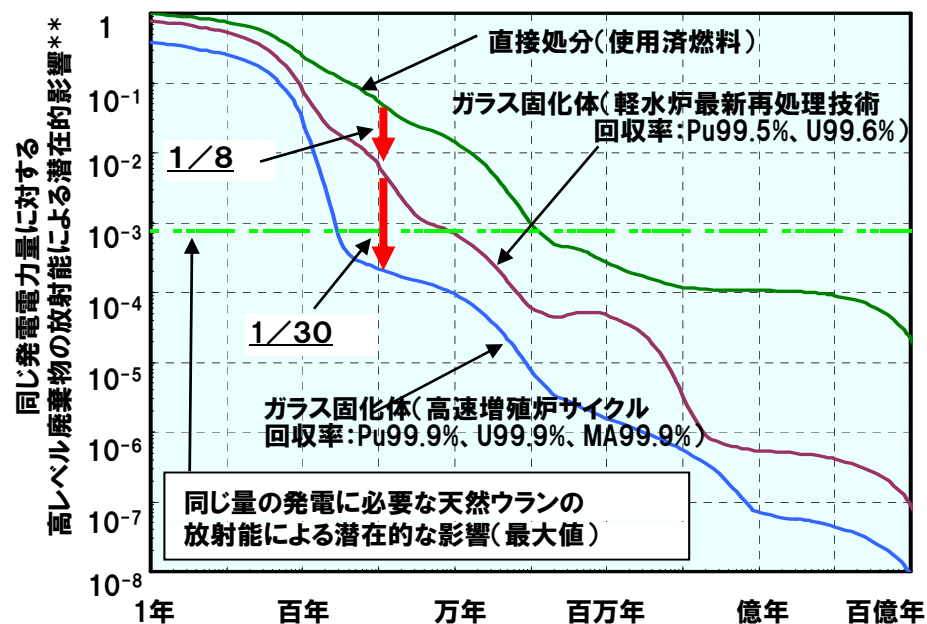
*)処分場利用可能年数 (年)

原子力発電設備58GWeとして、各処理技術を適用した場合に、ガラス固化体4万本処分可能な処分場を満杯にするのに要する期間を示す。



② 放射性廃棄物による負荷の低減(2/2)

- FBRサイクルにおいてマイナーアクチノイドをリサイクルすることにより、**潜在的な有害度を小さくすることが可能**であり、高レベル放射性廃棄物に起因する環境への負荷を低減することが期待できる。



**)高レベル放射性廃棄物と人間との間の障壁は考慮されておらず、高レベル放射性廃棄物の実際の危険性ではなく、潜在的な有害度を示している。使用済燃料の1年目の潜在的影響を1とした相対値。



③ 国家安全保障・基幹技術としての基盤の保持

- FBRサイクルを導入することにより、独自のエネルギー源を確保することが可能となり、**国の安全保障につながる。**
- FBRサイクル技術の開発は、科学技術における新領域開拓に向けた独自の**科学技術基盤の構築につながる。**
- その実現により、我が国が**国際的な優位性を保持し、国民生活の安全を確保**していくことが可能となり、**国家存立基盤を保持することに貢献する。**
- 以上のことから、FBRサイクルは、総合科学技術会議の第4期「科学技術に関する基本政策について」の答申の中で、「**国家安全保障・基盤技術の強化**」のための**技術の一つとして位置付けられている。***

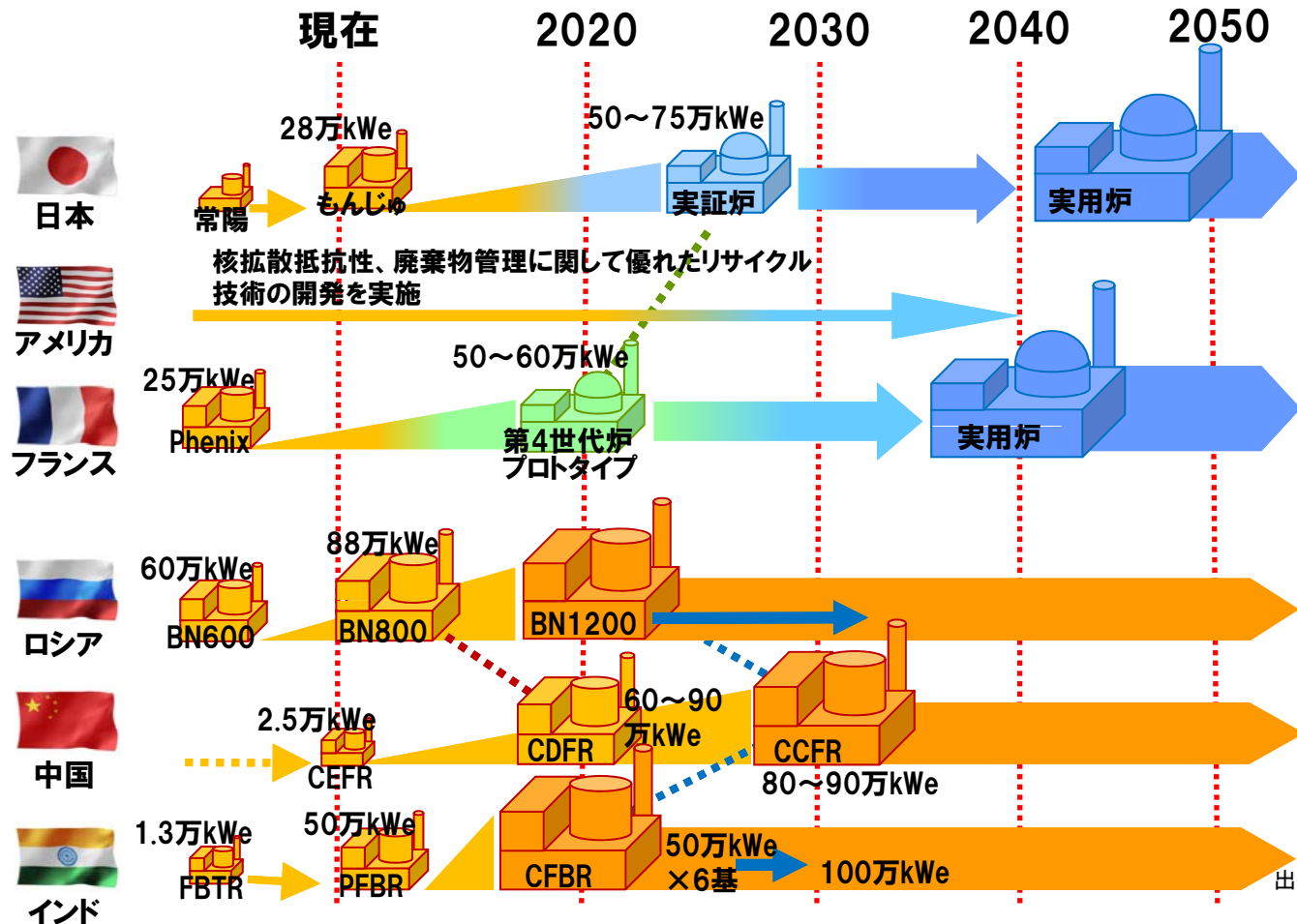
* <http://www8.cao.go.jp/cstp/output/toushin11.pdf> を参照。

上記答申では、「国家安全保障・基盤技術の強化」の実現に向け、国主導で研究開発を行うプロジェクトが創設されること、その際、第3期基本計画における「国家基幹技術」の成果が活用されること、とされている。「第3期基本計画」において、FBRサイクル技術は、国が主導する一貫した推進体制の下で実施され世界をリードする人材育成にも資する長期的かつ大規模なプロジェクトにおいて、国家の総合的な安全保障の観点も含め経済社会上の効果を最大化するために期間中に集中的な投資が必要なものとして「国家基幹技術」として取り組まれてきた。



④ 国際的リーダーシップの発揮と競争力の維持・向上(1/2)

- 「ロシア、中国、インド」及び「仏、日本」はアプローチは異なるものの、それぞれ**2030年頃**および**2040～2050年頃の実用化**を目指して開発
- 第4世代原子力システム国際フォーラムを通じた、国際協力のもとに**高速増殖炉技術の開発が進められている**



出典：IAEA主催International Conference on Fast Reactors and Related Fuel (2009年12月) 等



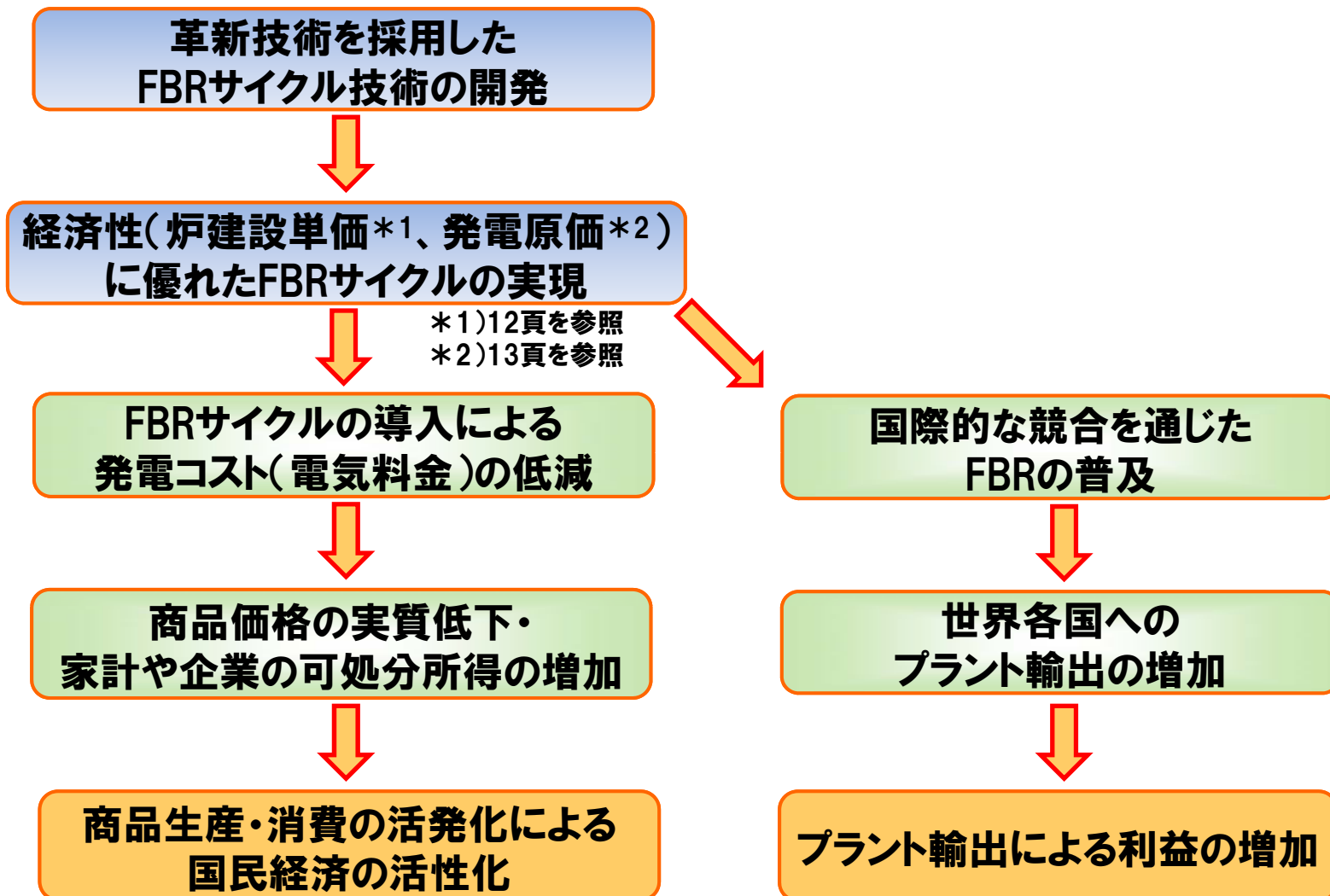
④国際的リーダーシップの発揮と競争力の維持・向上(2/2)

- わが国の原子力産業は、重要な輸出インフラとして位置付けられているが、FBRサイクルの技術開発・実用化によって、**原子力分野での国際的なリーダーシップと競争力を長期的に維持できる。**
 - ✓ 軽水炉建設に代表される原子力産業は、**輸出増による経済成長への寄与が期待されている。**併せて、積極的な国際展開が、技術力の維持や人材育成につながり、**国内原子力システムの安全・安定運転の促進も期待できる。**
 - ✓ 一方、近年、多くの国がFBR開発に着目しているが、長期間にわたって推進してきたFBRサイクルの研究開発成果に加え、常陽、もんじゅ等の運転経験を活用できる我が国は、**安全性と信頼性に優れ、経済競争力のある第4世代原子力システムとしてのFBRサイクルを率先して開発・実用化し、世界の持続的な原子力利用に貢献する責務がある。**
 - ✓ FBRの安全性等に関する基準類やガイドラインの策定にあたっては、我が国がリーダーシップを発揮しつつ、技術的知見を有する米仏等と国際協力を進め、**我が国のFBRサイクル技術の国際標準化を目指している。**
 - ✓ FBRサイクルに関する技術開発と国際協力を通じ、我が国が開発した技術を国際標準として確立できれば、現在有している**原子力研究開発におけるリーダーシップや原子力産業分野での国際競争力の長期的な維持・向上が可能となる。**



⑤ 将来の発電コスト低減による国民経済への利益(1/3)

- FBRサイクルの開発・導入によって安価な電力を安定供給でき、これにより、**国民経済へ利益**をもたらす。さらに**プラント輸出による利益**も期待できる。

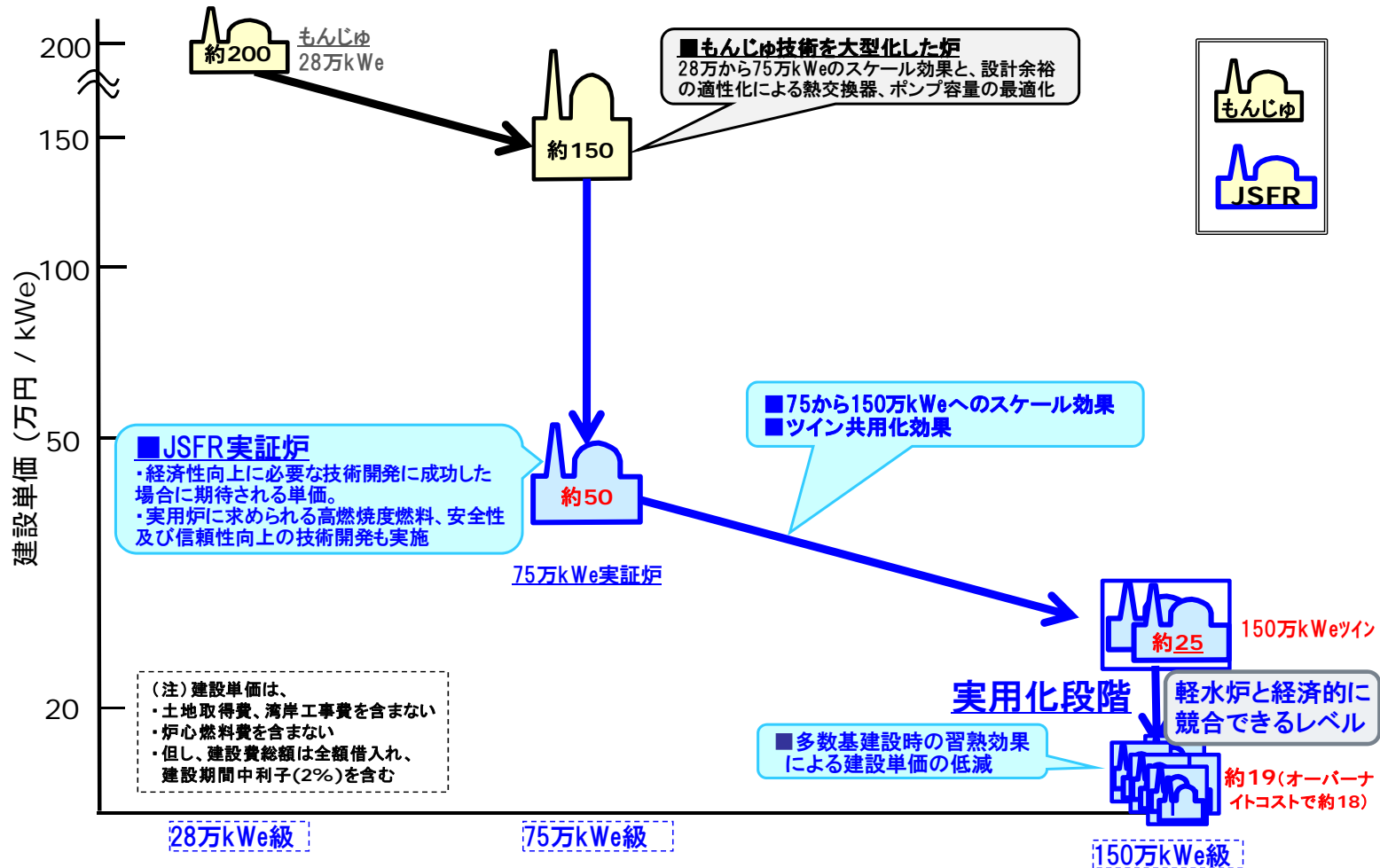




⑤ 将来の発電コスト低減による国民経済への利益(2/3)

— 炉の建設単価の低減 —

- 実証段階の75万kWe級では、もんじゅの技術を大型化した場合に比べ、経済性向上のための技術開発の成功により、**建設単価が1/3程度(約50万円/kWe)まで低減する。**
- 実用化段階の150万kWe級では、スケール効果や習熟効果等により、**建設単価が約19万円/kWeまで低減する。**





⑤ 将来の発電コスト低減による国民経済への利益(3/3) —FBRの発電原価の低減—

- 軽水炉の発電原価は、ウラン価格の上昇を考慮し、2050年時点の約2.9円/kWhから約4.8円/kWhまで上昇すると想定した。
- FBRの発電原価は、2050年の導入時点(FOAK)では約3.1円/kWh、将来(NOAK)は、約2.8円/kWhと評価した。
- FBRサイクルは、将来の軽水炉サイクルと比較しても十分に経済的に競合できる。

【主な前提条件と結果】(注1)

対象となる原子力発電施設	炉寿命	炉建設費 (円/kWe)	設備 利用率	熱効率	燃焼度 (MWd/tHM)	ウラン価格 (円/kgU)	発電原価 (円/kWh)
FBRサイクル	60年	FOAK:約25万 NOAK:約19万 ^(注2)	95%	約42.5%	炉心部 約15万	—	FOAK:約3.1 NOAK:約2.8
将来の軽水炉サイクル	80年	NOAK:約13万	97%	約40%	約7万	約1万 → 約10万 ^(注3)	約2.9～約4.8

(注1) FBRの建設費をはじめ、価格等は、2005年時点の金銭価値(為替レートも2005年時点の約110円/\$)を想定した。また、炉の革新技術の有無の影響を比較するため、燃料サイクルの革新技術は備えていると想定した。FBRの増殖比は1.1程度を想定した。

(注2) オーバーナイト(利子なし)の建設費は、約18万円/kWeとなる。

(注3) ウラン資源累積需要量が在来型ウラン資源量総計(約1670万tU)を超えた時点以降は、海水ウラン等の非在来型ウラン資源の価格も考慮した。



FBRサイクルの開発に 要する費用



炉の革新技術に対する技術開発費(投資額)

□ JSFR実証炉及び実用炉の開発では、2011～15年の技術開発費は約1,000～1,200億円となり、さらに2018年まで含めると約1,200～1,400億円* となる。

* 炉心燃料、保守・補修技術など長期間継続する技術開発は2018年までで区切った予算。

* 実証炉建設以降、実用炉までに必要な技術開発は計上していない。

	2011～15年の 技術開発費	2016～18年の 技術開発費 *
(1)概念設計	~約200億円	
(2)炉心燃料開発・安全向上技術開発	~約100億円	約70億円
(3)要素技術開発(機器・構造材料技術開発)	~約430億円	約80億円
(4)技術実証	~約470億円	約30億円
技術開発費合計	約1,000 ~ 1,200億円	約200億円
		合計約1,200～1,400億円



燃料サイクル技術に対する技術開発費(投資額)

□ 再処理技術及び燃料製造技術の開発では、2011～15年の技術開発費は約160億円となり、さらに2030年まで含めると約600億円*と見積もられる。

* 2030年までの開発費で、東海再処理施設、高レベル放射性物質研究施設、プルトニウム燃料技術開発センター第三開発室等の運転経費及び技術実証のための施設整備費・試験費は含まない。

	2011～15年の 技術開発費	2016～30年の 技術開発費*
(1)設計検討(再処理および燃料製造を含む)	約10億円	—
(2)再処理技術開発	約60億円	約230億円**
(3)燃料製造技術開発	約90億円	約230億円**
技術開発費合計	約160億円	約460億円**
		合計約600億円**

** 2016年以降の開発費は、今後検討していく技術実証の方法などにより増加する可能性がある。