

キャノングローバル戦略研究所
湯原哲夫、段烽軍

(株) イーツーエム
飯田式彦

高速炉の役割

平成28年2月5日

世界の課題

-地球温暖化抑制-

日本の課題

-廃棄物処理-

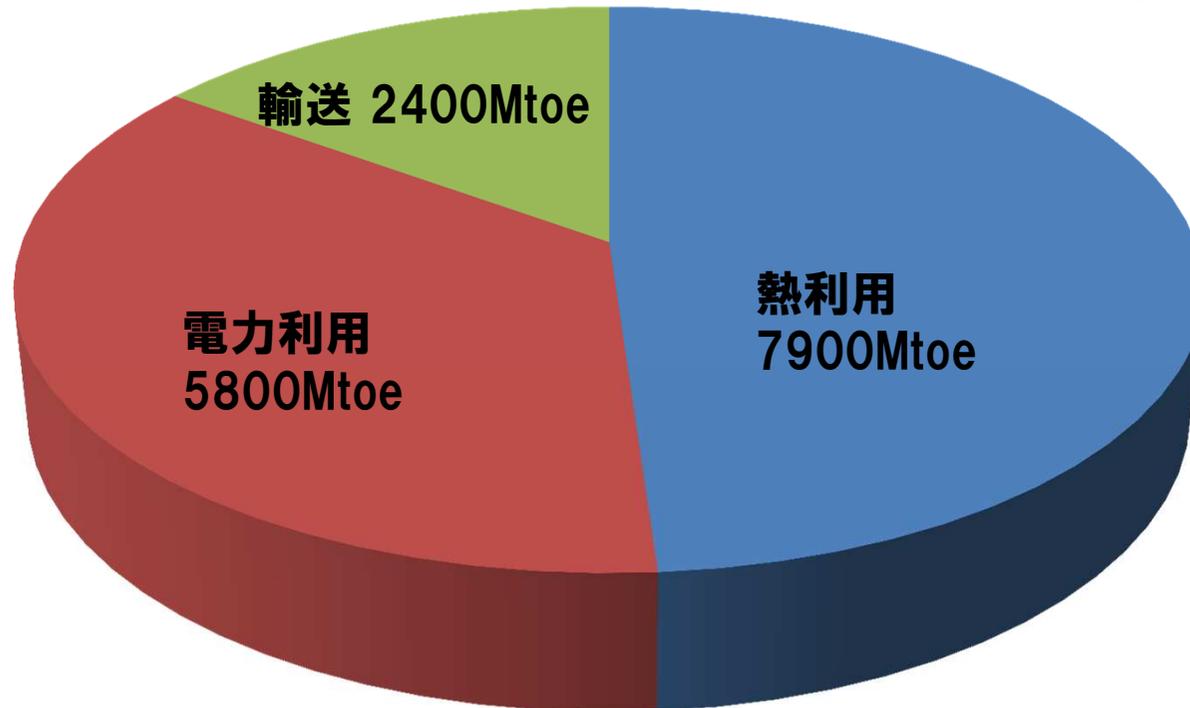
東南アジアの課題

-エネルギー構造の大転換-

2100年の世界のエネルギー需要

産業革命以前と比べて温度上昇を2°C以内に抑制するための
需給バランス

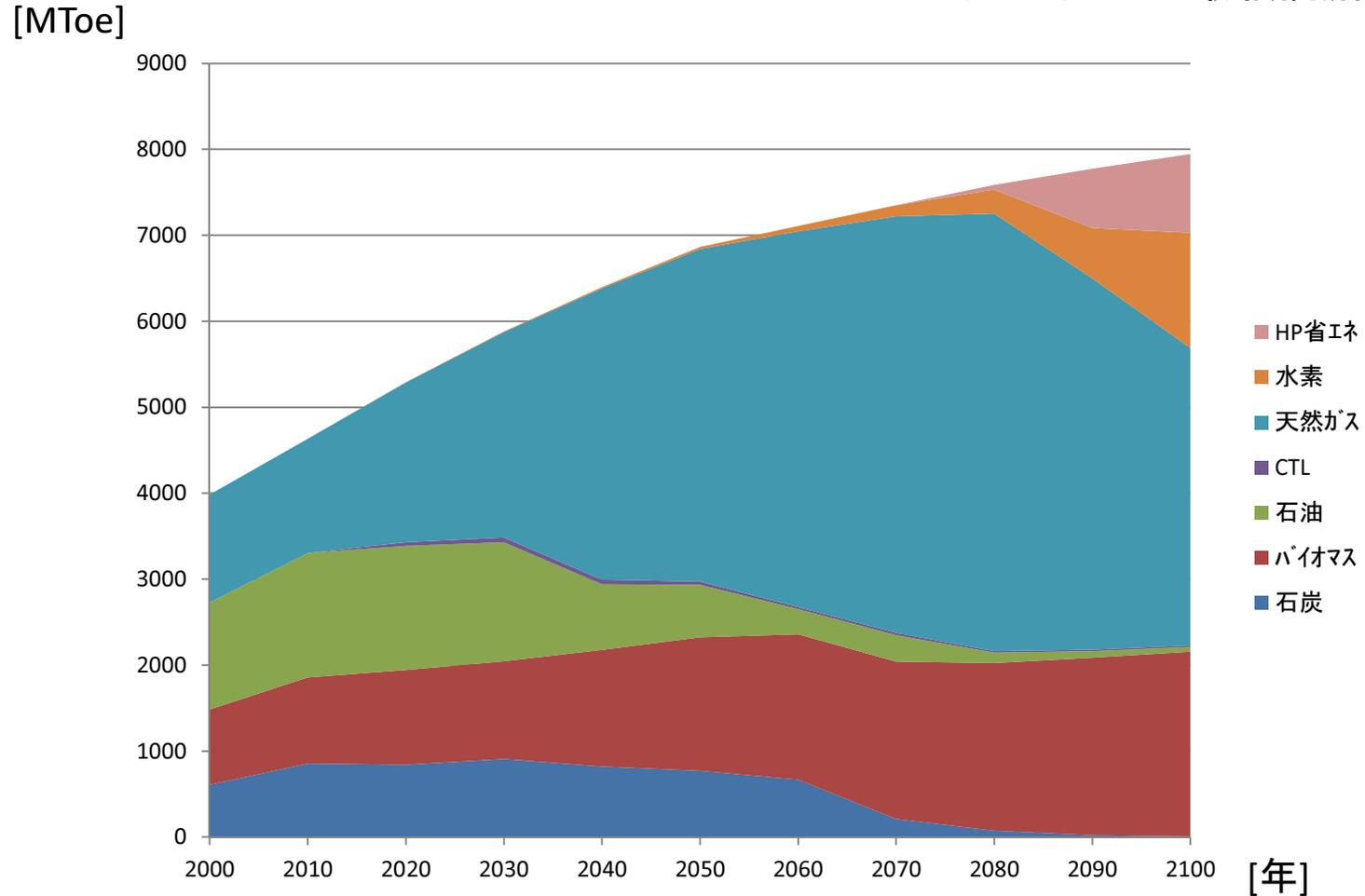
キャノングローバル戦略研究所
データより作成



Toe: 1トンの原油を燃焼させたときに得られる約42
ギガジュールのエネルギーを1ユニット

世界の熱供給構成の目標設定

キャノングローバル戦略研究所作成



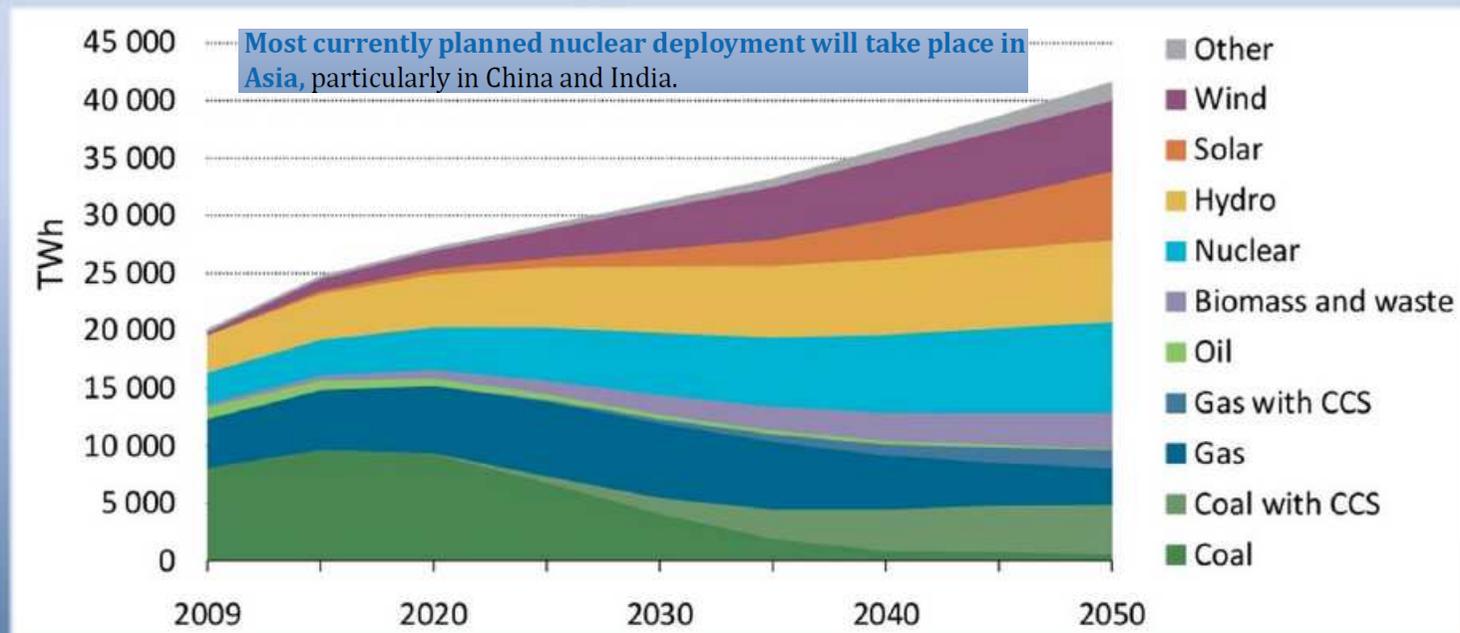
2050年以降、水素、バイオマスの利用拡大を期待

2100年の電源構成 と高速炉の役割

OECD/IEA の温暖化抑制シナリオ 2050年まで

IEA 2°C Scenario:

Nuclear is Required to Provide the Largest Contribution to Global Electricity in 2050



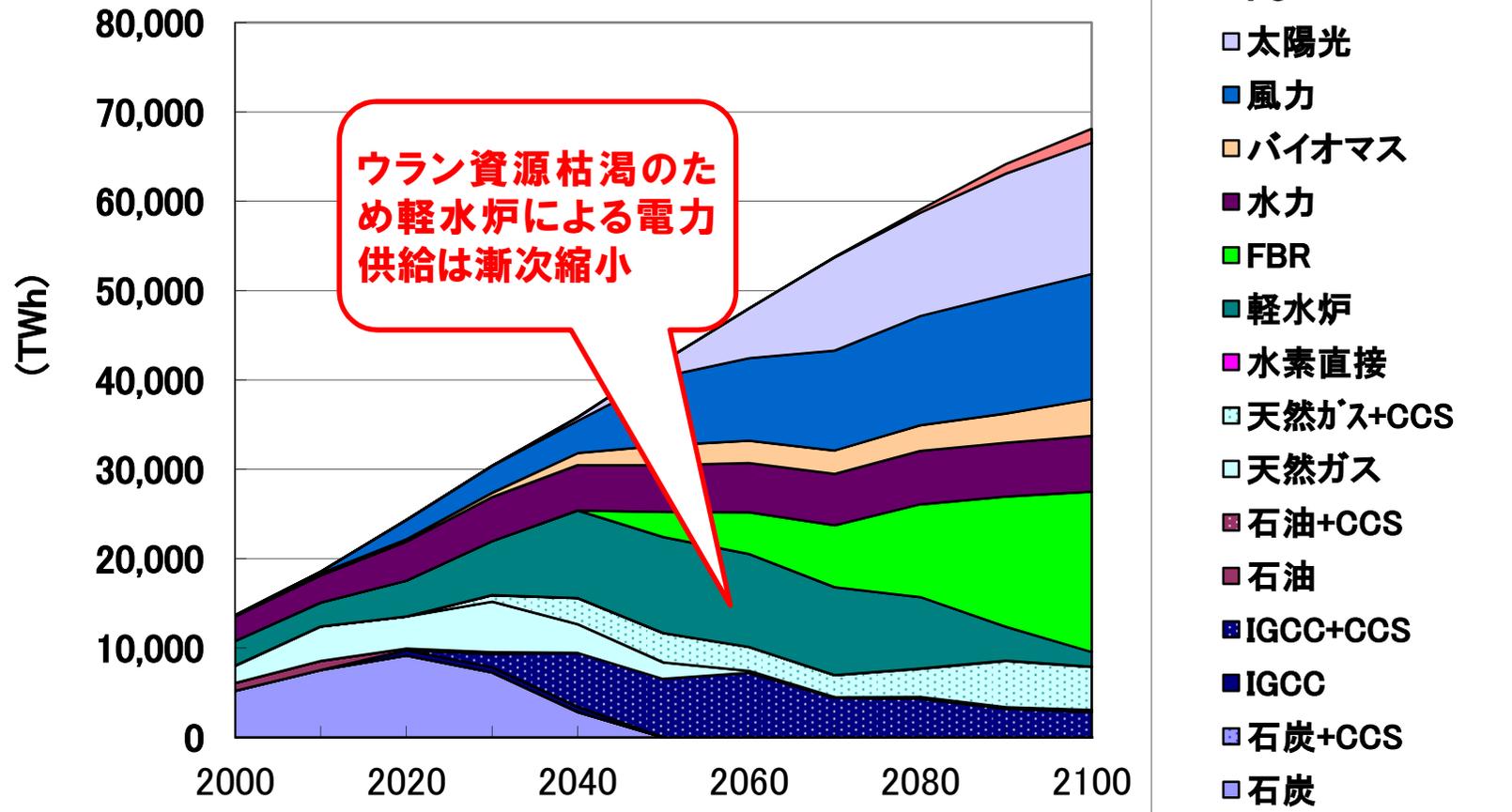
Source: IEA IEA: International Energy Agency

2050年以降→資源の枯渇、新たな巨大需要国
(東南アジア)の出現→新しいシナリオ必要性

世界の発電構成の目標設定

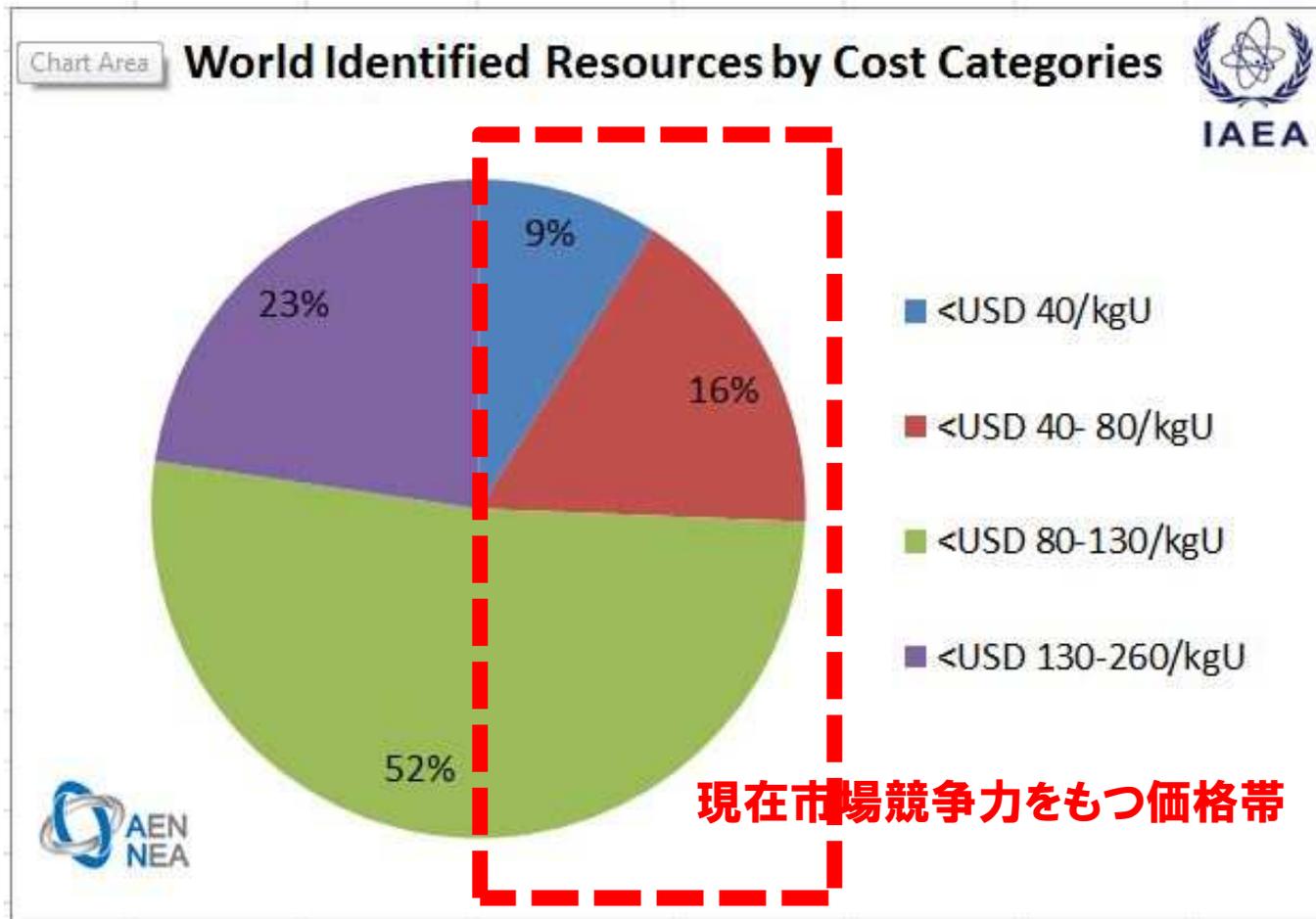
キャノングローバル戦略研究所作成

発電電力量内訳(世界計)



2050年以降に原子力発電の世代交代
(軽水炉から高速炉へ)

天然ウランの資源量

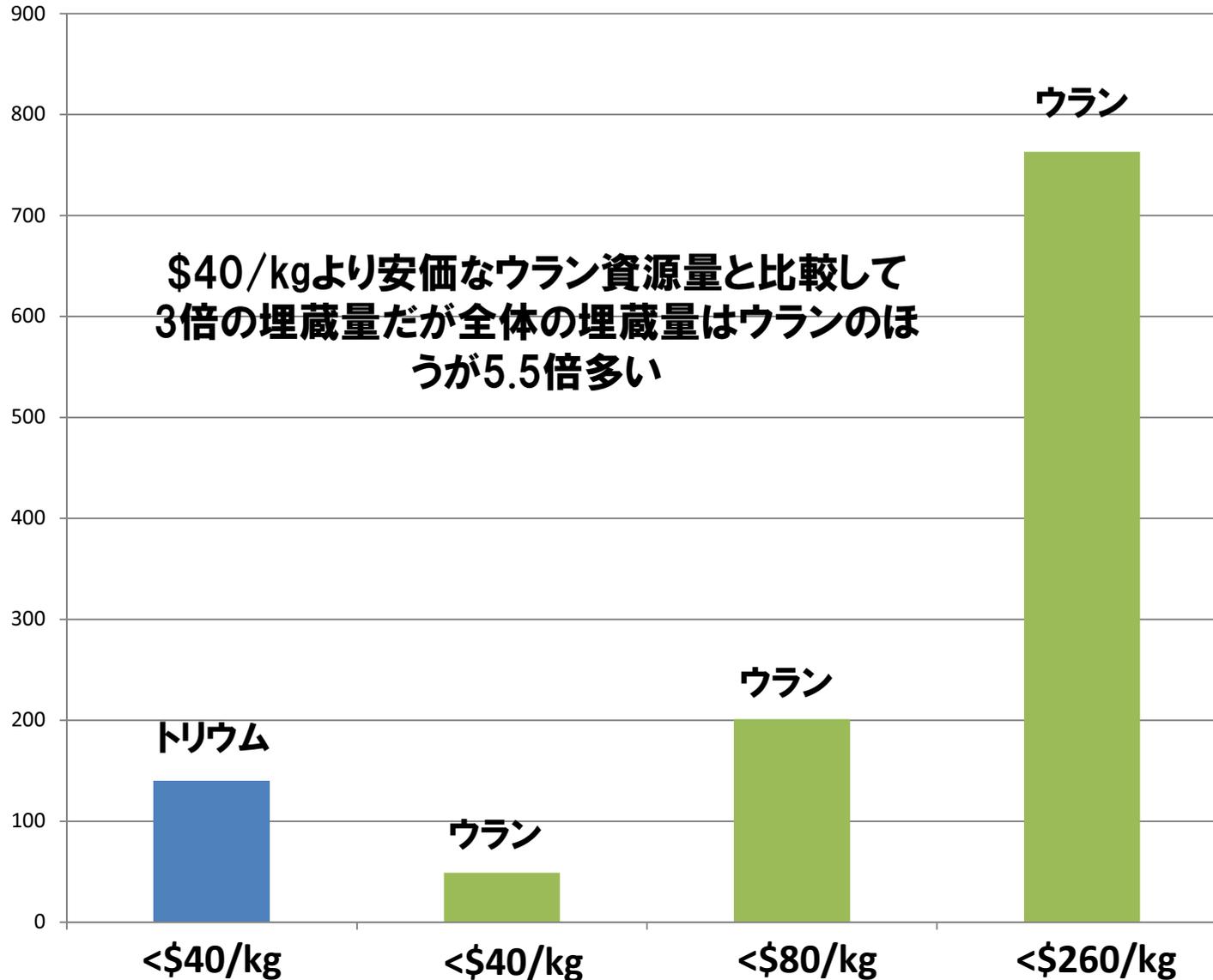


現在競争力ある価格帯 (7000円から11000円 /KgU) のウラン可採年数は77年→軽水炉で利用

トリウムとウランの確認埋蔵量比較

[万トン]

日本原子力学会誌、47 (12), 802(2005) および「エネルギー白書2015」第2章P187



トリウムとウラン:燃料サイクルの特徴比較

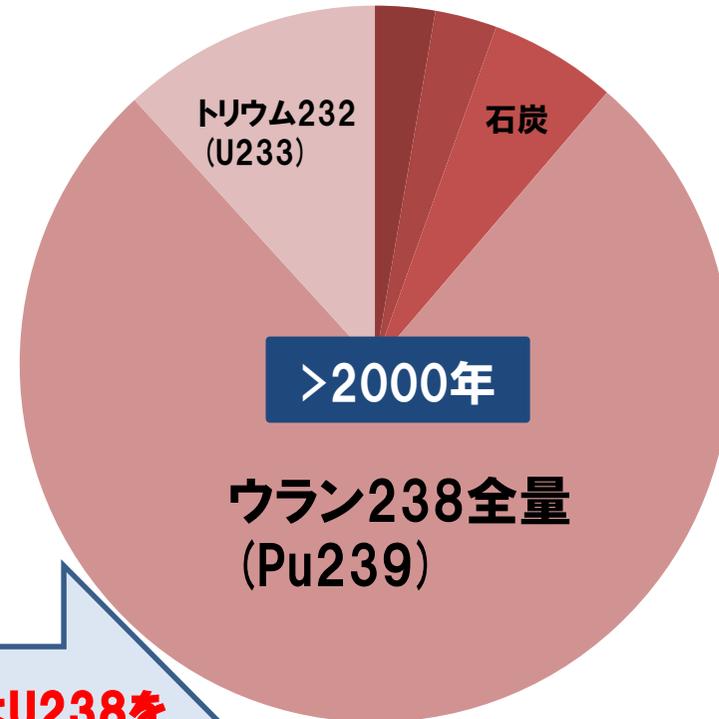
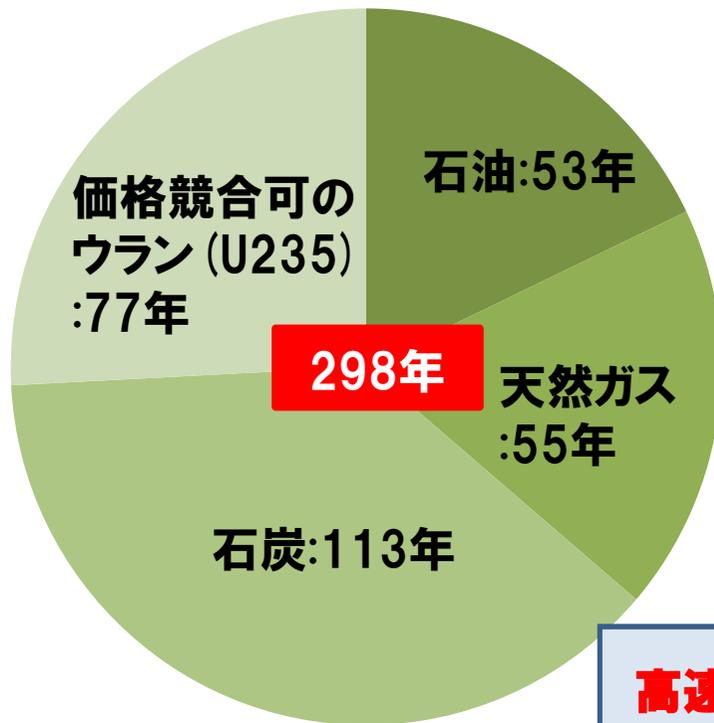
	親物質*	核分裂性物質	長半減期高レベル放射性廃棄物
天然ウラン	ウラン238 (天然ウランの 99.3%を占める)	プルトニウム 239	超ウラン元素 (Pu, Np, Am, Cm)
天然トリウム	トリウム232	ウラン233	トリウム同位体 (Th228,Th229) ウラン同位体 (U232,U233)

* 核分裂性物質ではないが、中性子を吸収して核分裂性物質に変わる物質のこと

長半減期の高レベル放射性廃棄物等の課題はともに同じ

有害度の解析結果については、CIGS報告書「高レベル放射性廃棄物の分離・変換に関する世界の動向調査と国内の廃棄物有害度低減に向けた提言」2014年10月

天然資源の可採・利用可能年数

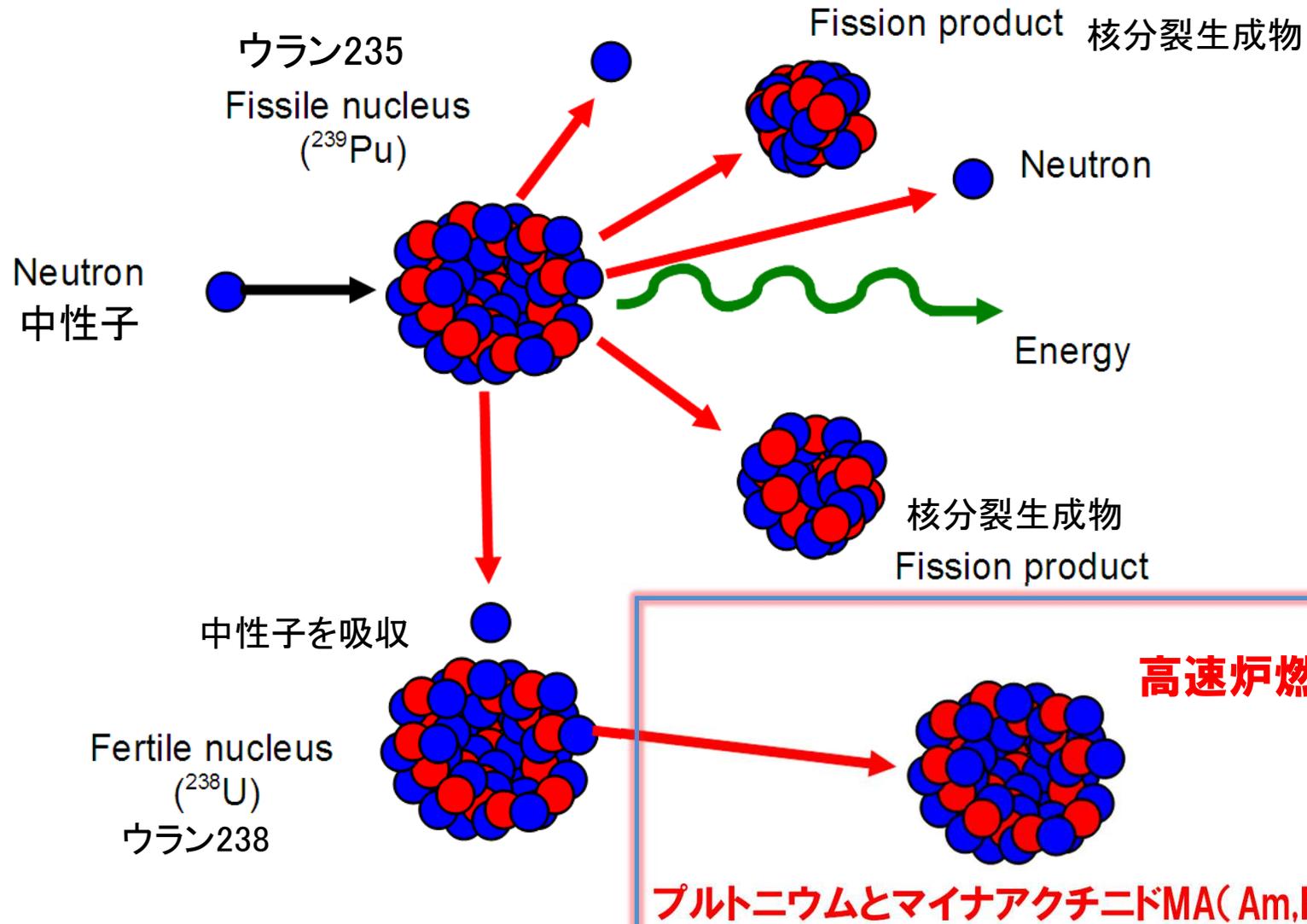


高速炉ではU238を利用可能(増殖)

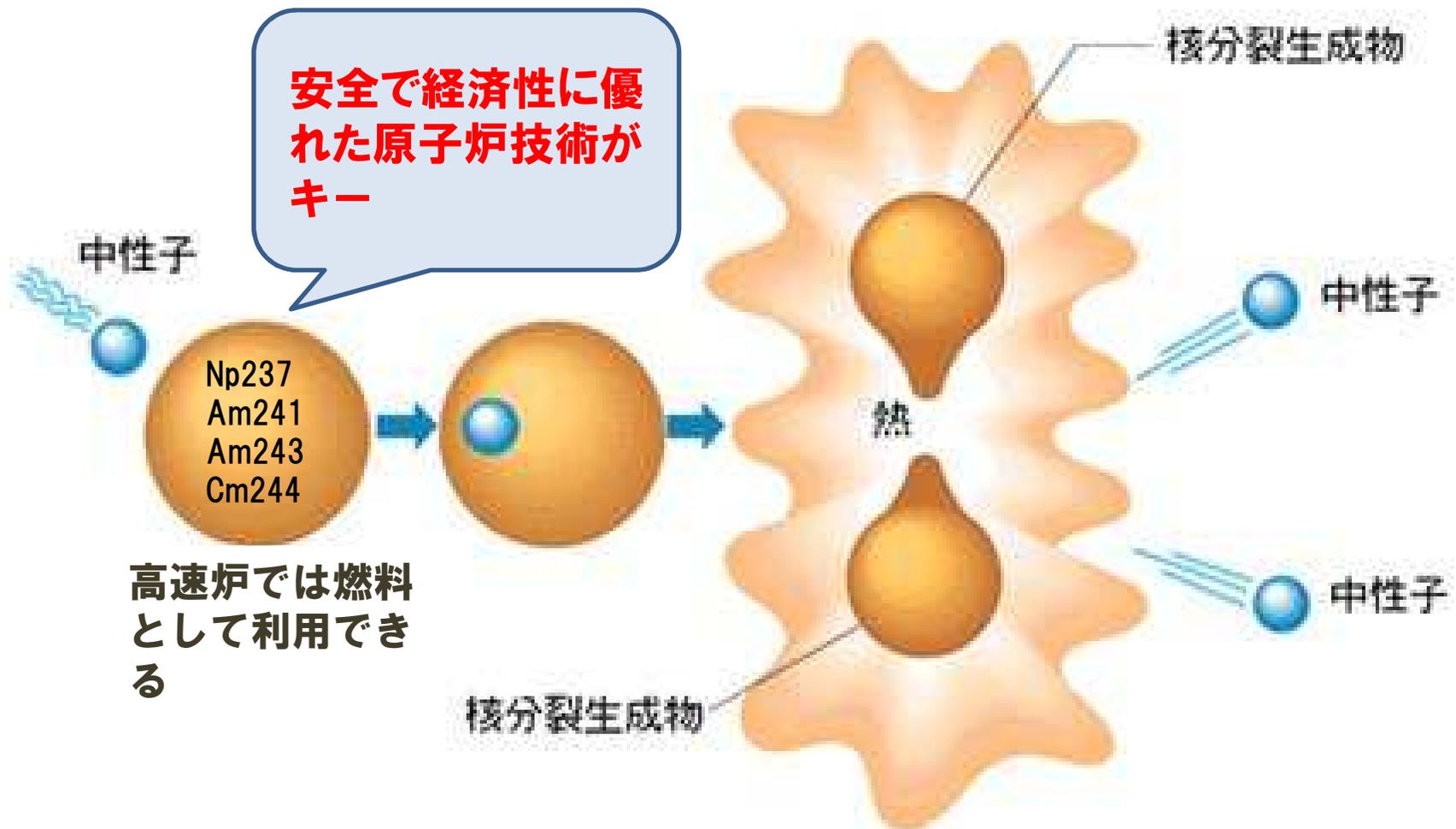
- 1)需要量は2013年基準
1)石油、天然ガス、石炭、可採年数は、「エネルギー白書2015」を参照
2)比較的短期的なウランの可採年数は、「Red Book」から市場競争力のある11000円/kg以下の埋蔵量を適用

- 1)遠い将来にわたるウランの埋蔵量は「エネルギー白書」より確認埋蔵量763万トン (<\$260/Kg)を適用
3)トリウム埋蔵量は140万トン
2)ウラン(Pu238)の利用年数は、298年後から電力需要の100%を高速炉で供給するとして評価

高速炉の燃料



高速炉ではMAを燃料として利用



<http://www.pref.aomori.lg.jp/sangyo/energy/001-2-3.html>

2012年仏報告書 各種高速炉の評価

主要原理	核分裂反応と各種冷却材			核破砕反応	
方法のオプション	ナトリウム冷却高速炉	ガス冷却高速炉	鉛冷却高速炉	溶融塩冷却高速炉	加速器駆動システム(ADS)
2012年評価結果	<ul style="list-style-type: none"> ・技術的に成熟している ・今後の技術的なリスクを実証炉建設・運転により低減できる 	<ul style="list-style-type: none"> ・高温熱利用の可能性はある ・長期間の開発が必要 	<ul style="list-style-type: none"> ・鉛の高い融点と構造材腐食の問題があり扱いにくい ・オプションから外す 	<ul style="list-style-type: none"> ・仏CNRSでトリウム溶融燃料(冷却材を兼ねる)の研究中 ・研究課題が多い 	<ul style="list-style-type: none"> ・高速炉2基に対してADS1基で同程度のMA処理性能を達成 ・余剰Pu消費のために高速炉との併存要
オプションとしての今後の対応	<p>実証のための原子炉建設計画をフランスで具体化する1500MWth(600MWe)</p>	75Mwtプラントの建設を視野にいれ、欧州コンソーシアムで検討を続ける	<p>検討から外す</p> <p>ロシアでは試験炉建設に着手、欧州ではルーマニアを中心に研究中</p>	長期(2050年を視野)の研究と位置付ける	ベルギー原子力研究センターで開発中、仏CNRSが共同開発(CNRS:国立科学研究センター)
高速炉と加速器駆動システム(ADS)の発電コストへの影響比較	<ul style="list-style-type: none"> ・高速炉システムは5~7%増加 ・加速器駆動システムは25%増加(コスト増加要因に相対的に多量のCmを含む燃料製造がある) 				

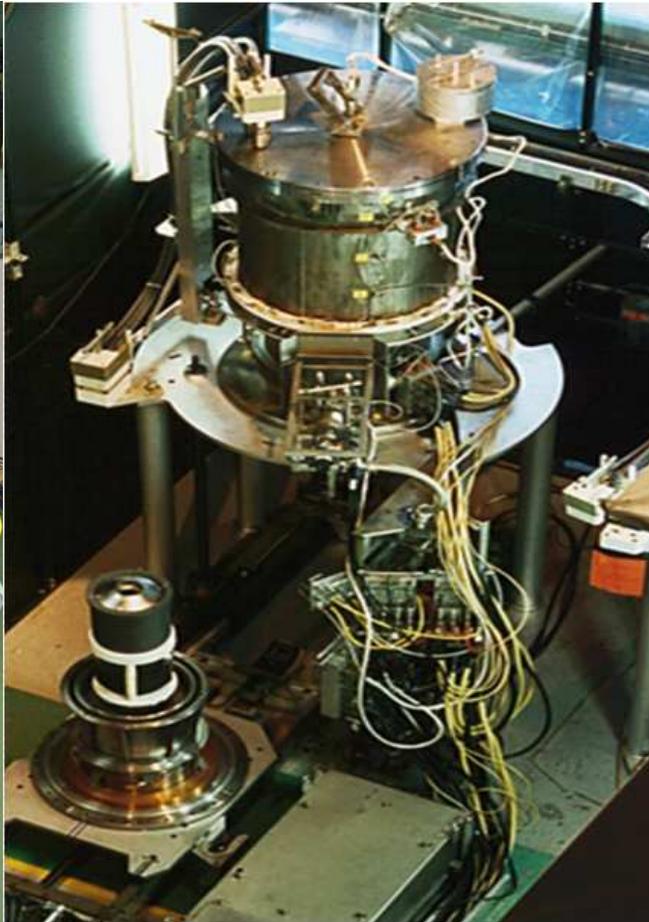


**米国エネルギー省公募で革新炉候補として採択された
2016.1.16**

MA回収率:乾式法で4400Kgの使用済み燃料、 ブランケットを処理:回収率~99.9%



固体陰極によりウ
ランを回収

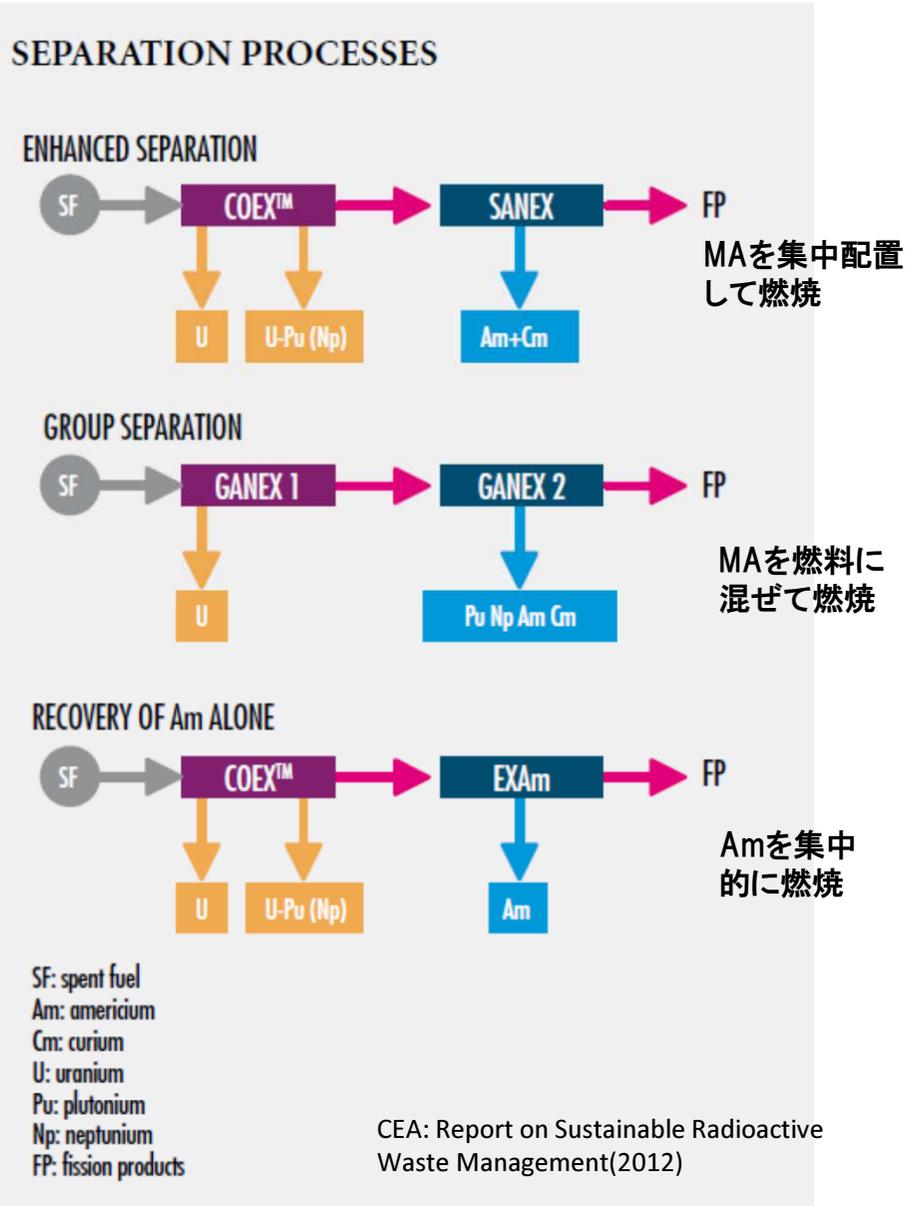


液体陰極によりPuと
MAを回収



廃棄物のゼオライト固化

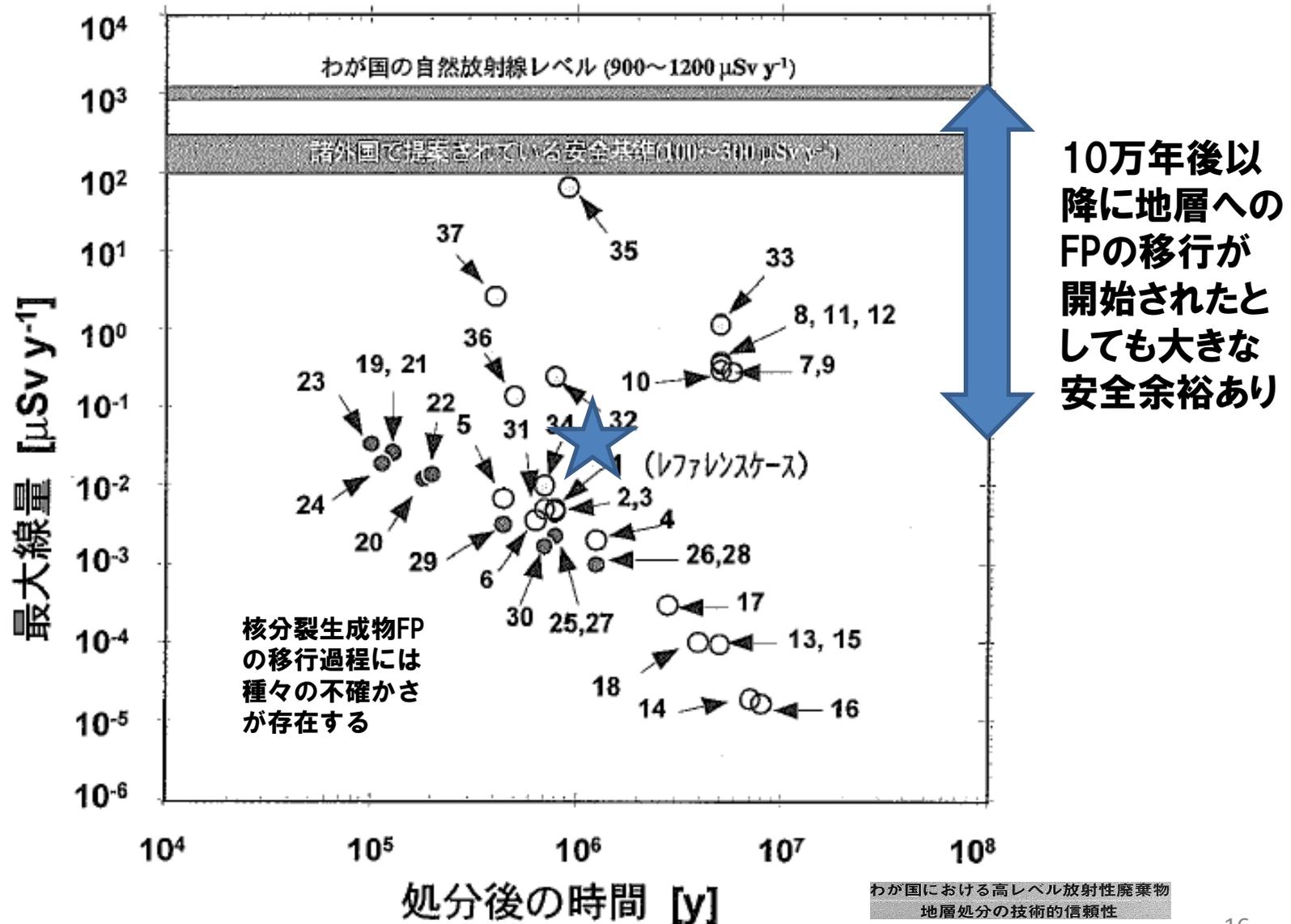
MA回収率: 湿式法で99.9%のMA回収に成功



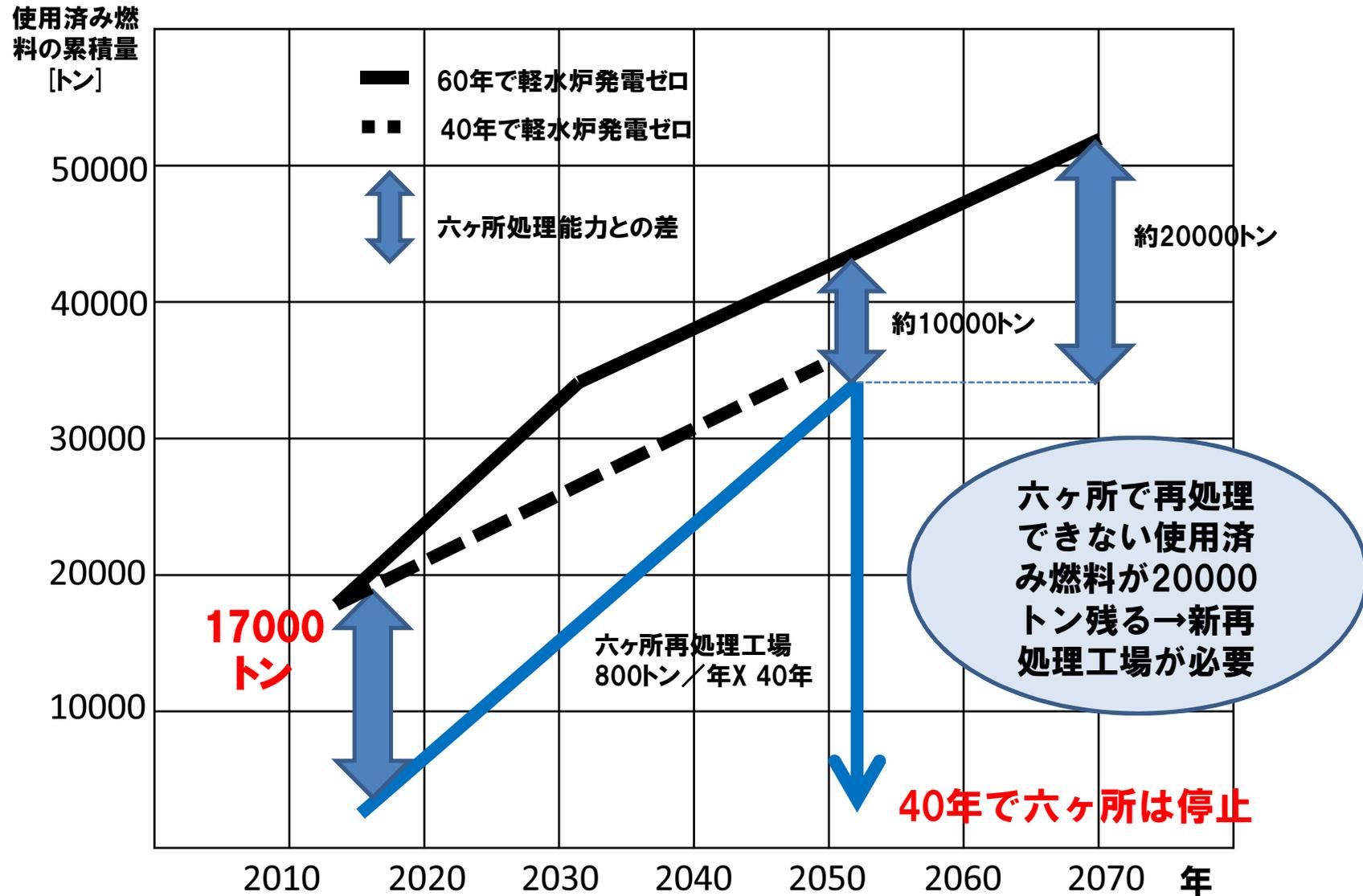
2012年報告書:
 数Kg試験を実施して
 99%を上回るMA回収率
 を確認した

2013年国際会議:
 SANEXプロセスで
 Am,Cmの回収率を
 99.9%に向上
 GANEXで99.5%の
 Np,Am,Cm,Puを回収

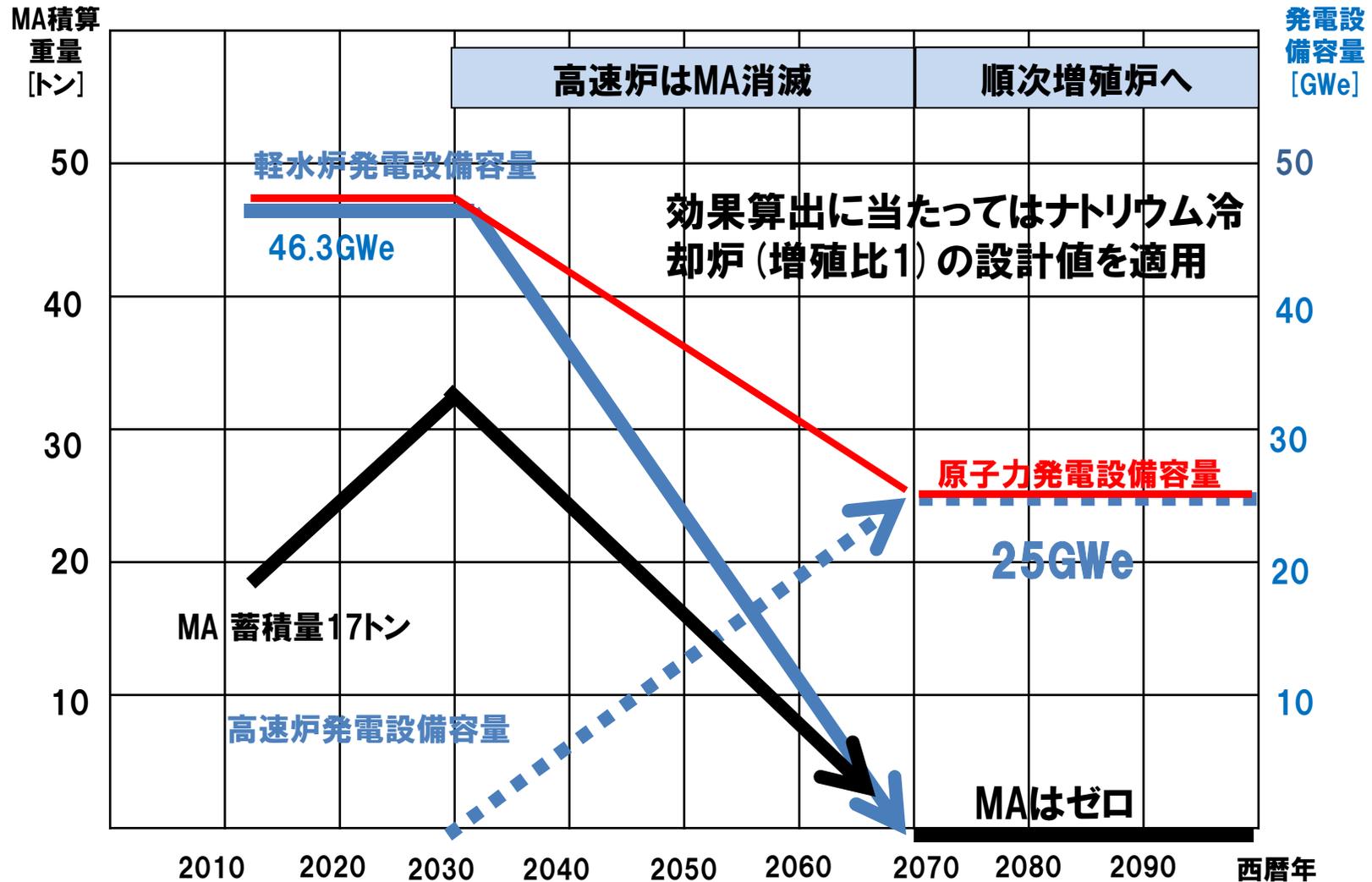
日本の政策のベースライン:地層処分



日本の軽水炉使用済燃料の累積量



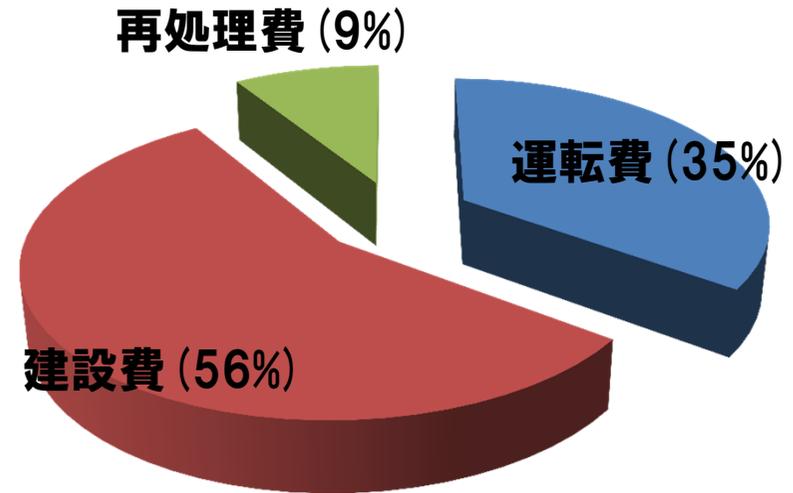
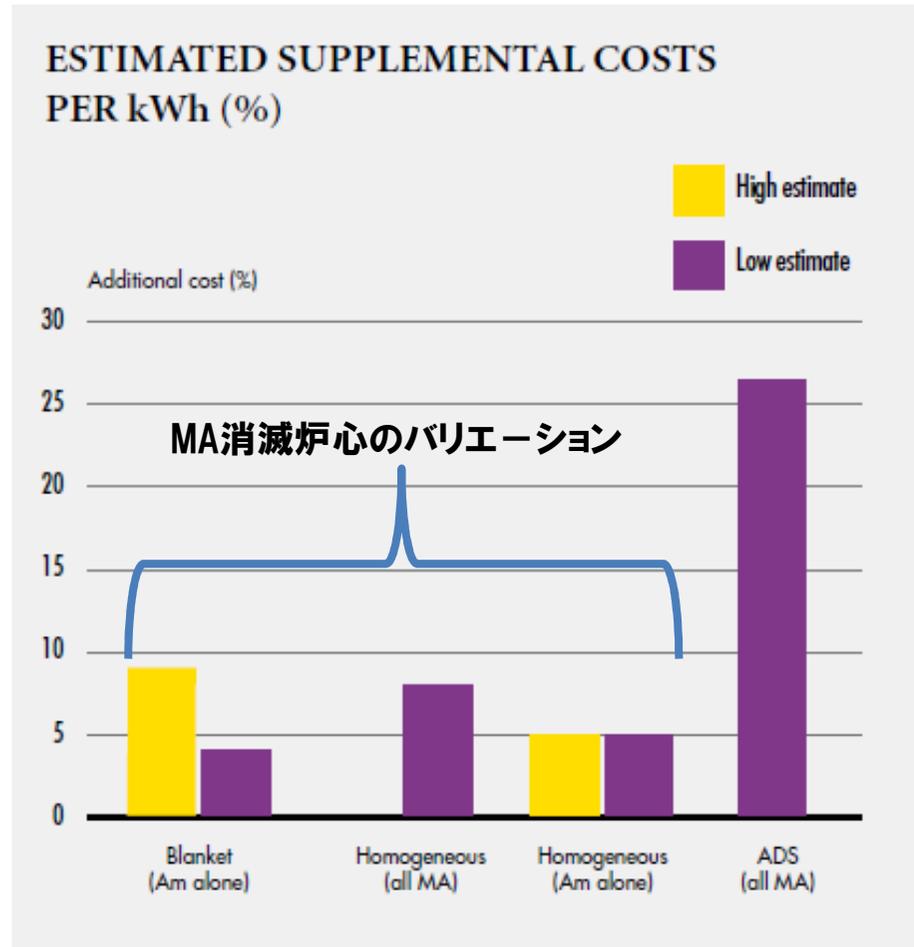
日本で高速炉を2030年から導入する効果



2070年までにすべての長半減期高レベル放射性廃棄物は消滅する

高速炉によるMA消滅の発電コストへの影響

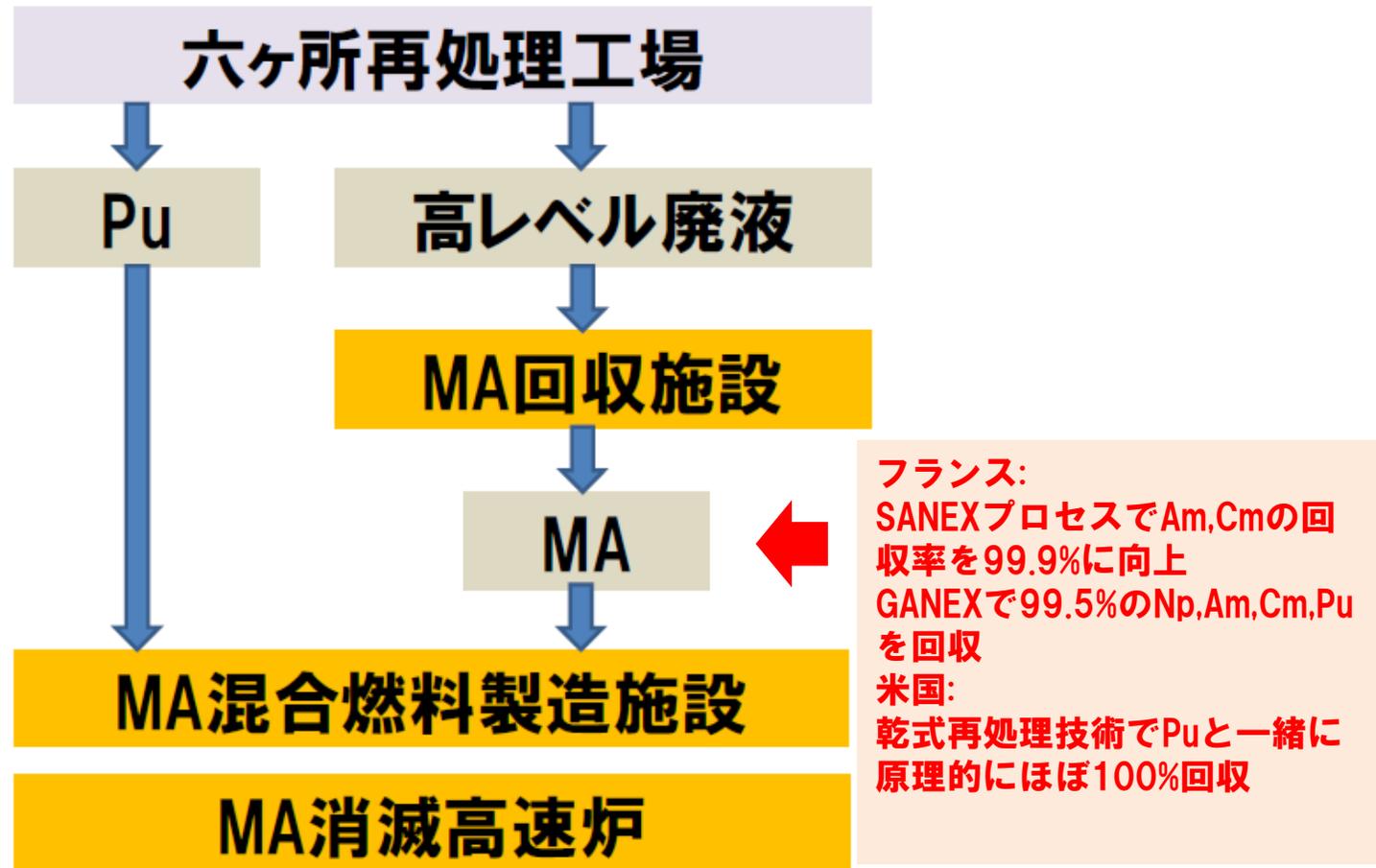
CEA "Report on Sustainable radioactive Waste Management"
December 2012



高速炉リサイクル発電コストの内訳例
(ただしフランスのMA消滅なしの場合)

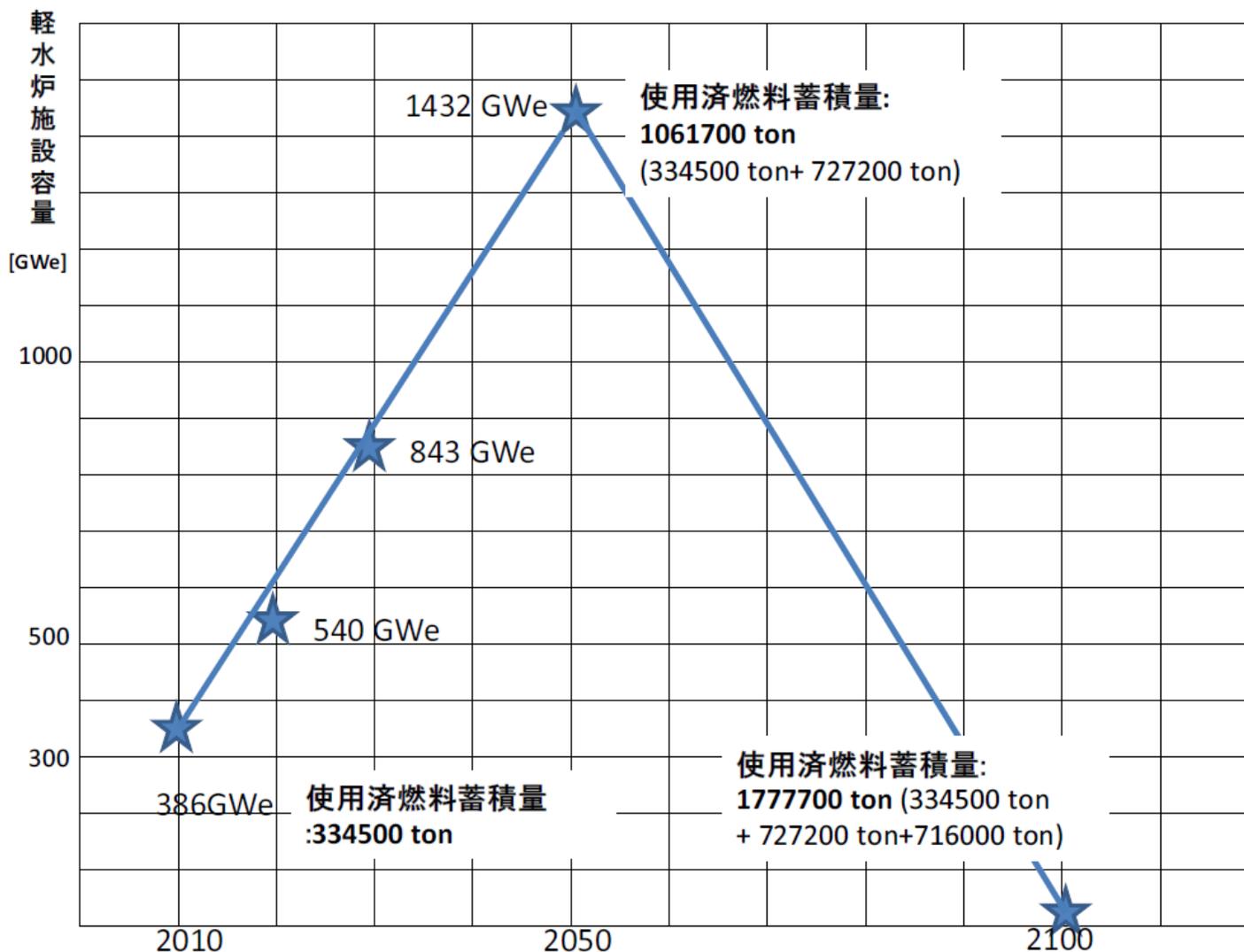
高速炉によるMA消滅を行う場合、発電コストの増加は軽水炉の発電コストと比較して5-10%以内である(発電コストを支配するのは建設費)

日本での実現のためのステップ Phase I (~2054)



六ヶ所再処理工場の高レベル廃液からMAを回収し
MAは高速炉で消滅

世界の軽水炉使用済燃料の量



軽水炉使用済み燃料を再処理して高速炉の燃料 (Pu,Np,Am,Cm)を分離

高速炉増殖性能の必要性

世界中のすべての使用済み燃料を使い切っても発電量は5400 TWh

	GRAPEの結果 (目標設定)		検討結果	
	軽水炉	高速炉	軽水炉	高速炉 (増殖比1)
2010年	2664 TWh	0	2358 TWh	0
2050年	10757 TWh	2787 TWh	8799 TWh	-
2100年	1654 TWh	17942 TWh	0	5400 TWh

増殖比1の高速炉では目標を達成できない

目標を達成するためには、世界で、
■増殖比1.2の高速増殖炉
■高速炉燃料サイクル施設
が多数設置されることが要求される

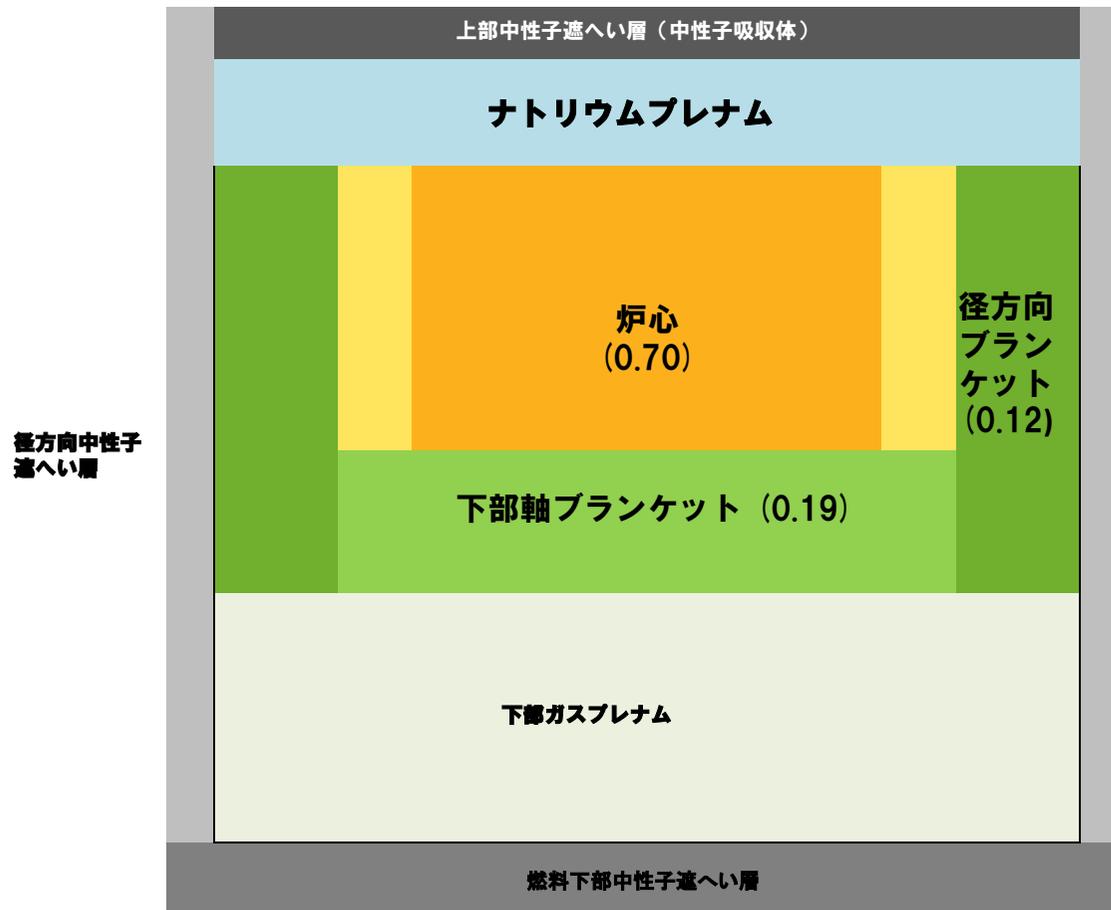
課題: 増殖性能と炉心安全性の両立

分類	種類	増殖比 ~1.2	ボイド反応度 ~ゼロ
セラミック	酸化物燃料	×	○(Naプレナム)
	窒化物燃料*	○	○(Naプレナム)
金属	スラグ形状 ●	○	△ 扁平化炉心
	アニュラ形状** ○	○	○(Naプレナム)

*ロシアBN1200(120万KWe)の参照燃料 Vladimir et.al. Journal of Nuclear Science and Technology 48,2011,538

**アニュラー燃料、中空燃料などの炉心内部に空間を導入する概念が研究されている N.Stauff et.al, Trans American Nuclear Society 108,2013,16

Naプレナムによる ボイド反応度の低減



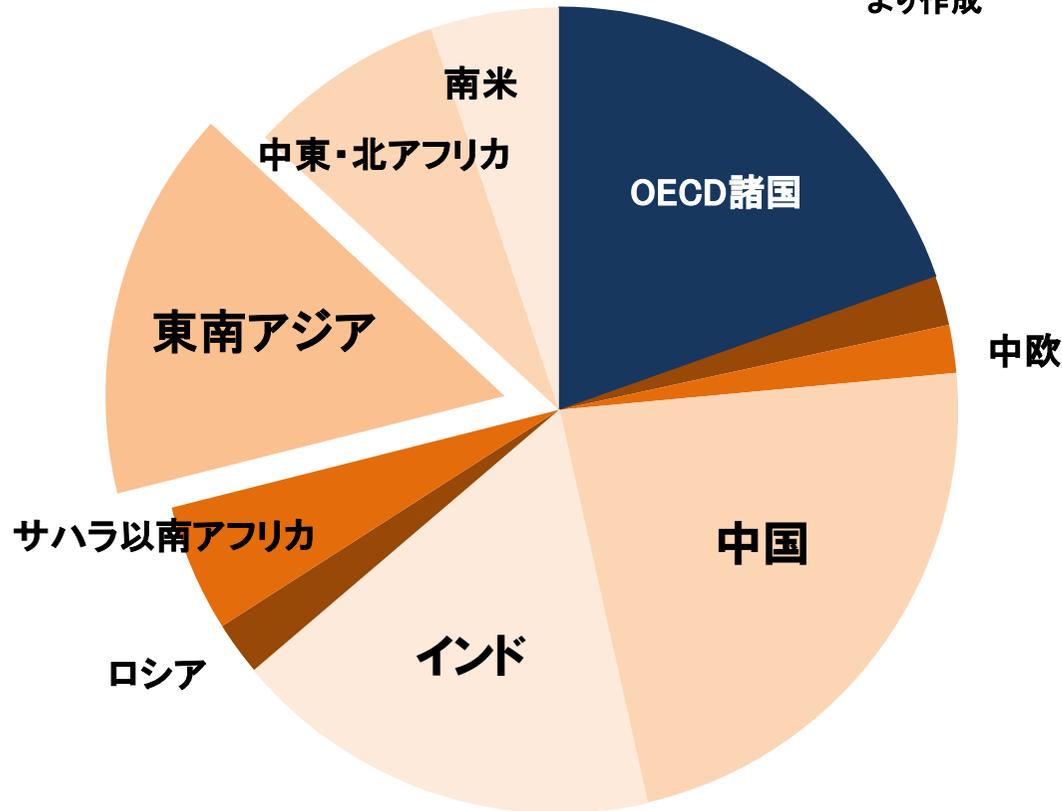
注: ()内は酸化
物燃料の各領域
での増殖比を示
す

注: 上部軸ブラン
ケットを削除して
この領域がボイド
になるナトリウム
層を形成すると中
性子が逃げやすく
ボイドは大きく低
減する

高速炉の世界展開

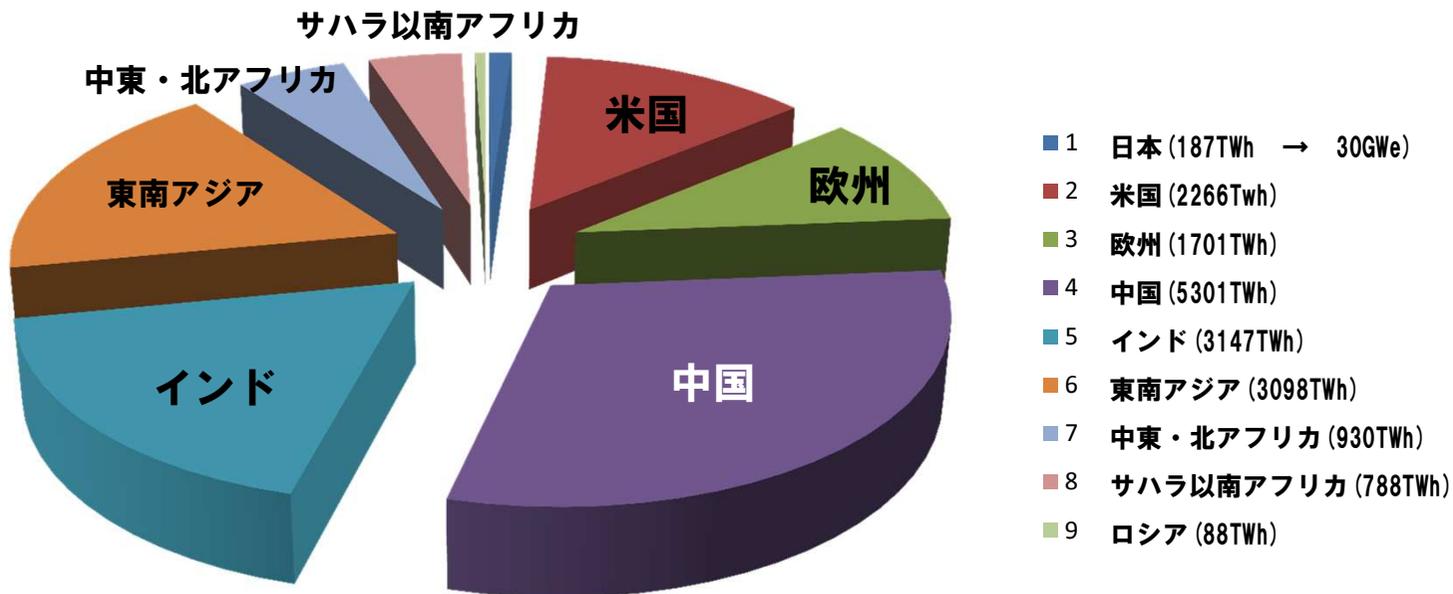
2100年:世界各国の発電量

キャノングローバル戦略研究所データ
より作成



2100年の主要な発電需要国・地域は、中国、インド、OECD諸国、そして東南アジアである、発電量の約50%近くは高速炉による発電が必要

高速炉が必要な地域と発電量



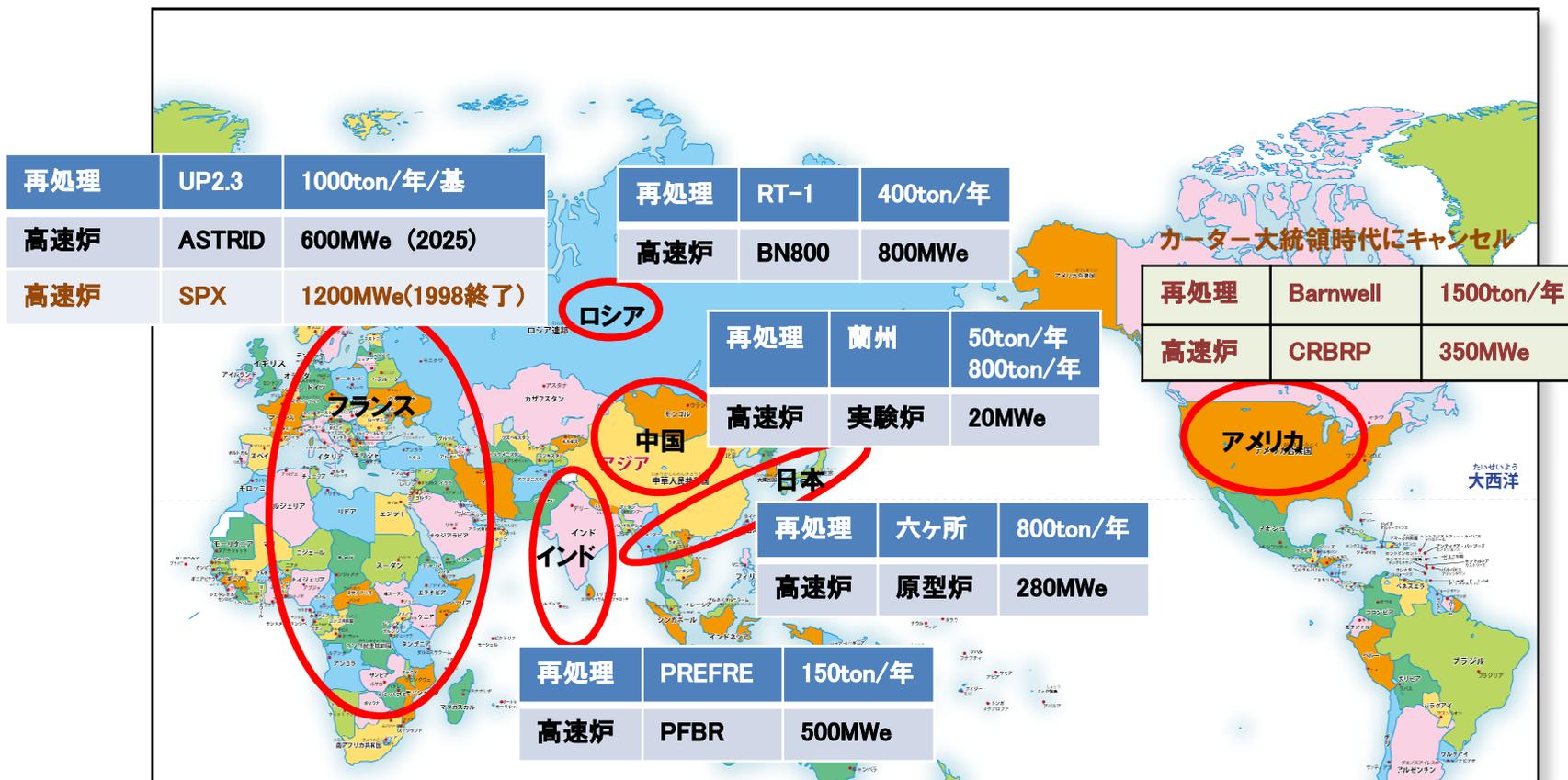
核不拡散の観点から高速炉サイクルグループという世界システムの必要性が示唆される：グループ単位で軽水炉燃料再処理と高速炉燃料リサイクルを行う

高速炉サイクルグループの形成



キー: 核不拡散性

中核国の軽水炉再処理・高速炉の現状



軽水炉再処理施設商業運転: フランス、ロシア、インド、日本(六ヶ所)

高速炉実証炉運転: ロシア、インド、フランス(SPX、新型実証炉推進中)

高速炉再処理施設商業運転: なし

高速炉サイクルグループの役割

高速炉サイクルグループ	高速炉の型式 (現時点の計画)	高速炉発電量 (2100年) キヤノン目標	高速炉容量 (2100年)	軽水炉使用済み燃料量及び 再処理施設基数*	高速炉リサイクル施設基数 (100ton/年・モジュール)
日本・東南アジア (ASEAN)	基本計画:国際協力で開発	3285 TWh	527 GWe	263500 ton 8基	42**
米国	PRISMシリーズ	2266 TWh	363 GWe	181500 ton 6基	29
中国	BNシリーズ	5301 TWh	850 GWe	425000 ton 13基	68
ロシア	BNシリーズ	88 TWh	14 GWe	7000 ton 1基	1
インド	CFBRシリーズ	3147 TWh	504 GWe	252000 ton 8基	40
欧州・アフリカ	ASTRIDシリーズ	3419 TWh	548 GWe	274000 ton 9基	44

* (2100年高速炉設備容量/4) が軽水炉使用済み燃料起源の高速炉設備容量「A」GWe : 軽水炉起源高速炉に必要なTRU (Pu+MA) は20 ton /GWe であるので、 $A \times 20 \times 100$ (軽水炉使用済み燃料の1%がTRU) が、必要な軽水炉使用済み燃料の量である (上記表からは140万トンが必要である) 再処理工場は800トン/年で40年寿命の処理容量を仮定した

** 高速炉燃料取り替え量を8ton/年/GWeとして100 ton/年・モジュールだと12.5GWeを処理

日本・東南アジア (ASEAN) グループの役割

-2100年-

軽水炉使用済み燃料再処理施設： 8基
処理容量：800ton/年/基

高速炉発電設備容量： 527基
設備容量：100万Kwe/基

高速炉リサイクル施設： 42基
処理容量：100ton/年/基 (モジュール施設を想定)

核不拡散上の観点から軽水炉使用済み燃料再処理施設と高速炉リサイクル施設は日本に設置

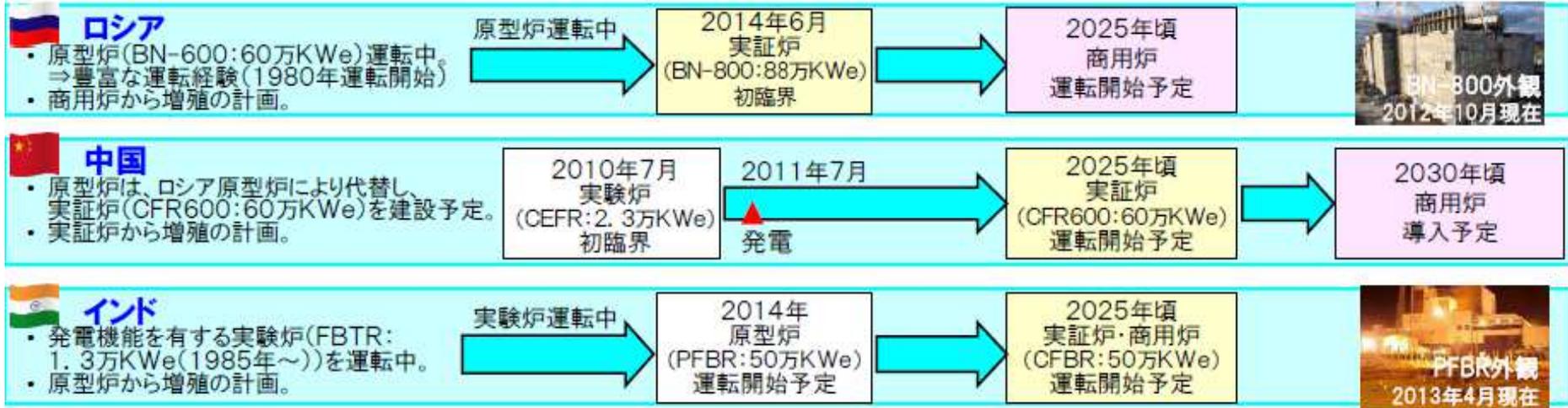
インドグループと ロシアグループの状況 (高速炉の建設状況)

他グループの高速炉開発・実用化の現状

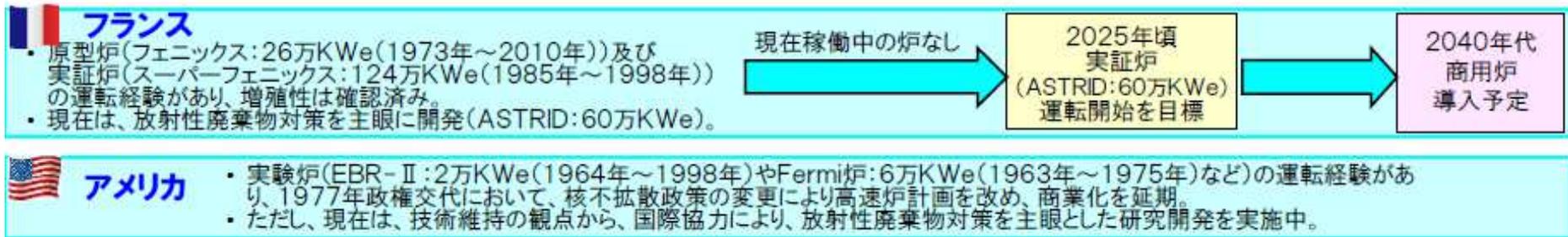
総合資源エネルギー調査会 原子力小委員会第6回会合

「核燃料サイクル・最終処分に関する現状と課題」平成26年9月 資源エネルギー庁

①エネルギーセキュリティの観点から増殖を志向



②増殖技術を習得した上で廃棄物対策中心



ロシア BN800 80万KWe
2014年6月 臨界

<http://spacenuclear.jp/nuclear/fuel2.html>

フランス Super Phoenix 120万KWe
1985-1998年

<http://www.nuclear.pl/energetyka,fbr,0.html>



インド実証炉機器製作及び建設:2009年

PFBR – MANUFACTURE OF COMPONENTS

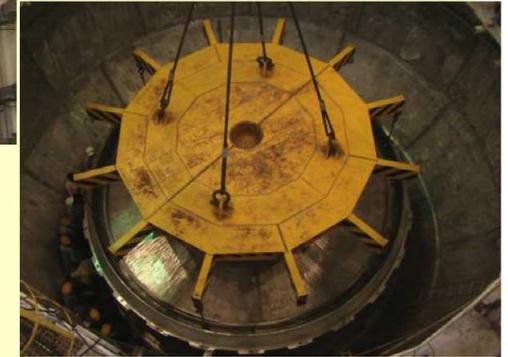


MAIN VESSEL



SAFETY VESSEL

PFBR – INTEGRATION OF CORE CATCHER WITH MV



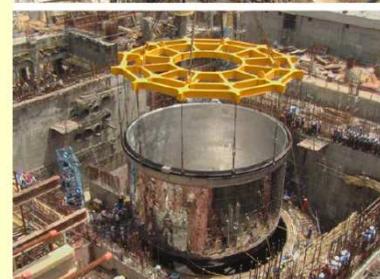
PFBR – ERECTION OF SAFETY VESSEL



INNER VESSEL



ROOF SLAB



STATUS OF FBR PROGRAMME IN
INDIA

ICAPP 09 Shinjuku 2009

インドFBR燃料サイクル研究施設

Fuel discharged from FBTR reprocessed in CORAL. Fuel with burn-up of 150 GWd/t has been successfully reprocessed

Next

Technology demonstration in DFR Plant
Commercial demonstration in PFBR fuel reprocessing plant



Fast Reactor Fuel Cycle Facility (FRFCF)

Co-located facility with all facilities for recycling the fuel from PFBR, including fuel fabrication, assembly, reprocessing and waste management.

Layout is planned in such a way that future expansion is possible to cater the needs of two more 500 MWe FBRs, to be built at Kalpakkam



インド高速増殖炉・商用プラントの仕様

Parameter	PFBR	CFBR
Power MWe	500	500→600
Primary circuit	Pool with ex-vessel purification	Pool with in-vessel purification
Fuel	MOX	MOX→METAL
Fuel Burnup GWd/t	100	150 initially and 200 later
Design life	40 calendar years 75% load factor	60 calendar years 85 % load factor
No of Units	Single	Twin
Primary Pumps	2	2

2030年までに6基 (600MWe) の商用炉導入



BHAVINI, the implementing arm of the Department of Atomic Energy, has plans to construct six new Fast Breeder Reactors over the next 15 years, a senior official said.

Read more at:

http://economictimes.indiatimes.com/articleshow/49999373.cms?utm_source=contentofinterest&utm_medium=text&utm_campaign=cppst

2015.12.03

ロシア実証炉BN800建設状況:2009年



Beloyarsk NPP Unit 4 Construction Site View

Feb. 2009



CONSTRUCTION OF BN-800 – KEY MILESTONE IN DEVELOPMENT OF FAST NUCLEAR REACTOR TECHNOLOGY IN RUSSIA
ICAPP 09, Shinjuku, 2009

機器アセンブリング状況

Mounting the Reactor Silo Metal Structures

Oct. 2008



On-site Preassembly Workshop inside view



Installation of the reactor vessel bottom
on the vessel support shell

March 2009



Assembling the reactor vessel's thermal baffles

March 2009



ロシア高速増殖炉・商用プラントの仕様

SC «ROSATOM» COMPANY

Reactor plant parameters

Parameter	BN-350	BN-600	BN-800	BN-1200
Thermal power, MW	750	1470	2100	2800
Sodium temperature, °C - at reactor inlet/outlet - at SG inlet/outlet	288/437 420/260	368/535 505/318	354/547 505/309	410/550 527/355
Steam temperature, °C	405	505	490	510
Steam pressure, MPa	4.5	14	14	17.5
Efficiency, gross/net	*	42.5/40.0	41.9/38.8	43.5/40.7

*125-150 MW electric power generation and up to 100000 t/day fresh water production

2015年12月に発電を開始したBN 800



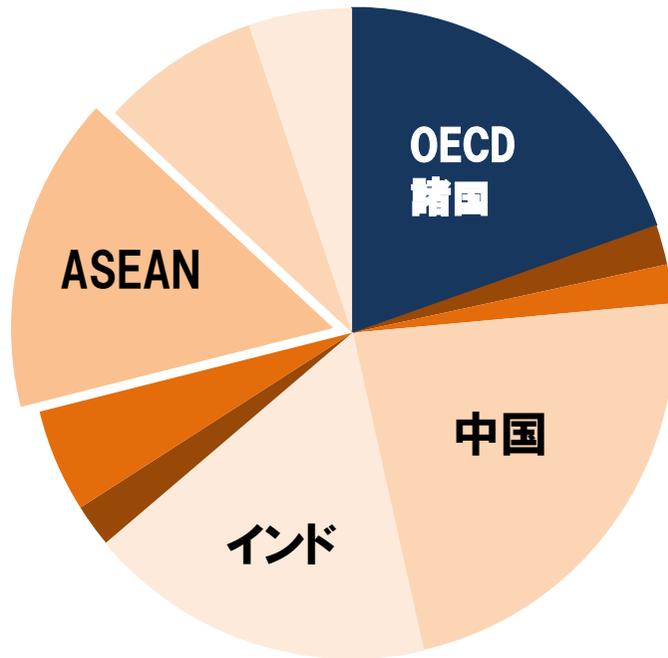
Unit 4 of the Beloyarsk nuclear power plant in the Sverdlovsk district of Russia has been connected to the national grid. The BN-800 fast neutron reactor started providing power to the Urals region at 9.21pm local time on 10th December

World Nuclear News

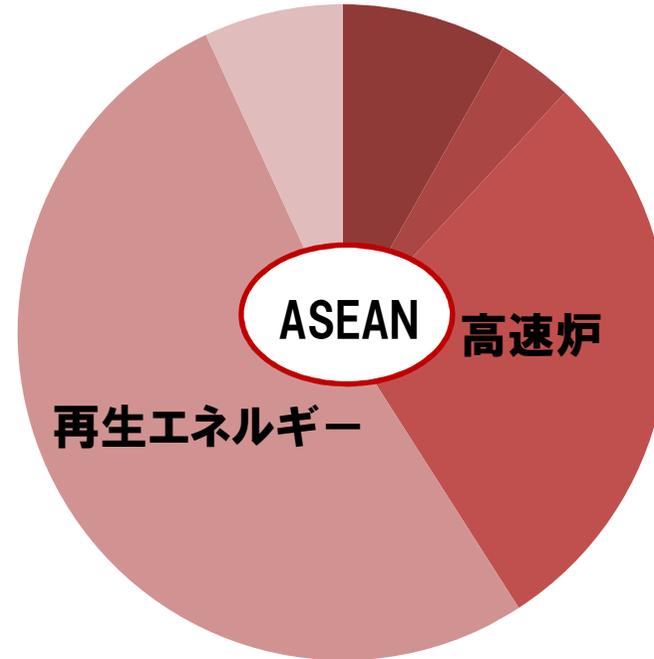
<http://www.world-nuclear-news.org/NN-Russia-connects-BN800-fast-reactor-to-grid-11121501.html>

ASEANの電源構成と 日本の役割

躍進するASEANの電力供給 2100年の展望



中国、インド、OECD諸国合計、に次ぐ
世界第四位の電力需要地域

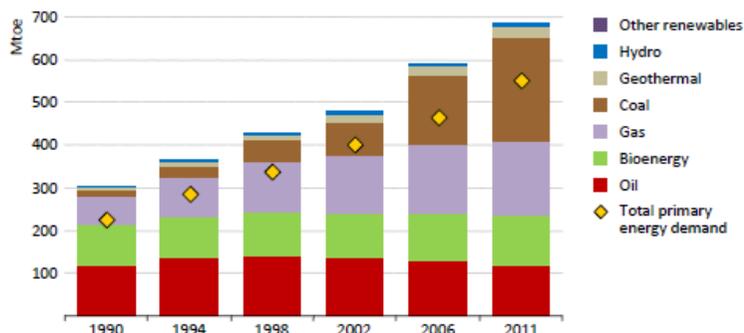


好ましい電力構成は、再生エネルギー
と高速炉による発電

ASEANのエネルギー展望 (<2035年)

IAEA: South East Energy Outlook

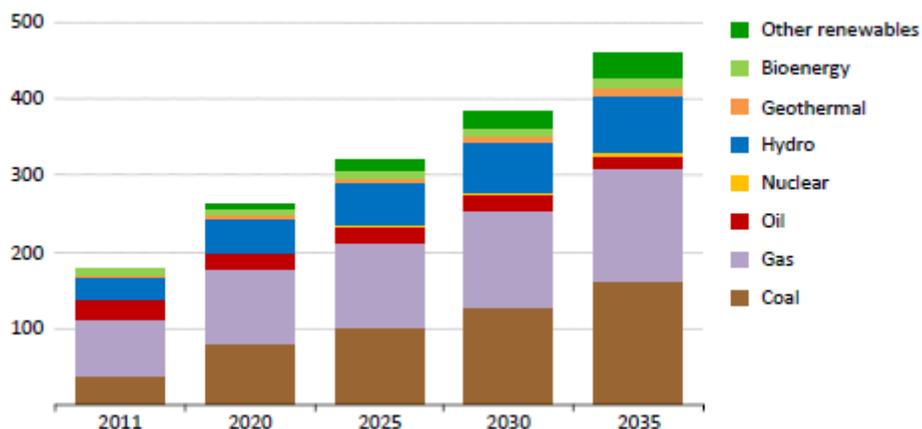
Figure 1.4 ▶ Total energy production in ASEAN by source



全エネルギー構成

発電構成

Figure 2.6 ▶ ASEAN electricity generation capacity



電力供給のための電源構成は次が主なもの(2035年まで)

- ① 石炭
- ② 天然ガス
- ③ 水力を含めた再生エネルギー

ASEANのエネルギー展望

IAEA: South East Energy Outlook

Table 2.2 ▶ ASEAN electricity generation by source* (TWh)

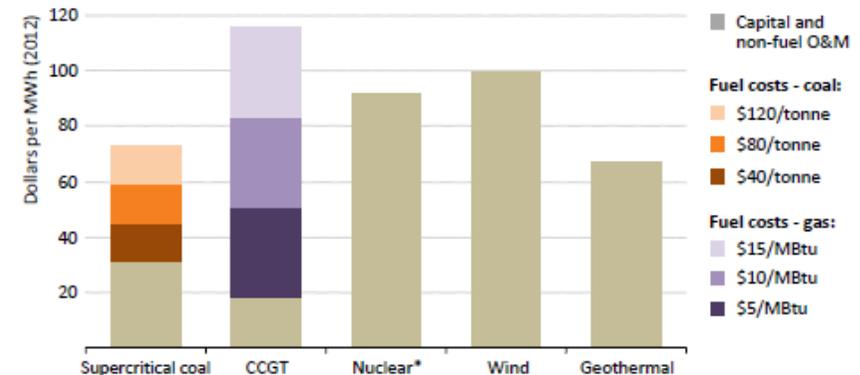
	1990	2011	2020	2035	2011-2035**	Share	
						2011	2035
Fossil fuels	120	596	880	1 470	3.8%	86%	78%
Coal	28	217	439	914	6.2%	31%	49%
Gas	26	307	394	523	2.2%	44%	28%
Oil	66	72	47	34	-3.1%	10%	2%
Nuclear	-	-	-	31	n.a.	0%	2%
Renewables	34	100	184	378	5.7%	14%	20%
Hydro	27	73	122	214	4.6%	10%	11%
Geothermal	7	19	28	51	4.1%	3%	3%
Bioenergy	1	8	23	63	9.2%	1%	3%
Other	0	0	11	50	24.0%	0%	3%
Total	154	696	1 063	1 879	4.2%	100%	100%

* Inter-regional trade in electricity (i.e. from the ASEAN region to/from other regions) is assumed to be zero.
 ** Compound average annual growth rate.

発電構成

発電コスト

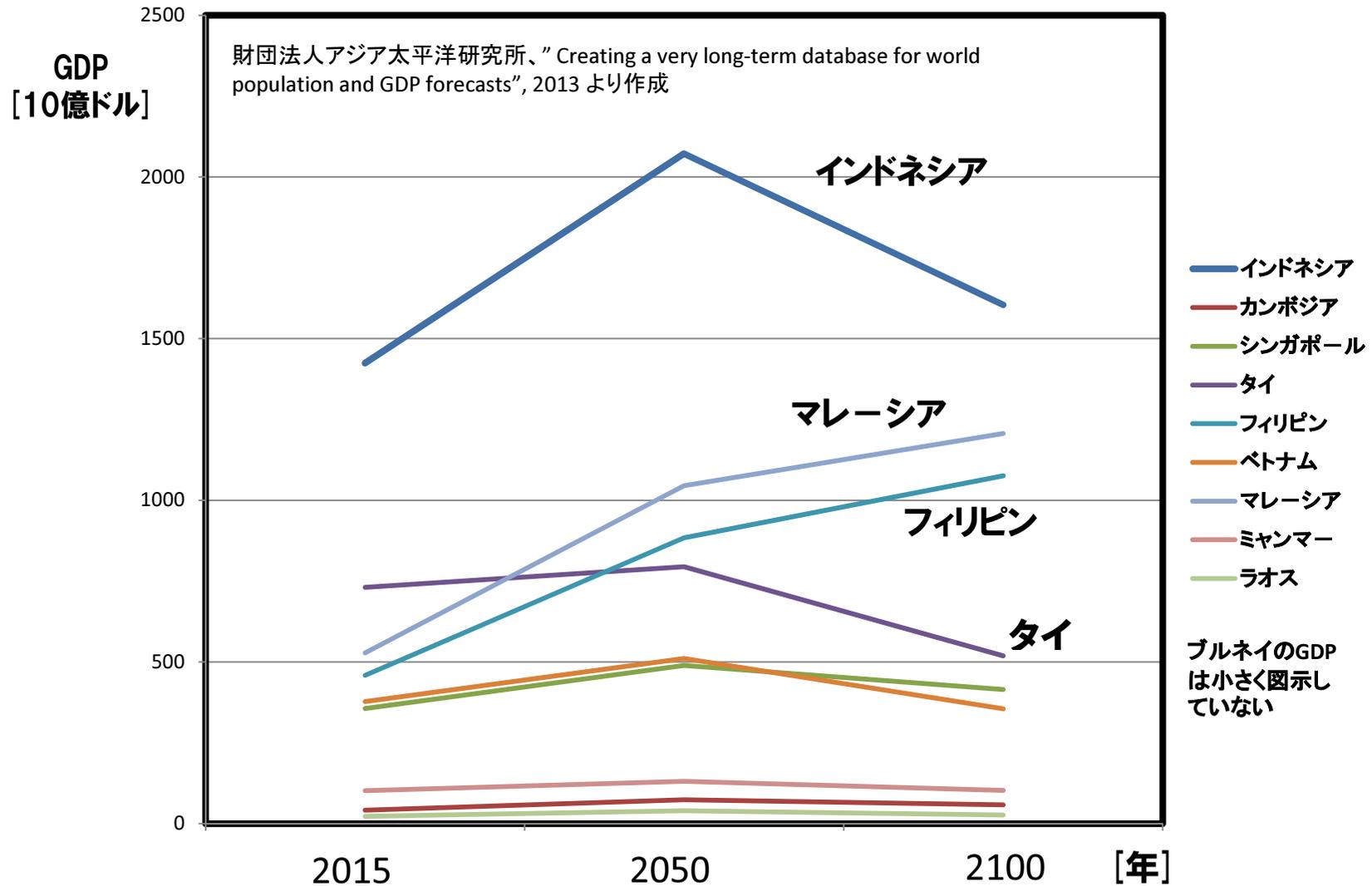
Figure 2.9 ▶ Electricity generation costs in ASEAN under different coal and gas price assumptions, 2020-2035



発電コストの優位性(2035年まで)は次の通り

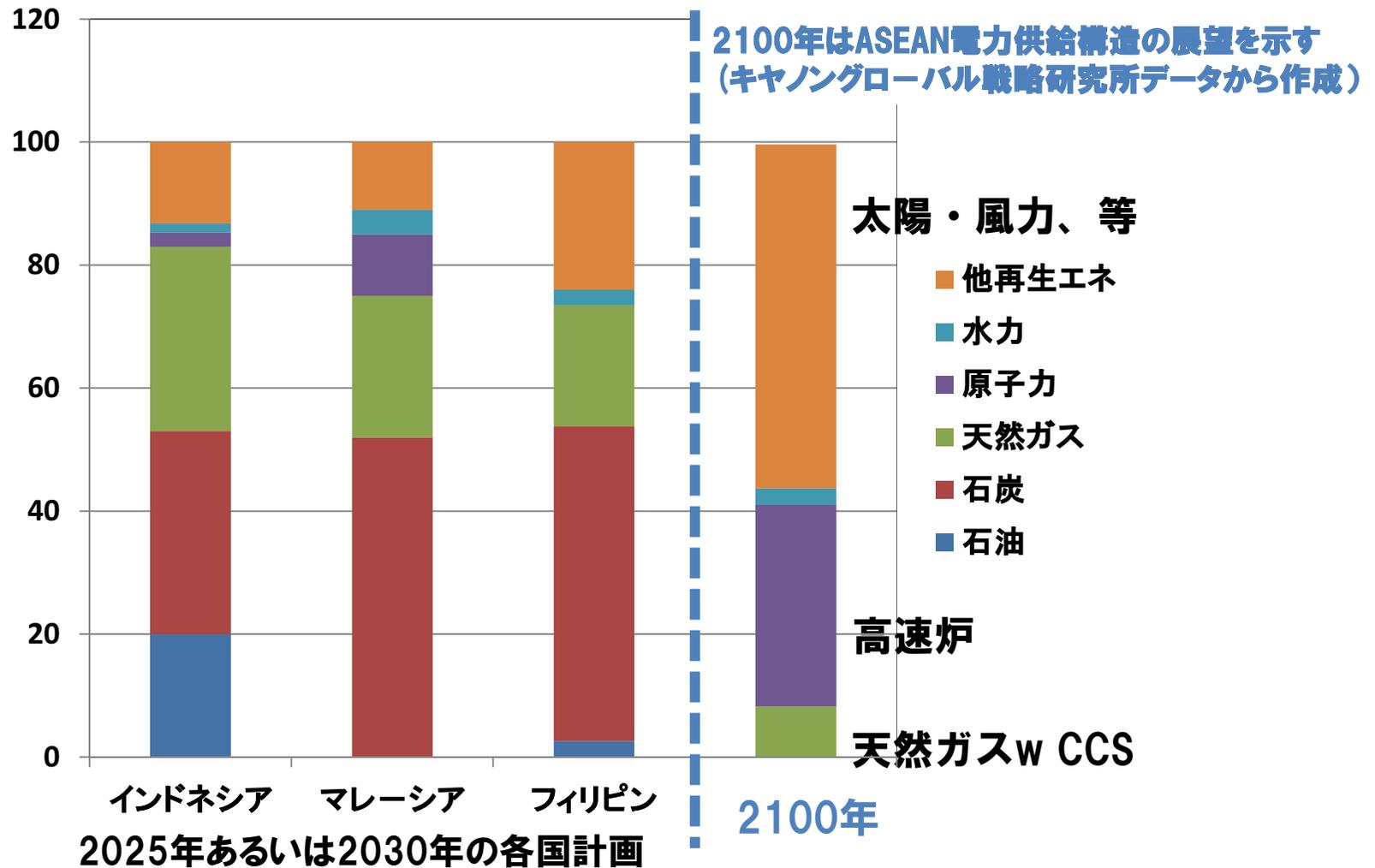
- ① 石炭火力発電
- ② 地熱発電
- ③ 原子力発電

ASEAN各国の2100年までのGDP予測



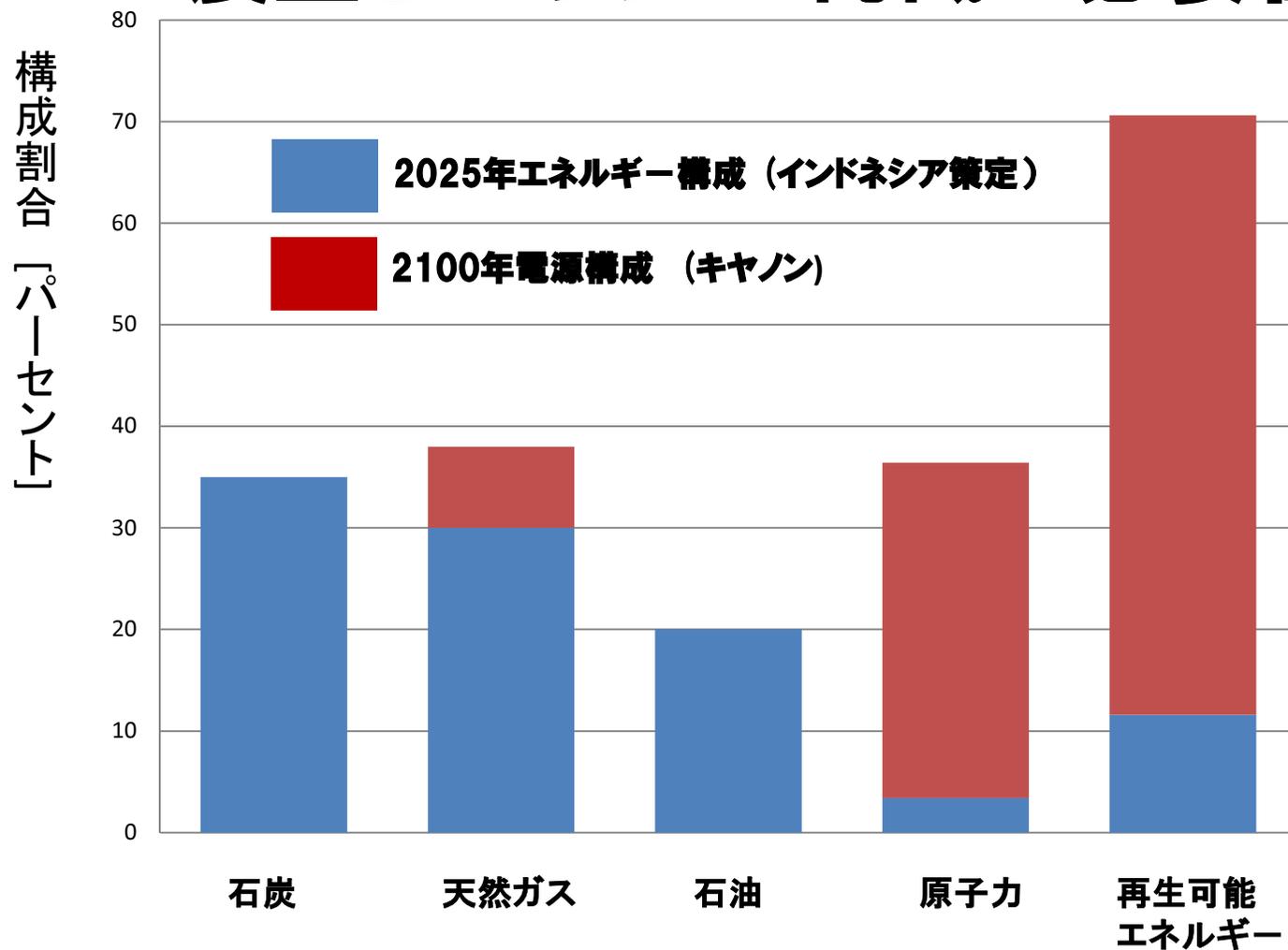
2050年以降のトップ3は、インドネシア、マレーシア、フィリピン

主要ASEAN各国のエネルギー計画



データ出典
 インドネシア 国家エネルギー政策: 2025年計画
 マレーシア Malaysia's Energy Mix & Outlook 2030年計画
 フィリピン APEC Energy Demand and Supply Outlook 2030年計画

インドネシアの2025年計画と2100年展望とのギャップ認識の必要性



高速炉と再生可能エネルギーへの対応が必要

温暖化抑制のためのASEANのエネルギーと日本の役割

2050年以降のアジアのエネルギー需要の主演は、経済発展を遂げた中国、インド、ASEANに移行している

これらの地域からの炭酸ガスの排出量を抑制するために、今日、先進技術を日本が提供または日本と共同開発する必要がある

高速炉について、日本はASEANの将来ニーズを踏まえて開発する。他グループはASEAN市場の競争相手

- ASEANのSmartな経済発展のために日本の役割は大きい
- 日本がその役割を担わなければ実力ある他のグループがASEAN市場に進出する

他グループの高速炉輸出能力の評価

ASEAN	2015: ベトナム、インドネシア、タイ、マレーシア、に 原子力導入計画あり 2035: 同諸国総和: 12GWe (レッドブック2014)			年間10GWe×50年間	2050: 軽水炉20GWe (IAEA2014)	527GWe
ロシア	→ BN600 60万KWe	2015: BN800 80万KWe	→	2025: BN1200 120万KWe	→	2050: 実用発電 段階
インド	→ 実験炉	2015: PBFR 50万KWe	→	2025: CFR 50 (60) 万 Kwe	→	2050: 実用発電 段階
中国	→	CEFR 実験炉	→	2025: CFBR600 (BN600) 60万KWe	→	2050: 実用発電 段階
フランス	→ PX,SPX 120万KWe	→ ASTRID 詳細設計・ 許認可	→ ASTRID 建設・試運 転	2025: ASTRID 60万KWe	→	2050: 実用発電 段階

ASEP21 (ASEAN Energy Plan 2100)

ASEANと日本による2100年を目指
したエネルギー共同開発計画(案)

- 再生可能エネルギー
- 高速炉開発

ASEP21 高速炉開発

日本とASEANの共同開発

安全性

福島事故の経験をフィードバック

世界の実証炉の安全性確保手段をフィードバック

地球温暖化対策のための炉心革新技術

経済性

世界の実証炉建設とさらなる合理化方策をフィードバック

高速炉燃料サイクル技術（日本）

世界の湿式・乾式再処理先端技術をフィードバック

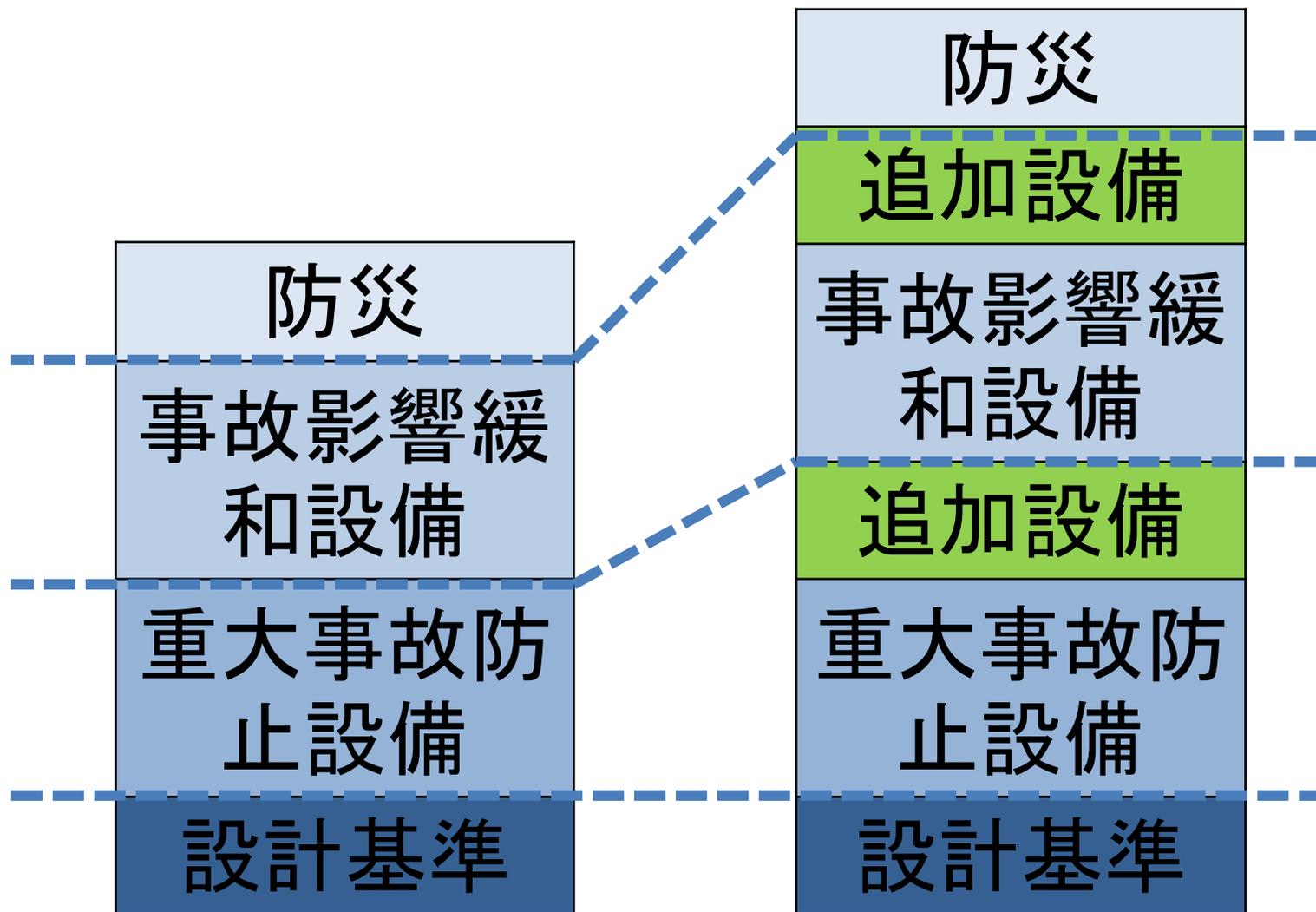
先端燃料技術を原型炉「もんじゅ」で実証

軽水炉では福島事故をフィードバック

	可搬設備	独立した恒久安全設備					外部支援
		電源	炉心冷却 ヒートシンク	計装・制御	建物	追加費用	
米国 (可搬設備)	FLEX	-	-	-	-	-	国:サイトに技術専門家で構成されるNRC チームを派遣
ドイツ (IRHR)	-	2台の非常 用D/G バッテリー	格納容器隔離 炉心注水系 サブプレッションプール 除熱系 冷却タワー	冗長性をもた せた計測制 御システム	原子炉建物 とは独立し たIRHR(床 面積 500m2X高さ 20-25m)	追加費用と して 4M50- 90(1970)	不明
フランス (可搬設備 +Hardened Safety Core+FARN)	ジーゼル 発電機 バッテリー 注入ポン プ等の可 搬設備	恒設ジー ゼル発電機 バッテリー	格納容器隔離 注水系(S/G,原子炉冷 却系,原子炉建物 貯水タンク)	計測制御シ ステム	原子炉建物 とは独立し た非常時制 御センター (1000m2X3F loors)	不明	国:IRSNからの技術支援を受けて ASN と国民防護局 (DDSC) が事業 者に対して技術的助言や支援を行 う EDF:FARNは、どの発電所であらう とも、増援チーム、非常用機材(給 電、給水、圧縮空気の供給)及び兵 站手段を24時間以内に提供するこ とをその目的としている。
例:国内BWR (安全審査途中 の状態:可搬設 備+可搬設備を 代替できる恒久 設備、数年後 には最終的には 重大事故対処設 備が補強される)	■ 低圧注水 ■ ポンプ、 ■ 代替補機 ■ 冷却系、 ■ 格納容器 ■ スプレイ、 ■ フィルター ■ ベント、電 ■ 源、等	■ 非常用D/G ■ 非常用ガス ■ タービン ■ バッテリ	■ 高圧代替注水系 ■ 低圧代替注水系 ■ 格納容器スプレイ ■ 格納容器下部注水系 ■ 貯水タンク	■ 計測制御シ ■ ステム	■ 原子炉建物 ■ とは独立し ■ た特定重大 ■ 事故対処施 ■ 設	■ 不明	■ 要検討

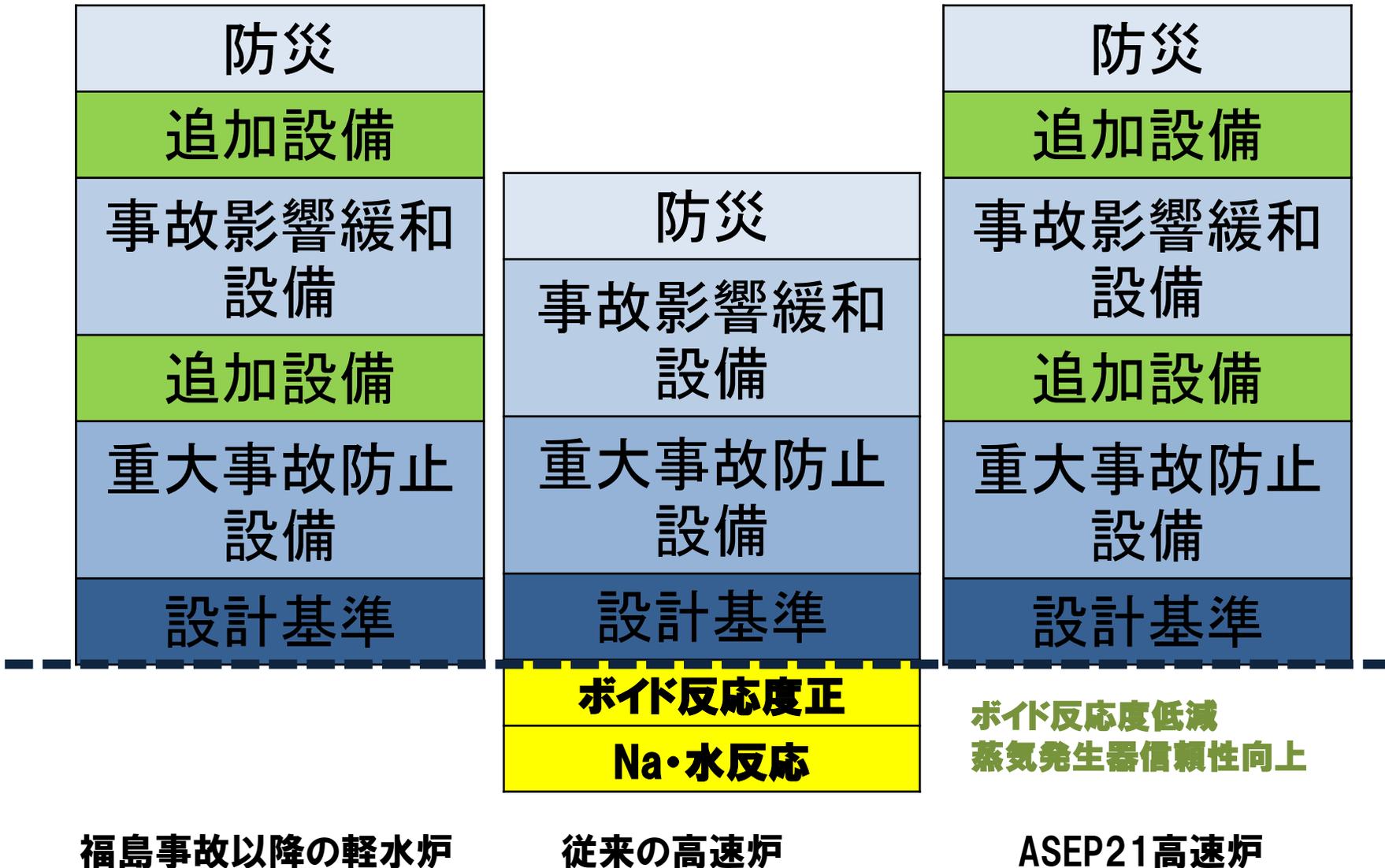
独立した恒久的な
安全設備及び可搬
型設備を追加

福島事故以降の軽水炉の安全設計動向



炉心損傷を伴う重大事故、意図的な航空機落下を設計で考慮

福島事故以降の軽水炉の安全設計動向と ASEP21高速炉の安全設計

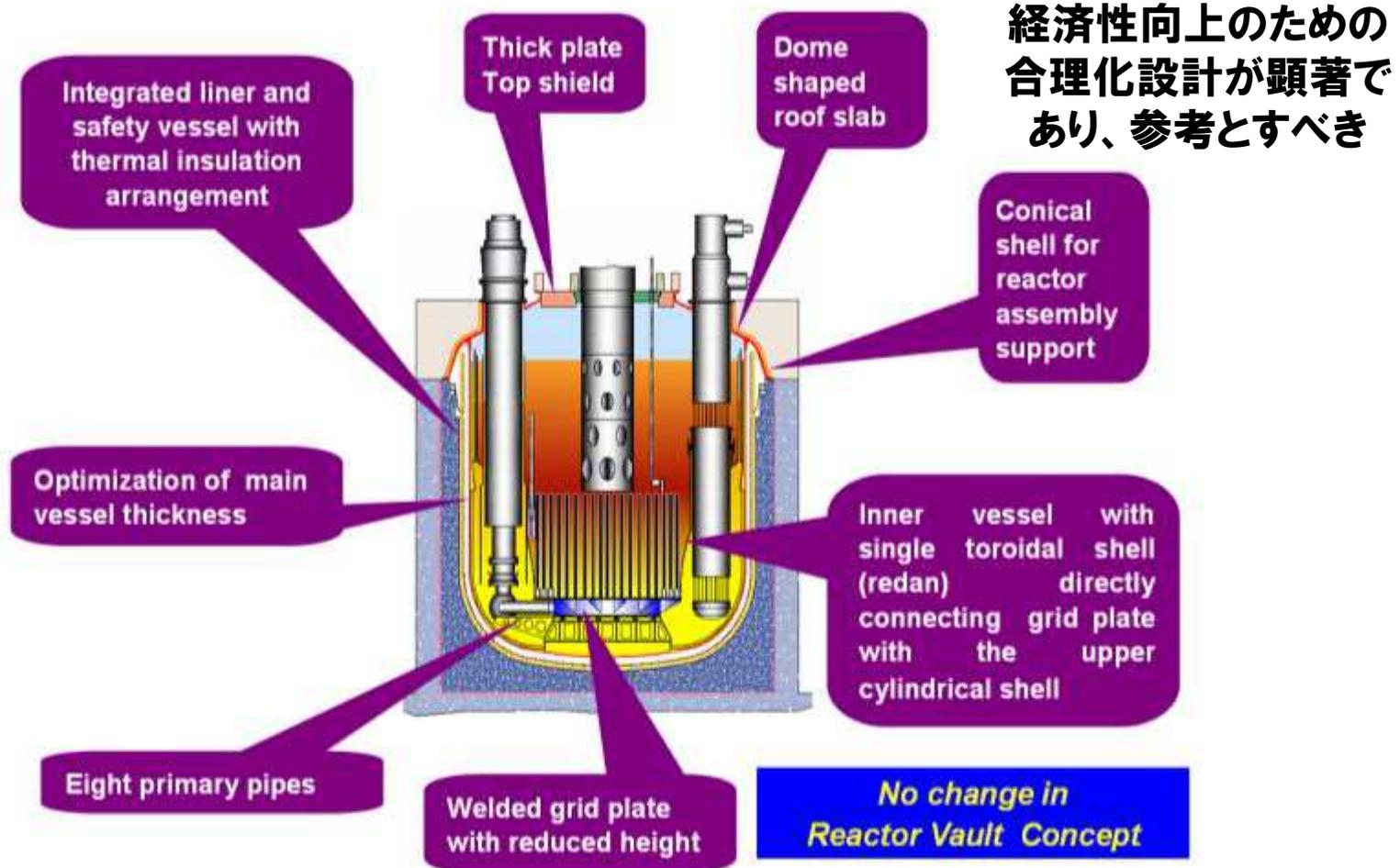


ASEP21高速炉の安全性向上追加設備

主要観点	項目	主たる安全設備	福島以降追加すべき安全設備	ポテンシャル:
冷却材喪失	軽水炉:新規則	多重安全系統として注水系、崩壊熱除去系	安全系統の機能喪失を仮定し、独立した、注水系、崩壊熱除去系	
	高速炉:従来	開放型ガードベッセル(第3種機器)		
	ASEP21高速炉	開放型ガードベッセル(第3種機器)	ガードベッセルの機能喪失にも対応可能とする	
全電源喪失	軽水炉:新規則	多重安全系としてディーゼル発電機、直流電源	安全系電源の機能喪失を仮定し、非常用ガスタービン、直流電源強化	
	高速炉:従来	Na自然循環、空気自然通風冷却		
	ASEP21高速炉	Na自然循環、空気自然通風冷却	過冷却によるナトリウム凍結防止のための弁制御用直流電源強化	
航空機落下	軽水炉:新規則	二重格納容器(最新の建設プラント)と安全系統の分散配置	原子炉建物の損害を仮定し、独立した建物内に独立した安全系を設置	
	高速炉:従来	安全系統および崩壊熱除去系スタックの航空機落下に対しての分散配置		
	AEP21高速炉	安全系統および崩壊熱除去系スタックの航空機落下に対しての分散配置	原子炉建物外の蒸気発生器の耐性確保および独立した建物内に電源設置	二重格納容器 ガスタービン
熔融炉心冷却	軽水炉:新規則	最新の建設プラントは熔融炉心冷却を設計条件としている	原子炉の熔融貫通を仮定し、原子炉容器下部にコアキャッチャーと冷却設備	
	高速炉:従来	原子炉容器内コアキャッチャー		
	ASEP21高速炉	原子炉容器内コアキャッチャー	原子炉容器内に100%の熔融炉心を保持、冷却できるコアキャッチャー	原子炉容器外の冷却

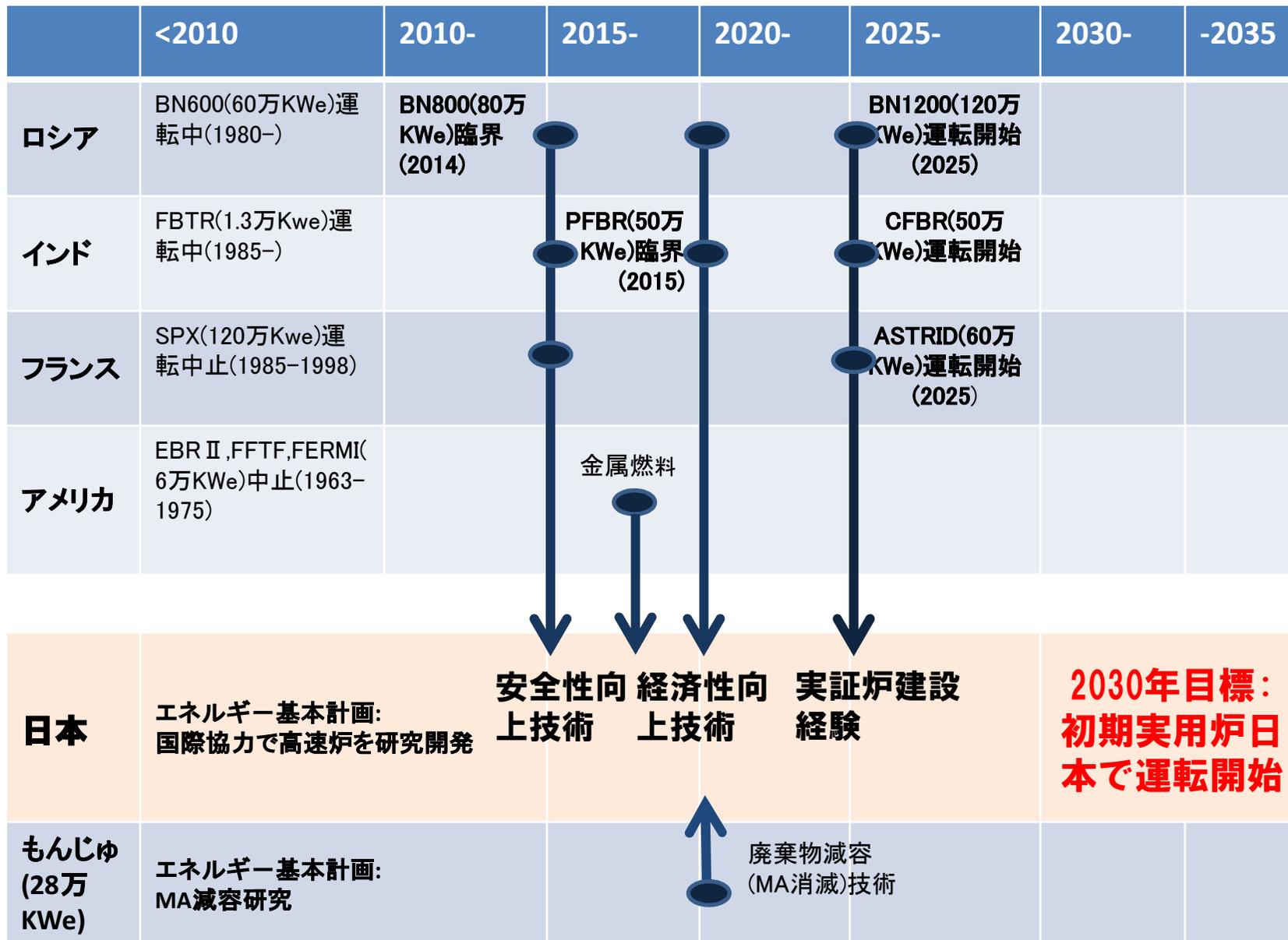
ASEP 21高速炉の経済性向上の展望

原子炉の概念例(インド商用炉設計CFBR)

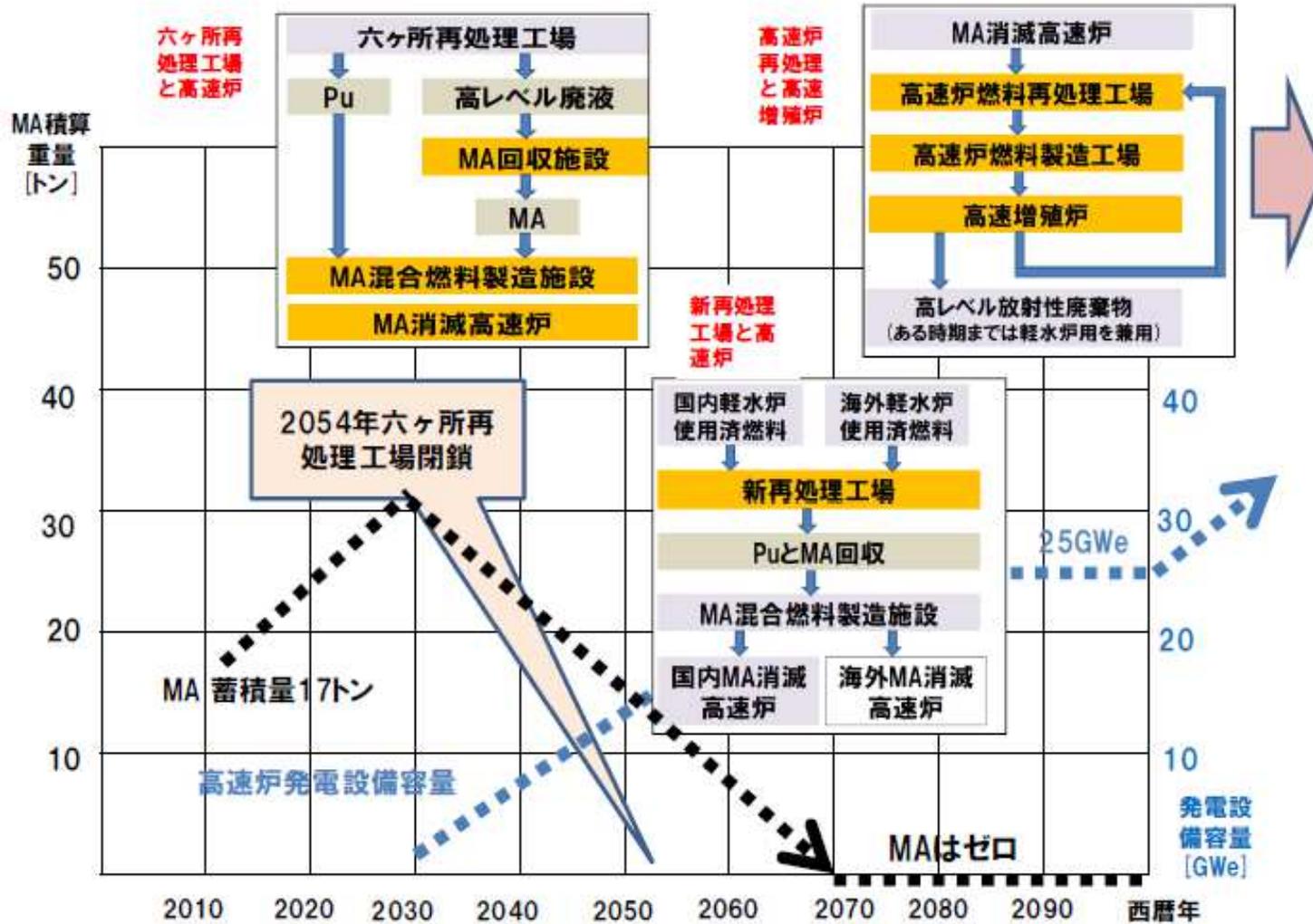


S.C. Chetal et.al “Current Status of Fast Reactors and Future Plans in India”
Asian Nuclear Prospects 2010 Science Direct India

ASEP21 高速炉開発のためのロードマップ



ASEP21 高速炉燃料サイクル技術確立のための ロードマップ 日本課題解決とリンケージ



新しく必要な施設

まとめ及び展望

- **日本の課題:長半減期高レベル放射性廃棄物**
→2070年までにすべての廃棄物の短半減期化、
無害化が可能
- **世界の課題:温暖化抑制**
→再生エネルギーと燃料増殖型の高速炉利用
により目標達成
- **ASEANの課題:2050年以降急増するエネルギー需要**
→日本が高速炉開発をリードし関与することで
ASEANのSmartな経済発展を実現

手段: 高速炉の役割を拡大