

別添3

平成20年5月8日現在

革新的環境エネルギー技術

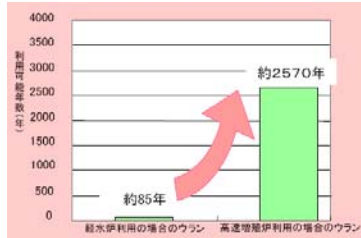
～ 世界全体の温室効果ガス半減を目指して ～

- 本資料は、別添2「環境エネルギー技術評価」に上げられている個々の技術の説明・補足のために①技術概要、②温室効果ガス削減効果、③技術ロードマップ／普及シナリオ、④国際競争力、⑤国際展開について、整理したものである。
- 政府が主導する技術のみならず、官民が一体となった総合的な取り組みを提示している。
- 温室効果ガス削減効果は、技術ごとに異なる前提・シナリオに基づく試算である。技術間の重複関係の排除等を考慮していないため、削減効果を合算することは出来ない。

1. 高速増殖炉(FBR)サイクル技術

技術の概要

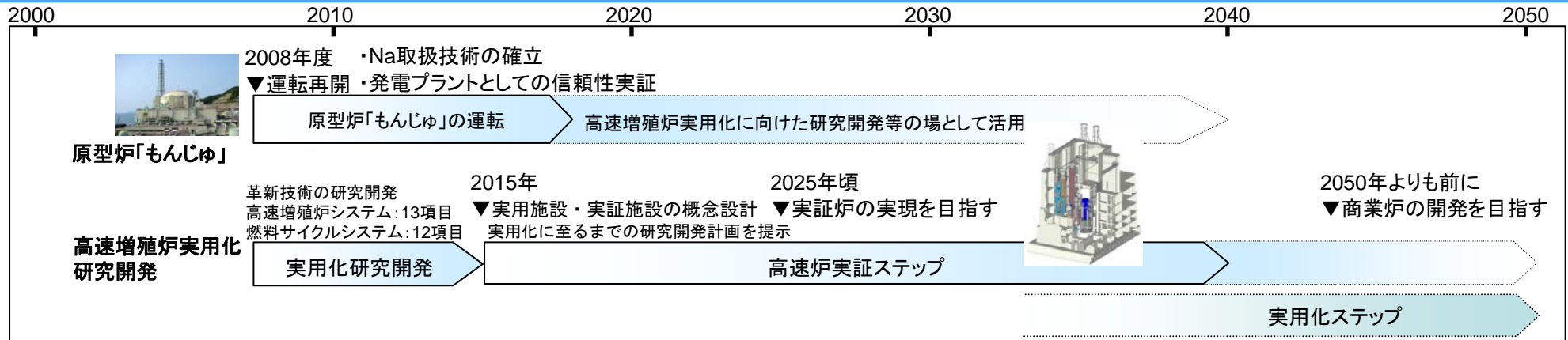
○軽水炉による原子力発電により、短中期的将来での二酸化炭素排出量の削減を確保することが出来るが、将来的なウラン資源の減少や天然ウラン価格の上昇などの不確定要素が存在する。高速増殖炉(FBR)サイクル技術は、ウラン資源の飛躍的な有効活用を可能とし、長期的なエネルギー安定供給に大きく貢献するものであり、長期的な温室効果ガス排出削減に大きく貢献するものである。放射性廃棄物の潜在的有害度の低減に貢献できる可能性を有する。



温室効果ガス削減効果

- 現在世界に約370GWの発電容量をもつ原子力発電を、火力発電(LNG)で代替した場合と比較して、年間11億トン(世界の排出量の4%)のCO₂排出を削減。
- IEAのWorld Energy Outlook 2007では、IPCCの評価における最も低い温室効果ガス安定化レベルである450ppmの達成のために、原子力発電の電力量が6560TWhに増加する必要性を示唆。これを実現することにより、火力発電(LNG)で代替した場合と比較して、年間27億トン(2030年の排出量の12%)のCO₂排出削減が可能。
- 高速増殖炉は、現在把握されている利用可能なウラン資源だけでも二千年以上にわたって、発電過程でCO₂を発生しない原子力発電を利用できるとの試算がある(OECD)。

技術ロードマップ／普及シナリオ



- 原子力発電を、世界レベルでの温室効果ガスの排出量削減に、長期にわたって役立てていくためには、ウラン資源の利用効率を飛躍的に高め、長期的な原子力発電の利用を可能とする高速増殖炉サイクル技術の導入が必要となる。将来的に、我が国の技術を世界的に展開することができれば、環境問題での国際貢献を果たすことが期待される。核不拡散などの課題に留意した、GIF、GNEPなどの多国間協力の中で、検討を進める。
- この研究開発は、独立行政法人である原子力機構を中核として進められている。今後、必要な資金や要員を確保していくために、研究開発型独立行政法人の制度等の改革を、引き続き検討していく必要がある。

国際競争力

- 抜本的な経済性強化を狙った、実用化高速増殖炉の概念研究を行い、このための実用化研究を進めている。この概念設計は第4世代原子炉にも提案され、ループ型の設計としては世界の最新概念となっている。
- 我が国は運転中の実験炉「常陽」と運転再開間近の原型炉「もんじゅ」並びに高速炉用の燃料製造施設を保有し、豊富なインフラを有している。

国際展開

- GIFやGNEPといった国際的枠組みを活用し、高速増殖炉サイクル技術の研究開発に関わる国際連携を進めるとともに、我が国の技術を国際標準とするべく、アピールを行っている。
- 本年度運転再開予定の原型炉「もんじゅ」を国際的な研究の場の中核として使用する。

2. 次世代軽水炉(軽水炉の高度利用含む)

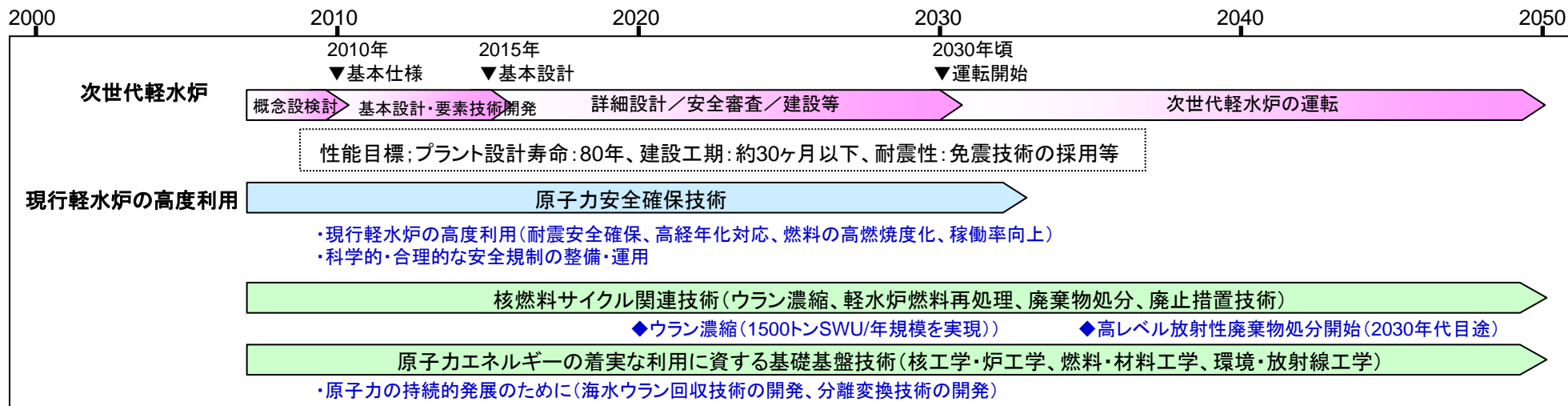
技術の概要

- 供給安定性に優れた原子力は、我が国で唯一のクリーンな基幹電源であり、経済成長に必要な電力を比較的低コストで安定的に供給できるため、二酸化炭素の排出削減と経済発展の両立に資するエネルギー源である。
- 現行の軽水炉の稼働率向上や高経年化対策により高度利用を図るとともに、基礎基盤技術や原子力エネルギーを安定的かつ長期的に利用するために核燃料サイクル技術開発を推進する。2030年前後に見込まれる大規模な代替炉建設需要に対応するため、安全性、経済性、信頼性等に優れ、世界標準を獲得し得る次世代軽水炉の技術開発を行う。
- 次世代軽水炉の具体的な技術開発項目としては、使用済燃料の発生量を低減する技術や、免震技術等の開発を行う。

温室効果ガス削減効果

- 現在世界に約370GWの発電容量をもつ原子力発電を、火力発電(LNG)で代替した場合と比較して、年間11億トン(世界の排出量の4%)のCO₂排出を削減。
- IEAのWorld Energy Outlook 2007では、IPCCの評価における最も低い温室効果ガス安定化レベルである450ppmの達成のために、原子力発電の電力量が6560TWhに増加する必要性を示唆。これを実現することにより、火力発電(LNG)で代替した場合と比較して、年間27億トン(2030年の排出量の12%)のCO₂排出削減が可能。
- 2030年頃から次世代軽水炉を導入することによって、その後、高稼働率で原子力発電を行うことができる。また、途上国にも原子力発電を普及させることができ、世界全体での温室効果ガスの排出削減に貢献することができる。

技術ロードマップ／普及シナリオ



○開発と一体的に、次世代軽水炉に必要な規格基準を整備する。また、次世代軽水炉に適合した規制制度について提案するとともに、安全当局との連携を図り、規制高度化を一体的に推進することが重要である。

国際競争力

- 我が国は、継続的に軽水炉建設を行ってきており、設計・製作、建設、運転のいずれの分野においても、世界最高水準の技術レベルを維持している。
- 我が国では、既に最新鋭のABWRが複数機運転実績を有する他、米国等での建設計画もある。また、APWRは国内で建設準備中であり、米国向けに一部仕様を見直したUS-APWRの建設計画などがある

国際展開

- 次世代軽水炉の開発成果を世界展開するには、我が国原子力産業が保持する核要技術の知的財産を適切に管理しつつ世界展開を図る必要がある。他方、次世代軽水炉の世界展開を実効的に進めるためには、この知的財産の戦略的な活用についても考慮する必要がある。

3. 中小型炉

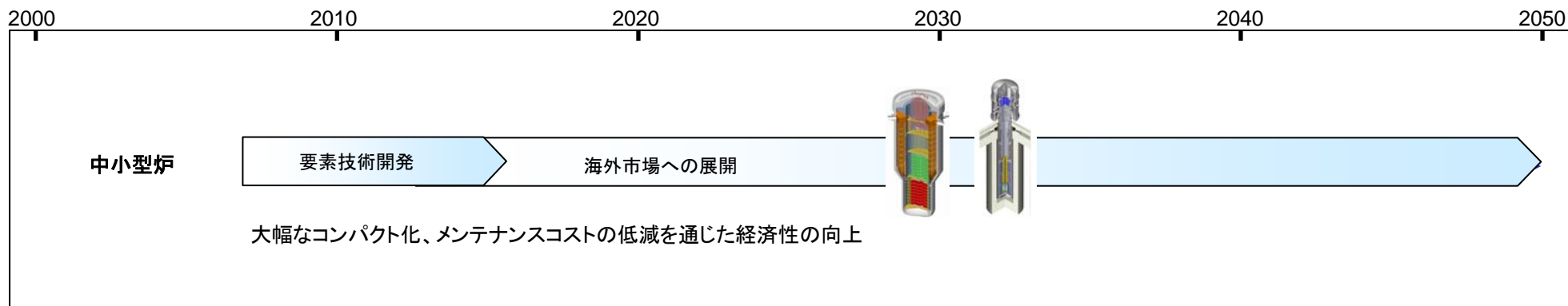
技術の概要

- 供給安定性に優れた原子力は、我が国において現段階で唯一のクリーンな基幹電源であり、経済成長に必要な電力を比較的 low コストで安定的に供給できるため、二酸化炭素の排出削減と経済発展の両立に資するエネルギー源である。
- 途上国や島嶼国等における中小規模の発電需要に対応可能なコンパクトで安全性の高い中小型炉を開発することにより、原子力発電導入国の多様なニーズに対応し、国際的な原子力の利用拡大に貢献。
- 現在、民間を中心に最適な炉型等について検討が行われており、国はこれらの取組について支援を行うこととしている。

温室効果ガス削減効果

- 現在世界に約370GWの発電容量をもつ原子力発電を、火力発電(LNG)で代替した場合と比較して、年間11億トン(世界の排出量の4%)のCO₂排出を削減。
- IEAのWorld Energy Outlook 2007では、IPCCの評価における最も低い温室効果ガス安定化レベルである450ppmの達成のために、原子力発電の電力量が6560TWhに増加する必要性を示唆。これを実現することにより、火力発電(LNG)で代替した場合と比較して、年間27億トン(2030年の排出量の12%)のCO₂排出削減が可能。
- 中小型炉には、発展途上国の新規導入国等における削減が期待されている。

技術ロードマップ／普及シナリオ



- 原子炉メーカーが研究機関等と協力しながら研究開発を実施。開発リスクが高い研究開発や波及効果の大きい研究開発について、提案公募方式により、国が支援。

国際競争力

- 我が国の原子炉メーカーは、90年代以降、世界の原子力市場が停滞した時期も国内において建設を継続してきたため、現在は一定の競争力を有している。
- 多様なニーズに対応可能な原子炉を提供することにより、世界の温暖化対策及びエネルギー安全保障に一層貢献することが可能となる。

国際展開

- 中小型炉技術については、日米協力の枠組みの中で、IAEA等が行った途上国のニーズ調査等を基に設計要件をとりまとめ、既に検討されている設計概念を調査する。また、中小型炉に関する互恵的な技術分野で共同研究開発の検討を進めるとともに、研究成果の活用を通じて、途上国等への我が国の原子力発電技術の国際展開を促進し、もって原子力産業の一層の国際競争力強化を目指す。

4. 高効率天然ガス火力発電

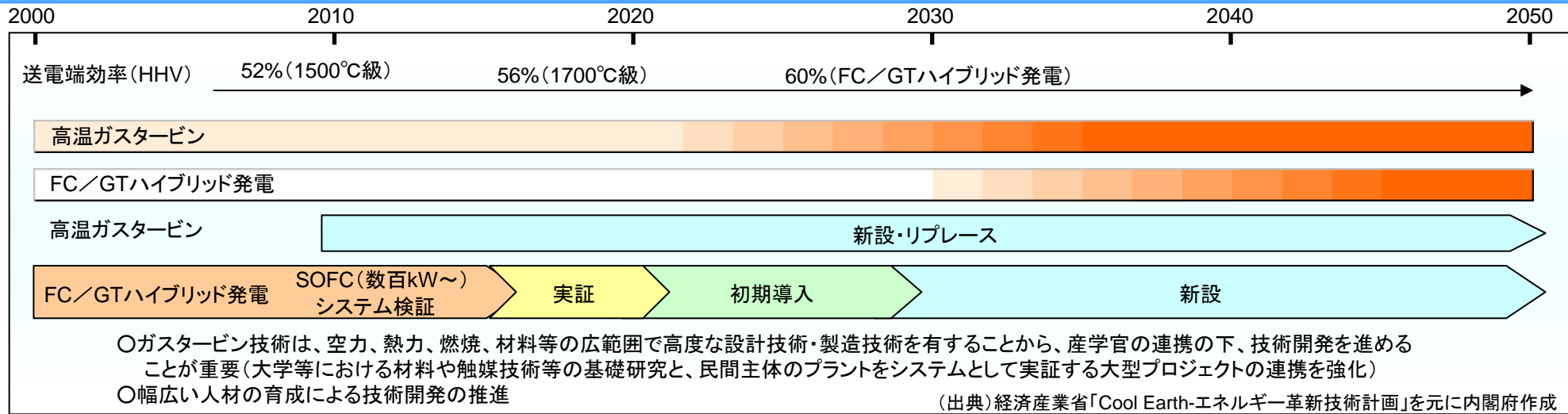
技術の概要

- 天然ガスを燃料とし、ガスタービンおよび蒸気タービンによる複合発電や高温分空気利用ガスタービン技術
- 現在は1500℃級複合発電(発電効率52%、送電端・HHV)を実用化している。
- 主要要素技術は、高温ガスタービン技術、高耐熱材料技術、高負荷圧縮機・タービン技術、先進冷却・燃焼・遮熱技術
- 燃料電池との組み合わせにより更なる発電効率の向上が見込まれる
- CCSとの組み合わせにより、二酸化炭素排出をほぼゼロにすることが可能

温室効果ガス削減効果

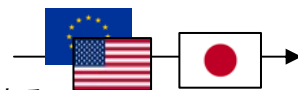
- 日本の温室効果ガスの削減効果については、既存の天然ガス火力発電所のうち875万kWが当該技術を導入した同規模の天然ガス火力発電所(発電効率42%→56%)に置き換わると仮定した場合、約600万t-CO₂削減効果と試算される(内閣府試算)
- 世界の火力発電所の熱効率が現在の日本のトップランナー機種と同程度になったと仮定すると2.3億t-CO₂の排出削減が達成可能(出典:NEDO)
- (注)2020年に向けて、現在の火力発電設備が日本で導入されている最も発電効率のよい設備(BAT)に更新されるケースを想定。その効率改善に伴う化石燃料消費量抑制量に相当するCO₂排出量を削減ポテンシャルとした

技術ロードマップ／普及シナリオ



国際競争力

- 1500℃級ガスタービンは世界に先駆けて実用化
- 1700℃級ガスタービン
海外と比べても技術的に最も実用化に近いレベルにある
- 高温分空気利用ガスタービン
パイロットプラントによるシステム成立性の検証は日本が最初に到達



国際展開

- 知的財産を保護した上で、先進国さらには電力需要の伸びが予想される新興国(アジア、アフリカなど)へ技術・ノウハウ等を提供し、海外における高効率天然ガス発電を普及促進

5. 高効率石炭火力発電

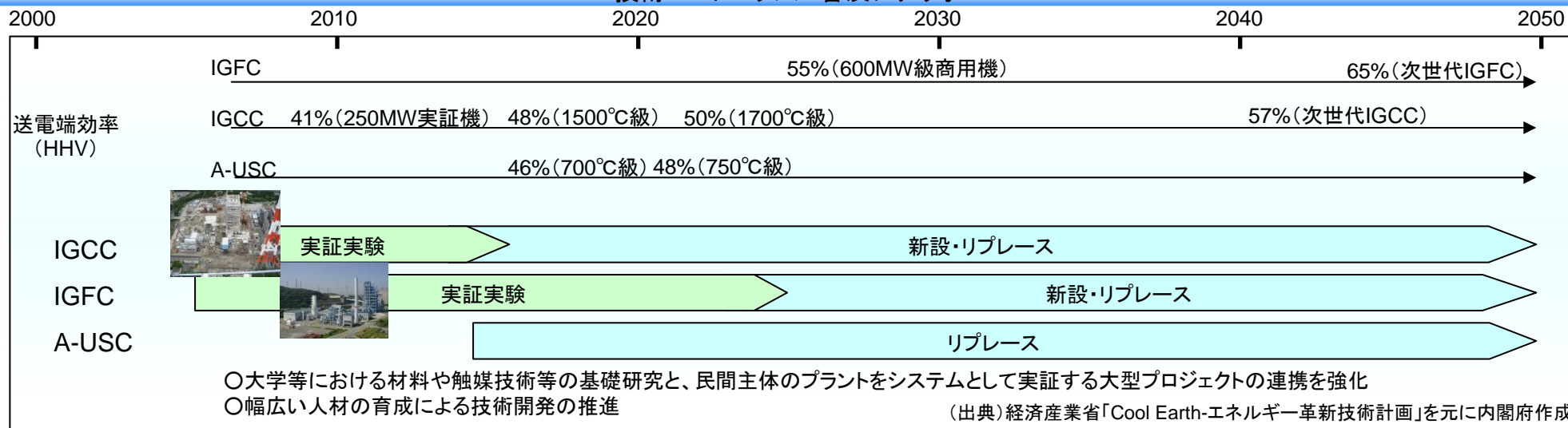
技術の概要

- 現在実用化されている超々臨界圧発電(USC、発電効率42%)を超える発電システムとして、以下の技術開発を実施
 - 先進的超々臨界圧発電(A-USC):USCの蒸気条件を更に高温、高圧化
 - 石炭ガス化複合発電(IGCC):石炭をガス化し、ガスタービンと蒸気タービンによる複合発電
 - 石炭ガス化燃料電池複合発電(IGFC):IGCCに燃料電池を組み合わせる
- CCSとの組み合わせにより、二酸化炭素排出をほぼゼロにすることが可能

温室効果ガス削減効果

- 日本の温室効果ガスの削減効果については、既存の石炭火力発電所のうち370万kWが当該 技術を導入した同規模の石炭火力発電所(発電効率40%→48%)に置き換わると仮定した場合、約350万t-CO₂削減効果と試算される。(内閣府試算)
- 世界の火力発電所の熱効率が現在の日本のトップランナー機種と同程度になったと仮定すると14.2億t-CO₂の排出削減が達成可能(出典:NEDO)
- (注)2020年に向けて、現在の火力発電設備が日本で導入されている最も発電効率のよい設備(BAT)に更新されるケースを想定。その効率改善に伴う化石燃料消費量抑制量に相当するCO₂排出量を削減ポテンシャルとした

技術ロードマップ／普及シナリオ



国際競争力

- A-USC
 - 欧州:700°C級の技術開発中
 - 米国:760°C級の材料に関する基礎研究
 - 日本:700°C級をメーカーで検討中
- 750°C級を視野に入れた開発が2008年度より開始
- IGCC
 - 現在の運転試験が成功すれば、欧米を凌ぐ
 - 欧米40%程度、日本41%(送電端効率)



国際展開

- 海外(特に中国・インド等石炭火力の割合が多い国)ではかなりの削減ポテンシャルが見込まれる。IGCC、IGFCは二酸化炭素回収貯留(CCS)と組み合わせることで、ゼロエミッション石炭火力発電が可能であり、一部の国で各国で実証試験が計画されている。
 - アジア太平洋パートナーシップ(APP)等を通じ、エネルギー効率維持・向上に向けた技術者間のピア・レビューを通じた技術・経験の共有、技術協力の推進等を実施。
- (出典)電気事業連合会2007/11/16

6. 太陽光発電

技術の概要

○量子ナノ・多接合型等の新材料・構造による飛躍的な効率の向上、有機系太陽電池技術や超薄膜化等により低コスト化を図る太陽光発電技術。技術の進展度合いに応じて、下記に分類。

●第一世代：結晶シリコンを活用した太陽電池であり、現在実用化されている太陽電池の主流。

●第二世代：薄膜シリコン、薄型結晶シリコン太陽電池、化合物系薄膜太陽電池、有機材料・色素を活用した有機系太陽電池等、薄膜化により、コスト要因となっているシリコンの使用量を低減、またシリコンの代替材料を活用するなど低コスト化を図る太陽電池。

●第三世代：多接合化や量子ナノ構造等、新材料・新構造を活用することにより、飛躍的な効率の向上とコストの低減を図る太陽電池。

温室効果ガス削減効果

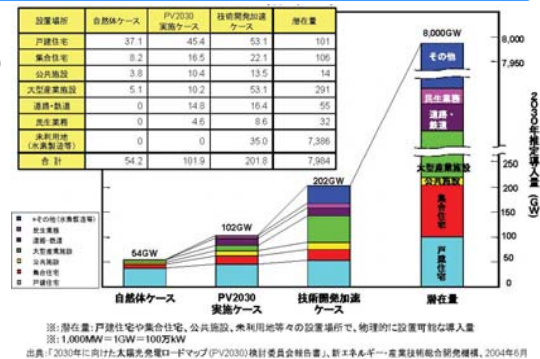
○日本
NEDOのシナリオ「自然体ケース」(右記)の場合、

54.2GW × 24h × 365D × 12% (利用率)

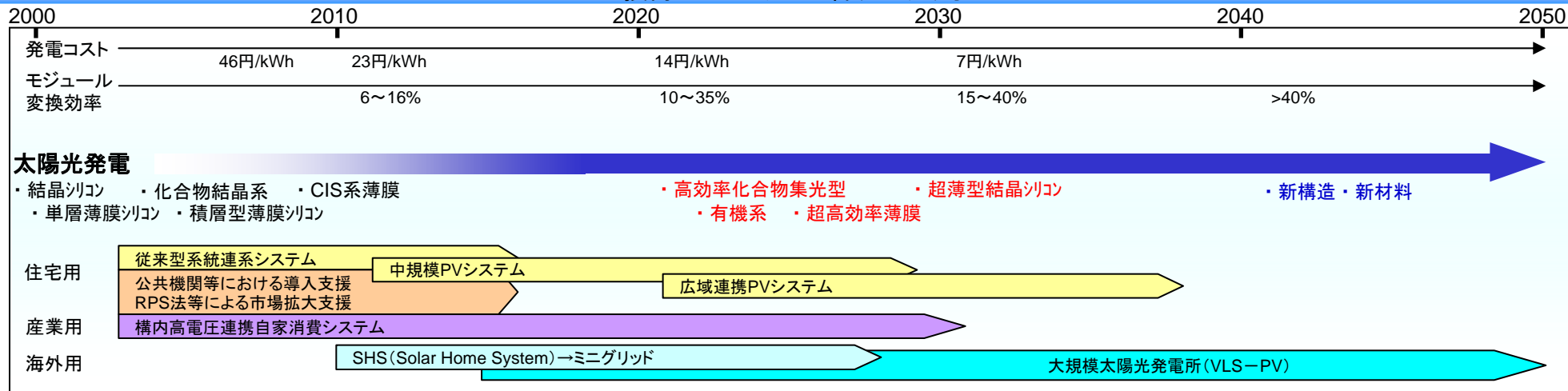
× 0.34kg/kwh* = 1,937万t-CO2

*全電源排出原単位の5か年目標

○世界
G8 Renewable Energy Task Forceの報告付属文書によると、655.8GWの導入予測。



技術ロードマップ／普及シナリオ



国際競争力

○我が国の太陽電池技術の開発は、1974年のサンシャイン計画に始まり、効率向上、低コスト化、導入普及施策が進められた結果、生産量、累積導入量は世界トップレベルにある。

○近年、フィードイン・タリフ制度を導入したドイツが累積導入量で日本を上回る一方、日本の生産量の伸びが鈍化していることから太陽電池産業における日本の地位は相対的に低下している。

○欧州のみならず、中国のサンテックは近年生産量が急増し、2006年に日本の太陽電池モジュール専門メーカーであるMSKを買収するなど、大きく力をつけている。

○米国でもベンチャー企業による積極的な技術開発が進められており、我が国の優位性は予断を許さない状況にある。

国際展開

○アカデミアレベルで基礎研究がスタートしたばかりの第三世代の太陽光発電技術について、研究拠点を我が国に整備するとともに、海外からの優秀な人材の招聘やシンポジウム開催を通じて、海外研究機関とのネットワークを構築するとともに、各国における研究開発動向の情報交換を行う。

○関連プロセス技術、材料物性のデータベース化を国際的な共同事業として実施する。合わせてこのデータベースに基づく物性評価手法の標準化に着手し、世界規模での試料の標準化をおこなう。

7. 風力発電(洋上発電)

技術の概要

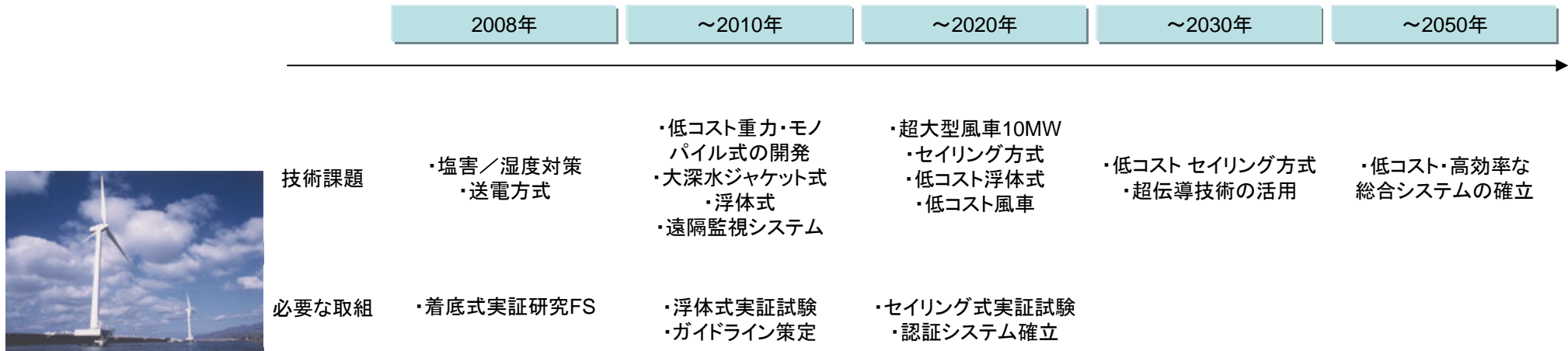
- 洋上に設置された風力発電施設。欧州では既に大規模洋上ウインドファームの開発が進められているが、我が国では着底式洋上風力発電のフェーズビリティスタディが始まったところ。
- 広大な面積を誇るものの遠浅の海域が少ない我が国の海域に適した洋上風力発電として、着底式の他、浮体構造物を用いた浮体式洋上風力発電、自律航行可能な浮体上に設置したセイリング式洋上風力発電などが複数の国内研究グループから提案されている。
- 地形の影響が少ないため、陸上風力発電に比べ、高い稼働率を得ることが可能(着底式、浮体式で倍程度(40%)まで、セイリング式で3倍近く(60%弱))である。
- 離岸距離が近い範囲は直接系統へ連系、それ以外は水素などの化学エネルギーへの変換が必要となる。

温室効果ガス削減効果

- 国際エネルギー機関(IEA)の2030年予測(World Energy Outlook 2007)によると、日本においては、風力で16テラWhの発電量を見込んでいる。
- 同様に、世界全体においては、1132テラWhの発電量を見込んでいる。※
- これらを全電源排出原単位(5ヶ年目標)の0.34kg-CO₂/kWhで換算すると、日本においては、544万トン、世界においては、3.8億トンのCO₂削減効果となる。

※風力発電全体(洋上+陸上)

技術ロードマップ/普及シナリオ



国際競争力

- 着底式に関しては、既に開発され実用化されている欧米に遅れをとるものの、浮体式に関しては同程度、セイリング式に関しては既に5年間の研究が実施されており、欧米に比べ一歩リードしている。
- 国際競争力を維持するには、着底式の実証研究に留まることなく、浮体式、セイリング式の実証研究が進められることが重要なポイント。

国際展開

- 風力発電の適用性を拡大することで導入目標を達成し、培われた開発技術力により国際競争力を拡大して積極的なアジア地域の経済活性化に貢献する。

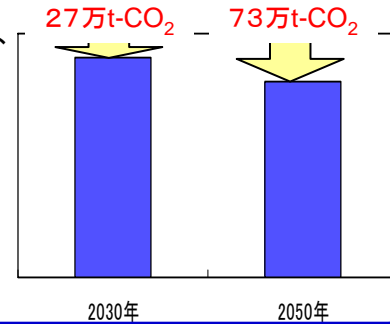
8. 超電導送電

技術の概要

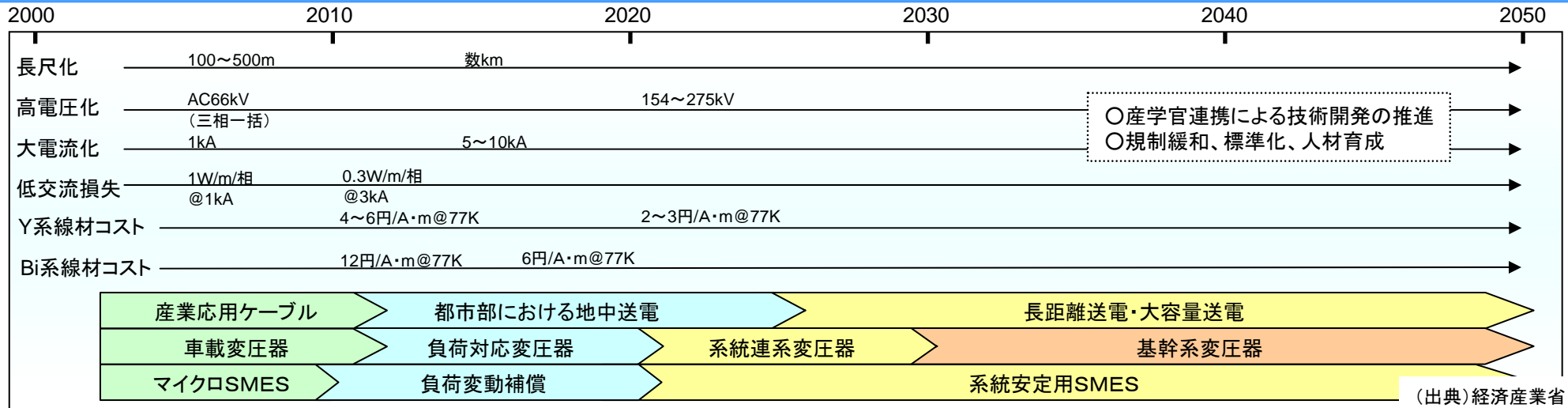
- 電流が流れる際のエネルギー損失の低減を可能とするケーブル送電技術（超電導は、特定の物質が低温に冷やされた時に、電気抵抗がゼロになる現象）
- 高温超電導（超電導になる臨界温度が液体窒素の沸点（ -196°C ）より高い）線材を活用することにより、現行5%程度の送電ロスをおこの技術を活用できる区間において1/3程度に削減することも可能である
- 技術の方向性としては、線材・ケーブルの長尺化、高電圧化、大電流化、低損失化のほかに、変圧器や電力貯蔵装置の開発や冷凍機技術がある

温室効果ガス削減効果

- 送電損失を1/3に低減可能であり、これを前提として、以下のような試算もある
 - 2030年までに日本で560km導入されると仮定すると2030年に27万ton-CO₂/年を削減可能
 - 2050年までに日本で2290km導入されると仮定すると2050年に73万ton -CO₂/年を削減可能
- (出典) NEDO



技術ロードマップ／普及シナリオ



国際競争力

- Y系超電導線材
 - 超電導電力貯蔵装置(SMES)
 - 超電導変圧器
 他国においては交流損失低減に目処が立たないため研究中止
 - 超電導ケーブル
 - 超電導電力貯蔵装置(SMES)
 - 超電導変圧器
 他国においては交流損失低減に目処が立たないため研究中止
- 競争力比較:
- Y系超電導線材: 日本が5年リード
 - 超電導ケーブル: 日本が1年リード
 - SMES/変圧器: 日本が5年以上リード

国際展開

- 超電導技術は、我が国が優位性を有する分野であり、国際的な環境問題への解決に貢献するため、率先してISO・IECの活動を通じた国際標準化の推進を進めるとともに、海外で先導的な研究の知見を有する研究機関と協力を行うことが効果的である
- 開発途上国においては、電力系統の構築において、送電ロスを抑え、電力エネルギーを効率的に利用するために有用
- 先進国においては、送電ロスの低減のみならず大容量の送電が可能になることから、都市部の電力需要対策として地中ケーブルへの活用が期待。米国ニューヨーク州(オルバニープロジェクト)では2006年7月より約7万世帯に実線路に送電開始

9. 水素製造

技術の概要

○燃料電池自動車や定置用燃料電池に利用する水素を高効率かつクリーンに製造するための技術。

○特に、再生可能エネルギーの利用やCCSとの組み合わせ等により製造した水素は、製造工程における二酸化炭素排出がゼロに近いので、燃料電池の燃料として利用することにより、より二酸化炭素削減に貢献することが期待できる。

○技術の主な要素は右記のとおり。

		要素
製造	改質(オンサイト)	水蒸気改質
		オートサーマル
	改質(オフサイト)	水蒸気改質
		部分酸化
	水電解	CCS
		固体高分子水電解
アルカリ水電解		
高温水蒸気電解		
再生可能エネルギー	バイオマス・生物利用	
	太陽・風力エネルギー利用	
原子力エネルギー	原子力エネルギー利用	
精製	PSA	
	膜分離	合金膜、非合金膜
		高分子膜
	深冷分離	

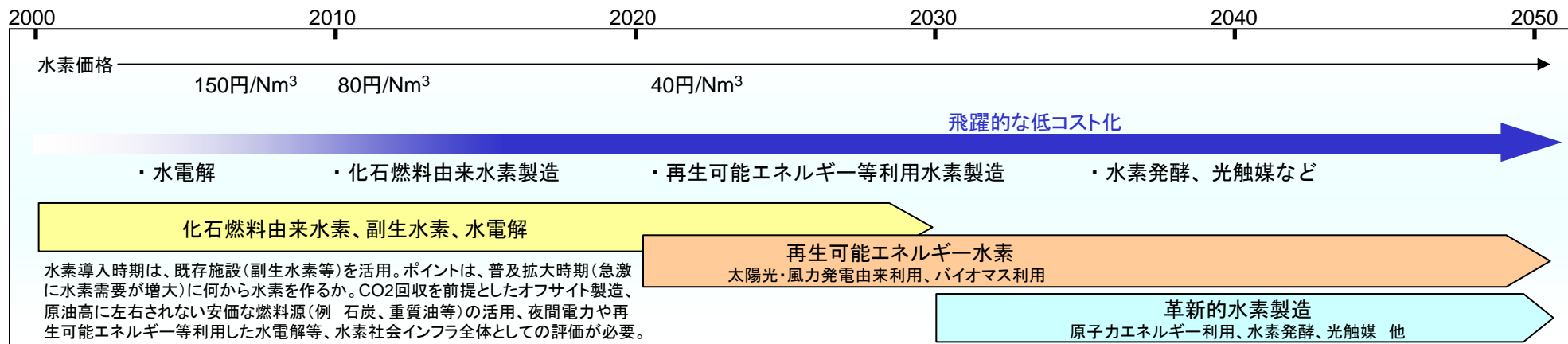
(出典)NEDO「燃料電池・水素技術開発ロードマップVer.2」

温室効果ガス削減効果

○製造された水素は、自動車用、民生用・産業用コージェネ、発電所から、ノートパソコン、携帯電話などの携帯機器まで、多様な用途・規模をカバーする燃料電池のエネルギー源として利用されることにより、二酸化炭素削減に貢献する。

○水素の製造方法により、CO2排出量に大きな差があるため、算出不能。化石燃料資源から製造された水素を使用する場合よりも、化石燃料由来でない水素を使用することで、大幅な二酸化炭素削減が可能となる。

技術ロードマップ／普及シナリオ



国際競争力

○核となる要素技術では、性能は世界レベルに到達の見込み。

要素技術: 水蒸気改質、オートサーマル技術、部分酸化技術、水電解

効率: 80%HHV以上は達成の見込み

設備コスト: (現状)約2,000円・Nm³・Hr⁻¹程度

製造コスト: (現状)約100円・Nm³程度

(出典)NEDO「水素技術開発シンポジウム」資料(平成19年6月13日)

○高温ガス炉等からの高温熱を用いる純熱化学法のISプロセスに関しては、我が国で運転制御法を開発(特許出願3件)し、2004年に毎時30リッター規模の連続水素製造を達成。また、2005年に実用材料(セラミックス)製反応器の試作に成功した。一方、米仏はISプロセスの共同研究を進めており、本年、実用材料製装置による毎時200リッター規模試験を行う計画。

国際展開

○水素経済のための国際パートナーシップ(International Partnership for the Hydrogen Economy, IPHE)における情報交換を強化しつつ、円滑な海外展開を念頭に、水素燃料等の規格基準に関する国際標準化を推進する。

○ISプロセスについては、2030年頃の実用化を目指した第4世代原子カシステム国際フォーラム(GIF)において、超高温ガス炉(VHTR)に関する水素製造プロジェクト(日、米、仏、韓、カナダ、ユーラトム)を2008年から開始する。

○廃棄物系バイオマスを利用した、非燃焼方式ガス化・発電プロセスに最新の分離技術を組み合わせた選択的水素製造技術の開発については、諸外国と比較しても優位にある。アジア等の開発途上国は適地の逼迫、水・土壌環境等を通じた環境影響、温暖化ガスの放出等様々な課題を抱えており、適正な中間処理への潜在的な要求は大きいことから、当該技術の普及ポテンシャルが存在すると考えられ、それらの地域に向けた情報発信が必要である。

10. バイオマス利活用(ガソリン代替) (セルロース系バイオエタノールの製造・利用技術)

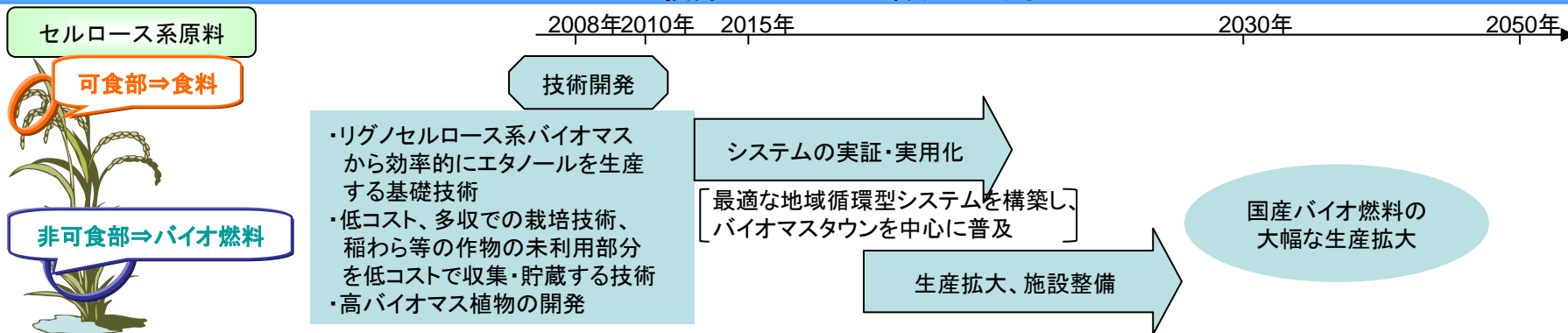
技術の概要

- 草本系、木質系など、食料と競合しないセルロース系原料を、微生物や酵素を活用した糖化・発酵技術を駆使し、エタノールに変換する技術。
- セルロース系原料として、遺伝子組換え技術等で収量を大幅に増加させた高バイオマス植物を開発するとともに、国土の約7割を占める森林から産出される間伐材や建設廃材、稲わら等の大量の未利用木質資源と合わせて、糖化・発酵し、高効率でエタノールに変換。
- 小規模な設備でも稼働を可能とし、地産地消による展開をめざす。

温室効果ガス削減効果

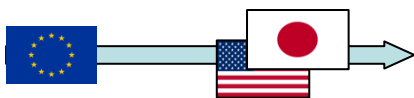
- 国内
「国産バイオ燃料の大幅な生産拡大」(平成19年2月バイオマス・ニッポン総合戦略推進会議)別紙において、2030年頃には600万キロリットルの国産バイオ燃料の生産が可能とされている(農林水産省試算)。仮に、当該量を生産した場合、830万トンのCO2削減※が見込まれる。
※ (同質量の)エタノールの発熱量 : ガソリンの発熱量=0.6 : 1であることから600万キロリットルのバイオ燃料は360万キロリットルのガソリンに相当するとして試算(ガソリンのCO2排出係数は2.31Kg/リットル)
- 世界全体
国際エネルギー機関(IEA)の予測(World Energy Outlook 2007)によると、2030年における一次エネルギー供給量として、石油換算で16億トン(CO2換算40億トン)を見込んでいる(廃棄物系バイオマス含む)。

技術ロードマップ/普及シナリオ



国際競争力

- 低コスト・高効率なエタノール変換技術については、糖化技術において世界的な競争が展開される中、加圧熱水処理法等我が国独自の技術開発を推進する一方、発酵技術において、組換え微生物等を利用した五炭糖・六炭糖を一括利用するエタノール変換技術等、先導的な技術開発を進めている。



ヨーロッパと比較し約3年先行

国際展開

- 稲わら等の未利用バイオマス資源のエタノール変換技術は、東南アジア等米作地帯に展開が容易であり、途上国のバイオマスの有効利用と温暖化対策に貢献できる。
- 木質系バイオマスのエタノール変換は、世界各国で研究が進められているが、非常にハードルの高い課題であり、個別技術ごとに、開発を行っている各国と積極的な連携が必要である。