

「核融合研究開発基本問題検討会(第3回)」

「21世紀のエネルギー需給展望と原子力」

平成15年7月10日(木)

(財)日本エネルギー経済研究所

常務理事・研究統括本部長

伊藤 浩吉

超長期シナリオ分析の背景

将来のエネルギー・環境を考察する上での制約的要因

- ✓ 経済発展・人口増加
- ✓ 地球環境制約（土地、食料、水など）
- ✓ エネルギー資源制約（枯渇性資源、再生可能エネルギー供給量の制約、可採年数）



上記制約を緩和する上で、様々な対策の中でも、
エネルギー関連技術の研究開発、導入が重要

➤新エネルギー技術 ➤省エネルギー技術



<論点：不確実性>

科学技術開発の不確実性（技術進歩の速度に関する不確実性など）

超長期シナリオ分析とその役割

将来の不確実性 ➡ 定量的モデルによるアプローチが必須

✓ 将来シナリオの作成

(エネルギー技術開発等の不確実な諸要因に関する展望を作成)



✓ 超長期エネルギーモデル

(エネルギー需給システムの諸要因間の関係を定式化)



エネルギー需給の将来像をスケッチ



✓ 現時点で将来の不確実性に対して、どのような技術開発の策定が必要か、整合的に分析を実施

超長期エネルギーモデルによる技術評価例

超長期世界エネルギーモデル(WINGモデル:World Integrated Model for New Generation in the 21st Century)の概要

✓ 対象期間:2000年～2100年

✓ 対象地域:世界12地域

(中国、旧ソ連東欧、インド等、NIES/ASEAN、アメリカ、OECD欧州、日本、その他、中東、オセアニア、中南米、アフリカ)

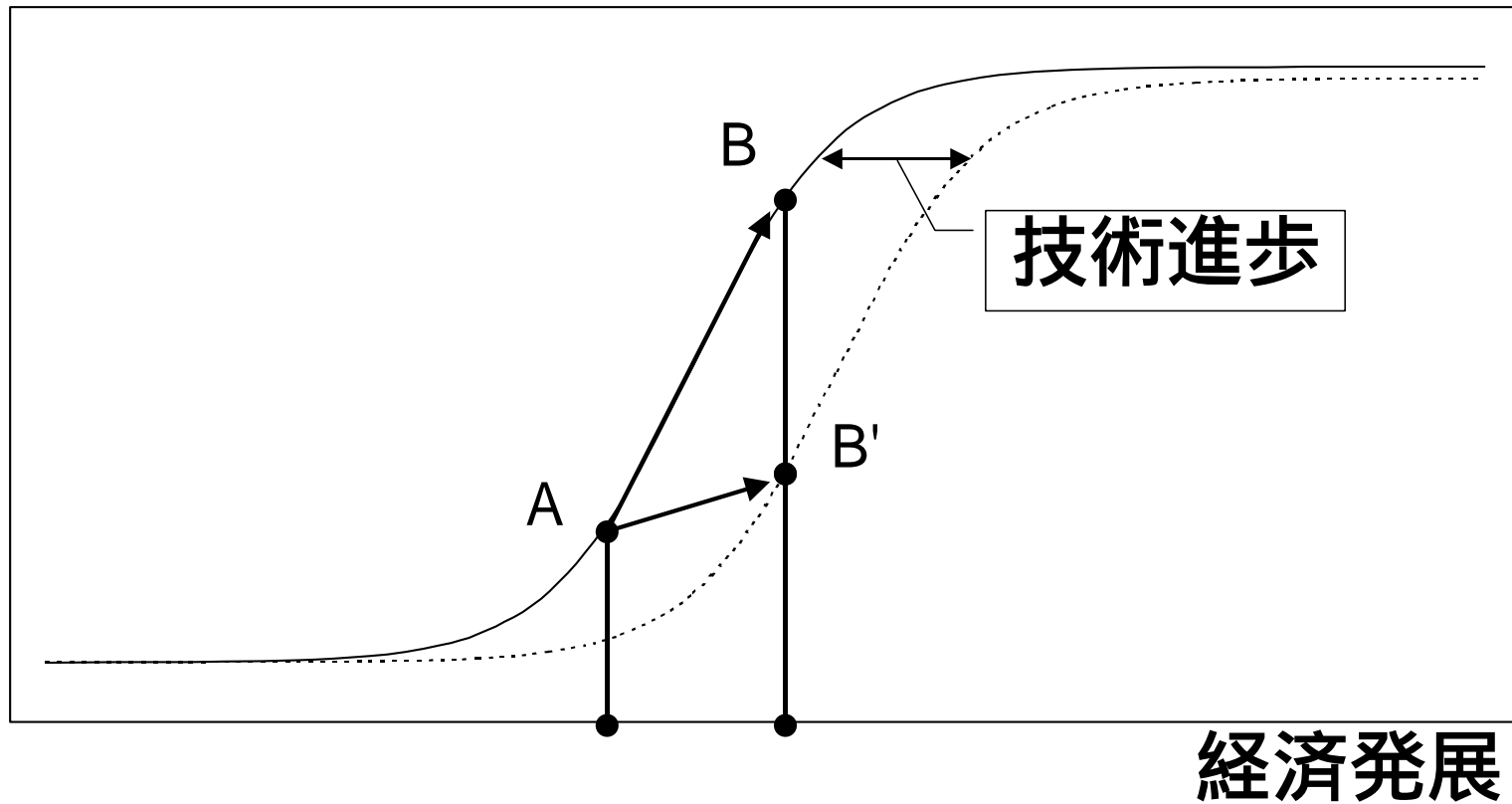
✓ エネルギー源の種類:

- ・ 最終エネルギー(4種類):固体、液体、ガス、電力
- ・ 一次エネルギー(6種類):石炭、石油(在来、非在来)、天然ガス(在来、非在来)、水力、原子力、再生可能エネルギー
- ・ 転換技術:発電技術、水素製造技術(大規模ソーラー、将来的原子力等を利用)、燃料電池(車載用、定置用)、将来的原子力(核融合等)など

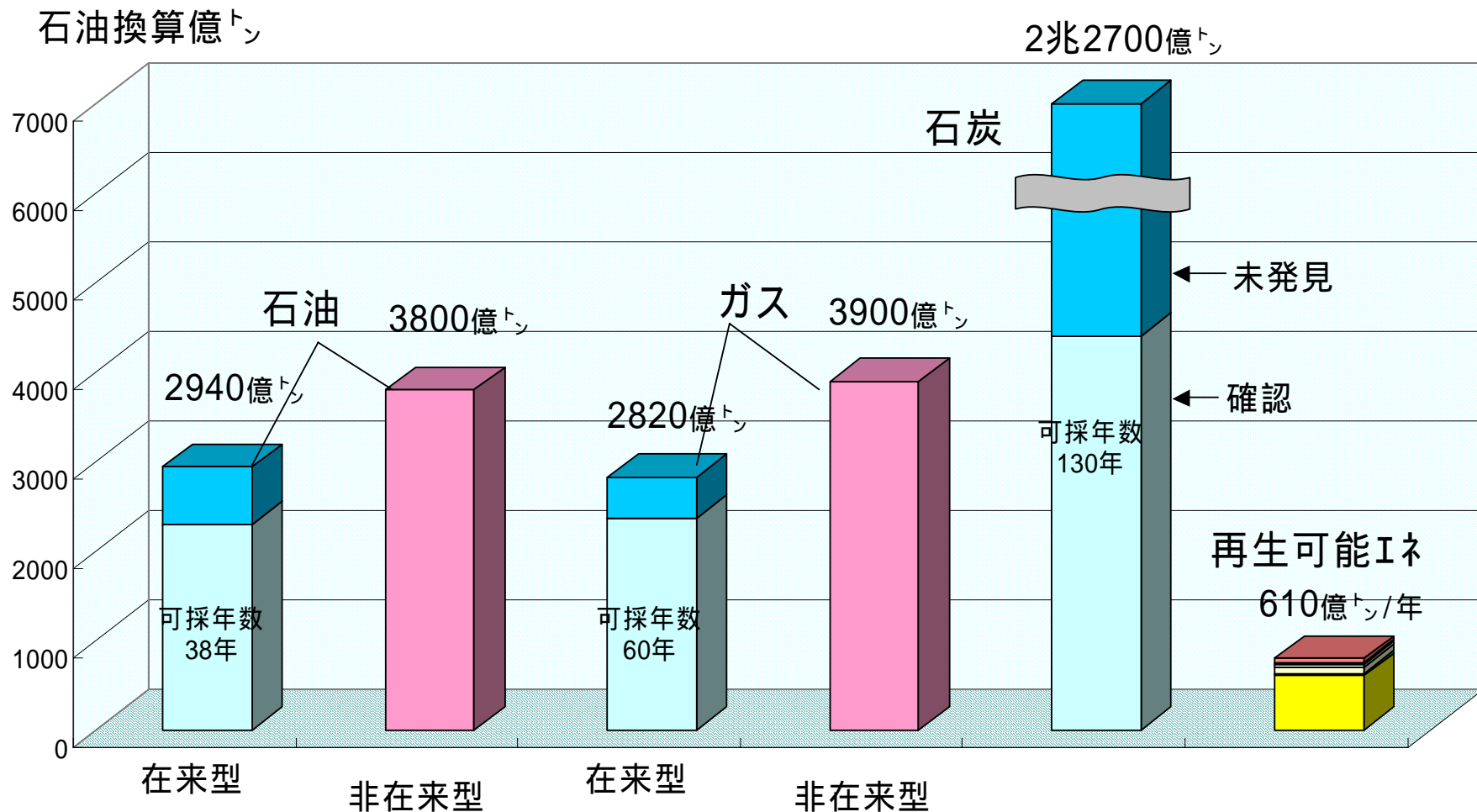
✓ 計算手法:逐次計算による需給均衡エネルギー価格の決定を通じて、将来のエネルギー需給を計算

<モデルの特色>:経済発展段階と人口・エネルギー消費の関係を明示的に考慮

エネルギー需要



化石資源量の設定



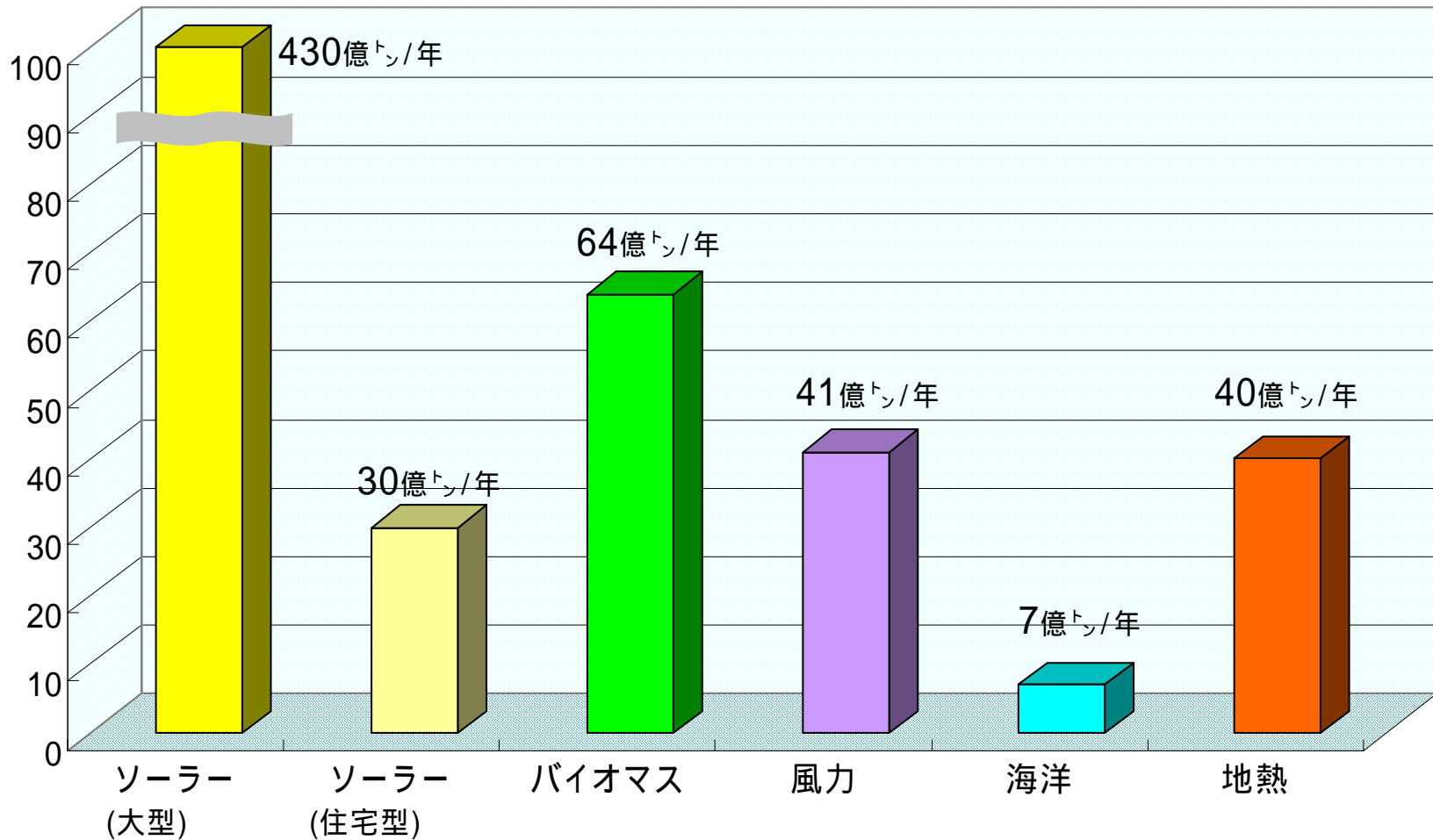
* 世界の石油生産量(2001年):35.8億トン/年 [BP統計,2002年]

✓ 在来資源、非在来資源を考慮

(非在来石油:オイルシェール等、非在来ガス:コールベッドメタン等)

再生可能エネルギー供給可能量の設定

石油換算億トン/年



* 世界の石油生産量(2001年): 35.8億トン/年 [BP統計, 2002年]

＝ 将来的原子力導入シナリオ想定 (ケース設定) ＝

シナリオ要素 ケース名	省エネ・ 再生エネ促進 (C・R)	将来的 原子力促進 (水素ナシ) (F(A))	将来的 原子力促進 (水素含・水分 解・廃棄物) (F(B))	備 考	
				将来的原子 力コスト (2030 2100年)	考え方
BAUケース				悲観： 30 30 円/kWh	地球温暖化問題に特段の配慮を せず、これまでのトレンドで推移 (とても許容できないケース)
省エネ・再生エネ 促進ケース (C・R)				中間： 30 15 円/kWh	地球温暖化問題を考慮すると、少なく とも省エネ及び再生可能エネルギーは政策的 に促進されるケース(省エネ・再生可能エ ネ促進は政策的に同時進行)
省エネ・再生エネ・ 将来的原子力促進 ケース (C・R・F(A))				楽観： 30 3 円/kWh	地球温暖化問題等への対処のため、新エネルギーとして将来的原子 力開発が促進されるケース
省エネ・再生エネ・ 将来的原子力促進 (含水素)ケース (C・R・F(B))				楽観： 30 4 円/kWh	地球温暖化問題等への対処のため、新エ ネルギーとして将来的原子力及び将来的原子 力起源水素開発(水電気分解・廃棄物起 源水素)が促進されるケース(将来的原子 力の付加価値の高度化、水素社会の加速)

核融合研究開発の将来に関する前提条件

- ✓ 2010年 ITER(核融合実験炉に関する日・EU・ロシアの国際協力プロジェクト)により、自己点火条件を達成—工学的実証
- ✓ 2030年 発電プラントによる発電の実証
- ✓ それ以降 2030年における発電実証の成功を前提として、その後のコストダウンの進展の度合いによりケース展開

BAU予測結果の概要 (赤字は将来的原子力促進ケース)

	1990年	2050年	2100年
人口 [億人]	53 億人	95 億人	109 億人
GDP [1990年US兆ドル]	20 兆ドル	91 兆ドル	207 兆ドル
GDP成長率 [%]	2.1%		
1人あたりGDP [千ドル/人]	4 千ドル/人	1 万ドル/人	1 万 9 千ドル/人
一次エネルギー消費量 [石油換算トン]	83 億トン	197 億トン	294 億トン
原単位改善率 [%/年]	1.0%		
将来的原子力供給量			
[一次エネルギーシェア %]	BAUケース	-	0%
	促進ケース	-	7.8%
再生可能エネルギー供給量 [一次エネルギーシェア %]	0.3%	15.5%	27.0%
水素エネルギー供給量 [最終エネルギーシェア %]	-	5.0%	16.0%
CO ₂ 排出量 [炭素換算トン]	60 億トン	124 億トン	161 億トン

CO₂排出量変化の要因分析

$$C = \frac{C}{E} \times \frac{E}{GDP} \times GDP$$

C : CO₂, E : エネルギー



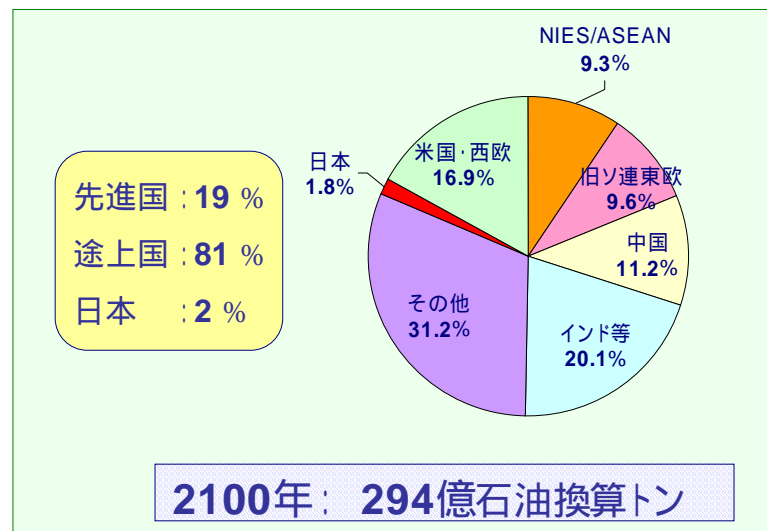
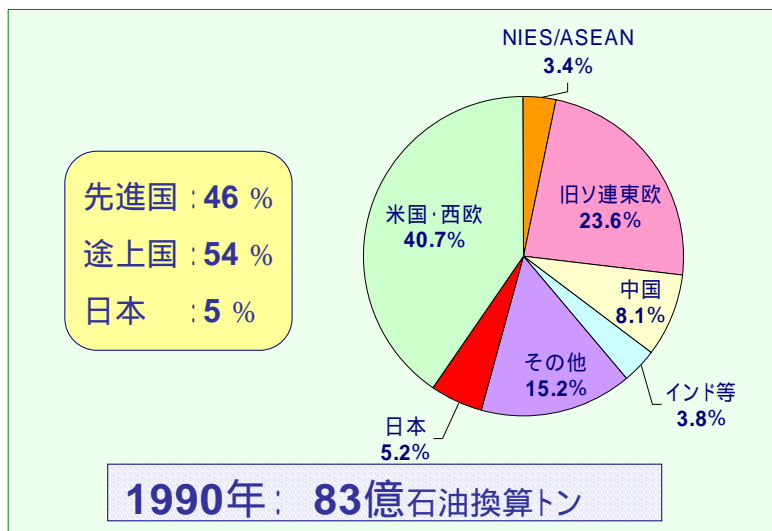
$$\Delta C = \Delta \frac{C}{E} + \Delta \frac{E}{GDP} + \Delta GDP$$

$\Delta \frac{C}{E}$: 脱炭素化, $\Delta \frac{E}{GDP}$: 省エネ, ΔGDP : 経済成長

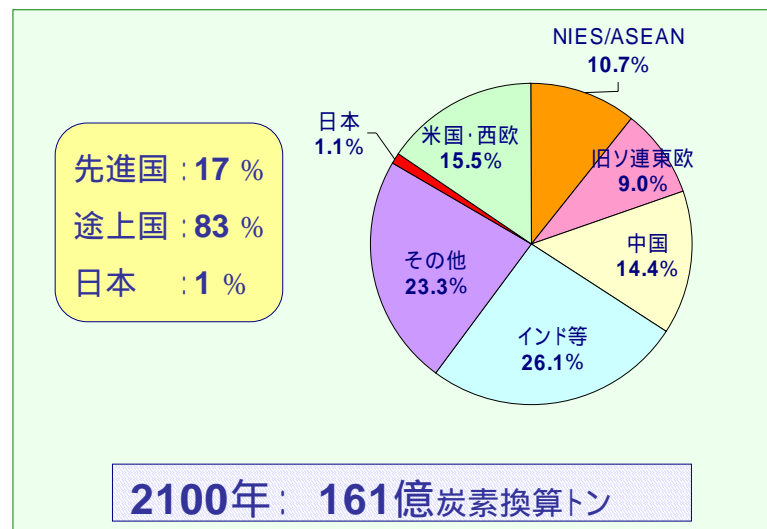
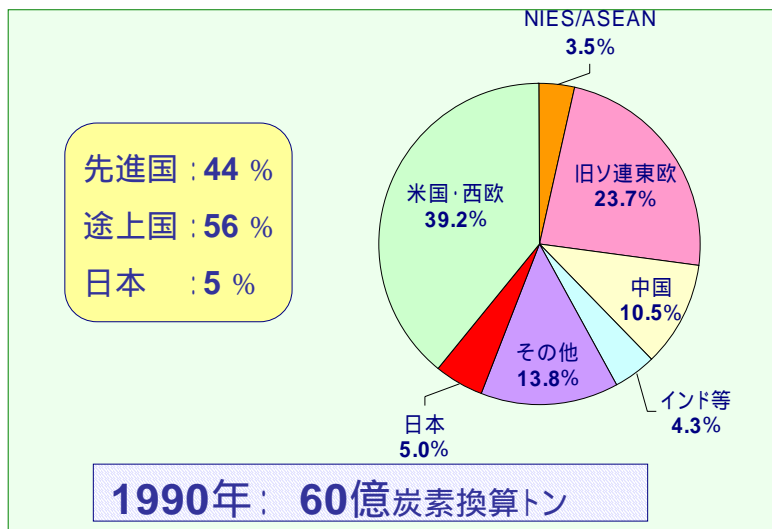
[年平均伸び率]

	1990年 ~ 2100年	
	BAUケース	省エネ・再生エネ・ 将来的原子力 (水素含)促進ケース
CO ₂ 排出量 C	0.9%	0.0%
脱炭素化 C/E	0.2%	0.8%
省エネルギー E/GDP	1.0%	1.3%
経済成長 GDP	2.1%	2.1%

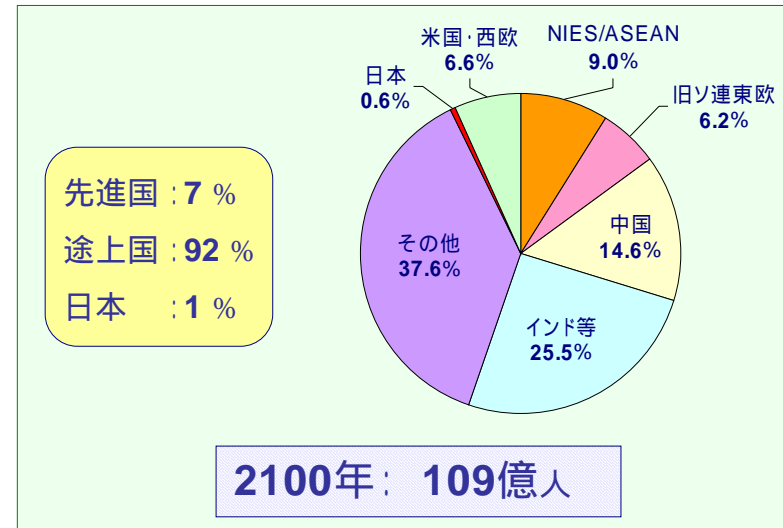
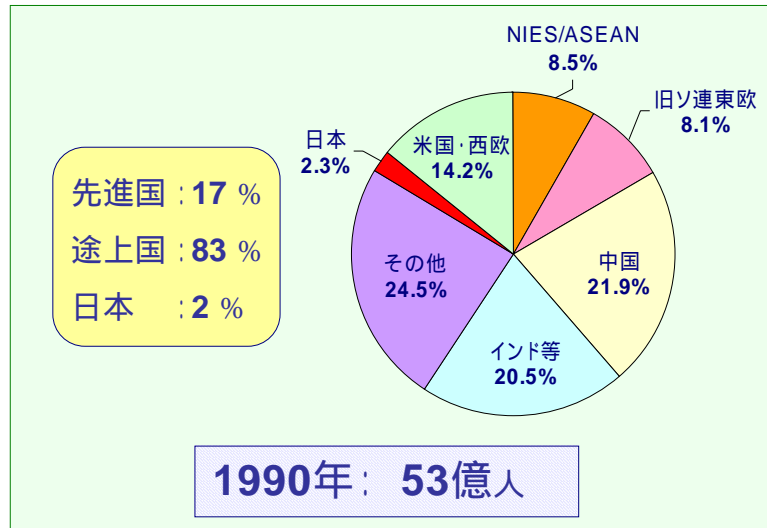
一次エネルギー消費シェア(BAU)



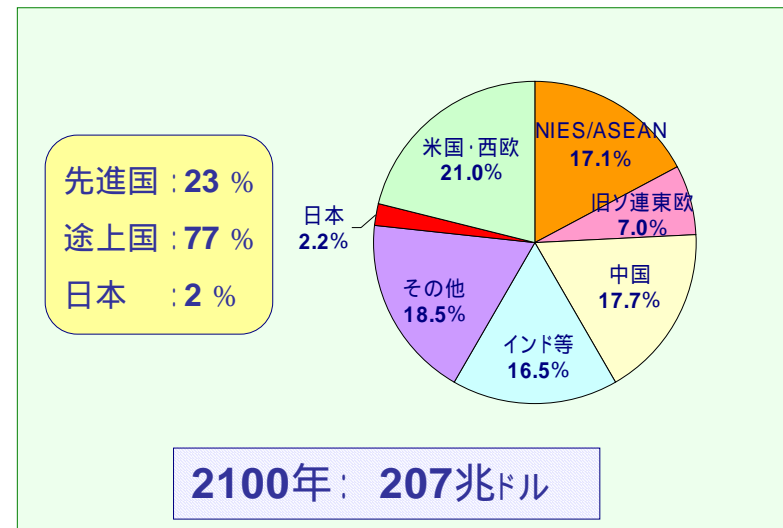
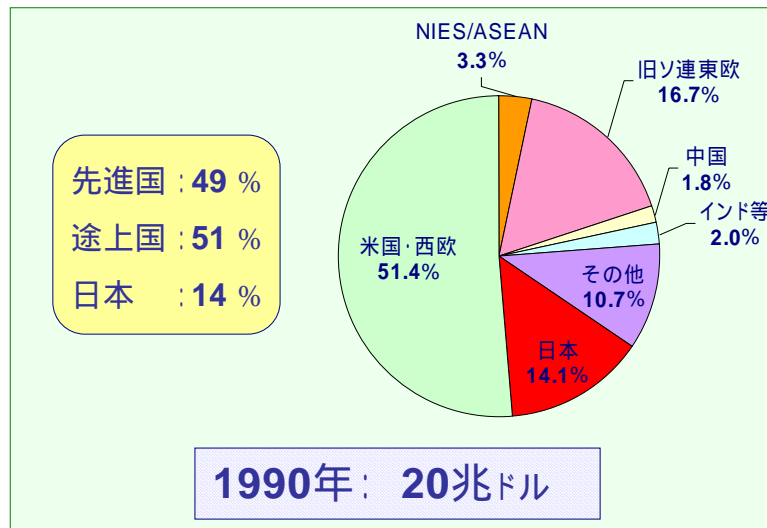
CO₂排出量シェア(BAU)



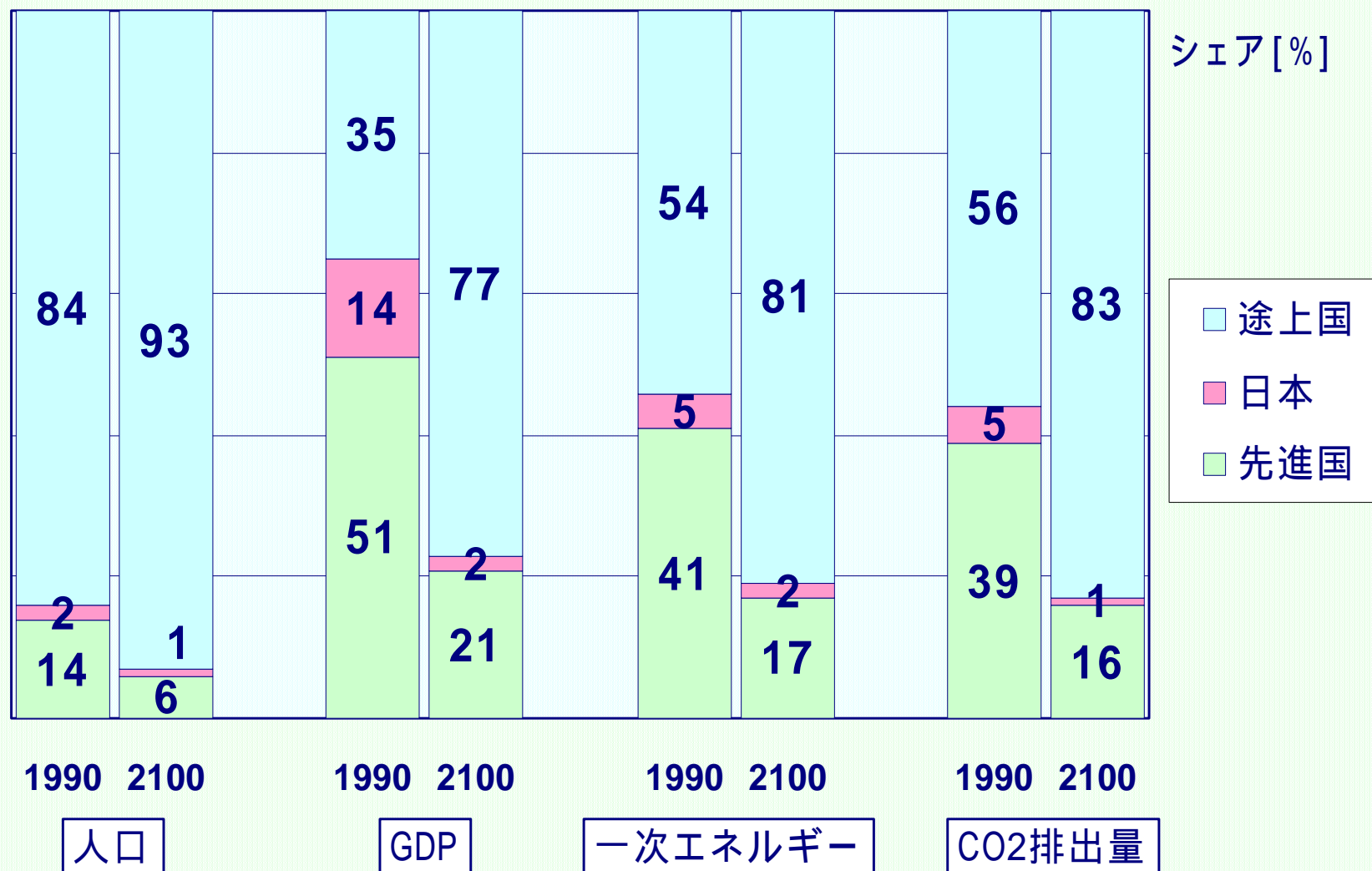
人口シェア(BAU)



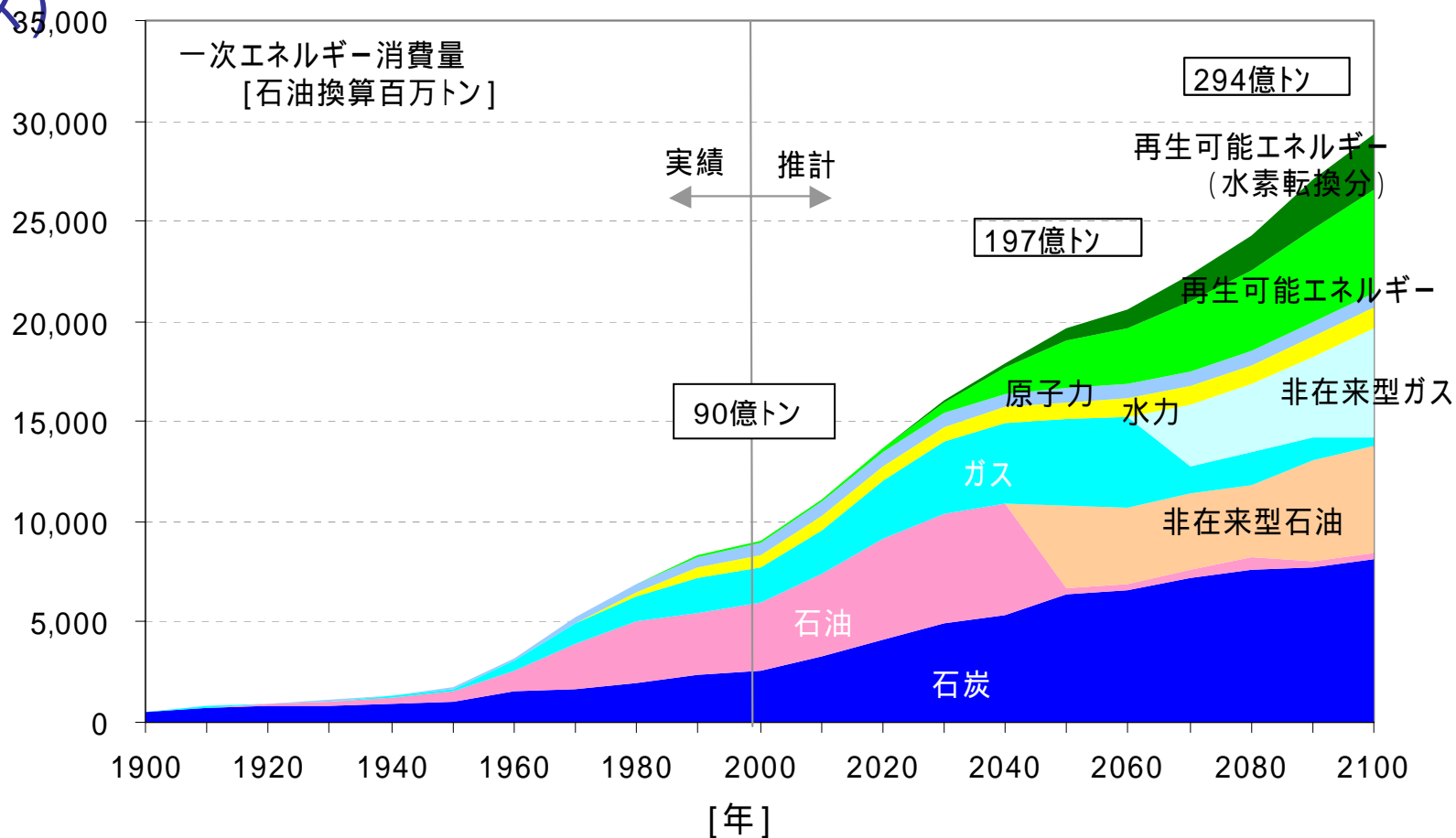
GDPシェア(BAU)



＝ 先進国と途上国のシェアの変化 (BAU)

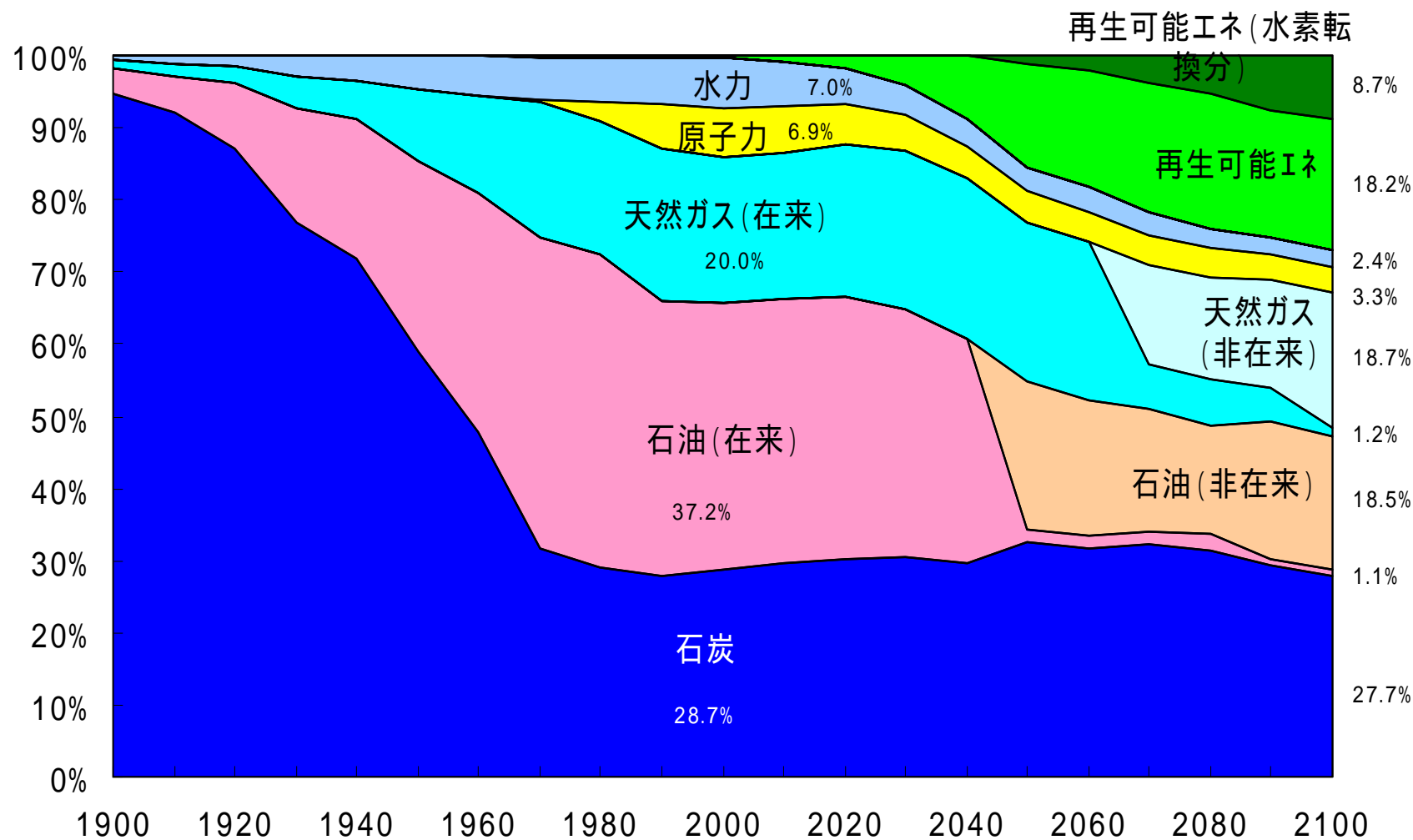


一次エネルギー消費の推移 (BAUケース)

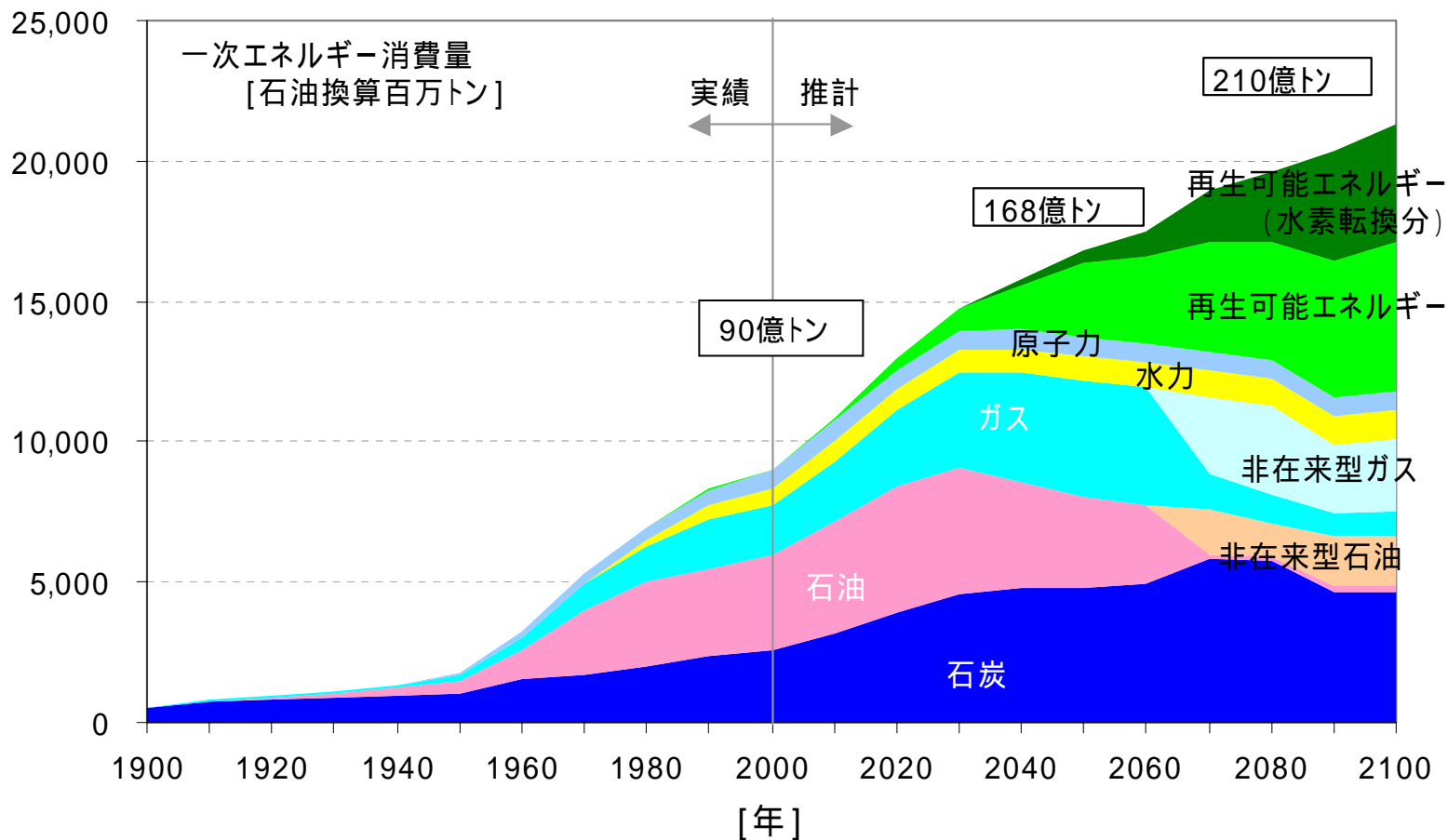


- ✓ 石炭の消費は、堅調に推移 (中国、インドの産炭国の消費増大)
- ✓ 在来型の石油は、2040年を超える頃にピーク、非在来型の石油の生産開始
- ✓ 天然ガスについては、2060年頃にピーク、非在来型天然ガス(タイトサンドガス等)生産開始
- ✓ 将来的原子力は、2100年に市場導入

一次エネルギー消費の推移 (BAUケース)

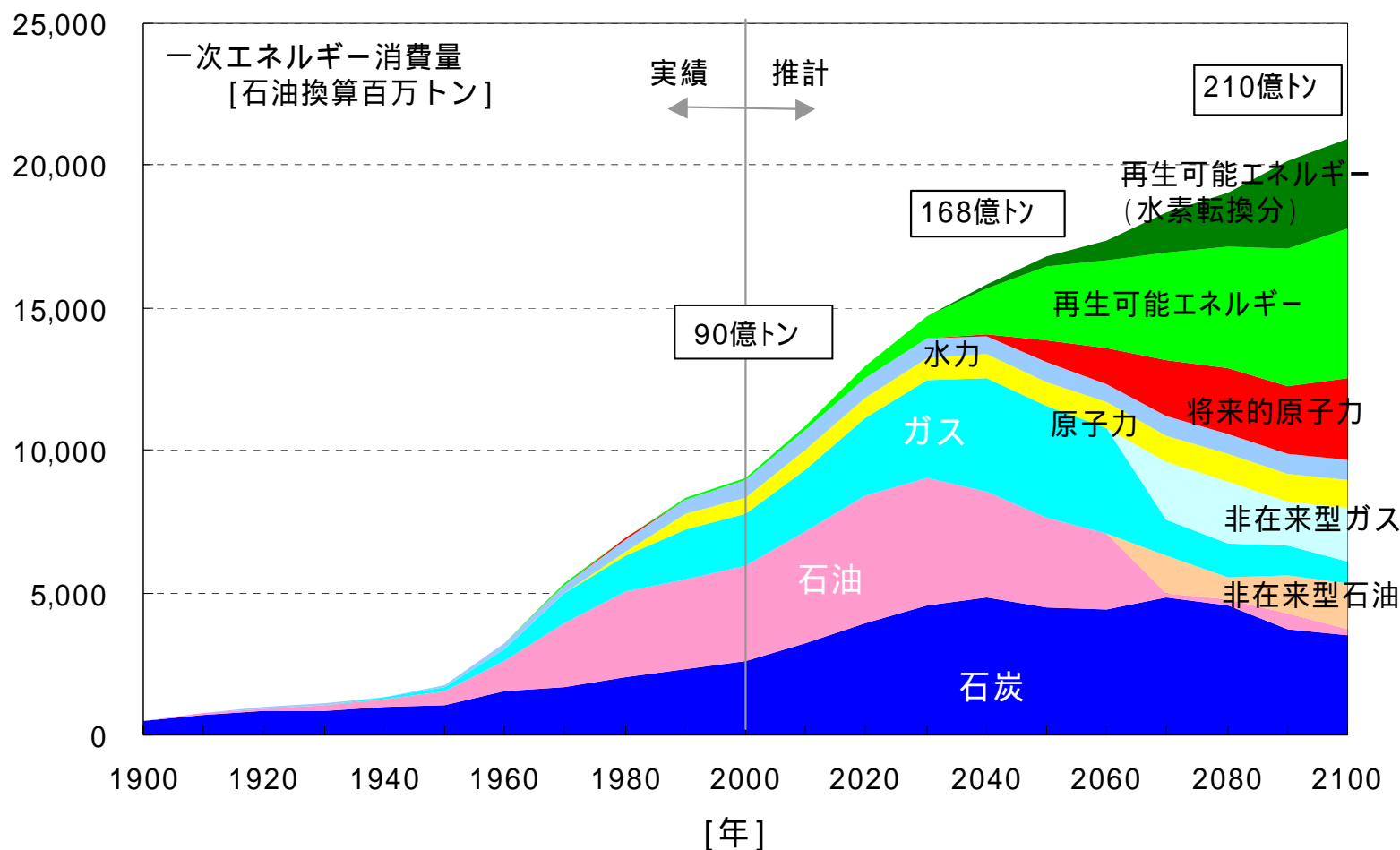


＝ 一次エネルギー消費の推移 (省エネ・再生エネ促進ケース) ＝



- ✓ 将来的原子力(発電コスト中間ケース)は、2060年に市場導入
- ✓ 将来的原子力の2100年における一次エネシェアは、0.6%
- ✓ 省エネ・再生エネ促進ケースは、BAUケースに比較して2100年時点のエネルギー消費が27%減

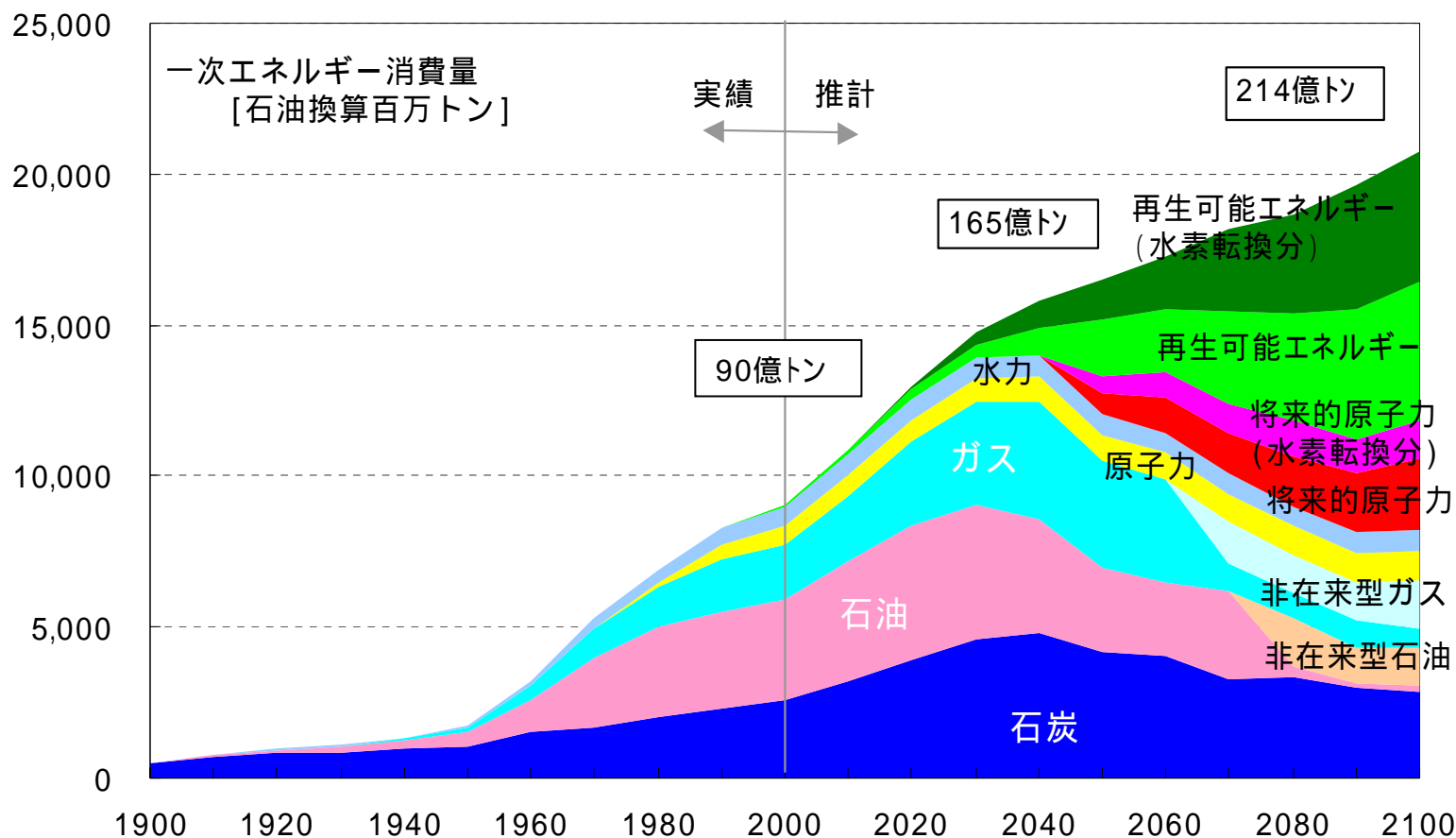
＝ 一次エネルギー消費の推移 (省エネ・再生エネ・将来的原子力促進ケース) ＝



- ✓ 将来的原子力(発電コスト楽観ケース)は、2040年に市場導入
- ✓ 将来的原子力の2100年における一次エネシェアは、13.7%

一次エネルギー消費の推移

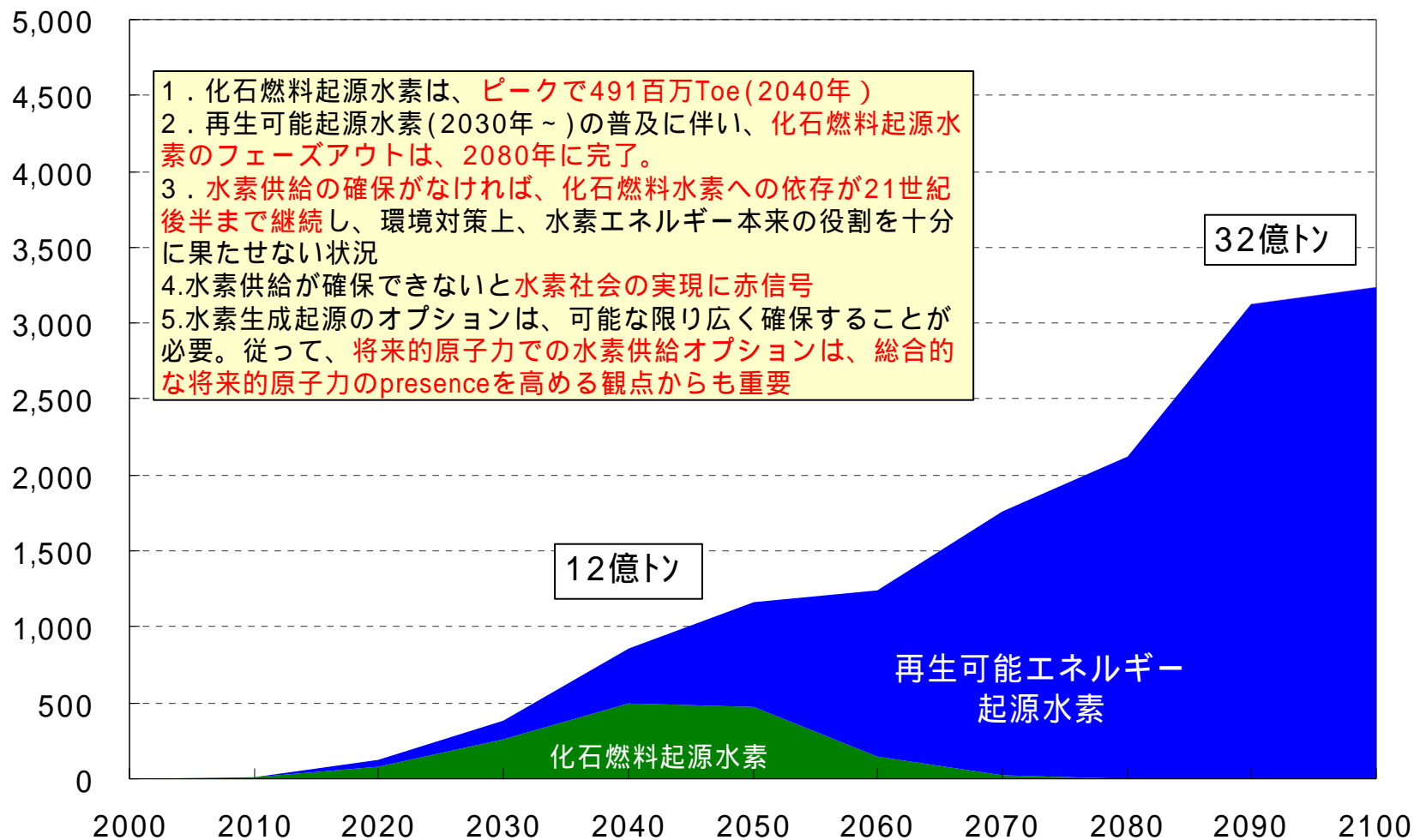
(省エネ・再生エネ・将来的原子力(水素含)促進ケース)



- ✓ 将来的原子力(発電コスト楽観・水素製造ケース)は、2040年に市場導入
- ✓ 将来的原子力の2100年における一次エネシェアは、17.3%
- ✓ 将来的原子力での水素製造は、将来的原子力の市場シェアを拡大し、水素社会実現への加速にも貢献

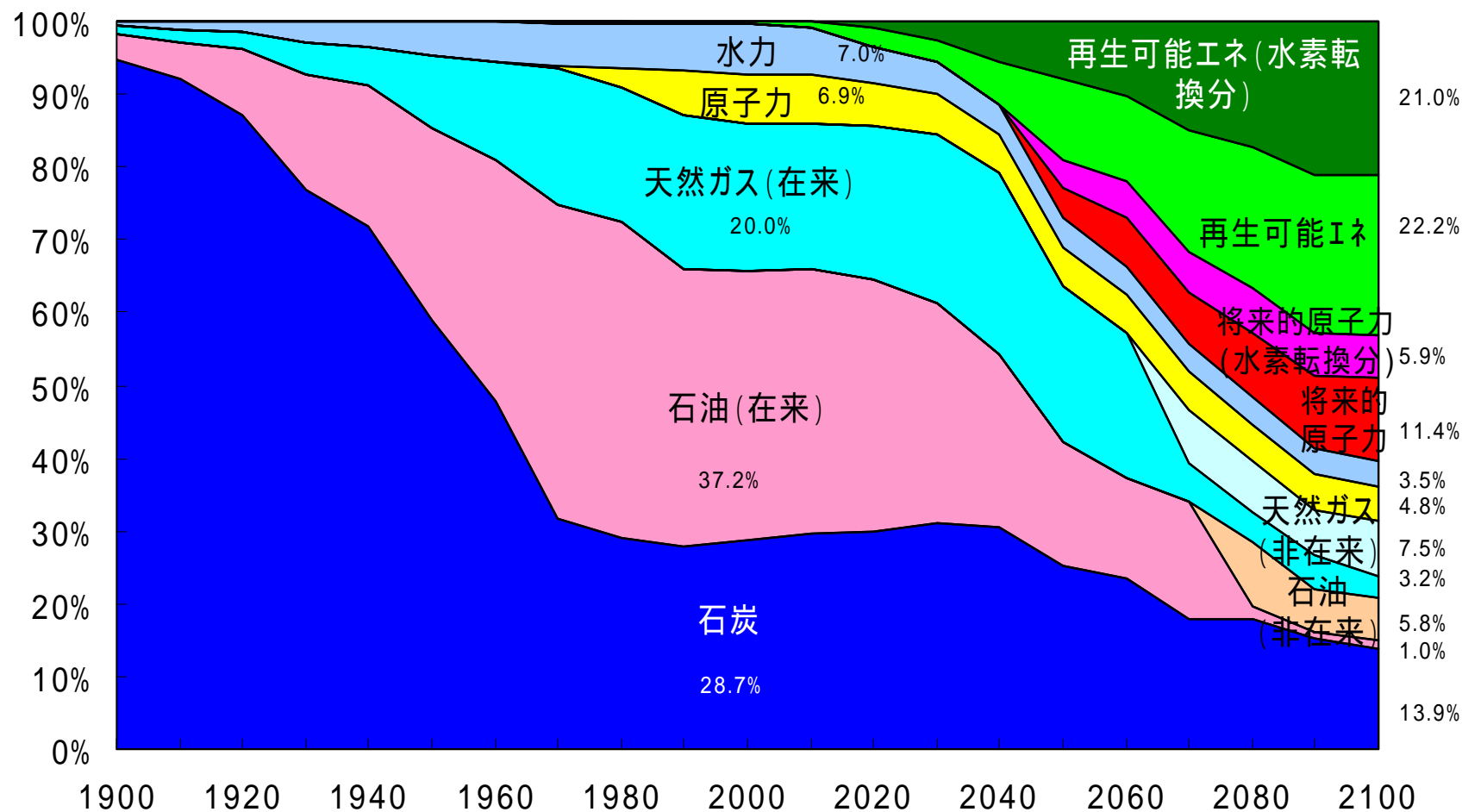
水素生成量の推移(省エネ・再生エネ・将来的原子力(水素なし)ケース)

[石油換算百万トン]



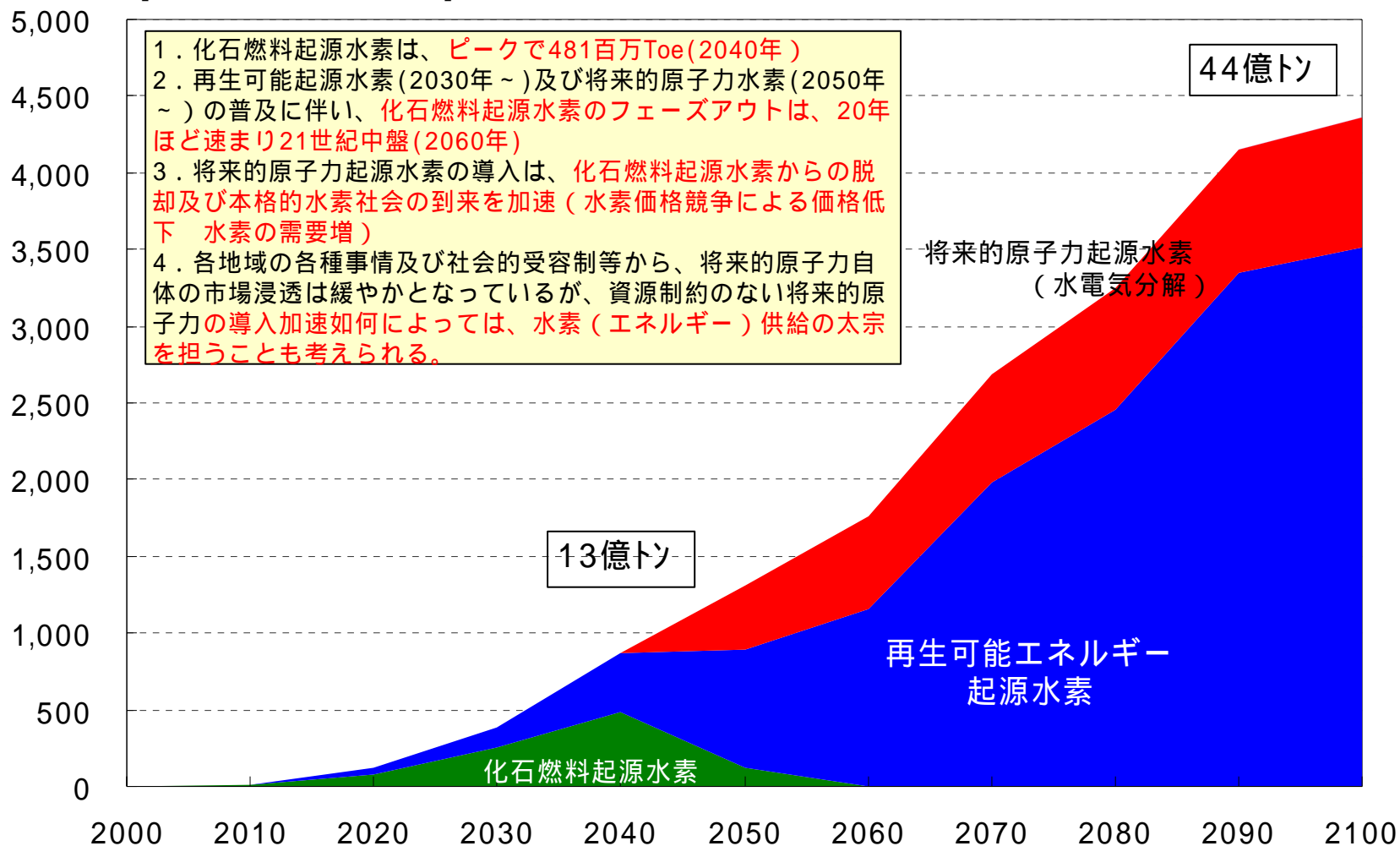
一次エネルギー消費の推移

(省エネ・再生エネ・将来的原子力(水素含)促進ケース)

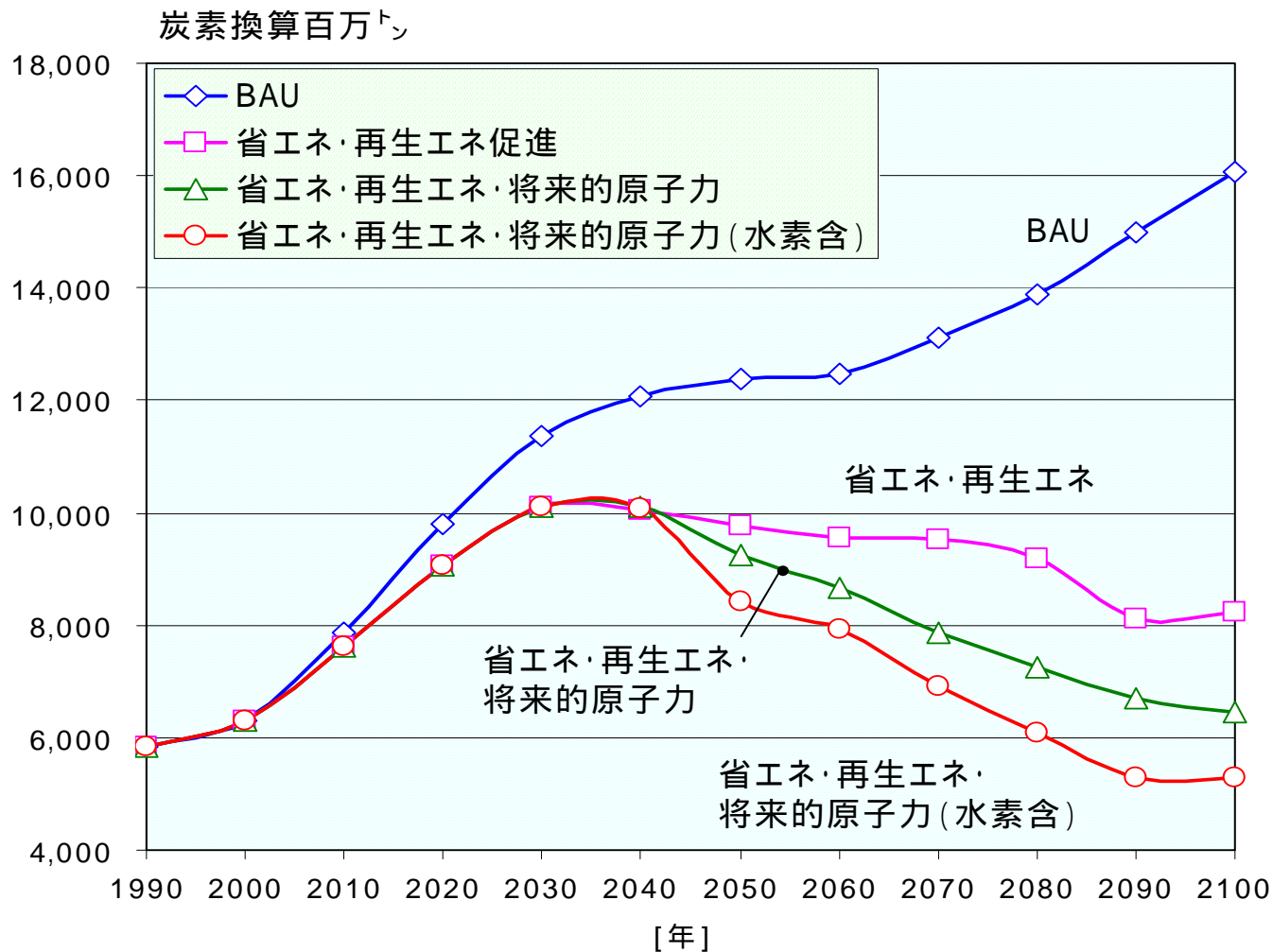


水素生成量の推移(省エネ・再生エネ・将来的原子力(水素含)ケース)

[石油換算百万トン]



CO₂排出量のケース別推移(シナリオ要素)



✓ 地球温暖化対策には、省エネ等の単独ポリシーでは限界。再生可能エネ促進及び将来的原子力等多用なオプションから最適なポリシーミックスを実現していくことが必要

エネルギー供給への貢献

将来的原子力は、技術進歩による実用化とコストダウンの目標達成に成功した場合には、21世紀後半における主要なエネルギー源の一つとなりうる。また、水素製造を行った場合はその役割はより大きくなる。

- ✓ 2040年頃からエネルギー市場に登場
- ✓ 将来的原子力で水素製造を行うと、化石燃料起源水素への依存からの脱却を加速
(化石燃料起源水素からの脱却年: 2080年 2060年)
- ✓ 2100年には、一次エネルギーシェア約17%

地球温暖化対策への貢献

将来的原子力は、地球温暖化対策に貢献するクリーンなエネルギーとなりうる。

但し、温暖化対策の絶対的エースは存在せず、省エネルギー推進、新エネルギー促進等種々の技術開発促進のための制度設計とのポリシーミックスが重要

技術評価からのインプリケーション

(将来的原子力開発スタンスー1)

- ✓ 将来的原子力は、資源制約、環境適合性及び供給力において有望



そのポテンシャルを現実のものとしていくには、技術的課題の克服・経済性の確保・社会的受容性の確保を確実なものとしていく必要

- ✓ 将来において特定の単一エネルギーが世界エネルギーの太宗を賄うことは困難



代替エネルギーについては広範なオプションについてその可能性を最大限生かせるように研究・開発し、最適なエネルギー・ミックスを選択していくことが大切



オプションのひとつとして、将来的原子力が期待される

技術評価からのインプリケーション

(将来的原子力開発スタンスー 2)

- ✓ 将来的原子力等の実用化の可能性が長期的な研究開発の進展に大きく依存するエネルギー源の開発については、実用化の時期、規模、経済性等の評価を適宜行っていくことが必要
- ✓ 将来のエネルギー需給や地球環境対策といった観点から、その意義を確認し様々な可能性を幅広く模索しつつ、弾力的に開発を進めていく必要
- ✓ エネルギー・環境問題への取り組みは、先進国のみならず途上国を含めて世界規模でなされる必要



特に超長期に渡る日本経済のプレゼンスを勘案すると、ただ単に日本のエネルギー開発の観点に留まることなく、グローバルな観点からの将来的原子力技術の開発必要性、世界への技術貿易・技術移転が重要