

2100年原子力ビジョン －低炭素社会への提言－

平成20年10月31日

経営企画部 戦略調査室長 村上正一

目次

- ビジョン策定の背景と狙い
- ビジョンの検討過程の概要
- 2100年までのエネルギー需給システム像
 - ①需要側システム
 - ②供給側システム
 - ③原子力エネルギーの導入規模
 - ④資源需要量と環境排出量
- ビジョンの実現へ向けた課題等
- 公表後の反応等

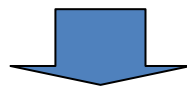
ビジョン策定の背景と狙い

【エネルギー環境問題への関心の高まり】

- 世界全体で2050年までに温室効果ガス排出量の半減が目標
(クールアース50)
- 発電過程で二酸化炭素を排出せず、かつ安定して経済的な電力供給が可能な原子力発電の導入拡大が世界的な低炭素社会の実現に不可欠
(原子力委地球環境保全・エネルギー安定供給のための原子力のビジョンを考える懇談会)
- 原子力は温室効果ガスの排出量を減少させる不可欠の手段
(洞爺湖サミット合意文書)

【国民議論】

エネルギー源の選択は暮らしや社会のあり方そのものの
選択に他ならず、国民一人ひとりが議論へ参画が必要



議論の素材として、再生可能エネルギーと原子力の最大限活用によりエネルギー環境問題の解決が可能であることを示す。

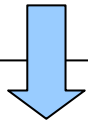
ビジョンの検討過程の概要

ポイントは「低排出化」と「安定供給」

わが国のエネルギー需給推計フロー



統計データからの推計
 ・GDP、人口、世帯数、自動車保有台数 など



最終エネルギー消費の推計

分野別

民生
 ・家庭
 ・業務
 運輸
 産業

エネルギー源別

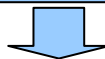
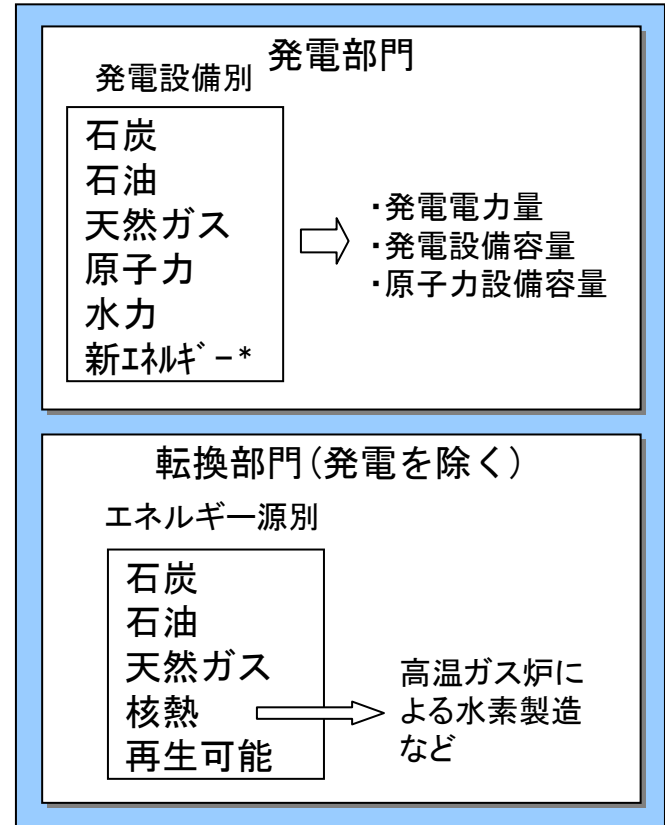
石炭
 石油
 天然ガス
 電力
 再生可能

・前提条件(シナリオ)
 ・エネルギー源別シェア
 ・省エネルギー削減率 など

需要を満たすのに必要な
一次エネルギー量の推計

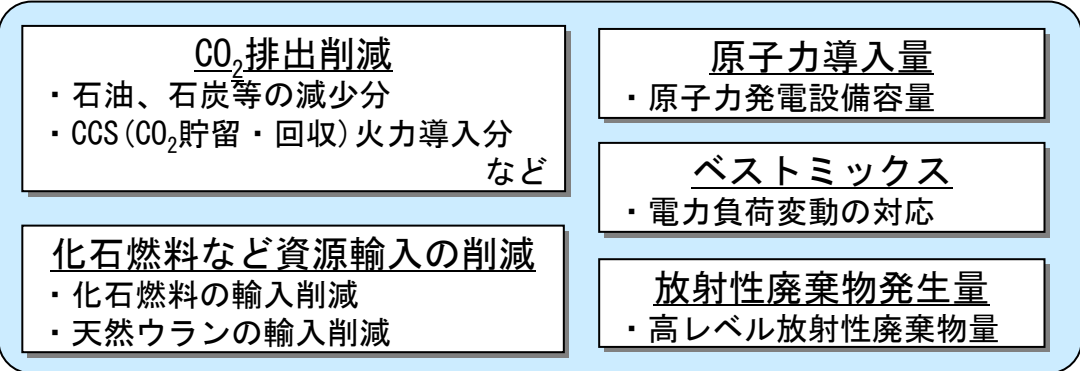


・各発電設備のシェア
 ・熱効率 など



一次エネルギー供給の推計

石炭
 石油
 天然ガス
 原子力
 再生可能



*新エネルギーは、太陽光、風力、廃棄物など。再生可能エネルギーは、水力、地熱、新エネルギーなどを含む。

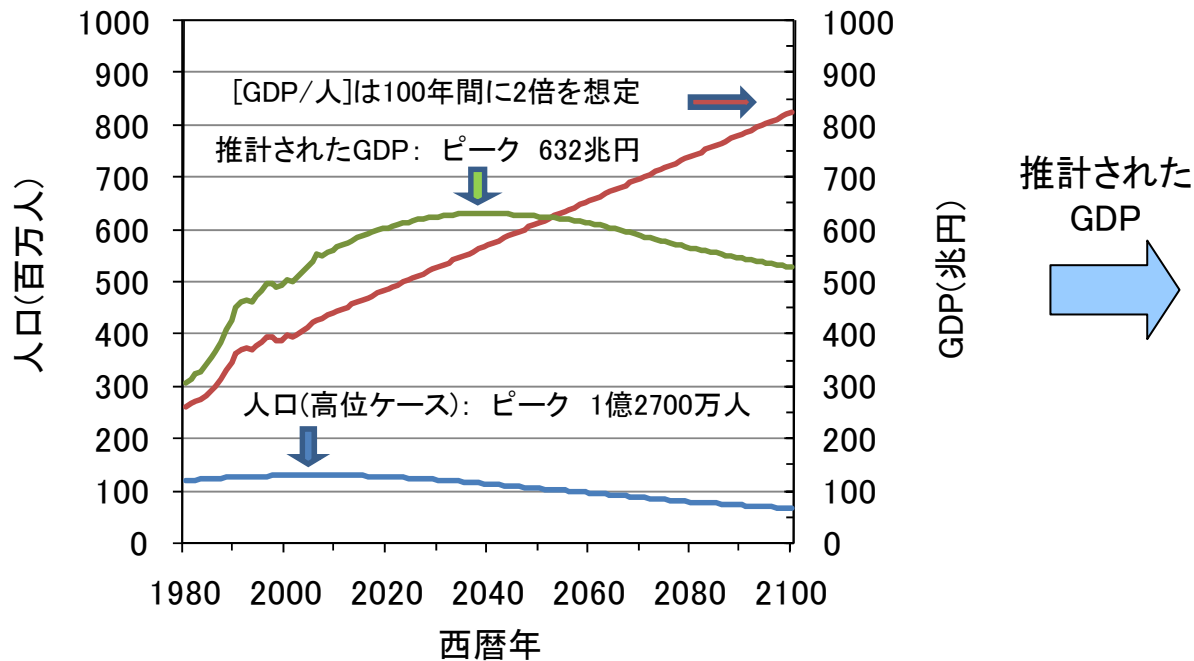
2100年までのエネルギー需給システム像

需要側システム

GDPの推計

【前提条件】

- 我が国の1人当たりのGDPはある一定の割合で伸び続け、2100年で現在の2倍になると想定した。
- 将来人口は、人口問題研究所の高位ケースを使用した。



GDPが最終エネルギー消費の推計に
関係する項目

- 民生一業務部門における床面積の将来推計
- 産業分野の将来推計
- 運輸分野の自動車保有台数の将来推計
- 運輸分野の貨物部門の将来エネルギー消費推計

技術的オプション導入の基本的考え方(1/2)

👉 需要面では:

- 総合的なエネルギー利用効率を向上させる(低排出化)
⇒省エネルギー
- 最終消費段階での化石燃料燃焼の機会を減らす(低排出化)
⇒最終エネルギー媒体の集約化;電化(民生、産業、運輸)、
水素化(産業、運輸)

【技術オプション例】

オール電化住宅、電気自動車、水素燃料電池自動車、製鉄業の還元材としての水素の利用、

民生分野の需要推計

家庭部門

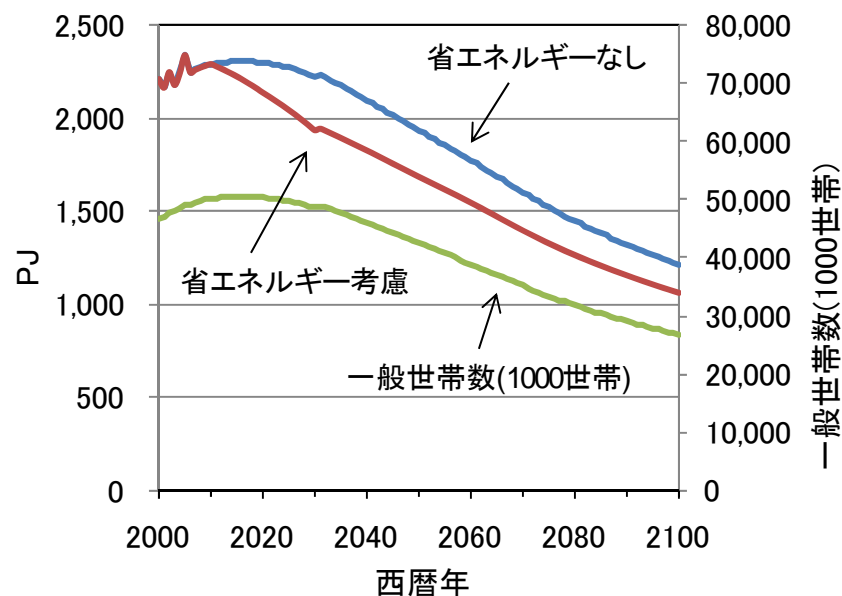
【前提条件】

- 家庭部門の最終エネルギー消費は、世帯数に連動する。
- 世帯数の将来予測は、人口問題研の2030年までの予測を使用した。
それ以降は、(人/世帯)のトレンドから推定→2030年以降は(平均2.4人/世帯)と仮定する。

【省エネルギーの想定】

- 省エネルギーを想定しない試算値における2010年値を出発点とする。
- 世帯当たりのエネルギー消費量を、2010年比で2020年は7%減、2030年は13%減とする。
(経産省長期エネルギー需給見通しの考え方を取り入れる※)
- 2030年以降は世帯当たりのエネルギー消費量一定とする。

最終エネルギー消費(家庭部門)



※「長期エネルギー需給見通し(案)」平成20年3月 総合資源エネルギー調査会 需給部会

民生分野の需要推計

業務部門

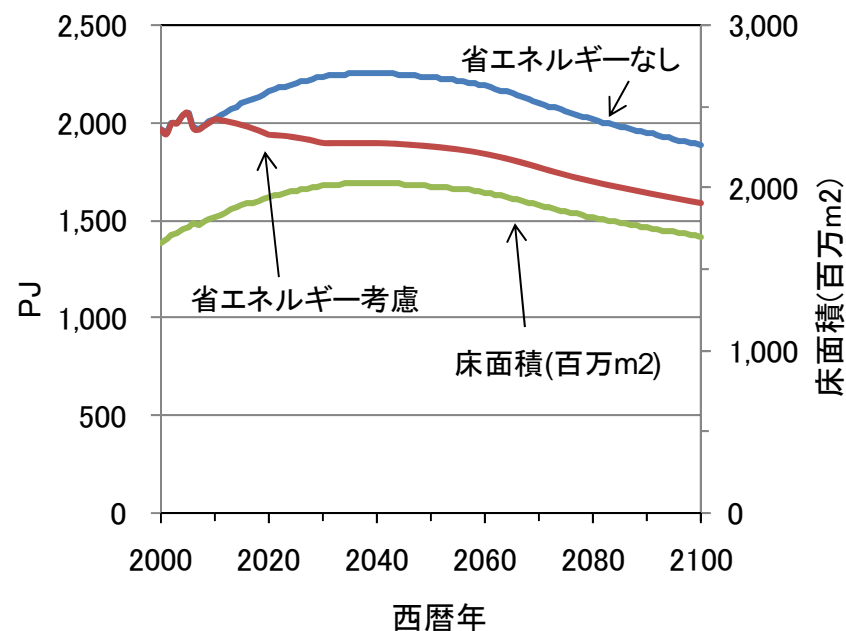
【前提条件】

- 業務部門の最終エネルギー消費は、床面積に連動する。
- 床面積の予測は、GDP(伸び率)に連動する。

【省エネルギーの想定】

- 省エネルギーを想定しない試算値における2010年値を出発点とする。
- 床面積当たりのエネルギー消費量を、2010年比で2020年は10%減、2030年は15%減とする。
(経産省長期エネルギー需給見通しの考え方を取り入れる)
- 以後(床面積が増加を続ける)2040年までは2030年値一定(床面積当たりのエネルギー消費は減少を続けることになる)。
- 2040年以降は床面積当たりのエネルギー消費量一定とする。

最終エネルギー消費(業務部門)



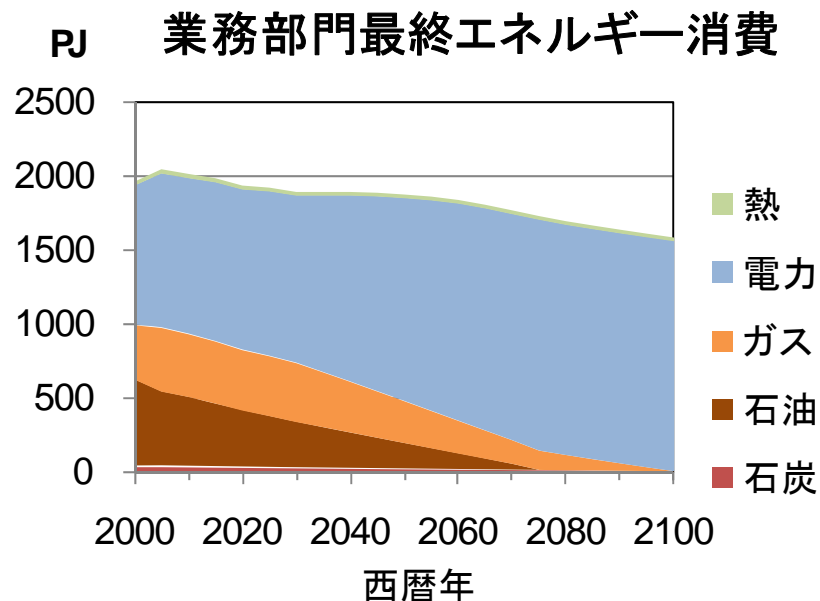
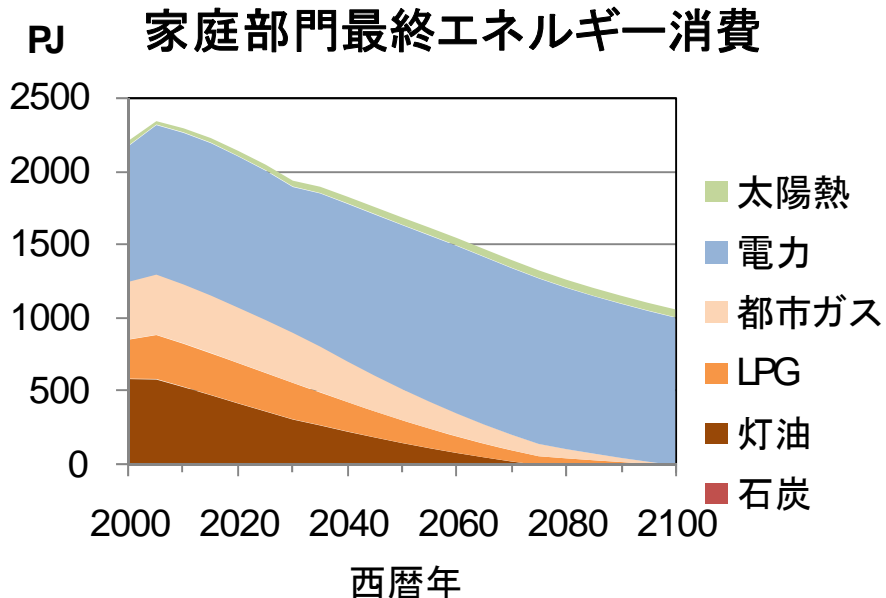
民生分野のエネルギー需要構成

【家庭部門:シェア設定シナリオ】

石炭 - 熱源利用のため、2100年で0%
 灯油 - 熱源利用のため、2075年で0%
 LPG - 2030年まで2005年のシェアを維持し、その後2100年までに0%
 都市ガス - 2030年まで2005年のシェアを維持し、その後2100年までに0%
 電力 - 2100年で95%のシェア
 太陽熱 - 2100年で5%のシェア

【業務部門:シェア設定シナリオ】

石炭 - 熱源利用のため、2100年で0%
 石油 - 熱源利用のため、2075年で0%
 ガス - 2030年まで2005年のシェアを維持し、その後2100年までに0%
 電力 - 2100年で「熱」以外の全てが電力分
 熱 - 2005年の消費量のまま2100年まで一定
 ☞ 熱は、太陽熱、地熱を含む



産業分野の需要推計

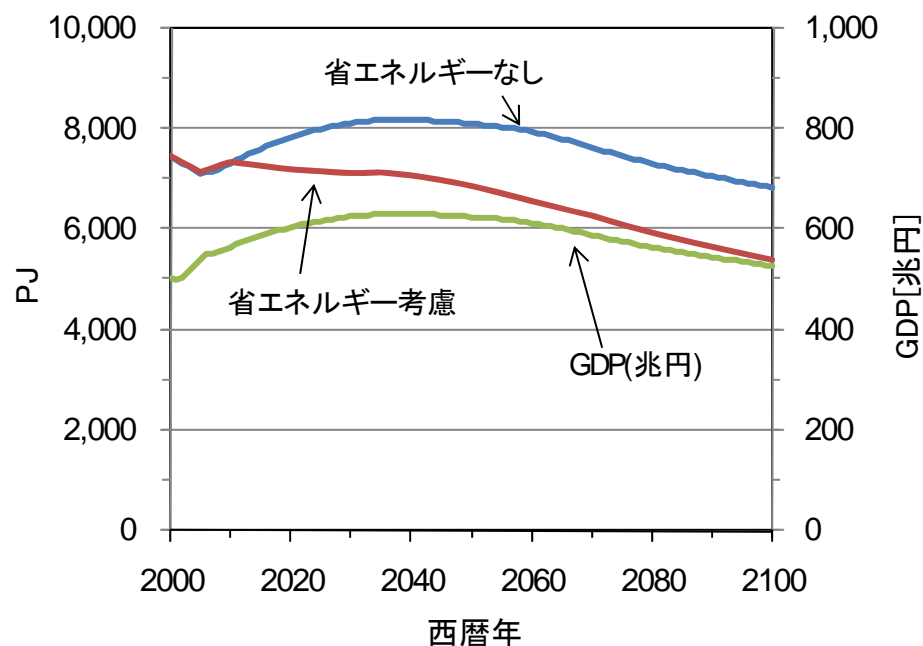
【前提条件】

- 産業分野の最終エネルギー消費は、GDP(伸び率)に連動する。

【省エネルギーの想定】

- 省エネルギーを想定しない試算値における2010年値を出発点(ピーク値)とする。
- 2010年(ピーク値)比で2020年は2%減、2030年は同3%減とする(経産省長期エネルギー需給見通しの考え方を取り入れる)。
- 以後(GDPが増加を続ける)2040年までは2030年値一定とする(GDP原単位は改善を続けることになる)。
- 2040年以降はGDP原単位一定とする。

産業分野の最終エネルギー消費

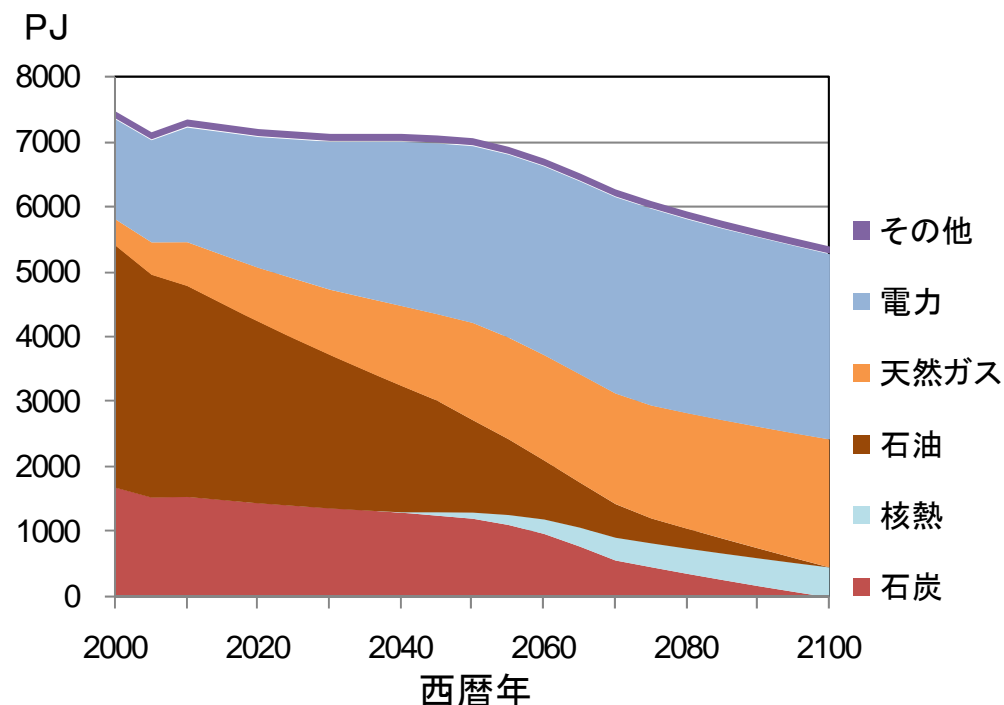


産業分野のエネルギー需要構成

【シナリオ】

- 石炭 ー一般炭は、蒸気供給や自家発などの熱源として利用される。消費量は年々減少し2100年でゼロになるとした。原料炭は、2100年に製品のコークスが全て核熱水素に置き換わり2100年でゼロになるとした。
- 石油 ー重油などの燃料油については2075年で消費量がゼロになるとし、LPGやナフサなどの原料用の石油製品も天然ガスや核熱水素で代替することで消費量は年々減少し2100年でゼロになるとした。
- 天然ガスーLPGやナフサなどの石油製品を代替し消費量が拡大する。2050年以降、電力に次ぐエネルギー源／工業原料となる。
- 電力 ー産業分野においても電化が進み、電力消費量が拡大するとした。
- 核熱 ー2040年から高温ガス炉の導入開始。初期は化学コンビナートにおける蒸気と電力の供給から利用を始め、化学工業における原料用ナフサ、石油プラントにおける脱硫用水素および製鉄におけるコークスを核熱水素で代替する。2100年にはコークスの全量を核熱水素で代替するとした。
- その他 ー主に紙・パルプで使われる黒液であるが、2005年から2100年まで横ばいとした。

最終エネルギー消費構成

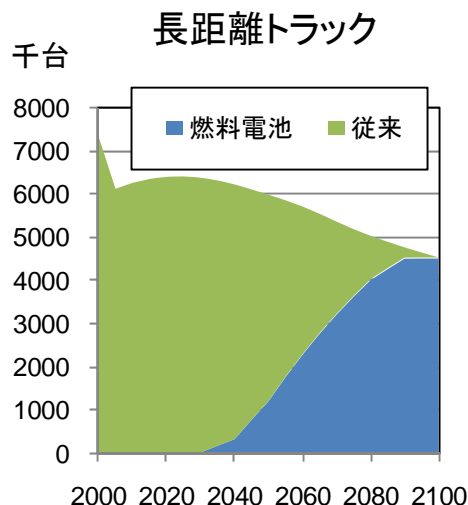
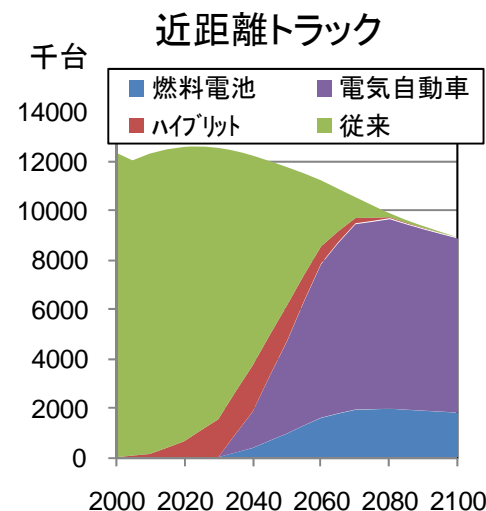
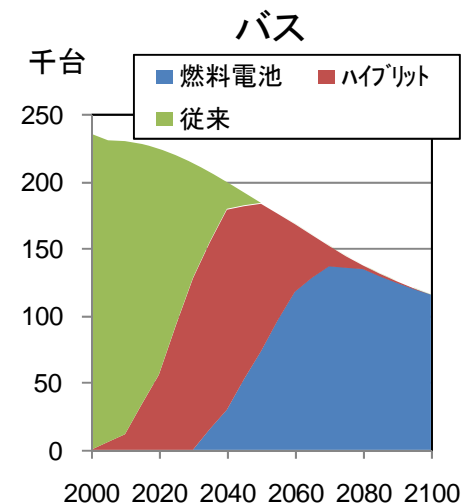
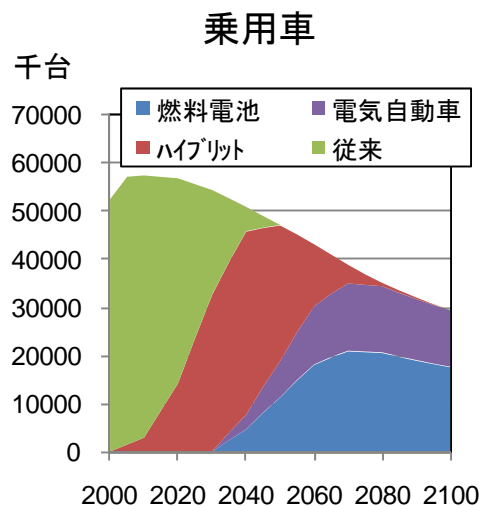


運輸分野の需要推計(1)

【自動車の保有台数の推計】

【前提条件】

- ◆ 運輸分野の最終エネルギー消費量は、消費の約9割を占める**自動車を中心に推計**した。
- ◆ 自動車の**保有台数が**、現在の統計値を出発点に**人口やGDPに連動**すると仮定し、輸送機関別(乗用車、バス等)に将来の保有台数を推計した。乗用車は15歳以上の人口に、バスは総人口のみに、トラックは総人口とGDPにそれぞれ連動させた。
- ◆ ガソリン、ハイブリット、燃料電池(究極エコカーの代表)の**車種別将来構成シナリオ**(エネ総工研・蓮池氏)を使い車種別の保有台数を推計した。
- ◆ 究極エコカーのうち近距離用の乗用車として電気自動車を使用されると想定し、**燃料電池車と電気自動車の導入比率を**、小型乗用車と軽乗用車の比率と考え、導入開始の2030年から**6:4**で一定比率で導入する事とした。(現状では軽乗用車比率は27%で上昇傾向にある。)
- ◆ 近距離トラックのうち軽トラックについては、充電式の電気軽トラックで置き換わることとした。



西暦年

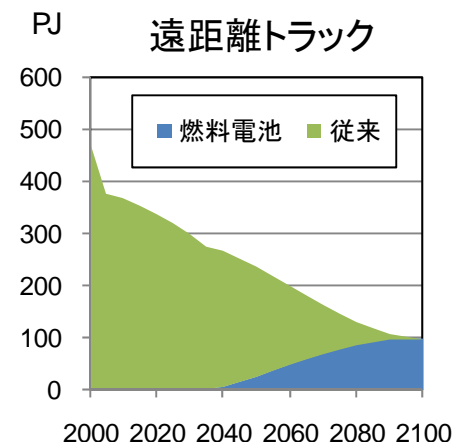
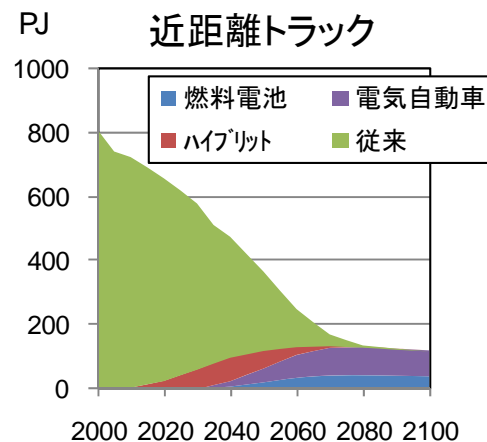
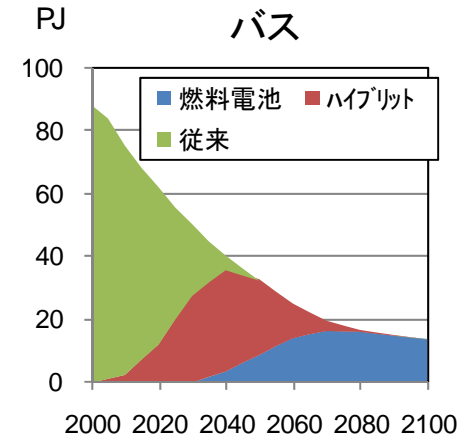
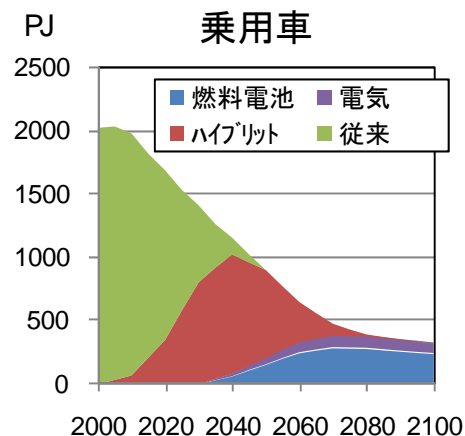
運輸分野の需要推計(2)

【自動車の最終エネルギー消費量の推計】

【前提条件】

- ◆「長期エネルギー需給見通し」に倣い、**従来型車両の燃費改善を今後25年間で25%**とし、保有台数から車種別の最終エネルギー消費量を計算した。

ハイブリット車、電気自動車および燃料電池車などの低燃費車の導入が進みTank to Wheel効率が改善され最終エネルギー消費量が大幅に減少する。

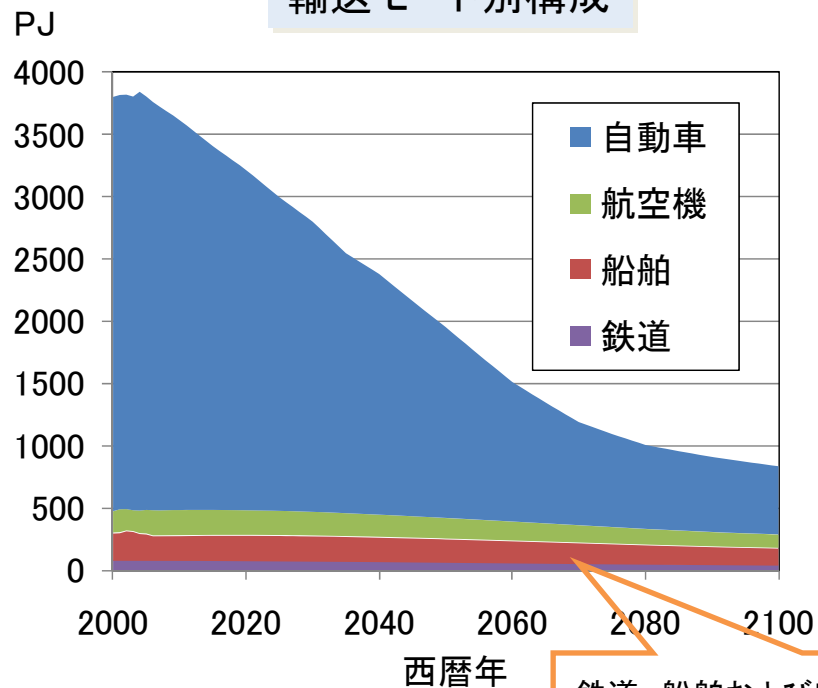


西暦年

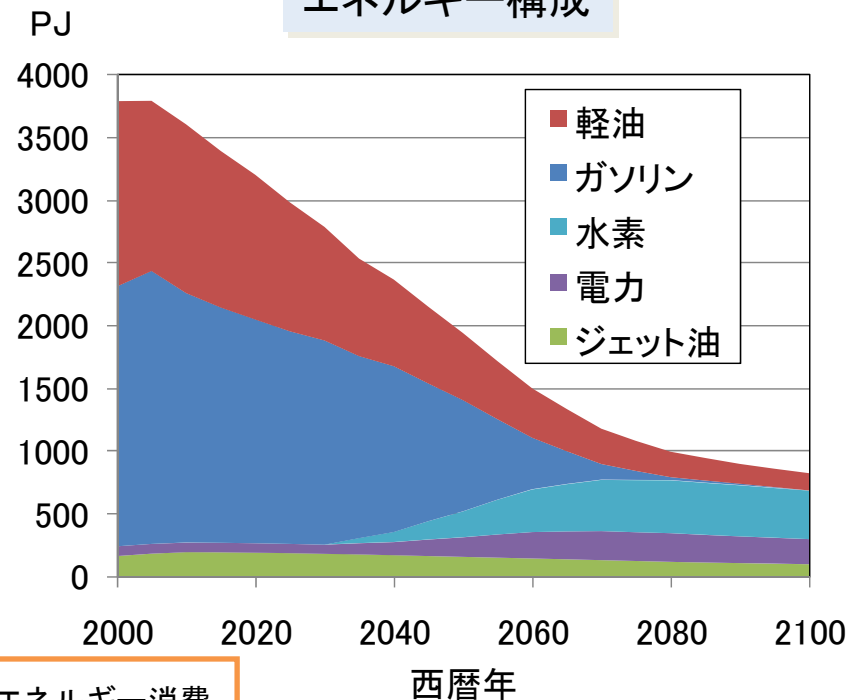
運輸分野エネルギー需要構成

- 主に自動車でガソリン及び軽油などの化石燃料の直接利用から電気および水素などの合成燃料に利用の中心が移る。
- 燃料電池車や電気自動車はTank to Wheel効率が極めて良いため、最終エネルギー消費量が著しく減少する。

輸送モード別構成



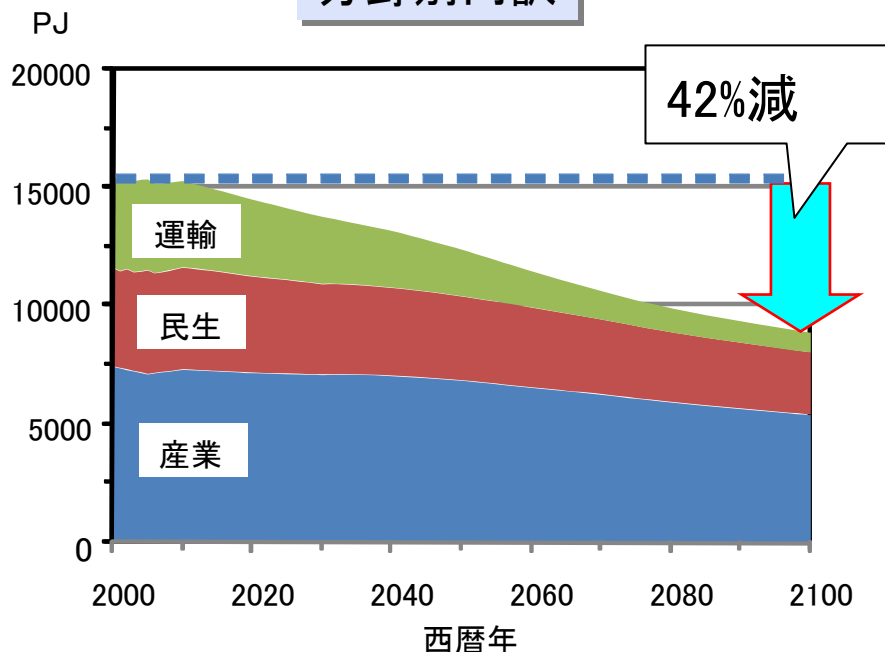
エネルギー構成



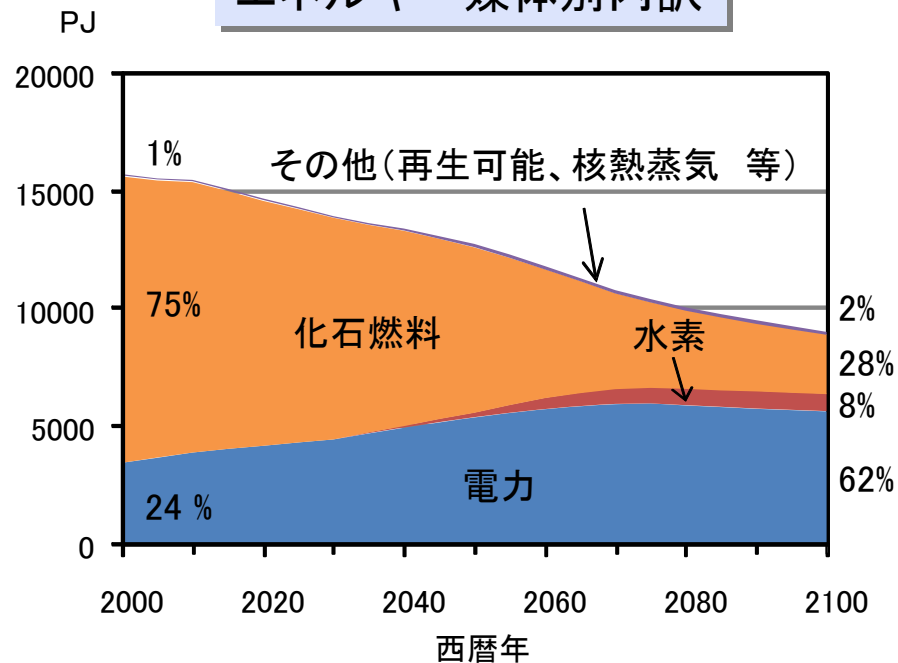
鉄道、船舶および航空のエネルギー消費量については、旅客は総人口のみに、貨物は総人口とGDPにそれぞれ連動させた。

最終エネルギー消費量

分野別内訳



エネルギー媒体別内訳



【2100年の姿】

- 最終エネルギー消費量は、省エネルギーに加え、運輸分野における技術の進展・改善により、現在の42%減の水準になる。
- 電化が大幅に進み、最終エネルギー消費に占める電力の割合は現在(2005年)の24%から62%に大幅に増大する。
- 水素は最終エネルギー消費の8%を占める。

2100年までのエネルギー需給システム像

供給側システム

技術的オプション導入の基本的考え方(2/2)

☞ 供給面(エネルギー転換を含む)では:

○ 特定の資源・技術への過度の集中を避ける(安定供給)

✓ 発電では;

- 新エネルギー(太陽光、風力)を最大限利用する(安定供給、低排出化)
- 化石燃料(特に石油)への依存を低減させる(安定供給)
- 化石燃料を利用する場合(ベースロード電源としての石炭火力、ピークロード電源としての天然ガス火力)はCCSを装備(低排出化)
- 不足する電力を原子力(核分裂炉、核融合炉)で供給(安定供給)
- 核燃料サイクルの確立(安定供給)

✓ 発電以外のエネルギー転換(化石燃料の精製、水素製造等)では;

- 核熱利用による水素製造(低排出化)

➤ ロードマップ等 準拠

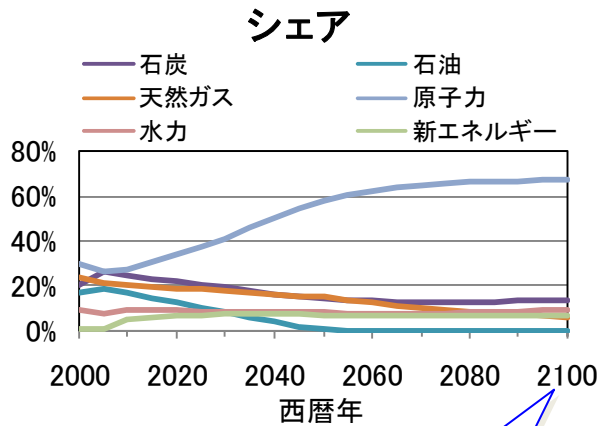
一次エネルギー供給量の算出 【発電部門】



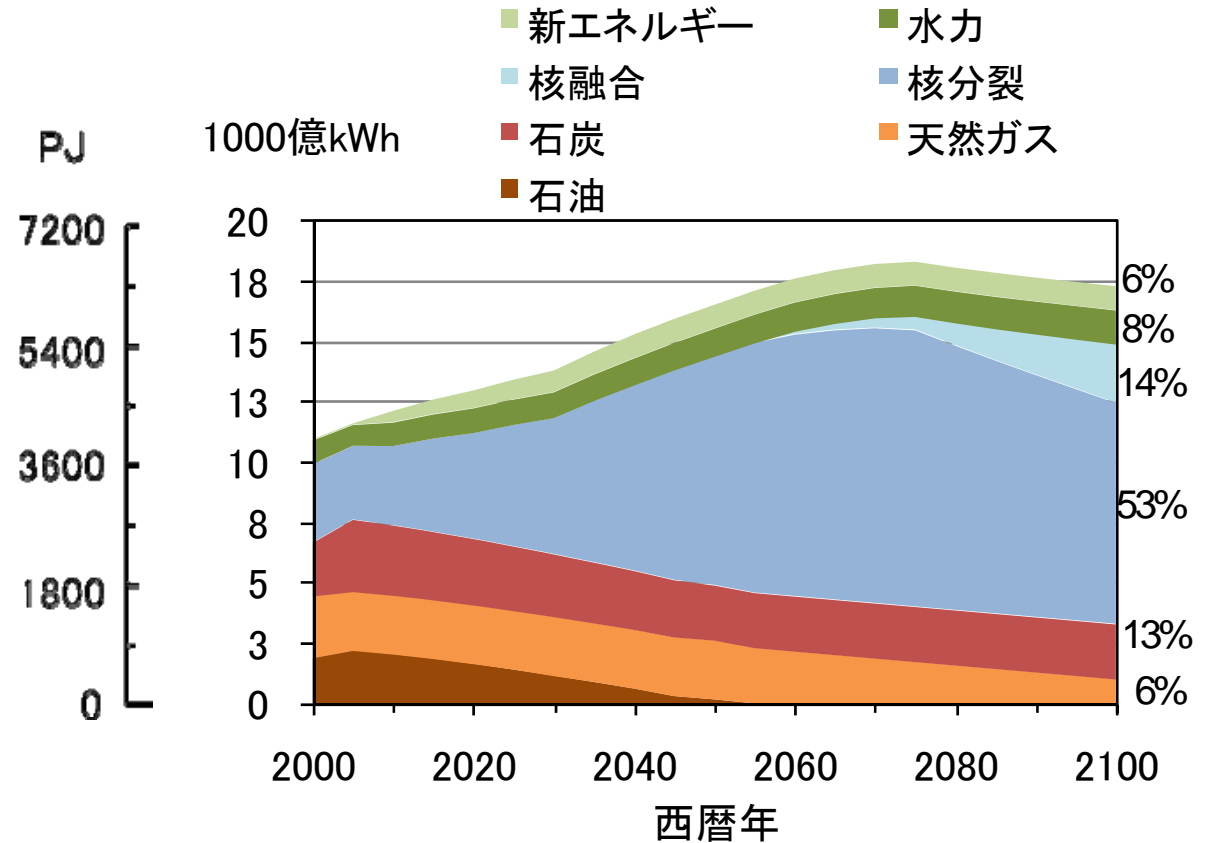
【各電源のシェア設定シナリオ】

- 石油火力は、できる限り早期に利用をやめる。
- 石炭火力は、CCSを導入し将来にわたり利用する。
- ガス火力(CCS導入)は、負荷調整の主力として将来にわたり利用する。
- 新エネ及び原子力は最大限利用する。

電源別発電電力量

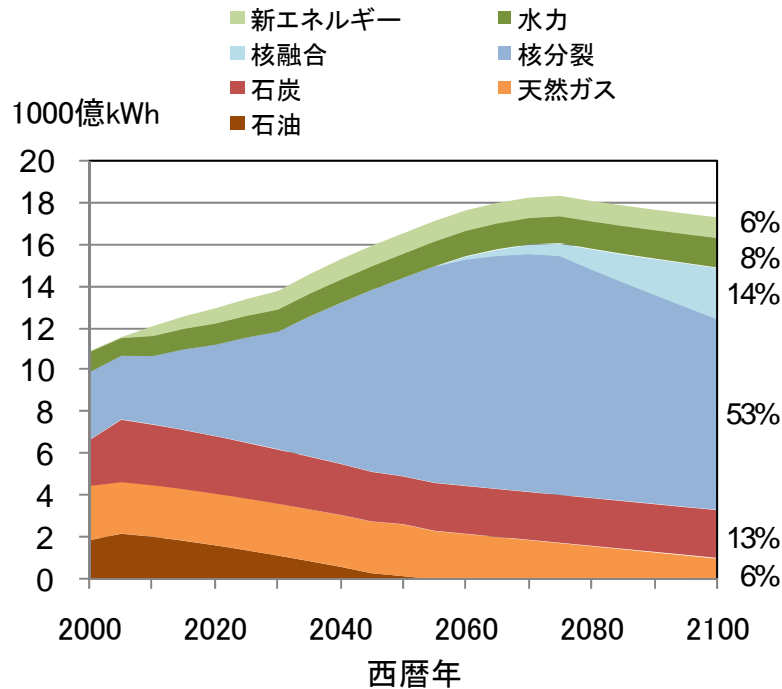


原子力	67.1%
石炭	13.2%
石油	0%
天然ガス	5.8%
水力	9.1%
新エネ	6.4%

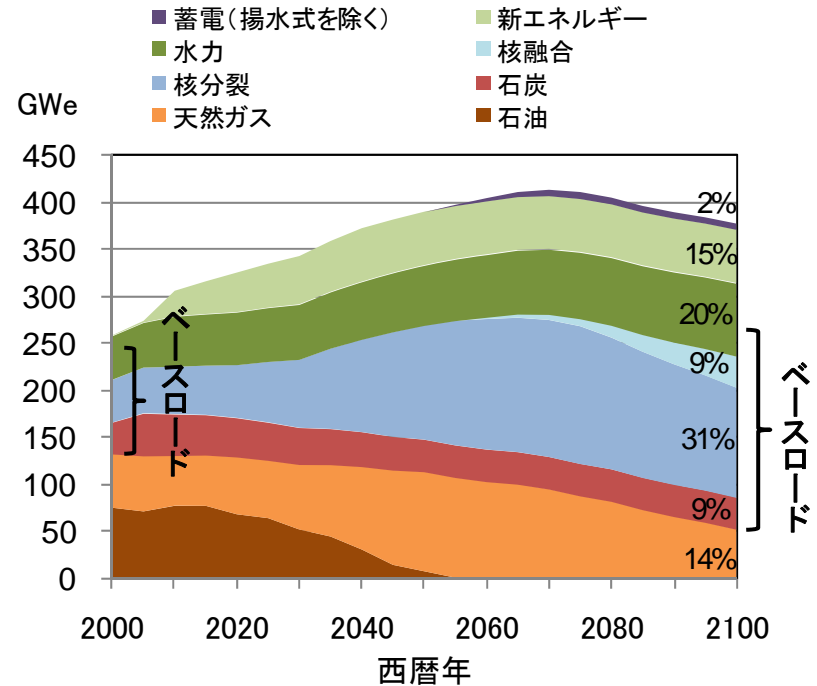


需要変化に対応した電源の役割分担

発電電力量



発電設備容量

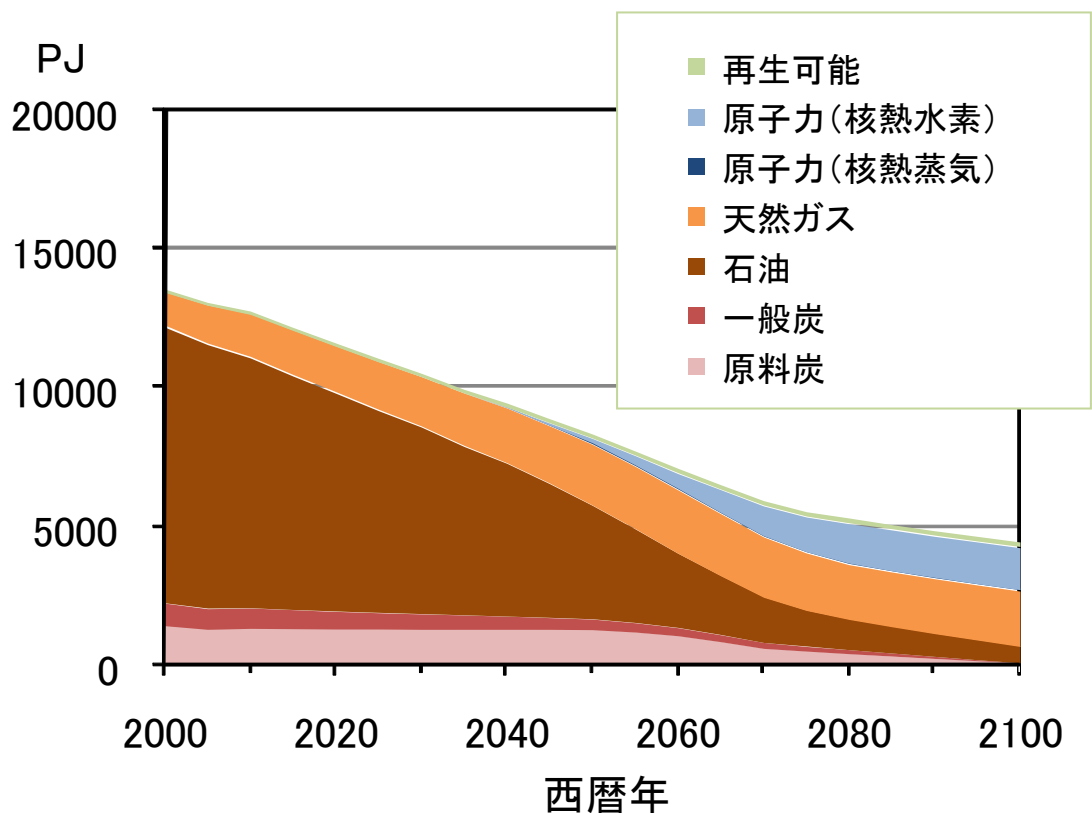


将来の電力供給シナリオ

- 充電式自動車の普及などにより、長期的には、日負荷変動の幅は縮まる方向であるとし、2100年では供給予備力を半減できるとした。(最大電力/平均電力が、現在では1.6→2100では年1.3とした)
- しかし、将来的にベースロード電源の設備比率がある程度大きくなれば、低負荷時間帯(夜間)の余剰電力を蓄える必要があり、本ビジョンでは揚水式及び将来技術による蓄電設備の導入を想定した。
- さらに、これらの蓄電設備からの電力供給によっても賄えないようなピーク需要に対応するための供給予備力として天然ガス火力(CCS付)を想定している。

一次エネルギー供給量の算出【転換部門】

- 需要側で推計した民生、産業および運輸の各分野において、電力以外の化石燃料や合成燃料などの消費量の合計値およびエネルギーキャリアごとにそれぞれ設定した精製プロセス効率を用い、エネルギー源別の一次エネルギー供給量を算出



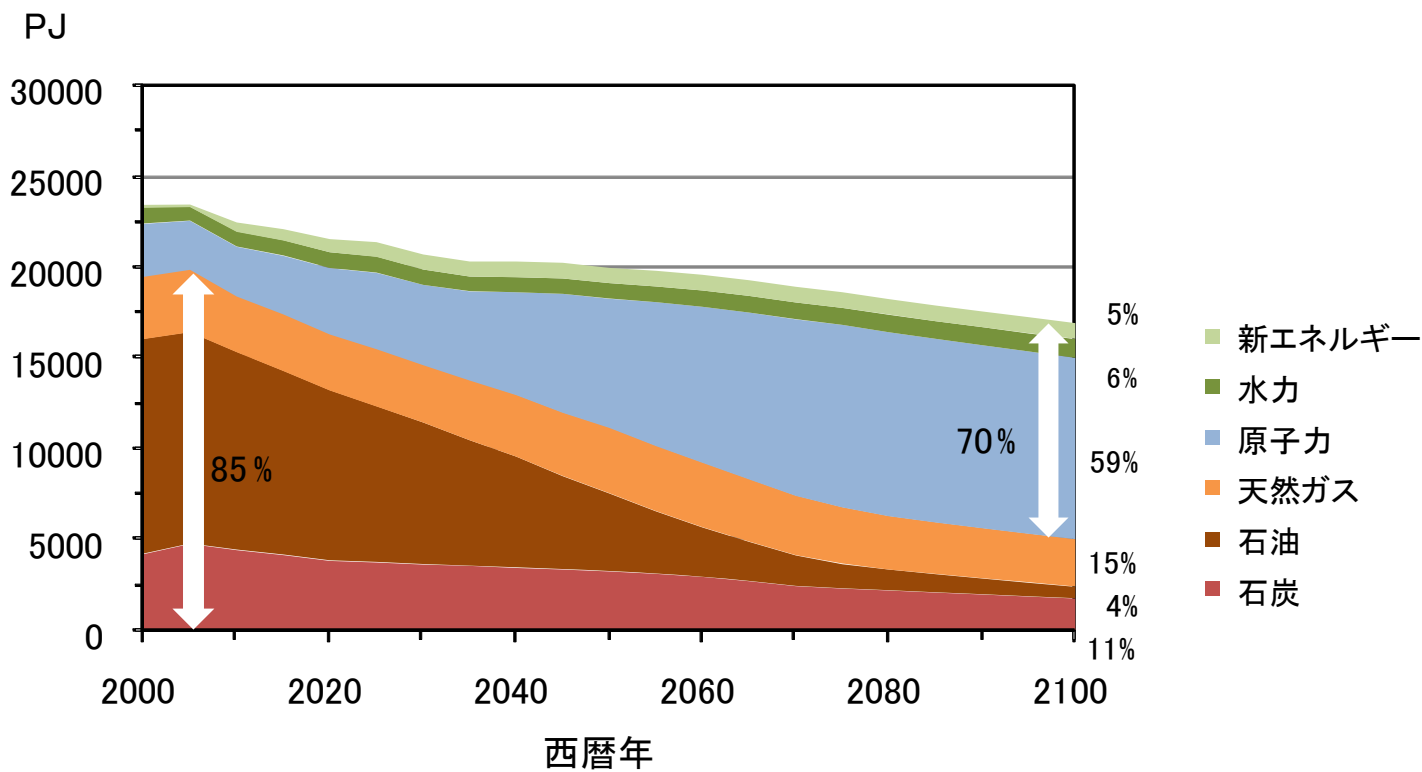
高温ガス炉による核熱利用

- 化学コンビナートにおける自家発電及び産業用蒸気供給の熱源
- 製鉄産業における還元剤であるコークス(石炭製品)の代替として、また、化学コンビナートにおける原料として、水素を供給
- 輸送部門の水素燃料電池車両への水素供給源

👉 転換部門とは、発電を除く、石油精製や合成燃料製造である。

一次エネルギー供給量

	現在	→	2100年
化石燃料	85%	→	30%
再生可能エネルギー	5%	→	10%
原子力	10%	→	60%

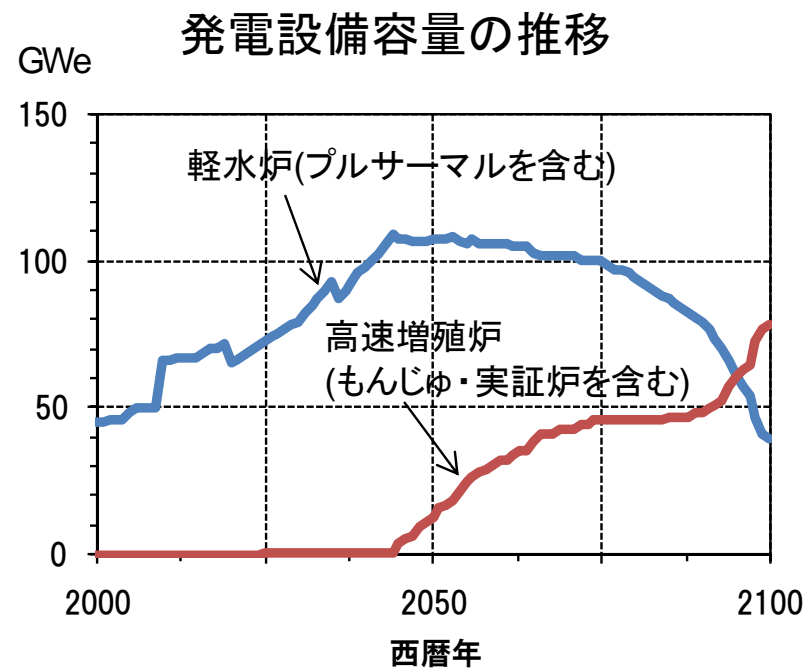
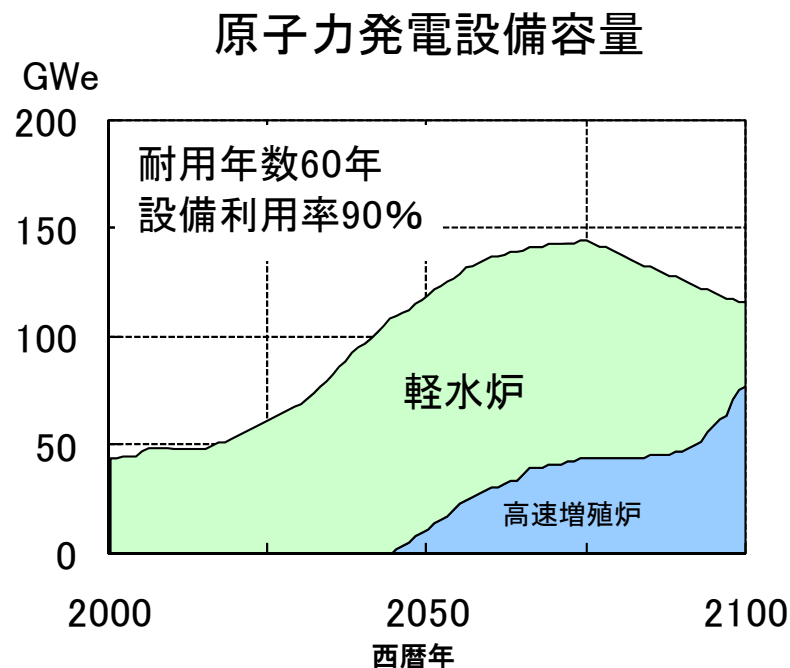


2100年までのエネルギー需給システム像

原子力エネルギーの導入規模

軽水炉および高速増殖炉の導入

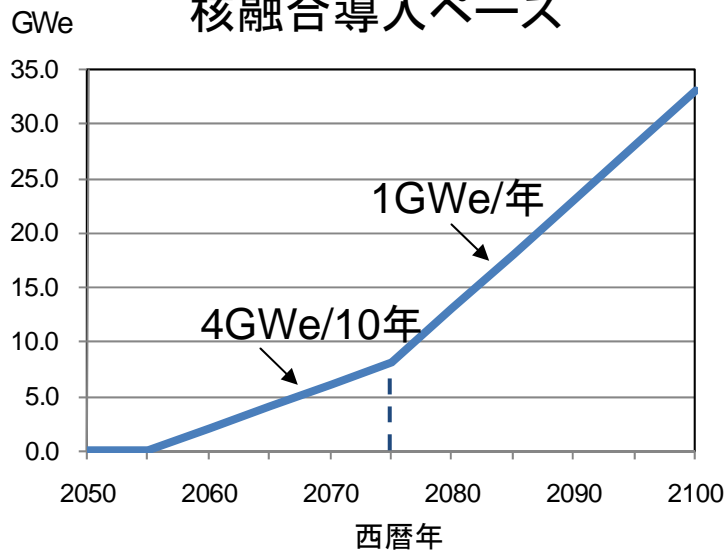
軽水炉から高速増殖炉(FBR)への移行



2100年時点の導入規模	
軽水炉	39GWe
高速増殖炉	78GWe
計	117GWe

核融合炉の導入

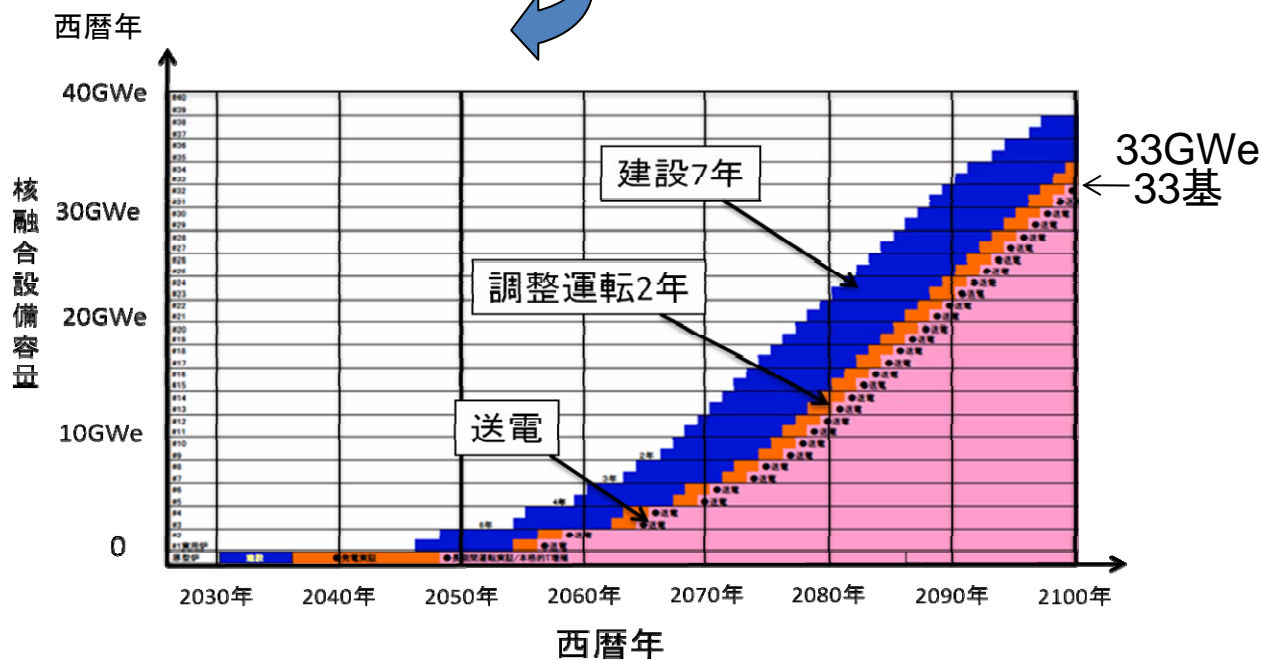
核融合導入ペース



核融合の導入

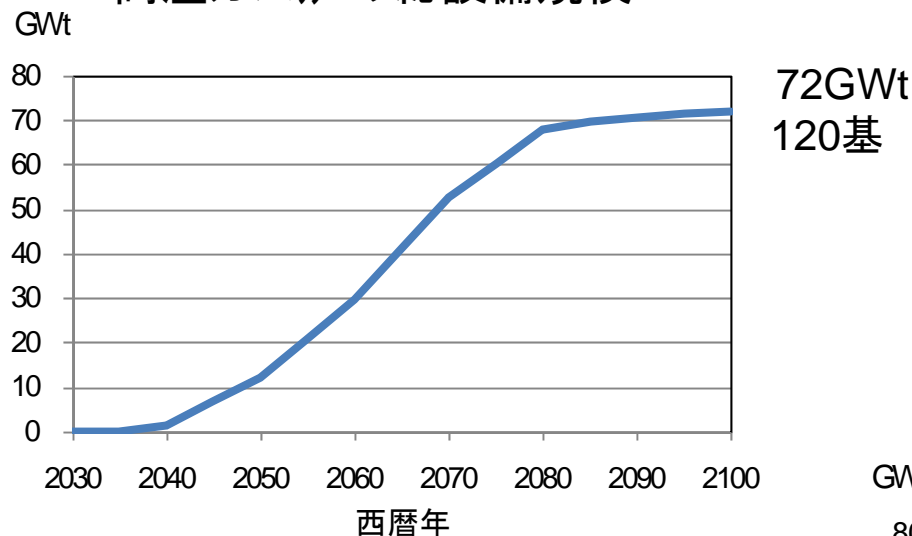
- ・2055年 1GWe
- ・2070年 6GWe
- ・2100年 33GWe

☞ 設備利用率85%



多目的高温ガス炉の導入

高温ガス炉の総設備規模

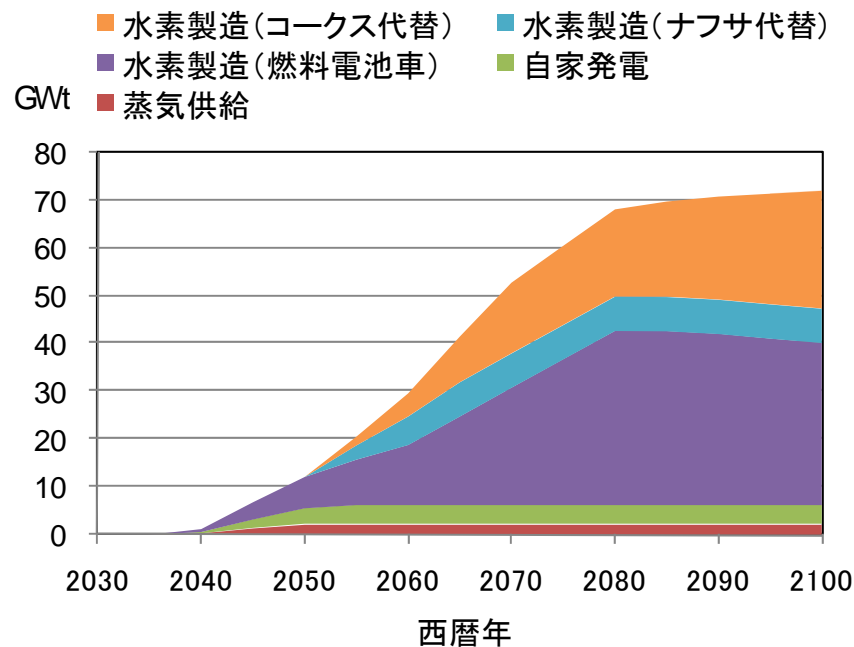


※ 設備利用率85%

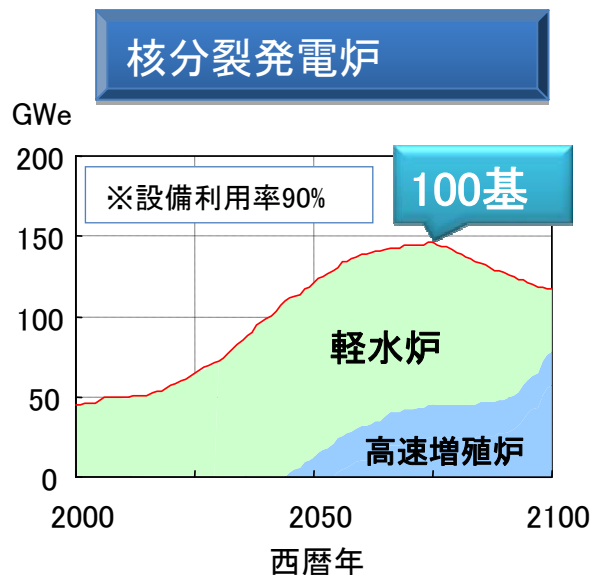
高温ガス炉の用途は、

- ・運輸の水素供給
- ・産業の水素供給、蒸気供給、自家発電

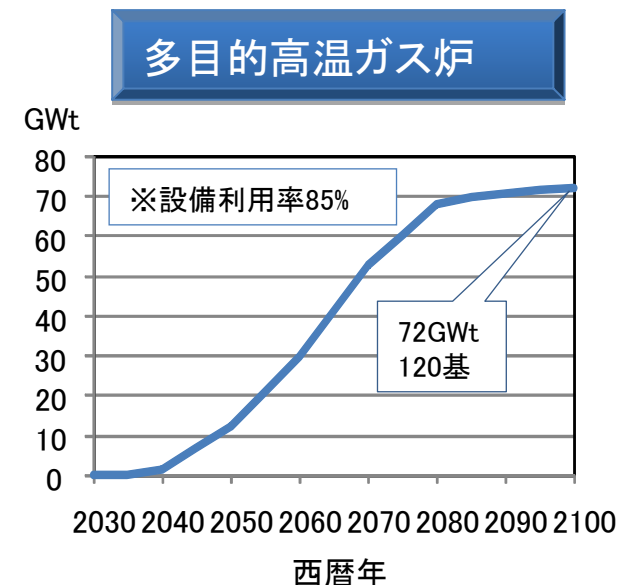
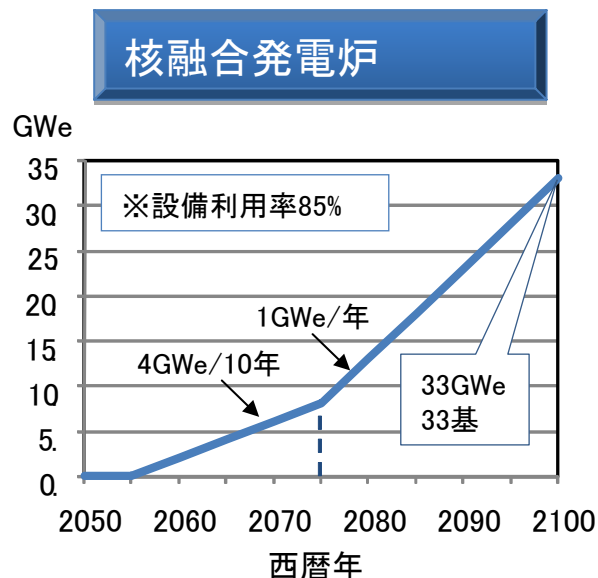
高温ガス炉の用途(内訳)



原子カプラントの設備規模(まとめ)



☞ もんじゅ、実証炉および大間を除く



【設備規模の推計】

- 核分裂発電炉はピーク時(2075年頃)で145GWe
⇒現在の設備規模の2倍に当たる**100基**(1.5GWe/基と仮定した場合)
- 核融合発電炉は2100年で33基(1GWe/基)
=我が国企業が国際市場で十分な競争力を持ちうる規模
- 多目的高温ガス炉は2100年で120基(600MWt/基)
=需要地近傍立地に適しており、各都道府県に約2.5基が設置される規模

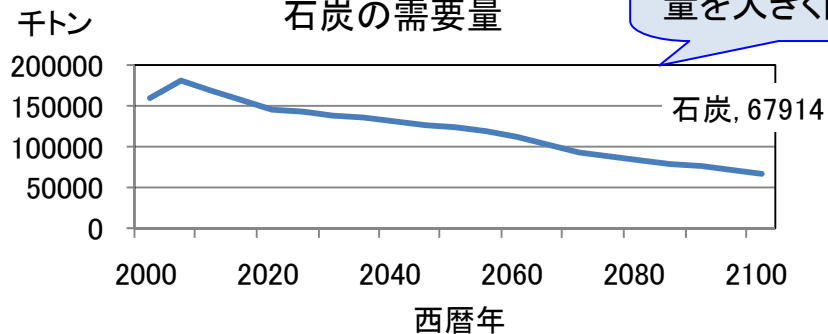
2100年までのエネルギー需給システム像

資源需要量と環境排出量

資源需要量

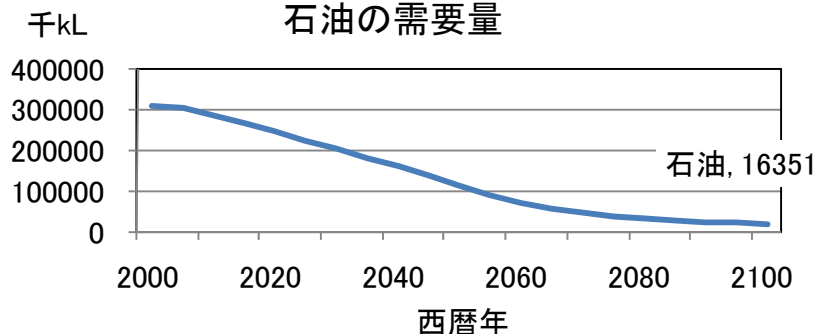
化石資源需要量

石炭の需要量

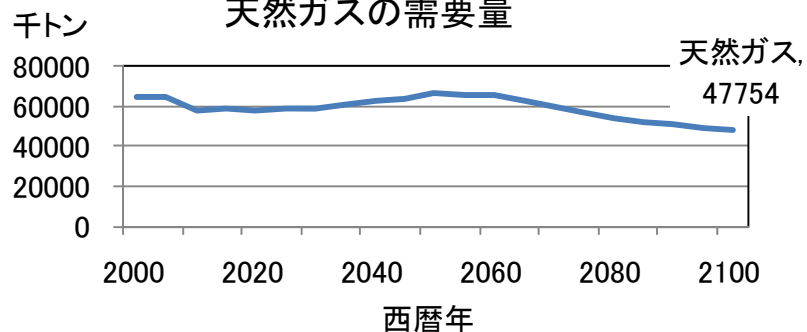


石炭、石油の輸入量を大きく削減

石油の需要量

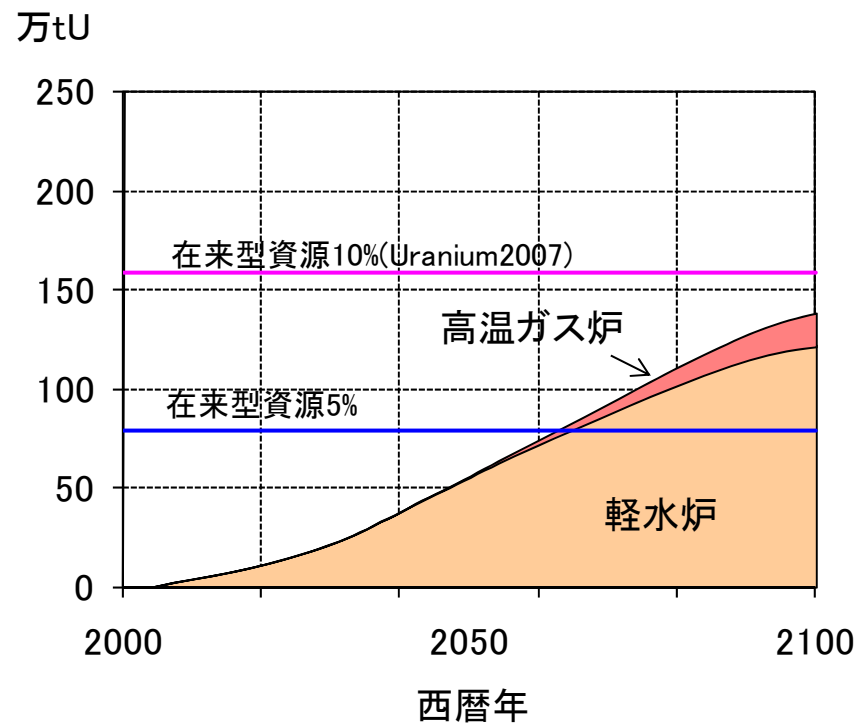


天然ガスの需要量



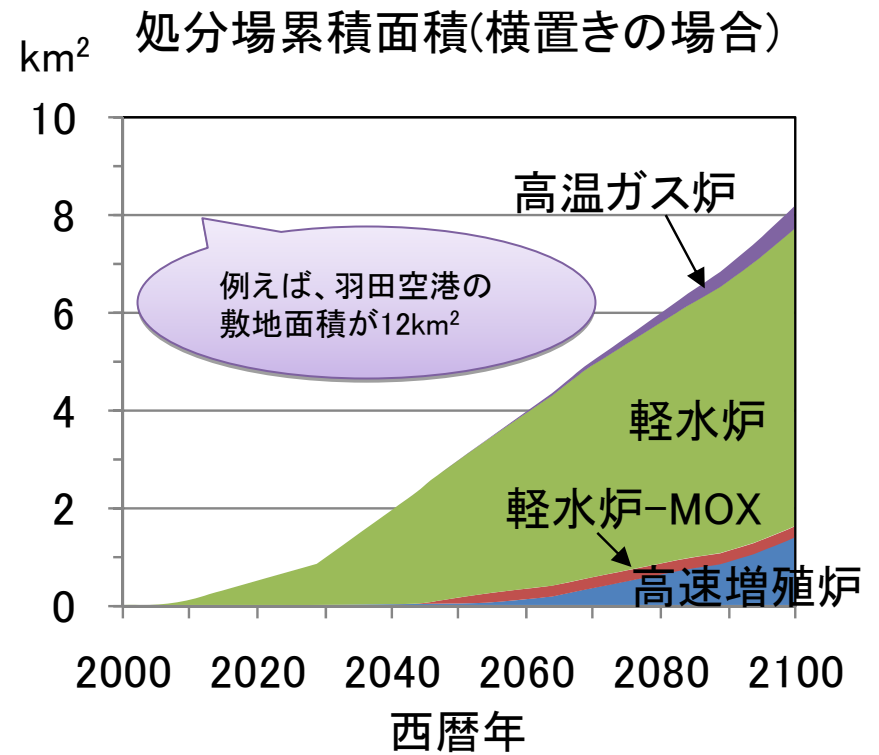
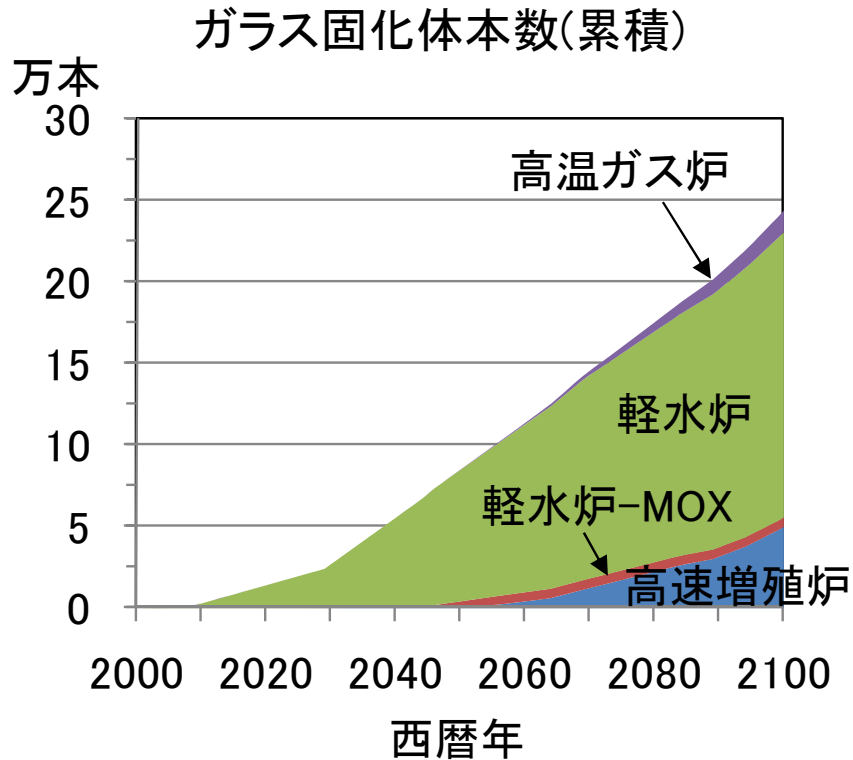
天然ウラン累積需要量

高速増殖炉の導入により、2100年頃から、天然ウランの消費量は大幅に削減できる



環境排出量

【高レベル放射性廃棄物】

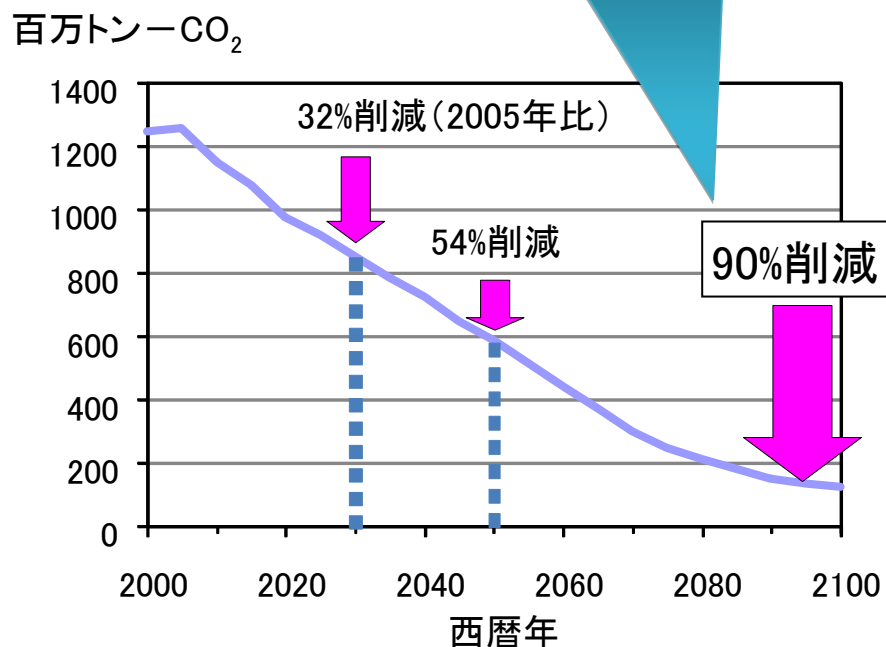


☞ 上記のグラフでは、ガラス固化体製作年での量を処分場面積に換算した場合を示している。

環境排出量

【二酸化炭素排出量】

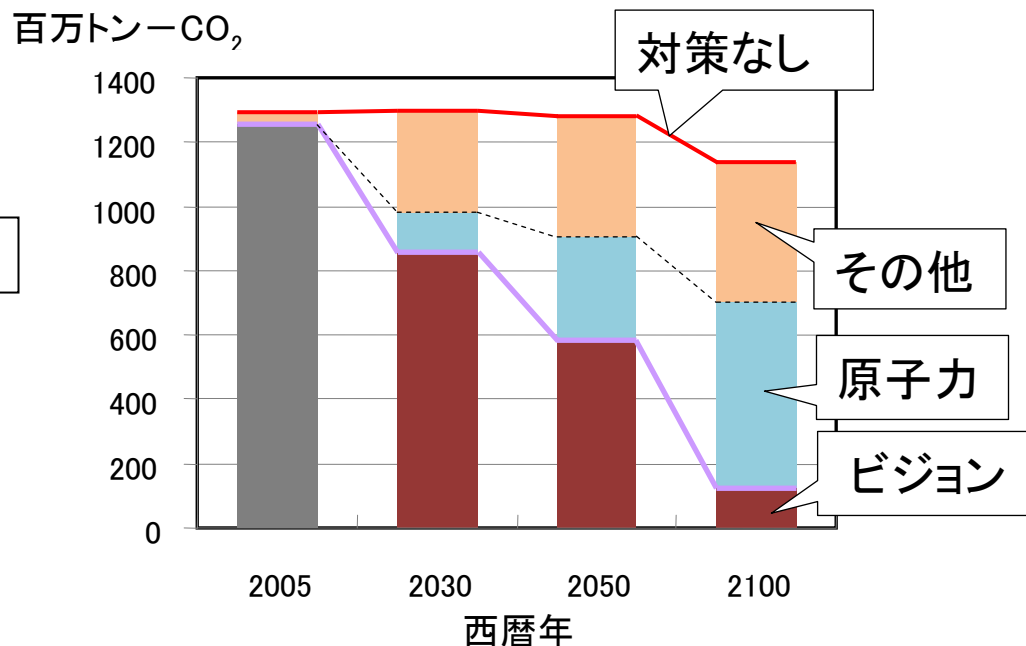
2050年で現在の約半減、
2100年で9割以上削減



- ☞ CCS導入による削減を考慮
(石炭火力、天然ガス火力及び製鉄の高炉ガス)
- ☞ 森林によるCO₂吸収を考慮

二酸化炭素削減への貢献(2100年)

- 電源としての原子力の貢献は38%
- 高温ガス炉の産業・運輸利用の貢献は13%



ビジョンの実現へ向けた課題等

実現に向けた課題

- 社会的合意の中で、**立地地域の理解**が不可欠
- ビジョン実現には**バックエンド対策**が前提
- ◆ 特に分離変換技術の研究への取り組みが大切
 - 分離変換技術**を用いれば、
 - ☞ 高レベル廃棄物の潜在的な有害度を低減
 - さらに、発熱性核種の長期保管と組み合わせれば、
 - ☞ 処分場の面積を縮小(数分の一から百分の一)