

## 第3章 エネルギー技術ロードマップ<sup>[1]</sup>

### 3.1 概要

本章では、本研究で扱う資源エネルギー庁発行のエネルギー技術ロードマップについて解説する。まず、この政策の概要と全体像を示し、次に本研究で取り扱う、民生・運輸部門の詳細を述べる。

### 3.2 目的および基本的考え方

今般のエネルギー分野の技術戦略マップは、2100年までの長期的視野から、地球規模で将来顕在化することが懸念される資源制約、環境制約を乗り越えるために求められる技術の姿を逆算（バックキャスト）することによって描き出している。これは、長期を見据えた研究開発の重点化や、ポスト京都議定書の国際枠組み等の長期的地球規模の議論への貢献を目的としたものである。（副題「超長期エネルギー技術ビジョン」）

#### ①エネルギー分野における基本的認識

- エネルギーは、全ての人類の活動の基礎となるもの。エネルギーに対する制約は、人類の効用（経済活動量、生活の質）のレベルに直結。
- 将来のエネルギー需給構造を考える際には、資源制約、環境制約の両方を視野に入れることが必要。
- 長期的視野から真に持続可能なエネルギー需給構造を実現する鍵は、技術である。（技術がない状況で実現することは不可能。）
- ただし、技術の確立には、研究開発、導入普及、関連インフラの整備などに係る長期の期間を要し、また、実際の社会では様々な選択肢が取られるなど、高い不確実性が存在。

#### ②検討の特徴

資源制約、環境制約の下で、効用を落とすのではなく人類が豊かになる（効用が向上する）との考えで、基本的にはこれを技術の開発・利用によって実現していくとした場合に、技術に求められる将来の姿を描き出した。この際、上記期間を考慮しつつ制約条件から逆算（バックキャスト）することにより、必要となる技術スペック、時期等を整理した。

さらに、以下の検討の前提から、挑戦的な技術の姿を描き出している。

(a) 効用を落とさずに技術によって全てを解決するとの前提で将来像を描いたため、モデルシフトやライフスタイルの変更などによる効果は見込んでいない。

(b) 将来の資源制約、環境制約の仮定には高い不確実性を伴うものの、これら制約によるリスクをできる限り円滑に解消していくとの観点から、「備え」として厳しい制約条件を仮定した。

(c) 技術の将来像を描くに際し、エネルギー構成について極端な条件設定を行うことにより、最も厳しい技術スペックの洗い出しを行った。結果として、全てを達成すれば制約を超過達成するものとなっている。

### 3.2.1 エネルギー分野における基本的認識

エネルギー分野における基本的認識は以下のように四点にまとめられている。

①一般に、経済活動の拡大に伴ってエネルギー消費も増大し、逆にエネルギーの利用に対する制約が経済成長を引き下げる要因となるなど、経済活動にとってエネルギーは重要な役割を果たしている。

②近年、中国をはじめとする発展途上国等の急速な経済発展に伴って世界のエネルギー需要が大きく増加する中、既に世界のエネルギー市場が、構造的な需給逼迫という新たな局面に入っているとの見方もあり、エネルギーに対する制約のリスクが高まっているといえる。他方で、世界的に見ても運輸分野をはじめとして化石燃料に大きく依存しているなど、現状の延長線上のエネルギー需給構造を前提とすれば、長期的に資源制約が顕在化することは避けられないと考えられる。また、人類が排出する温室効果ガスの多くはエネルギー起源 CO<sub>2</sub> であり、エネルギー需給構造と地球温暖化問題は密接に関連する。将来的なエネルギーの需給構造は、環境制約がどの程度顕在化するかにも大きく左右されるといえる。このように、将来のエネルギー需給構造を考える際には、資源制約、環境制約の両方を視野に入れた検討が必要である。

③これら地球的規模の問題である資源制約、環境制約を解消し、世界の持続可能な発展を実現していくためには、全ての国においてエネルギー効率を向上し、経済成長とエネルギー消費、二酸化炭素排出量の「鎖」を断ち切るとともに、非化石エネルギーを増大させるなど、長期的視野から真に持続可能なエネルギー需給構造を実現していかなければならない。この実現のためには、例えば運輸分野では、燃費の飛躍的向上や、化石燃料以外でも利用可能な自動車を開発するなど、エネルギー需給構造を抜本的に変革することができるような技術を確立し、将来の来るべき制約に間に合うように備えていくことが必要である。

④将来に対する備えを考えるに際しては、技術の確立には、研究開発、導入普及、関連インフラの整備などに掛かる長期の期間（リードタイム）が必要であることを十分に考慮しなければならない。また、技術が確立できるかどうかの不確実性に加え、実際にはその時々社会情勢、地域特性等に応じて様々な選択が行われるなど、特定の技術の存在のみで問題解決とならないといった不確実性も存在することに留意しなければならない。

## 3.3 バックキャストによる技術戦略の検討

将来の制約に備えるためには、対策を虫食いの的に積上げるのみでなく、エネルギー需給の全体像を視野に入れ、長期的な視野に立った戦略的な取組を進めることが不可欠で

ある。経済が発展することを大前提とした上で、資源制約、環境制約を解消できるように、2100年における制約条件の仮定を出発点として、逆算（バックキャスト）する形で、技術が満たすべき要件（技術スペック）を洗い出し、リードタイムを考慮した技術確立の時期等、技術に求められる将来の姿を描き出した。

## 2050年、2030年に求められる技術スペックの考え方

### 2050年

2100年に求められる技術スペックを基に、2050年の資源制約の仮定（石油の生産量ピーク）、環境制約の仮定（CO<sub>2</sub>排出量/GDP=1/3）とGDPが1.5倍に増大することを考慮しつつ、逆算（バックキャスト）することによって、求められる技術スペックを整理した。

### 2030年

2100年、2050年の技術スペックから、逆算（バックキャスト）を行いつつ、現状の技術レベルを考慮することで、求められる技術スペックを整理した。

#### ① 将来展望に基づく制約条件の仮定

将来の資源制約、環境制約の仮定には高い不確実性を伴うものの、これら制約によるリスクをできる限り円滑に解消していくとの観点から、以下のとおり「備え」として厳しい制約条件を仮定した。なお、この制約条件は、我が国技術の将来像を描く際の条件として考慮した。

##### 1) 資源制約

〔資源制約の仮定（世界）〕

世界が経済成長する中、

- ・石油が生産量のピークを迎える（2050年と仮定）
- ・天然ガスが生産量のピークを迎える（2100年と仮定）

〔我が国技術の将来像の条件〕

・資源の大半を輸入に頼る我が国としては、ピーク想定時期までに、エネルギー源の多様化、使用可能な資源量の拡大、エネルギー使用の高効率化を行うなど、他のエネルギーと互換可能な状態とすることを条件とする。

##### 2) 環境制約

〔環境制約の仮定（世界）〕

世界が経済成長※する中、CO<sub>2</sub>排出量を現状と同程度に抑えとした場合、GDP当たりのCO<sub>2</sub>排出原単位（CO<sub>2</sub>排出量/GDP）を、現状に対して以下のとおり改善。

- ・2050年に1/3、
- ・2100年に1/10以下（2100年以降のさらなる改善も視野）

〔我が国技術の将来像の条件〕

- ・我が国はこれまで最高水準の効率を達成してきたが、将来に亘って世界をリードし続け

るとの考えから、環境制約の仮定（世界）から求められるものと同等の原単位改善率を我が国としての条件とする。

※経済成長については、

世界のGDP は、2050年で3倍程度、2100年で10倍程度との想定に対し、我が国のGDP は、2050年で1.5倍程度、2100年で2倍程度と想定。

## ② 将来のエネルギー構成に係る想定

エネルギー構成について極端な条件設定を行うことによりケーススタディを行った。

### ケースA：石炭等の化石資源と二酸化炭素回収・隔離の最大利用ケース

資源埋蔵量が比較的多い石炭、非在来型化石資源等の化石資源によってエネルギー供給を賄いつつ、化石資源の利用に伴って発生するCO<sub>2</sub>を回収・隔離するケース。CO<sub>2</sub>の回収・隔離に大きく依存する場合には、相当量のCO<sub>2</sub>を隔離しなくてはならず、現時点では我が国の地中隔離の量的ポテンシャルには限界があると考えられることから、海洋隔離が実現されていることが前提となる。

### ケースB：原子力の最大利用ケース

CO<sub>2</sub>が排出されない原子力によって全分野のエネルギー供給を行うケース。エネルギーのキャリアとしては、運輸分野、産業分野も含め、電気及び水素を想定。原子力に大きく依存する場合には、ウラン鉱石の資源量から考えると、海洋ウラン等の非在来型核燃料資源の獲得、あるいは核燃料サイクルが実現されていることが前提となる。

### ケースC：再生可能エネルギーの最大利用と究極の省エネルギー実施ケース

再生可能エネルギーを最大限に利用するとともに、省エネ・高効率利用・自立化、転換効率向上によってエネルギー需要の低減を究極的に押し進めることによって、生活の質の維持・向上を図りつつ、必要なエネルギー供給量を抑えるケース。再生可能エネルギー、省エネルギーのいずれも、技術の確立・普及が図られることが前提。

ケース設定については3.4節で詳しく述べる。

## ③ 需要側から見た分野による検討

制約条件を技術スペックとして具体化するため、需要側から見た分野を設定して検討を行った。特に、把握容易性、実効的対策の観点から、CO<sub>2</sub>排出原単位の改善目標の実現に向け、産業、民生（業務、家庭）、運輸の需要分野ごとに固有のCO<sub>2</sub>排出原単位を考えることとした。これらのCO<sub>2</sub>排出原単位の改善には、単体・機器の効率の向上といった需要側の対策と、転換分野の効率向上との掛け合わせで考えることができる。

図3-1 需要側から見た分野と分野ごとの代表的なCO<sub>2</sub>排出原単位例(技術ロードマップより引用)

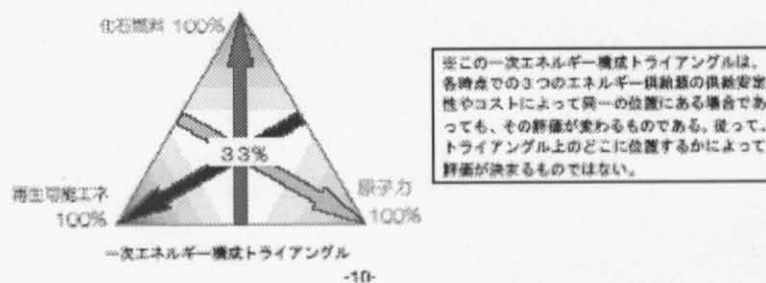
| ○需要側から見た分野と分野ごとの代表的なCO <sub>2</sub> 排出原単位例 |           |   |        |          |
|--|-----------|---|--------|----------|
| ・産業分野                                      | : t-C/生産量 | ≡ | t-C/MJ | × MJ/生産量 |
| ・民生(業務)分野                                  | : t-C/床面積 | ≡ | t-C/MJ | × MJ/床面積 |
| ・民生(家庭)分野                                  | : t-C/世帯  | ≡ | t-C/MJ | × MJ/世帯  |
| ・運輸分野                                      | : t-C/距離  | ≡ | t-C/MJ | × MJ/距離  |
| (・転換分野: t-C/MJ)                            |           |   | 転換効率   | 単位・転換効率  |

### 3.4 ケース設定

#### ●技術シナリオとしての3つのケースの設定

今回仮定した化石資源制約リスク、環境制約リスク下における日本のエネルギー技術ビジョンを検討するにあたり、エネルギー供給構造を考える。一次エネルギー構成で示すと、下図3-2のような一次エネルギー構成のトライアングルで示すことができる。

図3-2 一次エネルギー構成のトライアングル(技術ロードマップより引用)



※この一次エネルギー構成トライアングルは、各時点での3つのエネルギー供給源の供給安定性やコストによって同一の位置にある場合であっても、その評価が変わるものである。従って、トライアングル上のどこに位置するかによって評価が決まるものではない。

本検討では、危機的な状況においても制約を乗り越えることができるように備えを行うとの考え方から、技術シナリオとして3つの極端なケースを設定してケーススタディを行った。

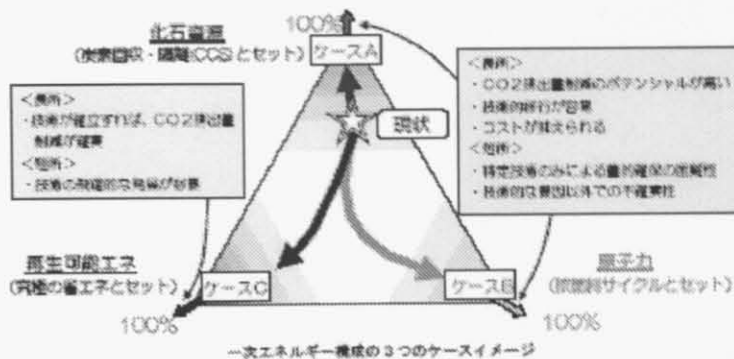
ケースA：石炭等の化石資源と二酸化炭素回収・隔離の最大利用ケース

ケースB：原子力の最大利用ケース

ケースC：再生可能エネルギーの最大利用と究極の省エネルギー実施ケース

これらの3つのケースは、一次エネルギー構成トライアングルの各頂点に近い極端な社会を想定するものである。

図3-3 一次エネルギー構成トライアングルにおける各ケース(技術ロードマップより引用)



3 ケース共通の対策：『省エネ・高効率利用・自立化』等の位置付けは以下のようになっている。

『省エネ・高効率利用・自立化』、『転換効率向上』といった対策は、「効用」を実現しながらエネルギー需要を減少させることができる。これは、ケースCにおいて究極的に進めなければならない一方で、ケースA、Bにおいても、エネルギー需要の低減につながり、いずれの場合にも有効な共通の対策である。しかし、このような基本的認識を持ちつつも、日本のエネルギー技術戦略の検討にあたっては、極端な3 ケースを設定し、技術的備えを行う観点から、ケースA、Bでは省エネ等に大きく依存できない場合を想定して検討を行った。

ケースごとの特徴とエネルギー構成のイメージは以下に示す。

### 3.4.1 ケース A

【ケースA（石炭等の化石資源と二酸化炭素回収・分離の最大利用ケース）】

〔意義〕

CO<sub>2</sub>回収・分離が大規模に利用できた場合、非在来型化石資源などの利用に伴うCO<sub>2</sub>排出を大幅に低減しつつ使用できることで、環境制約は緩和されることとなる一方、限りある資源を使用し続ける点において過渡的な解決策にしかない。ただし、即効性があり、緊急避難的な意義はあり得る。

〔量的可能性〕

CO<sub>2</sub>分離の量的可能性は、世界的に見れば高いと考えられる。他方、現状において国内では地中分離には量的限界があると考えられる。しかし、海洋分離が実現した場合には国内においても量的可能性は高くなる。

〔技術的実現性〕

技術的には、地中分離は一部で既に実用化しており実現が見込める。海洋分離は生態系への影響等の検証が課題となっている。

〔適用対象等〕

発電施設、水素製造施設、産業施設等の大規模集中CO<sub>2</sub>排出源では効率的にCO<sub>2</sub>回収するこ

とができる。他方、自動車、家庭等の分散排出源からのCO2回収は困難。

〔その他〕

CO2回収・隔離には、追加的にエネルギーとコストが必要となる。

### 3.4.2 ケース B

【ケースB（原子力の最大利用ケース）】

〔意義〕

原子力が大規模に利用できた場合、化石資源制約、環境制約は大幅に緩和できる。

〔量的可能性〕

立地、処分の問題を除けば、量的可能性は高い。ただし、現状の軽水炉を前提とすると、ウラン鉱石の資源量の制約が生じ得る。また、世界的に見ると、核不拡散の観点から、導入には慎重な検討が必要となり得る。

〔技術的実現性〕

技術的には、核燃料サイクルなど引き続き開発は必要であるものの、現在計画等されている技術の延長線上にあり、実現が見込める。

〔適用対象等〕

原子力による発電の他、水の電気分解や熱利用による水素製造も考えられる。

〔その他〕

設備の建設には長いリードタイムを必要とし、設備の使用年数も長く、長期的な計画が必要となる。

### 3.4.3 ケース C

【ケースC（再生可能エネルギー最大利用と究極の省エネルギー実施ケース）】

〔意義〕

再生可能エネルギー、省エネルギーのいずれの取組みも、技術が確立した場合には、世界においても共通的、基盤的な技術的公共財を提供し得るもの。普及の障害は低く、世界規模でも化石資源制約、環境制約の緩和に効果的である。

〔量的可能性〕

再生可能エネルギーは、理論的にはすべての再生可能エネルギー源を想定すれば量的制約はほぼないと考えられるものの、エネルギー密度が低く、不安定なエネルギー源であることが多く、立地・稼動条件の制約から、量的には限定的に留まることもあり得る。このため、省エネルギーの飛躍的な進展が必須と考えられる。

〔技術的実現性〕

再生可能エネルギー、省エネルギーともに、量的確保のための変換効率の大幅な向上や新たな利用方法の開発など、飛躍的な技術革新が必要となる。

〔適用対象等〕

産業分野では抜本的な生産プロセスの革新や、比較的まとまった再生可能エネルギー源の開発・導入が必要。民生分野、運輸分野では、広範な用途への適用が必要。特に、究極的な省エネルギーと周辺の低密度エネルギーを利用した再生可能エネルギーを組み合わせた自立化が重要。

〔その他〕

民生用個別機器等の更新期間は比較的短い（～10 年程度）と考えられる一方、生産プロセス等については20～30 年程度と比較的長い。

### 3.5 需要側からの分野別検討

#### ● 分野毎の特徴

##### 【民生（業務・家庭）分野の特徴】

- 小規模需要が中心。
- 灯油、都市ガス等を直接利用する場合でも、技術的な代替性がある。
- 小規模排出源であり、CO<sub>2</sub>の回収は困難。仮に必要なが生じれば供給側でCO<sub>2</sub>回収・隔離。
- 設備・機器の更新期間は10 年程度。建築物の更新期間は、戸建て住宅20～30 年程度、ビル30～50 年程度。

##### 【運輸（自動車）分野の特徴】

- 移動体と燃料の供給インフラを合わせて考える必要がある。
- 移動体では、エネルギー密度が高い燃料が必要。
- 自動車単体軽量化、回生技術等は、燃料によらず横断的対策。
- 小規模排出源であり、CO<sub>2</sub>の回収は困難。仮に運輸部門においてCO<sub>2</sub>排出量ゼロとする場合には、電気・水素によりエネルギー供給を行い、発電・水素製造を原子力・再生可能エネルギーにより行うか、化石エネルギーによりCO<sub>2</sub>回収・隔離を合わせて行うこととなる。
- 新たな燃料への移行には既存燃料との併存期間が必要であり、インフラ整備のリードタイムは長い。自動車単体の更新期間は10～20 年程度。転換効率 単体・機器効率
- 航空機は、燃料貯蔵を考える上で、気圧変化、温度変化、世界的なインフラ整備に関する検討が必要。
- その他、鉄道・船舶輸送への転換による効果の可能性有り。

##### 【産業分野の特徴】

- 大規模集約的設備が中心。エネルギー多消費（ハンドリング）であり、対策当たりの効果が大きく比較的合理化インセンティブが働き易い一方、装置の導入コストが大きく生産プロセス全体を見直すような抜本の変更は容易でない。
- 鉄鋼や化学など、化石資源を直接原材料、還元剤等として利用する場合、代替が困難で



あることが多い。化石資源を使用する場合、仮に必要が生じればCO2隔離・回収を行うことが可能なプロセス・規模である。

○設備の更新期間は10～30 年程度。

#### 【転換（発電・水素製造）分野の特徴】

○大規模集約的設備が中心。供給ネットワークが必要。

○エネルギー転換効率向上のためには、発電等効率の向上、送配送損失の低減等が必要。

○需要側の負荷変動を吸収できる方法が必要（予備率、貯蔵等）。

○CO2排出原単位向上の観点からは、非化石エネルギー（原子力、再生可能エネルギー等）のシェアの向上が必要。

○化石資源を使用する場合、仮に必要が生じればCO2隔離・回収を行うことが可能なプロセス・規模である。

○設備の更新期間は、30～40 年（原子力の場合は50 年超）。また、立地のためにも長いリードタイムが必要。

○水素等の新たなエネルギー供給を行うためには、新たなインフラ整備のために長いリードタイムが必要となることがあり得る。

### 3.6 ケース別部門の考え方

将来時点において得られる「効用（経済活動、生活の質など）」は、GDPに比例して増大することを前提として、エネルギー構成に係るケーススタディの中で、制約条件を満たすために分野毎に求められる技術スペックの洗い出しを行った。

また、その技術スペックの実現に必要な技術メニューと、その時間軸展開を行うことにより、分野別ロードマップのとりまとめを行った。

(1) 制約条件から分野毎に求められる技術スペックの概観（2100年）

ケーススタディから最も厳しい技術スペックを洗い出した結果を概観する。

〔2100年において求められる主要な技術スペック〕

#### 民生分野

○「効用」がGDP比例で増大する中、転換分野からの必要エネルギー量を80%削減（世帯、床面積当たり）

○電化・水素化率を100%

#### 運輸分野

○「効用（≒人・km、トン・km）」がGDP比例で増大する中、必要エネルギー量の70%削減相当（※自動車では80%削減相当）の燃費改善 ※輸送手段間での改善余地を考慮

○電化・水素化率を100%（飛行機等を除く）

○資源制約解消に必要なタイミングでの燃料転換

#### 産業分野

○「効用（≒製造量×製品の価値）」がGDP比例で増大する中、必要エネルギー量を70%削減（効用当たり）

○資源制約解消に必要なタイミングでの原燃料転換

#### 転換分野

- 需要分野の必要エネルギー量を各ケースにて不足なく供給  
（ケースA：石炭等の化石資源と二酸化炭素回収・隔離の最大利用ケース）
- ・エネルギー需要2倍程度×電化・水素化率4倍≒約8兆kWh
- ・化石資源の有効利用、二酸化炭素の回収・隔離  
（ケースB：原子力の最大利用ケース）
- ・エネルギー需要2倍程度×電化・水素化率4倍≒約8兆kWh
- ・ウラン資源制約解消のための核燃料サイクル  
（ケースC：再生可能エネルギーの最大利用と究極の省エネルギー実施ケース）
- ・エネルギー需要2倍程度×需要分野での省エネ約0.3倍  
×電化・水素化率3倍≒約2兆kWh

#### ケースA：石炭等の化石資源と二酸化炭素回収・隔離の最大利用ケース

石炭等の化石資源を用いることで「化石エネルギー需要」を満たしながら、CO<sub>2</sub>回収・隔離を行うことで「CO<sub>2</sub>排出量」を抑制することを想定するケース。省エネルギー等には大きく依存できないものとして検討。

- （民生分野） （運輸分野）
- ・小規模需要が中心で需要地でのCO<sub>2</sub>回収は困難と考えられることから、転換分野から供給されるエネルギーで需要を賄うことが求められる（電化・水素化率100%）。
- ・また、資源制約解消に必要なタイミングでの燃料の質的な転換が求められる。
- （産業分野）
- ・大規模集約的設備では原燃料として化石資源使用時には併せてCO<sub>2</sub>回収・隔離を行うことが求められる一方、需要地でのCO<sub>2</sub>回収が困難なその他の設備では電化・水素化を進めることが求められる。
- ・また、資源制約解消に必要なタイミングでの原燃料の質的な転換が求められる。
- （転換分野）
- ・産業分野の大規模設備用原燃料を除けばほとんどのエネルギーが転換分野から電気／水素によって供給されとの想定になる。この時、現状の総発電量の約8倍（＝最終エネルギー需要約2倍×電化・水素化率約4倍）の電気・水素量を化石資源によって供給することが求められる。併せてCO<sub>2</sub>回収・隔離が求められる。（この場合において、

40 億トン-CO<sub>2</sub>/年（2100 年）貯留場所の確保が必要となる。）GDP が約2倍であるのに対して電気・水素の供給量が現状の総発電量の約8倍となっている。これは、現状においては需要地で化石燃料が直接利用（ガソリン、灯油等）されている一方、ケースA の将来像では転換分野からの電気・水素に大きく依存するとの想定による。なお、電化・水素化に伴う民生分野での効率向上による効果等は見込んでいない。

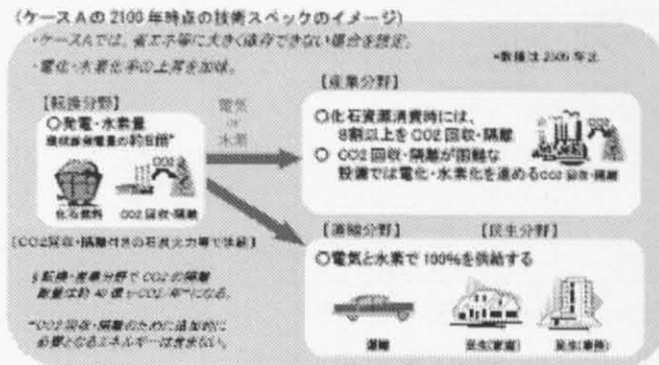


図 3-4 ケース A の 2100 年時点の技術スペックイメージ（技術ロードマップより引用）

#### ケースB：原子力の最大利用ケース

原子力を最大活用することで「一次エネルギー需要」を満たし、「化石エネルギー需要」「CO<sub>2</sub>排出量」の増大を抑制することを想定するケース。省エネルギー等には大きく依存できないものとして検討。

（民生分野） （運輸分野） （産業分野）

・産業分野の原材料を除き、転換分野から供給される電気／水素によってエネルギー需要を賄うことが求められる。

・また、資源制約解消に必要なタイミングでの原燃料の質的な転換が求められる。

（転換分野）

・産業分野の原材料を除けばほとんどのエネルギーが転換分野から電気／水素によって供給されとの想定になる。この時、現状の総発電量の約8倍（＝最終エネルギー需要約2倍×電化・水素化率約4倍）の電気・水素量を原子力によって供給することが求められる。

・なお、ウラン資源制約の観点から、特に核燃料サイクルの早期確立が求められる。

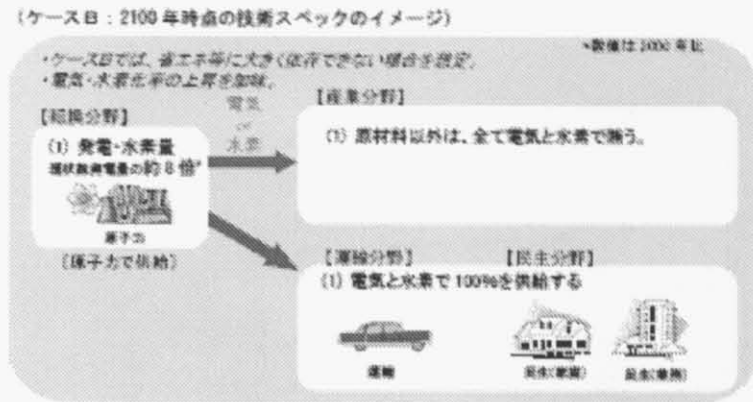


図3-5 ケースAの2100年時点の技術スペックイメージ（技術ロードマップより引用）

#### ケースC：再生可能エネルギーの最大利用と究極の省エネルギー実施ケース

省エネルギー等によって「最終エネルギー需要」の増大を最大限に抑制しつつ、再生可能エネルギーによって「一次エネルギー需要」を賄う（結果として、「化石エネルギー需要」「CO2排出量」を抑制する）ことを想定するケース。原子力、CO2回収・隔離に依存できないものとして検討。

##### （転換分野）

・ 需要分野で必要となる電気／水素を再生可能エネルギーによって全て供給するとの想定になる。ただし、量的には限定的に留まることもあり得ることから、同時に省エネルギーの飛躍的な進展が求められる。

この時、現状の総発電量の約2倍（＝エネルギー需要2倍程度×需要分野での省エネ約0.3倍×電化・水素化率3倍）の電気・水素量を再生可能エネルギーによって供給することが求められる。

##### （民生分野）

・ 「効用」が増大する中、転換分野からの必要エネルギー量の80%削減（世帯、床面積当たり）が求められる。

##### （運輸分野）

・ 「効用（≒人・km、トン・km）」が増大する中、必要エネルギー量の70%削減（燃費改善）が求められる。

・ また、資源制約解消に必要なタイミングでの燃料の質的な転換が求められる。

##### （産業分野）

・ 「効用（≒製造量×製品の価値）」が増大する中、必要エネルギー量の70%削減（単位効用当たり）が求められる。

・ 資源制約解消に必要なタイミングでの原燃料の質的な転換が求められる。

※ 「効用」が2.1倍に増大する中で、各需要分野での省エネ等を最大限に引き出してもなお転換分野において供給することが必要となる量を再生可能エネ

ルギーで賄うものとして算出。

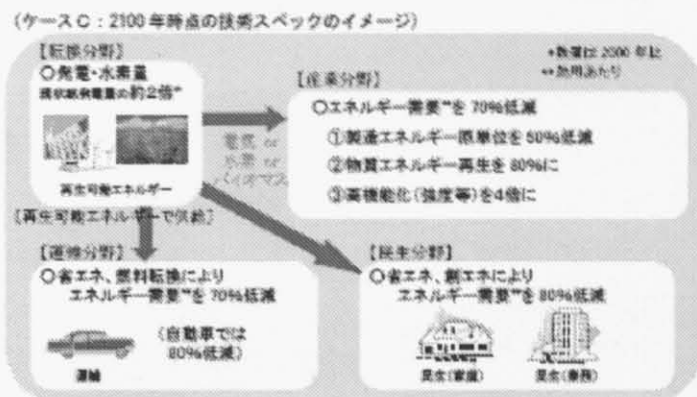


図 3-6 ケース A の 2100 年時点の技術スペックイメージ (技術ロードマップより引用)

### 3.7 分野別ロードマップの考え方

2100 年、2050 年、2030 年に求められる技術スペックを実現するため、必要となる主な技術メニュー（可能な場合には、個別の技術スペック）を時間軸に沿って分野別ロードマップとして整理した。

(注) 制約条件の仮定に基づいて時間軸展開を行っているため、諸情勢、技術動向等によって制約条件自体が前倒し（後ろ倒し）になった場合には、ここで描かれた技術の姿も、前倒し（後ろ倒し）で見る点となる点に留意が必要である。

### 3.7.1 分野別ロードマップの主要ポイント

【民生分野】

民生分野における技術スペック実現のためには、(1)今後新たに出現する機器を含めてできる限り省エネ、(2)太陽光等の身の回りのエネルギーを使って創エネを実施する。(1)と(2)を究極まで進めることで、転換分野からのエネルギーに頼らない自立化が可能となる。また、再生可能エネルギーによる創エネルギーをその時々状況に応じてネットワークを通じて融通、さらには分散貯蔵して最大限に活用する。

【運輸分野】

運輸分野の技術スペック実現のためのパスは「省エネルギー」と「燃料転換」が主要な柱となる。機器単体の省エネルギーでは、(1)駆動・推進システムの高効率化と(2)移動体(車体、船体、機体)の軽量化が重要。燃料転換では、(1)石油消費削減のため天然ガスや石炭を原料とする合成燃料の導入、(2)カーボンニュートラルなバイオマス由来燃料の導入、そして究極的には(3)使用時にCO<sub>2</sub>を排出しない水素または電気への転換が重要。

## 〔自動車〕

自動車の主流は、内燃機関従来車→内燃機関ハイブリッド車→燃料電池ハイブリッド車と  
移り替わり、電気自動車は短距離走行が主体の小型車を中心に使用される。内燃機関用の

燃料は、2050 年までに石油から合成液体燃料主体に移行する。移行の過程では、石油系燃料と合成燃料が混合利用される。

#### 【産業分野】

素材系の物質生産（物質転換）部門において投入されたエネルギーは、

- ①物質中に化学エネルギーとして保存されるもの
- ②燃焼過程等でエクセルギー損失となるもの、
- ③プロセスでの廃熱、の3つ。

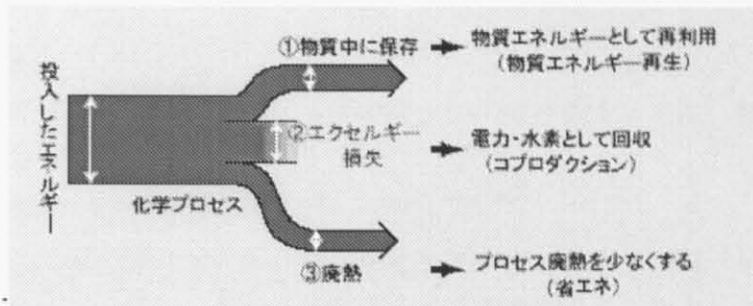


図 3-7 産業でのエネルギー利用（技術ロードマップより引用）

〔製造プロセスにおけるエネルギー利用の高度化〕 『うまくつくる』

②と③の製造プロセスに必要なエネルギーの削減を目指す。

（※）コプロダクション：

例えば、化石燃料を用いる場合であってもガス化プロセスによって熱／電気／水素等を高効率に取り出すことができる。従来の生産プロセスでは失われていたエクセルギーを電力または水素として回収することができることから、同じ原材料を投入した場合には、あたかも物質に加えてエネルギーを併産しているように見ることができる。

〔物質エネルギーの再生〕 『上手につかう』

①のように製品（物質）は自らの中に化学エネルギーを保存しており、製品が社会での使命を終えたあと、この①のエネルギーを物質あるいはエネルギーとして再生させる。

（※）物質エネルギーの再生：

例えば、化学品では、製造時必要とするエネルギーの60%以上を物質として保有しており、使用済み製品のガス化による原材料としての利用やエネルギーの生産等が可能。

〔少ない資源での製品製造によるエネルギー削減〕 『良いものをつくる』

「高機能化」は、わが国の国際競争力の維持拡大のために欠かせないだけでなく、各分野における技術革新のシーズを提供する重要な課題。

〔産業分野共通技術〕

炭素（C）を物質として利用する業種を中心として、バイオマスや廃棄物は貴重な原料・燃料となるため、物質のマネジメント技術も必要となる。

#### 【転換分野】

エネルギー需要を効率的かつCO<sub>2</sub>排出原単位改善を図りつつ満たすため、以下の3つの技術群の備えが必要。

#### （化石資源の効率的利用）

石油ピークに備えて天然ガスへの燃料転換、さらには資源量が比較的豊富な石炭への燃料転換を行う。石炭等の資源も有限であるため、発電（転換）効率向上など化石資源利用の高効率化が重要であり、ガス化発電（燃料製造）技術、燃料電池と複合した高効率発電技術が必要となる。同時に、CO<sub>2</sub>排出を伴うため、CO<sub>2</sub>回収・隔離（CCS）技術が必須となる。

#### （原子力利用技術）

核燃料資源の有効利用が必要であり、現状の軽水炉の効率向上とともに、核燃料サイクルの確立が必須となる。

#### （再生可能エネルギー利用技術）

太陽、地熱、風力、バイオマスなどの再生可能エネルギーによる発電（転換）効率向上が重要。太陽や風力などの設備利用率は低く、大きな設備容量を必要とするため、設置を容易にする技術も必要。また、自然エネルギーは気象条件等に左右され、需給の双方が変動するため、大規模な蓄エネルギー技術や系統制御（エネルギーマネジメント）などのネットワークシステム技術の確立が必須となる。

#### 【分野横断的な事項】

分野横断的な技術は、技術が実現すると、その効果を発揮できる可能性が高く、その応用分野も広く重要な技術と成り得る可能性があると考えられる。

#### （省エネ技術）

「効用」を増大させながら「最終エネルギー需要」の増大を抑制することによって、「一次エネルギー需要」「化石エネルギー需要」「CO<sub>2</sub>排出量」の増大を抑制することにつながることから、どのケース、分野にとっても横断的に有効。

#### （エネルギー貯蔵技術）

大規模集中発電・水素製造施設からの供給効率向上（時間的（日間、季節間）、地域的な調整機能）、再生可能エネルギー等の不安定な発電・水素製造施設からの供給安定化、民生分野での電気・水素の有効利用、電気・水素自動車等の燃料貯蔵等に横断的に有効。

#### （パワーエレクトロニクス技術）

ケース横断的に、電力輸送（送配電）技術の効率化技術、電力の高効率利用、高効率貯蔵等に有効。

#### （ガス化技術）

転換分野の発電・燃料（液体燃料・水素）製造効率の向上やバイオマス、廃棄物等の有効利用、産業分野の生産プロセスの省エネルギー、創エネルギーに有効。

#### （エネルギーマネジメント技術）

エネルギー貯蔵所間の制御、供給・需要の変動による影響制御、異なるエネルギー間の最適利用制御等に有効。

#### ●その他

核融合等、今回想定した制約条件の解消のために必ずしも必須とはならなかったためにロードマップ上に記載していない一方、こうした技術が将来実現した場合には、将来のエネルギー供給源の選択肢となる可能性を有しているものがある。これらの技術が、今回のロードマップ期間中に導入される場合には、更なる資源制約、環境制約の回避につながる。これまでに示した検討結果は、将来において新たな「効用」を伴う製品（ロボット等）の普及や移動距離の増大などの「効用」自体の増大等のエネルギー需要増要因によるリスクに備えるとの観点から、効用がGDPに比例すると仮定して設定した技術スペックに対応するものである。これらの技術スペックが達成される一方で、各々の需要分野において想定されるエネルギー需要減要因が実現した場合には、需要の増加が抑制され、更なる資源制約、環境制約の回避につながる。

エネルギー需要減少の主な要因例

##### ○人口減少

【民生分野】○省エネ意識の向上等に伴うライフスタイルの変化

○GDPの伸びに比して、厨房でのエネルギー需要の飽和等

○集合住宅化による空調エネルギー需要の減少

【運輸分野】○モーダルシフトの進展

○交通システムの発展

○S O H Oの普及や都市構造の変化に伴う移動ニーズ減少

【産業分野】○産業構造の第三次産業化

○GDPの伸びに比して、製品ニーズの飽和等

○ペーパーレス化等に伴う製品需要減少

○製品の長寿命化に伴う製品需要減少

#### ●3つのケースの技術が融合した社会イメージ（起こり得る可能性が高い社会像）

我が国では、現状では国内でのCO<sub>2</sub>の地中隔離には量的限界があり、環境影響評価と社会的合意獲得の面で課題を乗り越える必要のある海洋隔離を想定しなければ量的には不十分であり、また化石資源の有限性を考えるとケースAは長期的な解決とはなり難い。よって、短中期的には必要に応じてCO<sub>2</sub>回収・隔離により急激な気候変動を回避し、長期的に見れば再生可能エネルギーを最大限活用しつつ、省エネを究極的に行い（ケースC）、原子力を安定的に運転していく（ケースB）ことが持続的な社会としては望ましい組合せと考えられる。ただし、このような各ケースの評価、組合せは今後の情勢等によって変わり得るも



のであり、技術的な備えとしては、将来の各時点における社会経済情勢、技術の進展状況等を見つつそれぞれの研究を進めていくことが重要である。それにより、エネルギー安全保障としての代替性・互換性を備え、その時点時点の国内におけるエネルギーの安定供給を柔軟に確保し得る最適かつロバストなエネルギーシステム構成が実現されることになる。また、3つの極端なケースの実現に向けた取組みを推進することにより、各ケースの効果がそれぞれ発揮され、その相乗効果として化石資源の消費量、CO<sub>2</sub>排出量を大幅に低減し、化石資源のより長期的利用も可能になり得ると考えられる。この道筋の究極的な姿として、ゼロエミッションや、自給可能率を100%とすることも可能となる。

### 3.8 各部門におけるロードマップ（全部門概要）

#### ○分野毎の考え方

（全体） 需要分野では、得られる「効用（経済活動、生活の質など）」は、GDP に比例して増大することが共通の前提。その上で、連鎖脱却に向け、必要エネルギー量（＝転換分野からの供給エネルギー）の原単位を最小化する等の必要な技術的備えを行う。

※ GDP（日本）： 2050 年で1.5倍、2100 年で2倍程度と想定。

#### （民生分野）

家庭では世帯当たり、業務では床面積当たりの「効用」は GDP に比例して増大。必要エネルギー原単位を改善するため、①今後新たに出現する機器を含め、できる限り省エネ、②太陽光等の身の回りのエネルギーを使って創エネ。①と②を究極まで進めれば、転換分野に頼らず自立化。また、再生可能エネルギーによる創エネが進むにつれて、余剰エネルギーをネットワークを通じて融通。

#### （運輸分野）

自動車による「効用（＝台数×移動距離）」が GDP に比例して増大。必要エネルギー原単位を改善するため、①動力の効率向上、軽量化等による省エネ。ただし、将来のエネルギー原単位改善、CO<sub>2</sub> 原単位改善のためには、モータによって動く燃料電池自動車または電気自動車が主流になる必要がある。②燃料側では、バイオマス燃料、合成燃料を混合した混合燃料が増大した後、石油ピークを迎える今世紀半ば以降、水素または電気の割合が増大していく。

#### （産業分野）

製品による「効用（＝機能）」は GDP に比例して増大。必要エネルギー原単位を改善するため、①素材・製品の高性能化・高機能化、②製造プロセスの改善・革新的製造プロセスの開発（省エネ、エネルギーの有効利用、プロセスでの物質・エネルギーの併産）、③製品

中に取り込まれた物質資源・エネルギーの再生利用を図る。また、製造プロセスを活用することによるクロスバウンダリー（産業と民生、産業間、産業と転換など）の取組による社会全体での効率改善。

#### （転換分野）

エネルギー需要を効率的かつCO<sub>2</sub>排出原単位改善を図りつつ満たすため、①化石燃料の効率的利用を図りつつ、②原子力、再生可能エネルギーなどの非化石エネルギーによるエネルギー供給にシフト。さらに、③供給サイドの変動分を平準化する必要が増大することから、大規模な蓄エネルギーなどのネットワークシステムが必要となる。

下記に、各部門における「主な技術目標と技術的備えの考え方」および「技術的備えに対応する主要技術」（点線はR&D段階、実線は商用開始以降）を示す。

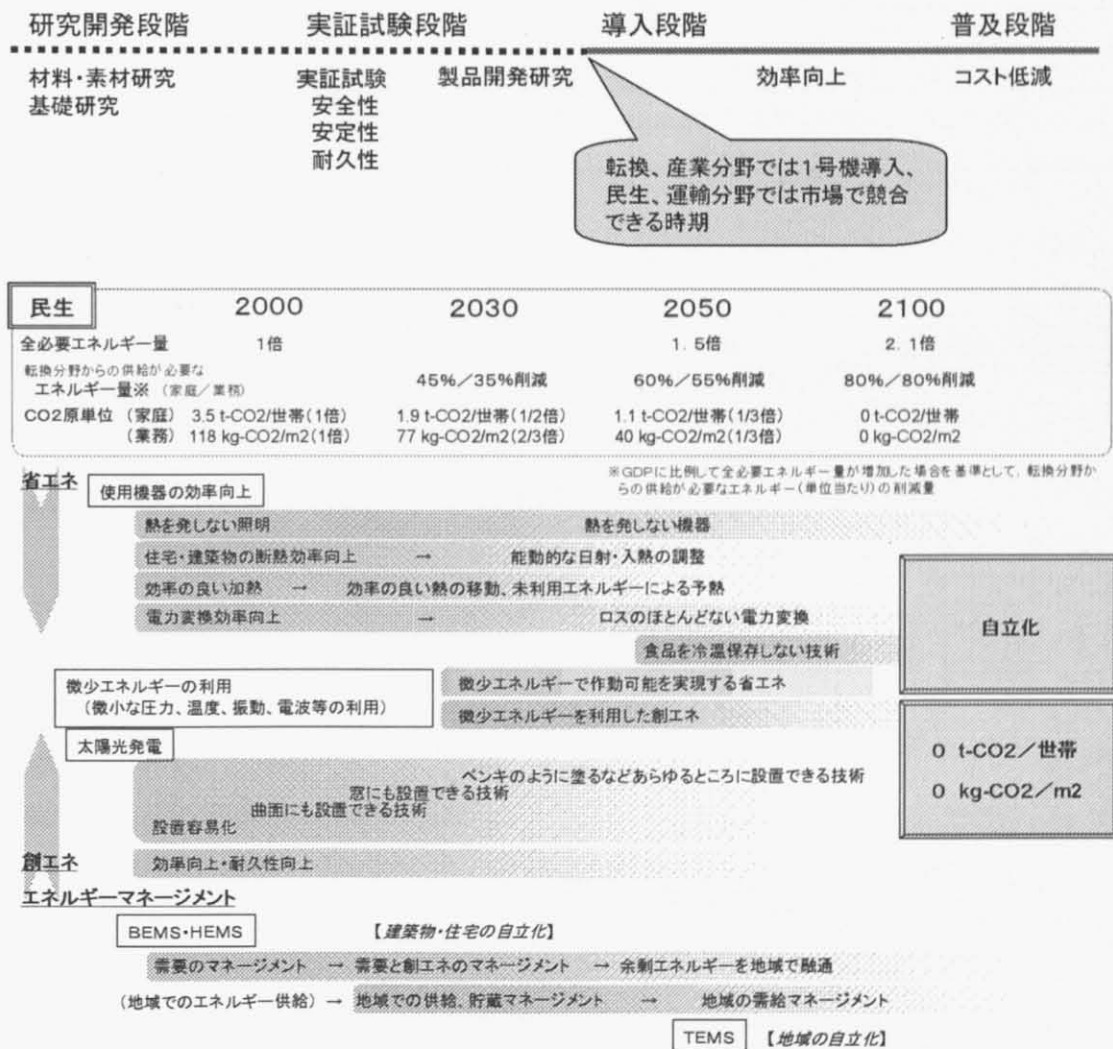


図 3-8 民生部門の主な技術目標と技術的備えの考え方（技術ロードマップより引用）



図 3-9 民生部門技術的備えに対応する主要技術 (技術ロードマップより引用)

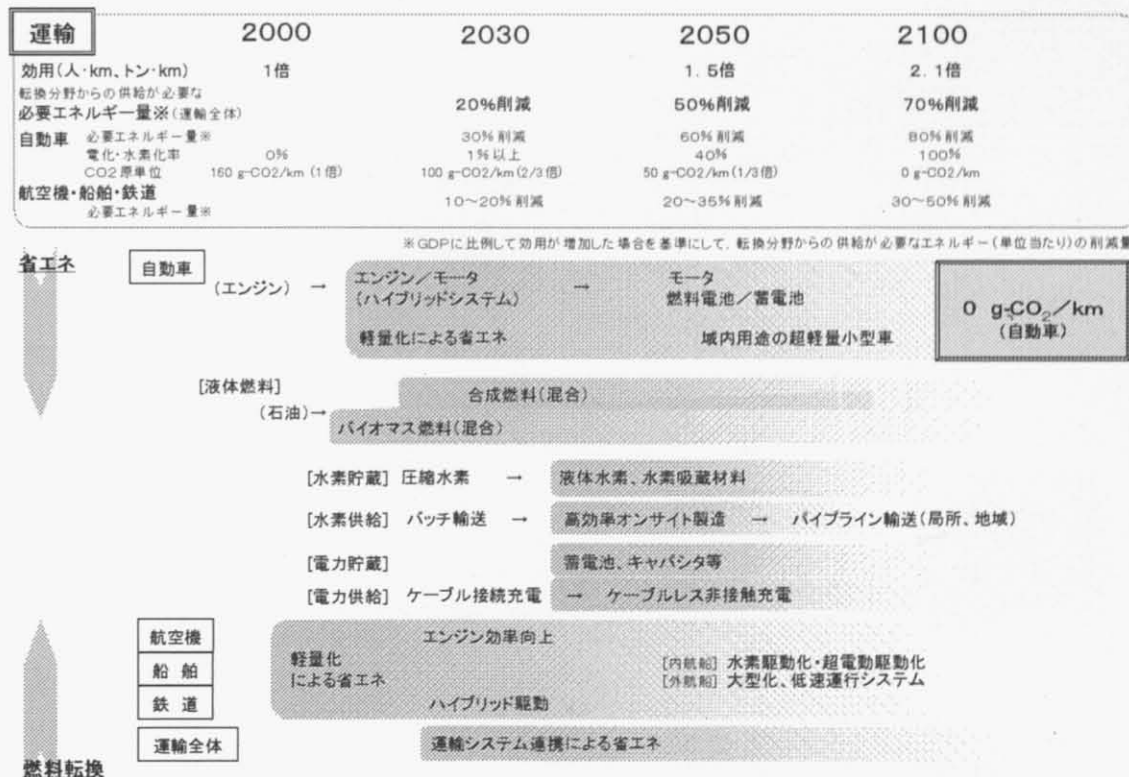


図 3-10 運輸部門の主な技術目標と技術的備えの考え方 (技術ロードマップより引用)

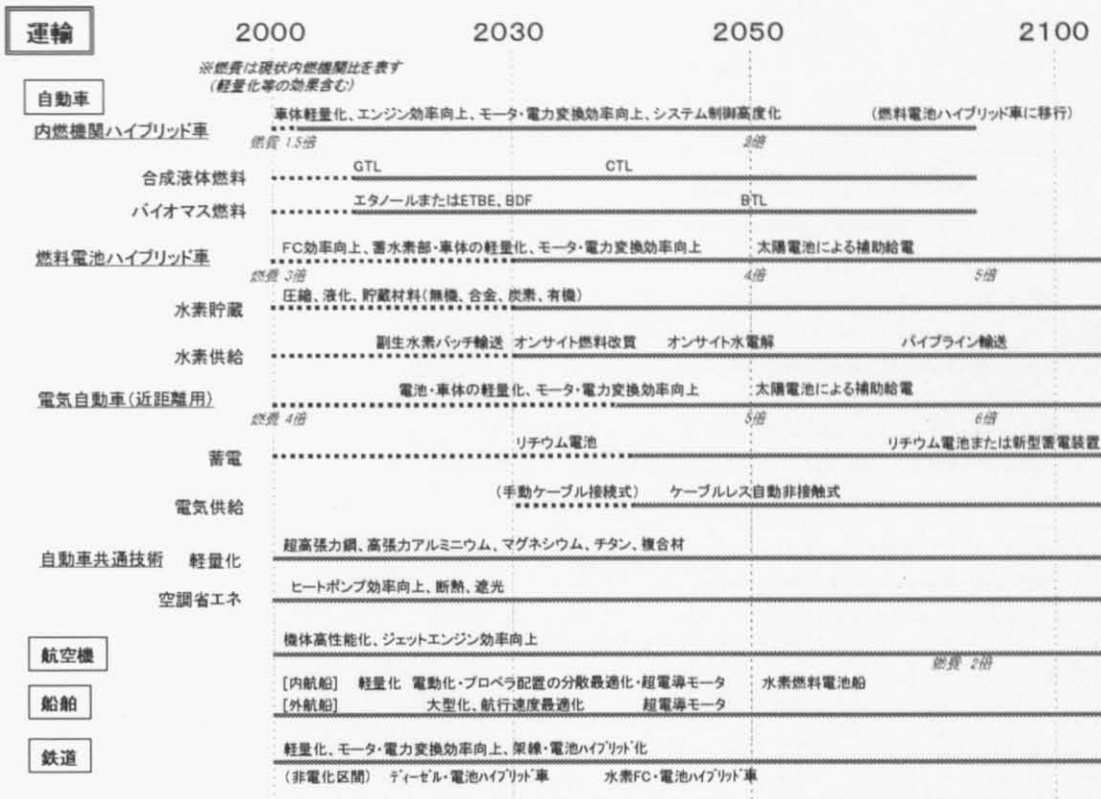
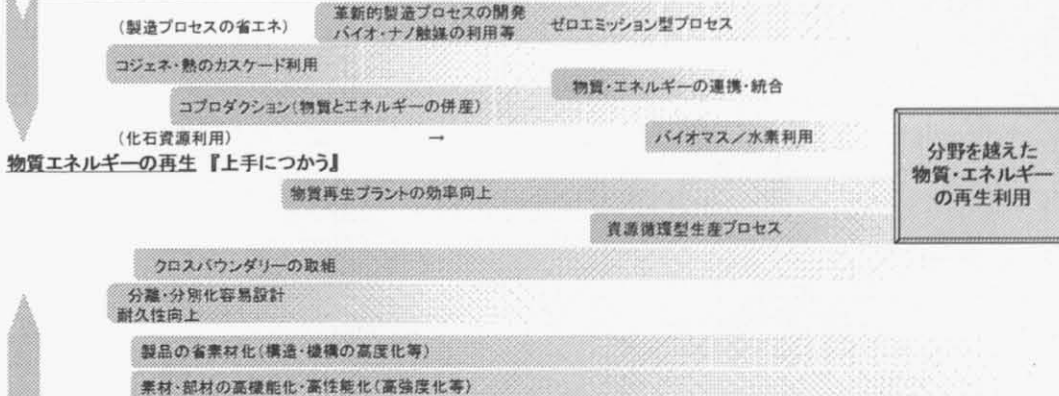


図 3-11 運輸部門技術的備えに対応する主要技術(技術ロードマップより引用)

| 産業                       | 2000 | 2030  | 2050  | 2100  |
|--------------------------|------|-------|-------|-------|
| 製造量×製品の価値                | 1倍   |       | 1.5倍  | 2.1倍  |
| 転換分野からの供給が必要な必要エネルギー量※   | —    | 25%削減 | 40%削減 | 70%削減 |
| 1) 製造エネルギー原単位改善          | —    | 20%削減 | 30%削減 | 50%削減 |
| 2) 物質エネルギー再生率            | —    | 50%   | 60%   | 80%   |
| 3) 高機能化(強度等)<br>(機能/物質量) | 1倍   | 2倍    | 3倍    | 4倍    |

※GDPに比例して効用(製造量×製品の価値)が増加した場合を基準として、転換分野からの供給が必要なエネルギー(単位当たり)の削減量

製造プロセスにおけるエネルギー利用の高度化『うまくつくる』



少ない資源での製品製造によるエネルギー削減『良いものをつくる』

図3-12 産業部門の主な技術目標と技術的備えの考え方（技術ロードマップより引用）

| 産業                              | 2000  | 2030  | 2050        | 2100 |
|---------------------------------|---|---|-------------|------|
| 製造プロセスにおけるエネルギー利用の高度化『うまくつくる』   |   |   |             |      |
| 省エネルギープロセス                      | 製鉄<br>石油化学原料省エネ生産技術<br>化学<br>既存セメント・エコセメントプロセスの省エネ化<br>共通<br>高効率伝熱・断熱技術、高効率蓄エネルギー技術、産業用コジェネの高効率化、熱のカスケード利用、動力回生システム | 現行プロセス省エネ、次世代圧延技術等新プロセスの開発<br>SCOPE-21、新機軸等革新的プロセス技術の導入<br>サステナブル・カーボンサイクル化学体系(SC3) | 革新的鉄鋼製造プロセス |      |
| コプロダクション<br>(物質・エネルギー・循環)       | 共通<br>バイオマス生産・利用促進技術(バイオテクノロジー等の活用)   | 革新的製造プロセス(バイオ・ナノ・触媒の利用等)  | 燃料電池型加熱炉    |      |
| 化学                              | 電力・水素・化学品コプロダクション   | 革新的蓄熱増熱技術(産業用ヒートトランスフォーマー、化学蓄熱など)   |             |      |
| セメント                            |   | 廃棄物ガス化による電力・熱のコプロダクション  |             |      |
| 紙・パ                             | バイオマス利用   | バイオマスIGCC   | バイオマスIGFC   |      |
| 物質エネルギーの再生『上手につかう』              |   |   |             |      |
| 物質エネルギー再生                       | 産業間連携   | マテリアル・カスケード・マネジメント  |             |      |
|                                 |   | 非在来型化石燃料、寄質原料利用、廃棄物、バイオマスガス化  |             |      |
|                                 |   | 物質・副産物・エネルギー再生技術  |             |      |
|                                 |   | 微量成分除去、分離・回収、再資源化技術   |             |      |
| 少ない資源での製品製造によるエネルギー削減『良いものをつくる』 |   |   |             |      |
| 素材・部材の<br>高性能・高機能化              | 製鉄<br>電鍍鋼板、高強度鋼、革新的構造材料、溶接材料等   | 次世代型機能性材料   |             |      |
| 製品の省素材化                         | その他<br>高機能・高強度プラスチック、超高強度・軽量セメント、高機能・高品位紙   |   |             |      |
|                                 |   | 製品の省素材化(集積(モジュール)化、小型化)   |             |      |

図3-13 産業部門技術的備えに対応する主要技術（技術ロードマップより引用）

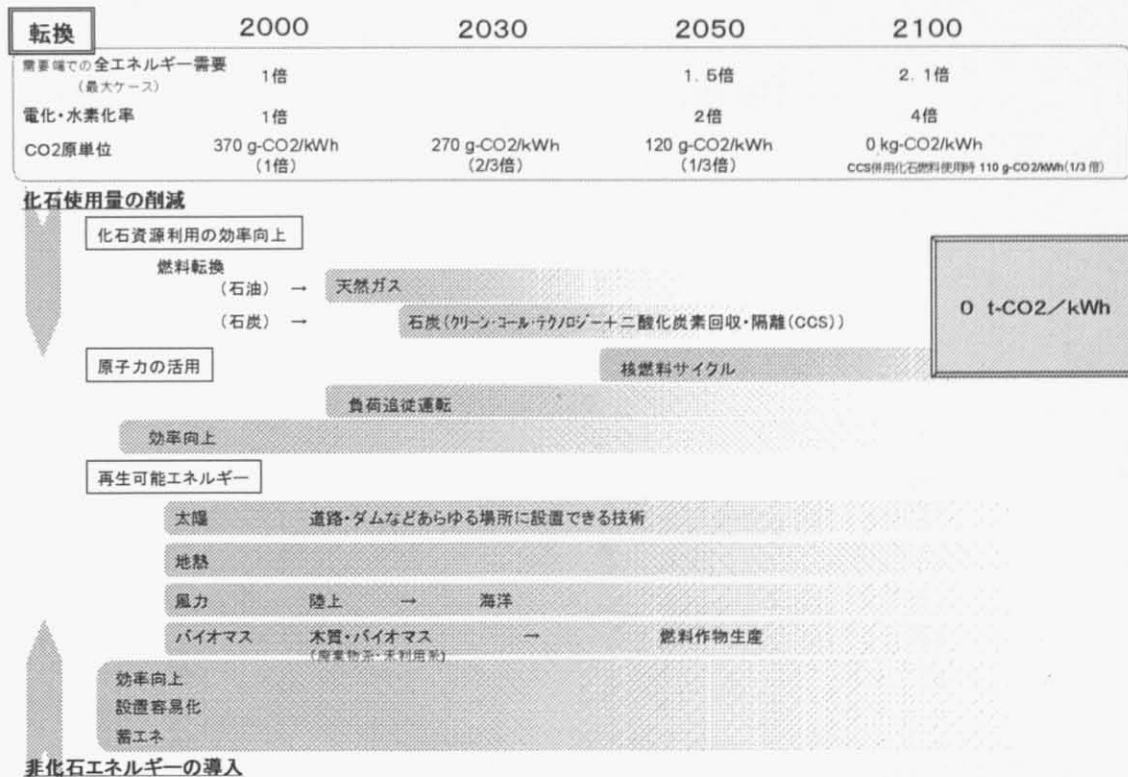


図 3-14 転換部門の主な技術目標と技術的備えの考え方（技術ロードマップより引用）

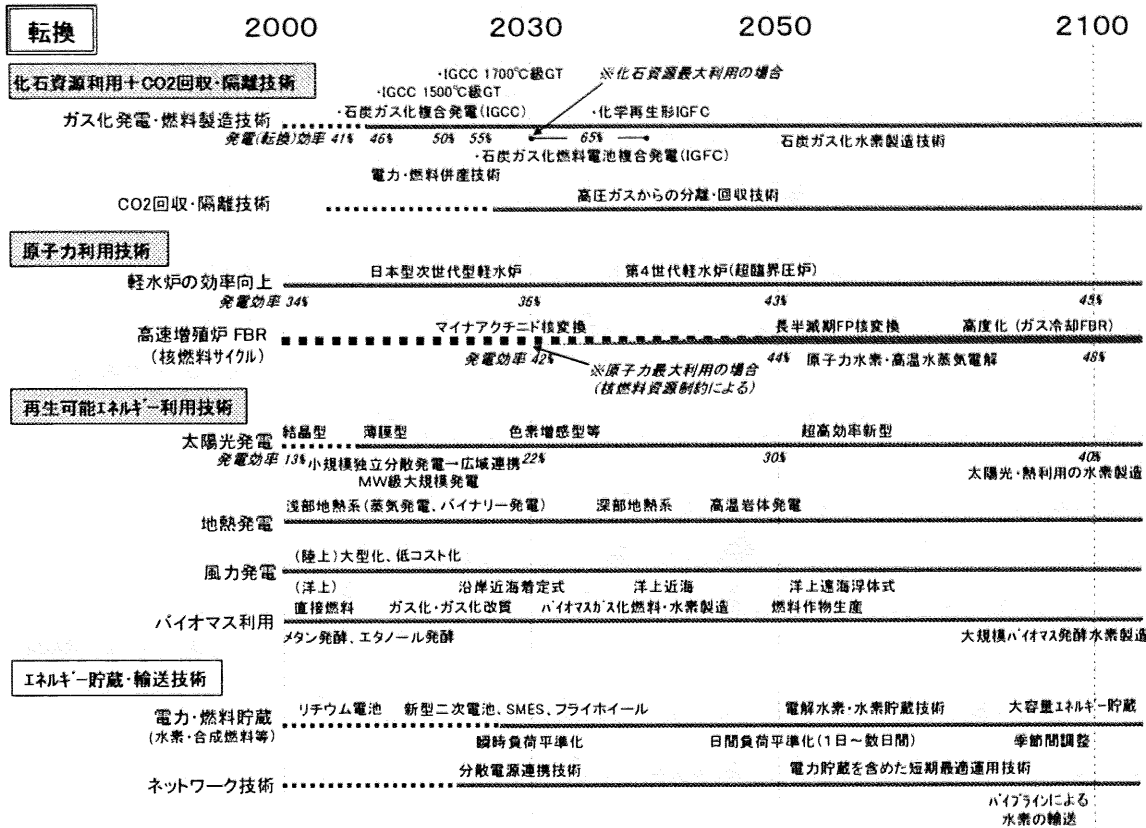


図 3-15 転換部門技術的備えに対応する主要技術（技術ロードマップより引用）

### 3.9 民生部門におけるロードマップ（詳細）

#### 3.9.1 民生分野の技術スペックの考え方

##### ① ケース、分野共通の条件

- 資源制約の条件：想定した石油ピーク（2050 年）、天然ガスピーク（2100 年）までに、他のエネルギー源と互換可能な状態とする
- 環境制約の条件：CO2 排出量/GDP を 2050 年に 1 / 3、2100 年に 1 / 10 以下とする。

##### ② 各ケースの技術スペック

- 効用は GDP に比例して増大
- ケース A（石炭等化石資源と CO2 回収・隔離の最大利用ケース）およびケース B（原子力の最大利用ケース）は転換部門からの電気または水素を 100% エネルギー源とする（電気・水素化率 100%）
- ケース C（再生可能エネルギーの最大利用と究極の省エネルギー実施ケース）

省エネルギーおよび創エネルギーにより 2100 年には、外部に依存するエネルギー需要を 80 %削減。

### ③ケースCの 2030 年および 2050 年の技術スペック

■電化・水素化率（転換部門および民生分野内での創エネルギー）は、2100 年で 100 %とし、創エネルギーの導入可能量、化石資源制約等を考慮し、2050 年および 2030 年の電化率を設定。

■家庭部門および業務部門におけるエネルギー需要の削減率、その削減率の省エネルギーおよび創エネルギーの内訳はそれぞれのエネルギーの導入の可能性を考慮し、2100 年の最終技術スペックからバックキャストで設定。

### ④各時点の個別条件を満たすために求められる技術スペック、時期等をロードマップとして整理

|                        | 2000              | 2030               | 2050               | 2100             |
|------------------------|-------------------|--------------------|--------------------|------------------|
| 電化/水素化率 (家庭/業務)        |                   | 55%/50%            | 70%/70%            | 100%/100%        |
| 転換分野からの必要エネルギー量※       |                   | 45%/35%削減          | 65%/55%削減          | 80%/80%削減        |
| 省エネルギーによる削減の内訳 (家庭/業務) |                   | 30%/30%削減          | 35%/45%削減          | 40%/50%削減        |
| 創エネルギーによる削減の内訳 (家庭/業務) |                   | 25%/5%削減           | 25%/10%削減          | 40%/30%削減        |
| CO2原単位 (家庭)            | 3.5 t-CO2/世帯(1倍)  | 1.9 t-CO2/世帯(1/2倍) | 1.1 t-CO2/世帯(1/2倍) | 0 t-CO2/世帯(1/2倍) |
| (業務)                   | 118 kg-CO2/m2(1倍) | 77kg-CO2/m2(2/3倍)  | 40kg-CO2/m2(1/3倍)  | 0kg-CO2/m2(1/3倍) |

GDPIに比例して全必要エネルギー量が増加した場合を基準として、  
転換分野からの供給が必要なエネルギー(単位当たり)の削減量

図 3- 16 民生部門エネルギー削減目標

## 3.9.2 民生分野の技術スペック実現のための技術群の考え方

民生分野における必要エネルギーおよび CO2 排出原単位の技術スペック実現においては、「再生可能エネルギー最大利用と究極の省エネルギー実施ケース」の場合が最も技術的に困難なものとなり、他のケースの技術開発ニーズもこのケースに包含される。この技術スペック実現のためには、

- (1) 今後新たに出現する機器を含めてできる限り省エネを実施
- (2) 太陽光等の身の回りのエネルギーを使って創エネを実施

(1)と(2)を究極まで進めることで、転換分野からのエネルギーに頼らない自立化が可能となる。また、再生可能エネルギーによる創エネ導入量の拡大に伴い、余剰エネルギーをネットワークを通じて融通、さらには分散貯蔵して最大限に活用することが可能となる。

①省エネは、トップランナー機器の導入により家庭が先行し業務がこれに続く。これに加えて空調関係では機器のみならず建物の断熱・遮熱性能の向上が、給湯についてはヒートポンプの導入がそれぞれ効果的である。中期的にはエネルギーマネジメントが一定の役割を果たす。生活の質の向上やライフスタイルの変化に合わせ新規に導入される機器も順次



省エネが行われる。

②創エネは、太陽光発電を始めとして各地域の特色を活かして様々な種類のものが導入される。設置機会（スペースなど）やエネルギー価格等の条件により、当初は戸建ての家庭から始まり、順次、集合住宅、業務ビルに普及する。

③電化・水素化は、家庭および業務とも当初は省エネ機器の導入および高齢化などによるライフスタイルの変化、その後は再生可能エネルギーによる電気および水素の供給増、また外部からの化石エネルギーの減少により、2000年の水準からほぼニアに上昇する。

④省エネ先行の後、創エネが進み、需給バランスがとれた戸建て等からエネルギーの自立化が始まり、地域大での創エネルギー普及に伴い、業務あるいは地域大の自立化が普及する。再生可能エネルギーの活用による自立化では、エネルギー貯蔵が重要な役割を果たす。

### 3.9.3 民生分野における各エネルギー技術の寄与度

わが国における2000年度の民生部門の最終エネルギー消費は、全最終エネルギー消費の約1/4を占め、家庭と業務は各々その約1/2を占めている。この民生部門において、今回作成したエネルギー分野のロードマップにおける各分野の技術が技術スペックの実現に寄与する大きさは以下のように想定される。

家庭一世帯あたりの二次エネルギー消費は空調（暖房・冷房）で1/4、給湯で1/4、残りが照明および動力その他である。近年、暖房便座などにより電力消費量が伸びたように、今後もより快適な生活を志向する結果、何ら対策なしで推移した自然体（BaU）シナリオにおける家庭のエネルギー消費の合計量は、各用途で多少の伸び率の大小はあるものの、継続的に伸びるものと考えられる。

業務のエネルギー消費状況は、事務所、学校、飲食店、小売店、病院、ホテルなど業態により大きく異なり、省エネルギーの観点からは、病院、ホテルのような一定の熱需要を持つ需要とそれ以外とで取り組みが異なる。

この状況において、

(1) 空調は、家庭・業務とも、より広い面積をより長時間にわたり、より快適な室内環境を保つために、BaU的なエネルギー消費量は増大する可能性が高いが、材料や設計・診断技術の進歩による建物の断熱性能の向上および空調機器の性能の向上により、2050年に想定されるエネルギー消費量を約50%削減するために重要度の高い分野となる。

(2) 給湯は、給湯量が漸増すると想定されるが、高効率ヒートポンプなどの省エネルギー機器の導入、コジェネや太陽熱などとの組み合わせにより、大きな省エネルギー効果が期待される分野である。

(3) 照明は、全体に占める割合は小さいが、技術開発により大きな割合の省エネルギーが見込まれる分野である。

(4) 厨房および動力その他は、テレビの大画面化に代表される従来機器の高級化、高齢化・健康重視・情報機器の常時使用、調理に代表される電化の進展などのライフスタイルの変



化に合わせ、新たな様々な機器などが導入され、今後最も大きなエネルギー消費の伸びが想定される。テレビ等の電気機器の高効率化、待機電力の最小化のための技術など、この分野の重要性は大きい。

(5) 高効率デバイス(電力変換等)は、電気製品の電源、制御などに用いられ、より効率的な運転制御とそれ自体の損失低減により、様々な分野に共通して重要な技術である。

(6) 創エネルギー分野において、最も広く適用可能な技術は太陽光発電であり、セル自体の開発に加え、様々な建物、施設あるいは空きスペースに本来の効用を損なわずに安価かつ広く導入するため、建材、施工技術などの役割は大きい。バイオマス、風力など他の再生可能エネルギーや熱電変換等の未利用エネルギーに関しても、住宅や業務用ビルのそれぞれの特色に応じて導入を図る必要がある。

(7) エネルギーマネジメント技術は、個別の機器の省エネに加えて自動消灯や空調の適性温度管理などを通して当面一定の省エネ効果が期待される。創エネの進展により再生可能エネルギーの導入量が増加し、省エネの進展と相まって自立的な運用が世帯、ビル単位で可能になる段階では、HEMS・BEMSによる蓄電も含めた最適運用が重要となる。再生可能エネルギー普及が更に進んだ段階では、エネルギーの相互融通、貯蔵、エネルギー供給の品質維持(電力の場合の電圧、周波数など)にTEMSは重要な役割を果たす。

以下に本研究で扱う技術の詳細とその普及時期を示す。

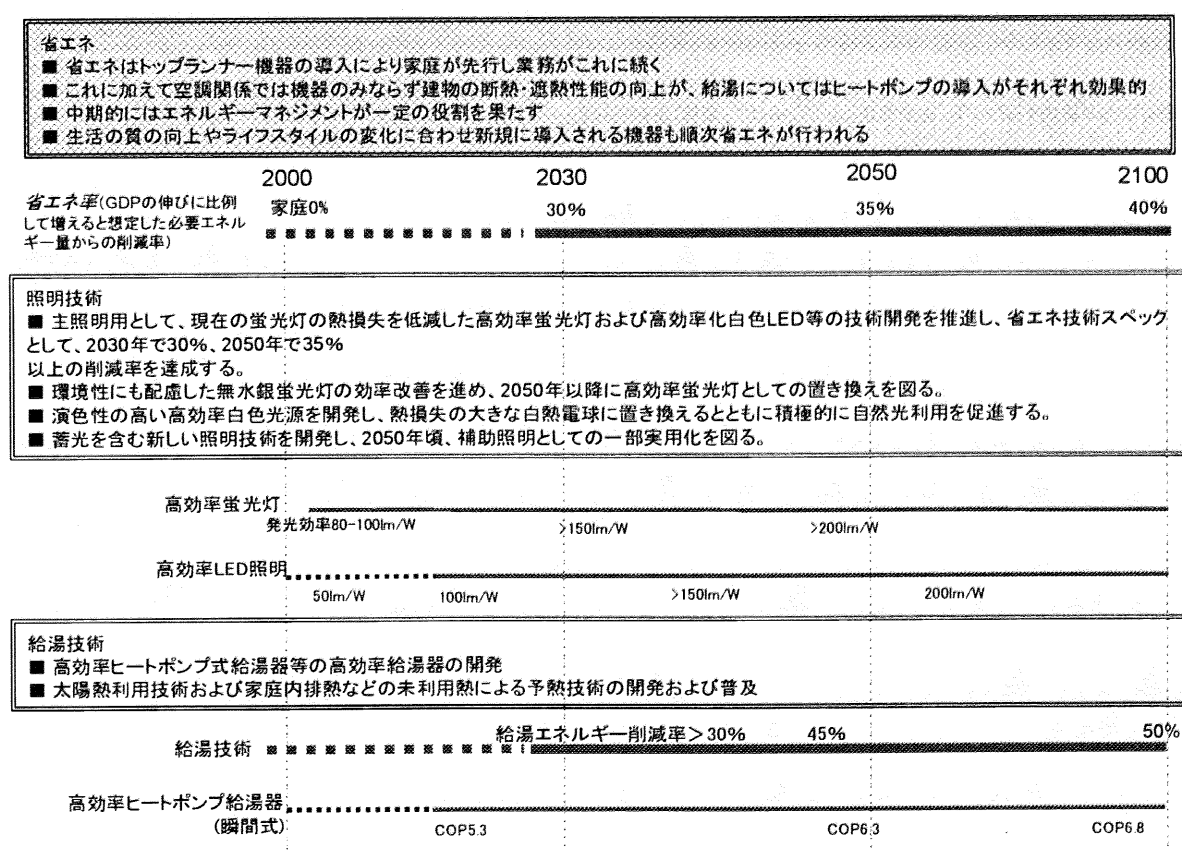


図3-17 本研究で取り扱う技術詳細と普及時期

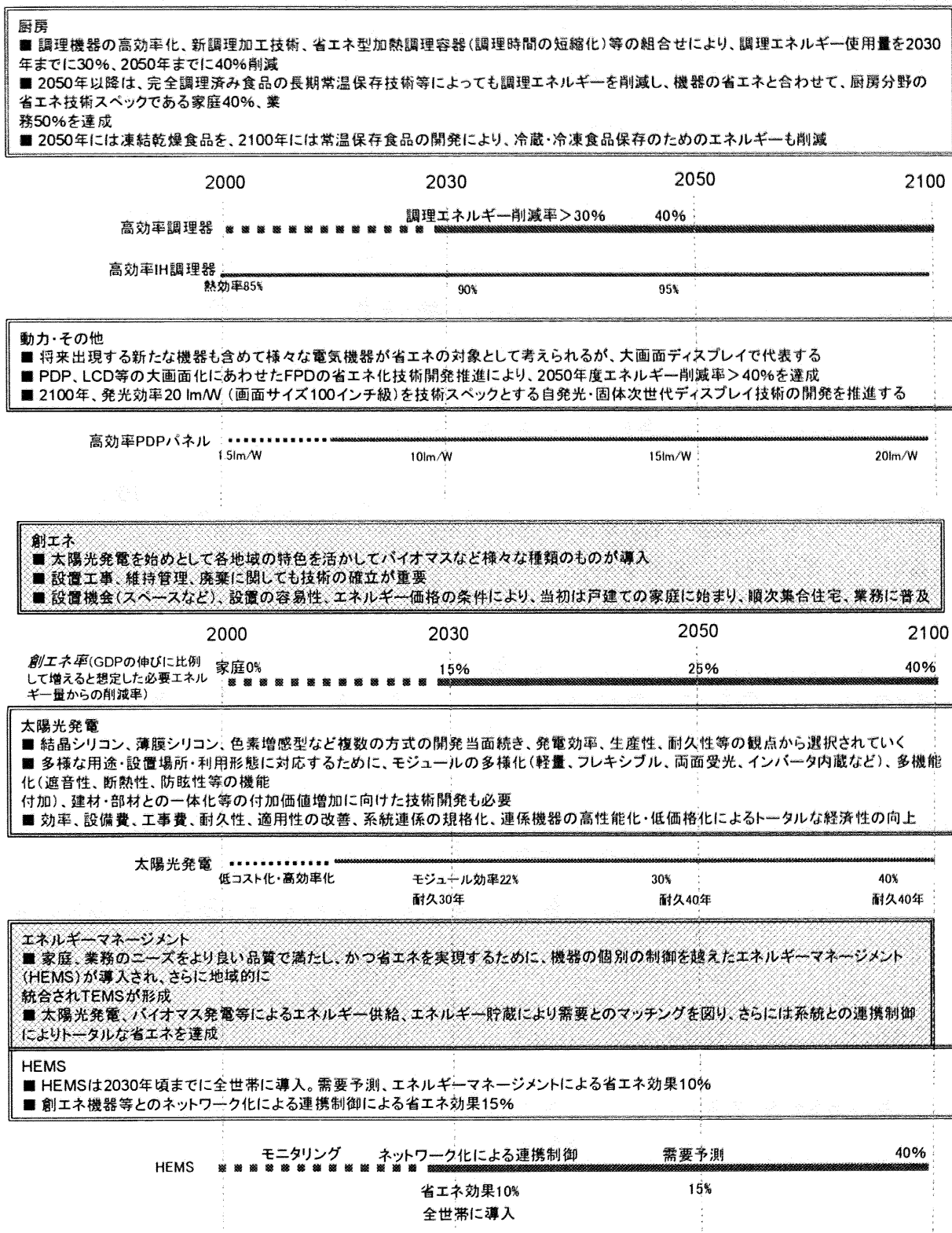


図3-18 本研究で取り扱う技術詳細と普及時期

### 3.10 運輸部門におけるロードマップ(詳細)

ここでは、運輸部門全体ではなく、消費者直結の環境技術であるハイブリッド自動車に

についてのロードマップを示す。

### 3.10.1 運輸分野の技術スペックの考え方

#### ①ケース、分野共通の条件

■資源制約の条件：想定した石油ピーク（2050年）、天然ガスピーク（2100年）までに、他のエネルギー源と互換可能な状態とする

■環境制約の条件：CO<sub>2</sub>排出量/GDPを、2050年に1/3、2100年に1/10以下とする

#### ②運輸部門における各ケースの技術スペック

■効用（人・km、トン・km）は、GDPに比例して増大。自動車、航空機、船舶、鉄道のシェアは変わらないと仮定。

■ケースA（石炭等の化石資源とCO<sub>2</sub>回収・隔離の最大利用ケース）およびケースB（原子力の最大利用ケース）

2050年までに現在の石油から合成燃料主体に移行。2100年には電化・水素化率100%。

■ケースC（再生可能エネルギーの最大利用と究極の省エネルギー実施ケース）

環境制約条件と需要分野間の省エネルギー可能性のバランスを考慮し、運輸分野では2100年に効用あたり70%の省エネルギーを目指す。さらに、輸送機関別の省エネ可能性を考慮して、自動車は2100年に80%の省エネを技術スペックとして設定。この技術スペックを実現するためには電化・水素化率100%が必要。

#### ③ケースCの2050年技術スペック

①の共通条件、需要分野間の省エネルギー可能性のバランスとともに2100年技術スペックからのバックキャストを考慮し、運輸分野全体および輸送機関別の省エネルギー技術スペックを設定。自動車の省エネルギー技術スペック実現に必要な電化・水素化率を設定。

④2100年、2050年の条件を満たす個別条件から、バックキャストによって2030年の個別条件を設定。

⑤各時点の個別条件を満たすために求められる技術スペック、時期等をロードマップとして整理。結果的に、1/10以上を達成。

|                         | 2000  | 2030  | 2050  | 2100                                       |
|-------------------------|---|---|---|--|
| 電化/水素化率（家庭/業務）          |   | 55%/50%                                     | 70%/70%                                     | 100%/100%                                  |
| 転換分野からの必要エネルギー量※        |   | 45%/35%削減                                   | 65%/55%削減                                   | 80%/80%削減                                  |
| 省エネルギーによる削減の内訳（家庭/業務）   |   | 30%/30%削減                                   | 35%/45%削減                                   | 40%/50%削減                                  |
| 創エネルギーによる削減の内訳（家庭/業務）   |   | 25%/5%削減                                    | 25%/10%削減                                   | 40%/30%削減                                  |
| CO <sub>2</sub> 原単位（家庭） | 3.5 t-CO <sub>2</sub> /世帯(1倍)               | 1.9 t-CO <sub>2</sub> /世帯(1/2倍)             | 1.1 t-CO <sub>2</sub> /世帯(1/2倍)             | 0 t-CO <sub>2</sub> /世帯(1/2倍)              |
| （業務）                    | 118 kg-CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> (1倍) | 77kg-CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> (2/3倍) | 40kg-CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> (1/3倍) | 0kg-CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> (1/3倍) |

GDPIに比例して全必要エネルギー量が増加した場合を基準として、  
転換分野からの供給が必要なエネルギー(単位当たり)の削減量

図 3-19 運輸部門エネルギー削減目標

### 3.10.2 ケースCにおける運輸分野技術スペック実現のための技術群の考え方

技術スペック実現のためのパスは「省エネルギー」と「燃料転換」が主要な柱。省エネルギーには機器単体（車両、船舶、航空機）の省エネルギーと、交通システム全体の連携による省エネルギーとがある。

機器単体の省エネルギーでは、i) 駆動・推進システムの高効率化、および、ii) 移動体（車体、船体、機体）の軽量化が重要。

燃料転換は、i) 石油消費削減のため天然ガスや石炭を原料とする合成燃料の導入、ii) カーボンニュートラルなバイオマス由来燃料の導入、そして究極的には、iii) 使用時に CO<sub>2</sub> を排出しない水素または電気への転換である。水素・電気への転換は、駆動・推進システムの変更も伴うため、駆動・推進システムの高効率化と表裏一体の関係にある。水素と電気の比較では、エネルギー貯蔵密度と補給速度の点で水素の方が有利であり、近距離用自動車と鉄道以外は水素の利用を想定。水素化・電化が難しい用途は、2100 年時点でも炭化水素系燃料の使用を想定。

#### ①自動車

■2100 年のエネルギー需要の 80%低減を達成するために、全ての自動車を効率の高い燃料電池ハイブリッド車（燃料は水素）や電気自動車に代替。その結果、電化・水素化率 100% となり、車両からの CO<sub>2</sub> 排出原単位はゼロになる。

■2050 年にエネルギー需要を 60%低減するため、燃料電池ハイブリッド車と電気自動車が合計で 4 割程度のシェア（ストックベース）を確保するとともに、残りの大部分は内燃機関ハイブリッド車となっていることが必要。

■自動車の主流は、「内燃機関従来車→内燃機関ハイブリッド車→燃料電池ハイブリッド車」と移り替わり、電気自動車は短距離走行が主体の小型車を中心に使用される。内燃機関用の燃料は、2050 年までに石油から合成液体燃料主体に移行する。移行の過程では、石油系燃料と合成燃料が混合利用される。

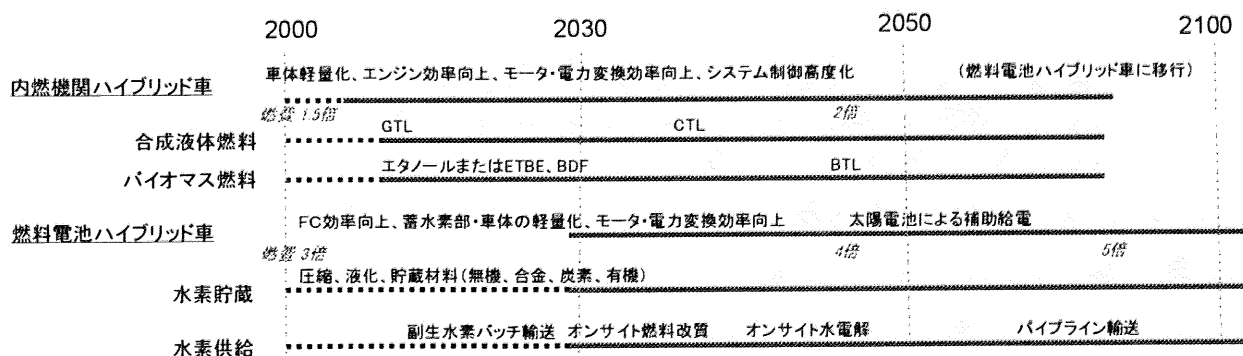


図 3-20 本研究で取り扱う技術詳細と普及時期

## 第4章 少子高齢化社会の反映

### 4.1 概要

我が国の65歳以上の人口割合は2050年で36%と予測<sup>1)</sup>されており、超少子高齢社会が到来することは間違いない。本研究で焦点をあてている、環境技術を消費する対象である消費者の構成も2050年には大きく変化し、家計全体の消費に影響を及ぼすことが容易に予想される。そこで本研究では、所得階層ごとに設定されている世帯数を変化させることで少子高齢化をモデルで表現することとした。モデル内での所得別世帯数は下図4-1のように設定されており、モデル内では1世帯単位（排出削減・効用など）で各項目を計算するため、将来を描写する上で重要な要素となってくる。

| 世帯<br>世帯<br>(件) | 世帯数       | 課税対象割合 | 労働保有量  |         | 資本保有量  |         | 移転所得(初期) |         | その他の直接税 |         | 社会保障負担  |         |
|-----------------|-----------|--------|--------|---------|--------|---------|----------|---------|---------|---------|---------|---------|
|                 |           |        | 全体     | 1世帯あたり  | 全体     | 1世帯あたり  | 全体       | 1世帯あたり  | 全体      | 1世帯あたり  | 全体      | 1世帯あたり  |
| 1               | 4,352,628 | 0.3365 | 10,309 | 0.00237 | 1,365  | 0.00031 | 2,025    | 0.00047 | 70      | 0.00002 | 530.0   | 0.00012 |
| 2               | 2,152,719 | 0.5880 | 8,329  | 0.00387 | 1,284  | 0.00060 | 1,086    | 0.00050 | 37      | 0.00002 | 428.2   | 0.00020 |
| 3               | 2,282,305 | 0.4656 | 10,862 | 0.00476 | 1,280  | 0.00056 | 1,676    | 0.00073 | 58      | 0.00003 | 558.5   | 0.00024 |
| 4               | 2,897,551 | 0.5033 | 16,486 | 0.00569 | 1,865  | 0.00064 | 2,434    | 0.00084 | 84      | 0.00003 | 847.7   | 0.00029 |
| 5               | 2,997,470 | 0.5365 | 19,867 | 0.00663 | 2,290  | 0.00076 | 2,827    | 0.00094 | 98      | 0.00003 | 1,021.5 | 0.00034 |
| 6               | 3,134,394 | 0.6101 | 23,218 | 0.00741 | 3,020  | 0.00096 | 3,241    | 0.00103 | 112     | 0.00004 | 1,193.8 | 0.00038 |
| 7               | 2,799,634 | 0.5543 | 23,927 | 0.00855 | 2,568  | 0.00092 | 3,391    | 0.00121 | 117     | 0.00004 | 1,230.3 | 0.00044 |
| 8               | 2,564,334 | 0.5950 | 23,891 | 0.00932 | 2,869  | 0.00112 | 3,411    | 0.00133 | 118     | 0.00005 | 1,228.4 | 0.00048 |
| 9               | 2,384,647 | 0.5840 | 24,684 | 0.01035 | 2,860  | 0.00120 | 3,417    | 0.00143 | 118     | 0.00005 | 1,269.2 | 0.00053 |
| 10              | 2,225,229 | 0.5435 | 25,940 | 0.01166 | 2,502  | 0.00112 | 3,547    | 0.00159 | 122     | 0.00005 | 1,333.7 | 0.00060 |
| 11              | 2,076,072 | 0.5545 | 26,495 | 0.01276 | 2,737  | 0.00132 | 3,424    | 0.00165 | 118     | 0.00006 | 1,362.3 | 0.00066 |
| 12              | 1,929,861 | 0.5670 | 26,896 | 0.01394 | 2,654  | 0.00138 | 3,373    | 0.00175 | 116     | 0.00006 | 1,382.9 | 0.00072 |
| 13              | 1,700,790 | 0.6296 | 24,419 | 0.01436 | 3,044  | 0.00179 | 3,106    | 0.00183 | 107     | 0.00006 | 1,255.6 | 0.00074 |
| 14              | 3,164,363 | 0.6314 | 53,061 | 0.01677 | 5,762  | 0.00182 | 5,759    | 0.00182 | 199     | 0.00006 | 2,728.2 | 0.00086 |
| 15              | 2,372,650 | 0.6737 | 44,316 | 0.01868 | 5,341  | 0.00225 | 4,725    | 0.00199 | 163     | 0.00007 | 2,278.6 | 0.00096 |
| 16              | 3,910,673 | 0.6800 | 88,455 | 0.02262 | 10,794 | 0.00276 | 8,608    | 0.00220 | 297     | 0.00008 | 4,548.0 | 0.00116 |
| 17              | 1,778,143 | 0.6691 | 52,322 | 0.02942 | 5,664  | 0.00319 | 4,535    | 0.00255 | 156     | 0.00009 | 2,690.2 | 0.00151 |
| 18              | 2,058,918 | 0.6411 | 98,780 | 0.04798 | 8,775  | 0.00426 | 6,971    | 0.00339 | 240     | 0.00012 | 5,078.9 | 0.00247 |

図4-1 AGEモデル家計部門における世帯数

最左列にある「世帯」が18に分類された所得階層である。以下表4-5にて、使用したデータにおける所得階層の分類とこのモデルの所得階層を比較した。

### 4.2 推計方法

#### 4.2.1 データ出所および推計方法

世帯数変化についてのデータは、人口問題研究所<sup>1)</sup>が発表している世帯数変化予測（～2025年）「世帯の家族類型別・世帯主の年齢5歳階級別一般世帯数および割合」および、統計局<sup>2)</sup>が発表している世帯主の年齢と所得階層のデータ「第177表 世帯主の就業状態，世帯主の従業上の地位，世帯主の年齢，世帯所得別世帯数」（2004年度統計値）を引用する。推計手順は下図のようになっている。各指標についての詳細は4.2.2以後を参照されたい。

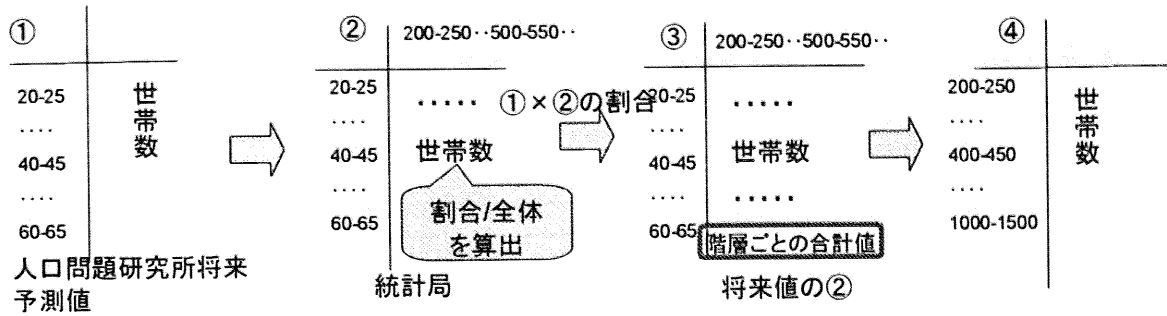


図4-2 所得階層別世帯数の将来変化推計フロー

公表されている推計データが2025年までしか存在しないため、まず、上記推計フローに従い2025年までの所得階層別世帯数変化を算出した。その後、本研究のシミュレーション時である2050年までは比例計算によって推計を行った。

#### 4.2.2 将来世帯数変化予測データ（図4-2①部）

今回使用したデータは、人口問題研究所がホームページ上で公開している「中位推計」の中の「世帯の家族類型別・世帯主の年齢5歳階級別一般世帯数および割合」である。2005年から2010年までの各年および2010年から2025年までの五年ごとの推計値が公表されている。

また、AGEモデル内では、所得階層ごとの「世帯数」が使われるため、下図に示すように「世帯主の人数」を「世帯数」としてカウントすることとした。

表4-1 「世帯の家族類型別・世帯主の年齢5歳階級別一般世帯数および割合」

| 年 齢       |       | 人口(1,000人) |       |      | 割 合 (%) |       |      |
|-----------|-------|------------|-------|------|---------|-------|------|
|           | 総数    | 一般世帯人員     |       | 施設世帯 | 一般世帯人員  |       | 施設世帯 |
| 男         |       | 世帯主        | 世帯主以外 | 人員   | 世帯主     | 世帯主以外 | 人員   |
| 15歳以上計    | 50833 | 37126      | 12462 | 1245 | 73      | 24.5  | 2.4  |
| 15～19歳    | 2784  | 214        | 2491  | 80   | 7.7     | 89.5  | 2.9  |
| 20～24歳    | 3033  | 921        | 2053  | 60   | 30.3    | 67.7  | 2    |
| 25～29歳    | 3156  | 1302       | 1820  | 34   | 41.3    | 57.7  | 1.1  |
| 30～34歳    | 3240  | 1962       | 1249  | 29   | 60.6    | 38.5  | 0.9  |
| 35～39歳    | 3476  | 2422       | 1026  | 28   | 69.7    | 29.5  | 0.8  |
| 40～44歳    | 3886  | 2989       | 869   | 29   | 76.9    | 22.4  | 0.7  |
| 45～49歳    | 4255  | 3597       | 625   | 33   | 84.5    | 14.7  | 0.8  |
| 50～54歳    | 4745  | 4239       | 466   | 40   | 89.3    | 9.8   | 0.8  |
| 55～59歳    | 4109  | 3792       | 263   | 54   | 92.3    | 6.4   | 1.3  |
| 60～64歳    | 3652  | 3356       | 222   | 74   | 91.9    | 6.1   | 2    |
| 65～69歳    | 3307  | 2965       | 249   | 93   | 89.7    | 7.5   | 2.8  |
| 70～74歳    | 3446  | 3011       | 316   | 120  | 87.4    | 9.2   | 3.5  |
| 75～79歳    | 3527  | 3010       | 364   | 153  | 85.3    | 10.3  | 4.3  |
| 80～84歳    | 2249  | 1877       | 223   | 150  | 83.4    | 9.9   | 6.7  |
| 85歳以上     | 1966  | 1470       | 227   | 269  | 74.8    | 11.5  | 13.7 |
| 65歳以上(再掲) | 14495 | 12332      | 1379  | 785  | 85.1    | 9.5   | 5.4  |
| 女         |       |            |       |      |         |       |      |
| 15歳以上計    | 56218 | 12516      | 41446 | 2256 | 22.3    | 73.7  | 4    |
| 15～19歳    | 2632  | 153        | 2427  | 52   | 5.8     | 92.2  | 2    |
| 20～24歳    | 2868  | 575        | 2270  | 24   | 20      | 79.1  | 0.8  |
| 25～29歳    | 3007  | 490        | 2511  | 6    | 16.3    | 83.5  | 0.2  |
| 30～34歳    | 3111  | 469        | 2637  | 5    | 15.1    | 84.8  | 0.2  |
| 35～39歳    | 3366  | 503        | 2857  | 6    | 14.9    | 84.9  | 0.2  |
| 40～44歳    | 3803  | 616        | 3177  | 10   | 16.2    | 83.5  | 0.3  |
| 45～49歳    | 4213  | 795        | 3397  | 21   | 18.9    | 80.6  | 0.5  |
| 50～54歳    | 4831  | 1014       | 3779  | 39   | 21      | 78.2  | 0.8  |
| 55～59歳    | 4270  | 944        | 3276  | 51   | 22.1    | 76.7  | 1.2  |
| 60～64歳    | 3885  | 864        | 2968  | 52   | 22.3    | 76.4  | 1.3  |
| 65～69歳    | 3658  | 901        | 2706  | 52   | 24.6    | 74    | 1.4  |
| 70～74歳    | 4054  | 1158       | 2814  | 82   | 28.6    | 69.4  | 2    |
| 75～79歳    | 4518  | 1486       | 2831  | 201  | 32.9    | 62.7  | 4.5  |
| 80～84歳    | 3404  | 1176       | 1861  | 367  | 34.6    | 54.7  | 10.8 |
| 85歳以上     | 4596  | 1373       | 1935  | 1288 | 29.9    | 42.1  | 28   |
| 65歳以上(再掲) | 20231 | 6094       | 12147 | 1990 | 30.1    | 60    | 9.8  |

#### 4.2.3 世帯主の年齢と所得階層別世帯数データ (図 4-1②部)

統計局ホームページで公表されている、家計調査表中の「第 177 表 世帯主の就業状態、世帯主の従業上の地位、世帯主の年齢、世帯所得別世帯数」の 2004 年度統計値を用いた。世帯主は「無業者」「有業者」「有業者のうち雇用者」「総数」と分類されているが、本研究では「総数」を採用した。これは、家計調査の母集団が下表 4-2 に示されるように「施設等の世帯、単身の学生など」を除く二人以上の世帯および単身世帯全体となっているからで

ある。

表 4-2 国勢調査による世帯数(万世帯)

|                 |        |         |       |                   |         |       |      |
|-----------------|--------|---------|-------|-------------------|---------|-------|------|
| 一般世帯            | 4,706  | 二人以上の世帯 |       | 非農林漁家世帯           |         | 3,234 |      |
|                 |        |         | 3,387 |                   |         | 68.7% |      |
|                 |        |         | 72.0% | 農林漁家世帯            |         | 153   |      |
|                 |        |         |       |                   |         | 3.3%  |      |
|                 | 100.0% | 単身世帯    | 1,170 | 30人未満の寮・寄宿舎の世帯を含む | 非農林漁家世帯 | 1,123 |      |
|                 |        |         |       |                   | 農林漁家世帯  | 23.9% |      |
|                 |        |         | 24.9% | 30人以上の寮・寄宿舎の世帯    |         | 6     |      |
|                 |        |         |       |                   |         | 0.1%  |      |
|                 |        |         |       |                   |         |       | 41   |
|                 |        |         |       |                   |         |       | 0.9% |
| 施設等の世帯, 単身の学生など |        |         |       |                   | 149     |       |      |
|                 |        |         |       |                   | 3.2%    |       |      |

1. 農林漁家世帯は「世帯員に農林漁業就業者（雇用者を除く）のいる世帯」
2. 施設等の世帯とは、寮・寄宿舎の学生・生徒、病院・療養所の入院者、社会施設の入所者、自衛隊営舎居住者、矯正施設の入所者、住所不定者等

また、下表 4-3 は「世帯主の就業状態、世帯主の従業上の地位、世帯主の年齢、世帯所得別世帯数」であり、縦に世帯主の年齢、横に所得階層、およびその世帯数が示されている。

表 4-3 第 177 表 世帯主の就業状態、世帯主の従業上の地位、世帯主の年齢、世帯所得別世帯数（抜粋）

|         | 総 数      | -100    | 100-200 | 200-300 | .... | 900-1000 | 1000-1250 | 1250-1500 | 1500-   |
|---------|----------|---------|---------|---------|------|----------|-----------|-----------|---------|
| 総数      | 49605000 | 4012100 | 5483100 | 6175500 |      | 1963100  | 3,015,900 | 1357700   | 1531600 |
| 15 ~ 19 | 656800   | 334900  | 230200  | 56900   |      | 300      | 0         | 0         | 0       |
| 20 ~ 24 | 2269500  | 533100  | 686100  | 570200  |      | 700      | 1,100     | 500       | 200     |
| 25 ~ 29 | 3116500  | 159600  | 283900  | 612200  |      | 24700    | 14,800    | 5200      | 5000    |
| 30 ~ 34 | 3841000  | 158400  | 242200  | 412300  |      | 78300    | 101,400   | 21300     | 12900   |
| 35 ~ 39 | 3655900  | 121700  | 187200  | 283800  |      | 131500   | 177,300   | 63300     | 48800   |
| 40 ~ 44 | 3619500  | 123500  | 179600  | 250400  | .... | 206900   | 258,400   | 106300    | 90200   |
| 45 ~ 49 | 4017100  | 145700  | 207500  | 283400  |      | 304400   | 431,000   | 184900    | 161300  |
| 50 ~ 54 | 5628100  | 219000  | 317900  | 389700  |      | 418200   | 714,300   | 352000    | 346900  |
| 55 ~ 59 | 4833700  | 233400  | 333700  | 376300  |      | 318300   | 585,900   | 294200    | 361800  |
| 60 ~ 64 | 4611100  | 261300  | 521700  | 654300  |      | 176000   | 269,500   | 128100    | 178900  |
| 65 ~ 69 | 4265300  | 307900  | 603800  | 756400  |      | 118900   | 168,100   | 73500     | 114200  |
| 70 ~ 74 | 3583300  | 328700  | 588800  | 657300  |      | 82600    | 132,600   | 48100     | 88300   |
| 75 ~    | 5437600  | 1074600 | 1093100 | 865900  |      | 101800   | 160,400   | 79300     | 122800  |

#### 4.2.4 年齢および所得階層分類

4.2.2 世帯主の年齢分類 ① および 4.2.3 世帯主年齢と所得階層別世帯数の年齢分類 ② は下表 4-4 のように異なっている。従って、将来世帯数の 75~79 歳、80~84 歳、85 歳以上を世帯主年齢と所得階層別世帯数の 75 歳以上として合計した。



表 4-4 将来世帯数および世帯主年齢と所得階層別世帯数の所得階層分類

| ①      | ②        |
|--------|----------|
| 15～19歳 | 15 ～ 19歳 |
| 20～24歳 | 20 ～ 24歳 |
| 25～29歳 | 25 ～ 29歳 |
| 30～34歳 | 30 ～ 34歳 |
| 35～39歳 | 35 ～ 39歳 |
| 40～44歳 | 40 ～ 44歳 |
| 45～49歳 | 45 ～ 49歳 |
| 50～54歳 | 50 ～ 54歳 |
| 55～59歳 | 55 ～ 59歳 |
| 60～64歳 | 60 ～ 64歳 |
| 65～69歳 | 65 ～ 69歳 |
| 70～74歳 | 70 ～ 74歳 |
| 75～79歳 | 75 歳 以上  |
| 80～84歳 |          |
| 85歳以上  |          |

また、将来値の世帯主年齢と所得階層別世帯数の所得階層分類（上図 4-1③）、およびモデルの家計部門で使用される所得階層分類は下表 4-5 のように異なっている。従って、将来値の世帯主年齢と所得階層別世帯数の所得階層分類（上図 4-1③）を 2000 年均衡状態における世帯数の割合で按分した。

表 4-5 世帯主年齢と所得階層別世帯数および AGE モデルでの所得階層分類

| ③         | モデル所得階層 |           |
|-----------|---------|-----------|
| -100      | 1       | -200      |
| 100-200   | 2       | 200-250   |
| 200-300   | 3       | 250-300   |
| 300-400   | 4       | 300-350   |
| 400-500   | 5       | 350-400   |
| 500-600   | 6       | 400-450   |
| 600-700   | 7       | 450-500   |
| 700-800   | 8       | 500-550   |
| 800-900   | 9       | 550-600   |
| 900-1000  | 10      | 600-650   |
| 1000-1250 | 11      | 650-700   |
| 1250-1500 | 12      | 700-750   |
| 1500-     | 13      | 750-800   |
|           | 14      | 800-900   |
|           | 15      | 900-1000  |
|           | 16      | 1000-1250 |
|           | 17      | 1250-1500 |
|           | 18      | 1500-     |

### 4.3 推計結果

本章ではこれまで、少子高齢化という社会変化をモデルで表現するために、所得階層別世帯数を既存の予測値から推計する方法やそのデータについて記述してきた。ここでは、最終結果である所得階層別世帯数の他にも、それに至るまでの推計結果や、実際モデルに

は使用していないが、今後の展望で触れる指標に関連する統計結果を記載する。

まず、最終結果である所得階層別世帯数 2030 年および 2050 年である。本研究ではこの値を 2050 年および 2030 年シミュレーションの際に AGE モデルの所得階層別世帯数変化として入力する。

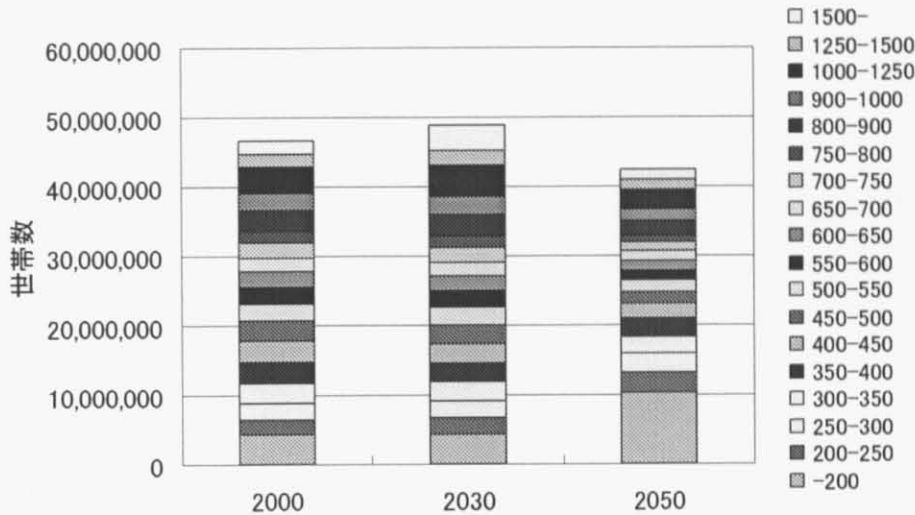


図 4-3 所得階層別世帯数変化の推計結果

ここで、年間収入が 200 万円以下の所得階層の割合が 2030 年から 2050 年にかけて激増していることが一見できる。そこで、年間収入が 200 万以下の世帯について、世帯主の年齢の割合を示したものが以下図 4-4 である。

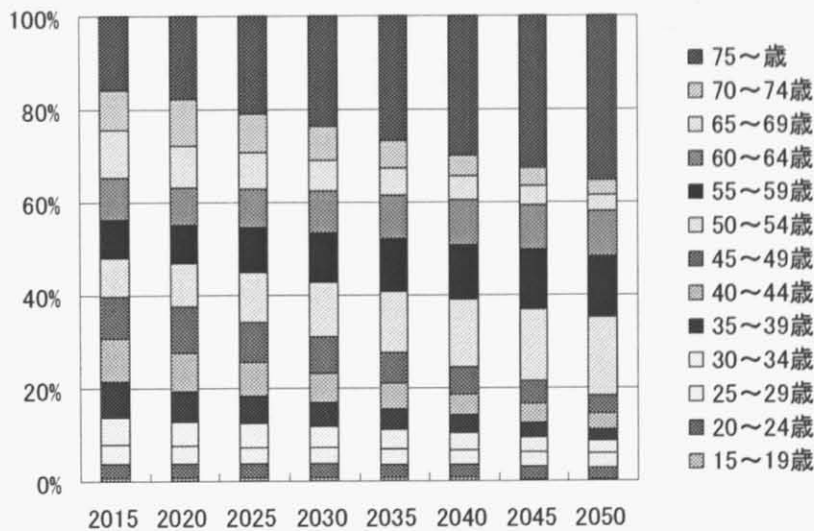


図 4-4 年間収入 200 万以下世帯の世帯主の年齢割合

世帯主年齢が 75 歳以上の世帯が年率 15% で上昇している。2050 年までの世帯数総計の推移は下図 4-5 である。

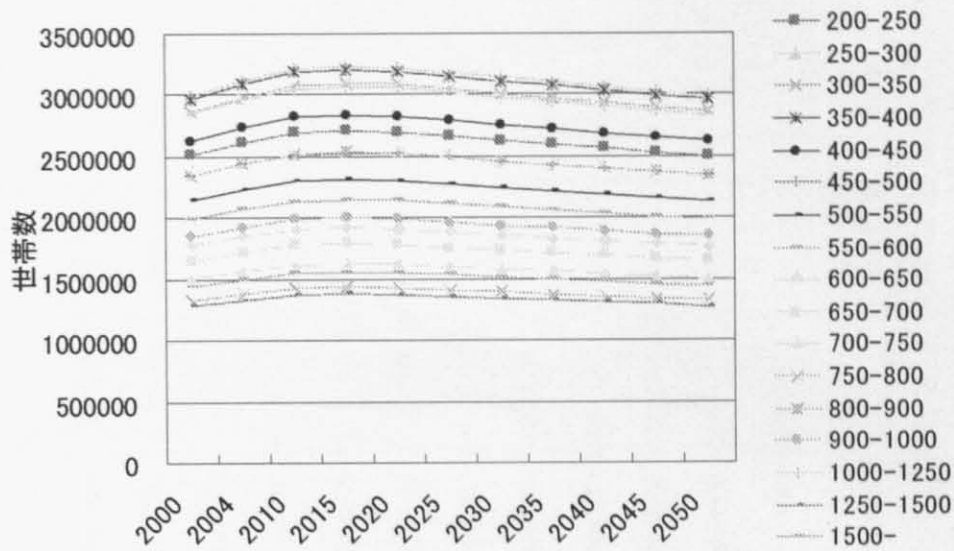


図4-5 所得階層別世帯数推計結果

また、世帯主年齢ごとに、どの所得階層で世帯数が多いかを割合で示したものが下図4-6である。推計フロー中の②において比率を求めたものである。

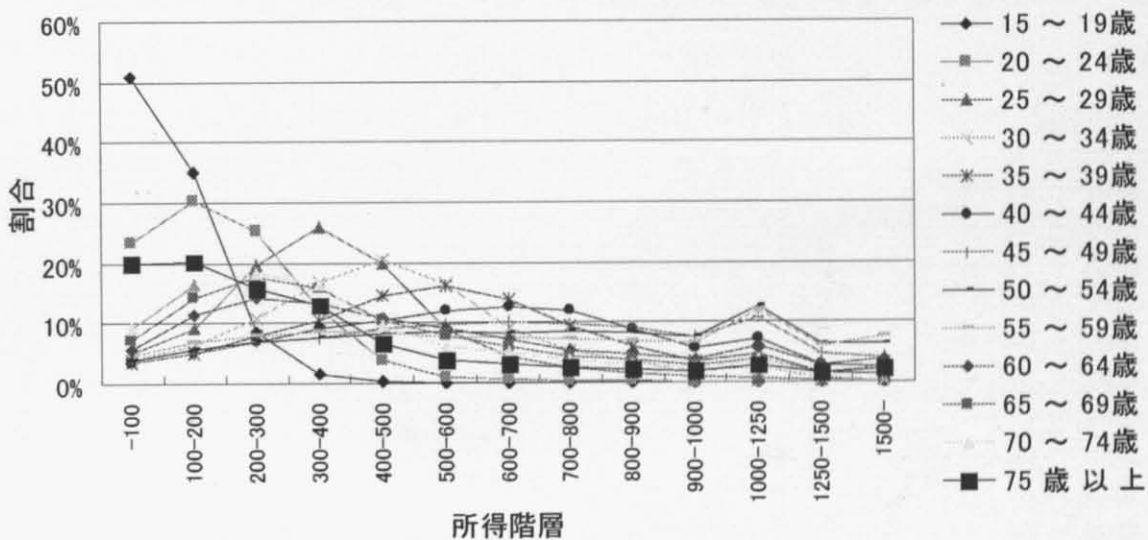


図4-6 世帯主年齢ごとの所得階層別世帯数割合 2050年

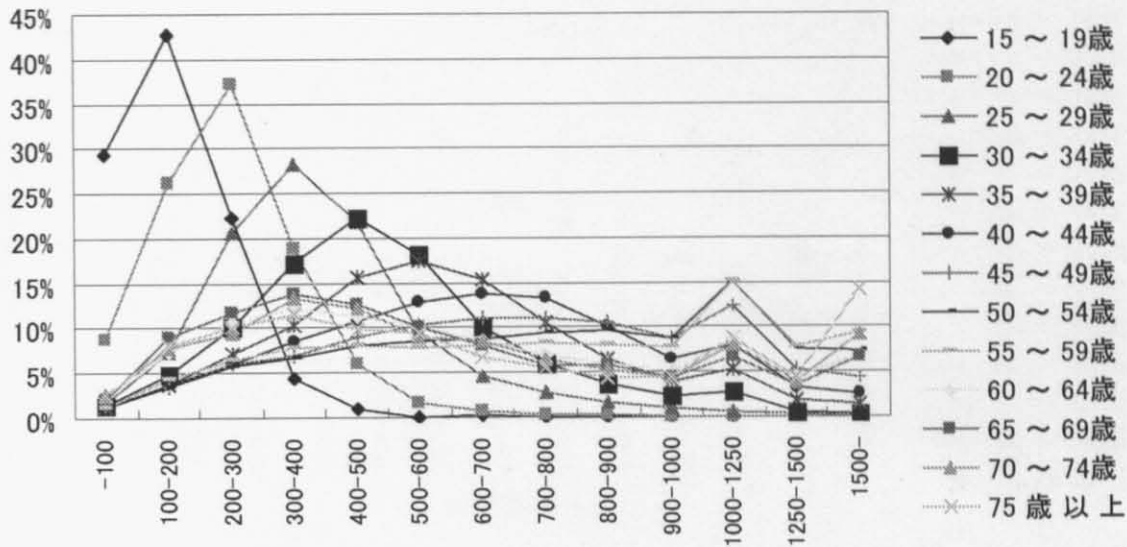


図4-7 世帯主年齢ごとの所得階層別世帯数割合 2030年

さらに、推計フローの③にあたる、将来値の世帯主年齢と所得階層別世帯数（上図4-1③）は下図4-6,7である。

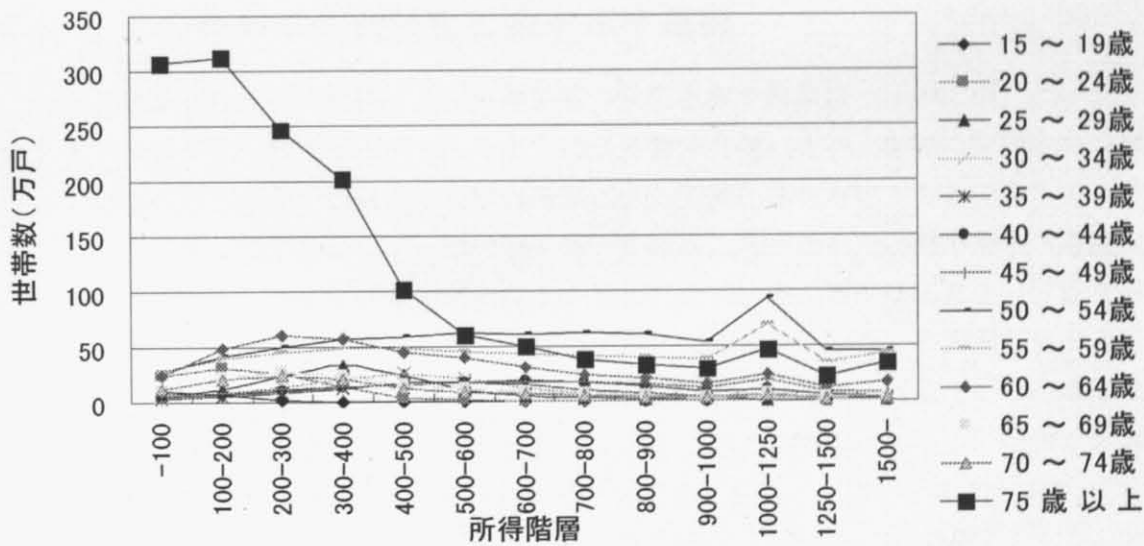


図4-8 将来値の世帯主年齢と所得階層別世帯数 2050年

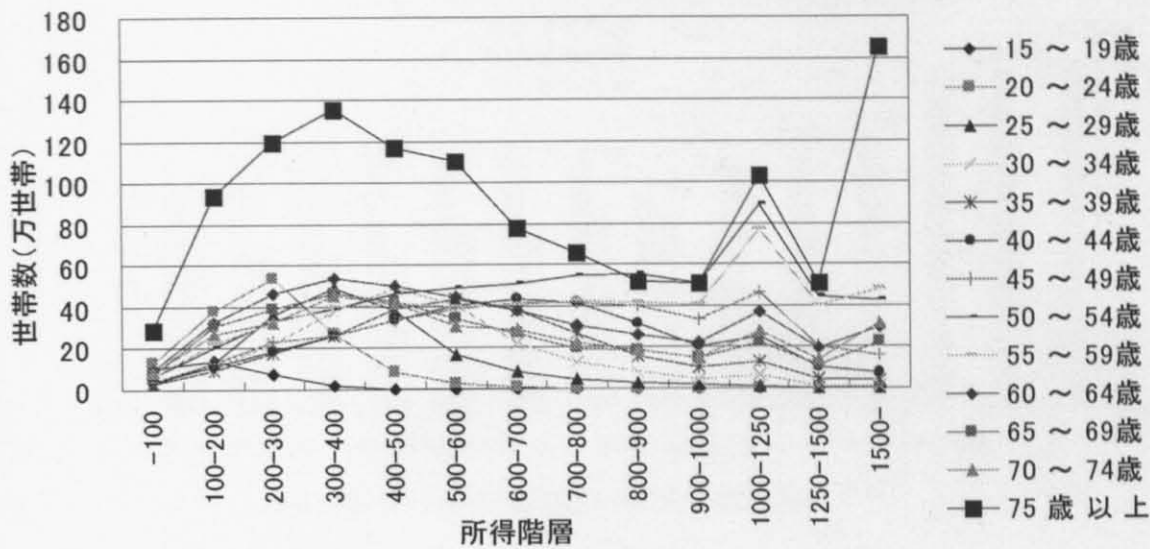


図4-9 将来値の世帯主年齢と所得階層別世帯数 2030年

これをみると、2030年は年間所得が1500万円以上の世帯主75歳以上の世帯が増加するが、2050年にはこの世帯はいなくなり、さらにその下の世代である45歳～60歳代の世帯が増加するために年間所得が100万円以下の75歳以上の世帯数が増加している。

#### 4.4 その他の少子高齢化社会を示す指標

余暇・労働時間の年代特性による労働供給の変化を表す指標に「余暇比率」というものがある。モデル内では下図に示されるように「労働保有量」という指標に変換されて設定されているものである。これは本来年代階層によって変化させるべきものであるが、モデルではどの年代の区別はなく、一律の値を用いている。なぜなら、所得階層別世帯数変化による効用変化と、労働保有量の変化による効用変化という二重の要因によって効用が変化してしまい、本来本研究で扱うべき「技術普及による効用の変化」の定量評価が適正に行われなくなってしまうからである。そのため、本研究では労働保有量という指標は用いなかったが、少子高齢化に伴い年代階層が変化することで当然起こりうる、余暇と労働時間の配分の変化による社会全体から見た労働力の変化としてここに示すこととする。

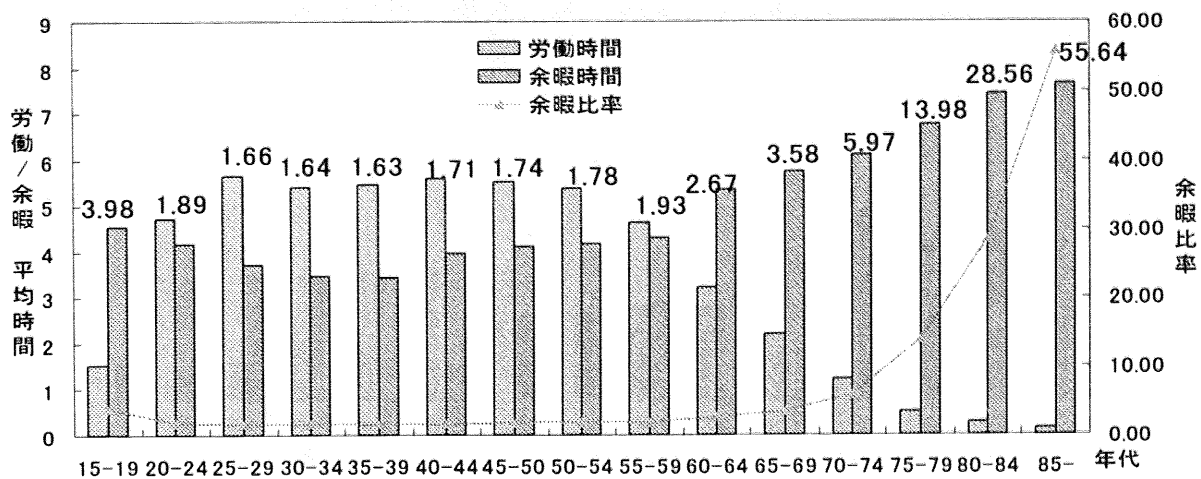


図4-10 年代別余暇比率（社会生活基本表より）

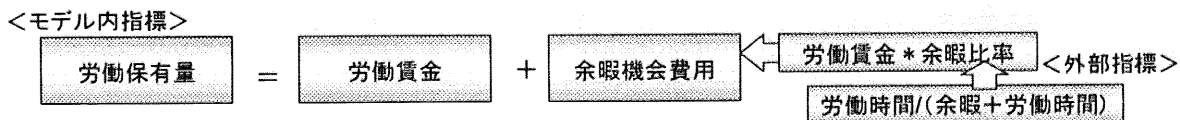


図4-11 労働保有量算出方法

#### 4.4.1 推計方法およびデータ

推計方法は以下の通りである。

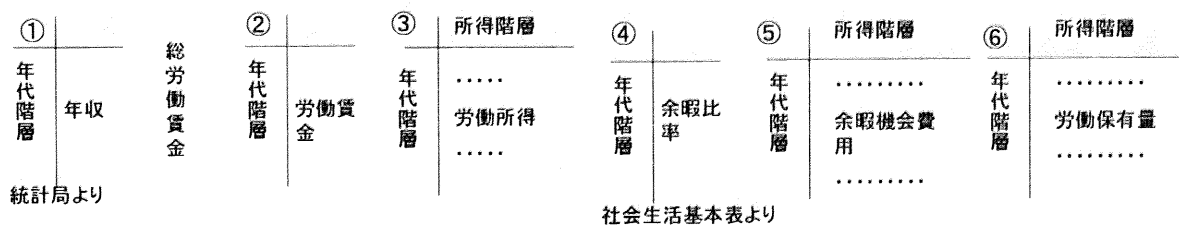


図4-12 労働保有量推計フロー

データについては統計局の年代階層と年収の統計値<sup>[2]</sup>、また社会生活基本表<sup>[3]</sup>より、年代階層と余暇比率のデータ（上図4-9）を用いた。

#### 4.4.2 推計結果

2030年および2050年における、所得階層別労働保有量の推移は以下の通りである。

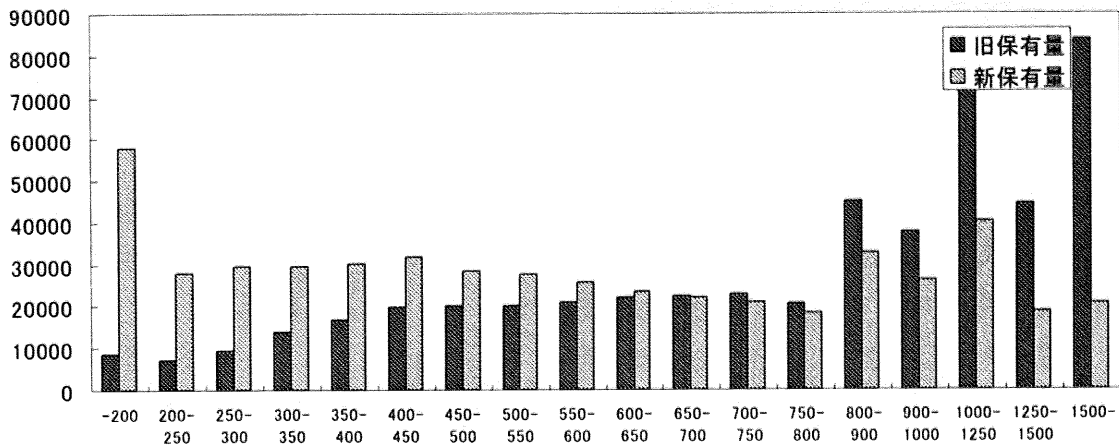


図4-13 労働保有量変化 (2030年)

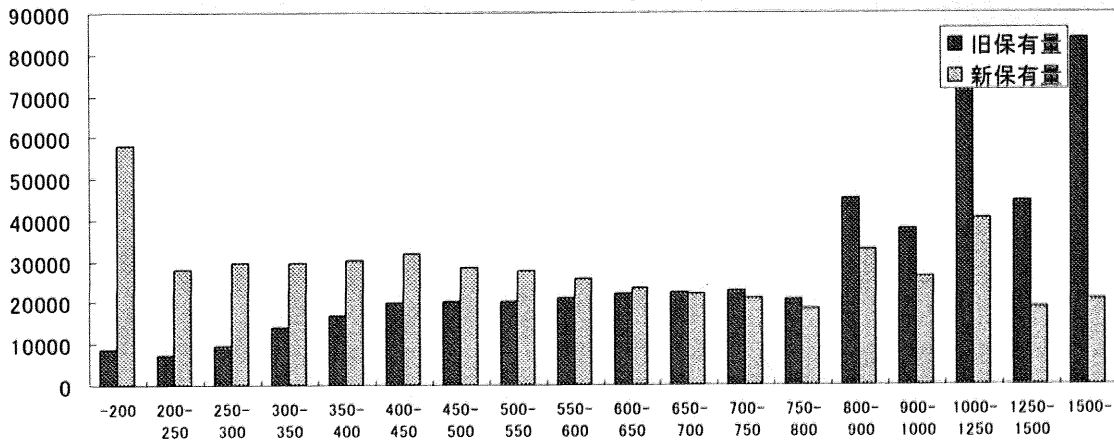


図4-14 労働保有量変化 (2050年)

本章では将来にわたる社会変化として少子高齢化を取り上げ、所得階層別世帯数の2050年までの推計を行った。本研究で対象としている環境技術の消費を体現する「消費者」の社会的変化をモデルで考慮することは、将来に普及することが確実な環境技術の経済性を評価するのに非常に重要である。ただ、本来ならば、消費者の年代階層が変化することで、環境技術を始めとする家計消費財の消費の仕方も変化するため、効用関数のパラメータなどを将来地点にあわせることができれば、より高齢化社会における環境技術の普及を表現することが可能となる。ただし、将来地点における消費行動、高齢者世帯の消費行動を、家計パラメータを通して表現することは非常に困難であるため、本研究では考慮しないものとする。

本章で推計した所得別世帯数は2050年シミュレーションの際にモデルに投入される。