

第4章 長期シナリオ

4.1. 国内外の概況

日本のエネルギーの長期ビジョンについては、これまで経済産業省の総合資源エネルギー調査会需給部会が、「長期エネルギー需給見通し」において2030年までの見通しを現状延長（フォアキャスト）の手法により検討している。この前提条件としては、主にエネルギー安全保障の観点からの「新・国家エネルギー戦略」による将来ビジョンや、「エネルギー技術戦略」によるエネルギー技術の開発についての見通しなどを用いている。これに対し、環境エネルギー政策研究所を中心とする市民エネルギー調査会では、2004年6月に「持続可能な代替シナリオ」を発表している。このシナリオは、これまでの「長期エネルギー需給見通し」の妥当性を判断するとともに、市民やNGO自らが日本のエネルギーの将来像を提示するために策定された。国の「長期エネルギー需給見通し」に対してある種の警鐘を鳴らす役割を果たしており、エネルギー政策の根本的な見直しにつながることを目的としている。

京都議定書の第一約束期間や2008年の主要国首脳会議（洞爺湖サミット）サミットを間近に控え、地球温暖化に伴う気候変動への対応がエネルギー政策に関しても迫られる中、国立環境研究所などのグループは2007年2月に「2050日本低炭素社会シナリオ」を発表し、バックキャストにより2050年における低炭素社会実現のためのビジョンを初めて示した。この長期シナリオでは2050年におけるあるべき低炭素社会の姿を2種類の社会シナリオで想定し、エネルギーサービスを維持した上で、2050年に日本国内の温室効果ガスの排出量を70%削減できるとの可能性を示している。

一方、国際的な長期エネルギーシナリオとしては、IEA（国際エネルギー機関）が“World Energy Outlook (WEO)”として2030年までのフォアキャスト（現状延長）型のシナリオを毎年発表している。WEO2007年版では世界のエネルギー需給の観点から特に中国とインドのエネルギー需要の増加に注目し、基準（Reference）・代替（Alternative）・高度成長（High Growth）の3つのシナリオを提示している。WEO2007年版は、これからの10年間の国際的なエネルギー政策の重要性を強調しているが、気候変動に対応するCO₂排出削減についての明確なビジョンは見られない。これに対して地球温暖化による危険な気候変動を回避するため世界の平均気温の

上昇幅を2℃未満に抑えることを前提として、グリーンピース・インターナショナル（GPI）とEREC（欧州再生可能エネルギー評議会）が2007年に“Energy [r] evolution”を発表した。そこでは、2050年までの長期シナリオとして、省エネルギーと自然エネルギーの大幅な導入により、世界のCO₂排出量半減が可能であることが示されている。これに対しIEAでは、最新の2008年版「エネルギー技術展望（ETP）」において初めてバックキャストの手法を採用し、技術的な視野から2050年までのCO₂排出量の半減のシナリオを提示しているが、CCS（カーボン貯留技術）や原子力発電の大幅な拡充など、GPIのシナリオとは大きく異なる内容となっている。

4.2. 自然エネルギーの長期シナリオ

4.2.1. 概要

2008年7月に自然エネルギー関係団体を中心に「自然エネルギー政策プラットフォーム（JREPP）」が設立された。JREPPは、日本が自らの目標を持ち、気候変動対策にどれだけの貢献が出来るか、とりわけ「イノベーション」の核となる自然エネルギーの可能性に注目し、日本の長期ビジョンを「2050年自然エネルギービジョン」として発表した。

このビジョンによれば、2050年の日本の姿として、エネルギー起源のCO₂排出量の75%以上削減（2000年比）と、エネルギー自給率50%の達成を目標として検討した結果、国内電力需要の67%を自然エネルギーにより供給し、一次エネルギー供給比においても自然エネルギーを50%以上とすることは可能である。このような長期ビジョンを実現するためには、長期的な高い数値目標と、それに対する政治的なコミットメントの他、気候変動などの外部コストを内部化することが必須である。JREPPは、固定価格買取制度（FIT）などにより自然エネルギー事業の財務面でのリスクを長期間わたって低減するための透明で安定した「自然エネルギー市場」を創ることなど、本ビジョン実現のための様々な政策提言を行っている。

4.2.2. 長期シナリオの検討手法

本長期シナリオの検討では、エネルギー需要モデルとして、国立環境研究所らが作成した「2050日本低炭素社会シナリオ」の中の、ゆとりと分散型・コミュニティ重

視の”シナリオB”をもとに、民生部門のエネルギー需要を若干修正した上で採用した。その結果、2050年における大幅なエネルギー消費削減を前提としている。エネルギー供給については、国内エネルギー資源としての自然エネルギーの可能性を最大限利用するため、表4-1のとおり自然エネルギー源別の供給シナリオとして、自然エネルギー関係団体（風力、太陽光、太陽熱、地熱、小水力など）から導入可能性やその考え方を提示してもらい、整理・検討を行った上でビジョンに盛り込んだ。さらに達成すべき制約条件となる長期目標として、自然エネルギーの一次エネルギー供給比率を50%以上とし、CO2排出量を70%以上削減（2000年比）とした上で、化石燃料（石炭、石油、天然ガス）および原子力の利用は必要最小限に限定している。

表4-1 自然エネルギー供給のシナリオ検討団体

種別	団体名
風力	日本風力発電協会(JWPA)、風力発電事業者懇話会
太陽光	環境エネルギー政策研究所(ISEP)
太陽熱	ソーラーシステム振興協会
地熱	日本地熱学会、日本地熱開発企業協議会
小水力	全国小水力利用推進協議会
バイオマス	環境エネルギー政策研究所(ISEP)

特に自然エネルギーによるエネルギー供給とエネルギー需要の考え方は以下のとおりである。

(1) 電力供給

供給ポテンシャルを最大限活かし、大規模な風力発電、地熱発電を導入し、水力やバイオマス、太陽光も積極的に導入する。既存の電源（とくに石炭、石油、原子力）は、段階的に削減することを想定した。調整電源として天然ガスと揚水発電を主力とし、残る石炭火力は高効率を想定した。系統全体の調整力は、現状の体制やシステムから抜本的に変わっていることを想定した（需要側の調整、需要側の分散蓄電池、日本全体での柔軟な需給調整、自然エネルギー側の出力調整、国際間連系など）。

(2) 分散電源

熱供給も同時に可能な分散型電源を積極的に導入する（バイオマス、地熱など）。太陽光発電を分散電源の主力としてほとんどの建物に導入する。産業分野の分散電源は、国立環境研究所のシナリオBをベースとする（製紙など）。

(3) 熱利用

家庭や業務部門では太陽熱、バイオマス、地熱、高効率ヒートポンプを積極利用する。産業部門の熱供給・需要は、国立環境研究所のBシナリオをベースとする。家庭部門の熱需要のうち、暖房については高断熱化が進むことを想定する。

(4) 燃料利用

脱化石燃料を達成し、国際的な持続可能なバイオマス利用（第2世代エタノール）を仮想定としてバイオ燃料を導入する。想定としては電力や水素シェアの拡大もあり得る。

4.2.3. 供給シナリオ

この「2050年自然エネルギービジョン」の供給側は、各自然エネルギー関係団体が自然エネルギーの供給ポテンシャルを最大限考慮し、個別に作成したシナリオをベースにしている。各自然エネルギー団体からの試算による自然エネルギー源別の2050年の電力および熱の供給シナリオの概要は以下のとおり。

(1) 中小水力発電

既存発電所（発電容量2008万kW、年間発電量779億kWh）は長期に渡り十分に保全されるとした上で、新設分については中小・流れ込み式を前提とする。1000kW以上1万kW以下の流れ込み式の中小水力発電については、資源エネルギー庁の包蔵水力調査（2007年末現在）の結果に対して50%の発電設備容量である450万kW、年間発電量230億kWhとなる。一方、1000kW未満の新設を想定すると、溪流部分で280万kW、用水路などで22万kW、年間発電量の合計は185億kWhとなる。これらの新設分と既設を合わせて発電設備容量が2760万kW、年間発電量が1194億kWhとなる（全国小水力利用推進協議会による試算）。

(2) 地熱発電

日本地熱学会を中心に検討を行った「ドリームシナリオ」を全面的に採用した。2050年の開発目標値を重力基盤深度以浅150℃以上の50%が開発可能とし、設備利用率は80%と仮定して電力量を算出した。地熱開発の重点地域に周辺有望地域などを加え、還元熱水や温泉の余熱を利用した温泉発電を加え、1223万kWを想定した。

(3) 太陽光発電

太陽光発電協会が2006年に発表した「太陽光発電産業自立に向けたビジョン」の2030年導入目標値8280

万kWをベースに、2050年には全住宅（4200万戸）の75%に導入される高い導入目標値として設備容量1億4267万kWを想定する。この場合の年間発電量は1500億kWhとなり、総電力需要の18%に達する非常に高い目標になっている。

(4) 風力発電

日本風力発電協会および風力発電事業者懇話会が検討した「風力発電長期導入目標値と目標値達成に向けた提言」において、2050年の導入目標値を提言している。各電力会社管内の風力発電貯存量は合計8100万kWとなるが、電力会社毎の系統制約により総需要電力量に対する割合を考慮する必要がある。最も高い長期導入目標値を採用した場合を「ビジョン」と称し、総需要電力量の10%を風力発電で供給する。この場合、陸上風力は2006年度までの導入ペースを維持して2030年には710万kW、一方、洋上風力を2011年から導入を開始し、2050年には陸上と合わせて設備容量5000万kWが目標値となる。

(5) バイオマス発電

日本国内で供給可能なバイオマスとして木質、農業、畜産、廃棄物（食品、汚泥）などの供給ポテンシャルを考慮し、供給可能量を推計した。特に木質系バイオマス全体の供給量は、人工林や薪炭林の成長量から推計される供給量を含め1088PJとなり、バイオマス全体（1779PJ）の61%に達すると推計される。バイオマス発電としては、電気事業者による発電量が359億kWh、各事業者や施設などでの分散電源による発電量が823億kWhとなり、発電設備容量は1588万kWを想定している。熱利用可能な分散電源（コージェネレーション）を中心に構成されており、分散電源では製紙工場における黒液利用に加え、他の産業の自家発電や地域熱供給においても化石燃料の代わりにバイオマス燃料が大幅に導入される。

(6) 太陽熱利用

ソーラーシステム振興協会により2050年の太陽熱利用の導入ポテンシャルの試算が行われた。戸建住宅への設置は太陽熱温水器（3㎡）およびソーラーシステム（6㎡）を想定し、集合住宅に対しては比較的小型の集熱器（2㎡）を想定した。2050年の総住宅戸数4200万戸に対して、設置可能戸数76%で太陽熱利用が可能と想定すると、戸建・集合住宅で給湯205PJ、暖房19PJの供給が可能となる。業務用施設については、給湯負荷の大きい業種の建物を対象とし、全施設の76%で太陽熱が利用可能と想定した。飲食店、宿泊施設お

よび老人福祉施設など8種類の業種毎に使用する太陽熱集熱器の面積を考慮して推計した結果、給湯57PJ、暖房11PJを供給できる。

(7) 地熱利用

発電と同じ「ドリームシナリオ」を採用し、温泉などからの従来の地熱直接利用に加え、地熱発電還元熱水や温泉発電の排熱を積極的に利用する。さらに、温泉利用代替による燃料削減効果も合わせて113PJを想定している。

(8) バイオマス熱利用

木質系バイオマスなどを直接燃焼し、産業用ボイラー、家庭や業務の暖房・給湯に利用。廃棄物などからのバイオガスを厨房に利用する。全体の熱供給量を715PJと想定している。民生部門では、暖房・給湯に対して高効率ヒートポンプ利用を大きく見込み、給湯での太陽熱の利用も考慮してバイオマスの熱利用の量は国立環境研究所のシナリオBよりも小さくなっている。産業部門では、農業分野でのバイオマス熱利用が増え、近隣の山林からの残材等の活用が広がると共に、農業系や畜産系バイオマスの利用が活発になると想定される。

4.2.4. 長期シナリオの検討結果

(1) 電力供給の姿

図4-1には、本ビジョンの検討結果として2050年のエネルギー源別の系統電力および分散電源を合わせた電力量の比率を示す。これによると、太陽光、バイオマス、水力、風力、地熱などの日本国内の自然エネルギーを用いた発電により、国内電力需要の67%が賅われる。表4-2に示すように系統電力に対して、太陽光やバイオマス発電などの分散電源の普及が進み、日本全体の電力量需要についても年間8397億kWhまで減少する（2000年は1万427億kWh）。図4-2(a)(b)には、2000年および2050年のエネルギー源別の電力量と発電設備容量を示す。

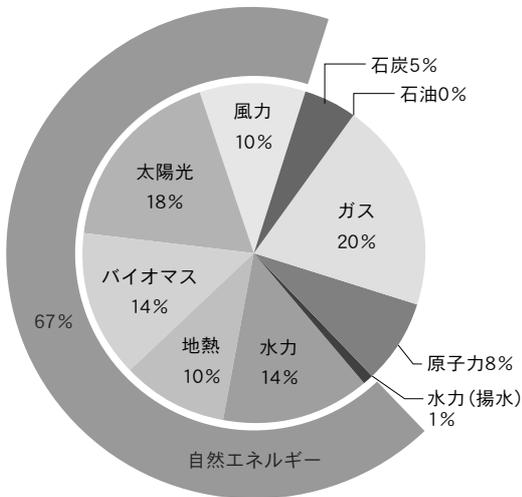


図4-1 2050年のエネルギー源別の電力量の割合

表4-2 2050年の電力供給の姿

種別	系統電源	分散電源	電力量合計 [億 kWh]	設備容量 [百万 kW]
石炭	300	115	415	5.6
石油	0	0	0	0.0
ガス	1,289	353	1,642	34.2
原子力	644	0	644	11.0
水力(揚水)	87	0	87	19.8
水力	1,181	13	1,194	27.6
地熱	720	137	857	12.2
バイオマス	359	823	1,182	15.9
太陽光	150	1,350	1,500	142.7
風力	876	0	876	50.0
合計	5,605	2,792	8,397	318.9
自然エネルギー比率	59%	78%	67%	78%

エネルギー源別の発電設備容量

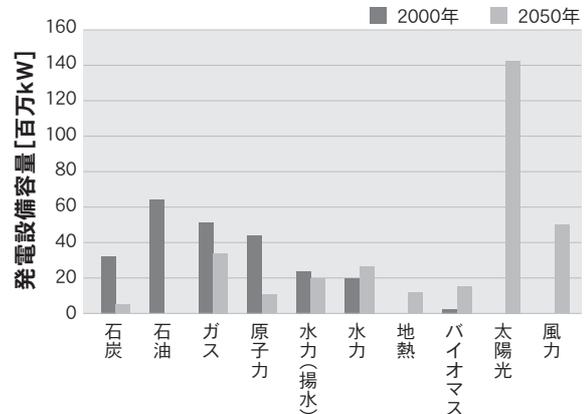


図4-2(b) 2000年および2050年の発電設備容量 (エネルギー源別)

(2) 熱需要の姿

図4-3に示すように、本ビジョンでは2050年には国内熱需要の約30%を自然エネルギーで賄う。表4-3に示すように部門別では、家庭部門および業務部門は電力利用分を除き100%自然エネルギーを利用しているが、産業部門は、国立環境研究所シナリオBとほぼ同じ熱需給を想定しているため、自然エネルギー比率は12%程度に留まる。家庭部門では、太陽熱や地中熱の利用が進み、業務部門ではバイオマスや地熱が積極的に利用されている(図4-4)。産業部門の熱需要については、石炭や石油の利用が大幅に減少し、ガスへの燃料転換が進んでいると想定しているが、さらなる産業構造の転換や代替エネルギーへの移行が必要とされる(図4-5)。

エネルギー源別の年間電力量

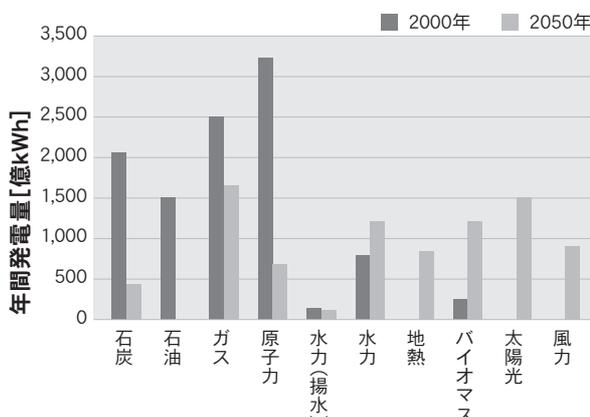


図4-2(a) 2000年および2050年の年間電力量

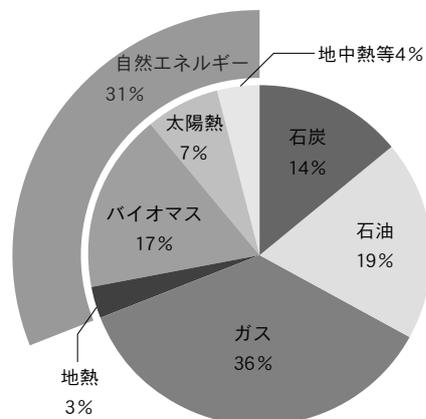


図4-3 2050年のエネルギー源別の熱利用の割合

表4-3 2050年の部門別の熱利用量(単位:PJ)

種別	産業	家庭	業務	全体
石炭	565	0	0	565
石油	789	0	0	789
ガス	1,484	0	0	1,484
地熱	0	13	100	113
バイオマス	380	102	232	715
太陽熱	0	224	68	292
地中熱等	0	76	107	183
合計	3,218	414	506	4,140
RE比率	12%	100%	100%	31%

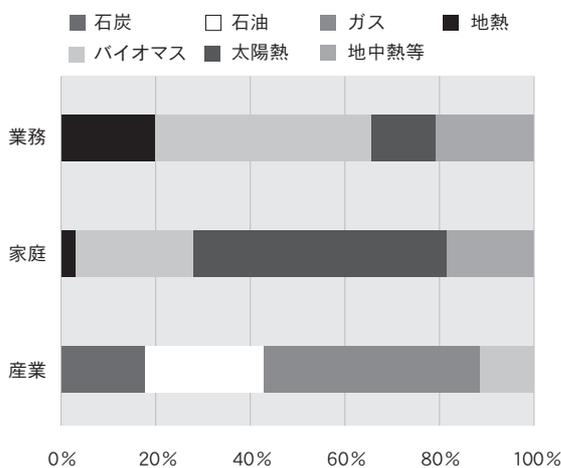


図4-4 2050年の部門別の熱利用の内訳

エネルギー源別の熱利用量

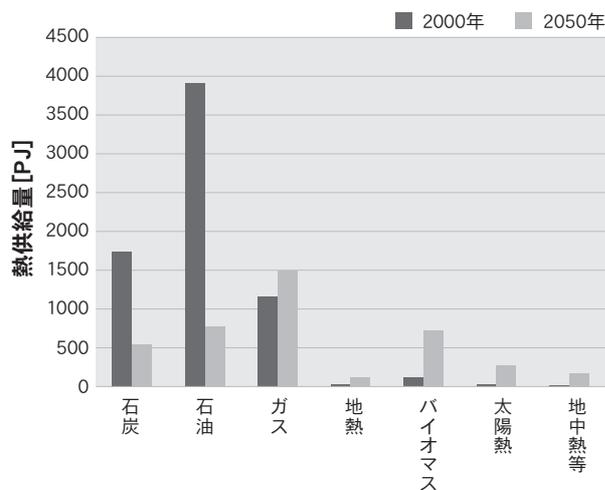


図4-5 エネルギー源別の熱利用量

(3)燃料需要の姿

高効率化やモーダルシフトにより燃料需要を70%以上削減(国環研シナリオB)。脱化石燃料を達成し、バイオマス(1072PJ相当)を燃料に全面的に利用することを仮に想定した。

(a) バイオマスの燃料利用(バイオ燃料)に関する前提および想定

今回のシナリオでは、簡便のために、国産バイオマスは基本的に電力・熱で利用し、輸送燃料に必要なバイオ燃料は全量を輸入で賄うことと想定したが、現実には当然のことながら、国産バイオ燃料や輸入バイオマスを発電に用いることは生じうる。また、バイオ燃料の国際取引をめぐる、食糧や生態系、途上国の開発に影響を与える懸念もあるため、今回の想定はあくまで「仮」という位置づけである。とはいえ、今回のシナリオは輸送燃料に関して、燃費向上とモーダルシフトなどで極めて大胆な削減が織り込んである。それでもなお、必要な代替燃料は相当量に上るため、「持続可能な輸送燃料」に関する現実的なオプションを必要としている。今回は、それを「輸入を主体とする認証された第2世代エタノール」と仮想定した。本シナリオではバイオ燃料を主オプションに位置づけたが、今後の技術進化によっては電気自動車や水素を排除するものではない。

(b) 電気自動車や水素利用の考え方

本ビジョンは、スウェーデンの輸送燃料シフトのシナリオを参考にす。すなわち、徹底的な(ストックでの)燃費向上で半減以下を目指すというものである。そして、第2世代エタノール(セルロースからの合成エタノール)への転換を中心に考える(全量輸入を想定)。また、電気自動車(+プラグインハイブリッド)も想定するが、水素(燃料電池)は現時点では考えない。

(4)CO2 排出量とエネルギー自給率

2050年には日本国内のエネルギー起源のCO2排出量を75%以上削減する(2000年比)。一次エネルギー供給のほぼ60%を自然エネルギーで賄うことによりエネルギー自給率50%以上を達成している(表4-4)。図

4-6には、エネルギー源別の一次エネルギー供給量を2000年と2050年の比較として示す。図4-7には、2050年の一次エネルギー供給量のエネルギー源別の比率を示す。

表4-4 2000年および2050年の評価指標

評価指標	2000年	2050年
CO2排出削減率	基準年	76.1%
自然エネルギー比率	5.4%	59.7%
エネルギー自給率	5.4%	51.0%

2050年エネルギー供給量（一次エネルギー換算）

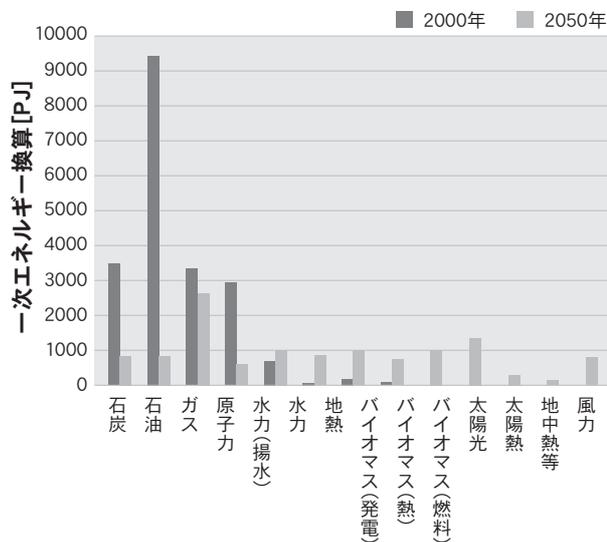


図4-6 2050年の一次エネルギー供給量

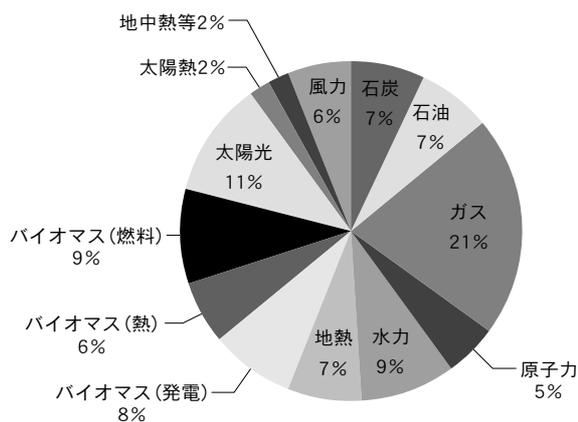


図4-7 2050年の一次エネルギー供給量比率