

## 「2050年自然エネルギービジョン」 ～ 持続可能な低炭素社会の実現を目指して～

環境エネルギー政策研究所  
2008年6月3日

### 【趣旨】

地球温暖化の影響が様々な形で表面化する中、気候変動対策に関するCOP15(コペンハーゲン)での枠組み合意を目指し、日本はG8洞爺湖サミットの議長国として、主要排出国に対し「2050年までに全世界の温室効果ガス排出半減」への合意を呼びかけている。本検討では、その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に注目して、2050年までの展望(ビジョン)を提示することを狙ったものである。この「2050年自然エネルギービジョン」の概要は、以下のとおりである。

- 2050年に低炭素社会を目指す上で、自然エネルギーに注目して、日本で2050年までに最大限導入しうる可能性を検討した。
- 検討に当たっては、原則として、各自然エネルギー関係団体から導入可能性やその考え方、必要な政策などを提示していただいた。
- 自然エネルギー以外の供給想定や全体の需要想定は、基本的に国立環境研究所の「2050年低炭素社会シナリオ」をベースにして、検討を行った。

なお、今回のビジョンの報告は「中間報告」としての位置づけであり、来年のCOP15に向けて、供給サイドおよび需要サイドの両面とも、さらに検討を進めていく予定である。

本「2050年自然エネルギービジョン」検討プロジェクトには、以下のとおり自然エネルギー関係団体や研究者の方々に多大なご協力を頂いた。

- 自然エネルギー毎の導入目標値は、以下の各団体が試算した数字を使用している。
  - 風力：日本風力発電協会・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(太陽光発電協会ビジョンに基づき推計)
  - 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
- 研究者として、国立環境研究所の藤野純一氏、日本建築学会の三浦秀一氏・外岡豊氏のご協力を頂いた。また自治体の立場で東京都環境局から議論にご参加頂いた。
- 全体の取りまとめは環境エネルギー政策研究所(ISEP)の責任で行っており、誤謬等についての責任はISEPにある。

### 【前提条件】

本ビジョンの検討にあたり、以下の前提条件をベースにした。

- 水力、太陽光/熱、風力、地熱、バイオマス等の自然エネルギーによる供給を最大限利用する。
- 自然エネルギー比率を50%以上とし、CO2排出量を70%以上削減(2000年比)する。
- 国立環境研究所等による2050年日本低炭素社会シナリオのシナリオBをベースにエネルギー需要を考える。
- 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する。

特に自然エネルギーによるエネルギー供給と需要の考え方は以下のとおりである。

- 電力供給
  - 供給ポテンシャルを最大限生かし、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）

□ 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Bシナリオをベースとする（製紙など）。

□ 熱利用

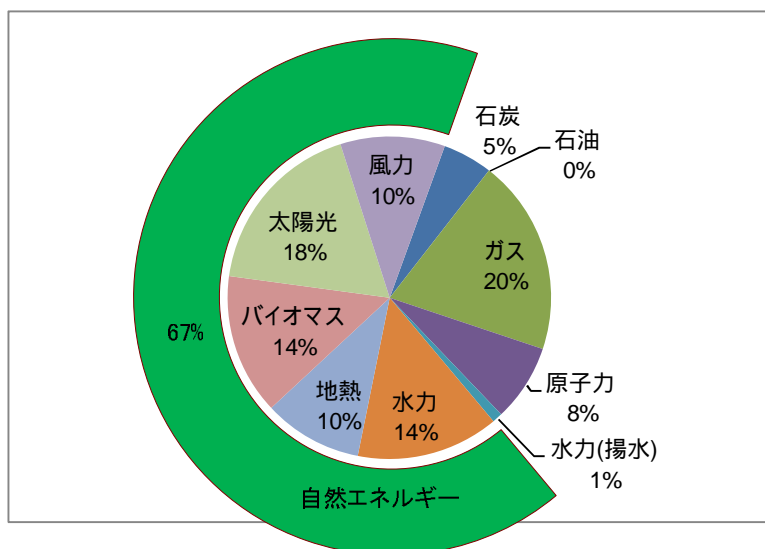
- 家庭や業務部門では太陽熱、バイオマス、地熱、高効率ヒートポンプを積極利用
- 産業部門の熱供給・需要は、国立環境研究所のBシナリオをベースとする。
- 家庭部門の熱需要のうち、暖房については高断熱化が進むことを想定

□ 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。

【2050年の電力供給の姿】

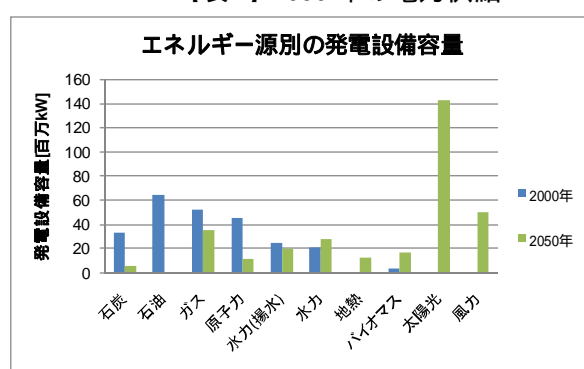
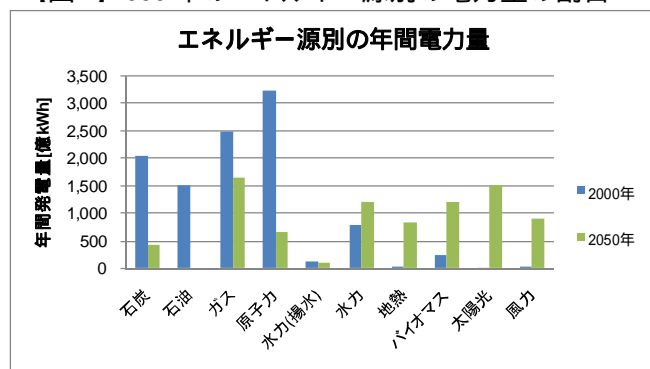
2050年には国内電力需要の60%以上を自然エネルギーにより供給している。【図1】には、エネルギー源別の系統電力および分散電源を合わせた電力量の比率を示すが、太陽光、バイオマス、水力、風力、地熱などの日本国内の自然エネルギーを用いた発電により、国内電力需要の67%を賄う。系統電力に対して、太陽光やバイオマス発電などの分散電源の普及が進み、日本全体の電力量需要についても年間8,366億kWhまで減少する(2000年10,427億kWh)【表1】。【図2】には、2000年および2050年のエネルギー源別の電力量と発電設備容量を示す。



【図1】2050年のエネルギー源別の電力量の割合

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	106	826	11.8
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	2,761	8,366	318.5
自然エネルギー比率	59%	79%	67%	78%

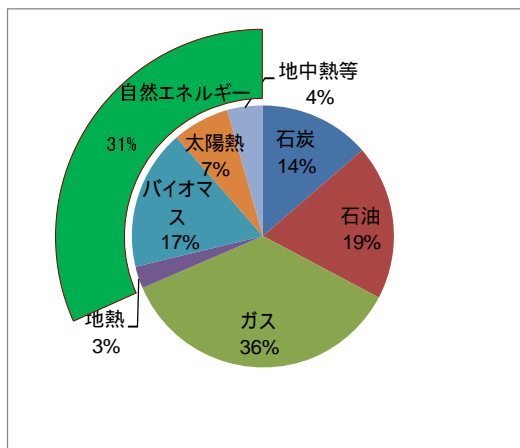
【表1】2050年の電力供給



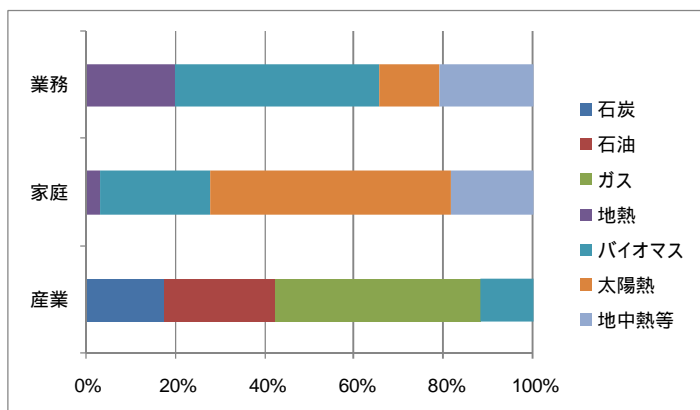
【図2】2000年および2050年の年間電力量および発電設備容量

## 【2050年の熱需給の姿】

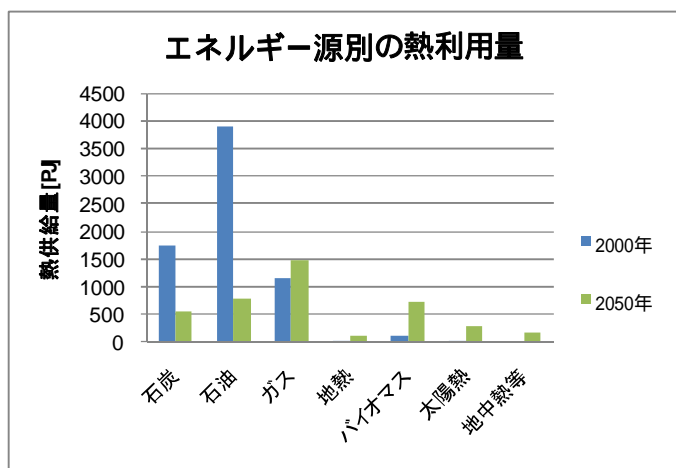
2050年には国内熱需要の約30%を自然エネルギーで賄う【図3】。【表2】に示すように部門別では、家庭部門および業務部門は電力利用分を除き100%自然エネルギーを利用しているが、産業部門は、国立環境研究所Bシナリオとほぼ同じ熱需給を想定しているため、自然エネルギー比率は12%程度に留まる。【図4】に示すように家庭部門では、太陽熱や地中熱の利用が進み、業務部門ではバイオマスや地熱が積極的に利用されている。産業部門の熱需要については、石炭や石油の利用が大幅に減少し、ガスへの燃料転換が進んでいると想定しているが、さらなる産業構造の転換や代替エネルギーへの移行が必要とされる【図5】。



【図3】2050年のエネルギー源別の熱利用量の割合



【図4】2050年の部門別の熱利用の内訳



【図5】エネルギー源別の熱利用量

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
<b>合計</b>	<b>3,218</b>	<b>414</b>	<b>506</b>	<b>4,140</b>
<b>RE比率</b>	<b>12%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>31%</b>

【表2】2050年の部門別の熱利用量 【単位:PJ】

## 【2050年の燃料需給の姿】

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Bシナリオ)。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。

### (1) バイオマスの燃料利用(バイオ燃料)に関する前提・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。

(2) プラグインハイブリッド・電気自動車・水素などの考え方

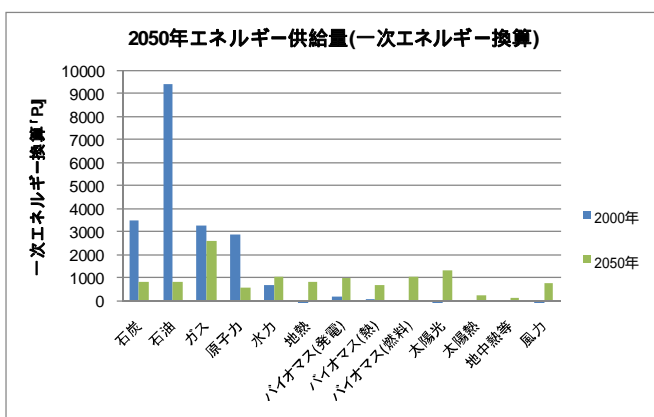
- 今回は、スウェーデンの輸送燃料シフトのシナリオを参考にする。
- 徹底的な（ストックでの）燃費向上で半減以下を目指す
- 第2世代エタノール（セルロースからの合成エタノール）への転換を中心に考える。  
全量輸入を想定
- 電気自動車（+プラグインハイブリッド）も想定
- 水素（燃料電池）は現時点では考えない
- 本ビジョンでは、バイオ燃料を主オプションに位置づけたが、今後の技術進化によっては、電気自動車や水素を排除するものではない。

【2050年のCO2排出量と一次エネルギー供給】

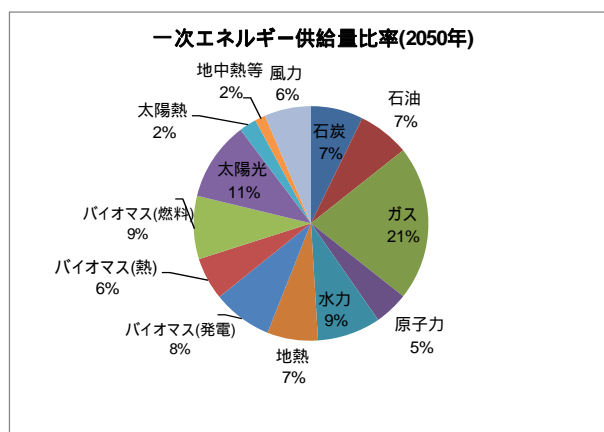
2050年には日本国内のエネルギー起源のCO2排出量を75%以上削減(2000年比)。一次エネルギー供給のほぼ60%を自然エネルギーで賄い、かつエネルギー自給率50%以上を達成している(表3)。図6には、エネルギー源別の一次エネルギー供給量を2000年と2050年の比較として示す。図7には、2050年の一次エネルギー供給量のエネルギー源別の比率を示す。

【表3】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%



【図6】2050年の一次エネルギー供給量



【図7】2050年の一次エネルギー供給量比率

【自然エネルギー源別の供給シナリオ】

自然エネルギーの供給ポテンシャルを最大限考慮した各自然エネルギー関係団体による個別のシナリオをベースとしてこの「2050年自然エネルギービジョン」の供給側は構成されている。【表4】には、後述する各自然エネルギー団体からの試算により自然エネルギー源別に2050年の電力の供給シナリオの概要を列挙する。また、【表5】には、自然エネルギー源別に2050年の熱の供給シナリオの概要を列挙する。

【表4】2050年の自然エネルギー源別の電力に関する供給シナリオ

発電方式	2050年の電力の供給シナリオ
中小水力発電	1000kW以上1万kW以下の流れ込み式で450万kW、1000kW未満を溪流部分で280万kW、用水路などで22万kWの新設を想定。既設を合わせて2760万kW
地熱発電	地熱開発の重点地域に周辺有望地域などを加えたドリームシナリオを採用。還元熱水や温泉の余熱を利用した温泉発電を加え、1178万kWを想定
太陽光発電	「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、全住宅の75%に導入される高い導入目標1億4267万kWを想定
風力発電	陸上風力は2006年度までの導入ペースを維持し2030年には710万kW、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5000万kWを想定
バイオマス発電	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、発電は1588万kWを想定。熱利用可能な分散電源を中心に構成

【表5】2050年の自然エネルギー源別の熱に関する供給シナリオ

熱供給方式	2050年の熱の供給シナリオ
太陽熱	住宅の76%で太陽熱利用が可能と想定し、戸建・集合住宅で給湯205PJ、暖房19PJ。業務用施設の76%で太陽熱が利用可能と想定し、給湯57PJ、暖房11PJ。
地熱	温泉などからの従来の直接熱利用に加え、地熱発電還元熱水や温泉発電を利用する。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
バイオマス	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。全体で715PJを想定

以下、各自然エネルギー関連団体による2050年の自然エネルギーの供給に関する試算結果を示す。

- (1) 【中小水力発電】： 全国小水力利用推進協議会
- (2) 【地熱発電/熱利用】： 日本地熱学会 & 日本地熱開発企業協議会
- (3) 【太陽光発電】： 環境エネルギー政策研究所(協力:太陽光発電協会)
- (4) 【風力発電】： 風力発電事業者懇話会、日本風力発電協会
- (5) 【太陽熱】： ソーラーシステム振興協会
- (6) 【バイオマス発電/熱利用/燃料】： 環境エネルギー政策研究所

## 【中小水力発電】

全国小水力利用推進協議会

2008年2月21日

## 1. 既存発電所

既存発電所の発電量としては、国環研が用いた2000年実績値の数値(779億kWh、20.01GW)を採用し、これが一定に保たれるものと想定する。当然、補修や設備更新は適切に行なわれなければならない。新設発電所の影響で既存発電所の発電量が減少する場合もあるが、新設分は原則として中小・流れ込み式と考える(後述)ので、既存発電所への影響は無視できるレベルと判断した。

## 2. 2050年までに新設される発電所

新設発電所については、大規模なものや大型ダムをとともなうものは河川環境を大きく損なうおそれがあるため、できるだけ小さめのもの、流れ込み式のものの方が望ましいと考えた。具体的には原則として中小(設備容量1万kW程度以下)・流れ込み式を想定して建設可能性を算出することにした。

## (1) 1,000kW以上の新設発電所

1,000kW以上の発電所について、資源エネルギー庁の包蔵水力調査に示されている(2007年末現在)未開発・工事中の合計値は469億kWhある。このうち1,000kW～10,000kWの中小発電所が295億kWhで全体の56%、流れ込み式の発電所は361億kWh(77%)となっている。中小の場合流れ込み式が大部分と推測されるので、上記未開発・工事中の合計値(469億kWh)の約50%程度であれば、河川環境に過大な負荷をあたえずに開発できるものと考えられる。そこで、年間発電量、発電容量とも包蔵水力調査結果の50%として、年間発電量230億kWh、設備容量4.50GWとする。結果的に設備利用率は58%となる。

## (2) 1,000kW未満の新設発電所

設備容量1,000kW未満の小水力発電については、発電水力調査の手法に問題があるため、エネ庁のデータは大幅に過小評価と考えられるので、全国小水力利用推進協議会が独自に試算した推計値にもとづいて算出を行なった。まず、一級河川の渓流部分での発電可能規模(平水量ベース)は約4GWと推計される。このうち70%(2.80GW)を開発するものとし、設備利用率を70%と想定すると、年間発電量は172億kWhとなる。農・工・水道用水路については、一級河川の1水系ごとに2,000kWが開発可能と想定し、設備利用率は同様に70%とした。一級河川は109水系あるので、設備容量規模は合計0.22GW、年間発電量は13億kWhとなる。

## 3. 合計

	年間発電量 [億 kWh]	設備容量 [百万 kW]
既存発電所	779	20.08
1,000kW 以上の新設発電所	230	4.50
1,000kW 未満の新設発電所(渓流)	172	2.80
"                    (水路)	13	0.22
合 計	1,194	27.60



1,000kW未満の新設発電所（水路）の分を分散電源に計上し、他は電力供給とした。

## 【地熱発電/熱利用】

日本地熱学会 & 日本地熱開発企業協議会

2008年2月21日

		現状(2005)	2020	2050
ベース シナリオ	電力量(億kWh)	32.7	48.1	156.6
	地熱発電	32.7	37.6	91.0
	温泉発電	0.0	10.5	65.6
	熱量(PJ)	41.5	62.6	120.9
	直接熱利用	4.9	8.8	16.4
	温泉利用代替	36.5	45.2	62.6
	地中熱	0.0	8.6	41.8
ベスト シナリオ	電力量(億kWh)	32.7	77.9	253.3
	地熱発電	32.7	63.9	171.0
	温泉発電	0.0	14.0	82.3
	熱量(PJ)	41.5	70.7	162.4
	直接熱利用	4.9	9.9	21.9
	温泉利用代替	36.5	46.1	65.2
	地中熱	0.0	14.7	75.2
ドリーム シナリオ	電力量(億kWh)	32.7	190.3	826.1
	地熱発電	32.7	171.0	720.0
	温泉発電	0.0	19.3	106.1
	熱量(PJ)	41.5	104.1	311.6
	直接熱利用	4.9	18.3	39.3
	温泉利用代替	36.5	47.8	73.5
	地中熱	0.0	37.9	198.8

### 算出根拠

#### (1) 発電

電力量の現状値は「地熱発電の現状と動向」(火原協,2006)による。各シナリオの電力量は、地熱発電と温泉発電の合計である。

**地熱発電のベースシナリオ**は、「平成13年度地熱開発促進調査開発可能性調査」(NEDO-NEF,2002)による重点地域開発可能資源量950MWを2050年に100%開発するとし、それを達成するための2020年開発目標値を10.3MW(「展望 地熱発電2040年」)とした。設備利用率を70%として電力量を算出した。

**地熱発電のベストシナリオ**は、2050年に重点地域開発可能資源量950MWに周辺有望地域950MWを加えて開発目標値とした。2020年の開発目標値は、田口(2004)による複雑系近似推移曲線を描いて現状から2050年目標値に到達するとしたときの中間値である。設備利用率を70%として電力量を算出した。

**地熱発電のドリームシナリオ**は、2020年の開発目標をベストシナリオの2050年開発目標を前倒したものとし、2050年開発目標値は、「日本の地熱資源評価に関する研究」(地質調査所,1991)による重力基盤深度以浅150以上(蒸気型発電とバイナリー型発電を対象)の50%が開発可能とした。設備利用率を80%として電力量を算出した。

**温泉発電のベースシナリオ**は、温泉余熱の53℃までの60%を使えるとした。そのとき温泉総湧出量が毎年43,600L/min増えるとした。温泉総湧出量と湧出量の増加率は、環境省(2007)の環境統計集「温泉利用状況」による。こうして得られる2050年に至る過程として、現状0MWから2050年目標値には田口(2004)による複雑系近似推移曲線をたどるとしたときの2020年中間値を同年の開発目標値とした。設備利用率を70%として電力量を算出した。

**温泉発電のベストシナリオ、ドリームシナリオ**は、ベースシナリオの温泉余熱による発電に加えて、地熱発電の還元熱水が発電に使えるとした。「地熱発電の現状と動向」(火原協,2006)にある還元熱水量から単位電力当たりの平均還元熱水量を求め、2020年、2050年の電力値に乗じて各年の還元熱水量を算出した。使用可能温度範囲は

100 から 53 まででその 60%を使えるとした。設備利用率をベストシナリオでは 70%、ドリームシナリオでは 80%として電力量を算出した。

(2) 熱利用

熱利用の現状値は、直接熱利用と地中熱は「日本の地熱直接利用の現状」(NEF,2006年度)による。各シナリオの熱量は、直接熱利用、温泉利用代替、地中熱の合計である。ただし、地中熱の冷房利用については 0 としている。

**直接熱利用のベースシナリオ**は、現状値から主に地域暖房が増加するとした。すなわち日本の寒冷地について、人口当たりの増加率をトルコ並みとして算出した。

**直接熱利用のベストシナリオ**は、温泉発電のベストシナリオに用いた温泉と地熱発電還元熱水の量をベースとした。すなわち温泉余熱の 25%と還元熱水余熱の 10%を使用し、利用の下限を 2020 年は 45、2050 年は 20、利用率は 39%とした。

**直接熱利用のドリームシナリオ**は、温泉発電のドリームシナリオに用いた温泉と地熱発電還元熱水の量をベースとし、温泉は余熱の 25%、還元熱水は 10%を使用するが、利用の下限を 20、利用率は 39%とした。そのことにより、単位水量当たりの使用熱量が 1.5 倍になるとした。

**温泉利用代替**は、42 以上の温泉は、15 の水を 42 まで加温するエネルギーを得ていると考え、利用率を 39%として求めた。

**ベースシナリオ**では、温泉総湧出量の現状値を環境統計集「温泉利用状況」(環境省,2007)から求め、温泉発電の項で述べたように、温泉総湧出量が毎年 43,600L/min 増えるとしてそれを加算した。

**ベストシナリオとドリームシナリオ**では、これに加え温泉発電の項で考慮した地熱発電還元熱水の量の 25%が温泉として使えるとし、利用率を 39%として求めた。

**地中熱**は、運転効率 80%、ヒートポンプの COP を 3、地中から取り出すエネルギー量は機器能力の約 50%、暖房のための運転時間を 900 時間と仮定した。

施設の形態に応じ、2,010~2015 年に新築の 5%に導入を開始し、シナリオ別に毎年の増加率をベース 1%、ベスト 2.5%、ドリーム 5%とした。大型の施設については、ベース、ベスト、ドリームの順に従って設置箇所数が増え、敷地面積も増えていくとした。

【太陽光発電】

太陽光発電 2050 年導入目標値について

環境エネルギー政策研究所  
(協力：太陽光発電協会)  
2008 年 2 月 21 日

1. 全体

現在、日本における太陽光発電の導入量は約 170 万 kW(2006 年)であるが、下表の通り、2010 年 482 万 kW、2020 年 2,870 万 kW、2030 年 8,280 万 kW という目標値を太陽光発電協会(JPEA)の「太陽光発電産業自立に向けたビジョン」では掲げている(表 1)。

表 1 太陽光発電導入目標量(2010、2020、2030 年)

年	2010	2020	2030
国内累積導入(kW)	482 万	2,870 万	8,280 万
雇用創出(人)	1.5 万	10 万	30 万
産業規模(億円)	4,730	1 兆 2,500	2 兆 2,500
製造設備 累積投資額(億円)	1,700	5,200	1 兆 600

出典) JPEA「太陽光発電産業自立に向けたビジョン」



積極的な政策の実施とともに実現される高い導入目標量として、国立環境研究所の2050年シナリオのエネルギー需要に基づいて試算した2050年の太陽光発電の導入目標量は約14,000万kWとなる(表2)。

表2 太陽光発電2050年導入目標量

	電力供給 [億 kWh]	分散電源 [億 kWh]	電力合計 [億 kWh]	発電設備容量 [百万 kW]	一次エネルギー 換算[PJ]
太陽光発電	150	1,350	1,500	142.67	1,350
全体	5,878	2,251	8,129	321	11,968
PV比率	2.6%	60.0%	18.5%	44.4%	11.3%

注) 太陽光発電システム設備利用率: 12%、太陽電池モジュール変換効率: 20% で算出  
 試算) 環境エネルギー政策研究所

## 2. 住宅における利用想定

太陽光発電が最も利用される家庭部門について、住宅における利用想定を下記に示す。日照上問題のない全住宅の約75%にPVが設置される(表3)。

表3 住宅における導入シナリオ(2050年)

世帯数	42,000	千世帯
住宅数	41,731	千戸
集合住宅率	50	%
	一戸建住宅	20,866 千戸
	集合住宅	20,866 千戸
工業地域及び商業地域の住宅数比率	24	%
PV導入適地率	76	%
PV導入適地住宅数	一戸建住宅	15,858 千戸
	集合住宅	15,858 千戸
	合計	31,716 千戸
PV導入率	一戸建住宅	100 %
	集合住宅	100 %
PV導入住宅数	一戸建住宅	15,858 千戸
	集合住宅	15,858 千戸

注1) 世帯数: 2050年国環研Bシナリオ

注2) 工業地域及び商業地域を日影の影響を受ける地域と見なす  
 出典) 三浦秀一(東北芸術工科大学建築・環境デザイン学科)

【風力発電】

風力発電事業者懇話会

JWPA 有限責任中間法人  
日本風力発電協会

「2050年自然エネルギービジョン」

2008年1月28日  
有限責任中間法人  
日本風力発電協会  
風力発電事業者懇話会

## 2050年風力発電導入目標値の試算（要約版）

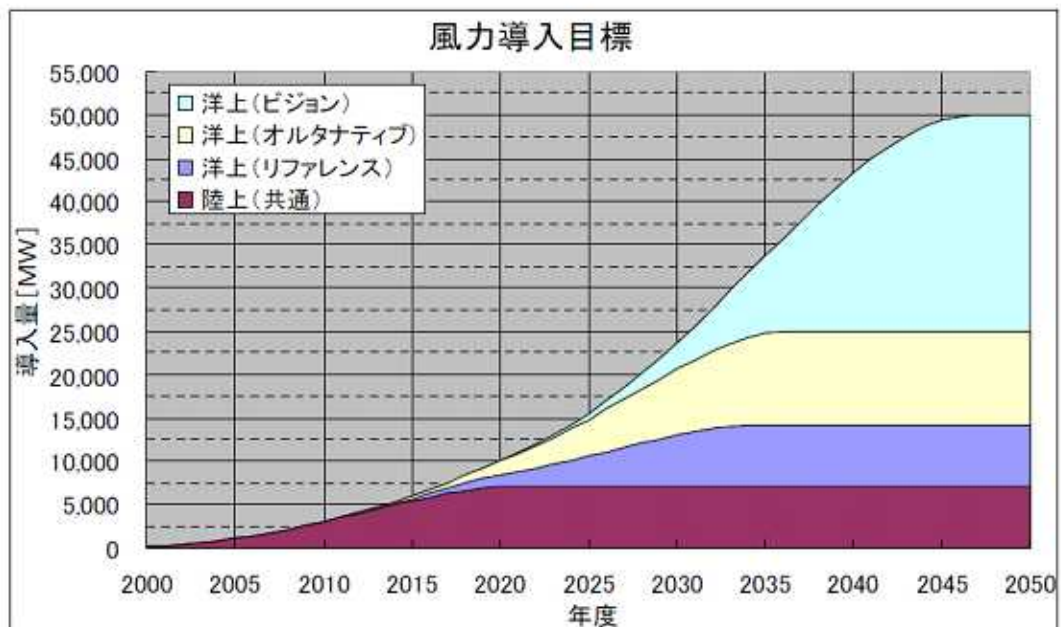
本試算は、発電設備容量と需要電力量および風力発電賦存量を基に、これまでの風力導入量成長曲線に基づき導入目標値を試算したものである。

### 1. 導入目標値算出手法

- ① 国内電力会社の発電設備容量および年間需用電力量による目標値算出
- ② 日本全国の風力発電賦存量による目標値算出
- ③ 電力会社（地域）別による目標値算出
- ④ 2006年度までの単年度導入実績に基づく成長曲線による目標値算出

### 2. 導入目標値算出結果 [MW]

年(月)	ケース-1：リファレンス (成長曲線維持)			ケース-2：オルタナティブ (需要電力量の5%供給)			ケース-3：ビジョン (需要電力量の10%供給)		
	陸上	洋上	合計	陸上	洋上	合計	陸上	洋上	合計
2007-3	1,491	0	1,491	1,491	0	1,491	1,491	0	1,491
2010	3,000	0	3,000	3,000	0	3,000	3,000	0	3,000
2020	7,040	1,370	8,410	7,040	2,980	10,020	7,040	2,990	10,030
2030	7,100	5,870	12,970	7,100	13,510	20,610	7,100	16,630	23,730
2040	7,100	7,100	14,200	7,100	17,900	25,000	7,100	36,140	43,240
2050	7,100	7,100	14,200	7,100	17,900	25,000	7,100	42,900	50,000





## 3. 国内電力会社の発電設備容量および年間需用電力量からの目標値算出

## 3.1 基本データ（2006年度）

- ① 10電力会社の合計発電設備容量
- ・ 発電設備容量 = 201,329MW (100.0%)
- ② 国内年間需要電力量
- ・ 年間需用電力量 = 889,422,776MWh (100.0%)
  - ・ 時単純平均需用電力 = 101,533MW (50.4%)
- ③ 最大需用電力と最低需用電力
- ・ 最大需用電力 = 179,280MW (89.0%)
  - ・ 最小需用電力 = 71,450MW (35.5%)

## 3.2 導入目標値

- ① 年間需用電力量の5%を風力発電設備から供給する場合
- ・ 風力年間発電電力量 = 44,471,139MWh
  - ・ 風力発電設備容量 = 25,383MW (設備利用率20%の場合)
  - ・ 風力発電設備容量 = 20,306MW (設備利用率25%の場合)
- ② 年間需用電力量の10%を風力発電設備から供給する場合
- ・ 風力年間発電電力量 = 88,942,287MWh
  - ・ 風力発電設備容量 = 50,766MW (設備利用率20%の場合)
  - ・ 風力発電設備容量 = 40,613MW (設備利用率25%の場合)
- ③ 発電設備容量の20%を風力発電設備とする場合
- ・ 風力発電設備容量 = 40,266MW
  - ・ 風力年間発電電力量 = 70,545,635MWh (設備利用率20%の場合)
  - ・ 風力年間発電電力量 = 88,182,043MWh (設備利用率25%の場合)

## 4. 日本全国の風力発電賦存量による目標値算出

これまで様々な賦存量が公表されているが、それぞれ推計の基となった風況データや前提条件が異なる。ここでは、日本風力発電協会で算定した、賦存量から目標値を試算する。

- ① 陸域賦存量
- ・ 高度60mにおける年間平均風速が6m/s以上、かつ1km<sup>2</sup>の面積の中で荒地、畑果樹園、その他の樹木園、海浜の割合が50%以上で、標高1,000m以下の面積=6,030km<sup>2</sup>
  - ・ 土地取得の可能性を50%、風車設置率を80%、2,000kW風車を10D×3Dで配置した場合の風力発電設備容量=25,149MW (12.5%)
- ② 洋上賦存量（水深30m未満：着床式）
- ・ 高度60mにおける年間平均風速が7m/s以上、水深30m未満、陸地から50km以内の面積=8,749km<sup>2</sup>
  - ・ 海面取得の可能性を10%、風車設置率を100%、2,000kW風車を10D×3Dで配置した場合の風力発電設備容量=9,114MW (4.5%)
- ③ 洋上賦存量（水深30m以上300m未満：浮体式）
- ・ 高度60mにおける年間平均風速が7m/s以上、水深30m以上300m未満、陸地から50km以内の面積=183,508km<sup>2</sup>
  - ・ 海面取得の可能性を1%、風車設置率を100%、2,000kW風車を10D×3Dで配置した場合の風力発電設備容量=19,115MW (9.5%)
- ④ 陸域（2MW機）+洋上（2MW機）賦存量
- ・ 陸域と洋上（2MW機）との合計風力発電設備容量=53,378MW (26.5%)
  - ・ 風力年間発電電力量 = 93,518,256MWh (設備利用率20%の場合)
  - ・ 風力年間発電電力量 = 116,897,820MWh (設備利用率25%の場合)



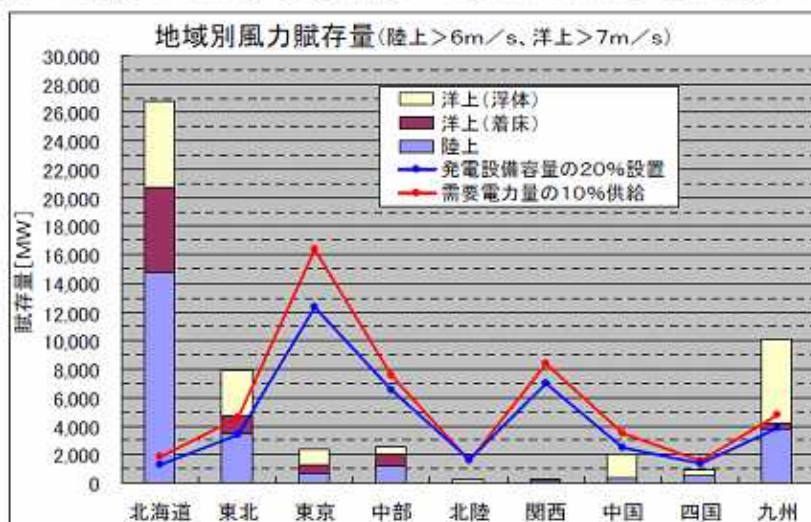
## 5. 電力会社（地域）別による目標値算出

## ① 地域別最低値の合計

- ・ 3. 項および4. 項にて算出した導入目標値を地域別に整理し、それぞれの最低値を合計した場合の**風力発電設備容量=17,073MW**（8.5%）
- ・ **風力年間発電電力量 = 29,911,898MWh**（設備利用率20%の場合）
- ・ **風力年間発電電力量 = 37,389,870MWh**（設備利用率25%の場合）

## ② 地域別の賦存量と発電設備容量および需用電力量

北海道：26,814MW、東北+東京：10,317MW、60Hz系：16,248MW



## 6. 2006年度までの単年度導入実績に基づく成長曲線による目標値算出

4. 項に示した、日本全国の賦存量は、53,378MWであるが、5. 項に示した地域別賦存量と発電設備容量や需要電力量を考慮すると、17,073MWとなる。

従って、気象予測システムと会社間連系線を活用した広域運用や、蓄電池システムによる変動緩和に加えて、電力貯蔵設備や送電線の新增設など種々の対策を実施することを前提に、オルタナティブ=25,000MW、ビジョン=50,000MWを設定した。

## ① ケースー1：リファレンスの前提条件

- ・ 陸上風力は、2006年度までの単年度導入実績（撤去機含まず）を維持する。
- ・ 洋上風力は、2011年から開始するものとし、陸上と同一の成長曲線を描く

**14,200MW**（7.0%）

**24,828,400MWh**（2.8%）：設備利用率20%の場合

**31,098,000MWh**（3.5%）：設備利用率25%の場合

## ② ケースー2：オルタナティブの前提条件

- ・ 陸上風力は、ケースー1と同一
- ・ 洋上風力は、2011年から開始するものとし、2020年には合計で約10,000MWを、また最終年度には合計で**25,000MW**（12.4%）に達する。

**43,800,000MWh**（4.9%）：設備利用率20%の場合

**54,750,000MWh**（6.2%）：設備利用率25%の場合

## ③ ケースー3：ビジョンの前提条件

- ・ 陸上風力は、ケースー1と同一
- ・ 洋上風力は、2011年から開始するものとし、2020年には合計で約10,000MWを、また最終年度には合計で**50,000MW**（24.8%）に達する

**87,600,000MWh**（9.8%）：設備利用率20%の場合

**109,500,000MWh**（12.3%）：設備利用率25%の場合

【太陽熱】

2050年の太陽熱利用の導入ポテンシャルの検討(試算)

ソーラーシステム振興協会

1. 導入ポテンシャルの考え方

- 1)住宅のストック数は人口動態、世帯総数の変化に追随するものとした
- 2)基本的にすべての住宅・建物に設置することを考えたが、不適地域を考慮して太陽熱を利用できる住宅、建物は総数の76%とした
- 3)住宅の暖房は気密・断熱性の向上や住宅の内部発熱で暖房負荷が大幅に軽減され多くがパッシブ暖房に移行すると考えた
- 4)ここではパッシブ暖房は対象にせず、集熱器を使った給湯とアクティブソーラー暖房を対象にして試算を行った
- 5)その他、太陽熱利用は冷房や発電、工業用などにも利用可能で増加するとみられるが、この試算からは除いた

1)人口と世帯数の推計

- 1)人口推計は国立社会保障・人口問題研究所「日本の将来推計人口、平成18年12月推計」の中位推計値を使った
- 2)世帯総数に対する住宅総数の割合は2005年と2050年で変わらないとした

項目		2005	比率	2050
人口	総務省統計局	127,768,000	0.745	95,152,000
人口構成	0~19歳	24,178,000	0.478	11,552,000
	65~74歳	25,761,000	1.641	37,640,000
	75歳以上	11,639,000		23,728,000
世帯総数	(世帯)	49,040,000	0.858	42,065,000

住宅総数	住宅計	46,863,000	0.858	40,197,637
建て方 (戸)	戸建て	26,491,000	—	20,098,818
	長屋建て	1,483,000	1.150	1,463,113
	共同	18,733,000	1.150	18,481,797
	その他	156,000	1.150	153,908
戸建/総数=		0.565		0.500

住宅への太陽熱利用のイメージ



2. 住宅

1)住宅の太陽熱給湯……住宅の総数から推定

- 1)2005年、2050年の人口動態と住宅総数、世帯数より住宅総数を推定した
- 2)住宅ストック数のうち戸建住宅が50%、集合住宅が50%になると仮定した
- 3)住宅ストック数の76%に何らかの太陽熱利用給湯が利用できることとし、戸建住宅の70%に太陽熱温水器、30%に住宅用ソーラーシステムが設置されると仮定した
- 4)戸建て住宅の太陽熱温水器は3㎡、住宅用ソーラーシステムは6㎡、集合住宅には2㎡の太陽集熱器が設置されるとした
- 5)一次エネルギーに換算するときの給湯機や暖房機の効率は将来改善されると見て90%とした

住宅総数の76%に設置できるとしたとき

住宅総数 戸(2050)	設置 割合	設置世帯数 (世帯)	機種比率	設置台数 (台)	集熱面積 (㎡)	基準集熱量(η=0.4)		ボイラー効率			
						MJ/年・3㎡	MJ/㎡・年	0.8	0.9	1.0	
40,198,000	0.760	30,550,480				2,721	2,177	太陽熱利用熱量(MJ/年)			
						ソーラーシステム振興協会	2,721	2,419	2,177		
						日射量比γ	総集熱面積 A*γ	PJ/㎡・年	PJ/㎡・年	PJ/㎡・年	
戸建住宅SW	0.500	15,275,240	0.70	10,692,668	3.0	1.00	32,078,004	87.3	77.6	69.8	
戸建住宅SS			0.30	4,582,572	6.0	1.00	27,495,432	74.8	66.5	59.8	
集合住宅25°	0.500	15,275,240	0.50	7,637,620	2.0	0.65	9,928,906	27.0	24.0	21.6	
集合住宅90°			0.50	7,637,620	2.0	1.00	15,275,240	41.6	36.9	33.2	
合計	—	30,550,480	—	30,550,480			84,777,582	230.7	205.0	184.5	
								年間利用熱量(PJ/年)			

2)住宅の太陽熱暖房

- 1)戸建住宅に限って太陽熱暖房ができるとし、集合住宅は太陽熱暖房の対象にしないこととした
- 2)住宅の暖房は主にパッシブソーラー暖房に移行し、アクティブソーラー暖房が戸建住宅の対象数の15%に導入されるとした
- 3)暖房のための平均集熱面積は10㎡/戸とし、暖房期間は年に4.5か月間と仮定した

	設置対象数 (世帯)	設置割合	設置世帯数 (世帯)	暖房用集熱 面積(㎡)	暖房期間 ヶ月	総集熱面積 (㎡)	ボイラー効率			
							0.8	0.9	1.0	
							太陽熱利用熱量(PJ/年)			
住宅用太陽熱暖房(戸建)	15,275,240	0.15	2,291,286	10	4.5	22,912,860	9.183E-07	8.163E-07	7.346E-07	
							21.0	18.7	16.8	
							年間利用熱量(PJ/年)			



### 3. 業務用

#### 1) 業務用の太陽熱給湯・・・給湯負荷の大きい業務用の建物総数から推定

- 1) 業務用施設総数の推計は2005年、2050年の人口動態、用途別建物ストック数より増減するとして推定した
- 2) 総施設数の76%に太陽熱給湯が導入できるとした
- 3) 建物の用途に応じて使用する太陽集熱器の面積を考慮した
- 4) 介護施設に関しては65歳以上の高齢者の増加の割合で施設が増加し、学校は若年者の人口に応じて施設が減少するとした
- 5) 従業員100名以上の事業所には、給食設備または手洗い設備や入浴設備のいずれかの給湯負荷があると仮定した

施設数の76%に設置できるとしたとき

	2005年 施設数	人口比	2050年 施設数	設置対象数 0.76	集熱面積(件) ㎡	総集熱面積 ㎡	ボイラー効率		
							0.8	0.9	1.0
							太陽熱利用熱量(PJ/年)		
							PJ/㎡・年	PJ/㎡・年	PJ/㎡・年
							2.721E-06	2.419E-06	2.177E-06
飲食店	417,706	0.745	311,076	236,418	10	2,364,178	6.4	5.7	5.1
宿泊業	86,953	0.745	64,756	49,215	100	4,921,460	13.4	11.9	10.7
公衆浴場	27,674	0.745	20,610	15,663	200	3,132,646	8.5	7.6	6.8
理容・美容所数	354,574	0.745	264,060	200,686	10	2,006,856	5.5	4.9	4.4
老人福祉・介護	43,285	1.641	71,024	53,979	100	5,397,857	14.7	13.1	11.7
病院・診療所(有床)	22,503	0.745	16,759	12,736	100	1,273,649	3.5	3.1	2.8
学校	46,141	0.478	22,046	16,755	100	1,675,473	4.6	4.1	3.6
全産業(従業員100名以上)	52,567	0.745	39,148	29,752	100	2,975,244	8.1	7.2	6.5
合計	1,051,403		809,478	615,203		23,747,364	64.6	57.4	51.7

出典:厚生労働省/総務省統計局/文部科学省

年間利用熱量(PJ/年)

#### 2) 業務用太陽熱暖房

- 1) 業務用の対象施設数の30%に太陽熱暖房が導入できるとした
- 2) 太陽熱暖房の対象となる施設の集熱面積は平均70㎡とし、暖房期間は4.5ヶ月間とした

	設置対象数 (件)	設置割合	設置数 (件)	集熱面積 (㎡)	暖房期間 ヶ月	総集熱面積 (㎡)	ボイラー効率		
							0.8	0.9	1.0
							太陽熱利用熱量(PJ/年)		
							9.183E-07	8.163E-07	7.346E-07
業務用太陽熱暖房	615,203	0.30	184,561	70	4.5	12,919,273	11.9	10.5	9.5
							年間利用熱量(PJ/年)		

### 4. 太陽熱利用の導入ポテンシャルのまとめ

#### 1) 2050年の太陽熱給湯

住宅用と業務用給湯合わせて10,852万㎡の集熱器の設置が可能で  
約262.5PJ/年のポテンシャルがある

太陽熱給湯の試算結果

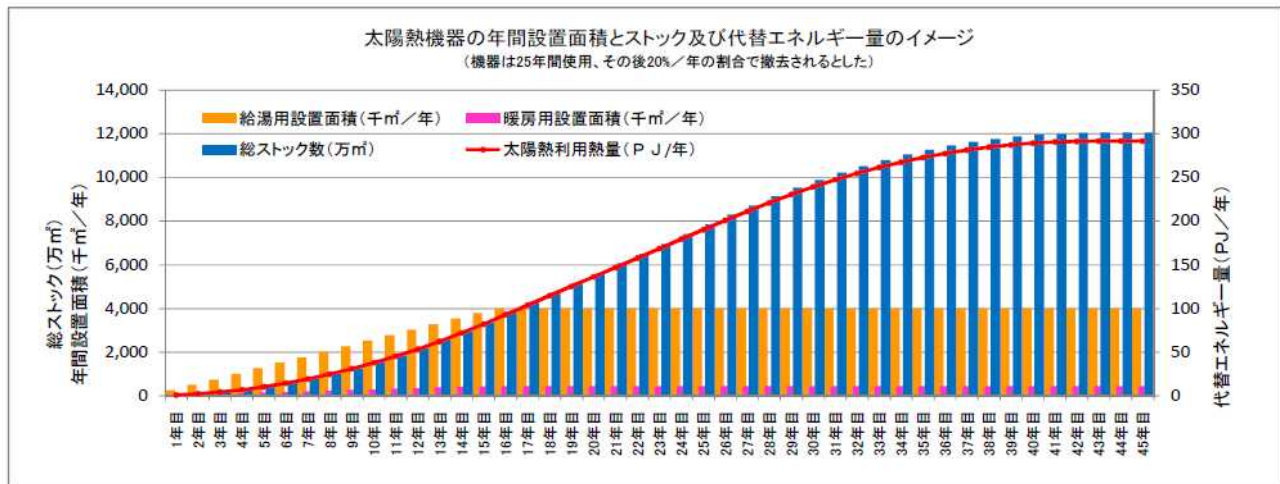
	代替エネルギー量(PJ/年)	集熱面積(㎡)
住宅用	205.0	84,777,582
業務用	57.4	23,747,364
合計	262.5	108,524,946

#### 2) 2050年の太陽熱暖房

住宅用と業務用暖房合わせて3,583万㎡の集熱器の設置が可能で  
約29.2PJ/年のポテンシャルがある

太陽熱暖房の試算結果

	代替エネルギー量(PJ/年)	集熱面積(㎡)
住宅用	18.7	22,912,860
業務用	10.5	12,919,273
合計	29.2	35,832,133





## 【バイオマス発電/熱利用/燃料】

## バイオマスによるエネルギー導入目標

環境エネルギー政策研究所

2008年2月21日

## 1. エネルギー利用量想定

## (1) バイオマスによる全エネルギー利用量

2050年の時点で想定する日本国内でのバイオマスによるエネルギー導入目標を[表1]に示す。ここでは、発電と熱利用のみに国産のバイオマスを利用し、運輸部門の輸送用燃料のバイオマスについては全量輸入することを仮に想定している。そのため本資料では、発電と熱利用における国産バイオマスによるエネルギー導入目標について検討を行った結果を示す。

[表1] 2050年自然エネルギービジョンにおけるバイオマスによるエネルギー導入目標

用途	電力供給 [億 kWh]	分散電源 [億 kWh]	電力量合計 [億 kWh]	発電設備容量 [百万 kW]	熱利用 [PJ]	燃料利用 [PJ]	一次エネルギー 換算[PJ]
発電	359	823	1,182	15.88			1,013
熱					715		715
燃料						1,072	1,072

## (2) 発電におけるバイオマス利用

[表1]の発電における電力量、設備容量の内訳を[表2]に示す。バイオマス発電による電力量は、電気事業者による電力供給が、熱電併給(コジェネ)が可能な自家発電や熱供給施設等の分散電源の半分以下という想定となっている。発電量に占めるバイオマスの割合は、電力供給では約1割弱、分散電源では約3割、合計では1割強となっており、分散電源に占めるバイオマス発電の役割が大きく見込まれている。分散電源においては、製紙・パルプ産業における黒液利用(2割強、国立環境研究所Bシナリオの黒液と同量を想定)に加えて、他の産業の自家発や地域熱供給の施設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と想定した。発電効率については、電力供給では高効率の石炭火力発電相当の48%、分散電源(コジェネ)では黒液の場合のみ43%、それ以外は40%と想定した。

[表2] 発電におけるバイオマス・エネルギー利用の内訳

	電力量 [億 kWh]	発電設備容量 [百万 kW]	発電効率	一次エネルギー換算[PJ]
電力供給	359	4.82	48%	323
分散電源	823	11.06	40% (黒液のみ 43%)	689 (内 158PJ は黒液)
合計	1,182	15.88	-	1,013

## (3) 熱利用におけるバイオマス利用

[表1]の熱利用について、部門ごとのバイオマス投入量の内訳を[表3]に示す。産業部門については、自家発と同様に、製紙・パルプ産業における黒液利用に加えて、他の産業における熱利用においても化石燃料に代わってバイオマス燃料が導入されると想定した。業務・家庭部門については、暖房・給湯・厨房にバイオマス燃料の導入を想定したが、高効率ヒートポンプ利用を大きく見込み、給湯に太陽熱を大幅に取り入れたことにより、バイオマスの熱利用

に必要なエネルギー量が国立環境研究所Bシナリオよりも小さくなっている。なお厨房は、業務・家庭とも、国環研Bシナリオと同様、バイオガスを利用する想定をしている。

産業部門では、製造業に加え、農業や建設業でのバイオマスの利用も増える。農業では近隣の山林から切り出された残材等の活用が広がり、農業系・畜産系バイオマスの利用が活発になると想定している。また建設業では、国産材利用による土木・建築が増え、マテリアル・リサイクルによるエネルギー利用が一般的になることを想定している。分散電源での熱回収効率についてはコジェネの効率を考慮し40%と想定した。

[表3] 熱利用の部門内訳

	一次エネルギー換算[PJ]
産業部門	380(内 100PJ は黒液)
業務部門	232
家庭部門	102
計	715

## 2. エネルギー供給可能量推計

### (1) エネルギー供給可能量

[表4]には国産バイオマスによるエネルギー供給可能量の推計結果を示している。バイオマスによるエネルギー導入目標で想定している発電(1,013PJ)および熱利用(715PJ)に必要なバイオマスの資源は、国内で賄うことが可能であることがわかった。なお発電および熱利用における製紙業の黒液利用については、製紙・パルプ産業で使用される木材も全て国産材を想定しているため、国産の木質系バイオマスの内訳に含まれるものとする。

[表4] 国産バイオマスによるエネルギー供給可能量の推計

バイオマス系統	バイオマス種別	バイオマス供給可能量(万トン/年)	一次エネルギー供給量(PJ/年)	発熱量係数(GJ/t)
木質系	林地残材・製材くず	1,350	249	15.60
	薪炭林	1,136	167	15.60
	建築廃材	1,440	265	15.60
	黒液	278	270	15.60
	古紙	826	137	14.10
農業系	稲わら	920	160	14.65
	もみ殻	126	21	14.65
	麦わら	82	13	13.60
畜産系	乳用牛	2,099	11	0.488
	肉用牛	1,854	10	0.488
	養豚	2,251	13	0.536
	排卵鶏	681	89	10.47
	ブロイラ	495	100	16.00
食品系	食品廃棄物	2,242	58	2.129
汚泥系	下水汚泥	7,976	26	0.279
作物系	エネルギー作物	-	190	14.65
	合計	23,756	1,779	

## (2) バイオマス供給の推計方法

- ・ バイオマス賦存量および発熱量係数は、NEDO「バイオマス賦存量・利用可能量推計 GIS データベース」の数字を参照した。
- ・ 木質系バイオマスのみは以下のとおり想定した。森林面積は現在と同じ 2,500 万ヘクタール、そのうち薪炭林が 20%、人工林(スギ・ヒノキ)が 30%、天然林が 50%と仮定。薪炭林は戦前と同様の 500 万ヘクタールが利用可能とし、成長量はヘクタールあたり 5 トンで計算、年間供給量は 2,500 万トンと推計。また人工林の面積はおおよそ 750 万ヘクタールとし、成長量は林地残材も全て使うことを考え、ヘクタールあたり 6 トンとして計算、年間供給量は 4,500 万トンと推計。また人工林はマテリアルフローで考え、最終的にはほぼ全ての木材がエネルギー利用されると想定した。

## (3) 木質系バイオマスの利用内訳

### 建築廃材

人工林の供給可能量 4,500 万トンのうち、40%が建築材として利用され、そのうちの 80%にあたる 1,440 万トンが「建築廃材」としてエネルギー利用されると想定。

### 林地算材・製材くず

人工林の残りの 30%にあたる 1,350 万トンは「林地残材・製材くず」としてエネルギー利用されることを想定。10%は不可能量。残りの 20%にあたる 900 万トンは製紙原料利用を想定。

### 薪炭林(エネルギー利用)

薪炭林の供給可能量 2,500 万トンのうち、約 45%にあたる 1,136 万トンがエネルギー利用のための「薪炭林」と想定。残りの約 55%にあたる 1,360 万トンは製紙原料利用を想定

### 紙

紙の年間生産量は約 2,830 万トン(国環研シナリオの想定)と想定し、その原料として、人工林 900 万トン、薪炭林 1,360 万トンのチップ、および回収古紙のうち約 1,440 万トンが使用されると想定。この結果「古紙」のエネルギー利用量は、826 万トンとなる。

### 黒液

「黒液」については、国立環境研究所Bシナリオの黒液投入量と同量とし、発電 158PJ および熱利用 100PJ に相当する。

以上