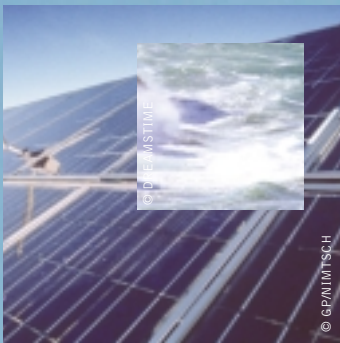


エネルギー [r]eボリューション

日本の持続可能なエネルギーアウトルック

要約版



GREENPEACE

目次 (要約版)

発刊に寄せて	3
序	4
要約	6

以下、報告書全文の内容

第1章 政策	
第2章 エネルギー [r]eポリューション	
第3章 エネルギー資源と供給保障	
第4章 コスト見通し	
第5章 エネルギー供給シナリオ	
第6章 日本のエネルギー [r]eポリューション・シナリオ	
第7章 政策提言	
付属資料	

エネルギー [r]eポリューション

原題：energy [r]evolution 日本の持続可能なエネルギーアウトルック 2008年6月発行

発行：グリーンピース・インターナショナル/欧州再生可能エネルギー評議会 (EREC)

シミュレーション (ベースはOECD太平洋地域シナリオ) : DLR, Institute of Technical Thermodynamics, Department of Systems Analysis and Technology Assessment, Stuttgart, Germany; Dr. Wolfram Krewitt, Dr. Sonja Simon, Dr. Thomas Pregger, Ecofys BV, (Demand Projection), P.O. Box 8408, NL-3503 RK Utrecht, Kanaalweg 16-G, NL-3526 KL Utrecht, The Netherlands; Wina Graus, Eliane Blomen

エネルギーモデル：MESAP/PLaNet

リサーチ協力：特定非営利活動法人 環境エネルギー政策研究所 (ISEP)
〒164-0001 東京都中野区中野4-7-3 TEL:03-5318-3331 FAX:03-3319-0330
<http://www.isep.or.jp> 大林ミカ、飯田哲也、松原弘直

欧州再生可能エネルギー評議会 (EREC) 担当者：Arthouros Zervos, Oliver Schäfer

グリーンピース・インターナショナル担当者：Sven Teske, Athena M. Ronquillo Ballesteros

グリーンピース・ジャパン担当者：鈴木真奈美、城川桂子、Mhairi Dunlop

プロジェクトマネージャー&主著者：Sven Teske, Greenpeace International

編集：Mhairi Dunlop

デザイン&レイアウト：Tania Dunster, Jens Christiansen, onehemisphere, Sweden

エネルギー [r]eポリューション (energy [r]evolution) の [r]eポリューションとは、英語のrevolution (革命) と evolution (進化) の2つの意味をかねています。[r]は、電気工学において電気「抵抗」(r: resistance) を表しますが、ここでは環境負荷を増大させるエネルギー政策に対する「抵抗」を意味しています。なお本書の文責は、グリーンピース・インターナショナルとグリーンピース・ジャパンにあります。

日本語版制作・発行：特定非営利活動法人 グリーンピース・ジャパン 要約版 2008年6月発行

〒160-0023 東京都新宿区西新宿 8-13-11 N・Fビル2F
TEL: 03-5338-9800 FAX: 03-5338-9817
<http://www.greenpeace.or.jp>

日本語版DTP制作：荒川俊児 印刷：アクティブサービス

[表紙写真] 青森に設置された「市民風車」。市民の出資で建設された大型の風力発電機が日本の各地で運転している。
[本頁写真] 水田に映る風車。5月半ばの北日本。

発刊に寄せて



将来のエネルギーは、これまでのような需給構造から脱却する必要があるとの認識が、いま、世界で高まりつつある。エネルギー安全保障だけが理由ではない。燃料の燃焼がもたらす汚染の抑止が急務であること、そして気候変動に対する取り組み、すなわち二酸化炭素をはじめとする温室効果ガスの大幅削減が強く求められているためだ。

この報告書シリーズは、もうすぐ実用化される、あるいは近い将来に実用化が見込まれている技術を幅広く検討し、示唆に富む将来シナリオを提供している。最新技術はもとより、現存する技術を十分に活用することが、温室効果ガスの排出を抑制するうえでもっとも効果的であるのは、誰もが認めるところだ。国際エネルギー機関（IEA）も、以前は単一のエネルギー・パス（道程）にもとづく需給予測だけだったが、いまでは将来の技術変革を取り入れた代替シナリオも作成するようになった。「気候変動に関する政府間パネル」（IPCC）の第4次評価報告書が、技術評価を横断的なテーマとして取り上げているのも、気候変動に対する緩和策と適応策にとって、どのような技術を選択するかが重要となるからだ。

気候変動対策の緊急性を示す科学的根拠は、ますます強固かつ確実になってきている。温暖化対策の成否は、現存する自然エネルギー技術の利用、エネルギー効率の一層の向上、分散型エネルギー技術の普及と選択肢の拡大などが、今後、どれほど進むかにかかっているといえよう。多くの文献や事例を調査・分析した本書は、エネルギー技術の導入を検討する際、有用な情報を提供してくれるだろう。この分野の関係者はもとより、これらの問題に関心をもつ一般読者も、本書から得るところが大きいに違いない。

2007年1月



R・K・パチャウリ博士

気候変動に関する政府間パネル（IPCC）議長

序

「自然エネルギーはすでに実証された技術であり、
導入を進めてきた国々によって十分な実績もつくりられている」



ドイツ北部ロストック港において、沖合い条件で試験運転中の独・ノルデックス社製風力発電機N90 2500。定格出力2.5メガワット。少なくとも10基の同型機が、2007年までにバルチック海の沖合20キロメートルの小島に設置される予定だ。

2007年夏、埼玉県熊谷市で観測史上最高の40.1℃を記録した。この記録も近いうちに更新されるだろう。大型台風の襲来や洪水など、このところの異常気象は誰もが実感しているにちがいない。これは世界的な傾向である。

地球は「奇跡の星」と呼ばれる。さまざまな偶然と二酸化炭素をはじめとする温室効果ガスのおかげで、地球は生命の棲める星になった。太陽系のなかで生命の存在が確認されているのはこの惑星だけである。46億年という地球の歴史のなかで、気温は大きな周期で幾度かの変化を経てきた。現在は暖かい時期（間氷期）にある。だが、いま危ぶまれている温暖化がこれまでの自然現象と異なるのは、100年ほどのあいだに気温が急上昇している点だ。2007年に発表された「気候変動に関する政府間パネル」（IPCC）の第4次評価報告書は、その原因は人間活動にあるとほぼ断定している。その主要なものはエネルギー（主に化石燃料）の大量消費である。

工業化にともない多くのエネルギーを使うようになった19世紀半ばから、大気中の温室効果ガス濃度が増え、とくに20世紀に入ってからは急激に増加している。IPCCはこのまま何も対策をとらずにいと、今世紀末までに世界の平均気温は最大6.4℃まで上昇すると予測している。

気候の激変に適応できず絶滅する生物種が増えるだろう。IPCCのモデルは、平均気温の上昇幅が2℃を超えると最大で30%の種が絶滅

し、それをさらに上回ると地球規模で重大な絶滅のリスクがもたらされると示唆している。そして熱帯性低気圧（台風やハリケーン）や集中豪雨、熱波、干ばつが頻発し、食糧や水の不足、海面上昇、感染症の増加など、危機的な状況が起こりうると警告している。

では温暖化が危険なレベルに至るのを防ぐにはどうすればよいのか。IPCCは気温の上昇を2℃未満に抑えること、そのためには世界の温室効果ガス排出の増加を2015年頃に頭打ちとし、その後減少へと向かわせる必要があると指摘する。残された時間は多くない。

日本の温暖化政策

1992年、気候変動に関する国際連合枠組み条約（気候変動枠組み条約）が採択され、それをより具体化した取り決めとして1997年に京都議定書が採択された。その後、米国の離脱や各国の利害調整に時間がかかり、議定書はようやく2005年に発効した。

こうして京都議定書の第一約束期間（2008～2012年、日本は2008年4月1日から）がスタートした。議定書は先進国に対し1990年を基準年として、この期間の削減目標を国別に課している。日本の削減義務は6%だ。しかし05年度（現時点で確定値が入手可能な最新年）は90年比で7.8%増と増加しているため、実際には約14%もの削減を達成しなければならない。

この国際公約を守るには、実効力のある「国内」対策を早急に行動

に移す必要がある。ところが日本政府の気候変動政策（「美しい星——クールアース50」）は、2050年までに世界全体で温室効果ガス排出を半減しようと提唱しているものの、自国の総量削減目標は出していない（2008年5月現在）。京都議定書目標達成計画に掲げられているのは、企業の自主行動と「1人1日1キロ削減」（「国民運動」）にみられる啓発活動、そして革新的技術の開発などで、法制的な措置を欠いている。これでは大幅な削減はとて望めない。

革新的技術には、たとえば高速増殖炉や炭素回収・貯留（CCS）のように、コストとリスクが高く、しかも半世紀たっても商業規模での実用化が疑問視されるようなものがあげられている。危険な気候変動の回避は、まさに時間との戦いだ。何十年か先に大規模な利用が可能になったとしても、それでは気温上昇を2℃未満に抑える役には立たないし、ましてや第一約束期間の目標達成には間に合わない。

90年代半ばから日本の温室効果ガスの排出量が増え続けているのは、発電部門からの二酸化炭素排出の増大に起因する。その原因のひとつは、課税率が低く比較的安価な石炭の利用が急増しているためだ。また日本政府は原子力発電が伸びることを前提に削減見込み量を算出しているが、電力の需給バランスや住民の反対などから増設は難しい。さらに事故や地震、不祥事などで原発の運転停止が相次ぎ、それが火力発電への依存を高め、結果的に二酸化炭素の排出量を増やしている。そこで政府は、いまある原発の設備利用率を最大88%まで引き上げることで目標を達成しようとしているが、現実にはここ数年の平均的な設備利用率は60%から70%前後と、88%にはほど遠い。原発に頼っていたのでは、確実な削減は達成できないだろう。

求められているのは実効力のある政策

排出が着実に減っている国々もある。たとえばドイツだ。同国は2003年までに1990年比で19%の削減に成功している。いくつかの理由が考えられるが、自然エネルギーの支援策を制度化することにより、その導入を大幅に伸ばしてきたのが効果をあげている。電力供給に占める自然エネルギーの割合は1998年から2007年のあいだに6%から12%へと倍増した。当初の目標は2010年までに12%だったから、3年も早く達成したことになる。ドイツ政府はこれを2020年までに20%以上に拡大することを目指している。おそらく目標はさらに引き上げられるだろう。

いっぽう日本はというと、電気事業者に自然エネルギーの利用を義務付けた、いわゆるRPS法（Renewable Portfolio Standard、「電気事業者による新エネルギー等の利用に関する特別措置法」）が掲げる目標は、2010年度で販売電力量の1.35%、2014年度でも同1.63%ときわめて低い。本来なら自然エネルギーの普及を促進するはずのRPS法が、逆にその成長を阻んでいるのだ。

1990年当時、日本とドイツの風力発電事情は大差なかった。その後、政策の後押しで市場が拡大したドイツでは、風力発電の設備容量が急増し世界のトップランナーになった。太陽光発電でも、かつてのリーダーだった日本を抜いて世界一に。2007年には、天候がよい日は自然エネルギーの発電量が原発のそれを上回るまでに成長し、安定した供給源となっている。さらに自然エネルギー産業は、ドイツの経済や雇用にも貢献している。

自然エネルギーはすでに実証された技術であり、導入を進めてきた

国々によって十分な実績もつくりられている。その普及は技術ではなく、政策の問題である。

日本のエネルギー[r]eポリューション・シナリオ

グリーンピースは環境エネルギー政策研究所（ISEP）の協力を得て、日本のエネルギー需給のあり方を再構築するため本シナリオを作成した。このシナリオは二酸化炭素の大幅な削減を短期間で達成するとともに、エネルギーを合理的な価格で安定供給できること、そしてそれが日本経済にとっても有利になることを明らかにしている。エネルギー部門の変革は急務である。そこでここでは、すで実証されている自然エネルギーや分散型の効率的なコジェネレーション技術を中心に評価した。「二酸化炭素を排出しない」（すなわち炭素回収・貯留）技術や原子力発電は含んでいない。また本報告書の基底をなす自然エネルギーの潜在的可能性は、ISEPが2008年2月に発表した「2050年自然エネルギービジョン」のデータを用いた。

本シナリオの作成にあたりドイツ航空センター（DLR）にシミュレーションを委託した。まず国際エネルギー機関（IEA）の2007年度版『世界エネルギーアウトック』にある2030年までのエネルギー需給見通しを、DLRが開発したMESAP/PlaNetモデルを用いて2050年まで延長し、これをレファレンス・シナリオ（基準シナリオ）とした。次にISEPが自然エネルギーとエネルギー効率について、現存する最高水準の技術と将来実用化が見込まれている技術を積極的に導入した場合、それらがどれくらい進展するかを評価した。それを先のモデルを用いて2050年までシミュレーションしたのが、この代替シナリオである。その結果、2050年には日本の一次エネルギー需要は53%減少し、電力需要の60%以上が自然エネルギーでまかなわれ、二酸化炭素の排出は77%削減できることが示された。

シナリオを現実に

地球温暖化の進行をとめるには、社会の各層でさまざまな行動を起こすことが求められている。なかでもエネルギー政策の見直しは最重要課題のひとつであり、その実現には政治への働きかけが不可欠だ。それを可能にするのは世論、つまりは一人ひとりのチカラである。

星川 淳

グリーンピース・ジャパン
事務局長

飯田哲也

環境エネルギー政策研究所
所長

スヴェン・テスケ

グリーンピース・インター
ナショナル 気候&エネル
ギー・ユニット

要約

「自然エネルギーは、地球のどこでも利用可能な技術であるだけでなく、
世界で現在消費されているエネルギー量のおよそ6倍を、それも永久に供給できる」



インド南部タミルナドゥ州オーロヴィルにあるソーラーキッチンに設置されている太陽熱集熱器。太陽光の熱で、一日2000人分の食事をまかなっている。オーロヴィルは世界の100あまりの国や地域から集まった人々が協働する実験型エコヴィレッジ。住民は環境再生、有機農業、代替エネルギー、村づくり、劇、音楽、芸術などの活動に従事している。

気候変動の影響と対策

大気中の温室効果ガス濃度は上昇し続けている。気候変動はすでに生態系を乱し、その影響で年間およそ15万人が死亡している。世界の平均気温が2℃上昇すると、飢餓、マラリア、洪水、水不足などのリスクがいっそう高まり、何百万もの人びとが脅威にさらされる。気温上昇の影響を許容しうる程度に抑えるためには、温室効果ガスの排出を大幅に削減しなければならない。これは環境的にも経済的にも、理にかなったことである。温室効果ガスのなかでその影響がもっとも大きいのは、化石燃料の燃焼で発生する二酸化炭素であり、その削減が重要となる。

近年の石油価格の高騰にあおられ、エネルギー安全保障は最大の政治課題となっている。高騰をもたらしている原因のひとつは、化石燃料——石油、ガス、石炭——の埋蔵量に限りが見えはじめ、生産コストが増大していることにある。「安価な石油とガス」の時代は終わろうとしている。原子力発電の燃料であるウランもまた有限の資源だ。これに対して自然エネルギーは、地球のどこでも利用可能な技術であるだけでなく、世界が現在消費しているエネルギー量のおよそ6倍を、それも永久に供給できる。

自然エネルギー源には、風力、バイオマス、太陽光、太陽熱、地熱、潮汐力、水力などがある。その技術は多種多様で、成熟度や経済性に違いがあるものの、どれもますます魅力的になっている。共通するのは温室効果ガスをほとんど、あるいはまったく排出しないこと、そしてその「燃料」が自然界のなかに無尽蔵に存在することだ。すでに市場競争力をもつものもある。化石燃料価格の上昇が続く、二酸化炭素の排出削減効果に金銭的価値が付加されるようになれば、自然エネルギーはその技術の向上とあいまって、経済的にも有利となるだろう。

自然エネルギーは、エネルギー効率化技術と組み合わせることにより、現在と同水準のエネルギーサービスを提供しながら、エネルギー消費の大幅削減も可能にする大きな潜在力がある。本報告書は、産業、家庭、ビジネスなどで利用できるエネルギー効率化技術についても言及している。原子力は発電時に二酸化炭素をほとんど排出しないが、ウラン採掘から加工、輸送を含むすべての過程で放射線被曝や汚染、核兵器拡散、処分のしようがない核廃棄物、大事故といったリスクをはらむ。そのため、本報告書では選択肢から外している。将来のエネルギー需要は、熱供給と電力供給の両面において自然エネルギー源の利用を拡大することでまかなえるだろう。

アイスランド北西部レイキャヴィーク近郊の地熱施設。地熱活動を発電や熱供給に利用している。



エネルギー[r]eポリューション

気候変動は「エネルギー革命」をいや応なしに迫っている。エネルギー[r]eポリューションの主眼は、エネルギーの生産・流通・消費のあり方を変えることにある。移行は次の5原則にのっとって進められる。

- 自然エネルギーの利用を、とくに分散型システムの拡大を通じて増大させる
- 自然の限界を尊重する
- 持続不可能で汚いエネルギーを段階的に廃止する
- 資源利用における不公平を是正する
- 経済成長と化石燃料消費を切り離す

分散型エネルギーシステムでは、電力や熱は最終消費地の近くで生産されるため、変換や送配にともなう損失が少なくすむ。現在、世界では20億人が電気にアクセスできずにいる。これらの人々に電気を提供するうえで、分散型システムはエネルギー[r]eポリューションの中核となるだろう。

日本のエネルギー[r]eポリューション・シナリオ

本報告書では、2050年にいたる2つのエネルギー・シナリオを取り上げている。レファレンス・シナリオはIEAの『世界エネルギー展望2007年版』（『WEO2007』）の地域シナリオに、2030年以降の予測を追加したものだ。エネルギー[r]eポリューションの世界シナリオは、平均気温の上昇を2℃未満に抑えるため、2050年までに一人あたりの二酸化炭素排出量をおよそ年1トン以下に減らし、世界の総排出量を1990年比で50%削減することを目標としている。日本シナリオは、国内総排出量を2020年までに26%、2050年までに最大77%削減することをめざしている。

これらを達成するため、シナリオはエネルギー効率向上のもつ潜在的可能性を最大限に追求することに重点を置いている。また熱供給と発電の両面で、費用効率の高い自然エネルギーや、持続可能なバイオ燃料の生産についても評価している。2005年現在、日本の一次エネルギー需要に自然エネルギーが占める割合は3.2%である。バイオマスはもっぱら暖房とコジェネレーションに、地熱と水力は主に発電に使われている。日本で利用される自然エネルギー源の大半がこれらで占められている。自然エネルギーが発電に占める割合は9.6%で、また熱供給に使われる一次エネルギー需要の2.6%に寄与している。化石燃料は依然として日本の一次エネルギー供給の85.8%を占める。

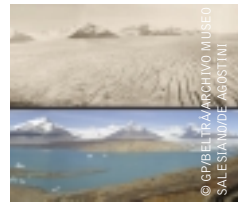
エネルギー[r]eポリューション・シナリオは、現在のエネルギー供給システムから持続可能なシステムへ移行するための道程を提示している。

- レファレンス・シナリオでは、2050年の一次エネルギー需要は年2万2235ペタジュール（2005年）から2万3940ペタジュールに増大する。これに対しエネルギー[r]eポリューション・シナリオでは、エネルギー効率のもつ潜在的可能性を追求することで、需要は年1万459ペタジュールまで減る。重要なのは一次エネルギー需要の大幅な削減である。これによりエネルギー供給全体に占める自然エネルギーの割合を増やすことができ、化石燃料の消費削減も可能となる。
- 産業部門におけるコジェネレーション（熱電併給、CHP）の利用拡大は、供給システムのエネルギー転換効率を向上させる。コジェネレーションではバイオマスと地熱が安定的に使われるとともに、ガスを中心とする化石燃料の利用が増える。地域冷暖房システムへの適用には限りがあるため、他の部門においてはコジェネレーションの拡大は一定規模にとどまるだろう。
- 自然エネルギーをもっとも利用するのは発電部門となる。2050年までに電力の60%以上が自然エネルギーによってまかなわれ、設備容量は205ギガワット、総発電量は年523テラワット時となるだろう。
- 熱供給部門における自然エネルギーの割合は増え続け、2050年までに47%以上となる。とりわけ冷暖房に直接利用する在来型システムはバイオマス、太陽熱温水システム、地熱に、また伝統的なバイオマスは高効率化された最新のバイオマスに取って替わられるだろう。
- 運輸部門において、現在、大規模な利用が可能な自然エネルギー技術はバイオ燃料だけである。しかし、バイオ燃料市場は近年、急速に拡大しており、その持続可能性が疑問視されている。持続可能性は、エネルギー[r]eポリューション・シナリオ全体を展開していくうえでの支柱である。その観点からは、たとえばバイオ燃料用の作物栽培のために森林破壊が進み、その結果、食料の安全保障が脅かされたり、二酸化炭素の排出が増大したりするようなことがあってはならない。日本シナリオでは、バイオ燃料と電気自動車の利用が普及するのは、効率向上のもつ潜在的可能性が最大限に追求される2020年以降としている。
- 2050年までに、一次エネルギー需要の40%以上が自然エネルギーによってまかなわれるようになるだろう。

自然エネルギーを経済的に魅力あるものに成長させていくためには、それらをバランスよく、かつタイムリーに導入していくことがきわめて重要となる。その進展は自然エネルギー源のポテンシャル、実コストとコストダウンの可能性、そして技術の成熟度にかかっている。

エネルギー起源の二酸化炭素排出量の推移

レファレンス・シナリオでは、日本のエネルギー起源の二酸化炭素排出量は2050年までに8%減少するが、持続可能な道程とはかけ離れたものとなっている。これに対しエネルギー[r]eポリューション・シナリオでは、2005年に11億3500万トンだった排出量が、2050年には2億7500万トンに減少する。一人あたりの排出量は、年8.9トンから2.7トンに減少する。今日、最大の排出源は発電部門だが、2050年には総排出量の約39%になるだろう。



コスト

電力需要が増大すれば、社会が電力供給に費やすコストも大幅に上昇せざるをえない。レファレンス・シナリオでは、日本の電力需要は増大の一途をたどり、さらに化石燃料価格と二酸化炭素の排出価格も上昇するとしている。そのため電力供給コストは現在の年920億ドルから2050年には1380億ドルと、大幅に増加すると予測している。一方、エネルギー[r]eポリューション・シナリオは、二酸化炭素の排出削減目標の達成に資するだけでなく、エネルギー・コストを安定させ、社会の経済負担も軽減する。エネルギー利用効率の向上と、自然エネルギーへの移行によって、長期的には電力供給コストも低減するだろう。厳しい環境目標をクリアすることは、経済的にも有益であるのは論を待たない。

エネルギー[r]eポリューションを実現し気候変動を回避するため、グリーンピースは日本のエネルギー供給部門に以下の施策を講じるよう求める。

- 化石燃料と原子力に対する補助金の段階的廃止と、「外部コスト」^{*}の内部化
- 自然エネルギー拡大に向けた法的拘束力のある目標設定と、それを達成するための実効力のある新制度の法制化
- 投資者への一定かつ安定した利益還元
- 自然エネルギー発電事業者による系統接続の優先化

※訳注：核燃料や化石燃料などを使って発電したときに発生する環境コストや社会コストなどをさす。これらのコストは価格に適正に反映されていない。

図1 エネルギー[r]eポリューション・シナリオにおける日本の一次エネルギー需要の推移

（「効率化」=レファレンス・シナリオと比べた低減分）

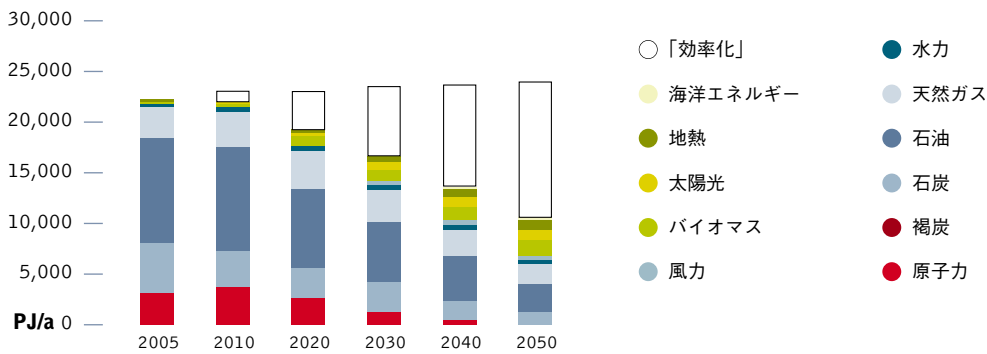
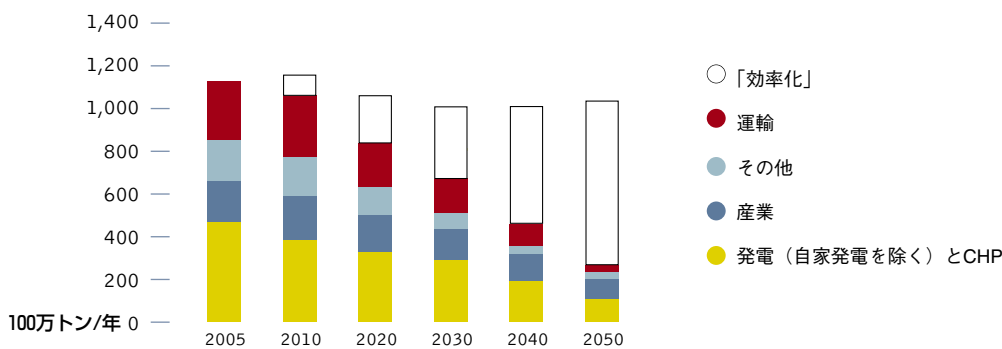


図2 エネルギー[r]eポリューション・シナリオにおける日本の部門別二酸化炭素排出量の見通し

（「効率化」=レファレンス・シナリオと比べた低減分）



政策提言

表1 政策決定者への提言

		単位	目標値 2020年	目標値 2030年	目標値 2050年
気候変動					
- CO ₂ 削減率（1990年比）	法的拘束力のある目標数値の設定	%	25%	40%	80%
電力供給					
- 自然エネルギー比率	法的拘束力のある目標数値の設定	%	20%	30%	65%
一次エネルギー供給					
- 自然エネルギー比率	法的拘束力のある目標数値の設定	%	10%	20%	40%