



# 原発にも化石燃料にも頼らない 日本の気候変動対策ビジョン

## 【シナリオ編】

省エネルギーを最大限に活用した  
2050年の温暖化対策シナリオ

2014.3

## 目次

概要	2
はじめに	3
1. 現状の把握と問題意識	3
1.1 回避しなくてはならない悪影響とリスク	3
1.2 省エネルギー対策技術の進展について	4
1.3 持続可能な社会に向けた産業・社会構造の転換	7
2. 2050年への社会のビジョン	7
3. シナリオの方法論と想定	8
3.1 省エネルギー技術の想定（表1）	8
(1) まだ見ぬ新技術についての考え方	8
(2) 商業化された技術について	8
3.2 再生可能エネルギーの想定（表2）	10
3.3 燃料転換（表2）	10
3.4 原子力発電, その他技術について（表2）	10
3.5 活動量について（表3）	10
3.6 ケース分けについて（表4）	11
4. 試算結果	12
5. 試算結果の考察	15
5.1 試算結果について	15
5.2 先行研究との比較による考察	15
6. モデル試算を踏まえた提言	16
付録表	18

## 概要

深刻化する気候変動は、私たち人類にとってこれからの大きなリスクとなっている。また、化石燃料へのこれ以上の依存には、資源枯渇をはじめとするリスクが、さらに、原子力発電には、福島原発事故で経験することになった様々なリスクがある。持続可能な未来への選択肢を考えるには、これらのリスクや制約要件を踏まえることが重要である。

日本ではオイルショック以降、各分野で省エネ技術開発が進み、設備機器の更新時期も迎え、省エネを進める好機にある。現在の工場、オフィスなどにおけるエネルギー効率には大きなばらつきがあり、省エネ効率向上の余地が多くあることを示している。商業化された技術を中心にした単なるエネルギー効率向上に止まらず、システム全体での省エネの余地も注目される。

本レポートでは、気候変動・原子力・化石燃料にまつわるリスクと制約を踏まえつつ、持続可能な気候変動対策のビジョンとして、省エネルギー・再生可能エネルギーを軸としたシナリオの検討を行っている。シナリオの検討では、ボトムアップのモデルを使用し、商業化された技術のみの導入を見込んだ保守的な想定の場合を中心に行っている。また、資源利用の在り方が変化することによるスリム化と、限定的に新技術を織り込んだもう一つのケースも検討した。

試算の結果、商業化された技術の導入のみを見込んだケースであっても、2020年に1990年比25%、2050年比80%の削減が可能であることが示され、発電部門、産業部門においてより大きな削減余地が見いだせることが明らかとなった。さらに、これらの対策は、現在約25兆円にも及んでいる化石燃料輸入費用の大幅な削減が見込まれ、それらが国内で循環する経済的なメリットが生じることも着目される。

技術的に大幅削減が可能であるということ、それも、原発と化石燃料依存からの転換が可能であるという結果は、これからの日本で気候・エネルギーに関する政策判断を行う際に重要であり、これらを実現することが、福島第一原発事故から3年を経た現在の日本の取るべき方向性である。

本報告書は、2013年度三井物産環境基金研究助成を受けて実施した共同研究「2030年の省エネ・エネルギー効率向上の可能性分析と政策研究」の成果の一環として、2013年環境経済政策学会2013年大会、エネルギー・資源学会第30回エネルギーシステム・経済・環境コンファレンスでの論文発表を踏まえて、気候ネットワークが取りまとめるものである。

共同研究者：平田仁子（気候ネットワーク）、外岡豊（埼玉大学）、歌川学（産業技術総合研究所）

## はじめに

気候変動の進行と、将来にわたるさまざまな深刻な悪影響については、複数の機関が厳しい実情と警告を発しており、そのリスクはより顕著になっている<sup>i</sup>。また、化石燃料は、気候変動の主要な要因であるだけでなく、その継続利用は、極めて不安定な資源価格に依存することとなると考えられる<sup>ii</sup>。化石燃料依存への経済的なリスクについては、2011年からのエネルギー価格高騰によって、日本でもその問題点が改めて認識されているところである。さらに、2011年3月の東京電力福島第一原発事故により、私たちは原子力発電の大きなリスクがあることを確認させられることとなった。事故以来、エネルギー問題への関心は高まり、原発に依存しないエネルギー社会の実現を求める声が高まっている<sup>iii</sup>。こうした状況を受け、気候変動及びエネルギー政策では、気候変動のリスクと同時に、原子力発電や核廃棄物のリスクを回避し、化石燃料消費削減、鉱物資源消費の削減を同時に実現する解の検討が求められている<sup>1)</sup>。

しかし、民主党政権下の2012年には、エネルギー政策の再検討と国民的議論が行われたものの、同年末の自民党政権復活の後には、気候変動とエネルギーを一体的に検討する動きは鈍り、原発事故後3年を経ても、日本の具体的な方針は定まらないという惨憺たる状況にある。

これまで、気候変動政策及びエネルギー政策を決定する際に行われてきた国の審議会等では、日本のエネルギー需給や温室効果ガス排出量の将来予測の検討については、省エネ対策技術の普及を限定的な調査範囲でしか見込まず、原発利用を前提に、産業構造を現状のまま延長することを前提としたシナリオが多用されてきた。その傾向は、原発事故後になされた将来予測の検討においても、大筋変わっていない<sup>iv</sup>、一方、原発事故後、エネルギー転換についてより積極的に検討した分析もなされてきた<sup>2)3)4)5)6)7)</sup>。この中には、原発縮小・廃止と温室効果ガス排出削減を両立させるシナリオも検討されている<sup>3)4)5)6)7)</sup>。

本報告書は、こうした先行研究を踏まえ、原発縮小下の持続可能な社会を展望するビジョンの下、日本の中長期の気候変動政策・エネルギー政策の方向性を示すシナリオ検討の結果を報告するものである。これを一つの材料に、2020年、2030年、2050年に向けたビジョンについて活発な議論が行われ、実効性の高い戦略、政策が構築されることを望みたい。

研究代表 平田仁子

## 1. 現状の把握と問題意識

### 1.1 回避しなくてはならない悪影響とリスク

気候変動問題を始めとする地球環境問題や環境破壊の実態は極めて深刻であり、将来世代にもたらされるさらなる悪影響やリスクを回避する気候変動・エネルギー政策を選択していくことは不可避である<sup>1)</sup>。

私たちが直面する課題の第1は、気候変動の悪影響の防止である。国際的には、世界の平均気温上昇を産業革命前から2°C未満とすることが提案され、この目標は国際合意文書にもたびたび盛り込まれている<sup>v</sup>。また、気温上昇を産業革命前から2°Cから2.4°Cの上昇の範囲に止める場合、世界のCO<sub>2</sub>排出量のピークを2015年までに迎えてその後は削減に向かわせ、また、2050年には2000年比50~85%削減（IPCC第4次報告で50~85%削減）することが求められる。そのための先進国の分担では温室効果ガスを2020年に25~40%削減（1990年比）、2050年に80~95%削減（同）することが必要であり、その水準が国際的な目標の目安となっている。この水準の対策を行わなければ、対策費用を大きく上回る適応コストがかかると警告されている。

課題の第2は、化石燃料リスクである。今後、化石燃料資源は枯渇に向かうことから、IEA（国際エネルギー機関）は価格が上昇して行くと予測している。また、それだけでなく、中国をはじめとした新興国を中心にした途上国における需要増により、急な価格高騰や供給途絶などのリスクもある。日本では、2011年の福島第一原発事故後、化石燃料の中でも原油と天然ガスの価格が2010年度比で4~5割も高騰し、2012年度の日本の化石燃料輸入は、価格総額は約25兆円と約3割増加した。このうち、原発事故以降の節電や省エネの進展により、2012年度の輸入量は2010年度比5%の増加に止まっており、価格高騰要因が負担を大きくする要因となっている。25兆円という輸入額は、国内GDPの5%に相当し、極めて大きな額である。さらに、化石燃料消費では先の気候変動以外にも、大気汚染をはじめとした有害物質汚染の問題がある。とりわけ石炭では多数の有害物質を排出するためその問題が大きい。海底油田やシェールガスなどの非在来型化石燃料でも地域の環境汚染の問題が顕在化しつつある。

課題の第3は、原子力発電のリスクと放射性廃棄物の問題である。東京電力福島第一原発事故で、周辺広域が高濃度に汚染され、広範囲の住民が長期的な避難を強いられることになっている。また、避難できない地域の人々は放射線被曝にさらされており、今後の健康被害の増加が懸念される。除染や避難からの復帰の見込みが立たない地域も多く、農林水産業などの復興はさらに時間がかかるとみられる。世界でもとりわけ地震の多い地域になお48基もの原発が立地する日本では、事故リスクも他地域より高くなっている。加えて、仮に事故がなくても放射性廃棄物を10万年以上など長期にわたって安定的に保管することが求められるが、その対応策には全く着手できていない。

これからのエネルギー・環境のシナリオや政策を検討する際には、これらの課題を十分に踏まえることが必要であり、本研究でもこれらを十分踏まえることとする。

## 1.2 省エネルギー対策技術の進展について

日本のCO<sub>2</sub>排出量は、約3分の2を電力部門と産業部門が占めており（直接排出・図1の内円）、残り約3分の1を運輸部門、業務部門、家庭部門などが占めている。これらの各部門では、同じ業種に属する施設や工場のエネルギー原単位やCO<sub>2</sub>原単位を比較すると大きなばらつきがあり、高効率のところとそうでないところとの差が大きく、対策によってCO<sub>2</sub>を削減できる大きな可能性が見いだせる<sup>vi</sup>。省エネ法（エネルギー使用の合理化に関する法律）において設定さ

れる主要業種のベンチマーク<sup>iii</sup>に対する各事業所の効率にもばらつきがあり、その達成を見込むだけでも大幅な削減が期待できる（図2）。

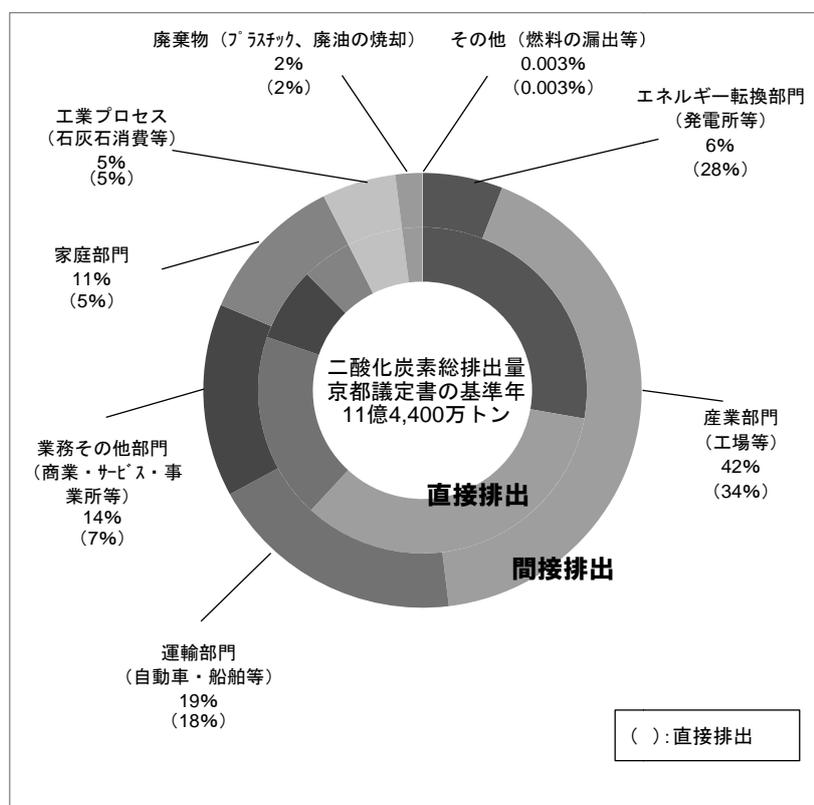


図1 2011年度の部門別CO2排出量のシェア

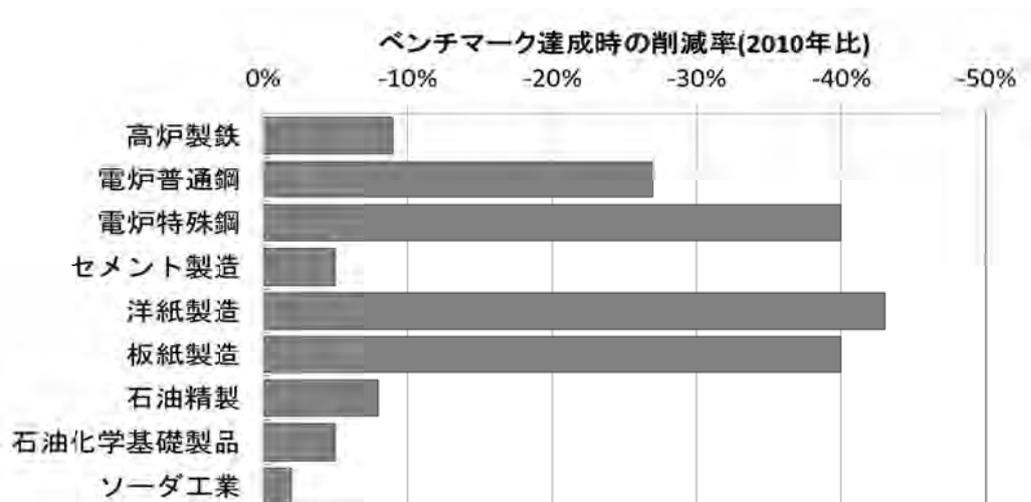


図2 省エネ法のベンチマークを達成した場合のエネルギー削減率

また、省エネ対策面では、石油危機以降の多くの省エネ技術開発により、著しい進展が見られ、格段に進んだ優良技術が商業利用可能になっている。第二次石油危機当時に、当時の最新式の省エネ技術として導入した設備が更新の時期を迎えている好機でもある。

発電部門では、かつての蒸気タービンのみによるLNG火力発電は、発電効率40%を下回っていたが、1990年代から、コンバインドサイクル発電により50%を超える発電効率(高位発熱量)になり、最新型では、53~54%に上っており、排熱利用分を除いても従来型に比較して25~30%の発電用燃料の削減が可能になっている。

産業部門では、新しい生産技術とともに、インバータ化技術や台数の制御、部分的・極所的なオーバースペック分の排除、熱利用では排熱回収技術の普及、熱のカスケード利用、蒸気系の断熱などにより、個別機器・設備の効率を向上させる対策による省エネに加え、システム全体の効率を大幅に向上させることが可能になった。

業務・家庭部門においては、冷凍空調と照明も省エネ技術の向上が著しい。照明では大震災後、照度を下げても問題ないことが確認され、LED導入とあわせて大幅な省エネが既に実現されているが、有機ELのような新技術の実用化にも期待が大きい。冷凍空調では、石油危機以降の導入設備が老朽化し、更新により大幅な効率改善が可能になっている。また、クリーンルームやデータセンターなど冷凍空調設備を多用するエネルギー多消費施設の運用では、温度湿度設定範囲を機器や生産物に悪影響のない範囲で緩めることで、仮に旧型空調機器を更新しない場合でもエネルギー消費量の30~40%の大幅削減を得るケースもある。旧型空調機器の最新省エネ型への更新とあわせて実施すればエネルギー消費量が半減以下になる場合もある。

建築の断熱、遮熱技術も近年大きく改善している。BEMS(ビル・エネルギーマネジメントシステム)、HEMS(ホーム・エネルギーマネジメントシステム)、CEMS(シティ・エネルギーマネジメントシステム)によるエネルギー情報と需給管理制御の改善、コミッショニングによる最適設備更新等も効果が期待できる。

運輸部門では、自動車の技術では、ハイブリッド車等の最新技術もあるが、ガソリン乗用車にも1990年代よりも2割以上の燃料消費削減の可能な車がある。また電気自動車の普及にも期待ができる。

日本では、石油危機以来「省エネ先進国」とうたわれ、更なる技術普及による省エネの余地は小さいと考えられてきた。今日までこの後遺症を引きずる傾向があるが、四半世紀以前の努力による省エネ技術が設備としても更新の時期を迎えていることから、優良な省エネ技術やシステムを確実に普及する投資回収年の短い省エネ対策を実施する余地が大きくなっている。

再生可能エネルギーは、その多くに燃料コストがかからず、環境負荷が小さく、さらに諸外国の事例から、導入拡大につれてコストが低下していくと見込まれている技術である。従来のポテンシャル予測でも、日本の電力消費を上回る再生可能エネルギー電力供給の可能性が指摘され、今後の大幅拡大の余地がある。加えて、再生可能エネルギー熱利用の普及により、低温熱利用を中心に大きな可能性がある。将来は日本においても再生可能エネルギー100%が可能という試算も検討されている<sup>4)</sup>。

さらに、脱化石燃料に向けた過渡的な対応として、石炭から天然ガスへの燃料転換により、発電所の排出を大きく削減することが可能である。1990年以降、火力発電(自家発を含む)、産業用蒸気、産業部門の熱利用で石炭の割合が増加していることから、その削減余地も大きい

と言える。なおこの場合でも、省エネを進めることによって、天然ガス消費量は現状程度に抑えることが可能である。

### 1.3 持続可能な社会に向けた産業・社会構造の転換

日本の産業・社会構造は、2050年に向かって社会のニーズに合わせて転換されていくと考えられる。既に石油危機以降の日本の産業・社会構造の変化のトレンドとして、製造業の売上高比や雇用者数比において、資源やエネルギーを大量消費する産業から、資源やエネルギーの利用が少なく付加価値が高い産業へシフトしている傾向が見られる。インフラのストックが充足した成熟社会となった日本では、今後この傾向が一層加速することが考えられる<sup>viii</sup>。

運輸においても、公共インフラを拡張整備し、車や飛行機の利用が増加していくという従来型モデルからの変化が進み、単なる機器の効率化だけでなく輸送距離短縮・効率化、輸送機関分担の変化、在庫管理などロジスティクス全体を通じた省エネが得られると考えられる。

また、資源制約の観点から、石油製品や素材利用などの材料資源の有効活用・抑制が要請され、それにあった産業活動と地域貢献へのシフトが起こっていくことが見込まれる。

## 2. 2050年への社会のビジョン

ここまでで紹介した問題認識、社会の制約要件を踏まえ、2050年に向けた日本のビジョンを以下のように整理する。

- 気候変動対策に関しては、世界5番目の排出国である先進国として、また、一人あたり排出量が世界平均よりもはるかに大きい国として、日本が将来世代に対し大きな責任を有するとの認識に立つ。グローバルな問題解決には世界全体で排出削減に取り組む必要があり、途上国の持続可能な発展に資する技術の移転や資金供与への日本の役割は大きい。そのため、日本が国内において積極的かつ計画的に気候変動対策を先んじて実施し、国内企業の更なる技術開発を促し、低炭素社会を実現していかなければならない。その経験と技術の国際的波及を通じて、日本は世界の国々をけん引する役割を担う。
- 日本の責任の水準としては、国際的に共有される、温室効果ガス排出量を1990年比で2020年に25%、2050年に80%以上削減することが妥当であり、エネルギー起源CO<sub>2</sub>でも同水準の目標を満たすことが求められるものとする。
- 日本が直面するさまざまなリスクと制約を踏まえ、原発には依存せず、かつ化石燃料依存を低下させながら、省エネルギーと再生可能エネルギーを軸とした持続可能なエネルギーシステムへ転換していく。その際のアプローチには、人々のニーズや快適さを失うような我慢を強わず、地域・都市両方でのより豊かな社会構築を目指す。
- 産業・社会構造の変化が一層進み、資源の利用抑制、再利用を基本に、エネルギー多消費の社会構造を脱した持続可能な社会システム、社会規範、産業構造が構築される。

### 3. シナリオの方法論と想定

シナリオ検討は、エネルギー起源CO<sub>2</sub>に限る。また、技術普及による削減量を効果的に取り入れるため、モデルではボトムアップモデルを使用し、以下の想定を行う（詳細は末尾の付録表を参照）。その際には、各部門における個別設備の効率化に止まらない、システム全体の改善になる省エネのポテンシャル、経済発展のパターンとして環境保全や資源制約とも両立する省資源・省エネ型の付加価値の高い経済社会へのシフトなどの可能性に注目する。

#### 3.1 省エネルギー技術の想定（表1）

##### (1) まだ見ぬ新技術についての考え方

期間の限られる2030年とはもかく、2050年までには、さまざまな新技術が開発されることが考えられる。ただし、それらの可能性について現時点で効果や普及率を見込むのは難しい。新技術には「開発リスク」（技術開発自体に失敗するリスク）があり、また研究レベルで開発を終了しても導入コストが下がらず普及に至らない「商業化リスク」があるためである。

新技術の導入にはこうした点があることを考慮し、ここでは、後述のように、想定する省エネ対策は商業化された省エネ技術の普及を拡大することを主とする保守的な想定を行う。その上で、新技術については、鉄鋼高炉の既存技術の改良を超えた新技術（現状比2割の省エネ）等を限定的に用いるケースを別に試算する。

##### (2) 商業化された技術について

商業化された技術に関しては、設備更新、システム改修、運用（我慢やサービス低下を伴わないもの）の3つを重視し、それらの普及を見込む。

省エネ対策の効果の評価には、設備更新・システム改修に関する対策データが広く得られる部門では個別対策導入効果を試算する。対策データが不十分な部門や、施設ごとの効率が整理されている部門（発電所など）は施設ごとの原単位比較から削減効果を試算する。個別には以下の通りに想定する。

- 火力発電所は、発電効率で技術到達点が把握されるため、現在実用化されているトップ施設の効率を新設施設の効率とする。発電所の新設については、LNG火力発電所は2020年までは基本的に電力各社の供給計画とする。また、基本的に新型発電所を優先するものとし、2020年頃には旧型のもはごく限られたピーク利用のみとなる。石炭火力発電所、石油火力発電所では改善を見込まない。
- 工場の対策では、素材製造業の工場と、食料品製造、機械製造などの非素材製造業の工場を分けて検討する。これらはいずれもエネルギー多消費設備の実態とその対策把握が不十分であるだけでなく、システム効率向上（出力制御台数制御、熱回収蒸気回収対策等）が対策から漏れがちであるため、以下のように省エネ導入評価を想定する。

- ▶ 素材製造業では、省エネ法ベンチマーク等で得られる優良施設の原単位を参考に、2030年頃にはベンチマーク水準に全事業所が移行するとして対策導入効果を推定。
- ▶ 非素材製造業は、生産指標の取り方が難しく、原単位データが整備されず、個別対策のデータも少ない。そこで、非素材製造業の省エネ対策可能性は、生産用設備と非生産用設備（工場の従業者用空調照明など）を分けた上で、生産用設備の対策については、過去の補助事業やESCO事業などの対策効果が、2030年には多くの工場で見られるとする。工場の従業者用空調照明は、業務部門の省エネ検討で得られた対策効果を想定。
- 運輸、業務・家庭は個別技術対策を検討する。
  - ▶ 運輸旅客の乗用車、バス、タクシーについては、自動車を更新する際の燃費改善を想定。運輸貨物のトラック対策についても自動車を更新する際の燃費改善を想定。
  - ▶ エコドライブについて、自家用車の企業利用、およびバス、タクシー、トラックについて改善を想定。
  - ▶ 業務と家庭については新築・大規模改修時の断熱建築の導入、機器更新時の省エネ型機器更新を想定。また、暖房についてはヒートポンプ化・ノンフロン化を想定。

表1 省エネ対策の想定の概要

部門など		想定技術 (既存優良技術)	想定技術 (新技術)
エネルギー転換 (発電) 部門		<ul style="list-style-type: none"> <li>・LNG火発（汽力発電）は2030年に全てコンバインドサイクルに移行</li> <li>・石炭石油火力は縮小</li> </ul>	
産業 部門	素材系製造業	<ul style="list-style-type: none"> <li>・省エネ法ベンチマーク想定水準を2030年に全工場が達成（注）</li> </ul>	鉄鋼高炉の新技術
	非素材系製造業、非製造業	<ul style="list-style-type: none"> <li>・生産設備は環境省自主参加型排出量取引、ESCOなどの対策水準を想定する。ここには、設備更新だけでなく、熱回収などの各種改修、あるいはクリーンルーム・恒温室の設定などの運用も含まれる。</li> <li>・従業者向け空調照明は業務部門の対策に準ずる。</li> </ul>	
業務部門（注2）		<ul style="list-style-type: none"> <li>・設備・機器の効率改善</li> <li>・建築物の省エネ向上</li> <li>・BEMS, CEMS</li> </ul>	
家庭部門（注2）		<ul style="list-style-type: none"> <li>・機器の効率改善</li> <li>・住宅の省エネ向上</li> <li>・HEMS, CEMS</li> <li>・集合住宅ではCO2HPを加えた中央ボイラで給湯、暖房、冷房</li> </ul>	調理器具の高度制御技術
運輸旅客部門		<ul style="list-style-type: none"> <li>・トップランナー燃費車に順に置換</li> </ul>	

（注1）ベンチマーク水準は、トップランナーではないので、実際の削減余地はもっと大きい。

（注2）我慢を強いる無理な対策は見込まない。

### 3.2 再生可能エネルギーの想定（表 2）

再生可能エネルギー電力は、2030 年までについては、政府の「エネルギー・環境会議」で検討された導入量を参考に、2050 年には最大でその2 倍まで導入されるとする。

再生可能エネルギー熱利用については、業務部門、家庭部門の低温熱を中心に導入を想定し、家庭では化石燃料の低温熱利用が2030 年までになくなり、業務部門でも2050年までになくなると想定する。

### 3.3 燃料転換（表 2）

化石燃料のうち、石炭と天然ガスでは同じエネルギー消費量でもCO2 排出量に約2 倍、石油と天然ガスでも約1.4 倍の違いがある。この性質を利用し、発電所では省エネと再生可能エネルギー導入により火力発電の発電量が減っていく場合に、燃料転換対策として、低炭素のものを残すように優先順位を定める。また、産業・業務では、価格の高い石油から天然ガスへの転換を想定する。化石燃料から電気への転換想定としては、2030 年には鉄鋼における電炉割合が5 割、運輸旅客で2030 年に電気自動車は10～20%導入されると想定する。

### 3.4 原子力発電、その他技術について（表 2）

原子力発電は、事故等の安全性と放射性廃棄物の問題が顕然と存在し、また、安全規制上の観点でも課題が多いことなどを踏まえ、いずれの再稼働もなく、将来的にも使用しない想定とする。また、燃料電池、水素利用、CCS（二酸化炭素固定貯留技術）、海外排出枠の購入についてもここでは想定しない。

表2 再生可能エネルギー普及・燃料転換・原子力

年度	燃料転換	再生可能エネルギー			原子力
		電力	熱利用	運輸燃料	
2020	・計画的な石炭・石油から天然ガスへの転換	・エネルギー環境会議想定程度 <sup>8)</sup>	・集合住宅給湯太陽熱・バイオマス・CO2HPの普及	・見込まない	・安全審査など不透明なため、BAU
2030	・電力では石炭、石油消費を副生ガス関係以外転換終了	・エネルギー環境会議想定程度 <sup>8)</sup>	・家庭用給湯暖冷房太陽熱温水器木質パイオボイラの普及	・自動車燃料について全体で10%分の転換	ケースを含め、今後ゼロとする。

### 3.5 活動量について（表 3）

活動量は、従来トレンドに沿った変化をする場合と、エネルギー消費に影響のある材料生産消費に関して、無理のないスリム化を実現するケースを検討する。

従来トレンド通りの場合としては、2030 年までの活動量（生産量、輸送量、業務床面積、世帯数）は、「エネルギー・環境会議」<sup>8)</sup>の想定のうち、「慎重ケース」の値<sup>ix)</sup>とする。ただし、

粗鋼生産量, セメント生産量, 運輸貨物輸送量についてはリーマンショック後の動向を考慮し, 「低成長ケース」の値を用いる。2050年には人口減に応じて活動量が減少するものとする。

スリム化実現の場合としては, 主に建設分野の長寿命化などにより鉄鋼で1割, セメントで2割の追加削減を見込む。

2030年以降, 2050年に向けたその他の各種活動量として, 人口予測には, 国立社会保障・人口問題研究所の出生中位死亡中位予測にあわせて推定した。また, 持続可能な社会への転換の一環として, 材料の効率的利用, 輸送の効率化として表3の効果を見込んでいる。

表3 材料の効率的利用・輸送の効率化

ケースなど	材料の効率的利用	輸送の効率化
対策ケース1	・リサイクル材の多用（電炉の割合を拡大）	・運輸業と自家用車企業分のエコドライブなど。
対策ケース2	・資源消費量削減（鉄鋼, セメント, 紙パルプ, アルミ, プラスチック等） ・建築の長寿命化による建材生産の削減 ・将来のビル建築は鉄筋コンクリートから鉄骨構造物への転換 ・建材と容器包装材の再使用, リサイクル促進による材料生産の削減 ・炭素繊維, 木質系素材への転換	・コンパクトシティ化や公共施設の配置変更による輸送距離縮小 ・公共交通機関のシェア拡大 ・貨物のモーダルシフト拡大

### 3.6 ケース分けについて（表4）

これらの想定をもとに, 特段対策を行わないBAU ケースのほか, 商業化された技術対策のみを用いるケース（対策ケース1）, 技術対策と材料消費・運輸の効率化を併用し, かつ新技術の活用を行うケース（対策ケース2）について検討する。

表4 各ケースの想定について

	技術対策（省エネ）	材料と運輸の効率化（スリム化）
BAU ケース	特になし	特になし
対策ケース1 （技術普及対策）	省エネ, 燃料転換, 再生可能エネルギー普及において, 既存優良技術を普及	想定される将来トレンド通り
対策2 ケース （技術普及対策＋スリム化・新技術）	上に加え, 将来有力視される新技術の活用	物質生産や輸送量等に関し, 必要とされる社会サービスを維持しながらスリム化を図り, 資源消費を削減

## 4. 試算結果

前章の想定に基づく試算結果は以下の通りである。

まず、一次エネルギー供給の結果を図3～5に示す。図3は、一次エネルギー供給の燃料別推移、図4は部門別推移、図5はエネルギー転換ロス、電気、熱利用、運輸燃料の推移である。

需要側では、エネルギー転換部門ロスの削減を進めるとともに、消費側も先述のような計画的な設備更新・改修によるエネルギー消費削減を進めることの相乗効果により、商業化された技術の導入対策のみを用いる「対策ケース1」で、2030年の各対策ケースでエネルギー消費量を2010年比約半減、2050年には4割程度まで抑制することができる。

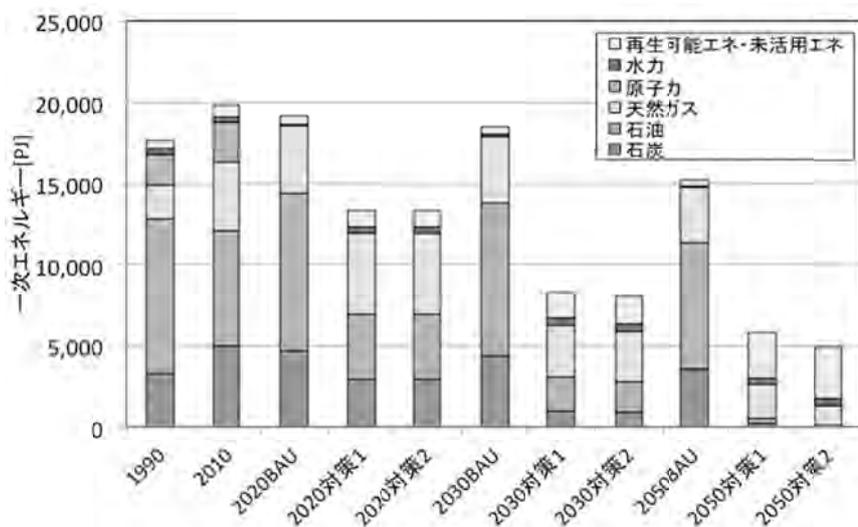


図3 一次エネルギー国内供給試算結果（燃料別）

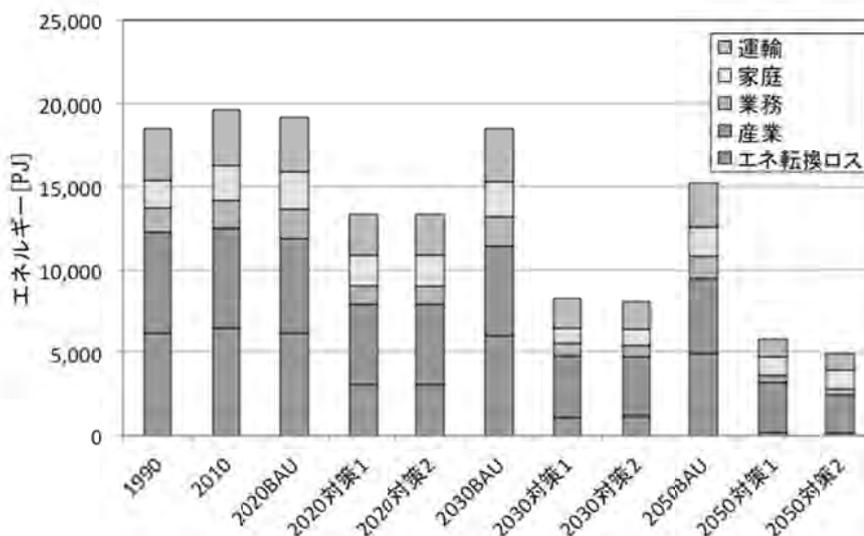


図4 一次エネルギー国内供給試算結果（部門別）

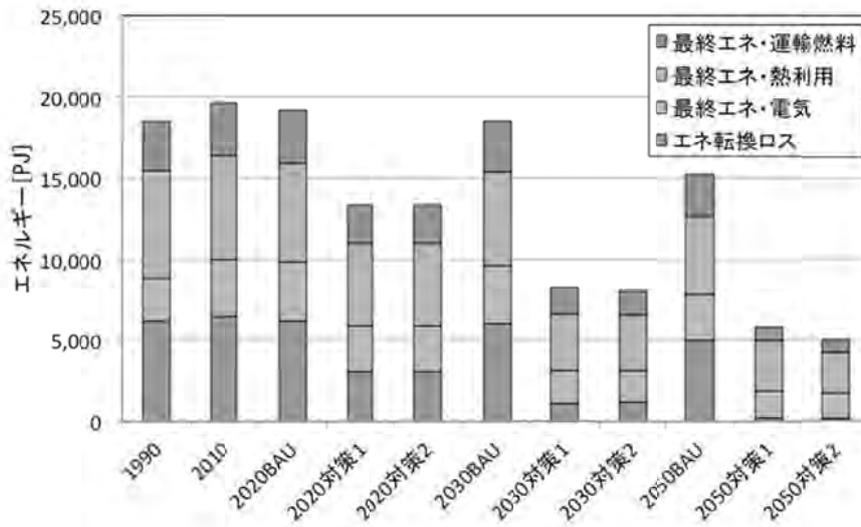


図5 一次エネルギー国内供給試算結果（用途別）

次に、エネルギー起源CO<sub>2</sub>排出量の推移を図6（部門別）、図7（燃料別）に示す。省エネ、燃料転換を進め、再生可能エネルギーの導入割合を高めていくことで、商業化技術の導入対策のみを用いる「対策ケース1」でも、エネルギー起源CO<sub>2</sub>排出量を1990年比で2020年に25%以上、2030年に50%以上、2050年に80%以上削減する技術的可能性がある。材料・運輸効率化を見込んだ場合には2050年には90%削減、新技術導入を見込んだ場合は、2050年には95%の削減になる。これらの削減手段は、省エネと再生可能エネルギー普及の計画的実行に依っており、おれが小さく、着実な進展が期待できる。

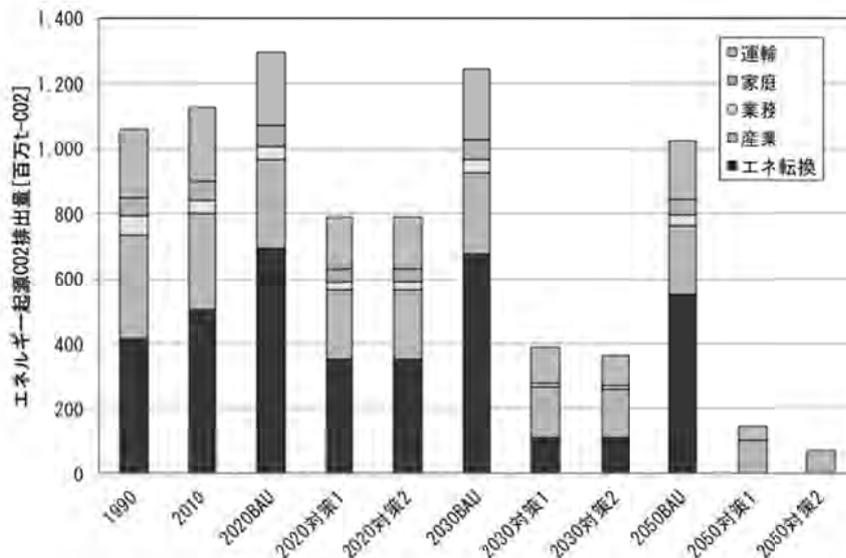


図6 エネルギー起源CO<sub>2</sub>排出量（部門別）試算結果

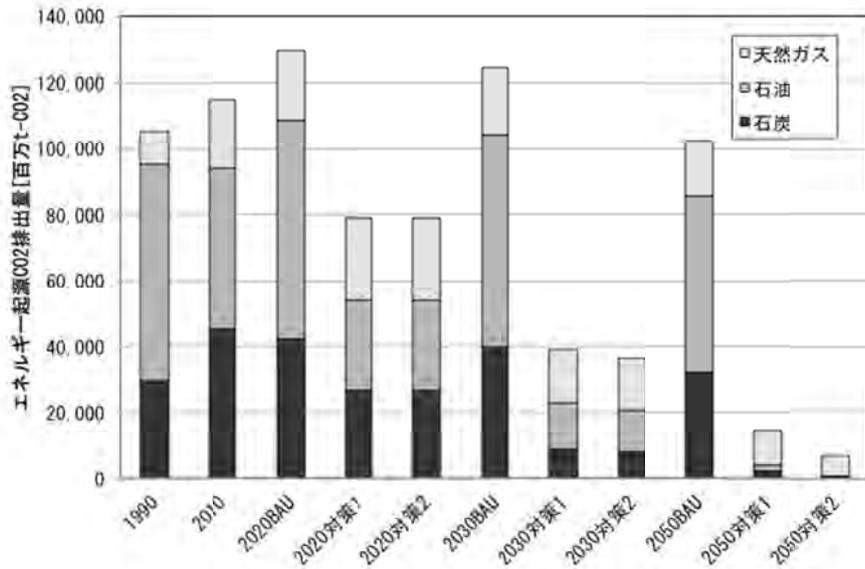


図7 エネルギー起源CO<sub>2</sub>排出量 (燃料別) 試算結果

次に、化石燃料輸入金額の推移を図8に示す (ただし、化石燃料輸入単価は便宜的に2011年度実績に固定)。BAUケース、つまり対策を行わない場合に比較し、対策の効果より、各対策ケースは輸入化石燃料金額を大幅に削減することができる。これにより、これまで海外流出していた化石燃料輸入代金を対策設備投資やメンテナンスなどに回したり、あるいは削減できた光熱費を別の投資や人件費などに回したりすることによって、国内産業需要や雇用を増加させ、経済にプラスに働くことが期待される。

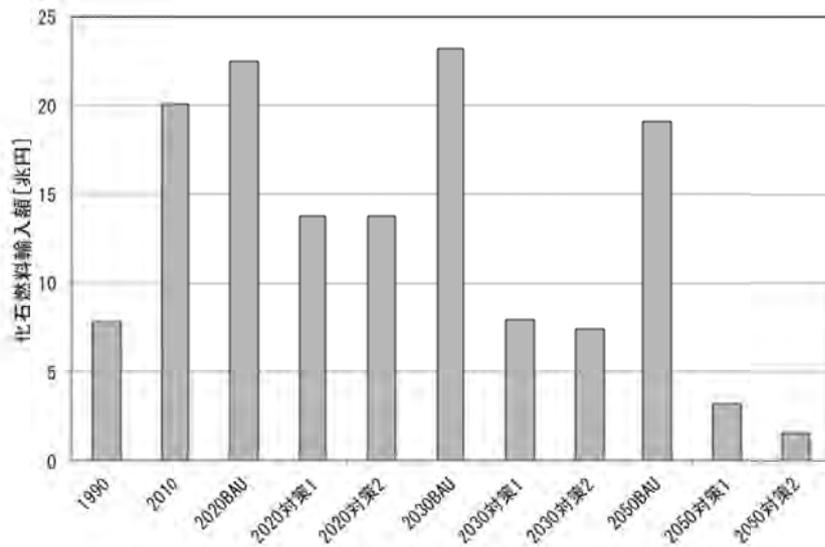


図8 化石燃料輸入金額試算結果 (単価は2011年度実績)

## 5. 試算結果の考察

### 5.1 試算結果について

気候変動リスク、化石燃料リスク、原子力リスクなどの制約要因から、将来世代に悪影響を及ぼさないエネルギー需給の前提条件を検討し、2020年、2030年、2050年に向けた気候変動対策、エネルギーシフトについて検討を行い、以下の結果を得た。

- 活動量が現状推移の場合、技術的検討においては、原発に依存せずに、省エネ技術普及対策、燃料転換、再生可能エネルギー普及等の商業化済みの技術対策の導入により、我慢を強いる対策や開発リスクのある新技術などを見込まなくても、エネルギー起源CO<sub>2</sub>排出量を2020年に25%削減、2030年に50%削減、2050年に80～95%削減（いずれも1990年比）を無理なく行うことができる。ただし、2020年の対策は2014年からの設備更新改修を想定しているため、導入が遅れれば対策効果は徐々に小さくなる。
- 活動量変化の要因分析では、材料生産量がリーマンショック前の高い水準に戻る傾向になるエネルギー・環境会議「慎重ケース」相当の生産量で計算した場合でも、1990年比で2020年に25%以上、2030年に50%以上、2050年に80%以上削減する技術的可能性がある。また、産業・社会構造の転換を見込むことで、気候変動リスクに対応する目的に資するレベルのエネルギー構造の転換、及び温室効果ガス削減は余裕をもって可能である。
- 経済影響に関しては、対策をしない場合に比較し、対策を取る方が、化石燃料輸入額が大幅に減少する。この減少分を対策投資などで国内産業需要や雇用に回し、経済への好影響が得られる可能性も示唆された。
- また、経済影響に関しては、ここでは波及効果は計算していないが、設備投資主体の直接効果としては、対策は商業化技術のみ（対策ケース1）あるいは主とすることで（対策ケース2）、基本的に投資回収可能で、一定の仮定を置いて計算した対策全体の単純投資回収年は5年程度の中期と見られる。こうした費用対効果の比較的高い対策により、中期的なトータルコストはマイナスになり、投資回収後はこの金額分が得になる。また、対策投資の多くは国内企業に回り、雇用増をはじめ国内経済への寄与があるものと考えられる。

### 5.2 先行研究との比較による考察

先行研究との比較では、次のことが指摘できる。

- 政府の「エネルギー・環境会議」において検討された際に用いられたいずれのモデルよりも、温室効果ガス排出削減量が大きく、燃料転換及び再生可能エネルギー導入のスピードが速く、より速やかに持続可能な社会へ転換するモデルであるといえる。

- 本モデルの先行研究シナリオとの比較では、エネルギー転換部門における省エネ技術対策の普及と燃料転換による排出削減、産業部門における省エネ技術対策の普及による排出削減を一定程度深く見込んだことが特徴である。全体として各種制約要件を満たすこととしている。対策ケース1では既存技術で対応することを見込み、技術的には保守的なシナリオと考えることができる。
- 本モデルでは、重化学工業基礎品の国内生産量の長期的な見通しは需要構造の変化などにより生産量が減少傾向となる可能性があり、それを一部反映し、制約要件を踏まえて将来ビジョンと整合的に想定されているところも特徴である。これに対し、政府で検討されたモデルや業界の自主行動計画では実態に合わない右肩上がりを想定がなされているものも多い。

## 6. モデル試算を踏まえた提言

本モデル試算で示されたよう、既存の商業化技術の普及を基本にした保守的な技術対策を前提としても、2050年80%以上の削減は実現可能であるというだけでなく、2020年、2030年も遅延なく、技術普及を行えば、大幅な削減が実現できることがわかる。課題は、それらを実際に加速度的に普及させていくための政策判断と政策実施によると言える。

国内では、意欲的な2020年、2030年の温室効果ガス削減目標の設定には、原発の再稼働がなければならないとの認識も見られるが、本モデル結果からは、主要な排出原因である石炭対策を重点に実施し、需要側のスマートな省エネと再生可能エネルギー普及を進めれば、発電部門を中心に大幅削減が実現でき、原発は必要ないことが指摘される。再稼働ありきではない気候変動政策、目標は、日本において十分計画・実施可能である。

政策検討に際しては、技術的には十分に可能であることが示された本モデルの試算結果を実現するために、原子力に依存せず、かつ化石燃料の消費を減らして行く政策の方向性を明確化し、具体的な計画・政策を実施していく手段を考察することが必要である。具体的には、化石燃料消費の年次目標設定、再生可能エネルギー燃料の利用促進のための手法・体制整備・制度構築、需要側の着実なエネルギー消費削減のための手法・制度構築などの検討が必要と考えられる。その上で、日本は、国連で目指される新たな世界の枠組み作りにおいて「2015年合意」に向け、意欲的な目標を掲げるとともに、国内体制を整備することが求められる。

また、工場や業務施設などの各種技術対策の中の改修対策、運用対策（我慢を強いるような無理な省エネ行動やサービス低下を除く）にはまだ多くの整理されていない対策余地があることが示唆される。実態把握を進めて様々な情報を収集・共有・整理し、多くの主体の対策に役立てていくことが必要である。

## 【参考文献】

- 1) 平田仁子 (2012), 『原発も温暖化もない未来を創る』, コモンズ.
- 2) 芦名・藤野他(2013), 「2050年日本低炭素社会シナリオ及び実現ロードマップの再検討」, 第32回エネルギー・資源学会講演論文集.
- 3) WWFジャパン, システム技術研究所(2011), 「脱炭素社会に向けたエネルギーシナリオ提案 (省エネルギー)」.
- 4) WWFジャパン(2011), 「脱炭素社会に向けたエネルギーシナリオ提案 (100%自然エネルギー)」
- 5) CASA(2011), 「CASA2020 モデル (Ver.4)」の試算結果」
- 6) 気候ネットワーク(2011), 「3つの25は可能だ, 脱原発の複数シナリオ」.
- 7) グリーンピース・ジャパン (2012), 「自然エネルギー革命シナリオ」
- 8) 内閣府国家戦略室エネルギー・環境会議(2012) 「エネルギー・環境の選択肢」

i たとえば, World Bank (2013). Turn Down the Heat. など.

<http://documents.worldbank.org/curated/en/2013/06/17862361/turn-down-heat-climate-extremes-regional-impacts-case-resilience-full-report>

ii たとえば, International Energy Agency (2012)(2011). The World Energy Outlook. など.

<http://www.worldenergyoutlook.org/publications/weo-2012/>

iii 国家戦略室 (2012) 「国民的議論に関する検証会合の検討結果について」によれば, パブリックコメント, 意見聴取会では, 7~9 割が原発ゼロを支持, 討論型世論調査では, 討議後に原発ゼロの支持が 5 割に上昇した.

<http://www.cas.go.jp/jp/seisaku/npu/policy09/pdf/20120904/shiryo1-2.pdf>

iv 経済産業省資源エネルギー庁基本問題委員会の「エネルギーミックスの選択肢の原案について」や, 環境省中央環境審議会地球環境部会の「2013年以降の対策・施策に関する報告書 (地球温暖化対策の選択肢の原案について)」の試算に用いられた前提など.

v カンクン合意など. Cancun Agreement(2011), FCCC/CP/2010/7/Add.1

vi 気候ネットワーク(2010) 「日本の温室効果ガス排出の実態～排出量公表制度分析<確報>」

[http://www.kiconet.org/research/archive/disclosure/CO2emission\\_analysis2007.pdf](http://www.kiconet.org/research/archive/disclosure/CO2emission_analysis2007.pdf)

vii その水準は, 平均偏差 60%程度の達成で設定されており, 最高の技術ではない.

viii 平田仁子 (2012) 『原発も温暖化もない未来を創る』コモンズ, 46-49 頁

ix 内閣府国家戦略室 (2012) 「シナリオ詳細データ」 (成長ケース・低成長ケース追加) (excel) 「エネルギー・環境の選択肢」, URL :

[http://www.cas.go.jp/jp/seisaku/npu/policy09/sentakushi/database/shousai-data\\_shincho+seicho+teiseicho.xls](http://www.cas.go.jp/jp/seisaku/npu/policy09/sentakushi/database/shousai-data_shincho+seicho+teiseicho.xls) ここで政府は, 2030年の姿を描く際に, 経済成長に関して, 「慎重ケース」「成長ケース」「低成長ケース」の3つの場合を想定した。「慎重ケース」は, 実質経済成長率年 2010年代平均 1.1%, 2020年代平均 0.8%と想定され, 実際に重点を置かれて検討されたケースであるが, 粗鋼生産量はリーマンショック前を維持し, 貨物輸送量は今後増加することになっている。これに対し, 「成長ケース」は, 福島第一原発事故前の 2010年 11月に策定された「日本再生の基本戦略」に基づく実質経済成長率 2010年代 1.8%, 2020年代 1.2%と高く設定され, 粗鋼生産量は慎重ケースと同じ, セメント生産量はさらに拡大する。過去 10年間の成長率を 2030年に延ばした場合の「低成長ケース」は, 実質経済成長率 2010年代 0.2%, 2020年代 0.4%とされ, 粗鋼生産量, セメント生産量などの漸減を見込んでいる。

付録表

表 A1-1 対策技術（省エネ）について

		対策1（技術普及）		対策2（新技術・スリム化）		
		対策技術	程度・目安	対策技術	程度・目安	
エネルギー 一転換	発電所	計画的に最新省エネ設備導入	2030年までに全発電所をコンバインドサイクルに転換、旧型比で燃料消費量を25%削減。	同左		
	製油所	他の火発 とくになし 更新時、大規模改修時に最新省エネ設備導入および省エネ改修を実施。	省エネベンチマークを2030年に全事業所で達成（2010年比原単位8.3%改善）	同左		
産業	非製造業	更新時、大規模改修時に最新省エネ対策		同左		
	製造業	鉄鋼	更新時、大規模改修時に最新省エネ設備導入および省エネ改修を実施。	省エネベンチマークを2030年に全事業所で達成（高炉は2010年比原単位9%改善、電炉普通鋼で27%改善）	新型高炉技術の導入	
		化学工業（素材）	更新時、大規模改修時に最新省エネ設備導入および省エネ改修を実施。	省エネベンチマークを2030年に全事業所で達成（有機化学基礎製品で2010年比原単位5%改善）	同左	
		セメント	更新時、大規模改修時に最新省エネ設備導入および省エネ改修を実施。	省エネベンチマークを2030年に全事業所で達成（2010年比原単位6.1%改善）	同左	
		製紙	更新時、大規模改修時に最新省エネ設備導入および省エネ改修を実施。	省エネベンチマークを2030年に全事業所で達成（2010年比原単位43%改善）	同左	
		非素材製造業	更新時、大規模改修時に最新省エネ設備導入および省エネ改修を実施。	生産設備で、2030年に環境省自主参加型排出量取引程度の削減を実施。 ユーティリティ設備では2030年に業務部門なみの削減を実施。	同左	
家庭		<ul style="list-style-type: none"> <li>・機器の効率改善</li> <li>・住宅の省エネ向上</li> <li>・HEMS, CEMS</li> <li>・集合住宅ではCO<sub>2</sub>HPを加えた中央ボイラで給湯、暖房、冷房</li> </ul>		調理器具の高度制御 技術 他は同左		
業務		<ul style="list-style-type: none"> <li>・設備・機器の効率改善</li> <li>・建築物の省エネ向上</li> <li>・BEMS, CEMS</li> </ul>		同左		
運輸	旅客	更新時に最新省エネ車導入。 自家用車のうち企業の車、タクシー、バスでエコドライブを実施。ハイブリッド車、電気自動車も導入。	各区分の現在のトップ燃費車性能を2030年には全ランク全車で実現 保有車の電気自動車割合は2030年に10%	同左	保有車の電気自動車割合は2030年に20%	
	貨物	更新時に最新省エネ設備導入。		同左		

表 A2-1 エネルギー需給推移（技術普及対策ケース） 単位PJ

	2010			2020			2030			2050		
	総量	熱・燃料	電力	総量	熱・燃料	電力	総量	熱・燃料	電力	総量	熱・燃料	電力
一次エネルギー国内供給	19,669			13,286			8,287			5,779		
エネルギー転換ロス	6,436			3,081			1,149			176		
うち発電ロス	5,201			2,746			903			0		
最終エネルギー消費	13,233	9,642	3,591	10,206	7,396	2,810	7,138	5,113	2,025	5,603	3,884	1,719
産業	6,050	4,625	1,425	4,780	3,585	1,195	3,669	2,730	939	3,017	2,277	740
非製造業	342	332	9	299	291	8	256	249	7	256	249	7
製造業	5,708	4,293	1,416	4,481	3,294	1,187	3,413	2,481	932	2,761	2,028	733
素材系	3,118	2,516	602	2,365	1,858	507	1,750	1,360	390	1,381	1,058	323
非素材系	2,590	1,776	814	2,116	1,436	680	1,662	1,120	542	1,380	970	411
家庭	2,154	1,155	999	1,842	1,002	840	970	538	432	1,148	760	388
業務	1,633	634	999	1,177	478	699	706	186	520	375	34	341
運輸	3,396	3,329	68	2,407	2,332	75	1,792	1,659	133	1,063	813	250
運輸旅客	2,107	2,043	64	1,372	1,303	68	953	833	120	564	364	200
運輸貨物	1,289	1,286	3	1,035	1,028	7	839	826	14	499	449	50
一次エネルギー2010年比				-32%			-58%			-71%		
最終エネルギー2010年比				-23%			-46%			-58%		

表 A2-2 エネルギー構成 (技術普及対策ケース)

	2010						2020						2030						2050								
	石炭	石油	ガス	原子力	再エネ	総量 PJ	石炭	石油	ガス	再エネ	総量 PJ	石炭	石油	ガス	再エネ	総量 PJ	石炭	石油	ガス	再エネ	総量 PJ	石炭	石油	ガス	再エネ	総量 PJ	
	一次エネルギー国内供給	25%	36%	21%	13%	5%	19,669	22%	30%	38%	10%	8,287	12%	26%	38%	25%	5,779	4%	5%	36%	55%		4%	5%	36%	55%	
発電用投入	29%	9%	27%	27%	7%	9,179	31%	10%	47%	12%	3,131	4%	1%	55%	40%	1,891	0%	0%	0%	100%		0%	0%	0%	100%		
熱利用 (電気は除く)																											
最終エネルギー消費	20%	61%	16%		4%	9,642	16%	45%	31%	8%	7,396	16%	41%	28%	15%	3,884	7%	7%	54%	32%		7%	7%	54%	32%		
産業	40%	34%	18%		7%	4,625	32%	22%	37%	9%	2,730	30%	23%	39%	9%	2,277	11%	1%	67%	20%		11%	1%	67%	20%		
非製造業	0%	88%	12%		0%	332	0%	66%	30%	5%	249	0%	65%	31%	5%	249	0%	14%	44%	43%		0%	14%	44%	43%		
製造業	43%	31%	19%		8%	5,708	35%	18%	37%	10%	3,413	32%	18%	40%	9%	2,761	13%	0%	70%	18%		13%	0%	70%	18%		
家庭	0%	58%	40%		2%	2,154	0%	29%	44%	27%	970	0%	0%	0%	100%	1,148	0%	0%	0%	100%		0%	0%	0%	100%		
業務	0%	59%	41%		0%	1,633	0%	29%	71%	0%	706	0%	30%	70%	0%	375	0%	0%	0%	100%		0%	0%	0%	100%		
運輸燃料 (電気は除く)																											
運輸		100%			0%	3,329		92%	8%	0%	1,659		85%	15%	0%	813		30%	69%	2%			30%	69%	2%		
運輸旅客		100%			0%	2,107		99%	1%	0%	953		97%	3%	0%	564		45%	51%	4%			45%	51%	4%		
運輸貨物		100%			0%	1,289		82%	18%	0%	756		73%	27%	0%	414		17%	83%	0%			17%	83%	0%		

四捨五入のため合計はあわない

表 A2-3 エネルギー起源 CO<sub>2</sub> 排出量推移 (技術普及対策ケース) 単位百万 t-CO<sub>2</sub>

	1990	2010	2020	2030	2050
一次エネルギー国内供給	1,059	1,123	788	388	145
エネルギー転換		503	353	112	0
発電 (自家発電も含む)		421	338	99	0
産業用蒸気 (主に素材製造業用)		44	16	13	0
最終エネルギー消費		622	436	277	145
産業		297	211	157	101
非製造業		22	17	15	8
製造業		275	194	143	93
素材系		165	111	78	55
非素材系		110	83	65	38
家庭		61	42	0	0
業務		39	26	10	0
運輸		225	156	109	44
運輸旅客		137	89	57	20
運輸貨物		88	60	47	18
1990 年比		6%	-26%	-63%	-86%
2010 年比			-30%	-65%	-87%

表 A3-1 エネルギー需給推移（新技術&スリム化ケース） 単位PJ

	2010			2020			2030			2050		
	総量	熱・燃料	電力	総量	熱・燃料	電力	総量	熱・燃料	電力	総量	熱・燃料	電力
一次エネルギー国内供給	19,669			13,286			8,023			4,923		
エネルギー転換ロス	6,436			3,081			1,156			158		
うち発電ロス	5,201			2,746			865			0		
最終エネルギー消費	13,233	9,642	3,591	10,206	7,396	2,810	6,866	4,880	1,986	4,766	3,229	1,536
産業	6,050	4,625	1,425	4,780	3,585	1,195	3,577	2,663	914	2,286	1,703	583
非製造業	342	332	9	299	291	8	256	249	7	256	249	7
製造業	5,708	4,293	1,416	4,481	3,294	1,187	3,321	2,414	907	2,030	1,454	576
素材系	3,118	2,516	602	2,365	1,858	507	1,658	1,294	364	650	484	165
非素材系	2,590	1,776	814	2,116	1,436	680	1,662	1,120	542	1,380	970	410
家庭	2,154	1,155	999	1,842	1,002	840	970	538	432	1,148	760	388
業務	1,633	634	999	1,177	478	699	706	186	520	375	34	341
運輸	3,396	3,329	68	2,407	2,332	75	1,613	1,493	120	957	732	225
運輸旅客	2,107	2,043	64	1,372	1,303	68	858	750	108	508	328	180
運輸貨物	1,289	1,286	3	1,035	1,028	7	755	743	12	449	404	45
一次エネルギー2010年比				-32%			-59%			-75%		
最終エネルギー2010年比				-23%			-48%			-64%		

表 A3-2 エネルギー構成 (新技術&スリム化ケース)

	2010						2020						2030						2050					
	総量 PJ	石炭	石油	ガス	原子 力	再エ ネ	総量 PJ	石炭	石油	ガス	再エ ネ	総量 PJ	石炭	石油	ガス	再エ ネ	総量 PJ	石炭	石油	ガス	再エ ネ			
	一次エネルギー国内供給	19,669	25%	36%	21%	13%	5%	13,286	22%	30%	38%	10%	8,023	11%	23%	38%	27%	4,923	2%	0%	25%	73%		
発電用投入	9,179	29%	9%	27%	27%	7%	5,837	31%	10%	47%	12%	3,049	4%	1%	53%	41%	1,690	0%	0%	0%	100%			
熱利用 (電気は除く)																								
最終エネルギー消費	9,642	20%	61%	16%		4%	7,396	16%	45%	31%	8%	4,880	16%	37%	29%	18%	3,229	3%	0%	38%	58%			
産業	4,625	40%	34%	18%		7%	3,585	32%	22%	37%	9%	2,663	29%	23%	41%	10%	1,703	6%	0%	71%	23%			
非製造業	332	0%	88%	12%		0%	291	0%	66%	30%	5%	249	0%	65%	31%	5%	249	0%	0%	54%	46%			
製造業	5,708	43%	31%	19%		8%	4,481	35%	18%	37%	10%	3,321	31%	19%	42%	10%	2,030	7%	0%	74%	19%			
家庭	2,154	0%	58%	40%		2%	1,842	0%	29%	44%	27%	970	0%	0%	0%	100%	1,148	0%	0%	0%	100%			
業務	1,633	0%	59%	41%		0%	1,177	0%	29%	71%	0%	706	0%	30%	70%	0%	375	0%	0%	0%	100%			
運輸燃料 (電気は除く)																								
運輸	3,329		100%			0%	2,332		92%	8%	0%	1,493		78%	15%	0%	732		0%	0%	100%			
運輸旅客	2,107		100%			0%	1,372		99%	1%	0%	858		90%	3%	0%	508		0%	0%	100%			
運輸貨物	1,289		100%			0%	929		82%	18%	0%	681		67%	27%	0%	373		0%	0%	100%			

四捨五入のため合計はあわない

表 A3-3 エネルギー起源CO<sub>2</sub>排出量推移（新技術&スリム化ケース）単位百万t-CO<sub>2</sub>

	1990	2010	2020	2030	2050
一次エネルギー国内供給	1,059	1,123	788	363	69
エネルギー転換		503	353	109	0
発電（自家発電も含む）		421	338	95	0
産業用蒸気（主に素材製造業用）		44	16	15	0
最終エネルギー消費		622	436	254	69
産業		297	211	152	69
非製造業		22	17	15	7
製造業		275	194	137	62
素材系		165	111	73	24
非素材系		110	83	65	38
家庭		61	42	0	0
業務		39	26	10	0
運輸		225	156	91	0
運輸旅客		137	89	47	0
運輸貨物		88	60	39	0
1990 年比		6%	-26%	-66%	-94%
2010 年比			-30%	-68%	-94%



## 認定 NPO 法人 気候ネットワーク

### 京都事務所

〒604-8124

京都市中京区帯屋町 574 番地高倉ビル 305 号

TEL ● 075-254-1011 FAX ● 075-254-1012

E-mail ● kyoto@kiconet.org

### 東京事務所

〒102-0082

東京都千代田区一番町 9-7 一番町村上ビル 6F

TEL ● 03-3263-9210 FAX ● 03-3263-9463

E-mail ● tokyo@kiconet.org