

2015年2月27日

2050年、05年比でCO₂、6割削減は可能

～30年でも米国並みの3割減～

～温暖化防止の国際議論、リードを～

理事長 岩田一政
研究顧問 小林光（慶應義塾大学教授）
特任研究員 鈴木達治郎（長崎大学教授）
主任研究員 小林辰男

2015年末の気候変動枠組み条約第21回会議（COP21）では30年までの温暖化ガス排出削減の具体的目標が決まる。日本も今夏までに削減計画を決める見通し。省エネルギー、再生可能エネルギー、原発、CO₂の回収・貯留（CCS）の活用で50年までにどの程度の削減ができ、コストとベネフィットはどうなるのか、試算した。米国並みの削減目標は可能であり、地球温暖化防止の国際議論をリードするためにも2030年度には3割削減を目標にすべきだ。一方、50年に更なる削減を実現するには、排出量規制や炭素価格の明示化も検討は避けられない。

<要旨>

1. 新興国の経済成長が加速し化石燃料価格が中長期で高まると、省エネが進むうえ、経済構造が製造業主体から情報・サービス主体になる可能性が高い。今後の人口減少も相まって05年度に比べ50年度のエネルギー消費は4割以上減少する。
2. 再生可能エネルギーは、50年度には全電力の60%（水力を含む）となる。固定価格買取制度の導入で環境アセスメントや地元住民との調整がない太陽光の認定が予測を上回ったことは、導入可能性の高さを示した。割高とされる再エネだが、技術進展によるコスト低下で最もコストが高い太陽光ですら、2030年代には採算がとれる。
3. 原発を一定規模（発電の15%）で維持する場合、過酷事故に備えた保険料や、避難地域が原発から半径30キロメートルに拡大したことを踏まえた電源立地交付金の増額が必要と考えられる。そう想定すると、2050年度まで脱原発を選択するケースと15%を維持するケースを比較すると、削減費用に差はない。
4. また2025年以降はCCSが実用化され、40年度以降、発電から排出されるCO₂はゼロになると想定すると、CO₂排出量は2030年度には05年比で29.5%、50年度には62.7%の削減が可能だ。（それぞれ1990年比で▲19.5%、▲57.5%、▲はマイナス）
5. 化石燃料価格の上昇を前提に考えると、CO₂削減は化石燃料輸入を削減し、経済的に

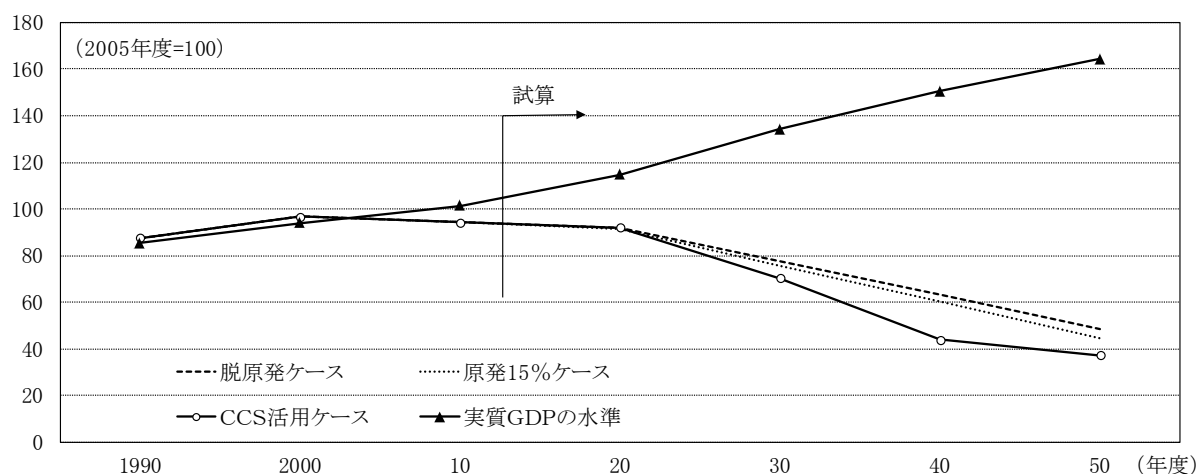
巨額な利益になる。50 年度までに年平均4兆円のメリットをもたらす。ただし化石燃料価格が実質横ばいで推移すると、逆に4兆円弱の削減費用が生じる。

6. 確実に削減を実現するためには、排出量に上限を設けるか、CO₂排出量に炭素価格をつける大型の環境税や排出量取引制度などの措置が必要になる。燃料価格が上がらない状況で環境税を導入し 50 年に 6 割削減する場合、税収は 2050 年度には総額で 15 兆円程度になる見通しで、環境保全以外にも、社会保障制度の維持、法人税減税の財源などに活用することも検討に値する。
7. 試算の結果を勘案すると、日本は 50 年度までに CO₂を 05 年比 60%削減、30 年度でも 30%削減できる。米オバマ政権は 25 年までに 05 年比で 26-28%の削減目標を掲げ、COP21 で地球温暖化防止の国際枠組みの議論をリードする考えだが、日本も遜色ない削減目標を設定でき、国際議論をリードできる潜在力がある。長期的には排出量規制か炭素価格の導入の検討を始めるべきである。

図表1 各ケースの削減量

CO ₂ の削減率(%)	脱原発ケース	原発15%ケース	CCS活用ケース
2030年度の05年度比	-22.3	-24.3	-29.5
2050年度の05年度比	-51.2	-55.4	-62.7
2030年度の1990年度比	-11.3	-13.5	-19.5
2050年度の1990年度比	-44.3	-49.1	-57.5

図表2 経済成長下でも 05 年度比で 63%のCO₂削減は可能(90 年比 58%減)



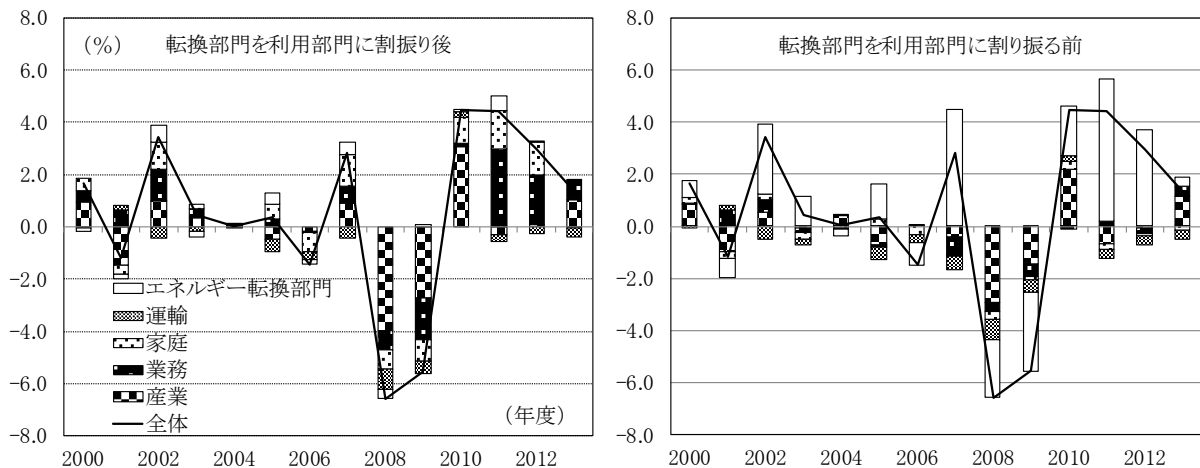
(注) 63%削減のCCS活用ケースは脱原発でも原発維持でも、両者の差で発生する火力発電所のCO₂はすべてCCSで吸収するので、排出削減量は同じ。脱原発は30年度以降、徐々に原発を廃炉にし、2050年度にゼロ。原発維持は30年度以降、発電量の15%を維持。

(資料) 日本エネルギー経済研究所データベース、国民経済計算より予測、実質GDPは「グローバル長期予測と日本の3つの未来」(日本経済研究センター)の成長シナリオ予測

● 原発停止で増えたCO₂排出量と進む省エネ

日本の温暖化ガス排出量は化石燃料価格の高止まりやリーマン・ショックによる景気低迷で08年度から大きく低下していたが、景気の緩やかな回復と2011年3月11日の福島第一原発事故以後、国内の原発が順次停止（2012年秋以降、原発ゼロ）したため増加基調に転じた。特に業務や家庭といった民生部門が増えている。これは原発停止を火力発電で代替したためだ。業務部門や家庭部門は、電気料金の値上げに伴い、省エネを急速に進めている。図表3左をみると2011年度以降、民生部門（家庭と業務）が要因でCO₂の排出量が増加したように見えるが、エネルギー転換部門（主に発電）を各利用部門に割り振る前（図表3右）では、業務も家庭も増加要因になっていない。原発停止によるCO₂排出量増を民生部門へ割り振った結果である。むしろ家庭も業務も2000年代半ば以降、急速に省エネが進んでいる（詳しくは2014年11月に公表した「[経済構造変化で2050年度のエネ消費、40%減に](#)」）。12年度に原発の稼働がゼロになった後の13年度の排出増の主要因は、景気回復に伴う産業部門のエネルギー消費量が増加したことだ。

図表3 CO₂排出増の要因（前年比の寄与度）



（資料）国立環境研究所のデータより作成

2014年度以降は原発停止による排出増要因はなくなり、各部門の省エネ努力と経済成長率、経済構造の転換度合いがそのままCO₂排出量の増減に直結する。図表1に示した削減シナリオは、30年度までに電源の15%を原発で担うが、その後は順次、脱原発に向かうケース、15%のまま原発を維持するケース、2025年度からCCSの実用化が始まり、40年度には発電から排出されるCO₂はゼロになる3ケースで試算した。

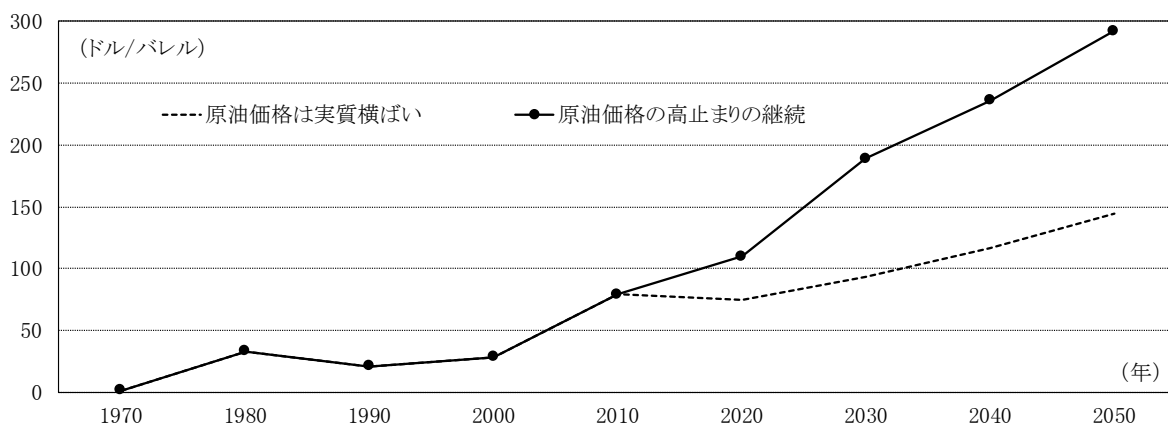
● 試算の前提

成長率——2050年度まで年平均1.4%、化石燃料価格は290ドル/バレル

日本経済研究センターの長期経済予測「グローバル長期と日本の3つの未来」の成長シナリオ（2050年度までの平均成長率1.4%）を前提とした。化石燃料価格は原油

価格で代表させ、2つの前提を置いた。一つは過去の成長率と価格の関係で仮定。30年度までは世界では新興国を中心にエネルギー多消費成長が続くと想定し15年度に65ドル/バレルを底に再び上昇基調に入り、2050年度には290ドルに達する価格が高止まりするケース。もう一つは65ドルから年平均2%強の緩やかな上昇が続く実質横ばいケース。原油価格は50年度に150ドル程度になる。為替は2017年度に121円/ドルまで円安が進む（当センターの第41回中期経済予測に合わせた）が、その後は、日本経済の成長に合わせて50年度には98円/ドルまで緩やかな円高が進むとした。

図表4 原油価格の想定

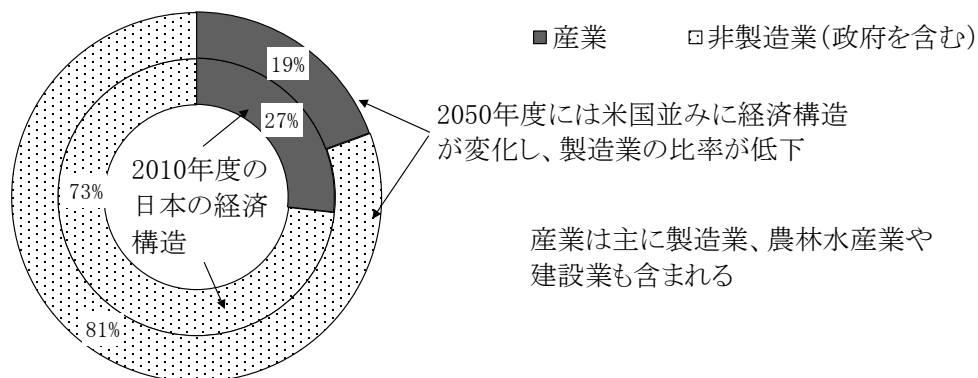


(資料) 国際エネルギー機関「World Energy Outlook 2014」などを参考に想定

エネルギー消費量——GDPの1%投資で4割減(電力は3割減)

毎年、GDPの1%相当額を省エネに投資するとした。その結果、石油ショック後から2013年度までの省エネ進展のトレンドが各部門で継続すると仮定した。そのほか、50年度には現在の米国のGDP構成と同様の構成比に日本の経済構造が転換するとした。50年度に残る製造業はエネルギー効率を向上させているうえ、単位GDP当たりのエネルギー消費量(エネルギー効率)が十分の一程度の非製造業が台頭し、エネルギー消費が減少する(「[経済構造変化で2050年度のエネ消費、40%減に](#)」参照)

図表5 日本の経済構造変化で2050年度には12年の米国並みに



(資料) 米商務省、国民経済計算から作成

再生可能エネルギー——2050年度までに投資費用は約140兆円

再生可能エネルギーのコストは固定価格買取制度の金額で試算（太陽光42円/kWhから38円、36円……というように普及に合わせて低下、風力22円も、2050年度には15円を見込むなど）。再エネ普及に伴う系統安定化費用は15兆円を見込んでいる。既存水力の増強は一般社団法人・日本プロジェクト産業協議会（会長、三村明夫・日本商工会議所会頭）の提言に基づき試算。2030年までに5兆円の建設費用となる。

原子力発電——過酷事故の保険料と電源立地交付金増額、19兆円に

原発を恒久的に維持する場合には、発電量に応じ、過酷事故へ備えた保険制度が必要と考え、福島原発事故の費用から試算した保険料を発電量に応じて上乗せした。汚染地域の除染費用と汚染土壌を低レベル放射性廃棄物として最終処分する費用として40兆円、廃炉費用10兆円、汚染水処理17兆円、賠償総額は20兆円などと仮定し、国内の原発事故発生確率を40年に1回として計算した。電源立地交付金も避難地域が半径10kmから30kmに拡大したことに伴い、比例的に上乗せした。50年度までに約19兆円の費用がかかる。

CO₂の回収・貯蔵(CCS)——2025年度から実用化、5000円/トンから3000円に

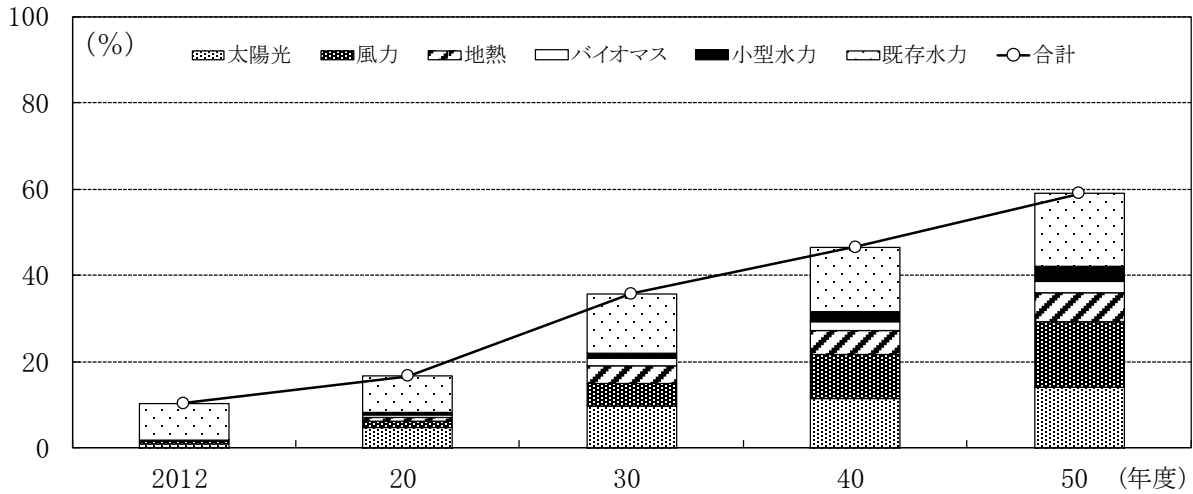
苫小牧で日本CCS調査が4月以降、CCSの実証実験を始めることを考慮し、現在は1トンのCO₂を回収・貯蔵するのに7000円強かかるとされているが、半額以下のコストで可能になると仮定した。CCSの実用化では、半額にすることが、一つのメドになっているからだ。ここでは2025年度に5000円で実用化が始まり、50年度には3000円まで低下するとし、40年度以降は火力発電から発生するCO₂はすべてCCSで処理されるとした。

● 再生可能エネルギーは電源の6割に

また再生可能エネルギーの導入量については、太陽光はすでに認定分だけで7000万kW弱もあり、技術革新も極めて速い¹ことを考慮し、2050年度には9000万kW以上になると仮定した。風力については風力発電協会の目標などを参考に5000万kW、地熱発電やバイオマスは関連業界へのヒアリングや環境省の「再生可能エネルギー導入ポテンシャル調査」に基づいて730万kW、400万kWなどとした。中小水力発電所も同調査をベースに420万kWになるとした。既存の水力の増強については日本プロジェクト産業協議会の試算に基づき、30年度までに1000万kW増えるとした。それぞれの発電に設備利用率（太陽光12%、風力24%など）を乗じて発電量を求めた。その結果、50年度には全電源の約6割、30年度では36%を占める結果となった（図表6）。

¹ 日経産業新聞 2015年2月3日付けなど

図表6 再生可能エネルギー(既存水力を含む)の発電量に占める割合

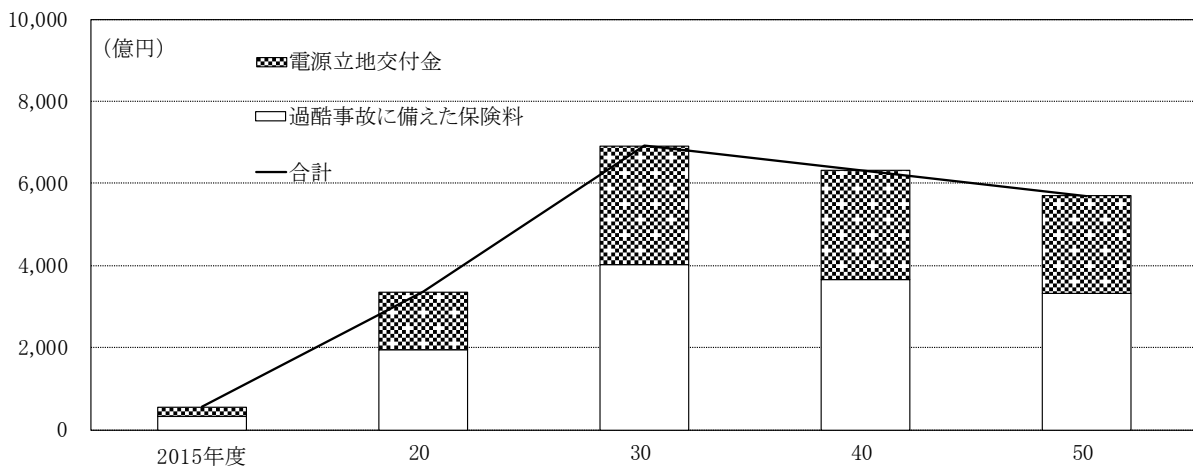


(資料) 電力調査統計などより予測

● 原発維持なら4分の3が非化石電源に

2030 年度以降も発電量の 15%を原発で担うのであれば、非化石電源は 50 年度には 75%、30 年度でも半分を占める。そのためには、過酷事故への恒久的な対策が必要だろう。当センターは福島原発事故以来、維持コストの試算を改訂してきた(最新では 2014 年 8 月に出版した「人口回復」の第 8 章)。過去の試算をベースに今回想定した原発の発電量を加味し、過酷事故への保険料と電源立地交付金を試算した。2030 年度以降、発電量の減少に伴い、原発も徐々に少なくなるため、保険料と交付金を合わせた総額は 7000 億円弱/年をピークに減少する(図表 7)。

図表7 発電量の応じた保険料、電源立地交付金の推移

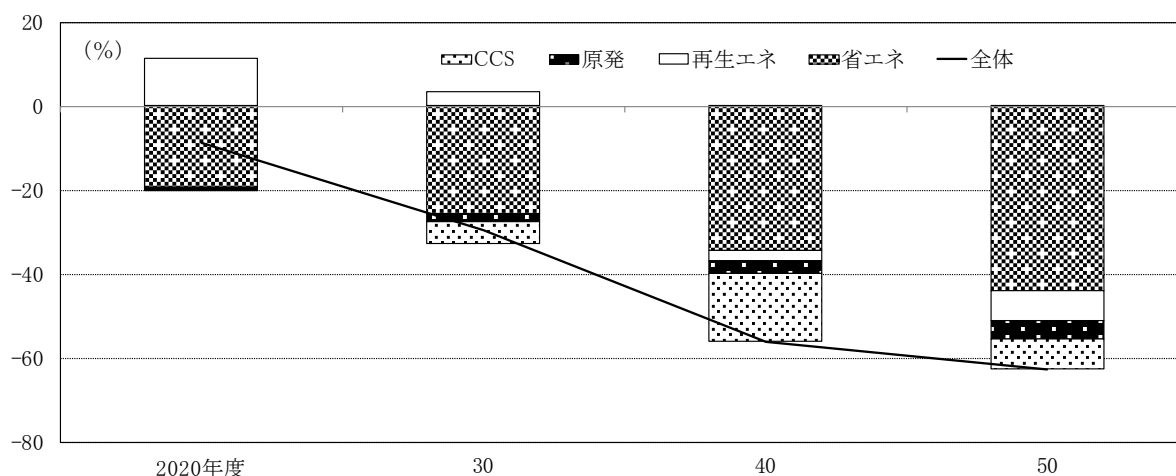


保険料は既述したように福島事故の処理費用に基づいて試算しているが、事故処理費用(除染、廃炉、賠償など)の総額は現状では極めて不確かなので、この程度で保険料が済むのか、あるいは少なくてよいのか、不確定であることは留意されたい。

● 省エネによる消費量減が最も削減に貢献

これまで述べてきた前提に基づくと、CCSを活用したケースで2030年度に05年度比30%減、50年度に63%減になる。図表8は削減について省エネ、再エネ、原発、CCSについて寄与度を示したものである。20年度、30年度で再エネがCO₂を増加させるように見えるのは、ここに原発停止による火力代替分を含めているからだ。火力代替分を再エネでいつ頃までにカバーできるか、検証するため、便宜上再エネに含めた。2030年代に入ると、2010年度の原発の発電量を再生エネでカバーできる見通しだ。省エネ経済構造の転換、人口減などによるエネルギー消費量がどこまで進むかが、大幅削減のカギを握ることになる。原発については政府の規制に基づき、運転開始から40年で廃炉を進めると2030年度には発電量に占める割合が15%になるが、この分を削減へ貢献したとみなしても、限定的。脱原発ケースと原発維持ケースでは2050年度段階で5%ポイントしか削減量に差は付かない。またCCSのコスト低減は、CO₂を限りなくゼロにするためのカギを握る。地球温暖化防止には2050年にCO₂など温暖化ガスの排出半減（先進国は80%削減）、2100年にはゼロにする必要があるとされるが、化石燃料の利用をゼロにすることは難しく、硫黄酸化物や窒素酸化物など大気汚染物質を化学的に除去していることと同様の期待がCCSにはかかる。

図表8 CO₂削減の省エネ、原発、CCSの要因分解

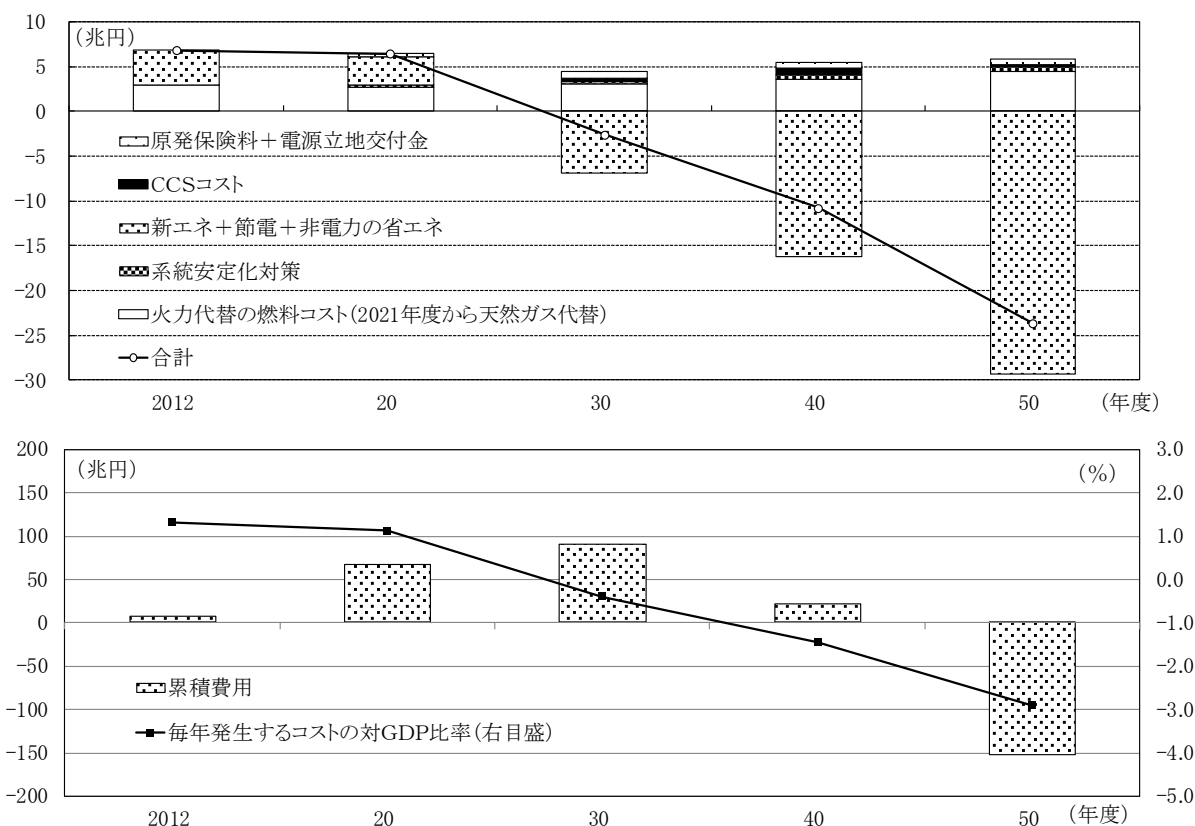


● 化石燃料価格の高止まりなら50年度に24兆円の節約

では、コスト面ではどうか。試算の前提で触れたが、省エネや再生可能エネ、原発維持には巨額の費用が必要になるが、化石燃料価格が上昇基調を続けるならば、採算は十二分に取れる。中国は安定成長期に入った可能性が高いが、インドや東南アジア諸国などは今後も高い成長を継続する可能性がある。人口の多いこれらの諸国が高成長に入ると、再び資源を「爆食」する成長パターンが繰り返され、資源価格の高騰を招くケースは十分にありえる。足元の原油価格の暴落も、米国のシェール革命やサウジアラビアの減産先送りという供給面だけでなく、世界経済が低迷しているという需

要要因も背景にあるからだ。

図表9 省エネ、再エネ、原発の純費用(上が単年度、下が累積費用、原発 15%維持)

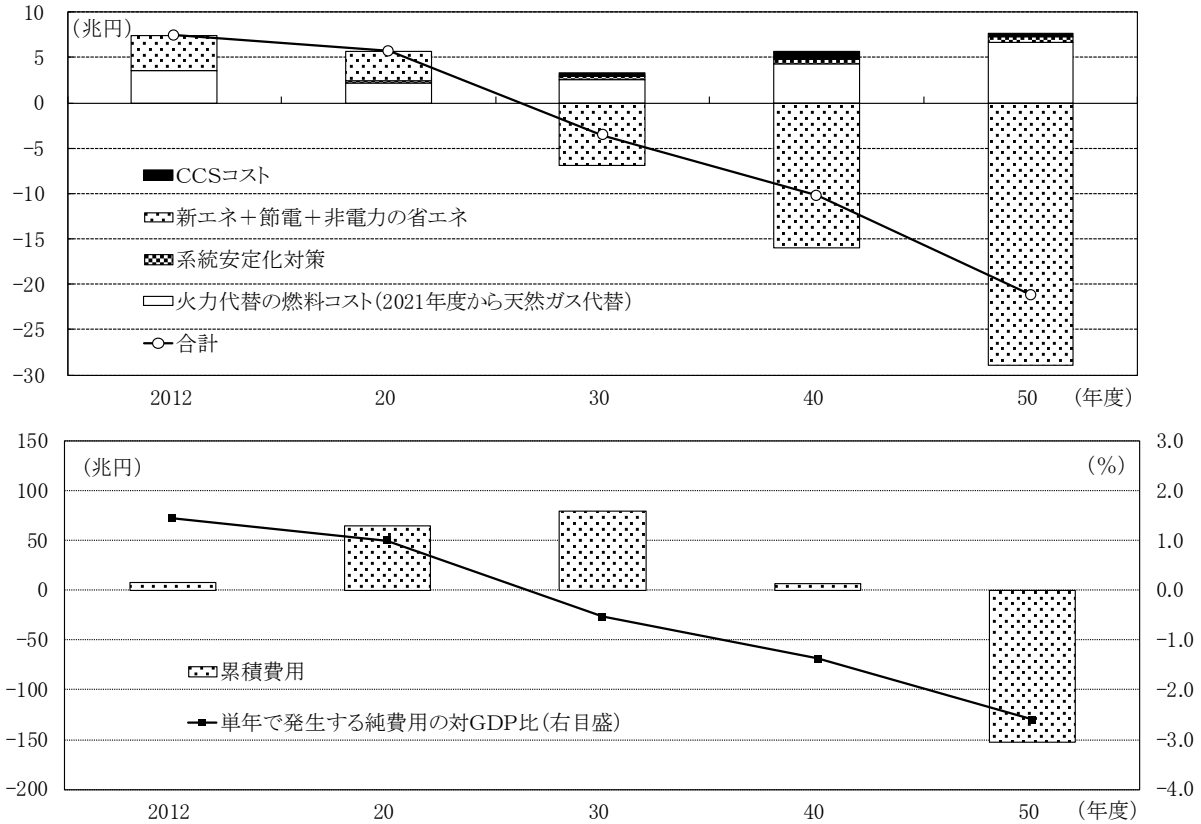


図表9では省エネや再生可能エネルギー、原発維持などにかかる費用から、化石燃料輸入の節約額を差し引いた純費用を示した。2020年代までは省エネなどによる節約よりも、原発停止を代替する化石燃料コストや各種投資費用の方が上回り、投資超過になるが、この時期を過ぎると、再生可能エネルギーや節電、電力以外の省エネによる節約額が大きくなり、50年度には投資費用から化石燃料の節約額を差引くと▲24兆円(24兆円の純利益)となり、その分、成長率を押し上げることになる。50年度での純利益のGDP比率は3%となる。成長シナリオでは50年度の成長率を0.8%と想定しているが、化石燃料価格が290ドルに達しても、この成長率を維持するには、省エネなどによる押し上げ効果は不可欠になることも示唆している。図表9の下図は、累計の純費用で30年度までに100兆円弱が必要だが、50年度には総額で150兆円のメリットが生じる。12-50年度の平均では年間4兆円の節約額が投資額を上回ることになる。

脱原発を選択し、原発を使わない場合に発生する追加的なCO₂排出量分もCCSで対応する場合は図表10になる。一見すると見分けがつかないほど、両者の費用はほとんど変わらない。脱原発を選んでも、維持を選択しても2020年代までは削減への投資が化石燃料の節約額を上回るが、CCSを活用できれば、30年度前後からは投資回収

が可能になる。

図表 10 50 年度までに脱原発を選択するケースの純費用

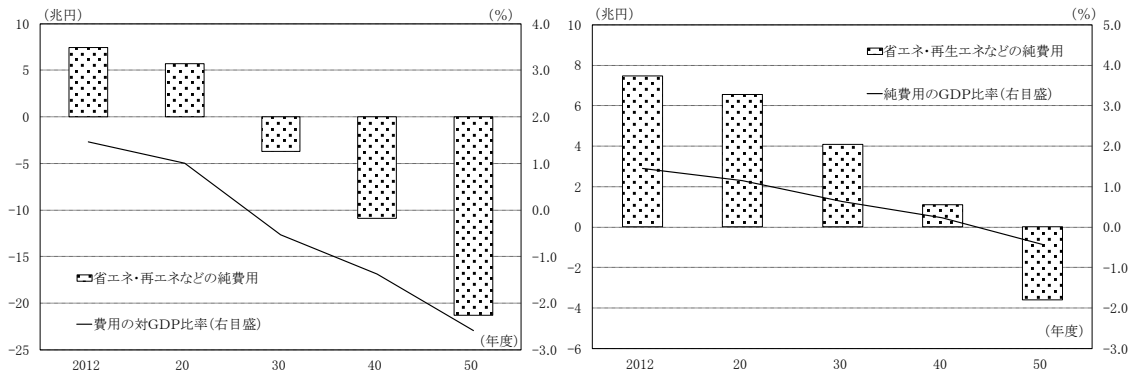


● 化石燃料価格が低迷——年平均 3.7 兆円の削減費用が発生

化石燃料価格が上がり、省エネや再エネが推進しやすい環境の場合は、大規模な政策の追加措置がなくとも、CO₂削減が相当に進む可能性が高いが、価格が上がらないケースはどうなるのか？

図表 4 で示した原油価格が世界のインフレ率程度しか上昇しない場合（実質価格は横ばい）、化石燃料の節約額よりも削減費用が上回る。図表 11（脱原発ケースで比較）は化石燃料価格が高止まりした場合（左）と実質横ばいで推移（右）での純費用を示している。右図では 2040 年代に入らないと化石燃料輸入の節約額が削減費用を上回らない。累積の純費用では 2050 年度でも 150 兆円近い純費用が発生する。12-50 年度の年平均にすると 3.7 兆円に達する。ここではグラフを示すことは省略するが、化石燃料価格が高止まりするケースと同じように、原発を 15%維持する場合と 50 年度までに脱原発に至る場合を比較しても、両者の削減費用はほとんど差がない。

図表 11 原油価格次第で削減費用は大きく異なる(脱原発ケース、50 年度 150ドル弱)
化石燃料価格が高騰 化石燃料価格が実質横ばい



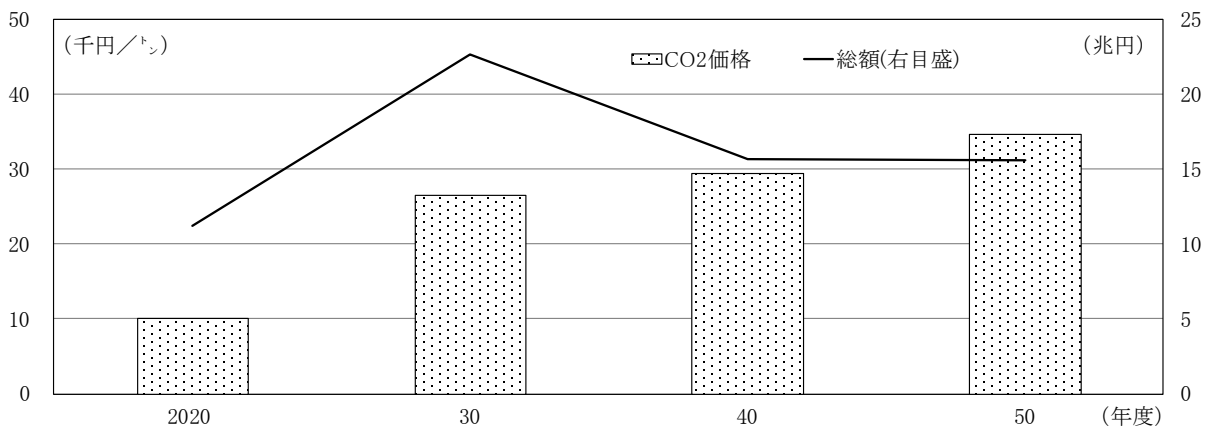
(注) 左右の図とも 2050 年度までに脱原発のケース。左図は原油価格が 2050 年に 290ドル/バレルまで上昇する。その場合は 2030 年度にはCO₂削減投資よりも化石燃料の輸入金額の節約額の方が大きくなる。右は原油価格が同 150ドル弱にとどまる場合。2040 年代に入らないと投資額を節約額が上回ることはなく、長期的にみても削減費用が発生する。

● 化石燃料価格低迷ケース——CO₂排出への価格づけが不可欠

化石燃料価格が低迷する場合には、高止まりする場合に比べて価格メカニズムによる省エネや再エネの導入が進まない。この場合には価格差を補うためにCO₂の排出量に価格をつける環境税や排出量取引のような制度が必要になる。

この価格差を補うにはどの程度のCO₂価格になるのか？試算すると 2050 年度までに価格づけを毎年上げて 50 年度には 3 万 5000 円/トンの必要がある。負担額は 30 年度前後に 23 兆円弱でピークを迎え、その後はCO₂価格の上昇以上に削減が進むこともあり総額は減少に向かい 40 年代には 15 兆円程度に落ち着く (図表 12)。

図表 12 CO₂価格と排出量に伴う負担額



消費税 1% で 2.5 兆円の税収があると考ええると、6 - 9% に相当する。当センターの長期経済予測は、成長シナリオの実現に向けて法人税引き下げなどとともに財政再

建や社会保障制度の維持のため、30 年度までに消費税率を 25%まで引き上げることを政策提言している。例えば、この一部を環境税で代替することも検討に値するのではないか。

● 一層の削減余地も——ライフスタイルの変化、コジェネの導入などで

ここまでの試算結果は、経済構造変化を前提にしているが、個人のライフスタイルの変更は考慮していない。しかし長期的な観点でみると、情報通信技術（ICT）の普及・活用でエネルギー消費は大きく変わる可能性が高い。例えば「通勤」「買い物」というスタイルや情報伝達手段が大きく変わることは今からでも容易に想像できる。

省エネ実現のカギとした米国と同じような非製造業主体の経済構造への転換には、ICTをフル活用した生産性向上が合わせて欠かせない。その結果、無くなる職業も予測され、経済構造の変革によってライフスタイルの変更を伴うことは避けられない。ただ今回の予測はライフスタイルの変更に伴う削減は見込んでいない。ICTはあらゆる産業や業務、家庭、運輸部門の効率向上（省エネ以外も）を支えるキーテクノロジーであり、その進歩と利活用を加速することで日本の成長力を高める。当センターは 2015 年 2 月に ICTに関する中間報告を公表しているが、今後、具体論をまとめていく段階では省エネ・低炭素社会実現への ICTの貢献策も政策提言の対象になる。

また電気と熱を合わせて供給するコジェネレーションの普及も考慮していない。民主党政権時代に策定した「革新的エネルギー・環境戦略」では、30 年度には 1500 億 kWh の普及を目指していたが、これが実現すると石炭に換算すると総排出量の 4%程度に相当する年間 5000 万トンの CO₂削減につながる可能性もある。

日本は 2050 年までに CO₂の 80%削減を長期目標に掲げているが、60%強までは、国内対策で可能になる見通しで、残りは新興国・途上国の CO₂削減への協力で達成することが求められるだろう。

また原子力に関しては、過酷事故対応の費用は盛り込んだが、高レベル放射性廃棄物の最終処分については、考慮していない。原発維持も脱原発もコスト面では、ほぼ同じだったが、最終処分地のメドなしに原発を維持できるのか、時間とコストはどの程度かかるのか？追加検討する必要がある。

● 長期の視点・哲学が必要——利害調整のみでは低炭素社会への道筋示せず

政府は 2015 年に入ってから 2030 年度のエネルギーミックスを決める委員会を立ち上げ、温暖化防止のための削減目標作りを始めた。ただ業界ヒアリングなどから需給見通しや削減余地などを決めるとみられ、大胆な経済構造の転換を模索する姿勢に欠ける。原子力発電にしても、安全規制を盾にした再稼働ばかりに力が入り、より根源的な「原発をどの程度維持するのか、その条件はなにか？」という課題については具体的な対応は進んでいない。

こうした検討は 2030 年あるいは 50 年に向け、日本をどのような社会にするのかと

いう視点、哲学なしには検討できない。2050年に向けた経済と環境を両立できる低炭素社会へのビジョンなしには不可能というわけだ。

日本は石油ショック時に急速な省エネとエネルギー資源の多様化を進めた。また大きく産業構造を「重厚長大」からハイテク産業中心へ転換し、国際競争力を高めた歴史がある。また福島原発後の急速に上昇した電気料金に対して産業界の一部からは「これ以上電気料金が上がると競争力が維持できない」との声があがるが、一方で上場企業の14年度（15年3月期）の企業収益は過去最高になるとみられている²。優良企業は、着々と省エネを進めたり、高いエネルギー価格を逆にビジネスの種にし始めていたりしていることがうかがえる。石油ショック時と同様に危機をバネに体質を強化しているわけだ。ある大手自動車会社にヒアリングしたところ「世界統一の燃費基準、環境基準であれば、厳しい規制も受け入れる」と話す。自らの競争力を高める機会になることを知っているからだ。

欧州連合（EU）は2030年に90年比40%削減、米国も05年比で25年までに26-28%削減、中国ですら30年にピークアウトを掲げている。背景には温暖化防止交渉を自国経済の発展に結びつけようという思惑がある。国内の場当たりの利害関係者の調整に終始しては、経済成長と両立させた大胆な低炭素社会への道筋は示せず、国際的な議論を主導する役割を担えないだけでなく、欧米中で決まった枠組みを日本が飲まされる恐れも強い。それこそが日本経済の足かせになるのではないだろうか。

図表 13 米中欧日の温暖化ガス削減目標

米国	2025年までに05年比で26-28%削減
欧州連合（EU）	1990年比で2030年までに40%（05年比では35%）削減
中国	2030年ごろに排出量をピークアウト、
日本	暫定的に05年度比20年度まで3.8%削減、30年目標は策定中

本稿の問い合わせは、研究本部（TEL：03-6256-7740）まで

※本稿の無断転載を禁じます。詳細は総務・事業本部までご照会ください。

公益社団法人 日本経済研究センター
〒100-8066 東京都千代田区大手町1-3-7 日本経済新聞社東京本社ビル11階
TEL:03-6256-7710 / FAX:03-6256-7924

² 日本経済新聞朝刊1面 2015年2月6日付け

＜参考文献＞

1. 日本経済研究センター「[第38回中期経済予測](#)」（2012年3月）
2. 日本経済研究センター「[グローバル予測と日本の3つの未来](#)」（2014年2月）
3. 鈴木達治郎「[日本の未来とエネルギー・環境政策の課題](#)」（日本経済研究センター第51回通常総会記念講演、2014年5月）
4. 齋藤潤の経済バズアイ「[円安で輸出はもっと伸びるはず？](#)」（2014年5月）
5. 岩田一政&日本経済研究センター編「人口回復」（日本経済新聞出版社、2014年8月）
6. エネルギーと環境の未来を語るラウンドテーブル「[新築ビルはエネ消費、半減も、既存ビルには課題](#)」（14年6月）
 - 「[運輸部門の地球温暖化対策ー予測以上に進む燃費改善、20年度にCO₂排出量、25%減も](#)」（14年7月）
 - 「[建設機械工場、購入電力の9割減を可能に](#)」（14年9月）
 - 「[建屋・機器の効率化で住宅の省エネは加速ー家庭のエネ消費、90年比で半減の可能性もー](#)」（14年10月）
 - 「[化学、脱エチレンで高付加価値へーLEDや自動車材料など多くの分野で省エネ・温暖化対策を支える](#)」（15年1月）
7. 小林辰男・鈴木達治郎・小林光・岩田一政「[経済構造変化で2050年度のエネ消費、40%減に](#)」（日本経済研究センター、2014年11月）
8. 小林光のエコ買いな「[環境は経済の味方](#)」（日本経済研究センター、2015年2月）
9. 情報通信技術が変える経済社会研究会「[経済社会の革命的变化への岐路に立つ日本](#)」（日本経済研究センター、2015年2月）
10. 「再生可能エネルギー導入ポテンシャル調査」（環境省、2011年3月）
11. 日本プロジェクト産業協議会「純国産の自然エネルギー・水力による持続可能な未来社会～既存のダム・水力施設の最大活用による水力発電の増強～」(2013年12月)
12. 「Pathways to deep decarbonization 2014 report」（IDDRI）
13. 「Pathways to deep decarbonization in the US : US 2050 report」（IDDRI）
14. 「World Energy Outlook 2014」（国際エネルギー機関＜IEA＞）