



# 研究レポート

---

No.380 November 2011

---

---

「エネルギー基本計画」見直しの論点

— 日独エネルギー戦略の違い —

主任研究員 梶山 恵司

# 「エネルギー基本計画」見直しの論点

## —日独エネルギー戦略の違い—

主任研究員 梶山恵司

Kajiyama.his-01@jp.fujitsu.com

### <要旨>

- ・ ドイツは、エネルギー消費を削減しながら経済成長する新たなフロンティアを築き上げつつある。
- ・ これに対し、日本は経済成長に伴ってエネルギー消費も拡大し、CO<sub>2</sub>も増加する 20 世紀型モデルから抜け出せていない。
- ・ エネルギー消費削減で、ドイツが特に力を入れるのが、エネルギーシステムの抜本改革である。
- ・ 一次エネルギーを電力などの 2 次エネルギーに転換する際の損失は、エネルギー供給の 3 割にも達する。このため、発電の効率化によるエネルギー消費削減の余地は特に大きい。
- ・ そのための手段が、原子力から再生可能エネルギーへ、石炭から天然ガスへのエネルギーシフトと、発電に使う熱もエネルギーとして使う熱電併給(コージェネ)である。
- ・ 発電における未利用熱が膨大な一方で、最終エネルギー消費では 5 割が熱需要である。だからこそ、コージェネによる発電の熱とを結びつけるのは、当然である。
- ・ エネルギーシフトも、コージェネも、小規模分散型エネルギーシステムであり、従来の大規模集中型エネルギーシステムからの抜本的な転換を意味する。
- ・ エネルギーシフトを軸にした小規模分散型の新しいエネルギーシステムへの移行こそ、21 世紀前半の最大の成長分野である。
- ・ 2010 年の日本のエネルギー基本計画は、大規模集中型エネルギーシステムそのものであり、20 世紀型産業構造の延長に過ぎない。エネルギー消費削減と再生可能エネルギー利用拡大をエネルギー戦略の 2 大柱と位置づけ、エネルギーシステムの抜本改革に踏み込むことこそ、日本のこれからの最大の成長戦略である。

キーワード：

エネルギー基本計画、再生可能エネルギー、原子力発電

## <目次>

1. はじめに .....	1
2. エネルギー戦略で先行するドイツ .....	1
2.1 エネルギー基本計画「白紙からの見直し」の意味するところ .....	1
2.2 エネルギー消費を削減しながら成長するドイツ .....	2
2.3 国民的合意に基づくドイツのエネルギー戦略 .....	3
3. エネルギーバランスと電力、熱、輸送用燃料 .....	4
3.1 火力発電の膨大なエネルギー損失 .....	4
3.2 発電の効率化を急ぐドイツ .....	5
4. 発電の効率化に向けたエネルギーシフト .....	6
4.1 原子力から再生可能エネルギーへ、石炭からガスへ .....	6
4.2 「逆エネルギーシフト」の日本 .....	8
4.3 原発ありきを固定化させる「エネルギーのベストミックス」 .....	8
5. コージェネと電力構成 .....	9
5.1 コージェネは小規模分散型 .....	9
5.2 2030年に再生可能エネルギーとコージェネで発電の8割を目指すドイツ .....	9
5.3 「安定供給」、「ベストミックス」と「電力の地域独占」 .....	10
6. ドイツの最終エネルギー消費削減 .....	11
6.1 課題は家庭・運輸 .....	11
6.2 削減のカギは熱と輸送用燃料 .....	12
6.3 家庭～大きな削減余地 .....	12
6.4 業務～多い家庭との共通点 .....	13
6.5 運輸～カギは自家用車の燃費改善 .....	14
6.7 産業～エネルギー多消費構造からの転換 .....	14
7. 日本の最終エネルギー消費動向 .....	15
7.1 ドイツに比べ大量のエネルギーを消費する日本の産業 .....	15
7.2 日本の家庭のエネルギー消費はドイツの6割 .....	16
7.3 整合性のとれない「エネルギー基本計画」 .....	16
8. 21世紀の経済社会を切り開くエネルギーシステム .....	17
8.1 「エネルギー革命」が進展するドイツ .....	17
8.2 20世紀発展の延長に過ぎなかった「エネルギー基本計画2010」 .....	18
参考文献 .....	18

# 「エネルギー基本計画」見直しの論点

## —日独エネルギー戦略の違い—

### 1. はじめに

人類は、地球環境問題、人口増加、資源需給のひっ迫など、史上かつて経験したことのないチャレンジに直面している。これらはすべてエネルギー問題に集約されるが、これにどう対応していくかに、21世紀人類の命運がかかっているといっても過言ではない。

ドイツはこうした認識に基づき、エネルギー消費削減と再生可能エネルギーをエネルギー戦略の2大柱として、エネルギー消費を削減しながら経済成長をする新しいフロンティアを切り開いている。原発をすべての出発点とする日本のエネルギー基本計画とは、対照的である。

福島原発事故を受けて、エネルギー基本計画の白紙からの見直しが行われているが、そのためにも、日本のいままでのエネルギー基本計画のどこが問題なのかについて、論点整理をすることが不可欠である。本稿は、日本とドイツのエネルギー戦略を比較分析することによって、エネルギー問題の所在を明確にすることを目指すものである。

### 2. エネルギー戦略で先行するドイツ

#### 2.1 エネルギー基本計画「白紙からの見直し」の意味するところ

日本のエネルギー戦略は、原発推進を前提として、企画・立案・遂行されてきた。原発は、コスト的に安く、かつ二酸化炭素を排出しないクリーンなエネルギーとされ、これが長期的なコストや供給の安定性、地球温暖化などの諸問題を解決する玉手箱のようなエネルギー源として宣伝されてきた。しかしながら、福島原発事故でこうした原発依存が砂上の楼閣であることが明らかになり、原発を大々的に推進することを決めた2010年のエネルギー基本計画は、白紙からの見直しを迫られることになった。

エネルギーは、国民生活や産業を支える基本インフラであり、それが量的にもコスト的

図表1 日独エネルギー関連主要指標

	一次エネルギー消費		再生可能エネ/一次エネ		CO2増減(90年比)	
	2009/1990	2030/2009	2009年実績	2030年目標	2009実績	2030目標
ドイツ	▲6%	▲30%	9.4%	30%	▲23%	▲60%
日本	5%	▲5%	1%	12%	1.5%	▲30%

(出所)資源エネルギー庁エネルギー需給実績、エネルギー基本計画2030、ドイツエネルギー統計、Leadstudy2010

(注)ドイツは2010年実績

にも安定的に供給されなければならないことはいうまでもないが、仮にいくらコスト的に安いといっても、今回の福島原発事故のように、国民の生活・安全を根底から脅かすものであっては、エネルギー本来の機能を果たせなくなってしまう。

また、ウランや化石燃料は枯渇性資源であり、21世紀前半は、エネルギー需給の逼迫や価格高騰が見込まれることから、これにどう長期的に対応していくのかの視点も不可欠である。

エネルギー利用はまた、地域や一国の環境のみならず、地球環境問題そのものにも大きな影響を与える。このため、長期的に環境への負荷を大幅に低減するような持続可能なシステムとしていかなければならない。

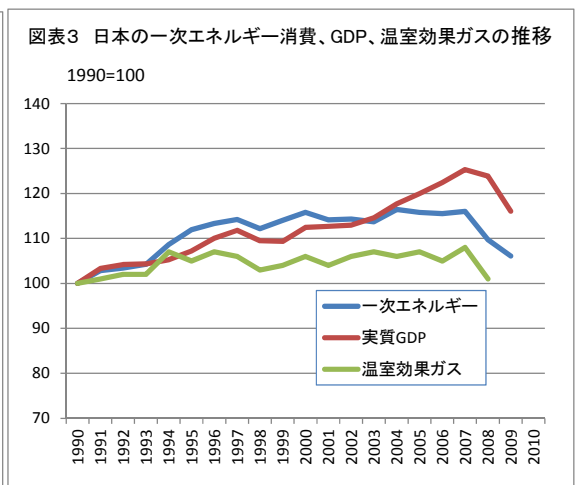
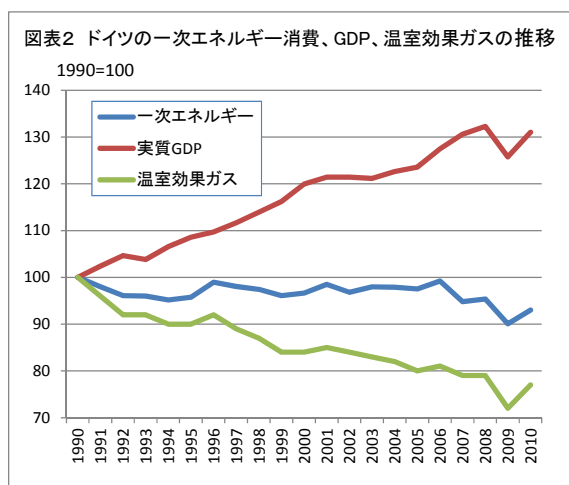
エネルギー戦略とは、これらさまざまな要因を考慮して、長期的視点から総合的に構築されるべきものである。ところが、日本のエネルギー戦略は原発ありきで出発しているため、その体系には相当な無理が内包されていたのであり、いずれ行き詰まるのは時間の問題だった。福島原発事故は、それを早めるきっかけとなったにすぎない。

## 2.2 エネルギー消費を削減しながら成長するドイツ

これからのエネルギー戦略を考えるうえで参考になるのが、ドイツである。

ドイツは、将来的に原発を全廃することを前提に、二酸化炭素削減、エネルギー消費削減と再生可能エネルギーの普及拡大を統合したエネルギー戦略を追求してきている。過去20年間の実績をみても、エネルギー消費を6%削減する一方で、再生可能エネルギーが一次エネルギーの9.4%をまかなうまでに成長してきており、二酸化炭素を90年比で26%削減するなどの成果を上げてきている（図表1）。しかも、この間経済は30%拡大しており、ドイツは、エネルギー消費を削減しつつ経済成長をはかるという21世紀の新たなフロンティアを切り開きつつある（図表2）。

こうした経験にもとづき、2030年に向けて、ドイツは一次エネルギー消費を30%削減するとともに、再生可能エネルギーの比率を30%にまで引き上げるとする意欲的な目標を掲



げている。これによるCO2削減目標は、60%に達する見込みである。

これに対し、日本の過去20年間の成長はドイツに比べ10%ポイント低い、エネルギー消費は逆に6%増加してきている(図表3)。つまり、日本は、成長に伴ってエネルギー消費も拡大するという20世紀型パラダイムにどっぷりつかって来たままである。さらに、エネルギー基本計画によると、2030年のエネルギー消費は2009年比でわずか5%の減少を見込んでいるにすぎず、ドイツとの格差は開く一方である。

ドイツはいかにして、エネルギー消費削減と再生可能エネルギーの拡大を図ってきたのか、成長と二酸化炭素の削減をどのようにして同時達成してきているのか、それは経済社会にどのような影響を及ぼしているのだろうか。

本稿では、このような疑問に答えるべく、日本とドイツのエネルギー戦略の違いについて、比較分析する。

### 2.3 国民的合意に基づくドイツのエネルギー戦略

2030年目標を規定するのは、日本では2010年のエネルギー基本計画、ドイツでは、「再生可能エネルギー拡大戦略と長期シナリオ2010」である。ただし、日本は「推計」とされており、曖昧な表現となっている。両者はともに、国の長期のエネルギー戦略に関わるものであるが、その性格・内容が大きく異なる。

ドイツでは、脱原発を前提として、エネルギー消費削減、再生可能エネルギー、CO2削減を一体的に進めるエネルギー政策が国民的合意となっている。その具体的な目標もおおむね決まっており、それにもとづいて政策が行われている。1~2年ごとに発表される「再生可能エネルギー戦略」は、その目標達成に向けての進捗状況を専門家がレビューし、政策に反映させることを目的としたものである。

これに対し、日本のエネルギー基本計画は、審議会形式で、一部利害関係者によって3年ごとにエネルギーのあり方を決めてきたものであり、必ずしも国民的議論を経たものではない。また、原発ありきから出発しており、全体の整合性がとれておらず、いろいろなところできしみが出てきている。

なお、比較する場合の直近の対象年に関しては、リーマンショックの影響が最も現れた2009年ではエネルギー消費の数値が低くなりすぎて、実際のトレンドから乖離してしまう。このため、ドイツについては、景気が回復した2010年のデータを用いた。他方、日本については、2010年のデータは未発表なので、2009年のデータをそのまま用いることとした。

### 3. エネルギーバランスと電力、熱、輸送用燃料

#### 3.1 火力発電の膨大なエネルギー損失

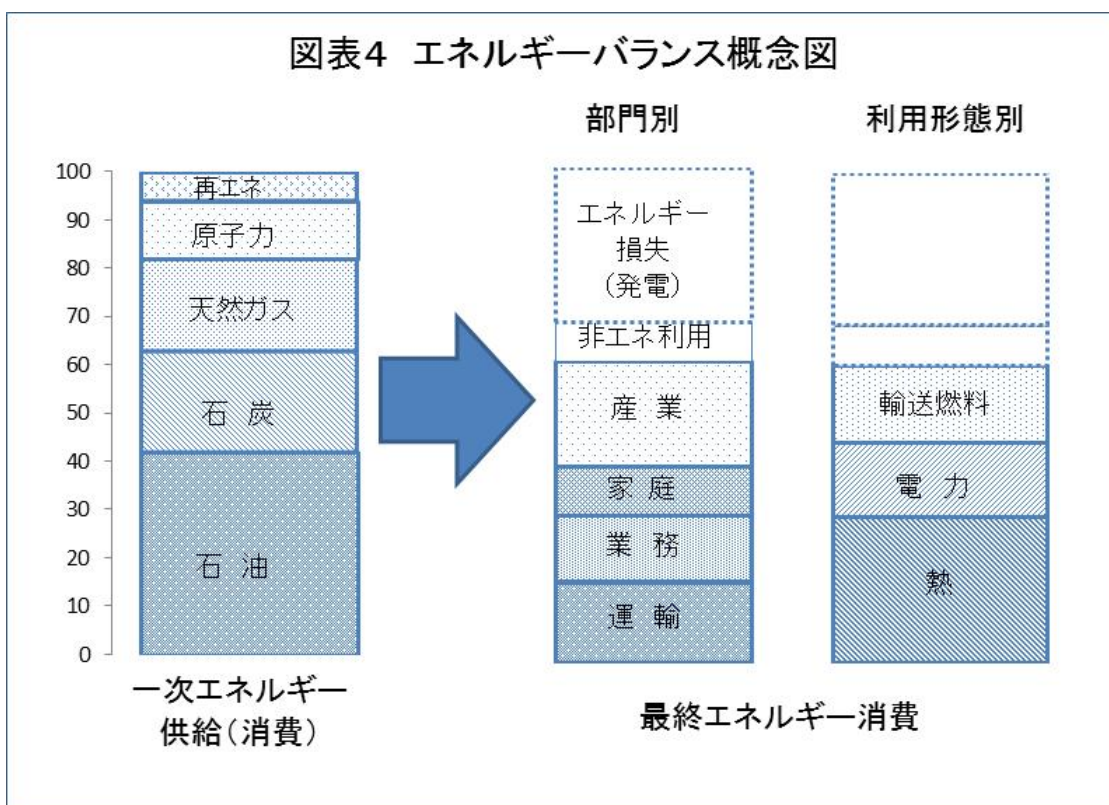
エネルギー問題を検討する前に、まず、投入されるエネルギーがどのように加工され、どのように使われるかのエネルギーフローを整理しよう。その全体像を把握してはじめて、問題の所在が明らかになり、その解決に至る具体的な道筋と目標を描くことが可能となるからである。

一国で投入されるエネルギーは、石油、石炭、天然ガスなどの化石燃料、原子力発電所の発電用燃料であるウラン、太陽光・太陽熱・風力・バイオマス等の再生可能エネルギーなどがある。これを一次エネルギーという。基本的に一次エネルギーの総投入量から輸出をのぞけば、供給と消費は一致する。日本では一次エネルギー供給、ドイツでは一次エネルギー消費と呼んでいるが、両者は同じである。

これら一次エネルギーは、電力や、石油、ガソリン、都市ガスなどの二次エネルギーに転換され、最終的に産業、家庭、業務、運輸の各部門で利用される。これを最終エネルギー消費という（図表4）。

一次エネルギーが二次エネルギーに転換され、最終需要されるまでには、大量の損失が発生する。その大部分は発電の際に発生するものである。

火力発電は原子力発電を含め、熱を発生させて蒸気でタービンを回し、電力をつくるが、投入した熱がすべて電力になるわけではなく、残りは損失となる。エネルギー転換におけ





る損失の大部分は、このような発電および送電で発生する損失である。その規模は、一般に一次エネルギーの 3 割前後に達するほどである。このため、発電の効率化は、エネルギー消費削減に特に効果が高い。

一方、最終エネルギーは、産業、家庭、業務、運輸の各部門で消費される。その利用形態は、熱、電力、輸送用燃料である。このうち、熱利用が全体の 5 割を占め、残りが輸送用燃料、電力である。最終エネルギー消費に占める電力の比率を電力化率というが、日本は 23%と、特に電気の占める比率が高い。これに対し、ドイツは 21%である。つまり、日本では輸送用燃料の比率は残り 27%というわけである。

### 3.2 発電の効率化を急ぐドイツ

産業、家庭、業務で使うのは主に熱と電力であり、輸送用燃料は、当然のことながら、そのほとんどは運輸部門で使われる。

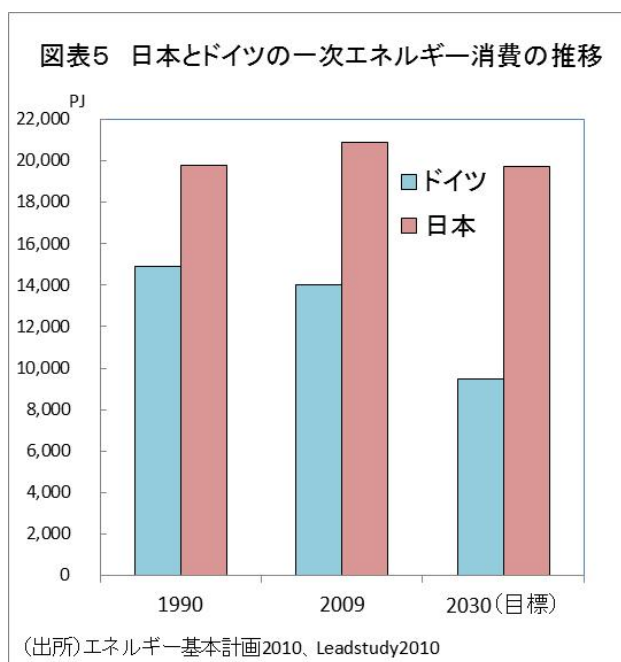
以上を念頭に置いたうえで、日独のエネルギー消費削減への対応を見ていこう。

図表 5 は、日独の 1990 年、2009 年、2030 年の一次エネルギー消費の推移を表したものである（2030 年は目標値。日本は、「推計値」）。日本は 2009 年に、1990 年比で 5%エネルギー消費が増加し、2030 年には 90 年の水準にもどるとしている。他方、ドイツは 2010 年には 1990 年比で 6%削減、2030 年には削減をさらに進め、2010 年比で 32%減、90 年比では 36%減を目指している。

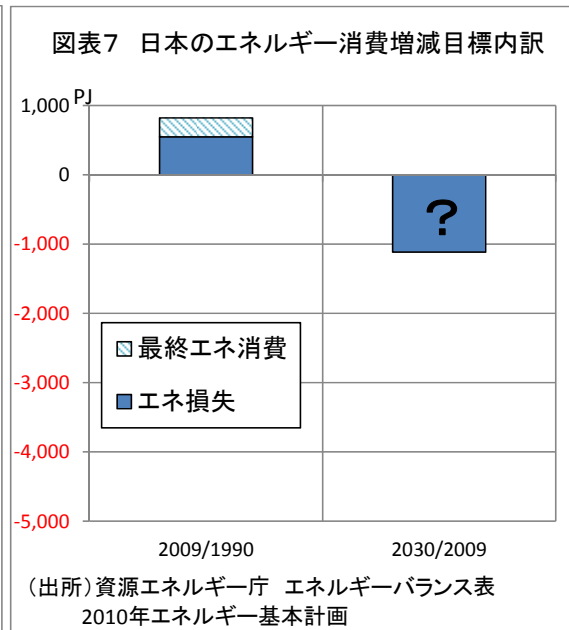
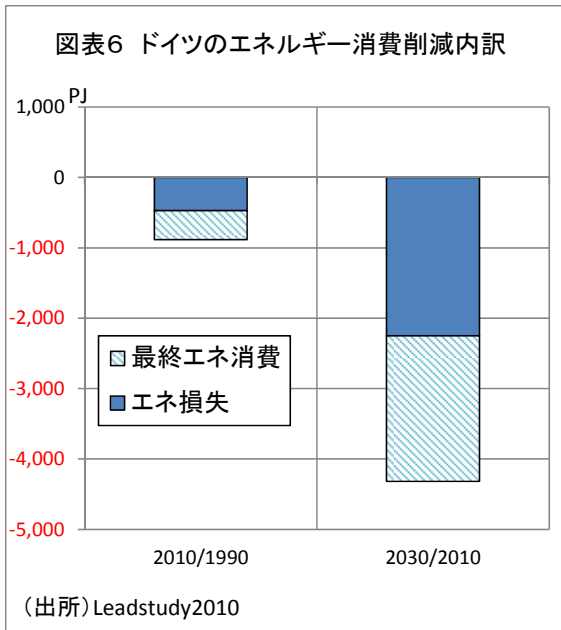
一次エネルギー消費削減で両国にこれだけの差が出る最大の要因は、エネルギー転換における損失への対応の相違である。

エネルギー転換における損失は、一次エネルギー消費の 3 割前後に達するほど巨大であり、それが未利用エネルギーとして捨てられていることから、ドイツは発電の効率化を最重点課題として取り組んできた。過去 20 年間に於けるドイツのエネルギー消費削減のうち、53%が発電の効率化によってもたらされたことは、その成果である（図表 6）。

それでもさらなる発電効率化の余地は、まだ大きい。ドイツの 2030 年のエネルギー消費 32%減の目標うち、6 割強は一段の発電効率の向上によって達成する計画である。この結果、一次エネルギーの 28%を占めるエネルギー転換における損失は、2030 年には 18%にまで縮小することになる。







これに対し、日本では、ドイツとは逆に、過去 20 年間の一次エネルギー消費は 5% の増加となったが、増加分の 3 分の 2 が損失によるものである。つまり、日本において、発電の効率向上のための対策は、なにもとられてこなかったに等しい。

さらに、2030 年に向けてのエネルギー基本計画においても、エネルギー消費量は 2009 年比で 5% 減とされているにすぎないうえ、発電の効率化によって達成するのがそのうちのどれだけなのかの分析すらなされていない (図表 7)。

ドイツの現在の一次エネルギー消費は日本の 3 分の 2 であり、ちょうど経済規模・人口に合致しているが、2030 年には日本の半分にすぎなくなる。日本のエネルギー効率化は世界最高水準と自画自賛してきたが、その立場もいまや大きく揺らいでいるのが実態である。

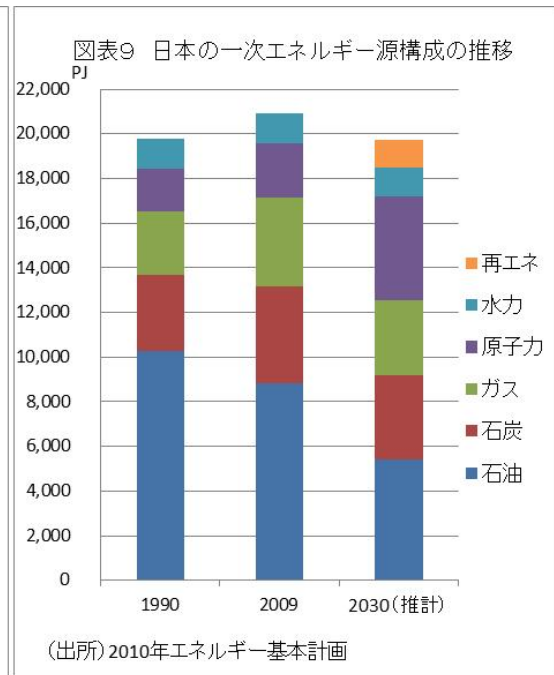
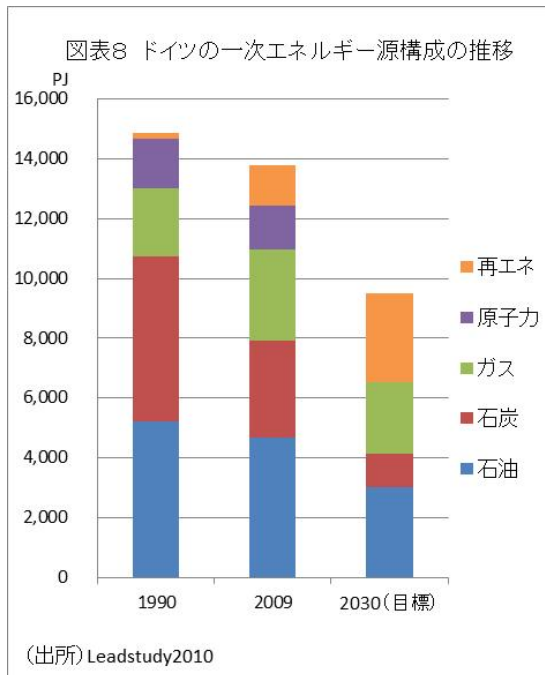
#### 4. 発電の効率化に向けたエネルギーシフト

##### 4.1 原子力から再生可能エネルギーへ、石炭からガスへ

それではドイツはいかにして、エネルギー転換の際の損失を減少させ、発電の効率化を達成してきたのだろうか。その 2 大柱が、エネルギー源の転換 (エネルギーシフト) と、熱電併給 (コージェネ) の促進である。

たとえば、同じ化石燃料でも、石炭は単位当たりの CO<sub>2</sub> 排出量が多いのみならず、発電効率も、よくて 4 割台と、最新のガス火力に比べ 10~20% ポイントほど劣る。また、原子力発電もそれが巨大設備であるがゆえに、発電に使われる大量の熱を捨てており、発電効率は 3 割程度にとどまる。他方で、再生可能エネルギーのうち風力や太陽光は熱を使って発電するわけではないので、発電効率は 100% として換算される。

このため、ドイツでは石炭からガスへ、原子力から再生可能エネルギーへと、エネルギ



シフトを進めてきた（図表8）。この結果、1990年に35%に達していた一次エネルギー消費に占める石炭の比率は、2010年には23%へと低下する一方で、ガスの比率は15%から22%へと大幅に上昇している。また、1990年には実績がわずかだった再生可能エネルギーも、2010年には一次エネルギーの9.4%を担うまでになっている。

他方、2010年時点での原子力の比率は11%と20年前と変わらないが、福島原発事故を受け、ドイツは脱原発の時期を2022年へと繰り上げたことから、今後、原子力の比率は急速に低下していくことになる。

ドイツは2030年に向けてエネルギーシフトを一段と進め、再生可能エネルギーの比率を現状の9.4%から30%に高めると同時に、石炭の比率を23%から12%へと大幅に低下させ、代わってガスへのさらなる転換を図ることを目標としている。

発電の効率化とエネルギーシフト推進の有力な政策手段となるのが、排出量取引制度である。排出量取引は、大口の排出者を対象として、排出量の枠を設定するものであるが、発電部門のCO2排出量は全体の4割にも達するため、特に発電部門に対するCO2削減のインセンティブが強く働く。

そして、CO2削減こそ、まさに発電効率を上げて投入エネルギーを削減すること、および、再生可能エネルギーへとシフトすることに他ならない。これはまた、深刻化する地球環境問題や高騰するエネルギー価格、将来のエネルギー需給逼迫に備えるために必須のものであり、国際競争力を維持強化するための前提でもある。

つまり、排出量取引は、持続可能な経済発展を担保するための有力な政策手段であり、成長戦略の一環でもある。日本では、排出量取引制度を、単なる排出量削減のための手法ととらえ、経済成長の足かせになるかのような見方が根強いが、事実は全く逆である。

## 4.2 「逆エネルギーシフト」の日本

ドイツの徹底したエネルギーシフトに比べると、日本のエネルギー源構成には大きな変化はなく、時間が止まったかのようだ。

実際、過去 20 年間、石油を除けば、石炭、ガス、原子力いずれもすべて消費量は大幅に増加している。しかも、エネルギー効率が悪く、相対的に CO2 排出量の多い石炭の比率が、17%から 21%へと増加しており（図表 9）、政策目標として石炭依存度を下げ続けてきたドイツとは対照的である。

これは、石炭が安価だったことが大きな理由だが、仮に炭素価格を考慮していれば、ここまで石炭依存度を高めることにはなっていなかっただろう。こうした観点からも、排出量取引制度導入は必要なのである。

また、09 年の一次エネルギーに占める再生可能エネルギーの比率は 6%となっているが、その大部分は、大規模水力および、製紙会社の黒液といった大型発電である。つまり、再生可能エネルギーに関して、日本では実質的な進展は何もなかったというのが実態である。

基本計画における 2030 年の絵姿も、従来の延長の域を出るものではない。そもそも、エネルギー消費そのものも現状と大差ないし、エネルギー構成も、石油の減少は見込んでいるものの、石炭依存度は 19%と依然として高い。

また、大規模水力などを除いた実質的な再生可能エネルギーの一次エネルギーに占める比率は、2030 年でもわずか 6%である。ドイツの 30%という目標と比べると、あまりにも貧弱である。

かわって、基本計画で目玉とされているのが、原発である。CO2 削減の切り札であるとして、基本計画では今後原発を新增設し、2030 年には、一次エネルギーに占める原発の依存度を、現在の 12%から 24%へと倍増するとされている。電力で見れば、原発依存度は 53%に達することになる。

つまり、2010 年の基本計画では、日本のエネルギー政策の主役は今後とも原子力であり、石炭も引き続き準主役を務める。反面、再生可能エネルギーは 20 年後においても端役でしかない。エネルギーの効率化を進めるための主要手段がエネルギーシフトであるとすれば、日本は逆エネルギーシフトをこれからも続けるというのが、2010 年のエネルギー基本計画だった。

## 4.3 原発ありきを固定化させる「エネルギーのベストミックス」

このことは、経産省が好んで使う「エネルギーのベストミックス」の考えと密接に結びついている。これは、原子力を「ベース電源」として最優先させ、残りの需要を他の電源で調整するための日本独特の言い回しである。つまり、「ベストミックス」とは、あくまでも原子力ありきの考え方なのである。

これに対し、ドイツにおいて強いてエネルギーのベストミックスがあるとすれば、それは再生可能エネルギー 100%ということになろう。しかしそれは将来のことであり、そうで

あれば、2020年や2030年といった節目において、その目標にどれだけ近づけるのかの目標設定こそ重要ということになる。つまり、ドイツの考えは、その時々エネルギーミックスのあるべき姿を描き、そこに向けてエネルギーシフトをしていくというものである。

エネルギーのベストミックスとエネルギーシフトとは、もともと相いれない概念だということだ。

## 5. コージェネと電力構成

### 5.1 コージェネは小規模分散型

発電の効率化にとって、エネルギーシフトと並んで重要なのが、火力発電所で発生した熱も発電と併せて利用する熱電併給（コージェネ）である。熱需要は最終エネルギー消費の5割を占めるほど巨大である。他方、火力発電では膨大な熱が未利用エネルギーとして捨てられている。発電だけではエネルギー効率の向上には限度があるが、その際に使った熱をエネルギーとして利用すれば、全体としてエネルギー効率を80～90%にまで高めることができる。

ただし、電力は系統に接続すればどこでも使えるが、熱は移動できないので、需給が接近していなければならない。このため、コージェネは、発電所の近隣に熱需要を見つけるか、ないしは熱需要の近くに発電所を建設するかの選択となる。

また、火力発電所が巨大施設であれば、発生する熱も膨大なので、熱の需要を確保するのが困難となる。その最たるものが、原子力発電である。大規模工業団地に原発があるならともかく、日本のように海沿いの人口密度の低い地域に孤立して立地させるのであれば、原発の熱はそのまま捨てざるをえない。

このように、コージェネは大規模発電ではなく、中小の発電施設が適しており、そうした意味ではもともと、小規模分散型電源である。また、コージェネは、再生可能エネルギー同様、そこで発電された電力を電力会社が買い取る制度がなければ、普及しない。このため、ドイツではコージェネ法（2002年）を制定して、再生可能エネルギーとならんで、コージェネによる電力の買い取り制度を整備してきた。

### 5.2 2030年に再生可能エネルギーとコージェネで発電の8割を目指すドイツ

再生可能エネルギーもコージェネも、小規模分散型に適したエネルギー源であり、ともに熱需要の開拓と結びついている。このため、ドイツでは、地域熱供給などによる街づくりや住宅の断熱化、再生可能エネルギー利用の義務づけなどを総合的に行い、再生可能エネルギーとコージェネ拡大を一体化して進めるようになってきている。これがまた、街づくり・地域づくりへとつながることによって、人々の暮らしや産業構造に大きな転換をもたらす原動力となっているのである。

つまり、再生可能エネルギー拡大やエネルギー消費削減のための新しいエネルギーシステムこそ、これからの社会経済発展の基盤となるものであり、成長の源泉なのである。

図表 10 は、ドイツの化石燃料を使用する火力発電所の効率の推移をあらわしたものである。これによるとドイツは過去 20 年間で、38%から 44%へと発電効率を大幅に改善してきているが、これも、石炭からガスへのエネルギーシフトとあわせ、コージェネを促進してきたことのためのものである。

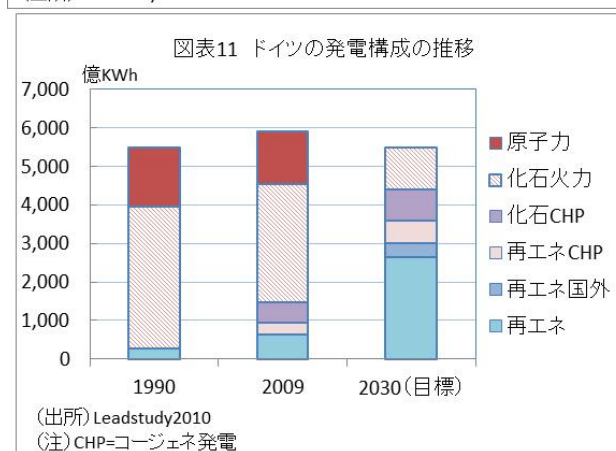
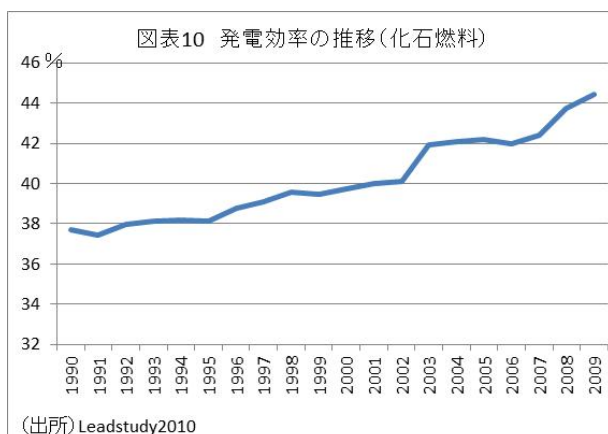
このような過去 20 年間の経験を踏まえ、今後、ドイツは発電におけるエネルギーシフトとコージェネ化の組み合わせを、一段と徹底する。2030 年までに、ドイツは発電に占める再生可能エネルギーの比率を、現在の 17%から 66%にまで高めるとともに、残り 34%の化石燃料による発電については、そのうちの 14%をコージェネ化する計画である。この結果、化石燃料による単純な火力発電は、発電量全体の 20%にすぎなくなる（図表 11）。

つまり、ドイツは原発の廃止に象徴されるように、大規模設備から小規模分散型へと、エネルギーシステムを根本から作り直しているということだ。

### 5.3 「安定供給」、「ベストミックス」と「電力の地域独占」

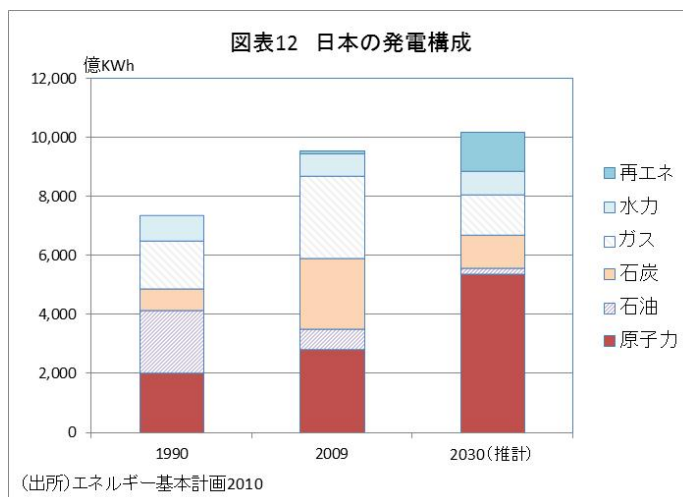
このようなドイツの新しいエネルギーコンセプトは、日本の電力システムとは相いれない考え方である。一方的に電力を作って供給する地域独占・中央集中型電力システムでは、電力会社が直接管理できない電力が入り込むことを極端に嫌う。エネルギー関連行政や業界では、電力会社以外の電力が電力システムに入り込むことを「逆潮流」と呼んでいるが、ここに、電力の供給独占を当然の前提とした考えが端的に表れている。また、電力の供給で日本が好んで使う言葉に「安定供給」があるが、これも供給は電力会社が責任を負うものであるとして、電力独占を前提とした考えである。

これに対し、ドイツでは、電力の供給も多様化しており、需要サイドも電力の供給に合わせて、柔軟に電力を利用するようになってきている。つまり、さまざまな主体が電力市場を通じて電力を取引することによって、需給を安定させるシステムが構築されてきてい



るのである。これはまた、再生可能エネルギーやコージェネによって作られた電力の買い取りのためにも不可欠の前提である。

エネルギーのベストミックスや安定供給を当然の前提とするエネルギー基本計画が描く2030年の発電構成は、原子力が53%、化石火力が27%、大規模水力が8%であり、大規模集中型発電のオンパレードである（図表12）。そこには、コージェネによる発電効率の向上という考えなど入り込む余地はない。つまり、エネルギー基本計画は、これからも電力の独占体制の下、中央集中型のエネルギーシステムを続けるという強いメッセージそのものだった。



## 6. ドイツの最終エネルギー消費削減

### 6.1 課題は家庭・運輸

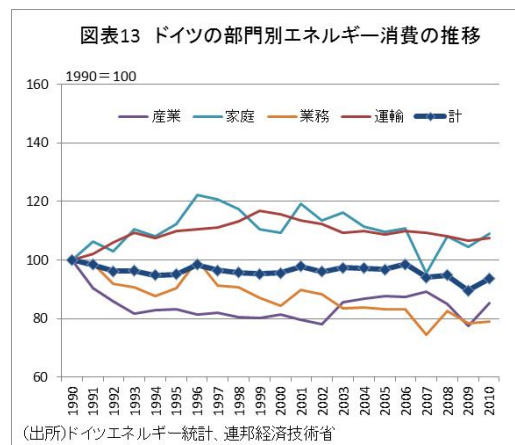
次に、一次エネルギーから転換されたエネルギーを使う側（最終エネルギー消費）について、ドイツの実態を分析してみよう。

ドイツの最終エネルギー消費は、過去20年間で4%の削減となったが、部門別で見ると産業・業務がそれぞれ15%、21%減少する一方、家庭、運輸はそれぞれ7%、9%の増加となっており、2極化しているのがわかる（図表13）。

産業、業務の削減が顕著なのは、統一によって、東ドイツの非効率な工場やオフィスが閉鎖されたり、老朽化した設備が更新されるなどして、エネルギー効率が急速に改善されたためである。

他方で、家庭、運輸の場合、ドイツ統一による消費や旅行ブームが起き、90年代半ばから後半にかけて、エネルギー消費は90年比で2割前後にまで上昇した。以降、緩やかながらも下落傾向となっているが、その水準は90年を上回っている。

一般にCO<sub>2</sub>の削減目標に関して、ドイツは統



一した 90 年を基準としたことで優位になったとの指摘がされる。確かに、産業と業務に関してはこのことは当てはまる部分があるが、反面、家庭や運輸に関しては、統一によってむしろハンディを負ったともいえる。

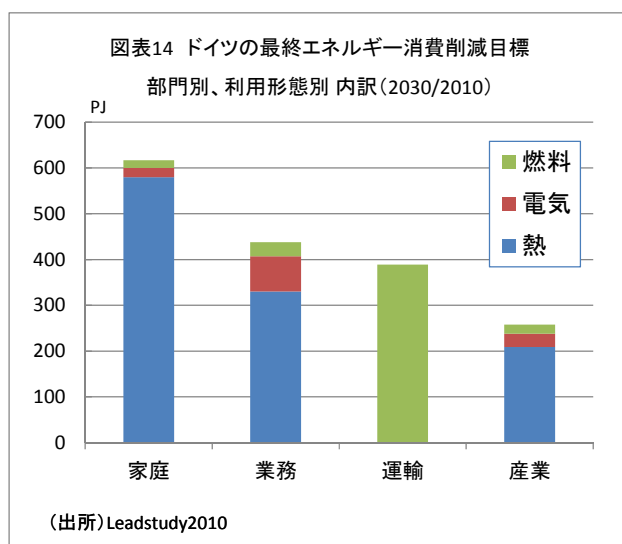
## 6.2 削減のカギは熱と輸送用燃料

ドイツは、今後、経済成長とエネルギー消費のデカップリングを一段と加速化させ、2030 年には 90 年比で最終エネルギー消費を 26%（09 年比では 23%）削減する計画である。削減の内訳は、家庭部門が全体の 36%を占め、次いで、業務（26%）、運輸（23%）と続き、産業の削減は 15%ともっとも低い。また、利用形態別では、削減量全体の 6 割を熱が占め、次いで輸送用燃料が 33%、残り 7%が電力である。

部門ごとの、熱、電力、輸送用燃料別の削減量を表したのが、図表 14 である。家庭、業務、産業では、削減の大部分が熱エネルギーであり、運輸部門における削減は、もっぱら輸送用燃料である。

なお、熱、燃料に比べ、電力の削減量が少なすぎるのではないかとの印象も持たれるかもしれない。これは、ドイツは電力化率が 21%と、日本の 23%に比べ低く、もともと削減余地が限られることにもよるが、より重要なのは、電力は最終需要段階で利用するまでに、その 3 倍近いエネルギーを投入していることである。つまり、電力においては、最終需要段階での「節電」というよりは、発電を効率化することによってこの損失をいかにへらししていくかに、重点がおかれるということである。

以上を念頭に、部門ごとの削減状況について、2030 年に向けて削減量の多い家庭、業務、運輸、産業の順で、その代表的事例について見ていきたい。



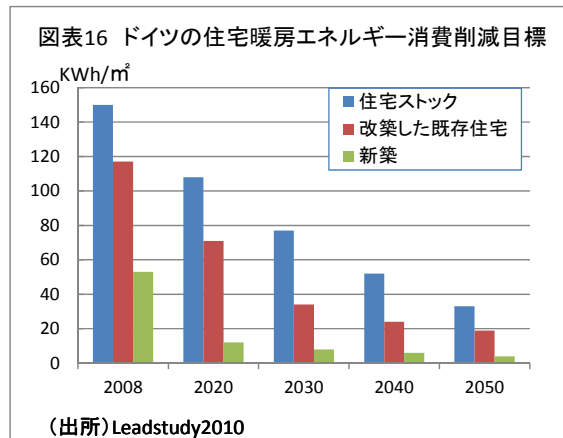
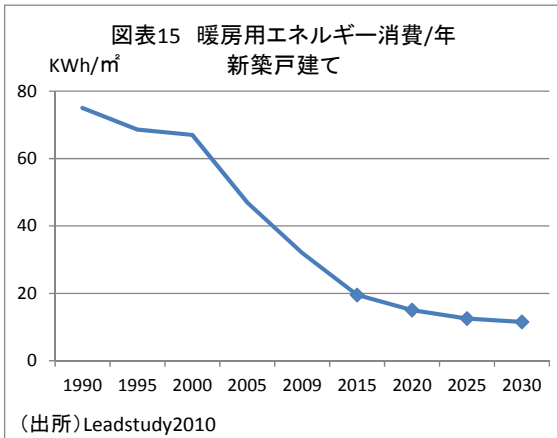
## 6.3 家庭～大きな削減余地

家庭のエネルギー消費はドイツ統一の影響もあり、90 年から 90 年代後半にかけて 20%を超える大幅な上昇となったのち、緩やかながらも減少傾向が定着してきている。

それでも、2010 年では 90 年比 5%と、90 年水準を上回っているが、2030 年に向けて、家庭部門でのエネルギー消費の 90 年比 3 割削減を見込んでおり、家庭でのエネルギー効率は大幅に向上する見込みである。これは、家庭のエネルギー消費の 9 割近くを占める暖房・給湯の削減余地が大きいからだ。

たとえば、最近では断熱の技術進歩がめざましく、過去 20 年間で新築住宅の面積当たり





の暖房に関わるエネルギー消費量は半減しているほどである（図表 15）。今後、技術革新はさらに進み、新築住宅におけるエネルギー消費を、2030 年には 2009 年の 3 分の 1 にまで削減させることを目指し、規制も段階的に厳しくする計画である。

ただし、年間の新築面積は全住宅面積の 0.6% にすぎないことから、エネルギー消費削減に、より効果が高いのは、既存住宅の断熱化である。このためドイツは、現在、改築住宅で平米当たり年間暖房エネルギー消費 117kWh/年の断熱性能を、2030 年に 34kWh、2050 年には 19kWh にまで引き下げ、ストックベースでの総平均エネルギー消費を、2030 年に 77kWh、2050 年までに 33kWh にまで削減することを目指している（図表 16）。

そのためには、ストックの 1% にとどまっている年間改築率を 2020 年までに 2% に引き上げること、これにより 2050 年までにストックの 90% が新基準をクリアすることが前提となる。

目標達成に向けての主要な政策は、住宅の断熱基準の強化、および、改築における建築検査の厳格化である。また、ドイツは断熱性能が飛躍的に高い真空断熱材の技術革新・普及を急いでおり、既存住宅の改築の速度も、その技術革新に合わせて対応していくとしている。

さらに、家庭部門では、小規模な熱需要が多いことから、太陽熱やバイオマスなどの再生可能エネルギー熱の利用に適していること、地域熱供給にコージェネを組み合わせやすいことなど、再生可能エネルギー・コージェネ拡大とエネルギー消費削減とを一体化させて、街づくりとして進めることが多くなっている。

#### 6.4 業務～多い家庭との共通点

業務におけるエネルギー消費は、7割が熱利用で、そのうち7割が暖房・給湯である。このように、業務と家庭は共通点が多く、削減の主な手段も建築物の断熱化である。業務部門の場合、改築よりは建て替えが一般的であり、建て替え期間も住宅に比べ短期であることから、対策の効果が早期に出やすい。1990 年以降、業務部門のエネルギー消費削減が順調に進展したのは、このためである。

サービス産業が中心の業務部門は、2050年にかけて50%以上の成長を見込んでおり、その分、照明やオフィスビル、IT機器、空調、給湯需要が伸びると見込まれるが、製造業と異なり、生産工程を持たない分、削減余地はまだ大きく、2030年には2010年比で32%の削減を見込んでいる。それが達成された場合、1990年比で業務部門のエネルギー消費はほぼ半減することになる計算である。

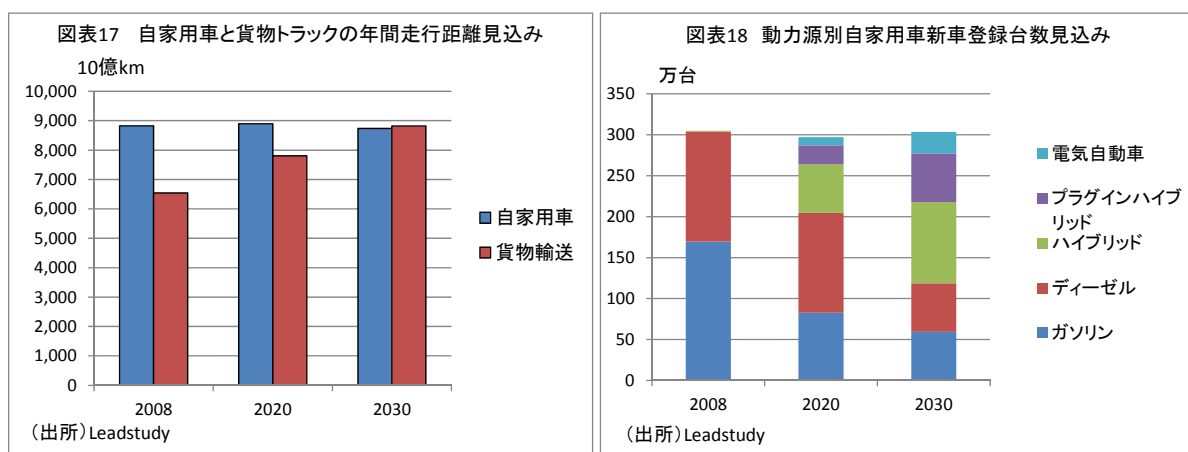
## 6.5 運輸～カギは自家用車の燃費改善

運輸に関しては、90年から2000年にかけて上昇傾向が続いたが、以降、緩やかに低下してきている。しかし、90年水準より依然として高いことには変わりない。2030年に向けて、2010年比で16%削減する目標を立てている。

具体的には、運輸部門のエネルギー消費は、自家用車54%、トラック輸送30%、残りを鉄道旅客・貨物、航空旅客・貨物、内航海運で構成されることから、削減の中心も、自家用車とトラック輸送部門である。

長期予測では、2008年から2030年にかけてトラック、鉄道、航空合わせた貨物輸送が35%ほど伸び、これが燃費効率の改善を相殺するため、この分野でのエネルギー消費量は横ばいで推移するとしている。反面、自家用車による走行距離はほぼ横ばいで推移するため、主にこの部門の燃費効率の改善によって16%削減を達成するとの計画である(図表17)。

その裏付けとなる乗用車の動力種別の新車登録台数予測は、図表18のとおりである。2020年から2030年にかけて、動力源は急速に多様化が進み、燃費も改善されるとみている。そのための政策手段は、燃料税、CO2排出量に応じたメーカーに対する燃費規制、自動車税の優遇等、税制や規制措置である。



## 6.7 産業～エネルギー多消費構造からの転換

産業は、過去20年間でエネルギー消費を15%削減してきており、削減効果が業務と並んで顕著な分野である。ただし、これは基準年である1990年のエネルギー消費がドイツ統一直後ということもあって高すぎたことにも一因があり、たとえば91年を基準として比較す

ると削減率は6%にとどまる。

産業は、生産を拡大しつつエネルギー消費を削減しなければならないため、削減余地は家庭などに比べ相対的に小さく、2030年目標は、2010年比19%削減である。

産業におけるエネルギー消費削減の第一は、エネルギー多消費産業から高付加価値型・知識集約型産業へと産業構造を変革することである。特にエネルギー多消費の素材関連産業は縮小し、成長は代替産業に牽引されることになる。自動車用鋼板が、製造工程でエネルギー消費の少ない炭素繊維によって代替されるなどは、その一例である。

もう一つの重要な手段は、省エネ機器・設備の普及である。LED照明やグリーンIT、電気モーターなどすでに技術は存在しており、その普及を図ることによる削減余地も大きい。

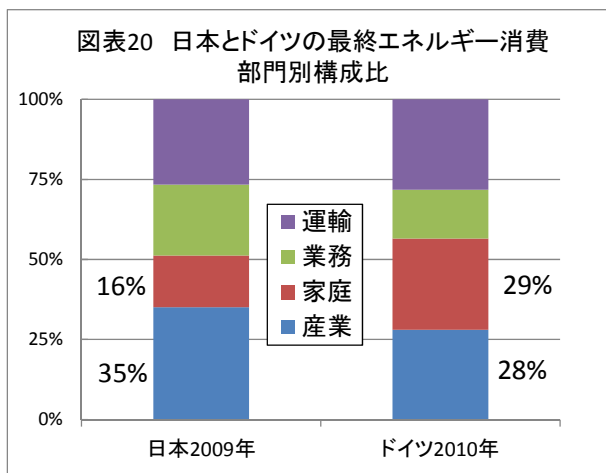
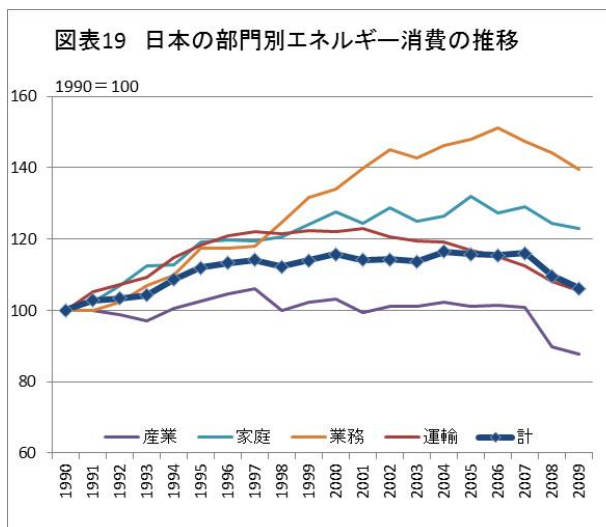
## 7. 日本の最終エネルギー消費動向

### 7.1 ドイツに比べ大量のエネルギーを消費する日本の産業

最終エネルギー消費を削減させたドイツとは反対に、日本のエネルギー消費は、過去20年間で4%増となった。その内訳をみると、産業が12%減少する一方、家庭23%、業務40%、運輸5%といずれも大幅な増加となっている（図表19）。

このようにみると産業が大幅に改善しているように見えるが、これはリーマンショックによる生産活動の落ち込みによるところが大きい。実際、リーマンショック前の2007年で見ると、産業部門のエネルギー消費はほぼ横ばいである。しかも、日本の場合、最終エネルギー消費に占める産業の比率が35%と、ドイツの28%に比べ、特に高い（図表20）。つまり、日本の産業のエネルギー消費は、ドイツより実質25%多いということだ。

仮にドイツがイギリスのように、金融などのサービス産業を主体とする経済構造であれば、産業部門のエネルギー消費に大きな差が出て、当然かもしれない。しかしながら、ドイツは、自動車、機械、化学などを主体とする製造業が主要産業



であり、この点、日本と似た産業構造である。それにもかかわらず、日本の産業部門が実質、日本の 25%多くエネルギーを消費しているという事実は、日本の省エネルギー技術は世界最高で、さらなるエネルギー消費の削減は「乾いた雑巾」を絞るようなものとする定説に大きな疑問を呈するものといえるだろう。

## 7.2 日本の家庭のエネルギー消費はドイツの6割

ドイツとの比較で産業と並んで際立つのは、家庭部門の比率がドイツでは 28%に達するのに対し、日本では 16%にすぎないことだ。ドイツでは集中暖房で、快適な生活を送っており、その分、エネルギー多消費構造ということが出来る。だからこそ、ドイツはこの部分の削減余地が大きいことを認識し、断熱性能の強化によって、快適性や生活の質の向上をはかりながら、エネルギー消費削減を進めてきているのである。

ところが日本では、住宅の断熱性能はドイツに比べ大幅に劣るうえ、部分暖房・部分冷房によって耐えしのいでいるのが実態である。家庭部門の CO2 排出量が増え続けていることから、家庭でのエネルギー消費削減の必要性が強調されることが多いが、家庭のエネルギー消費はすでに低水準であり、削減余地はもともと限られる。むしろ削減の限界効果からすると、産業やエネルギー転換部門での可能性が大きく、政策もここに重点が置かれてしかるべきである。

## 7.3 整合性のとれない「エネルギー基本計画」

エネルギー基本計画の長期目標も、問題だらけである。最終エネルギー消費では、部門別の CO2 削減量は出ているものの（図表 21）、驚くことにその裏付けとなるエネルギー消費削減量も、最終エネルギー消費の全体像も示されていない。つまり、エネルギー基本計画といいながら、エネルギー戦略の体をなしていない。

また、それぞれの部門別の対策の内容も、個別の技術が羅列されているだけで、体系化が全くなされていないのも問題である。

たとえば、基本計画ではコージェネ導入に言及しているが、産業部門での従来の石炭・石油ボイラーから、ガスコージェネへ転換すると省エネが進み、CO2 削減に効果があるとしているにすぎない。つまり、あくまでも産業部門での省エネ機器単体としての扱いであり、コージェネが小規模分散型の電力システムへと発展することを忌避しているかのようだ。

また、家庭部門では、ゼロエネルギーハウスの導入が謳われているが、新築や既存住宅のエネルギー消費の改善の目標や、その実現の裏付けとなる住宅ストック

図表21 日本の温暖化効果ガス削減目標 2030年

	2007年比	1990年比
家庭	▲34%	▲53%
業務	▲37%	▲57%
産業	▲27%	▲25%
運輸	▲29%	▲37%
計	▲30%	▲40%

(出所)エネルギー基本計画2010

の改築をどの程度のスピード行うのかといった全体像が示されているわけではない。

熱と電力の適正な利用の視点が欠如しているのも、問題である。

火力発電所で電力を作る場合、実際にはその 3 倍近いエネルギーが使われているのであり、電力は質の高いエネルギー源である。このため、電力利用は、真に電力として使うのが適切なものに絞るべきであり、電気を再度、熱に変換して利用することは、エネルギーの無駄遣い以外の何物でもない。ところが、出力調整ができない原発の電力を利用するためか、電力需要を拡大するためか、「オール電化」としてまさにこの無駄が進められてきたのが実態である。

こうした中、基本計画では、家庭部門の温室効果ガス排出量を 2007 年比で 5 割以上削減するとしているが、オール電化はまさにこれと矛盾するものである。

## 8. 21 世紀の経済社会を切り開くエネルギーシステム

### 8.1 「エネルギー革命」が進展するドイツ

以上みてきたとおり、ドイツにおけるエネルギー戦略は、エネルギー消費削減、再生可能エネルギー拡大を 2 大柱として、これらを統合して一体的に進めるものである。その目指すところは温室効果ガス削減であるが、それと同時に、この 2 大柱こそが高騰するエネルギー価格、将来のエネルギー需給逼迫に備えるための最大の手段であり、国際競争力を維持強化するための前提でもあるというのが、ドイツの基本認識である。つまり、低炭素化のプロセスこそ、成長戦略そのものなのである。

ドイツのエネルギー戦略はまた、原子力から再生可能エネルギーへ、石炭からガスへのエネルギーシフトを前提とするし、そこでより効率を高め、さらなるエネルギー消費削減を目指そうとすれば、火力発電で発生した熱も利用するコージェネ化が必須となってくる。

火力発電における未利用熱が膨大な一方、最終エネルギー消費ではその半分を熱利用が占めることから、これを結びつけるのは当然の発想だろう。

再生可能エネルギーもコージェネも小規模分散型システムであり、地域の熱需要の発掘・創出と一体となって進めるのが効率的だし、その際に建築物の断熱化を進めることで、一層のエネルギー消費削減が可能となる。つまり、ドイツのエネルギー戦略は、街づくりと表裏一体ということだ。

そして、再生可能エネルギーとコージェネ拡大のためには、そこで作られた電力を買い取る制度が前提となるし、そのためには、発送電分離、電力市場改革が不可欠となってくる。

このように、ドイツのエネルギー戦略は、従来とは次元の異なるまったく新しいエネルギーシステムを構築することであり、これが経済社会システム変革へとつながって、地域再生や新たな産業の創出を促す原動力となっている。まさにエネルギー革命とも呼ぶべき

ものであり、だからこそエネルギー消費削減、再生可能エネルギーを柱とした新たなエネルギーシステムの構築は、21世紀前半における最大の成長分野なのである。

## 8.2 20世紀発展の延長に過ぎなかった「エネルギー基本計画 2010」

こうしたドイツのダイナミックな発展とは対照的に、日本では、再生可能エネルギーとエネルギー消費削減は端役の扱いしか受けてこなかった。エネルギー安全保障を前面に出し、「国産エネルギー源であり安価でクリーン」な原発を推進し、「自給率」向上と温室効果ガス削減をはかるとともに、化石燃料依存のうち半分を「自主開発権益化の取引」として、あたかも自給率が向上するかのような絵姿を描いたのが、2010年の基本計画だった。

そこにあるのは、原発と化石燃料依存による大規模集中型の20世紀型エネルギーシステムでしかない。これで、エネルギーの安定調達や価格の安定、温室効果ガス削減といった21世紀の要求にこたえようとしても、いずれ行き詰まるのは時間の問題だった。

事実、福島原発事故によってこうした問題が一気に表面化したわけだが、事故はあくまでもきっかけとなったにすぎない。エネルギー基本計画は真に白紙から見直されなければならないし、そのうえで、新たに構築されるべきものである。

そして、本稿にて見てきたとおり、これからのエネルギー戦略の基本となるのは、再生可能エネルギーとエネルギー消費の削減であることは、明らかである。

### 参考文献

Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety (2010), “Lead Study 2010 Further development of the Strategy to increase the use of renewable energies – Key findings for decision-makers –”

Federal Ministry of Economics and Technology(2010), “Energieszenarien fuer ein Energikonzept der Bundesregierung 2010”

## 研究レポート一覧

No.380	「エネルギー基本計画」見直しの論点 －日独エネルギー戦略の違い－	梶山 恵司 (2011年11月)
No.379	ロイヤルティとコミットメント －百貨店顧客の評価に基づく実証分析から－	長島 直樹 (2011年10月)
No.378	中国経済の行方とそのソブリンリスク	柯 隆 (2011年10月)
No.377	Startup Acceleratorの現状と展望 －変化する起業の形から考える今後のICTビジネス－	湯川 抗 (2011年9月)
No.376	生物多様性視点の地域成長戦略	生田 孝史 (2011年8月)
No.375	成果主義と社員の健康	齊藤有希子 (2011年6月)
No.374	サービス評価に内在する非対称性と非線形性	長島 直樹 (2011年6月)
No.373	日本企業における情報セキュリティ逸脱行為と組織文化・風土との関係	浜屋 敏 山本 哲寛 (2011年5月)
No.372	企業の社外との連携によるイノベーションの仕掛けづくりの現状－大学との連携を中心として－	西尾 好司 (2011年4月)
No.371	Linking Emissions Trading Schemes in Asian Regions COP17へ向けての日本の戦略	Hiroshi Hamasaki (2011年4月)
No.370	－アジア大での低炭素市場で経済と環境の両立は可能か？－	濱崎 博 (2011年4月)
No.369	成長する中国の医療市場と医療改革の現状	江藤 宗彦 (2011年4月)
No.368	住基ネットはなぜ『悪者』となったのか(共通番号[国民ID]を失敗させないために) －住基ネット報道におけるセンセーショナル・バイアスと外部世論の形成に関する研究－	榎並 利博 (2011年3月)
No.367	生物多様性視点の成長戦略	生田 孝史 (2011年2月)
No.366	北欧から考えるスマートグリッド ～再生可能エネルギーと電力市場自由化～	高橋 洋 (2011年1月)
No.365	大手ICT企業がベンチャー企業を活用するべき理由 －エコシステムからみた我が国大手ICT企業とベンチャー企業の関係構造－	湯川 抗 (2011年1月)
No.364	中印ICT戦略と産業市場の比較研究	金 堅敏 (2011年1月)
No.363	生活者の価値観変化と消費行動への影響	長島 直樹 (2010年11月)
No.362	賃金所得の企業内格差と企業間格差 －健康保険組合の月次報告データを用いた実証分析－	齊藤有希子 河野 敏鑑 (2010年10月)
No.361	健康保険組合データからみる職場・職域における環境要因と健康状態	河野 敏鑑 齊藤有希子 (2010年10月)
No.360	生物多様性視点の企業経営	生田 孝史 (2010年8月)
No.359	クラウドコンピューティングに関するユーザーニーズの調査	浜屋 敏 (2010年7月)
No.358	高齢化社会における「負担と給付」のあり方と「日本型」福祉社会	南波駿太郎 (2010年6月)
No.357	「温室効果ガス25%削減と企業競争力維持の両立は可能か？」	濱崎 博 (2010年6月)
No.356	Global Emission Trading Scheme -New International Framework beyond the Kyoto Protocol-	Hiroshi Hamasaki (2010年6月)
No.355	中国人民元為替問題の中間的総括	柯 隆 (2010年6月)

<http://jp.fujitsu.com/group/fri/report/research/>

研究レポートは上記URLからも検索できます





**富士通総研 経済研究所**

〒105-0022 東京都港区海岸1丁目16番1号 (ニューピア竹芝サウスタワー)  
TEL.03-5401-8392 FAX.03-5401-8438  
URL <http://jp.fujitsu.com/group/fri/>