

### 3. トータルなカーボンニュートラルの実現に向けた施策

早稲田大学創造理工学部建築科教授

田辺新一

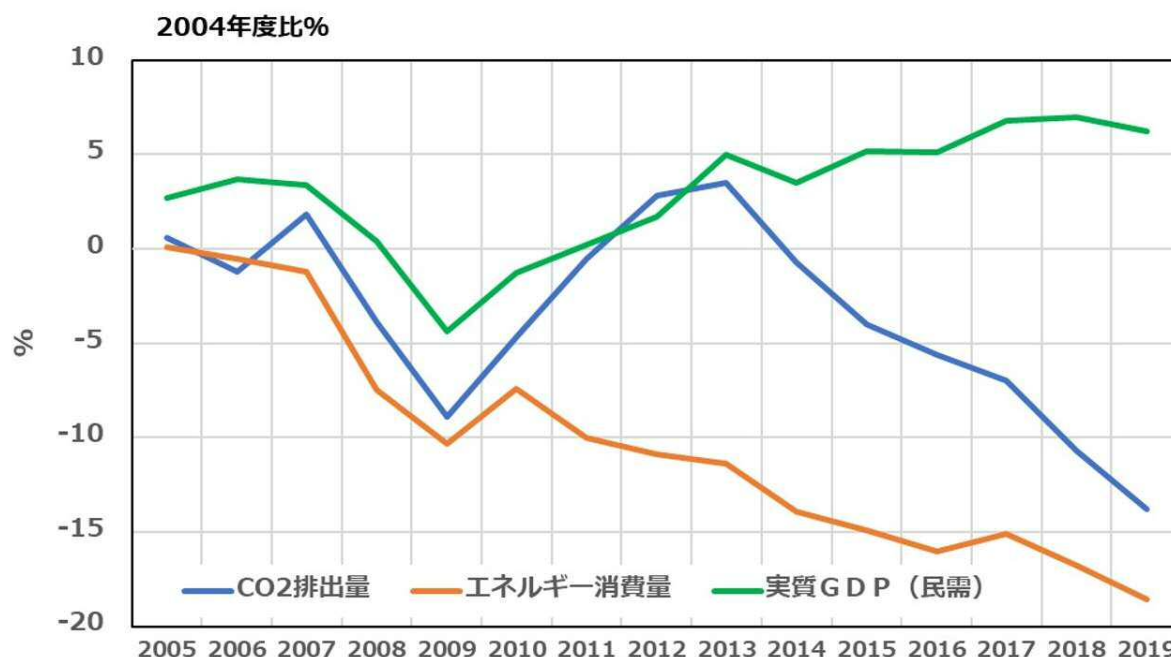
#### 3-1 カーボンニュートラルに必要とされる需要の高度化と最適化

##### 3-1-1 エネルギー需要の予測

第6次エネルギー基本計画は、2020年10月26日に菅前総理から表明された、2050年カーボンニュートラル宣言の影響を大きく受けた。また、2021年4月22日に2030年度の温室効果ガスを2013年度比46%削減することを目指すという我が国の中長期目標が発出された。この目標の達成には様々な対策を野心的に行っていく必要がある。基本政策分科会では、エネルギーの供給面が多く議論されたが、その前提となる需要見通しや省エネルギー対策も非常に重要である。本報告では、需要の側面から第6次エネルギー基本計画を考察した。なお、本項は著者の私見に基づくものであるということをお断りしておきたい。

図1は、令和3年度経済財政白書に掲載されている、エネルギー起源CO<sub>2</sub>排出量、エネルギー消費量、実質GDPの2005年度からの経年変化である。2008年度のリーマンショックの影響を受け、2008、2009年度の実質GDPは大きく落ち込んでいる。同時にエネルギー消費量やCO<sub>2</sub>排出量も落ち込んでいる。2010年度にはリーマンショックの影響から立ち直っており、実質GDP、エネルギー消費量、CO<sub>2</sub>排出量は上昇に転じている。経済状況とエネルギー消費量、CO<sub>2</sub>排出量は比例して推移している。ところが、2011年3月に発生した東日本大震災によりこの状況は一変する。2011年度以降も実質GDPは漸増しているが、エネルギー消費量は2010年度以降低下している。エネルギーと実質GDPのデカップリングはここから始まっている。また、東日本大震災で火力発電に頼る割合が高くなり2013年度まではCO<sub>2</sub>排出量は増加しているが、これ以降は低下している。2013年から我が国のCO<sub>2</sub>排出量と実質GDPがデカップリングしている。その理由は省エネ要因、炭素集約度要因、実質GDP要因に分けられるが、エネルギー費の高騰が原因とする説や我が国の産業構造がリーマンショック、東日本大震災により変化しているのではないかなどの様々な説明がされるが、少なくとも我が国の社会構造が変化していることは間違いがないであろう。

図1 エネルギー起源 CO2 排出量、エネルギー消費量、実質 GDP の 2005 年度からの経年変化



(出所) 令和3年度経済財政白書から著者作成

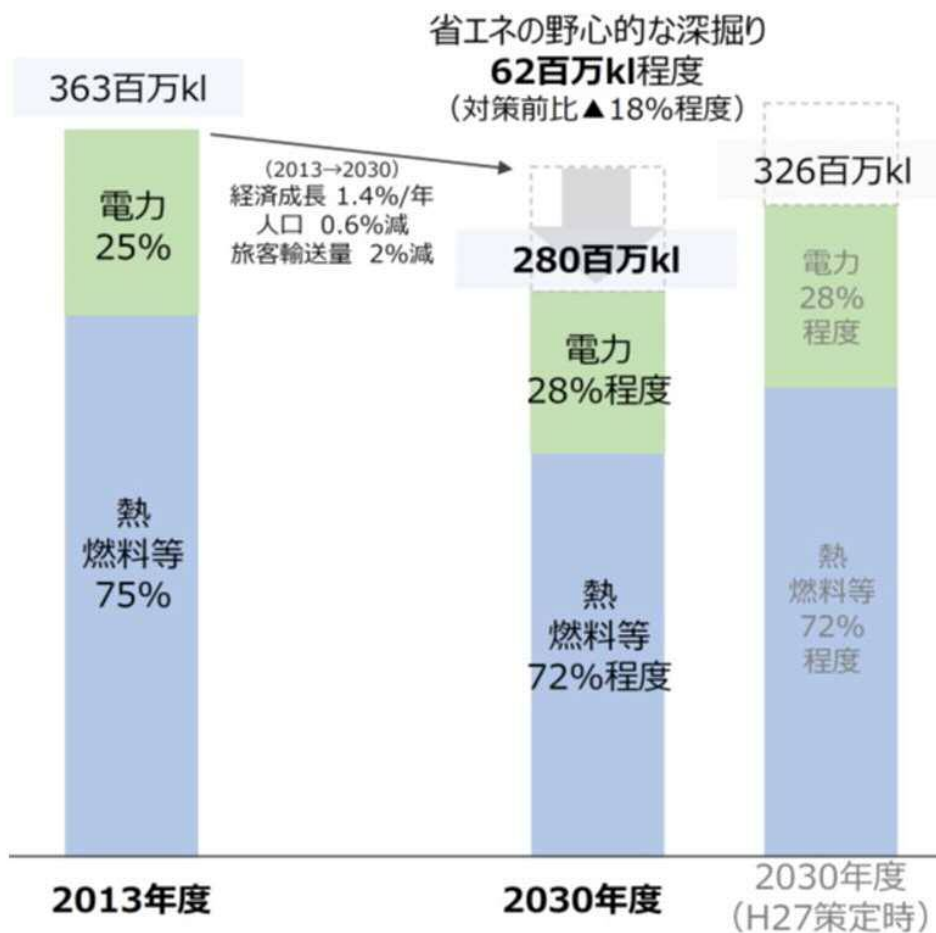
図2は第6次エネルギー基本計画におけるエネルギー需要を示したものである。2013年度は原油換算363百万kLであるが、2015年の第5次エネルギー基本計画では、2030年度には326百万kLになると予想していた(図右棒グラフ)。ここで注意して頂きたいのは、図の破線部分である。第5次エネルギー基本計画では1.7%の経済成長をするという仮定で最終エネルギー消費量は377百万kLになると予想され、そこから省エネルギーで50.3百万(5,036万)kL程度削減されて326百万kLになるという計算がされていた。すなわち、需要そのものは増加するが、そこから省エネを行うという予測がこれまでのエネルギー基本計画では行われてきた。エネルギー需要予測は、経済のマクロフレームを利用して推計される。人口、労働力人口、世帯数などから経済水準を予測して、各種経済水準に活動量1単位当たりに必要なエネルギー需要を掛けて算出されるエネルギー消費原単位を予測して、省エネ対策前の最終エネルギー消費量を予測する。

第6次エネルギー基本計画における省エネ対策前の需要予測は、経済成長を1.4%と仮定しているにもかかわらず、342百万kLと需要そのものが2013年度から21百万(2,100万)kL減少すると予測している。ここからさらに省エネルギーを62百万(6,240万)kL行い、2030年度の最終エネルギー消費量を280百万kLとしている。リーマンショック、東日本大震災で生じたエネルギーと実質GDPのディカップリングを反映した予測になっている。注意する必要があるのは、この経済のマクロフレームで我が国の産業や生活がどのようになるのか、あるいはどのようにしていくのかを産業構造の変化としてしっかり議論されていないことである。

図3は秋元らの資料を参考としてカーボンニュートラル実現の方法を示したものである。電力部分に関しては省エネルギーを行う、自動車などの電化を促進する、電力の脱炭素化を行うことで青部分の長方形の面積を小さくする。赤い非電力部分も同様である。しかしながら、この図の省エネという部分には、需要減少と省エネの両方が入っていることに注目すべきである。例えば、電力を多消費する工場が省エネ対策をすることと、工場そのものが海外移転することが同じ省エネという言葉で語られている。前述したように、カーボンニュートラル実現に関しては、我が国の産業構造がどのように変わっていくのか、変えなければならないのかを議論しておく必要がある。基本政策分科会でも指摘したが、様々な団体が提案するカーボンニュートラルへのロードマップでは、その前提となる2030年、2050年の需要予測がかなり異なる。英国のように金融を中心としたサービス産業中心

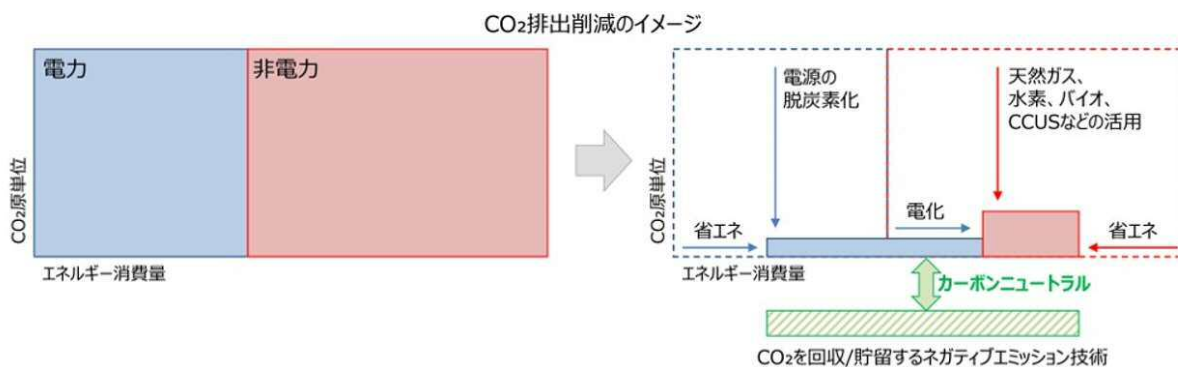
の国になるのか、ものづくりを維持して行くような国を考えるのかで需要予測が大きく異なることには注意をしておく必要がある。

図2 エネルギー需要



(出所) 第6次エネルギー基本計画

図3 カーボンニュートラル実現へのイメージ (基本政策分科会資料から改訂)



(出所) (公財) 地球環境産業技術研究機構秋元氏資料から作成

### 3-1-2 省エネルギーの深掘り

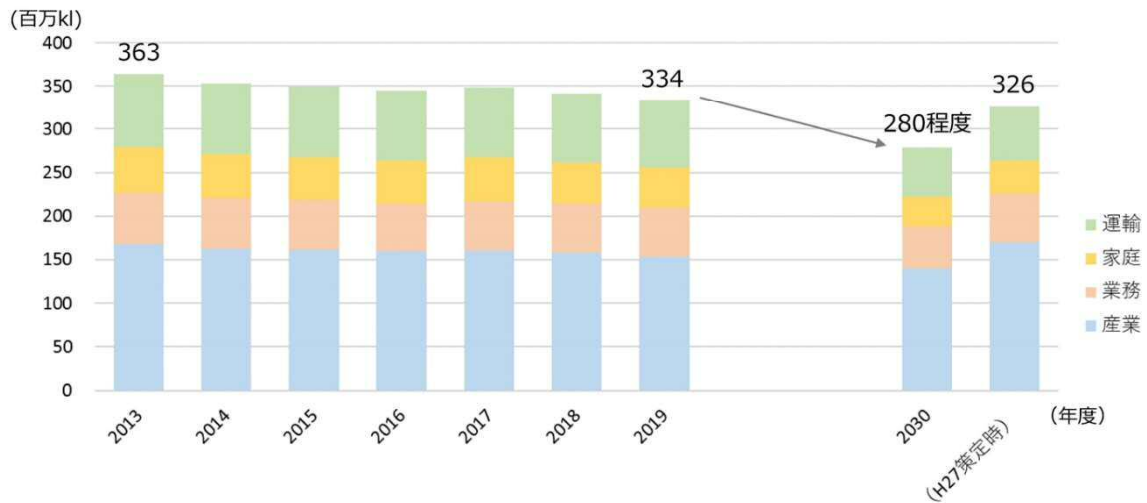
図4に示したのは、2015～2019年度の最終エネルギー消費量実績値と2030年度予測値であるが、かなり大幅な省エネと需要減少がなければ到達は厳しいであろう。今回、深掘りされた6,240万kLの省エネ量は、2013年度に業務その他部門で消費されている5,900万kLよりも大きな値である。また、家庭部門の5300万kLよりもかなり大きい。すなわち、これらの部門のエネルギー消費をなくしてしまうことに相当する省エネ量である。さらに前述したように、需要減として省エネ量とは別に2,100万kLが推定されている。

表1に第5次エネルギー基本計画の省エネ目標と今回の目標を部門別に示した。各業界の省エネ深掘りに向けたヒアリング等が行われ、省エネ対策の野心的な見直しを行い、2030年度における省エネ量を2015年策定の第5次エネルギー基本計画の5,036万kLから1,200万kL程度深掘りを行い、6,240万kL程度としている。

図4 2015年度以降の最終エネルギー消費量の実績値と2030年度予測値

[百万k]	2013年度		2030年度 (省エネ前)		2030年度 (省エネ後)	
	消費量	割合	消費量	割合	消費量	割合
産業	168	46%	150	45%	140	50%
業務	59	16%	70	19%	50	18%
家庭	53	15%	50	13%	30	12%
運輸	83	23%	80	23%	60	20%
合計	363	100%	350	100%	280	100%

※2030年度の数値は概数であり、合計は四捨五入の関係で一致しない場合がある



(出所) 資源エネルギー庁

表1 第5次エネルギー基本計画の省エネ目標と今回の目標（数字は誤差を含む概算）

万 kL	2019 年度 （実績）	2030 年度目標 （第5次）	2030 年度目標 （第6次）	増加分
産業部門	322	1,042	1,350	308
業務その他部門	414	1,227	1,376	149
家庭部門	357	1,160	1,208	48
運輸部門	562	1,607	2,305	698
合計	1,655	5,036	6,240	1,204

図5に産業、業務その他、家庭、運輸部門の省エネ対策を示す。運輸部門の自動車の燃費改善が項目としては最も大きい。また、業務その他部門、家庭部門は産業部門と同等の省エネの深掘りを求められていることが分かる。

図5 第6次エネルギー基本計画における省エネ量



(出所) 資源エネルギー庁資料から著者作成

著者の専門分野である住宅・建築分野の省エネ対策に関して述べると、大きな項目として建築分野では、建築物省エネ（新築）402.7万kL、建築物省エネ（改修）143.1万kL、業務用給湯器51.5万kL、高効率照明195.4万kL、冷媒管理0.6万kL、トップランナー機器342万kL、BEMS（Building Energy Management System）＋エネ管理238.5万kL、国民運動2.3万kLがあげられている。また、家庭部門においては、住宅省エネ（新築）252.7万kL、住宅省エネ（改修）90.9万kL、高効率給湯器264.9万kL、高効率照明193.4万kL、トップランナー機器169.5万kL、浄化槽3.8万kL、HEMS（Home Energy Management System）＋管理216万kL、国民運動17.2万kLがあげられている。この内、建築物省エネ（新築）402.7万kL、建築物省エネ（改修）143.1万kL、住宅省エネ（新築）252.7万kL、住宅省エネ（改修）90.9万kLの合計889万kLに関して、大きな議論が行われた。

国土交通省、経済産業省、環境省が連携して、「脱炭素社会に向けた住宅・建築物の省エネ対策等のあり方検討会」が、2021年4月19日から計6回開催された。8月23日にとりまとめが行われ、その検討結果は第6次エネルギー基本計画にも収録されている。住宅・建築は産業の裾野が広いとともに、生活に直結するため国民負担を考えながら、省エネ施策を進めていく必要がある。

第5次エネルギー基本計画においては、非住宅建築物については、2020年までに国を含めた新築公共建築物等でZEBを実現することを目指すとともに、住宅については、2020年までにハウスメーカー等が新築する注文戸建住宅の半数以上でZEHを実現することを目指していた。しかしながら、特に住宅に関しては目標達成が難しい状況である。建築物省エネ法の強化が行われ、中規模以上の建築物・住宅について、新築時に省エネルギー基準を満たすよう、建築物には適合義務、住宅には届出義務を、小規模建築物・住宅については、建築主に対する省エネルギー基準適合状況についての説明義務を建築士に課すなど規制を強化しているが、さらに「脱炭素社会に向けた住宅・建築物の省エネ対策等のあり方検討会」における検討を踏まえて、建築物省エネ法における規制措置がさらに強化される予定である。具体的には、建築物省エネ法を改正し、省エネルギー基準適合義務の対象外である住宅及び小規模建築物の省エネルギー基準への適合を2025年度までに義務化するとともに、2030年度以降新築される住宅・建築物について、ZEH・ZEB基準の水準の省エネルギー性能を目指す。公共建築物における率先した取組を図るとして、以下のようにされており、今後の我々の暮らしに与える影響も大きい。

#### ■2050年に目指すべき住宅・建築物の姿として

（省エネ）ストック平均でZEB・ZEH基準の水準の省エネ性能が確保される。

（再エネ）導入が合理的な住宅・建築物における太陽光発電設備等の再生可能エネルギー導入が一般的になる。

#### ■2030年に目指すべき住宅・建築物の姿として

（省エネ）新築される住宅・建築物についてはZEH・ZEB基準の水準の省エネ性能が確保される。

（再エネ）新築戸建住宅の6割において太陽光発電設備が導入される。

### 3-1-3 需要の高度化と最適化

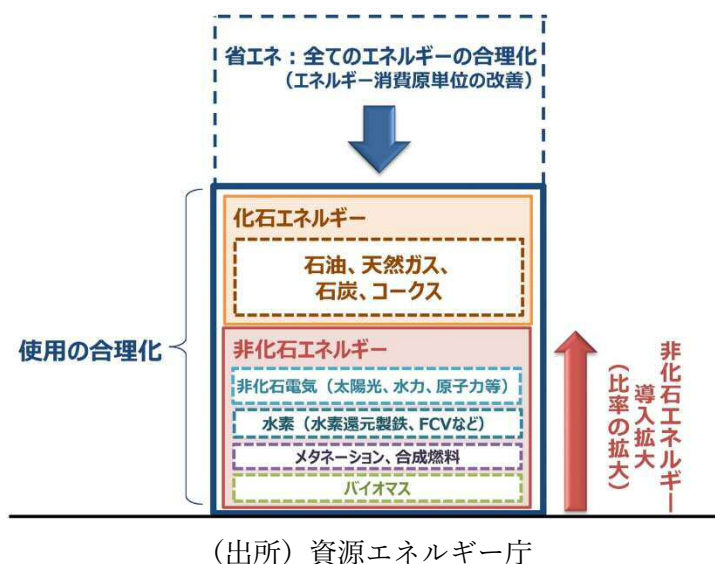
ここまで、将来需要と省エネルギーの深掘りに関して述べてきた。省エネ法は、正式名称を「エネルギー使用の合理化等に関する法律」という。石油危機を契機として1979年に制定された法律であり、「内外におけるエネルギーをめぐる経済的社会的環境に応じた燃料資源の有効な利用の確保に資するため、工場等、輸送、建築物及び機械器具等についてエネルギー使用の合理化に関する所要の措置、電気の需要の平準化に関する所要の措置、その他エネルギーの使用の合理化等を総合的に進めるために必要な措置を講ずることとし、もって国民経済の健



全な発展に寄与すること」を目的としている。省エネ法におけるエネルギーとは、燃料、熱、電気を対象としており、廃棄物などからの回収エネルギーや風力、太陽光などの非化石エネルギーは対象としていない。それは、石油危機が契機となってこの法律が出来たことから容易に理解できるであろう。建築物に関しては、2015年に「建築物のエネルギー消費性能の向上に関する法律」が公布され、建築物省エネ法として独立している。

第6次エネルギー基本計画で示された電源構成では、59%は非化石エネルギーとなっている。そのため、従来の化石エネルギーだけを対象とした省エネ措置では不足する可能性がある。特に我が国では平地面積当たりの太陽光発電設置容量はすでに世界一でドイツの倍以上ある。再生可能エネルギーであるからといって無駄に使うことは許されない。今後は、全てのエネルギーの合理化が行われるべきであろう。また、カーボンニュートラル実現に向けては、需要側で非化石エネルギーの導入拡大を行ってもらい必要がある。基本政策分科会の傘下にある省エネルギー小委員会において、需要側の「省エネ」と「非化石エネルギー拡大」のイメージが図6のように示されている。非化石エネルギーである、太陽光、水力、原子力、水素、メタネーション、合成燃料、バイオマスなどの定義を明確に定めて行く必要もある。

図6 需要側の「省エネ」と「非化石エネルギー拡大」のイメージ

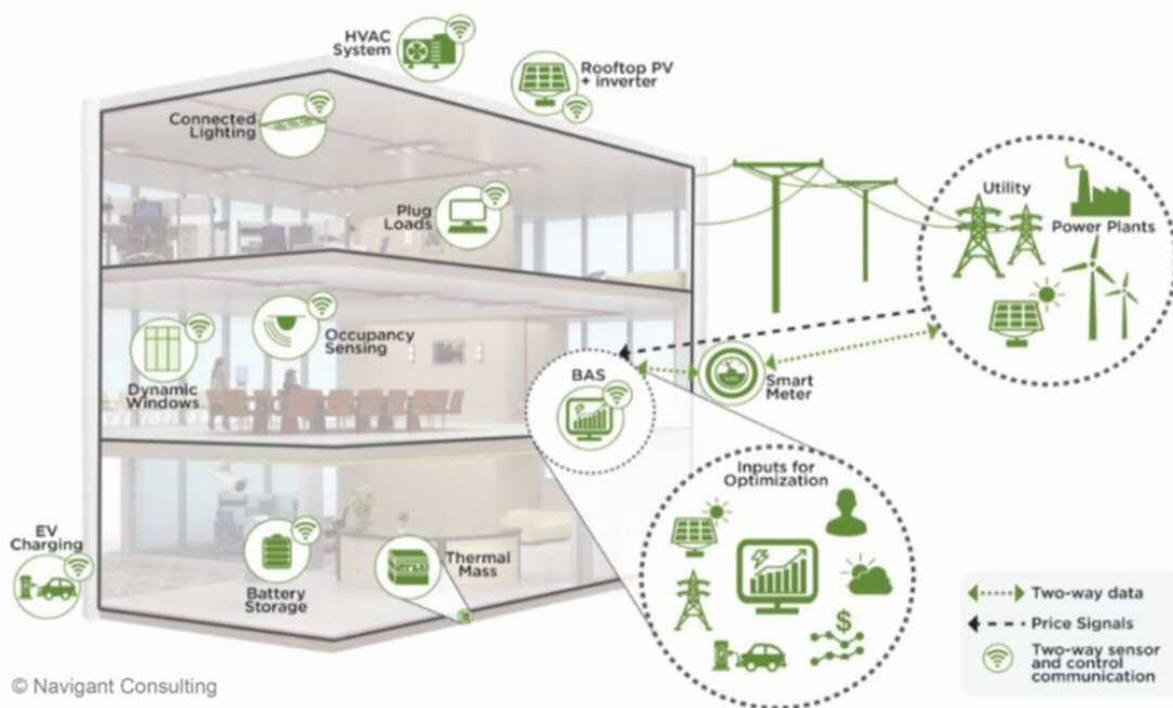


また、太陽光、風力などの変動型再生可能エネルギー割合が増大してくると需要側の柔軟性が必要になる。エネルギー消費を削減してもあるところで限界に達する。カーボンニュートラルを達成しようとするとは最後は再生可能エネルギーを導入するしかない。しかしながら、太陽光発電は太陽が照っていないと発電しないし、風がなければ風力発電も成り立たない。すなわち、これまでの安定的なエネルギーの利用とは大きな違いがある。周波数や電圧が変化しないように揚水発電、火力発電、蓄電池、蓄熱などで調整をする必要がある。建物そのものにもそのような機能を備えることが必要になっている。

建物は今後グリッドと統合されていく「グリッド-インテグレイテッド・ビルディング」という概念が米国で提案されている。米国エネルギー省(DOE: Department of Energy)では、「Grid-Interactive Efficient Buildings (GEB)」とも呼んでいる。図7にGEBの概念を示す。IoTやAIを用いてどのように電力を制御するかが重要になる。情報が極めて重要になるが、この部分は電力システムだけの問題として捉えない方が良くであろう。電

力網に加えて、ガス網、通信網、水道網、交通網のいわゆるファイブグリッドのインフラデータを、セクターを越えて活用することが求められるであろう。アグリゲーターのビジネスは、電力を中心とした単一データを用いたサービスが中心であるが、ファイブグリッドの特徴を活かした複数データを同時に活かしたビジネス創出の必要性があるのではないかとと思われる。個別のインフラ整備は社会コストが大きくなるが、例えば、家庭であれば電気・ガス・水道のメータを一括で管理制御する機能を持つスマートゲートウェイなども必要になってくる可能性がある。スマホは様々なアプリを入れて普及した。このような考え方もあるのではないかと考えている。また、災害時の安心安全にも繋がる。個別ではなく総合化して考える必要があるであろう。図8に示したように「つくる」－「つかう」という概念から、変動型再生可能エネルギーを無駄なく利用するには、「あやつる」技術が大切になる。

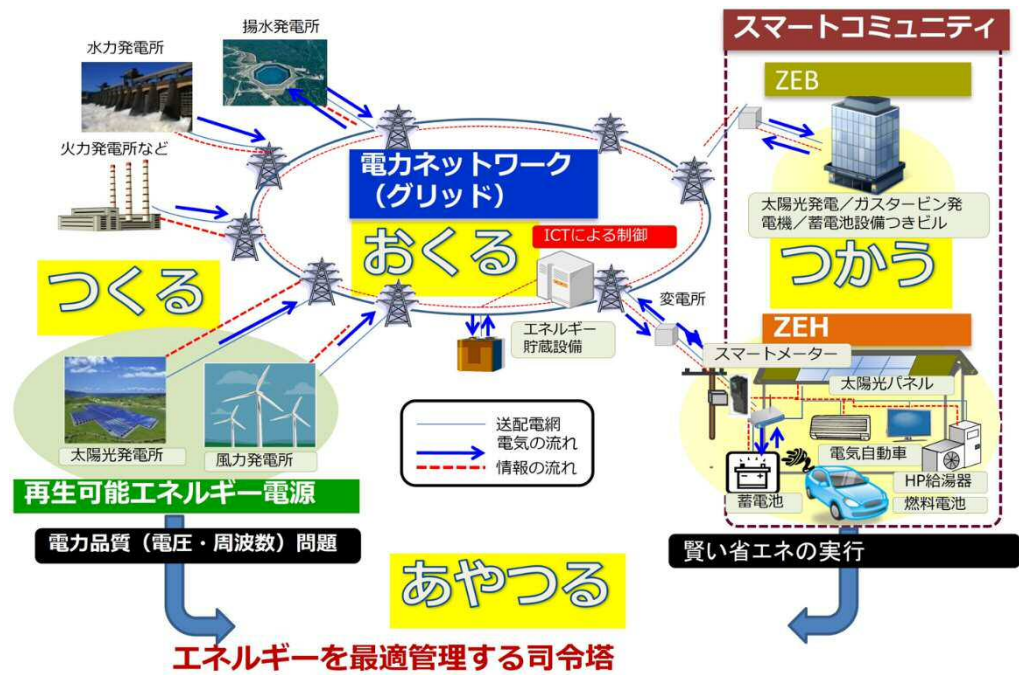
図7 「Grid-Interactive Efficient Buildings (GEB)」



(出所) 米国エネルギー省 (DOE)



図8 「つくる」、「つかう」から「あやつる」技術の必要性



(出所) 早稲田大学スマート社会技術融合研究機構 (機構長: 林泰弘 ACROSS <http://www.waseda.jp/across/>)

### 3-1-4 必要となる施策 (提言、解決の方向性等)

- 1) 将来需要予測を行うためには、我が国の産業構造や暮らしを考える必要がある。カーボンニュートラルのためには、大きな産業構造の変革が必要であり、これまでと同様の外挿的な将来予測からの転換を図る必要がある。
- 2) 省エネルギーの深掘りに関して個別要素をより詳細に検討するとともに、産業構造や暮らしの変化を反映したきめ細かい対策が必要である。
- 3) 化石燃料の使用の合理化という、これまでの省エネ法の考え方を、全てのエネルギーの使用の合理化を目指す方向に変えて行く必要がある。また、非化石エネルギー導入拡大を事業者に促して行く必要がある。
- 4) 風力、太陽光などの変動型再生可能エネルギーを大量導入するためには、需要側の柔軟性、「あやつる」技術が重要になる。
- 5) カーボンニュートラルで我が国の暮らしや生活を豊かにすることを目指す必要がある。