

ZEB、ZEH と「脱炭素」社会

— 新しい産業構造とインフラ（法・制度含む）整備 —

名城大学大学院経済学研究科教授 井内尚樹

1. 日本は産業構造の転換期 —自動車産業と街づくり を考える—

現在、日本は産業構造の転換期に入っている。政府は「Society5.0(ソサエティ5.0)」、外国を見るとドイツでは「インダストリー4.0」、米国では「先進製造パートナーシップ」、中国では「中国製造2025」等。ものづくり分野で「ICT (Information and Communication Technology) = 情報通信技術」を最大限に活用し、「第4次産業革命」ともいべき変化が起きている。

トヨタ自動車の豊田社長は「100年に1度の大変革の時代に入っている」と指摘した。「馬車の時代から自動車になり」、「自動車の時代から次の時代はどのようなか」私たちは考える必要がある。

以下で、トヨタ自動車を例に建設業を考える。2019年5月9日にトヨタ自動車とパナソニックは「プライム ライフ テクノロジーズ」を設立し、トヨタホームとパナソニックホームズを傘下にした。ミサワホームはトヨタホームの完全子会社化、松村組も統合、三井物産などの出資検討が報道された。現在の日本は、少子高齢化により、人口減少が続いており、新築住宅着工件数は減少していく。少し古いデータだが2017年の「新築住宅着工件数1位は積水ハウス12,570棟、2位一条工務店12,495棟、3位旭化成ホームズ10,097棟で、パナホームは9位5,747棟、トヨタホームは10位4,908棟」であった。2018年トヨタホームとミサワホームで、16,222戸の新築住宅着工件数があり、パナホームをプラスするとハウスメーカーでトップになり、2位以下

を大きく引き離している。新築住宅建設の分野ではハウスメーカーの生き残りをかけた競争が激化している。

新会社の記者会見での執行役員の発言を紹介すると「これまでは立地の利便性と住居環境の快適性のどちらかを選ばなければならなかったが、今後は自動運転などテクノロジーの高度化が快適性と利便性の両立を可能」としている。いままでの考え方は、利便性を重視するなら中心部の駅に近いマンション、快適性を優先するなら郊外のひろい一軒家を選んでいた。利便性と快適性の間にモビリティという「移動」概念を取り入れることによって、従来の考え方を転換する新しい考え方を提起した。

「住宅事業を統合し、協業を進め、電気自動車 (EV) や自動運転などの次世代車や、住宅サービス、スマートシティな

トヨタ・パナソニックのノウハウも活用しながら “街全体でのくらしの新たな価値”を創出する



出所：「プライム ライフ テクノロジーズ」設立に関する説明会2019年10月21日資料より

図-1 新しい街づくりを構想するトヨタとパナソニック

どの街づくりを共同」で行うとしている。トヨタとパナホームズは「EVなどに使う車載電池事業で新会社を設立」し提携関係をより一層強化している。自動車産業と電気産業との融合、さらに進んで自動車と電気産業、建設、まちづくりへと展開を進めようとしている。

新しい時代の産業構造の転換は、建設、自動車、電気などの異業種産業分野が交流融合するものだと考えられる。そして執行役員は「新たな交通手段のあり方を提案するので、今まで付加価値の高くなかった土地でも快適性と利便性を両立できる。パナソニックは（インターネットにつながる）IoT家電から住宅設備まで、人が暮らすあらゆる場面でハードを提供する。このことが街づくりを支える基本的な強みになる」と指摘する。目指すべきは「街づくりで『スマートライフタウン』」と明確に言及している。トヨタは、自動車だけではなく「街づくり」に関わる住宅関連事業をも強化している。

トヨタは2020年1月6日アメリカのラスベガスで、「人々の暮らしを支えるあらゆるモノやサービスがつながる実証都市「コネクティッド・シティ」のプロジェクト（スマートシティ「Woven City」オープン・シティ）を発表した。静岡県裾野市の東富士工場跡地を利用し、将来的に約70.8万㎡の範囲において街づくりを進めるとした。2020年3月24日トヨタはスマートシティの基盤技術の開発に取り組む相手としてNTTとの資本提携を発表した。トヨタは自動車メーカーの枠を超えて、異業種産業と提携しながら、本格的に建設業、街づくりを展開する予定である。

2. 分岐点にある建設業—新しい価値を創造する建設業へ—

ハウスメーカーや中小工務店は「家を建てるのが目的」であった。建設業は日本の製造業の考えと同様で、「いいものをより安く」家を提供することは「お客様満足」につながると大部分が考えていた。日本は大量生産、大量消費、大量廃棄のもとで、「いい品をより安く」で製品を提供してきた。自動車業界は、この生産方式で部品を生産し、大企業はサプライヤー企業から部品を集めて自動車を生産してきた。電気製品産業も自動車産業と同じようなピラミッド生産構造であり、部品サプライヤー企業は「いい部

品をより安く、大量に供給して、納期を守ってきた」。

トヨタの異業種産業交流による新しい街づくりの動向を見ると、これまでの「家だけ建設する」、「いいものをより安く」の住宅建築だけで、次の時代を乗り切ることができるだろうか。「安くていい住宅をどう建てたらいいのか」という従来の建設業の枠組みに新しい価値をつけ加える必要がある。

そして、現在の住宅は「エネルギーを消費する」ものだと考えがあたり前となっている。家に帰れば、スイッチひとつでテレビが映り、明るい照明が灯され、

電気が使い放題となっている。化石資源の枯渇、地球温暖化などを考えるとエネルギー使い放題の空間で生活し続けているものだろうか。

ジェレミー・リフキンは「第三次産業革命の柱として、①再生可能エネルギーの使用拡大、②エネルギーを自給する建物の建設、③エネルギー貯蔵媒体としての水素使用への移行」を説いた（『第三次産業革命』2012年、インターシフト）。

現在、産業構造の転換期にあつて、建設業も変革期をむかえているのである。「エネルギー使い放題の建設から、エネルギーを自給できる建設」への転換であ



写真-1 オーストリアのゼロエネ6階建て木造CLT（提交材）集合住宅



写真-2 ウィーン郊外のHoHo開発

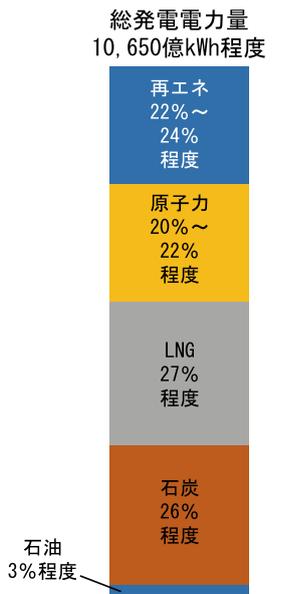


図-2 2030年のエネルギー見通し

る。そのためには ZEB、ZEHが必要となる。家、ビルを建設することは同じであるが、エネルギー使い放題から、エネルギーを自給できる建設業への転換である。

現在の地球温暖化を考えると、エネルギーを生産し、エネルギーを自給自足(将来的にはプラスエネルギーハウス)できる住宅、ビルを建設しないと将来はないと考える。

国も「価値創造企業に関する賢人会議」などを設置し、「いいものをより安く」のものづくりから「新しい価値」を創造していく必要性を説いている。建設業においては「新しい価値をどう創造するか」となる。「新しい価値」はエネルギーの自給自足に加えて、「ヒートショックのない、そこに住めば自分が健康になり、長生きができ、安心して暮らせるような住宅」である。これを実践しようとする建設業と医療分野等との融合が求められる。「オフィスビルでは、エネルギーの自給に加え、効率よく仕事ができ、快適な労働環境が保たれている」オフィスとなる。

日本を支えているものづくり企業であるトヨタでさえ多様な業種と提携し合っており、建設業、工務店、建設関連企業なども、様々な産業分野と連携、提携し新しい価値を創造するべきである。建設業界は多様な業界との提携と街づくりを考えた住宅、ビルの建設をも視野に入れ

る必要がある。

そして、未来の都市が「ニューヨークのマンハッタンの摩天楼の追求なのか、それとも、木造ビルを取り込んだ形でのウィーン郊外のHoHo等の開発なのか」将来の都市のあり方を考える必要がある。

3. 「脱炭素」社会か「低炭素」社会か—先が見えない日本経済の問題—

新しい建設業が必要だとの考えを示したが、その際、重要なのは日本経済の産業構造の転換を進めながら、持続可能な循環型経済を構築することである。SDGsを踏まえながら、持続可能な日本経済を考えることが重要である。2020年以降の地球温暖化防止の新たな国際ルールであるパリ協定(COP21)を踏まえておくべきである。この協定で注目すべきは「19世紀の産業革命前からの地球の気温上昇を2℃より低く保ち1.5℃以下に抑える努力をすること。そのために、21世紀の後半に世界の温室効果ガス排出を実質ゼロにする」とした。この「2℃以下」ということは「ほとんどの化石燃料を燃やすことができなくなる」と指摘する意見もでてくる。パリ協定と日本経済を踏まえた建設業を考えておく必要がある。

(1) 「脱炭素」それとも「低炭素」—不透明な将来—

図-2を見ると、2014年に政府は「2030年のエネルギー見通し」を石炭26%、原子力20～22%、再生可能エネルギー22～24%、石油3%、LNG27%と決めた。この計画を推進するために日本の電力会社は、古い石炭火力発電所からCO₂を低減化する高効率の石炭火力発電所の国内での建設と海外への設備の輸出を推進するとした。国内では40件以上の石炭火力発電所の新設建設計画がでている。

この計画に対して、パリ協定を推進する世界各国ならびに地方自治体、企業から日本に対する批判がある。日本企業は高効率の石炭発電でCO₂が削減できる(=「低炭素」)からいいと考えているが、世界はCO₂を出さない(=「脱炭素」)ほうがいいといっている。

ここに日本と世界との方向性の違いが明瞭にでている。「低炭素」を掲げるのかそれとも「脱炭素」を掲げるのかである。ここでの「低」と「脱」の違いは、低炭素は「CO₂を現在より低くする」ことであり、「脱炭素」は文字通り、「CO₂

の排出をゼロに近づける」ことである。

(2) 「脱炭素」と「低炭素」の二重経済システム(デュアルシステム)—携帯電話での失敗から—

少し前日本では全国に通信網が構築され一家に一台の電話があり、各家庭から全国に通話ができた。いわゆる電話線網が全国にインフラとして繋がれているワイヤの時代である。電線でつながっていないワイヤレスの通信機器であるポケベル、携帯電話などが次々に登場した。はじめは自動車電話など非常に高価で大きかったが、今は手のひらに収まるほど小さくなった。発展途上国ではワイヤ時代を飛び越し、いきなりワイヤレスになった。現在、携帯電話はインターネットと結びつきスマートフォンに進化している。

ワイヤとワイヤレスの両方を組み込む通信システムとワイヤレスだけの通信システムでは、どちらが効率的だろうか。2016年のスマートフォン製造ランキング世界上位10社に日本企業はなく、韓国サムソン、アメリカアップル、中国ファーウェイなどである。アップルはワイヤレスだけであることを見れば、ワイヤの固定電話とワイヤレスのスマートフォンの両方を生産することの不効率が見えてくる。

日本で大量に普及しているHV自動車もガソリンと電気の両方で走るエンジンシステムである。今のトヨタ自動車のプリウスの燃費はガソリン1ℓで40km以上走る。まさに「低炭素」の方向そのものである。しかし低速の際、電気だけで走り、これは「脱炭素」そのものである。HVエンジンは「低炭素」と「脱炭素」、ガソリンエンジンと電動のデュアルシステム(二重)を抱えて走っている。

これではワイヤとワイヤレスの二重システムと同じで、一台の車でデュアルシステムを担っている。私自身プリウスに乗っており、電気だけで走る部分とか、ガソリン消費量は前の車に比べて大幅に減少しており、HVエンジンは経済的だと思っていた。しかし、「低炭素」と「脱炭素」の視点で見ると、二重システムであり、電気自動車(日産リーフ、アメリカのテスラなど)が「脱炭素」の電気モーターエンジンシステムだけで走れるようになると、ガソリンエンジンを備えている二重システムのHVは随分と不効率に見える。

(3) 今こそ「脱炭素」社会の日本経済ビジョンを提示する必要性

現在、政府、経済産業省は「低炭素」と「脱炭素」を同列に並べ両方の政策メニューを提出している。太陽光発電などの再生可能エネルギーの推進と高効率石炭火力発電所の建設など両方を推進する政策である。産業構造の転換期にあつて、「脱炭素」社会に向けて、日本経済の新しいビジョンを明確に示すことが、生産性の高い日本企業を作り出すことにつながる。

そして、「脱炭素」社会の構築だけでなく、現在のコロナウイルスの感染による人間の生命と経済活動の危機の問題がある。日本では海外からの観光客を増加させようと、観光施設などのハードを整備してきた。クルーズ船の寄港を九州では旺盛に展開してきた。私たちは、インバウンドを増加させるために、クルーズ船の寄港を増やすことが、観光産業の振興だと考えてきた。しかし、コロナウイルスの問題を考えると、感染症対策を万全にする必要があり、医療体制を充実させることが前提となる。観光産業を発展させるためには、感染症対策、医療体制の充実が不可欠である。観光産業の発展と感染症対策の両方を考えた新しい経済ビジョンが必要である。

4. オーストリアのローテクでのZEB、ZEHを考える

7年前から5回程度、オーストリアのヴェルスで「エネルギー見本市」に参加してきた。一般市民、家族などが参加できる日程も設定されており、企業向けだけでなく個々の生活者も対象としていた。2019年のオーストリアの人口は約886万人であり、国土面積は、北海道と同じ程度である。ヴェルスの見本市会館の面積は約6万㎡あり、オーストリアでは最大規模である。建築用資材、建設技術、熱暖房エネルギー、台所、風呂など衛生陶器、太陽熱、太陽光発電、LED家電製品など、家に関わるすべての「省エネ」製品、技術などが展示・販売されている。7年前頃は、断熱材だけでも体育館ぐらいの大きさのホールが2箇所、窓枠のホールに行くと、トリプルガラスの窓枠、ドアなど木製、プラスチック樹脂などの窓枠企業が30社を超えて出店していた。窓枠にしても、断熱材関連、ペレット、チップボイラー関連にしても30社から40社出店していた。



写真-3 トリプルサッシの中にはいっている自動ブラインド



写真-4 新鮮な空気を送り込むことができるトリプルサッシ

外断熱材、玄関、窓枠、太陽光・熱パネル、地域熱供給などでほぼZEHを可能としていた。オーストリアの通訳の方も、「オーストリアでは建築でのゼロエネルギー化はほぼ達成し、今は自動車などのモビリティ関連の化石燃料依存からの脱出が課題である」と話された。オーストリアではローテクでZEHなどを可能にしていると感じた。そして、近年の見本市では、CLT（直交材）の普及により、断熱材が薄くなってきたと感じた。

日本では薄い単一1枚ガラスとアルミサッシが普通であるが、オーストリアではトリプルガラス＝3重の窓ガラスとトリプルサッシ（窓枠）による住宅建設が普及している。日本では、いくら部屋を暖めても、薄板ガラスとアルミサッシから室内の熱が外に出ていき、冷房にしても同じで、部屋の温度を下げても、ガラスとアルミサッシから室内の熱が外に出ていく。「3・11」の東日本大震災と福島第一原子力発電所事故により、日本経済

は「いかにエネルギーを節約させていくのか」という課題を背負った。各家庭において、エアコンなどのエネルギー消費量は非常に大きなものである。根本的に、「エネルギー節約を実施する」地域経済を考えると、一刻も早く、「薄い1枚ガラスとアルミサッシ」から脱皮していく必要がある。このことが脱炭素社会を実現するCO₂の削減にも繋がると思う。

日本での「窓」をめぐる状況があまり変化しない中、2016年の見本市で目を引いたのが、トリプルガラスの間に自動のブラインドが入っていたことである(写真-3)。トリプルガラスに加えて、ブラインドがはいっていると冬には太陽光を室内へ取り込み、夏には太陽光をカットできるものである。さらに、担当者は「ブラインドの操作は電動モーターによって自動で角度を変えることができ、室内の温度センサーと結合させると、センサーの温度設定で、自動でブラインドの角度が変えられる。トリプルガラスだけでは調整できない機能を電動ブラインド、温度センサー、インターネット、スマートフォンなどと結合させることによって、より高次の機能を得ることができる」と話した。

トリプルサッシから空気を取り入れる機能をつけている窓枠もあった。本体側に空気を取り入れる電動ファンを設置し、トリプルサッシから外気を取り入れることが可能となっていた(写真-4)。CO₂センサーを室内に設置すると、室内のCO₂量を検知し、自動的に新鮮な空気を取り入れることが可能となっていた。オフィスビルにおいて、単なる冷暖房だけでなく、オフィスでCO₂が多くなると、新鮮な空気を取り入れ、オフィス労働の生産性をアップすることが可能となっている。オーストリアでは、エネルギーの自給だけでなく、よりよい方向へのライフスタイル、仕事の効率化の追求を見ることができた。

ホームセンターなどで、DIYで古いサッシを交換しようとする、量産型で非常に安価なトリプルサッシが用意されている(写真-5)。CLT、外断熱材、トリプルサッシ、太陽光発電、地域熱供給などでほぼゼロエネルギーを達成していることがわかる。



写真-5 ホームセンターで販売される量産型トリプルサッシ
(2万円程度)

5. ネットワーク型組織の構築による新しい価値とインフラ整備(制度含む)

トリプルサッシでも指摘したが、従来にない、ネットワークの構築がある。トリプルガラス+トリプルサッシ+電動ブラインド、センサー、インターネット、スマートフォンのネットワークである。今の住宅で、「窓とスマートフォン」が結合することなどあまり想像できないが、全てをネットワークで結びつけ、生活に新しい価値を提供している。

太陽光パネル、太陽光熱、木質チップボイラー(地域熱供給)、地中熱利用などとインターネット、センサー制御技術、スマートフォンなどとネットワーク化させることにより、新しい価値を追究している。木質チップボイラーによる地域熱供給を24時間自動化し、最高の効率化を図るにはどうするかである。木質チップをいかに節約するのだから。昼間は太陽熱パネルによる熱供給ができるため、制御技術と結合させ木質チップ利用を最小限に減少させることができる。木質チップボイラー単体ではなく、太陽熱パネルとのネットワークである。個々の単体利用からトータルネットワークによる総合的利用、一方向利用からトータルネットワーク利用による新しい価値を考える必要がある。

(1)新しい木質バイオマス市場の正常化の必要性

「エネルギー資源が乏しい」と言われる日本にあって、国土面積の7割を占める森林面積は「地域資源の恵み」そのものである。木質バイオマスボイラーは森

林資源の有効活用手段として注目され、地球温暖化防止、「脱炭素」社会に向けて非常に重要である。本来、木質バイオマスボイラーは木材を燃やし熱エネルギーとして活用するものである。

日本では、FIT制度(電力の全量買取)が先行した結果、木質バイオマスボイラーによる熱利用ではなく、木質バイオマス発電事業が巨大な規模で大企業によって進められた。大企業が進めている木質バイオマスの発電の問題と小規模な木質バイオマス熱電併用の普及について考えなければならない。大規模木質バイオマス発電の問題を以下では見ていく。「森のエネルギー研究所」では、木質バイオマス発電に関して、3つのタイプに分類している。岐阜県、愛知県を見ると、第1タイプ、岐阜県で国内の間伐材を利用しながら大規模な木質バイオマス発電のみの発電所がある。第2タイプとして、地元の間伐材を利用した熱電併用バイオマスボイラーで、発電規模は小さく165kwである。熱エネルギーであるお湯をつくりながら発電も行っている。第3タイプ、愛知県では山ではなく、港湾部に57,000kw、33,000kwなどのバイオマス発電所があるが、海のない岐阜県の6,000kwより巨大な理由は国産材との混焼、輸入材、パークヤシなども混入させているからである。FIT発電が目的の大規模バイオマス発電所が多くあり、本来の国内森林資源との共存を考えていく必要がある。

(2)ヨーロッパからの木質バイオマスボイラーの導入

熱エネルギーの地域資源と期待される森林資源の有効活用には燃焼効率の高い



写真-6 EUではエネルギー自立の統一基準がありランゲンエッグ村ではe5の最高ランクである。

木質バイオマスボイラーの有効活用が課題となる。戦後、日本は熱エネルギー資源を木材から輸入化石資源に転換したために、木材を原料とする燃焼効率の高いボイラー技術が十分発展しなかった。例として、「日本のボイラーは、手で触れると熱いことです。熱が外に漏れ、拡散しています。ヨーロッパのボイラーは手で触っても熱くない」、「日本のボイラーは単なる焼却炉であり、本当のボイラーではない」とドイツ人技師から聞いた。木質バイオマスによる地域経済の活性化を目指している地域（北海道下川町など）で、輸入された燃焼効率の高いヨーロッパのボイラーが導入されている。森林資源を活用した木質バイオマスボイラーの利用と地域経済の活性化がはじまったが、日本製は少なく、ヨーロッパ製の木質バイオマスボイラーが多いということである。

(3) 木質バイオマスボイラーのトラブルについて

海外製の多くの木質バイオマスボイラーが日本に導入されたが、現在数々のトラブルが起こっている。例として、木材を粉碎した木質チップが自動搬送中「つまる」、「チップがよく燃えない」、「チップが燃えすぎる」、「チップが失火する」、「燃焼後の灰が多い」、「排煙が多すぎる」、「ボイラーがよく壊れる」等である。チップがつまるのは、チップの形状がばらばらで、チップが大きすぎる。チップが燃えない、点火しないのは、チップに含まれている水分量（含水率）が多すぎる場合である。チップが燃えすぎるのは十分燃焼しないとき、空気を送りすぎる等である。排煙、灰の問題は燃焼チ

ップそのものの成分構成の問題などである。こうしたトラブルを解消してはじめて高効率の木質バイオマスボイラーが機能する。

(4) 発展途上段階にある自然エネルギー市場と早急な制度・環境整備の必要性

なぜ、木質バイオマスボイラーで多くのトラブルが起こるのか。往々にして問題は、ボイラーの燃料である木質チップにある。チップの形状が小さい、大きすぎるのは、チップを粉碎加工する際におこる問題である。自動車部品業界なら、「部品の精度は100分の1から4以内に納めて」と言われればサプライヤーはそのサイズで生産するのが当たり前である。全ての木質チップの寸法（大きさ）が基準以内でないと「つまる」原因となる。次にチップが燃えないのは、木に含まれる水分の問題である。木質チップに雨、雪が降ったのに、そのまま温泉施設に納入するとどうなるか。含水率が80%を超えている木質チップが燃焼するのか。含水率の高いチップと低いチップが混在した木質燃料は効率よく燃焼するのか。

自動車部品業界などでは当たり前のことができていない。木質地域資源である自然エネルギー市場は「3・11」後に急速に拡大し、市場が成立したばかりで、他の業界と違っている。すなわち、木質バイオマスの業界のトラブルを見ると、チップの標準化、品質、規格について、業界全体が統一になっていない状態である。この問題を解決するための制度、法などが未整備であり、早急に整備すべきである。

日本の森林資源を活用するためにはA

材などを建設材木として活用し、間伐材などを熱エネルギー資源として木質バイオマスボイラーに活用することが「脱炭素」社会を構築することに繋がるのである。このように新しい産業構造の転換期にあつて、新しい制度、法などを整備するインフラが構築されなければならないということである。その意味では、いまの産業に関わる行政組織も新しい産業構造に対応したものにしていく必要がある。