

# 日本の低炭素力

社会ストックのグリーン化に向けた革新的エネルギーシステムへの緊急・集中投資

東京工業大学 柏木孝夫

## 柏木発言論点

- ① 地球環境問題の理念は衝平性
- ② 低炭素革命を機に我国はエネルギーと新産業創出の一体型戦略を推進
  - 即効性のある省エネルギーの実施
  - 安定性のある原子力発電の推進
  - 将来性のある新エネルギーの普及
- ③ 我国の低炭素エネルギーシステムのグランドデザイン（図参照）
  - 省エネルギー・原子力を基盤に地域共生型新エネルギー
- ④ 低炭素型都市エネルギーシステム
  - ・都市エネルギー全体最適化の実現と社会コストミニマムの達成
    - 太陽電池，燃料電池，蓄電池，HP等によるゼロカーボン住宅・ビル
    - 電気自動車の商用化により民生・運搬エネルギーが一体化（図参照）
    - スマートエネルギーネットワークと先進的エネルギーマネージメント
    - 清掃工場排熱等の循環型ネットワークと地下空間インフラの統合型高度利用
- ⑤ ストック型産業エネルギーインフラのグリーン化政策
  - ・化石から非化石・化石燃料のグリーン化高度利用
    - 石油残渣ガス化発電と水素製造プロジェクト
    - 石炭（ガス化発電・製鉄）プラントとCCS
    - 海洋エネルギー・資源開発プロジェクト
    - コンビナートへの産業用原子炉
    - アジア太平洋サンベルト開発と新燃料
- ⑥ 将来展望

# 日本の低炭素力

## 社会ストックのグリーン化に向けた革新的エネルギーシステムへの緊急・集中投資

東京工業大学 柏木孝夫

[kashiwagi@iri.titech.ac.jp](mailto:kashiwagi@iri.titech.ac.jp)

### 1. 低炭素社会の実現に向けた国内外の潮流

2月24日二階経済産業大臣は**太陽光発電からの余剰電力を充電価格の約2倍の固定価格で買い取り、電気料金に上乗せすることにより全員参画型**の新エネルギー政策を展開する方向を打ち出した。これまで30回にも及ぶ新エネルギー部会を開催し新エネルギー導入促進に対して多面的な審議を重ねてきたが、これらの審議内容を基盤に国内外の情勢を十二分に加味した結果の**政治決断である**と評価したい。現状では**割高なシステムを市場に導入する訳であるから誰かがそのコスト負担**をしなければならない。強力に新エネルギーの市場導入を推進するためには、**最終的には政治的決断が必要**となることは周知であった。国民に負担を強いることになるため、その決断は複眼的、多角的、分析的に十分な検討が必要であるが、昨今の喫緊の社会情勢を勘案すると、まさにその時機が訪れたと言える。今回新エネルギーの中でも**太陽光発電に特化した背景には、エネルギー・環境政策のみならず、産業、雇用政策上のシナジー効果も大きい**ことがあげられる。

私は21世紀における**日本の成長エンジンが低炭素型の経済モデルを逸早く構築**することにあると考えている。科学的、分析的に**理論武装された国際世論**が必ず低炭素社会の実現を力強く牽引する。この世論はこれまで米国に向けられていたが、オバマ政権誕生に伴い、中国、インド等に向けられ始めた。**低炭素社会の実現は加速度的に早まる**。

ポスト京都に対する中期目標に対し活発な議論が成されているが、各国は**地球益を全面に出しながら国益をかけた戦略を国情に応じて激しく展開**しているのが現状である。特に、**自然エネルギーの導入目標は地域特性に大きく左右**され国家戦略そのものであるため、**我国としては工業国家として省エネルギー、新エネルギー、原子力をバランスさせた独自の戦略を持ちつつ粘り強い交渉を続ける**べきである。

### 2. 政治決断された「新エネ・モデル国家日本」

我国は国際的に「Cool Earth 50」を提唱し、2050年までに二酸化炭素の排出を全世界で現状の半分に低減させようとしている。ここで、重要なことはこれを達成するために、次の3原則を主張していることである。まず、① **主要排出国が全て参加**し、京都議定書を超え、世界全体での排出削減につながる。② **各国の事情に配慮した柔軟かつ多様性のある枠組み**とすること。③ **省エネ・新エネなどの技術を活かし、環境保全と経済発展とを両立**すること、である。

さて、**地球環境問題の理念**とは何であろうか？私は**“衡平性”**であると考えている。IPCCでは**“DES, Development, Equity, Sustainability** 問題について記述されている。すなわち地球環境問題は、**人類みな衡平性を保ちながら持続可能な開発・発展をするためには、どのような課題と解決**しなければならないか、という難問に取り組んでいることになる。国連加盟国192ヶ国が皆手をつなぎ、**192人193脚**で走れるような環境をどう作るか問われている。

低炭素型エネルギーシステムに対し、我国では当初、**強力に省エネルギーを推進**し、供給サイドは**原子力のシェア拡大で対応**することが、**工業国という我国の特性や国民経済を考えると、最も好ましい**と考えていた。しかし、現状で**着工している新設原子炉が3基**であることなどを考えると、**再生可能エネルギーを含め低炭素社会が必要とする供給サイドでのエネルギー選択や技術開発など総合的な戦略が極めて重要**となっている。

特に**太陽光発電などの新エネルギーをエネルギー政策上明確に位置づける**べき大きな決断の時期であり、私は昨年6月9日に発表された**福田ビジョンで新エネルギーに対する政治的決断**が成され、**麻生政権に引き継がれている**と確信している。**環境モデル都市の選定**をはじめ、今後は新しい技術革新を通して**省エネルギー・新エネルギーの一体化政策を強力に推進**することが**CO<sub>2</sub>原単位**の大幅な低減をもたらし、世界的にみて経済への貢献も極めて大きい。

まさに、効率的な**新しいグリーン公共事業の誕生**といっても過言ではない。

福田ビジョンによる新エネルギー国家としての首相決断を受け、**新エネルギー一部会では中間とりまとめを緊急提言**という形で公表した。以下にその概要を示すが、これからの低炭素社会も展望されている。

## 新エネルギー一部会緊急提言抜粋(2008年9月25日)

国土が狭く、資源の少ない我が国は、ハイテクやものづくりといった我が国の強みを活かして新エネルギーの導入拡大を図るべきであり、太陽光社会を世界に先駆けて構築し、新エネルギーが生活の中でごくふつうに使われる新エネ生活(新エネ・ライフ)を実現し、**新エネ・モデル国家へと変貌を遂げる**ことが低炭素社会構築のための有力な手段である。これらの新エネ技術、新エネ・ライフ等の**新エネ文明を日本から世界に向けて提唱**し、国際貢献を果たすことが、我が国の産業競争力を維持することになり、**産業政策上も大きな意義**がある。

低炭素社会の実現は、省エネルギーの着実な推進とともに、原子力、新エネルギーの導入拡大が期待されているが、国土が狭い我が国においては、新エネルギーの導入には様々な制約がある。例えば風力やバイオマスは、北欧や北米では新エネルギーの主役になりつつあるが、日本の風況や国土(面積)では適地に限界がある。

そこで、我が国としては、水力、地熱、風力、バイオマス等による発電や熱利用に今後とも最大限取り組みつつ、我が国の強みである**太陽電池、蓄電池、燃料電池等**に関する材料開発から製品開発まで一貫した高度な技術やものづくりの技術を活かして**新エネルギーの導入拡大を図る**べきであろう。そのためには、**太陽電池、蓄電池、燃料電池等**の高度な技術を活かし、**世界に先駆けて太陽光社会を実現し、水素社会の構築を目指す**べきであろう。

例えば、太陽光発電は、「低炭素社会・日本」をめざしてと題する6月9日の福田ビジョンにもあるように、**2020年に現状の約10倍、2030年には約40倍**を目標とする。これは、**2020年において新築持家の約7割、2030年には新築戸建住宅の約8割、産業用・公共施設全体の約8割に太陽光発電**が設置されている状態に相当する。

**「省エネ」は広く国民生活に定着しつつあるが、「新エネ」は生活に定着したとまでは言えない。**省エネ・ライフは、燃料費の節約など個人の利益になる面もあるが、新エネは、コストが高い等のハードルが無視できない。**新エネ・ライフ定着**のためには、コストがかかっても**未来の地球のために投資する**という国民の意識改革と、**産学官の力を結集した技術開発、市場拡大等によって新エネルギーのコストを下げる**ことが必要である。

このような取り組みによって、我が国は新エネ・モデル国家へと変貌を遂げる。そして、これらの**新エネ技術、新エネ・ライフ等の新エネ文明を世界に向けて提唱・発信**していくことが、我が国の国際貢献、国際競争力の維持の両面から重要である。国際貢献に関しては、例えば、太陽光発電をはじめとする新エネルギーは、分散型電源として**諸外国の無電化村等におけるエネルギーアクセス向上等に貢献**できる。また、今後これらの国で電化が進展し、生活の質が改善することが、電力消費を増大させ、気候変動問題に対する新たな課題となりかねないが、これを防ぐためにも温室効果ガス排出量を抑えられる新エネルギーによる電化が有効である。さらに、**新エネルギー関連産業は、エネルギーと環境を巡る諸課題の解決に資する産業**であり、**素材産業から加工組立産業まで産業全体への波及効果も大きく、国際的にも今後高い成長が期待されるため、**

産学官の力を結集して、この産業を競争力のある**日本の基幹産業へと大きく育てていく**ことが重要である。

また、**電力、ガス、石油等のエネルギー産業**においては、**エネルギーの安定的な供給を堅持**しつつ、これまで培ってきた技術やネットワーク等を活かしながら新エネルギーの導入を最大限推進し、**エネルギーの供給構造を低炭素型へと変革**させていく必要がある。そのためにも**新エネに対し我国が挑戦しうる高い導入目標を設定し、その目標を適切な手段を用いて確実に達成**することが重要であると結んだ。まさに、**新エネルギーモデル国家日本の幕明け**を意味し、新しい時代の始まりである。

### 3. 低炭素エネルギーシステムのグランドデザインと都市エネルギー全体最適化

我国はこれまでの経緯から省エネ性、自律性、環境性に富んだ**低炭素エネルギー需給構造のグランドデザイン**を明

確に示す責務がある。地球環境問題はエネルギーと一体化して解くべき国際政治課題であり、技術立国日本として、絶好の機会が与えられたと言える。特にポスト京都議定書の枠組みは世界が共有しうる明確な中長期ビジョンと新しい技術開発無しに、大きな進展はない。

私は科学的検証から、電力に関して言えば、原子力・石炭・天然ガスなどのメガインフラが全体のベースを担い、その基盤の上に燃料電池、ヒートポンプなど、省エネルギー性に富んだトップランナー機器群や自立性の高い地域共生型の新エネルギーが適切な規模でクラスターを形成してゆくことになることを確信している。

低炭素社会に向けた都市エネルギーシステムのグランドデザインには、例えば都市内の商業施設・ビルなどを良質な拠点ストックとして捉え、エネルギーマネジメントシステム(BEMS)などの導入により、新たな省エネルギーをネットワーク的に達成してゆくことが必要となる。これら広域BEMSを都市集積部に構築し、最先端超省エネITインフラを整備できれば、今後問題となる中小規模施設への遠隔制御インフラとしても利用可能となり、CO<sub>2</sub>削減ポテンシャルは極めて大きい。

また、都市部のバイオマス系エネルギー拠点である清掃工場の存在も重要となる。膨大な都市型排熱が有効利用できる面的・ネットワークインフラ、いわば循環型インフラの整備が成されてこそ、低炭素都市が機能する。今後、太陽光発電や燃料電池などの分散型電源が建築物内や屋根などに大量導入されてくると、これらのエネルギーマネジメントシステムは需要地に導入された分散型発電システムと電力系統内に形成されたスマートエネルギーネットワークと一体化してCO<sub>2</sub>を削減するアドバンスシステムへと発展させるための新しいインフラとなり、低炭素社会の実現には欠かせないものとなる。

住宅分野に対しては、スマートメータやホームエネルギーマネジメントシステム(HEMS)が公共インフラとして整備されることが望ましい。将来的に太陽電池・燃料電池あるいはプラグインハイブリッド車や電気自動車等が住宅とセットで導入され、それらのシステム化により、運輸エネルギーも含めゼロカーボンハウスも夢ではない。

一方、燃料電池を見据えた水素社会の到来も電力化傾向の高まりと共に必ず訪れる。私は運輸エネルギーを考慮に入れた都市エネルギーの全体最適解を解いてみた。その結果、PHVやEVの導入が都市への投入エネルギーを最小とする解が存在した。技術の進展と共に都市エネルギーの全体最適化の考え方が必要不可欠となる。そのためには、コミュニティ内での電力の面的融通や二次電池による選択貯蔵など車輦に搭載された二次電池との双方向の充放電システムがキーテクノロジーとなる。

将来的には需要地に知能を備えた各種分散型システム群が大規模送電系統の一端に最適潮流制御を可能とするスマートネットワークが形成され、系統との調和を図りつつ、既存の空間インフラを高度に活用しながら、電力だけでなく熱や物質(例えば水素)までも併給する統合型インフラ構造を適切に整備することが、究極の省エネルギーを実現し、再生可能エネルギーを最大限とり込める低炭素社会の公共インフラそのものとなり、結果として社会コストミニマムを達成する。我国は愛知万博をはじめとし、すでにマイクログリッドという型で2030年の低炭素社会の姿を世界に先駆け発信している。

また、熱エネルギーの合理的な需給構造も見逃してはならない。高効率ヒートポンプ、太陽熱・ソーラークーリング、下水、廃棄物などの未利用エネルギーの民生用への高度利用も、都市エネルギー全体最適のための新しいインフラとして位置付けられるべきである。

都市エネルギー全体最適化の一環として全国147ヶ所で展開している地域冷暖房システムにおける電源立地の制度化など都市全体の最適化に対するグランドデザインは、社会ストックのグリーン化を含め新しいコンセプトが必要不可欠となる時代の幕明けであることを強調したい。

#### 4. メガインフラストックのグリーン化と低炭素型産業構造

産業部門に目を向けると化石燃料から非化石系へ、さらに化石燃料の高度利用を可能にする産業基盤が必要となる。太陽電池・燃料電池・高性能蓄電池などの新エネルギー技術は産業政策上現在大きな注目を集めているが、化石燃料の高度利用に対する革新技術も併せて重要となり、一例として石油プラントのグリーン化が今後極めて重要な低炭

## 素インフラとなる。

石油は現状でも 50%弱を占めているが、今後は**重質化・非在来型石油資源の増加**が容易に想像できる。最近よく言われる**ピーク・オイル**の議論は直ちに枯渇と言う“量”の問題ではなく、**経済性に基づく“質”の問題**である。使い易い軽質の油、いわゆる“Easy Oil”は先に利用され、これからは**経済性が低い重質の原油が多くなる**。これらの背景を踏まえると、**低炭素社会での石油プラントでは残渣がすべてガス化され、精製用水素と IGCC,IGFC の燃料になり、**国策として既存の製油所を**ボトムレス型のグリーンファイナリー**にしなければならない。さらに、これらは**バイオマスをはじめ、石炭など固形燃料の多目的エネルギー変換拠点として機能**する事になり、これまでの石油プラントが**グリーン精製コプロダクションプラントとして高効率発電所となるだけでなく電力需要の少ない夜間には水素製造インフラとなり、水素社会の供給プラントとして生まれ変わる。**

一方、低炭素エネルギー源多様化の一環として**非食糧系バイオ燃料の優位性**も見逃せない。**バイオマス利用は燃料化、ガス化などにより地産地消を促進し、地域の活性化、国土の充実**に加え、**農林水産のような一次産業の構造改革**も可能となるため、期待度は極めて大きい。すでに述べた**清掃工場をはじめバイオマス利用施設は低炭素社会における新しいエネルギーインフラ**として再認識する必要がある。

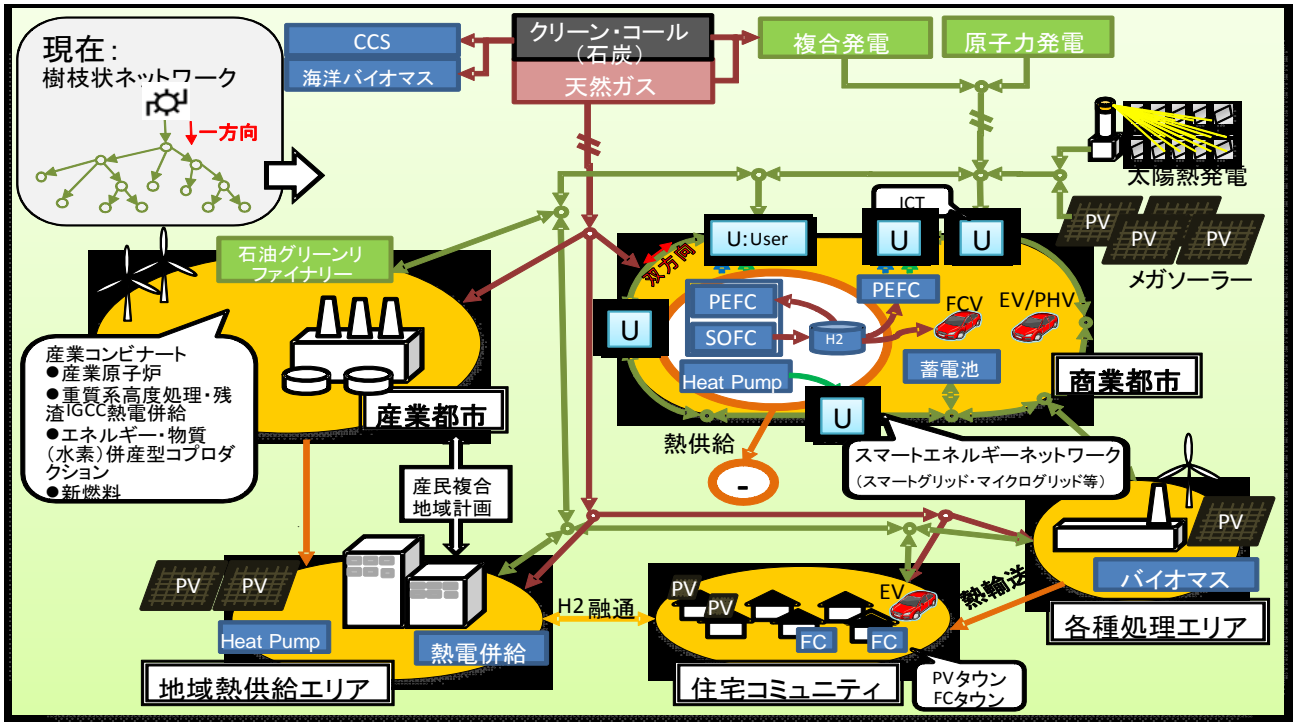
また、安定供給性に優れている**石炭利用メガインフラのグリーン化**も必要不可欠となる。**ガス化IGCCやCO<sub>2</sub>分離回収貯留(CCS)などCO<sub>2</sub>処理技術を装着しなければ生き残れない。**その際、**新しい試みとして排ガス中やガス化過程でのCO<sub>2</sub>を海洋バイオマスにより固定、バイオエタノール生成まで工業化するグリーンオーシャン技術**も今後注目されるであろう。**200 カイリ経済水域を考えると我国は世界 6 位**であることを考えると、**海洋バイオマスの有効活用**をはじめ**熱水鉱床からのレアメタル回収、メタンハイドレッドなど海洋基地開発も低炭素社会での新しい大型プロジェクト**として期待は大きく膨らむ。

さらに**アジア太平洋サンベルト(チベット・モンゴル・インド北西部・オーストラリア)開発**に目を向けると**豊富な太陽エネルギー開発を産学官が連携して進展**させれば、**グリーンニューディールの国際的プロジェクト**としてその意義は極めて大きい。

最後に、**我国は工業国家として、低炭素型産業構造のモデル**を世界に示す責務もある。先日、周南コンビナートを視察する機会を得た。日本の産業の基礎となる重化学を主体とする世界有数の生産拠点であり、コンビナート内の企業群の電力需要だけで 140 万 kW 以上にも及び、主に石炭火力で対応しているが、低炭素型産業構造への風が強まり**木材バイオマスを混焼**させるなど最大限の努力を払っており、その精力に対して頭が下がる思いであった。

今後**我国が率先して低炭素産業構造のモデルを世界に示そう**とするならば、**コンビナート内に国策として産業用原子力発電を立地**するくらいの覚悟が必要である。

# 低炭素型エネルギー需給 ネットワーク



# 住宅コミュニティにおける再生可能エネルギーとPHV/EV

