



日本のゼロエミッションエネルギー・材料戦略

Energy Policy and Material Strategy in Japan

柏木孝夫

Takao Kashiwagi

東京工業大学 特命教授・名誉教授

科学技術創成研究院

先進エネルギーソリューション研究センター長

1 要旨

日本のエネルギー政策は、3E+Sを基本としています。原子力等の安全確保 (Safety) を前提に3つのE、すなわち安定供給、自給率の向上 (Energy security)、出来るだけ効率的に安い価格で (Economy)、気候変動など環境保全 (Environmental Conservation) に努めることです。安定したエネルギー供給の実現は、エネルギー政策での最重要課題であり全ての事業の基盤になります。脱炭素化社会実現に向けた日本のエネルギー・材料戦略と今後の展望について解説します。

2 まえがき

昨年、菅首相は所信表明で、2050年カーボンニュートラル、脱炭素社会の実現を表明され、本年は、日本のエネルギー政策のグランドデザインである「第六次エネルギー基本計画」が策定される予定です。すでに実施されている電力・ガスの完全自由化と相まって、市場原理の中でいかに脱炭素型のエネルギーシステムを構築できるかが問われています。特に産業分野では製鉄業のように石炭を還元材として用いることにより大量のCO₂を排出しているプロセスを水素還元製鉄のようにゼロエミッション型に変革するなど抜本的な対策も極めて重要になります。

3 超スマート社会 Society 5.0のエネルギーシステム

3.1 超スマート社会 Society 5.0

超スマート社会 Society 5.0とは、サイバー層と物理層を高度に融合させたシステムにより人類がゆとりと豊かさを実感出来る社会と定義しています。特にエネルギーシステムの観

点から考えると、IoT (モノのインターネット)、ビッグデータ、AI (人工知能) に代表されるサイバー層と燃料電池・コージェネレーション (熱電併給) システム・蓄電池・太陽光や風力発電、EV (電気自動車) や次世代型家電などを高度に制御し、IoS (サービスのインターネット化) を実現することにあります。

3.2 IoE (インターネット・オブ・エネルギー) 社会

地球温暖化の深刻な影響を考えると、一刻も早く脱炭素化を進めなければなりません。再生可能エネルギーの太陽光や風力発電は二酸化炭素を排出しない利点があるものの、天候によって電力が変動する課題があります。再生可能エネルギーの変動を制御して無駄なく利用するエネルギーシステムの構築が必要であり、図1に示すようなIoE (インターネット・オブ・エネルギー) 社会の実現が期待されます。

このことには、電力の自由化が進み、市場原理が働くようになっている点も関係しています。電力は人体に例えると分かりやすく、電圧に相当する血圧が高くても低くても人が倒れるように電力も停電してしまいます。このため、電力の需給バランスが崩れないよう電圧や周波数を調整するための電源が設けられていますが、より高効率なシステムの改革が迫られています。

これまで需要のピークに対応できるよう発電所を造ってきたため、年間で1%しか稼働しない電源が全体の7.5%を占める電力会社があることは、異常な事態であると考えます。合理的な電力システムを構築する上でも、IoE社会の実現は必須です。

IoE社会は、防災や国土強靱化にも貢献します。2018年9月の北海道胆振東部地震で全域が停電したように、大型発電所が停止になると電力の需給が乱れ、大規模停電になる可能性があります。災害時、IoE社会では大型発電所と需要側をつなぐ送電部門から需要側を切り離すことで自家発電による

エネルギーシステムのグランドデザイン

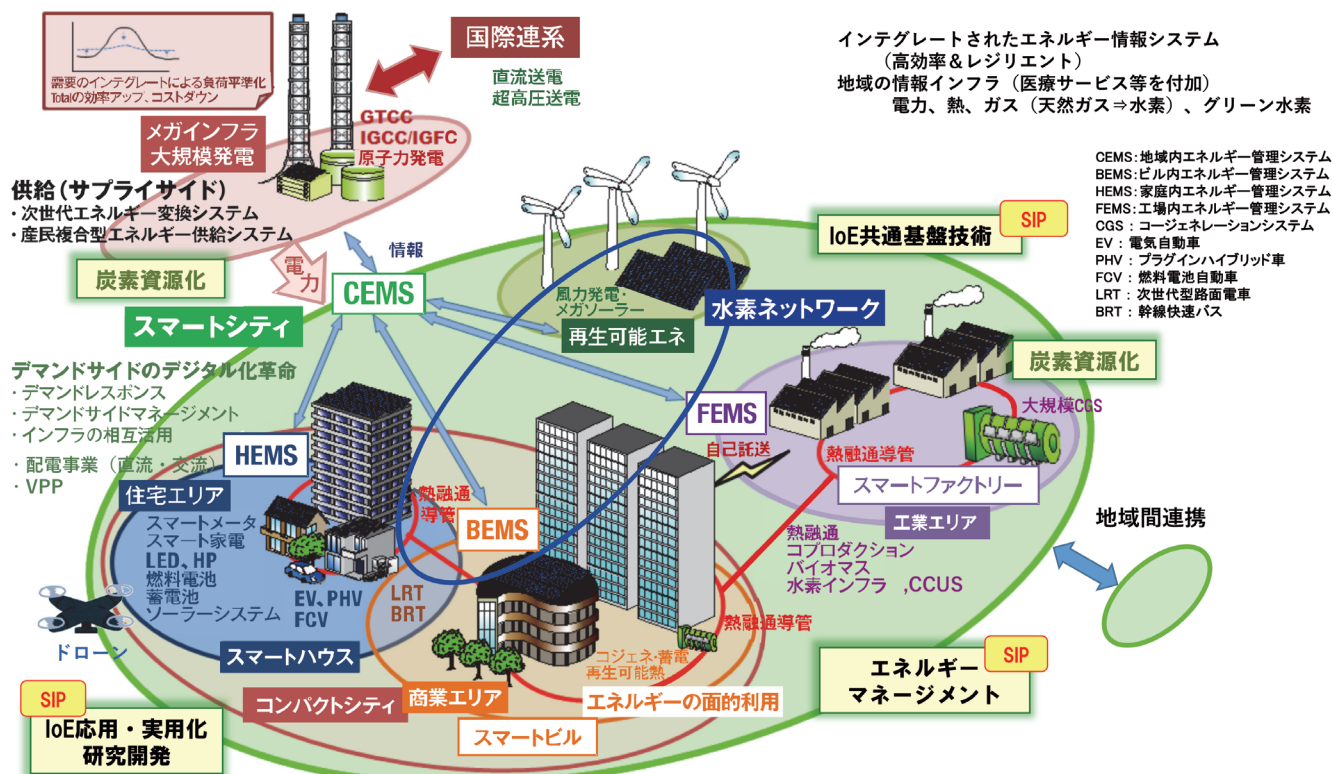


図1 エネルギーシステムのグランドデザイン (柏木孝夫作成)

余剰電力利用や地域間での電力融通で停電を防止できます。

また、地域にとって不可欠なエネルギーの地産地消が進めば、地域内経済の好循環を生み出せるので地域活性化が期待できます。

4 同時多発災害に立ち向かう強靱なエネルギーシステムの構築

4.1 〈地震・台風・感染症〉のトリプル災害

強靱なエネルギー供給網は、すべての事業の基盤です。医療体制とエネルギー供給の継続を一体的に考えておかないと、新型コロナウイルスのような未知の感染症に対峙することはできません。コロナ感染患者に人工呼吸器などが使用される中、医療機関でエネルギーの途絶という事態が起きていないことは、不幸中の幸いに思いますが、本年に入り、緊急の警報が出されたことを考えるとより強靱なエネルギーシステムの構築が不可欠と考えます

大都市圏の病院では、エネルギー供給継続のために二重、三重の対策を施しています。ただ、今回のように全国で感染が拡大する状況では、地方都市の病院でも同様の対策が必要になります。地域の再エネ資源を活用して地産地消を図り、市庁舎や病院などに、非常用発電機やコージェネレーション

などの分散型システムを設置しなければ、地震・台風・感染症のトリプル災害に本格的に対応することはできないと考えます。

4.2 国土強靱化年次計画

現在、2022年に策定予定の「国土強靱化年次計画」について、政府の有識者懇談会で議論を交わしており、筆者はエネルギー代表の委員を務めています。国土強靱化基本計画は、あらゆる基本計画の上位に位置します。年次計画は、分散型システムの重要性を明記すべきと考えます。感染症対策として、病院への分散型システム導入を義務化してもよいと思います。従来のような後追いの強靱化でなく、今後はトリプル災害への備えを先取りで対応する施策が不可欠となります。

4.3 スマートシティー

筆者は、スマートシティーやスマートコンビナートが脱炭素社会と国土強靱化の両立を推進できる現実的手段だと考えています。これからの構想は、環境性や快適性は勿論のこと、トリプル災害への対応を最も重視すべきです。

スマートシティーやスマートコンビナートのアーキテクチャ (基本設計) にはいくつかのレイヤー (階層) があり、ベースとなるのは、センシングによる温度や電気、ガス供給など

のデータ収集ですが、データを集めるだけでは本領を発揮しているとは言えません。そこで次に必要なのが、セクターカップリングです。例えば車と電気、民生用と産業用のエネルギーデータ。プラグインハイブリッドや電気自動車などの電動車両に関する電気の使われ方は、よく分かっていません。太陽光や蓄電池がある家庭で余った電気と、車の電力需要をカップリングさせると、街全体でエネルギーの高度利用やゼロエミッション化につながると考えます。セクターカップリングでエリア内やエリア間のスマート化のデータベースやビッグデータが構築できます。

その次の段階では、ビッグデータを生かしたビジネスモデルがなければなりません。スマート化を形成する工場やビル、家庭に設置された分散型発電システムを一体的にVPP（仮想発電所）モデルで管理すると、有事の際にもさまざまな対応が可能になります。例えば上位系統がダウンしても、下位系統のデータベースを生かし、必要な場所に電力を融通するといったことが可能です。感染症対策では、地域の感染度合いを解析することもできるでしょう。こうした階層を頭に入れ、ルールや戦略づくりを進めていくことが肝要です。

センサーの設置数は10年後に数千億個とも言われています。そこから得られるビッグデータを使いこなせないと、トリプル災害に弱い地域となってしまいます。市町村に加え、レイヤーごとにステークホルダーの役割を整理した上で、強靱な国土づくりを進めてもらいたいものです。

4.4 配電事業のライセンス制

昨年の国会には、こうした動きを後押しする「エネルギー供給強靱化法」が提出され成立しました。そのポイントは、電気事業法改正案に盛り込んだ配電事業者のライセンス制です。

一昨年、房総台風により千葉県内で長期停電が発生した中、同県睦沢町は、自営線と分散型電源を駆使して地域の電力供給を継続させました。デマンド側の再エネや蓄電池、コージェネ、燃料系パイプラインを活用し、オフグリッドにして、復旧が進まない上位系統の影響を受けないようにしたためです。

需要密度が低い農山村で自営線を引いても、事業の採算性は低いでしょう。だからこそ、配電事業の法制化は大きな意味を持ちます。大手電力会社の配電網を活用し、敷設コストをかけずに、ライセンス制で地場産業事業者が使えるようになります。

分散型の電源構成は、地域の特性に合わせて考える必要があります。もちろん大規模電源の必要性を否定してはいけません。それぞれメリットデメリットがある中、基盤電力となる大規模電源と分散型電源が共存する中で、トリプ

ル災害に対応できるソリューションが生まれると考えます。

都市型プロジェクトの例として、東京・田町の取り組みがあります。エリア内に、港区役所や避難所などの複合施設、病院、オフィスビルが立地しており、自営線やコージェネを核とした強靱なエネルギーシステムを備えています。都市ガス事業者が運用し、需要密度の高いエリアに自営線を引き、2つのエネルギーセンターを連携させ、熱と電力の面的融通も行います。

地域版では、さいたま市のさいたま赤十字病院が参考になります。災害時医療を支える拠点として、非常用電源やガスコージェネ、地域冷暖房を導入し、エネルギーの多重化・多元化を図っています。

各地でスマート化を進める上で技術面の課題はなく、事業性の面でも、配電事業のライセンス制という追い風が吹いています。急速にデジタル化が進む時代に、都心部だけでなく地方の強靱化も図ることで、最終的には一極集中からの脱却が現実味を帯びてきます。テレワーク導入に加え、スマートアグリなどで農山村に雇用をつくって移住を促し、スマートシティー化を推進します。災害に強く、環境に優しく、食料生産も担う地域づくりは、まさしく国土充実化、地方創生と言えるでしょう。社会変革の本格化は、ショック療法を伴います。コロナ禍を、こうした好循環をつくる契機にしなければならないと考えます。

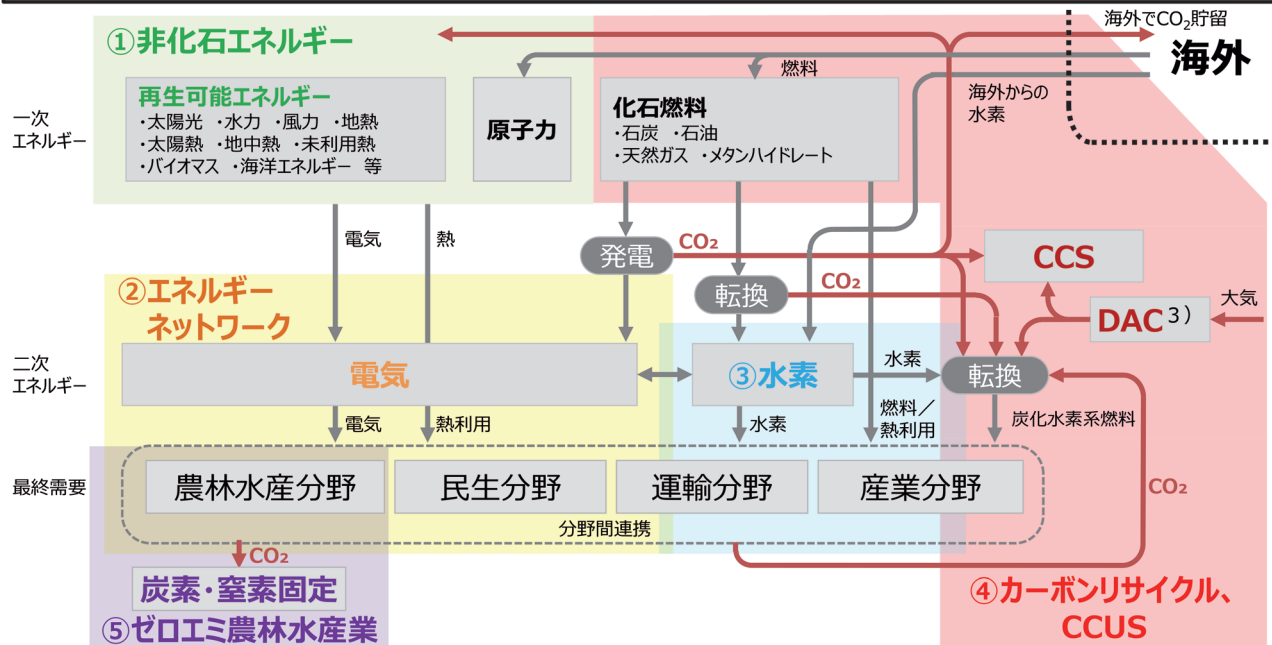
5 脱炭素社会実現に向けて

5.1 革新的環境イノベーション戦略

昨年の10月27日に菅首相が所信表明演説で「2050年カーボンニュートラル」を宣言したことは記憶に新しいと思います。この宣言の背景になったのが昨年1月に政府が公表した「革新的環境イノベーション戦略」です。日本は脱炭素社会実現に向け、あらゆるエネルギーオプションに対する革新的技術イノベーションを率先して展開すべきです。この革新的環境イノベーション戦略では、産業を含め5分野16課題39テーマを多角的に選択し、日本主導で世界の脱炭素社会実現のための技術開発を行うものであり注目度が大きいものです。世界では現在毎年約490億tの温室効果ガスを排出していますが、これらの革新的技術が世界に普及すれば490億t/年以上の温室効果ガス削減が可能であるとされています。すなわちこれまで排出したCO₂の低減を意味するビヨンド0を明言し、エネルギー資源の乏しい日本が今後世界に対し成すべき方向性を示しました。選定された5分野には、図2に示すように、①非化石エネルギー、②エネルギーネットワーク、③水素、④カーボンリサイクル、CCUS、⑤ゼロエミ農林水産業であり、各々に対して具体的な39のテーマが記載さ

イノベーション・アクションプランの重点領域

技術領域で整理すると、①電力供給に加え、水素・カーボンサイクルを通じ全ての分野で貢献する非化石エネルギー、②再生可能エネルギー導入に不可欠な蓄電池を含むエネルギーネットワーク、③運輸、産業、発電など様々な分野で活用可能な水素、④CO₂の大幅削減に不可欠なカーボンサイクル、CCUS¹⁾、⑤世界GHG排出量の1/4²⁾を占める農林水産分野の5つが重点領域となる。



- 1) CCUS : Carbon Capture, Utilization and Storage (炭素の回収・利用・貯留)
 2) 農業・林業・その他土地利用部門からのGHG排出量は世界の排出量の約1/4を占める (出典 : IPCC AR5 第3作業部会報告書)
 3) DAC : Direct Air Capture (大気からのCO₂分離)

図2 イノベーションアクションプランの重点領域

れています。例えば①では、ペロブスカイト型次世代型太陽電池、洋上風力、小型原子炉、②では、変動性再エネが多く取り込めるデジタル化や高性能パワー半導体の開発、③は再エネ由来のCO₂フリー水素や褐炭のガス化による水素、燃料電池車、水素還元製鉄、④では化石燃料からのCO₂を回収・プラスチック生成やコンクリート製造などのCO₂材料工学、人工光合成、⑤では世界の約1/4のCO₂を排出している一次産業のスマート化、海洋生態によるCO₂の固定化（ブルーカーボン）など多岐に亘っています。筆者は、日本は水素、蓄電池、新しい材料工学を基盤とするCCUSで主導権を取れると考えています。環境原理主義的に脱化石を脱炭素社会の唯一のソリューションとする狭義の考え方に振り回されることなく、世界各国が国情に応じてこれら技術の体系的な導入により新興国も含め脱炭素化の実現を早めることが大切だと考えます。

5.2 東京湾岸ゼロエミッションイノベーション協議会

これらの革新的技術を国内で実証するために、東京湾岸エリアでは、経済産業省主導のもと「ゼロエミッション版シリコンバレー」を目指す東京湾岸ゼロエミッションイノベ

ション協議会が設立されました。筆者が会長を務め、電力、ガス、石油、化学、自動車、鉄鋼など幅広い企業が参加します。そこにトリプル災害への備えを組み込めるかは、今後の課題となると考えていますので、ゼロエミと強化に資するイノベーションを発信できるように務めます。

6 グリーン成長戦略と材料工学—むすびにかえ—

2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略が先に述べた革新的環境イノベーション戦略を基に昨年12月に策定されました。カーボンニュートラルは電化社会の実現と位置づけ、2050年の電力需要は、産業・運輸・家庭部門の電化により現状より30～50%増加し、1.3兆～1.5兆KWhになると予測しています。

これらの背景を踏まえ、図3に示すように、グリーン成長戦略を14分野に絞り込み、各分野毎に「実行計画」を提示いたしました。そのための資金として今後10年間で2兆円を準備しました。

図3を材料戦略の視点から見ると、①の洋上風力産業で

5. 分野毎の「実行計画」（課題と対応、工程表）

※来春のグリーン成長戦略の改定に向けて
目標や対策の更なる深掘りを検討。
(自動車・蓄電池産業など)

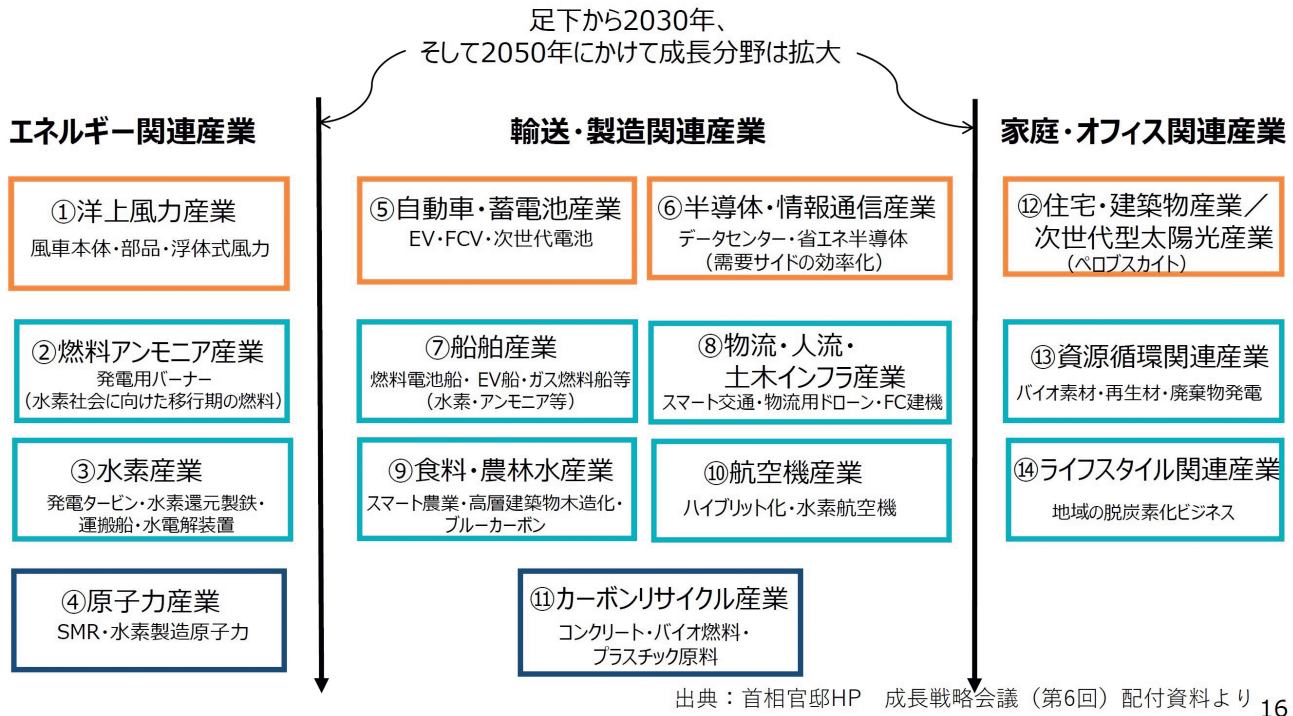


図3 「2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略」分野毎の「実行計画」

は強靱な巨大風車本体・部品材料の開発、③の水素産業では先に述べた水素還元製鉄、 -253°C の液体水素運搬船材料、⑤自動車・蓄電池産業では次世代電池の材料開発、⑪カーボンリサイクル産業では CO_2 吸収型コンクリート開発やプラスチック原料工学、⑫住宅・建築物産業／次世代型太陽光産業では、ペロブスカイト型太陽光発電材料など新しいタイプの CO_2 関連材料工学の重要性が数多く見受けられます。

カーボンニュートラル実現のためのグリーン成長戦略はエネルギーと新材料とを密接に関連づけることが極めて重要であることを示しています。

材料工学関連各位がカーボンニュートラルに対し多大な貢献をされることを祈念し、結びといたします。

参考文献

- 1) 革新的環境イノベーション戦略(2020年1月21日 統合イノベーション戦略推進会議決定) 官邸HP, <https://www.kantei.go.jp/jp/singi/tougou-innovation/pdf/kankyousenryaku2020.pdf>, (accessed 2021-01-12)
- 2) 2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略(2020年12月25日 成長戦略会議配付資料) 内閣官房HP, <https://www.cas.go.jp/jp/seisaku/seicho/seichosenryakukaigi/dai6/>, (accessed 2021-01-12)

(2021年1月12日受付)