



GENESIS 計画と高温超電導直流ケーブル ～究極の持続可能な『新エネルギー』の活用について～

畑 良 輔

“GENESIS Project” and High-Temperature Superconducting (HTS) DC Cable ~Keen Use of Ultimate New Sustainable Energies~—— by Ryosuke Hata —— The world population has overpassed 6.6 billion in August, 2007, and is expected to reach 9 to 10 billion by the middle of this century. The International Energy Agency expects that the world electricity demand will grow by 50% by the year 2030 accordingly. In terms of all primary energies, the growth of demand between 2000 and 2050 is expected to be as high as 200%. Since greenhouse gas emissions increase along with the expansion of energy consumption that will bring about environmental degradation, it is pointed out that the irreversible world catastrophe would suddenly occur before energy resources become depleted. Recently, there exists an opinion that more nuclear energy that emits no CO₂ gas should be used, and today there are a lot of plans for building nuclear power stations in China and other developing countries in addition to Japan, the U.S. and Europe. One problem of uranium, however, is that it is only temporarily available and its reserve will last no more than 60 years. Another serious problem is that once the present generation consumed uranium, future generations should take care of radioactive wastes during around 100 years of interim storage and more than 10 thousands years of final storage. These problems show that nuclear energy is not the ultimate solution. Academic people are saying that making an artificial sun on earth through nuclear fusion should be the solution. However, it is presently predicted that it will take over centuries to realize artificial sun, meaning that at this point in time nuclear fusion is not the solution. In this paper, the author strongly insists that, in this impasse, the only ultimate solution that the present-day engineers can propose is the “GENESIS Project” that combines new solar-oriented recyclable energies such as photovoltaic power, wind-turbine power or hydraulic power with high-temperature superconducting power cable that has recently become technologically practical. In addition, the author also describes the importance of applying PPLP solid DC submarine cable to the international interconnection of electric power systems so as to realize the “Global Electric Power Network” and finally accomplish the “GENESIS Project”.

1. 緒 言

世界の人口は、2006年2月に65億人に達した⁽²²⁾が、それから1年半後の2007年8月には既に66億人を突破したと報道され⁽⁶⁵⁾、今世紀中葉には90～100億人に達すると云われている⁽²³⁾。一方、これに従って世界のエネルギー需要は、2030年までに5割増加すると、国際エネルギー機関 (IEA) は予想する⁽¹⁵⁾。電力に限っても、2050年には現在の2.6倍に増加するとの予想がある⁽¹⁶⁾。(全一次エネルギーでは、2000年比2050年で、凡そ2倍になるものと推定されている。) この間、気候温暖化ガスは増加の一途を辿り、様々の環境悪化現象を生ずると考えると、人類が主要なエネルギー資源である石油や天然ガス(埋蔵量で40～60年)を消耗し尽す前に、非可逆的なカタストロフィー(破局)を惹起してしまう危惧を指摘する声もある。そのために、近年炭酸ガス(CO₂)を排出しないウランを燃料とする「原子力発電」の増強に努めるべきであるとの声が、日・米・欧で湧き上がると共に、中国をはじめ開発途上国からも、多数の原発新設計画が発表されている⁽¹⁸⁾。しかしなが

ら、原発の燃料資源であるウランも、埋蔵量が60年内外の一過性の資源である^{(1)～(3)}と共に、現代人がそのメリットを享受すると次世代以降の未来の人類は、放射性廃棄物を約100年間の中間貯蔵を経て、凡そ1万年の長期に亘る最終貯蔵・管理を行わねばならず^{(16)、(17)}、当面その必要性は認識するが、「エネルギー・資源・環境」の最終的な解答とはならない。原子力発電に代る究極のエネルギー源として、アカデミーサイドより「核融合」(人工の太陽を地上に作ること)の技術開発が提案されて久しいが、最近の技術評価をベースとした予想では、技術の完成には「Over centuries」を必要とし、やはり解決策にはなり得ないことが判明してきた。

本論文では、このような閉塞的な状況下で、“現代の技術者”が提案し得る唯一の“解”が、太陽電池や風力発電あるいは水力発電の様な“太陽を起源とするRecyclable(再生可能な)新エネルギー”と、今日技術的に十分適用可能となった高温超電導直流電力ケーブルの組合せからなる

『GENESIS計画』であることを主張し、その歴史的・技術的な蓋然性（もしくは必然性）の下に、須くその実行が進展することの重要性を強調したい。併せて「PPLPソリッドDC・超長距離・大容量・国際連系・海底ケーブル」の必要性についても言及する。

(注：尚、本論文中「GENESIS計画」については、引用していなくても、主として参考文献(1)～(14)をベースに使わせて頂いた。)

2. 人口及びエネルギー消費量の増加とエネルギー資源埋蔵量

図1に、西暦元年から近未来までの人口の増加状況を示す。18世紀後半の産業革命時に、図2に示す通り、人類が化石燃料資源をエネルギーとして活用する能力を身につけて以来、人口は飛躍的に増加し始めた。人口増加は、図1

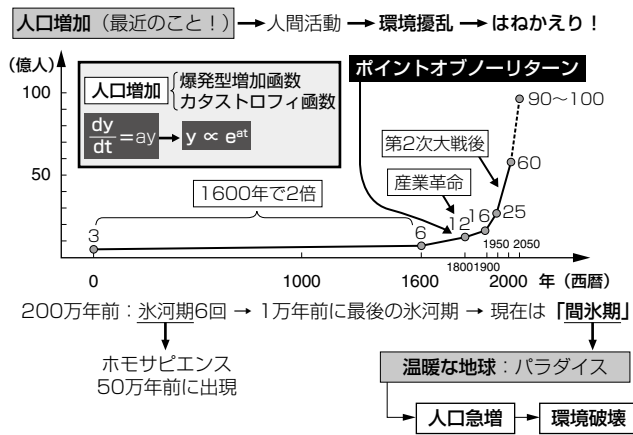


図1 人口増加とエネルギー使用量の増加及び環境

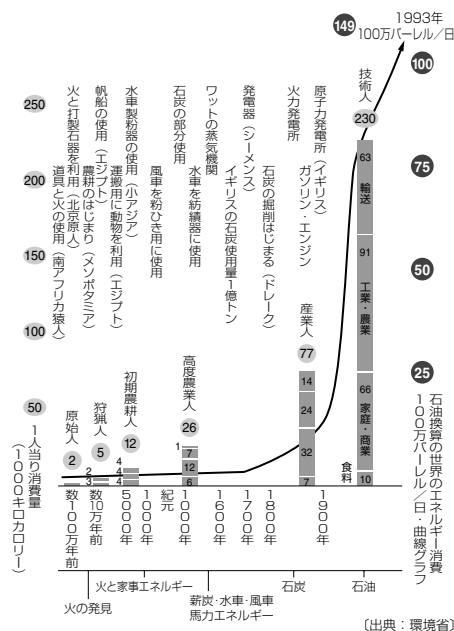


図2 世界のエネルギー消費量の歴史的推移

中に示した、「爆発型増加函数」に従う様になり、既に「ポイント・オブ・ノーリターン (Point of No Return)」を通過しており、第2次世界大戦終了時 (1945年) には30億人に満たなかったものが、本年 (2007年) には66億人を突破し^{(22)、(65)}、その後は2013年に70億人を、2045年には90億人を突破すると予想されている⁽²³⁾。それに伴って、エネルギーの消費量は、図2の通り、正にSkyrocketing的に上昇するが、図15の通り、現在の5割アップに上昇することが示されている。

図3には、先進国と発展途上国のエネルギーの伸びの実績が比較して示されているが、先進国に対して発展途上国では電力の伸びが異常に高く、電力エネルギーの推移がエネルギー問題に大きな影響を与えていることが分る。図4には、「1人当りの発電設備容量」が示されている (但し、中国は2007年現在0.45kW/人と急上昇している)。日本が1970年代に到達した「1kW/人 (capita)」を“文明国

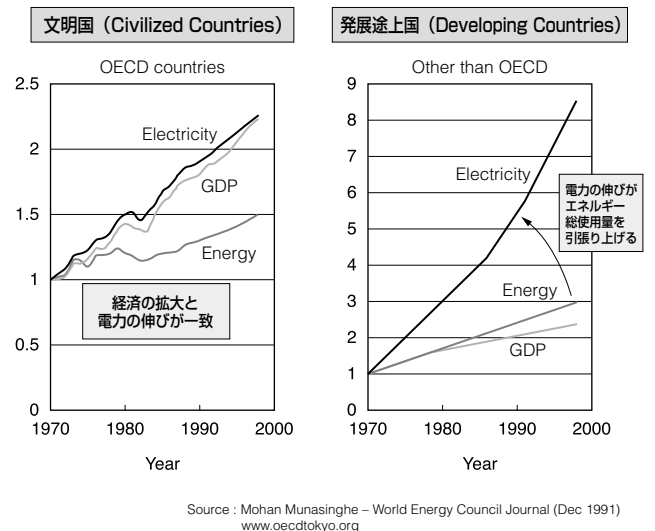


図3 GDPと総エネルギー及び電力エネルギーの伸びの推移

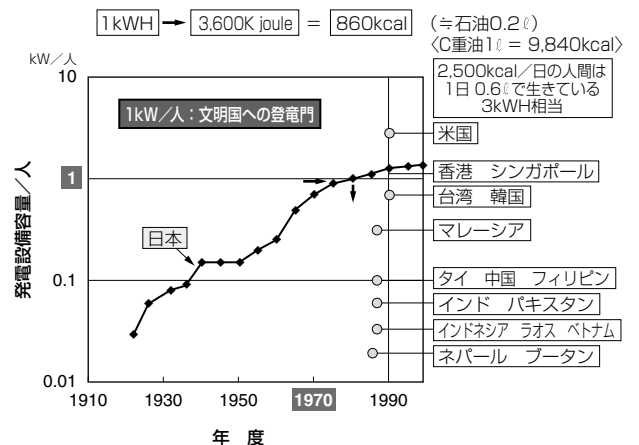


図4 日本の発電設備出力の推移とアジア各国の発電設備出力

への登竜門”とすれば、いかなる国の人々も、少なくとも1kW/人のエネルギーを享受する権利があると云える。この場合、現在55基の原子力発電所で全電力量の1/3強の発電を行いつつ、2.5億kWという世界第3位の総発電設備を有する日本を基準にとって比較してみると、(66億人×1kW/人)÷2.5億kW≒26となり、GDP世界第2位の日本並の国が、世界に26ゾーン存在することになる。人類にとって人口問題は、今後とも最大の課題の一つであり続けると考えられる。

エネルギーの観点から、「分散電源と分散消費」が未来を変え得るとの意見も根強く存在するが、図5に示す通り、100万人を超すメガロポリスは世界で急増しており、又既存の大都市でも、日本では遂に東京、大阪、名古屋の三大巨大都市圏の人口が日本の総人口の50%を今年(2007年)突破した⁽¹⁸⁾様に、むしろ都市の巨大化が益々進展しているのが実情である。従って、これらからも「巨大発電+巨大電力伝送+巨大電力消費」を維持してゆかねば、現代文明を支えてゆけないのが実情である。分散電源としての風力発電は、2006年の世界の累計で、7,400万kW(1GW原発70基分)⁽¹⁹⁾、一方太陽電池は、2005年末現在で、370万kW(1GW原発3.7基分)⁽²⁰⁾と、年々その重要性を高めてきていることは事実であるが、「分散利用」に限定して考えると、人類のエネルギーの究極の福音とはならず、あくまで分散利用は、“初期のステージの新エネルギーの活用”、ないしは“補完的な活用”と考えるべきである。

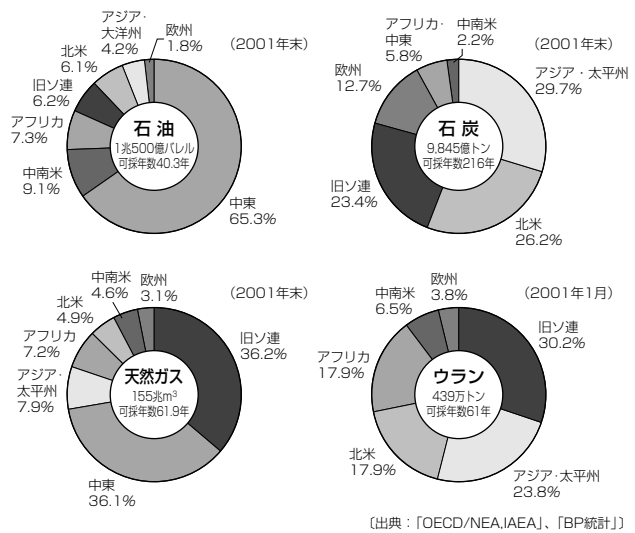


図6 世界のエネルギー資源埋蔵量

を有しているが、それ以外は40~60年内外の可採年数しか無く、いずれも「一過性の資源」としての認識は重要である。しかも可採年数算出時の分母は、人口に大きく依存しており、可採年数が減少することはあっても、大きく伸びる理論的根拠が無いことの認識も更に重要である。[第7章結言の後の注書II参照]

一方、図7に示す通り、現代は「メタルから非メタル化への時代」と云える⁽³⁾。(この図では“鉄系構築物”の“CFRP(Carbon-Fiber Reinforcement Plastics: 炭素繊維強化プラスチック)”化⁽²²⁾等を除外している。)エレクトロニクスの世界が「真空管(金属電極)」から「Si(シリコン)半導体」へ、通信の世界が「Cu(銅)線」から「光ファイバ(ガラス)」の世界へ大きく「非メタル化」を遂げたが、今電力エネルギー伝送の世界でも、「Cu(銅)導体電力ケーブル」の代替技術として「セラミックス中心の高温超電導(HTS)電力ケーブル」が立上りつつあり^{(24)~(27)}、又、

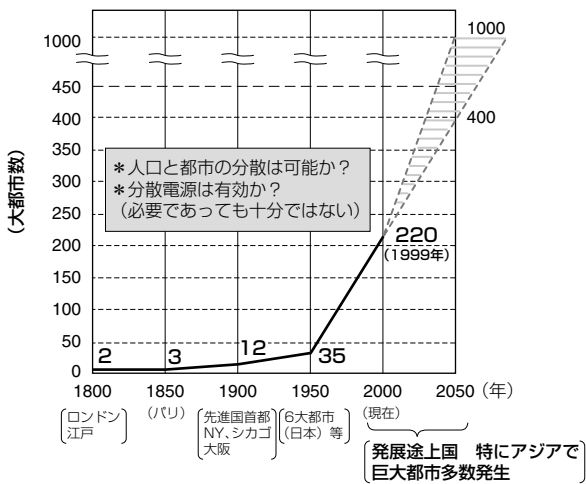


図5 世界の大都市数(人口100万以上)の過去・現在及び未来推定(1800~2050)

一方、これらのエネルギーを支えている主要“エネルギー資源”としては、今日いわゆる化石燃料資源の“石油”、“天然ガス”及び“石炭”と、非化石燃料資源ではあるが“ウラニウム”がある。これらのエネルギー資源埋蔵量を示したのが、図6である⁽²¹⁾。石炭こそ200年強の可採年数

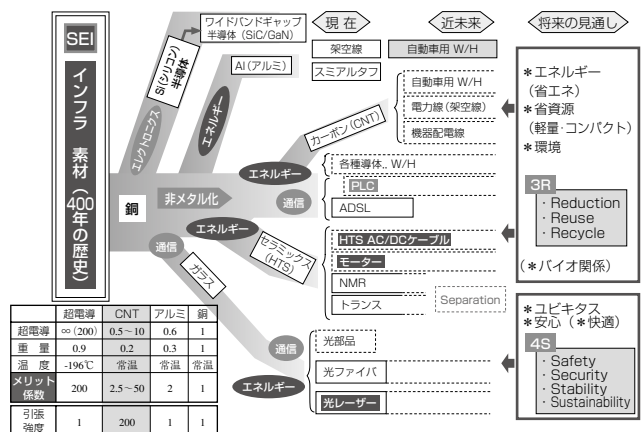


図7 「メタル」から「非メタル」へ

同じく電力エネルギー活用の最大用途の一つであるモーターに於いても、従来の「Cu線」から「セラミックスのHTSモーター」への動きが認められ⁽²⁸⁾、やはりエネルギーの分野でも、「金属の非金属化」は不可避の動きと考える。

実情としては、電力エネルギー伝送用電力ケーブルやモーターは、未だに主力として“Cu線”を大量に使用している。OECD（先進）各国の今日の電力インフラが、Cu製品で成り立っており、BRICsをはじめとして、大人口を抱える発展途上国が同じくCu製品を中心にして電力エネルギーインフラを構築してゆくとすれば、早晚Cu資源は枯渇せざるを得ない。又、枯渇を迎える以前に、条件の良い銅鉱山は掘り尽くされてしまうから、環境上問題の多い新規鉱床・鉱山の活用に入らざるを得なくなるので、この観点から可及的速やかに電力インフラの主力材料であるCu（銅）からの脱却、すなわち「金属の非金属化」を推進してゆくことが、むしろ長期展望上、益々重要になってくると言わざるを得ない。現に発展著しい中国でのCu材料の消費の昂進は前例の無いものであり、Cu価の超高騰状況の定常化を招いている⁽²⁹⁾。

3. エネルギー消費増加と「環境」問題

前章で産業革命後の人口及びエネルギー消費の急上昇について述べた。図8は、それに伴って過去200年間に排出された地球温暖化ガスの内、CO₂の排出量の推移を示している⁽²¹⁾。CO₂排出量の増加は、当然ながら図2のエネルギー消費の増大に一致しており、特に第2次世界大戦後は、図1で示した“爆発型増加函数”で、“Point of No Return”を越している。今日では、全世界で、カーボン(C)に換算して年間約60億トンの炭酸ガス(CO₂)が排出され、約半量の30億トンが太陽エネルギーに基づく“光合成”で酸素に還元されているが、残り半量の30億トンは大気中に残存し、年々蓄積されてゆく状況を出している⁽²¹⁾。その結果、既に地球規模の環境異変が生じつつある⁽³¹⁾が、

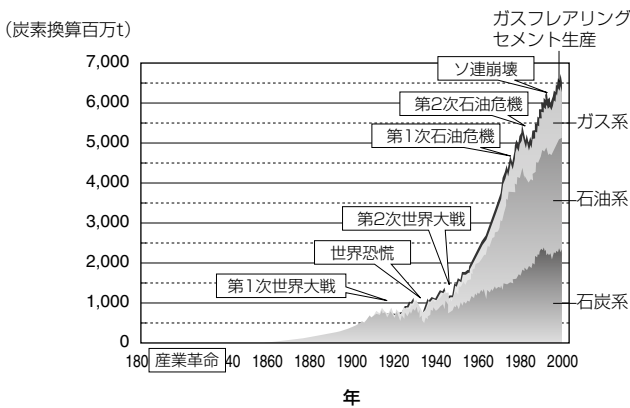


図8 過去200年間におけるCO₂排出量の推移

本年公表されたIPCC（Intergovernmental Panel on Climate Change：気候変動に関する政府間パネル）第4次報告の指摘している⁽³⁰⁾様に、今世紀末に向けて地球の環境は劇的に悪化してゆく可能性が高いことが示されている。図9に、その一例を示す⁽³¹⁾。

図10に、近代文明を中心的に支える（OECD各国の凡そ1/3のCO₂排出量を担う）電力エネルギーの発電システム別CO₂の排出量を示す⁽²¹⁾。現在発電の主力を占める石炭、石油、LNG（Liquefied Natural Gas：（液化）天然ガス）の、所謂火力発電システムが排出するCO₂の量が、原子力発電と太陽起源の“新エネルギー”に比して圧倒的に高いことが分る。従って、今世紀の喫緊の課題である地球温暖化ガス（Greenhouse Gas）のCO₂排出量を削減するには、可及的速やかに、「石炭火力→石油火力→LNG火力→原発



図9 地球温暖化による深刻な被害

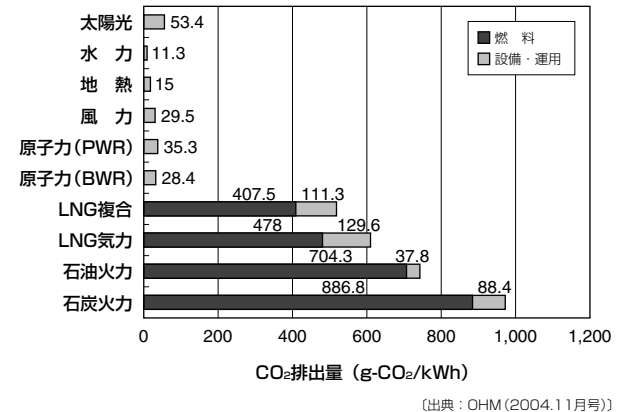


図10 各種発電システムのCO₂排出量

and/or 新エネルギー」へ移行してゆくことが必要であるとされている。

2005年2月16日に発効した京都議定書によれば、日本は、2008～2012年の平均で1990年比6%のCO₂削減が求められており、それに基づいて日本政府は国内で発生するCO₂を0.5%削減する計画を立案した⁽²¹⁾。その中で電力会社は自主規制として、表1の通り、「原単位20%のCO₂削減」(1kWh当りのCO₂排出量を425gから340gに減少させること)を定めたが、その大半は原発の新設と稼働率アップに期待するものである⁽²¹⁾。日本の国としてのCO₂削減の基本政策としても、“原発の推進”が上げられている⁽³²⁾、⁽³³⁾。又、原発復権の動きは全世界的であり、例えば米国では30基超の新設計画があり⁽³⁴⁾、全世界では中国、インド等を中心に約100基⁽³⁴⁾～200基⁽³⁵⁾の原発新設計画があると云われている。しかしながら、図6の、ウランウムの可採年数(略60年)から見れば、当面の原発エネルギーの必要性は十分に認めるものの、これが究極的な「エネルギー・資源・環境の解決策」になり得るかという観点から問われれば、次章で詳述するが、否定的な答えを返さざるを得ない。

人口の増大と環境問題は、世界の食料事情も悪化させつつある。1980年代には世界の穀物在庫率は35%を越えていたが、2005年には17.7%に低下したと報告されている⁽²³⁾。近年は、気候温暖化現象で米国、豪州、南西欧州、北西中国等穀倉地帯の渇水状態が恒常化して、穀物の収穫率の低下が生じつつある。又、水資源についても「石油の世紀」と云われた二十世紀の100年間で、水の需要は人口増加の

2倍にあたる6倍の増加を示した⁽³⁶⁾、⁽³⁷⁾。人間の生存に最低限必要とされる50ℓ/日を下回る国が、アジアとアフリカを中心に約60カ国存在し⁽³⁷⁾、今後地球温暖化の進展と共に枯渇と大規模洪水地域の両極端が出現するとのIPCCの予想もある。産油国では新エネルギーを活用して、海水の大規模な淡水化事業を拡大してゆく計画もある⁽³⁸⁾、⁽³⁹⁾。

一方、CO₂排出削減のために、トウモロコシ等穀物を主原料とする「バイオマス燃料」も急増しており⁽⁴⁰⁾、この面から食料在庫率が減少し、又農業用水の必要量が増大する等のマイナスの効果も増大する恐れがあることが指摘されている⁽⁴⁰⁾、⁽⁶⁴⁾。

4. 原発の役割と課題

表2は、現在稼働中の原発の出力上位10位までの各国別基数と、稼働原発総数(429基)を示している⁽³³⁾。例えば、最多の103基を有する米国では総発電量の20%を、国策として原子力発電を推進してきたフランスでは59基で78%を、55基を有する日本では30～40%を原子力発電で賄っており⁽⁴¹⁾、又躍進著しい中国やインドでは各々数10基の新設計画が存在し、世界全体での原発新設計画基数は200を越すと云われている⁽³⁵⁾。今日、原子力発電エネルギーを無視しては世界を語れない⁽⁴¹⁾。又、図10で示される通り、CO₂排出の観点から眺めれば、原発はクリーンなエネルギー源と云われており、「環境の21世紀」の切り札として、現代は“原子力ルネッサンス”と称されることがある⁽⁴¹⁾。しかしながら、図6の“資源の可採年数”から眺めれば、ウランと云えども一過性の資源と云わざるを得ず⁽²¹⁾、事実既にウラン資源の争奪には厳しいものが認められており⁽³⁵⁾、原発が今世紀も含めて将来の人類にとって“究極のエネルギー資源”となり得るかという観点からは否定的にならざるを得ない。表3は、図4から(日本が1970

表1 電力産業のCO₂排出減自主目標(1996年策定)

電力産業の排出CO ₂ 量	2002年	27% (350百万ton-CO ₂ /年)
	2003年	32.4% (363百万ton-CO ₂ /年)
CO ₂ 削減目標	CO ₂ 排出原単位 (1990→2010) 20%減 ⇨1kWh(需要家使用量)当りの CO ₂ 排出量を425gから340gにする	
電力の伸びとCO ₂ 排出量	電力使用量の伸び (1990→2010) 37% CO ₂ 排出量 (1.37×0.8=1.096→10%増) 「37%増」を「10%増」に抑える	
20%削減の対策	(1) 原発新設5基	▲3%/基×5基=▲15% (1基当り7～8百万ton-CO ₂ /年削減)
	(2) 原発利用率up	▲3% (国内53基 各3%up*1)
	(3) 火力発電の効率up	▲1%
	(4) 京都メカニズム活用	▲1% (380万ton-CO ₂ /年相当)
合計	▲20%	

*1	発電量	CO ₂ 原単位	原発効率3%upで1%の石炭火力を停止できる ⇨3倍×▲1%=▲3%
原発	30%	0	
石炭火力	20%	平均値の3倍	

表2 世界の原発開発の状況

		[2006年末時点、原産協調べ、出力合計順、単位：基]		
	(国・地域)	運転中	建設中	計画中
1	米国	103		
2	フランス	59		1
3	日本	55	3	11
4	ロシア	27	4	5
5	ドイツ	17		
6	韓国	20	4	4
7	カナダ	18		
8	ウクライナ	15	2	
9	英国	19		
10	スウェーデン	10		

稼働原発総数 429基

日本経済新聞(2007.04.03)

表3 世界の電力エネルギー規模（中国の事情と原発）

〈電力産業≒1/3 CO₂発生：1kW/人（日本1970年代初）が文明国の登竜門〉
 〈世界人口（2007年）=66億人；日本の発電設備容量=2.5億kW；標準原発=100万kW=1GW〉

世界中文明国（日本がいかに生きるか?）	(66億人×1kW/人) ÷ 2.5億kW = 26.5
世界中文明国（アメリカがいかに生きるか?）	(66億人×1kW/人) ÷ 9億kW = 7.3
全電力を原発で賄うとしたら?	(66億人×1kW/人) ÷ 1GW = 6,600GW/1GW = 6,600基
日本並みに35%が原発としたら?	6,600基×0.35 = 2,310基 （現在400基強）（*1）
中国13億人の1人当り電力は?	6.22億kW/13億人 = 0.48kW/人 （日本2kW/人）（米国3kW/人）
中国人すべてが文明化したら?	13億人×1kW/人 = 13億kW → 原発1,300基分
同上35%を原発に頼ったとしたら?	1,300×0.35 = 455基 ← 世界の原発3.85億kW (中国の現状10基) 約1/4が米国で103基

*1 2006年末 429基 387GW発電

年代に到達した) “1kW/人”を一応文明への登竜門とした時、隣国中国と世界全体を例にとって、原発によるエネルギー供給の可能性を試算したものである。現在の400基超で60年内外の可採年数しか無いというウラン資源に依存しているだけでは、中国一国での400基超から世界全体の6,000基超まで、どの様な数字をとっても Feasible とは言い難く、原発は極めて短期的な一過性エネルギー資源であることは、よくよく認識しておく必要がある。又、チェルノブイリの原発事故の例を引き合いに出すまでもなく、様々の観点から、安全性の確保の配慮が必要となる。更に、バックエンド対策として、放射性廃棄物の処理については、通常それら放射性廃棄物をガラス固化して50～100年間監視し、それで異常が認められない場合、以後地下深くに移設して約1万年に亘って保管せねばならず、「利用世代とその利用期間」と「後世の長期に亘る保管管理の必要性」のアンバランスについては十分留意しておく必要がある⁽⁴²⁾。更にもう一つ指摘しておかなければならない点は、「原発炉の寿命とその保守及び更新」の課題である。原発先進国である米国の103基、日本の55基の原発は、「工学上の能力」より設計寿命を凡そ30～40年としてきた。従って、原発建設の早かった米国では既に、又日本でも2020～2030年頃には、殆どの原発が設計寿命に到達することになる。今の所、これら設計寿命を超過した原発炉について、更新の用途は全く立っておらず、米国でも日本でも“寿命延長”しか手段が無いのが実情であり、事実米国では2000年に初めて既設原発の寿命を更に20年延長する決定を下し⁽⁴³⁾、以後次々に延命の処置を講じてきている。しかながら、図11に示す通り、寿命延長の場合、30～40年前の工学に基づいて設計され、当時の器材を用いて建設された原発を、どの様な工学的基準と手段で調査し、どの様な試験を実施して、修復・延命・更新の可能性を判断し、以後どの様に工学的モニターを続けてゆけばよいのか云々は、極めて重大且つ慎重な検討を要する事項である。内閣府・経済産業省が2005年12月に実施した「エネルギーに関する世論調査」の結果でも、日本国民の大半は、「事故に対する不安を

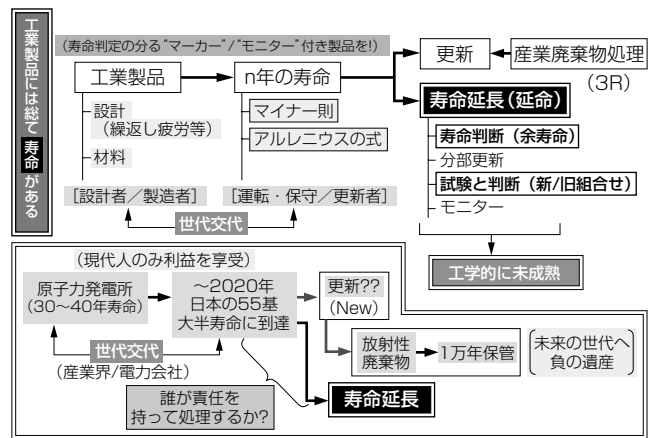
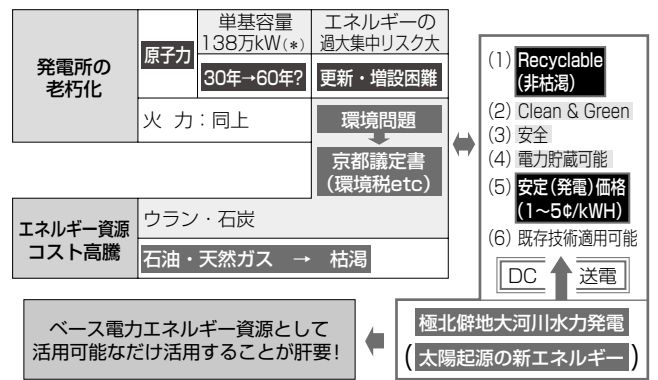


図11 原子力発電所の延命策 - 工業製品の寿命推定工学の重要性 -

持ちつつ原発の慎重な推進”を求める見解を示している⁽⁴⁴⁾。尚、2007年7月16日の新潟県中越沖地震では、世界最大の原発・発電電力を誇る“柏崎刈羽原発基地”の6号原子炉から、微量の放射性物質を含む水が漏れる等、約50件⁽⁴⁶⁾（～2,900件⁽⁵⁸⁾）のトラブルが生じたことが報ぜられた。4基の原発が計画通り自動停止したことを含めて、むしろ原発が本質的に地震に耐え得た“大丈夫な点”を報道すべきであるとの見解⁽⁴⁹⁾と共に、そもそも殆どすべての国土が活断層からなる地震列島日本に、55基という多数の原発を所有し得るのかどうかとの根本的な問いかけ⁽⁵⁰⁾、⁽⁵¹⁾もあり、今後官民をあげて、“ナショナルプロジェクト”として、単基発電容量170～180万kWと云う超々大型次世代軽水炉原発を開発し、世界標準化してゆこうとしている日本の流れ⁽⁵²⁾に対して、一石を投じることになった。以上をとりまとめると、図15の通りになる。すなわち恣意的に止められない“急激な人口増加”の下で、エネルギー・資源需要が急伸する中、21世紀の人類は、前世紀の人類が残した負の遺産の処理や、既設インフラの維持・更新のために必要な技術開発を含めて、未曾有の大エネル



(*Note: 志賀原発=135万kW; 浜岡原発5号=138万kW; 東通(東電)原発1号=138.5万kW; 大間(電発)原発=138.3万kW)

図12 なぜ新エネルギー・水力発電の長距離送電か?

ギー消費の事態に対処するための、正に『**新技術開発**』を緊急に実行し、確実にその成果を上げてゆかなければならない状態に追い込まれている。そのためには、『**持続可能性 (Sustainability)**』の観点から、『**未来の世紀の観点に立った (Out→In) の判断**』が今こそ必要となる。その時中心になる Concept は、**図 12** 及び **図 14** に示される通り、“**太陽起源の新エネルギー**”である太陽電池、風力発電の活用、及び水力発電エネルギー⁽⁴⁷⁾、中でも“**大河川の水力発電エネルギー**”の活用である⁽²¹⁾⁽⁴⁵⁾。

5. 究極のエネルギー資源は何であるべきか

第2章では、化石燃料資源もウランも、資源埋蔵量(又は可採年数)から見て一過性であることを指摘した。第3章では、エネルギー消費の無制限の増加は、環境面から(資源枯渇前に)、人類を含む全生命体に、予期せぬ突然の Catastrophe (大災厄又は破局)を惹起する可能性が高いことを述べた。第4章では、環境に優しい筈の原発が、資源埋蔵量制限や爆発的な基数の増大による放射性廃棄物の処理上の問題、あるいは原発の寿命とその延長の技術的課題等で“**究極の解決策**”にはなり得ず、当面の原発の重要性は否定できないものの、やはり原発は“**一過性の技術**”であることを述べた。

これらに代って、未来の人類を“**エネルギー・資源・環境**”面から救いうる“**究極のアイデア**”として、アカデミーサイドから提案させているのが、『**核融合技術**』である。これは、「人工の小太陽を地上に造ろう」と云うもので、実現できればアイデア通り、“**究極の人類救済案**”となり得る。しかしながら、今日の Sincere な評価では、完成までに“**Over centuries**”を要すると云う。これは実は、「核融合技術が人類の救済案にはなり得ない」と同義である。それでは、我々現代の技術者サイドから、これらに代わりうる Feasible (実現可能)で現実的な“**究極の人類救済案**”を提示できないのであろうか? **図 1**、**図 2**、**図 5**、**図 8** 及び **図 13** は、何を意味するものであろうか? 歴史に学ぶとすれば、『**産業革命以前**』の人類は、地上の生命体の正に一種類として、他の生命体と同様に、「**太陽から与えられるエネルギーの範囲**」(より正確に云えば、「**生成される時間と消費される時間のいずれも非常に短い(1年以内又は数年以内)の太陽起源のエネルギー**」⁽²¹⁾)の範囲内で、(実に謙虚に)生きてきたことを意味する。現代用語で表現するならば、“**Recyclable (再生可能)**”で Sustainable (持続可能) 且つ “**Clean で Green**” なエネルギー・資源のみに依存して生きてきたからこそ、数百万年に亘って人類は生き長らえてきたのである⁽⁴⁵⁾。**図 14** は、「核融合技術」にではなくて、この Recyclable で Sustainable な“**太陽起源の新エネルギー**”に頼ることが重要となるメカニズムを、より分かり易くとりまとめたものである。この場合の唯一の疑問は、“**新エネルギー**”は十分な量を賄

えるエネルギー資源になり得るのか?と云うことであるが、これについては、次章の**表 4**に示す通り、理論上は殆ど無尽蔵に近いエネルギー資源になり得る⁽⁵⁾。**図 13**は、過去(数百万年前)から近未来(2100年頃)までの、「**人類のエネルギー消費の歴史と未来予想**」を示したものである。既

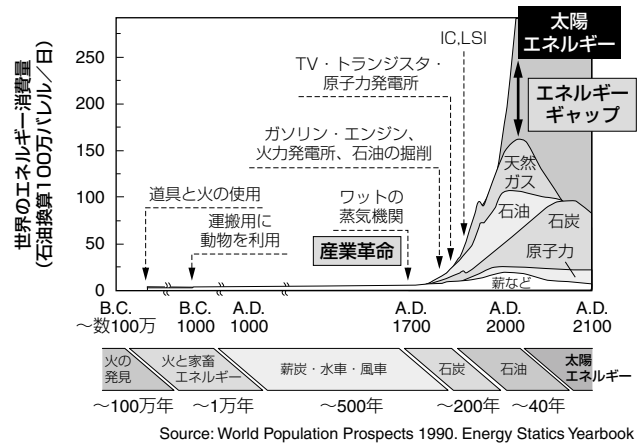


図 13 人類のエネルギー消費の歴史

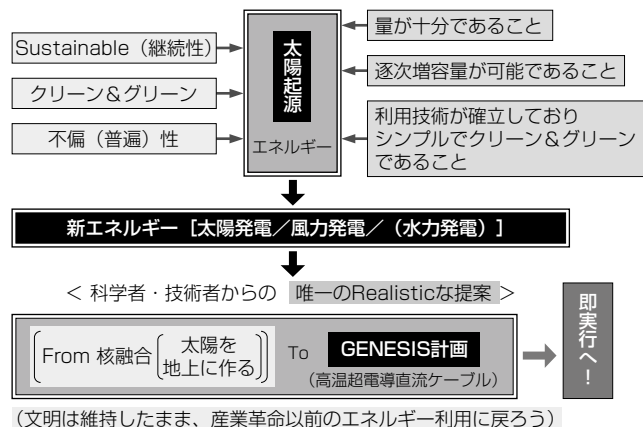


図 14 将来の人類と地球にとって究極的なエネルギー

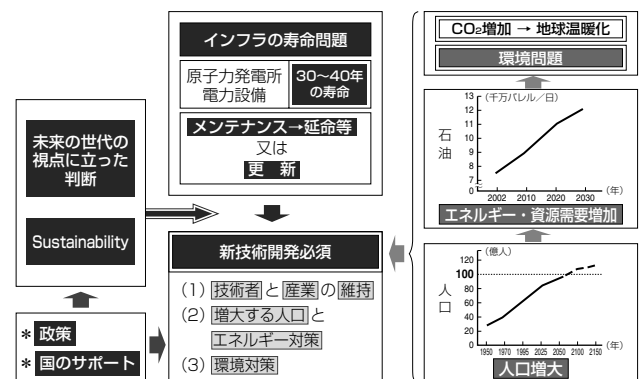


図 15 技術の継承と技術開発の必要性

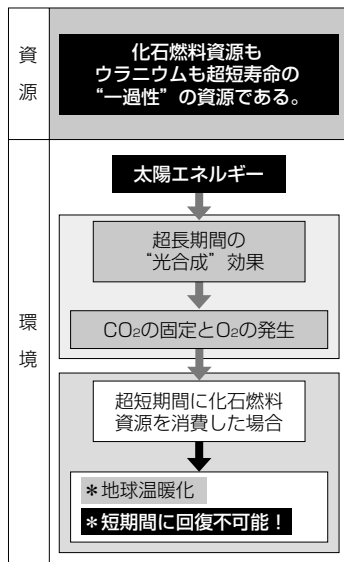


図 16 CO₂の固定とO₂の発生

述の通り、最早有効なエネルギー資源は枯渇してゆくことが分かっており、この面からも大局的には必然的に、「太陽起源の新エネルギーの活用」に追い込まれてゆかざるを得ないし、又環境面からのCatastropheを惹起させないためには、積極的にこの新エネルギーを活用してゆかざるを得ないのである。又、図16に示す様に、想像を絶する長期間（20億年以上）に亘って太陽エネルギーがCO₂を固定化して蓄積し、O₂（酸素）を発生し続けることによって、今日のO₂を含む大気成分が形成されてきたことを考えると、これの化石エネルギーを、人類が一気に放出することによって“平衡を乱す”時、その復旧には途方も無く長い時間を要するか、あるいは“非可逆的”に、人類は、（資源枯渇以前に）一気に「Catastrophe（破局）」へ突入する可能性の考察も又不可避であると考え（21）、（45）。〔第7章結言の後の注書Ⅱ参照〕

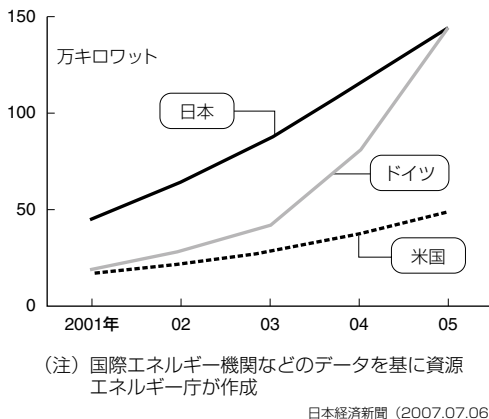


図 17 太陽光発電の累計導入量

「新エネルギー」の代表としての“太陽光発電”については、図17に示す通り、年5割の増加を示しており、世界の累積導入量は、2005年末で約370万kWであるが、このまま一気に採用が拡大しないのは、発電コストが46円/kWhと未だに高価なことにある（46）。これは、今後のエコイノベーション（環境問題に対応する技術革新）に期待すると共に、図15及び図32で示すように、「未来の視点に立脚した判断」に基づき、むしろ政策的に解決してゆくべき課題である。

一方、“風力発電”については、図18に示す通り、年率70%を超す伸び率で急増してきており、2006年末までの累積では、原発70基分の7,400万kWに達している（19）。これは発電コストが火力発電並の7～8円/kWhを既に達成しているからであるが、今後大幅な増加を望むとすれば、更に大型化し強度を向上させる必要性が指摘されている。但し、風力発電には適地が存在し、太陽電池程“不偏性”が無い点は心に留めておく必要がある。

“太陽電池”、“風力発電”以外に有力な「新エネルギー資源」としては“水力発電”があり（47）、これらの発電技術は、今後益々技術アップさせ、より効率的且つ安価にしてゆく必要があるものの、“現に実用化”されている“Developed Technology”と見做し得る点も又重要である。これら新エネルギー資源を活用した発電技術に、『大容量・超長距離・電力伝送技術』が重なって実用化されれば、次章で述べる通り、「太陽起源の新エネルギー資源」が、初めて『人類救済の究極的なProposal（提案）』となり得る。我々現代の技術者は、“高温超電導（High Temperature

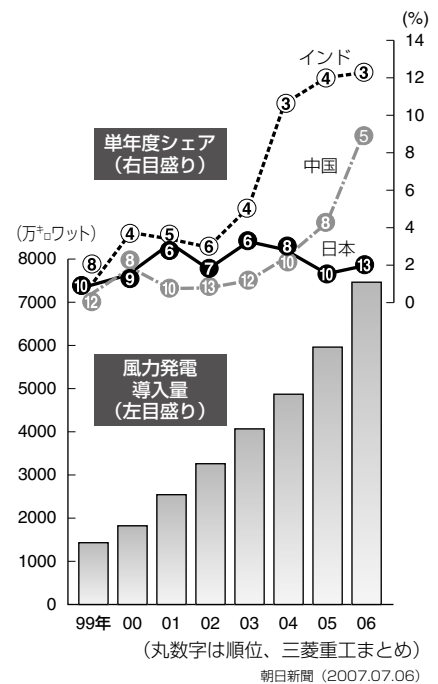


図 18 世界の風力発電で導入量(累計)とアジアの主な国の単年度シェア

Superconducting、略して“HTS”) 直流 (DC) 電力ケーブル”を開発することによって、今やっこの提案が“Feasible”であると伝い得る段階に持ち込むことに成功した。その結果、次章で述べる『GENESIS計画(新エネルギー+HTS DCケーブル)』が、見果てぬ“夢(Dream)”から一歩一歩建設を進めてゆくべき“現実のもの(Reality)”となり、我々“現代の技術者”こそが、“From 核融合技術 to GENESIS計画”の合言葉をもって、遂に『人類救済の究極的な提案』を、今日広く世界に向かって宣言できるStageに立ち至ったのである。[第7章結言の後の注書I参照]

Global Energy Network Equipped with Solar cells and International Superconductor grids

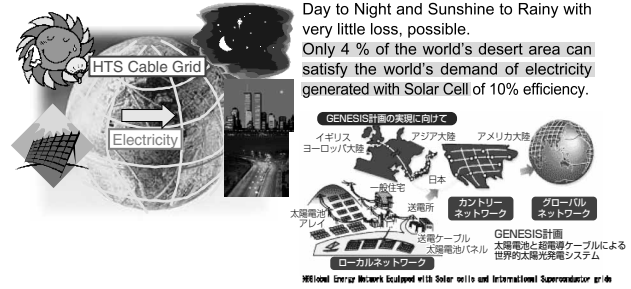


図19 GENESIS Project

6. 「GENESIS計画」とHTS DCケーブル

「GENESIS」とは、図19に示した通り、“Global Energy Network Equipped with Solar cells and International Superconductor grids”の頭文字をとったもので、旧約聖書の“創世記”を意味する言葉である。表4は、「GENESIS計画」を提唱された桑野幸徳博士(元三洋電機(株)社長)の計算された、“世界のエネルギー消費予想と太陽電池の必要面積”の検討結果である(5)。太陽エネルギーは、効率10%の太陽電池で発電して電力エネルギーに変換して用いるとしても、極めて膨大なものであり、現実的な面積(約800km×800kmの正方形相当)で、全人類が必要とするエネルギーを賄えることが示されている。これを分かり易く図示すると、図20の通りとなり、その必要総面積は“現存

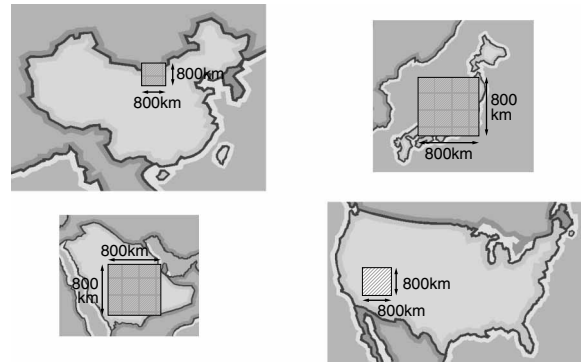


図20 太陽電池Farmに必要な面積：砂漠の4% (800km×800km)

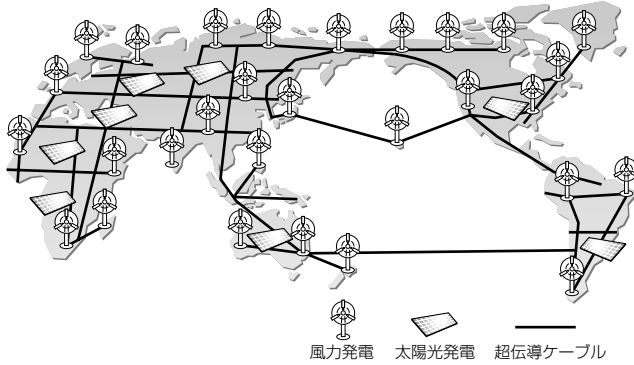
表4 世界のエネルギー消費予測と太陽電池システムエリア換算

計算に用いた日射条件	
○日射強度	最大 860kcal/m ² h (=1.00kW/m ²) 平均 610kcal/m ² h (=0.71kW/m ²)
○日射時間	年間日照日数 329D (年間日数の90%を見込む) 有効日照時間 8h/D (平均日射強度換算)
○年間日射量	1.606×10 ⁶ kcal/m ² ・y 平均日射強度×年間日照時間 =610kcal/m ² ・h×329D/y×8h/D =1.606×10 ⁶ kcal/m ² ・y

年	1次エネルギー消費量 (原油換算) (×10 ¹⁰ kl/y)			システム効率 (%) (η)	発電効果 (%) (α)	原油換算係数 (kl/m ² ・y)		必要太陽電池システムエリア (×10 ¹⁰ m ²)		システムエリア占有率を50%として 余裕を見込む場合 (×10 ¹⁰ m ²)	
	全消費量 (A)	(発電分) (A ₁)	(熱源分) (A ₂)			単純換算 (B ₁)	発電用原油換算 (B ₂)	(発電分) (A ₁ /B ₂)	(熱源分) (A ₂ /B ₁)	全面積 広さ: (km四方)	(×10 ¹⁰ m ²) 広さ: (km四方)
2000	1.100	0.275 (25%)	0.825	10	35	0.01736	0.04960	5.54	47.54	53.07 (729)	106.14 (1030)
2010	1.387	0.416 (30%)	0.971	10	35	0.01736	0.04960	8.38	55.93	64.32 (802)	128.6 (1134)
2050	3.496	1.224 (35%)	2.272	15	40	0.02604	0.06510	18.79	87.27	106.06 (1030)	212.12 (1456)
2100	11.116	4.446 (40%)	6.670	15	50	0.02604	0.05208	85.38	256.13	341.50 (1848)	683.0 (2613)

1次エネルギー消費量: OECD/IEA “International Energy Outlook 1966 Edition” より
2050年、2100年: 2000年~2010年の年平均伸び率(2.4%/年)で伸びると想定

桑野幸徳著「新・太陽電池を使いこなす」(講談社)



北澤宏一著「科学技術者のみか日本・経済の夢」(株アドスリー)・丸善

図21 超電導地球電力ネットワークの実現

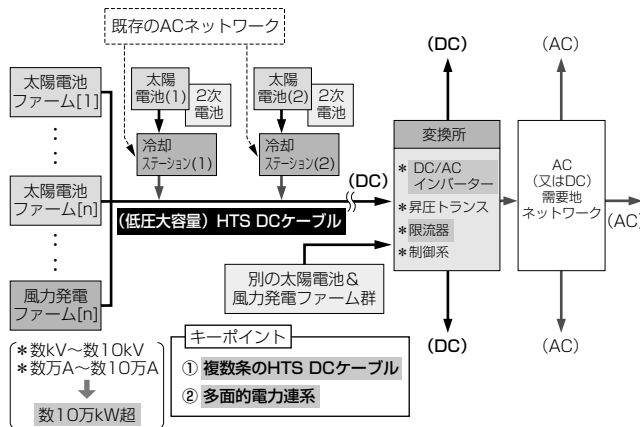


図22 GENESIS計画とHTS DCケーブル

する世界の砂漠のわずか4%”に相当するに過ぎないことが強調されている。

「GENESIS計画」の特色は、図21に示す通り⁽⁶⁾、各地の新エネルギー電力(主として太陽電池Farm、副として風力発電Farm)を、高温超電導(HTS)ケーブルを用いて超長距離・国際連系を含めて全世界的な“地球電力ネットワーク”にまで拡大して連系することである。尚、このような超長距離送電ケーブルは、必然的に無効電力の生じない直流(DC)ケーブルとなる。この「GENESIS計画」を、必要なコンポーネントを加えて“発電システム”として示すと、図22の通りとなる。「太陽電池/風力発電Farm」、「HTS DCケーブル」、「HTSケーブルの冷媒(液体窒素)冷却ステーション」、「DC/AC変換所(変換器、トランス、限流器、遮断機等)」がキーコンポーネントとなる。

この「GENESIS計画」の特徴をよりよく理解するために、現在稼働している数10万から100万kW級の送電システムと比較を試みたのが、図23である。銅又はアルミの金属導体電力ケーブルを用いた現在の送電システムの場合、

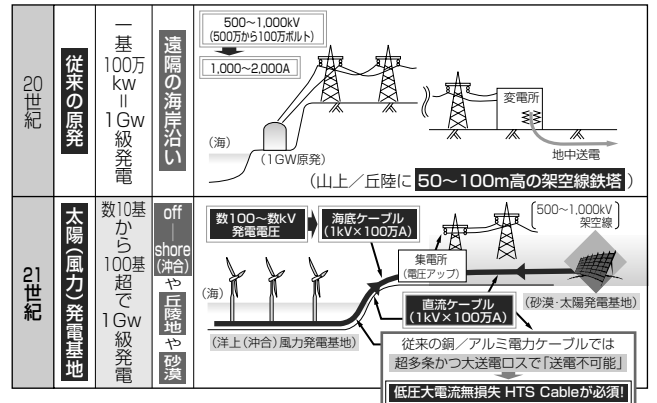


図23 風力/太陽電池発電基地(Wind-farm: Voltaic/Solar Battery-farm)に於ける“100万kW”級「低電圧×大電流」集・送・配電システム

電流の2乗に比例する送電損失を可及的小くするために、送電電圧を発電機端(例えば、1,000MW = 100万kW = 1GW級の原発の出口)で500kV (= 50万ボルト)に昇圧し、それに逆比例して送電電流を数kA以下に小さくしている。又、交流(AC)送電の無効電力上の送電距離制限を小さくするために、対地静電容量を小さくできる架空線を用いて、消費地の都心部にまで長距離送電するのが通例である。一方、「GENESIS計画」の太陽電池/風力発電Farmで数10万kW級の発電を行う場合、そもそも新エネルギー発電では原理的に発電電圧を大きくとれないので、送電システムは、必然的に「低送電電圧×大送電電流」にならざるを得ない。しかも前述の通り、超長距離送電になると、無効電力を生じないDC送電がメインとなる。この場合でも、送電ロスを生じる金属導体を用いた電力ケーブルでは、大電流を流すのに必要な電力ケーブルが想像を絶する程多本数になること、あるいは送電距離に制限が加わることより、究極的には検討の対象にはなり得ない。(今後大規模な架空送電線が、Visual Pollution(視覚的公害)で許されなくなってきた、必然的に地中化した電力ケーブルを用いざるを得なくなってくる場合には、更にこの傾向が強くなって来る。)つまり、図22のキーコンポーネントと、図23の比較例より分ることは、太陽電池も風力発電機も変換器もトランスも既に技術としては十分完成しているか、実用化の域に達していると云い得るが、最大の課題が「集・送・配電用HTS DCケーブルの実現」にあることが分る。しかも、究極的に図21の“地球電力ネットワーク”を目指しているとすれば、これらHTS DCケーブルは、膨大な量を占める“ボトルネック的な”キーコンポーネントになるので(従って資源枯渇の観点からも、金属の銅を多量に使用することは困難であるので)、セラミックスよりなる「HTS DCケーブルの実現」こそが、「GENESIS計画」実現への“道”を拓くキーファクターになり得ることが分かる。[第7章結言の後の注書Ⅱ参照]

住友電気工業(株)では、1986年の高温超電導(HTS)現象

発見以来、一貫してHTS線材の研究開発を継続してきた。その結果、加圧焼成炉（CT-OP™）を開発し、高性能のビスマス系（第一世代）HTS線材の商用化に成功した（商品名「DI-BSCCO®」）⁽⁵³⁾。このHTS線材を用いて開発したHTS AC 3芯ケーブルの構造を、**図24**に示す⁽⁵⁴⁾。このケーブルは、**図25**に示す通り、米国ニューヨーク州の州都Albany市の実線路に試験的に導入され、2006年7月より、史上初めて約7万世帯に送電を開始した⁽²⁷⁾、⁽⁵⁴⁾。HTS DCケーブルは、絶縁設計上HTS ACケーブルより実現が容易なケーブルとなる⁽⁵⁵⁾。従って、この実線路導入HTS ACケーブル（Albany Project）の成功こそが、「GENESIS計画」が初めて技術的に「Feasible（可能性有り）」なものになり得ることを、我々に確信させる礎になった。（尚、中部大学では、2006年に、住友電気工業㈱が製造したDI-BSCCO®導体HTS DCケーブルを用いて、世界初のHTS DCケーブル通電試験を実施しており、その中で、常温銅導体と極低温HTS導体間に、侵入熱を制御する“ペルチェ・リード”を採用してその効果を実証している^{(59)~(61)}。）

高温超電導（HTS）のメリットを最大に引き出し得るの

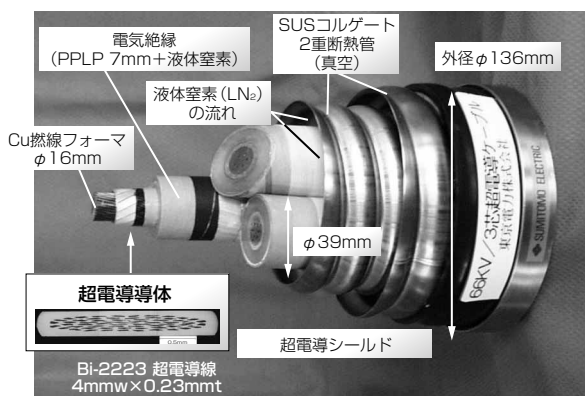


図24 高温超電導ケーブルの構造

- 仕様：350m、35kV、800A、三心一括型
- 期間：2002/11~2007/6
- (2004：ケーブル製造、2005：布設、2006：試験スタート)
- Partners：IGC/SP, BOC, National Grid
- ファンド：米国・エネルギー省 (13M\$)
- MYSERDA* (6M\$)
- (*New York State Energy Research & Development Authority)
- 総開発費：~26M\$
- 布設場所：NY州Albany市、National Grid電力会社の、2変電所間 (世界初の長尺管路実線路)

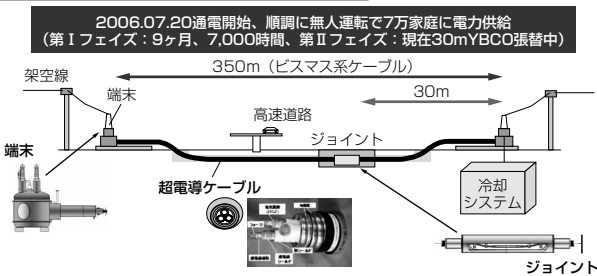


図25 米国・オルバニープロジェクト

は、DC使用の場合である。その大きな理由は、超電導と云えどもAC使用時には、AC独得の通電損失（ロス）が生じること、及びHTS線材の巻き方に起因する1本1本の線毎のインダクタンスの違いが、複数のHTS線材に分配する通電電流に差を生じさせてしまうことによる。**図26**では、前記ACロスのために、HTS ACケーブルでは通電時の発生熱に起因する送電電流上の限界が生じるのに対して、HTS DCケーブルでは全くその様な制限がなく、必要なだけの通電電流を、HTS線材を増加させるだけで獲得できることを示している。例えば、今日住友電気工業㈱で達成した「4mm幅×略0.23mm厚さのDI-BSCCO®線材（≒1mm²）」1本当りの、いわゆるIc（臨界電流）=200Aの線材を用いると、**表5**の通り、液体窒素（LN₂）でも冷却を強化すること（サブクール）によって、約2倍の400AまでIcを増加させることが可能となる。仮に冷媒として液体水素（LH₂）が使用可能になると、Icは実に5.7倍で1kAを超すことになり、銅と比較すると400~600倍のDC電流を、無損失で必要な距離だけ送電可能にすることになる。（このConceptを拡大して、「水素の21世紀」には、液体水素搬送用パイプの中にHTS DCケーブルを複合して、二つのエネルギー資源（液体水素と電力）を同時に遠隔地まで送る計画を検討しているチームもある⁽⁶³⁾。）但し、HTSケーブルは77K（-196℃）以下に冷却されて使われるので、ケーブルの断熱性能をどの様に高性能化しても、外気からの熱が少しずつケーブル内部に侵入して、冷媒（LN₂）の温度を上昇させることになる。従って、ある一定の距離毎に冷媒（LN₂）を再冷却し、圧力をポンプアップする“冷却ステーション”

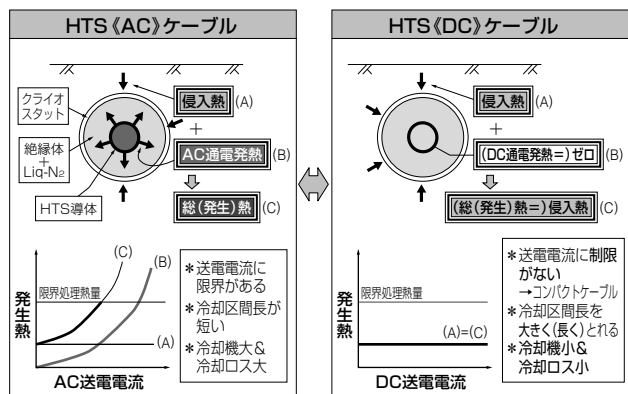



図26 超電導DCケーブルのメリット

表5 冷媒差によるDI-BSCCO®の臨界電流 (Ic) の増加

冷媒種類	温度 (K)	DI-BSCCO®のIc (A)
液体窒素 (LN ₂)	77	200 ($\alpha = 1.0$)
液体窒素 (LN ₂)	65	400 ($\alpha = 2.0$)
液体水素 (LH ₂)	20	1,140 ($\alpha = 5.7$)
液体ヘリウム (LHe)	4	1,400 ($\alpha = 7.0$)

が必要となる。図27は、代表的なHTS AC/DC両ケーブルの使用条件で検討した冷却ステーション間の距離を示しているが、HTS ACケーブルでは5km毎に必要な冷却ステーションが、HTS DCケーブルでは15kmまで延伸できることを示している⁽⁵⁵⁾。冷却ステーションに必要な電力は、送電容量に比すと非常に僅か（1km当りの送電容量の0.001%程度⁽¹⁴⁾）であるが、この電力も、図22の通り、冷却ステーション毎に設けた「太陽電池+2次電池」の組合せで自給することも考えられる。表6は、従来の銅導体の電力ケーブルと、HTS ACケーブル及びHTS DCケーブルの「コンパクト性（送電容量差）」、「送電ロス」、「送電損失低減の現在価値（含CO₂排出権活用の場合）」及び「トータル送電線路建設コスト」の比較である。いかにHTSケーブルが未来志向型のケーブルであり、中でもHTS DCケーブルがいかに優れた効果を現すかが、一目瞭然である。図28に、1.5kV×12kAのHTS DCケーブルを6条布設して、100MW（10万kW）送電する「GENESIS計画」の実施例を示す。

	超電導ACケーブル	超電導DCケーブル
構造		<ul style="list-style-type: none"> ・3心一括型 ・超電導線材構成（導体）約50本/コア（シールド）約50本/コア ・超電導線材臨界電流：200A ・絶縁厚：6mm
電流容量（設計裕度10%）	3kArms	27kA/3コア
常規電圧	66~77kVrms（現状実績レベル）	130kV（0-P） （極性反転性能からの設計値）
送電容量	約350MVA	約3,500MVA

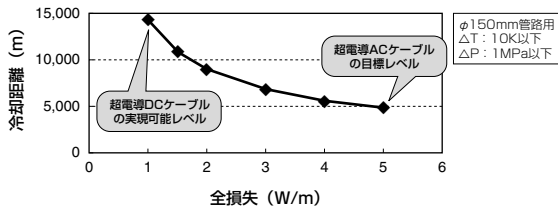


図27 超電導ケーブルの送電容量評価

表6 高温超電導ケーブルの経済性評価

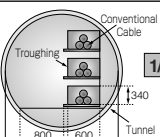
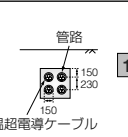
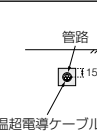
【検討モデル】 送電容量：1,500MVA	AC		DC
	従来ケーブル (275kV 単心CV)	高温超電導ケーブル (66kV 3心一括)	高温超電導ケーブル (130kV 3心一括)
布設形態			
CO ₂ 削減	800	778	210
送電ロス (kW/km)	800	1/2	1/10
送電損失低減効果 【初期投資換算】 & CO ₂ 排出権 (億円/km)	15	1/4	1/10
建設コスト (億円/km)	100	1/4	1/10

図22のキーコンポーネントの内、変換器（インバーター/コンバーター）も、大電流化した場合は、低ロス化する必要がある。現在の所、適用可能な変換器素子はシリコン（Si）からなる半導体である。しかしながら、今鋭意開発が進められている「ワイドバンドギャップ半導体」、例えばシリコンカーバイド（SiC）電力用半導体が適用可能になると、図29に示した様に、常温でも“ON抵抗”

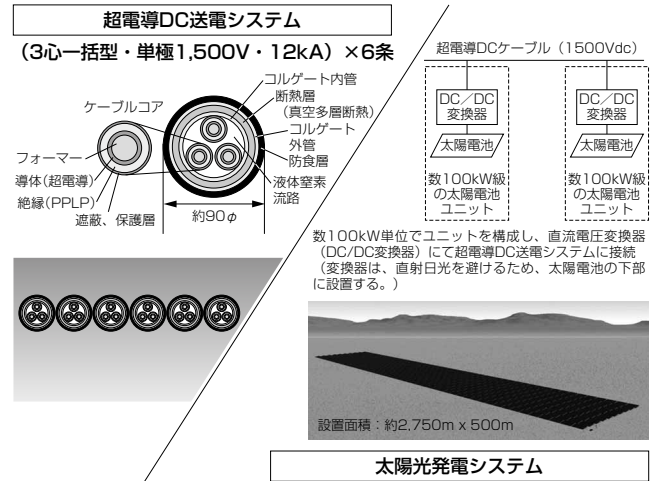
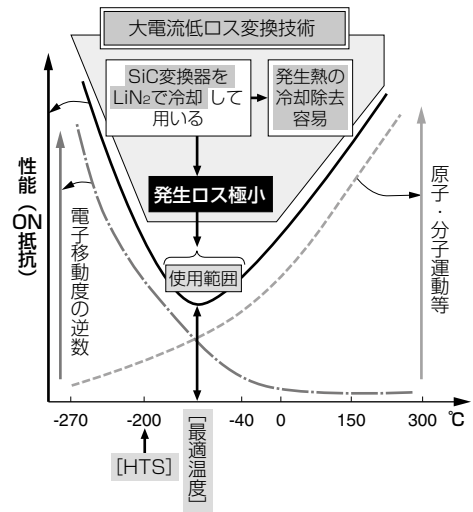


図28 100MW級システム



SiCの適用効果		
項目	SiC/Si	達成度
高温動作	3倍	350℃
高耐圧	10	≒20kV
低損失 (ON抵抗)	1/100	≒1/420 (SBD)
高速しゃ断	10	数10n sec

図29 SiC変換器の低温使用

Step I	Step II	Step III	Step IV
* 個別住宅 * 小規模コミュニティ * 電池・変換器 * 独立消費	* 小 Farm * 既存のACラインに接続 * 小～中電池・変換器 * CuケーブルとSi変換器 * 発生電力の販売	* 小～大 Farm * 既存のACラインに接続 * 及びFarm間のネットワーク * (中～大電池 (*1))・変換器 * { Cuケーブル+ HTS DC ケーブル * 可及的SiC変換器適用 * 電力の販売がメイン (*1)ネットワークの効果によっては 電池省略	* 小～大 Farm * HTS DCケーブルネットワーク (超長距離大容量低ロス送電) * SiC低損失変換器 * 電力の国際融通 * PPLPソリッドDC海底ケーブル (超長距離国際連系) [*原則 電池不要]
(ローカル)	(ローカル：国内)	(電力会社管内：国内)	(多国間：国際連系)
既に実施中	一部実施中 (～2020)	(2010～2050～)	(2020～2050～)

図30 「GENESIS計画」の“Step by Step”の発展

をSiに比して2桁小さくできることが示されている⁽²¹⁾。更に、同図のグラフに示す様に、この素子をHTSケーブル用冷媒(LN₂)の冷熱で冷却して用いると、あるマイナス温度まで急激にON抵抗を減少させられること、及び発生ロスの除去も容易になることが期待される。この「SiCの冷却下での使用」をHTS DCケーブルに組合せる発想こそが、更に「GENESIS計画」を効率的な実現に向けて大きく前進させる礎になるものと考えられる。

「GENESIS計画」の具体的な進展に関するアイデアは、資料(4)(5)(6)(14)等に展開されている。ここでは、「GENESIS計画」の段階的な発展形態を、図30の通り、Step IからStep IV、に分けて提示する。既に、Step I及びStep IIは世界の各地で展開されている。Step IIIは、各太陽電池/風力発電Farmの発生電力を、すぐ近傍の既存の電力ネットワークに連結し、その地域での消費を第一としながら、玉突き式に余剰電力を隣接地に融通してゆくケースに相当し、極めてイメージしやすいものである。Step IV、こそが、図21に示した、“超電導地球電力ネットワークの実現”に通ずる最終形態となるが、それでも海底ケーブルを介して国際連系を確立するとなると、この部分では、当面はHTSケーブルではなくて、銅導体を用いた「PPLPソリッドDC海底ケーブル」の適用に頼らざるを得ないと考えている^{(45),(56)}。現在、図31に示される、マレーシア領サラワク州とマレーシア半島間680kmの南シナ海を横断する「Bakun Project (200万kW送電)」が進行中であり^{(45),(56)}、

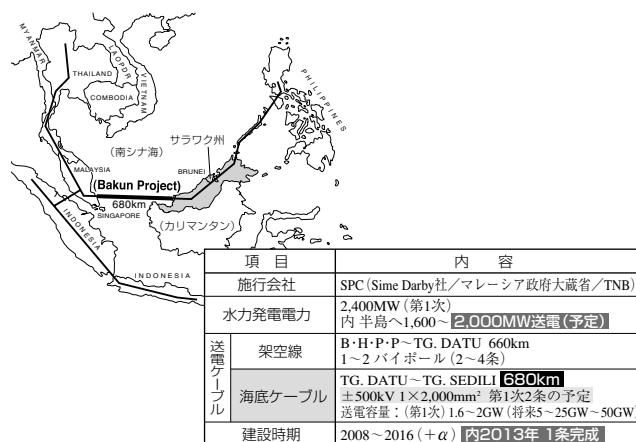


図31 アセアン電力連系とBakun Project

この直流海底送電線技術が、近い将来「GENESIS計画」とドッキングすることが期待される。

更に、この「GENESIS計画」用HTS DCケーブルで期待される技術としては、ケーブル線路の両端に第2世代のYBCO(又はHoBCO)線材を用いたHTS DCケーブルを配置して、HTSケーブルそのものに、過渡事故電流を制限させる限流機能(FCL: Fault Current Limiter)をもたせたHTS DCケーブル線路がある⁽⁵⁷⁾。又、HTS DCケーブルの超長尺性を、ケーブルのインダクタンス(L)の増加の点

から活用し、大電流 (I) 通电によって、このケーブルに電力を貯蔵させる ($W = 1/2L \cdot I^2$) 機能を併せ持たせようとの画期的なアイデア (“電力貯蔵機能付き送電ケーブル”) もあり⁽⁶⁰⁾、⁽⁶¹⁾、いずれも HTS DCケーブルを用いた「GENESIS計画」であればこそ実現可能な“夢と新技術”であり、その実現を期待している。

7. 結 言

21世紀は、「エネルギー・資源・環境」の世紀である。増加する人口とエネルギー消費の中、現代人は20世紀の負の遺産をクリアしつつ、エネルギー・資源・環境の保全に全力を尽して、将来の人類を含む全ての生命体の“Welfare”に強く思いを馳せるべきである。人口の増加を不可避とするならば、「エネルギー・資源・環境」を保全するには、新たな発想の下に、「新たな技術開発」を幅広く企画し、且つ強力に実行しなければならない。しかも、指数関数的に進展するエネルギー消費と環境悪化を考えると、非可逆的な「Point of No Return」を越える遙か前に、これら新技術群に立脚した新システムを人類社会に導入し、且つそのシステムを成熟化させる必要が何にも益して重要な

る。歴史に学びつつ未来を俯瞰するならば、**図32**の、高温超電導 (HTS) DCケーブル及び「PPLPソリッドDC海底ケーブル」と太陽起源の新エネルギー (太陽電池/風力発電) を結合させた「GENESIS計画 (+α)」こそが、「核融合」に代って唯一の Feasible な提案 (Solution) となり得ることが理解できる。「GENESIS計画 (+α)」を現代の視点から眺めれば (In-Out)、極めてハ-

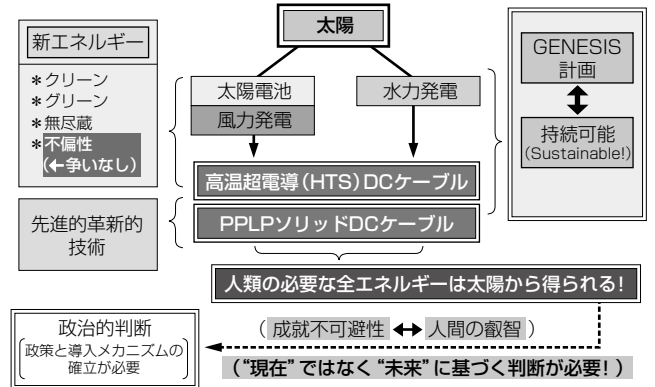


図32 接続可能 (Sustainable) なエネルギー・システムへの挑戦

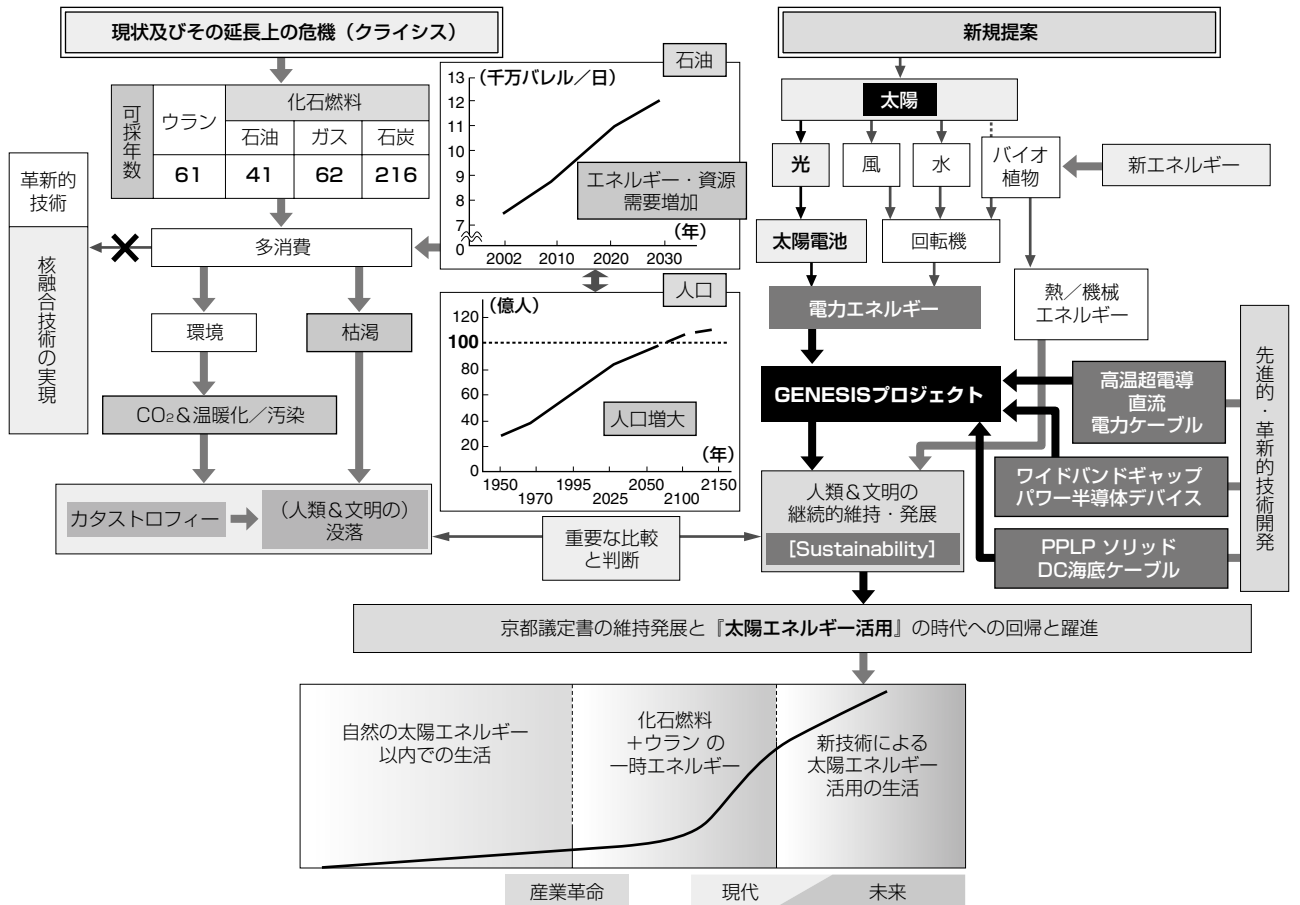


図33 エネルギー・資源・環境の21世紀

ドルの高い“単なるアイデア（思いつき）”と映るかも知れない。しかしながら、未来の観点からバックして現代を眺めれば（Out-In）、その必然性（Inevitability）は歴然としている⁽²¹⁾。

最後に、本論文の全エッセンスをまとめて、**図33**に示す。同図の左側「現状」と右側の「新規提案」を比較すれば、人類の採るべき道は自ずと明白である。

今こそ“Sustainability”の真意を理解し、その採るべき道を全ての人々の心に問いかけ、叡智とVision（洞察力）とMission（使命感）と勇気と弛まぬ努力をもって、未来を切り拓く行動に立上る時であると固く信じて本稿を終りたい。

[注書Ⅰ：大阪大学名誉教授の松浦慶士博士は、「太陽起源の新エネルギーを活用することは、太陽で安定してコンスタントに続く“核融合”から生ずるエネルギーを、人類が距離を置いて安全に活用していることにほかならない。」と説明しておられるが、至言である。この様な理解も“GENESIS + α 計画”の考察には重要と考える。]

[注書Ⅱ：現在人間が利用している化石燃料資源は、地球の歴史46億年の中で、太陽エネルギーを基にして、炭酸ガス同化作用（光合成）によって固定した炭素（及び解放した酸素）を中心にして成るものである。従って、ある時点では広く薄いエネルギーを、超長時間に亘って蓄積し、濃縮したものである。それを現代の一時点で、一気に酸化して活用し（CO₂を放出するからこそ）、巨大な一過性エネルギーとなる。

これに対して、現時点（という短時間に）広く薄く降り注ぐ太陽エネルギーを起源とする新エネルギーを、意味ある量、すなわちエネルギー資源として捕獲し、活用するには、広大な面積に分散しているエネルギー資源を集積する必要がある。（つまり、“時間の積分”を“面の積分”に置き換える必要がある。）それ故、この場合のキーとなる技術は、「集・送・配電技術」となり、「蓄電技術」が、それを（経時的に）補完することになる。

このエネルギー資源に於ける「時間から面への転換」を、産業革命以降の人類が、先進的かつ革新的技術開発によって、ごく限られた短時間の内に成し遂げることが出来るかどうか、今問われているのである。]

参 考 文 献 -----

- (1) R. Hata, "HTS Applications and GENESIS Program", ISIS-16, Philadelphia, U.S. (2007)
- (2) R. Hata, "High Temperature Superconducting (HTS) Cable and "GENESIS Project", Milken's Global Conference (2007)
- (3) 畑、「『エネルギー・資源・環境の21世紀』における高温超電導 (HTS) 技術の役割 - 「GENESIS計画」とHTS DC Cable-」、平成19年度電気関係学会北陸支部連合大会特別講演 (2007年9月)
- (4) 桑野、北澤、畑、「特別座談会 エネルギーを地球規模で活用する」、OHM (2004年5月号)
- (5) 桑野、「新・太陽電池を使いこなす」、講談社ブルーバックス (1999)
- (6) 北澤、「科学技術者からみた日本・経済の夢」、丸善アドスリー (2002)
- (7) Y. Kuwano, "Global Energy Network Using Solar Cells - Solar cells save the earth (GENESIS Project)-", Tokyo, Japan (June 18, 1996)
- (8) Y. Kuwano, "The PV Era is coming" the way to GENESIS", Solar Energy Materials and Solar Cells, Elsevier Science B.V. (1994)
- (9) 桑野、「太陽電池は実用化時代」、エレクトロニクス (1993年11月号)
- (10) 桑野、「クリーンエネルギー太陽電池の現状と将来」、科学と工業 Vol.65 (1991)
- (11) Y. Kuwano, "PROGRESS OF AMORPHOUS SILICON SOLAR CELLS", 4th International Photovoltaic Science and Engineering Conference, Sydney, Australia (February, 1989)
- (12) 桑野、「グローバルエネルギーネットワーク - ジェネシス計画の提案 -」、サンシャインジャーナル1990 Vol.11 No.1 (1990)
- (13) 桑野、「ジェネシス計画の提案 太陽光発電は人類究極のエネルギー 日本は率先して世界ネットの形成を図れ」、エコノミスト別刷 (1989.8.15/22合併号)
- (14) 北澤、「超伝導技術の未来」、低温ジャーナル (2007)
- (15) 「世界のエネルギー需要 2030年まで5割増」、日本経済新聞 (2006年11月8日)
- (16) 「エネルギーの未来」、日経サイエンス (2006年12月号)
- (17) 「核のゴミ処理場どこへ」、朝日新聞夕刊 (2002年3月2日)
- (18) 「都市部への人口流入加速」、日本経済新聞 (2007年9月14日)
- (19) 「厳しい気候 耐える風車へ」、朝日新聞 (2007年7月6日)
- (20) 「太陽電池 発電効率の壁破れ」、日本経済新聞 (2007年7月6日)
- (21) 畑、「『京都議定書』と北東アジア エネルギー・資源・環境・経済圏 - 国際連系直流送電システムの検討 -」、SEIテクニカルレビュー・第167号 (2005年9月)
- (22) 「世界の人口65億人」、朝日新聞 (2006年2月27日)
- (23) 「世界の人口65億人突破」、茅ヶ崎方式月刊英語教本第110号 UNIT18 (2006年5月)
- (24) 畑、「超電導応用機器の構造と材料 - 超電導ケーブル -」、電気評論 (2001年12月)
- (25) 渡辺、増田他、「韓国KEPCO向け22.9kV高温超電導ケーブルの竣工」、SEIテクニカルレビュー・第169号 (2006年7月)
- (26) 「実用化探る高温超電導ケーブル 送電試験、米で本格化」、朝日新聞夕刊 (2007年3月6日)
- (27) 「超伝導で超効率送電」、朝日新聞 (2007年9月7日)
- (28) 藤野、大松、岡崎他、「船舶モーター用超電導コイルの開発」、SEIテクニカルレビュー・第171号 (2007年7月)
- (29) 「非鉄金属 銅上昇、中国の需要旺盛」、日本経済新聞 (2007年8月21日)
- (30) 例えば、「IPCC 4次報告 生々しさに危機感」、朝日新聞夕刊 (2007年2月2日)

- (31) 「今世紀末、生物の危機再び?」、日本経済新聞 (2007年7月22日)
- (32) 「平成20年度 経済産業政策の重点 (原子力立国計画)」、経済産業省資料 (2007)
- (33) 「原発稼働 世界で429基 (日本建設中3基、計画中11基)」、日本経済新聞 (2007年4月3日)
- (34) 「原子力復権狙う米国 原発30基超の新設計画」、日本経済新聞 (2007年7月9日)
- (35) 「原発大手ウラン争奪」、日本経済新聞 (2007年8月21日)
- (36) 「迫る危機 世界人口の半分水不足も (『水の時代』が来た!)」、日本経済新聞 (2004年11月6日)
- (37) 西川、「水と生存環境」、随想、電学誌 127巻9号 (2007)
- (38) 「産油国 新エネルギーを競う」、日本経済新聞 (2007年8月25日)
- (39) 「サウジで発電・造水事業」、日本経済新聞 (2006年11月23日)
- (40) 「新燃料 日米アクセル」、朝日新聞 (2007年1月25日)
- (41) 「特集 原子力カルネッサンス」、エネルギー・資源 Vol.28 No.5 (2007年9月)
- (42) 「使用済核燃料地中処分問題 ネバタ州知事が拒否」、朝日新聞夕刊 (2002年4月9日)
- (43) 「米で初の運転許可更新 カルバートクリフ原発40年にさらに20年」、原子力産業新聞 (2000年8月24日)
- (44) 「内閣府・経済産業省/「エネルギーに関する世論調査」の結果を発表」、ENERGY, OHM (2006年4月号)
- (45) 畑、「PPLPソリッドDC海底ケーブルと「京都メカニズム」を活用したCO₂排出削減について」、SEIテクニカルレビュー・第169号 (2006年7月)
- (46) 「発電効果の壁突破 太陽電池「量子ドット」従来型の倍以上に」、日本経済新聞 (2007年7月6日)
- (47) 「制御しやすく環境に優しい小型水力発電所建設相次ぐ」、日本経済新聞 (2007年9月27日)
- (48) 「新潟県中越沖地震」、茅ヶ崎月刊英語教本、第126号 (2007年9月)
- (49) 「報道内容に疑義多数」、原子力産業新聞 (2007年9月30日)
- (50) 「原発大国・米 中越沖の衝撃」、朝日新聞 (2007年9月7日)
- (51) 「原発停止長期化へ 中越沖地震メカニズムは?」、日本経済新聞 (2007年7月19日)
- (52) 「官民共同で出力180万kW級、BWRとPWR開発」、原子力産業新聞 (2007年9月20日)
- (53) 加藤他、「革新的ビスマス系高温超電導線 (DI-BSCCO[®]) の開発」、SEIテクニカルレビュー・第168号 (2006年3月)
- (54) 湯村、増田、畑他、「長尺三芯一括型高温超電導ケーブルによる世界初の実線路建設と商用運転 (米国ALBANYプロジェクト)」、SEIテクニカルレビュー・第170号 (2007年1月)
- (55) 廣瀬、増田、畑他、「高温超電導直流ケーブルについて」、SEIテクニカルレビュー・第167号 (2005年9月)
- (56) 畑、「超長距離大容量国際電力連系用PPLPソリッドDC海底ケーブル」、SEIテクニカルレビュー・第168号 (2006年3月)
- (57) 大松、「超電導ケーブル」、日本国公開特許公報、特開2003-141946 (2001年11月2日)
- (58) 「激震 こぼれた廃棄物」、朝日新聞 (2007年10月8日)
- (59) 山口、浜辺他、「直流超伝導送電実験装置の第1期実験報告」、3A-a07 第76回2007年度春季低温工学・超電導学会 (2007)
- (60) 山口、浜辺他、「直流長超電導送電システムの検討」、低温工学・超電導学会 (2005)
- (61) S. Yamaguchi et al, Rev. Sci. Instrum. 75 207 (2004) 又は Submitted to Physics C (2008公開予定)
- (62) 「東レ 炭素繊維で車部品」、日本経済新聞 (2007年10月9日)
- (63) P. M. Grant, "The SuperCable : Dual Delivery of Chemical and Electric Power," IEEE Trans. Appl. Super. 15 (2005) 1810
- (64) 「エタノールで需要変容 トウモロコシ高余大きく」、日本経済新聞 (2007年10月3日)
- (65) 「世界人口66億人」、日本経済新聞 (2007年6月28日)

執筆者

畑 良輔：常務執行役員 (工学博士)