

持続型社会へ向かうエネルギービジョン

2004年10月

持続型社会研究協議会

東 京 大 学
石川島播磨重工業(株)
(株) 東 芝
(株) 日 立 製 作 所
三 菱 重 工 業 (株)

本文書は、現在、協議会における検討途上の案であり、今後、本ビジョンに基づいて個別のロードマップを策定する過程からのフィードバックを踏まえて、変更する可能性がある。

1. 持続型社会研究協議会の目的

人類は18世紀の産業革命以降、化石資源のエネルギーを動力として取り出すことにより飛躍的な発展を遂げ、結果として石油、天然ガス、石炭などの化石資源はもとより、多くの地球資源を大量に消費してきた。化石資源は地球が2億年という長い歳月をかけて蓄えてきたエネルギー源であり、短期的にその大量消費によって社会、技術を発展させることは許されるとしても、人類の持続的な存続、発展を鑑みれば、このような有限地球資源の消費に立脚した社会から脱却し、エネルギーと資源の循環に基づく持続型社会を確立することが不可欠となる。

一方、グローバル化の進展の中で、世界のエネルギー需要はその増大の傾向をますます顕著にし、特に中国を始めとする東アジア諸国のエネルギー需要増大と、それに基づく経済成長は目覚ましいものがある。化石燃料価格が上昇し、早い見通しでは数十年のスケールで、需要増大と資源枯渇に起因する石油の供給不足が懸念される中、2000年時のエネルギー自給率が19%である日本が、このエネルギーセキュリティの課題にどのように対応できるか、また近隣諸国の有限地球資源の大量消費の抑制に対してどのようなリーダーシップを発揮できるかが、短中期的に非常に重要な課題となる。長期的には持続型社会へのソフトランディングを志向しつつ、同時にこれらの短中期的な課題に適切に対応することにより産業競争力を維持し続けることしか、資源に乏しい日本の生き残る戦略はない。

持続型社会研究協議会は、このような問題意識を共有する企業と大学関連部局が連携し、持続型社会実現のための技術課題に関して特にエネルギー分野に焦点をあて、将来ビジョン及びそれを実現するためのロードマップを策定する。そして、社会及び政府に対して提言するとともに、策定した共有のロードマップに基づき、役割分担に基づく技術開発の実践を目指す。

2. 背景

系(システム)の持続性は、永続性とロバスト性とを併せ持つことで実現される。永続性とは、系の内部でエネルギーや物資が循環し保持され、外部からの投入がある場合には、等価な生産能力を有することで系が永久に活動を続ける能力を有することである。ロバスト性とは外部の擾乱に対して、系が安定性を有し、擾乱を吸収して系自身に大きなカタストロフィを生じさせない能力を有することである。

以下で論じる人類や日本社会などの系は、通常、図1に示されるような非線形複雑状態図で表される。擾乱がAの範囲にとどまれば系には負のフィードバックが働き、系はBの範囲内で安定する。しかしながら、Aの範囲を超えるような擾乱が加わると、負のフィードバックが効かなくなり、大規模な変動を通じて、システムの状態は新たな領域Cへ遷移する(別の安定点Cがあれば)。系のロバスト性とは、外部の擾乱に対して図1のAの山が十分に高いことに他ならない。

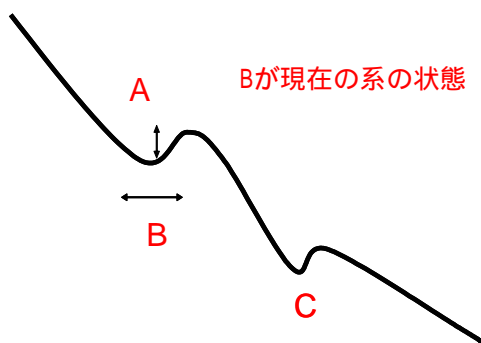


図1 非線形システムの状態図

以下、エネルギーに着目し、人類（地球）及び日本社会の持続性とロバスト性の現状と課題を点検する。

人類の持続性:

人類の持続性のためには、地球規模でエネルギーと物質、そして環境の主要要素である生命の循環を確立することが絶対条件となる。18世紀の産業革命以降、人類は化石資源のエネルギーを動力として取り出すことにより飛躍的な発展を遂げ、結果として、石油、天然

ガス、石炭などの化石資源はもとより、多くの地球資源を大量に消費してきた。しかしながら、化石資源は地球が2億年という長い歳月をかけて太陽から降り注ぐエネルギーを変換して蓄えてきた有限地下資源であり、短期的にはその大量消費が許されるとしても、持続的な利用は不可能である。さまざまな予測はあるものの、石油、天然ガスの供給不足が、早い見通しでは数十年のうちに現実となろうとしている今、急激な舵切りは必要ないとしても、化石資源利用から脱却し、持続的な利用が可能な再生可能エネルギーと原子力エネルギーの利用を基本とした社会構造へとソフトランディングを図る必要がある。

人類のロバスト性:

人類のロバスト性としては、人類の生存基盤となる地球の気圏、水圏、地圏システムがカタストロフィに陥り、人類を含めて完全崩壊するリスクと、これらの地球システムがある擾乱に対してその平衡状態を崩し変動する中で、人類の存在が脅かされるリスクを考える必要がある。地球規模での全面核戦争の可能性が低減した現代、人為的な擾乱による前者のリスクの可能性は縮小の傾向にある。しかしながら、人類の活動に伴う人為的擾乱が地球環境システムの安定の許容限界（図1のA）を超えない保障はない。むしろ、最近の観測データは地球システムが発散、若しくは大規模な変動に移行するかもしれない可能性すら示す。

人類は、有史以来、地域的な変動はあるにしても、総人口や経済活動などあらゆる面で単調増加を続け、地球環境システムに大きな擾乱を与え続けてきた。この人類の活動を起源とし、単調に増加する擾乱が地球環境の持続性、ロバスト性を脅かすことは言を待たない。産業革命以前に280ppmであった二酸化炭素濃度は、2002年には374ppmにまで上昇している^[1]。二酸化炭素濃度と地球温暖化の関係、あるいは温暖化と気象変動の関係は科学的には完全に立証されていないものの、急激な二酸化炭素濃度の上昇は、人類が地球に与える環境負荷が地球システムの負のフィードバックの大きさよりもはるかに大きいことを意味し、地球システムが現在の安定領域から外れ、新たな状態へ遷移する懸念を増大させている。このような現在の状態は好ましいとは言えず、一定の期間の間に二酸化炭素濃度を安定化させることが重要である。

日本社会の永続性：

現代の日本は、国土の範囲に閉じた系にとどまって永続的に維持されるようなレベルを大きく超えてしまっている。多くの活動が日本の国土を越え世界、地球的規模に達しており、これにより維持されている。特に、国土の狭い日本は、エネルギーや物質、特に食料の循環系を国内だけで構築することが不可能となっており、2次産業、3次産業の国際競争力を維持し、国内の需給の差分を国外から導入するための外貨獲得が不可欠である。

より長期的視点で見れば、日本は東アジア圏に存在し、中国など東アジア圏を構成する国々と大きな相互依頼関係を持ち、さらには現在までその経済的発展の先頭を切ってきた。それ故に、東アジア圏の永続性とロバスト性を確保するためにも、エネルギーと物質の循環を成立させるようなエネルギー／経済圏を、日本がリーダーシップを発揮して作り上げていく必要と責任がある。先進工業国に共通するものではあるが、日本の経済的発展は、東アジア圏内の他国に先がけて、資源とエネルギーを消費した結果得られたものであることを忘れてはならない。こうして得た繁栄を東アジア圏に還元し、共存と永続を図るためにリーダーシップを発揮することは倫理的にも日本の義務であり責任である。日本が平和国家である限り、リーダーシップの所以はその技術力、経済力、高い倫理性と見識にあることは明らかであり、日本がこれらの面で東アジア圏において先頭を切ることが期待される。

日本の人口は2006年をピークに減少に転じ、15歳から64歳までの労働人口も2000年に8,638万人であったものが、2030年では6,958万人にまで減少するとの予測¹²¹があり、他方で、中国を始めとする近隣諸国の経済力が伸長するなかで、国外からのエネルギーや食糧など安定調達を可能とするための経済競争力を維持し、アジア圏でのリーダーシップを発揮するためのシナリオ作りが必要となる。

日本社会のロバスト性：

社会的、経済的活動、特にエネルギーや食料の調達の少なくない割合を国外に依存しているという日本社会の実態は、それらの諸外国や国際関係の擾乱に対して日本社会が脆弱な体質となっており、ロバスト性を損なっていることを意味する。日本社会の存立基盤である日本の国土や日本の自然環境、あるいは文化や倫理観、社会セキュリティなどの社会基盤のロバスト性の確保に大きな努力がなされる必要があることは無論であるが、社会、経済活動が日本の国土を越えている以上、外部変動要因に対するロバスト性が国土のロバスト性以上に重要となる。現在の生活水準は、産業革命以降のエネルギー供給の急速な増大が生活水準を大幅な改善に寄与したことを思い出すまでもなく、その大量なエネルギー使用に基づいていることは明らかである。日本で消費可能なエネルギー量の確保こそが、日本社会のロバスト性を確保する最も大きな前提のひとつとなる。このエネルギー調達に関連した日本社会への外部変動リスクとしては、(1)政情不安などによる化石資源価格の高騰や供給不安定化、(2)二酸化炭素排出量規制の強化、などが挙げられ、これらの変動リスクに対してロバストなエネルギー供給システムを構築することが必要となる。ド

イツを除く主要先進国の自給率が 50%以上である中で、2000 年時の日本のエネルギー自給率は 19%と突出して低く、この割合は可能な限り早期に諸先進国並に向上させる必要がある。

繰り返しになるが、現代の日本は、国土の範囲に閉じた系にとどまって永続的に維持されるようなレベルを大きく超えてしまっている。日本社会の永続性に必要なものは、日本の国土の範囲内で調達できず、これを広く世界に求めている。一方的な収奪による調達が許されない以上、必要なものを調達するためにはそれに見合う価値創造が日本国内で行われる必要がある。日本が世界市場におけるプレーヤーとして活躍できる国際競争力を保持することは、日本社会の持続性、すなわち永続性とロバスト性を維持するための必須条件である。エネルギーは人類のなす様々な価値創造の中で最も基本的な必須の要素である。エネルギー供給の持続性は、日本の価値創造における国際競争力の持続性、ひいては日本社会の持続性を左右する。

3. 持続型社会に向かうエネルギービジョン

上記に挙げたリスクの中でも、化石資源利用からの脱却は、人類の永続性にとっての最大の課題のひとつである。本持続型社会研究協議会がターゲットとする 2030 年までの期間では、世界的視野、日本的視野での永続性の観点からみた場合、資源の枯渇や、地球環境システムの急速な変動などの大きなリスクが発生するとは、現段階では予測されない。しかしながら、化石資源が最も安価な一次エネルギー源であり、現在のエネルギー利用や化学工業がこの利用の上に成り立っている現実を考えれば、この問題の解決には非常に多くの労力と長い時間が必要であり、再生利用エネルギー技術の開発と普及を積極的に推進し、環境（Environment）を重視した循環型社会へのソフトランディングを図る必要がある。

また、これと同時に、日本経済の国際競争力を向上、維持するために必要な最終エネルギーを、許容できるコストで供給し、エネルギーセキュリティなどの短中期的なリスク要因に対するロバスト性を確立することが重要になる。日本社会は、出生率の驚くほどの低下に伴い世界に類を見ない速度で高齢化社会に突入し、生産人口が減少に転じようとしている。人口の漸減は国内における需要の停滞を招き需要ドライブによる経済発展の芽を摘む。これらの要素は日本国内における価値創造の意欲を減退させ国際競争力の低下をもたらすものとなる。エネルギー供給の脆弱性は、このような日本の価値創造の脆弱性をさらに拡大し、相乗効果による国際競争力の低下を招きかねない。また、東アジア圏の視野で見れば、日本以外の国々の急速な経済発展により東アジア圏内のエネルギー需要が増大し、短期的、局所的に供給の逼迫をもたらされる可能性が高い。このような状況に対して、東アジア圏内の混乱を回避し、日本が東アジア圏内でリーダーシップを確保して、東アジア圏全体の永続性とロバスト性を確保してゆくためには、まず東アジア的視野に基づく日本におけるエネルギー供給のロバスト性を確保することが急務である。日本がその経済力を後盾にしてなりふり構わず、供給量の確保に走るような事態になれば、東アジア圏における日本への信頼は大きく損なわれ、日本を含む東アジア圏の永続性とロバスト性は回復しがたい疵となる。現時点でも日本の GDP 当たりの一次エネルギー消費量は世界トップの省エネ水準

にあるが、技術革新を更に進め、環境と経済活動とエネルギー問題のトリレンマを解決し、持続型社会実現と経済活動の両立を他国に先んじて指し示すことが、資源に乏しく2次、3次産業の国際競争優位性の維持が必須の日本のなすべきことであると考え。またこの道こそが、日本が位置する東アジア圏の安定と持続性に寄与するものとなる。

本協議会では、このような認識の下、日本を含む東アジア圏を視野に、経済（Economy）、エネルギー（Energy）、環境（Environment）の3つのEのトリレンマを解決し、長期的には持続型社会へのソフトランディングを目指しながら、短中期的なリスクに対するロバスト性を有する社会を実現するための技術開発の挑戦目標（エネルギービジョン）として、トリプル50を掲げる（図2、3）。

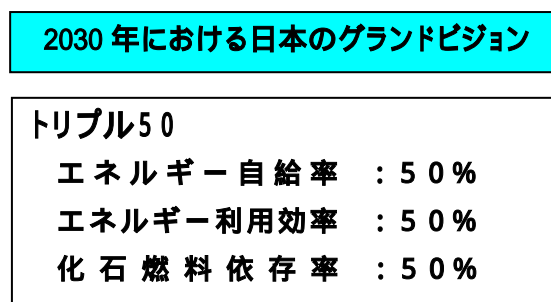


図2 2030年における日本のグランドビジョン

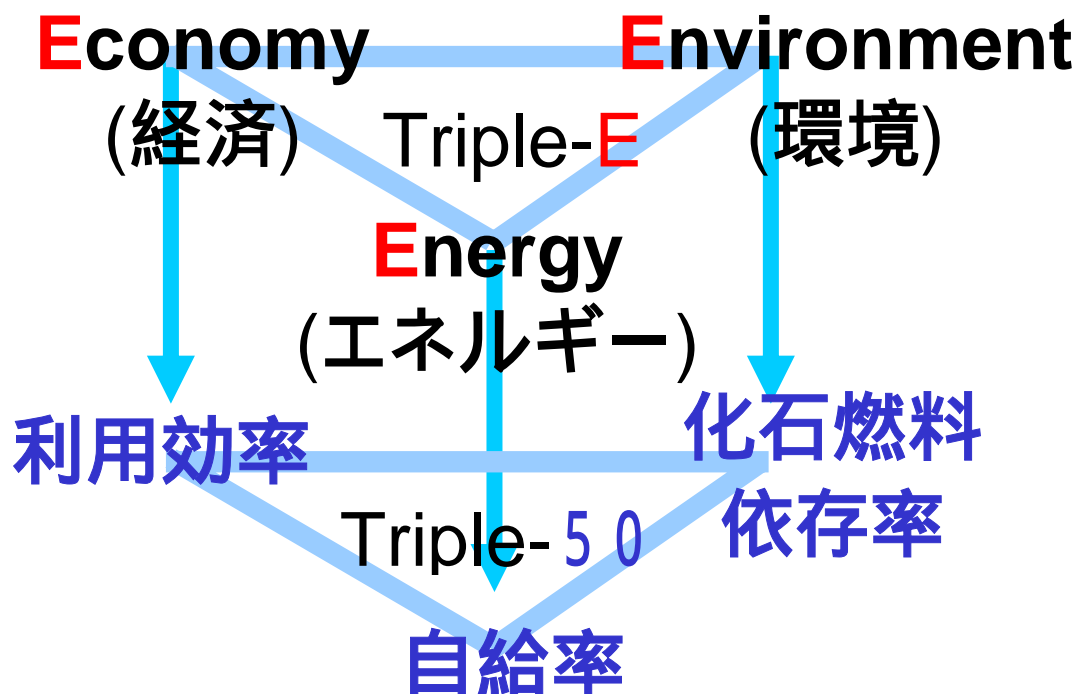


図3 トリプル50

エネルギー自給率 50%：

日本のエネルギーの最大の脆弱性は、エネルギー自給率が 19%しかなく、うち石油依存度が 52%（輸入 100%）を占めることである。エネルギー政策の基本は、この自給率をいかに高めるかということにあり、将来の世界規模でのエネルギー需要の増大や政情不安などに起因する調達リスクに治してロバスト性を確保するためにも、自給率向上は急務の課題である。

自給率の適切な数値目標を具体的に定めることは難しい。適切さを評価する評価項目によりその数字は前後する。しかし一般論で言えば、世界のエネルギー供給市場において供給が逼迫した時、日本が必要量を輸入できるだけの価値創造、すなわち輸出経済力に見合う量しか輸入できないことは明らかである。自給率の適切な数値目標はこの輸入可能量からまず逆算される。この際、日本の東アジア圏での位置を意識した時、これらの国々の必要エネルギー購入量に対する経済力を大きく脅かさないことも条件となる。その意味では、世界のエネルギー供給市場における需要側の日本のプレゼンスが相対的に低下する大きな目標を掲げることが必要になる。なお、必要なエネルギー量は世界市場のみならず、世界の需給関係に左右されない閉じた相対取引により調達することも可能である。日本の国土以外で算出されるエネルギーであっても、日本の長期輸入が担保され、世界市場における需要者としての日本のプレゼンスを縮小させるものは、たとえ輸入

であっても日本のエネルギー需要に対するロバスト性を向上させるものであり、このようなエネルギー確保に努めることも視野に入れることが必要である。

2003年における日本の貿易収支は10.2兆円の黒字、燃料輸入総額は9.35兆円（円ドル為替レート116円、原油価格\$29.3）であり、将来為替レートが150円、原油価格が\$35/バレル時にも貿易収支黒字を維持するためには、エネルギー自給率は約50%程度まで高めておくことが必要との試算がある^[3]。本協議会では、エネルギーの有効利用、省エネも併せて推進することで、自給率に対しては50%を目標とする。

エネルギー利用効率 50%:

ここでは、一次エネルギーのうち最終的に需要側で利用される負荷及び便益への変換効率をエネルギー利用効率と定義する。現在の日本のエネルギー利用効率を平田^[4]を参考にして35%とする。実効的なエネルギー利用効率は、一次エネルギーコストと、エネルギー高効率利用技術の導入コストのトレードオフで決まると考えられるが、より戦略的にエネルギー有効利用技術を開発、利用していくことが望ましい。特に、化石資源などの燃料や原料の価格が長期的に上昇傾向にあることを考慮すると、エネルギー利用効率そのものが経済競争力に大きなウェイトを占めるようになると予想される。また、高度なエネルギー利用技術は、日本が世界、特に東アジア圏の中でリーダーシップを発揮してゆく上で、重要なコンピタンスであり、日本の優れたエネルギー利用技術を東アジア圏諸国に供与することは、東アジア圏全体としての安定と持続性に大きく寄与することができる。本協議会では、利用効率を年率約1.5%で高め、2030年に50%まで引き上げることを目標とする。

化石燃料依存率 50%:

短中期的には、化石燃料資源の枯渇、あるいは埋蔵量減少による価格の大幅な高騰のリスクは少ないと考えられるが、化石燃料は有限な資源であり、我々の子孫が可能な限り長期にわたり化石資源を利用するためにも、その利用料は低減させることが望ましい。

化石燃料のほぼ全量を輸入に依存している現在の日本の一次エネルギー調達構成では、上記の自給率50%は化石燃料依存率50%と同義である。ただし、国内でのバイオマス、風力、太陽光といった再生可能エネルギー供給の大幅な増加は、現実的には非常に困難であることを鑑み、海外での再生可能エネルギー生産、日本への輸送のフレーム開発へも取り組むことを想定している。この意味で自給率は若干低下するが、あくまでも本協議会の高い目標として自給率も化石燃料依存率も50%という数字を設定する*。

* この目標は、京都議定書のCO₂排出目標を大幅にクリアする。経済同友会「自給率50%イニシアティブ」^[3]によれば、1990年排出量6%減はCO₂排出量換算282Mt-Cとなるが、総合資源エネルギー調査会によるエネルギー需給展望^[5]の省エネ進展ケースで同246Mt-C、経済同友会50%イニシアティブで190~220Mt-Cであり、十分に達成可能な目標となっている。

4. グランドデザインの策定に向けて

(1) 前提条件

2030年の社会のグランドデザイン策定にあたっては、以下の見通しを前提条件とする。

項目	見通し	参照(原典)
人口構造	人口は2006年をピーク(1億2,774万人)に達した後、減少に転じ、2030年度には1980年頃の水準まで低下する。	[5]([6])
エネルギー価格	原油価格は、2010年度までは緩やかに推移、以降は徐々に上昇し、2030年度に\$29/バレルまで上昇。LNG価格は基本的に原油価格に連動するが、原油に対する相対価格はやや低下。石炭は近年実績を踏まえ、引き続き原油価格より低めで推移する。	[5]([7])
経済成長率	2010年度頃までは2%成長程度で推移。中期的には労働人口の減少と、年1%程度の生産性向上を想定し、1%台で推移する。	[5]

また、エネルギー、環境、経済の各分野におけるリスク要因に対しては以下のように考える。

エネルギー：

2030年ごろまでの短中期では、最も大きなリスク懸念がある。具体的には次のようなものが想定される。

- ・ 政情不安、人口増大、アジア圏のエネルギー消費増大による化石燃料資源の価格高騰
- ・ 原子力発電所の事故の発生などによる原子力発電インフラのシナリオ崩壊
- ・ CO2排出量規制の強化

環境：

長期的には、エネルギーと物質の循環を確立する必要があるが、2030年頃までの短中期では、深刻なリスクは生起しないと考えられる。ただし、地球温暖化との因果関係は明らかではないものの、CO2排出量に対しては、国際協調の下、CO2濃度で550ppmレベルで安定化させることが現実的と考える。

経済：

一次エネルギーや食料などで十分な資源を保有しない日本にとって、経済の国際競争力を維持し、安定的に外貨を獲得することは極めて重要である。エネルギーと関連したリスクでは、貿易収支の悪化による一次エネルギー調達不安定化が最も懸念される。

(2) 持続型社会研究協議会のビジョンの具体的なイメージ

上記の前提条件の下で、持続型社会研究協議会のビジョンの具体的なイメージをつかむため、総合資源エネルギー調査会需給部会による「2030年のエネルギー需給展望(中間取りまとめ原案)」(以下「需給展望」という)をベースにした簡易検討を行った。

検討に際しての単位は、原油換算(百万kl)としたが、設定したケースは簡易的に単純な比例配分をしたもので、個々の数値の妥当性検討は今後の課題である。

簡易検討を行うに当たっては、次の点を基本的な方針とした。

最もクリティカルな状況が起こりうる石油をできるだけ減少させる。石炭は現状維持。

原子力は需給展望におけるハイケースを使用(運開10基 17基、設備利用率85% 90%)

水力、地熱は、資源エネルギー庁の見積もりを採用。

CO2ニュートラルなエネルギーを海外で生産、輸入し、自給率にカウント(バイオマスからのエタノール生産、太陽光発電、風力発電等を想定)。

協議会のビジョン: エネルギー利用効率50%の達成(現状35%)

需要の構成(最終エネルギー消費)

(原油換算 百万kl)

	産 業	民 生	運 輸	合 計
2000年	195	117	101	413
2030年(リファレンス)	188	136	101	425
2030年(省エネ)	185	114	78	377
2030年(協議会)	141	87	70	298

需給見積もりの2030年リファレンスのエネルギー利用効率を35%と見なし、これを元に比例配分
産業、民生部門については、25%の省エネ、運輸部門については、10%の省エネを目標設定

協議会のビジョン：エネルギー利用効率 50%、化石燃料依存率 50%

一次エネルギー国内供給

(原油換算 百万kl)

	合計	化石燃料			原子力	水力	地熱	国内新エネルギー	輸入Cニュートラル	自給率	化石燃料依存率	利用効率
		石油	石炭	天然ガス								
2000年	588	274	107	98	75	20	1	14	0	19	81	35
2030年(リファレンス)	607	233	106	131	90	20	1	26	0	19	81	35
2030年(省エネ)	536	189	93	112	95	20	1	26	0	26	74	40
2030年(協議会)	428	75	65	64	113	20	1	72	18	50	50	50

- ・輸入するCニュートラルなエネルギーのイメージ：東南アジアでのバイオマスプランテーション、風力、太陽電池のエネルギー基地等を想定
- ・バイオマスプランテーションはガソリン添加用のエタノール、パーム油等を想定。ガソリンに10%エタノール添加した際の必要量：8.2百万kl(原油換算)
- ・自給率はCニュートラルも勘案、国内のみに限定すると45%
(参考：ナフサ等原料使用41百万kl、自動車燃料82百万kl:いずれも原油換算)

国内新エネルギーに対する考え方

(原油換算 百万kl)

	合計	新エネルギー内訳			
		太陽	風力	廃棄物	バイオマス
2030年(協議会)	72	14	19	10	29

- ・需給展望の新エネ進展ケース見積もり：原油換算 46 百万 kl
- ・「バイオマス日本」の目標値：原油換算 35 百万 kl(2020年)、横山教授試算(ポテンシャル)：24 百万 kl+20 百万 kl = 44 百万 kl
- ・風力賦存量 106.25 百万 kl

国内エネルギーバランス

(原油換算 百万kl)

	一次エネルギー												電力計	水素計	排熱計	計
	化石			再生可能												
	石油	天然ガス	石炭・コークス	輸入再生	原子力	バイオマス(黒液含)	太陽光・熱	風力	廃棄物	水力・地熱						
エネルギー転換部門																
系統	5	34	28		113					20	-80		-10	110		
分散電源		15				13	9	19	10	1	-22	-5	-20	20		
エネルギー消費部門																
産業部門計	35	10	37	5		5					32	-3	20	141		
鉄鋼			25								13	-2	3	39		
化学産業	30	5	7								7		7	56		
その他	5	5	5	5		5					12	-1	10	46		
民生部門計						4	5				65	3	10	87		
運輸部門計	35	5		13		7					5	5		70		
計	75	64	65	18	113	29	14	19	10	21	0	0	0	428		
	51.8%			48.2%												
	47.6%				52.4%											

- ・エネルギーを使用・消費した場合はプラス、転換・生産した場合はマイナスで表す。
- ・再生可能エネルギー導入に伴い、分散電源の全電力供給に占める割合が2.2%へ増加。
- ・輸入再生可能エネルギーは、石油代替として産業部門、運輸部門へ。
- ・洋上風力、太陽光、コークス炉副生成等による水素8百万klが民生部門と運輸部門へ。
- ・排熱は蒸気20百万klが産業部門、10百万klが民生部門の給湯、暖房へ。
- ・民生部門の給湯・空調には化石燃料の直接利用はしない。民生部門の電力化率7.5%。
- ・運輸部門最終消費は70百万klで大幅な省エネが前提。バイオ燃料、水素、電気自動車導入される。

発電部門の規模別内訳

(原油換算 百万kl)

	化石			再生可能						
	石油	天然ガス	石炭・コークス	輸入再生	原子力	バイオマス	太陽	風力	廃棄物	水力・地熱
大型プラント (100万kW~)	石油残渣IGCC 5百万kl	MACC 60%HHV 19百万kl	IGCC/IGFC 55%HHV 18百万kl		稼働率向上 90%, 17基運用 113百万kl					一般水力等 20百万kl
中型発電 (1万kW~100万kW)		SOFC/MCFC hybrid 65%HHV 15百万kl	IGFC hybrid 60%HHV 10百万kl			ガス化/超臨 界水等 9百万kl			スーパ-ごみ 発電 40% 5百万kl	
小型分散発電 (~1万kW)		PEFC/SOFC/ GE/DE/HCCI 45%HHV 15百万kl				ガス化/生 学変換 4百万kl (バイオマス タウン500)	アモルファス他 低コストPV 9百万kl	陸上風力 2百万kl 洋上浮体 17百万kl	ごみ発電 20% 5百万kl	小型小水力 1百万kl
	内数でμGrid 20百万kl									
計	5百万kl	49百万kl	28百万kl		113百万kl	13百万kl	9百万kl	19百万kl	10百万kl	21百万kl

- ・電力の熱量換算は1kWh=2.324×10⁻⁴klを仮定。
- ・系統はIGCCと原子力が主となる。負荷追従、蓄エネルギー、需要側負荷平準化技術が必須。
- ・マイクログリッドの目標を20百万KLとした。
- ・石油発電は残渣発電のみとした。
- ・洋上風力は、水素等の2次エネルギーキャリアの技術開発を前提とした。

エネルギー消費削減量

(原油換算 百万kl)

	エネルギー消費削減量	省エネ累計
2010年 需給見通し レファレンスケース	- 44	- 44
2030年 需給展望 現行省エネ普及進展ケース	- 33	- 77
2030年 需給展望 新規省エネ普及進展ケース	- 16	- 93
2030年 持続型社会研究協議会案	- 79	- 172

・本協議会目標の追加エネルギー消費削減量79百万klは、需給展望の全省エネ積み上げ量93百万klとほぼ匹敵。

省エネルギー施策

	エネルギー負荷低減	エネルギー変換効率向上	負荷平準化	環境対応, 脱石油
産業				
鉄鋼	ミニミル, 薄板直接製板	高炉電炉排熱回収-0.15, コプロダクション		
化学		コプロダクション, FC・GT併設		
その他	断熱-1.73, パソコンケーブル-0.2	経団連自主行動計画 -19.2, 高性能工業炉 -0.3-0.5, 高性能ボイラー -0.1-0.4, 食品冷凍プロセス-0.05, 加工機-0.12, 印刷・塗装-0.07, LSI-1.74, ショベル-0.02, 工作機械-0.21		
民生				
給湯				
暖房	省エネ建築物(-4.8-3.2), 業務建築物構造-1.1, 空調制御-0.04, VAV, 建築物長寿命化, パンプ建築物	高効率給湯器(-0.2-7.0), 床暖房-0.03, 電気温水器-0.08, PEFC, SOFC等45%分散電源, 全インバータ化	夏季排熱利用	水素(製造, 貯蔵, 輸送)
冷房			冷房ピーク平準化	
動力照明他	待機電力(-0.4), HEMS(0-2.9), BEMS(-1.2-1.7), 熱電素子-0.04, 情報通信-0.3	トップランナー家電(-5.7), 高効率照明(0-1.6), LSI-2.16, PCサーバ-0.52	蓄電, 水素(製造, 貯蔵, 輸送)	
運輸				
旅客	交通対策(-3.1-4.1), 軽量化-0.74, モーダルシフト	トップランナー(-8.7), クリーン(-0.2-11.6), 超高効率HV導入50%, 排熱回収, 超高効率空調	エネルギー回生, 電気自動車	水素(製造, 貯蔵, 輸送)

- ・表 中の文字と数字の色は表 の各ケースに対応。
- ・紫字の項目等で79百万klの省エネルギーが必要。

(3) ビジョン実現に必要な技術開発

上記のビジョンを実現するために必要と考えられる技術を、当面の持続性を維持するための「繋ぎ技術」と、循環型社会へのソフトランディングを目指す上で必要となる「本質技術」に分けて以下のとおり整理した。

	繋ぎ技術	本質技術
供給サイド	<p>(化石燃料関係)</p> <ul style="list-style-type: none"> メタンハイドレード 石炭ガス化 クリーンコール 石炭 IGCC, 石炭 IGFC 石油残渣 IGCC 天然ガス MACC 燃料の多様化(オイルシェールなど) GTL CO2 固定技術 <p>(非化石燃料)</p> <ul style="list-style-type: none"> 軽水炉の安全性・稼働率向上技術 <p>(電力系統最適化技術)</p> <ul style="list-style-type: none"> 蓄電・蓄熱・蓄エネルギー技術 	<p>(再生可能エネルギーの高効率化)</p> <ul style="list-style-type: none"> 太陽光発電 バイオマス(未利用国内資源及び海外バイオマスプラントーション含む) 風力発電 廃棄物発電 燃料電池 波力・潮力・海洋温度差発電 大規模電源(非化石)の超高効率発電 <p>(超長期持続エネルギー)</p> <ul style="list-style-type: none"> 核融合 高速増殖炉(高速炉燃料再処理) 高温ガス炉(水素製造) 超電導電力輸送
需要サイド	<p>(電力需要平準化技術)</p> <ul style="list-style-type: none"> 蓄電・蓄熱・蓄エネルギー技術(2次電池、フライホイール、キャパシタ) マイクログリッド技術 分散型電源 太陽熱利用 高効率配送, 長距離, 大量, 高速輸送技術(モーダルシフト) <p>(エネルギー利用技術の最適化(省エネ技術含む))</p> <ul style="list-style-type: none"> コプロダクト技術(製鉄, 化学プロセスなど) 水素利用(燃料電池・貯蔵・輸送も含め) 高効率ヒートポンプ ハイブリッドエンジン(トッランナー自動車, クリーンエネルギー自動車) 省エネ建築, トッランナー家電, 高効率給湯機, 高効率証明 IT 活用のエネルギー管理システム, HEMS(照明・ディスプレイ・家電), BEMS ESCO 事業 全電化システム ITS 高性能工業炉・ボイラ <p>(その他)</p> <ul style="list-style-type: none"> 素材リサイクル 消費財の長寿命化 	

参 照

- [1] 気象庁報道発表資料(平成16年3月22日),「増え続ける大気中および海洋中の二酸化炭素濃度 国内および世界の最新状況」,2004.
- [2] リソナ経済調査,2003年8月号
- [3] 経済同友会・富士通総研,「エネルギー自給率50%イニシアティブ」,2003.
- [4] 平田賢,「省エネルギー論」,1994.
- [5] 総合資源エネルギー調査会,「2030年のエネルギー需給展望(中間とりまとめ原案)」,2004.
- [6] 国立社会保障・人口問題研究所,「中位推計」,2002.
- [7] IEA,“World Energy Outlook 2002”,2002.

(参考 1)

持続型社会研究協議会規約調印者

東京大学生産技術研究所長 西尾 茂文

東京大学大学院工学系研究科
総合研究機構 社会連携推進室長 笠木 伸英

石川島播磨重工業株式会社
常務執行役員 技術開発本部長 中川 幸也

株式会社東芝
執行役上席常務 東 実

株式会社日立製作所
執行役専務 研究開発本部長 中村 道治

三菱重工業株式会社
代表取締役 常務 技術本部長 柘植 綾夫

備考：肩書きは調印時

(参考 2)

持続型社会研究協議会 参加メンバー

【東京大学】

(工学系研究科)

笠木 伸英	教授	社会連携推進室長 (機械工学専攻)
金子 成彦	教授	(機械工学専攻長)
鹿園 直毅	助教授	(機械工学専攻)
鎌田 実	教授	(産業機械工学専攻長)
横山 明彦	教授	(電気工学専攻)
藤井 康正	助教授	(電気工学専攻)
堤 敦司	助教授	(化学システム工学専攻)
佐藤 光三	教授	(地球システム工学専攻)
登坂 博行	助教授	(地球システム工学専攻)
湯原 哲夫	教授	(環境海洋工学専攻)

(農学生命科学研究科)

横山 伸也 教授

(新領域創成科学研究科)

山地 憲治 教授 (先端エネルギー工学専攻)

(情報理工学系研究科)

中村 仁彦 教授 (知能機械情報学専攻長)

(情報学環)

荒川 忠一 教授

(生産技術研究所)

西尾 茂文	教授	所長	(機械・生体系部門)
浦 環	教授	副所長	(機械・生体系部門)
前田 正史	教授	副所長	(物質・環境系部門)
渡辺 正	教授		(物質・環境系部門)
畑中 研一	教授		(物質・環境系部門)
迫田 章	教授		(物質・環境系部門)

宮山 勝 教授 (物質・環境系部門)

立間 徹 助教授 (物質・環境系部門)

岡部 徹 助教授 (物質・環境系部門)

安井 至 客員教授 (物質・環境系部門)

〔座長〕加藤 信介 教授 (人間・社会系部門)

野城 智也 教授 (人間・社会系部門)

伊香賀 俊治 研究員 (人間・社会系部門)

加藤 千幸 教授 (機械・生体系部門)

板倉 周一郎 教授 (機械・生体系部門)

(原子力研究総合センター)

斑目 春樹 教授

【石川島播磨重工株式会社】

塩田 朋彦 技術開発本部管理部技術企画グループ 課長

張 惟敦 技術開発本部基盤技術研究所構造研究部強度評価グループ 課長

小林 和典 電力事業部管理部企画グループ 部長

高野 伸一 エネルギー・プラント事業本部事業開発部 課長代理

【株式会社東芝】

山下 勝比拓 技術企画室理事・産業連携グループ長

佐田 豊 研究開発センター 機械・システムラボラトリー室長

篠原 和太郎 電力・社会システム技術開発センター

エネルギーソリューション開発部

エネルギー環境ソリューション担当グループ長

【株式会社日立製作所】

中尾 俊次 電力グループ 電力・電機開発研究所 企画室室長

飯野 利喜 機械研究所主幹研究長

後田 孝一 研究開発本部研究戦略統括センタ 企画室 部長

【三菱重工業株式会社】

山田明 技術本部 先進技術研究センター 次長

古屋孝明 技術本部 技術企画部 主席部員

藤村皓太郎 技術本部 技術企画部 主任

中村 剛 技術本部 技術企画部 主席部員

(参考 3)

持続型社会研究協議会
ワーキンググループメンバー

【東京大学】

加藤 信介 教授 (座長)	生産技術研究所 人間・社会系部門
板倉 周一郎 教授	生産技術研究所 機械・生体系部門
岡部 徹 助教授	生産技術研究所 物質・環境系部門
鹿園 直毅 助教授	大学院工学系研究科 機械工学専攻

【石川島播磨重工株式会社】

塩田 朋彦	技術開発本部管理部技術企画グループ 課長
小林 和典	電力事業部管理部企画グループ 部長
高野 伸一	エネルギー・プラント事業本部事業開発部 課長代理

【株式会社東芝】

佐田 豊	研究開発センター機械・システムラボラトリー室長
篠原 和太郎	電力・社会システム技術開発センター エネルギーソリューション開発部 エネルギー環境ソリューション担当グループ長

【株式会社日立製作所】

中尾 俊次	電力グループ企画室室長
飯野 利喜	機械研究所主幹研究長

【三菱重工業株式会社】

山田明	技術本部 先進技術研究センター 次長
古屋孝明	技術本部 技術企画部 主席部員
藤村皓太郎	技術本部 技術企画部 主任
中村 剛	技術本部 技術企画部 主席部員

(参考 4)

持続型社会研究協議会 検討経緯

2004年 3月29日 持続型社会研究協議会 発足（東京大学にて調印式）

4月 7日	第0回ワーキンググループ会合（準備会）
4月13日	第1回ワーキンググループ会合
4月27日	第2回ワーキンググループ会合
5月11日	第3回ワーキンググループ会合
5月22日	第1回全体会合
6月 8日	第4回ワーキンググループ会合
6月12日	第2回全体会合
6月17日	第5回ワーキンググループ会合
6月22日	第6回ワーキンググループ会合
7月10日	第3回全体会合
7月15日	第7回ワーキンググループ会合
8月19日	第8回ワーキンググループ会合
9月 1日	第9回ワーキンググループ会合
9月13日	第10回ワーキンググループ会合
9月24日	第11回ワーキンググループ会合

(参考 5)

未来開拓連携研究協議会趣意書

大学における研究の第一義は自由な発想による課題選定であり、このことが、研究に多様性をもたらし、「知の創出・蓄積」の源泉である。逆に言えば、大学の研究には様々な方向のベクトルがあるのが健全と言える。こうした多様性の中から新企業創成(例えばベンチャー企業創成)にもつながる傑出した成果が生まれてくることは言うまでもなく、現在大学に求められている社会貢献あるいは成果還元のための重要なものの一つである。

しかし、科学技術のもたらした社会システムが資源・環境問題のような課題を突きつけている現在、単に多様性を保障するにとどまらず、価値創成を目指して未来社会に対するビジョンを構築し、創出・蓄積された知をビジョンの基に総合して課題解決にあたる努力、あるいは課題解決を目的として基礎・基盤・開発研究を行う努力が大学にも求められている。また、先端科学技術のようにシーズが価値を創成する社会、あるいは知の国際的優位性が産業競争力に影響する時代が到来している現在、創成される価値を議論し、価値の実現に向けて総合的に取り組む努力が必要となっている。換言すれば、多様性と総合性により二足歩行する大学が求められていると言えよう。

特に、総合性に基づく課題解決型の研究開発においては、未来社会に対するビジョンや価値創成について、大学と社会あるいは産業とが互いに共有できる認識に辿り着くことを目的とした「可塑的対話」が重要である。また、可塑的対話により共有されたビジョンや価値を光源として現在から未来への道筋を照らし出し、大学と企業が役割分担を行いつつ、連携を行うことが重要である。特に、我が国の戦後復興を支え、いまや世界のトップランナーとなった基幹産業に対しては、新たな基盤技術の開発あるいは既往技術の限界を突破する新技術などについて、大学が基盤研究を担い、その成果を企業群が共有し、その礎の上に独創的な製品開発へと進む新たな連携プラットフォームを構築し、我が国の産業競争力を向上させることが必要と思われる。

東京大学生産技術研究所と大学院工学系研究科は、上述の可塑的対話によるビジョン等の共有、共有されたビジョン等の社会や政府への発信、そしてビジョン等を光源とした役割分担に基づく技術開発の実践を目指して、「未来開拓連携」と名付ける新たな連携の枠組みをスタートさせる。本協議会は、上記趣旨に賛同する企業と大学との連携により、持続型社会の実現に向けての産学連携活動を行うことを目的とするものである。

東京大学生産技術研究所長 西尾 茂文
東京大学大学院工学系研究科総合研究機構社会連携推進室長 笠木 伸英

(参考 6)

【記者発表資料】

平成 16 年 3 月 29 日

持続型社会研究協議会の発足について
～ 東大と企業群が連携 / エネルギー・環境・経済のトリレンマを解決～

東京大学生産技術研究所
東京大学大学院工学系研究科総合研究機構社会連携推進室

東京大学の生産技術研究所と工学系研究科総合研究機構は、大学と企業が対話を行いながら、それぞれの強みを生かして、相乗効果を発揮し、科学技術の向上と産業競争力の強化を通じて広く社会に貢献するために「未来開拓連携」という新しいスキームによる産学連携をスタートさせます。

その第 1 弾として、生産技術研究所と、工学系研究科総合研究機構社会連携推進室は、石川島播磨重工業株式会社、株式会社東芝、株式会社日立製作所、三菱重工業株式会社の 4 社と、持続型未来社会に対するビジョンを構築・共有し、これを実現することを通じて社会に貢献することを目的として、「持続型社会研究協議会」を発足させます。

本日、6 者の合意にもとづき、その協議会規約に署名をしました。(平成 16 年 3 月 29 日 午後 2 時 ; 於 東京大学)

生産技術研究所は、工学領域のほぼ全分野をカバーする体制により、分野の壁を越えた、あるいは総合的な立場から、基礎研究にとどまることなく実技術への結実を目指しております。また、社会連携推進室は、工学系研究科の学外組織との連携を推進する窓口です。その活動の最初の試みとしての「持続型社会研究協議会」では、大学院工学系研究科・情報理工学系研究科にまたがる機械系 3 専攻(機械工学、産業機械工学、知能機械情報学)が責任専攻として研究成果の社会的活用を目指します。

本協議会の具体的な活動項目は次のとおりです。

- (1) 社会の持続・発展を可能とするビジョンの設定
- (2) ビジョンに基づく未来社会のグランドデザインの策定
- (3) グランドデザインからのバックキャストによる長期的な技術ロードマップの策定
- (4) 上記技術ロードマップに基づく、必要な連携計画の立案と実施

本協議会が取り扱う当面のテーマは、「持続型社会実現のための循環型エネルギー技術」とします。今後、早期に、上記のグランドデザインとロードマップを策定し、社会や国に提言するとともに、本協議会のコミットメントとしてその実現を目指します。

本件に関するお問い合わせ先：

東京大学生産技術研究所 板倉周一郎 教授

(電話：5452-6671 FAX :5452-6672 e-mail :sitakura@iis.u-tokyo.ac.jp)

東京大学工学系研究科機械工学専攻 鹿園直毅 助教授

(電話：5841-8850 FAX :5841-8850 e-mail :shika@thtlab.t.u-tokyo.ac.jp)

以 上