



緊急公開シンポジウムの開会セッション Open ceremony of the Symposium.

緊急公開シンポジウム 特別号 / Special Edition of Newsletter

目次 (Contents)

東日本大震災対応緊急公開シンポジウム 将来のエネルギーについて考えよう～安全・安心な社会をめざして～ / Exigent Symposium on The Implications of The Great East Japan Earthquake and Tsunami	
The Future of Energy in Japan -Towards a Safe and Secure Society-	2
シンポジウム開催にあたって / Address from Symposium Organizer	2
原子力エネルギー政策へのインパクト / Impact on Nuclear Energy Policy	2
地震に備えたエネルギーシステム / Energy System in Preparation of Earthquakes	6
電力不足や災害に強いエネルギーシナリオ / Energy Scenario Resilient to Power Shortages and Disaster	7
2030 年までの電力需給シナリオ / Prospect of Electric Power Supply and Demand until 2030	12
京都大学グローバル COE プログラム「地球温暖化時代のエネルギー科学拠点」のご紹介 / Introduction to Kyoto University Global COE Program "Energy Science in the Age of Global Warming"	14

東日本大震災対応緊急公開シンポジウム 将来のエネルギーについて考えよう～安全・安心な社会をめざして～ / Exigent Symposium on The Implications of The Great East Japan Earthquake and Tsunami The Future of Energy in Japan -Towards a Safe and Secure Society-

シンポジウム開催にあたって / Address from Symposium Organizer

東日本大震災によって新たに生じたエネルギー問題に対応するため、2100年までに温室効果ガスを全く排出しないエネルギーシナリオを検討してきた京都大学グローバルCOEプログラム「地球温暖化時代のエネルギー科学拠点」は、平成23年5月9日に京都大学百周年記念時計台ホールにて、災害に強く安全安心なエネルギーシステムおよび2030年までに考えられるエネルギーシナリオについての緊急公開シンポジウムを開催しました。

本シンポジウムは大垣英明エネルギー理工学研究所教授が司会を務め、八尾健エネルギー科学研究科教授（G-COE拠点リーダー）による開会挨拶の後、宇根崎博信エネルギー科学研究科教授、釜江克宏エネルギー科学研究科教授、小西哲之エネルギー理工学研究所教授、石原慶一エネルギー科学研究科教授により4件の講演が行われました。講演後は参加者とともに、2020年から2030年における安定な電力需給を達成するための活発な意見交換を行いました。本誌は、シンポジウムにおける発表内容を簡潔にとりまとめたものです。なお、シンポジウムで講演時に用いられた資料とその要旨は、当G-COEプログラムのホームページ（<http://www.energy.kyoto-u.ac.jp/gcoe/>）にて公開しております。

To respond to the current issues of energy supply shortage and contribute to the rethinking of energy policy that has been prompted by the great east Japan earthquake and tsunami, Kyoto University's G-COE program "Energy Science in the Age of Global Warming" is holding this symposium to propose a safe and secure energy system to meet possible energy scenarios in the short term and out to 2030.

The symposium was chaired by Prof. Hideaki Ohgaki. Prof. Takeshi Yao, Leader of the G-COE Program, made opening address. And the following 4 professors made presentation by Prof. Hironobu Unezaki, Prof. Katsuhiro Kamae, Prof. Satoshi Konishi, and Prof. Keiichi Ishihara. After presentation, these speakers and audience exchanged their information and idea. This issue is the concise summary of 4 presentations. The presentation materials are also available in our G-COE website (<http://www.energy.kyoto-u.ac.jp/gcoe/>).

原子力エネルギー政策へのインパクト / Impact on Nuclear Energy Policy

京都大学大学院エネルギー科学研究科 / Graduate School of Energy Science, Kyoto University

京都大学原子炉実験所 / Research Reactor Institute, Kyoto University

宇根崎博信 / Hironobu UNEZAKI

福島第一原子力発電所の事故は、複数の原子力施設の同時損傷と、環境への放射性物質放出に伴う住民避難や農業・水産業への影響の度合いの大きさ、電力エネルギー需給バランスへの多大な影響といった社会的な問題を引き起こすとともに、世界各国の原子力安全規制のありかたや、原子力エネルギー政策はもちろん、エネルギー政策全体に大きなインパクトを与える、エネルギー利用史上特筆すべき出来事となった。

いうまでもなく、現代技術社会における人類の社会活動は潤沢なエネルギー消費によって支えられている。その中で、多種多様なエネルギー源を組み合わせることで最適利用することにより、社会活動の発展と持続性を確保し、人類福祉に資することがエネルギー政策の目的である。現在のエネルギー政策には、エネルギー安全保障と地球環境問題という2つの大きな視点があり、歴史的には、エネルギー安全保障の確保、強化がエネルギー政策の柱であった時代から、20世紀の終わりにかけて地球環境問題というもう一つの柱が加わってきたということがいえよう。

エネルギー安全保障の向上から現在までに世界各国で進められているエネルギー源多様化は、すなわち電気エネルギー源の多様化と行うことができる。たとえば輸送部門におけるエネルギー源が石油、天然ガス由来のものに現在もほぼ限定されているのに対し、電気エネルギー源は一般的に多様な資源の利用、あるいは発電方法の適用が可能であるという特徴を持つ。産業構造、ライフスタイルの変化に伴い、電気エネルギーへの依存度が増してくる中、原子力エネルギーがエネルギー源多様化に果たしうる役割は早くから重要視されてきており、特に日本においては、石油危機以降のエネルギー政策の中で原子力エネルギーは中核的な位置を占めている。

日本は先進諸国の中で群を抜いてエネルギー的に脆弱な国家である。現在のエネルギー自給率はおよそ4%であ

り、化石燃料輸入国としては世界一である。この脆弱性が露見したのが1970年代に起こった二度の石油危機であり、これを受け、石油代替エネルギー導入推進、省エネルギー促進、石油安定供給確保を軸としたエネルギー政策が提唱された。特に、エネルギー源の多様化によるエネルギーセキュリティ向上と、成長する経済活動を支えるためのエネルギー消費を現実的に可能な限り抑制するための省エネルギー・エネルギー効率向上の2本柱は、現在につながるエネルギー政策の基礎である。この中で、石油代替エネルギーの中核をなすものとして、原子力エネルギーが基幹電力源として位置づけられた。一方、21世紀に入り、地球温暖化がエネルギー・環境面での喫緊の問題として認識されるようになり、地球温暖化の原因とされる温室効果ガス、中でも人為起源二酸化炭素の排出と、エネルギー利用との強い関連が明らかになってきたことをうけ、発電過程で二酸化炭素を排出しない原子力エネルギーは、化石燃料発電時のCCS、エネルギー効率向上等の方策とあわせて、エネルギー起源の温室効果ガス排出抑制方策との関連において新たな位置づけが与えられるようになっている。

原子力エネルギーの将来を考える上では、現在のエネルギー政策上の重要な二本柱である、エネルギー安全保障と地球環境問題の観点に立って考える必要がある。先述のように、本来、原子力エネルギーは化石資源、特に石油に大幅に依存していたエネルギー供給構造を改善し、エネルギー源の多様化によってエネルギー安定供給をより確実なものとするために導入が進められてきたものであり、ここでは、エネルギー資源であるウランの地理的分布の特徴、すなわち化石燃料に比べると偏在の程度が低いために国際情勢の変化に対する資源供給への信頼度が高いという観点も含まれた、エネルギー安全保障上の観点が第一義的な視点であった。また、21世紀に入り、先述したようにエネルギー政策における地球環境問題の重要性が認識される一方で、金融市場からの資本投機に起因した化石エネルギー資源価格の高騰など、エネルギー安全保障に対する外部性の高まりを受け、世界各国でエネルギー安全保障の重要性が再認識されるようになっている。このような流れのなかで、エネルギー安全保障及び地球環境問題を同時に解決する方策として原子力エネルギーが世界的に注目され、米国における政策転換を契機とした、いわゆる「原子力リネッサンス」と呼ばれる原子力エネルギー再評価の動きが起こったという経緯がある。

近年のエネルギー政策の中で重要性を増している温室効果ガス削減については、世界各国から具体的な数値目標を打ちだされているなか、これらの目標の実現のためには、単一の施策やエネルギー技術では対応は不可能で、広範な技術的取り組み、エネルギー関連制度設計が必要であることは明白であり、日本においては、省エネルギー・エネルギー効率改善、太陽光発電に代表される再生可能エネルギー利用の推進と、原子力エネルギー推進を組み合わせた対応策となっている。このようなエネルギー政策上の取り組みに対して、今回の東日本大震災に起因する福島第一原子力発電所事故の影響は、すでに日本を含む世界各国の原子力エネルギー政策の動向に影響を与えつつあるが、それらはいずれも原子力技術に対する安全性確保への要求の高まり、安全基準の強化と対応に関連した動きであるといえる。これは、日本のエネルギー基本計画においても、エネルギー利用において「安全と国民理解の確保」が重要なポイントとしてあげられていることと整合した動きであるが、現時点では原子力発電という枠組みの中での議論が主であり、今後、中長期的なエネルギー需給戦略の中での原子力エネルギーのあり方に関する検討が進められる中で、各国の動向がどのように変容するのか、我が国の原子力エネルギー政策を検討していく上でも注目していく必要があると考える。

今回の福島第一原子力発電所事故が我が国のエネルギー政策に与えるインパクトは、すなわち、今回の事故を受けた原子力エネルギー政策の再考が、エネルギー基本計画の6つの基本的視点、すなわち、1) 総合的なエネルギー安全保障の強化、2) 地球温暖化対策の強化、3) エネルギーを基軸とした経済成長の実現、4) 安全と国民理解の確保、5) 市場機能の活用による効率性の確保、6) エネルギー産業構造の改革の6つの基本的視点にどのような影響を与えるかということと言えよう。なお、事故の教訓として大きく取り上げられており、現在検討が進められている原子力安全規制の強化、見直しは、エネルギー基本計画におけるエネルギー政策と経済成長とをリンクさせるキーポイントである「安全と国民理解の確保」にとってきわめて重要なステップであろう。IAEAを主体として検討が進められている評価、提言をふまえ、国際的にも透明性のある原子力安全規制体制を築き上げ、その上で、国際社会に対しても説得力のある原子力エネルギー政策を打ち立てていくことが責務であると考えられる。

現在の我が国のエネルギー情勢、経済活動状況を鑑みると、上述の6つの基本的視点そのものが今回の事故で変わるということは考えにくい。原子力エネルギー利用の低迷、あるいは原子力エネルギー利用からの脱却は、もちろん、個々の基本的視点に大きなインパクトを与えうる。特に、エネルギー安全保障の強化と地球温暖化対策の強化については、定性的にはネガティブな影響を与え、また、エネルギーを基軸とした経済成長の実現についても、エネルギー産業構造の改革が行われない限り、ネガティブな影響となることは容易に想像できる。しかしながら、エネルギー政策の再考察のためには、定性的な議論にとどまらず、これらの影響が定量的にそれぞれの基本的視点にどのように響いてくるかを評価することが必要である。現時点での原子力発電所の稼働率の低下、運転停止等の措置と、火力発電を主体とした代替エネルギー確保とのバランスについての定量的な評価を実施し、資源需給、温室効果ガス排出量、電力エネルギー需給などの変化を定量的に評価して、我が国のエネルギー安全保障と地球環境

対策とのバランスがどのように変化しうるのか、そのことによる経済活動へのインパクトはどのようなものか、客観的な分析が不可欠である。また、この中では、代替電源確保といった短期的な視点と、発電所リプレース、新規建設計画の再検討による電力需給バランスの見直しといった今後 20 年～ 30 年を見据えた中長期的な視点の双方が必要である。

今回の事故を契機として、エネルギー全体の在り方の議論がこれまでに比べてより積極的に行なわれるようになってつつあることは、今後のエネルギー政策を打ち立てて行く上では重要であると考えられる。これからは、エネルギー安全保障と地球環境問題との両視点に立ち、再生可能エネルギー、化石エネルギーとの最適なミックスと、省エネルギー、エネルギー効率向上、さらにはライフスタイルの変革を含めたエネルギー消費構造の改革とのバランスを考慮し、より安全で維持管理の容易な、信頼性の高い、社会適合性の高い先進的な原子力エネルギーの利用法と、原子力エネルギーの安全文化のあり方について、今後とも継続した議論、検討が行われることを期待したい。

The accident at the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant, which was induced by the M9.0 Tohoku Earthquake and subsequent tsunami in eastern Japan on March 11, 2011, is a catastrophic event in the history of energy use. It has caused serious social problems, including extensive and simultaneous damage to several nuclear facilities and the release of radioactive materials into the environment, forcing evacuations and significantly affecting agriculture and fisheries. Additionally, the accident has remarkably influenced the supply demand balance of electric power, and globally impacted energy policies such as nuclear safety regulations and nuclear energy policies.

Needless to say, in our modern technological society, human social activities consume vast amounts of energy. The objectives of energy policies are to secure the development and ensure sustainability of social activities through optimal utilization of the best combination of diverse energy sources, thereby contributing to human welfare. In particular, current energy policies have two major emphases. Historically, ensuring and strengthening energy security were once the core of energy policies, but toward the end of the 20th century, global environmental issues emerged as another fundamental focus of energy policies.

Attempts around the world to increase energy security can be regarded as diversifying electric energy sources. To date, energy sources for transportation are still limited to oil products and natural gases, whereas electric energy can be produced from various resources using numerous power generation methods. As the world becomes increasingly dependent on electric energy due to the changes in industrial structure and lifestyles, the role of nuclear energy, which can aid in the diversification of energy sources, has received much attention. Particularly, nuclear energy has been a cornerstone in Japan's energy policy since the 1970s oil crises.

Among developed countries, Japan is by far the most vulnerable country with regards to energy. Currently energy self-sufficiency is only 4% , and Japan imports the largest amount of fossil fuels in the world. Japan's vulnerability became evident during the two oil crises in the 1970s. In response, the Japanese government proposed an energy policy that promoted alternative energy to oil, encouraged energy conservation, and ensured a stable supply of oil. This policy was two pronged: 1) to increase energy security by diversifying energy sources and 2) to improve energy conservation by efficiently suppressing actual energy consumption as much as feasibly possible. From this prospective, nuclear energy became core power source for alternative energy. Moreover, global warming was identified as an urgent energy and environmental issue moving into the 21st century. Due to the strong correlation between energy use and the emission of greenhouse gases, especially man-made carbon dioxide, as a potential cause of global warming, the need for alternative power sources increased. Nuclear energy does not generate carbon dioxide, and consequently along with measures to enhance carbon capture and storage (CCS) and improve energy efficiency, nuclear power was viewed as a viable way to reduce greenhouse gas emission while meeting the demands for energy.

The future of nuclear energy should be considered based on the two core concepts in Japan's current energy policy: energy security and global environmental issues. As mentioned earlier, nuclear energy was originally proposed and promoted to improve the energy system, which was heavily dependent on fossil resources, especially oil, and to secure a stable energy supply by diversifying energy sources. In the late 20th century, many countries around the world recognized the world's dependence on fossil fuels, and began to formulate energy policies that emphasized energy security in response to external factors such as soaring fossil fuel prices due to speculative trading in the financial markets. From the perspective of energy security, the primary motivation for initially selecting nuclear energy was uranium, a key resource for nuclear energy, is less geographically skewed than fossil fuels, and consequently, its supply is more robust against international fluctuations. Moreover, in the beginning of the 21st century, energy policies recognized the importance of global environmental issues. Hence, nuclear energy has attracted global attention as a measure to simultaneously resolve both energy security and global environmental issues. Furthermore, the changes in the United State's nuclear policy triggered the reevaluation or "renaissance" of nuclear energy, which is called the Nuclear Renaissance.

In response to the increasing importance of reducing greenhouse gases, countries around the world have announced energy policies with concrete numerical goals with regards to greenhouse gas reduction. To achieve these goals, it is

evident that an individual measure or energy technology is insufficient, and broader technological approaches and energy-related system designs are necessary. Japan has adopted integrated measures 1) to improve energy conservation and efficiency, 2) to advance renewable energy such as solar power generation, and 3) to promote nuclear energy. However, the accident at the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant caused in the aftermath of the 2011 Tohoku earthquake and tsunami has already impacted nuclear energy policies of many countries around the world, including Japan. The resulting policy changes are related to increased demands for safety assurances of nuclear technologies as well as strengthening the safety standards. In Japan, these actions are in accordance with the understanding that ensuring safety and public consensus on energy utilization is important. However, current discussions about energy utilization are mainly limited to the framework of nuclear power generation. To evaluate the future nuclear energy policy in Japan, strategy changes about nuclear energy in other countries should be considered during the discussion about the importance of nuclear energy in view of medium- to long-term strategies to meet the energy supply and demand.

The accident at the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant in March 2011 impacted the following six basic concepts: 1) strengthening comprehensive energy security, 2) tightening measures against global warming, 3) developing economic growth based on energy, 4) ensuring safety and public understanding, 5) securing efficiency through the application of market functions, and 6) reforming energy industrial structure. Tightening and re-evaluating nuclear safety regulations, which are currently being extensively discussed as part of the lesson learned from the accident, are key steps to ensure safety, to develop a public understanding, and to link the energy policy and economic growth. Based on evaluations and recommendations discussed by the International Atomic Energy Agency (IAEA) among other groups, Japan is thought to be responsible for establishing nuclear safety regulations that are internationally transparent and then formulating nuclear energy policies that are persuasive to global community.

Based on the current energy situation and economic activities in Japan, it is unlikely that the aforementioned six basic concepts themselves will change due to this nuclear accident, but stagnation of the nuclear energy utility or a departure from nuclear energy may significantly impact each of these basic concepts. In particular, it is easy to imagine from a qualitative perspective that reducing the nuclear energy utility without reforming the energy industrial structure will negatively impact the strengthening of energy security, global warming countermeasures, and energy-based economic growth. However, the impact on these concepts must be qualitatively and quantitatively assessed to reevaluate the energy policy. Currently, it is essential to quantitatively evaluate 1) the energy supply balance between nuclear power generation and alternatives, including thermal power generation by considering the decrease in operating rates of nuclear power plants or their shutdown and 2) changes in supply and demand of resources, electric power energy, and emissions of greenhouse gases. This quantitative evaluation should be followed by objective analyses of the balance changes between energy security in Japan and global environmental programs, and a subsequent assessment of their impacts on economic activities. Additionally, a bilateral vision is necessary; there must a short-term vision to ensure alternative power and a medium- to long-term vision for the next 20 to 30 years that reevaluates the supply-demand balance of electric power by reexamining projects to replace or construct new nuclear power plants.

Because a more thorough analysis is thought to be important to establish future energy policies, the Fukushima nuclear accident has triggered every aspect of energy to be discussed in more depth. In regard to both energy security and global environmental issues, it is important to consider 1) the balance between the optimal combination of nuclear energy, renewable energy, and fossil energy, as well as 2) reformation of the energy consumption structure, including energy conservation, improved energy efficiency, and lifestyle shifts. Hence, continued discussions and examinations about advanced utilization methods of nuclear energy in a safer, easier to maintain, more reliable, and more socially adaptable way, should be maintained. Additionally, discussions about the safety standards of nuclear energy should continue. spallation neutrons efficiently, high energy and high beam power proton accelerator is essential. A new scheme for beam injection with charge exchanged multi-turn injection with negative hydrogen ions which could allow to increase a beam intensity of more than an order of magnitude has been under development.

地震に備えたエネルギーシステム / Energy System in Preparation of Earthquakes

京都大学大学院エネルギー科学研究科 / Graduate School of Energy Science, Kyoto University

京都大学原子炉実験所 / Research Reactor Institute, Kyoto University

釜江克宏 / Katsuhiko KAMAE

今回の地震は観測史上最大の規模 (M9.0) で、岩手県から千葉県に至る太平洋沿岸地域に津波や液状化などによる甚大な被害が発生した。さらに、東京電力福島第一原子力発電所が想定を遙かに超える津波によって全電源喪失に至り、1号機から4号機で炉心溶融や使用済燃料損傷の可能性があり、最悪の事故に至ってしまった。一方、東北電力女川原発や日本原電東海原発でも地震動による自動停止とともに外部電源が喪失したが、非常用電源設備による炉心冷却に成功した。福島第一においては現時点では原因の確定には至っていないが、津波による電源喪失の可能性が高い。地震動による施設・設備の損傷や故障の可能性についても言及されているが、これら3事業所における観測記録の大きさは、耐震バックチェックで実施された想定地震動 (基準地震動 Ss) による応答値をやや上回る号機もあるが、ほとんどの号機で下回っていることから、地震動による施設・設備への影響は想定しがたい。今後詳細な分析等が必要である。

原子力発電所のこうした事故は想定外では済まされず、地震動や津波と言った自然現象に対しては裕度を持った設計とともに、多重防護の考えに基づき、最悪シナリオから回避するシステムが必須である。平成18年に改訂された耐震指針や手引きには、想定する地震動や津波の大きさを越える可能性も考慮し、そのリスクを最大限小さくすることが求められていた。そのことが十分生かされなかったことを反省し、また今回の地震から得た知見を踏まえ、より一層、原発の耐震安全性向上に取り組むべきである。

西日本に目を向ければ、今後想定される東海・東南海・南海地震が連動して起これば、東日本大震災を上回る広域的な災害によって人口密度のさらに高い中部・関西地方においてもエネルギー供給の喪失が懸念される。従って、当該地域はもちろん、全国的に地震・津波に強いエネルギーシステム、まちづくりを早急に検討する必要がある。中部から西日本では、対象とすべき地震シナリオとして、東海・東南海・南海地震 (プレート境界地震) だけではなく、地震を引き起こす活断層が多数存在する。既にそれら活断層による地震発生 の長期評価や地震発生時の地震動予測や被害予測なども実施されつつあり、原子力発電所以外の発電施設 (火力、水力、地熱、太陽光など) に対しても、設置地点の地震環境に応じた地震対策をとり、大地震時においても安定した電力供給を可能 (地震後の迅速な再稼働が可能) にすることが重要である。特に、東海・東南海・南海地震の発生シナリオ (全て連動、ある期間 (年、月、日、時間) をおいて単独発生または連動) によっては、非常に広域的な複合災害の発生シナリオが予測されており、復旧・復興のためにもエネルギーシステム全体を災害に対して強靱にしておく必要がある。

The 2011 Tohoku earthquake (M9.0), which is the largest earthquake in recorded history in Japan, caused severe damages to the Pacific side of Japan from Iwate to Chiba prefectures due to the tsunami and liquefaction and so on. Even worse, the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant of Tokyo Electric Power Company lost all power due to the destructive tsunami whose magnitude far exceeded all assumptions, resulting in nuclear meltdowns and/or possible damage of spent fuel in reactor units 1 to 4. This is the worst-ever accident involving nuclear power plants in Japan. On the other hand, the earthquake caused the Onagawa Nuclear Power Plant (Tohoku Electric Power Company) and the Tokai Nuclear Power Plant (Japan Atomic Power Company) to lose external power, but the reactors automatically shutdown, and the emergency power systems successfully cooled the reactor cores. Although the exact cause of the accident at the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant has yet to be determined, it is likely power loss due to the tsunami. Although seismic ground motion has been mentioned as a possible cause for the damage to the facilities and equipment, the recorded seismic motion for the most of the reactors at these three sites were less than the seismic response derived from an estimated design basic ground motion: Ss. Therefore, it is unlikely that seismic ground motion caused the damage to the facilities and equipment. Hence, a comprehensive investigation is required.

Claiming that such a nuclear power plant accident exceeds the scope of plausible assumptions is unacceptable. Consequently, it is imperative not only to design facilities with sufficient safety margins for natural disasters such as earthquakes and tsunami but also to develop systems that can prevent the worst-case scenario (severe accident). Aseismic guidelines revised by Japanese government in 2006 instruct countermeasures to be taken to minimize risk as much as possible even though an actual seismic ground motion and tsunami may exceed the predicted ones; however, on March 11, 2011 this instruction was not executed sufficiently. Therefore, Japan should work even harder to improve the aseismic safety of nuclear power plants by reflecting on this misconduct and referencing the lessons learned from the 2011 Tohoku earthquake.

Focusing on western Japan, if Tokai (central/southern Japan), Tonankai (west of Tokai), and Nankai (west of Tonankai) earthquakes occur concurrently or consecutively, the damage would greatly exceed the aftermath of the 2011 Tohoku

earthquake and tsunami, and result in a disruption of the energy supply in a broad region, including Chubu (around Nagoya) and Kansai (around Kyoto, Osaka, and Kobe), which have higher population densities than Tohoku. Therefore, an evaluation of the energy system and urban development from the viewpoint of robustness against earthquakes and tsunamis must begin immediately not only for these regions, but also for Japan as a whole. Central to western Japan are susceptible to both interplate earthquakes (such as Tokai, Tonankai, and Nankai earthquakes) and earthquakes induced by active faults. Long-term assessments of earthquakes induced by such active faults as well as prediction of seismic ground motions and associated damages are already under way. Moreover, to ensure a stable power distribution (prompt restart of operations) even after a large earthquake, it is important to aseismically measure power plants other than nuclear power plants, such as thermal, hydraulic, geothermal, and solar power plants, by considering the earthquake environment at each site. In particular, depending on the occurrence condition (concurrent or consecutive occurrences of earthquakes in all three areas whether independent or in conjunction with one another at a given interval (years, months, days, or hours)), some scenarios for Tokai, Tonankai, and Nankai earthquakes predict complex disasters that impact massive areas. Hence, the entire energy system needs to be robust against disasters to prepare for restoration and revival.

電力不足や災害に強いエネルギーシナリオ /

Energy Scenario Resilient to Power Shortages and Disaster

京都大学エネルギー理工学研究所 / Institute of Advanced Energy, Kyoto University

小西哲之 / Satoshi KONISHI

東日本大震災に起因する電力不足と大規模停電のリスクに対して、厳しい節電と新たな電力源の投入が進められている。特に太陽光を代表とする自然エネルギーへの期待は大きいですが、大規模電源を太陽光で代替するという発想はシステムの安定性の観点で危険であり、却って電力の脆弱性を増しかねない。そして原子力への不安からその使用が控えられ、電力供給が火力依存体質となると、長期的な地球環境問題への対応が困難になる。大規模集中電源の回復のみの視点では大震災によって発生した電力供給の問題に対処することはできない。現実には、脱原発が叫ばれながら、大量の旧式火力発電が総動員される一方、少量の太陽光発電が導入され、消費者のほとんどすべてが電力消費に不自由を強いられ、停電のリスクにおびえながら、電力料金が値上げされる、という不合理な状況に入りつつある。

そこで、需要者側の視点に立った小規模分散電源の積極的導入推進を提案する。ここでいう分散電源とは、具体的にはガスコジェネレーションなどの小規模発電、燃料電池、太陽光発電、蓄電池、ガスヒートポンプなどである。家庭用、店舗用や小事業者用など様々な製品、技術が利用可能であり、新たな商品開発や技術開発によらなくても直ちに導入が推進できる。これまで、電源としての供給力の観点で使用されていたとは言い難いが、供給の安定性、絶対量の不足に対して不安が生じた現在、有力な選択肢となりうる。また、同じ電力供給においても、電力会社による発電所の増強とは決定的に違う性格を供給力としては持っている。

電力供給において、現在忘れられがちな問題として、節電弱者と消費者の視点の欠如が指摘される。原子力発電所の停止によって発生した絶対量の不足に対して、一律の節電目標が設定され、事業用、家庭用を問わず、省エネが実施されている。これは、対応能力の乏しい消費者や業態に対して、健康や営業上の重大な問題になりうる。「節電・停電弱者」となる医療施設、乳幼児や老人世帯は、節電・省エネによる室温の変化に対して脆弱であり、熱中症などによる健康被害を受けやすい。エレベーターの停止などによるサービスの低下も問題である。医療施設や福祉施設、保育所などへの小型電源の優先導入によりこれらの節電弱者を守ることが必要である。被災地のようにインフラが障害を受けて機能が脆弱になった地域でも、小規模発電施設の方が有効な場合がある。いうまでもなくこれら小規模電源は、大規模グリッドにおいて需給が逼迫したり停電が起きて使用を継続することができる。

厳しい節電目標に対して、わが国産業界は勤務日や時間帯を大幅にかつ計画的にシフトすることで多くの貢献をしている。電力需給はひっ迫してはいるが、細かく見れば一日の間で大きな変動があり、ピークを下げることで、変動を吸収すること、で大きく問題を軽減できる。しかしサービス産業は基本的には顧客である消費者の行動に合わせる必要があり、製造業のように就業時間を自由に変更することができず、稼働をサマータイムにしたり休日を平日に変更するなどのピークシフトは困難である。サービスの提供のためにエネルギーへの依存度が高く、エネルギー消費を節約することによるサービスの低下もできない。第3次産業はわが国経済でGDP、就業者ともすでに半分以上を占める業種であり、わが国全体の経済を停滞させないためには節電を強要することはできない。自家電源をもつことが有用である。

電力需給は貯蔵ができない電力の特性から需要と供給を細かく合わせる同時同量が原則であり、絶対量の確保と並んで、そのための予備力の保持と細かな対応が、安定供給のためには不可欠である。発電所の増設による電力網

の供給力の増強ではなく、個別民生電源機器、給湯冷暖房機器の急速な導入は、発電量そのものは大きくなくても、総合的なサービス力の拡充と、停電に対する耐性の獲得、および電力網の負荷低減と安定化が期待できる。電力システムからみたときに、これら小規模発電装置は、これまでの大規模発電所のくみあわせよりなる系統とは大きく異なる特性をシステムに与えるという特徴を有している。まず、これらは電力系統に直接接続して従属してはいないため、これらは電力を需要に応じて供給したようにはシステム側からは見えない。例えば太陽電池によって発電した電力でその所有者がそのままエアコンを駆動した場合、それは電力系統から見た場合、供給の増加でなく需要の減少のように見えることになり、節電や発電容量の増加によらずに系統の需給ひっ迫を防止して個別需要者の要求に即応し、ピークカットと電力網の安定に寄与することになる。つまりこれらの民生用電力機器の導入は、結果として大幅な省エネ効果、電力消費の低減と同等の効果を持つ。夏場の冷房、冬場の暖房が電力需要の、ことに日変動、季節変動の最大の要因であるが、これらをガスや他の燃料により供給することで、電力のピーク需要の低減が期待できる。さらに個別利用者にとっては、電力需給を気にせずに生活や経済活動を継続することができる。

数年以上かかる発電所の増設に比べ、既存の機器の増産と導入は数か月で進行し、わが国全体で見れば、年単位がかかる発電所の増設によりみられる発電容量の増強と異なる形で、電力供給を回復することができる。しかも個別の電源は停電や予想される余震などの災害に強靱である。さらに、これら小型の発電装置は、熱利用を兼ねたコージェネレーション装置として使われることが多く、場合によっては熱利用に重心がある。コージェネレーションは総合熱効率が80%以上と、最新鋭の火力発電よりはるかに高く、またガスは重質油や石炭より二酸化炭素排出量が少なくわが国のエネルギー、環境上も望ましい。燃料電池は現在高価であるが、発電能力的にはさらに高い。つまりコージェネレーションの利用により、化石燃料を使用しても社会にとっても省エネ、低炭素型となる。

このようにしてできる新しい電力システムは現在の大規模電源と消費者直結の小型電源との組み合わせになる。最終的には現在の大規模電源依存型とは異なる、消費者側での融通を備えてシステムに電源システムの体質が変わっていくであろう。その概念構成を図1に示す。導入された電源装置は、個別に用いるほか、将来的には相互に、また電力網と連結すれば、より双方を安定に運営する機能を持つことになる。

電力の不足に対して太陽光、風力など再生可能エネルギーの導入を進めることは誤りではないが、電力システムに対しては不安定要素となること、需要に対応できないこと、が欠点である。分散システムの長所は、これらの変動を末端で吸収できることである。蓄電池の利用も負荷平準化と停電対策の観点で推奨される。すでに鉛、ニッケル水素、リチウムイオンなどの無停電電源（UPS）が実用化されているほか、より大規模なNaS（ナトリウム硫黄）等の電池の利用が考えられる。全体での発電量が増えるわけではないが、深夜の充電により昼間の需要を減らし、また系統の安定、利用者の停電対策に効果的である。これらを組み合わせた供給パターンの例を図2に示す。

これらの再生可能電源や蓄電池は分散電源として基本的には末端消費者の需要に対応するが、電力系統に結合されると、系統側からは負荷の平準化と、必要時の逆潮流が期待でき、一方需要側では常時はグリッドに依存しつつも停電に備えることができる。これは全体として現在の大規模グリッド依存より強靱なシステムであり、逼迫時にも需要者に電力を供給しながらも、また不安定性に対する耐性を高めるものである。

長期的には、これら分散電源は、より望ましいゼロエミッション型のエネルギーシステムに適合性がよく、燃料電池や太陽光発電に置き換えていくことができる。特に、エンジンによるシステムは現在10年程度の耐用年数が想定されているが、小規模システムではエンジン発電機を燃料電池に交換することでシステムの基本構成と利点は維持向上される。つまりこの短期対策が社会のクリーンエネルギーシステムへの準備を進めることにもなる。

以上のように、ここで示した電源対策、エネルギーシステムによる対応は、現在喫緊の課題である東日本の電力需給問題に大きな貢献をなしうるばかりでなく、より災害に強いシステムを構築し、将来のわが国

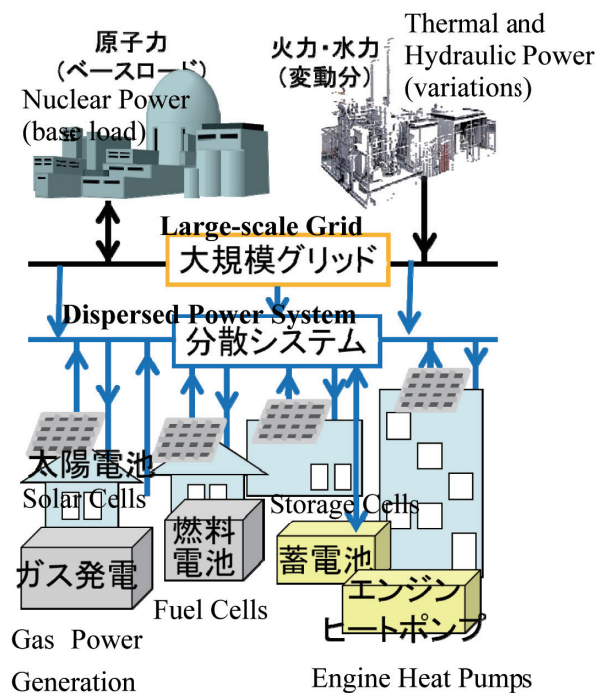
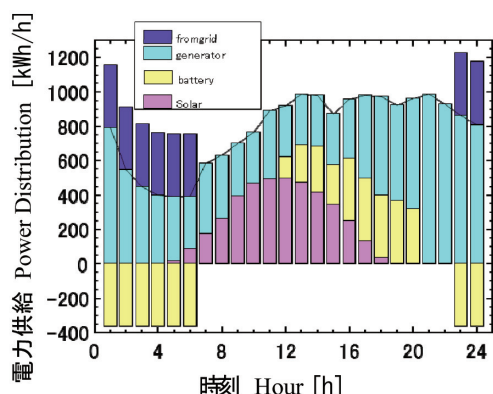


図1 分散電源と大規模電源による電力供給
Figure 1. Power distribution through a large-scale grid and dispersed power system.

のエネルギーシステムとして、最終的にゼロ炭素化を目指す、より望ましい方向に向かう方策であることがわかる。現在はエネルギー供給上の危機であるけれども、エネルギーシステムの特徴を理解し、分析したうえで適切な対応を社会の側でとることによって、これを有効な機会ととらえることもまた可能なのである。

Generators+Storage Cells+Solar Power, Clear summer day

発電機+蓄電池+太陽光, 夏、晴天



Generators+Storage Cells+Solar Power, Rainy summer day

発電機+蓄電池+太陽光, 夏、雨天

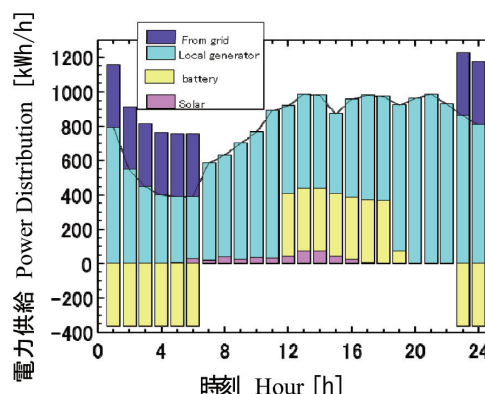


図2 分散電源の組み合わせによる電力供給 /

Figure 2. Power distribution using a combination of dispersed power systems.

In the aftermath of the 2011 Tohoku earthquake and tsunami, a stringent power conservation and development of new power sources were implemented to prepare for the risk of resultant power shortages and large-scale power outages. In particular, despite high expectations for natural energy, including solar power, the idea that solar power should replace large-scale power sources is risky from the perspective of stable power distribution; such replacement could actually increase the frailty in power distribution. Moreover, if the nuclear energy utilities are scaled back due to concerns about nuclear power and the dependence on thermal power for power generation increases, then the long-term management of the global environmental issues will become difficult. Power distribution problems that occur in disastrous earthquakes cannot be resolved using only the concept of recovering large-scale, centralized power sources. In reality, amid calls for denuclearization, many outdated thermal power plants are fully employed, and only a small amount of solar power generation has been implemented. Under these circumstances, almost all consumers are being thrown into absurd situation—they are forced to live with restricted power and rising electricity costs, while fearing power outages.

To solve these problems, herein we propose to actively implement small-scale dispersed power systems from the viewpoint of consumers. Dispersed power systems include small-scale power generation (such as gas cogeneration), fuel cells, solar power generation, storage cells, and gas heat pumps. Various types of products and technologies, which are available for residential, commercial, and small-scale business use, can be promoted for immediate utilization without developing new products or technologies. Although it is hard to assess the current use of these dispersed power systems from the viewpoint of capability for electricity distribution, they are promising options that are available now to address real concerns about stable power distribution and shortages in the absolute amount of distributable electricity. Moreover, these systems have completely different characteristics in terms of capability for electricity distribution from the reinforcement of power plants by electric companies.

The lack of perspective of both consumers and vulnerable people with regard to power conservation is often a forgotten issue. During a shortage in the absolute amount of electricity due to shutdowns of nuclear power plants, a uniform goal of power conservation is set, and energy conservation has to be practiced regardless of need or ability to cope. Therefore, residential consumers and businesses with poor capabilities of dealing with energy conservation may suffer serious health or business operation problems, respectively. In particular, people at medical facilities, families with infants, and elderly households are the most vulnerable because people with poor health, very young children, and the elderly are most susceptible to variations in room temperature caused by conservation or outages and may suffer from health problems such as heat stroke. For example, the decline in service quality due to power conservation measures like elevator stoppages is a real issue in medical facilities. Thus, vulnerable people should be protected by preferentially

installing small-scale power generation systems into medical and welfare facilities as well as childcare centers. Such systems may work efficiently even in areas where the infrastructure is damaged and functions are reduced (e.g., disaster sites). Needless to say, these systems can continue to be used even when the demand becomes tight or power outages occur in the large-scale power grid.

Japanese industries have contributed extensively to achieving the stringent power conservation target by drastically and systematically shifting working days or hours. The electricity supply and demand is indeed tight, but this burden can be significantly relieved by reducing peak usage or absorbing variations in hourly electricity usage. However, service industries have to meet customers' needs and cannot freely change working hours like manufacturing industries. Consequently, it is difficult for service industries to implement a peak shift such as adopting summer time hours in business operations or assigning holidays on working days. Service industries depend heavily on energy to provide services, and cannot save energy without degrading customer services. Additionally, tertiary industries constitute more than half of GDP and work force in Japan, and thus, to prevent a decline of the nation's economy, electricity conservation cannot be forced upon them. Therefore, off-grid private power systems can also be useful for tertiary industries.

Because it is impossible for the power grid to store electricity, a basic rule is to carefully control the supply and demand of electricity at all times (right time, right quantity). Therefore, maintaining a reserved capacity of electricity along with an absolute amount is indispensable to secure a stable electricity supply. Overall service quality, assurance of the system's durability against power outages, and load reduction and stabilization of the electric power grid, should improve through the rapid implementation of individual private electricity sources and hot-water air conditioners (although the electricity generating capacity itself is not large), but not through strengthening the supply capability of electricity based on new construction of power plants. These small-scale power-generation devices provide electricity systems with special features that significantly differ from electricity systems comprised of existing large-scale power plants.

First of all, because these small-scale power-generation devices are not directly connected to the electricity supply grid, they are independent of the supply system and do not demand energy from the viewpoint of the power grid. For example, when a solar-cell owner operates air-conditioners directly using electricity generated by one's own solar cells, it does not stress the power grid, but rather decreases demand from the viewpoint of the large-scale power grid. Hence, installation of small-scale power-generation devices would promptly respond to individual demands by preventing a tight supply and demand regardless if power conservation is in effect. Additionally, these small-scale devices can increase the generating capability and help stabilize the power grid. As a consequence, implementation of these consumer power-generation devices equally helps conserve power and reduce consumption. In particular, air conditioning in the summer and heating in the winter are the major factors for electricity demand variations, especially daily and seasonal variations. By compensating for these variations with power generation using gases and other fuels, the peak demand for electricity should be reduced. Moreover, small-scale power-generating devices allow individual users to continue their lives and economic activities without worrying about the supply and demand on the power grid.

Compared to the construction of power plants, which typically requires at least several years, increased production and implementation of existing devices can be achieved on the order of several months. Overall the Japanese electrical supply can be recovered in a different manner than what is achievable from new power plant construction. Furthermore, individual power sources are robust against disasters such as predicted aftershocks. These small-scale power sources are often used as cogenerators, which can also utilize heat. The overall heat efficiency of cogeneration systems can exceed 80%, which is much higher than that of the latest thermal power generation, and fuel gases produce less carbon dioxide than heavy oil or coal, which is desirable in terms of environmental impact. Fuel cells have even higher power generation capacity, but they remain expensive. Briefly, utilization of cogeneration should lead to energy conservation and a low carbon society even if fossil fuels are used.

A new electricity system constructed in this manner is a combination of the existing large-scale power generation grid and small-scale power generation systems directly connected to individual consumers. Eventually the new system will be adaptable to electricity supply and demand situations on the consumer side, and will differ from the existing large-scale electricity dependent systems. Figure 1 depicts the conceptual diagram of the new system. Implemented power sources will be used individually, but if they are connected with each other or to the electric power grid, the system will also have a capability to more stably manage both the power sources and the electric power grid.

Promoting the implementation of renewable energy such as solar energy and wind power is reasonable to address an electricity shortage; however, renewable energy has drawbacks such as it can be an unstable factor for the electric supply grid and cannot sufficiently manage electricity demands. The advantage of a dispersed system is its capability to absorb these variations at the termini of the system. Utilization of storage cells is also recommended as load leveling and power outage countermeasures. Uninterruptible power supply (UPS) systems using lead, nickelmetal hydride, or lithium ion are already commercialized, and larger-scale cells such as sodiumsulfur (NaS) cells are anticipated. These larger scale cells may effectively increase the daytime electricity supply by charging at night. Additionally, they may stabilize the system and help users combat power outage without increasing the total generated power. Figure 2 shows examples

of the supply patterns of the integrated system composed of the grid, generators, storage cells, and solar power.

Renewable power sources and storage cells basically respond to the demand of end consumers as dispersed power. In addition, once these renewable power sources are connected to the electricity supply grid, the grid will be able to enjoy load leveling and as-needed reverse power flow. Moreover, consumers will be able to prepare for power outage while continuously depending on the grid. This system as a whole is more robust than existing systems that depend on large-scale grids, and can distribute electricity to meet customer demand even when the supply is tight, strengthening the grid's resistance to instabilities.

Such dispersed power systems are highly compatible with more desirable zero-emission energy systems. Hence, fuel cells and solar power can be incorporated into a long-term plan. In particular, a small-scale system can maintain and improve the basic system configuration. An advantage of a small-scale system is that older equipment such as engine generators, which have an expected service life of about 10 years, can be replaced with newer and more efficient technologies such as fuel cells. Such short-term measures will help society to prepare for a clean energy system.

The proposed power management and energy system-based measures can contribute to solving urgent problems of the electricity supply and demand in eastern Japan as well as serve as a promising approach to prepare a zero-carbon society by establishing a power supply system robust against disasters, which is highly desirable for Japan. Although Japan currently faces an energy supply crisis, this crisis may be a good opportunity to establish a better society by analyzing the properties of the current energy system and implementing the appropriate measures against disasters.

2030年までの電力需給シナリオ / Prospect of Electric Power Supply and Demand until 2030

京都大学大学院エネルギー科学研究科 / Graduate School of Energy Science, Kyoto University

石原慶一 / Keiichi ISHIHARA

京都大学グローバル COE プログラム「地球温暖化時代のエネルギー科学拠点」では 2100 年時点での温室効果ガス排出を限りなくゼロに近づけるためのエネルギーシステムについて調査と議論を重ねてきた。2030 年のエネルギー需要目標は、政府の「エネルギー基本計画」（2010 年改定）や「長期エネルギー需給見通し」（2009 年再計算）で発表されているが、今回の東日本大震災に伴う福島第一原子力発電所の事故にともない、エネルギー計画の見直し、とりわけ今後の原子力発電計画への影響が予想される。また、今回の事態で太陽光、風力などの新エネルギーおよび電力の安定供給にも国民の期待が寄せられているが、現状においては定量的な評価はあまりなされていない。そこで、当プロジェクトでは、将来のエネルギー計画を構想するための基本情報として、シナリオ設定に基づく電力需給と二酸化炭素排出量について緊急に調査を行った。

シナリオ設定

原子力発電導入量

原発 1. 太平洋岸の原子力発電所の廃炉、40 年を超える原子炉の廃炉、および新設計画の中止（14 基 1434 万 kW）

原発 2. 40 年を超える原子炉の廃炉および建設計画の遂行（46 基 5035 万 kW）

原発 3. 50 年までの寿命延長および建設計画の遂行（54 基 6075 万 kW）

太陽光導入量

最大 1 億 kW まで導入可能（NEDO、産総研、環境省の下位見積もりに相当）

風力発電導入量

最大 5000 万 kW まで導入可能（NEDO 中位見積もりに相当）

電力需要

需要 A: 現状維持

需要 B: 15%削減（節電の推進。現状の東京電力管内で昨年度実績の 15%減が実現されている）

需要 C: 30%削減（節電の推進、省エネルギー設備の開発普及、分散小型電力の普及）

その他、水力発電 2000 万 kW、揚水発電 2700 万 kW、不足分は火力発電で補うシミュレーション

2001 年のアメダスデータより太陽光発電量、風力発電量を時間単位で推定し、電力需要を満たすように 1 年間 365 日シミュレーションを行い、停電が起こらないように電力調整を行い、火力発電の必要量を算出し、それぞれの年間発電実績を調査した。また、火力発電の発電量より二酸化炭素は排出量を推定した。

結果

原発 1（原子力発電縮小）を選択し、かつ二酸化炭素排出量 30%削減を実行するためには 30%の需要削減をする必要があるが、原発 2（安全安心な原子力発電）を選択すれば、現行の需要量を賄っても二酸化炭素排出量を 50%以上削減する事が可能である。

結論

- ・温室効果ガスの削減目標を維持しつつ、安定した電力システムを構築するためには、原子力発電を全くなくす事は容易ではない。
- ・自然エネルギーを大量導入した場合、天候不良時のために水力、火力発電などの調整電力源が必要となる。
- ・温室効果ガスの削減と原子力発電の縮小のためには需要の削減が必要となる。

Through the Global COE Program, "Energy Science in the Age of Global Warming," Kyoto University has been studying and discussing energy systems to reduce the emission of greenhouse gases to as close to zero by 2100. The Energy Basic Plan (revised in 2010) and Long-term Energy Supply Demand Outlook (reevaluated in 2009) published the supply and demand target for energy in the year 2030. However, the accident at the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant caused by the 2011 Tohoku earthquake and tsunami may lead to the revision of the current energy plan, especially the future plans for nuclear power plants. Although this accident has triggered Japanese people (and others around the globe) to hope for a stable power supply from new energy sources (such as solar and wind power), only a limited number of these other sources have been quantitatively analyzed to date. To obtain basic information toward formulating future energy plans, we urgently evaluated the power supply and demand as well as carbon dioxide emission by assuming several probable scenarios.

Proposed scenarios

Amount of implemented nuclear power generation

Nuclear scenario 1: Decommission all nuclear power plants on the Pacific coast, decommission all the nuclear reactors over 40 years old, and terminate the construction plans of new nuclear power plants (14 reactors, 14.34GW will be available)

Nuclear scenario 2: Decommission all nuclear power plants over 40 years old, but pursue new nuclear power plant construction plans (46 reactors, 50.35GW will be available)

Nuclear scenario 3: Extend operation life to 50 years and pursue new nuclear power plant construction plans (54 reactors, 60.75GW will be available)

Amount of implemented solar energy

Up to 100GW can be implemented according to the lowest estimate by the New Energy and Industrial Technology Development Organization (NEDO), the National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST), and the Ministry of the Environment of Japan.

Amount of implemented wind power generation

Up to 50GW can be implemented according to the medium estimate by NEDO.

Scenarios on electricity demand

Demand scenario A: Maintain the current level of electricity consumption

Demand scenario B: 15% reduction (Tokyo Electric Power Company has achieved a 15% reduction compared to last year.)

Demand scenario C: 30% reduction (promotion of electricity reduction, development and commercialization of energy saving facilities, commercialization of compact distributed power sources)

Other sources: hydroelectric power generation (20GW), pumping-up hydroelectric power generation (27GW); Shortages will be covered by thermal power generation.

According to data provided by the Automated Meteorological Data Acquisition System (AMeDAS) in 2001, the amounts of solar and wind power generation were evaluated by the hour. Then the daily energy production amounts were simulated for 365 days, yielding the annual energy production. In this simulation, the amount of thermal power generation was adjusted to avoid power outages. Carbon dioxide emission was estimated based on thermal power generation.

Results

If nuclear scenario 1 (reduction in nuclear power generation) is chosen and a 30% reduction in carbon dioxide emission is to be achieved, the total electricity demands need to be reduced by 30% .

If nuclear scenario 2 (safe and secure nuclear power generation) is chosen, more than a 50% reduction in carbon dioxide emission is possible while maintaining the current level of electricity demands.

Conclusions

- It is difficult to completely terminate nuclear power generation, while simultaneously establishing a stable electric power grid and maintaining the greenhouse gas reduction target.
- Large-scale implementation of natural energy requires adjustable electric power sources such as hydroelectric and thermal power generation in the case of inclement weather.
- To reduce both greenhouse gases and nuclear power generation, demand for electric power must decrease.

京都大学グローバル COE プログラム「地球温暖化時代のエネルギー科学拠点」のご紹介 / Introduction to Kyoto University Global COE Program "Energy Science in the Age of Global Warming"

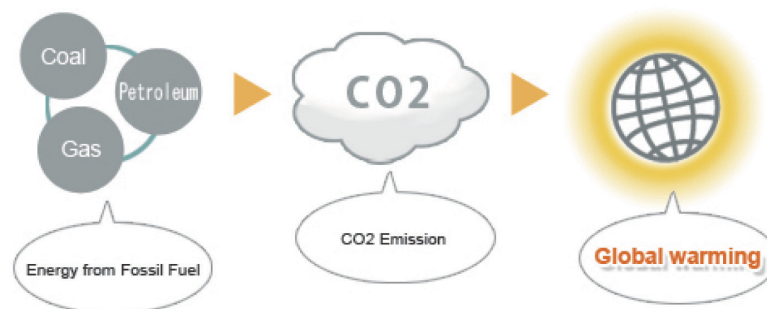
プログラムの背景 / Background of the Program

エネルギーの確保並びに環境の保全は、人類の持続的な発展のための最も重要な課題です。近年地球温暖化による気候変動が容易に認識されるまでに進行し、その原因として、二酸化炭素に代表される温室効果ガス(以下 CO2 と略記) 排出がほぼ確実視される事態に陥っています。CO2 排出を如何に抑えるかが、世界にとって喫緊の問題になっています。エネルギー問題は、単に技術だけの問題ということではなく、そこには社会や経済の要素も大きく関係します。ここに、理工学に社会科学と人文科学の視点を加えた学際・複合領域としての「低炭素エネルギー科学」の確立が必要となってきます。

平成 20 年度より、京都大学エネルギー科学研究科、エネルギー理工学研究所、工学研究科原子核工学専攻、原子炉実験所の 4 部局が合同し、更に経済研究所からも参画し、総合大学の特性を生かし全学的な支援のもと、文部科学省グローバル COE プログラム「地球温暖化時代のエネルギー科学拠点 - CO2 ゼロエミッションをめざして」を進めています。

Securing energy and conservation of the environment are the most important issues for the sustainable development of human beings. Until now, people have relied heavily on fossil fuels for their energy requirements and have released large amounts of Greenhouse gases such as carbon dioxide (abbreviated to CO2 below). CO2 have been regarded as the main factor in climate change in recent years. It is becoming a pressing issue in the world how to control over the CO2 release. The energy problem cannot be simply labeled as a technological one, as it is also deeply involved with social and economic elements. It is necessary to establish the "Low carbon energy science" in the interdisciplinary field adding the social science and the human science to the natural science.

From FY2008, four departments of Kyoto University, Graduate School of Energy Science, Institute of Advanced Energy, Department of Nuclear Engineering, Research Reactor Institute have joined together, and also with the participation from Institute of Economic Research have been engaging in "Energy Science in the Age of Global Warming - Toward a CO2 Zero-emission Energy System " for a Global COE Program of the Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology under the full faculty support taking advantage of characteristics of the university.



プログラムの概要 / Program Overview

本プログラムは、2100 年までに、化石燃料に依存しない CO2 ゼロエミッションエネルギーシステムに到達するシナリオの実現に向けた技術の創出・政策提言を行いうる教育者・研究者・政策立案者を育成する国際的教育研究拠点形成を目的としています。本プログラムでは、図に示すように、教育を行う GCOE 教育ユニットを中心に据え、シナリオ策定から、エネルギー科学研究、評価と互いに関連させながら、推進しています。シナリオ策定研究グループでは、CO2 ゼロエミッション技術ロードマップの作成並びに CO2 ゼロエミッションシナリオを策定しています。社会の価値観や人間行動学の面からも分析を行っています。研究を通じた教育の場として、最先端重点研究クラスターを設け、エネルギー社会・経済研究、並びに、太陽光エネルギー研究、バイオマスエネルギー研究、及び先進原子力エネルギー研究をシナリオ策定研究グループのロードマップに連携させて推進しています。評価においては、学内、学外、国外のアドバイザーとの意見交換を通じて、シナリオのチェック、教育、研究の見直しを行い、拠点運営を進めています。グローバル COE の中心課題である教育においては、エネルギー科学 GCOE 教育ユニットを設置して博士後期課程学生を選抜し、人材を育成しています。CO2 ゼロエミッションをめざした、理工学研究分野に人文社会科学研究分野を含む総合的なグループ研究を、学生自らが自主的に企画実施しています。シナリオ策定に

参加し、他分野研究者との相互交流を体験し、エネルギーシステム全体を俯瞰する能力を獲得し、更に各専門研究へ反映します。これは人材育成の大きな特徴となると考えられます。人類の生存にかかわる様々なエネルギー・環境問題に対して、幅広い国際性と深い専門性をもって社会の要請に応えるとともに、自然環境と人間社会との調和を図りながら、創造性と活力にあふれる 21 世紀社会を先導する若手研究者の育成を行います。

プログラムの活動は、随時ホームページ (<http://www.energy.kyoto-u.ac.jp/gcoe/>) で公開しております。是非お立ち寄りください。

This program aims to establish an international education and research platform to foster educators, researchers, and policy makers who can develop technologies and propose policies for establishing a scenario toward a CO2 zero-emission society no longer dependent on fossil fuels, by the year 2100. In the course of implementing the Global COE, as is shown in figure, we place the GCOE Unit for Energy Science Education at the center, and we proceed from the Scenario Planning Group, the Advanced Research Cluster to the Evaluation, forming mutual associations as we progress. The Scenario Planning Group sets out a CO2 zero emission technology roadmap and establishes a CO2 zero emission scenario. They will also conduct analysis from the society values and human behavior aspect. The Advanced Research Cluster, as an education platform based on research, promotes the socio-economic study of energy, study of new technologies for solar energy and biomass energy, and research for advanced nuclear energy by following the roadmap established by the Scenario Planning Group. Evaluation is conducted by exchanging ideas among advisors inside and outside of the university and from abroad, to gather feedback on the scenario, education, and research.

For education, the central activity of the Global COE, we establish “the GCOE Unit for Energy Science Education” and select students from the doctoral course, and foster these human resources. The students plan and conduct interdisciplinary group research containing both the social and the human science and the natural science toward CO2 zero emission at the initiative of the students themselves. The students will acquire the faculty to survey the whole “energy system” through participation in scenario planning and interaction with researchers from other fields, and apply it to their own research. This approach is expected to become a major feature of human resources cultivation. We will strive to foster young researchers not only who will be able to employ their skills and knowledge with a wide international perspective as well as expertise in their field of study in order to respond to the needs of the society in terms of the variety of energy and environmental problems, but who will also lead people to a 21st century full of vitality and creativity, working towards harmony between the environment and mankind.

Information and activities of the Program are available in our website (<http://www.energy.kyoto-u.ac.jp/gcoe/en/>).

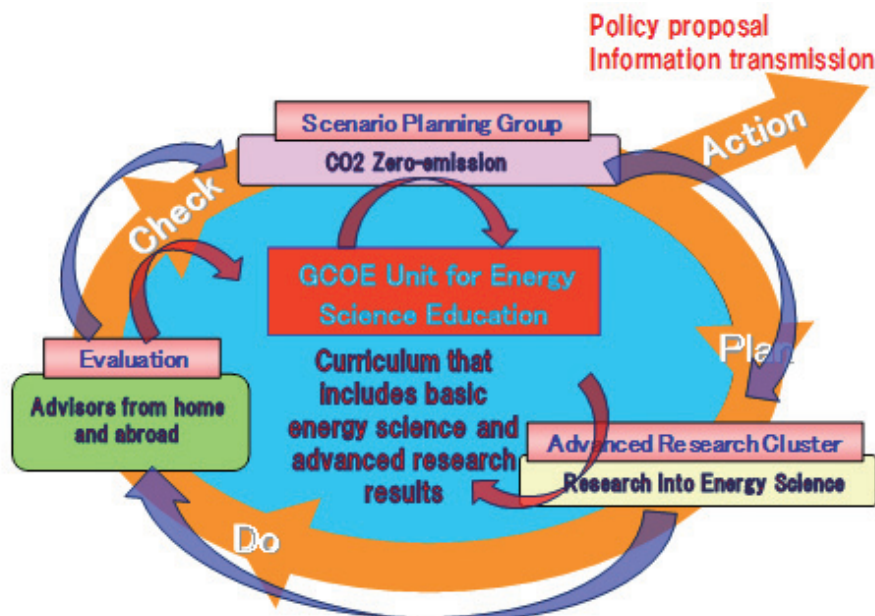


図 拠点プログラムの全体像 / Figure Full picture of the Global COE.

2011年11月30日発行

京都大学グローバル COE プログラム「地球温暖化時代のエネルギー科学拠点」ニュースレター

発行人：八尾 健（拠点リーダー、京都大学大学院エネルギー科学研究科）

〒606-8501 京都市左京区吉田本町 京都大学大学院エネルギー科学研究科グローバルCOE事務局

TEL: 075-753-3307 / FAX: 075-753-9176 / E-mail: gcoe-office@energy.kyoto-u.ac.jp

<http://www.energy.kyoto-u.ac.jp/gcoe/>

Issued on November 30, 2011

News Letter of Kyoto University Global COE Program, “Energy Science in the Age of Global Warming”

Editor: Prof. Dr. Takeshi Yao (Program Leader)

Yoshida Honmachi, Sakyo-Ku, Kyoto 606-8501, Japan

大学院エネルギー科学研究科 / Graduate School of Energy Science

<http://www.energy.kyoto-u.ac.jp/>

エネルギー理工学研究所 / Institute of Advanced Energy

<http://www.iae.kyoto-u.ac.jp/>

大学院工学研究科原子核工学専攻 / Department of Nuclear Engineering

<http://www.nucleng.kyoto-u.ac.jp/>

原子炉実験所 / Research Reactor Institute

<http://www.rri.kyoto-u.ac.jp/>