

報 告

エネルギー科学・技術についての  
アジア諸国との連携強化



平成23年（2011年）8月2日

日 本 学 術 会 議

総合工学委員会

エネルギーと科学技術に関する分科会

本報告は、日本学術会議総合工学委員会 エネルギーと科学技術に関する分科会での審議の結果をまとめ公表するものである。

日本学術会議 総合工学委員会 エネルギーと科学技術に関する分科会

委員長	井上 孝太郎	(連携会員)	(独) 科学技術振興機構上席フェロー
副委員長	二ノ方 寿	(連携会員)	東京工業大学原子炉工学研究所教授
幹事	高橋 桂子	(連携会員)	(独) 海洋研究開発機構地球シミュレータセンターマルチスケールモデリング研究グループリーダー
幹事	伊藤 公孝	(連携会員)	自然科学研究機構核融合科学研究所フェロー・教授
	伊藤 早苗	(第三部会員)	九州大学応用力学研究所主幹教授・伊藤極限プラズマ研究連携センター長
	笠木 伸英	(第三部会員)	東京大学大学院工学系研究科教授
	柘植 綾夫	(第三部会員)	芝浦工業大学学長
	矢川 元基	(第三部会員)	東洋大学計算力学研究センター長・同大学大学院教授
	山地 憲治	(第三部会員)	(財) 地球環境産業技術研究機構理事・所長
	石谷 久	(連携会員)	一般社団法人 新エネルギー導入促進協議会代表理事
	犬竹 正明	(連携会員)	東北大学電気通信研究所客員教授
	柏木 孝夫	(連携会員)	東京工業大学統合研究院教授
	鈴置 保雄	(連携会員)	名古屋大学大学院工学研究科教授
	田島 道夫	(連携会員)	宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究所専任教授
	架谷 昌信	(連携会員)	愛知工業大学工学部機械学科特任教授・総合技術研究所長・総長補佐
	三間 囿興	(連携会員)	光産業創成大学院大学 特任教授
	本島 修	(連携会員)	国際核融合エネルギー機構 機構長
	門出 政則	(連携会員)	佐賀大学海洋エネルギー研究センター長
	山本 一良	(連携会員)	名古屋大学理事・副総長(兼) 大学院工学研究科教授

報告の作成にあたり、以下の方々にご協力いただきました。

飯吉 厚夫	(連携会員)	学校法人中部大学理事長・中部大学総長
小林 敬幸		名古屋大学大学院工学研究科准教授
竹内 佐和子		パリ日本文化館 館長

松村幸彦  
山口真史

広島大学大学院工学研究院教授  
豊田工業大学大学院工学研究科主担当教授

## 要 旨

### 1 作成の背景

アジア諸国のエネルギー消費量が急増し、世界的なエネルギー資源の逼迫や、環境問題に大きな影響を与えている。また、アジア諸国は、エネルギー産業についての大きな市場である一方、石炭、バイオマス、太陽光発電の適地などのリソースの豊富な国もあるとともに、科学・技術及び産業を推進する能力を高め連携のパートナーとして重要な位置を占めつつある。さらに、火力発電の排気による汚染や今般日本で発生したような原子力事故は隣国に被害を及ぼしたり不安を与えたりする。これらの問題に対処するには、アジア諸国との連携が有効であり、必要である。しかるに、我が国のエネルギー科学・技術に関するアジア諸国との連携は、欧米諸国とのそれに比べ不十分と言わざるを得ない。そこで、「エネルギーと科学技術に関する分科会」では、アジア諸国との連携の現状及び今後のあり方について審議し、報告としてまとめた。

### 2 現状及び問題点

開発途上国に対するエネルギーシステムなどの社会インフラの提供は、製造・管理・運営を一体で行うことが重要であるが、我が国ではそれらの技術・経験を個別の組織・企業が所有している。また、我が国で産業が発達している分野では企業が中心的な役割を果たしてきたが、新たな環境問題への対応や我が国とアジア諸国との市場や環境などの違いのため、新たなブレークスルー技術を必要とするものがある。これら、産業化までに長期間を要する研究開発、あるいはリスクの大きな研究開発は、企業が単独で行うことが難しいケースが多い。科学・技術・産業の発展と我が国の優位性の確保および国際貢献を考慮した産・学・官の戦略的な取り組みが必要である。

### 3 まとめ

主な報告事項は以下の通りである。

- (1) エネルギー資源の大量消費に伴う需給の逼迫と環境問題の発生およびそれへの対処について、アジア諸国は世界的に大きな位置を占め始めており、それらの国々との関わり方は、これらの問題の解決と日本の将来に大きく影響する。アジア諸国との連携は、エネルギー資源や環境問題の解決、安全・安心の確保とともに、相手国の開発支援、我が国の科学・技術及び産業の発展なども視点に入れながら、長期にわたってWin-winかつ相互信頼の関係を構築できるように、産・学・官が協力し、戦略的かつ良心的に推進すべきである。アジア諸国から見れば、エネルギー科学・技術に関し世界的に高いレベルにある我が国との連携は、エネルギー資源の節減、新しいエネルギー資源の開発、技術・産業の振興、人材の育成、環境の保全、安全・安心の確保などのメリットがあろう。また、そうでなければならない。
- (2) エネルギー科学・技術についてのアジア諸国との関わり方は、技術指導、技術移転の

段階から互惠・協働・対等な経済取引の段階、さらに一部では競合の段階に来ている。実用化あるいはそれに近い段階にある技術、機器、システムはアジア諸国の企業と競争・競合しているものも多く、技術流出などにより国益に反することがないように留意する必要がある。技術移転・普及が速やかかつ Win-win の状態で行えるような仕組みの構築も重要な研究対象になる。核融合のように、実用化までに長期の研究開発を要するものは、この点で共同研究を行ないやすい。ただし、原子力システムや核融合などの技術は、軍事技術、機微技術として海外への流出が禁じられているものもあるので研究者、研究機関は十分注意を要する。安全や核不拡散に関する考え方やそれを維持する仕組みも共有するようにすることも必要である。

(3) エネルギーに関する研究開発や事業を進めるとき、日本の市場やリソースだけではなく、世界の市場、リソースを考えることは当然である。例えば、バイオマス資源、太陽光、石炭などはアジア諸国に大きなリソースがあり、技術・産業の市場としても巨大である。また、膨大な社会インフラの整備や産業部門、民生部門の投資も開始・急拡大されつつある国が多い。そこでは、求められる技術が我が国や欧米の工業先進国で開発、普及されてきたものとは異質であることが多い。我が国が有する優れたエネルギー科学・技術をベースに、それぞれの国、地域の状況に適した技術を開発することにより、海外展開で出遅れ感のある日本が優位に立てる可能性がある。これらの研究開発はその国の市場や環境を熟知した相手国と協働で行うことが有効である。研究開発での協働は、市場の開拓、相互のリソースの有効活用、科学・技術の発展、共通技術基盤の構築と標準化、日本をよく知った相手国人材の育成、国際的に活躍できる日本人材の育成につながり、永続的な共存共栄に資する。また、我が国は、大規模なエネルギーシステムについては、製造と管理・運営の経験や技術をそれぞれ別の企業・機関が有していることが多く、新規にインフラを整備しようとしている国に対して一体として提供できる体制を組む必要がある。

(4) 我が国では、エネルギー科学・技術に関する研究開発の多くが企業で行われ、大学での活動が相対的に低下してきている。しかしながら、大学は人材育成における主要な機関であるとともに、依然として多くの有能かつ多彩な人材を擁し、新しい発想に基づくブレークスルー技術の研究開発、リスクのある研究開発、長期間を要する研究開発において重要な役割を持つ。さらに、研究開発の国際化、特にアジア諸国との連携という点から見ると、多くの留学生、留学経験者や研究仲間などを通じ強力な人的ネットワークあるいはそのポテンシャルを有する。また、東日本大震災などにおいて明らかになったように、我が国は、「予想を超えた」事態に解決をもたらす創造力ある人智、今後のエネルギー政策などを客観的にできる立場の有識者を必要としている。即ち、エネルギー分野の研究開発におけるアカデミアの活躍が要求され期待できる時機にあると言えよう。さらに、天然資源に恵まれない我が国は、二次、三次産業とそれを支える技術、人材でつねに世界をリードする立場であらねばならない。特にエネル

ギー科学・技術についてはそれが言える。それに応えるためには、海外での共同研究開発とともに、国内にその中心となる研究拠点、共同研究拠点、大型研究施設を形成・設置し、情報と、優れた人材、研究開発資金を集結することが重要である。産・学・官は連携し早急に体制を整えるべきである。

## 目 次

1	はじめに.....	1
(1)	背景.....	1
(2)	連携強化の意義.....	2
2	連携の現状と推進策.....	4
(1)	火力発電.....	4
①	連携の必要性.....	4
②	連携の現状.....	4
③	今後の連携推進.....	5
(2)	原子力発電.....	6
①	連携の必要性.....	6
②	連携の現状.....	7
③	今後の連携推進.....	8
(3)	核融合システム.....	9
①	磁場核融合.....	9
②	レーザープラズマ／核融合.....	11
(4)	太陽光発電.....	13
①	連携の必要性.....	13
②	連携の現状.....	14
③	今後の連携推進.....	14
(5)	バイオマス・エネルギー.....	15
①	連携の必要性.....	15
②	連携の現状.....	15
③	今後の連携推進.....	16
(6)	エネルギー利用.....	17
①	エネルギー利用技術と今後の取り組み.....	17
②	エネルギー利用技術の国際展開.....	18
3	まとめ.....	22
	<参考文献>.....	24
	<参考資料1> エネルギーと科学技術に関する分科会 審議経過.....	25
	<参考資料2> 電力輸送－エネルギースーパーハイウェイ構想.....	26
	<参考資料3> アジアにおけるレーザープラズマ／慣性核融合の研究動向.....	30
	<参考資料4> 2章（3）核融合に関する参考図表.....	32
	<参考資料5> 中国におけるクリーン・エネルギー開発の状況と連携.....	34
	<参考資料6> 連携協力における知財権と安全保障の問題.....	39

## 1 はじめに

### (1) 背景

アジア諸国は、世界の人口の56%を有し、急速な経済成長によって、その動向が世界に大きな影響を及ぼす存在になってきた。特に、エネルギーに関しては、アジア諸国の消費量の急増が世界的なエネルギー資源の逼迫や、環境問題を引き起こす一方、科学・技術及び産業を推進する能力を高めてきている。また、火力発電の排出ガスの汚染や、原子力事故などは隣国の安全と安心を脅かす。我が国は、アジア諸国から多数の留学生を受け入れては来たが、科学・技術に関する連携は、欧米を中心とした、いわゆる工業先進国との連携に比し、不十分と言わざるを得ない。

日本学術会議「エネルギーと科学技術に関する分科会」では第20期の検討課題のひとつとして「アジア諸国との連携」を取り上げ、アジア諸国と連携すべき技術課題及び推進方策について議論し、分科会の記録に残し[1]。また、平成21年4月、日本学術会議では、「日本の展望—学術からの提言2010」のひとつとして「人間中心のアジア、世界に活躍するアジア—互恵・互啓・協働の精神にもとづいて」を公表した[2]。その中に、環境・エネルギー分野におけるアジア諸国との連携について概況が示されている。第21期において、エネルギーと科学技術に関する分科会では、それらを踏まえ、アジア諸国との連携の必要性、現状及び今後のあり方をさらに深く検討することが重要と考え、報告としてまとめることにした。

日本政府には、近隣のアジア諸国との包括的な連携の強化を目指した「東アジア共同体」の構築を目指す構想もある<sup>1</sup>。エネルギーに関しては、「日本の優れた科学技術により開発途上国の温室効果ガスの排出量の削減に寄与する」ことを表明している<sup>2</sup>。また、日本の技術・産業の将来を考えると、アジア諸国は、エネルギー産業の大きな市場、生産拠点として期待されるほか、協働すべき優れた人材が育ちつつあること、再生可能エネルギーとして有望視されるバイオマス資源などの大きなポテンシャルを有する国があるなど大きな魅力がある。したがって、環境を含む世界的エネルギー問題の解決と、日本の技術・産業の海外展開、さらには世界で活躍できる人材の育成のために、日本が有するエネルギー分野の優れた技術をベースに、アジア諸国と連携し、エネルギーに関する科学・技術の研究開発を強力に推進し、普及すべきと考える。このことが日本の科学技術全体を発展させることにもつながる。

他方、アジア諸国から見れば、エネルギー科学・技術に関し世界的に高いレベルにある日本との連携は、エネルギー資源の節減、エネルギー資源の開発、産業・技術の振興、人材の育成、環境の保全、安全・安心の確保などのメリットがあろう。また、そうなるように推進することが重要である。

---

<sup>1</sup> 2009年9月の日中首脳会談など

<sup>2</sup> COP15 (2009年12月)

## (2) 連携強化の意義

エネルギー科学・技術についてのアジア諸国との連携の意義は以下のようにまとめることができる。

- ① 我が国の経済は、2次、3次産業に依らざるをえず、それらの産業とそれを支える優れた科学技術の振興、人材の育成が最重要ともいえる課題である。なかでも、環境問題への対処を含むエネルギー分野は、今後いっそう重要性を増すことは疑いない。我が国は、エネルギー科学・技術において世界的に優位にあり、今後さらにこの分野において世界をリードすることを目指すべきである。そのためには、特に今後エネルギー需要の大幅な増加が見込まれるアジア諸国との連携強化が必須である。
- ② エネルギー資源の需給の逼迫および温室効果ガスである二酸化炭素の排出量の増大は、工業先進国における化石燃料の大量消費のうえに、開発途上国、特に中国、インドを始めとしたアジア諸国の消費量の急増が加わったためであり、アジア諸国の協力なしには改善されない。また、環境問題や事故は隣国の安全・安心を脅かし、その対処には連携が不可欠である。
- ③ 我が国はエネルギー転換、エネルギー利用などエネルギー分野において、優れた技術を数多く有するが、国内での適用だけでは量的に限界がある。したがって、技術・産業の海外展開が重要であるが、海外展開は欧米に比して全般的に遅れていると言わざるを得ない。特に我が国と地理的に近く、大きな市場・生産地かつ重要なパートナーとなりつつあるアジア諸国への展開を強力に推進すべきである。他方、いわゆる先進国が所有する技術をそのまま外国に移転してもうまくいかないケースが多く、我が国が有する技術をベースにそれぞれの国、地域の状況に適した技術を開発することにより、先進国間の競争においても優位に立てる可能性がある。これらの研究開発はその国の市場や環境を熟知した相手国と協働で行うことが有効である。研究開発での協働は、相互のリソースの有効活用、双方の産業の活性化はむろん、共通技術基盤の構築、人的なつながりの強化、相手国の日本をよく知った人材の育成につながり、永続的な共存共栄に資する。また、我が国がこれから必要とする国際的に活躍できる研究者、技術者の育成に役立つ。
- ④ 我が国が努力し開発してきた技術がほとんど無償の形で流出したり、逆に世界標準から外れ埋没したりする恐れがあるが、大きな市場であるとともに科学・技術面でも世界的に重要な位置を占めつつあるアジア諸国との連携を戦略的に推進することにより、技術が適正に評価されるとともに、世界標準へと育成されることが期待できる。
- ⑤ アジアには、高温多湿の気象条件にあり、化石資源代替の有力な候補であるバイオ

マス資源の生産について大きなポテンシャルを有する国がある。同様に、太陽光発電に適した日射量の多い、広大な乾燥地を有する国もある。我が国は早急に国際的研究開発拠点を整備するとともに、それらの国々と早急に共同研究を本格化し技術を共有すべきである。

- ⑥ 我が国の大学などの教育研究機関は、数多くの人材を有するとともに、海外からの留学生や学会活動などを通じてアジア諸国との人的つながりが多く、協働が行いやすい基盤が出来ている。今世紀の最大の課題のひとつであるエネルギー問題に立ち向かうため、産・官・学が協力し、長期的視野をもってエネルギー科学技術におけるアジア諸国との連携をはかり、飛躍的に強化することを期待したい。

## 2 連携の現状と推進策

エネルギー科学技術は、その内容が多岐にわたっており、それぞれの研究開発の段階、実用化までの道筋、アジア諸国との連携の経緯や今後のあり方などが異なり、一概に論じえないところもある。そこで、まずは代表的な分野における事例を、主にアカデミアの役割を中心に挙げる。この報告では、それぞれにおける連携の状況、課題、推進策などを検討し、共通点や特異点を明らかにすることによって、将来の包括的な方策検討の基盤を提供することを目的とする。なお、エネルギー科学技術の多様性の故に事例として総てを網羅することは困難なため、水力や風力等は今後の検討課題とした。

### (1) 火力発電

#### ① 連携の必要性

火力発電は自動車と並んで化石燃料消費が最も多い部門であり、エネルギー資源の節減および環境保全の面で、その効率化、クリーン化は極めて重要である。電力は、利便性に富み、使用時点で化学物質を排出しないなどクリーンなこともあって、その使用量は、加熱、動力、照明などの直接的なエネルギー利用のみならず、情報、通信などでの利用も加わり、さらに経済水準、生活水準の向上とともに拡大しつつある。地球環境問題となっている二酸化炭素排出量の削減のためには、発電は抜本的な解決策である原子力、自然エネルギーなどに転換することが望ましいが、その経済性や技術水準、地域特性、資源量などから、しばらくは化石燃料使用の火力が主力となることが避けられない。特に成長の著しい新興国、開発途上国は過去に建設された比較的低効率の火力発電所、それも石炭火力発電所が現在も多数存続しており、その効率向上や排出ガスのクリーン化は、全地球的な環境問題を解決するためにも極めて重要である。特に、アジア地域で成長の著しい中国、東南アジア諸国、インドなどの改善は重要である。さらに、アジア諸国の火力発電の効率向上やクリーン化に関する技術援助、技術提供、さらには共同研究開発の推進などの連携モデルが構築できればそれは南米や将来はアフリカまで適用可能であり、今後の我が国経済の活力維持にも有効である。石油、天然ガスの燃焼効率向上のための耐熱材料開発等も重要な課題であるが、ここではアジア諸国で使用量が多く、改善の余地が大きな石炭を中心として議論する。

#### ② 連携の現状

現在、この分野で我が国は既存の技術をベースとして、主に個々の企業、あるいは経済産業省などの各種プロジェクトを通じて相手国と連携し、開発を進めているケースが多い。しかしながら、将来ともに我が国が優位性を維持・確立するためには、地球環境問題や資源問題の緩和、および現地に適合するための新しいブレークスルー技術の開発とそれを支える相手国および日本の人材育成システムを構築することが喫緊の課題と考える。

我が国では必ずしも必要がない、あるいは成立しにくい相手国では重要な技術課題

も存在する。たとえば、低品位炭の改質技術などがそれで、現在インドネシアと共同で開発が進められている。これは、水分の多い褐炭を高効率の微粉炭燃焼火力発電で利用するための技術で、国支援のプロジェクトとして企業が中心になり、相手国の関係研究機関とともに開発を進めている。

こういったアジア諸国を始めとする新興国を対象とした火力発電にかかわる技術連携では、ハードウェアの技術とともにシステム維持、運用の効率化、安全、環境管理の強化などのノウハウも重要である。

### ③ 今後の連携推進

これらの新たな技術開発は、これまで我が国では脇役的な存在であったアカデミアの参画の機会となる。企業が中心になる既存技術の移転・普及、改善などのプロジェクトにおいても研究教育機関がコミットすることにより、この分野におけるアカデミアを含めた我が国の研究開発の活性化、および若手人材育成の育成に役立つ。具体的には、企業と大学の新たな共同研究はむろん、大学から企業への派遣、国際プロジェクトへの参加（相手国の研究者についても）などを人材育成の道具として強化することが有効であろう。

研究開発テーマとしては、石炭ガス化、或いは純酸素燃焼など、高効率化と同時に二酸化炭素排出量削減のための CCS (Carbon dioxide Capture and Storage; 炭素回収固定) を念頭に置いた発電技術が主要テーマとして上げられる。CCS 技術は天然ガス火力などにも共通するところがあり先進国でも関心が高いが、東南アジア、中国などでは今後数十年間は石炭が主要な燃料として利用が続くと予想されることから、その効率化、CCS 技術の確立は特に重要である。一方、発電分野の高度の技術テーマと言える材料、燃焼システム、或いは発電機に係わる基幹的な技術などは我が国が今後も重要なノウハウとして保持すべきとの判断もあり得、海外との連携は戦略的に行う必要がある。

我が国の大学では、我が国の技術者、研究者を育成するための教育と連携先の各国の留学生を受け入れての技術の伝達、相手国との人的ネットワークの構築などが行われてきた。今後これを強化していく必要があるが、そのためには学生や若い研究者にとって魅力があるような高いレベルを保つ必要がある。一方で、我が国の大学での研究開発は、火力発電が巨大システムであることから、基礎的な材料、制御機能、システム制御系などの個別技術が中心になっており、システム研究などの大型研究はきわめて低調になっている。また、我が国は個々のエネルギー・環境技術では世界的にトップレベルにあるが、これを総合的にシステムとしてまとめ、海外に展開する技術が弱体で、最終的な主導権を十分執れないと言う反省があり、この面からも、我が国の大学が研究開発と人材育成の両面において力を発揮できるようにすることが重要である。そのためには、産・学・官などによる共同研究、大学における大学間協力を含む大型研究と人材育成の実施体制の構築、国によるファンディングなどによる支援、企業による経験者の大学への派遣、人材教育の一環としての学生や若手研究者の企業への受け入れなどが必要である。

韓国、中国なども同様な志向を持ち、人材も多い。このような状況において、我が国

の技術を向上と海外展開の戦略を立て、それに則って研究開発と教育の体制を強化することが必要である。

## (2) 原子力発電

### ① 連携の必要性

#### ア 連携の意義と前提<sup>3</sup>

原子力発電を始め、研究炉、放射線医療、照射なども含めた原子力分野におけるアジア諸国との連携は、当該国及び世界のエネルギー、環境、医療などの課題の解決、安全の確保などのために重要であり、従来から進められてきた。近年、欧米、新興国を問わず、エネルギー安全保障、地球環境問題解決などに資するために、原子力発電をこれまで以上に強力に推進する計画が具体化してきた。一方、今回の福島第一原子力発電所事故がこうした計画に与える影響は予断を許さず、原子力の利用とその安全性について各国、さらには国際的にも徹底的な議論が行われる事になるだろう。原子力事故は、世界中、特に近隣諸国に被害や大きな不安を与える。今回の事故も踏まえ、我が国は、海外、特に、近隣アジア諸国とも連携し、原子力の推進と安全確保についての考えをまとめ、コンセンサスを得ることが重要である。ここでは、我が国が積み上げてきた技術とともに、今回経験した事故から学んだ教訓を含め、原子力の安全に関する知識や情報を提供し、連携の輪を広げて行くことが必須である。

OECD の国際エネルギー機関 (IEA: International Energy Agency) の予測によると、2050 年までに現在のエネルギー関連の二酸化炭素排出量を半減するためには、現在世界の全発電量の 14% を占める原子力発電量 (370GW) を 2050 年までに 24% (1, 200GW) まで引き上げる必要があるとしている[3]。この中で、原子力発電の大規模かつ急速な拡大を行うとしているのが中国とインドで、2050 年までに世界の原子力発電の 25% 以上を中国が、約 10% をインドが占めるといわれている。原子力発電の導入計画が今後どのようなようになるか、不確かさはあるが、中長期的にエネルギー、環境問題を解決する選択肢のひとつとして検討が続けられる可能性は高い。現に中国は、福島第一原子力発電所事故の後も、原子力発電を計画通り推進していくことを表明している。

中国、インドを代表とするアジア諸国による原子力発電の利用においては、開発と安全規制に関わる優れた人材の確保、当事国の教育水準と安全文化、平和利用への徹底、さらには先に述べたように国際的なコンセンサスが重要な要素である。我が国が有する技術、経験、人材育成プロセス、安全文化は、アジア諸国が原子力利用計画の妥当性を判断し計画を実現する上で有用と考えられ、多くの実績を持つ我が国の大学・研究機関が果たすべき役割は大きい。原子力の利用に関わるノウハウ

---

<sup>3</sup> 本報告の執筆中に東日本大震災と福島原子力発電所の事故に遭遇した。緊急対応並びに事故分析に基づいた科学者コミュニティよりの中長期提言は、日本学術会議原子力事故対応分科会で今後取りまとめられるが、アジアとの連携における今後とも妥当であろう基本的な考え方を本報告で述べる。

は、現在の原子力先進国と言われる欧米・日本などにおいて長年にわたって蓄積されてきたのであり、これらの国の協力なしには、アジア諸国における急速かつ大規模な利用と安全・安心の確保は不可能であろう。事故とそれに対する対処などの経験も重要なノウハウである。

また、我が国は世界で唯一の被爆国であり、非核三原則を標榜し遵守する、先進国の中でも数少ない核兵器非保有国である。50年以上にわたって原子力の平和利用を国是として掲げ、原子力の研究開発において世界をリードする役割を果たしてきた。世界的な原子力エネルギー利用に際しては、我が国は、原子力の安全規制に関わる国際的なルール作りと、教育インフラ整備の協力、人材供給や育成、共同研究等を通じた原子力に関わる技術基盤の構築などについての積極的な貢献に加え、世界に向けて平和利用原則の徹底と核不拡散の劣化防止・強化をより強く主張し、合意を得るようにしなければならない。原子力分野でのアジア諸国との連携は、こうした立場を前提に行うべきである。

## イ アジア諸国の状況と連携

我が国の原子力産業は、これまでの国内向けの姿勢から、アジアにおける巨大市場の出現に応じた外向きの姿勢への転換が検討されている。さらに、これまでは民間のビジネスと捉えられていた売り込み活動に、政府が深く関与するようになった。具体的な例として、ベトナムへの原子力発電所輸出（燃料の安定供給、廃棄物処理も含め）計画に加え、タイの原発導入への協力協定、日印政府間原子力協定などが締結されている。こうした輸出戦略においては、現有の原子力技術で応えるのみでは済まず、燃料供給、使用済み燃料の処理、放射性廃棄物の処理・処分などなどを合わせて提案、協力する必要がある。また、安全性の確保や原子力発電の導入と並行して起きる地域の様々な変化と、それに付随して生起するであろう諸問題を先読みした解決案の準備や提示、原子力エネルギー利用にともなう新たな国家間の関係の構築、アジア諸国が共通の価値を共有するシステムの構築などが、連携の中身として具体化されていくべきであろう。そのためには、官・民に加え、学も従来にも増して重要な役割を果たさなければならない。例えば、安全目標を掲げその目標を実現するのは事業者とその国の責任であるが、これらの目標を実現する人材を供給する源は第一義的には大学である。我が国が主体的に官民に学を加えた協力体制を再構築し、今後さらに強力な連携が望まれるゆえんである。

## ② 連携の現状

アジア諸国における平和利用の原則・核不拡散の枠組み強化の徹底と原子力利用開発に関わる協力との整合性確認は重要な検討課題である。

これまでの目に見える実績として挙げられる人材育成を含む原子力協力については、開発途上国協力問題懇談会の報告書[4]、原子力国際協力専門部会の報告書[5]、ならびに原子力政策大綱(2005年10月14日閣議決定)などで述べられているように、

協力の意義として、世界の安定と平和、各国のエネルギー安全保障と環境問題の解決、知的基盤の形成および経済・社会基盤向上、安全性と核不拡散体制の確立・強化への寄与を行っていることなどが従来は挙げられている。

中国、インド、ベトナム、インドネシアなどとの研究協力、人材育成特に原子力留学生の受け入れの状況、日本原子力研究開発機構などにおける研究開発協力の現状、規制専門家の受け入れ教育の現状、新規導入国からの要望に迅速に応える産官学の体制作りなどについての情勢分析と実績については、日本原子力産業協会が2010年4月にまとめた調査報告書[6]に詳しい。そこにも示されているように、我が国は、原子力発電および放射線利用分野における原子力人材育成ニーズに対し、官民を挙げて広範囲に支援を実施し、これまでの四半世紀の間にアジア諸国から約4,000人を超える研修生を受け入れてきた。その一方で、我が国の原子力技術者の不足、国際舞台で活躍できる若手人材が少なくなっていることが指摘されている。我が国の原子力人材の確保先として、中長期的には近隣アジア諸国の優秀な人材も候補に入れる必要がある。アジア諸国との連携により、日本の原子力界で活動する人材もよりグローバル化する時期になりつつあると言える。

### ③ 今後の連携推進

これまでの我が国の国内向け原子力技術開発と安全規制の努力の成果を世界標準とするためには、そのための課題を早急に同定し解決していくことが重要である。それらには、平和利用に限定される原子力プラントや機器の設計・製作・建設・運転・保守・管理などの原子力関連の技術開発、人材確保・原子力技術者の養成プログラム、安全確保、事故対策、規制制度の充実、安全文化の醸成、重大事故・災害発生時の危機管理体制の一元化および制度化、核不拡散体制の劣化防止などに関わるノウハウが含まれる。

こうしたこれまでの努力を、国外にも向けていくことが急務であろう。アジア諸国の高度な原子力技術者養成のために、従来のように我が国で研修生や留学生を受け入れて教育を行うだけでなく、我が国からの人材派遣も含め直接当該国の教育インフラの整備に協力することも考えられる。このような人材開発のために行う経済・技術協力は同時に相手国の国民の格差是正にも貢献する。とりわけ教育水準の向上や安全文化の醸成、平和利用と核不拡散のためには、人材育成を通して日本が独自の貢献ができること、そのためになすべきことの明確化が重要である。

近年、アジア諸国の研究開発レベルの向上は著しく、共同研究等を通して原子力に関わる技術基盤の構築への積極的な貢献を行う姿が見えてきた。我が国は原子力の安全確保について国際的にも極めて高い基準を品質保証や運転、メンテナンスなどに定めるとともに、それらの基準を満たすために最大限の努力を払ってきたが、今回の福島第1原子力発電所の事故により、それらが必ずしも十分でないことも明らかになった。また、放射性物質の移行挙動のメカニズムや海洋への拡散など巨視的な挙動の解明に加えて、植物、土壌、地下水、野生動物や水産生物への影響を長期間にわたって

調べる必要性も生じている。我が国は、これらの課題についてハード、ソフト両面においてさらにブラッシュアップし、充足する責務がある。さらに、今後、アジア諸国が研究開発に関する対等のパートナーとなることを見越した連携の在り方を考えることも必要であろう。

一方、原子力技術の多くの基本は米国発である。そのため、付随するシミュレーションコードや設計解析コード、安全評価解析コードなど、米国の知的所有権に抵触するものもある。原子炉プラントの輸出に際しては、原子炉設計にかかわる解析コードや熱流動解析コード、多くの安全評価解析コードなどを相手国が利用することが必須条件であり、多くの研究開発努力を純国産あるいは共同開発コードの確立に注ぐことも喫緊の課題である。

原子力協力においては平和利用原則の徹底と核不拡散の劣化防止・強化をより強く主張しなければならない。また、あらゆるものがボーダーレスな世界となりつつある。核燃料や放射性物質についての地域共同管理、さらには全地球的な共同管理の必要性が発生すると考えられる。原子力の利用と安全規制はまさにそのような困難な連携管理を要求する性格のものである。現在は、原子力発電所における核物質および使用済み燃料の管理を含め、国際原子力機関（IAEA）がその役目を果たす立場にある。重要なのは、他の先進諸国とも協力し、まずこのような IAEA の役割が十分に機能するように、我が国がアジア諸国との協力・連携を図ることであり、IAEA の枠に納まらないアジア諸国・地域と原子力エネルギー利用と安全規制に関する共通する課題が生じた場合には協働して解決策を検討することである。ただし、政治体制、社会インフラ、国民の教育レベル・意識の違いなど、各国が有する特殊な事情により協力体制を築くことが困難な場合もあることが多くの専門家から指摘されている[7]。このような障壁が存在するとしても、親身な協力関係、信頼関係が確立されるか、検証しつつ連携を推進することが重要と考える。また、相手国のみでなく我が国における人材確保も含め、大学・研究機関・企業の協力と役割分担、推進策などの検討を、時代の変化とともに継続して行う必要もあることを指摘したい。

### (3) 核融合システム

#### ① 磁場核融合

##### ア 連携の必要性

アジア諸国との連携には様々な動機があろうが、未踏の先進科学・技術の場合にはそれに特徴的な動機がある。我が国の研究水準の向上に併せてアジアの水準が高まり、研究パートナーが増えることが、核融合の実用化をより確実なものにすることになる<sup>4</sup>。例えば、ITER（国際熱核融合実験炉）計画において、中国や韓国が財政面も含め対等なパートナーとして参画するに至ったが、これは、我が国および世

---

<sup>4</sup> 核融合エネルギー開発においては、「今後の核融合研究開発の推進方策について」（原子力委員会核融合専門部会）において、「21世紀中葉までに実用化の目処を得るべく研究開発を促進する必要がある」とされている。

界の核融合研究を加速することにつながる。核融合研究に関するアジア諸国との協力を、今後さらに我が国の発展に活かすには、各国に育ってきた多くの優れた人材を我が国に結集するという展開にする事が望ましい。我が国が、アジア諸国との連携を強固なものにし、エネルギー科学・技術において、世界のリーダーの位置を確立し、世界を牽引していくためには、大型研究施設を含む研究開発拠点、知的拠点を国内に構築することが有効と考える。

## イ 連携の現状

核融合エネルギーの開発研究は、ITER 計画の始動によって新たな局面を迎えた。エネルギー増倍率<sup>5</sup>Q ~ 1 相当のプラズマは、日本の JT-60U、EU の JET、米国の TFTR の三大トカマク装置で既に研究され、長時間の高温プラズマも我が国の LHD 装置（ヘリカル型）を始め世界で実現されている。ITER は核融合エネルギー実用化のマイルストーンである Q=10 の状態を数百秒実現し、更に Q=5 の燃焼状態を数千秒維持する事を目的としている。

世界の研究のパワーバランスも転換期を迎えた。ITER のパートナーは、日本、中国、韓国、インド、ヨーロッパ連合 (EU)、米国、ロシアの 7 極であるが、アジアが 4 極と過半数を占める。また、将来のデータベースを作る研究装置としても、ITER のほかに、上記の三大トカマク装置の次世代の超伝導コイルからなる装置として、EAST (中国)、KSTAR (韓国) が稼働し、日本では JT-60SA 装置の建設が開始された。超伝導の大型ヘリカル装置 LHD も含めて超伝導の磁場閉じ込め装置による核融合実験研究がアジアに集中的に展開している (参考資料 4 の表 4.1 参照)。我が国の計画には海外の研究者が多数参加しているが、中国や韓国も、科学技術のレベルが高まり、研究者を惹き付ける拠点としての実力が、日本に迫ろうとしている。研究発表についても、国際的学術誌で中国の研究者が寄与する論文数は我が国に迫りつつある (参考資料 4 の図 4.1 参照)。研究者数、研究施設、研究投資、研究国際交流、基礎となる技術力、研究成果、大学院での核融合教育プログラム等の点から見て、磁場核融合研究におけるアジアの牽引力が高まっている。核融合研究の代表的国際会議である IAEA 主催の核融合エネルギー会議が 2006 年に中国で、2010 年に韓国でそれぞれ初めて開催されたのもそうした状況を表している (日本では、1974、1986、1998 年に開催)。中国や韓国、インドがパートナーとして ITER 計画を支える (日本は準ホスト国として先導) という段階まで発展したのは、我が国との協力によるところが大きい。中国とは様々な二国間協力を行っている。現在中国を代表するトカマク装置 EAST と HL-2M の実験統括者は、いずれも我が国の JT-60 にて実験を学んだ研究者であり、多くのリーダーが日本原子力研究所、我が国の大学、核融合科学研究所などにおいて研鑽を積んできた。JSPS の支援による日中拠

<sup>5</sup> エネルギー増倍率とは核融合エネルギー分野において、原子核融合反応を起こすために投入したエネルギーと核融合反応で発生したエネルギー比率を指す。Q 値と呼ばれる。Q=1 のときを臨界プラズマ条件と呼ぶ。

点大学方式学術交流事業は、日本側の費用負担が大きな協力形態ではあるが、10年のスケールに亘って研究者が交流し（2009年度の実績で年間156人）、成果が実っている。韓国との二国間協力についても日韓核融合協力事業（2009年度実績で年間86人交流）等多くの成果がある。例えば韓国のKSTAR装置は、我が国のLHD製作で培った技術を参考にし、JT-60からの加熱装置のイオン源や高周波発生装置の貸与あるいは技術的指導を通して初期加熱性能の向上を果たす等、我が国の先行技術を活用している。日本原子力研究開発機構や大学等は実験初期から加熱装置や計測装置やプラズマ実験の立ち上げに多くの人的貢献を行い、トカマク本体の建設から実験計画立案と遂行、理論研究に至るまで先方の育成に活かされている。

## ウ 今後の連携推進

こうした現状と実績にたつて、今後のアジア地域での研究開発の協働的推進について、いくつかの視点を述べる。

- ・ 日中、日韓の研究協力事業では、従来は援助の側面が大きかった。その事業は上述のように成功し、核融合研究におけるアジアの位置を高めるために役だった。急速な進展を鑑み、今後は双務的なものに重点が移るべきだろう。均衡のとれた協力を今後継続する事で、我が国にも得るところが大きい。
- ・ 中韓は、我が国からの協力援助を活用するとともに欧米の協力を積極的に導入している。中韓の研究進展においては日欧米の競争という意味もあった。アジア内部で技術力が平準化しつつある現在の状況を踏まえ、今後の協力においては、アジア諸国に対してもという事を含め、我が国が長期的にリーダーシップをとれるようにする事を配慮した計画が求められる。我が国が先駆けて企画し、科学的レベルの高くなったアジア諸国との連携を我が国が主導することがますます重要である。
- ・ 科学的権威の維持という事に関し、我が国における国際拠点の強化が不可欠である。我が国にアジアさらには世界各国から人材が集まった知的生産の場をつくり、国際的な研究協力を行うことに加えて、外国の資金を集めて施設・設備を作るといふことの重要性を強調したい。実例として、核融合研究に関する「幅広いアプローチ」に関する日欧の共同事業が実現しており、ヨーロッパからの投資が行われ、前記 JT-60SA の建設や青森県六ヶ所の国際核融合エネルギー研究センターが始動している。こうした実例を活かす事が有意義である。

## ② レーザープラズマ／核融合

### ア 連携の必要性

先端科学技術として高強度レーザーとその応用研究活動が、インドならびに東ア

ジア諸国において高まっている。特に、高強度レーザーによるプラズマ発生とそのエネルギー科学技術への応用に関する大型研究プロジェクトの動向が注目される。レーザー核融合の大型施設による研究は、日欧米が先行して始まり、その後 1990 年前後より中国、韓国、インドで大型施設が整備され国際的に注目される研究成果を上げるようになった（参考資料 3 ならびに参考資料 4 の表 4.2 参照）。

ここでは、これら 3 カ国の研究の動向と展望および我が国との連携の現状と課題を整理する。

## イ 連携の現状

高出力レーザーやレーザープラズマ研究については、1980年代から1990年代にかけて、我が国と中国、韓国、インド等との研究所間での研究協力や人材交流が進められた。この間の交流は我が国の開発途上国に対する科学技術支援の色彩が強い。21世紀に入りアジアの研究開発が急速にレベルアップし、国際化したことを受けて、双方向型の研究交流に移行し、政府間協定や複数拠点間の包括的プログラムに基づく連携が開始した。

例えば、核融合分野における日中拠点大学交流事業が、日本学術振興会と中国科学院の支援を得て、2003 年より開始された。本プログラムは、我が国の自然科学研究機構核融合科学研究所と中国の等離子体物理研究所が拠点となり日中の関係大学と研究機関が連携して推進している。このプログラムでは、磁気閉じ込めおよび慣性核融合の炉心プラズマ、核融合炉工学、高温プラズマ応用、高温プラズマの理論シミュレーションなど 7 項目につき包括的な研究協力が進んだ 2002 年から 2006 年までの第 1 期 5 年間の計画が終了し、2007 年から 2011 年までの第 2 期 5 年間の計画が進んでいる。ITER、LHD に代表される磁場閉じ込め核融合にしる、レーザー核融合に代表される慣性核融合にしる、日中の研究グループはともに世界の第一線で活躍しており、日中拠点大学交流事業は互惠の国際協力となっている。

また、日本－韓国－中国の教育科学技術関連局長級会議に基づく 3 カ国の交流事業（関係機関：日本：原研関西研究所、大阪大学、核融合科学研究所、中国：上海光机所(SIOFM)、北京物理研究所(IOP) が発足し、高強度レーザー科学に関する研究交流や共同研究が進んでいる。

## ウ 今後の連携推進

上記の 3 カ国の交流事業は既に 10 年近い活動となっており、今までの成果を評価し、今後の活動の意義と方向性を見直す時期に来ている。

例えば、さらに高いレベルでの研究交流を実施できる研究ネットワークを構築することがのぞまれる。ネットワークでは、研究資源の共有や、大学院生、若手研究者の流動化を促進し、連携して人材養成に当たる等の活動が期待される。EUにおけ

る高出力レーザーネットワークでは、バーチャルラボLaserlab Europe<sup>6</sup>に27研究所、大学が加わり、メガジュール級レーザー建設を提案する次期レーザー核融合プロジェクトHiPER<sup>7</sup>やExa Watt laser で極限レーザー科学を切り開くExtreme light infrastructure (ELI)<sup>8</sup>などの連携が強力に進んでいる。アジア地域にも、ネットワークや学会活動として、Asian Intense Laser Network (AILN)<sup>9</sup>、アジアプラズマ核融合学会(APFA: Asian Plasma Fusion Association), Asia Pacific Plasma Theory Conference (APPTC) やAssociation of Asia Pacific Physical Societies (AAPPS)が組織され定期的に会合が持たれているが、その活動は限定的である。ヨーロッパの例に見る様な、連携してインフラストラクチャーを整備し、人材養成を行なう等、より一層深く踏み込んだ活動の展開が期待される。なお、他の原子力分野と同様、レーザーやレーザープラズマ生成等の先端科学技術の連携においては、知財権の確保と国際的な安全保障を十分配慮して、研究ネットワークの高度化を推進する必要がある。(参考資料6参照。)

#### (4) 太陽光発電

##### ① 連携の必要性

我が国が太陽光発電の研究開発、大規模な太陽電池の生産、システムの導入・普及を通して、低炭素社会の実現に貢献する上で、下記の理由により、アジア諸国との連携が重要ある。

第一の理由は、世界人口の半分以上を占めるアジア諸国での化石燃料消費が急増しており、アジア諸国での化石燃料から再生可能エネルギーへの転換が望まれることである。中国を例にとると、2010年までの第11次5カ年計画で太陽光発電設備容量は約300MWだったものが、次の第12次5カ年計画では目標を5GWにするなど急増している(参考資料5参照)。従って、太陽光発電システムの導入・普及に実績を有する我が国が、アジア諸国と連携して、アジア諸国での導入・普及を支援し、低炭素社会の実現に貢献することが期待される。上記を換言すると、人口の多いアジア諸国は、太陽光発電の大きな市場として期待でき、我が国は輸出や現地生産を通じて、太陽電池および太陽光発電システムの大きな産業を形成できる可能性があるということである。

第2として、技術開発と生産における技術移転や競争の問題がある。我が国の太陽光発電の研究開発は35年以上の実績を有するのに対し、中国等は、研究開発の実績がほとんどないまま、欧州や豪州からの技術移転と欧米や我が国が開発した製造装置を導入することで、安い人件費のもと、太陽電池生産量を世界一にまで伸ばし、フィードイン・タリフ(固定電力買い取り制度)を進めている欧州等への輸出を進めてい

<sup>6</sup> <http://www.laserlab-europe.eu/>

<sup>7</sup> <http://www.hiper-laser.org/>

<sup>8</sup> <http://www.extreme-light-infrastructure.eu/>

<sup>9</sup> <http://www.asianlasernet.org/ailn/>

る。中国のこのような動きは、欧米や我が国が、自国の産業の育成のことも考え電力の消費者に負担をかけているフィードイン・タリフ制度の趣旨に反する。公平性のためには、同じような制度を導入するなどの協議も必要である。

また、アジア諸国での今後の太陽光発電の大量導入のためには、低コスト化に加えて、高性能化、長寿命化、メンテナンスフリー等が不可欠である。こうした方向性を見据えて、我が国は、アジア諸国と連携して、研究開発や技術移転、現地生産を進め、太陽光発電の導入・普及を目指すべきである。

## ② 連携の現状

連携作業は、国際協力機構（JICA）、新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）などの枠組みを用いて進められている。JICAの事業<sup>10</sup>として、太陽光を活用したクリーンエネルギー導入計画、環境プログラム無償資金協力部資金協力事業（太陽光発電関連機材）促進のためのプロジェクトなどがある。政府開発援助（ODA）事業<sup>11</sup>として、タイでの無電化校への太陽光発電機設置計画やミャンマーのマンダレー管区における太陽光発電を利用した給水計画などがある。NEDOの事業<sup>12</sup>として、日本の様々な技術をアジア諸国をはじめ世界各地で展開し、国際標準化や日本の産業振興とともに、地球規模のエネルギー・環境問題の解決とエネルギー安定供給への貢献を目指した最新グリーンテクノロジーや太陽光発電システム国際共同実証開発事業がある。このうち、アジア地域での最近の主なものは、中国、シンガポール、マレーシアでのスマートグリッド、インド、インドネシアでのスマートコミュニティ、タイでのエコタウンなどがある。このように、当初の開発途上国への支援的なものから、最近では、エネルギー・環境問題の解決や我が国の産業振興を目指した、事業が展開されつつある。この他、我が国ならびに各国の大学や研究機関の研究者による共同研究もある（参考資料2を参照）。

## ③ 今後の連携推進

太陽光発電分野におけるアジア諸国との連携は、世界的視野での低炭素社会の実現に加えて、我が国と相手国の国益も十分考慮して戦略的に進めるべきである。具体的には、(i)集光型太陽光発電等の大規模太陽光発電システムやスマートコミュニティ等の実現、(ii)我が国が蓄積する太陽光発電システムの設置技術、系統連携やシステム安定化技術等をもとにした、アジア諸国での太陽光発電の大規模導入、(iii)我が国が優位な太陽電池の高性能化、長寿命化技術等をもとに、現地のニーズに合わせた技術、システムとするためのアジア諸国との共同研究開発や現地生産合同事業の推進、(iv)国際標準化、ライフサイクル・アセスメントや信頼性センターなどの共同事業の推進、(v)人材育成や技術基盤醸成のための大学、国立研究所レベルでの共同研究や

<sup>10</sup> <http://www.icons.co.jp/>

<sup>11</sup> <http://www.mofa.go.jp/mofaj/gaiko&5Coda/>

<sup>12</sup> [http://www.nedo.go.jp/activities/introduction8\\_06.html/](http://www.nedo.go.jp/activities/introduction8_06.html/)

共同教育プログラムの推進等が考えられる。

## (5) バイオマス・エネルギー

### ① 連携の必要性

バイオマスは再生可能かつ炭素中立であるという理由によって、その導入・普及が世界的に進められている新エネルギーであるが、我が国がバイオマス資源の有効利用を考える上で、アジア諸国との連携は重要である。

その第一の理由は、我が国のバイオマス資源量は有効利用量として1EJ<sup>13</sup>程度であり、我が国の1次エネルギー供給量の5%程度に過ぎず、大規模の利用を進めようとすると海外のバイオマス資源の利用を考えざるを得ないことである。

第二の理由は、我が国のバイオマスの処理場一カ所あたりの収集量は数10 t/日が一般的であり、これ以上の規模の収集は容易でないため、スケールメリットが期待できず、変換のエネルギー効率は低く、変換コストは高くなってしまい、競争力を持つバイオマス製品を得ることができないことである。

第三の理由は、我が国のバイオマス原料はコストが高く、これが製品コストを押し上げてしまうことである。これは、諸外国と比較して高い人件費や、高い輸送コストなどに起因するものであるが、バイオマス製品の競争力を低下させることになる。

対照的に、アジア諸国においては、資源量として豊富なバイオマスが存在し、比較的容易に大量のバイオマスを収集することが可能であり、人件費も燃料コストも比較的安価なために、バイオマスの収集、利用が容易である。我が国の近くにおいて、このようにバイオマスが有効利用しやすい地域があることを踏まえると、アジア諸国のバイオマスを利用して、我が国にも、アジア諸国にも有効なWin-winの関係を結ぶことを戦略的に考えるべきである。特に、これらの国は、エネルギー消費が増大し、二酸化炭素排出量が増えており、バイオマスの生産国であると同時に消費国ともなる。

### ② 連携の現状

実際の連携作業は、国際協力機構（JICA）、科学技術振興機構（JST）、新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）などの枠組みを用いて進められている。主要なメンバーは我が国ならびに各国の大学や研究機関の研究者が多く、共同研究においては研究そのものを行うとともに、これを通してのネットワークの確立や、実用化への展開がはかられている。ただし、政府間での合意に基づいた推進は必ずしも多いとは言えず、各国の研究者の個人レベルの協力に基づいた事業も多い。

ここでは、共同研究事例として、アジアのほとんどの国が参加しているバイオマスASEANならびにアジアの持続可能バイオマス研究を紹介する。

これは、文部科学省の科学技術振興調整費等を用いて産業技術総合研究所が中心と

---

<sup>13</sup> EJ(エクサジュール) はエネルギーの単位。1リットルの水の温度を1度上げるためには、およそ4,200J(ジュール)のエネルギーが必要。E(エクサ)というのは、10の18乗。

なって進められた[8]。この一連のプロジェクトは、ASEAN およびその周辺国のバイオマス利活用技術の方向性を検討したもので、アジアを3つの地域に分け、地域に最適なバイオ燃料製造技術の調査と適合技術の抽出を行った。この他、マレーシア・プトラ大学(UPM)の連携研究施設(Biomass Technology Centre)の開設、関連した技術開発、さらにバイオマスアジアワークショップの開催など、継続的な連携を進めている<sup>14</sup>。また、JST-JICA が連携して推進している地球規模課題対応国際科学技術協力SATREPSは、研究費が不足しがちな開発国側の研究費をODAで支援するという仕組みで、アジア諸国とのバイオマスに関する共同研究として現在までに2件のプロジェクトが発足し、1件が準備中である<sup>15</sup>。

アジア諸国との連携については、プロジェクト予算期間のみ実施されることが多いが、ボランティアベースで継続的に連携を進めている事例がある。東京大学や広島大学が連携したアジアバイオマス協議会は、平成18年のバイオマス・アジア・フォーラムでの東京宣言を踏まえて結成された。日本および中国、韓国、台湾、フィリピン、インドネシア、マレーシア、タイ、ベトナムの計9カ国のメンバーが参加し、ホームページの整備と、メーリングリストによる情報共有を進めている(現在227名が登録)<sup>16</sup>。このホームページの管理は現在日本エネルギー学会バイオマス部会が請け負っており、アジアバイオマスハンドブックの日本語版と英語版、タイ語版が公開された[9、10]。日本におけるバイオマス関連の情報なども流され、アジアにおけるバイオマス関係者の間の情報共有に役立っている。

### ③ 今後の連携推進

バイオマスに関するアジア諸国との連携に際しては、まず、持続可能性・経済性・エネルギー収支・土地生産性・水生産性などの条件を満たし、食料問題や、開拓による環境破壊、肥料による温室効果ガス増大などを誘起しないよう[1]精査し、その上で、アジア諸国にも我が国にも有効なWin-winの関係を結ぶことを戦略的に考えるべきである。Win-winの関係の可能性としては、(i)バイオマス製品の日本での直接的な利用、(ii)先進国の資金によるバイオマス生産国での利用や生活水準向上の促進、(iii)これによる削減量をCDM(Clean Development Mechanism)などの京都メカニズムによって我が国が排出権として確保する仕組み、(iv)我が国の先進的なバイオマス利用技術を輸出して標準化や世界をリードするセンターとなる仕組みなどがある。これらのいずれにおいても、アジア各国の状況をよく理解し、適切な協力関係が作れるように情報を整理し、人材育成を含めた共同作業を進めていくことが求められている。

共同研究においては各プロジェクトにおいて予算が打ち切られるとプロジェクトが尻すぼみになりやすいことにも注意する必要がある。これを改善するひとつのしく

<sup>14</sup> [http://www.biomass-asia-workshop.jp/biomassws/06workshop/index\\_jp.html](http://www.biomass-asia-workshop.jp/biomassws/06workshop/index_jp.html)

<sup>15</sup> [http://www.jst.go.jp/global/kadai/h2110\\_thailand.html](http://www.jst.go.jp/global/kadai/h2110_thailand.html)

[http://www.jst.go.jp/global/kadai/h2106\\_vietnam.html](http://www.jst.go.jp/global/kadai/h2106_vietnam.html)

<sup>16</sup> <http://aba.jie.or.jp/>

みとして、取得したデータや報告書などをデジタル情報として整理し、利用しやすくする方法がある。現在、アジアのバイオマス関連情報は新エネルギー財団がデータベース化を進めているが、より多くの予算を投じてプロジェクトのリストアップと整理、報告書へのリンクの設定などの拡充をはかることが求められる。また、各機関の国際プロジェクト対応のシステムを充実させることが重要である。このほか、卑近なことではあるが、プロジェクト採択から実施までの期間短縮、事務職員の英語能力向上等も求められる。

## (6) エネルギー利用

### ① エネルギー利用技術と今後の取り組み

#### ア 全般的な特性と基幹産業における現状

エネルギー消費についての現在の最大の課題は消費量を削減して資源の逼迫緩和と二酸化炭素排出量の削減に貢献すること、即ち省エネと二酸化炭素排出の少ないエネルギー源への転換を進めることである。化石燃料は、主に、発電、加熱、還元のプロセス、熱機関による動力などに利用されている。これらの消費は、発電部門（これも最終的には他の部門で消費される）のほかに民政部門、産業部門、運輸部門に分けられる。我が国では、動力の大きな部分が自動車を中心とする運輸部門で全体の約 20%をしめるが、自動車関係はメーカーが独自に行っているものが多いので、ここでは民政部門、産業部門について論じる。電力は、空調、加熱、動力、照明、情報などに使われるなど利用範囲が広い。我が国でエネルギー消費の 40% 近くをしめる産業部門では上記の加熱、還元、発電が混在するが、動力、空調など民生部門と同様な電力消費も多い。この需要構造は、国によって異なるが、開発が進むに従って似通ったものになる傾向がある。産業部門における大口のエネルギー消費は還元目的であるが、これらの産業は歴史も長く、企業を中心に効率向上が進められてきたが飽和傾向にある。我が国は、省エネ技術において世界のトップレベルにあるとともに、高度の技術が広く普及していることもあって、エネルギー生産性は優等生と言われているが、エネルギー・環境問題の解決及び国際的な優位性の確保のためにはさらにそのブレークスルーも重要である。

現在、産業部門におけるエネルギー利用技術の研究開発は企業が中心になり、大学・研究所はほとんどが要素技術の基礎研究を担っている状況である。プロセスの巨大化による研究施設とそれに伴う必要予算の大型化、大規模組織の構築の困難さ、さらには大学自体が基礎的研究を指向する傾向にあることなどがその理由である。他方、今後我が国の産業の優位性を保つ技術のブレークスルーや人材の育成供給のためには大学における研究開発の活性化が期待され、大学の企業との新たな連携が不可欠と思われる。たとえば、製鉄業などでも大幅な二酸化炭素排出量の削減を目指した水素還元製鉄や CCS など従来にない抜本的な技術、研究開発を国家プロジェクトとして開始している。また、大きな市場となりつつあるアジア諸国に適合する技術、製品の開発が大きな課題である。これらは多様な研究者を擁する大学などの

ポテンシャルを生かすことが重要であろう。そのためには、組織、国のファン드를始め、産・学・官の協力によりそれが可能となる環境を構築する必要がある。

他の産業技術としては省エネ技術、管理技術などがある。これらの技術はいわゆる民生部門と共通するものが多い。このような省エネを推進し、的確なシステムを選択、実現するシステム技術者の育成も教育機関として必要であるが、この種の人材の育成は基礎理論と現場での知見、経験とが要求されるため、大学からの現場への派遣および社会人教育の形でのレベルの維持、フォローアップを行うことも有効と考えられる。海外のレベルアップも同様で、外国人学生も含めて広く社会人教育を通じて省エネ技術を向上、普及させることは極めて有効である。

## イ 民生部門の状況

民生部門のエネルギー消費では最近空調と熱需要での削減が重要と見なされている。また、電力需要と熱需要などを総合的に管理最適化するスマートグリッドの構築などが話題を呼んでいる。民生部門においても、個々の製品の省エネ技術は企業の内部で独自に研究されるものが多く、大学は、ほとんどが機能材料の開発やシステムの基礎研究に限定されている。

他方、エネルギー資源の保全と二酸化炭素排出量の大幅削減を目指すエネルギー・環境技術は技術障害の高い革新的技術である。また、アジア諸国をはじめとした新しい市場に適応した技術、製品の開発と普及、およびそのための人材の育成が急務になっている。この状況は、産業部門と同様であり、アジア諸国との連携と産・学・官の協力とが不可欠である。

## ② エネルギー利用技術の国際展開

中国、インドなど急速な経済成長を推進するアジア諸国において、民生部門のエネルギー消費が急増している。これらの国々の経済成長とエネルギー資源の節減、温室効果ガスの排出量の抑制の両立に対し、我が国の技術が、どこまで寄与できるか、どのように寄与するかは大きな問題である。

我が国のエネルギー技術を国際協力の枠組みで活用することについては、従来原子力や再生可能エネルギーなど、発電部門の技術に注目が集まっていたが、それとともに、エネルギー利用効率を高める省エネ技術の海外展開が大きな効果があるとして期待が寄せられている。

エネルギー利用の最終効率については、(i) 多様なニーズに見合う技術やシステムをどう選択し評価するのか、(ii) エネルギーマネジメントの国際標準や、排出権取引などの国際的認証制度にどうつなげるのか、というような論点が重要である。これらの議論に資する全体的なフレームワークの設定や、方法論の開発が必要である。ここでは、JST と JICA が連携し推進している地球規模課題対応国際科学技術協力

SATREPS<sup>17</sup>のひとつである「インドにおける低炭素技術の適用プロジェクト」における研究をもとに、技術の国際展開にかかわる課題を述べる。

## ア エネルギー技術の選択と評価にかかわる問題

エネルギー技術を国際協力の枠組みのなかで活用するためには、効果を上げる技術を選択するとともに、その効果を把握できるようにすることが肝要である。

技術の選択については、これまでの CDM の採用件数からみると、省エネルギー技術などの需要サイドの技術は全体の 10%以下[11]であり、省エネが進んだ国から、途上国への技術移転もほとんどなかった。これに対し、IEA、IPCC、国際連盟、世界銀行などが、電力需要の最終利用効率の標準化を進めるべきだという議論を展開し[12-15]、利用効率の改善こそがエネルギー需要の大幅な減少につながるという見解を示したことをきっかけに、工場、住宅などの需要サイドの効率についての関心が高まった。

多様なニーズに見合う民生部門の技術やシステムの選択の例として、アジア諸国のエネルギー利用の現状と課題に基づいた例を説明する。

アジア諸国から日本の技術<sup>1)</sup>をみると[16]、技術が高く大きな効果があるものとして高効率ヒートポンプ・蓄熱システム技術などが魅力的と思われる。生産現場では、温熱の取り出しに、重油式ボイラーが広く使われており、加熱や給湯などのプロセスで、重油から別の熱源への代替とその効率向上により、省エネ、二酸化炭素の削減が大幅に改善できる可能性が高い。一方、冷却技術については、工場における排熱利用を含めて、温熱と冷却の両方の熱サイクルを利用したヒートポンプ・蓄熱技術の採用を検討する必要がある。エネルギー技術の国際展開については、(i)工場現場における重油に代わる代替燃料の開発と、(ii)ヒートポンプなどによる温熱、冷却の熱サイクルの利用、の二つの技術およびその組み合わせなどが効果的と思われる。

## イ 国際的認証制度にかかわる課題、評価方法

次に、省エネルギー技術の海外移転・普及の促進、国際認証システムの在り方について検討する。

ポスト京都議定書における議論の混乱の一因は、二酸化炭素削減に関するグローバルな評価指標が事実上存在しないことにある。我が国の技術の移転・普及戦略として、まずは、省エネルギー技術の評価システムの確立と認知度の向上、官民ジョイント型の投資スキームの開発、投資環境を整備するための標準化戦略などの方向性を検討する必要がある。特に、COP (Coefficient Of Performance : 成績係数<sup>18</sup>) などエネルギーの需要サイドの動きを制御する方法がどの程度有効か、それが二酸

<sup>17</sup> <http://www.jst.go.jp/global/about.html>

<sup>18</sup> 冷暖房機に対しては定格エネルギー消費効率とも呼ばれる。

化炭素排出量削減にもたらす影響について多面的かつ詳細に検討すべきである。

ここで問題なのは、評価方法に関する制度上のアーキテクチャーである。日本政府が提唱したセクター別アプローチのメリットについては評価が一定しなかった。これに代わるものとして、一定の規模、例えば特別経済地区、あるいは優先的なセクターでパイロットを先行させてはどうかという指摘がある[17]。また、世界銀行や国連開発計画（UNDP）、アジア開発銀行などの国際機関は、エネルギーの最終需要の効率向上を掲げて評価指標を設定し[18]、セクターごと、ないしは経済特区のようなエリア型で統合化する方式を提唱している。これらも重要な研究課題である。

アジアにおける気候条件、社会や産業の発展段階の多様性を考えると、パイロット事業を現地のシステムに合わせて実施し、低炭素型技術の開発プロセスとその成果を国際協力の枠組みの中に取り入れることが良いと思われる。同時に、社会的インパクトを高めるための政策的バックアップを検討しておくことが有効であろう。これまでのODAの技術協力の案件を見ると、エネルギー技術の適用とその成果をモニタリングする検討は始まったばかりである。我が国の技術・産業の海外展開については、規格・認証化への国際機関への働きかけを含めて推進する必要がある。インドや中国などアジアのエネルギー大量消費国は、エネルギーシステムの評価について、国際基準を重視する方針を表明しており、パイロット的なプロジェクト事業の成果を一定の指標により評価し、エネルギー消費削減効果などを多国間で相互に認識できる仕組みの構築は意義が大きい。また、パイロット事業は、産業セクター、企業・工場の規模、地域などの多様性を考慮して複数行い、成果を類似のケースに敷衍して全体の効果を評価することが必要であろう。

## ウ 実証型共同開発による技術の適用と研究開発体制の国際化

研究開発の国際連携としては、情報交換のための共同研究、リソース協力型の共同研究などがある。アジア地域において増大するエネルギー消費に対応するための国際的枠組みとしては、2005年7月にスタートしたAPP<sup>19</sup>がある。これは7か国（日本、米国、カナダ、豪州、韓国、中国、インド）の民間部門および省庁間で、共同開発しているプロジェクトについて情報交換する場である。これに対して、今後推奨されるのは、技術を適用する現場での実証型の共同研究である。生産ラインにマッチする形でシステムとして設計する必要がある。また、現場での技術導入の成果をモニタリングし、得られたデータをもとに、現地にあった技術にするための開発項目を抽出していくことが必要であろう。プロジェクトを通じた相手国への知識の移転や人材育成が効果的である。

広く言われている事だが、将来的には研究開発体制そのものの国際化を図る段階が必要になる。国際市場を前提に、海外のリソースと人材を活用し、技術開発、普

---

<sup>19</sup> Asia-Pacific Partnership on Clean Development and Climate 「クリーン開発と気候に関するアジア太平洋パートナーシップ」

及のシナリオを作っていくことが大事である。海外市場や技術適用の前提になる産業システムの特徴の的確な把握、普及に必要な仕組み、技術ロードマップの明確化、人材の育成を含め、研究環境の国際展開を視野にいたれた取り組みが大切である。科学・技術そのもののみならず、開発と普及にかかわる社会的なスキームの構築、国境を越えたデータの共有化を含めたセンター機能を今後充実させていく必要がある。

### 3 まとめ

前章において、アジア諸国との連携についての主な事例をあげ、現状、課題および推進策について検討を加えた。当然のことながら、科学・技術の内容や相手国の状況によらず普遍的なもの、相手によって異なる（異なるべき）ものがあるが、本報告でのこれらの検討結果は、以下のようにまとめられる。

- (1) エネルギー資源の大量消費に伴う需給の逼迫と環境問題の発生およびそれへの対処について、アジア諸国は世界的に大きな位置を占め始めており、それらの国々との関わり方は、これらの問題の解決と日本の将来に大きく影響する。アジア諸国との連携は、エネルギー資源や環境問題の解決、安全・安心の確保とともに、相手国の開発支援、我が国の科学・技術及び産業の発展なども視点に入れながら、長期にわたって Win-win かつ相互信頼の関係を構築できるように、産・学・官が協力し、戦略的かつ良心的に推進すべきである。アジア諸国から見れば、エネルギー科学・技術に関し世界的に高いレベルにある我が国との連携は、エネルギー資源の節減、新しいエネルギー資源の開発、技術・産業の振興、人材の育成、環境の保全、安全・安心の確保などのメリットがあろう。また、そうでなければならない。
- (2) エネルギー科学・技術についてのアジア諸国との関わり方は、技術指導、技術移転の段階から互惠・協働・対等な経済取引の段階、さらに一部では競合の段階にきている。実用化あるいはそれに近い段階にある技術、機器、システムは海外企業と競争・競合しているものも多く、技術流出などにより国益に反することがないよう留意する必要がある。技術移転・普及が速やかかつ Win-win の状態で行えるような仕組みの構築も重要な研究対象になる。核融合のように、実用化までに長期の研究開発を要するものは、この点で共同研究を行ないやすい。ただし、原子力システムや核融合などの技術は、軍事技術、機微技術として海外への流出が禁じられているものもあるので研究者、研究機関は十分注意を要する。安全や核不拡散に関する考え方やそれを維持する仕組みも共有するようにすることも必要である。
- (3) エネルギーに関する研究開発や事業を進めるとき、日本の市場やリソースだけではなく、世界の市場、リソースを考えることは当然である。例えば、バイオマス資源、太陽光、石炭などはアジア諸国に大きなリソースがあり、技術・産業の市場としても巨大である。また、膨大な社会インフラの整備や産業部門、民生部門の投資も開始・急拡大されつつある国が多い。そこでは、社会経済環境、自然環境、文化などが日本と異なり、求められる技術も我が国や欧米の工業先進国で開発、普及されてきたものとは異質であることが多い。我が国が有する優れたエネルギー科学・技術をベースに、それぞれの国、地域の状況に適した技術を開発することにより、海外展開で出遅れ感

のある日本が優位に立てる可能性がある。これらの研究開発はその国の市場や環境を熟知した相手国と協働で行うことが有効である。研究開発での協働は、市場の開拓、相互のリソースの有効活用、科学・技術の発展、共通技術基盤の構築と標準化、日本をよく知った相手国人材の育成、国際的に活躍できる日本人材の育成につながり、永続的な共存共栄に資する。また、我が国は、大規模なエネルギーシステムについては、製造と管理・運営の経験や技術をそれぞれ別の企業・機関が有していることが多く、新規にインフラを整備しようとしている国に対して一体として提供できる体制を組む必要がある。

- (4) 我が国では、エネルギー科学・技術に関する研究開発の多くが企業で行われ、大学での活動が相対的に低下してきている。しかしながら、大学は人材育成における主要な機関であるとともに、依然として多くの有能かつ多彩な人材を擁し、新しい発想に基づくブレークスルー技術の研究開発、リスクのある研究開発、長期間を要する研究開発において重要な役割を持つ。さらに、研究開発の国際化、特にアジア諸国との連携という点から見ると、多くの留学生、留学経験者や研究仲間などを通じ強力な人的ネットワークあるいはそのポテンシャルを有する。また、東日本大震災などにおいて明らかになったように、我が国は、「予想を超えた」事態に解決をもたらす創造力ある人智、今後のエネルギー政策などを客観的にできる立場の有識者を必要としている。即ち、エネルギー分野の研究開発におけるアカデミアの活躍が要求され期待できる時機にあると言えよう。さらに、天然資源に恵まれない我が国は、二次、三次産業とそれを支える技術、人材でつねに世界をリードする立場であらねばならない。特にエネルギー科学・技術についてはそれが言える。それに応えるためには、海外での共同研究開発とともに、国内にその中心となる研究拠点、共同研究拠点、大型研究施設を形成・設置し、情報と、優れた人材、研究開発資金を集結することが重要である。

本報告で述べたように、エネルギー科学・技術についてのアジア諸国との連携に関する企業や、大学、国の役割は多彩であるが共通点も多い。とくに研究開発と連動した形での人材の育成と人材・技術のネットワークは、長期にわたってWin-winかつ相互信頼の関係を構築する基幹とも言え、産・学・官は連携しその強化に早急に取り組むべきである。その具体策について、本分科会は引き続き検討を進める。

## <参考文献>

- [1] 日本学術会議、記録「エネルギー諸問題における科学技術の役割－現状と課題」（2008年9月）日本学術会議記録 SCJ 第20期 200908-20551100-014.
- [2] 日本学術会議、日本の展望委員会、世界とアジアのなかの日本分科会、提言「人間中心のアジア、世界に活躍するアジア 互惠・互啓・協働の精神に基づいて」、2010年4月5日.
- [3] International Energy Agency (IEA), Technology Roadmap- Nuclear Energy- 2010, [www.iea.org/papers/2010/nuclear\\_roadmap.pdf](http://www.iea.org/papers/2010/nuclear_roadmap.pdf)
- [4] 科学技術庁原子力局、『開発途上国協力問題懇談会報告書』、1984年9月.
- [5] 原子力委員会、『原子力国際協力のあり方及び方策について－新たな展開に向けて－』1998年9月.
- [6] (社)日本原子力産業協会、「原子力人材育成に関する国際対応作業会」報告書、2010年4月.
- [7] 原子力学会誌、インタビュー 原子力委員大庭三枝氏に聞く、Vol.53, No.1、2011.
- [8] 科学技術振興調整費「アジアの持続可能バイオマス研究」報告書.
- [9] 日本エネルギー学会編「バイオマスハンドブック」第2版、p.506、オーム社、2009.
- [10] <http://www.jie.or.jp/biomass/AsiaBiomassHandbook.html>
- [11] UNFCCC/UNEP, CDM Registry.
- [12] IEA, Energy Technology Perspectives, 2010.
- [13] IPCC, 4<sup>th</sup> Assessment Report, WG III, 2007.
- [14] United Nations Industrial Development Organization (UNIDO) : Energy Efficiency Projects in CDM: 2007. Energy Management Standard について第一回目の会合.
- [15] Energy Sector Management Assistance Program, Carbon Finance Unit, The World Bank, 2007.
- [16] Cool Earth エネルギー革新技术計画、経済産業省、平成20年3月公表.
- [17] Energy Sector Management Assistance Program, Carbon Finance Unit, The World Bank, 2007.
- [18] IPMVP International Performance Measurement & Verification Protocol, <http://www.evo-world.org>, Energy Management Standards (EnMS), U.S. Department of Energy. 2009.

<参考資料 1> エネルギーと科学技術に関する分科会 審議経過

平成 20 年

12 月 26 日 分科会 (第 1 回)

分科会の焦点について、審議の進め方について

平成 21 年

3 月 16 日 分科会 (第 2 回)

エネルギーと科学技術の検討について

12 月 21 日 分科会 (第 3 回)

「総合工学の展望」について、ヒアリング候補について

平成 22 年

11 月 22 日 分科会 (第 4 回)

活動のまとめ方について、報告 (案) のまとめ方について

平成 23 年

1 月 17 日 分科会 (第 5 回)

報告 (案) について

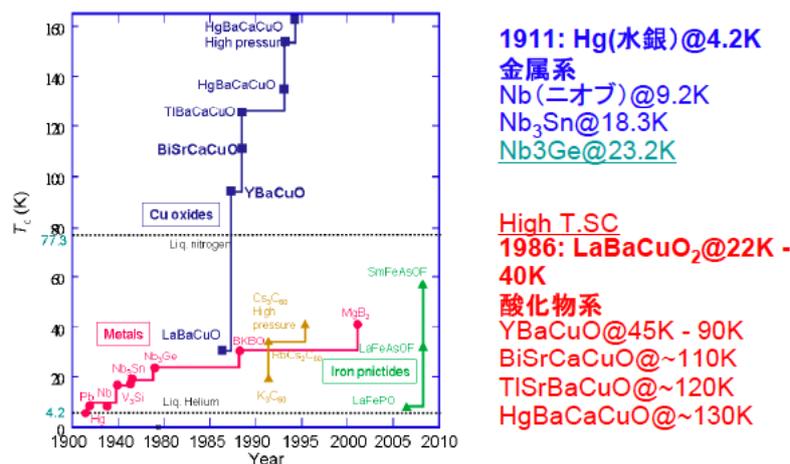
4 月 11 日 分科会 (第 6 回)

報告 (案) について

## <参考資料2> 電力輸送—エネルギースーパーハイウェイ構想

新しいエネルギーシステムの開発においては、我が国単独だけでなくアジア諸国との連携を進めることによって、クリティカルパスを速く超えられる諸問題がある。25%のCO<sub>2</sub>削減を掲げる我が国の将来にとって、renewable energyによる大規模な発電が重要なオプションである。こうした問題のなかで、アジアとの連携が優位性をもたらす一つの例は、太陽エネルギー発電の大規模送電の課題である。太陽光や水力による発電によってCO<sub>2</sub>問題の解決に大きく寄与するためには、低損失な大規模送電が不可欠である<sup>20</sup>。中部大学では「エネルギースーパーハイウェイ構想」を掲げ、超伝導技術の応用によって、大規模太陽光発電と大規模送電を実現し、CO<sub>2</sub>問題の解決に寄与するプロジェクトを進めている。開発を加速し現実の物とするために、インドとの連携が議論されている。アジアとの連携の意義付けの一つとして紹介する。

近年の超伝導線材の発見により、液体窒素環境で機能する線材が開発され、送電の実用化が近づいている。(参考図 2.1)



参考図 2.1 超伝導材料の発見

大規模太陽光発電と組み合わせ、直流送電を行う事で、大規模な電気エネルギー需要に応えるというロードマップが描かれている。既に 200m 規模の世界初の超伝導連続送電実験が中部大学構内で行われている。

実験に順次成功しロードマップに沿った開発をすすめる手順において、実際に基幹電力ネットの構築へと展開するためには、相当規模のインフラ整備を伴う。我が国の状況を考えれば、電力の配電に関するインフラは、現時点で相当の充実を見せている。現在の CO<sub>2</sub>依存電力から、太陽光電力へと転換する事を構想する時、社会からは、新たな伝送システムには余分なコストを必要とするので、新たなインフラ整備の緊急性が低いと判断される

<sup>20</sup> 桑野幸徳：「新・太陽電池を使いこなす」(講談社ブルーバックス 1999)、北澤宏一：「科学技術者から見た日本・経済の夢」(丸善アドスリー、2002)には超伝導地球電力グリッド GENESIS が説明されている。

可能性がある。それに比して、インド等のアジアの諸国の中には、今後大きなインフラ整備を行う国々があり、低炭素社会への転換をいずれ求められる事になる。大規模太陽光発電（や大規模水力発電）と大電力超伝導伝送は、今後配電インフラの大きな整備を行う国家がプライオリティを高く認識するだろう。砂漠の太陽エネルギーの有効活用として、日本のサハラソーラーブリーダー計画等が進められているが、送電網として電力を送るために西アジアへも拡がりを見せている。将来、これがインド等の東のほうへとつながっていくことも期待される。

我が国のみで閉じて考え、現在のインフラに満足してしまうと、転換の動機を薄める。インド等、高い動機を持った国家と共同で大規模な R&D を行う事で、我が国の先導性を保ちつつ、先端開発が加速されるだろう。

中部大学の取り組みの概要を資料として添付する。

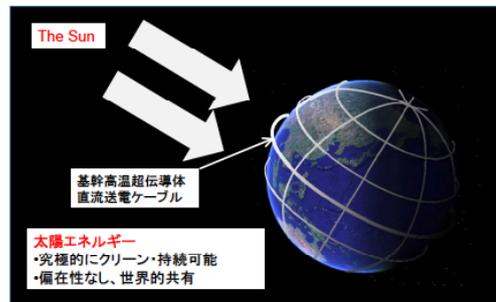
**エネルギースーパーハイウェイ構想**

～超伝導技術の応用による  
太陽エネルギーの直接利用～

中部大学総長 飯吉 厚夫  
中部大学教授 山口作太郎

P 1

### 究極の電力エネルギーシステム



P 3

### 太陽エネルギーと太陽電池

- 大気圏外で 1360W/m<sup>2</sup>
- 雲の反射、大気の吸収などを考慮して、地表に届くエネルギーは、ほぼ半分の680 W/m<sup>2</sup>
- 太陽電池の変換効率を10%と仮定すると、人類が必要とするエネルギーは 2.3! 10<sup>5</sup>km<sup>2</sup>の太陽電池で供給できる
- 2.3! 10<sup>5</sup>km<sup>2</sup> ≒ 480km! 480km
- 全電力: 250km! 250km



P 4

### 直流超伝導送電: 20mから200mへ

中部大学- 20 m 直流超伝導ケーブル試験装置を作製  
熱侵入の低減を大きな課題として**規模拡大**



P 5

## 高温超伝導直流送電電力網の 開発ステップ

- 2006 中部大学高温超伝導直流送電実験  
第1号機 (20 m)
- 2010 同第2号機 (200 – 300 m)
- 2012 データセンター、製鉄所などの省力化  
(国内)
- 2015 発展途上国でのインフラ整備
- 2020~ 基幹ネットの構築開始

P 6

## インド超伝導都市間接続のプラン例



北部の大規模水力、  
太陽光を起点に  
1億人規模の都市間を  
超伝導送電で連結

100万人都市が数多く存在

図に示すように、数100 km  
級の送電線で都市間連結  
一大電力超伝導直流送電  
が適当

最先端の超伝導技術により、  
高性能かつ安全安心な  
インフラを実現

P 7

## アラブでの展開

No. 4

State-of-the-art superconducting technology is **smart and secure**. Therefore, we can

1. develop new scheme for power transmission line,
2. innovatively launch up of superconducting company in corporation with Japan,
3. transport of energy from desert.

Make the standard come from Sahara Solar Breeder!



DC Power Transmission can enhance the economy with new technologies for the sustainable world.

P 8

## スーパーエネルギーハイウェイで25%減達成へ ～ネットワーク・インフラの基幹を高速道路から超伝導直流送電へ～



P 9

## エネルギーのグローバル化

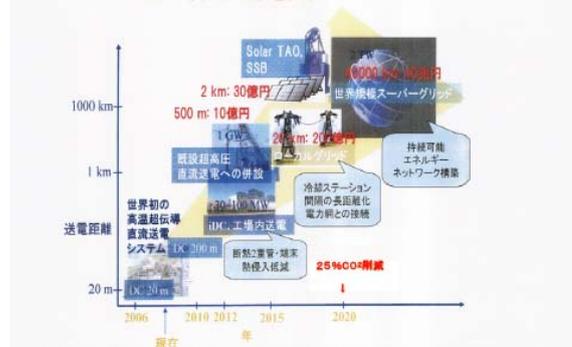
### ・エネルギースーパーハイウェイの構築



砂漠に設置した太陽電池をつなぐことにより送電網全体の価値が上昇

P 10

## 超伝導直流送電開発ロードマップ



P 11

## 参考文献 超伝導センター (2008-2010)

1. Yu. Ivanov, A. Radovinsky, A. Zhukovsky, A. Sasaki, H. Watanabe, T. Kawahara, M. Hamabe and S. Yamaguchi, "Compact counter-flow cooling system with subcooled gravity-fed circulating liquid nitrogen", Physica C: Superconductivity, Volume 470, Issue 20, pp. 1895-1898 (2010)
2. T. Fujii, S. Fukuda, T. Kawahara, M. Emoto, M. Sugino, J. Sun, M. Hamabe, H. Watanabe, S. Yamaguchi, "Evaluation of Thermoelectric Properties of Bismuth Alloys for The Optimization of Gas-Cooled Peltier Current Lead", AIP Conference Proceedings, Volume 1218, pp. 561-568 (2010)
3. M. Hamabe, T. Fujii, M. Sugino, A. Sasaki, T. Sugimoto, H. Watanabe, T. Kawahara, S. Yamaguchi, Y. Ishiguro, and K. Kawamura, "Cooling Cycle Test of DC Superconducting Power Transmission Cable", Journal of Physics : Conference Series Volume 234, 032019 (2010)
4. Toshio Kawahara, Tomohiro Fujii, Masahiko Emoto, Makoto Hamabe, Jian Sun, Hirofumi Watanabe and Satarou Yamaguchi, "Estimation for the performance of superconducting DC transmission lines with cryogenics improvements", Physica C: Superconductivity, Volume 470, Supplement 1, pp. S1011-S1012 (2010)
5. Makoto Hamabe, Tomohiro Fujii, Isamu Yamamoto, Atsushi Sasaki, Yuji Nasu, Satarou Yamaguchi, Akira Ninomiya, Tsutomu Hoshino, Yasuhide Ishiguro and Kuniaki Kawamura, "Recent Progress of Experiment on DC Superconducting Power Transmission Line in Chubu University", IEEE Transactions on Applied Superconductivity Vol.19, No. 3, pp.1778-1781,(2009)
6. M. Hamabe, Y. Nasu, A. Ninomiya, Y. Ishiguro, S. Kusaka, and S. Yamaguchi, "Radiation Heat Measurement on Thermally-Isolated Double-Pipe for DC Superconducting Power Transmission", Advances in Cryogenic Engineering: Transactions of the Cryogenic Engineering Conference - CEC Vol. 53A, pp. 168-173 (2008)
7. S. Yamaguchi, M. Hamabe, I. Yamamoto, T. Famakinwa, A. Sasaki, A. Iiyoshi, J. Shultz, J. Minervini, T. Hoshino, Y. Ishiguro, and K. Kawamura, "Research activities of DC superconducting power transmission line in Chubu University", Journal of Physics: Conference Series Vol. 97, 012290,(2008)

## ＜参考資料3＞ アジアにおけるレーザープラズマ／慣性核融合の研究動向

### (1) 中国のレーザープラズマ研究拠点

レーザー核融合研究所(Laser Fusion Research Center: LFRC)では、中国工學院(China Academy of Engineering Physics)のもとで、世界最大級の大出力ガラスレーザー「神光 III」(ナノ秒で 60kJ)によるレーザー核融合研究が進んでいる。上海光学精密機械研究所(Shanghai Institute of Optics and Fine Mechanics: SIOFM)は、中国で最も古い高出力レーザーの研究拠点であり、キロジュール級の高出力ガラスレーザー(神光 II)とピコ秒のペタワットレーザーを設置し、中国科学院の支援により、高出力レーザーの技術やプラズマ計測技術の開発研究を推進している。また、北京の計算物理応用数学研究所(Institute of Applied Mathematics and Computational Physics: IAPCM)では、コンピュータシミュレーションの開発とともにターゲット物理研究を進めている。上海交通大学理学部では、レーザープラズマ研究グループが組織され、超高強度レーザープラズマ物理の研究を北京物理研究所と連携して進めている。南京の東南大学、バイオエレクトロニクス国家重点研究所では、生体のナノ構造物質の研究の延長で、ナノ構造のターゲット材料の研究が進んでおり、大阪大学レーザーエネルギー学研究中心と研究協力の覚え書きを 2008 年に交わした。

### (2) 韓国におけるレーザープラズマ研究拠点

韓国原子力研究所(KAERI)には、2003年に大阪大学より移管されたキロジュール級の 4 ビームの高強度パルスレーザーが設置され、レーザープラズマ研究ならびにレーザー核融合研究が進められている。超短パルスレーザーの装置も合わせて整備されつつある。間もなく、プラズマ実験が開始されようとしており、大阪大学と密接に連携している。また、韓国科学技術院(KAIST)のレーザー科学研究室(Laser Science Research laboratory)では、レーザー核融合ドライバー開発を目指し、SBS位相共役ミラーを利用した高出力レーザー装置の研究が進んでいる。さらに、超高強度レーザーに関連する科学技術の研究機関として、高等光技術研究所(APRI、GIST、光州)がある。最近ペラワット級のレーザーが完成し、国際共同研究が進んでいる。この研究所は、2004年以来幅広い分野で、日本原子力研究開発機構関西光科学研究所と交流協定を結び交流を行っている。

### (3) インドにおけるレーザープラズマ／核融合研究拠点

インドにおいても、レーザー核融合に関係する高エネルギー密度プラズマの輻射流体や高強度レーザープラズマ相互作用に関する基礎実験ならびに理論シミュレーション研究多くの研究所、大学で進んでいる(参考表 2.4.2 参照)。ピコ秒からナノ秒のテラワット級の超高強度レーザーが TIFR、RRCAT、BARC の 3 つの研究所で稼働している。TIFR は大阪大学と、高速点火核融合に関係して、相対論レーザープラズマに関する研究協力を進めている。また、高強度レーザーの原子力応用に関連して日本原子力研究開発

機構の関西光科学研究所や若狭研究所との研究協力がある。RRCAT は、レーザー並びに放射光研究施設を有し、エネルギー科学に関連するレーザー量子ビームや除染等の研究を進めている。また、BARC はインドの原子力研究施設であり、レーザー核融合ターゲット製作も含めてレーザープラズマ研究が盛んである。レーザープラズマ理論シミュレーション研究では、アーメダバッドにあるプラズマ物理研究所が拠点で、多くの大学、研究所の研究者が連携している。

<参考資料4> 2章(3)核融合に関する参考図表

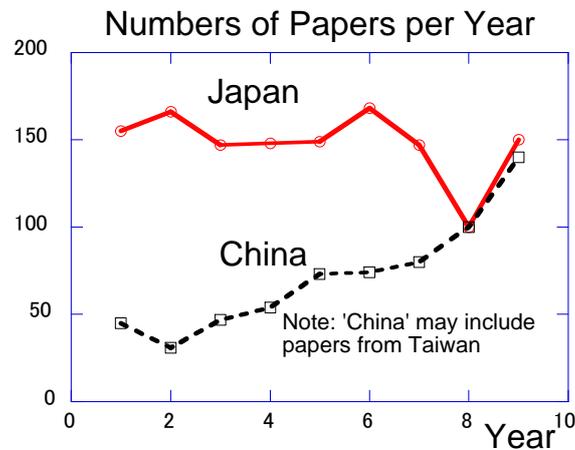


図 4.1 日本及び中国の核融合・プラズマ物理関連の年間論文数の推移 (2001 年から 2009 年)。Plasma Physics and Controlled Fusion, Physics of Plasmas, Nuclear Fusion の三誌を対象に、主著及び共著者として寄与したものをかぞえる。

表 4.1 : アジアの磁場核融合研究実験装置のフロンティア (ITER を比較に示す)。

装置	磁場強度	主半径	国	注
JT-60SA	2.25T	2.97m	日本	トカマク型、建設中
LHD	3T	~4m	日本	ヘリカル型、稼働中
EAST	3.5T	1.8m	中国	トカマク型、稼働中
KSTAR	3.5T	1.8m	韓国	トカマク型、稼働中
SST-1	3T	1.1m	インド	トカマク型、建設中
ITER	5.3T	6.2m	7 極、EU 立地	トカマク型、建設中

表 4.2 アジアのレーザープラズマ／核融合研究機関

国	研究機関	支援組織／研究分野／施設
中国	上海光学精密機械研究所 (SIOFM) 北京応用物理計算数学研究所 (IAPCM) 綿陽核融合研究センター (LFRC) 北京物理研究所 上海交通大学 (SJU) 理学部 核融合理論シミュレーション研究所; (IFTS, Zhejiang University, Hangzhou)	中国科学院／レーザー開発／ 神光 II/ Peta Watt Laser 中国物理工学院／計算機シミュレーション 中国物理工学院／プラズマ計測、 ターゲット製作／ 神光 III、SILEX (Peta-Watt Ti-Saph laser) 中国科学院／超高強度レーザー科学／ Peta-watt Ti Saph laser 中国教育省／レーザー物理 中国科学院、教育省／ 理論シミュレーション
韓国	韓国原子力研究所 (KAERI) 韓国先端科学技術研究所 (KAIST) 高等光技術研究所 (APRI, GIST)	韓国教育科学技術部／レーザー核融合／ 高出力ガラスレーザー 韓国教育科学技術部／レーザー技術開発／ 高繰り返し固体レーザー 韓国教育科学技術部／光科学／ Petawatt Ti-Saph. laser
インド	プラズマ研究所 (IPR) タータ基礎科学研究所 (TIFR) バーバ原子力研究所 (BARC) ラジャーラマナ先端技術センター	科学技術省／レーザープラズマ理論 レーザープラズマ／100TW femto laser レーザー原子力応用／高出力レーザー レーザー核融合／レーザープラズマ

## ＜参考資料5＞ 中国におけるクリーン・エネルギー開発の状況と連携

### (1) はじめに

日本の技術力を生かして低炭素型社会の構築にグローバルに貢献し、それを原動力に産業を活性化するため、官民それぞれで多くの努力が払われている。現在発展の中心は中国を主体とするアジアであり、先進国が競って市場を確保する動きが活発である。日本は地政学的に非常に有利な立場にあるとはいえ、将来に亘り国際的に競争力を発揮し、先導的役割を担うためには、各省庁、民間企業、大学の各役割を統合し国家として取り組む戦略室あるいは機関を設置し、推進する必要性を検討する段階にあると言える。

以下に、変化の速い中国を中心にエネルギー需給動向と構造、中国国家としての最新の将来計画、中国における中心的なエネルギー関連プロジェクト、中国と諸外国との協力連携状況を概観し、今後の日本国の連携の在り方について考えたい。

### (2) 中国におけるクリーン・エネルギーと国際連携の諸動向

#### イ 中国におけるエネルギー需要動向と政策

中国において、近年の急速な経済発展を支えてきたエネルギーの消費量は2009年に世界第1位（約21.5億toe、日本は約5.2億toe）に達し、温室効果ガスの排出量も同時に世界第1位（2007年実績約61億t、全世界約290億t、日本は約13億t）に至った（出典：IEA）。人口当たりのエネルギー消費量はOECD諸国平均の約1/3と依然として低いことを考えると、中国のエネルギー消費量はさらに増加していくのは明らかである（出典：World Energy Outlook 2010）。

中国のエネルギー資源は、90年代に原油の純輸入国となり、続いて、2006年にLNGが、さらには2009年には石炭についても純輸入国（石炭の可採年数は2009年現在41年（出典：BP「Statistical Review of World Energy 2009」））となってエネルギー資源の制約が顕在化し、経済発展、資源制約、環境汚染の矛盾が深刻化しつつある。その中で、中国のエネルギー政策においては、電力等の供給能力の強化はもちろん、省エネルギーがエネルギー安全保障政策として掲げられることとなった。さらには、海外のエネルギー資源獲得、近年急速に開発が進むシェールガスなどの非在来型化石エネルギー開発、再生可能エネルギー・新エネルギー開発、石油備蓄等の緊急時対策、需要面での消費抑制など、総合的なエネルギー安全保障政策に進化してきた。

一方、エネルギー資源問題とともにグローバルな課題である気候変動問題に対応するため対GDP当たりのCO<sub>2</sub>排出量を40-45%（2020年比2005年）とし、政府は責任ある態度と貢献をすると国家発展改革委員会が表明した。今回の削減目標は、工業化、都市化の重要な段階にあるため、特殊な困難を伴い、国情に基づく中国の自主的な行動であると付言しているが、世界における巨大国家の責任と義務を果たす姿勢がより積極的になってきた。

最近発表された第12次5カ年計画では、次の7大重点に力点を置き、エネルギー総消費量を抑制すると表明している。

① 化石エネルギーの高度化を進める。炭鉱の改造を推進し、石油・天然ガス資源開発を拡大し、火力発電開発を高度化する。石炭生産を合理的に抑制し、石炭のクリーンな利用を推進する。最終消費に占める電力と天然ガスのシェアを拡大する。

② 非化石エネルギーの発展を加速、推進する。水力発電と原子力発電開発を加速、推進し、風力発電、太陽エネルギー、バイオマスエネルギー等の再生可能エネルギーの利用を適切に進めて、2015年の一次エネルギー消費に占める非化石エネルギーの比率を11%以上にする。

③ エネルギー輸送パイプラインの建設を強化して、エネルギー配置能力を高める。

④ エネルギーの科学技術と装備のイノベーションを加速し、エネルギー装備の国産化レベルを高める。

⑤ 省エネ・排出削減を強化する。エネルギーの開発・利用過程における省エネ・排出削減を促進する。エネルギー資源の集約的開発を進め、エネルギー需要側管理を強化することによって、重点分野の省エネを推進し、汚染物排出を減らし、バランスの取れた発展を実現する。

⑥ 国際エネルギー協力を強化する。海外開発を加速し、国内エネルギーの対外開放を深化、拡大し、エネルギー貿易を一層拡大する。

⑦ エネルギー体制改革を推進する。(出典：エイジウム研究所HP)

## ロ 中国におけるクリーン・エネルギー政策

中国は再生可能エネルギーの大規模開発や原子力発電の推進により、一次エネルギーに占める非化石エネルギーの比率を2020年には約15%に高める。また、植林や森林管理の強化により、森林面積を2005年比で4,000万ヘクタール増やす。財政部と国家税務総局は通達を出し、廃棄動植物油脂を原料として生産される純バイオディーゼルの消費税免除を明確にした。なお、2010年のバイオガス(メタン発酵ガス)生産量が130億 $m^3$ を超えるとの見通しを示した。また、バイオガスのユーザーは今年末までに1.5億人に達する見込みである(出典：中国石化新聞網 12月3日)。

また、再生可能エネルギーに関しては、第12次5カ年計画の基本的な構想において、水力を再生可能エネルギーの主導的な役割を担うものとし、風力を新たな重要な役割として位置付け、太陽光エネルギーを今後の発展ポテンシャルの最も大きな再生可能エネルギー産業として位置付けること、バイオマスエネルギーの多面的な発展を推進することが挙げられている。具体的目標としては、風力発電90GW、太陽光発電5GWとされている。現在では、中国五大発電会社の一社である中国大唐集团公司と共同で、中国・内蒙古自治区赤峰市において風力発電所を開発・商業運転を実施。全量を中国国有送電会社に販売するとともに、CDM事業としても展開しているなど、着実に計画を進展している。

さらには、系統連系に関しては、再生可能エネルギー産業の急速な発展が電力系統に対して求める要件に対応するべく、いわゆるスマートグリッド技術開発に重点を置くことが電力グリッド第12次5カ年計画に明示されている。

ここで注目すべき点は、中国はスマートグリッドよりもさらに高次元、大規模の新世代エネルギーネットワーク＝“スマートエネルギーグリッド”の構築を構想していることである。つまり、電力系統に加え、水、ガス、さらに熱にまでグリッドに取り込み、統合的なエネルギーシステムを構築するとしている。2020年には中国のスマートエネルギーグリッドの投資規模は合計4兆元近くになるとの見方もあり、スマートエネルギーグリッドがスマートグリッドよりも大きな投資効果を発揮することは間違いない。

再生可能エネルギーに対する支援策については、10大重点プロジェクトの実施、再生可能エネルギー割当制を推進するとともに、企業の業績評価システムにも盛り込むとされる。また、法的支援としては、修正「再生可能エネルギー法」が2010年4月1日より施行された。既に2005年より旧法が施行されているが、修正法においては、第1に再生可能エネルギー発電に対する全量買取制度が明文化されたこと、第2に再生可能エネルギー発展基金を開設することである。修正法では、国务院のエネルギー所管部局が電力監督管理部局並びに財政部局と合議し、全国再生可能エネルギー開発利用計画に基づいて、計画期間内において達成すべき再生可能エネルギー発電量のシェアを確定するとともに、電力網企業の優先電力指令並びに全額買取の具体的方法を策定する。

一方、国家發展改革委員会（発改委）は、国家低炭素省区・低炭素都市試行を始動させている。気候変動への積極的な取り組みを目的とした低炭素試行（いわゆる「生態城」建設プロジェクト）を、広東、湖北、遼寧、陝西、雲南5省および天津、重慶、杭州、厦門、深セン、貴陽、南昌、保定8都市でスタートさせた。特記すべき点は、シンガポールが協力している「中新天津エコシティ」（3.5兆円）であり、天津近郊に人口35万人の都市を新たに建設し、再生可能エネルギーの導入や公共交通機関の整備、環境産業への転換等に取り組む。天津の北にある唐山市の大手製鉄会社が進出した「曹妃甸国際エコシティ」は、100km<sup>2</sup>に人口100万人の巨大都市を造る計画であり、日本の複数の企業が参画すると表明している（出典：日経エコロジー）。

具体的な中国クリーン技術の進展と将来の見通しについては、国連の枠組みにおける気候会議を中国として初めて主催した、国連気候変動枠組み条約作業部会会議（2010年10月、天津）の会議期間中に発表された、「2010年の発展における中国のクリーン・エネルギー科学技術報告」がある。数十ページにわたる同報告では、要となる分野が全面的に言及され、太陽エネルギー、風力発電、バイオエネルギー、クリーン・コール、原子力エネルギー、スマートグリッド、地熱エネルギー、地表水の水源ヒートポンプ、新エネルギー自動車、高速鉄道などの技術開発・利用状況などが紹介されたほか、各新技術の将来的な目標も打ち出された（出典：人民網日本語版）。

## ハ 中国クリーン・エネルギー開発における国際連携

再生可能エネルギーを含むクリーン・エネルギー分野は、伸び代の大きな新産業としても位置付けられており、事実、国連環境計画の年次報告では、2009年の世界の総投資額は1,620億ドルに達し、風力発電機の投資は過去最高を記録したとの報告がある。また、中国の再生可能エネルギー分野の投資が2009年に米国を抜いて世界最大になったと指摘している。また、アジアと大洋州は2009年において全世界で再生可能エネルギー開発の最も活発な地域になったという。参考までに、経済危機の影響で2009年ではその伸びが大きく鈍化したものの、米国、欧州での投資は2年連続で在来型エネルギーを上回った。国連環境計画の予測では、今年又は来年の全世界のエネルギー投資のうち50%以上が再生可能エネルギー分野に投入されるとしている（出典：UNEP “Global Trends in Sustainable Energy Investment 2010”）。

このように、中国を中心とするアジアにおいては、再生可能エネルギー分野の生産活動と投資が非常に活発であり、将来において高い伸びが見込まれているが、中国ではエネルギー供給能力の早期向上と、エネルギーセキュリティー体制の改善を目指した諸外国との連携も精力的に進めている。

日本と中国との間では、2007年4月に共同声明を発表し、「日中間のエネルギー分野における協力強化に関する日本国経済産業省及び中華人民共和国国家發展改革委員会との間の共同声明」を発表し、両国の戦略的互惠関係がエネルギー分野においてさらに発展する潜在能力を有することを認識し、両国政府関係部門、機関及び経済・産業界の協力を促進するとし、双方は、日中の省エネルギー・環境分野の互惠協力を促進するため、「日本国経済産業省と中華人民共和国国家發展改革委員会との間の『日中省エネルギー・環境ビジネス推進モデルプロジェクト』の実施に関する覚書」に基づき、具体的なプロジェクトの協力を進めていくとしている。現在、経済産業省が「日中省エネルギー・環境総合フォーラム」を毎年開催するとともに、10件以上のモデルプロジェクトを推進するなど連携強化に力を注いでいる。

一方、米中間においても近年さまざまな連携強化が進んでいる。2009年11月、オバマ大統領と中国の胡錦濤国家主席は、クリーン・エネルギーに関する米中二国間協力の強化を目的とする一連の政策を発表し、特に「米中クリーン・エネルギー研究センター」を設立することとした。米国DOEによれば、2011年より5年間で2,500万ドルを

米国が拠出する(出典:NEDO海外レポート No. 1057, <http://www.energy.gov/9443.htm>).

また、2010年12月広州で開かれたアジアエネルギーフォーラムにて、国際エネルギー機関の代表は「国際エネルギー機関IEAは初めて中国と提携し、エネルギー技術ロードマップを制定する。2050年までに1/4の電力は原子力発電に頼る。この拡張計画の制定でこれからの40年間原子力発電設備の容量(最大出力)は現時点の3倍以上に相当する」と語っている(出典:新華社広州)。さらに、第1回米中再生可能エネルギー産業フォーラムと米中先進バイオ燃料フォーラムが2010年5月に開催され、米中両国は「米中再生可能エネルギーパートナーシップ」に関する協力をスタートさせ、バイオ航空燃料、天然ガス分散型エネルギー、スマート電気メーター、セルロース系エタノールの5分野、8件の政府間及び企業間の協力協定が調印された。

## 二 中国におけるCCS(二酸化炭素隔離貯蔵)と国際連携

2003年中国はCSLF(Carbon Sequestration Leadership Forum)に参加し、CSLFの発足した国の一つになった。2005年CCS技術を2020年国家中長期科技発展プロジェクトに取り入れた。国家主要基礎研究の973のプロジェクトは二酸化炭素貯留の地質探査研究を行い、国家技術発展研究の863のプロジェクトは二酸化炭素の地中への注ぎ込み試験を行うという。コスト、効率の点で多くの課題があると認識されているが、以下に記すように、国際的に連携して、着々とCCSモデルプロジェクトが進められている。

①中欧 CCS 提携プロジェクト 2006年11月、中国と欧州連合のCCS提携プロジェクト(Cooperation Action within CCS China-EU, COACH)は、欧州連合の12ヶ機関、並びに中国の8ヶ機関から構成され、欧州連合は5,000万ユーロを出資して中国と提携し推進している。

②中英 CCS 連携プロジェクト(NZEC) 中英石炭利用ゼロ排出連携プロジェクトでは、中国におけるCCS技術のポテンシャル調査、CCS技術の研究と開発、2014年までにCCS技術モデル発電工場を建設する計画である。イギリス環境・食料・農村問題省と中国科技部の財政支援で、CCSのノウハウ、経験、専門家を育成し、CCS技術の可能性並びにCCS技術で中国における石炭のゼロ排出のコストなどを評価する。これとは別に、イギリスビジネス・企業・規制改革省が出資する、中国先進発電所CCS方案(CAPPCCO)プロジェクトも進行中である。

③日本 2008年5月の日中両国首脳によるCCSおよびEORの実証研究協力合意に基づき、経済産業省石炭課の下で、(独)石油天然ガス・金属鉱物資源機構(JOGMEC)、(財)石炭エネルギーセンター(JCOAL)、日本CCS調査(株)、日揮(株)、トヨタ自動車(株)の協力で推進されている。

その他、華能石洞口第二発電所CCSプロジェクト、緑色煤電会社((注)煤=石炭)などの欧米の民間企業との国際協力事業も進められている。

### (3) 中国との連携に対する今後の日本の対応

上記では、中国を中心に諸動向を述べたが、世界的なクリーン・エネルギー関係のビッグプロジェクトとしては、英国:ハトフィールドIGCC石炭火力(1,200億円)、欧州・北アフリカ:デザーテック計画(50兆円)、アラブ首長国連邦:マスタード計画(2兆円)、インド:デリー・ムンバイ間産業大動脈(10兆円)が発表されている。アジア、アラブでの案件は経済規模が大きいのみならず、これまで培った先進的な技術をフィールドで実用化し、多くの技術的経験を蓄積でき、それをもとに更に技術水準を発展させる基盤となる点で非常に価値がある。

我が国の対応は、上述のように官民学それぞれに広く個別対応を重ね、質の高い成果をと思われるが、米国が設置した「米中クリーン・エネルギー研究センター」、EUが現在の根拠としている2006年に策定した戦略ペーパー(参考:EU-中国:より緊密なパー

トナー、増大する責任) ) に見られるように、国家として統合的に戦略を司る機関を設置し、グローバルな視点で状況分析と将来予測を立て、統合的にかつ機動的に戦略推進する体制に転換する必要があると思われる。

## ＜参考資料 6＞ 連携協力における知財権と安全保障の問題

原子力分野、レーザーやレーザープラズマ生成等の先端科学技術は、安全保障貿易に関する法令、省令の言う機微技術に関連する科学技術であり、日中拠点大学方式（CUP）による核融合の研究協力のような学術的国際交流であっても、アジアとの研究協力は十分注意を払って進められるべきものである。さらに、レーザー核融合の国際交流では、先端的産業科学技術に係る共同研究や、それを駆使した研究機器を用いた共同実験を伴うことから、知財権の取扱いにも十分留意する必要がある。一般論として、学術的国際交流といえども、国際的な安全保障を損なう恐れがあり、学術の国際交流の発展の妨げにならうに配慮しつつ、安全保障貿易管理の自主管理を行なうことが大学等の組織に求められている。これに対応して、国大協は安全保障貿易に関する管理体制を検討し、2010年6月の報告書[1]で、大学のみならず政府、関連機関への提言と要望をまとめている。また、産学連携学会のガイドライン[2]や経済産業省の説明資料[3]において、安全保障貿易管理のための研究者、研究機関の取るべき対策が説明されている。例えば、レーザー核融合に関する国際協力では、これらの法令、省令が規定する「キャッチオール規制」を念頭に置いて、「国際的な学術交流の在り方」を予め考えておく必要がある。

レーザープラズマ・核融合分野をはじめ先端科学技術分野におけるアジア諸国との連携は、知財権の確保と国際的な安全保障を害する機器、技術情報等の流出防止を十分配慮して、アジア地域の研究ネットワークの高度化を目指すべきであろう。

[1] <http://www.janu.jp/active/txt5/kenkyuu100629.pdf>

[2] <http://www.j-sip.org/info/anzenhosho.html>

[3] [http://www.meti.go.jp/policy/anpo/seminer\\_document.html](http://www.meti.go.jp/policy/anpo/seminer_document.html)