

第 5 回 IEEJ エネルギーセミナー報告
(2006 年 7 月 14 日開催)

地球環境ユニット 地球温暖化政策グループ
研究員 柳 美樹

6 月 22 日に公表された「IEA エネルギー技術展望 2050 年までのシナリオと展望」について、IEA 事務局次長の William C. Ramsay 氏よりその概要に関するプレゼンテーションが行われた。技術の進展度合いによって設定された 3 つのシナリオにおけるエネルギー安全保障や地球温暖化問題に対する技術の貢献可能性についての評価が示され、複数の技術導入によるポートフォリオの構築と、導入実現に向けた障害の解消を検討することの重要性が示されていた。一方、ラムゼー氏の後で、経済産業省のプロジェクトによる技術ビジョンを策定した産業技術総合エネルギー研究所の赤井誠氏より、「日本の超長期エネルギー技術ビジョン」と題した講演が行われた。質疑応答で赤井氏からは、日本として評価したシナリオと IEA での評価には省エネルギー技術開発をはじめとして共通の視点が多く、技術開発のブレークスルーをいかに実現するかが重要であることが指摘されていた。

今回の IEA 報告が、昨年の G8 グレンイーグルス会議における IEA へのタスクアウトに関係していることもあり、省庁関係者や産業界などから多数の出席者があり、活発な質疑が行われた。以下では、両氏による発表と質疑応答の概要について、報告を行う。

1. ラムゼー氏講演の概要

エネルギー技術展望 2050 年までのシナリオと展望

IEA 事務局次長 Ambassador William C. Ramsay 氏

数日まえに公表されたエネルギー技術展望 2050年までのシナリオと展望について話をする。昨年グレンイーグルスでは、持続可能な将来の実現は難しく、これに対応すべく、既存の技術を用い、潜在的な省エネルギーの可能性を計るべきことが確認された。

今後の技術の展望

将来は、市場浸透する技術のブレークスルーに左右され、これにより異なるものである。

我々は産業・民生・運輸・発電などの部門別に、多数の技術の仮定をおき、様々なシナリオに基づく将来を展望した。どの技術がどの程度の影響を与えうるのか、様々なシナリオを勘案し、分析をおこなった。また、持続可能な将来を実現する為の、技術導入の障壁と戦略についても触れている。

シナリオ

「BAU」「ACT」「TECH プラス」という 3 シナリオを用意しており、BAU は既存技術、ACT は複数技術、TECH プラスはより楽観的なシナリオである。既に実施している政策、例えば、エネルギー安全保障、温暖化防止対策については、織り込み済みである。想定される技術の違い、研究開発の加速による追加政策についても分析をしている。

予測手法

マーカーモデルとスプレッドシートにより分析をおこなっている。

その他シナリオのイメージ

既存技術の普及状況についても、詳細に分析を加えている。

- 「ACT MAP」: 技術全般について楽観的な想定。
- 「ACT 低再生可能エネルギー」: コスト低減のインセンティブが低く、十分に価格競争力が無かった場合。
- 「ACT 低原子力」: 世論の受容性 (public acceptance) が低い場合。
- 「ACT CCS 無し」: 炭素隔離技術が進展せず、十分に導入されなかった場合。
- 「ACT 低省エネルギー」: 政府が効率改善に対する政策を十分取らない場合。
- 「TECH+」: 高度な技術政策が完全に実施された場合 (セルロース由来のバイオエタノールや燃料電池の導入を想定)。

世界の二酸化炭素排出に関する各種シナリオの内容

2030 年は重要な転換点である。また、低炭素技術 25 ドル/t-CO₂ 程度のインセンティブが働くという前提で分析をおこなっている。

- **BAU シナリオでは、2050 年に 2003 年比で 137% の CO₂ 排出量の増加。電力需要増に伴う石炭需要の増加、途上国を中心とする運輸需要の急増が背景にある。2050 年の発電部門の排出量は、2003 年の総排出量を上回る。2030 年には従来型の石油生産のピークが訪れ、2030 年以降は石炭の液化などで排出量が大幅に増加。**
- 技術開発に関し、全般的に楽観的な想定をした「ACT MAP」シナリオでは、2050 年に 2003 年比で 6% の増加となり、排出量は今日のレベルにほぼ維持。これは、高効率発電、炭素隔離などの技術が進展するためである。電源は、原子力・再生可能エネルギーの割合が高まり、カーボンフリーの発電が主流となり、運輸部門の構成比が最も高くなる。BAU と比較して二酸化炭素削減に貢献した寄与度の割合は、効率向上が 45%、発電の効率向上は 34% (うち、炭素隔離:12%、原子力:6%、石炭のガス転換:5%)。
- **炭素隔離が普及しない「ACT CCS 無し」シナリオでは、2003 年比で 21% の排出量の増加。炭素隔離が普及しないため、石炭液化、アンモニア・鉄鋼・セメント・化学**

など、重厚長大型の産業では、コスト上昇がもたらされる。

- 「ACT 低省エネルギー」シナリオでは 2003 年比 27%の排出量の増加。省エネ率は ACT MAP シナリオで 2%としているが、省エネ率を 1.7%として織り込んでいる場合のシナリオ。
- 「Tech Plus」シナリオでは、2003 年比で 16%の排出量の減少。もっとも楽観的なシナリオであり、原子力、バイオ、運輸用の水素において大きなブレイクスルーがあった場合を想定。

電源

炭素隔離が重要な役割を担い、再生可能エネルギー、原子力が著しい伸びを示す。2050 年における石炭火力の発電効率は、炭素隔離を付した場合 48%である。中国の石炭火力発電所については、発電効率の向上と炭素隔離によって 50%以上の二酸化炭素排出減が達成可能である。

世界の液体燃料供給

従来型の石油の供給は 2030 年がピークであり、2050 年には、オイルサンド、タールサンドなどが 5 倍程度導入される。Tech Plus シナリオでは、2050 年の、石油需要は BAU 比 41%減少。

運輸

二酸化炭素削減の 2/3 は燃費改善（内燃機関が 40%を占め、その他は、ハイブリッド車、タイヤの改良・軽量化によるもの）により達成され、残りの 1/3 はバイオ燃料の導入により達成される。Tech Plus シナリオでは、ベースラインに比し需要が半減し、バイオ燃料が増大、水素が 2050 年には半分を占めているという想定。

一次エネルギー供給

ベースラインシナリオでは 2003 年現在 OECD 先進国は全体の 52%を占めているが、2050 年は OECD45%、途上国 55%の構成比となる。供給量を今日のレベルに下げるとは、極めて困難。

二酸化炭素排出ベースラインと MAP シナリオの比較

OECD は、BAU で 2003 年比 70%の増加、ACT MAP シナリオで同 32%の減少。途上国は、BAU で同 255%の増加、ACT MAP シナリオで 65%増となっている。

シナリオから得られる示唆;

- 2050 年までに、既存技術および商用化された新技術を活用し、2003 年の水準まで下げることが可能である。
- 化石燃料は一次エネルギーベースで全体の 2/3 を占める。電力需要ならびに石油の電

- 源構成比は半分にすることが可能（エネルギー安全の施策を取ることで、投資が重要）。
- 発電部門は 2050 年までに大幅な脱炭素化が可能であり、電力需要自体が縮小するため新設も 1/3 程度に抑制することができるが、**運輸部門の脱炭素化はより長く時間がかかり、今世紀の後半にも持ち越してしまう課題。**
 - **発電部門の炭素隔離は低コストで効率改善をするのに非常に重要。**炭素隔離は大きな課題を現在も持っており、もし失敗すれば、中国やインドなどの石炭の利用が難しくなる可能性があり、**フルスケールの実証研究が非常に重要**である。サンクトペテルブルグでの G8 サミットでもその課題を伝えようとしている。再生可能エネルギーによる発電が、現在の 4 倍増となる。原子力は大きな課題を持っているものの 2-3 倍程度になっている。
 - 運輸部門の対策は困難である。バイオ燃料は、2050 年までに全体の 13% 導入される。自動車は、平均して 50% の効率向上がみられる。**水素、燃料電池車は、効果が大きい**が、**技術のブレークスルーが見られるかどうかは、より長期的な課題**である。

今後重要となる技術

最大限な成果をもたらすための「テクノロジーポートフォリオ」が非常に重要である。炭素隔離は絶対的に重要であり、フルスケールの実験をしなければ実現は難しい。このほかにも様々な要因がある。コンバインドサイクル、燃料電池など、各国政府がどの程度積極的な政策を打ち出せるかに、その効果の大きさは依存する。運輸部門とくに水素、燃料電池が最も難しい課題であり、今世紀末まで課題として残るであろう。

2. 赤井氏講演の概要

日本の超長期エネルギー技術ビジョン

産業技術総合エネルギー研究所 赤井 誠氏¹

昨年秋に経済産業省より公表された内容について述べる。ラムゼー氏の考えは、主要なブレークスルーはないという考え方であったが、我々はそれを織り込んで、バックキャストをおこなっており、アプローチが異なる。

ビジョン策定を取り巻く背景

- 技術の 2-3 サイクルがあると前提。
- バックキャストイングアプローチをとり、セクター別原単位アプローチによって分析を

¹ 発表者注：内容は赤井氏の私見に基づくところも多く、公開資料（参考）を除いては、必ずしも経済省 / 資工庁の公式見解を示すものではない。

おこなっている。バックキャストは、求められる将来、望ましい将来を設定し、その実現のためにどうすべきかを検討するものであり、こうした点にフォーキャストアプローチとの違いがある。

予測手法

(財) エネルギー総合工学研究所の「グレープ」モデルを活用。

技術・社会像の前提

- 水素、バイオマスなど特定の一つの技術分野に依存した社会を前提としない、また、**現行のいかなる施策の影響を受けない**ことを前提としている。
- 経済が発展し、生活の質が向上、必要なエネルギーが必要な時に確保可能である。
- 人口、経済は一様に増加、エネルギー消費、化石燃料生産（石油は 2050 年、天然ガスは 2100 年にそれぞれ生産のピークを設定）、**CO₂ 排出量現在の水準、原単位は 2050 年に 1/3、2100 年に 1/10 との前提**をおいた。
- 原子力については核燃料サイクルとセットとする。再生可能エネルギーについては、省エネルギーとセットとしている。化石資源の利用に関しては、炭素隔離とセットとして考えており、産業部門でも 8 割を回収処理、運輸は電気と水素で全量供給。
-

ケース設定

- **極端ケース B: 原子力促進、原子力全量利用。**
- **極端ケース C: 再生可能エネルギーと究極の省エネルギーにより 8 割のエネルギー低減。運輸については 7 割低減。** エネルギー貯蔵、パワーエレクトロニクス、ガス化技術 ネットワークマネジメント技術が共通の技術基盤。なお、本プロジェクト参加者は、それぞれの分野において、技術促進が進むのはケース C ではないかとの共通の感触をもった。

エネルギー技術 2100

- 各部門・分野別エネルギーロードマップを策定。技術の寄与度の検討もおこなっている。
- 赤井氏らの構築した **ATOM - J モデル(世界 18 地域、コスト最小化、最適化)** を活用。石炭由来による水素供給を織り込むと、現在の確認埋蔵量を上回ってしまう。つまり、炭素貯留など特定の一つの技術に偏向することは望ましくない。原子力も同様。
- 炭素隔離は、今後数十年間は重要な役割を担う。省エネルギー技術と組み合わせた位置づけが重要。

結論

- 省エネルギー技術の普及が必要。

- 再生可能エネルギー、原子力、炭素隔離はエネルギー需給のフレキシビリティを増大させる。
- バイオマスは、CO₂フリーのエネルギーであり、産業部門での利用が重要である。
- 炭素貯留は、短中期的技術であり、今世紀中については有効な技術。

<質疑応答>

- 質問) ラムゼー氏の講演に、25 ドル/t-CO₂ 相当の限界費用が必要であるとあったが、途上国についてもその費用を負担するのが賢明であるのか。
- 回答 (ラムゼー氏) 経済の効率性と公平性という問題が入ってくるため、非常に難しい質問である。10 ドル/t-CO₂ 位であれば途上国にあっても、それほど大きい負担ではないが、移転コストは、25 ドル/t-CO₂ よりも高くなりうる。先進国は、技術・購買力があるので、この努力をすべきである。
- 回答 (赤井氏) コストが、経済を刺激し、技術の市場化を起こす可能性がある。バックキャストであってもフォーキャストであっても、もたらされうる結果はほぼ共通である。技術をどのようにみなすのか、ブレークスルーをどのように考えるのが重要。かつ、省エネ技術のあり方がキーとなるという点では共通である。
- 質問) 「原単位」と「経済の活動量」により予測をおこなっていると推察している。OECD 諸国については、GDP と活動量の関係はどのように考えるか、GDP と活動量は連動すると思われるが、果たしてエネルギー消費量を抑制することはできるのか。
- 回答 (ラムゼー氏) サービスの質と量に必要なエネルギーの量を変えていくことが重要。無駄な行動様式を変更していくことも次に重要である。大きな格差についても検討する必要がある。例えば、先進国のなかで日本のエネルギー消費はもっとも効率的であるが、アメリカは効率が悪い。45 億人の途上国について考えると、エネルギーのアクセスをいかに提供するか、先進国の経験を活かせるのではないかと考える。エネルギー供給の信頼性が保たれているか、またそのコストについても検討が必要である。地政学的な問題についても解決は可能であるが、真の問題は、化石燃料の使用が環境へのインパクトを与えるということである。カーボンフリーな技術の進歩を考えていかなければならない。炭素隔離についても効果に限りがあり、カーボンフリーな技術についても今世紀中に開発ができることが望ましい。
- 質問) グレンイーグルス行動計画に基づいて作業が進んでいると思われるが、2008 年までの作業計画はどのように進んでいるか。ワールドエネルギーアウトックとの整合性はあるか。
- 回答 (ラムゼー氏) 2008 年での日本のサミットで最終的な回答をする。サントペテ

ルブルグでは中間報告をすることになっており、産業、技術それぞれについて、今後の課題が存在するとしている。ワールドエネルギーアウトルックによる 2050 年との一貫性は最も難しいところ。2100 年までのバックキャストもおこなっている。方法論も異なっており、一貫性を持たせようとはしているが、同じではない。全体としては、調和の取れたものとしつつも完全に整合性のあるものとはなっていない。

以上

お問い合わせ先: report@tky.ieej.or.jp