

フューチャージェン-「ゼロエミッション」の石炭エネルギー

Victor Der, PhD
Director, Office of Clean Energy Systems
米国エネルギー省
化石エネルギー局

はじめに

米国エネルギー省を代表して石炭エネルギーセンターに対し、本会の主催と本日の講演に私を招いて頂いたことに感謝するものである。私の講演は米国のクリーン・コール研究と特にフューチャージェン・イニシアティブに関するものである。

背景

このようなフォーラムで何年か前に、クリーン・コールに関する講演をしたことがあり、それから多くのクリーン・コールに関する進化があった。しかし、我々のプログラムの重点はほとんど変わってはいない。それは石炭利用において、環境と経済的な障害を除去するというものである。特に温室効果ガス排出のような環境問題に対応する、現実的なクリーン・コール・テクノロジーの開発については、我々のコミットはさらに増大している。前回の私の訪問時に比べても、CO₂貯留やIGCCといった「ゼロエミッション」に寄与するテクノロジーに対する研究投資は飛躍的に増加した。我々は個別開発やサブシステムを強調していたビジョン 21 の戦略を前進させ、それらのサブシステムを統合し、稼動するプラントとしてのフューチャージェンを目指している。

エネルギーに関しての米国の目標は、世界の多くの人々と共有していると信じているが、安全、安価なクリーンエネルギーを確保し、国民の増大するエネルギー需要を満たすよう提供することである。この目標を達成するため、石炭は多様なエネルギー・ポートフォリオ資源の 1 つとして、重要な役割を担わなければならない。石炭は米国で最も豊富なエネルギー資源であり、我々のエネルギーおよび経済安全保障戦略に組み込まれているからである。

しかし、主な懸念事項として、化石燃料を利用することは、特に石炭利用において、大気に二酸化炭素を排出することである。電力と輸送分野を合わせると、米国の人為的な温室効果ガス排出の 4 分の 3 近くの原因となっている。発電所は固定発生源であることから、このガスは分離回収して貯留する機会がある。重要なことはそれを安全に、効果的に、経済的にそして永続的に行なうことである。

この課題に応えるため、米国エネルギー省では、フューチャージェンをテクノロジー・ベースの石炭に対する気候変動抑制戦略として推進している。フューチャージェンは 10 億ドル、10 年規模のプロジェクトであり、世界最初の二ア・ゼロエミッションの石炭プラントを建設して稼働させるものである。最初の「ゼロエミッション」石炭プラントとして、電力と水素を生成し二酸化炭素は地中深部に永久的に貯留する。フューチャージェンは、エネルギー省、石炭とエネルギー業界の非営利共同事業体であるフューチャージェン・アライアンス、その他の省庁が参加するパートナーシップである。

フューチャージェンは、ゼロエミッションの石炭エネルギーオプションを実現するための主要なステップである。化石プラントから排出される温室効果ガスに対する、3 つの課題すべてに対応する。それは、効率、低炭素あるいは無炭素の水素生産、および貯留である。経済的なゼロエミッションの石炭プラントを手に入れることにより、諸外国は以下を行なうことができる。

- 増大するエネルギー需要を満たす。
- 経済的な将来およびエネルギーの将来を、豊富で戦略的なエネルギー資源である石炭で確保する。
- 石炭発電所から排出する二酸化炭素を貯留することで、石炭利用に伴う気候変動問題を含む環境問題に対応する。
- クリーンで安価な水素を生産し、発電あるいは輸送に供する。

フューチャージェンの目標は、二酸化炭素の地中貯留を組み込んだ石炭プラントの稼働に関して、技術的、経済的、環境的な可能性を立証するものである。サブシステムと個別技術を統合することが技術上・オペレーション上の可能性を提供する鍵でもあり、同様にゼロエミッションである石炭エネルギーが支持される鍵となる。そのように幅広く支持されて初めて、本プロジェクトの成果を世界的にも後継プラントに引き継ぎ、諸外国のさまざまな石炭に対応することができるのである。

フューチャージェンの成功への鍵は、地中貯留に対する多くの関係者による協力にもかかっている。業界（石炭生産者とユーティリティー）からの支持は、将来適用が見込まれる二酸化炭素排出基準に最も大きく影響されるが、「ゼロエミッション」コール・テクノロジーの採用にとって特に重要である。したがって、フューチャージェンは、大規模な実際の操業条件において、炭素分離回収・貯留を伴う「ゼロエミッション」の石炭エネルギーの利用を確立するものでなければならない。

実際の影響力をもつためには、本プロジェクトは最初の稼働を 2020 年までに開始しなければならない。2020 年は、米国の石炭設備が老朽化して増大するエネルギー需要を満たすため、新規設備の建設に取り掛かる必要のある時期なのである。したがって、フューチャージェンでは以下のプロジェクト目標を満たす必要がある。

- 石炭からニア・ゼロエミッション（二酸化炭素を含む）の発電・水素生産を行なう技術的・経済的可能性に目処をつけること。
- 二酸化炭素の地中貯留を伴う石炭変換システムの持続的・統合オペレーションを検証すること。
- 効果的、安全、永続的な二酸化炭素の地中貯留を検証すること。
- 二酸化炭素の測定、監視、検証に関して標準的な技術とプロトコルを確立すること。
- その他の「ゼロエミッション」アプローチに対し、フューチャージェンの概念が経済的競合力をもつ可能性を確認すること。
- 「ゼロエミッション」石炭に対する支持をオペレーションの成功により、石炭、発電業界、環境団体、国際コミュニティおよび世間一般から獲得すること。

これらの目標を達成するため、発電所は以下のことを行う必要がある。

- 運転時に発生する約 100 万トンから 200 万トン/年の二酸化炭素を、安定した地層（例えば、深部の塩帯水層、採炭不可能な石炭層、石油・天然ガス採掘跡、玄武岩層）に当初は 90%、最終的には 100% 近く貯留する。
- 発電と水素生産（～275 MW までの発電能力プラント相当）を行なう。
- 環境要件（ニア・ゼロエミッション）を満たす。
- その後に続くニア・ゼロエミッションの商用実証用および実用のための設計データを提供する。
- 柔軟性を増し、運転性と信頼性を強化するために先端技術を統合的に試験できるよう設計する。

さらに本設備の二酸化炭素貯留監視・検証システムでは、以下のことを可能にする。

- 地層の貯留能力を正確に定量的に予測する。
- 地表および地下での漏洩を監視し、発生した場合は検出可能（大気における二酸化炭素濃度である 370 ppm を僅かに超えたことを測定する能力）とし、効果的に修復する能力を実証する。
- 炭素の永続的な貯留に信頼に足る確証を与える科学的根拠を提供する。
- 二酸化炭素不純物の併合貯留に寄与する。
- 将来の炭素管理システムのコスト計算に必要な情報を開拓する。

プロジェクトの内容

フューチャージェンでは、最先端の石炭ガス化複合発電（IGCC）テクノロジーと炭素分離回収・地中貯留技術を駆使する。それは監視、計測、検証機能を具備した完結型システムである。フューチャージェンは、開発段階のテクノロジーの大規模な統合試験を行なうプロトタイプ設備となる。また、ゼロエミッションの目標をサポートする、革新的なテクノロジーの先端的な研究成果を試験する基盤にもなる。

統合すべき具体的なテクノロジーの決定は、フューチャージェン・アライアンスが行なう。しかし、どのテクノロジーが採用されても、フューチャージェンはプロジェクトの目標である「ゼロエミッション」を技術的、経済的に提供するという概念を達成することができなくてはならない。

試験対象のテクノロジーに予定されているものには、性能の向上とコスト削減に寄与するものも含まれる。それには以下のテクノロジー分野の向上が含まれることになる。

- 酸素製造のための空気分離（所内動力とコスト削減のため）。
- 先進的なガス化装置（多炭種の試験を行なうため）。
- 先進的なガス精製（あるいは生ガスの併合貯留の可能性）。
- 水素製造（先進の低コストシフト反応器）。
- 水素分離膜。
- 低コスト二酸化炭素分離と回収（先進的セレクトソルまたはクラスレート）
- 超低チッ素酸化物で高効率の水素タービン。
- プラント効率を増す燃料電池。
- 設備を保護し関連性能データを収集する各種装置、制御、センサー、監視システム。

「ゼロエミッション」エネルギーの技術的、経済的な可能性の検証には以下のことが要求される。

- 実際のオペレーション条件下でのスケーラブル、あるいはフル・スケールの開発および試験用個別技術とサブシステム。
- 統合動作を技術的に検証するため、それらテクノロジーの実用構成への統合。ゼロエミッションの石炭が受け容れられるため、技術的・オペレーション上の可能性を立証するのにこれは重要である。
- テクノロジーの建設とユーザー（例えば採炭会社と電力会社）によるオペレーションにより経済的な実証をすることが、ゼロエミッションの石炭が支持されるためにも必要である。
- テクノロジーはエンドユーザー（石炭生産者とユーティリティー）が使いこなせるものでなければならない。ユーザーは伝統的に慎重で財務的に保守的、あまりリスクをとらない業界である。

プロジェクト管理

米国エネルギー省（DOE）は、フューチャージェン・アライアンスの上部機関としてプロジェクト全体を統括する責任者である。プロジェクト実施機関として、フューチャージェン・アライアンスがプロジェクト管理構造に責任を負い、プロジェクト・コストとスケジュール、設備と敷地の設計、建設、オペレーション、試験を行なう機能をもつ。DOE は合意に沿って、十分な報告と決定がなされること、およびそれらの決定がプロジェクト目標の達成へ導くことを確認する責任がある。

フューチャージェン・プロジェクトはプロジェクト後の監視を除き、完了までに約 10 年間の期間を要する。プロジェクトは以下の各期に分けられる。

- 2008 年に完了予定の設計段階。
- 2009 年に開始予定の建設段階。
- 2012 年に開始予定のオペレーション段階。これは 4 年間継続予定である。
- オペレーション期間中とプロジェクトオペレーションの完了後最低 2 年間、監視が継続される予定である。

参加

DOE の役割。DOE はフューチャージェン・アライアンスにプログラム全体のガイダンスを与える。フューチャージェン・アライアンスの活動がプロジェクト目標に沿ったものか、DOE との合意に沿っているかを監督する。DOE は NEPA の環境準拠活動にも責任を負う。DOE とフューチャージェン・アラ

イアンスは、共に本プロジェクトに関わる国および地方機関、地元のコミュニティ、環境団体、国際的な関連機関、研究機関との協業に参加する。

産業界の役割。 業界におけるパートナーとして、フューチャージェン・アライアンスはプロジェクトの目標と目的に沿って、設計、建設、オペレーション、試験の実行を行なう。また、必要な環境データと情報を環境に対する影響の検証に準拠すべく、DOE に提供する責任を負う。フューチャージェン・アライアンスは非営利の業界団体で、石炭火力発電業界と石炭生産者業界により率いられている。究極的なユーザーであり、後継としての将来の「ゼロエミッション」プラントの建設を担う潜在的な主体の代表である。アライアンスのメンバーは以下の通り。Anglo American、American Electric Power、BHP Billiton、the China Huaneng Group、CONSOL Energy、Foundation Coal、Peabody Energy、PPL、Rio Tinto Energy America、および Southern Company である。

外国政府の参加。

DOE は費用負担ベースでの外国政府の参加を求めている。外国政府の参加については、プロジェクトのアドバイザーであるフューチャージェン・政府オペレーション委員会への参加を通して行う。最近、インドが 2006 年 4 月に、韓国が 2006 年 6 月に政府パートナーとして米国に参加した。現在、複数の国との交渉が続いており、その他の国への招待も継続中である。国際的な政府の参加は、フューチャージェンの国際的な適用とフューチャージェンの受け入れへの道を開くものである。発生する二酸化炭素の地中貯留を含む、ゼロエミッションとしての石炭の可能性に対する国際的な合意の形成に役立つこととなる。国際的な参加はまた、グローバルなエネルギー安全保障戦略の可能性を強化することにもつながる。フューチャージェンへの参加は、政府の気候変動に対するリーダーシップと石炭の持続性を促進することになる。

プロジェクトの現状

フューチャージェンは、初期のプロジェクト設計段階にある。フューチャージェン・インダストリアル・アライアンス社との協力合意書が 2005 年 12 月に締結され、プロジェクトの第 1 段階が開始された。

- アライアンスでは、2006 年 3 月 7 日に候補地の申し込み募集を行い、回答期限を 2006 年 5 月 4 日に設定した。その結果、7 州にわたり 12 ヶ所の申し込みがあった。フューチャージェン・アライアンスの厳しい評価の結果、第 2 次評価の対象候補地は 4 箇所に絞られた。
- DOE は 2006 年 7 月 28 日に意向通知書を発行し、環境への影響声明を準備するよう通知した。本通知書は環境への影響評価プロセスの正式な開始となる。DOE は 2006 年 8 月末に公聴会を開き、環境への影響評価の一環として申し立ておよびコメントを聞き取った。
- フューチャージェンの候補テクノロジーとして、考慮されるべき潜在性のある開発中の先端テクノロジーを特定した。これらはフューチャージェン・アライアンスにより、さらに評価され、試験対象に含まれるテクノロジーの最終選考が行なわれる。
- いくつかのプラント構成について、基本概念設計がフューチャージェン・アライアンスによって実施され、詳細なコスト予測が行なわれている。
- 候補地における承認プロセスのための予備調査活動が開始された。
- DOE はフューチャージェンに他の国も参加するよう招致しているが、インドが最初の参加国になり、基金に対する最初の払い込みが行なわれた。そして最近、韓国も参加した。

次のステップ

短期的な活動と決定事項。

- フューチャージェン・アライアンスは、最近絞られた最適候補サイトをさらに評価する。候補地については、さらなる評価のために追加データと情報（地上、地下も含め）を収集している。候補地の選定は、2007 年の後半に DOE が環境評価プロセスの完了後に行なわれることが予定されている。
- 採用する先端テクノロジーの決定も含め、フューチャージェンの一次デザインが継続される。

- 試験の全体像とテストプランを開発し、フューチャージェンを評価するために必要となるデータを生成する。
- 政府のオペレーション委員会が参加の外国政府を含め開始される。
- さらに海外からも国内からも本プロジェクトへの参加を求め続ける（DOE とフューチャージェン・アライアンスの協力チームの努力を求めることになる）。

まとめ

- フューチャージェンは、テクノロジー・ベースの気候変動抑制戦略にゼロエミッションとしての石炭エネルギーを位置づける重要なステップである。
- フューチャージェン・プロジェクトは、初期の進捗と資金計画について順調であり、2012年のプラント稼働が予定通り行なえる見込みである。
- 最適な候補地のショートリストが選定され、さらに選考中である。最終選定は2007年の終わりを予定している。
- フューチャージェンのテクノロジーは、化石プラントから排出される温室効果ガスの3つの課題すべてに対応する。効率、低炭素あるいは無炭素燃料、および貯留である。
- 性能および経済性のテスト結果は、参加者全員によって共有され産業界、環境団体、一般公衆に報告される。
- フューチャージェン技術によるゼロエミッションとしての石炭は、国にとって石炭をクリーンに利用することができ、以下が可能になる。
 - 増大するエネルギー需要を満たす。
 - 経済的な将来およびエネルギーの将来を豊富で戦略的なエネルギー資源である石炭で確保する。

氏名 : Victor K. Der



Dr. Der is currently Director of the Office of Clean Energy Systems within the Department of Energy's Fossil Energy Program Office. He is responsible for directing research and development of central power systems technologies such as gasification, advanced combustion and hydrogen turbines; distributed generation technologies such as fuel cells, fuel cell/turbine hybrids, and novel heat engines and compressors; emissions controls technologies; advanced research, and high efficiency, zero-emissions fossil energy technologies . He is also responsible for directing the large scale demonstration programs such as the Clean Coal Technology Demonstration program; the Power Plant Improvement Initiative; and Clean Coal Power Initiative. He is also Program Director for FutureGen - a zero emissions coal-based research prototype plant.

Dr. Der has worked at DOE for 33 years in various programs. During that period he has directed research programs in fossil energy; nuclear energy; high-level nuclear waste management; and energy research on magnetic fusion energy.

His prior work includes NASA's Apollo 15 moon mission project and the National Oceanographic and Atmospheric Agency program on upper atmospheric density modeling.

His education includes a Bachelor of Science, Master of Science and Ph. D. in Mechanical Engineering from the University of Maryland.

Dr. Der は現在、米国エネルギー省化石エネルギープログラム局のクリーンエネルギーシステム部ダイレクターである。統括範囲として、ガス化装置・先端燃焼・水素タービンなどの中央発電システム、燃料電池・燃料電池/タービンハイブリッド・革新的なヒートエンジン・コンプレッサなどのような分散発電テクノロジー、排出抑制テクノロジー、高効率のゼロエミッション化石エネルギーテクノロジーの研究開発がある。同博士はまた、クリーン・コール・テクノロジー実証プログラム、発電所改善イニシアティブ、クリーン・コール・発電イニシアティブのような大規模実証プログラムをも管轄している。さらに同博士はゼロエミッションの石炭ベースの研究プロトタイププラントであるフューチャージェンのプログラム・ダイレクターでもある。

Dr. Der はDOEのさまざまなプログラムに33年間にわたり携わってきた。その間、化石エネルギー、核エネルギー、高レベル核廃棄物管理、磁気核融合エネルギーのエネルギー研究を指揮。

それ以前には米航空宇宙局（NASA）のアポロ15号月探査ミッションプロジェクトと国家海洋大気庁の上層大気圏密度モデリングプログラムに従事。

学歴としてはメリーランド大学から理学士、理学修士、機械工学博士号が授与されている。