

平成 20 年度総会特別講演（第 124 回定例研究会） 資料Ⅲ



**水素エネルギー協会  
平成20年度総会特別講演会  
(第124回定例研究会)**

**「Cool Earth—  
エネルギー革新技術計画の概要  
と水素関連技術」**

**2008年5月8日(木)**

**財団法人 エネルギー総合工学研究所  
坂田 興**

[sakata@iae.or.jp](mailto:sakata@iae.or.jp)  
<http://www.iae.or.jp>

**IAE** The Institute of Applied Energy HES 平成20年度総会特別講演会(第124定例研究会) 20080508 0

**講演概要**

1. Cool Earth—エネルギー革新技術計画の概要
  - 1.1 地球温暖化問題が国際政治課題に
  - 1.2 Cool Earth-エネルギー革新技術計画の内容
    - ・エネルギー革新技術計画策定必要性および選定の考え方
    - ・選定された技術一覧
    - ・国際連携のあり方
    - ・選定された技術の地球温暖化への貢献度の推定
2. 選定された水素関連技術
  - ・水素エネルギー
  - ・その他の水素関連技術
3. まとめ

**IAE** The Institute of Applied Energy HES 平成20年度総会特別講演会(第124定例研究会) 20080508

**1.1 地球温暖化問題が国際政治課題に**

**2007年は大変動のはじまり**

- ・IPCC 第4次報告 順次承認を開始(1月)
- ・安部前首相「美しい星へのいざない Invitation to Cool Earth 50」発表(5月)
  - ①「世界全体の温室効果ガスの排出量を、現状に比して2050年までに半減する」との長期目標を、全世界に共通する目標として提案
  - ②その達成のために、「革新的技術の開発」と「低炭素社会作り」を提示
- ・ハイリゲンダム サミット開催(6月)
  - ・2050年までに世界全体の温室効果ガスの排出量を少なくとも半減することなどを真剣に検討する
- ・IPCCとゴア元副大統領がノーベル平和賞受賞の発表(10月)

「人為起源による気候変化についての進んだ知識を確立・普及させるとともに、その変化に対する必要な対応策の基礎を築くという努力に対して、とじて、地球温暖化に貢献を齎らすなどの功績が評価されたもの」

**IAE** The Institute of Applied Energy HES 平成20年度総会特別講演会(第124定例研究会) 20080508

**1.1 地球温暖化問題が国際政治課題に**

- ・IPCC 第4次報告 統合報告書を承認(IPCC総会)(11月)
  - ①気象システムの温暖化には疑う余地がない
  - ②人間活動が温暖化の正味の効果を待つことについて確信度はかなり高い
  - ③温室効果ガスの現在の、またはそれ以上の速度での排出は、一層の温暖化の原因となり21世紀中に世界の気候システムに多くの変化を引き起こす可能性がある
  - ④気候変化への脆弱性を減少させるためには、現在おこなわれているよりも広範な適応策が必要である
- ・パリ会議(気候変動枠組条約第13回締約国会議・京都議定書締約国会議(COP13/CMP3))(12月)
  - ①各国が合意したロードマップでは、2012年が期限となっている「京都議定書」以降の枠組み合意に向け、今後2年間で交渉を行っていく方針が示された。
  - ②交渉には、京都議定書を拒否している米国のほか、中国やインドなどの発展途上国も参加する。
  - ③2009年にコペンハーゲンで開催される会議での枠組み合意を目指す。
- ・京都議定書 第一約束期間 開始(2008年1月)
- ・世界経済フォーラム年次総会(ダボス会議)(2008.1月)
  - 福田首相が、2013年以降(ポスト京都議定書)に向けて、産業・分野別に温暖化ガスの削減可能性を積み上げる「国別総量目標」設定方式を提案

**IAE** The Institute of Applied Energy HES 平成20年度総会特別講演会(第124定例研究会) 20080508

**エネルギー技術開発に関する重要性の認識の高まり**

- 「美しい星50」(平成19年5月)
  - ・我が国は本年5月24日に「美しい星50(Cool Earth 50)」というパッケージを提案。
  - 【世界全体の排出量削減のための長期目標の提唱】
    - 「世界全体の排出量を現状から2050年までに半減」という長期目標を世界共通目標として提案。
    - その達成のため「革新的技術の開発」と「低炭素社会づくり」という長期ビジョンを提示。
- GBハイリゲンダムサミット成果文書(平成19年6月)
  - 「技術は、エネルギー安全保障を強化するとともに、気候変動を和らげる鍵である。我々は、すべてのエネルギー生産及び使用分野において、持続可能な、炭素削減のより高いクリーンなエネルギーの気候に優しい技術の利用を、緊急に開発、展開、促進しなければならない。」
- 気候変動に関する日米両政府間のハイレベル協議(平成19年8月)
  - 技術革新における日米両国の重要性、及び、エネルギー効率の重要性について意見が一致。
- APEC首脳会議「気候変動に関する独立宣言書」(平成19年9月)
  - 気候変動は、深刻な地球の共通課題。開発、普及及び移転は、気候変動に取り組むための我々の共通の努力において並んで重要になるであろう。
- エネルギー安全保障と気候変動に関する主要経済国首脳会議(平成19年9月)
  - 我が国が主導する革新的技術の必要性についても両国の賛同が得られた。
- 日米首脳会議(平成19年11月)
  - 経済成長を維持しつつ、地球温暖化防止とエネルギー安全保障を両立させるために、革新的技術開発の促進及び種子力の平和的利用を可能とするために協力していくことで一致。
  - クリーンエネルギーと気候に関する技術の研究開発において引き続き主導的役割を果たすと共に、日本及び我が国が実施しているようなこれら技術の研究開発への高い資金の確保を他の主要経済国に奨励する。(日米協力ファクトシート)
- 気候変動枠組条約締約国会議(平成19年12月)
  - パリ行動計画の要素の一つとして、革新的技術の研究開発資金位置付け。

経済産業省「Cool Earth-エネルギー革新技術計画、2008.3.より作成

**IAE** The Institute of Applied Energy HES 平成20年度総会特別講演会(第124定例研究会) 20080508

### 1.2 Cool Earth-エネルギー革新技術計画の内容

## 1. はじめに

- 昨年5月、総理のイニシアティブ「美しい星50(クールアース50)」,「世界全体の温室効果ガス排出量を現状に比して2050年までに半減する」という長期目標を提案。
- この目標の実現は、従来の技術の延長では困難であり、革新的技術の開発が不可欠。
- エネルギー分野において、世界トップ水準の技術を有する我が国は、世界をリードできる技術分野に研究開発資源を重点化し、技術開発を加速・推進することにより、我が国の競争力を強化・維持しつつ、技術は我が国の貴重な資源であるとの認識に立って、国際的な連携を強力に推進し、世界全体での2050年までの大幅削減に積極的に貢献していくことが必要。このため、以下の検討を進めてきた。
  - 2050年の大幅削減に向け我が国として重点的に取り組むべき技術の特定
  - 長期にわたる技術開発のマイルストーンとして、各技術のロードマップの作成
  - 長期的視点から技術開発を推進するためロードマップを軸として国際連携のあり方
- 本報告書は、こうした検討内容を、「Cool Earth-エネルギー革新技術計画」有識者会議報告として、とりまとめたものである。

経済産業省「Cool Earth-エネルギー革新技術計画(概要)」2008.3.より作成

### 1.2 Cool Earth-エネルギー革新技術計画の内容

## 2. 重点的に取り組むべきエネルギー革新技術について

### -エネルギー革新技術の選定要件-

- 2050年の大幅削減に向けて、効果的、効率的にエネルギー技術開発を推進するため、我が国が重点的に取り組むべきエネルギー革新技術開発を、以下の要件で絞り込み。
- 大幅削減を実現するには、既に実用化されている技術の改良と普及が重要であることはいずれも無いが、今回の検討では、既存技術の延長線上にない、革新的な技術が検討の対象。

- 2050年の世界における大幅な二酸化炭素削減に寄与する技術
  - 技術に普及に要する時間を考慮し、2030年までには実用化が期待される技術
  - 普及に要する時間が短い技術については、2030年以降に実用化が期待されるものも対象
- 以下のいずれかの方法を通じて、飛躍的な性能の向上、低コスト化、普及の拡大等が期待できる革新的な技術
  - 新たな原理の活用、既存材料の新活用を含めた材料の革新  
(例:新構造・新材料太陽電池、燃料電池の白金代替触媒等)
  - 製造プロセスの革新  
(例:水素を還元剤として用いる革新的製鉄プロセス等)
  - 要素技術が確立した技術をシステムとして実証  
(例:二酸化炭素回収・貯留技術)
- 日本が世界をリードできる技術(要素技術について強みを要する技術を含む)

経済産業省「Cool Earth-エネルギー革新技術計画(概要)」2008.3.より作成

## 重点的に取り組むべきエネルギー革新技術「21」

<p>(発電・送電部門)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○高効率天然ガス火力発電</li> <li>○高効率石炭火力発電</li> <li>○二酸化炭素回収・貯留(CCS)</li> <li>○革新的太陽光発電</li> <li>○先進的原子力発電</li> <li>○超電導高効率送電</li> </ul> <p>(運輸部門)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○高度道路交通システム(ITS)</li> <li>○燃料電池自動車</li> <li>○プラグインハイブリッド自動車・電気自動車</li> <li>○バイオマスからの輸送代替燃料製造</li> </ul> <p>(産業部門)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○革新的材料・製造・加工技術</li> <li>○革新的製鉄プロセス</li> </ul>	<p>(民生部門)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○省エネ住宅・ビル</li> <li>○次世代高効率照明</li> <li>○定置用燃料電池</li> <li>○超高効率ヒートポンプ</li> <li>○省エネ型情報機器・システム</li> <li>○HEMS/BEMS/地域レベルのEMS</li> </ul> <p>(部門横断的な技術)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○高性能電力貯蔵</li> <li>○パワーエレクトロニクス</li> <li>○水素製造・輸送・貯蔵</li> </ul>
--	---

経済産業省「Cool Earth-エネルギー革新技術計画」2008.3.より作成

## 重点的に取り組むべきエネルギー革新技術「21」

経済産業省「Cool Earth-エネルギー革新技術計画(概要)」2008.3.より作成

### 1.2 Cool Earth-エネルギー革新技術計画の内容

## 3. エネルギー革新技術開発における国際的な連携の推進について

### -国際連携のあり方-

**技術開発ロードマップの国際共有**

- IEAとも連携し、各国・地域が技術開発ロードマップを共有しつつ、技術開発の現状や進捗を確認し、着実に技術開発に取り組むための協力の枠組みの構築が必要。

**国際連携による研究開発の加速**

- 海外の研究機関・大学等とも連携し、必要に応じて研究開発リソースを補充しながら効率的に研究開発を進める。
- 国際連携による研究開発には、我が国単独では対応できないリスクの高い研究等のリスク分散、我が国にない研究リソースの活用による研究開発の加速、海外における先進的な技術動向等の把握による研究開発の効率化、国際標準化の推進等による成果の市場導入の円滑化といったメリットを期待。

**国際連携にあたっての留意点**

- 民間企業の研究開発意欲を妨げることがないよう、知的財産の保護や意図せざる技術流出の防止に配慮し、競争と協調の適切なバランスをとることが不可欠。
- 技術の円滑な移転のため、政府ベースで予め知財配慮しておくことが必要。

経済産業省「Cool Earth-エネルギー革新技術計画(概要)」2008.3.より作成

### 1.2 Cool Earth-エネルギー革新技術計画の内容

## 4. エネルギー技術面から見た2050年の社会システムの姿

- 2050年にエネルギー起源二酸化炭素が半減すると想定した場合のエネルギー革新技術の寄与度について、(財)エネルギー総合工学研究所の試算を基に検討。
- 試算では、「21」の革新技術全体で、半減に要する削減量の約6割を占める。CCS、原子力、太陽光といった発電分野の技術と運輸分野の技術の寄与度が高いが、一つの技術で十分ということなく、あらゆる部門で技術開発に総力を挙げて取り組むことが必要。

2050年世界のCO2半減に至る削減へのエネルギー革新技術別寄与度

技術	寄与度 (%)
高効率火力発電+CCS	12%
先進的原子力発電	12%
革新的太陽光発電	7%
産業部門(水素還元製鉄、革新的材料等)	5%
民生部門(省エネ機器・ヒートポンプ、燃料電池、EV等)	11%
その他(既存技術の改良等)	40%

(財)エネルギー総合工学研究所試算

経済産業省「Cool Earth-エネルギー革新技術計画(概要)」2008.3.より作成

## 2. 選定された水素関連技術

### ⑦ 水素製造・輸送・貯蔵

#### (1) 技術概要

- 燃料電池自動車や定置用燃料電池に利用する水素を高効率かつクリーンに製造・輸送・貯蔵するための技術。
- 再生可能エネルギーの利用、CCSとの組み合わせにより製造した水素を、燃料電池自動車の燃料などとして利用することにより、二酸化炭素削減に貢献することが期待できる。

経済産業省「Cool Earth-エネルギー革新技術計画」2008.3.より作成

## 水素製造・輸送・貯蔵

#### (2) 技術開発ロードマップ

① 水素製造技術

- 化石燃料からの製造
  - 化石燃料からの水素製造技術: 成熟しているが、今後、改質効率の向上やオンサイト用ステーション向け製造装置の小型化が課題
- 水電解
  - 固体高分子やアルカリ水電解といった技術があり、効率や耐久性、経済性の向上といった点が課題
- 再生可能エネルギー活用 など
  - バイオマスからの水素製造等
  - 木質系原料等のガス化技術は既に熱利用で実績のある技術であり、水素への改質効率向上等プロセスの最適化が課題である。
  - メタン発酵や水素発酵は、効率のよい発酵菌の探索等、研究段階

経済産業省「Cool Earth-エネルギー革新技術計画」2008.3.より作成

## ⑧ 水素製造・輸送・貯蔵

技術開発ロードマップ

水素価格: 150円/Nm<sup>3</sup> (2000) → 80円/Nm<sup>3</sup> (2010) → 40円/Nm<sup>3</sup> (2020)

② 水素の輸送技術

- トローラーによる圧縮水素輸送
  - 圧縮水素輸送は既に実績があり、一層の高圧化や複合材料容器を用いた輸送量の増大が課題
- トローラーによる液体水素輸送
  - 液化プロセスの効率化や液体水素ローリー、液体水素コンテナの断熱性能の向上が課題
- トローラーによる有機ハイドライドによる輸送
- パイプライン輸送 など
- 2020年頃に、高圧輸送で7円/Nm<sup>3</sup>、液体輸送で3円/Nm<sup>3</sup>にまで低下させることを目指し、技術開発を推進

③ 水素貯蔵技術

- ガスによる貯蔵
  - 高圧ガスによる貯蔵では、35MPaから70MPaへの高圧化、容器の手コスト化が課題
- 液体水素による貯蔵
  - 輸送技術と同様、液化プロセスの効率化や液体水素ローリー、液体水素コンテナの断熱性能の向上が課題である。
- 水素吸蔵合金による貯蔵
  - 材料探索や耐久性の向上、ハイブリッドタンクの開発が課題
- こうした技術開発により、2020年頃に水素価格を、40円/Nm<sup>3</sup>まで低下させることを目指す。

経済産業省「Cool Earth-エネルギー革新技術計画」(別添)、2008.3.より作成

## 水素製造・輸送・貯蔵

#### (2) 選定された水素関連技術

### ⑧ 燃料電池自動車(FCV)

#### (1) 技術概要

- 水素を燃料とし、燃料電池で発電した電気により走行する自動車。
- 白金代替触媒等の活用による大規模な低コスト化、
- 水素貯蔵材料の高性能化によるガソリン車並みの航続距離の実現を目指す。
- 二酸化炭素排出量はガソリン車の1/3程度に低減可能である
- さらに、燃料である水素を再生可能エネルギー等から製造する場合、または化石燃料資源から製造する場合においても、CCSと組み合わせることで、二酸化炭素排出の大規模削減が可能である。

車両種類	0	50	100	150	200
FCV現状	0	0	0	0	0
FCV将来	0	0	0	0	0
ガソリン	0	50	100	150	200
ガソリンHV	0	50	100	150	200
ディーゼル	0	50	100	150	200
ディーゼルHV	0	50	100	150	200
CNG	0	50	100	150	200
BEV(Battery EV)	0	0	0	0	0

Well to Wheel CO<sub>2</sub> 総排出量で評価した数値: Well to Wheel総排出量とは、発電用燃料の採掘、発電、水素の精製、輸送、貯蔵、充填等のエネルギー・プロセス全体の効率と、自動車単体の効率(燃費)を総合評価して算定した排出量。電気については、我が国の現在の電源構成で発電が行われるものと仮定している。

経済産業省「Cool Earth-エネルギー革新技術計画」2008.3.より作成

## 水素製造・輸送・貯蔵

#### (3) 効果的な技術開発とその成果の普及に向けた課題

- 化石燃料由来の水素製造
  - より一層の二酸化炭素削減を図るため二酸化炭素回収・貯留技術との組み合わせについても検討が必要
- ニア・ゼロエミッションの水素を製造するためには、再生可能エネルギー等の利用技術の高度化が重要
- 普及を支える技術として、水素供給インフラの整備や水素安全技術等の安全対策、制度見直しや法整備が必要
- 水素エネルギーの国際的普及に向けて、ISO、IEC、SAE等の標準策定の場で日本がリーダーシップをとることが重要
- 水素エネルギーは、黎明期では、小型もしくはガソリンスタンドへの併設タイプのオンサイト改質から導入が始まり、水素需要が立ち上がった後は、オンサイト/オフサイトのベストミックスになっていく見込まれる。
- 水素源では、導入当初は低コストの化石燃料改質が主流であるが、技術開発の進展に伴い、二酸化炭素フリーの再生可能エネルギー等の水素に移行することが期待される。
- 供給インフラについては、黎明期は、化石燃料改質器一体型の定置用燃料電池
  - 必要の進展に合わせ、水素ステーションや水素低圧パイプラインを用いたローカル水素供給システムの活用が進むと見込まれる。
- 将来は、ローカル水素供給システムとコンテナ等による大規模生産拠点からの輸送との最適な組み合わせによって、全国規模の水素供給インフラが構築されることが期待される。

LAE The Institute of Applied Energy HESS平成20年度総合特別講演会(第124定例研究会) 20080508

## 水素製造・輸送・貯蔵

#### (2) 選定された水素関連技術

### ⑧ 燃料電池自動車(FCV)

#### (1) 技術概要

① 水素製造技術

- 化石燃料からの製造
  - 化石燃料からの水素製造技術: 成熟しているが、今後、改質効率の向上やオンサイト用ステーション向け製造装置の小型化が課題
- 水電解
  - 固体高分子やアルカリ水電解といった技術があり、効率や耐久性、経済性の向上といった点が課題
- 再生可能エネルギー活用 など
  - バイオマスからの水素製造等
  - 木質系原料等のガス化技術は既に熱利用で実績のある技術であり、水素への改質効率向上等プロセスの最適化が課題である。
  - メタン発酵や水素発酵は、効率のよい発酵菌の探索等、研究段階

経済産業省「Cool Earth-エネルギー革新技術計画」2008.3.より作成

### 燃料電池自動車(FCV)

**(2)技術開発ロードマップ**

- 我が国は、燃料電池システム技術、電池技術開発にこれまで積極的に取り組んできており、自動車メーカーが独自開発の燃料電池自動車を実用化する等、産学において世界最先端の技術を有している状況にある。他方、本格的な普及に向けては、依然としてガソリン車と比較して克服すべき技術課題が多い。
- 第一の課題は、コストの低減である。1台1億円程度とも言われている現状から100分/1程度のコストダウンが必要である。
- 燃料電池システムは、量産効果を見込むと、実用目標コスト4000円/kWhの3~5倍までに到達していると考えられるが、今後、コスト要因である白金触媒の使用量低減や代替のための触媒技術の開発が必要である。耐久性については、10年以上の耐久性向上に向けた電解質膜の開発が必要となる。さらに、ガソリン車と同等の航続距離500kmを可能とするため、燃料である水素をコンパクトかつ低コストに貯蔵するための技術開発として、高圧水素容器に代わる貯蔵技術が求められる。
- こうした技術開発により、コスト面では、車両価格を2010年にICV(内燃機関自動車)の3~5倍、2020年に1.2倍まで低減することを目標とする。耐久性については、2010年に3000時間、2020年に5000時間まで向上させることを目指し、航続距離は2010年で400km、2020年で800kmまで向上させることを目指す。

経済産業省 cool Earth-エネルギー革新技術計画, 2008.3. より作成

### ⑧ 燃料電池自動車 (FCV)

**技術ロードマップ**

	2000	2010	2020	2030	2040	2050
航続距離	300km	400km	800km			
耐久性	2,000時間	3,000時間	5,000時間			
車両価格(ICV比)	20倍	3~5倍	1.2倍			

●燃料電池自動車(FCV) 航続距離の拡大 燃費時の低コスト

- 水素貯蔵能力の大幅な向上
- 白金触媒低減・白金替代触媒の開発

普及を支える技術・関連技術

- 燃料電池(PEFC)
- 水素製造・輸送・供給
- 高圧水素貯蔵システム
- 水素供給インフラの整備・安全対策・規制見直し

導入・普及シナリオ

- 公共的車両への積極的導入
- 大規模社会実証試験
- 燃料電池自動車の本格普及
- 標準化・標準化

経済産業省 cool Earth-エネルギー革新技術計画, 2008.3. より作成

### 燃料電池自動車(FCV)

**(3)効果的な技術開発とその成果の普及に向けた課題**

- 技術開発の強化に加えて、実証試験、標準化の推進等を一体的に進めていくことが必要。具体的には、公共的車両への積極的導入を推進しつつ、水素ステーションを活用した実証試験で得られる成果を適切に基礎研究にフィードバックして、コストの抜本的な低下や耐久性の向上等を目指すことが必要。
- 技術開発の進捗に応じて、水素インフラの検討を進めていくことも必要。このため、燃料の品質や水素ステーションに係る基準・標準化に関する国際的な議論にも積極的に参加。
- 基礎的な技術開発を加速するためには、水素経済のための国際パートナーシップ(IPHE, International Partnership for the Hydrogen Economy)といった国際的枠組みを活用し、各国が有する最先端の技術動向等を踏まえつつ効果的に技術開発を推進していくことが必要。

経済産業省 cool Earth-エネルギー革新技術計画, 2008.3. より作成

### 2. 選定された水素関連技術

#### ⑮ 定置用燃料電池

**(1)技術概要**

- 水素などの燃料と酸素などの酸化剤の電気化学反応により熱を經由せずに直接電力を取り出す技術。
- 化学エネルギーから直接電気エネルギーへ変換するため、理論的な発電効率が高く、システム規模の大小にあまり影響されないことから、コジェネシステムとして高い総合効率(>80% HHV)が可能となるものもあり、二酸化炭素削減に貢献することが期待できる技術。
- ノートパソコン、携帯電話などの携帯機器から、自動車、民生用・産業用コジェネ、発電所まで多様な用途・規模をカバーするエネルギー源として期待されている。

経済産業省 cool Earth-エネルギー革新技術計画, 2008.3. より作成

### 定置用燃料電池

**(2)技術開発ロードマップ**

- 燃料電池には、電解質の種類で区分、それぞれの技術に応じた用途、開発が必要。固体高分子形燃料電池(PEFC)、固体酸化物形燃料電池(SOFC)、溶融炭酸塩形燃料電池(MCFC)すでに実用化段階にある技術は、リン酸形燃料電池(PAFC)やアルカリ電解質形燃料電池(AFC)我が国では、既に約220台のPEFCが市場に導入。海外企業のものも多くは実証、開発段階。米国 Plug Power社のPEFC、PFU Energy社のMCFCなどは市場導入開始。
- PEFC
  - 薄層の固体高分子膜を電解質として用いる燃料電池
  - 作動温度が常温から90℃と低温であるため、起動停止や取り扱いが容易であり、出力密度が高いため小型化が比較的容易
  - 家庭用コジェネの他に、モバイル機器や自動車用としても開発されている。
  - システム価格の低減、耐久性の向上、発電効率の向上が課題。R 代替触媒の開発や、電解質膜の改良、新規な電解質膜の開発が重要。2010~2030年頃に、現在より約1/3(約1500~2000円/kWh)のコスト低減を40万円、耐久性を現在の1万時間から5万時間、発電効率を現在の62%から76%まで向上させることを目指し、技術開発を進める。
- SOFC
  - 酸化物イオンの透過性が高いイオン伝導性セラミックスを電解質として使用。家庭用コジェネ、分散電源、大規模発電への応用を期待
  - 作動温度は700~1000℃と高温で排熱の利用が有利。石炭を含む多様な燃料が使用可能。ガスタービンと組み合わせることにより60%以上の(HHV)の高い発電効率が見込まれる。
  - 高温な白金触媒が不要の特長。
  - 作動温度が高いため、材料劣化等の課題があり、今後、低コスト化、耐久性の向上、発電効率の向上が課題であり、2020年頃に発電効率40%、耐久性4万時間、kW当たりシステム価格100万円を実現することを目標し、技術開発を推進する。
- MCFC
  - 炭酸リチウムや炭酸カリウムのような溶融炭酸塩を電解質として用いる燃料電池
  - 水素に限らず天然ガスや石炭ガス、さらにバイオガスを燃料とすることが可能
  - 産業規模に高熱排ガスを入れて発電を行うと、燃料燃焼中排ガス中の二酸化炭素を濃縮回収できる特長があるため、CCSを行なう場合の二酸化炭素回収手段としての活用が見込まれている。
  - 2030年頃にはガスタービンとの複合発電への適用も見込まれる。

経済産業省 cool Earth-エネルギー革新技術計画, 2008.3. より作成

### ⑮ 定置用燃料電池

**技術開発ロードマップ**

	2000	2010	2020	2030	2040	2050
(PEFC) システム価格(定置用, kWあたり)	500万円	約20万円	50万円	<40万円		
発電効率(HHV)、耐久性	30%、4万時間			>40%、9万時間		
(SOFC) 発電効率(HHV)、耐久性、システム		40%、4万時間		>40%、9万時間		
小規模コジェネ		100万円/kWh		<25万円/kWh(家庭用:30~40万円)		※家庭用は貯蔵容量を考慮
大規模コジェネ		40%、4万時間		100万円/kWh→40%、9万時間、<20万円/kWh		
GT/FC複合発電				80%、4万時間、数十万円/kWh>60%、9万時間、<10万円/kWh		

●固体高分子形燃料電池(PEFC) 航続時の低コスト

- 高圧・低酸素対応技術、R 代替触媒
- 白金触媒低減・白金替代触媒の開発
- 白金触媒低減・白金替代触媒の開発
- 新規触媒材料(白金触媒低減)
- 新規触媒材料(白金触媒低減)
- 新規触媒材料(白金触媒低減)

●溶融炭酸塩形燃料電池(MCFC) 航続時の低コスト

- 炭酸アミン系、中温触媒
- 白金触媒低減・白金替代触媒の開発
- 白金触媒低減・白金替代触媒の開発

●リン酸形燃料電池(PAFC)

- 小規模コジェネ
- 中規模・大規模発電
- CO2分離・回収

導入・普及シナリオ

- 燃料電池自動車(FCV)の導入・普及
- 燃料電池コジェネレーションの普及(民生・産業)
- 溶融炭酸塩形(MCFC)
- 固体酸化物形(SOFC)
- 固体酸化物形(SOFC)
- 大出力化(船舶)
- GT/FC複合発電
- 国際標準化の推進

経済産業省 cool Earth-エネルギー革新技術計画, 2008.3. より作成

### 定置用燃料電池

**(3)効果的な技術開発とその成果の普及に向けた課題**

- PEFCは、早期本格商用化に向け、研究開発と同時併行的に大規模実証が進められ、商品性の追求、見極めが行われている状況。技術開発を合わせ、実証事業の一層の大規模化を通じて、初期需要の形成に向けた取り組みを推進することが必要。
- SOFCは、700W家庭用コジェネなど小型機の開発が急速に進展中。実証事業を通じた取り組みにより、課題である商用機としての耐久性・信頼性の確立を図ることが必要。大規模電源用には、なお時間を要するが、米国においても大型SOFCの技術開発が進められており、我が国においても着実に技術開発を推進していくことが必要。
- 技術開発とその普及に向けた実証事業に加えて、海外市場展開を視野に、IECを通じ国際標準化に向けた取り組みを進めることが必要。

経済産業省 Cool Earth-エネルギー革新技術計画, 2008.3. より作成

LAE The Institute of Applied Energy HES5平成20年度総合特別調査会(第124定期研究会) 20080508

### 2. 選定された水素関連技術 ⑫革新的製鉄プロセス

**(1)技術概要**

- 一貫製鉄プロセスで7割程度のエネルギーを使用する製鉄工程での抜本的な二酸化炭素排出量削減を目指す技術。
- 具体的には、高炉ガスからの二酸化炭素分離回収技術及びブークスの一部代替に水素を還元材として用いた製鉄技術。



経済産業省 Cool Earth-エネルギー革新技術計画, 2008.3. より作成

LAE The Institute of Applied Energy HES5平成20年度総合特別調査会(第124定期研究会) 20080508

### ⑫革新的製鉄プロセス

**(2)技術開発ロードマップ**

- 我が国の製鉄プロセスは、これまで、省エネルギー設備の導入による排熱回収や廃棄物のリサイクルを通じて世界最高水準のエネルギー原単位を達成してきたが、一段の二酸化炭素削減を図るためには、省エネ設備の導入といった従来型の対応には限界があり、長期的な視点で技術開発に取り組むことが必要。
- 海外では国際鉄鋼協会(IISI)において各国の鉄鋼技術者による議論が進められている他、欧州ではEUROFER(欧州鉄鋼連盟)を中心としたULCOSプロジェクトにより技術開発が進められている。
- 我が国においても、具体的には、2030~50年の実用化を目指し、二酸化炭素濃度が高い高炉ガスから効率良く二酸化炭素を分離するために新たな吸収液を開発するとともに、吸収液の再生に製鉄所内の未利用低温排熱を利用する技術の開発に取り組む。また、コークス製造時に発生する副生ガスを触媒により改質し、増幅した水素を活用して鉄鉱石を還元する技術の開発などを推進する。これらの技術の組み合わせにより製鉄プロセスからの二酸化炭素の3割程度削減を目標とする。

経済産業省 Cool Earth-エネルギー革新技術計画, 2008.3. より作成

LAE The Institute of Applied Energy HES5平成20年度総合特別調査会(第124定期研究会) 20080508

### 革新的製鉄プロセス

**(3)効果的な技術開発とその成果の普及に向けた課題**

- コークス炉ガスにおける触媒を用いた低エネルギーでの水素の増幅は、ベンチプラントレベルでその挙動が確認されている段階。水素による還元技術を含めて、産学官の連携の下、着実に技術開発を進めていくことが必要。
- 高炉での副生ガス等、大規模な可燃性ガスからの二酸化炭素回収技術については、工業的に可能な経済性レベル、連続操業時の安定化技術の確立が必要。このためには、吸収液の開発や工場排熱適用範囲の拡大など技術的な開発が課題。
- 両技術ともに、実行時に製鉄所内の大幅なエネルギーバランスの変化を伴うため、大幅な二酸化炭素削減のためには、外部から製鉄所内へ低炭素電力の供給が不可欠。我が国は革新的開発プログラム(COURSE50)において、こうした技術開発を推進するとともに、国際鉄鋼協会(IISI)やEUの共同プログラムへ積極的に参画し、欧州諸国の最新技術動向を把握するとともに、基礎的・基盤的な分野における共同研究の可能性を検討する。

経済産業省 Cool Earth-エネルギー革新技術計画, 2008.3. より作成

LAE The Institute of Applied Energy HES5平成20年度総合特別調査会(第124定期研究会) 20080508

### まとめ

- 地球温暖化問題が、国際政治の主要課題となった。
- 我が国では、2007年に「美しい星50(クールアース50)=世界全体の温室効果ガス排出量を現状に比して2050年までに半減する」という長期目標を提案。この目標の実現は、従来の技術の延長では困難。革新的技術の開発が不可欠。
- 「Cool Earth-革新技術計画」策定され、21の革新技術を選定
- 水素は、「水素製造・輸送・貯蔵」技術として、選定された。
- 水素関連技術は、燃料電池自動車、定置式燃料電池、革新的製鉄プロセスが選定された。
- 国際連携を視野に入れた、今後の研究開発の着実な実行が期待される。

LAE The Institute of Applied Energy HES5平成20年度総合特別調査会(第124定期研究会) 20080508