



川越MCFC発電試験所と中部電力 川越火力コンバインドサイクル を見学して

On Visiting Kawagoe MCFC Power Generation Test Site and
CHEPCO Kawagoe Combined Cycle

恩 田 和 夫*

Kazuo Onda

平成10年度第4回研究会(見学会併催)として、平成11年1月22日(金)に、三重県川越町にあるMCFC発電システム技術研究組合の川越MCFC発電試験所と、中部電力川越火力の改良型コンバインド発電サイクルを見学しました。当日は天気にも恵まれ、全国から31人の方々が参加され、最新の高効率発電の一つの候補である1MW級の熔融炭酸塩燃料電池(MCFC)と、現在稼働中の高効率発電の代表である1300℃級ガスタービンと蒸気タービンの複合発電サイクルの現状を垣間見ることができました。以下にこの研究・見学会の概要を報告することにします。

皆様ご存じのように、今世の中では4種類の燃料電池が定置用発電設備として開発されています。リン酸型はオンサイトのフィールド試験も含めて最も開発され、分散型の中小発電設備として、ガスや電力会社を中心に多くの機関が開発を進めてきました。リン酸型は動作温度が200℃程度ですので、排熱利用は冷暖房や給湯に限られ、ボトムング発電には向きません。また、リン酸はプロトン導電性ですし、電極触媒はCOに被毒し易いものですから、天然ガスなどの燃料は水素に改質する必要があります。

一方、固体高分子燃料電池が、最近、電気自動車用電源として多くの注目を集めています。この燃料電池は100℃程度と低温動作で、プロトン導電性に優れた固体高分子膜の電解質を使うため、液体の電解質より圧力変動や振動に強く、自動車用や小型分散電源として、多くの機関が研究開発を進めています。ただ低温動作のため、リン酸型より電極触媒がCOに被毒し易く、改質器や燃料の選択が大きな鍵となります。この燃料電池も低温動作のため、給湯などの排熱利用に限られ、ボトムング発電はできません。

燃料電池の動作温度を上げますと、電極反応が活発になり、電極触媒も被毒され難くなります。また、水素が水素イオンとなって、電解質中を空気側に動くリン酸型や固体高分子型の燃料電池に対して、熔融炭酸塩型や固体電解質型の燃料電池では、酸化剤である炭酸イオンや酸素イオンが逆に燃料極側に移動しますので、石炭ガスのようなCOを含んだ燃料も使えるようになります。二十一世紀の化石燃料の枯渇問題を考えれば、天然ガスのような使い易い燃料ばかりでなく、埋蔵量の多い石炭の利用は重要です。そこで、クリーンな天然ガスを使う第一世代のリン酸型などの燃料電池に対して、COを含む石炭ガスも対象にできる第二世代の熔融炭酸塩型や第三世代の固体電解質型のように、動作温度の高い燃料電池が電力会社の関心を集めています。動作温度650℃の熔融炭酸塩型や1000℃の固体電解質型の燃料電池は特に排熱温度も高く、ボトムング発電ができ、低温型の燃料電池より総合発電効率を高めることができます。

Y_2O_3 を数モル%含んだ ZrO_2 は1000℃程度で燃料電池として十分な酸素イオン導電性を持つようになり、電解質も含めて燃料電池全体を主にセラミックスのような固体で構成することができ、信頼性や寿命が向上すると期待されています。また、1000℃と言う排熱は燃料改質はもとより、燃料電池の運転圧力を高くし、ガスタービンで動力を回収すれば、総合発電効率を大幅に高められます。しかし、1000℃と言う高温のため、現在優れた性能が示されているものの、材料やセル・スタックの製法、経済性などで第三世代の燃料電池として、解決する問題は多いとされています。

炭酸リチウムや炭酸カリウムを650℃に加熱し、熔融した炭酸塩を電解質としたのが熔融炭酸塩燃料電池(Molten Carbonate Fuel Cell, MCFC)です。腐食性の高い熔融塩に対する材料や、空気極が電解液に溶け出し再び樹脂状の金属として析出し、電極間を短

* 豊橋技術科学大学電気電子工学系教授
〒441-8580 愛知県豊橋市天伯町雲雀ヶ丘1-1

絡する問題などを解決すれば、高温動作の燃料電池として前述したように優れた特徴を供えた発電方式として、その実用化が期待されています。見学の際、戴いたリーフレットに従ってその特徴を述べますと、まず、発電の高効率性があります。燃料電池と言う効率の高い直接発電方式でまず発電し、使い切らなかつた燃料や650°C程度の排熱を燃料の改質やガスタービン駆動などに利用し、高位発熱量基準で最大65%まで発電効率を上げられると期待されています。次に、環境性に優れ、化石燃料の燃焼と比べ、燃料電池の動作温度は低いため窒素酸化物の生成量は殆ど無く、また効率が高い分CO₂の排出も少なく、更に電池本体は回転機を持たないため騒音も少なくなります。第3の特徴として使用燃料の多様化が上げられ、天然ガスは元より、動作温度が高く炭酸イオン導電性ですので、石炭ガスも使えます。最後に、電源規模は数千kWの小規模分散型から、数十万kWの石炭ガス化設備と協調できるまでが検討されています。

このようなMCFCを実用化するため、通産省やNEDOはこれまで燃料電池プロジェクトの一環として、1981年からMCFCの研究開発を推し進めてきました。今回見学した川越の1000kW級MCFCパイロットプラントはこれまでの開発成果の集大成にあたるもので、天然ガスの改質器、空気側に高温循環ブローアを持つ燃料電池スタック本体、排ガスによるタービン駆動の空気圧縮機と、電池出力を系統に接続するインバータで構成されています。スタックはそれぞれ250kW級の直列型が2基、平行型が2基で構成され、運転圧力は5atmで、4基のスタックはそれぞれ压力容器の中に収納され、見学した1999年1月は丁度このスタックが搬入されている時点でした。これまでスタック以外の機器の調整試験は完了し、一部手直しの後、スタック本体の据え付けが終わり次第、本格的な運転・評価研究を開始し、平成11年度いっぱい試験するとのことでした。開発目標は天然ガス燃料で出力1000kW、運転時間5000時間、発電効率45%、スタック劣化率は1000時間当たり1%以下とのことでした。

250kW級の直列型と平行型のスタックはそれぞれ異なる企業が制作し、並列的に開発競争が進められているそうです。直列流とは燃料と空気が電解質を挟んで互いに直交するように流れるタイプを、平行流とは互いに平行に流れるタイプを指し、発電性能や寿命、製法などにそれぞれ一長一短があり、今後、総合的に評価されるそうです。MCFC発電プラントを

実用化するためにはスタック本体を支える周辺機器の開発も必要で、改質器、高温循環ブローア、タービン圧縮機や排熱回収ボイラーなども併せて開発・試験されていました。高温動作のMCFCは電池内部で発生する熱で燃料を改質するのが得策ですが、これは現状では少々複雑になりますので、別の研究機関で開発が進められているそうです。これらの研究開発が成功裏に進められ、やがて、資源量の豊富な石炭などを使って、発電効率の高いMCFC発電所が実現されることが期待されます。

見学は2班に分かれMCFC発電試験所と、もう一つの見学先である改良型ガスタービン・汽力コンバインド発電を勉強させて頂きました。年々、ガスタービンの入口温度は増加の一途をたどり、中部電力川越火力3・4号系列のガスタービンは1300°C級の入口温度だそうです。ガスタービンと蒸気タービンを同軸で繋ぎ、1軸当たりの出力を24.3万kWとし、これを7軸集めて165万kWの系列出力とし、2系列で総合出力330万kW、発電効率48%（高位発熱量基準）と高い値を達成しています。蒸気タービンの出力を小さくしてあるため、起動時間が短く1軸当たり20分程度で定格出力まで上げることができ、需要負荷に合わせて運転する軸数を調整し、高効率発電を維持しつつ負荷調整ができるそうです。しかも、少ない運転員で遠隔から操作されるそうです。見学させて頂いた日は1軸が定期点検中で、タービンや燃焼器が所狭しと分解・検査されていました。当日は冬の寒い日でしたから、圧縮機動力が夏場より少なく、残りの発電機で48%近い高い発電効率で運転されていたと思われます。

MCFC発電がパイロット試験で45%と高い発電効率を出すとは言え、コンバインドサイクルのような高効率発電所の構内を借りて試験していると、MCFCが高効率だと声高に言えない所もあり、MCFC研究組合の方々が少し気の毒なような気もしました。スタックの大きさも現時点の技術で設計すれば、半分以下になると言う話も聞きますし、MCFCの技術開発も順調に進んでいるようです。

最後に、今回の見学でお世話になったMCFC発電試験所の安江弘雄所長、加藤厚副所長、MCFC研究組合の竹屋仁氏、中部電力川越火力の森義典副所長、本店研究企画部の伊藤猛氏を始めとする方々に御礼申し上げます。