

## ハイブリッドオートサーマルリフォーマーの開発

(株)日本ケミカル・プラント・コンサルタント  
丸子 三郎

当社は1951年創立当初から約半世紀に渡り、ピーカスケールのデータからいきなり実プラントの設計や建設を数多く手掛け、実績を積み重ねてきた会社である。その中で、1978年には日本最初の100W磷酸型燃料電池(PAFC)用メタン/水素の改質実験装置を受注し、いち早く将来に向けての燃料電池用改質装置の開発に着手した。試行錯誤しながらも装置を完成させ、燃料電池で100Wの電灯が輝くのを見た時の感動は今でも鮮明に覚えている。その時、将来燃料電池が大発展することを確信したものである。

燃料電池システムはエネルギーの利用効率が非常に優れたシステムである。炭化水素と水蒸気から改質装置で水素を作る為には熱エネルギーが必要である。この熱エネルギーを与える為に燃焼器が使用されている。

当社では古くから触媒燃焼も手掛けており、改質装置の熱エネルギー源に触媒燃焼を採用することにより、NO<sub>x</sub>や未燃物質などの公害物質の排出を極端に低く抑えられるので最高のシステムになり得る。

この様な考えを持っている時、1983年に加圧型PAFC70kw用外熱式改質器の設計・製作依頼を受けた。この装置は改質水素側圧力が0.7MPa、廃水素及びメタンの燃焼側の圧力0.6MPaであった。この廃水素及びメタンの燃焼器に触媒燃焼器を採用し、従来品に比べ非常にコンパクトに纏める事ができた。しかしながら外熱式特有の起動時間がかかる事や改質反応管を高級材料をしなければならぬなどの問題が残された。

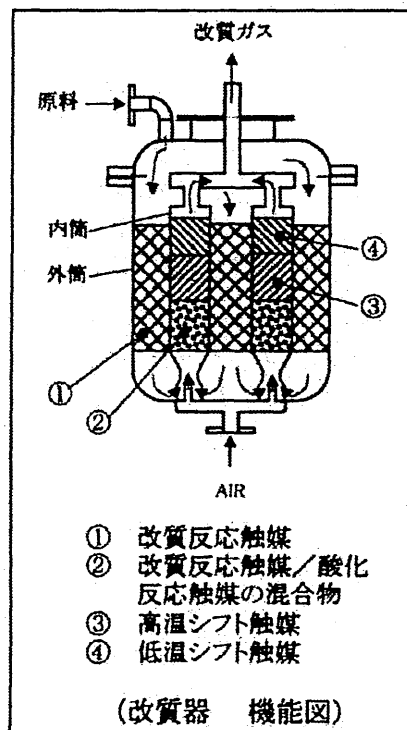
この時期から外熱式改質方法ではなく、メタン・水蒸気の原料ガス中に酸素を分割して混合させ、燃焼触媒により改質に必要な熱エネルギーを直接改質触媒に逐次与える事ができる内熱式改質器を考えていた。この方法によれば改質反応の外熱側の高温部を無くする事が出来、反応管も最終の改質平衡温度に抑える事が出来る。従って反応管の材質が高級な耐熱鋼を使用しなくても良くなり、ヒートロスを防ぐ断熱材も薄くなり改質器を小型にする事が出来るなどの優れた特徴を持つ内熱式改質器である

と考えた。

そのような考えを持ちながらも1988年頃には常圧型で50kw用、100kw用と言った水蒸気改質外熱式の改質器を製作していたが、燃料電池が高価な為一般まで広がることはなかった。

1990年代後半になって固体高分子膜型燃料電池(PEFC)が出現し再び燃料電池が脚光を浴びることになり、我国に置いては家庭用として1kwのものが適当であるとの話が始まった。家庭用として考えた場合安全性、運転方法の単純化、長寿命、コンパクト等が要求される。

現在、各社で改質器として採用しているものには外熱式のSTR、ATR等が主流になっているが、当社では当社の改質器に更に改良を加え、改質反応とシフト反応を1つの反応器内で完了させる全く新しい改質器(ハイブリッドオートサーマルリフォーマー)を開発した。



このハイブリッドオートサーマルリフォーマーに付いて説明する。熱移動の点から考えると改質反応の吸熱側が高温であり、シフト反応の発熱側が低温である。この事から1つの容器内に複数の内筒を入れて、外側に蒸気と原料ガスの混合物を流す。

この原料ガスは内筒側のガスと熱交換しながら水蒸気改質反応が進み約50%の改質を行った後に内筒に流れる。内筒入口には改質触媒と酸化触媒の混合物が充填されていて、この場所に酸化用空気を入れる。空気中の酸素は流入した原料ガス中の水素と混合しながら酸化触媒と接触し発熱すると共に水蒸気が生成される。内筒の下部で改質は終了し、高温のガスは内筒外側の原料ガスに隔壁を通して熱を供給し、外側に充填された改質触媒より改質反応が行われる。改質による吸熱反応により単にガスの顕熱のみの熱交換と比較して内外面の温度差が大きくなる。この為に伝熱量が多くなり、伝熱面積を小さくすることが出来るので改質器本体をコンパクトにすることができる。

高温シフトの反応熱も改質反応に利用可能であるが低温シフトの反応熱は原料の予熱のみ使用される。

原料が13Aの場合についての例では、原料入口温度110℃程度で改質反応終了ガスの出口温度180℃程度が理想的である。又原料ガスのS/Cを2.2程度まで小さくする事が可能である。このプロセスは外側が水蒸気改質、内筒側が内部酸化型の改質反応であるので名称をハイブリッドATRとした。

終わりに、このハイブリッドATRが水素エネルギーのインフラに利用され、来る水素エネルギー社会に貢献される事を願うものである。

※表はハイブリッドATRと外熱式改質器の比較  
条件：脱CO後のH<sub>2</sub>ガス40.2mol製造の場合  
原料ガス：13A

		ハイブリッドATR	外熱式改質器
13A必要量(mol)			
	プロセス用	11.3	9.1
	蒸気発生用	1.8	2.0
	加熱反应用	0 23.6 (Air)	2.9
	合計	13.1	14.0
メタン分解率 (%)		97.3	97.3
改質平衡温度 (°C)		670	700
圧力 (MPa)		0.1	0.1
投入原料 S/C		2.2	3.0
プロセス効率 (LHV)		80.4	75.2
プロセス効率 = $\frac{\text{水素発熱量}}{\text{原料13A発熱量}} \times 100$			