

# 地球温暖化対策に向けて - PSA法ガス分離技術の進展 -

住友精化(株) ガス事業部  
春名 一生  
三宅 正訓  
笹野 広昭

## Development of PSA Gas Separation Technology to reduce Greenhouse Effect

Sumitomo Seika Chemicals Co., Ltd.  
Gas Division

Kazuo HARUNA  
Masanori MIYAKE  
Hiroaki SASANO

“Pressure Swing Adsorption” is playing a role of one of the Gas Separation Technologies to save energy consumption instead of Absorption or Distillation in the field of chemical industry. Especially this technology should be focused on “Saving Energy” which will contribute to the reduction of CO<sub>2</sub> emission to cause Greenhouse Effect. Sumitomo Seika has improved this technology to expand its application field to promote “Saving Energy”: In this paper, “Simultaneous N<sub>2</sub>/O<sub>2</sub> Production Process” to save energy consumption is described and “Methanol Steam Reforming Hydrogen Generator” to produce lower cost hydrogen is introduced.

### はじめに

2004年11月4日、ロシアが京都議定書批准法案に署名したことによって議定書の発効要件が満たされ、2005年2月16日、京都議定書が発効した。2004年は世界各地で洪水、熱波、干ばつ、ハリケーンなど異常気象が観測され、日本では猛暑が続き勢力の強い台風が幾度も上陸し多大の被害をもたらした。これらの異常気象が地球温暖化に直接関係しているとは容易に判断できるものではないが、今後地球温暖化が進めばこれらの異常気象が世界各地で頻発することが予測されている。

ところが日本の温室効果ガス排出量は既に基準年を大きく上回っており、更なる追加的対策や施策が必要となっており脱温暖化社会への転換を急ぐ必要がある。具体的には政府は省エネルギー法を改正し工場やオフィスビルにおけるエネルギー管理を徹底させるために、熱と電気を併せた総合的な省エネルギー対策を推進させている。

このような背景の中で住友精化(株)ではPSA(圧力スイング吸着)法ガス分離技術を省エネルギー技術の一つとして各種の開発・改良の取り組みをおこなっ

ており、特に窒素、酸素、水素について紹介したい。

### PSA分離技術

#### 1. PSA法の分類

工業的に利用されているPSA法を分離対象ガスに応じてTable 1<sup>1)</sup>にまとめた。PSA操作圧力に応じてPSA法は狭義にPSA、VSA、PVSAの三種類に分類される。PSAは原料ガスを圧縮機で圧縮し吸着圧力を高圧下で操作し脱着圧力は大気圧付近まで降下させて操作をおこなう。分離される対象ガスとしては水分(脱湿)、窒素、酸素、水素がある。VSAは低圧ブローで原料ガスを昇圧し吸着させた後真空ポンプで減圧し吸着剤を再生するがPSAに比べて操作圧力が比較的大気圧に近い消費電力は小さくなる。対象ガスは酸素、炭酸ガス、一酸化炭素、アルゴンがある。PVSAはVPSAと呼称される場合もあり原料ガスが高圧ブローで昇圧された後吸着操作し真空ポンプで脱着再生する、圧力レベルとしてPSAとVSAの中間的な位置付けになっており電力原単位はVSAと同様に小さくなる。充填される吸着剤量はPSA < PVSA < VSAとなりこれに比例して装置の大きさも大きくなる。吸着剤

Table 1 Classified PSA<sup>1)</sup>

Product Gas	Operating Pressure			Adsorbent	Purity	Product Gas	
	Adsorption Pressure	Desorption Pressure	System			Product	Application
Water (Drying)	0.5~1 MpaG	1 atm	PSA	Alumina, ZMS	H <sub>2</sub> O < 180PPM	Non-Adsorption Gas	Dryer, Instrument Air
N <sub>2</sub>	0.5~1 MpaG	1 atm	PSA	MSC	Max.99.999%	Non-Adsorption Gas	Heat Treatment Sealing
O <sub>2</sub>	0.2~0.4 MpaG	1 atm	PSA	ZMS	Max.95%	Non-Adsorption Gas	Mini-Mill, Incinerator, Ozonizer, Glass Making, Medical Use
	1 atm	Vacuum	VSA	ZMS			
	0.01~0.05 MpaG	Vacuum	PVSA	ZM			
H <sub>2</sub>	over 0.5 MpaG	1 atm	PSA	Activated Carbon, MSC, ZMS	Max.99.999%	Non-Adsorption Gas	Semiconductor Manufacturing, Fuel Cell, Glass Making, Heat Treatment
CO <sub>2</sub>	1 atm	Vacuum	VSA	MSC, ZMS	Max.99%	Adsorption Gas	Food Additives, Dry Ice, Welding
CO	1 atm	Vacuum	VSA	Complex	Max.99%	Adsorption Gas	Chemicals
Ar	1 atm	Vacuum	VSA	ZMS	Max.99.9%	Non-Adsorption Gas	Steel Making, Silicon Wafer Manufacturing
CH <sub>4</sub>	0.2~1 MpaG	Vacuum	PSA	MSC	Max.99%	Non-Adsorption Gas	Fuel
	0.01~0.05 MpaG	Vacuum	PVSA	MSC			

種はアルミナ、活性炭、MSC（モレキュラーシービングカーボン）、ZMS（ゼオライトモレキュラーシーブ）、錯体の5種が使い分けられ、それぞれ対象とされる吸着ガス種が異なることに加えて極性度や親水性の程度が違うのでその組み合わせがPSA性能のかぎを握る。

## 2. 窒素/酸素分離

### (1) 窒素分離

空気から窒素を分離濃縮する方法として深冷分離法があるが空気を -180 ℃ レベルまで冷却して液化、蒸留して窒素と酸素を分離しているので窒素単位発生量当たりの消費電力は高くなる。したがって比較的小容量で窒素を分離濃縮したい場合には省エネルギーの点からPSA法が有利となる。特に窒素を数十m<sup>3</sup>/Hから千m<sup>3</sup>/Hを越える規模での供給を必要とされる場所ではオンサイトで空気から常温で分離発生できるPSA法が製品窒素の輸送を必要としないのでコストの面からも有利となり輸送エネルギーの省エネ化にも貢献する。オンサイトで窒素を分離濃縮する方法として他にガス分離膜があるが膜透過時の窒素と酸素の拡散速度差がMSC程の差異がないため比較的高い窒素純度を取得しようとする場合はPSAより窒素収率は低い。

### (2) 窒素PSA

窒素を空気からPSA法で分離濃縮する方法は、吸着剤としてMSC（モレキュラーシービングカーボン）

が用いられる。MSCで窒素が分離可能となる原理はFig.1<sup>2)</sup>に示すようにMSCが通常の活性炭と異なり0.3~0.4nm付近に細孔径の分布が集中していることによりこの細孔径に近い分子径を有している窒素と酸素がFig.2<sup>2)</sup>に示すように吸着速度が約1分前後で差異が明確となることを利用している。特にこの分離方法は窒素と酸素の吸着速度差を利用していることから速度分離型PSA<sup>3)</sup>と呼ばれている。この分離特性は原料空気中に水分が多く含まれているとその速度差が低下するので前もって除湿してからPSA操作することが好ましい。

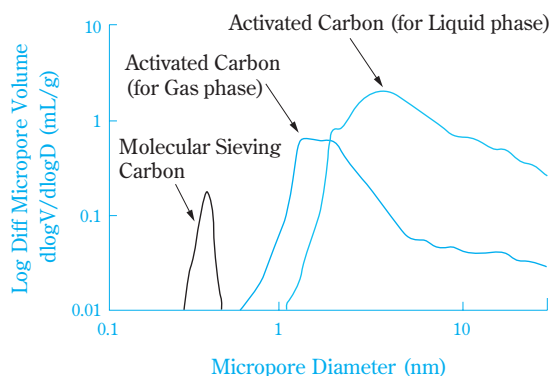
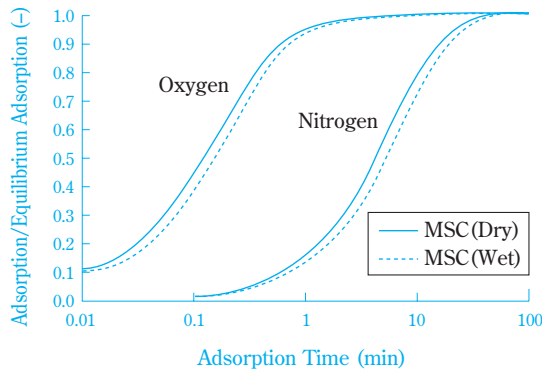


Fig. 1 Micro Pore Distribution Model of Activated Carbon and Molecular Sieving Carbon<sup>2)</sup>



**Fig. 2** Influence of Humidity in Adsorption Velocity Curve<sup>2)</sup>

次にこの速度差はMSCの細孔径を調整することで微妙に変化させることが可能となり細孔径を小さくしていくと吸着速度が遅くなるが窒素と酸素の速度差は相対的に大きくなる、逆に細孔径を大きくすると吸着槽度は速くなるが窒素と酸素の速度差が縮まる。この特性をPSA性能に与える影響として定性的に示したのがTable 2である。この特性の中で窒素発生量が多くなるということは、少ない吸着剤量（MSC量）で多くの窒素が発生できることを意味しておりPSA装置がコンパクトとなり製作コストは安価になる。一方窒素回収率が低くなるということは回収できる窒素量に対して多くの圧縮空気を必要とすることであるので電

**Table 2** Relationship between Micro Pore of MSC and Characteristic of Gas Separation

Smaller	←	Micro Pore	→	Larger
Longer	←	Optimum Adsorption Time	→	Shorter
Less	←	N <sub>2</sub> Product Rate	→	More
More	←	N <sub>2</sub> Recovery Rate	→	Less



**Fig. 3** N<sub>2</sub> PSA Unit

力原単位は大きくなる。そこで、住友精化(株)は比較的細孔径の大きなMSCを用いて窒素発生量が多くなる条件下で、窒素回収率も高くなる操作手法を見出し99.9%純度で窒素発生量が35Nm<sup>3</sup>/Hのコンパクトな窒素PSAを完成させた。これをFig.3に紹介する。この装置はPSA本体を1.3m幅×2.0m長×2.4m高の大きさに仕上げられている。

### (3) 酸素分離

酸素は窒素と同様に大容量生産では深冷分離法が有利になる。しかし10,000Nm<sup>3</sup>/H程度の大きさまではPSA法の方がより安価に酸素が生産できる。また、酸素とアルゴンは沸点差が小さく深冷分離の蒸留塔では分離がしにくい。これと同様の特性がPSA法でも起こる。すなわち吸着剤であるZMS（ゼオライトモレキュラーシーブ）に対して酸素とアルゴンの吸着容量が接近しているためZMSが窒素を吸着除去して酸素を濃縮しても酸素濃度は最大で95%程度までしか上昇しない。言い換えれば酸素とほぼ比例してアルゴンが濃縮するため酸素以外にアルゴンが5%存在し酸素の濃縮を妨害するのである。

### (4) 酸素PSA

酸素PSAはTable 1に示したように狭義には空気圧縮機を利用したPSAと空気ブローと真空ポンプを併用したVSAとPVSAに分類されるが、最近では空気ブローを用いずに大気圧以下の吸着圧力レベルでVSA操作をするシステムが現れている。PSA操作に使用されるエネルギーは吸脱着圧力が大気圧レベルから上下に外れるほど消費量が多くなるので電力原単位は吸着圧力レベルと脱着再生圧力レベルを大気圧を中心にバランスよく振り分けて操作をするともっとも小さい値が得られる。例えば大気圧を中心に+0.05MPaGと-0.05MPaGに振り分けて操作をすると0.34kw/Nm<sup>3</sup>以下の電力原単位が達成できる。これに対して深冷分離法により酸素を発生させるとその電力原単位は0.44kw/Nm<sup>3</sup>程度と言われており製品酸素の純度は低いがPSAの方が省エネルギー機器としての評価は高い。2004年に電気炉用に設置された1,600Nm<sup>3</sup>/H×3系列の酸素PVSAプラントの写真をFig.4とFig.5に掲載する。Fig.4では機械室の内部、Fig.5では機械室外部で吸着槽や消音器が設置されている。

酸素PSAに使用される吸着剤はZMS（ゼオライトモレキュラーシーブ）で一般化学式は  $M_{2/n}O \cdot Al_2O_3 \cdot xSiO_2 \cdot yH_2O$ （nは陽イオンMの原子価、xは2以上の数、yは0以上の数）で表されるがAlの近傍に金属イオンが置換されたものでイオン種によってNa系、Ca系、Li系に分類される。窒素に対する吸着容量がNa系<Ca系<Li系となっているために最近では吸着剤充

填量を少なくして装置のコンパクト化が図れるLi系が多用されるようになった。また、Li系ZMSは酸素に対する窒素の吸着容量比が最も高いために酸素を濃縮するときのエネルギーはその他のイオン種に比べて最も小さくなり、上記に示した電力原単位0.34kw/Nm<sup>3</sup>以下はこのLi系ZMSを用いて得られたものである。



Fig. 4 Inside of Machine Room of O<sub>2</sub> PVSA Plant



Fig. 5 Outside of Machine Room of O<sub>2</sub> PVSA Plant

### (5) 窒素と酸素の併産

空気からPSA法で窒素を分離濃縮するとPSAの脱着ガスから比較的濃度の高い酸素を回収することができる。例えば純度99%の窒素を発生させたときその脱着ガス中の酸素濃度を測定するとFig.6のように変化する。

この変化度を見ると脱着初期約10秒後に酸素濃度が最大で60%近くにまで上昇していることがわかる。

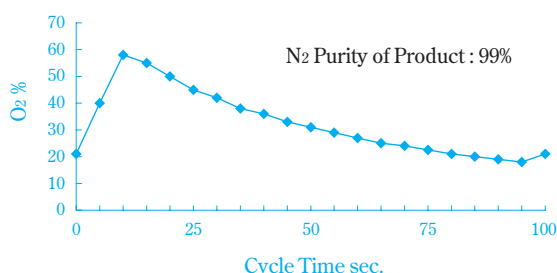


Fig. 6 O<sub>2</sub>% of Desorption Gas of N<sub>2</sub> PSA

これはMSCの細孔内を酸素が窒素より速く拡散して吸着した酸素が脱着時には窒素より速く拡散して排出されるからである。窒素PSAの脱着再生能力を阻害しないようにこのガスを回収して平均化するとその酸素濃度は約32%となり窒素発生量に対して約2倍近い量の酸素に富んだガスが取得できる<sup>4)</sup>。99%濃度の窒素はシール用に、32%濃度の酸素は排水処理の酸素曝気や支燃用あるいは酸化反应用などに使用すれば圧縮された空気を有効に捨てることなく利用できることになる。

次に、同じように空気からPVSA法で酸素を分離濃縮するとき、その脱着ガスから比較的濃度の高い窒素を回収することができる<sup>5)</sup>。例えば純度90%の酸素を発生させたときその脱着ガス圧力の変化に応じて脱着ガス量と酸素濃度を測定するとFig.7のように変化する。このガス濃度の酸素濃度平均値は11%程度となるが、脱着末期の約10秒間の特に酸素濃度の低い窒素をカットして回収するとその酸素濃度は約5%以下となりPSA酸素製品ガス量の約1.6倍の量で約95%濃度の窒素を回収できる。この窒素はゼオライトに吸着して脱着したガスであるので窒素以外に約3000PPMの炭酸ガスを含含有しており湿分は露点で約-20である。これを99%濃度以上の高純度窒素が得られるようにする為にガス分離膜を利用して炭酸ガスと湿分を除くと炭酸ガスは300PPM以下に湿分は露点で約-40以下にまで精製できる。

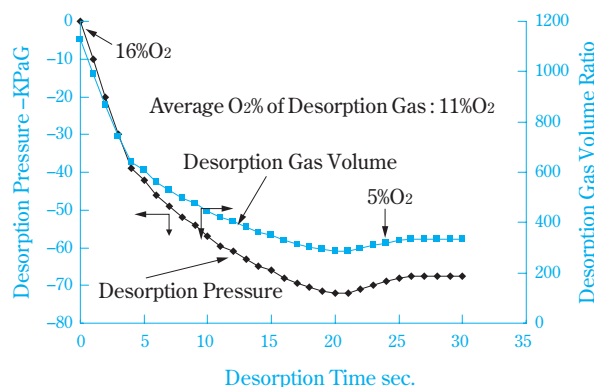
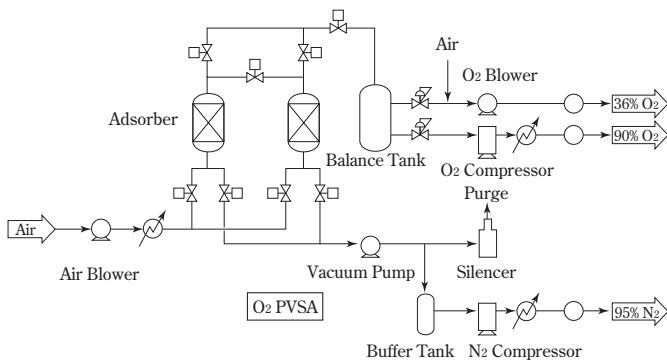


Fig. 7 O<sub>2</sub>% and Desorption Gas Volume of O<sub>2</sub> PVSA

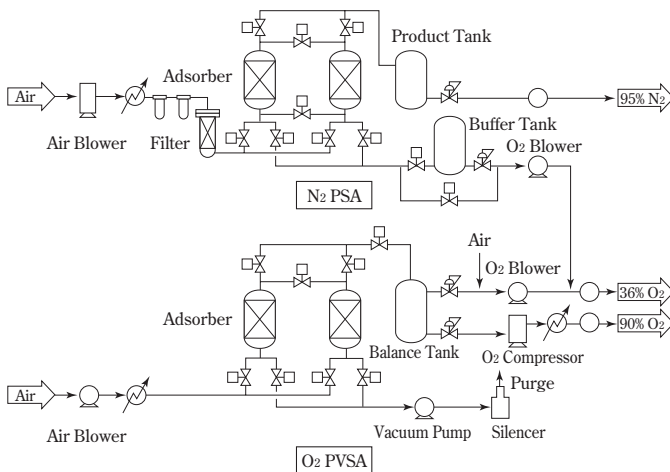
このシステムではごみ熔融炉に90%濃度の酸素と36%濃度の酸素を供給するために90%濃度の酸素を340Nm<sup>3</sup>/H発生する酸素PVSAとシール用に使用するための95%濃度の窒素を135Nm<sup>3</sup>/H発生する窒素PSAを並列設置した場合を具体例として、それぞれを単独生産した場合と併産した場合の発生コストの比較をTable 3に掲げた。

**Table 3** Cost Comparison between N<sub>2</sub> PSA/O<sub>2</sub> PVSA Production and Simultaneous N<sub>2</sub>/O<sub>2</sub> Production

	N <sub>2</sub> PSA/O <sub>2</sub> PVSA Production		Simultaneous N <sub>2</sub> /O <sub>2</sub> Production			
	O <sub>2</sub> PVSA	N <sub>2</sub> PSA	O <sub>2</sub> Recovery from Desorption Gas of N <sub>2</sub> PSA		N <sub>2</sub> Recovery from Desorption Gas of O <sub>2</sub> PVSA	
			O <sub>2</sub> PVSA	N <sub>2</sub> PSA	O <sub>2</sub> PVSA	N <sub>2</sub> Compressor
Product Gas Purity	90%O <sub>2</sub>	95% N <sub>2</sub> CO <sub>2</sub> < 1PPM DP : -60°C	90% O <sub>2</sub>	95% N <sub>2</sub> CO <sub>2</sub> < 1PPM DP : -60°C	90% O <sub>2</sub>	95% N <sub>2</sub> CO <sub>2</sub> : Approx.0.3% DP : -20°C
Product Gas Flow Rate	340Nm <sup>3</sup> /H	135Nm <sup>3</sup> /H	310Nm <sup>3</sup> /H	135Nm <sup>3</sup> /H	340Nm <sup>3</sup> /H	135Nm <sup>3</sup> /H
Specific Power Consumption	0.34kw/Nm <sup>3</sup>	0.24kw/Nm <sup>3</sup>	equivalent to 0.31kw/Nm <sup>3</sup>	0.24kw/Nm <sup>3</sup>	0.34kw/Nm <sup>3</sup>	0.168kw/Nm <sup>3</sup>
Gas Cost						
Fixed Cost	6.4 Yen /Nm <sup>3</sup>	1.8 Yen/Nm <sup>3</sup>	6.0 Yen/Nm <sup>3</sup>	1.8 Yen/Nm <sup>3</sup>	6.4 Yen/Nm <sup>3</sup>	0.9 Yen/Nm <sup>3</sup>
Variable Cost	3.4 Yen/Nm <sup>3</sup>	2.4 Yen/Nm <sup>3</sup>	3.1 Yen/Nm <sup>3</sup>	2.4 Yen/Nm <sup>3</sup>	3.4 Yen/Nm <sup>3</sup>	1.7 Yen/Nm <sup>3</sup>
Total	9.8 Yen/Nm <sup>3</sup>	4.2 Yen/Nm <sup>3</sup>	9.1 Yen/Nm <sup>3</sup>	4.2 Yen/Nm <sup>3</sup>	9.8 Yen/Nm <sup>3</sup>	2.6 Yen/Nm <sup>3</sup>
Annual Gas Cost	26,656,000 Yen	4,536,000 Yen	22,568,000 Yen	4,536,000 Yen	26,656,000 Yen	2,808,000 Yen
Annual Saving Gas Cost		—	4,088,000 Yen		1,728,000 Yen	



**Fig. 8** Flow Diagram of N<sub>2</sub> Recovery from Desorption Gas of O<sub>2</sub> PVSA



**Fig. 9** Flow Diagram of O<sub>2</sub> Recovery from Desorption Gas of N<sub>2</sub> PSA

併産方法としては、酸素PVSAを単独設置して90%濃度の酸素発生させながら、その脱着ガスから95%濃度の窒素を回収するフローをFig.8に示した。その

コスト削減額は酸素PVSAと窒素PSAを並列生産した場合と比較して年間で約1,730千円となった。一方、95%濃度の窒素を発生する窒素PSAを付設した場合のフローをFig.9に示した。この窒素PSAの脱着ガスから回収した32%濃度の酸素を酸素PVSAで発生させた90%濃度酸素と混合させ36%濃度まで富化させると、酸素PVSAだけで酸素と窒素を併産した場合に比べて酸素PVSAの小型化が寄与して年間で約4,090千円のコスト削減ができることがわかった。化学工場など酸素と窒素の使用量がさらに多くなると、削減コストは使用量に比例して大きくなり、特に消費電力がいずれかのPSAで10%以上削減できるのでその省エネルギー効果は大きくなる。

### 3. 水素分離

水素は水の電気分解やソーダ電解で製造される水素を除くと全て化石燃料系の原料を改質することで得られており、それから水素を分離回収する方法はPSA以外に吸収法やガス分離膜がある。吸収法は大型処理に適してはいるが吸収液の再生にエネルギー消費が大きくなりオンサイト分離精製には不向きである。一方、ガス分離膜は装置としてコンパクトになるのでオンサイト分離発生としてはPSAと同様に適してはいるがガス分離膜が膜面積単位で処理されるためスケールアップに比例してガス分離膜が大きくなることと、水素の透過のために圧力エネルギーを消費してしまうために分離コストが高つくのが欠点である。したがって濃縮分離後も製品水素圧が維持できるPSAの方が省エネルギーの点から有利になっている。

#### (1) 水素PSA

水素PSAは吸着剤として活性炭やゼオライトが使用

されており炭化水素の改質ガスやコークス炉ガス(COG)から炭酸ガス、一酸化炭素、炭化水素、窒素などを除去して水素を分離濃縮している。活性炭は炭酸ガスや炭化水素に対して、ゼオライトは一酸化炭素や窒素に対して有効な吸着剤として使用される。水素ステーション用に採用されている代表的な原料ガスとしてメタン(天然ガス)改質ガス、メタノール改質ガス、コークス炉ガスのガス組成をTable 4に掲げ水素PSAで達成できる水素回収率を列記した。

**Table 4** Raw Material Gas of H<sub>2</sub> PSA

Raw Material Gas Component	Methane (Natural Gas) Steam Reforming Gas	Methanol Steam Reforming Gas	Cokes Oven Gas
H <sub>2</sub>	77.0%	74.9%	56.0%
CO	2.6%	0.8%	6.8%
CO <sub>2</sub>	18.0%	24.2%	2.5%
N <sub>2</sub>	80ppm	50ppm	6.0%
CH <sub>4</sub>	2.5%	1ppm	26.5%
O <sub>2</sub>	5ppm	1ppm	0.4%
CH <sub>3</sub> OH	—	0.1%	—
CmHn	—	1ppm	2.5%
H <sub>2</sub>			
Product Purity	5N	5N	5N
H <sub>2</sub>			
Recovery Rate	78%	83%	67%

## (2) 水素発生装置

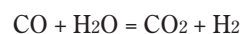
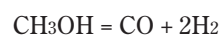
改質器と水素PSAを組み込んだオンサイト水素発生装置が、近年燃料電池自動車用水素ステーションとして設置されるようになった。例えばWE-NETが関西地区で2箇所、JHFCプロジェクトで関東地区に建設された10箇所の水素ステーションでは、メタノール、天然ガス、LPG、ナフサ、ガソリン、灯油を改質したガスからPSAで水素を濃縮精製して採用されている。また、製鉄所で排出されるCOG(コークス炉ガス)から水素濃縮回収するためにもPSAが採用されている。

これらオンサイト水素発生装置には高い水素発生効率((水素タンクへ投入した水素ガスの保有エネルギー/水素ステーションへの全投入エネルギー)×100%)に加えてコンパクト性が要求されているが、オンサイトで改質し水素を高圧充填する水素ステーションでの水素発生コストは現在110~120円/Nm<sup>3</sup>と試算<sup>6)</sup>され、それを2020年には70円/Nm<sup>3</sup>程度にまでコストダウンが必要とされていることを考えると水素発生装置はプロセスの更なるシンプル化や改良により従来の設備費の半分以下を目指したコスト削減を実現しなければならない。

住友精化(株)は2003年に高収率な3塔式PSAを開発

し吸着槽を従来型の6分の1以下の大きさにまでの縮小することに成功した。これに対してPSA部の数倍の大きさを占める改質部の縮小化が急がれていたが、住友精化(株)は三菱ガス化学(株)と共同でコンパクトなメタノール水蒸気改質法水素発生装置を開発した。

メタノール水蒸気改質反応は下記のようにメタノールの分解反応と一酸化炭素の变成反応が同一触媒上でほぼ同時に起こる反応であるので天然ガス改質と比較すると一酸化炭素の発生が少ないのが特徴となっている。改質反応としては吸熱反応であるため改質反応器の外部から電気ヒーターや燃焼器を用いて加熱する必要があるが反応温度が300℃以下で進行する為天然ガスやプロパンの水蒸気改質反応の750℃以上の温度と比べて低温で操作されるので、改質反応器からの放熱量を少なくすることができ、また反応の立ち上げや停止速度も速くできるので水素発生効率は高くなる。



この改質反応器と水素PSAを接続したのがMH型水素発生装置でありそのフローをFig.10に示す。原料として60wt%未満のメタノール水を利用しているため危険物としての対象外となり0.1MPa以下の圧力で操作されるため高圧ガス保安法の対象にもならない。プロセスの特徴は水素を精製するために用いられるPSAの脱着ガスをメタノール水の蒸発器の加熱用燃料としていることと、メタノールの分解反応と一酸化炭素の変性反応を一つの反応器でおこなっていることである。また、反応器の加熱媒体として用いられる熱媒油は0.1MPa以下の圧力で蒸気化され、その凝縮熱を利用して加熱している為蒸発器の伝熱効率がよくまた伝熱面積を小さくできることから改質反応器がコンパクト化できる。特にメタノールを水素源としてみた場合その他の炭化水素と比べるとメタンに次いで単位水素発生量当たりの炭酸ガス生成量が少ない。本装置の仕様を水素発生量20Nm<sup>3</sup>/Hの場合を例としてTable 5に示す。装置大きさは水素発生量20Nm<sup>3</sup>/Hの装置で1.8m幅×3.2m長×3.0m高さとしてコンパクト化できたのでその写真をFig.11に掲げた。今後更にコンパクト化を図るべく改良を進めている。

水素発生のためのエネルギー消費を考えた場合、メタノール水は非圧縮性流体であるのでポンプだけで約0.1MPaGまで圧力を上げることができるので効率がよく、メタン(天然ガス)のような圧縮性流体の場合はガス圧縮機を必要とするので圧力上昇のための効率の低下は避けられない。エンジニアリング振興協会が2003年に川崎に設置したメタノール水蒸気改質法に

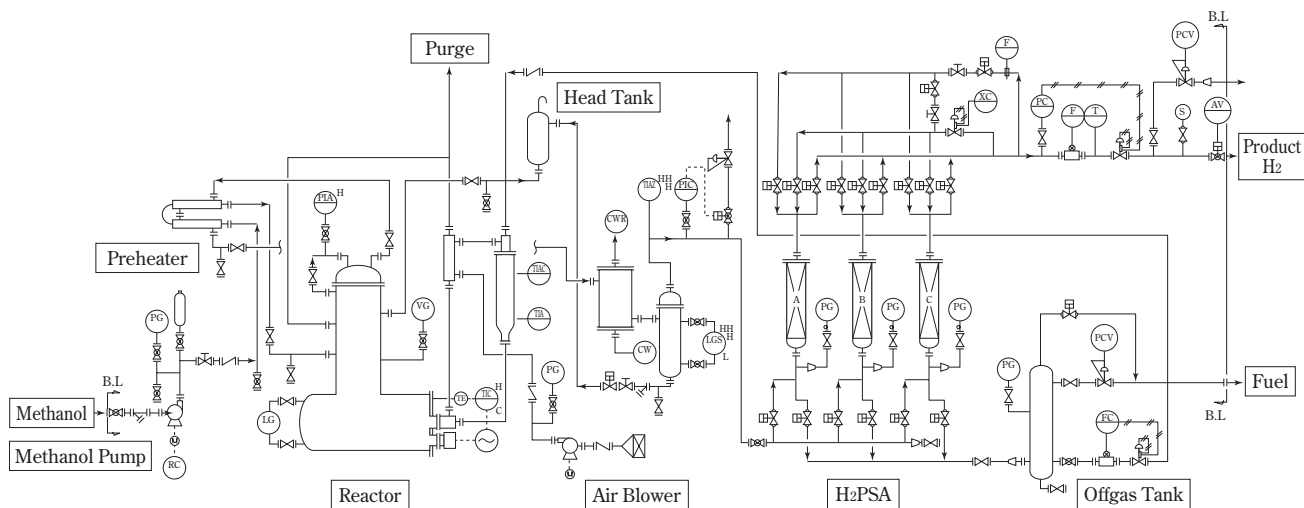


Fig. 10 Flow Diagram of 20MH H<sub>2</sub> Generator



Fig. 11 20MH H<sub>2</sub> Generator

### おわりに

地球温暖化問題を人類生存の為の最重要環境問題と捉え、産業に携わる我々が何ができるのかを考えた場合、酸素や窒素、水素に代表される産業用ガスが「バルブを開ければ使える」時代から「無駄なエネルギーを省いて自らが造る」時代になったことを認識する必要があり、そのために省エネルギー技術の一つとしてPSA技術を製造装置の一部に組み込むことで炭酸ガス排出量の削減をおこなっていただけることを念じてこの報告を終えたい。

Table 5 Specification of 20MH H<sub>2</sub> Generator

Product Gas Flow Rate	20 Nm <sup>3</sup> /H
Product Gas Component	
H <sub>2</sub>	higher than 99.999vol.%
CO	< 1vol ppm
Product Gas Pressure	0.8MpaG
Hydrogen Recovery Rate	83%
Utility Consumption	
Methanol	0.61kg/Nm <sup>3</sup> · H <sub>2</sub>
Power	0.65kw/Nm <sup>3</sup> · H <sub>2</sub>
Cooling Water	30L/Nm <sup>3</sup> · H <sub>2</sub>

よる水素ステーションでは水素発生効率が他のシステムと比較して最も高い65.6% (LHV)<sup>7)</sup> が達成され実証されている。

### 引用文献

- 1) 春名 一生, *J. Vac.Soc. Jpn. (真空)*, 43 (12), 1088 (2000) .
- 2) 辻 正則, *化学装置*, 2002年10月号, 50 (2002) .
- 3) 川井 利長, “圧カスイング吸着技術集成”, 工業技術会 (1986) p.4 .
- 4) 住友精化(株), 特開2005 - 118717 (2005) .
- 5) 住友精化(株), 特開2005 - 144261 (2005) .
- 6) 財団法人エネルギー総合工学研究所, 水素利用国際クリーンエネルギーシステム技術 (WE-NET) タスク1, NEDO 成果報告会, 2003年3月12日.
- 7) 岡崎 健, “平成16年度水素・燃料電池実証プロジェクトJHFC 活動報告書”, 水素ステーション領域・試験結果 (2005), p.61 .



春名 一生  
*Kazuo HARUNA*

住友精化株式会社  
ガス事業部  
技師長



笹野 広昭  
*Hiroaki SASANO*

住友精化株式会社  
ガス事業部 開発部  
グループリーダー



三宅 正訓  
*Masanori MIYAKE*

住友精化株式会社  
ガス事業部 開発部  
担当部長