

水電解生成水素・酸素ガス燃焼熱を利用した熔断および 塩素系有害物質の完全分解処理

上原順二・三好哲夫

アイエスプラン株式会社

〒661-0026 兵庫県尼崎市水堂町3丁目16-9

Shearing of metals and complete decomposition of harmful organic chlorine compounds by means of combustion heat of hydrogen and oxygen generated by the electrolyzer

Junji UEHARA・Tetuo MIYOSHI

Section of Technology, IS Plan Co., Ltd.

16-9 3cho-me Mizudo-cho, Amagasaki City, Hyogo Pref. 〒661-0026

Water molecule is decomposed easily to hydrogen and oxygen under the mild condition, i.e., under room temperature and 1 atm by electrolysis. Nevertheless thus obtained hydrogen and oxygen react vigorously and release much heat. Therefore we can get high temperature heat by combining electrolysis and combustion of hydrogen and oxygen. The idea has been proposed hitherto in Japan and also in the foreign countries, but only IS Plan got to produce the system, i.e., the aqua gas generator commercially in Japan. Here we shows the outline and the feature of the system. By the combustion of hydrogen and oxygen, the temperature of the flame gets to about 2000°C. Therefore, by means of the high temperature flame, it is easy to melt metals and also plastics to cut down or reform the surface of the materials. Such high temperature heat is also applied to decompose harmful organic chlorine compounds. Disposed waste materials are generally burned in the furnace but emission of hazard compounds are serious problems. The aqua gas generator solved the problems.

Key Words: water electrolysis, combustion of hydrogen, shearing, decomposition of harmful chlorine compounds

1.はじめに

アクアガスジェネレーターは水を電気分解して水素と酸素を発生させる装置である。通常の水の電気分解では電流効率はほぼ100%で1F(ファラデー)の通電で1/2モルの水素と1/4モルの酸素を発生する。水素と酸素のモル比は2:1である。弊社の水電解槽では隔膜を用いていないためこのモル比の混合ガスが得られることになる。この混合比は爆発を引き起こすのに十分な割合であり、大変危険な混合ガスである。しかし、水素と酸素をたとえ爆鳴気体として取り出したとして

も、反応を引き起こすものがなければ、いつまでも単に混合ガスとして置かれるだけである。反応を引き起こすものとしては、反応の活性化エネルギーを下げる触媒、たとえば白金などを混合ガスと接触させるとたちまち反応が開始される。触媒の量が多いときには発生する反応熱が次の反応を引き起こし、爆発に至ることもあるが、少なければ白金懐炉のようにゆっくりと反応させることもできる。静電気を与えたり、光を照射したり、熱を加えることで反応を開始することもできる。火を付ければ当たり前のように反応し、爆発に至る。逆にこれらの反応開始の要因を絶つてしまえば、

たとえ爆鳴気体でも爆発を心配することはない。

アクアガスジェネレーターは静電気を防止したり、ジェネレーター内部に反応を開始する触媒になるものを一切使わないなどの工夫を行い、燃焼ノズルに至るまでの発生器内部で爆発を引き起こすことはない。

アクアガスによる火炎の燃焼温度は理論的には水素と酸素が反応するときの自由エネルギー変化 ΔG° が0となる温度、すなわち約 4,500°Cと考えられているが、外部への熱輻射、伝熱などにより、温度は下がり約 2,480°Cが実際に得られる火炎温度となっている。この温度は電気ヒーター等では容易に得られるものではない。エネルギー変換の観点では同じ熱量でも高温という質の高い熱に変換する点がこのアクアガスジェネレーターの特徴である。

この高温の火炎温度を用いると金属材料の熔断がスムーズにでき、通常のアセチレンバーナで行ったときのバリ取り等の後処理をほとんど必要としないなどの優位性がある。また、この高温を用いれば塩素を含む有害物質の焼却処理もダイオキシンなどの有害物質を排出せずに容易に行えるなど、アクアガスの用途は今後も広く広がるものと期待される。

1960年代以来全世界的に自然環境への関心が高まり種々の化学物質による環境汚染が社会問題化している。ポリ塩化ビフェニール（以下 PCB と略記する）もこういった物質のひとつであるが、PCBはその優れた物理的・化学的特性のためコンデンサー・変圧器といった電気機器の絶縁油や熱媒体として広く工業的に使用されてきた。しかし、PCBの分解はむずかしく、役目を終えた PCB が分解されずに蓄積されて環境汚染をももたらしている事が報告されたり（1996年）、2年後にはカネミ油症事件（1968年）により PCB の問題が大きくクローズアップされた。この事件をきっかけに PCB 製造の停止および一部電気機器を除く使用の禁止等の処置が行われた。それまでに製造された PCB のうち、熱媒体として使用されていたものはすべて回収され、各メーカーに保存されているものや、電気機器に使用されたもの全てが調査された。しかし、寿命のきたものから回収し保管されているだけでその処理は遅々として進んでいないのが現状である。その量は表 1 に示す通りになっている。アクアガスジェネレーターはこのように通常の方法では分解できない有機塩素化合物の完全燃焼、無害化に使われていることを紹介する。

表 1 処理に必要な PCB 量 (単位:トン)

熱媒体用 全量回収済	電気機器用		総計
	回収済	使用中	
約 8,000	3,665	26,398	38,053

2. アクアガスジェネレーターについて

2.1 安全性

- ・ アクアガスジェネレーターは水を電気分解し、生成した水素ガス、酸素ガスをそのまま燃焼させるため、特別にガスを貯蔵する必要がないため、スペースが少なくすむ。
- ・ 圧力が 1.1kg/cm²以下であるため、高圧ガス法に触れない。水素量が 400L 未満であるため、危険物法にも触れない。さらに添加物としてのノルマルヘキサンが 200L 未満であるため消防法にも接触しない。
- ・ 3 段階の逆火防止構造。
- ・ 2 次災害がない。(PL 保険対応)

2.2 特徴

- ・ オンデマンド方式である。
- ・ 自己燃焼ガスである。
- ・ 燃焼スピードが速い。
- ・ 逆火が少ない。
- ・ 炎が集中炎である。
- ・ ガス比重が軽いいため、滞留しにくい。
- ・ 従来のガスで熔断していた材料はすべてアクアガスジェネレーターで熔断が可能である。
- ・ 切断面がきれいでノロが付着しにくい。そのため、精密・開先熔断に最適である。

2.3 現場の作業性

- ・ 圧力ゲージ設置により、流量確認が容易となり、作業者の技術の均一化が図られる。
- ・ 排出されるガスはほとんどが水素と酸素の反応による水であるが、この他に添加溶剤の燃焼によるわずかの一酸化炭素、二酸化炭素が含まれる。

2.4 短所

- ・ 屋内設置型である。
- ・ 移動が容易にできない。
- ・ 定期的なメンテナンスを要する。
- ・ 電解装置としての取り扱いを間違えると故障の原因となる。
- ・ 粉塵の多いところでは粉塵対策が必要である。

2.5 仕様

アイエスプラン製造のアクアガスジェネレーター ISP-2500 の仕様について表 2 に示す。

表 2 ISP-2500 の仕様

形式	ISP-2500
電源	AC200V/3 相
消費電力	7.5kW 以下
ガス発生量	2500NL/H
使用燃料	浄水器通過水・蒸留水
使用圧力	0.4kgf/cm ²
運転モード	連続運転可能
重量	195kg
大きさ(長さ×幅×高さ)	H960×W555×T930

3. 金属熔断への応用

3.1 ランニングコスト

アセチレン、LPG を用いた熔断とアクアガスジェネレーターによる熔断時のランニングコストはつぎのようにはるかに安価である。

◎ アクアガスジェネレーターのランニングコスト
 溶剤代(42.24 円)+電気代(45 円)+水代(0.106 円)
 =87 円/1m³

◎ 燃焼時における他のガスとの比較

(4 時間×25 日の計算)

・ アクアガス : 40,500 円

(アクアガス)2.5m³/H×87 円/m³×4H×25 日
 =21,750 円

(酸素)2.5m³/H×0.5 倍×150 円/m³×4H×25 日
 =18,750 円

・ アセチレンガス : 343,750 円

(アセチレン)2.5m³/H×1000 円/m³×4H×25 日
 =250,000 円

(酸素)2.5m³/H×2.5 倍×150 円/m³×4H×25 日
 =93,750 円

・ LPG ガス : 232,500 円

(アセチレン)2.5m³/H×180 円/m³×4H×25 日
 =45,000 円

(酸素)2.5m³/H×5 倍×150 円/m³×4H×25 日
 =18,750 円

このコスト計算には切断酸素は含まれていない。また、アクアガスは理論上は水素と酸素のみから成るが、水素の逆火防止、燃焼性を高めるためノルマルヘキサン(溶剤)を添加しており、アクアガスに対して 0.5 倍量の酸素を加える必要がある。アセチレンと LPG に

ついては理論計算量の酸素を使うものとした。

3.2 アセチレン・LPG を使ったバーナーとの比較

アクアガスジェネレーターとアセチレン・LPG との比較を表 3 に示す。

表 3 アクアガスと通常の燃料を用いたときの比較

	アクアガスジェネレーター	アセチレン・LPG
配管設備コスト	オンディマンド	ガスメーカーより購入
安全性の規制	なし	高圧ガス・消防・危険物法
排気ガス	H ₂ O となり、無害	NO _x 、SO _x 等有害物質排出
厚鋼板の熔断スピード	約 1.5 倍 (対 LPG)	1.0
その他	・バックファイヤーが起りにくい ・切断面がきれい	バックファイヤーが起りやすい

3.3 アクアガスジェネレーターの適用

◎ 熔断

① 手動・ポータブル熔断機

・ 鋼板厚さ 50mm までの場合、火口(3 番)2 本まで使用可能

・ 開先熔断の場合は、火口 1 本(ガス量を多く使うため)

② プレーナー・アイトレーナー

・ 火口の本数により本気をパラレルに接続し、使用できる(火口 2 本につき、本機 1 台仕様)

・ 熔断速度がアップするため、生産性が拡大する

・ 集中配管に接続の場合、従来のガスと切り替え方式を採る。

◎ ロウ付け

・ 酸洗いが不要となり、作業能率が向上する(母材が真鍮に限る)

・ 火炎に問題がない場合はアセチレン用火口でも使用できる。

・ ベーパーフラックスを使用しない場合、紫外線が大幅にカットされる。

・ 肉厚の薄い部材には、アクアガスのみで予熱可能である(予熱酸素は必要なし)

◎ プラスチックのバリ取り(ただし、PP、PE 樹脂に限る)

- ・カッターナイフ等で行っていた作業が不要になり、生産性が大幅に拡大する
- ・アクアガスのみで作業ができる(予熱酸素は不要)
- ・ススが付着しない
- ・表面がきれいに仕上がる
- ・バリ取り用ロボットを開発することにより、自動化が可能となる。

◎小型溶解炉(亜鉛溶解釜)

- ・アクアガスのみで作業できる
(エアークンプレッサでエアーを少量加えることが可能)
- ・溶解時間が短縮できる(LPG の約 3/5)
- ・アクアガス専用のバーナーが必要

4. ポリ塩化ビフェニール (PCB) の焼却処理

4.1 アクアガスによる PCB の焼却処理の有効性

環境汚染の防止のため PCB を完全に分解し、無害化する処理技術は多く報告されているが¹⁾²⁾、それらは大別すると焼却や高温によりガス化して完全に酸化分解する方法と、化学反応により液体のまま無害化する方法とに大別される。分解率・処理費用の面からみると前者の焼却処理法が有利であり、日本国内では焼却処理法のみが認められている。焼却処理法としては補助燃料 (LPG・灯油) を用いる空気焼却法と補助燃焼が不要の酸素焼却法があるが、いずれの焼却方法にお

いても未分解の PCB や、より毒性の強いダイオキシン等の発生を防止するため、分解炉内温度を 1300°C に保持する事が必要とされている。この炉内温度を 1300°C にあげるため、商品名アクアガスジェネレーターより発生する (酸素・水素以下アクアガスと略記する) 熱で予加熱し、その排熱で加熱加圧容器中に入れた PCB を 180°C 以上に加熱する。気化した PCB をアクアガスの供給圧より 1.3 倍の圧力に調整し、このペーパーガスとアクアガスを 3:10~8:10 の混合比率範囲で予混合し、アウトミキシングバーナーのイン側に供給する。このように送り込まれた混合ガスを完全燃焼させ、1.5~2.0 秒滞留させることにより PCB を 99.999% 以上の高分解率で分解することができる。

この PCB 分解法は空気を使用しないため NO_x の発生がなく、CO₂ も低減できるという特徴を持った熱分解法である。表 4 にはアクアガスを使ったときの PCB の分解率を示す。焼却量が 1.57L/h から 2.09L/h 間での範囲では分解率はほぼ 100% で生成物は CO₂、H₂O、HCl であり、塩基性溶液で洗浄するため、有害物質は完全に除かれることがわかった。

参考文献

- 1) 西脇、二宮、案田、山中、日本化学会誌 1972, 2225.
- 2) 川村、鳥羽、萩須、田中、公害 10 No.2 (1975)

表 4 アクアガスジェネレーターを用いた PCB の分解

PCB 焼却量 L/h	アクアガス消費量 Nm ³ /h	酸素消費量 Nm ³ /h	炉温 °C	残留 PCB mg/kg-PCB	分解率 %
1.57		5.0	1500	0.98	99.999902
1.76		4.6	1512	0.09	99.999991
1.90		4.6	1508	0.02	99.999998
2.09		4.6	1534	0.10	99.999996
2.09		2.95	1580	0.11	99.999989