

## 技術論文

# 水素ガス切断システム

## Hydrogen Gas Cutting System

谷口 桂一

Keiichi Taniguchi

企業が「地球環境への取組み姿勢」を問われる中、クリーンエネルギーとして脚光を浴びている「水素」を使った最新の安全な切断方法を紹介する。この切断方法ではエコロジー（環境に優しい）、エコノミー（経済性に優れている）の両立が可能となり、これからの鋼材切断方式の主流となるものと期待される。

Under the present circumstances where companies are required to seriously tackle global environmental issues, hydrogen is drawing attention as clean energy. This report introduces the advanced safe cutting method using hydrogen.

This cutting method can meet ecological (environment friendly) as well as economical requirements and is expected to become a dominant cutting method for steel in the future.

*Key Words:* Hydrogen Gas Cutting, Environment Friendly.

### 1. はじめに

近年、先進性のある「水素ガス切断」が導入検討されたが、数々の事故、コストメリット・安全性の問題から、導入を断念した経緯があった。これら装置は、「水素・酸素混合発生方式」と呼ばれ、水素爆鳴気（水素と酸素を、体積比 2:1 で混合したものに火を付けると激しく爆発する）を貯蔵していたため、わずかな静電気の発生などにより爆発事故を起こしていた。また、爆発限界を外すために多量のプロパンを混合していたこともあり、コストメリットが少なく、かつ、安全性にも問題があった。今回、紹介する新しい水素切断装置は「水素・酸素完全分離発生方式」で、爆発の危険性がなく、安全であり、かつ、プロパンを全く使用しない新型トーチにより、高速切断が可能になった。本切断システムは過去の問題点を解決し、新技術を織り込んだ「新水素ガス切断システム」である。

また、「京都議定書」（地球温暖化防止対策）が2005年2月に発効され、日本は温室効果ガス低減が義務づけられた。このような状況下において「CO<sub>2</sub>が発生しない」環境に優しいクリーンエネルギーである「水素」を使った新しい鋼材切断方式が一躍脚光を浴びており、従来のアセチレンガス、プロパンガスなどの石化燃料を燃焼させる切断方式に比べ環境面とともに、コストダウン・生産性アップなどの特長がある。

### 2. 水素ガス切断システムの特長

- ・環境にやさしい（CO<sub>2</sub> 排出量削減）
- ・切断面が高品質
- ・切断後の仕上げ工数の低減
- ・ランニングコストの低減
- ・高速切断による高生産性

#### (1) クリーン・環境にやさしく安全な切断工法

水を電気分解して水素と酸素を発生させ、再度切断トーチ先端で燃焼させるため、安全で極めてクリーンな切断方式である。石化燃料ガスに比べ圧倒的にヒュームも驚くほど少なく、二酸化炭素の排出がなく、地球環境で重要視される産業排出規制物の一つである二酸化炭素の生成が理論的にない。「作業環境を改善する」次世代の切断システムと言える。（図1）

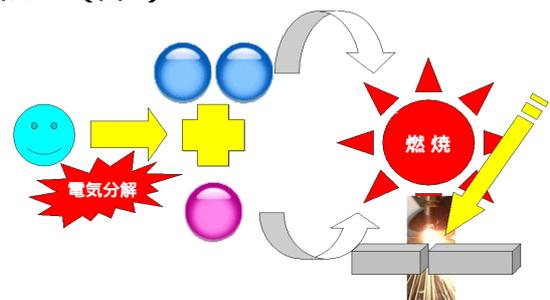


図1 水素ガス切断のイメージ

(2) 入熱が少なく高品質・高精度な切断

原理的には熱切断でLPガス切断と同じであるが、LPガス切断時に比べ、切断時の入熱量は約60%と低減されるため、母材への入熱が少なく、熱歪も大幅に低減されるので、より高精度な製品を生産することができる。

また、切断面が滑らかで、開先切断時のコーナがシャープとなり、切断製品バラツキ精度は±1mm以下と高精度が確保される。また弊社独自のタッチセンサとの組合せにより、切断ロボットによるさらなる高精度切断が可能となった。

(3) 切断後のノロ処理作業の大幅低減

水素ガス切断における大きな特長としてノロ(ドロス)の剥離性の良さがある。一般ガス切断と同じように切断ノロは発生するが、驚くほどその剥離性がよく、極めて容易に除去できる。LPガス切断に比べ、切断後のノロが驚くほど簡単に除去できるので、ノロ取り作業時間がほとんど不要となる。これにより、従来切断製品仕上げにかかっていた工数を大幅に低減できるので、生産性の向上、コストダウンに寄与するばかりでなく、製品品質の向上も図れる。

(図2)



図2

(4) 切断ランニングコストの低減

LPガス切断に必要なプロパン、酸素ガスのコストと、水素ガス切断に必要な水素発生電気代と酸素ガスのコストを比較すると、約30%のコストダウンが達成できる。

(5) 高い生産性

水素ガス切断方式では一般的なガス切断に比べ切断速度が10~30%速くなる。また、熱集中が良いのでピアス時間も短縮されるため、トータル生産効率がアップする。板材切断(軟鉄)の場合、板厚t6~t100mm、速度600~200mm/minの速度で切断が可能である。

2.1 クリーン・環境にやさしく安全な切断工法

水素ガス切断は以下のメリットが有り地球環境にやさしく、作業環境にも安全な工法である。

- ・二酸化炭素の排出“0”
- ・ヒュームの排出が少なく作業環境に良い
- ・酸素の消費量が少ない
- ・ノロが非常に簡単に取れ、苦渋作業からの開放
- ・安全な水素切断ガス

次の比較表に示す通り、プロパン、アセチレンに比べて比重が小さく、発火点、爆発限界とも高く安全である。

表1 ガス別諸元比較

ガス種	化学式	比重	発火点( )	爆発限界(空气中) (容量%)
水素	H <sub>2</sub>	0.07	585	4~
アセチレン	C <sub>2</sub> H <sub>2</sub>	0.88	335	2.5~
プロパン	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	1.567	467	2.2~

2.2 入熱が少なく高品質・高精度切断

水素ガス切断とLPガス切断で下記条件にて開先切断を行った切断面と入熱量、入熱歪量の比較を示す。

入熱量の比較では、各計測点における温度計測結果、入熱比は水素ガス:LPガス=3:5と推計され、水素ガス切断の入熱量が低いことが判る。(図3)

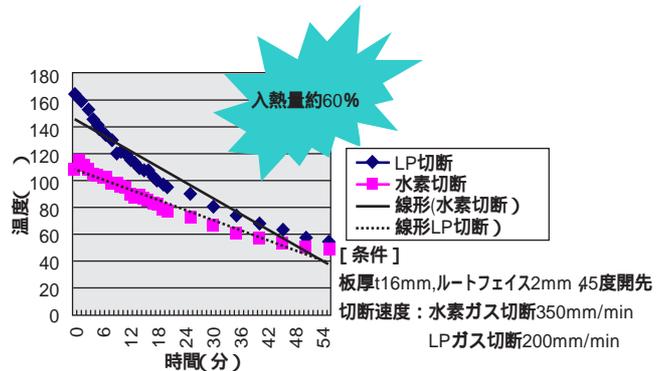


図3 温度推移比較

図4に示す点で計測を行った。

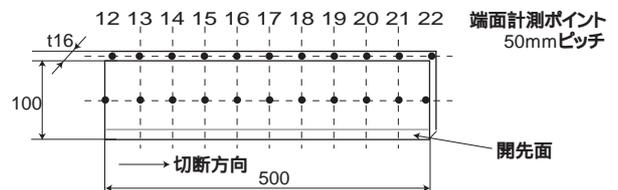


図4 測定位置

次に、歪量の計測結果、LPガス切断では最大歪が0.9mm発生し、水素ガス切断では最大歪が0.5mmに抑えられている。

この結果は、水素ガス切断では入熱量が低いために歪も低く約半分抑えられていることを示している。(図5)

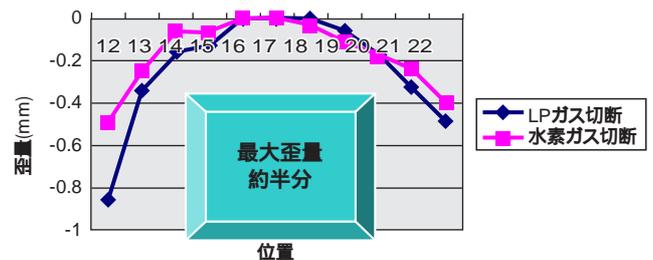
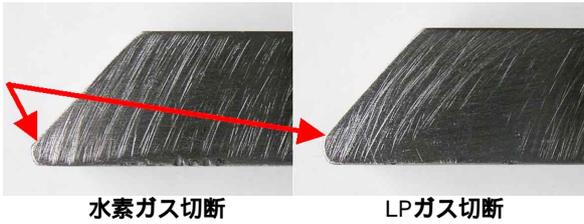


図5 歪量比較

LPガス切断に比べて、水素ガス切断ではシャープなコーナー部が得られている事がわかる。(図6)



水素ガス切断 LPガス切断

図6

### 2.2.1 厚板の切断事例

コマツエンジニアリング(株)では鉄骨溶接システムの販売をしており、溶接前工程のコラム材の開先切断ニーズがある。当社の切断ノウハウと経験により良好な切断品質が得られるので、今後商品化を検討している。(図7)



図7 コラム材の切断事例

### 2.2.2 切断システムの高精度化

水素ガス切断は、工法として入熱量が少なく入熱歪の少ない切断であるが、ロボット切断において弊社独自のタッチセンサ(図8)と組み合わせて切断することにより、ワーク全体のさらなる切断精度の向上を図ることができる。

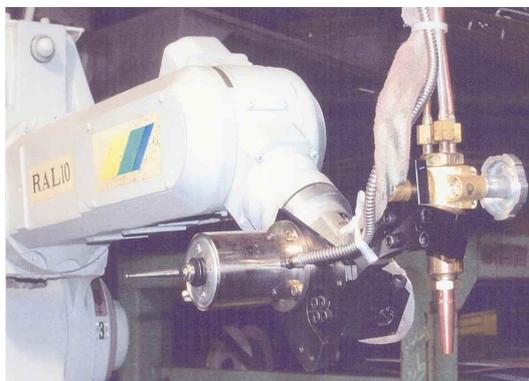


図8 タッチセンサ

タッチセンサの機能は、切断前に実ワーク位置を高精度(トータル精度 $\pm 0.2\text{mm}$ 以下)で検出し、ロボットにプログラムされた基本ワーク位置の切断情報を実ワーク位置に合わせて(座標のシフト補正)切断を開始するものである。この機能により、特に精度が要求される開先切断も高精度で切断が可能となる。(図9)

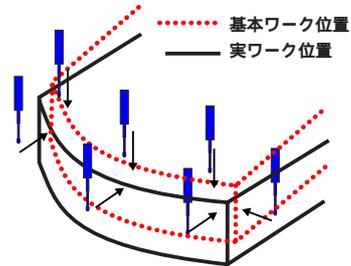


図9 タッチセンサの検出動作

### 2.3 切断後の2次作業の大幅低減

LPガス切断面に付着したノロは簡単に除去できずグラインダ等の2次加工で削り落として仕上げる作業が必要になることが多い。これに比べて、水素ガス切断のノロはスポンジ状であり、LPガス切断に比べ、切断後のノロが驚くほど簡単に除去できるので、ノロ取り作業時間がほとんど不要となり、大幅な手入れ工数の低減が可能である。また、切断面の粗さは水素ガス切断では、 $30\mu\text{m}$ 程度の滑らかな面が得られる。(図10、図11)



図10 水素ガス切断のノロ



図11 ノロ除去後

2.4 切断ランニングコストの低減

水素ガス切断方式でも切断用高圧酸素ガスは使うが、一般切断方式より使用量も少なく、また、予熱用のプロパンガス(アセチレンガス)を使用しないのでガスコストが基本的に少なくなる。さらに切断速度が向上するため、さらに単位切断長さ当たりのコストの低減が実現出来る。

水素ガス切断とアセチレンガス、プロパンガス切断時の予熱の反応式を表2に示す。水素ガス切断では予熱酸素使用量は約1/5以下となり、切断も含めた酸素使用量は実績で約20%削減されガスコストの低減となる。

表2 切断ガスと予熱酸素使用量

使用ガス	化学反応式(予熱)	予熱酸素使用量 (ガス10L使用時)
水素	$2H_2 + O_2 \rightarrow 2H_2O$	5L
アセチレン	$2C_2H_2 + 5O_2 \rightarrow 4CO_2 + 2H_2O$	25L
プロパン	$C_3H_8 + 5O_2 \rightarrow 3CO_2 + 4H_2O$	50L

水素ガス切断では(図12)に示す水素発生装置で、水から電気分解により水素と酸素を現場装置で発生させて予熱ガスとしている。

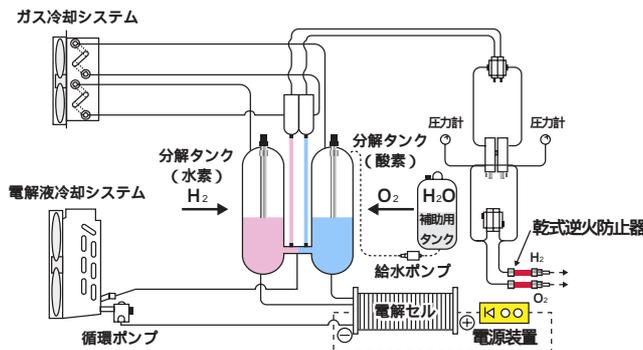


図12 水素ガス発生装置

切断トータルでのランニングコストを水素ガスとLPガス切断で実績比較を表3に示す。

表3 切断ランニングコスト比較

	水素	LP G	差
酸素	34	43	9
LP G	0	5	5
電力(装置駆動系)	12	12	0
電力(水素発生装置)	4	0	4
合計	50	60	10

水素ガス切断では、ランニングコストで約15%の切断コスト削減となる。

2.5 高速切断

板厚t16mmでの切断速度は下記となり、一般的なガス切断に比べ30%の高速切断が可能となる。

水素ガス切断 : 460 ~ 520mm/min

LP ガス切断 : 380mm/min

3. おわりに

コマツエンジニアリングでは、鋼材の切断から溶接まで一連の「もの作り装置」を取り揃えている。水素ガス切断ロボット、プラズマ切断ロボット、スライドタンデム溶接ロボット等を扱っており、顧客のニーズ(精度・生産性)に応じた切断・溶接工法をシステムとして提供している。特に新発想のスライドタンデム溶接装置は生産性向上させるのに大きな投資やスペースを必要としないシステムであり、そのコストパフォーマンスは抜群のものがある。また、ロボット準備作業の短縮方法としてオフラインでのプログラム作成システム“TCHMORE”(コマツ生産技術開発センタ)を用意しており(図13)、さらなる効率化が図れる。

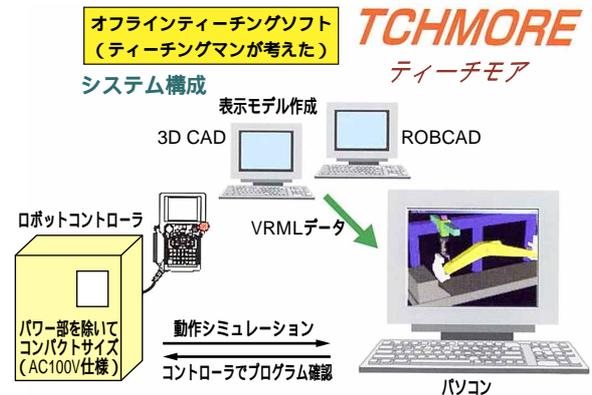
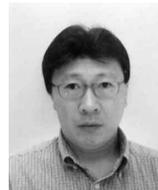


図13 TCHMORE

今後は、水素ガス切断条件の蓄積により、薄板から厚板・コラム等の極厚板までの高効率・高精度切断化を図っていく。また、切断ロボット周辺装置・切断ソフトウェアの機能向上による適用部品の拡大と高付加価値の切断システムとして完成度を高めていく予定である。

また、水素ガスの火災が見にくいので調整が困難であるとの指摘はあるが、人手の場合と違い、ロボットによるため一度条件が決まれば調整不要のため問題はない。また、条件設定はガス流量計(デジタル)も標準装備されているので、調整が容易である。

筆者紹介



Keiichi Taniguchi

谷口 桂一 1978年、コマツ入社。

現在、コマツエンジニアリング(株)所属。

【筆者からひと言】

「水素」の安全性に対する偏見(瓶の色が赤いため)をお持ちの方が多いと思いますが、プロパン、アセチレン等の一般に使用されるガスに比べて安全性で勝ることを認識していただきたい。