

## TODAY

## そうだ！「産総研」があった！



独立行政法人 産業技術総合研究所  
理事 川上 景一

独立行政法人になる以前、産総研は、1882年（明治15年）設立の地質調査所をはじめとして、時代のニーズに基づいて設けられた通商産業省工業技術院傘下の国立研究所でした。メートル原器やキログラム原器等度量衡の基礎をつくり、アンモニアの製造法、PAN系炭素繊維、グルコースイソメラーゼの製造法等を開発し、日本の産業発展に寄与した歴史を有しています。

2001年（平成13年）には、15の研究所と計量教室を統合した独立行政法人となり、社会ニーズ・産業ニーズに対応して、基礎的研究の成果を製品化に繋いでいく役割を果たすべく、基礎研究から実用化研究まで一体的かつ連続的に取り組む「本格研究」を推進してきました。アザラシ型ロボットのパロ、コンピュータやサーバーのハードディスクドライブに使われているTMR素子、ごく最近では植物工場で栽培した遺伝子組み換え苺を用いた犬の歯周病治療薬や、糖鎖を活用した肝臓の診断薬等を企業の方々との連携で世に送り出しています。

産総研は、オープンイノベーションのプラットフォームです。産総研には、常勤・非常勤あわせて4,100名程の研究職員がおりますが、この他に企業・大学等からの外来研究員の方が約4,900名居られます。特に、産総研と物材機構、筑波大学、高エネルギー加速器研究機構（KEK）が中核となり、経団連と連携してナノテクノロジーの世界的な研究拠点に育てようとしている「つくばイノベーションアリーナ（TIA）」には、120社以上の企業、千人を超える研究者が集っています。

近年、産総研は、これを更に進めるための取り組みを進めています。

まず、産総研と連携する企業の方々が生産総研の施設・設備を使って自社サンプルを出荷・販売できるようになりました。新材料の開発等では、ユーザーに試用してもらって用途開発を進めなければならず、サプライチェーンが長ければ長いほど、実用化に至るまで時間がかかっていましたが、これにより、材料開発と用途開発を並行して進め、実用化までの時間を短縮することができます。

また、産総研と共同研究を行わなくても、産総研の設備を使うことができるようになりました。企業や大学の方々に、産総研の研究成果やノウハウが詰まった設備を迅速・手軽にお使い頂いています。

人材面では、リサーチアシスタント（RA）制を導入しました。大学院生の方々が、大学院に在籍したまま、産総研の職員の身分を持って研究することが可能となり、既に多くの院生が産総研に来て下さっています。

ベンチャーも、産総研発に加えて、企業の方が一旦産総研に移籍して、産総研と組んで技術を更に磨いて起業することを受け入れており、実際に成果事例が生まれています。

知財については、企業が産総研との共有知財を非独占的に実施する場合に頂いていた不実施補償料を廃止し、共有知財について各々の共有者が互いに単独で第三者企業と実施許諾契約を締結できることとしました。

産総研は、このような取り組みを通じ、企業の方々、「自社単独では難しい」「時間がかかる」という問題に直面された時に、基礎的研究からスケールアップ、品質のばらつきや歩留りの改善等実用化のための課題解決まで一緒に研究開発に取り組めるパートナーたる公的な研究機関として、「そうだ！産総研があった！」と言って頂ける存在になるよう努力しています。

折しも、産総研は、2015年（平成27年）4月から、新たな中長期計画期間に入ります。現在、その準備を進めていますが、既に政府から、日本再興戦略や科学技術イノベーション総合戦略等で、革新的な技術シーズを事業化に結びつける「橋渡し」を強化することが求められています。

これを実現するためには、産総研が企業と1対1で連携し、企業ニーズに応じて、その企業が抱える課題を解決する取り組み事例を増やさなければならないと考えています。

大学との関係では、クロスアポイントメントを通じて柔軟な人材交流を可能とし、大学の研究成果を産総研の場でイノベーションに繋げる役割を果たしていきたいと思えます。

地域への貢献も欠かすことができません。産総研は、地域ブロック毎に研究拠点を有していますが、公設試の方々とも連携しつつ、地域企業の課題解決に地域の拠点を窓口としてオール産総研で役立っていきたくて考えています。

より多くの方々に「そうだ！産総研があった！」と言って頂ける存在になることを目指して、産総研役員一同、これまで以上に努力いたしますので、本年もどうぞよろしくお願ひ申し上げます。

## Mo を含有しない高圧水素用ステンレス鋼の開発

愛知製鋼株式会社 技術本部 技術開発部 窪田 和正

### 1. はじめに

2010年3月に燃料電池実用化推進協議会より提案された「FCVと水素ステーションの普及に向けたシナリオ」において、2015年に燃料電池自動車(Fuel Cell Vehicle, FCV)の普及開始を目指すことが示されている。シナリオ提案の後の2014年12月にトヨタ自動車(株)よりMIRAIの販売が開始され、燃料電池自動車の普及開始は現実のものとなった。この燃料電池自動車MIRAIには、当社の高圧水素用ステンレス鋼AUS316L-H2冷間加工材が採用されている。燃料電池自動車の普及開始に臨み、鉄鋼材料で社会に貢献する機会が与えられたことに感謝すると共に、水素社会の実現に向けてさらなる技術の進歩に微力ながら尽くしていきたい。

燃料電池自動車は、総合エネルギー効率に優れる特徴や、走行により水しか排出しないクリーンな環境性能に加え、数分で燃料を充填できる利便性を兼ね備えている。この利便性を支えるのは自動車向けの水素販売所である水素ステーションであり、燃料電池自動車の普及のためには水素ステーションの整備が欠かせない。水素ステーションの整備を進めるため、水素ステーションをより簡便に構成するための研究開発が求められている。

JRCMグループ(新日鐵住金(株)、(株)日本製鋼所、新日鐵住金ステンレス(株)、(独)物質・材料研究機構、愛知製鋼(株))は、新エネルギー・産業技術総合開発機構(New Energy and Industrial Technology Development Organization, NEDO)のプロジェクト「水素利用技術研究開発事業」に参画し、水素ステーションにて使用可能な鋼材の拡大に関する研究開発に取り組んでいる。その取り組みの中で、当社は水素ステーションにて用いられるバルブ・継手用材料の省資源化に向けて、Moを含有しないSUS305準拠の高圧水素用ステンレス鋼AUS305-H2の開発を進めている。本報では、その特性を紹介する。

### 2. Mo 使用量の低減に向けて

SUS316L(Fe-16Cr-12Ni-2Mo)は、高圧水素中においても延性が低下し難い特徴があり、高圧水素用機器の設計が容易となることから、これまでも高圧水素用のバルブや継手等の素材として用いられてきた。水素ステーションの技術進歩により、水素ガスを-40℃程度に冷却することによって燃料電池自動車に短時間で充填するプレクールと呼ばれる技術が用いられるようになると、一般的な汎用のSUS316Lを用いた場合においては鋼材の延性が低下することが判明し、技術課題となった。この延性の低下は低温におけるマルテンサイトの生成が原因であり、Ni濃度を13%に高める等の工夫により抑制できることが判っている。現在では、マルテンサイトの抑制のため、Ni当量<sup>1)</sup>を用いて使用条件(温度・圧力)毎に必要値<sup>2)</sup>が技術基準化されている。

このようにSUS316Lは、技術知見と採用実績を重ね、高圧水素用のバルブや継手等の素材として広く用いられている。なお、SUS316Lは2~3%のMoを含有しており、Moはステンレス鋼の不働態皮膜をより破れ難くする作用があることから<sup>3)</sup>、Moを含有しないSUS304(Fe-19Cr-8Ni)等と比較して耐食性に優れる傾向がある。また、Ni当量の式からも明らかなように、Moを添加した方がマルテンサイトは生成し難くなり、低温高圧水素中における延性の低下も起こり難くなる。しかしMoは希少な金属であり、コスト高となることに加え、水素ステーションの高圧水素用バルブや継手においては、必ずしもSUS316L相当の高い耐食性は求められておらず、耐食性の観点ではオーバースペックとなる。

高圧水素用ステンレス鋼におけるMo使用量の低減に関しては、平成22年度から平成24年度に実施されたNEDOプロジェクト「水素製造・輸送・貯蔵システム等技術開発」において基礎的な

調査に取り組んでいる。調査に用いた供試材は0%から2%を超えるMoを含有し、加工誘起マルテンサイトの抑制等に配慮し、かつSUS316L、SUS316J1L、SUS316J1、SUS305J1、SUS309Sのいずれかの成分規格に該当するように成分調整している。調査では、固溶化熱処理状態の各供試材の試験片を300℃ 15.5MPaの高圧水素環境に120時間暴露させて高圧水素チャージを行い、その後室温大気中にて引張試験を実施した。また、昇温脱離水素分析を用いて、高圧水素チャージ後のトータル水素量を測定した。

調査に用いた供試材の中で、SUS305J1(Fe-19Cr-13Ni)相当の供試材と、SUS309S(Fe-22Cr-15Ni)相当の供試材は、Moを全く含有しない供試材に該当する。高圧水素チャージ後のこれらの供試材における、昇温脱離水素分析の水素放出曲線を図1に示す。SUS305J1相当の供試材とSUS309S相当の供試材は、SUS316L相当の供試材と比較して、500℃～600℃程度に明瞭な放出ピークが認められる。各供試材における引張試験における絞りの比(水素チャージあり/水素チャージなし)と、トータル水素量の関係を図2に示す。Moを含有しない供試材において、高圧水素チャージを施した後にけるトータル水素量は、SUS316L相当の供試材よりも高い値であった。しかしながらMoの含有量にかかわらず、高圧水素チャージを施しても良好な延性が維持されている。

なお、SUS305J1相当の供試材において、高圧水素中にて低ひずみ速度引張試験を実施している。試験の結果、固溶化熱処理材および、冷間引抜材共に、-40℃ 70MPaの高圧水素中においても良好な延性が認められている<sup>4)</sup>。

### 3. 高圧水素用 SUS305

現在参画しているNEDOプロジェクト「水素利用技術研究開発事業」においては、「WE-NET」から「水素製造・輸送・貯蔵システム等技術開発」までに得られた技術知見を活かして、Moを含有せず省資源なSUS305準抛の高圧水素用ステンレス鋼AUS305-H2の開発に取り組んでいる。

SUS305は、SUS304をベースにNiの濃度を高めたステンレス鋼であり、その化学成分はSUS304とSUS316Lの間に位置する。そのため、これまでSUS304やSUS316Lにおいて培われた加工技術や利用技術および、高圧水素環境における技術知見

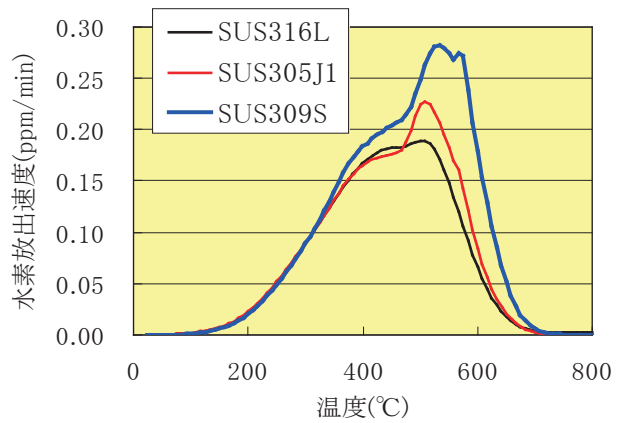


図1 水素放出曲線の測定結果

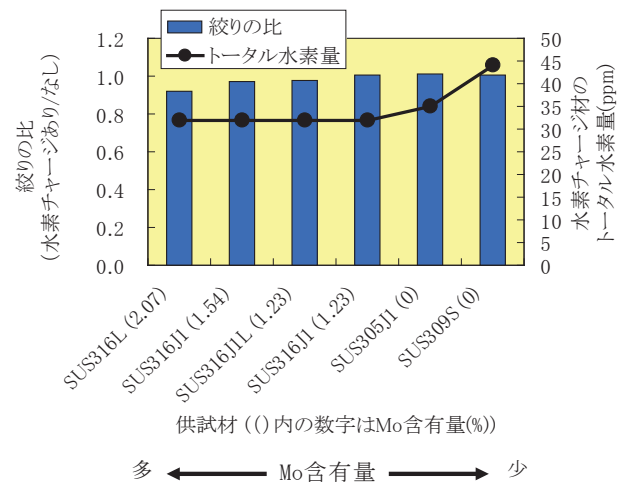


図2 絞りの比とトータル水素量の関係

を参考にすることができると考えている。既存データとの連続性を仮定した場合、加工誘起マルテンサイトを抑制して低温高圧水素中における延性低下を抑制する観点から、低温高圧水素中において延性を維持できる成分範囲に、SUS305規格が定める成分範囲の全域が内包されるとは考え難い。よって、齟齬を避けるために、高圧水素用に成分調整されたSUS305を便宜上、AUS305-H2と表記している。

固溶化熱処理状態の供試材の化学成分と機械的性質を表1に示す。供試材は、JISG4303におけるSUS305の化学成分と機械的性質を満足している。

固溶化熱処理状態の供試材から、平行部がφ3×20mmの引張試験片を採取し、0.0001mm/秒のストローク速度にて高圧水素中低ひずみ速度引張試験を実施した。試験は、室温、90℃、210℃の85MPa水素中および、-40℃の70MPa水素中において実施し、比較条件として、室温、90℃、210℃の大気圧大気中および、-40℃の大気圧窒素中においても実施した。高圧水素中の低ひずみ

表1 供試材の化学成分と機械的性質

鋼材	化学成分(%)							固溶化熱処理材の機械的性質			
	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	0.2%耐力 (N/mm <sup>2</sup> )	引張強さ (N/mm <sup>2</sup> )	伸び (%)	絞り (%)
AUS305-H2 供試材	0.12	0.96	1.91	0.031	0.006	12.85	18.98	269	624	55	75

速度引張試験における試験温度と相対絞りの関係を、図3に示す。試験の結果、-40℃において若干の相対絞りの低下が認められるものの、-40℃から210℃において相対絞りは0.8以上であり、高圧水素環境においても優れた延性が認められる。また、試験後試験片の破断部近傍における比透磁率を、ポータブル透磁率計を用いて測定した。測定結果を図4に示す。-40℃において、破面近傍の比透磁率は僅かに増加していることから、微量の加工誘起マルテンサイトが生成していると推定され、SUS316Lにおける技術知見との共通性が認められる。

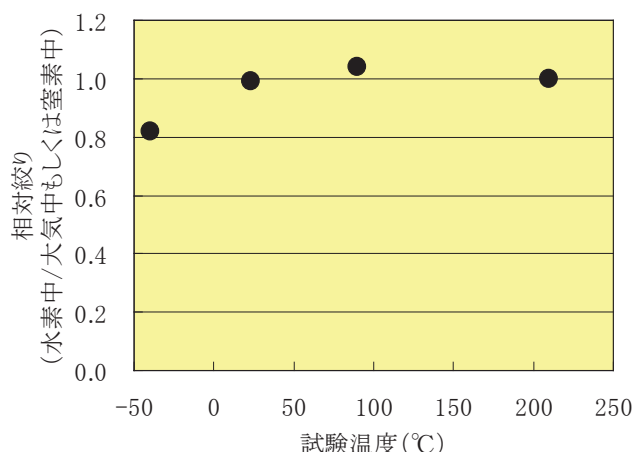


図3 AUS316L-H2 固溶化熱処理材における低ひずみ速度引張試験の結果

#### 4. おわりに

Moを含有しないSUS305準拠の高圧水素用ステンレス鋼AUS305-H2に関し、その特性を紹介した。これまでの調査により、AUS305-H2の固溶化熱処理材は、高圧水素環境においても顕著な延性の低下を示さないことが確認できている。

Moを含有しない省資源性、素材のニアネットシェイプ化および、高強度化を同時に実現するために、AUS305-H2冷間加工材に関しても開発の取り組みを進めており、今後さらに安全・安心に資するデータを蓄積したいと考えている。

#### 文献

- 1) T. Hirayama and M. Ogirima: J. Jpn. Inst. Met., 34 (1970) 507-510
- 2) 山田敏弘、小林英男: 高圧ガス 49(2012) 885 - 893
- 3) Shin Okayama, Shigeo Tsujikawa and Kazuhiro Kikuchi: Boshoku Gijutsu, 36(1987) 702-709
- 4) 渡邊義典、窪田和正: 愛知製鋼技報 31(2014) 3-7

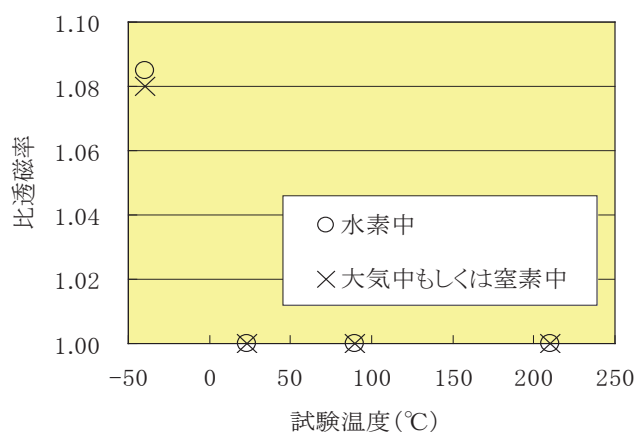


図4 試験後試験片の破断部近傍における比透磁率

### お詫びと訂正

JRCM NEWS No.338 (12月号)に掲載しましたレポートの内容で以下の誤りがありました。お詫びして訂正いたします。

4 ページ左欄 22 行目

(誤)「産総研」 → (正)「物材機構」

The Japan Research and Development Center for Metals

JRCM NEWS / 第 339 号

内容に関するご意見、ご質問は JRCM 総務企画部までお寄せください。  
本書の内容を無断で複写・複製・転載することを禁じます。

発行 2015年1月1日

発行人 小紫 正樹

発行所 一般財団法人 金属系材料研究開発センター

〒105-0003 東京都港区西新橋一丁目5番11号 第11 東洋海事ビル6階

T E L (03)3592-1282 (代) / FAX (03)3592-1285

ホームページ URL <http://www.jrcm.or.jp/>

E-mail [jrcm@oak.ocn.ne.jp](mailto:jrcm@oak.ocn.ne.jp)