

TODAY

光ファイバと資源



株式会社フジクラ
フェロー・常任顧問
山内 良三

電線会社に永年勤めながら、金属との付き合いが希薄だった私が JRCM の監事を仰せつかったのも何かの縁であります。ここでは、私が携わってきた通信用光ファイバの話をしていきます。

2009 年のノーベル物理学賞は、光ファイバの先駆的な研究が評価されて、チャールズ・K・カオ氏が受賞しました。45 年ほど前、カオ氏は伝送損失の低い通信用光ファイバを実現するにはどうすればよいかを、材料、構造、光の伝搬解析など多面的に検討しました。特に材料に関して、プラスチックを始め幾つかの候補材料を示しましたが、その中で石英ガラスについては、不純物を極限まで除去することにより実用的な通信用光ファイバを実現できることを予想しました。これを受けて、特殊ガラスの専門メーカーである米国コーニング社が、20dB/km という銅線の通信ケーブル並みの損失を実現したのが 1970 年でした。その後、多くの光ファイバ製造法が実用化を目指して提案されましたが、生き残ったのは化学的気相法による石英系ガラスの製造でした。

化学的気相法の採用により、伝送損失を増大させる鉄、銅などの遷移金属の混入を容易に防止することが可能になりました。光ファイバの原料である珪素やゲルマニウムの塩化物の沸点は 100℃ 以下であるのに対して、遷移金属の塩化物は高沸点のため反応系に侵入しません。電線メーカーの工場には銅粉が舞っていましたが、気相法ではこの問題は発生しませんでした。極低損失の光ファイバを実現するには、遷移金属に加えて、もう一つの不純物である水分の除去が必要でしたが、これも、技術の向上により残留水酸基を ppb (10 億分の 1) オーダまで減少させています。現在、石英ガラス系光ファイバの伝送損失は、100km を超え

る無中継伝送が容易に行えるレベルにあり、世界で年間およそ 1 億 7000 万 km が生産されています。

通信用光ファイバの研究開発は高純度化の歴史でしたが、原材料の観点からみると、将来的に次の 4 つの元素が重要であると考えています。一つはシリコン。現在の光ファイバの製法では、高純度のシリコン化合物、例えば、四塩化珪素などが必要です。ここ数年、太陽電池の需要増の結果、高純度シリコンの不足が懸念されましたが、さすがにクラーク数 2 位の元素だけに当面、不足の問題はないようです。

二つ目はゲルマニウム。光ファイバが通信路として動作するためには光ファイバ中心部のコアガラスの屈折率を高める添加物が必要です。過去、様々な物質が試されましたが、現在、ほとんど全ての光ファイバは、コアにゲルマニウムを添加して石英ガラスの屈折率を変化させています。ゲルマニウムは赤外線検出器にも使われますが、基本的に輸入に頼り、産出国も中国などに偏っているのが気になります。

三つ目に、原料ではないが副資材としてヘリウムガスが重要です。光ファイバの製造工程では、高純度で泡の無い透明ガラスを作製するのに雰囲気ガスとしてヘリウムが使用されます。ヘリウムは軽いので、地球の大気中には保持されず特定のガス井に偏在しています。しかも戦略物質でもあるので、何年か先には購入が不自由になる可能性があります。

四つ目は希土類元素。現在の長距離高速大容量光通信では、減衰した光信号を多段増幅する方式が一般的です。この目的のため、石英ガラスに希土類元素の一種エルビウムを添加した光ファイバ増幅器が使用されます。エルビウムは、磁石に使用されるネオジウムやサマリウムなどの希土類元素と同様、地球上で偏在しています。中国は大きな希土類産出国ですが、輸出規制に動いていると聞いています。このように、資源問題は光ファイバ産業においても他人事ではなく、今後とも動向を注視したいと思います。

「水素社会構築共通基盤整備事業

—水素インフラ等に係る規制再点検及び標準化のための研究開発—

水素用材料基礎物性の研究」(平成 17～21 年度) 成果報告

鉄鋼材料研究部 部長 日比 政昭*、主席研究員 深川 信

1. はじめに

燃料電池を含む新エネルギー技術は、科学技術基本計画(2006年3月)、エネルギー基本計画(2007年3月)等における重点分野としても位置づけられている。さらに燃料電池については、燃料電池実用化戦略研究会(経済産業省資源エネルギー庁長官の私的研究会、平成11年12月設置)において、「固体高分子形燃料電池/水素エネルギー利用技術開発戦略」が策定され、産学官が一体となって燃料電池実用化のための技術開発等に積極的に取り組むべきことが提言されている。また、2002年5月には、内閣官房に内閣府及び関係省庁の局長級で構成される「燃料電池実用化に関する関係省庁連絡会議」が設置され、燃料電池の安全性の確保を前提とした燃料電池に係る6法律28項目の関連規制の包括的な再点検が関係省庁の緊密な連携のもとで実施される等、燃料電池の新技术開発とともに、規制・技術基準の整備及び標準化の推進の重要性が認識され、官民挙げてその整備が進められている。

2. 水素社会構築共通基盤整備事業

(独)新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)はこのような背景に基づき「水素利用国際クリーンエネルギーシステム技術(WE-NET)」(平成5～14年度)、「水素安全利用等基盤技術開発事業」(平成15～19年度)を実施してきたが、これらに続き平成17年度から21年度に実施した、「水素社会構築共通基盤整備事業」は、上記動向を踏まえ、

①燃料電池の大規模な導入・普及や技術レベルの進展に対応した既存規制の見直し等に資するための安全確認データの取得、
 ②国際標準の提案、
 ③製品性能を単一の物差しで評価する試験・評価手法の確立
 の3つを、燃料電池自動車、定置用燃料電池システム、水素供給インフラ等に共通する燃料電池実用化のためのソフトインフラとして位置づけ、産業界との密接な連携のもとで、グローバル・マーケットの先取りを視野に入れた高度な技術基準及

び基準化案を国内及び国際標準に提案するためのデータ取得及びそれらに係わる技術開発を実施することを目的としている。

本事業は、

- ①燃料電池自動車に係る規制再点検及び標準化のための研究開発
- ②定置用燃料電池システム等に係る規制再点検及び標準化のための研究開発
- ③水素インフラ等に係る規制再点検及び標準化のための研究開発

からなっており、このうち③は平成15年度からNEDOにおいて実施された「水素安全利用等基盤技術開発事業」において行われていた技術開発課題を本事業に統合したものである。

JRCM(再委託先:(独)産業技術総合研究所、(独)物質・材料研究機構、(学)九州大学)は、愛知製鋼(株)、新日本製鐵(株)、住友金属工業(株)、高圧ガス保安協会と連名で、この「水素安全利用等基盤技術開発事業」の課題のひとつである、「水素に関する共通基盤技術開発—水素材料基礎物性の研究」を実施し、35MPa級の高圧水素下での材料物性の研究、材料特性データの取得による基準・標準策定に大きく貢献してきたが(JRCM NEWS No.227、2005年9月)、平成17年度からNEDO技術開発機構の方針に従い、将来必要とされる70MPa級の高圧水素下での材料研究、材料特性データ取得のため、この「水素社会構築共通基盤整備事業」に移行して研究開発を実施してきた。以下にその概要を示す。

3. 水素インフラ等に係る規制再点検及び標準化のための研究開発

—水素用材料基礎物性の研究—

「水素インフラ等に係る規制再点検及び標準化のための研究開発」では、燃料電池自動車、定置用燃料電池システムおよび水素供給インフラ等に共通する実用化のための課題として、

- ①燃料電池の大規模な導入・普及や技術レベルの進展に対応した既存規制の見直し等に資するための安全確認データの取得、
- ②国際標準の提案、

③製品性能を単一の物差しで評価する試験・評価手法の確立

を行って、高度な技術基準及び標準化案を国内外に提案するためのデータ取得及びそれに係わる技術開発を行うことを目的としている。

「水素用材料基礎物性」の研究開発はこれらに関し、タンクライナー、配管、バルブ継手、容器など高圧水素機器用材料を安全に使用するための特性データの取得と技術開発を行うことを目的としている。このため、上記のように、主として70MPa 級の高圧水素下での材料物性について、参加各者密接な連携の下、以下の課題に取り組み、材料物性の研究と基準・標準のためのデータ取得、提供を行った。

- ①高圧水素タンク用ライナー材の研究開発、
- ②高圧水素配管材料の研究開発、
- ③高圧水素バルブ・継手用材料の研究開発、
- ④液体水素用構造材料の研究開発、
- ⑤水素用非金属材料の基礎物性に関する研究開発、
- ⑥水素用材料物性調査およびデータベース化、
- ⑦水素特性試験装置の開発およびそれを用いた水素用材料の基礎物性評価、
- ⑧極低温ガス環境下での材料特性に関する研究、
- ⑨水素用材料の疲労・トライボロジー特性研究、

また、これらによって得られた知見に基づき、既存の水素ステーション、液体水素ローリー等の解体調査に材料の観点から積極的に協力を行った。

4. 実施体制

本研究開発は、JRCM（再委託先：（独）産業技術総合研究所、（独）物質・材料研究機構、（学）九州大学）、愛知製鋼（株）、新日本製鐵（株）（共同実施先：新日鐵住金ステンレス（株））、住友金属工業（株）、高圧ガス保安協会の5者がNEDOからの連名で委託を受けて実施した。実施体制を図1に示す。なお、九州大学は別事業の発足により平成17年度から19年度のみ参画、新日鐵住金ステンレスは金属学的知見を深めるために平成20年度から21年度の2年間参画を要請したもの

である。なお、代表委託先はJRCMであるが、プロジェクトの運営においては、担当会社の個々の成果の合作ではなく、参加社の密接な連携と議論の下、国の目標に資するべく共同で解決に当たってきた。

5. 主な成果

5.1 70MPa 機器用材料の標準化データ、水素用材料拡大に向けたデータの取得

本研究開発においては、過去のデータから、水素脆性を起こさない材料である、オーステナイト系ステンレス鋼 SUS316L、6000系アルミニウム A6061-T6（Si 増量材を含む）を主な対象として、45MPa 級高圧水素ガス雰囲気下材料試験装置、99MPa 級高圧水素ガス雰囲気下材料試験装置、腐食疲労評価試験装置、低ひずみ速度引張試験装置（SSRT）、内圧疲労試験装置、外圧疲労試験装置等を用いて物性データの取得を行った。その1例を図2に示す。

平成17～19年度においては水素用材料の拡大の可能性を検証するため、上記材料に加えチタン、耐熱鋼、各種ステンレス鋼、ニッケル基合金など様々な材料についても材料特性データを得た。平成20～21年度には、上記材料を中心に、新たに開発された低Ni省Moステンレス鋼であるSTH1、STH2も加えて、70MPa 級車載容器および関連部品用材料の例示基準策定のためのデータを取得した。併せて、これら取得データの信頼性検証のため、各種金属学的解析を実施した。取得したデータは関連団体等に常に提供を行ってきたが、その主要なものはNEDOの「水素の有効利用ガイドブッ

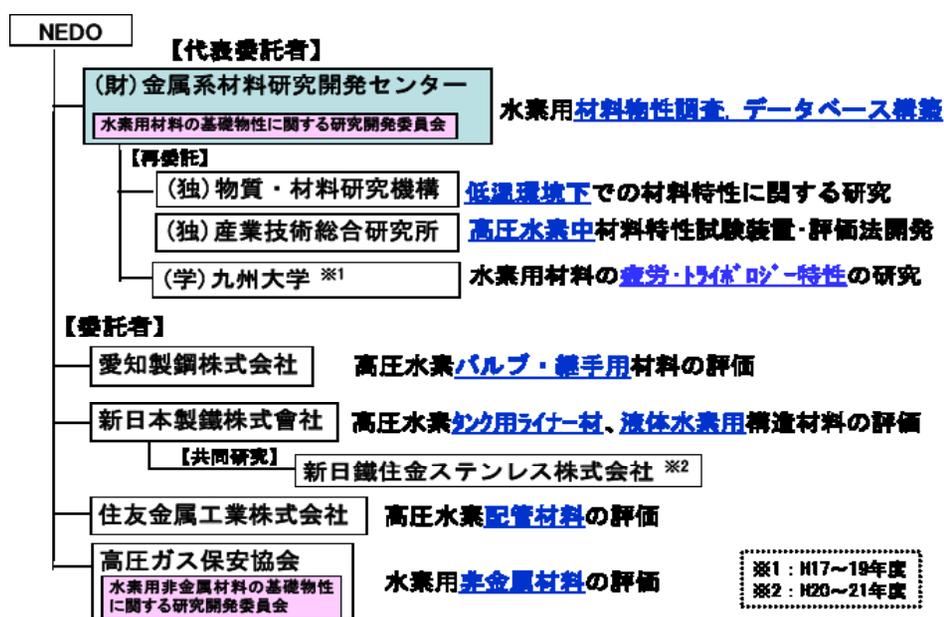


図1 研究実施体制

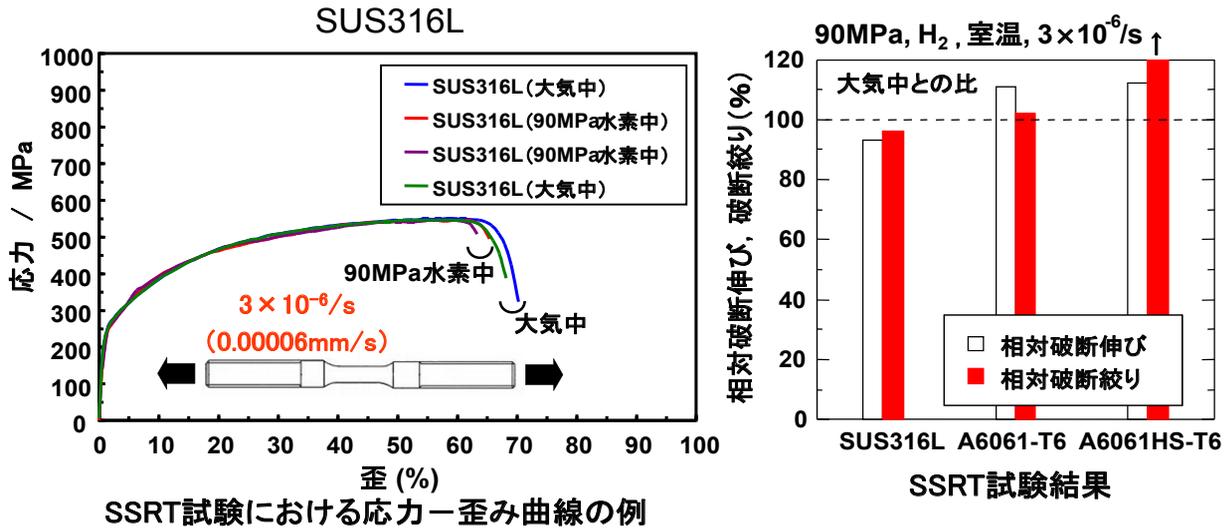


図2 SSRT試験の例

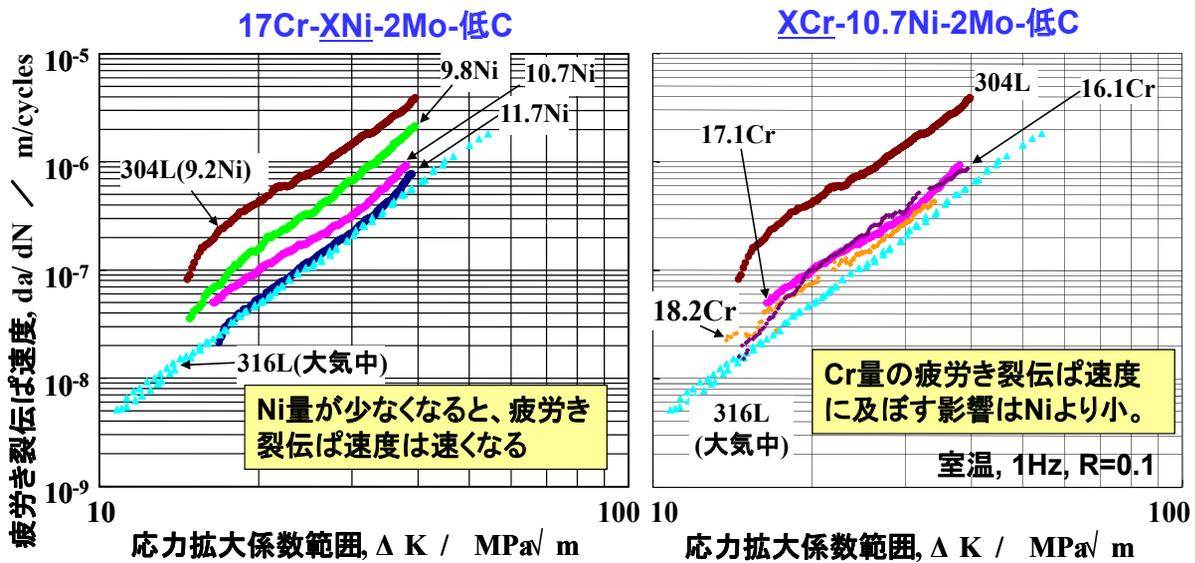


図3 SUS316系ステンレス鋼の疲労亀裂伝播特性

ク」(2008年3月(財)エネルギー総合工学研究所)の分担執筆においても生かされている。また、高圧ガス保安協会の「70MPa圧縮水素自動車燃料装置用容器の技術基準(仮称)」の制定にも活用され、同協会から平成21年8月31日~9月30日および平成22年5月20日~6月18日にパブリックコメント(意見募集)が実施されるまでに至っている。

5.2 基準化の技術的根拠とするための金属学的基盤解析・研究

オーステナイト系ステンレス鋼の水素環境脆化影響因子の解析(偏析、Ni当量の影響等)、試験周波数の疲労特性に及ぼす影響把握、被削性向上元素であるSの影響調査、等を実施し、新たな知見を多数得ている。

図3にSUS316系ステンレス鋼の疲労亀裂伝播特性を示す。このNi量が少ないと疲労亀裂伝播速度が速くなることが明らかとなった。図4には、8mm線材のNiのマイクロ偏析を示すが、このようにNiが局所的に11%未満となっている部分が存在する場合、そこが水素環境下での疲労特性の低下に影響することが明らかとなった。なお、これは、材料全体からみるとごく一部での現象であり、実

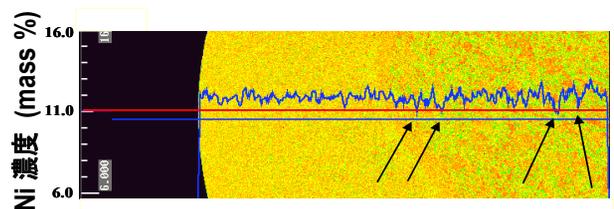


図4 SUS316L 8mm φ線材の中心マイクロ偏析例

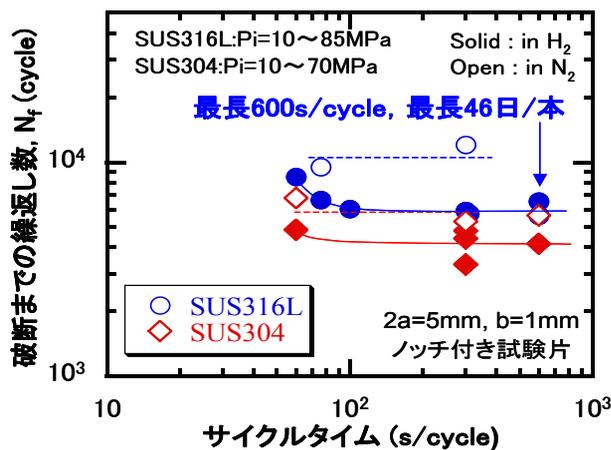


図5 長周期内圧疲労試験結果

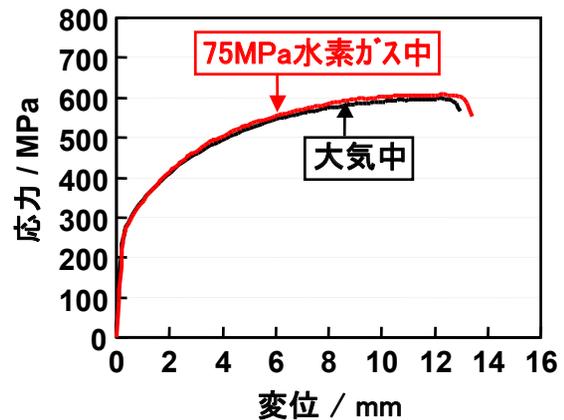


図6 0.3% S添加 SUS316Lの水素中と大気中の引張特性

使用には耐えられないほどのレベルの低下ではない。

鋼管状の試験片を用いた長周期内圧疲労試験の結果(図5)からは、サイクルタイムの増加による疲労寿命の低下はある時間で飽和することが明らかとなった。この結果は実使用における寿命を考える上で非常に重要な知見である。

また、実用段階で必要となる加工性については、Sの多量添加による快削性の改善と耐水素脆性(図6)の両立が可能なことを確認し、将来基準化も可能な特性であることを明らかとした。

5.3 液体水素中材料特性データの拡充

将来の水素大量輸送・貯蔵を想定し、既存汎用ステンレス鋼に加え、STH1等の新しい材料についても液体水素中における特性評価を実施し、データを拡充した。

5.4 複合容器向け材料の評価

貯蔵容器に用いられる、CFRPについてストレスラプチャー及び疲労特性データの取得を行った。その結果、ストレスラプチャーの強度低下は4万時間までの試験において低下せず、その低下はマトリックス材料の常温クリープによることが明らかとなった。また高強度CFRPの疲労特性は炭素繊維の疲労だけではなく、炭素繊維と樹脂の剥離に起因するものがあることも明らかとした。これらのデータは経済産業省のFRP製水素用貯槽の設計基準に関する調査研究委員会に提供を行った。

5.5 水素環境脆化簡便評価法の展開

極低温・高圧の水素ガス環境等の極限環境下における材料特性評価技術を検討し、材料特性データの簡易評価技術を開発し、その適用について検討を行い、適用範囲の拡大を図った。

5.6 長期使用水素関連機器の解体調査

本期間中において、使用が終了した水素・燃料電池実証プロジェクト(JHFC)・高松水素ステーション、日本エア・リキード(株)殿で製造し、太平洋液化水素(株)殿で使用された液体水素運送用タンクローリー、JHFC・君津液体水素製造設備、JHFC・有明水素ステーションの解体調査に協力し、前3者については報告書としてとりまとめて報告を行っている。いずれの設備も長期間の使用に伴う水素脆性は確認されていない。一方、水素中での使用を考慮した製造方法に関する注意点を提言として述べている。

5.7 データベースの構築、データの提供・協力

これまでに得られ、報告書に記載した各種データをデータベースとして活用すべく、キーワード検索等を行うことができるようなデータベースシステムを構築した。このシステムはウェブ等で一般公開も可能であるようなシステムとしてある。

6. おわりに

燃料電池実用化推進協議会(FCCJ)・平成20年7月4日プレスリリースによると、水素燃料電池自動車は2015年には本格的な普及開始期に入るとされている。これは、経済産業省が2010年6月3日に発表した「産業構造ビジョン2010」(産業構造審議会産業競争力部会報告書)においても明示されている。このため、現在この目標に向けて自動車業界、水素インフラ業界などの関連業界が競って開発を加速させているところである。燃料電池自動車をはじめ水素社会の構築と将来の発展のためには、高い信頼性、安全性、経済性等の観点から、使用可能な材料の更なる拡大、使用条件範囲の一層の明確化、新しい高機能・低コスト材料の開発等の研究開発が望まれるところである。

[参考文献]

- 1) 田村元紀, 柴田 浩司: 「45MPa 高圧水素ガス雰囲気下での金属材料の機械的特性評価」, 日本金属学会誌, 69(2005), 1039-1048
 - 2) 財団法人金属系材料研究開発センター: NEDO 燃料電池・水素技術開発成果報告会要旨集—水素技術開発— (平成 17 年度成果), (2006)
 - 3) 財団法人金属系材料研究開発センター: NEDO 平成 18 年度成果報告シンポジウム 口頭発表要旨集, (2007)
 - 4) 財団法人金属系材料研究開発センター、他: NEDO 燃料電池・水素技術開発プロジェクト平成 19 年度研究開発成果集, (2008)
 - 5) 財団法人金属系材料研究開発センター、他: NEDO 燃料電池・水素技術開発プロジェクト平成 19 年度成果報告シンポジウム 口頭発表要旨集, (2008)
 - 6) 財団法人金属系材料研究開発センター、他: NEDO 燃料電池・水素技術開発プロジェクト平成 20 年度研究開発成果集, (2009)
 - 7) 財団法人金属系材料研究開発センター、他: NEDO 燃料電池・水素技術開発プロジェクト平成 20 年度成果報告シンポジウム 口頭発表要旨集, (2009)
 - 8) 財団法人金属系材料研究開発センター、他: NEDO 燃料電池・水素技術開発プロジェクト平成 21 年度研究開発成果集, (2010)
 - 9) 財団法人金属系材料研究開発センター、他: NEDO 燃料電池・水素技術開発プロジェクト平成 21 年度成果報告シンポジウム 口頭発表要旨集, (2010)
 - 10) 独立行政法人新エネルギー・産業技術総合機構委託先: 財団法人エネルギー総合工学研究所: 「水素の有効利用ガイドブック」, (2008 年 3 月。分担執筆)
 - 11) 燃料電池実用化推進協議会 平成 20 年 7 月 4 日プレスリリース:
<http://www.fccj.jp/pdf/20080704sks1j.pdf>
 - 12) (財) エンジニアリング振興協会・WE-NET ウェブサイト:
http://www.ena.or.jp/WE-NET/contents_j.html
 - 13) 経済産業省「産業構造ビジョン 2010」(産業構造審議会産業競争力部会報告書):
<http://www.meti.go.jp/committee/summary/0004660/index.html#vision2010>
- *現(株)日鐵テクノリサーチ

お知らせ

■ JRCM 理事長の交代

7 月 14 日付で JRCM の理事長に岩城正和理事(新日本製鐵株式会社)が就任されました。

【人事異動】

○平成 22 年 6 月 30 日付け
日比 政昭

[旧] 鉄鋼材料研究部 部長
[新] 新日本製鐵株式会社

○平成 22 年 7 月 1 日付け
永井 和範

[旧] 新日本製鐵株式会社
[新] 鉄鋼材料研究部 部長

【新人紹介】

①出生地 ②生年月日 ③最終学歴
④職歴 ⑤仕事に対する期待
⑥趣味、特技、資格など

永井 和範 (ながい かずのり)



①鹿児島県日置市東市来町

② 1957.1.1

③東京工業大学理工学研究科機械物理工学専攻修士課程修了

④ 1981 年新日本製鐵入社、八幡製鉄所配属。1995 年から、技術開発本部 技術開発企画部と環境・プロセス研究開発センターで、技術企画、プロセス技術分野企画調整、エネルギー・環境リサイクル分野のプロセス設備開発等を担当。2007 年から 3 ヶ年間、NEDO に出向(省エネルギー技術開発を担当)。

⑤「産学人材育成パートナーシッププロジェクト」、「水素製造・輸送・貯蔵システム等技術開発」、「鉄鋼材料の革新的高強度・高機能化基盤研究開発」等を担当。

⑥趣味: 旅行(安い海外旅行(23ヶ国)他)。

■ 戦略的基盤技術高度化支援事業 応募テーマの採択について

平成 22 年度戦略的基盤技術高度化支援(通称サポイン)事業に JRCM から提案しました以下の 4 テーマが採択となりました。

- ・「マグネシウム新成形技術の開発」
- ・「微生物培養による窒素安定同位体元素で標識した有用化学物質の製造技術の開発」
- ・「金型 3 次元テクスチャリングレーザー加工技術の開発」
(以上関東経済産業局委託)
- ・「ガラス代替特殊機能樹脂板材の外形成形切断加工技術の開発」
(九州経済産業局委託)

これらのプロジェクトは 8 月からスタート予定です。

The Japan Research and Development Center for Metals

JRCM NEWS / 第 286 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 2010 年 8 月 1 日

発行人 小紫正樹

発行所 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