

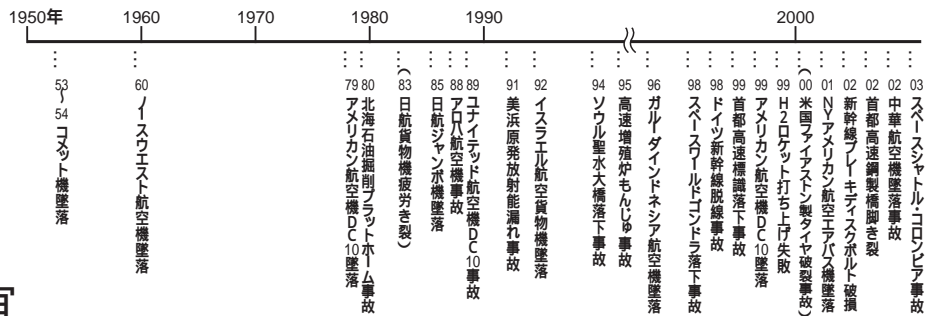
TODAY

巨事故の頻発と現代科学・技術



九州大学大学院 工学研究院
教授 村上敬宜

表 金属疲労による大事故



(金属疲労によるヘリコプターの事故は数えきれない)

上の表は、1950年代から2002年までの主な疲労破壊事故を並べたものである。近年特に巨事故が頻発しているのが目立つ。

多くの人たちは、科学技術が進歩したのに近年なぜ大事故が頻発するのかという疑問を抱いている。今年2月のNASAスペースシャトル・コロムビアの事故は独立事故調査委員会のハム飛行管理班長の「これまでのシャトルは戻ってきたのに、今回だけは違うなんてことはないわ」(朝日新聞2003年9月3日)という言葉が「運命を分けた」と言われている。

人間は機械、構造物やプラントが事故を起こさず運転されている間は、それらが永遠に無事に運転されると思い込む習性をもっている。一般の人がこの習性をもっているのは理解できる。しかし、世界の企業の経営者が一般の人と同じでは困る。残念ながらほとんどの企業の経営者の巨事故に対するリスク感覚は、一般の人と同レベルかむしろそれよりたちが悪い。事故を防止するために投資をした後、何も起こらなかつたらその投資を「無駄だ」と考えるからである。村上陽一郎氏¹⁾はこのような投資を無駄呼ばわりする傾向に対して警告を発している。菅原進一氏²⁾は同じことを別の視点から次のように述べている。

『分離・分析を本質にもつ近代科学のもとでは、「創成・成功」と「破壊・失敗」とは別世界として扱われ、後者はとかく忌み嫌われ忘却のかなたに押しやられる。その結果、安全の神話に代表される絶対安全が

好まれ、「災害は忘れたころにやってくる」ことになる』

破壊事故による経済的損失はどの程度になるのだろうか。米国とEUではすでに調査がなされており、詳細な報告が出版されている。経済的損失はGDPの約4%である。英国の研究者からわが国の調査について質問があったので、経済産業省に問い合わせたが残念ながらわが国ではこのような調査はなされていない。

このGDPの4%の経済的損失は失ったという感覚がないだけに、わが国では将来これを「取り戻す」あるいは「損失を出さない」という対策がとられることは期待できそうにない。近年はGDP1%の成長の確保が危ない状況である。一方で、おそらく日本でも米国とEUと同じレベル(4%)の損失を出し続けているのである。先の問い合わせをしてきた英国の研究者は「先進国ではこの種の調査はすでになされているものと考えていたが、日本がこのような調査をしていないことは大変意外である」とメールをよこした。

事故を予防するための費用は事故による損害の十分の一、百分の一あるいは千分の一か一万分の一で済むことは多くの事故解析の結果から明らかである。「最初から事故の可能性が明らかだったら、このような少額の手当は当然やっていた」という反論があろう。しかし、それは安全のため少額の投資を怠っているかあるいは価値が少ないとみる経営者の弁解にすぎない。同様な事故が繰り返し起こっていることからこのことは明白である。コストダウン、納期厳守などの非創造

的号令によってどれだけの危険、不完全が残されたままの製品が世に送り出されていることか。その結果がGDPの4%なのである。研究所の技術者がろくに研究をする時間もなく、事故やトラブルのしり拭いに振り回されている姿が目につく。これはもちろん経営者だけの責任ではない。技術者のレベルの問題でもあることは当然である。

巨大大事故が頻発している背景にはもう一つの問題がある。構造物が巨大化するということが部品あるいは要素の数が膨大であることを意味する。クルマ1台は約3万点の部品で構成されている。新幹線の車両1台も同じく約3万点である。ジャンボジェット機は約100万点の部品で構成されている。事故や故障が一つひとつの機械要素の品質によることは1970年代前後にフィーバーとなったシステム工学で論じられた。システム工学では膨大な数の部品の信頼性と経済性を評価関数

のパラメータとする。しかし、システム工学のフィーバーから30年経って材料や機械要素の品質が向上したにもかかわらず巨大大事故は増えるばかりである。なぜだろう。従来のシステム工学が見落としているものは何であろうか。

伝統的システム工学の手法だけでは事故を防止できないことは歴史が証明している。多くの事故の事例集を作成することで事故が防止できると考えるのはあまりにも単純である。同様な事故の完全防止も難しく、事例集にないものは対処のしようがない。これらに対し、九州大学大学院機械系部門では燃料電池システムの安全な統合を目指すことも併せて巨大大事故を防止するための技術を部門をあげて開発する研究を開始している。

— 文 献 —

- (1) 村上陽一郎, 安全学, 青土社, 1999年.
- (2) 菅原進一, 学術の動向, 2002年. 4, pp.80-81.

JRCM REPORT

水素安全利用等基盤技術開発 - 水素に関する共通基盤技術開発 - 水素用材料基礎物性の研究 (プロジェクト開始報告)

環境・プロセス研究部 田村元紀

1 はじめに

近年の燃料電池技術の急速進展を受け、経済産業省、国土交通省、環境省の副大臣によるプロジェクトチーム「日本発プロジェクトX：地球再生のためのエンジンを開発せよ」が、わが国における燃料電池の実用化、普及の加速のため、拡充・強化すべき施策をまとめた（平成14年10月）。また、内閣府及び関係省庁の局長等で構成される「燃料電池実用化に関する関係省庁連絡会議」が、燃料電池にかかわる規制の再点検に必要な実験データを平成15年度中に取得するとしている。実際に燃料電池を導入するに当たって、厳しすぎると思われる規制があり、燃料電池の実用化、普及促進にマイナスとなるものが散見された（表-1）。

さらに、経済産業省では、燃料電池の円滑な導入・普及を図るため、「固体高分子形燃料電池 / 水素エネルギー利用プログラム」のなかで、平成15年

表 - 1 燃料電池の実用化・普及に関連する規制の検討要望例

根拠法	項 目	所 管	
自動車	高压ガス保安法	水素燃料用容器の例示基準がなく、形式ごとの検査等が必要。	経済産業省
		外国の燃料電池自動車を日本に持ち込む際、車体から燃料容器を取り外して検査を行わなければならない。	
		水素燃料電池自動車用バルブの評価基準が厳しい。	
	道路運送車両法	燃料電池自動車の適合基準がなく、公道を走行するには大臣認定が必要。現在走行している燃料電池自動車は第三者に譲渡ができない。	国土交通省
道路法	水底トンネルの車両の通行の禁止、制限。	総務省	
消防法	地下駐車場の進入制限。		
水素インフラ	高压ガス保安法	高压水素充填作業が高压ガス製造行為に該当するため、保安物件(学校、病院、民家等)や火気取扱施設からの保安距離確保のため、用地の制限が大きい。	経済産業省
		移動式製造設備から車両への充填は、都道府県知事へ届け出た場所に限定されるため、燃料電池自動車の燃料切れ等緊急時の対応ができない。充填を行う敷地内に保安統括者等適格者が常駐する必要がある、管理コストが増加する。	
		水素漏れ感知対策については「水素スタンドにかかわる技術基準」は策定されていない。	
	建築基準法	水素貯蔵量の制限。 工業地域、工業専用地域以外での水素スタンドの建築制限。	国土交通省
道路法	燃料輸送車両(タンクローリー)や完成車両輸送(トレーラー)について、水底トンネル及びこれに類するトンネルの車両の通行の禁止、制限。	総務省	
消防法	水素スタンド等を設置する場合、給油取扱所(ガソリンスタンド等)との併設が不可能。 水素スタンド等において石油系燃料の燃料電池設備を利用する場合、燃料電池の燃料は危険物として指定数量の制限を受ける。		
定置用	電気事業法	固体高分子形燃料電池設備は現状自家用電気工作物扱いとなるため、保安規程の届け出と電気主任技術者の選任の義務が発生。	経済産業省
		固体高分子形燃料電池設備は、火力発電所なみに、窒素ガスで置換(窒素パージ)できる構造であり、設備を停止するための窒素ポンペを常備することが義務づけられている。	
	消防法	定置用燃料電池設備は、小型の家庭用であっても設置届けが必要。 定置用燃料電池設備は、小型の家庭用であっても建築物からの相当の離隔距離をとることが必要。 定置用燃料電池設備は、小型の家庭用であっても逆火防止装置の設置が必要。	総務省

から平成19年までの5年間にわたり、「水素安全利用等基盤技術開発事業」を実施し、水素の安全性にかかわるデータの取得に基づく安全技術の確立、水素の製造・輸送・貯蔵・充填等にかかわる技術の開発を実施するとした。

これらを受けて、新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）は、燃料電池の初期段階の普及が円滑に進むよう、「安全技術」と「実用化技術」に関する技術開発を立案した。

燃料電池自動車、定置用燃料電池の導入シナリオ（図-1）のなかでも、安全確保のため基盤データは、実証試験とともに規制再点検や標準化に重要であり、水素ステーション、車両関連機器、定置システムに共通した基盤技術として位置づけられている（図-2）。

本研究開発は、上記NEDOプロジェクトの「安全技術」に関し「水素に関する共通基盤技術開発」を対象として「水素用材料基礎物性の研究」を平成15年度からスタートするもので、その目的や内容について報告する。

2 研究開発の目的・目標・内容

燃料電池／水素エネルギー利用分野におけるわが国の産業競争力強化、中長期的なエネルギー基盤技術の確立、エネルギー安定供給確保等に資するとともに、エネルギーの使用に由来する温室効果ガスの排出削減や有害物質の抑制等環境問題の解決を目的とする。

特に、水素を安全に利用するための技術開発を行うとともに、安全性の確保を前提とした燃料電池にかかわる包

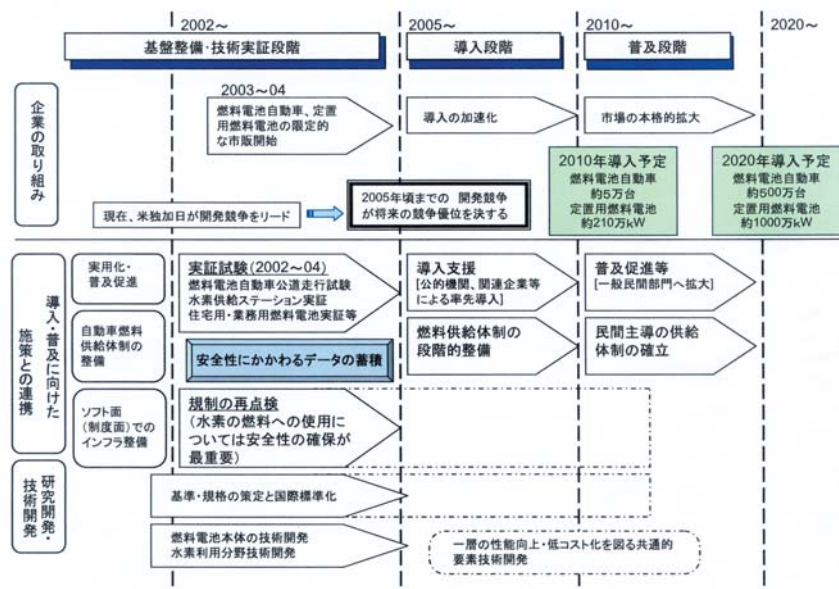


図 1 固体高分子形燃料電池 / 水素エネルギーの導入シナリオ

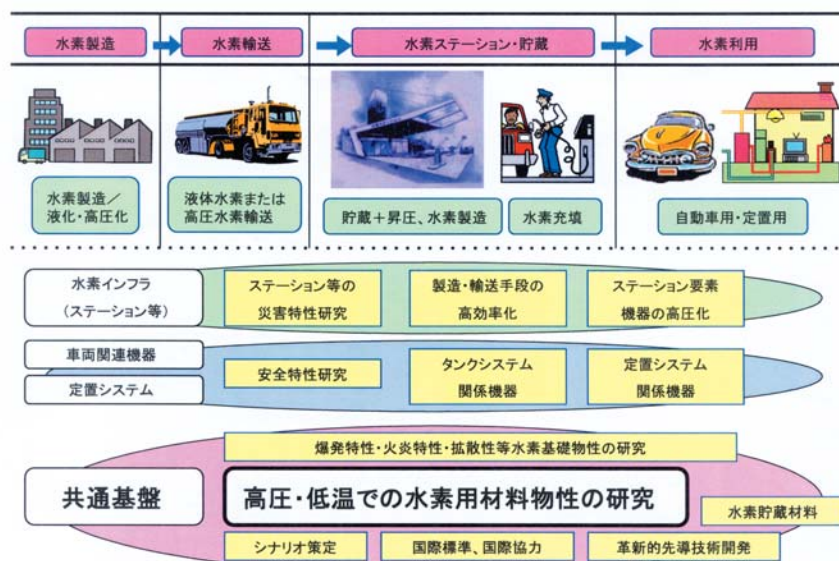


図 2 水素安全利用等基盤技術開発

括的な規制の再点検に資する各種の技術開発やデータの取得を行い、民間事業者等が主体となって行う技術基準案や例示基準案の作成等に確実につなげることを目標とする。

水素にかかわる共通的で基盤的な安全対策として、水素用材料の基礎物性の研究を行う。水素用設備材料の設計のため、その使用条件下での水素に対する耐久性等の基礎物性データを得る。特に高圧下や低温下での試験片等を使用した材料物性試験（引張試験、

疲労試験、遅れ割れ試験、疲労亀裂進展試験等）データを得る。

平成15～16年度は、35MPa級高圧水素での水素用機器に使用する材料の強度や疲労等の基礎物性データを優先的に取得し、燃料電池自動車搭載用容器、水素供給スタンド容器、配管、バルブ等個別の要素機器開発に提供、容器保安規則及び特性設備検査規則の技術的根拠とする。さらに、試験結果の評価に基づき現行材料・候補材料の適用可能範囲を提示する。具体的な研究開発

項目を以下に示す。

- (1) 高圧水素タンク用ライナー材の研究開発<アルミニウム合金、ステンレス鋼等>
- (2) 高圧水素配管の耐久性向上技術の開発<ステンレス鋼等>
- (3) 高圧水素蓄圧器用材料の研究開発<クロムモリブデン鋼等>
- (4) 高圧水素バルブ・継手用材料の研究開発<ステンレス鋼等>
- (5) 液体水素用構造材料の研究開発<ステンレス鋼等>
- (6) 水素用非金属材料の基礎物性に関する研究開発<FRP等>
- (7) 水素用材料物性調査及びデータベース化
- (8) 水素特性試験装置の開発及びそれを用いた水素用材料の基礎物性評価
- (9) 極低温ガス環境下での材料特性に関する研究
- (10) 水素スタンド構成金属材料評価
- (11) 水素用材料の疲労・トライボロジー特性研究

70MPa級水素ガス雰囲気下、-50~100の温度制御下で、各種材料の機械的性質が測定できる水素特性試験装置を導入し、基礎物性データを構築する。対象金属材料としては、A6061、SUS304L、SUS316、SUS316L、SUS316L加工材、クロムモリブデン鋼、SUS316L溶接部及び水素チャージ材を考えている。非金属材料としては、FRP材料やプラスチックライナー材料、エポキシ、ナイロン等を対象としている。基礎物性として、引張、破壊靱性、疲労、亀裂進展、遅れ破壊試験を計画している。

平成17~19年度は、得られたデータを、燃料電池自動車搭載用容器、水素供給スタンド用タンク、配管、バルブ等の要素機器開発に使用する材料の強度物性や疲労特性等の基礎物性データを拡充させる。また、さまざまな高圧水素環境で使用するうえで、より適し

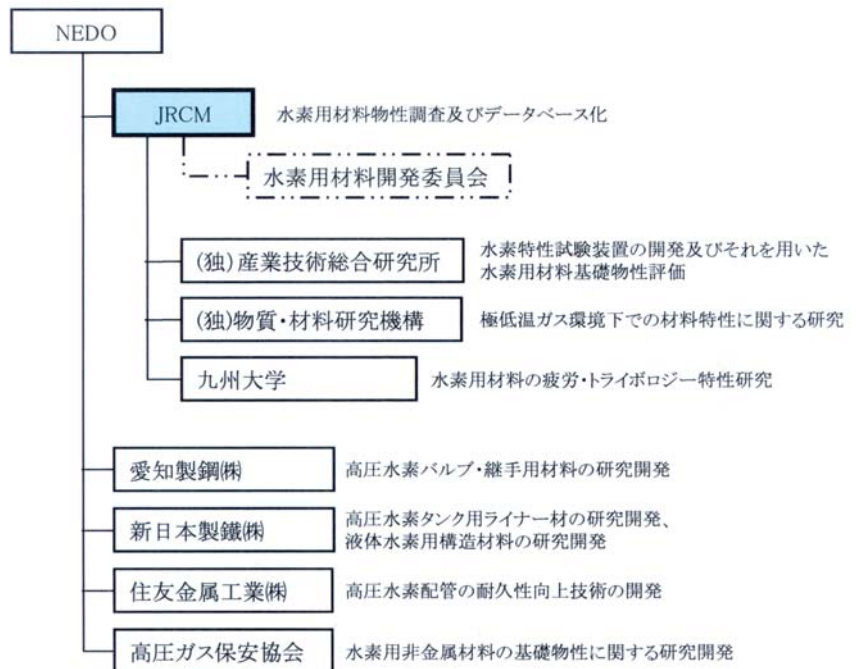


図 3 研究体制

た実用材料・技術を開発し、提示する。

3 研究開発の実施

研究開発にあたっては、愛知製鋼(株)、新日本製鐵(株)、住友金属工業(株)の各社、高圧ガス保安協会、及び独立行政法人産業技術総合研究所、独立行政法人物質・材料研究機構、九州大学と研究体をつくり、実施する。研究体制を図-3に示す。

東京大学の柴田教授を委員長とする「水素用材料開発委員会」、上記委託先研究者による「水素用材料基礎物性の研究ワーキンググループ」等を構成し、材料特性試験をはじめとした材料基礎物性に関し、相互情報交換を密にして技術レベルの維持・研鑽を行う。

車両関連機器、水素インフラ、定置システムにおけるさまざまな材料共通基盤課題を当研究体が受け止め、効率的に課題解決に取り組み提案できるように、対象材料をステンレス鋼、アルミニウム合金、クロムモリブデン鋼等の金属系と、カーボン繊維、プラスチック材料等の非金属系に分け研究開発を分担する。

4 おわりに

人類がこれまで使用してきた燃料の歴史を振り返ると、18世紀産業革命期の石炭に始まり、20世紀からの石油、天然ガスといった炭化水素燃料への依存であり、発生する地球温暖化ガスの地球環境への影響は避けられない。水素が主要なエネルギー・キャリアーになる水素エネルギー社会では、地球温暖化防止に効果的な点や、外国からのエネルギー資源依存度を低くすることで、わが国のエネルギー安全保障上優位になる点も指摘されている。

燃料電池と水素エネルギー利用技術は、現在の産業構造、エネルギー需給構造からわれわれの生活様式、社会システムに至るまで、根幹から変更を迫る可能性がある。そのマーケット規模としても、2020年頃には、日本国内で100兆円にも達するといった見方もある。130年前にはSFであった水素エネルギー社会(図-4)が、現在わが国が直面するエネルギー・環境分野の問題を解決する鍵となっている。また、わが国のみならず、米国や欧州におい

ても国家レベルのプロジェクトがスタートし、燃料電池の実用化研究が世界的に加速している。

このような情勢下、わが国の水素用材料に関する研究は、「水素利用国際クリーンエネルギーシステム技術(WE-NET) 研究開発」で培った液体水素及び低温水素ガス容器用の材料研究基盤をはじめとして、かねてより活発に行われてきた。これらを発展させた本研究開発「水素安全利用等基盤技術開発 - 水素に関する共通基盤技術開発 - 水素用材料基礎物性の研究」は、技術基準や例示基準作成のベースデータになるばかりでなく、安全確保にも重要な意味をもち、将来の水素利用技術の実用化に大きく貢献できるものと信じている。

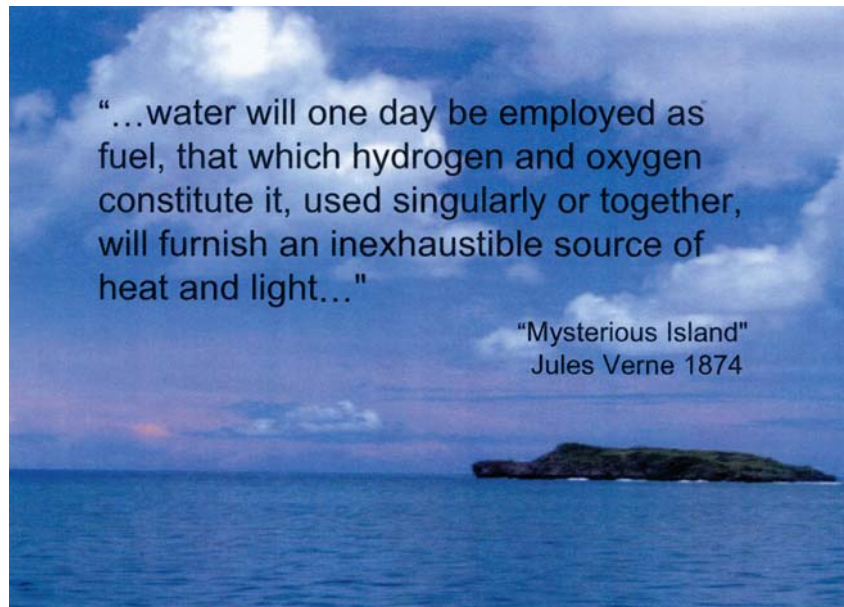


図 4 Mysterious Island / Jules Verne 1874 より引用

セミナー案内

日本金属学会関東支部講演会
「使える計算材料学
- 先端と展望 - 」

日本金属学会関東支部主催（JRCM
他協賛）で、下記のとおり講演会が開
催されます。

内容：最先端で活躍している方を講師
として迎え、材料の開発、加工、
利用のさまざまな局面を対象に
「使える計算材料学」の現状と
将来展望について講演を行う。

日時：平成15年12月5日（金）9:30～17:00

場所：JFEスチール（株）東京本社会議室
千代田区内幸町2-2-3

日比谷国際ビル内 受付25階

参加費：20,000円（テキスト代を含む）

定員：70名

申込締切日：11月21日（金）

問い合わせ先：日本金属学会関東支部
事務局 小澤

TEL/FAX：03-5734-3142

E-mail: hatumi@mtl.titech.ac.jp

The Japan Research and Development Center for Metals
JRCM NEWS / 第205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。
本誌は地球環境保全を考慮し再生紙を使用しています。
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 2003年11月1日
発行人 小島 彰
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
TEL (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