

水素環境材料試験技術

～引張、疲労、破壊じん性特性を
高圧水素、陰極水素チャージで評価～

▶なぜいまこれが？

カーボンニュートラルの実現に向けて、水素を主要なエネルギー源とする水素社会の到来が目前に迫っています。そのため、水素を運ぶための水素ラインパイプや、水素を貯蔵するための水素貯蔵タンク等の社会インフラの整備が今まさに進められようとしています。そして、高圧水素環境でも適用可能な材料の選定や開発も益々盛んになってきています。

▶これがポイント！

高圧水素環境下での材料特性を調査することは、材料の選定や開発を進める上で非常に重要です。表1に水素環境試験のラインアップを示します。当社では引張、疲労、き裂進展、破壊じん性、暴露の各種試験を実施しています。試験環境は高圧水素環境下での試験に加え、試験片の中心に穴をあけて高圧水素を封入した試験片を用いる中空試験

法や、水溶液中で試験片を分極し試験片に水素を侵入させながら試験をおこなう陰極水素チャージ法による試験を実施しています(図1)。

ここで、高圧水素環境下での各種試験は、大がかりな装置を必要とするものの高圧水素の影響を直接評価するという点において重要な試験となります。また、中空試験法は、高圧水素の影響を簡易的ではありますが直接評価できるという点において有効な方法です。一方、陰極チャージ試験法は、簡易に侵入水素量を調整できること、様々な試験に対応できることから水素の影響を

広く評価するのに適しています。

このように材料の水素影響を評価するには種々の方法があり、目的に応じた方法を適切に選ぶ必要があります。また、各種試験で材料に侵入する水素量は機器を用いて定量分析することもできます。水素の影響評価にご関心をお持ちの方は、ぜひお気軽にご相談ください。

▶お問い合わせ先

CN・インフラDivision 構造材料評価センター
木津 太郎

t-kizu@jfe-tec.co.jp

マテリアル評価・解析 Division 腐食評価・解析センター
大熊 隆次

r-ookuma@jfe-tec.co.jp

表1 水素環境材料試験のラインアップ

試験	試験ニーズ	高圧水素	中空	陰極チャージ
引張	SSRT*	基礎特性	○	○
疲労	高サイクル	基礎特性	○	○
	低サイクル	国内ラインパイプ	○	○
き裂進展	Jic	基礎特性	○	○
破壊じん性	Jic	海外ラインパイプ	○	○
	SENT**	パイプ円周溶接	○	○
ライジングロード	圧力容器	○	○	○
暴露	基礎特性	○	○	○

* SSRT：低歪速度引張試験技術 ** SENT：片側切欠引張（試験）

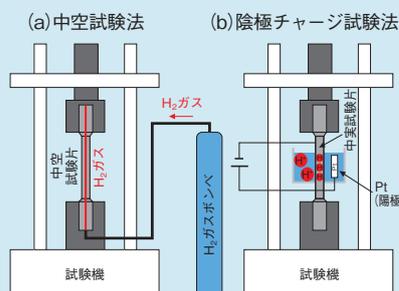


図1 試験法の概略図

カーボンニュートラル推進を支援する数値シミュレーション

～風力発電の信頼性向上に向けた
風車ブレードの空力応力解析～

▶なぜいまこれが？

風力発電の安定的な導入と普及には、設備の信頼性向上が欠かせません。日本では地形や気象などの自然特性により、風力発電設備には様々なトラブルが発生します。特に風車ブレードは、空力的影響と構造的応答が複雑に絡む重要部位であり、運転の制御や、トラブル原因の究明には、高精度な解析が求められます。

当社は、風車ブレードを対象とした数値流体力学 (CFD) による流体解析と有限要素法 (FEM) による構造解析の技術を有しています。

▶これがポイント！

ブレードの空力特性は、風車の設計、制御において重要なデータです。ブレード周囲には複雑な3次元流れが形成され、空力特性はその流れ場に大きく依存します。そこで当社は、空力特性評価に3

次元CFD解析(図1)を提案します。実機に近い流れ場を再現することで、ブレード表面の圧力分布を高精度に計算し、スラスト荷重やトルクを推定できます。大規模計算も可能であり、高レイノルズ数流れとなる大型風車を扱うことができます。このような解析は、リスク検証や運転制御などの基礎データ取得に活用いただけます。

風車ブレードは、風荷重で変形し、その変形が空力特性に影響を与える相互作用を持ちます。このような時間的に変化する空力と構造の連成挙動の評価には、空力弾性解析(図2)が有効です。翼断面毎の空力特性と梁要素で簡略化した構造モデルにより、幅広い条件に対す

る風車応答を検証できます。また、詳細な構造評価として、空力弾性解析による時刻歴荷重を反映した応力解析(図3)が可能です。応力分布や変形量を高精度に計算することで、応力集中部位の特定や疲労破壊リスクの検討が可能です。これらの解析は、トラブル原因特定、保守計画立案に有用と考えられます。

当社は、お客様のカーボンニュートラル推進を数値シミュレーションで支援します。ぜひお気軽にご相談ください。

▶お問い合わせ先

DX Division CAEセンター
佐藤 宣寿

n-sato@jfe-tec.co.jp

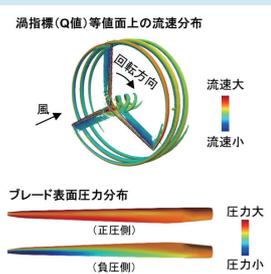


図1 CFDによる風車ブレード周囲の流れ解析

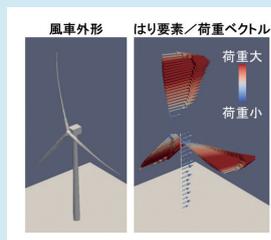


図2 風車の空力弾性解析

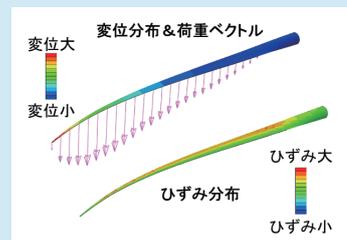


図3 ブレードの応力解析 (変形・ひずみ分布の可視化)

カーボンニュートラルの開発を支える高温反応試験

～ JFE-TECの試験ラインアップ～

▶なぜいまこれが？

近年、脱炭素社会の実現に向けて、水素、アンモニア、バイオマスなどのグリーンエネルギーが注目されています。これらの燃料は、高温や腐食など、過酷な環境下で使用されるケースが多く、新たな材料やプロセスの開発が不可欠です。また、燃料や各種化学製品の合成、バイオマス原料の利活用、水素製造、メタンやアンモニア合成など幅広い分野で触媒が使われていますが、より高性能な触媒の開発、実証試験の取り組みも行われています。これらの新材料、プロセスや触媒反応の有効性・実用性を検証するためには、実際のプロセスに近い条件で試験を行うことが重要です。

▶これがポイント！

当社は、鉄鋼プロセスや環境エンジニアリング分野において、高温反応試験を通じた素材・触媒評価の豊富な実績を有しています。この経験を活かし、管状加熱炉（図1）や箱型加熱炉を用いて、実

プロセスを模擬した特性評価試験を実施しています。表1に当社の試験ラインアップを示します。アンモニア、メタン、水素などの各種ガスを用い、酸化・還元反応、固体燃焼、熱分解や触媒反応の試験を、幅広い条件で行うことができます。さらに、排ガスや生成物の分析も可能です。加えて、加熱炉を多数保有しているため、連続100時間を超える試験にも対応可能です。加熱については独自の工夫を行っており、特殊ガスを含む高濃度・大流量水蒸気雰囲気での加熱技術や図2に示す傾斜加熱技術を開発しました。傾斜加熱では炉内に400℃程度の勾配をつける技術で、長尺試験材の温度分布制御や複数の小試験片を同一加熱タイミングで異なる温度条件に設定することが可能です。その上、お客様の目的に応じ

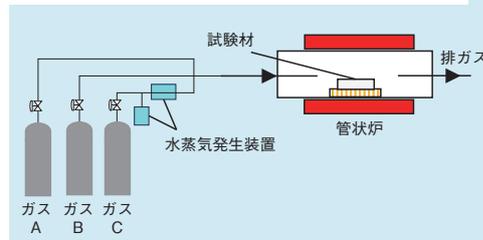


図1 横型管状炉による試験装置構成例

た試験装置の設計・製作も行っています。高温反応試験、固体燃焼試験、触媒活性評価などの実施をお考えの際には、ぜひお気軽にご相談ください。

▶お問い合わせ先

CN・インフラDivision 設備プロセス技術センター
上岡 悟史
s-ueoka@jfe-tec.co.jp

表1 高温試験のラインアップ

項目	
ガス種	一般ガス：Air, 水蒸気, CO ₂ , N ₂ 等 特殊種ガス：H ₂ , CO, NH ₃ 等 ～100% 腐食ガス：NO _x , SO ₂ , HCl 等 ～1%
加熱条件	～1600℃
加熱炉サイズ	管状炉：Max φ80mm × 均熱帯250mm 箱型炉：250mm × 250mm × 250mm
分析	排ガス分析（GC-TCD/FID 他） 状態観察（観察窓付の炉を保有） 重量変化（TG）
試験例	金属素材の酸化還元反応、窒化など 固体燃料の燃焼（石炭など） 触媒反応 過熱水蒸気による熱分解反応 長時間試験（連続100hr以上）

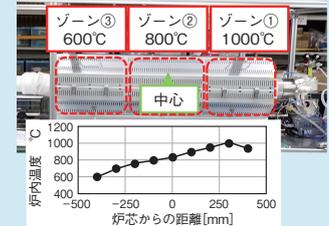


図2 ゾーン分割による傾斜加熱時の温度分布例

液体アンモニア中の応力腐食割れおよび腐食挙動評価試験

▶なぜいまこれが？

燃料としてのアンモニアは、燃焼時に二酸化炭素を排出しないという、既存の発電設備での混焼が可能であることから、移行期から次世代にかけてのエネルギーキャリアとして有望視されています。今後の需要拡大に対しては、アンモニアの製造、輸送、貯蔵、利用というサプライチェーン全体の構築が急務です。

一方、液体アンモニアを扱うタンクや配管などのインフラ設備においては、使用材料のアンモニア中における耐食性や材料特性への影響を評価して健全性を示すことが喫緊の課題です。そのため、液体アンモニア中での耐食性評価試験のニーズが高まっており、信頼性の高い試験データに基づいた材料適合性の確認が求められています。

▶これがポイント！

液体アンモニア中での耐食性評価試

験について、写真1に試験装置の外観を、表1に試験設備の仕様を示します。本試験設備では、応力腐食割れ(SCC)試験、電気化学測定、浸漬試験などを実施できます。4点曲げSCC試験では、結果に影響をおよぼす不純物の種類や添加量を変化させるとともに、電位を印加して腐食反応を制御します。電気化学測定では、分極試験やインピーダンス測定等が可能です。液体アンモニア中での腐食挙動を把握することができます。

お客様からご提供いただいた試験片を評価するだけでなく、割れの起点となりやすい溶接熱影響部を模擬・再現した評価や、さらに材料試作(素材溶製、圧延、熱処理)から機械特性評価までを含めた材料一貫評価により、材料開発ニーズにも対応できます。試験後の試験片については、割れの有無の確認する外観観察だけでなく、断面観察、物理解析評価、各種分析等も実施可能です。お客様のご要望に柔軟に対応させていただきますので、ぜひお気軽にご相談

ください。

▶お問い合わせ先

モビリティ Division 福山技術センター
猪原 康人
y-inohara@jfe-tec.co.jp



写真1 液体アンモニア環境材料試験装置

表1 試験設備仕様

試験セル容量	3L
試験温度	-35～50℃
試験圧力	大気圧～2.0MPa
添加物	CO ₂ , H ₂ O, N ₂ , Air (O ₂)
試験項目	SCC試験、電気化学測定、浸漬試験

グリーン水素製造に貢献 する水電解評価技術

▶なぜいまこれが？

自然エネルギー（太陽光・風力など）由来の電力を活用した水素製造技術（水電解）は、カーボンニュートラル達成に向けた重要技術です。自然エネルギーは出力変動が大きいと、変動耐性に優れた固体高分子膜を用いた水電解が主流となっています。水電解には、プロトン交換膜（PEM）方式とアニオン交換膜（AEM）方式の2種類があり、いずれも「セル」と呼ばれる電解ユニットで性能評価を行います（図1）。本技術はまだ新しく、評価方法の標準化が進んでいないため、独自の評価技術が求められています。

▶これがポイント！

セルは、膜、触媒、拡散層、セパレータなどで構成され、評価は主に以下の3点に分類されます。(1)初期電解性能（触媒性能に起因する電解効率など）、(2)長

期耐久性（電解性能の長期評価、長期連続評価など）、(3)使用部材の性能・耐久性、です。当社ではPEM・AEM両方式に対応した評価設備を保有し、AEM水電解の連続評価装置を独自開発、複数台運用しています。写真1に、評価試験装置例を示します。お客様ご支給セルだけでなく、当社の保有の様々なタイプのセルを貸与しての試験も対応しております。

部材評価では標準化された評価技術から当社が独自で開発した評価技術まで、多数の評価メニューを取り揃えています。一例を紹介すると、①物理解析技術により触媒粒子の分布や粒径の統計解析に利用できる3D解析技術、②固体高分子膜の電解液中環境における機械的特性、突き刺し強度等を計測

する技術、③拡散層の水・ガス透過性評価技術、④セパレータ、拡散層に代表される金属部材の耐食性・耐久性を電気化学・分析技術により評価する方法、などです。固体高分子膜への触媒塗布、先に紹介したセル等の初期性能から長期性能までを一貫して評価できる体制を整えております。また加えてセル製作や部材試作等の相談にも応じます。ぜひお気軽にご相談ください。

▶お問い合わせ先

マテリアル評価・解析Division 腐食評価・解析センター
村瀬 正次
m-murase@jfe-tec.co.jp

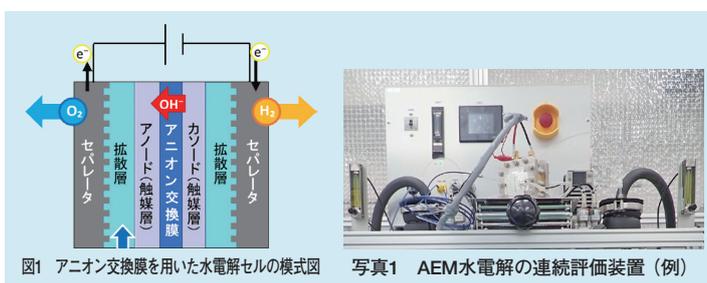


図1 アニオン交換膜を用いた水電解セルの模式図



写真1 AEM水電解の連続評価装置（例）

液化水素温度における 極低温材料試験技術

～世界初となる液化水素温度での大型広幅引張試験～

▶なぜいまこれが？

カーボンニュートラル実現のために水素の活用が検討されています。水素は液化水素として船舶で大量に輸送できますが、発電所などの需要地に経済的に供給するためには、大型貯蔵タンクが必要となります。

貯蔵タンク内は液化水素温度（-253℃、20K）の極低温環境であるため、材料には高い破壊じん性を有することが求められます。破壊に対する健全性を評価するためには、各種材料試験（引張試験、シャルピー衝撃試験、破壊じん性試験等）に加え、最終的には大型試験による安全性の確認が必要になります。

▶これがポイント！

当社は世界最大級の80MN大型引張試験機を活用し（写真1）、試験機内の評価

材料を液化水素温度以下に冷却・保持して破壊試験を実施できるシステムを、東京大学、鈴木商館、JFEスチールと共同開発しました。試験片に冷却装置を密着させ、装置内を循環する冷媒との熱交換で冷却します（図1）。

試験は、オーステナイト系ステンレス鋼溶接継手の溶接金属中央部に切欠き（人工欠陥）を導入した広幅引張試験片を用いて、荷重の負荷および除荷を試験体が破断するまで繰り返し行う除荷コンプライアンス法を適用しました。液化水素温度での大型広幅引張試験に世界で初めて成功しています。オーステナイト系ステンレス鋼に限らず、その他の各種材料についても試験が可能です。

小型じん性試験としては、シャルピー衝撃試験の実施が可能です。容量500～800Jで、極低温環境下で高じん性を示す材料でも吸収エネルギーの測定が可能です（なお、大型試験およびシャルピー衝撃試験では、安全面を考慮して液体ヘリウ

ム：-269℃を冷媒として使用しています）。

その他各種小型試験（引張試験、破壊じん性試験、疲労試験）に関しても液化水素温度での試験技術に対応可能です。ぜひお気軽にご相談ください。

▶お問い合わせ先

マテリアル評価・解析Division 接合評価・解析センター
宮本 恒、半田 恒久
h-miyamoto@jfe-tec.co.jp、t-handa@jfe-tec.co.jp



写真1 80MN大型引張試験機

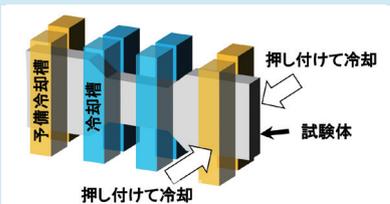


図1 大型試験の冷却イメージ

◆このパンフレットの送付中止、宛名変更は jfetcsalesmarketing@jfe-tec.co.jp へご連絡ください

JFE-TEC News <2026>

No.84

2026年2月発行

発行人／中田 直樹

発行所／JFEテクノリサーチ株式会社 営業総括部

〒100-0004 東京都千代田区大手町一丁目6番1号 大手町ビル4階

☎0120-643-777

