

水素環境における材料試験の取組み

株式会社 神戸工業試験場

背景

当社の事業は、主に金属材料・高分子材料などの試験片加工や材料試験を行っており、対応分野は自動車やエネルギー、航空機など多岐にわたっている。近年、原子力エネルギーは脱原発へ、化石燃料エネルギーは、脱炭素へと社会情勢が変化しつつある。一方、水素エネルギーがクリーンなエネルギーとして注目されている。水素エネルギーが普及するためには、問題点がいくつかあげられるが、その中で、水素脆化という現象が挙げられる。メカニズムは複雑で割愛するが、水素脆化とは、機械的性質（引張強さ、耐力、伸び、絞り）が水素によって低下する現象である。また、水素は高圧力域まで昇圧してエネルギーとして利用しているため、この環境下も考慮する必要がある。製品設計は、機械的性質をもとに計算されるが、この機械的性質が水素によって低下すると、水素の影響を受けた機械的性質が必要となり、その環境中の材料評価試験が非常に重要であることがわかる。しかしながら、この材料評価で用いる高圧水素環境下の材料試験装置は維持費も含めて非常に高価である。また、材料評価受託機関も国内外問わず、絶対的に不足している。そこで、当社は緒形ら^①が提案している水素ガスを中空試験片の内部に封入し材料試験を行う方法を採用し、それを実施可能とした。この方法は、当社が多数所有している既存装置で実施できるメリットがあり、水素環境中における材料のスクリーニング評価試験で有効と考える。

実験方法

水素脆化感受性の評価方法として、SSRT(Slow Strain Rate Testing)を採用した。変位速度が、通常の引張試験に比べて非常に低速度となっており、水素の影響が出やすいと言われている。変位速度は0.002mm/sである。試験温度は室温とし、水素ガス導入前に真空ポンプによる真空引きも実施した。水素圧力はボンベ圧(約10MPa)とした。水素の影響を見るために、窒素ガス中での実験も行った。

実験結果

図1に、本実験で得られたSUS304材の応力ひずみ線図を示す。赤い線は水素中を示しており、灰色の線は窒素中の結果を示す。水素によって、伸びと引張強さが低下していることがわかる。水色の線は、SSRT試験中の水素ガス圧力を示しており、試験中にガス漏れがないことを示している。また、絞りの値は39%であった。これから得られる相対絞りRRAは0.55となり、緒形らの実験値^①とほぼ同様な値であった。

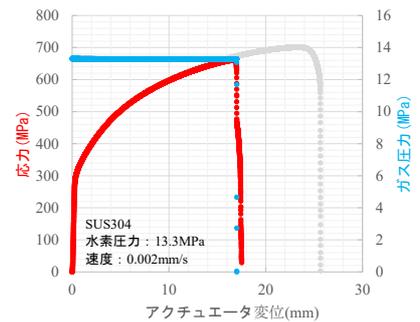


図1 応力ひずみ線図

結論

内圧式(室温・ボンベ圧)のSSRTを用いることで、水素脆化の評価が可能である。

今後の取組み

顧客ニーズに応えるべく、試験環境の対応幅を広げるために、圧力と温度は、高圧化と高温化・低温化を目指して取組み中である。

その他の水素環境中の試験技術

当社の既存技術を生かしたものとして、ミニチュア試験片を用いた高圧水素ガス中材料試験機を開発中である。対応する試験品目は、SSRT、疲労き裂進展試験、破壊靱性試験を予定している。装置の特徴として、ミニチュア試験片を用いることで高圧容器の小型化が可能であり、この容器のベースは別用途で既に開発済みで、それに改造を加えることで当該試験を可能とする。また、既存装置に装着可能であり、水素が少量で済むこと(安全性の確保)や導入・維持コスト(特定設備に非該当)が安価となることで、前出の高価試験装置と比べると、試験費用を抑えられる要素となることもメリットである。

試験機の外観



試験機の構造 (左：外部、右：内部)

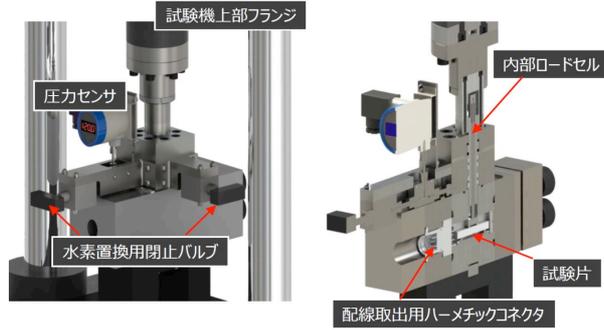


図2 当社開発中のミニチュア試験片による高圧水素環境中試験装置

水素チャージ：陰極チャージと浸漬チャージ(例, 塩酸やチオシアン酸ナトリウム水液等)は, 実施可能である。

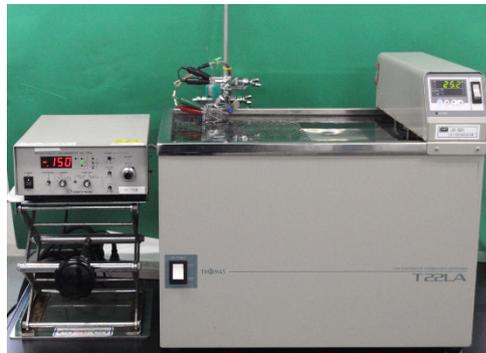


図3 陰極チャージの状況写真

水素量分析：水素チャージ後の鋼中の水素量評価を迅速に行えるようにするために、ガスクロマトグラフ・質量分析計 (GC-MS) を用いた水素量分析が可能。九州大学とクロスチェック済。



<仕様>

- 試験片寸法例：φ5mm×t2mm
- 測定温度範囲：RT～800℃
- 昇温速度：100℃/Hr
- 測定雰囲気：ヘリウム（大気圧）
- 測定 m/z：2

図4 分析装置の外観と仕様

参考文献

(1)緒形 俊夫, 試験片内の高圧水素環境による水素脆化評価方法の検証,日本金属学会誌, 2008 年 72 巻 2 号 p.125-131

高圧水素試験および極低温試験

株式会社コベルコ科研

はじめに

地球温暖化対策として温室効果ガスの排出を全体としてゼロにする取り組みの中で水素は重要分野の1つとして、製造、輸送・貯蔵、利用においてインフラ整備、研究開発、実証試験等が進められている。水素は、金属材料中に侵入し材料特性を劣化させる懸念があり、水素ガスに曝される水素利用機器は安全性確保のため使用材料の水素適合性評価が実施されている。当社では水素ガス環境、あるいは液体水素環境で使用される材料評価を行っている。その中の高圧水素ガス環境下材料試験や中空試験片を用いた簡便な高圧水素材料試験、液体水素環境を模擬した液体ヘリウム中での極低温材料試験を紹介する。

1. 水素ガス環境で使用される材料の評価技術

(1) 国内の高圧水素機器に関する基準と海外規格

高圧水素ガス環境における材料の使用基準、試験方法は、国内、海外の規格で定められている。国内の高圧水素機器に関する規定は、高圧ガス保安協会が定めた KHK S0220 であり、圧縮水素スタンド用設備用材料やその水素適合性評価、設計に関する基準が規定されている。海外規格では ASME BPVC SECTION VIII DIVISION 3 ARTICLE KD-10 で高圧水素容器、SAE J2579 では燃料電池自動車用高圧水素タンク用材料の水素適合性試験が明記されている。¹⁾²⁾主に材料の水素適合性の評価として高圧水素ガス中低ひずみ速度引張試験 (SSRT) が行われており、高圧水素容器、パイプライン、溶接材料の評価では、疲労き裂進展試験、破壊靱性試験 (水素誘起割れの下限界応力拡大係数 K_{IH} 試験) も行われている。

(2) 高圧水素ガス環境中材料強度評価

圧力容器内で材料試験を行う高圧水素ガス環境下材料試験装置の外観と主な仕様を図1、表1に示す。圧力容器内を高圧の水素ガス雰囲気にし、容器を貫通したプルロッドにより試験片へ荷重を負荷し材料試験を行う。荷重の測定は圧力容器内にあるロードセルで測定し、SSRT、疲労試験、疲労き裂進展、破壊靱性試験などに対応可能である。市販の SUS304 を圧力 105MPa、温度 -80°C で水素ガスおよびヘリウムガス中で SSRT を行った事例を図2に示す。SUS304 は塑性変形することで加工誘起マルテンサイト変態が生じるため、水素脆化感受性が上がり、ヘリウムガス中の最大荷重点を超えることなく破断している。



図1 高圧水素ガス材料試験装置

表1 高圧水素ガス材料試験装置の仕様

最高圧力	140MPa
温度範囲	-80 ~ 90°C
容器内寸法	φ150 × L720mm
容器内寸法	ASME SA 638 (SUH660)
試験ガス種	水素、アルゴン、窒素、ヘリウム
温度制御方法	冷熱媒式超低温・高温冷熱媒循環 (低温側 -100°C, 高温側 +100°C)
試験機荷重	最大荷重 ±100kN
周波数	0.01 ~ 1Hz
ひずみ速度	丸棒平滑試験片: 10 ⁻⁵ /s
対応可能試験	引張試験 (SSRT [※] 含む) 高サイクル疲労試験 低サイクル疲労試験 疲労き裂進展試験 破壊靱性試験 プログラミング試験

※SSRT: Slow Strain Rate Test (低ひずみ速度引張試験)

(3) 中空試験片を用いた簡便な水素環境中材料強度評価

圧力容器を使用しない評価方法として、高圧水素ガス環境を模擬した中空試験片による材料強度評価を紹介する。特徴は図3に示すように、試験片の中央にあけたφ1mmの穴に水素ガスを充填し、試験片内部を水素ガス環境にした状態で、SSRTや疲労試験を行うものであり、高圧水素ガスの影響を評価するスクリーニング法として使用されている。図4に中空試験片を用いた材料強度試験の模式図を示す。試験片内部を水素ガス環境にするため圧力容器が不要であり、既存の試験機と冷却槽などを組み合わせることで低温環境を短時間に調整できるなど、水素ガス中を模擬した材料試験を簡便に行うことができる。

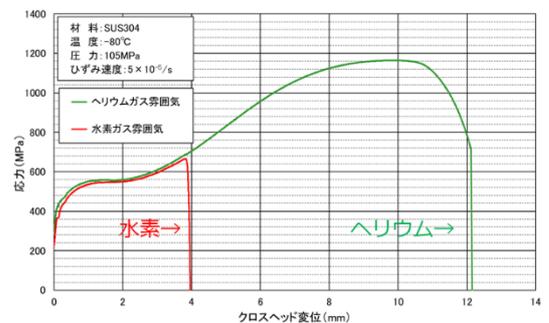


図2 水素ガスおよびヘリウムガス中 SSRT 結果

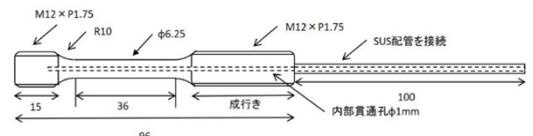


図3 中空試験片形状

当社では、圧力 100MPa、温度範囲は低温側：-80℃～室温、高温側：100℃～250℃の水素ガス中 SSRT、疲労試験を行うことが可能である。試験機の荷重容量 50kN、周波数 10Hz であり、高圧水素ガス環境下材料試験装置より高周波数で疲労試験を行え、短時間での評価が可能となる。市販の SUS304 で中空試験片を用いて水素ガス中とヘリウムガス中で SSRT を行った例を図 5 に示す。水素ガス中では、ヘリウムガス中の最大荷重点に達する前に破断しており、図 2 に示した高圧水素ガス中と同様の結果が得られている。現在、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）事業において、高圧水素ガス環境中との評価結果の整合性が検討されている。

2. 極低温環境下での材料強度評価

水素を輸送・貯蔵するには液体状態の水素を利用する必要があり、液体水素温度（-253℃）下での材料の適合性を担保しておく必要がある。この要望に対し、当社では、液体ヘリウム中での極低温材料試験を提供している（図 6）。

液体ヘリウムでの試験は、絶対温度 4K（-269℃）という極低温での試験になる。均一な試験温度を実現するため、熱の流入を可能な限り小さくする工夫をしたクライオスタット内でするとともに、試験片を液体ヘリウムに浸漬させた状態で試験を行っている。また、一度 4K に冷却したらクライオスタットを開放させることなく、同時に 10 本の試験ができるターレットディスク方式の特殊機構も備えている（図 7）。

対応可能な材料試験は、静的試験、破壊靱性試験、疲労試験、疲労亀裂進展試験で、金属材料だけでなく、樹脂・断熱材・コンクリートなどの適用実績もある。また、治具構造の工夫により、圧縮試験や 3 点曲げ試験なども可能である。更に、試験片形状だけでなく実機に合わせた形状での試験など、お客様のニーズに合わせた最適な試験方法を提案している。

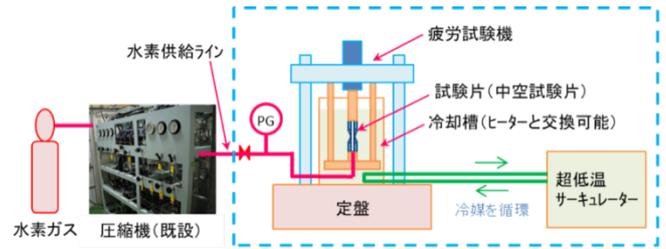


図 4 中空試験片による材料強度試験状況模式図

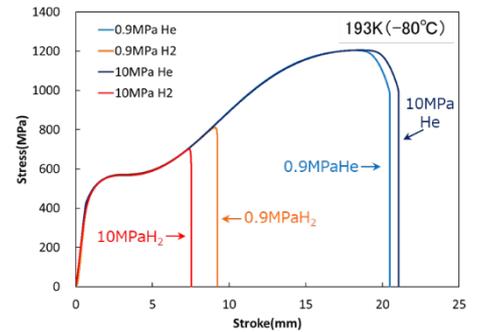


図 5 中空試験片での SSRT 評価例



図 6 極低温材料試験装置

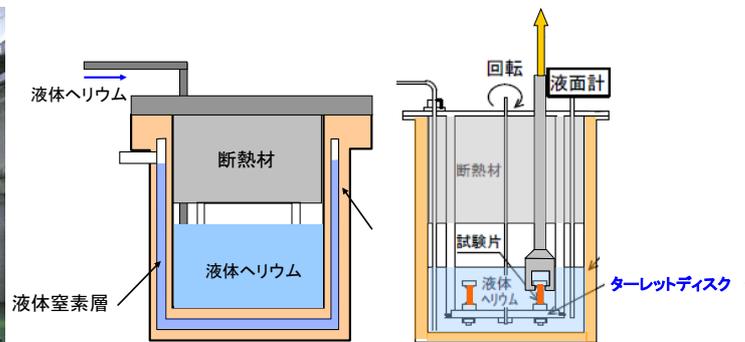


図 7 極低温材料試験機の工夫

文献

- 1)高圧ガス保安協会:KHKS 0220 (2020) ,超高压ガス設備に関する基準,(2020)
- 2)2019 ASME BPVC SECTION VIII -Division3,Article KD-10, SPECIAL REQUIREMENTS FOR VESSELS IN HYDROGEN SERVICE,(2019)
- 3)SAE International:SAE J2579 JUN2018, Standard for Fuel Systems in Fuel Cell and Other Hydrogen Vehicles,(2020)

高圧水素ガス中での材料評価

日鉄テクノロジー株式会社

1. はじめに

水素ガスに材料が曝されると材料特性が低下する危険性がある。水素脆化と呼ばれる現象である。安心・安全な水素社会の構築には水素ガス中での材料評価が必要である。当社は高圧水素ガス中、高温水素ガス中、液体水素中における材料の評価技術を有している。図 1 に当社が対応可能な圧力、温度の範囲を示す。当社では 140MPa の高圧水素ガス中だけでなく、極低温の液体水素、高温 800°C の水素ガス中での試験が可能である。

本報では高圧水素ガス中での評価技術を紹介する。

2. 評価技術

高圧水素ガス中での評価法は、外圧式と内圧式に分けることができる。外圧式は試験片外面を水素に曝して試験する方法に対して、内圧式はタンクなど試験体内面を水素に曝す試験である。外圧式は試験片での試験が多く、実部品に組み立てる前の材料自体の評価に、内圧式はタンクやバルブなど既に実部品に組み立てられた状態での評価に多く用いられる。

図 2 に外圧式の高圧水素ガス中での評価に用いられる引張試験機の模式図と外観を示す。圧力容器内に試験片をセットし、水素ボンベから導入した水素ガスを圧縮機で高圧充填した後、引張試験を行う装置である。高圧水素ガス中での引張試験では、材料の水素脆性感受性を調べることが出来る。図 3 に相対伸びと Ni 量の関係を示す。室温、75 MPa 水素ガス中では、Ni 量が SUS316L まで増加すると水素脆化は抑制されるが、Alloy690 を超えると促進されていた。

図 4 に内圧式の高圧水素ガス中での評価設備を示す。周囲をコンクリート壁で囲まれた室内（縦 7.4×横 4.2 m）に、試験体収納容器（φ300×800 mm）、140MPa 昇圧器を設置している。タンク、バルブ、配管などの気密試験、バルブの作動耐久試験が可能である。図 5 に室温において、内容積 1cc の試験体に、1 分間あたり 5~6 回の頻度で、0 MPa ⇄ 87.5 MPa の圧力サイクルを付与した実施例を示す。同様の圧力サイクル試験は、-70°C でも可能である。

3. まとめ

当社は、水素関連だけでなく、材料解析全般、計測、環境、省エネなど幅広く専門家が対応できる総合的な試験分析会社である。水素ガスに直接的に関係する材料の評価技術だけでなく、製品設計に必要な応力解析や、破損時の原因調査、拡散性水素分析など水素ガスに間接的に関係する技術も有している。水素ガスでお困りの際は、ワンストップで対応致します。 <https://www.nstec.nipponsteel.com/>

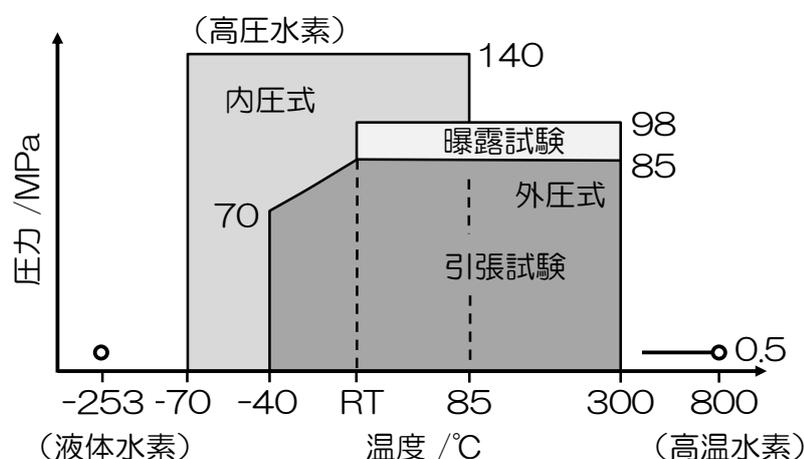


図 1 水素ガス中で当社が評価可能な圧力と温度の範囲

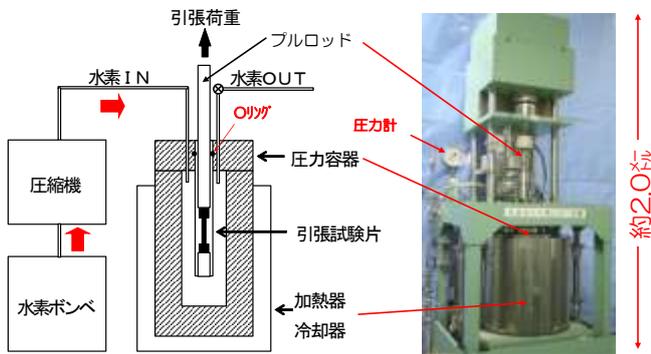


図2 外圧式/引張試験機の模式図、外観

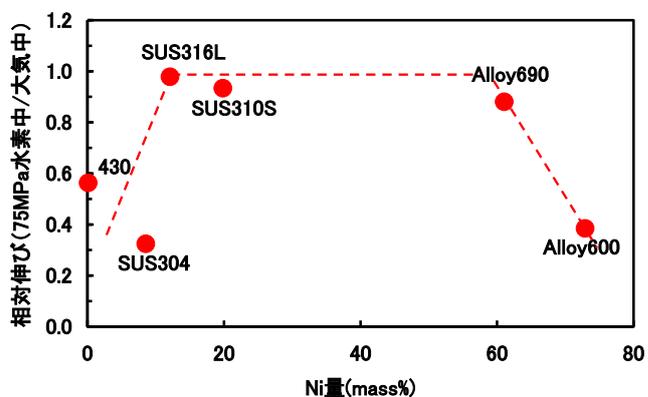


図3 相対伸びとNi量の関係



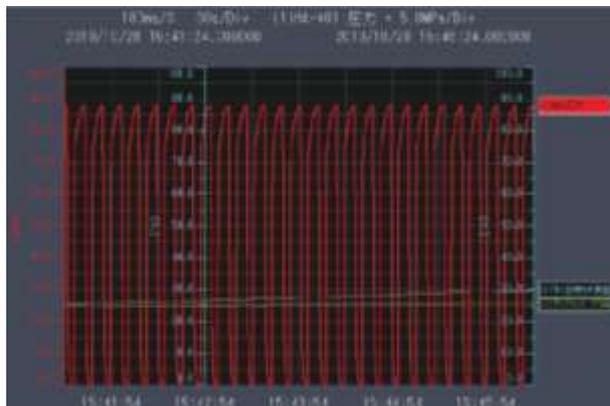
(1) 高圧水素試験設備全景



(2) 試験体収納容器



(3) 140MPa 昇圧器



温度：室温 圧力条件：0MPa⇔87.5MPa

図4 内圧式/高圧水素ガス試験設備

図5 圧力サイクル試験の実施例

HALT 概要とプリント基板評価事例

エスペック株式会社

1. 背景

HALT (Highly Accelerated Limit Test) は、低温、高温、6 自由度の繰り返し衝撃による振動およびそれらを組み合わせた基本的な 5 つのステップで構成された試験を行うことで、短期間で製品の潜在的な弱点を顕在化させ品質を向上させることを目的としている。1), 2) HALT を活用した事例は信頼性試験と比較すると少なく、弱点検出効果について定量的に評価された事例はさらに少ない。本報告では HALT の特徴の一つである 6 自由度振動 (図 1) に着目し、振動ストレスにおける故障の関係を実験から弱点検出効果について検証し、有効性の確認として複合ストレスによる故障検出も実施した。

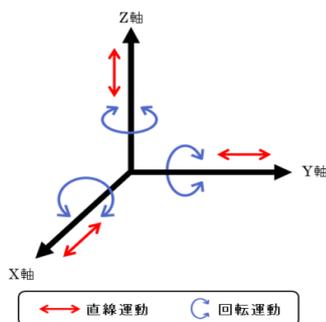


図 1. 6 自由度振動の概念

2. 評価

2.1 試験方法

試験は振動ステップと複合ステップ試験を実施した。試験中の故障検出については、各コンデンサーの電圧をモニターし交流電圧 5V 印加時の初期値に対し 1%低下した際を故障とし判定した。

2.2 供試品

供試品は、コンデンサーの種類や実装条件を変えることでストレスの影響度を比較できるようにアルミ電解コンデンサーを異なる条件で実装した基板を準備。実装条件は表 1 に示す 3 つの因子に分け、実験計画法に基づき計 9 種類の条件とした。

表 1. コンデンサーの種類と実装条件

番号	部品大きさD	リード長さL	はんだ量
No.1	φ 8mm	0.5mm	少
No.2		1.5mm	多
No.3		3.0mm	少
No.4	φ 12.5mm	0.5mm	多
No.5		1.5mm	多
No.6		3.0mm	少
No.7	φ 16mm	0.5mm	少
No.8		1.5mm	少
No.9		3.0mm	多

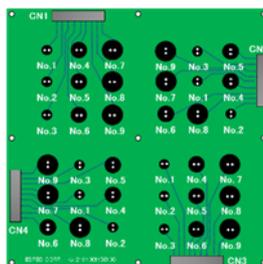


図 2 基板レイアウト

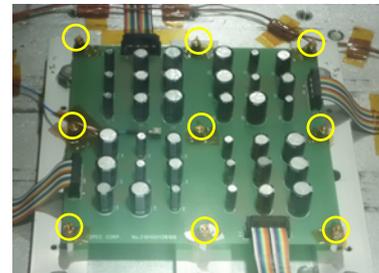


図 3 試料設置

2.3 HALT 条件

コンデンサー実装基板レイアウトは図 2 の通り。コンデンサーの実装場所と向きによる影響を確認するため、4 つの各エリアで実装方向を変えた。設置は図 3 に示すように、治具を用いて 9 点で HALT 装置の振動テーブルに固定し試験を行った。各ステップ試験における試験条件は表 2 に示す。

表 2. 試験条件条件

振動 step	<p>温度：20°C一定 振動：5~70Grms (5Grms 間隔) 各 5 分</p>
複合 step	<p>温度：-40°C/+80°C、各 10 分、5cyc 振動：14~70Grms (14Grms 間隔) 5step</p>

3. 試験結果

図 4 にコンデンサの故障部位を示す。故障部位は、故障の発生した全てのコンデンサで同じで、リードの根本部分が折れて断線していた。リード線の破断面の観察結果から主に脆性破壊による破断が生じたものと推定される。また、振動試験結果において実装方向やはんだ量による有意差は見られなかった。次に、試験結果から実装条件の違いと故障の関係を比較したものを図 5 に示す。また、試験結果の検証として、単純化モデル³⁾でコンデンサの曲げ応力 σ_b を計算し相対的に比較し図 6 に示した。

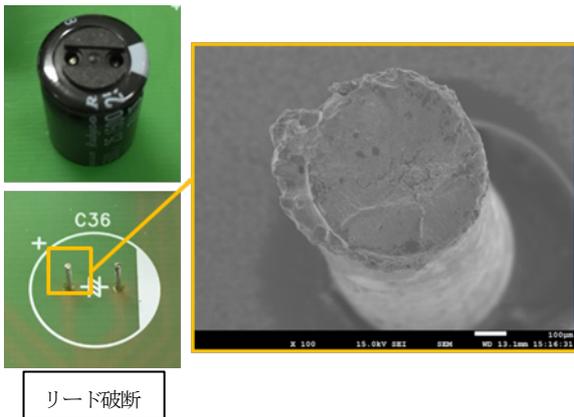


図 4. 振動ステップ試験 故障部位

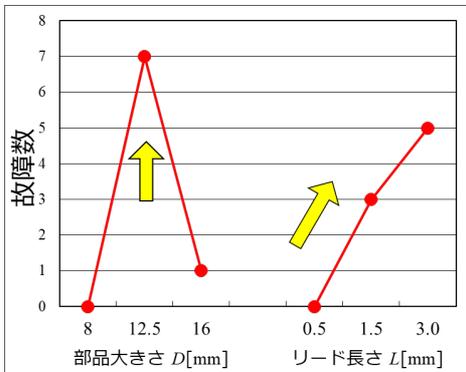


図 5. 振動ステップ試験結果

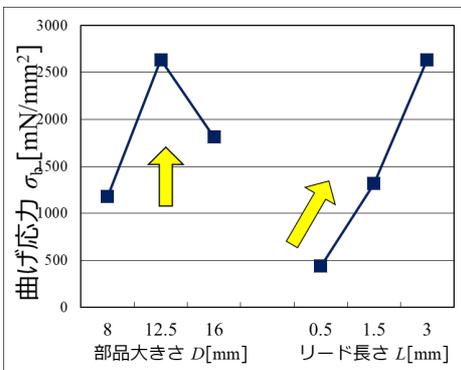


図 6. 単純モデルでの曲げ応力計算結果

2 つの結果は、部品大きさとリード長さにおいて同じ傾向を示し HALT 振動ステップ試験の弱点検出効果が検証された。複合ステップ試験の故障部位については、振動ステップで見られたリード破断に加えてはんだ接合部でのクラックによる故障が確認された。(図 7) また、はんだ量による故障数の差も出ており、より多くの故障モード検出が可能であることを確認できた。(図 8)

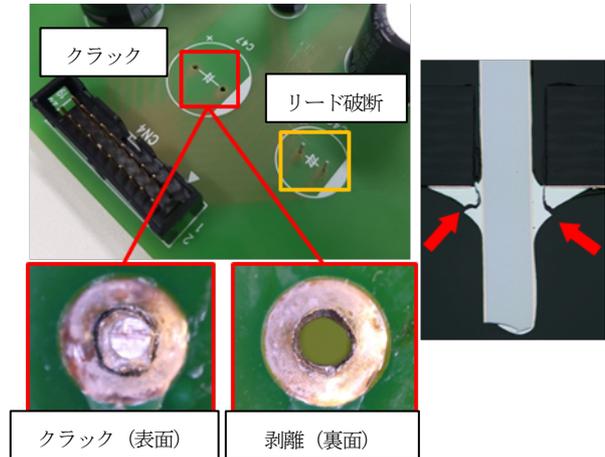


図 7. 複合ステップ試験 故障部位

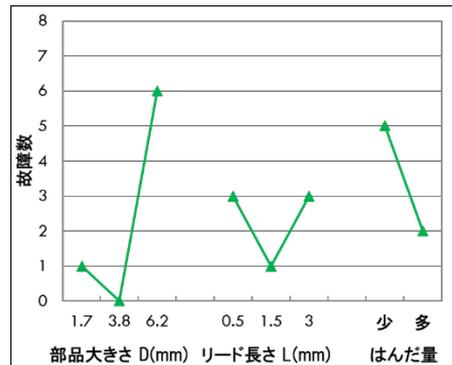


図 8. 複合ステップ試験結果

4. まとめ

本報告では、HALT の 6 自由度の振動ストレスに焦点を置き、振動ステップ試験における弱点検出効果を定量的に評価しその有効性を検証した。また、複合ステップ試験を行うことでより多くの故障モードを検知できることが明らかになった。これらの結果から、HALT が品質向上の手段として有効な手法の一つであることが示された。

・参考文献

- 1) Gregg, Hobbs K.: “Accelerated Reliability Engineering- HALT and HASS“, Wiley, (2000)
- 2) Harry, McLean W.: “HALT, HASS, and HASA Explained – Accelerated Reliability Techniques”, American Society for Quality, (2009)
- 3) 大西清: “JISにもとづく機械設計製図便覧 (第11版)”, 理工学社, (2009)

耐候性試験

住ベリサーチ株式会社

【概要】

自然環境で生じる変質や劣化を起こしにくい性質を耐候性といいます。耐候性試験とは自然環境で劣化要因となる日光（紫外線）、温湿度、降雨などを人工的に組み合わせて材料の耐候性を再現性良く評価する方法です。弊社は皆さまの用途、目的にあわせた耐候性試験をご提供できるように豊富な試験機を取り揃えております。

例えば、太陽光との相関性／促進性での区分では？

相関性重視

キセノンウェザーメーター
サンシャインウェザーメーター

促進性重視

メタルウェザー
アイスーパーUV テスター

その他

紫外線フェードメーター
Dew-panel、UV2000



キセノン
ウェザーメーター
(XWM)
6 台所有

サンシャイン
ウェザーメーター
(SWM)
9 台所有

アイスーパー
UV テスター
(S-UV)
3 台所有

メタルウェザー
(MW)
3 台所有

紫外線
フェードメーター
(UV-FM)
1 台所有

紫外線蛍光ランプ
2 台所有

- ・欧米の耐候性試験の主流であり、日本でも規格化が進む。
- ・太陽光による紫外線劣化に近い劣化を再現出来る。

- ・日本の耐候性試験の主流

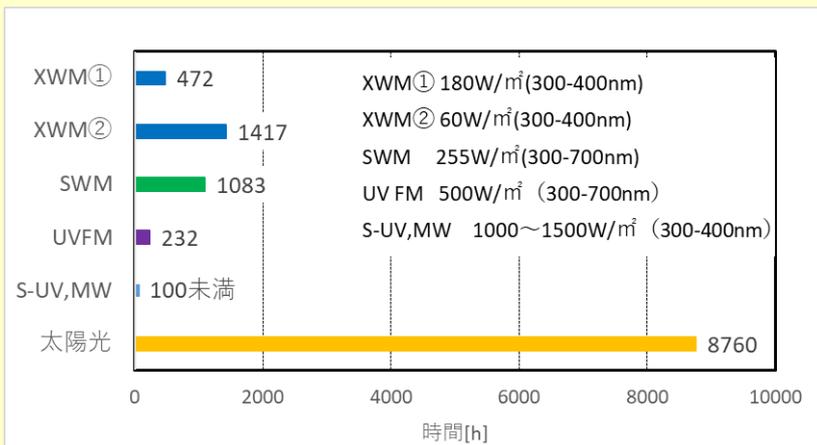
- ・促進性が極めて高い。
- ・紫外線のみ、紫外線+可視光を選択できる。

- ・促進性が極めて高い。
- ・紫外線のみ、紫外線+可視光を選択できる。

- ・古くからある耐候性試験
- ・屋内用途、車載用途の材料評価が多い。

- ・塗料のクラックやチョーキングを発現し易い。

各種光源の太陽光紫外線量1年分に相当する時間



$$T = \frac{E}{3,600 \times G}$$

T : 時間 (h)

E : 放射露光量 (J/m²=W s /m²)

G : 放射照度 (W/m²=J / s /m²)

※ J I S E 4 0 3 7 : 2 0 0 1

解説の計算式を用い、

日本の平均年間放射露光量 (水平面)

306MJ/m² (300~400nm) をベースに計算

【実例紹介】

ポリカーボネートとABSを用いて耐候性試験、屋外暴露試験を実施し、測色により耐候性劣化を評価した。

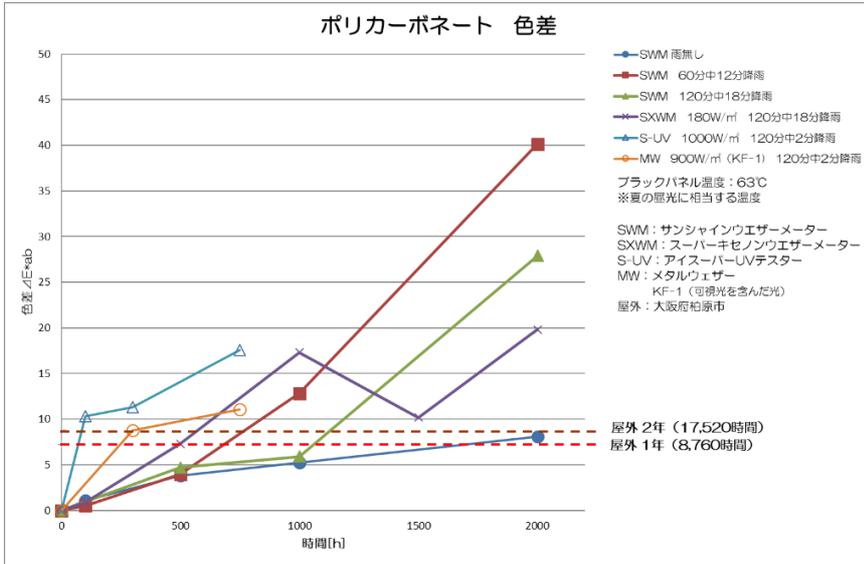


図1 ポリカーボネートにおける各種試験機と屋外の色差

ポリカーボネートにおける各試験機の屋外1年間に相当する促進倍率は表1の通り。試験機、試験条件毎に促進倍率は変化するが、屋外に比べ5~290倍劣化が促進される結果となった。SWM 3条件を比較すると、降雨量が多い程劣化が促進される結果となった。これは変色だけでなく加水分解による白化(透明度の低下)が測色に影響を与えたためと考えられる。超促進試験に分類されるS-UVとMWは300時間までに2年相当以上の劣化を促進させる結果となった。変色が著しいことから、測色を行う間隔をもう少し短く設定して立ち上がり部を詳しく評価する工夫が必要である。

表1 屋外1年と比較した促進倍率 (ポリカーボネート)

耐候性試験	屋外1年に相当する時間	屋外1年に対する促進倍率
SWM 雨無し	1600h	5.5
SWM 120分中18分降雨	1150h	15.2
SWM 60分中12分降雨	680h	25.8
SXWM 120分中18分降雨	500h	35.0
S-UV 120分中2分降雨	60h	292.0
MW 120分中2分降雨	250h	70.1

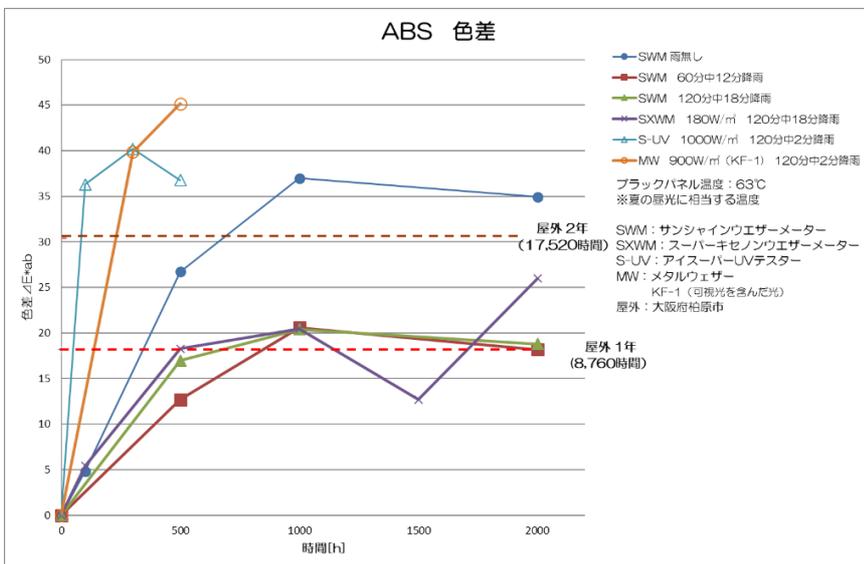


図2 ABSにおける各種試験機と屋外の色差

ABSにおける各試験機の促進倍率は表2の通り。屋外に比べ10~175倍劣化が促進される事がわかった。SWM 3条件を比較すると、ポリカーボネートとは逆に降雨量が少ない程劣化が促進される結果となった。また、試験時間が経過しても ΔE^*_{ab} が上昇せず頭打ちになった。これは表面のみ著しく変化したため内部まで劣化が進行しにくくなった。または劣化した部分が槽内風や降雨で飛ばされてフレッシュな部分が表面に現れるという現象を繰り返しているからではないかと考えられる。

※今回の実例紹介は弊社で実施した屋外暴露、耐候性試験機との相対比較であり、必ずしも今回用いた材料と試験機の促進倍率を一律に定めたものではありません。

表2 屋外1年と比較した促進倍率 (ABS)

耐候性試験	屋外1年に相当する時間	屋外1年に対する促進倍率
SWM 雨無し	350h	25.0
SWM 120分中18分降雨	700h	12.5
SWM 60分中12分降雨	850h	10.3
SXWM 120分中18分降雨	500h	17.5
S-UV 120分中2分降雨	50h	175.2
MW 120分中2分降雨	140h	62.6

会社案内

株式会社 アイ・エム・シー

【会社情報】

設立：昭和49年8月5日
本社：〒652-0898 神戸市兵庫区駅前通5丁目3番14号
TEL：078-577-3691 FAX：078-576-2008
資本金：26,000,000円
代表：代表取締役 山中伸晃
事業所：関西事業所、中部事業所、千葉事業所
認定：放射性同位元素の使用許可(原子力規制委員会)使第3050号、
CIW認定事業者(一社)日本溶接協会 第1A89号(A種)
品質マネジメントシステム(ISO 9001:2015)
労働者派遣事業許可証 派28-301133
加入団体：(一社)日本溶接協会、(一社)日本非破壊検査協会
(一社)日本非破壊検査工業会、兵庫県工業技術振興協議会



【事業内容：非破壊検査全般】

非破壊検査とは、モノを壊さずに建造物や部品の欠陥・破損・劣化・異常を調べるために、放射線や超音波などを使って検査する技術のことです。

この技術を使ってビル・工場・プラント・高速道路・橋など多岐にわたる対象物を完成前から使用中の定期点検、保守点検まですべての工程の検査を全国に展開し社会に安心安全を提供しています。

【最新の技術】

- ①I-Map：超音波による厚さ測定を連続で行い、測定した値をしきい値ごとに色分けしてリアルタイムで腐食マップを作成する装置システムです。タンク底板・側板の腐食調査、3B以上の配管内面の腐食調査などに用いられています。図1はI-Mapで測定した配管の展開図を示し、配管の腐食状況をリアルタイムで計測できます。(赤丸は減肉箇所を示す。)
- ②ドローン検査：高画質カメラ、赤外線カメラ、レーザー距離計を搭載したドローンを用いて、人が容易に近づけない高所や危険箇所にある構造物のきず・変形・腐食・欠損などを点検することが可能です。ドローンを使用することで足場の設置や高所作業が不要となり、コスト削減と安全性の向上が見込まれるため、これからの検査手法として注目されています。弊社では国の認定を取得し、ドローンを操縦する社員にライセンスを取得させ、技術の向上を図って積極的に取り組んでいます。写真1は検査で使用しているドローンです。

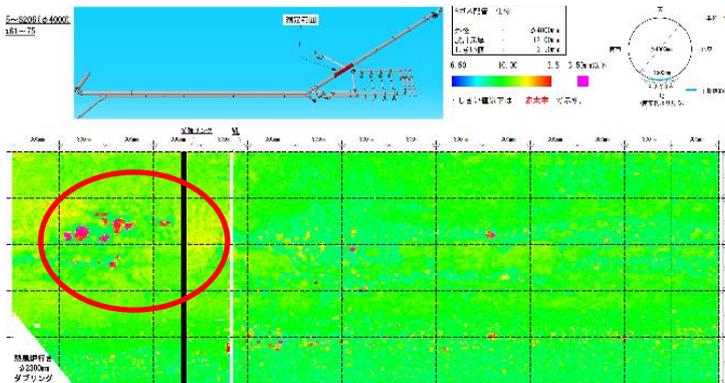


図.1 配管の展開図(I-Map)



写真.1 ドローン

三次元変位 (DIC) 測定装置のご紹介

一般財団法人 化学物質評価研究機構 大阪事業所

三次元変位測定装置(ARAMISシステム)はテストサンプル表面の変位をリアルタイムで測定できます。人手によるゲージやノギス等の従来手法では測定することが難しい複雑なひずみ量及び三次元変位量を時系列で測定し、様々なアウトプット手法と組み合わせることで商品開発の期間・コストの削減に貢献します。

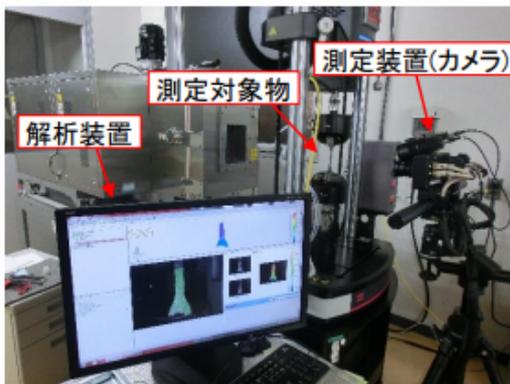
◆ 測定メニューの特徴

- ・供試体の表面変形を高精度測定
- ・動的測定が可能
- ・ひずみの方向を定量化・最大主ひずみの測定
- ・万能試験機の荷重、変位データと同期可能

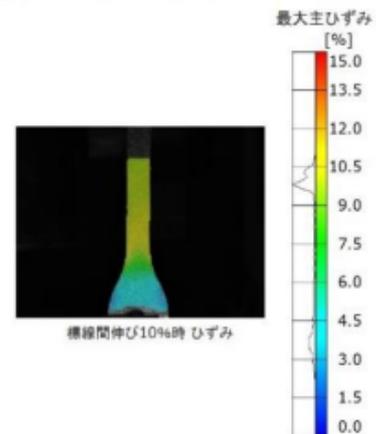
◆ 試験機仕様

型式	: 3次元ひずみ解析システム ARAMIS-4M (GOM社製)
測定可能サイズ	: 200 mm × 150 mmまで
カメラ解像度	: 2048 × 2048 pixel
最大フレームレート	: 55 ~ 440 Hz
ひずみ測定精度	: 0.01 %

試験機外観



解析例



所有の**万能試験機**及び**疲労試験機**を用いて、製品や試験片に静的/動的変形を付与しての測定や、同試験を恒温槽と組み合わせた高温/低温環境下での測定も可能です。

対象が移動できない場合は**出張測定**も承ります。

実使用条件下での材料のひずみ挙動の解析、耐久性評価として破壊発生箇所の推測、有限要素法(FEM)解析との整合性の比較など、製品設計に有益な情報を提供できます。



一般財団法人化学物質評価研究機構 大阪事業所技術第一課
〒577-0011 大阪府東大阪市荒本北1丁目5番55号
TEL:06(6744)2022 FAX:06(6744)2052 URL <https://www.cerij.or.jp>

ハードコート中のナノシリカの分散状態の評価 (SPM)

株式会社カネカテクノロジー

研究背景

スマートフォンなどに使用されるディスプレイやレンズには、耐擦傷性や耐摩耗性の向上のため、基材表面にハードコート（以下 HC）材料が用いられています。この HC に添加されているナノ粒子の状態がこれらの性能に大きく影響することが知られており、ナノ粒子の状態把握には、形状や弾性率を求めることができる SPM による分析が適しています。本資料では、SPM によりナノシリカの分散状態が異なる 2 種類の HC 表面を分析した結果を紹介します。

研究成果

基材上に成膜した HC 2 種類（a：ナノシリカが均一に分散、b：ナノシリカが表面側に凝集）を SPM 分析（測定モード：PeakForce QNM、分析装置：Bruker 製 Dimension Icon）に供しました。SPM の分析位置を図 1 に、SPM 分析結果を図 2 に示します。参考として断面の TEM 観察像も示します。ナノシリカが均一に分散した HC 表面は、ほぼ平滑で弾性率も均一でした。一方、表面にナノシリカが凝集した HC 表面は、20nm 程度の凹凸を有し、凝集したシリカを島とする海島構造になっていました。

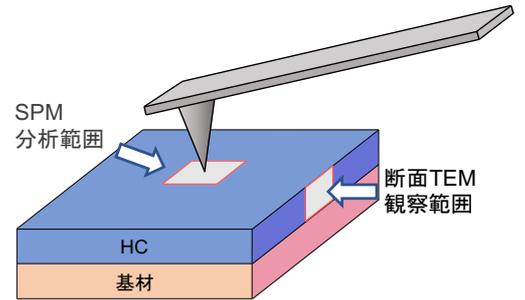


図 1. 分析位置、観察方向

試料	形状像	弾性率像	(参考) 断面TEM像
a: 均一分散 ハードコート			
b: 表面側凝集 ハードコート			

図 2. HC 表面における SPM 形状像と弾性率像、HC 断面の TEM 像

SPM による弾性率測定により、TEM 観察されたナノシリカの分散の違いが、弾性率の違いに影響していることがわかりました。

確かな技術であなたと共に

川重テクノロジー株式会社

オーダーメイド試験 ～ 触媒の性能試験、燃料電池評価試験装置の制作

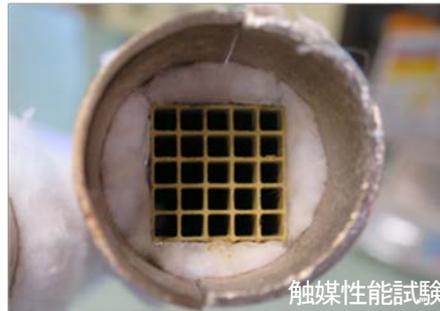
https://www.kawaju.co.jp/problem/solution_jutaku.html

設計・開発に必要な、新しい素材や機器の動作を確認し、性能を測る試験を承ります。

「既存や市販の装置では対応できない」、「特殊な環境を模擬したい」といった場合には、実験装置や検査装置の製作・納入もします。

例えば、お客様が開発する排ガス浄化装置のため、高温下で溶融塩バスと模擬ガスを用いる酸化触媒の性能試験を実施し、試験結果から設計データを取得しました。

また、燃料電池のセルスタックの性能を確認するため、各種データが取得できる評価試験装置を製作し、納入しました。



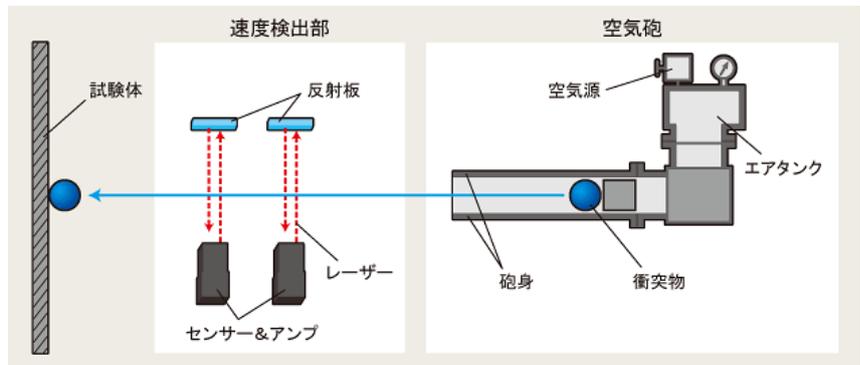
検査方法の代行・検査方法の開発 ～ 水素タンクの貫通テスト

<https://www.kawaju.co.jp/techno-wm/topics/57.html>

<https://www.kawaju.co.jp/rd/research-evaluation/report/air-cannon.html>

ひとつの製品を作り上げる工程には、いくつもの検査が伴います。ただ、検査に必要な設備を持たなかったり、経験が少なかったりする場合は、検査を外注することがあります。当社は、その外注先として検査を代行いたします。検査の方法が確立されていない場合には、検査の方法の開発や変更の検討をお手伝いします。

例えば、水素を扱う機器など、新しい領域の製品は、検査の方法や必要な設備から検討しなければなりません。自動車に搭載する水素タンクは、事故が発生してもタンクの破損に伴う水素漏洩を防がなければならないため、それに応じた強度が求められます。当社は、レース用の水素エンジン車に搭載されたタンクの構造が、求められる強度を有していることを、空気砲を用いて確認しました。



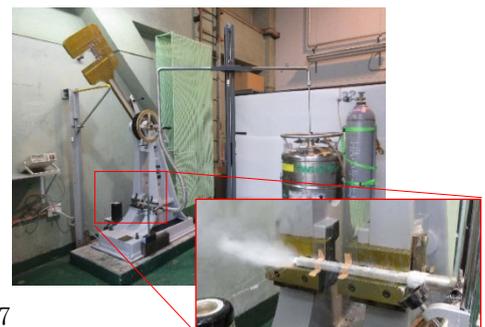
シャルピー衝撃試験 <https://www.kawaju.co.jp/rd/material/performance/zairyou.html>

JIS規格(Z2242)に準拠した方法により -196°C 、 -150°C ～ $+800^{\circ}\text{C}$ の試験温度に対応できます。

極低温環境(液化水素温度(-253°C)～液化ヘリウム温度(-269°C))における試験も行っており、旧金属材料研究所で開発された試験方法を参考に「極低温衝撃試験方法」を確立し、高圧ガス保安協会殿から御承認を頂いた方法(※)で対応しています。

※「オーステナイト系ステンレス鋼の極低温衝撃試験」

掲載誌名：高圧ガス / 高圧ガス保安協会 [編] 24巻4号 (P181-192), 1987



温湿度環境 振動試験 <https://www.kawaju.co.jp/rd/vibration-noise/performance/vibration-test.html>

温湿度環境 振動試験装置により複合環境下での振動試験が可能です。温度や湿度などの気象環境ストレスに加え、振動、衝撃などの物理的（機械的）環境ストレスを複合して与えることができます。

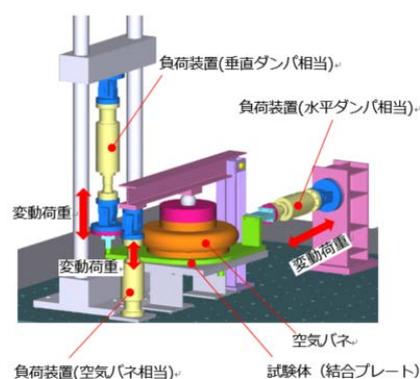
一般的な振動試験の規格以外にも、航空機・自動車メーカー等の社内規格にも対応可能です。



多軸強度評価システム <https://www.kawaju.co.jp/rd/strength-stress/performance/strength-test1.html>

多軸強度評価システムでは、実際に作用する多方向（多軸）の荷重を再現することができ、正確な強度評価ができます。

最大3方向の変動荷重を制御することも可能で、自動車や鉄道車両の部品の評価にも適用できます。



ヘリウムリークテスト <https://www.kawaju.co.jp/rd/chemistry/report/helium.html>

ヘリウムリークテストは、分子直径が小さく、漏れ部分に侵入しやすいヘリウムガスを利用し、ヘリウムリークディテクターを用いて微量な漏れを検出します。当社では容器や治具等を製作し、お客様のご要望に応じたヘリウムリークテストを実施致します。

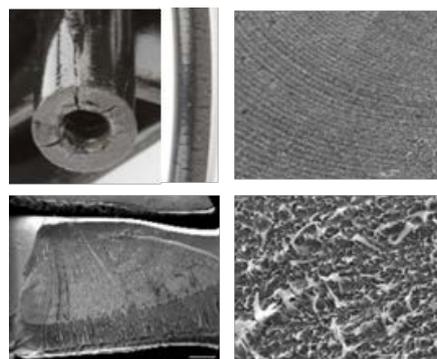


金属・プラスチック・ゴム製品の損傷調査 <https://www.kawaju.co.jp/rd/material/brochure/damage.pdf>

プラスチック材料は、近年構造用等の重要部材への使用が多くなり、損傷原因の究明が重要視されています。

プラスチック材料においても、特徴的な破面が形成され、金属材料と同様の手法で損傷調査を行うことが可能です。

得意とする金属材料の損傷調査で蓄積した経験を基に破面模様が形成され難い高分子材料の損傷調査にも取り組んでいます。



電気製品等の安全試験に関する試験設備をご活用ください

一般財団法人 電気安全環境研究所 関西事業所

企業紹介

一般財団法人 電気安全環境研究所（JET）は、国が行ってきた電気製品・部品・材料等の安全試験業務を引き継ぐために1963年に、試験機関として設立された団体です。

関西事業所は、2014年に、神戸・六甲アイランドに移転し、電気製品の製造・輸入事業者の皆様方のニーズにお応えするため、電気用品安全法に基づく各種試験を実施しております。また、リチウムイオン蓄電池の評価試験及び3m法電波暗室によるEMC試験等が実施できる体制を整備しました。

JETは、公正・中立な第三者機関として、日本の電気製品・電気設備に関係する安全の確保・向上に努めています。



主な試験・認証業務

電気製品等に関する試験・認証等の業務として、当所が対応している代表的なマーク及びその概要は、次のとおりです。

電気製品等の安全試験に関する試験設備を、多数、保有しておりますので、お問い合わせください。

 <p>電気用品安全法（PSE） 適合性検査</p>	<p>電気用品安全法に基づく登録検査機関として、配線器具、小型単相変圧器、電熱器具、電動力応用機械器具、交流用電気機械器具等の特定電気用品に対して適合性検査を実施しています。</p>	
 <p>電気用品安全法（PSE） 技術基準適合試験</p>	<p>電気用品安全法の技術基準に適合していることの自己確認が難しい事業者の方のための試験依頼をお受けしています。また、技術基準の一部のみの確認等、ご希望に応じた試験項目の確認にも対応しています。</p>	
 <p>S-JET認証に係る試験</p>	<p>電気製品の安全性について第三者認証を受けようとする事業者様との契約により、電気製品の安全試験と製造工場の管理体制を確認し、定期的なフォローアップを行っています。</p>	
 <p>電気製品の部品・材料の 試験・登録</p>	<p>電気製品等に組み込まれる部品、材料、付属品などの試験を予め実施し、登録して、その登録結果をS-JET認証等の製品試験に活用することにより、認証取得期間の短縮、費用削減等を図るサービスです。</p>	
 <p>消費生活用製品安全法（PSC） 適合性検査 (浴槽用温水循環器)</p>	 <p>工業標準化法に基づく認証に係る試験 (JISマーク表示制度) (電気機械の分野等)</p>	 <p>水道法に基づく給水器具等 認証に係る試験</p>

JET 関西事業所： 兵庫県神戸市東灘区向洋町西4-1 TEL：078-771-5135（代表） <https://www.jet.or.jp/>

水蒸気導入 TG-DTA 測定

日鉄テクノロジー株式会社 瀬戸内事業所

1. 概要

TG-DTA 測定は、炉内の温度を変化させることにより生じる、試料の質量変化や吸熱・発熱反応を測定します。一般的に、窒素・アルゴン・空気などの乾燥ガス (Dry ガス) 雰囲気を用いられます。弊社保有の装置は、水蒸気発生ユニットとの接続により、水蒸気圧制御を行った窒素や空気 (Wet ガス) を導入しながら最高 1000°C までの測定も可能です。

2. 装置仕様 (水蒸気導入測定時)

測定下限温度	導入水蒸気圧により異なりますので、ご相談下さい
測定上限温度	1000°C
測定雰囲気	窒素(N ₂)、空気(Air)、各水蒸気圧制御ガス
ガス流量	250ml/min 内訳 : Dry+Wet ガス 200ml/min+保護ガス (Dry ガス) 50ml/min
水蒸気圧制御範囲	0~45kPa (導入水蒸気圧や測定開始温度により制約があります) 例) 200°C等温時→最大 30kPa の水蒸気圧制御ガス導入可能 10kPa の水蒸気圧制御ガス導入→測定開始温度は 75°C以上
水蒸気圧安定性	±0.5kPa
昇温速度	通常 10°C/min (上限 20°C/min)
容器	アルミニウム (上限温度 500°C)、白金、アルミナ
試料サイズ	最大 5mmΦ (通常 5~10mg 程度)

3. 水蒸気圧制御原理

導入ガス 1 気圧 (101.3kPa) 中の水蒸気の分圧を制御することで、測定ガスの湿度調整を行います。

例 : 導入水蒸気圧

$$0 \text{ kPa} = \text{Dry ガスのみ} \Rightarrow 0 \text{ (kPa)} / 101.3 \text{ (kPa)} = 0 \text{ (\%)} \quad \begin{array}{|c|} \hline \text{Dry ガス} \\ \hline \end{array}$$

$$20 \text{ kPa} = \text{Wet ガス} + \text{Dry ガス} \Rightarrow 20 \text{ (kPa)} / 101.3 \text{ (kPa)} = 19.7 \text{ (\%)} \quad \begin{array}{|c|c|} \hline \text{Dry ガス} & \text{Wet} \\ \hline \end{array}$$

※1 気圧 (101.3kPa) を基準とした相対水蒸気圧



図1 TG-DTA2000SA 装置外観

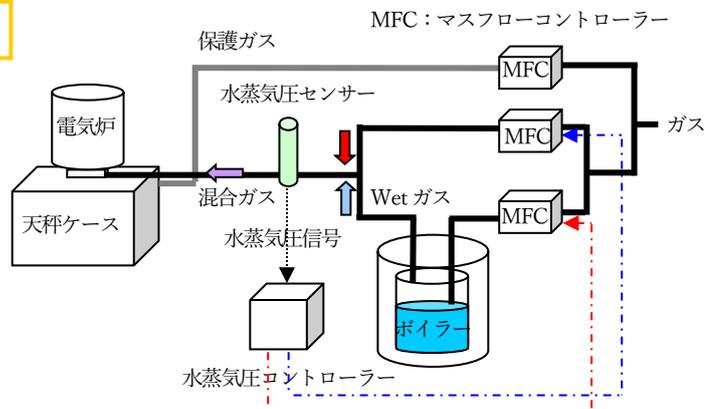


図2 水蒸気コントロール

4. 測定事例（シュウ酸カルシウム水和物の熱分解評価）

水蒸気圧を変えて（0kPa、10kPa、20kPa）シュウ酸カルシウム水和物のTG-DTAを測定しました。その結果を図3に示します。

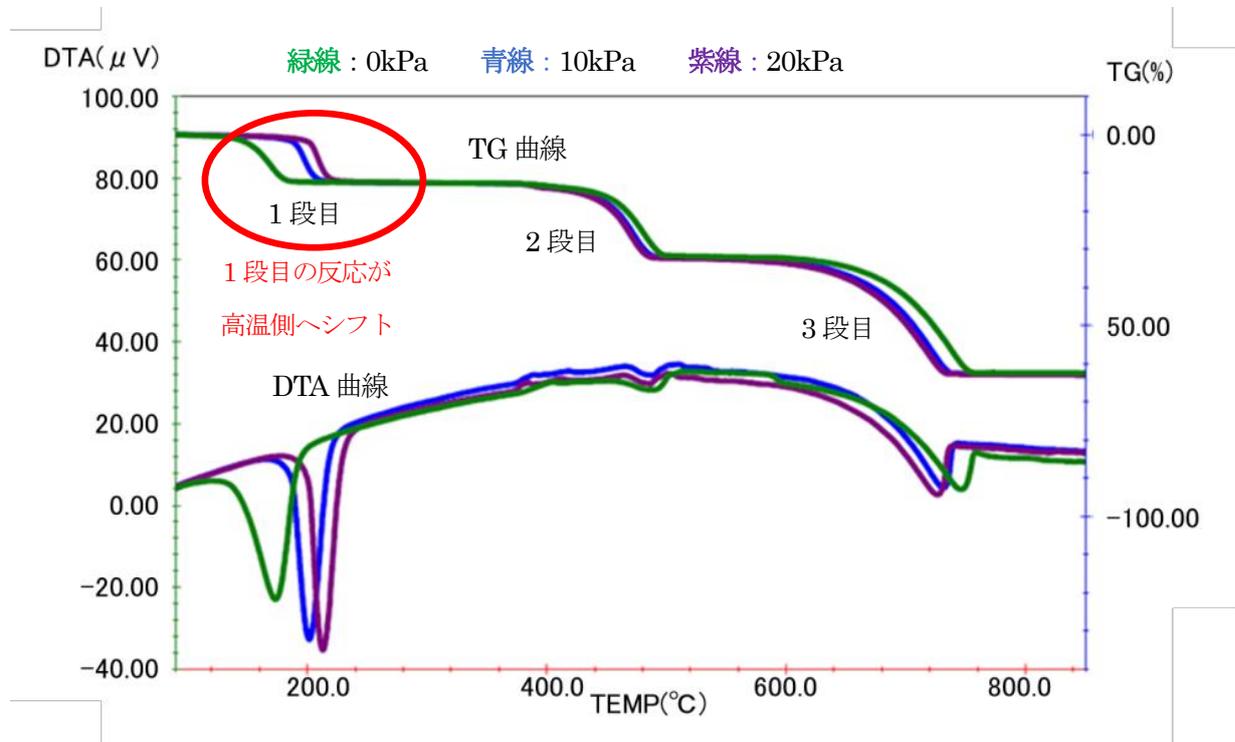
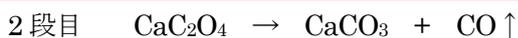


図3 シュウ酸カルシウム水和物のTG-DTA測定結果

シュウ酸カルシウム水和物の熱分解反応を化学式で表すと



となりますが、水蒸気を導入する事で1段目の反応が高温側へシフトする事が明らかとなりました。これは、シュウ酸カルシウム水和物中の水分の脱離が遅くなっている事を示しています。

本測定装置を使用する事で水蒸気圧の違いにより、試料の反応に与える影響を評価することが可能です。高分子材料や電子部品材料、セラミックスなど様々な材質の評価が可能ですので是非お問合せ下さい。

【お問合せ先】

日鉄テクノロジー株式会社 瀬戸内事業所 材料営業部

〒671-1123

兵庫県姫路市広畑区富士町1番地(本館)

営業部代表 TEL : (079)236-0041

以上