

# H<sub>2</sub> & FC EXPO



Ammonia



アンモニアは  
燃料？ 水素キャリア？



# 材料評価でNH<sub>3</sub>の実用化を支えます

## 液体アンモニア

### 液体アンモニア中の材料腐食評価技術

実環境を想定した温度域・不純物環境での耐食性評価、応力腐食割れ試験、電気化学測定が可能です。

エネルギー源としてアンモニアを利用する場合、液体アンモニアの大量輸送、大量貯蔵が必要となるため、貯蔵タンクや輸送ラインの大型化について検討が進められています。しかし、液体アンモニア中において応力腐食割れが発生する場合がありますため、大型化に向けた材料選定や溶接施工条件選定が重要課題となっています。

当社では、液体アンモニア中における腐食試験として浸漬試験、応力腐食割れ試験、電気化学試験など、実環境で想定される温度域および応力腐食割れ因子の一つと言われる不純物等を考慮した環境での試験に対応しています。

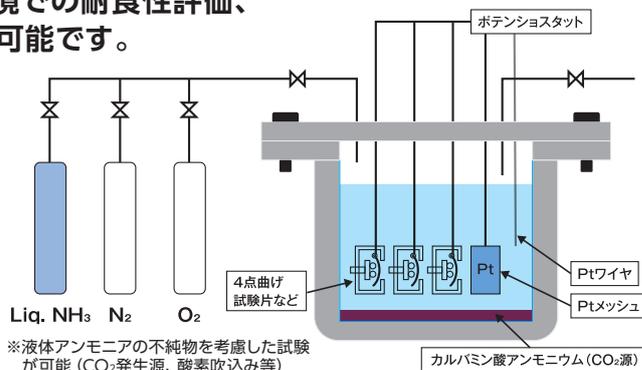


図1 液体アンモニア中腐食試験装置

- 試験温度：-33℃～45℃
- 酸素ガス最大吹込み分圧：アンモニア蒸気圧の10%
- 試験容器：φ150mm×深さ200mm

#### 試験例

- 液体アンモニア中の浸漬試験
- 4点曲げ鋼材の応力腐食割れ評価
- 液体アンモニア中での各種電気化学測定

### 高強度鋼に発生するSCCと組織評価

高強度鋼では、電位を付与した浸漬で応力腐食割れを再現することができます。

SEM-EBSDで方位解析を行えば、マルテンサイト組織のバウンダリーで割れが生じていることが確認でき、さらに旧オーステナイト組織を再構築することで、主たる亀裂は旧オーステナイト粒界であることがわかります。

#### SEM-EBSDによるSCC亀裂の方位解析例

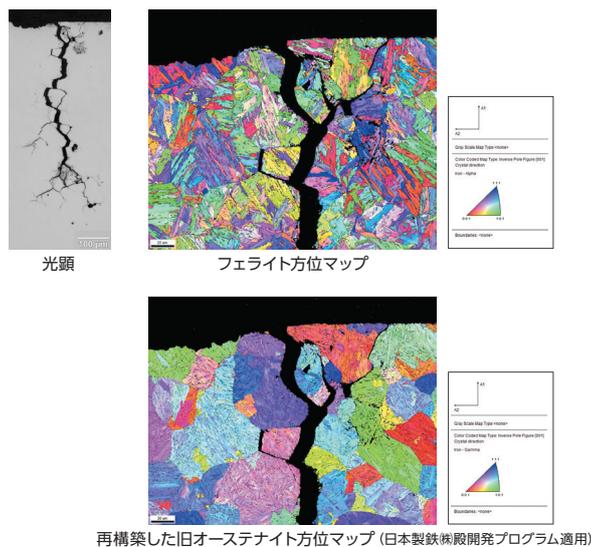


図2 SCC亀裂の方位解析例

材 料：HT80	電 位：+2V
温 度：20℃	浸漬温度：25℃
応 力：0.2%耐力相当	浸漬時間：2週間

### 亀裂発生と進展の評価

通常の4点曲げによる応力腐食割れ試験では、試験終了後試験片を取り出すまで割れ発生の有無はわかりません。

AE (Acoustic Emission) を用いると、粒界割れにより生じる振動からSCCの発生状況をとらえることができます。例では、試験初期に多くの割れが発生し、その後も継続的に割れが進展していることがわかります。

#### SCC発生時のAcoustic Emission検出例

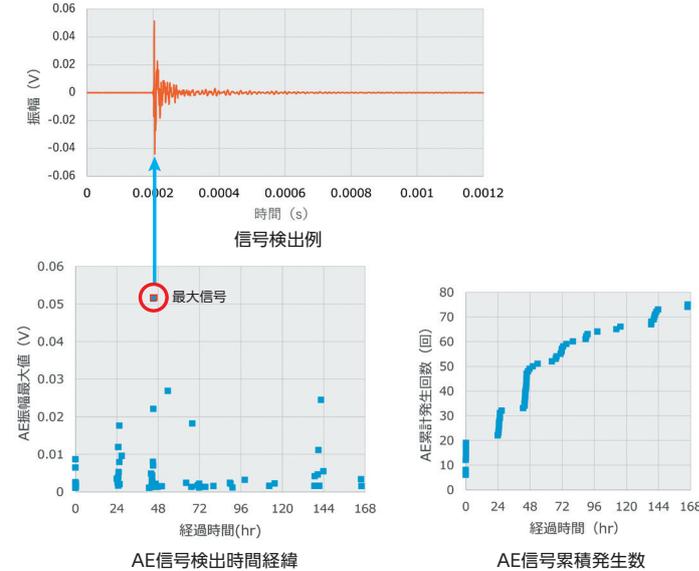


図3 Acoustic Emission検出例

材 料：HT80	電 位：+2V
温 度：20℃	浸漬温度：25℃
応 力：0.2% 耐力相当	浸漬時間：1週間

## アンモニア利用によるCO<sub>2</sub>削減、研究・開発を支援

材料の寿命予測や設計指針に直結する評価を、速度論・熱力学・組織解析の総合アプローチで実現します。液体・高温アンモニア環境での課題解決を、試験分析のプロフェッショナルとして支援します。

アンモニアは燃焼時にCO<sub>2</sub>を排出しないことから、水素と並ぶ革新的なエネルギー源として、国内外で社会実装が進められています。一方で、その利用環境は材料の劣化や腐食が懸念される過酷な条件となるため、用途に応じた適切な材料選定・材料開発が不可欠です。当社では、アンモニアの社会実装を支えるため、それぞれの使用条件を再現した材料評価試験を実施しています。

- ・運搬・貯蔵時の想定される液体アンモニア環境（沸点-33℃）
- ・燃料利用時に想定される高温アンモニア環境

実環境を模擬した評価を通じて、お客様の材料課題の解決と、アンモニアエネルギーの社会実装に貢献いたします。

## 高温ガス アンモニア

# 高温アンモニア環境での材料腐食評価技術

温度・流速・ガス組成を管理し、信頼性の高い評価へ。  
材料選定から腐食リスクの見える化を支援します。

アンモニアは脱炭素エネルギー源として、火力発電やガスタービンなどで燃料利用が進んでいます。しかし、高温アンモニア燃焼環境での材料腐食評価は十分に進んでおらず、耐熱合金の健全性確保が課題です。当社では、温度・流速を因子化した試験設計とガス分析による窒素ポテンシャル把握により、材料耐性を速度論・熱力学の両面から定量化。さらに断面観察や相解析を組み込み、損傷メカニズムを理解することで、信頼性の高い評価を提供します。ここでは腐食への流速の影響を中心に、窒素ポテンシャルの評価などを紹介します。

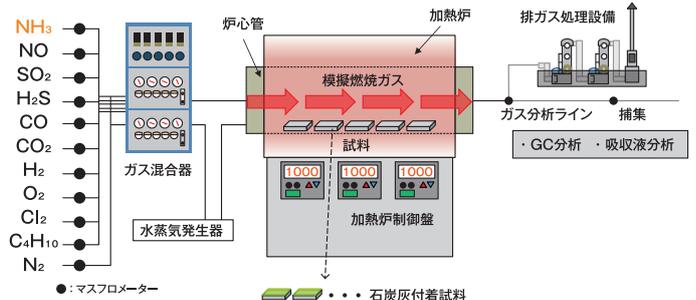


図4 高温アンモニア腐食試験装置

- 最高温度：1000℃
- ガス流速：0.02m/min ~ 0.80m/min
- 均熱帯長さ：最大300mm（※1000℃時）
- 炉心管内径：92mm

### 模擬環境例

- 火力発電ボイラ
- アンモニアエンジン
- アンモニアクラッキング
- 化学プラント 等

## 反応環境要因の調査

### ■ 流速増大に伴い、腐食が加速

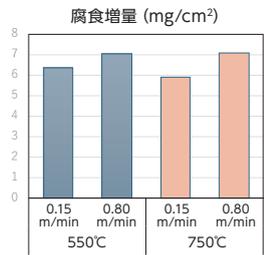


図5 各種条件での腐食増加量

#### 試験条件

材料：SUS304H  
温度：550℃・750℃×24時間  
流速：0.15m/min, 0.80m/min  
使用ガス：NH<sub>3</sub> (100%)

### ■ 流速が窒化挙動に与える影響

窒化によって化合物層が形成されますが、高流速材の方が薄く緻密な傾向です。大きな違いとして、高流速材では最表面に1μm未満の薄膜層が認められます（流速0.80m/minの黄色矢印部）。

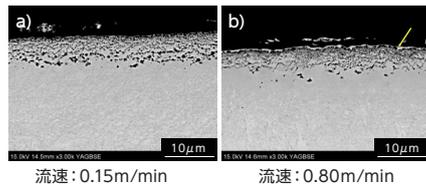


図6 断面SEM像 (550℃)

### ■ 窒化表面の化合物相の同定 (EBSD+XRD)

最表面に薄膜層をなすε (Fe<sub>3</sub>N) 相が形成、その下にFe<sub>4</sub>N/CrNiに対応するFCC相が分布し、深部にはBCC (FeN) 相が広がります。高流速によって表面に多くの窒素が供給され、形成される化合物相の分布に影響を与えることが示唆されます。

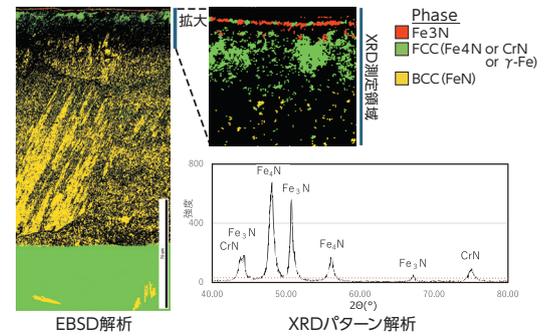


図7 化合物層の同定 (550℃-0.80m/min)

## 窒化反応における環境要因の影響

### ■ 窒化への反応環境因子の影響 (SUS304H)

#### パラメータ

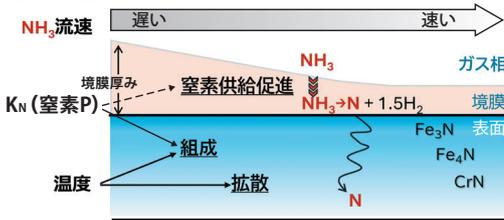


図8 窒化への反応環境因子の影響 (SUS304H)

窒化反応はガス相から表面への窒素供給律速であり、流速はその支配因子となります。温度と窒素ポテンシャルが最も重要な要素ですが、流速も境界の窒素供給を左右し、反応速度に影響します。

### ■ ガス分析で実現する窒素ポテンシャル (K<sub>N</sub>) のモニタリングと反応評価

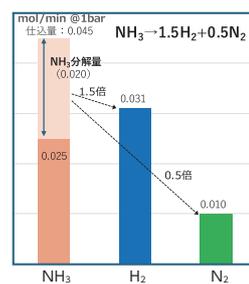


図9 ガス濃度測定一例 [(K<sub>N</sub>)の算出]

正確なガス分析により、系内の窒素ポテンシャル (K<sub>N</sub>) を算出、モニタリングして反応を見る化します。これにより窒化への影響を定量化し、反応挙動の理解を深めます。

#### 窒素ポテンシャル (K<sub>N</sub>)<sup>\*</sup>

NH<sub>3</sub>分解前 ∞  
NH<sub>3</sub>分解後 4.6

\*本系では、下式よりK<sub>N</sub>=4.6 と算出  

$$K_N = C_{NH_3} / (C_{H_2})^{1.5}$$

$$\therefore P_{NH_3} / (P_{H_2})^{1.5} \text{ under 1bar}$$

お問い合わせ先

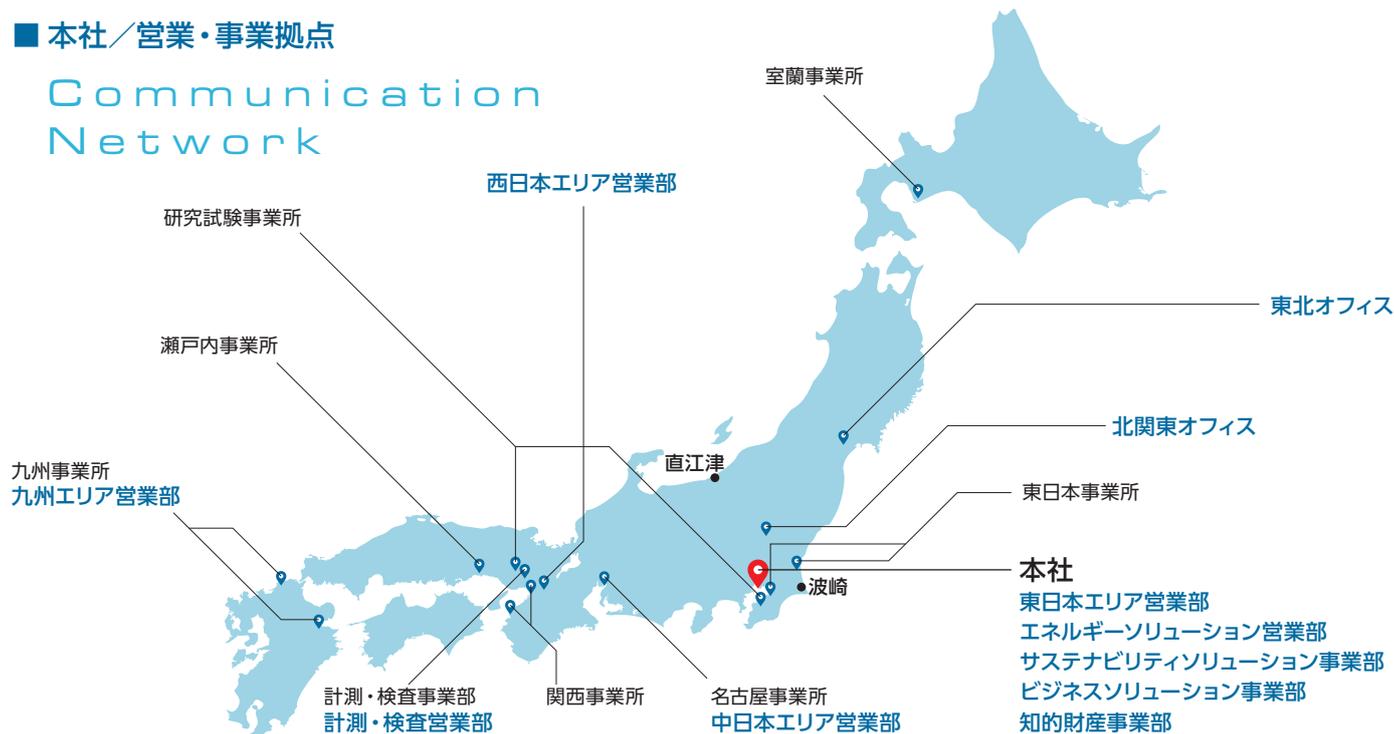
営業本部 エネルギー・エンジニアリングプロジェクト

岡田 浩一 okada.hirokazu.55y@nstec.nipponsteel.com / 正木 康浩 masaki.yasuhiro.gb6@nstec.nipponsteel.com

日本各地に広がる拠点で皆様のご要望にお応えします。

■ 本社／営業・事業拠点

Communication Network



■ 本社

〒100-0004 東京都千代田区大手町1-6-1 大手町ビル3F

- サステナビリティソリューション事業部
- ビジネスソリューション事業部
- 知的財産事業部

TEL 03-3213-8501

■ 東日本エリア営業部

〒100-0004 東京都千代田区大手町1-6-1 大手町ビル3F  
TEL 03-6870-6977

・東北オフィス  
〒980-0811 宮城県仙台市青葉区一番町3-6-1 一番町平和ビル10F  
TEL 022-724-7072

・北関東オフィス  
〒321-0953 栃木県宇都宮市東宿郷3-2-3 カナメビル303号室  
TEL 028-651-2570

□ 室蘭営業室  
〒050-0087 北海道室蘭市仲町12番地  
TEL 0143-47-2359

□ 東日本営業室 (直江津)  
〒942-0011 新潟県上越市港町2-12-1  
TEL 025-544-6623

□ 東日本営業室 (鹿島)  
〒314-0014 茨城県鹿嶋市大字光3番地  
TEL 0299-84-3293

□ 東日本営業室 (君津)  
〒299-1141 千葉県君津市君津1番地  
TEL 0439-50-2549

□ 富津営業室  
〒293-0011 千葉県富津市新富20-1  
TEL 0439-80-2691

■ 中日本エリア営業部

〒476-0015 愛知県東海市東海町1-1-2 商社センター203号室  
TEL 052-603-7611

□ 名古屋営業室  
〒476-8686 愛知県東海市東海町5-3  
TEL 052-603-7612

■ 西日本エリア営業部

〒541-0041 大阪府大阪市中央区北浜4-5-33 住友ビル7F  
TEL 06-6220-5301

□ 関西営業室 (和歌山)  
〒640-8555 和歌山県和歌山市湊1850番地  
TEL 073-451-2407

□ 関西営業室 (堺)  
〒590-0901 大阪府堺市堺区築港八幡町1番地  
TEL 072-233-1180

□ 関西営業室 (大阪)  
〒554-0024 大阪府大阪市此花区島屋5-1-109  
TEL 06-6466-6153

□ 尼崎営業室  
〒660-0891 兵庫県尼崎市扶桑町1-8  
TEL 06-6489-5976

□ 瀬戸内営業室  
〒671-1123 兵庫県姫路市広畑区富士町1番地  
TEL 079-236-8883

■ 九州エリア営業部

〒804-0001 福岡県北九州市戸畑区飛幡町2-1  
TEL 093-872-5153

□ 九州営業室 (八幡)  
〒804-0001 福岡県北九州市戸畑区飛幡町2-1  
TEL 093-872-5366

□ 九州営業室 (大分)  
〒870-0902 大分県大分市大字西ノ洲1  
TEL 097-553-2131

■ 計測・検査営業部

〒660-0856 兵庫県尼崎市東向島西之町1番地  
TEL 06-6414-2268

■ エネルギーソリューション営業部

〒100-0004 東京都千代田区大手町1-6-1 大手町ビル3F

■ ビジネスソリューション事業部

□ 情報戦略サポート部  
ドキュメントインテグレーション支援室  
〒100-8071 東京都千代田区丸の内2-6-1 丸の内パークビルディング9F  
【資料センター】 TEL 080-4102-3218  
【海外サービスセンター】 TEL 080-4105-4191

□ 情報戦略サポート部  
テクニカルインフォメーションセンター (富津)  
〒293-8511 千葉県富津市新富20-1 日本製鉄 REセンター (富津) 内  
TEL 0439-80-2073

□ 情報戦略サポート部  
テクニカルインフォメーションセンター (尼崎)  
〒660-0891 兵庫県尼崎市扶桑町1-8 日本製鉄 尼崎研究開発センター内  
TEL 06-6489-5702

□ 人材育成サポート部 (大阪オフィス)  
〒541-0041 大阪府大阪市中央区北浜4-5-33 住友ビル7F  
TEL 06-6220-5320

■ 知的財産事業部

□ 東日本知的財産推進部  
〒293-8511 千葉県富津市新富20-1 日本製鉄 REセンター (富津) 内

□ 西日本知的財産推進部  
〒660-0891 兵庫県尼崎市扶桑町1-8 日本製鉄 尼崎研究開発センター内

□ 西日本知的財産推進部 (九州室)  
〒804-0001 福岡県北九州市戸畑区飛幡町2-1

ホームページアドレス <https://www.nstec.nipponsteel.com>

