

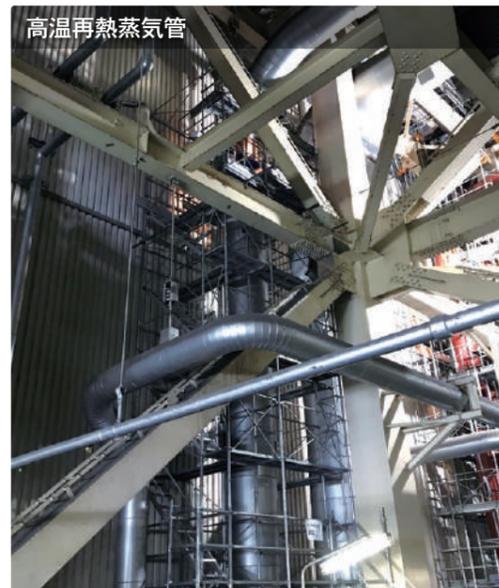
▶ **コンサル 余寿命評価**



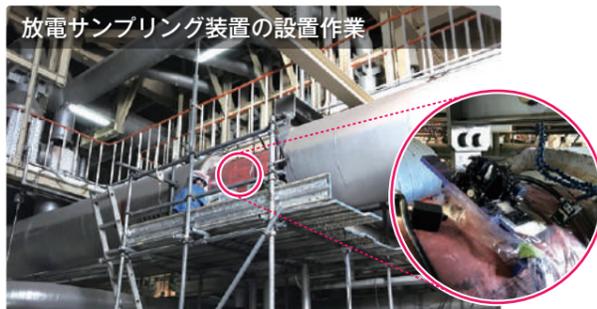
**R 電力中央研究所** × **KMT 神戸工業試験場**  
KOBE MATERIAL TESTING LABORATORY GROUP

神戸工業試験場は、一般財団法人電力中央研究所と余寿命評価ビジネスに関するアライアンス契約を締結いたしました。神戸工業試験場の持つミニチュア試験技術を主体とした要素試験技術と、電力中央研究所の持つ豊富な研究成果に裏打ちされた余寿命評価技術を融合させ、お客様に第三者機関としての立場から、より信頼性の高い余寿命診断を提供できます。

火力発電プラントは言うまでもなく、石油精製プラントのFCCなど、高温高圧下で使用される材料の余寿命評価に対応できます。

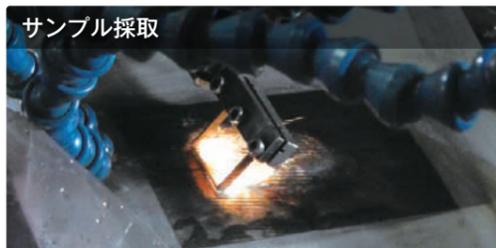


高温再熱蒸気管



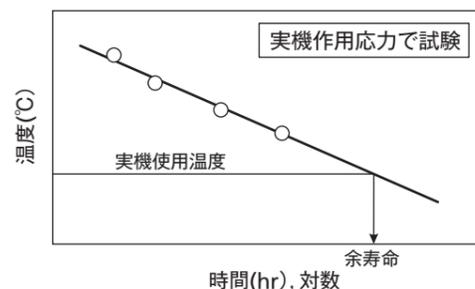
放電サンプリング装置の設置作業

ミニチュア試験片を用いた余寿命評価では、配管の局所から微小サンプルをサンプリングしますので、機器へのダメージを最小限に抑えることができます。



サンプル採取

1カ所のサンプリングに要する時間は、採取位置などによっても異なりますが、準備・据え付けも含めて概ね4~5時間です。



Iso Stress法によるクリープ余寿命算出の例



高温再熱蒸気管は、高温高圧(約600℃、約5MPa)の蒸気に曝されており、クリープ損傷が蓄積されています。機器の安全な運用のためにも、クリープ余寿命を的確に把握することが重要です。

**メリット!**

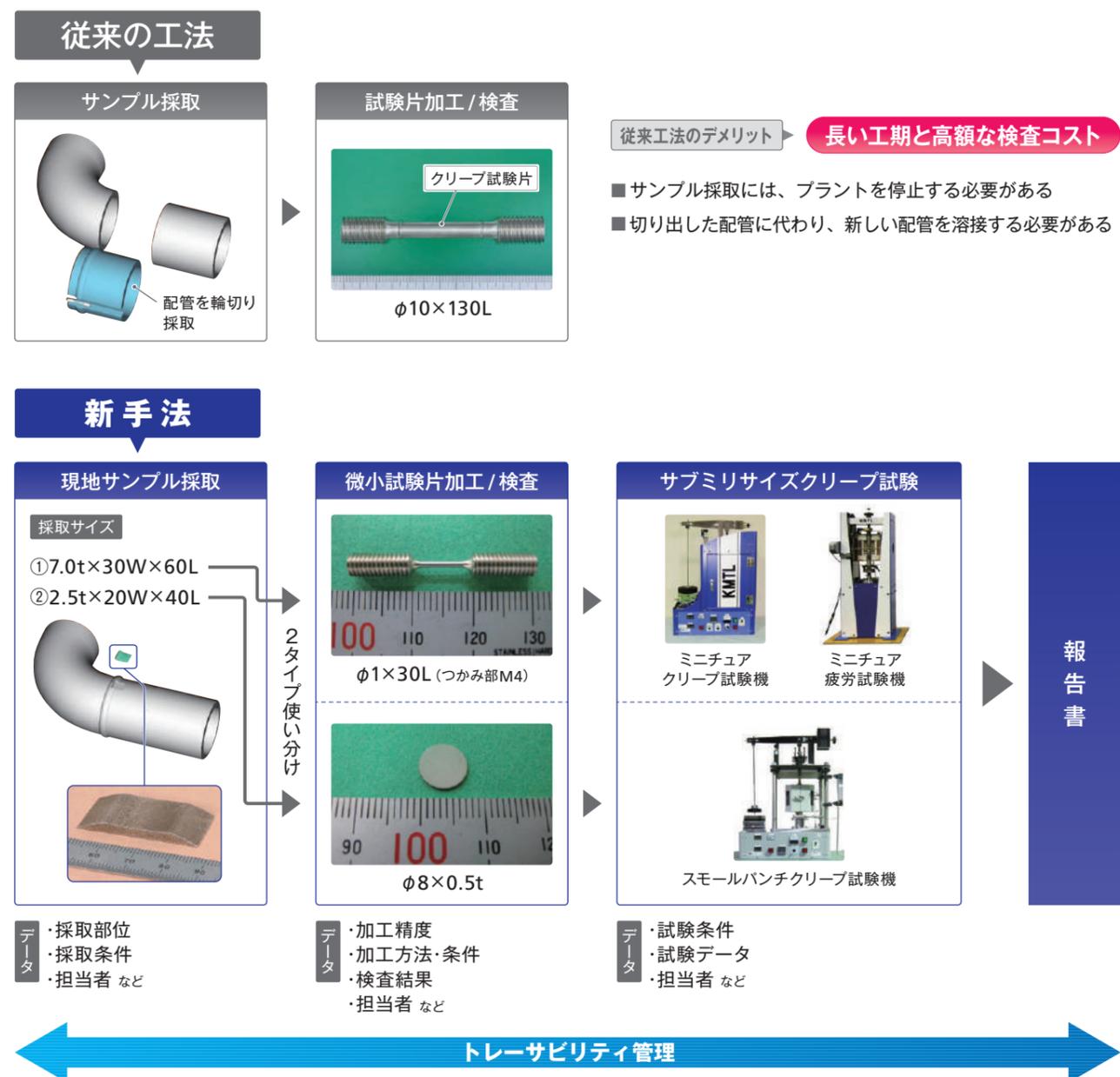
- プラントメーカーに依頼することに比べ、余寿命診断にかかるコストを大きく低減できます。
- 評価基準を明確にお伝えできるとともに、ニュートラルな立場から余寿命を診断できます。
- 余寿命評価に関するご相談だけでなく、損傷品の原因調査にも対応できます。

# 余寿命評価に必要なミニチュア試験サービス

我が国で利用されている発電プラントや石油化学プラントなどのインフラストラクチャは、その大半が高度経済成長期に新設されたものです。昨今、それらプラントの老朽化が進んでおり、今後10数年はプラント設備の余寿命を正しく評価した上での長寿命化へのニーズが高まってくると予想されています。

余寿命評価には、解析的手法・非破壊的手法・破壊的手法があります。データ精度の観点では、破壊的手法に軍配があがりますが、従来の破壊的余寿命評価では、プラントを停止して配管を裁断することでサンプルを採取し、代替配管部品を溶接して復旧するという長い工期と高額な検査コストが掛かる手法でした。この手法では、プラントの再立上げに多大な時間を要するため、従来工法に変わる評価技術の実用化が強く望まれてきました。

今回、当社が確立したミニチュア試験サービスでは、プラント配管等からのサンプル採取サイズを小さくし、プラントが操業状態のままでも定期検査を行える強みを保有しています。過年に渡る関係諸機関との開発と、データ蓄積・検査実績の積み上げにより、ミニチュア試験(ミニチュアクリープ試験、スモールパンチクリープ試験、ミニチュア疲労試験)の妥当性が確認され、ミニチュア試験サービスの正式提供が開始されました。



新手法のメリット ▶ **ミニチュア試験により、圧倒的な短納期と検査コストの低減が可能に**

# 余寿命評価に必要なミニチュア試験サービスの流れ

## ▶ 試料採取 放電サンプリング装置を用いた試料をプラント設備から直接採取

### ▶ 試料採取 放電サンプリング装置

- ▶ プラント実機等の大型部材から最小限のサンプルを採取し、部材の余寿命評価や欠陥等の性状調査を精度よく行うために開発した装置
- ▶ 実機への影響と調査に必要なコストを低減することが可能



日本国際特許番号	特許第3996182号
韓国特許登録番号	特許第10-0928498号
国際公開番号	WO 2007/105308

## ▶ 試験片加工 最小限のサンプルからミニチュア試験片を加工

### ▶ 試験片加工 ミニチュア試験片加工技術

- ▶ 湾曲したタービンブレードや溶接熱影響部からピンポイントで試験片を作製します
- ▶ それぞれの位置での素材の実力評価に寄与いたします



### ▶ 試験片自動研磨装置

- ▶ 試験片加工による表面残留応力を除去し、素材を適正に評価することが出来ます
- ▶ 航空機関連規格及びミニチュア試験片などで重要となってくる技術です

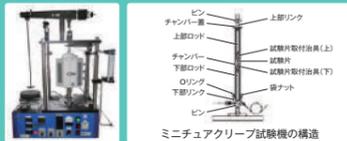


<特許状況>	
発明の名称	微小試験片研磨装置
日本国際特許番号	特許第4106071号

## ▶ 試験 独自開発したミニチュアクリープ試験機、スモールパンチクリープ試験機、ミニチュア疲労試験機を用いて試験

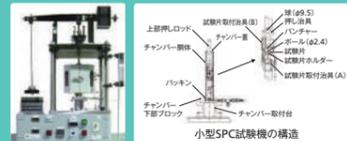
### ▶ 試験 ミニチュアクリープ試験機

- ▶ ミニチュア試験片を使用した単軸クリープ試験が実施可能です
- ▶ 高温下での酸化を避けるため、アルゴンガス雰囲気での試験を行います



### ▶ 試験 スモールパンチクリープ試験機

- ▶ SPC(スモールパンチクリープ)試験機を小型化し、テーブルサイズの試験機としました
- ▶ 厚さ0.5mm・直径8mmの1円玉より小さな試験片で多軸(等二軸)クリープ特性が得られます



### ▶ 試験 ミニチュア疲労試験機

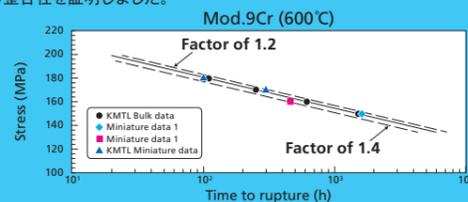
- ▶ ミニチュア試験片(評価部直径1.5mm・板厚3mm)で低サイクル疲労評価が可能です
- ▶ 標点間の軸ひずみ制御試験が可能です
- ▶ ミニチュア試験片取り直し補助の為、取付/加熱時の過負荷防止機構が存在します



## ▶ 評価 実機の余寿命評価や損傷原因調査に活用

### ▶ 評価 ラウンドロビン試験結果

- ▶ 複数試験機間とのラウンドロビン試験を行い、ミニチュア試験の再現性とバルク品との整合性を証明しました。



余寿命  
評価

各種プラントの  
信頼性・健全性確保

※現状、ミニチュアサイズの試験は規格に準拠しておりません。初回は、規格に定められたサイズの試験結果との比較を推奨します。  
※ミニチュア試験では、結晶状態(粒の大きさなど)が試験結果に大きな影響を与えます。状況によってはN増し確認が必要になります。

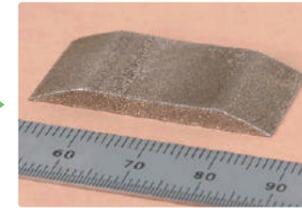
## ▶ 加工 放電サンプリング装置

弊社開発

診断部位の採取片は標準2.5t×20W×40Lのサイズです。配管の大きさにもよりますが、一般的に余肉(腐食代)範囲内でのサンプリング(設計必要肉厚を維持)を想定しており、採取後の補修肉盛りなどは不要なレベルでの試料採取が可能です。

本装置による試料採取技術は専門家からも高く評価されており、社団法人日本機械学会九州支部から日本機械学会九州支部賞、社団法人火力原子力発電技術協会九州支部から苅田記念賞を相次いで受賞しています。

## ▶▶ アウトプット例



- 可搬式のため、現地での試料採取が可能
- 実機形状に合わせた自由な位置での採取が可能
- 表面部位のすき取りにより、本体への影響を防止
- 試料の加工変形及び熱変形の影響を最小化

ポイント!

試料採取コストの低減

<仕様>

標準サンプリングサイズ 2.5t×20W×40L(サイズ変更可能)

## ▶ 試験 ミニチュアクリープ試験機

弊社開発

ミニチュアクリープ試験片専用の単軸クリープ試験機です。高温環境下で試験を実施する際、ミニチュアサイズですと表面の酸化影響層が影響し、結果のばらつきを生んでしまいます。そこで、高温環境下での酸化を防ぐため、アルゴンガス雰囲気での試験を行う設計となっています。

## ▶▶ アウトプット例



従来工法の試験片サイズ  
φ10×130L



新手法の試験片サイズ  
φ1×30L(つかみ部M4)



- ミニチュア試験片を使用した単軸クリープ試験が実施可能です
- 高温下での酸化を避けるため、アルゴンガス雰囲気での試験を行います

ポイント!

- 高温環境下での試験が可能
- 力学的にシンプルな単軸応力下での試験のため、より精度の高いクリープ特性が取得可能

<仕様>

型式	レバー式(1:5)
最大負荷容量	1kN
試験雰囲気	Arガス中

温度精度	300~1000°C±2°C
試験片	φ1.0mm
外観寸法	幅650mm×奥行330mm×高880mm

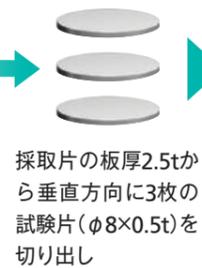
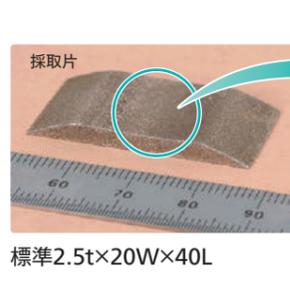
## ▶ 試験 スモールパンチクリープ試験機

弊社開発

スモールパンチクリープ試験は、微小試験の一種であり、1円玉より小さい試験片により多軸(正確には等二軸)クリープ特性を得るものです。実機部品は通常多軸応力状態にあります。この多軸応力状態が寿命にどのように影響し、評価すれば良いかを知ることは、余寿命評価を行う上で抑えておくべきファクターです。

当社試験機は、従来型試験機と比較してサイズが約1/10、重量が約1/5と世界最小・最軽量を誇っています。負荷方式はレバー式(重錘で負荷しレバーにて倍力する方法)となっており、試験片はチャンバー内に納められArガス雰囲気となります。変位計は負荷シャフトに2対取り付け、測定精度を向上させています。

### ▶▶▶ アウトプット例



- SPC(スモールパンチクリープ)試験機を小型化し、テーブルサイズの試験機としました
- 厚さ0.5mm・直径8mmの1円玉より小さな試験片で多軸(等二軸)クリープ特性が得られます

#### ポイント!

- コンパクトなテーブルサイズの試験機
- 実機の応力状態を考慮できる多軸応力下でのクリープ特性が取得可能

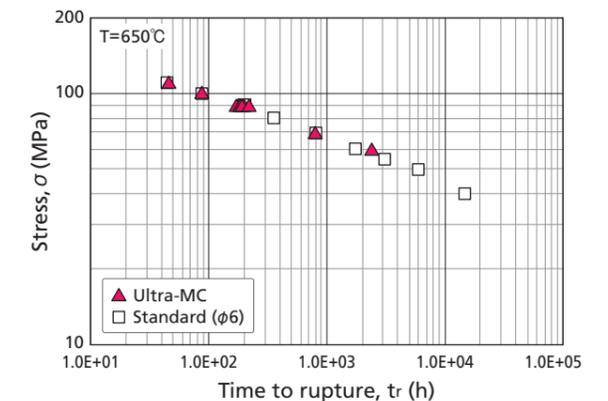
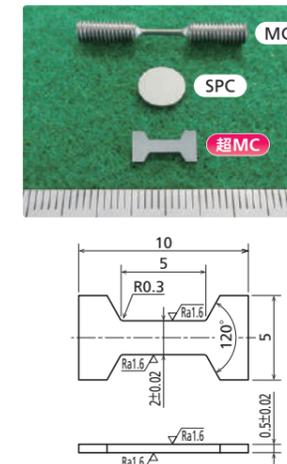
#### <仕様>

型式	レバー式(1:5)	温度精度	300~1000°C±2°C
最大負荷容量	1kN	試験片	φ8mm×t0.5mm
試験雰囲気	Arガス中	外觀寸法	幅650mm×奥行320mm×高880mm

## ▶ 試験 超ミニチュアクリープ試験機

弊社開発

ミニチュアクリープ試験機を改良し、新たに設計した試験片を用いることで、微小な薄板の単軸クリープ試験を実現しました。試験片形状は、長さ10mm、幅5mm、板厚0.5mmと、スモールパンチクリープ試験片と同等のサイズで、極めて少量のサンプリングしか許されない部材の単軸クリープ特性の評価が可能となりました。試験データも、標準サイズ試験片でのデータと何ら遜色はなく、放電サンプリング装置との組み合わせで、各種プラントのクリープ余寿命評価に革命をもたらす装置です。また、スパーサーを用いることで、試験片厚さ0.2~2.0mmまで対応可能です。



#### <仕様>

型式	レバー式	温度精度	300~1000°C±2°C
最大負荷容量	1kN	外觀寸法	幅650mm×奥行330mm×高880mm
試験雰囲気	Arガス中		

## ▶ 試験 ミニチュア疲労試験機

弊社開発

ミニチュア疲労試験片専用の疲労試験機です。条件付きですが、高温・真空環境下でのミニチュア疲労試験を実施することが可能です。

### ▶▶▶ アウトプット例



- 評価部直径1.5mmで低サイクル疲労評価が可能
- 発生応力を考慮してφ1.2mmまでサイズダウン可
- 試験片取付け/加熱時の過負荷防止機能付き

#### ポイント!

- 過負荷防止機能により、確実な試験実施が可能

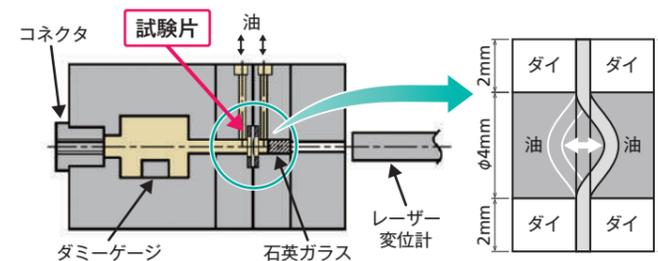
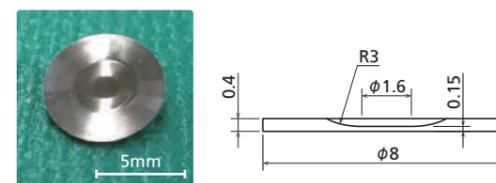
#### <仕様>

最大試験荷重	±1kN	最大ストローク	190μm
試験環境	大気中:室温~850°C / 真空中:室温~600°C	装置概略寸法	300mm×800mm×300mm
制御方式	大気中:変位制御(三角波、台形波) 真空中:荷重制御もしくは変位制御(三角波、台形波)		

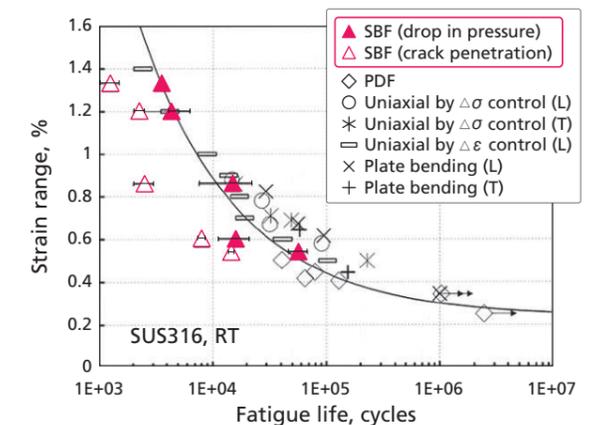
## ▶ 試験 スモールバルジ疲労試験機

弊社開発

φ8mm、板厚0.4mmで、中央に窪みを付与した微小ディスク試験片を用い、疲労特性を評価する試験機です。油を介して試験片に繰り返し負荷を与える機構で、一般的な軸疲労や曲げ疲労試験と同様の試験結果が得られています。局部や、サンプリング量の限られた部材の疲労特性の把握が可能です。



SBF試験装置の仕組み



#### <仕様>

設計圧力・温度	21MPa・常温	周波数	10Hz
負荷	両振り負荷	圧力媒体	作動油