

# NO. 5

# 金材技研

## 1981

# ニュース

科学技術庁

金属材料技術研究所

### ついに10万時間（11年半）を超える！ 高温機器の安全を見守る実測クリープ試験データ

このほどクリープ試験部は、約15年の歳月を費して10万時間を超える実測のクリープ試験データを得た。これは、わが国は勿論、データの量と質において世界に類のないものであろう。

図は、その一例で、市販の火力発電ボイラ用炭素鋼（板厚90mm）についての結果である。約11年半にわたる試験データは、図中に半年間隔でプロットされている。この図から、1時間当りの変形量がほぼ一定の値になるまでに、8年近くもかかることが初めて明らかになった。

時間がたつにつれて変形が進んでいくこのようなクリープ現象は、火力発電、原子炉、ガスタービン、石油化学プラントなどの高温高压環境下の金属材料に生じ、これら機器を損傷や破壊に導く危険な性質である。20～30年も使用する高温機器の安全性や信頼性の確立のために、当部ではこのような長時間データによる的確なクリープ損傷の評価やデータ解析法の研究を進めるとともに、これらの新しい長時間試験データは、クリープデータシートの増補版として発表していく予定である。

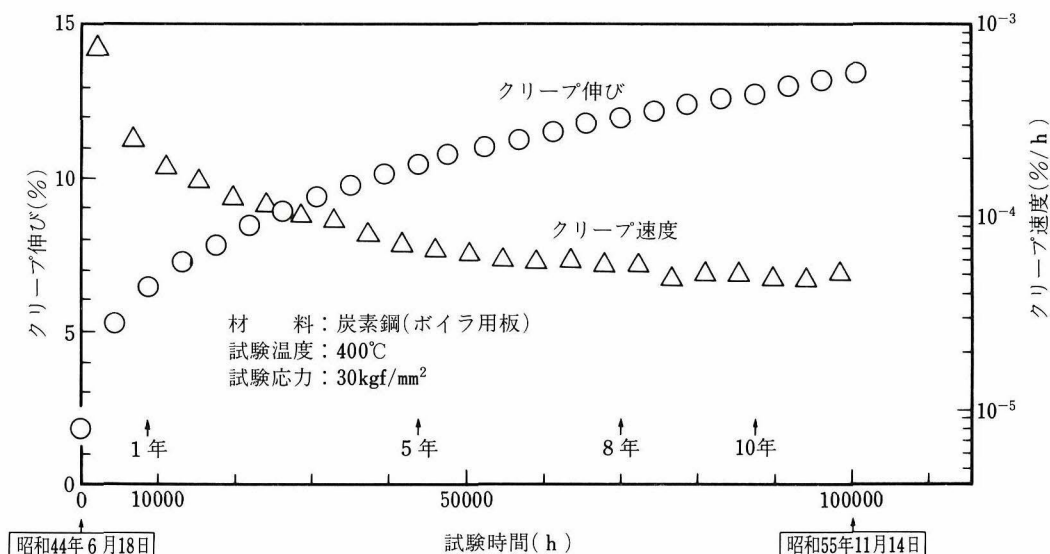


図 10万時間までのクリープ伸びとクリープ速度

## 熱を直接電気に変える耐熱材料

——電源コード不要の温風暖房機も可能に——

各種燃焼機器の廃熱を有効に利用することは、省エネルギー時代を迎えてますます重要になってきた。熱を直接電気に変換する熱発電材料は、機械的要素をもたないので熱を与えるだけで電力を取り出すことができるが、石炭や石油などの燃焼ガス中で直接使用するためには、i) 耐熱性と耐酸化性に優れ、ii) 重金属や有害物質を含んでいない無公害材料で、iii) 製造法が簡単で原料が安価であることが熱発電材料に要求される。

機能材料研究部では、実用的な熱発電材料を開発するために、遷移金属けい化物の熱電特性およびその製造法の研究を行っているが、資源が豊富な鉄とけい素の化合物である  $\text{FeSi}_2$  が、上述の条件をほぼ満していることを見出した。この化合物は  $\text{Bi}_2\text{Te}_3$  や  $\text{PbTe}$  などのカルコゲン化合物と比較して性能指数(熱発電材料の性能を評価する値)は1桁小さくて  $10^{-4}\text{K}^{-1}$  であるが、構造敏感性でないために低純度(98%以上)の原料でも十分な熱電性能を示すとともに、その製造法も簡単で、従来のセラミック技術がそのまま利用できる利点がある。

$\text{FeSi}_2$  は  $\text{Co}$  を添加すると  $n$  型に、 $\text{Mn}$  を添加すると  $p$  型になり、両者とも同一結晶構造なので、粒径が数  $\mu\text{m}$  の  $p$  型および  $n$  型材料の粉末を、それぞれU字型の各分枝になるように冷間プレスし、まず  $1423\text{K}$  において  $2\sim 3\text{h}$  真空焼結( $10^{-2}\text{Torr}$  以上)した後、 $1073\text{K}$  において  $30\text{h}$  大気中で熱処理する

ことにより、 $p$ - $n$  接合の熱発電素子を直接簡単に作ることができる。現在までに得られている最適な  $\text{FeSi}_2$  熱発電素子は、 $p$  型の  $\text{Fe}_{0.9}\text{Mn}_{0.1}\text{Si}_2$  と  $n$  型の  $\text{Fe}_{0.95}\text{Co}_{0.05}\text{Si}_2$  の組合わせで、この素子の単位重量当りの最大出力は温度差が  $700\text{K}$  のとき  $170\text{W/kg}$  である。

写真は、大きさ  $4\times 7\times 20\text{mm}^3$ 、重量  $2.8\text{g}$  のU字型  $\text{FeSi}_2$  素子を円形に48対配列した熱発電器の試作品で、この発電器で開放電圧  $7.7\text{V}$ 、最大出力  $3.8\text{W}$  が得られ、小型送風扇により  $4\text{m}^3/\text{min}$  の送風を行うことができる。

このような熱発電器の身近な応用例として、温風暖房機への利用を挙げることができる。現在一般家庭に普及している石油温風暖房機は、電源コードによって外部から電力の供給を受けて送風扇を廻しているので停電時には使用できず、また暖房機を自由に移動できないなどの不便があるが、燃焼熱を利用する熱発電器を石油の燃焼器の周辺に取り付けて送風扇の電源とすれば、外部から電力を供給する必要がなくなる。図に電源コード不要の温風暖房機の構造を示す。この暖房機用電源として用いている熱発電器の冷却板は一次熱交換器に兼用していて、冷却効果を高めると同時に、熱発電器から逃げる熱を有効に利用する構造となっており、この熱発電器を備えた温風暖房機の実用化も間近にせまっている。

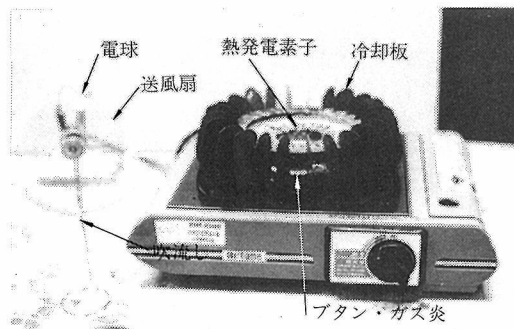


写真  $\text{FeSi}_2$  素子を用いた熱発電器試作品

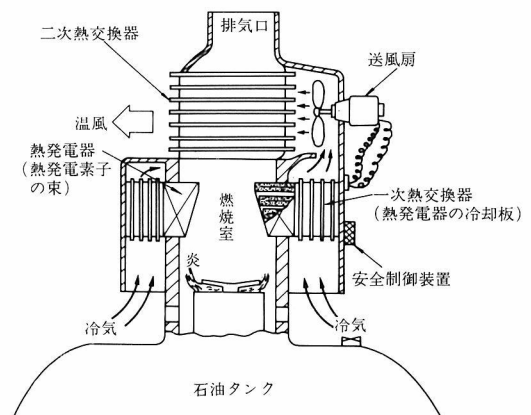


図 電源コード不要の温風暖房機

## イオンビーム照射下におけるクリープ試験の重要性

現在、発電用原子炉は軽水炉が主流を占めているが、ウラン資源の存在量は十分とはいえないので、将来軽水炉に代わるものとして、高速増殖炉や核融合炉が期待され、その開発研究が世界各国で盛んに行われている。核分裂や核融合反応によって原子炉や核融合炉の炉心で大量に発生した中性子は、炉心の構造材料と反応して材料を劣化させ、その使用寿命を縮める。とくに核融合炉では、材料のこのような照射損傷が炉の成立を左右する鍵になるとさえいわれており、中性子照射によって損傷しにくい新材料を開発する必要がある。このためには試験手段として中性子照射が必要であるが、これにはつぎのような多くの困難がある。

- (1) 照射試験用原子炉の建設費は非常に高い。
- (2) 中性子照射そのものに年単位の長時間を要し、実験費用も巨額になる。
- (3) 実験条件の正確な制御が難しい。

従って、中性子照射の場合と同じような効果を生じる簡便な加速試験法があれば極めて有効である。中性子照射試験には、(1)高温強度や照射脆化試験のように照射後に試験すればよいものと、(2)照射クリープのように照射しながら試験しなければならないものの、2種類があるが、後者の試験は実験技術上非常に難しく、現在限られた数の試験しか行われていないので、今後とくに力を入れていかなければならない分野である。

クリープとは高温で材料に力をかけたときに、変形がゆっくり進行する現象である。高速増殖炉や核融合炉の炉心構造材料としてもっとも有望視されているステンレス鋼では、このクリープ現象は約500℃以上で起きるが、高温でのみ起きるので照射によって起きる照射クリープと区別して、熱クリープと呼んでいる。照射を行うと熱クリープが加速されるだけでなく、通常はクリープが起きない300～500℃の低温においても顕著な歪が生じて、

応力が低い場合には変形の主要な原因になる。したがって照射クリープは炉の寿命を決める重要な因子の一つとして注目されている。

原子炉材料研究部では、中性子照射によるクリープ現象をシミュレートするために、プロトン（水素イオン）照射による試験計画を提案中である。照射クリープ実験は、熱クリープ実験に比較して、試験片の小型化、強制冷却、温度制御、歪測定などの点で技術上桁違いの困難を伴うので、表に示したように世界的に見ても数ヶ所で行われているに過ぎない。当研究所の計画では、プロトンのエネルギーは他所と同程度であるが、ビーム電流値は最高となっており、材料照射専用として照射クリープ試験を中心に実施することによって、100～1000 hの照射クリープ試験を実現したいと考えている。照射線量はビーム電流値と照射時間の積に比例するので、世界最高の照射線量を達成することが可能である。日本では、まだ照射クリープ試験を実施しているところはない。日本原子力研究所で計画中のものがもっとも進んでいるが、ビーム電流値及び加速器の利用可能時間からみて、照射線量を高めることは難しいと思われる。

核融合反応に特徴的な14MeVの中性子を発生できる照射施設は極めて限られている。提案中の照射試験施設は、核融合炉内の中性子照射環境のシミュレーションという点からも有力であり、核融合炉用新材料の開発に偉力を発揮するものと期待している。

表 世界における軽イオンビームによる照射クリープ試験の実施状況

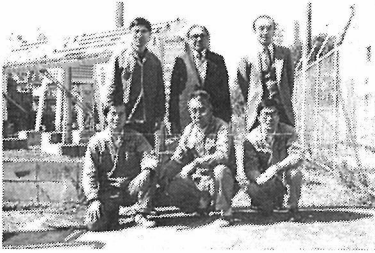
国名	機 関 名	加速器の種類	イオン種	エネルギー (MeV)	ビーム電流値 (μA)	試験片厚さ (μm)
英	AERE Harwell	バンデグラフ	p	4	10	25
米	ORNL	サイクロトロン	$\alpha$	60	10	75-125
独	KFA Jülich	サイクロトロン	d	10	20	50
米	HEDL	サイクロトロン	p	15	15	127
米	NRL	サイクロトロン	d $\alpha$	22 70	2.7 2.7	380
日	金材技研(計画中)	サイクロトロン	p	16	50	100-200

P：軽水素、d：重水素、 $\alpha$ ：ヘリウム

## 金 材 技 研 滞 在 記

Dr. Y.N.Trehan, Assistant Director  
National Metallurgical Laboratory  
Jamshedpur, India

外国人専門家に対する科学技術庁外国人研究者招へい制度により、6ヵ月にわたり私を招へいして下さった科学技術庁及び金属材料技術研究所の当局にお礼申し上げます。また、荒木所長、鈴木腐食防食研究部長をはじめ腐食部の各位が日本において私を歓待され、私の研究のために施設を提供されたことに対して感謝しております。



私は妻とともに1980年9月24日に成田空港に着き、鈴木部長と黒沢氏の手厚い出迎えを受けました。こちらの様子もハッキリと判らなかったもので、私と妻はしばらくの間アジア会館に宿泊し、その間に腐食部の福島氏に適当なアパートを探してもらい、また、腐食部の皆様の絶大なご尽力により、快適な生活を過ごすのに必要な家具什器のほとんどすべてを用意していただきましたので、10月1日にそこに移転しました。

研究所では広い事務室と優れた設備・器具が供され、鉄鋼の大気腐食に関する研究と合わせて、私の専門の一つであるアルミニウムのアノード酸化による大気腐食の防止の研究を進める上に好都合でした。それゆえ、短時間で有益な結果を得ることができました。

滞在期間中、金材技研と共同研究で大気暴露試験を行っている日本ウェザリングテストセンター、海洋

科学技術センターをはじめ、筑波学園都市にある金材技研の支所、化学技術研究及び製品科学研究所の他、民間企業等も訪問し、新しい設備、施設等を見学することによって知見をひろめることができました。個人的には関西地方への旅を試み、日本の歴史と宗教的伝統の価値を認識しました。

金材技研は最新の優れた装置を沢山備えていますが、なかでも私はつぎの機器に興味をもちます：クリープ、疲れ試験機、走査電子顕微鏡、EPMA、オージェ電子分光計、塗装金属用高抵抗ポテンシオスタット、微視孔径分布測定器、ウルトラミクロトーム、応力腐食割れ装置その他。これらは高度に資格のある研究者達によって使用されています。

研究者達は非常に熱心に働き、部屋と実験台の掃除から試験片の作製ないし複雑な実験にいたるまで総てを自ら処理しており、私達もお手本とすべきでしょう。彼らは関連の学協会の活動にも積極的に参加し、協会側からの信頼と感謝を受けております。

腐食部の仕事は大変高度の水準にあり、世界的に認められています。約25年前に創立されてから、金材技研は多くの工業的課題を解決してきました。そして開発研究の中にはすでに工業化されたものもあります。339人の研究者と128人のその他の職員の比率は適正と考えられます。

過去数年にわたり、金材技研と私どもの研究所(NML)との間に、金属及び合金の大気腐食の研究に関して活発な共同研究を行っています。この研究の成果は新しい防食材料の開発に役立つものと期待されています。今後とも両研究所の間に活発な共同活動が続けられ、協力が他の研究分野にも展開してゆくことを切望してやみません。

最後に、金材技研では上級の研究者達でさえ、研究報告の執筆や清書用のタイプに時間をさいているようですが、このような仕事は秘書が分担したらよいと思われます。そうすることによって、研究者達はすべての時間を実験に費やすことができるでしょう。

### ◆短 信◆

#### ●海外出張

佐々木靖男 非鉄金属材料研究部第3研究室長  
「金属－水素システム」に関するマイアミ国際シンポジウム及び国際組織委員会に出席のため、昭和56年4月12日から昭和56年4月23日までアメリカ合衆国へ出張した。

#### ●人事異動 昭和56年4月3日付

配置換 管理部長 保坂彬夫（科学技術庁長官官房付）

昇 任 松原伸一（管理部長）科学技術庁原子力安全局原子力安全課長

通巻 第269号

編集兼発行人 吉 沢 慎 介  
印 刷 株式会社三 興 印 刷  
東京 都 新宿 区 信濃 町 1 2  
電話 東京(03)359-3811(代表)

発 行 所 科学技術庁金属材料技術研究所

東京都目黒区中目黒2丁目3番12号  
電話 東京(03)719-2271(代表)  
郵便 番 号 1 5 3