

# フリージングパックを利用した冷熱衝撃試験機 による簡易水浸型温度変化試験（第2報）

宮本博永・中込広幸・布施嘉裕・保坂秀彦・望月威夫

## Easily Available Thermal Cycling Test for the Sample Soaked into Water Using Thermal Shock Equipment by Freezer Packs (2nd Report)

Hironaga MIYAMOTO, Hiroyuki NAKAGOMI, Yoshihiro FUSE, Hidehiko HOSAKA and Takeo MOCHIZUKI

### 要 約

最近の信頼性評価においては、製品が実際に使用される環境を忠実に再現したストレス負荷が求められており、既存の設備では目的に対応する試験の実施が困難な場合が増えてきている。それら課題の一つを解決するため、第一報において、フリージングパックを利用した簡易水浸型温度変化試験を提案した。本報では、利便性等の向上を図るため供試体温度制御との組み合わせによる発展的な簡易水浸型温度変化試験方法を提供する。本試験方法により、温度条件の事前検討が不要になるだけでなく、連続サイクル試験の安定性の向上が図られることを確認した。

### 1. 緒 言

最近の信頼性評価においては、製品が実際に使用される環境を忠実に再現したストレス負荷が求められており、既存の設備では目的に対応する試験の実施が困難な場合が増えてきている。

第一報<sup>1)</sup>では、水に浸した状態の供試体に対し、温度サイクル負荷を短時間で与えるという試験を実現するため、フリージングパックを利用した簡易水浸型温度変化試験を提案した。本試験方法は、簡易に実施できることはもちろん、低コストかつ管理性・拡張性に優れる。しかし一方で、試験前の各種条件設定において経験的な予測や予備試験が必要となる点に課題があった。

そこで、本報ではフリージングパックを利用した簡易水浸型温度変化試験に供試体温度制御を組み合わせる新たな試験方法について検討した。

### 2. 実験方法

#### 2-1 簡易水浸型温度変化試験の概要

簡易水浸型温度試験方法は、供試体を市販フリージングパックに封入したものを冷熱衝撃試験機に配置し、空気との熱交換により温度変化を与える仕組みとなっている。その実際の試験写真と模式図を図1、2に示す。



図1 フリージングパックを利用した簡易水浸型温度変化試験（冷熱衝撃試験機の槽内に供試体を取り付けた保持具を配置した様子）

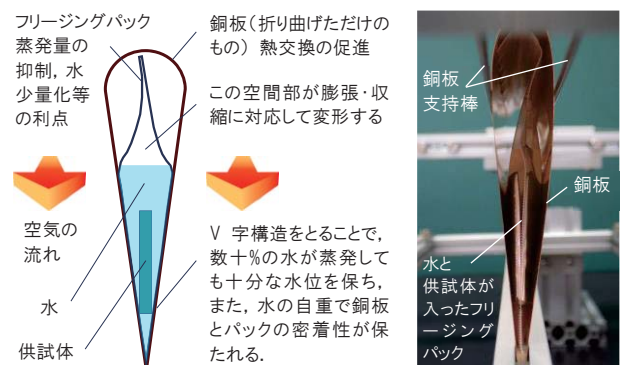


図2 フリージングパックを利用した簡易水浸型温度変化試験の模式図と供試体投入例

環境試験機の槽内温度を制御することで温度プロファイルを作成し試験を実施する方法から、供試体の温度を制御することによりそれらを行う方法を試みるが、そのためには、図3に示す構成の装置を用いた。

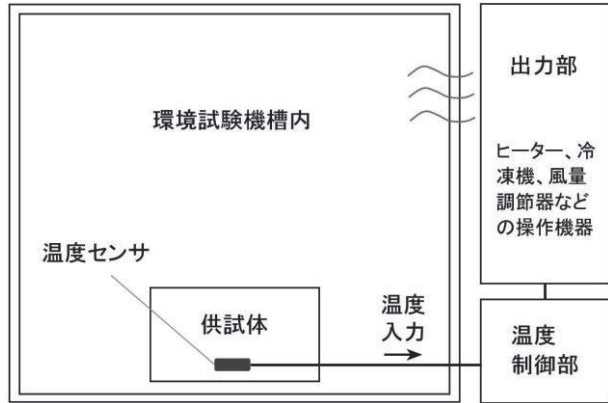


図3 簡易水浸型温度変化試験における供試体温度制御の構成例

本報では、エスペック製の冷熱衝撃試験機 TSA-301L-W に熱電対による供試体温度制御機能を付加し、試験に利用した。その様子を図4に示した。



(a) 冷熱衝撃試験機 TSA-301L-W の槽外に付設した温度センサ入力端子と槽内への配線



(b) 槽内における温度センサ（熱電対）の取付け例

図4 供試体温度制御の適用例

## 2-2 評価試験の条件

連続試験の安定性を評価するため表1による実験を行った。なお、供試体としてアルミ板を用い、また温度条件は水の凍結状態を含むサイクルとした。

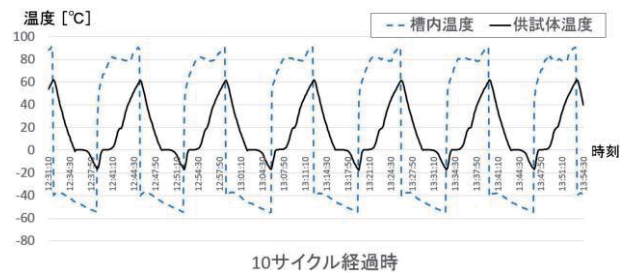
表1 連続安定性評価のための実験条件

温度条件	供試体温度で $-20^{\circ}\text{C}$ 、 $60^{\circ}\text{C}$ の繰返しサイクル
フリージングパック仕様	材質: ポリエチレン サイズ: $90 \times 140\text{mm}$ , $t=0.7\text{mm}$ (一般Sサイズ相当)
銅板サイズ	サイズ: $200 \times 160\text{mm}$ , $t=0.3\text{mm}$ ※)これを二つ折りにして使用
水量	30ml
供試体	1円玉 (材質: アルミ, サイズ: $\phi 20\text{mm}$ , $t=1.5\text{mm}$ )
環境試験機	冷熱衝撃試験機 エスペック製 TSA-301L-W ※)供試体温度制御機能を付加
温度制御用熱電対	高応答性 K熱電対 (先端厚さ $t=0.04\text{mm}$ , 元線 $\phi=0.1\text{mm}$ )

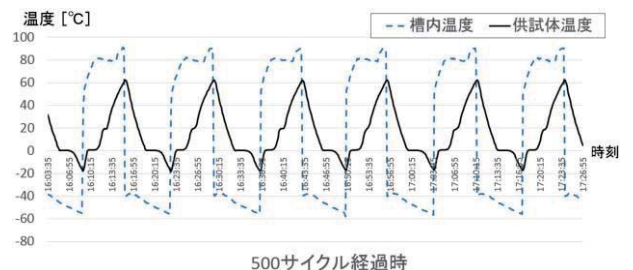
## 3. 結果

### 3-1 評価試験の結果

図5に実験結果として、槽内温度と供試体温度の時間変化を示した。500 サイクル経過時も安定して低温側  $-20^{\circ}\text{C}$ 、高温側  $60^{\circ}\text{C}$  の温度プロファイルが再現されていることがわかる。500 サイクル経過後の水量は  $28.01\text{ ml}$  (初期値の  $30\text{ ml}$  より  $6.7\%$  減少) で、フリージングパックもある程度の劣化が進んでいた (白っぽい変色と硬化<sup>1)</sup>)。



10サイクル経過時



500サイクル経過時

図5 連続安定性評価のための実験結果

1 サイクルに要した時間は、10 サイクル経過時で 13 分 36 秒、500 サイクル経過時では 13 分 42 秒と 6 秒ほどの差があった。1 サイクルに要する時間は、蒸発による水量の減少やフリージングパックの劣化、あるいはフリージングパック—銅板間の接触面積の変化、その他冷熱衝撃試験機の状態等（霜付き等）により変化するが、供試体温度制御との組み合わせにより、これらの変化に追従して安定的に試験が実施できることを確認した。

### 3-2 本法の実施手順

第一報<sup>1)</sup>及び本報により実施した研究の総括として、最終的に決定した本法「フリージングパックを利用した簡易水浸型温度変化試験」の実施手順及び注意点等について説明する。

次の①～⑤の項目を順に実施することにより試験を行う。

#### ① 試験に必要な材料等の準備

図 6 のとおり、供試体のほかフリージングパック、銅板及び水を用意する。フリージングパックと銅板のサイズは供試体サイズに合わせて任意に選択することができるが、水の量を少なくすることで試験時間を大幅に短縮できることから、必要最低限のサイズを選択するとよい。

環境試験機については、当センターの設備が利用できる。

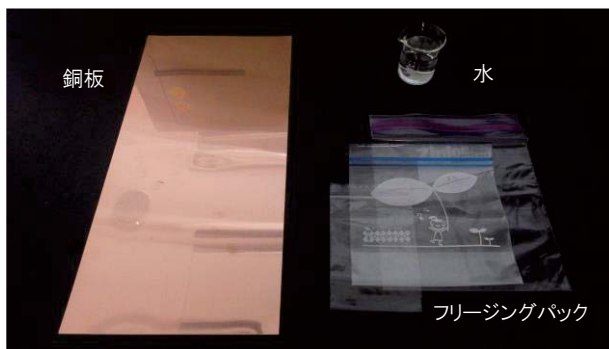


図 6 試験に用意するもの

#### ② フリージングパックへの供試体の封入

供試体には温度制御用の熱電対が取り付けられる。この時、図 7 のように供試体の上下方向の中央部に熱電対を取り付けることが望ましい。水温が高温から低温に移行しているときは、低温の水が下部に沈降し自然対流が起りにくいため、上下方向に温度勾配が形成される。中央部の温度を利用することにより、供試体の上部・下部の温度差を平均化させた値で温度制御することができ、供試体全体に対しては最も均等な温度負荷を与えることができる。

なお、フリージングパックのチャック部は配線をした

まま封止することが可能である。ただし、配線直径の大きさによっては試験の途中でチャック部が開いてしまう恐れがあるため注意が必要である。



図 7 フリージングパックへの供試体の封入例

#### ③ 銅板へのセット

図 8 のように、銅板を折り曲げてフリージングパックを包み込む。フリージングパックの下端を銅板で少し挟んだ状態にするとよい。また、フリージングパック中の空気を事前に取り除いておくと包み易い。

作業中、フリージングパックに余分な折目が付かないように気をつけること。銅板との接触面積が減少し、熱伝導性が低下してしまうためである。

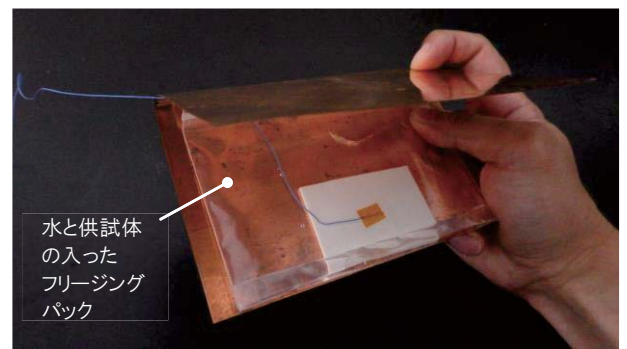


図 8 銅板による包み込み

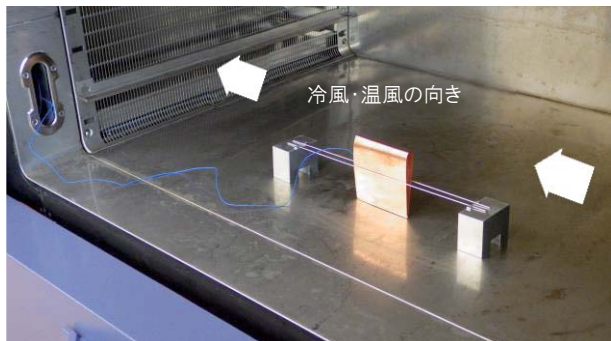
#### ④ 環境試験機の槽内への配置

最後に③で作製したフリージングパックを包んだ銅板を環境試験機の槽内に配置する。図 9 (a) は 2 本の銅板支持棒により配置した例である。必ず銅板の面が空気の流れと並行になるように配置するとともに、傾かないよう真っ直ぐな状態に固定することが重要である。また図 9 (b) のように、銅板支持棒が開閉方向と上下に可動する（異なる銅板サイズに対応できる）保持具を別途用意するのもよい。

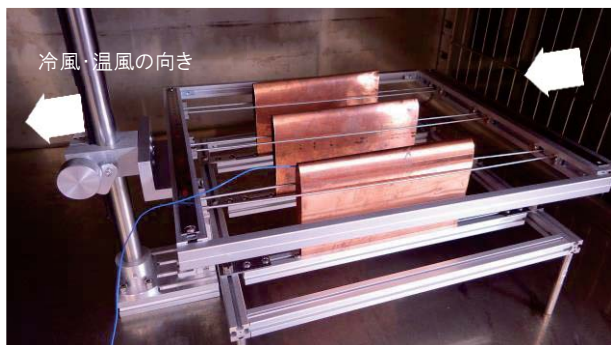
その他、複数銅板を配置する場合は他の銅板の風下側（後流側）に配置せず、他銅板と隣り合うよう並列に配

置する(図 9 (b) 参照)。気体との熱伝達を促進するためである。

なお、①～④の作業は短時間で済ませることができ、慣れれば2,3分程度で行うことができる。



(a) 環境試験機の槽内への配置例



(b) 銅板保持具と複数供試体の配置例

図9 環境試験機の槽内への配置例

#### ⑤ 試験の実施等

温度条件の設定時においては、フリージングパックの使用限界温度が100℃近辺にあることを考慮する。一方で、80℃前後の設定温度であっても保持時間を長く設定した場合は、水の蒸発速度が早くなるため、試験中に水位が供試体を下まわらないよう注意が必要である。

また、フリージングパックは使用とともに劣化してしまうため交換が必要となる<sup>1)</sup>。交換は600～900サイクル毎(温度条件による)に行うとよい。

その他、複数の銅板(供試体)を槽内に配置する場合で、槽内空間の温度制御精度のよい環境試験機(市販機など)が利用できる場合は、代表の1サンプルの温度を参照し温度制御を行えば十分である。

## 4. 結言

本報で提案した簡易水浸型温度変化試験に供試体温度制御を組み合わせた新たな試験方法は、連続試験を行う上で非常に有用な方法であることがわかった。水量や銅

板サイズ等の違いによる試験温度条件の事前検討が不要になるだけでなく、試験中の水蒸発による水量の減少、フリージングパックの物性の変化等にも追従し、安定した試験の実施が可能となった。

最後に、本試験方法の利用が当センターにおいて既に可能であるが、冷熱衝撃試験機の設備利用料のみで必要な保持具等も利用することができる。ご希望の方は、是非お気軽に当センターまでご連絡いただきたい。

## 参考文献

- 1) 宮本博永, 中込広幸, 布施嘉裕, 油井誠志, 望月威夫: フリージングパックを利用した冷熱衝撃試験機による簡易水浸型温度変化試験, 山梨県工業技術センター研究報告, No.30, pp.76-81 (2016)