

JAERI-M

9100

海洋処分に備えた多重構造廃棄物パッケージの  
高水圧試験 (II)

1980年9月

関 晋・比佐 勇・大内 康喜・伊藤 彰彦  
和達 嘉樹・天野 恕・丸山 享・佐藤 元昭  
高橋 孝三・進士 義正・三戸 規生

この報告書は、日本原子力研究所が JAERI-M レポートとして、不定期に刊行している研究報告書です。入手、複製などのお問い合わせは、日本原子力研究所技術情報部（茨城県那珂郡東海村）あて、お申しこしください。

JAERI-M reports, issued irregularly, describe the results of research works carried out in JAERI. Inquiries about the availability of reports and their reproduction should be addressed to Division of Technical Information, Japan Atomic Energy Research Institute, Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki-ken, Japan.

海洋処分に備えた多重構造廃棄物パッケージの高水圧試験(II)

日本原子力研究所東海研究所 環境安全研究部

関 晋<sup>+</sup>・比佐 勇<sup>+</sup>・大内康喜<sup>+</sup>・伊藤彰彦<sup>+</sup>  
和達嘉樹<sup>++</sup>・天野 恕<sup>++</sup>・丸山 享<sup>++</sup>・佐藤元昭<sup>+++</sup>  
高橋孝三<sup>+++</sup>・進土義正<sup>+++</sup>・三戸規生<sup>+++</sup>

(1980年 8 月 29 日受理)

低レベル放射性廃棄物の海洋処分に備えて、200ℓ大多重構造パッケージを高圧水槽中で加圧し、海洋処分された場合の健全性について調べた。試験の結果、パッケージには安全上問題となるような変化は生じなかった。

- 
- + ) 大洗研究所材料試験炉部
  - ++ ) 東海研究所保健物理部
  - +++ ) 大洗研究所管理部

Integrity Test of Multi-Stage Design Packages of  
Radioactive Wastes for Sea Disposal

Susumu SEKI, Isamu HISA<sup>+</sup>, Kouki OUCHI, Akihiko ITO,

Yoshiki WADACHI, Hiroshi AMANO, Toru MARUYAMA<sup>++</sup>,

Kozo TAKAHASHI<sup>+++</sup>, Yoshimasa SHINJI<sup>+++</sup> and Norio MITO<sup>+++</sup>

Division of Environmental Safety Research,  
Tokai Research Establishment, JAERI

(Received August 29, 1980)

For sea disposal of the low-level radioactive wastes, full size (200 l) multi stage design packages were pressurized in a pressure vessel for examination of integrity in the case of sea dumping. As the results, no appreciable damage of the packages that would give rise to controversy in safety were observed.

Keywords: Multi-stage Design Package, Radioactive Waste, Integrity Test,  
Sea Disposal, Hydrostatic Pressure, Ingress of Water, Leak Path

- 
- + ) Division of JMTR Project, Oarai Research Establishment, JAERI
  - ++ ) Division of Health Physics, Tokai Research Establishment, JAERI
  - +++ ) Division of Administrative Services, Oarai Research Establishment, JAERI

## 目 次

1. 緒 言.....	1
2. 試験方法.....	1
3. 結果と考察.....	2
4. 結 言.....	3
文 献.....	3

## Contents

1. Introduction .....	1
2. Experimental Methods .....	1
3. Result and Discussion .....	2
4. Conclusion .....	3
References .....	3

## 1. 緒 言

海洋処分用放射性廃棄物パッケージに関し、OECD/NEAが定めたガイドライン<sup>1)</sup>があり、それには均一固化パッケージと多重構造パッケージが示されている。わが国では、セメント均一固化パッケージについて、放射性廃棄物の廃棄に関する技術的基準<sup>2)</sup>がまとめられている。また試験的海洋処分の事前安全評価の一環として、海洋処分用低レベルセメント均一固化体について、日本原子力研究所、<sup>3),4)</sup> 電力中央研究所、<sup>5),6)</sup> 海洋科学技術センター<sup>7)</sup>は各種の安全性試験を行ってきた。著者等は日本原子力研究所東海研究所に設置された実大固化体高圧RI浸出試験装置<sup>8)</sup>を使い、セメント均一固化体及びパッケージが高水圧下で、廃棄物の保持能力を構造上損うことがないかどうかを調べるための健全性試験及び放射性核種(<sup>137</sup>Cs, <sup>60</sup>Co)の浸出性試験を行った。

本報告書は、上記装置を使用した200ℓ多重構造パッケージ(D-50型パッケージ)の高水圧試験について述べるものである。パッケージの破損を防ぐための均圧機構としては、次の4種<sup>1)</sup>がある。即ち、(1)ベントチューブ、(2)逆止弁、(3)破裂板、(4)水みち、である。本報告で実験に供したパッケージは、水みちを備えたものである。水みちとは、あらかじめ製作されている容器胴体部とキャッピング部の後打コンクリートとの間に、コンクリートが固化する時の収縮によって生じる多孔部分である。固化体に外水圧が加わるにしたがい、高圧水が水みちを通して内部に浸入し、内外圧の差が大きくなるようにするため、高水圧によるパッケージの破壊は避けられる。

## 2. 試 験 方 法

### 2.1 試験材料

多重構造パッケージは現在原研で使用しているD-50型のもの(以下D-50パッケージと呼ぶ)を用いた。供試体の形状及び寸法をFig. 1に示す。セメントは普通ポルトランドセメントを、骨材には最大寸法25mm以下の川砂(茨城県久慈川産)を用いた。Table 1に配合及び圧縮強度を示す。

D-50パッケージはFig. 1に示したように、ドラム缶に厚さ5cmのコンクリート内張を施したものである。本試験に使用したパッケージの内容物は、軽量コンクリート、プレスしたウェス、アスファルトおよびアスファルトと砂を1:1で混合したものの4種を使用した。

### 2.2 高水圧試験

パッケージの健全性試験として、実大固化体高圧RI浸出試験装置を用いた高水圧試験を行った。Table 2に試験番号、パッケージの内容物および推定ボイド容積を示す。パッケージへの加

## 1. 緒 言

海洋処分用放射性廃棄物パッケージに関し、OECD/NEAが定めたガイドライン<sup>1)</sup>があり、それには均一固化パッケージと多重構造パッケージが示されている。わが国では、セメント均一固化パッケージについて、放射性廃棄物の廃棄に関する技術的基準<sup>2)</sup>がまとめられている。また試験的海洋処分の事前安全評価の一環として、海洋処分用低レベルセメント均一固化体について、日本原子力研究所、<sup>3),4)</sup> 電力中央研究所、<sup>5),6)</sup> 海洋科学技術センター<sup>7)</sup>は各種の安全性試験を行ってきた。著者等は日本原子力研究所東海研究所に設置された実大固化体高圧RI浸出試験装置<sup>8)</sup>を使い、セメント均一固化体及びパッケージが高水圧下で、廃棄物の保持能力を構造上損うことがないかどうかを調べるための健全性試験及び放射性核種(<sup>137</sup>Cs, <sup>60</sup>Co)の浸出性試験を行った。

本報告書は、上記装置を使用した200ℓ多重構造パッケージ(D-50型パッケージ)の高水圧試験について述べるものである。パッケージの破損を防ぐための均圧機構としては、次の4種<sup>1)</sup>がある。即ち、(1)ベントチューブ、(2)逆止弁、(3)破裂板、(4)水みち、である。本報告で実験に供したパッケージは、水みちを備えたものである。水みちとは、あらかじめ製作されている容器胴体部とキャッピング部の後打コンクリートとの間に、コンクリートが固化する時の収縮によって生じる多孔部分である。固化体に外水圧が加わるにしたがい、高圧水が水みちを通して内部に浸入し、内外圧の差が大きくなるようにするため、高水圧によるパッケージの破壊は避けられる。

## 2. 試 験 方 法

### 2.1 試験材料

多重構造パッケージは現在原研で使用しているD-50型のもの(以下D-50パッケージと呼ぶ)を用いた。供試体の形状及び寸法をFig. 1に示す。セメントは普通ポルトランドセメントを、骨材には最大寸法25mm以下の川砂(茨城県久慈川産)を用いた。Table 1に配合及び圧縮強度を示す。

D-50パッケージはFig. 1に示したように、ドラム缶に厚さ5cmのコンクリート内張を施したものである。本試験に使用したパッケージの内容物は、軽量コンクリート、プレスしたウェス、アスファルトおよびアスファルトと砂を1:1で混合したものの4種を使用した。

### 2.2 高水圧試験

パッケージの健全性試験として、実大固化体高圧RI浸出試験装置を用いた高水圧試験を行った。Table 2に試験番号、パッケージの内容物および推定ボイド容積を示す。パッケージへの加

圧は、深海 5,000 m に相当する圧力  $500 \text{ Kg/cm}^2$  まで上昇させ、その状態を 30 分ないし 1 時間保持した。そして、高水圧下でパッケージ内にどのくらい水が入るかを知るため、試験前後にパッケージの重量を測定した。また、水みちの作動の影響を知るため、高圧水槽内の圧力変化を記録した。

### 3. 結果と考察

高水圧試験は、実際の海洋投棄を模擬して、パッケージのドラム缶蓋を外ずした状態で行った。高水圧試験で記録した各パッケージに加えた圧力と時間との関係を Fig. 2 に示す。Table 2 に高水圧試験前後の供試体の重量を示す。Fig. 2 及び Table 2 から分るとおり、パッケージに水みちが生じ、高圧水がパッケージ内に浸入している。しかし、水みちが生じた圧力（外水圧）は一定していない。

Fig. 2-a) に見られるように、T-1 の場合、水圧が  $220 \text{ Kg/cm}^2$  から  $120 \text{ Kg/cm}^2$  まで一旦降下し、再び上昇している。増圧機は水圧降下中にも作動しているので、これを考慮に入れると、増圧機が作動しない場合は  $155 \text{ Kg/cm}^2$  の水圧降下があったものと図上から推定できる。このことから T-1 パッケージのボイドに浸入した水量は約 10 l と推定される。増圧機による水の高圧水槽への圧入量と高圧水槽の水圧の関係は、ほぼ比例していて、高圧水槽内を常圧から  $500 \text{ Kg/cm}^2$  まで昇圧するためには、33 l の水を圧入しなければならない。この水量は、 $500 \text{ Kg/cm}^2$  まで昇圧するのに要する増圧機のプランジャー往復回数（1 往復 0.081 l）からも推定される。すなわち、ボイドがない場合、水圧  $0 \text{ Kg/cm}^2$  から  $500 \text{ Kg/cm}^2$  に昇圧するためには、プランジャーが 406 回往復することになるが、T-1 の場合は 138 回余分に往復しており、この量は 11 l に相当する。このような種々の方法により計算したパッケージ内ボイドへの浸水量は、重量変化から求めた Table 2 とほぼ一致する結果となった。

T-2 の供試体では、内容物は Table 2 に示したように圧縮された布であるので、パッケージ内のボイドは比較的大きいことが予測されたが、試験前後の重量測定から 25 l の水に相当するボイドが存在していたことがわかる。Fig. 2-b) に見られるように T-2 は T-1 と異なり、パッケージ内へ水が浸入しはじめる水圧が低いため、圧力線図から浸入量を計算することはできないが、増圧機プランジャーの往復回数から 25 l と計算された。

T-3 の場合、Fig. 2-c) に見られるように T-1 および、T-2 で見られたような顕著な昇圧速度の減少は見られなかった。これは比較的低い水圧で水の浸入が開始され、ボイドの大きさも T-2 の場合ほど大きくなかったためと考えられる。この場合も、プランジャー往復回数 129 回に相当する 10 l の水量がボイドへの浸入に費されたと考えられる。

T-4 の場合、Fig. 2-d) に見られるように、 $5 \text{ Kg/cm}^2$  で水みちが作動した。この場合、プランジャーの往復回数 316 回から、水のボイドへの浸入量は、25.6 l であることが推定できる。

T-5 のパッケージは水圧約  $196 \text{ Kg/cm}^2$  でボイドへの水の浸入が起っている。その結果、ボイドの大きさは 6 l と考えられる。

以上、いずれのパッケージにおいても推定されたボイド容積は、試験前後のパッケージの重量変



圧は、深海 5,000 m に相当する圧力  $500 \text{ Kg/cm}^2$  まで上昇させ、その状態を 30 分ないし 1 時間保持した。そして、高水圧下でパッケージ内にどのくらい水が入るかを知るため、試験前後にパッケージの重量を測定した。また、水みちの作動の影響を知るため、高圧水槽内の圧力変化を記録した。

### 3. 結果と考察

高水圧試験は、実際の海洋投棄を模擬して、パッケージのドラム缶蓋を外ずした状態で行った。高水圧試験で記録した各パッケージに加えた圧力と時間との関係を Fig. 2 に示す。Table 2 に高水圧試験前後の供試体の重量を示す。Fig. 2 及び Table 2 から分るとおり、パッケージに水みちが生じ、高圧水がパッケージ内に浸入している。しかし、水みちが生じた圧力（外水圧）は一定していない。

Fig. 2-a) に見られるように、T-1 の場合、水圧が  $220 \text{ Kg/cm}^2$  から  $120 \text{ Kg/cm}^2$  まで一旦降下し、再び上昇している。増圧機は水圧降下中にも作動しているため、これを考慮に入れると、増圧機が作動しない場合は  $155 \text{ Kg/cm}^2$  の水圧降下があったものと図上から推定できる。このことから T-1 パッケージのボイドに浸入した水量は約 10 l と推定される。増圧機による水の高圧水槽への圧入量と高圧水槽の水圧の関係は、ほぼ比例している。高圧水槽内を常圧から  $500 \text{ Kg/cm}^2$  まで昇圧するためには、33 l の水を圧入しなければならない。この水量は、 $500 \text{ Kg/cm}^2$  まで昇圧するのに要する増圧機のプランジャー往復回数（1 往復 0.081 l）からも推定される。すなわち、ボイドがない場合、水圧  $0 \text{ Kg/cm}^2$  から  $500 \text{ Kg/cm}^2$  に昇圧するためには、プランジャーが 406 回往復することになるが、T-1 の場合は 138 回余分に往復しており、この量は 11 l に相当する。このような種々の方法により計算したパッケージ内ボイドへの浸水量は、重量変化から求めた Table 2 とほぼ一致する結果となった。

T-2 の供試体では、内容物は Table 2 に示したように圧縮された布であるので、パッケージ内のボイドは比較的大きいことが予測されたが、試験前後の重量測定から 25 l の水に相当するボイドが存在していたことがわかる。Fig. 2-b) に見られるように T-2 は T-1 と異なり、パッケージ内へ水が浸入しはじめる水圧が低いため、圧力線図から浸入量を計算することはできないが、増圧機プランジャーの往復回数から 25 l と計算された。

T-3 の場合、Fig. 2-c) に見られるように T-1 および、T-2 で見られたような顕著な昇圧速度の減少は見られなかった。これは比較的低い水圧で水の浸入が開始され、ボイドの大きさも T-2 の場合ほど大きくなかったためと考えられる。この場合も、プランジャー往復回数 129 回に相当する 10 l の水量がボイドへの浸入に費されたと考えられる。

T-4 の場合、Fig. 2-d) に見られるように、 $5 \text{ Kg/cm}^2$  で水みちが作動した。この場合、プランジャーの往復回数 316 回から、水のボイドへの浸入量は、25.6 l であることが推定できる。

T-5 のパッケージは水圧約  $196 \text{ Kg/cm}^2$  でボイドへの水の浸入が起っている。その結果、ボイドの大きさは 6 l と考えられる。

以上、いずれのパッケージにおいても推定されたボイド容積は、試験前後のパッケージの重量変

化から求めたボイド容積および増圧機プランジャーの往復回数より求めたボイド容積と一致した。そして、水みちが作動して、パッケージの高水圧下での健全性は保持され、内容物が漏れ出るような現象は認められなかった。

#### 4. 結 言

海洋処分に備えた低レベル放射性廃棄物パッケージの健全性試験として、多重構造型パッケージであるD-50パッケージを高圧水槽中で水圧500 Kg/cm<sup>2</sup>まで加圧した。

あらかじめ設けた水みちから昇圧過程でパッケージ内部に水が浸入してパッケージ内のボイドをうめ、内外圧が均衡するために内容物が漏れ出るような変化は起こらなかった。

以上の高水圧試験から、水みちの均圧機構を有するこれらのD-50型多重構造パッケージは、海洋投棄された場合、放射性廃棄物を保持する能力が損われることはないものと結論した。

#### 文 献

- 1) OECD/NEA: "Guidelines for Sea Disposal Packages of Radioactive Waste" (1979)
- 2) 原子力委員会: 放射性廃棄物の廃棄に関する技術的基準 (1978)
- 3) 関, 大内, 比佐: 海洋投棄に備えたセメント均一固化体の高水圧試験, JAERI-M 6364 (1976)
- 4) 関, 大内, 比佐, 伊藤: 海洋処分に備えたLWR廃液実大セメント固化体の高水圧浸出試験, 日本原子力学会誌, 20, 887 (1978)
- 5) 阿部, 他: 原子力発電所廃棄物のドラム缶容器づめセメント固化体の高水圧下の力学的挙動に関する実験的検討(第1報), (CRIEPI report -71005) (1971)
- 6) 満木, 他: 原子力発電所放射性廃棄物のセメント固化に関する実験的検討(Part 1), (CRIEPI report -7006) (1970)
- 7) 海洋科学技術センター: 放射性固体廃棄物の海洋処分のモニタリング技術に関する対策研究 (1978)
- 8) 関, 大内, 比佐, 江村: 実大固化体高圧RI浸出試験装置, JAERI-M 6382 (1976)

化から求めたボイド容積および増圧機プランジャーの往復回数より求めたボイド容積と一致した。そして、水みちが作動して、パッケージの高水圧下での健全性は保持され、内容物が漏れ出るような現象は認められなかった。

#### 4. 結 言

海洋処分に備えた低レベル放射性廃棄物パッケージの健全性試験として、多重構造型パッケージであるD-50パッケージを高圧水槽中で水圧500 Kg/cm<sup>2</sup>まで加圧した。

あらかじめ設けた水みちから昇圧過程でパッケージ内部に水が浸入してパッケージ内のボイドをうめ、内外圧が均衡するために内容物が漏れ出るような変化は起こらなかった。

以上の高水圧試験から、水みちの均圧機構を有するこれらのD-50型多重構造パッケージは、海洋投棄された場合、放射性廃棄物を保持する能力が損われることはないものと結論した。

#### 文 献

- 1) OECD/NEA: "Guidelines for Sea Disposal Packages of Radioactive Waste" (1979)
- 2) 原子力委員会: 放射性廃棄物の廃棄に関する技術的基準 (1978)
- 3) 関, 大内, 比佐: 海洋投棄に備えたセメント均一固化体の高水圧試験, JAERI-M 6364 (1976)
- 4) 関, 大内, 比佐, 伊藤: 海洋処分に備えたLWR廃液実大セメント固化体の高水圧浸出試験, 日本原子力学会誌, 20, 887 (1978)
- 5) 阿部, 他: 原子力発電所廃棄物のドラム缶容器づめセメント固化体の高水圧下の力学的挙動に関する実験的検討(第1報), (CRIEPI report -71005) (1971)
- 6) 満木, 他: 原子力発電所放射性廃棄物のセメント固化に関する実験的検討(Part 1), (CRIEPI report -7006) (1970)
- 7) 海洋科学技術センター: 放射性固体廃棄物の海洋処分のモニタリング技術に関する対策研究 (1978)
- 8) 関, 大内, 比佐, 江村: 実大固化体高圧RI浸出試験装置, JAERI-M 6382 (1976)

化から求めたボイド容積および増圧機プランジャーの往復回数より求めたボイド容積と一致した。そして、水みちが作動して、パッケージの高水圧下での健全性は保持され、内容物が漏れ出るような現象は認められなかった。

#### 4. 結 言

海洋処分に備えた低レベル放射性廃棄物パッケージの健全性試験として、多重構造型パッケージであるD-50パッケージを高圧水槽中で水圧500 Kg/cm<sup>2</sup>まで加圧した。

あらかじめ設けた水みちから昇圧過程でパッケージ内部に水が浸入してパッケージ内のボイドをうめ、内外圧が均衡するために内容物が漏れ出るような変化は起こらなかった。

以上の高水圧試験から、水みちの均圧機構を有するこれらのD-50型多重構造パッケージは、海洋投棄された場合、放射性廃棄物を保持する能力が損われることはないものと結論した。

#### 文 献

- 1) OECD/NEA : "Guidelines for Sea Disposal Packages of Radioactive Waste"  
(1979)
- 2) 原子力委員会 : 放射性廃棄物の廃棄に関する技術的基準 (1978)
- 3) 関, 大内, 比佐 : 海洋投棄に備えたセメント均一固化体の高水圧試験,  
JAERI-M 6364 (1976)
- 4) 関, 大内, 比佐, 伊藤 : 海洋処分に備えたLWR 廃液実大セメント固化体の高水圧浸出試験,  
日本原子力学会誌, 20, 887 (1978)
- 5) 阿部, 他 : 原子力発電所廃棄物のドラム缶容器づめセメント固化体の高水圧下の力学的挙動  
に関する実験的検討(第1報), (CRIEPI report -71005) (1971)
- 6) 満木, 他 : 原子力発電所放射性廃棄物のセメント固化に関する実験的検討(Part 1),  
(CRIEPI report -7006) (1970)
- 7) 海洋科学技術センター : 放射性固体廃棄物の海洋処分のモニタリング技術に関する対策研究  
(1978)
- 8) 関, 大内, 比佐, 江村 : 実大固化体高圧RI 浸出試験装置, JAERI-M 6382 (1976)

Table 1 Composition and Uniaxial Compressive Strength of D-50 Packages

	W/C (%)	Slump (cm)	Cement (kg/m <sup>3</sup> )	Rough aggregate (kg/m <sup>3</sup> )	Small aggregate (kg/m <sup>3</sup> )	Water (kg/m <sup>3</sup> )	Compressive strength (kg/cm <sup>2</sup> )
Body	45	10.8	438	1045	870	197	374
Capping	45.2	17.6	442	1088	605	203	354

W : Water , C : Cement

Table 2 Content and Weight of Package Submitted to Hydrostatic Pressure Test

Test NO.	Content	Weight of package (kg)		
		Before Test A	After Test B	Weight increased B-A
T-1	Light weight concrete	410	420	10
T-2	Pressed rags	325	350	25
T-3	Asphalt	385	395	10
T-4	Light weight concrete	345	370	25
T-5	Asphalt and sand mixture	422	-	6 <sup>a)</sup>

a) Estimated by the numbers of plunger reciprocation of pressure intensifier

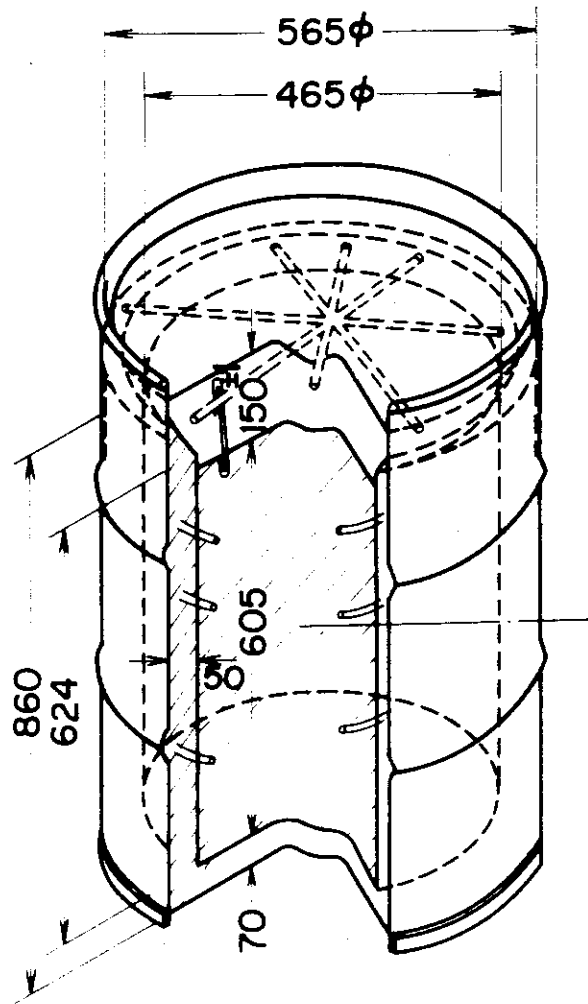


Fig. 1 Multi-Stage Packages Submitted to Integrity Test

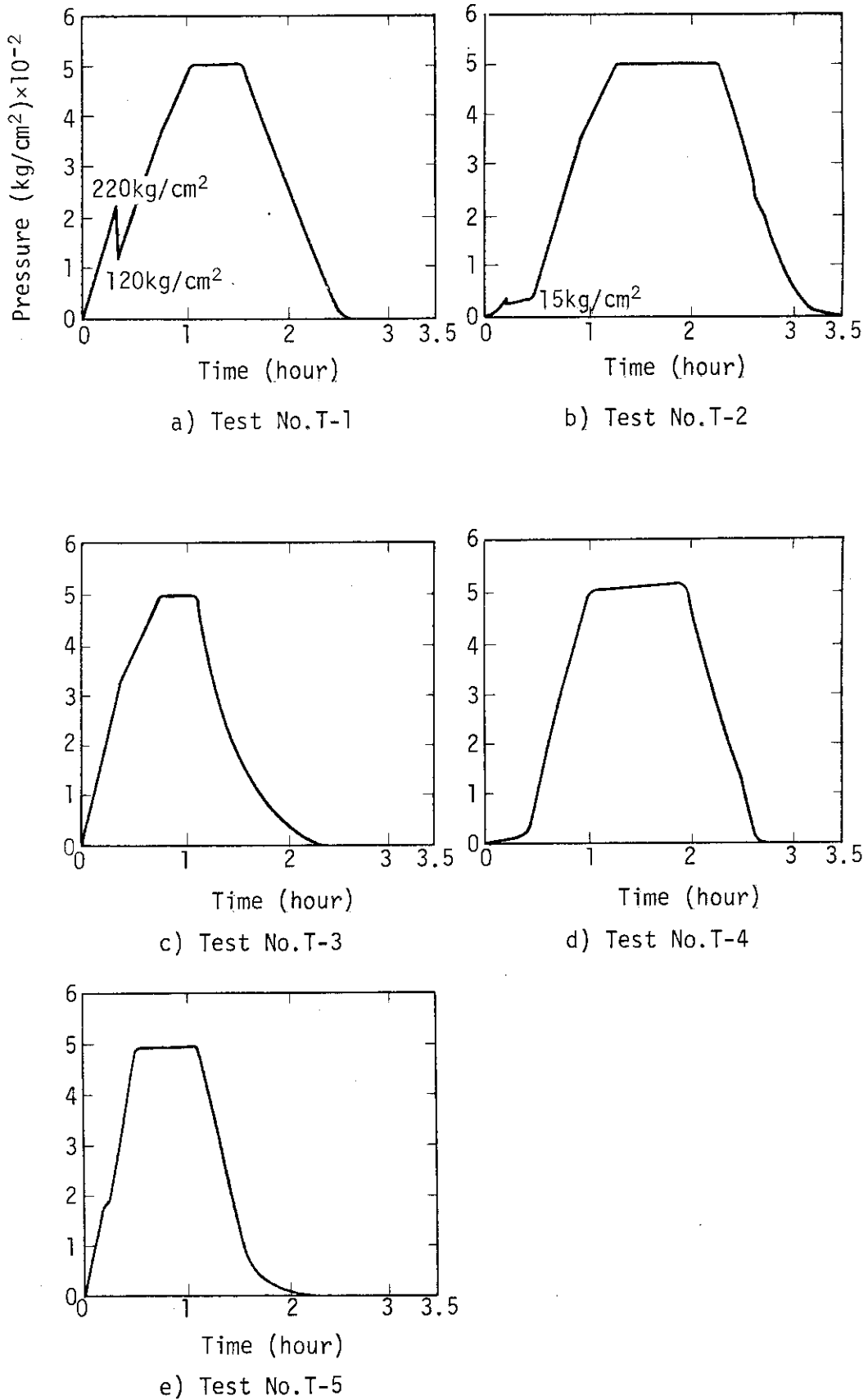


Fig. 2 Curves of the Outside Pressure vs. Time of Each Package Pressurized the High Hydrostatic Pressure