

ゲル化剤（高吸水性樹脂）を応用した水損防止の研究 —— 吸水シート等の開発（その1） ——

Study on the Elimination of Water Damages by Super Absorbents
—— Development of Sheets Absorbing Water and so on (part 1) ——

鈴 木 唯 一 郎*
北 岡 開 造**
村 上 利 章*
熊 倉 孝 行*
小 林 幹 男*

In order to make use of Super Absorbents against Water Damages, we have made sheets absorbing water and so on.

We put sheets to the efficiency test of absorbing water and drying, then we found efficiency in consequence of having used these over again.

1. はじめに

建物火災では、上階で放水した水が長時間かかって降下し、下階に予期せぬ水の被害をもたらす場合がある。

この消火水による被害（以下「水損」と言う。）を防止することは、近代消防における最重要課題であり、現状における対応策としては、小口径ノズル及び大型防水シートを導入し活用しているところである。しかし、防水シート等の活用面では受け止めた水の屋外への排出方法等、未だ確立されていない問題が山積しているのが現状である。

このようなことから当研究室では現在、幅広い分野で使用されている高吸水性樹脂（以下「ゲル化剤」と言う。）の持つ吸水能力（最大で自重の約1000倍）を消防活動に応用する方策について検討してきたところである。

以前、ゲル化剤を混入した吸水シートを水損防止に活用するための吸水実験を行い、消防科学研究所報21号（昭和59年9月発行）で既に報告してきたが、今回この吸水シートに改善を加え、さらに吸水能力、耐久力に優れた試作品を製作し、繰り返し使用した時の吸水性能劣化等を把握するための実験を行ったので、その結果について報告する。

2. 実験概要等

本実験は、試作吸水シートのサンプルを繰り返し使用し、その吸水性及び放湿性の性能劣化を把握するための実験を交互に10回実施した。

(1) 吸水シートのサンプル（写真1参照）

吸水シートのサンプルは次の4種類である。

サンプルA：ゲル化剤含有紙（パルプ紙）3枚を不織布で挟み、さらに補強材として片側にアクリルコーティングした不織布を使用したもの。

サンプルB：ゲル化剤含有紙（パルプ紙）3枚を不織布で挟んだもの。

サンプルC：ゲル化剤含有紙（パルプ紙）3枚の間にスポンジを1枚挟み、さらに全体を不織布で挟んだもの。

サンプルD：ウレタン樹脂にゲル化剤を混入したもの。

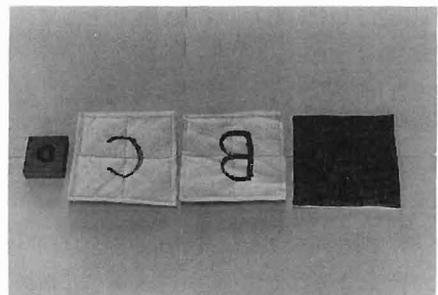


写真1 各サンプルの形状

*第一研究室 **第四研究室

サンプルA・B・C（以下「シートタイプ」と言う。）は、ポリエステル糸で5cm角のメッシュ状に仕切り、その柘目4個分を1サンプルとした。寸法等は、縦横10cm厚さ2mmで、重量はA・Bが7g、Cが8gである。またゲル化剤の含有量は、それぞれ0.3gである。

サンプルDはウレタン状（以下「ウレタンタイプ」と言う。）であり、シートタイプと同じ厚さとすることが難しかったため、縦横5cm厚さ1cmにして重さのみ7gとして共通性を持たせた。なお、ウレタンタイプを縦横10cmの大きさに換算すると、厚さは2.5mmになる。また、ゲル化剤の含有量は0.7gである。

(2) 吸水性能把握実験

ア 実験目的

(1)で説明したタイプの異なる試作吸水シート4サンプルを用いて、繰り返し使用時における吸水能力を把握することを目的として実施した。

イ 実験方法

実験室内において水道水を入れた大型パレットに各サンプルを投入し、5分経過時までは1分毎に引き上げてバネ秤（大場式手秤、使用範囲100g及び500g）を用いて重量測定し、5分以降については10分後と30分後に同様な測定を行った。（写真2、3は吸水状況を、写真4、5は吸水前と吸水後のサンプルを比較したものである。）

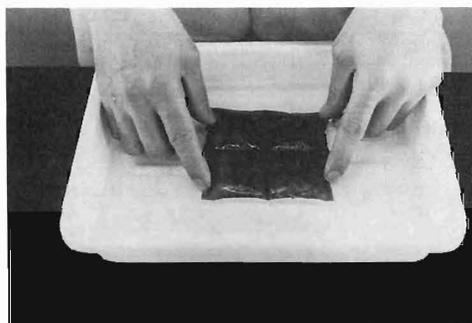


写真2 サンプルAを吸水させている状況

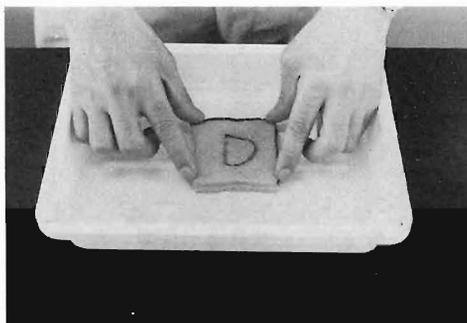


写真3 サンプルDを吸水させている状況

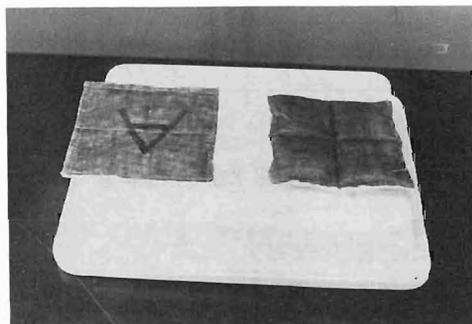


写真4 サンプルAの吸水前と吸水後の状態の比較

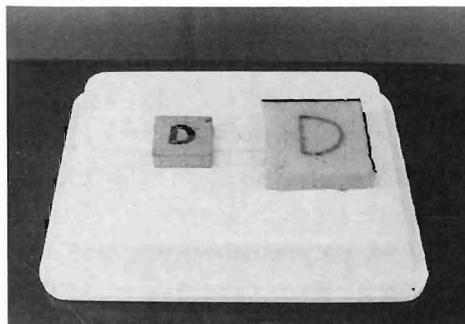


写真5 サンプルDの吸水前と吸水後の状態の比較

(3) 放湿性把握実験

ア 実験目的

(2)の実験に用いた吸水シート吸水後の、常温常湿下及び強性乾燥による放湿性を把握するため実施した。

イ 実験方法

(2)の実験に使用した各サンプルを常温常湿下に放置して自然乾燥させ、毎日定時にその重量をバネ秤を用いて測定した。(写真6参照)

また、自然乾燥の他に、1日のうち8時間だけ温度27°Cの温風を2.5m/secで送風し、強制乾燥(実験室内のエアコンディショナーを利用)させたものも実施した。

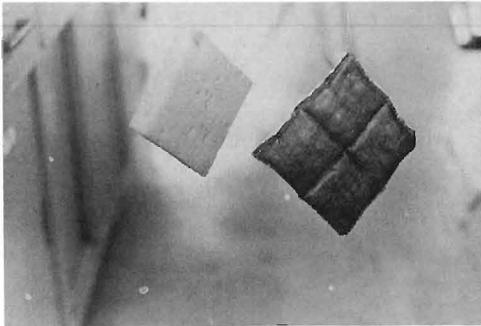


写真6 自然乾燥の状況

3. 実験結果及び考察

(1) 吸水性能把握実験

ア 第1回目の測定結果

測定結果は、表1及び図1に示すとおりである。

吸水開始1分後に、各サンプルの重量を比較すると、ゲル化剤とパルプ紙を混合させたシートタイプはいずれも120~130gであるのに対し、ウレタン樹脂にゲル化剤を混入させたウレタンタイプはシートタイプの約1.5倍の180gであった。ウレタンタイプの吸水量が多い理由としては、ウレタンタイプが直接水に接触するのに対し、シートタイプはゲル化剤が不織布に覆われているため、水が不織布を通しゲル化剤に接触するまでに時間が掛かったものと推定される。

その後シートタイプは微量ずつ重量を増し

て行くのに対し、ウレタンタイプは2分経過後で最大重量に達した。

吸水倍率を見ると、ウレタンタイプが27.1倍と最も高く、次いでサンプルA・Bが23.6倍、サンプルCが20.0倍であり、サンプルCのスポンジを入れた効果は認められない。

また、実用サイズと思われる縦横1mの大きさのものを想定した吸水量は、本実験結果から推定すると、16.0ℓから19.0ℓの範囲となり、サンプルの違いによる顕著な差は見られない。

表1 第1回目、吸水性能把握実験結果

| サンプル | シートタイプ | | | ウレタンタイプ |
|----------|--------|--------|--------|---------|
| | サンプルA | サンプルB | サンプルC | サンプルD |
| 経過時間 | | | | |
| 吸水前 | (7.0g) | (7.0g) | (8.0g) | (7.0g) |
| 1分後 | 120g | 130g | 130g | 180g |
| 2分後 | 135g | 145g | 145g | 190g |
| 3分後 | 145g | 150g | 150g | 190g |
| 4分後 | 145g | 155g | 150g | 190g |
| 5分後 | 145g | 155g | 150g | 190g |
| 10分後 | 145g | 155g | 150g | 190g |
| 30分後 | 170g | 165g | 160g | 190g |
| 吸水倍率 | 24.3倍 | 23.6倍 | 20.0倍 | 27.1倍 |
| 1㎡当りの吸水量 | 17.0kg | 16.5kg | 16.0kg | 16.0kg |

* 上表の吸水倍率は、次式により算定したもの。

$$\text{吸水倍率} = (\text{吸水30分後の重量}) / (\text{第1回目実験前の重量})$$

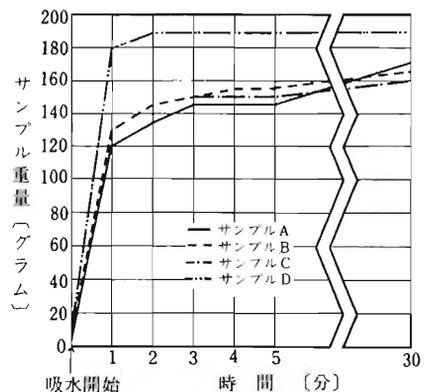


図1 第1回目吸水性能把握実験

イ 第10回目の測定結果

測定結果は、表2、図2に示すとおりである。

吸水・放湿性能把握実験を10回繰り返すと、シート内のゲル化剤が縫い目などから流失し

徐々に吸水倍率が低下してくる。1回目の吸水前と10回目吸水前の各サンプルの重量を比較すると、サンプルAは1.0g (14.3%)、サンプルBは0.5g (7.1%)、サンプルCは1.5g (18.8%)、サンプルDは1.0g (14.3%)それぞれ減少している。また、吸水30分後の吸水量に着目してみると、ゲル化剤含有量の減少による影響を受け、サンプルAは30g (17.6%)、サンプルBは20g (12.1%)、サンプルCは15g (9.4%)、サンプルDは35g (18.4%)それぞれ減少していることがわかる。

表3は、サンプルAとサンプルDについて各回数毎に、1分後と30分後の重量から維持

表2 第10回目、吸水性能把握実験結果

| サンプル | シートタイプ | | | ウレタタイプ |
|----------|--------|--------|--------|--------|
| | サンプルA | サンプルB | サンプルC | サンプルD |
| 経過時間 | | | | |
| 吸水前 | (6.0g) | (6.5g) | (6.5g) | (6.0g) |
| 1分後 | 90g | 110g | 110g | 53g |
| 2分後 | 110g | 115g | 115g | 135g |
| 3分後 | 115g | 120g | 120g | 150g |
| 4分後 | 120g | 125g | 125g | 150g |
| 5分後 | 125g | 132g | 130g | 155g |
| 10分後 | 130g | 135g | 135g | 155g |
| 30分後 | 140g | 145g | 145g | 155g |
| 吸水倍率 | 20.0倍 | 20.7倍 | 18.1倍 | 22.1倍 |
| 1㎡当りの吸水量 | 14.0kg | 14.5kg | 14.5kg | 15.5kg |

※ 上表の吸水倍率は、次式により算定したもの。

$$\text{吸水倍率} = (\text{吸水30分後の重量}) / (\text{第1回目実験前の重量})$$

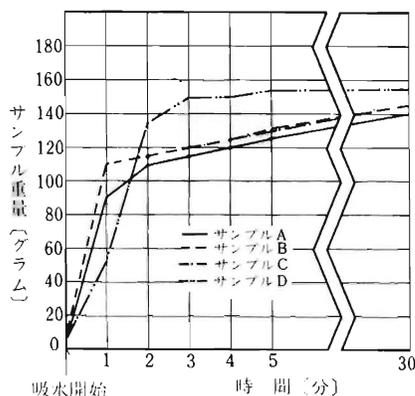


図2 第10回目吸水性能把握実験

率と低減率を導き出し、比較したものである。

また、図3は維持率に注目し、グラフ化したものである。この図から、維持率は1回目より回を重ねる毎に減少傾向を示しているが、1分後の維持率に注目してみると、シートタイプの減少度合が小さいのに比較し、ウレタタイプが大きいことがわかる。また、表3から平均低減率もシートタイプの2.1%に対し、ウレタタイプは3.5倍強の7.7%となっている。この理由としては、ウレタタイプが吸水・放湿性能把握実験を繰り返すうちにウレタ樹脂が硬化し、水が浸透しにくくなったものと推定される。しかし、30分における維持率では、各サンプルとも減少度合が少なく、平均低減率も大差がない。このこと

表3 サンプルA・Dの回数別重量等

| 経過時間 | 1分経過 | | | | | | 30分経過 | | | | | |
|------|-------|-------|--------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | サンプルA | | | サンプルD | | | サンプルA | | | サンプルD | | |
| 重量等 | 重量 | 維持率 | 低減率 | 重量 | 維持率 | 低減率 | 重量 | 維持率 | 低減率 | 重量 | 維持率 | 低減率 |
| 1回目 | 120g | / | / | 180g | / | / | 170g | / | / | 190g | / | / |
| 2回目 | 84g | 70.0% | 30.0% | 115g | 63.9% | 36.1% | 155g | 91.1% | 8.8% | 185g | 97.4% | 2.6% |
| 3回目 | 105g | 87.5% | -25.0% | 120g | 66.7% | -4.3% | 150g | 88.2% | 3.2% | 185g | 97.4% | 0% |
| 4回目 | 105g | 87.5% | 0% | 95g | 52.8% | 20.8% | 150g | 88.2% | 0% | 175g | 92.1% | 5.6% |
| 5回目 | 105g | 87.5% | 0% | 95g | 52.8% | 0% | 150g | 88.2% | 0% | 175g | 92.1% | 0% |
| 6回目 | 90g | 75.0% | 14.3% | 100g | 55.6% | -5.3% | 125g | 73.5% | 16.7% | 160g | 84.2% | 8.6% |
| 7回目 | 90g | 75.0% | 0% | 52g | 28.9% | 48.0% | 130g | 76.5% | -4.0% | 150g | 78.9% | 6.3% |
| 8回目 | 96g | 80.0% | -6.7% | 88g | 48.9% | -69.2% | 135g | 79.4% | -3.8% | 150g | 78.9% | 0% |
| 9回目 | 95g | 79.2% | 1.0% | 80g | 44.4% | 9.1% | 135g | 79.4% | 0% | 155g | 81.6% | -3.3% |
| 10回目 | 90g | 75.0% | 5.3% | 53g | 29.4% | 33.8% | 140g | 82.3% | -3.7% | 155g | 81.6% | 0% |
| 平均 | / | / | 2.1% | / | / | 7.7% | / | / | 1.9% | / | / | 2.2% |

※ 上表の維持率及び低減率は、次式により算定したもの。

$$\text{維持率} = (\text{各回数の重量}) / (\text{1回目の重量}) \quad \text{低減率} = (\text{前回の重量} - \text{各回数の重量}) / (\text{前回の重量})$$

から、繰り返し使用後でも速やかに吸水させることを目的とする場合、ウレタタイプよりシートタイプの方がより優れているといえる。

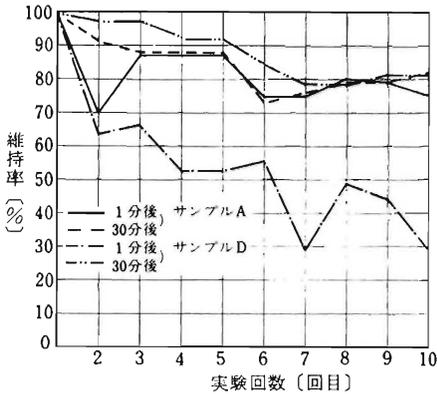


図3 維持率グラフ

(2) 放湿性把握実験

放湿実験は、1回目から7回目までは自然乾燥で行い、8回目から10回目までは強制乾燥で実施した。しかし、本実験では7回実施した自然乾燥の結果はいずれも差が見られなかったため、ここでは1回目の結果を取り上げ、強性乾燥の場合も同様に8回目の結果のみを取り上げ、図表化した。

ア 自然乾燥の場合

第1回目の結果は、表4に示すとおりである。

シートタイプはそれぞれ同じ減少度合を示し、直線的なグラフとなっているが、ウレタタイプは1日目までは急激な減少傾向を示し、約45.0%の減少となっているが、その後はシートタイプと同様な減少傾向を示し、8

表4 第1回目(自然乾燥)放湿性把握実験結果

| サンプル | シートタイプ | | | | ウレタタイプ |
|------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | サンプルA | サンプルB | サンプルC | サンプルD | |
| 経過時間 | | | | | |
| 放湿前 | (170g) | (165g) | (160g) | (190g) | |
| 1日目 | 145g | 145g | 150g | 105g | |
| 2日目 | 120g | 115g | 125g | 80g | |
| 3日目 | 95g | 95g | 100g | 60g | |
| 4日目 | 75g | 70g | 75g | 40g | |
| 5日目 | 50g | 48g | 50g | 25g | |
| 6日目 | 39g | 39g | 40g | 18g | |
| 7日目 | 25g | 26g | 25g | 14g | |
| 8日目 | 8g | 10g | 8g | 7g | |
| 9日目 | 7g | 9g | 8g | 7g | |
| 10日目 | 7g | 7g | 8g | 7g | |

日目からは変化しなくなった。このことから自然乾燥させた場合、放湿開始から8日後には再使用できる状態まで回復することがわかった。

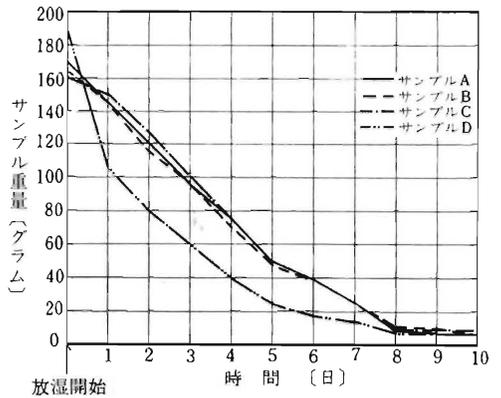


図4 第1回目(自然乾燥)放湿性把握実験

イ 強制乾燥の場合

第8回の結果は、表4・図6に示すとおりである。

1日のうち8時間だけ強制乾燥させた実験では、特にウレタタイプが1日目で63.0%もの急激な減少傾向を示しているが、3日目にはいずれのサンプルとも再使用できる状態に戻っている。

表5 第8回目(強制乾燥)放湿性把握実験結果

| サンプル | シートタイプ | | | ウレタタイプ |
|------|----------------------|--------|--------|--------|
| | サンプルA | サンプルB | サンプルC | |
| 経過時間 | | | | |
| 放湿前 | (140g) | (155g) | (140g) | (165g) |
| 1日目 | 105g | 125g | 105g | 61g |
| 2日目 | 10g | 40g | 33g | 16g |
| 3日目 | 6g | 7g | 7g | 6g |
| 4日目 | 吸水前の重量に至ったので実験を終了した。 | | | |
| 5日目 | | | | |

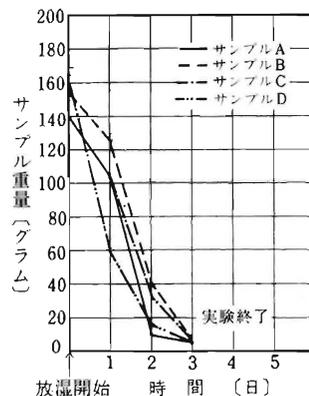


図5 第8回目(強制乾燥)放湿性把握実験

4. ま と め

- ① 毎回の実験では、各サンプルについて吸水から放湿（自然乾燥）させるのに最低10日前後の日数を必要とし、限られた時間内で繰り返し実験するには、今回の場合10回が限度であった。しかし、10回の実験である程度の傾向を見ることができた。
- ② 吸水・放湿性能把握実験の双方とも、シートタイプ相互では大きな差異は認められなかったが、シートタイプとウレタンタイプの間では著しい差が見られた。
- ③ 第10回目の吸水性能把握実験において、吸水後1分でシートタイプのものが総吸水量（吸水開始から30分後の重量）に対して平均72.0%に達しているのに対し、ウレタンタイプは34.0%までしか至らなかった。しかし、総吸水量ではウレタンタイプの方がシートタイプのものより10～15g多く、吸水能力の面で優れていることから、複数回使用した場合においては一時的に多い漏水に対してはシートタイプのものが適しており、少量ずつ長時間にわたる漏水などの場合は、ウレタンタイプのものが適しているといえる。

また、活用面においては平面的な場所、例えば床や畳上などではシートタイプの方が使いやすく、壁際や狭所などではどのような形にも加工できるウレタンタイプの方が適しているといえる。

5. 今後の課題と発展

本実験はいずれも小片のサンプルで、吸水性能と放湿性の把握について実験を実施したが、実用段階に至る状態になるまでには、まだ様々な角度からの検証が必要である。今後効率的な吸水シートを開発するために解明していく問題点としては、(1) 現場において使用する場合の作業方法、及び使用後消防隊員が容易に運び出せる重量の妥当

性について検討するとともに、1枚または1個の有効な大きさ及び形状について決定する必要がある。

また、ウレタンタイプにあつては様々な形に加工できることから、使用場所に応じた使用方法を検討する必要がある。

- (2) 本実験では、水を入れたパレットに各サンプルを浸して吸水させたが、実用サイズのサンプルを使い、天井から漏水してくる水を下で受け止めることを想定した実験や、壁を伝って漏水してくる水を吸水させる実験、及び流水の堰止め方策の実験等、実際の現場に則した実験方法による検証が必要である。
- (3) 本実験では自然乾燥と強制乾燥について実施したが、さらに効果的な乾燥方法について検証する必要がある。
- (4) 荷重試験等を行い、吸水シートの強度を確認し、現場に則したシートの強度を検討する必要がある。
- (5) 本実験において繰り返し使用している間に、ミシン目から僅かではあるがゲルが流失したことから、そのゲルの流失防止対策について検討する必要がある。

以上、試作した吸水シート等のサンプルを用いた実験結果及び今後の課題等について述べてきたが、本基礎実験を基に、今後はさらに検討を加え改善し、効果的且つ実用的な吸水シートの開発・研究を進めていく。

また、ウレタンタイプの水防資器材への応用方を検討し、地下鉄入口浸水防止及び通風口浸水防止等の都市型水防工法への活用や、土砂の代わりにゲル化剤を応用した水のうの活用について、研究してゆく予定である。

謝 辞

本研究を行うにあたり、吸水シートの試作について技術協力及び提供をして頂いた、繁和産業株式会社の御協力に深く感謝の意を表する。