

物質の危険性の測定や除染の効果の確認を迅速かつ効率的に行うことができる pH 試験紙の考案について

東京消防庁（東京） 橋本 翼

私は、物質の危険性の測定や除染の効果の確認を迅速かつ効率的に行うことができる pH 試験紙（以下「改良型 pH 試験紙」という。）を考案した。

1 pHとは

その物質が酸性かアルカリ性か、その強さの度合いを 1 から 14 までの数値で表したものである。7 は中性を表し、数字が小さくなるほど酸性の度合いが強いことを表し、大きくなればアルカリ性の度合いが強いことを示している。

2 pH 試験紙とは

変色によって液体物質の pH を測定することができる。私の所属する消防本部（以下「A 消防本部」という）の化学災害対応部隊にのみ配置されている化学災害対応資器材である。中性が黄色であり、pH が小さくなるほど赤色が、pH が大きくなるほど青色が強くなる。なお、A 消防本部に配置されている pH 試験紙の対応 pH は 1 から 11 までである。（写真 1）

3 pH 試験紙の特徴

pH 試験紙は液体に対して有効な測定資器材であるが、液体に多少の厚みが必要な電子 pH 計とは異なり、微量な水滴でも pH を測定することが可能である。また、多くの測定資器材では測定開始から測定結果を表示するまで数秒間から数分間かかるものもあるが、pH 試験紙は結果が即座に表示されるため、活動の迅速性を求められる化学災害現場においては欠かすことのできない測定資器材である。

4 p H試験紙の用途

図1にA消防本部の化学災害における活動基準で設定することになっている危険区域を示す。これを踏まえた上で、p H試験紙の用途は次の3つに区分することができる。

- (1) 危険区域内の物質のp Hの測定（写真2）
- (2) 隊員の除染の効果の確認（写真3）
- (3) 要救助者の除染の効果の確認（写真4）

(1)は、毒劇物危険区域内の液体のp Hを測定することにより、原因物質の特定を行うことである。これについてはp H試験紙以外にも有効な資器材が多数配置されており、測定開始から結果表示までのタイムラグがないとはいえ、測定結果から具体的に物質を特定することが困難なp H試験紙は(1)を行う上では有効であるとは言えない。

一方で、(2)及び(3)については有効な測定資器材がp H試験紙以外には存在せず、(1)よりも迅速性、効率性が要求される活動であるため、p H試験紙が最も活用される場面は(2)及び(3)であると言える。以降は(2)及び(3)におけるp H試験紙の活用について論じることとする。

5 現行のp H試験紙の問題点

化学災害現場の除染区域において、A消防本部の活動基準では毒劇物防護衣、又は陽圧式防護衣を着装して活動することが定められている。これに加えて活動隊員は、除染に使用するハサミ等の刃物による防護衣の損傷を防止するため、防護衣のゴム手袋の上からオーバーグローブというさらに大きい手袋を重ねて着装することになる。（写真5）

つまり、p H試験紙は指先を使用することが困難な状態で使用することが前提となり、そのような状態では幅9mmのp H試験紙に必要な分だけ取り出すことは困難で、濡れた手袋で触れればp H試験紙はティッシュペーパーのように簡単に破れてしまう。（写真6、7）

このように、使用が難しい pH 試験紙を現場で活用するため、A 消防本部の化学災害対応部隊では、あらかじめ必要な長さに切り、瓶などの容器に入れ、必要な時にピンセット等で取り出す等の工夫を凝らしていたが、実戦的ではないように思われる。平成 25 年度に A 消防本部で行われた N B C 合同訓練では、多数傷病者の救出に対し、中隊を一隊指定して pH 試験紙を取り出し、切り取る作業に従事させていたのを目にした。

そこで、より質の高い効率的な活動を目指し考案したのがこの改良型 pH 試験紙である。

6 改良型 pH 試験紙について

改良型 pH 試験紙は、値札を貼るための器具であるハンドラベラーにロール状にした pH 試験紙をセットし、値札を貼り付ける要領でレバーを握ることにより pH 試験紙が取り出せるように改良したものである。(写真 8、9、図 2)

ロール状の pH 試験紙は、ハンドラベラー用のラベルロールに両面テープを使い pH 試験紙を貼り付け作成した。(写真 10)

なお、両面テープ等の接着剤には通常アクリル酸等の酸性物質が使用されているため、pH 試験紙の測定結果に影響を及ぼすが、改良型 pH 試験紙に使用した両面テープは中性の接着剤のものを使用し、測定結果に影響が出ないように配意した。

また、ハンドラベラーの仕様上、pH 試験紙は 1 ノックで 1 c m 程度しか引き出すことができないが、これは pH 試験紙を貼り付ける際に pH 試験紙の長さを調整することで変更が可能である。今回作成した試作品では、1 枚の長さは 3 c m 程度とし、3 ノックで 1 枚の pH 試験紙が取り出せるように調整した。

7 改良型 pH 試験紙の改良点

改良点は以下の 3 点である。

- (1) 防護衣での使用を前提とし、資器材自体を大きく作り変えた。
- (2) 直接触らずに pH 試験紙を取り出せるように改良した。

(3) pH試験紙にシール機能を付加した。

(1)について、現行のものが幅9mmであるのに対し、改良型ではその倍である18mmに作り替えた。これによりアイピース越しでも色を視認し易くなった。また、単純な動作で使えるため、オーバーグローブを着装した状態でも使用するのが容易になった。

(写真11)

(2)について、直接触らずにpH試験紙を取り出すことができるようになったため、pH試験紙の取り出しに時間をかけることがなくなり、濡れたグローブでpH試験紙に触れ、破いてしまうことがなくなった。

(3)について、pH試験紙に両面テープを貼り付けることでpH試験紙の強度が増し、多少濡れた程度では簡単に破れなくなった。また、あらかじめ使用が予測できるような場合に必要数だけ取り出し、適当なものに貼り付けることによって、pH試験紙をストックすることが可能になった。(写真12、13)

これにより、除染の効果の確認の迅速化、効率化が期待でき、特に化学災害現場における多数傷病者の救出の際に大きな力を発揮するものと思料する。

8 改良型pH試験紙の作成費用について

現行の幅9mm、長さ6mのものは変色表付きケースに入ったもので、1,470円である。これと同じ長さの改良型pH試験紙用ロールを作成する場合には以下のような費用がかかる。

- ・ ハンドラベラー・・・2,100円
- ・ pH試験紙(変色表つき)・・・1,470円
- ・ pH試験紙(変色表なし)・・・735円
- ・ 両面テープ・・・210円
- ・ 合計 4,515円

なお、これは初期費用であり、ハンドラベラーが準備できれば、以降はロール状のpH試験紙を用意するのみである。ロール状のpH試験紙作成費用は以下のとおり。

- ・ pH試験紙（変色表なし）・・・735円×2＝1,470円

このように、初期費用は多少あるものの、それ以降かかる費用は現行のものと変わらない。当然のことながら、活動時にハンドラベラーが汚染等した場合は廃棄し、再購入することになるが、活動上のメリットを考えれば対価は十分にあると思料する。

9 私の所属する消防署（以下「B消防署」という。）における検証結果について

現行のpH試験紙に対する見解の調査を行った結果が資料1である。アンケート対象者の90%以上が現行のpH試験紙に活動上支障があると感じていることがわかった。

次に隊員、要救助者に対する除染の効果の確認を行い、現行のものと改良型を使用した場合にかかる時間を比較した。結果は資料2のとおり、改良型pH試験紙の活用により活動時間が大幅に短縮されたことが分かる。ストック機能を使用した場合はさらに顕著である。また、この試行時にも現行のものが何度か破れたのに対し、改良型は一度も破れることはなく、活動の正確性も明らかに向上したことがわかった。改良型pH試験紙の活用により、より質の高い活動が可能になることを実証することができた。

なお、この試行に対してB消防署員76名にアンケートを取った結果が資料3である。アンケート対象者の90%近くが改良型pH試験紙を有用であると判断した。

以上で、私の考案した改良型pH試験紙についての論文を終了する。

写真（現行のpH試験紙）

写真1 現行のpH試験紙



現行のpH試験紙（変色表つき）。
幅9mm、長さ6m、ケース表面
に変色表が貼り付けてある。

写真（pH試験紙の活用）

写真2 pH試験紙の用途1



写真3 pH試験紙の用途2



写真4 pH試験紙の用途3



写真（現行の pH 試験紙の問題点）

写真 5 化学災害における隊員の活動条件



防護衣のゴム手袋にそれより一回り以上大きいオーバーグローブを重ねて装着し、活動する。

写真 6、7 現行の pH 試験紙における使用失敗例



オーバーグローブを着装した状態で現行の pH 試験紙を使用している様子。

（左）指先が使えず、取り出すことができない。

（右）濡れたグローブで触ったため、pH 試験紙が破れてしまった。

写真（改良型 pH 試験紙）

写真 8 外観



値札を貼り付ける器具であるハンドラベラーを使用した。

右側のレバーを握ることで pH 試験紙を取り出すことができる。

写真 9 本体・pH 試験紙変色表



pH 試験紙（変色表付き）に付属のケースに貼り付けてある変色表を転用した。

これにより pH 試験紙の変色と見比べ、正確な値を認識し、報告することが可能となった。

写真 10 ロール及び挿入状況



現行の pH 試験紙をハンドラベラー用の台紙に両面テープで貼り付けて作成したロールをハンドラベラーにセットして使用する。

pH 試験紙に対する機密性はないが、現行のものも機密性はないので使用上問題はない。

写真（改良型を活用した時の改善点）

写真 1 1 改良型 pH 試験紙を使用したときの改善状況



直接触れることなく pH 試験紙を取り出すことができる。失敗の可能性が限りなく低くなった。

写真 1 2、1 3 改良型 pH 試験紙のストック機能の活用例

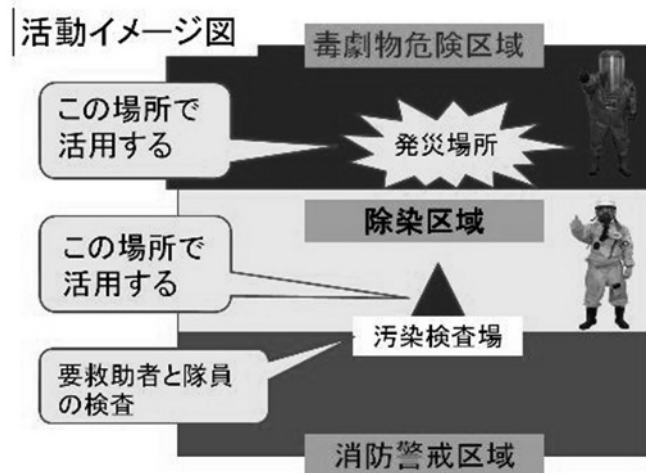


要救助者の除染の効果の確認に使用している様子。

pH 試験紙をストックして使用することで要救助者を迅速に危険区域から搬出することができる。

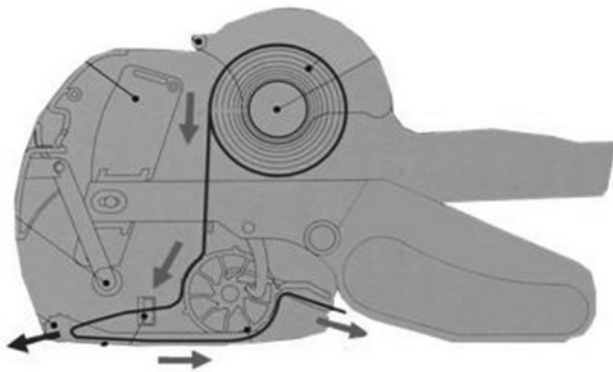
図

図1 危険区域の設定と活動のイメージ図



A 消防本部の化学災害における活動基準に基づいて設定する危険区域のイメージと pH 試験紙を活用する区域を示したものの。

図2 ハンドラベラーの内部構造



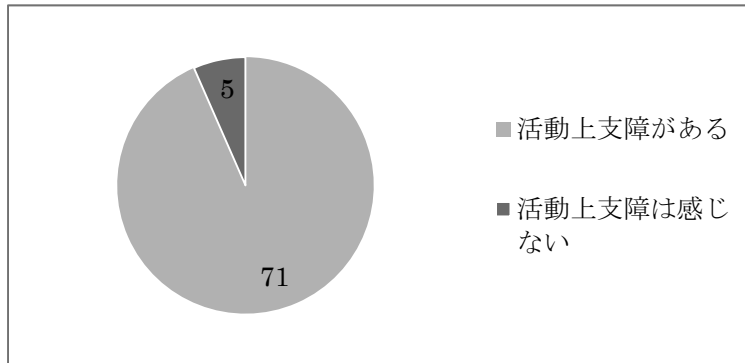
ハンドラベラーの内部構造。

レバーを握ることで上部の歯車が回転し、黒矢印部分から pH 試験紙が引き出される仕組みとなっている。

赤線は pH 試験紙の流れを表したものの。

資料

資料 1 現行の pH 試験紙に対する B 消防署員の意見



資料 2 除染の効果の確認における所要時間の比較

	現行	改良型	ストック
隊員	32 秒	11 秒	7 秒
要救助者 (手袋が濡れた状態で実施)	58 秒	9 秒	6 秒

測定は水的除染完了から汚染検査終了まで

"隊員"の項は隊員の除染の効果の確認に、"要救助者"の項は要救助者の除染の効果の確認にかかった時間である。隊員の汚染検査では両手足の 4 か所、要救助者の汚染検査では汚染箇所 1 か所として汚染検査を実施し、所要時間を測定した。

なお、要救助者に対してはより現場に近い環境での時間を測定するため、手袋を濡らした状態で実施した。

資料 3 改良型 pH 試験紙の試行に対する B 消防署員の意見

