

水道配水用ポリエチレン管路の100年寿命の確立

—耐塩素水性寿命に関する報告—

○栗山 卓 (山形大学大学院) 水川 賢司 (配水用ポリエチレンパイプシステム協会)
 山本 祐司 (配水用ポリエチレンパイプシステム協会) 栗尾 浩行 (配水用ポリエチレンパイプシステム協会)
 鎗水 隆良 (配水用ポリエチレンパイプシステム協会) 中田 賢太郎 (配水用ポリエチレンパイプシステム協会)
 斉藤 聡 (配水用ポリエチレンパイプシステム協会) 広田 久男 (配水用ポリエチレンパイプシステム協会)

1. はじめに

水道配水用ポリエチレン管路の100年寿命確立に必要な「基本的な考え方」および「評価スキーム」を昨年度提案した¹⁾。その検証データには、継続して得られるものを含んでおり、今回は、その中の「耐塩素水性」について報告する。

2. 耐塩素水性の定義および当協会の管仕様

「耐塩素水性」は、1978年頃に、一部の都市において単層ポリエチレン管 (PE50以下) 布設後、数年以上経過した埋設配管の内面に水泡が発生し、稀な例として水接合管壁が薄片状に剥離した問題に由来する²⁾。原因の一つとして、管材料に配合されたカーボンブラックによることが明らかにされた。以降、当協会の管仕様は、接水面にカーボンブラックを含有しないものとし、1997年に制定された日本水道協会規格 JWWA K144 (水道配水用ポリエチレン管) 及び JWWA K145 (水道配水用ポリエチレン管継手) の性能規定項目「耐塩素水性」に関わる「規定条件での水泡発生がないこと」を満足しており、現在まで同種の問題はまったく発生していない。ここでは、100年寿命確立のため、塩素水による水泡発生時間寿命を再検討し、現行の管体 (PE100 HDPE) の持つ「耐塩素水性」性能を明らかにし、加えて長期的に塩素水の影響を受けた管の水質に与える影響等を評価した。なお、使用条件は、塩素濃度を1ppm、使用温度20℃を基準とした。

3. 塩素水による水泡発生時間の予測 (無負荷状態)

3-1. 試験方法

供試管は協会加盟のA社のものを用いた。試験は JWWA K144 に準拠し、約50mmの試験片を2個切り取り、24時間毎に新しく調整した pH6.5±0.5 の塩素濃度 N (ppm) を変えた供試水に漬け、試験温度 T (K) を変えた時の管表面の水泡発生時間 t (hr) を求めた。表1に、塩素濃度 N および試験温度 T 試験条件を示した。

表1 水泡発生時間の測定条件

濃度 N (ppm)	絶対温度 T (K)	水泡発生時間 t (hr)
3000	70℃=343K	各条件サンプル数 2個
2000	60℃=333K	
1000	40℃=313K	
500	20℃=293K	

3-2. 水泡発生寿命式

水泡発生速度 k ($=1/t$) は、以下の(1)式に示す一段の反応速度式に従うことが判明した。

$$k = A^* N^n \exp\left(-\frac{\Delta H}{RT}\right) \quad (1)$$

ここで A^*, n は定数、 ΔH (kJ/mol) はみかけの活性化エネルギー、 $R=8.31447$ (J/Kmol) はガス定数である。

これより、水泡発生寿命式として(2)式が得られた。

$$\log(t) = C_1 + C_2 \cdot \frac{1}{T} + C_3 \log(N) \quad (2)$$

ここで、各係数は、 $C_1 = -7.898$, $C_2 = 4396$, および $C_3 = -0.8500$ となる。

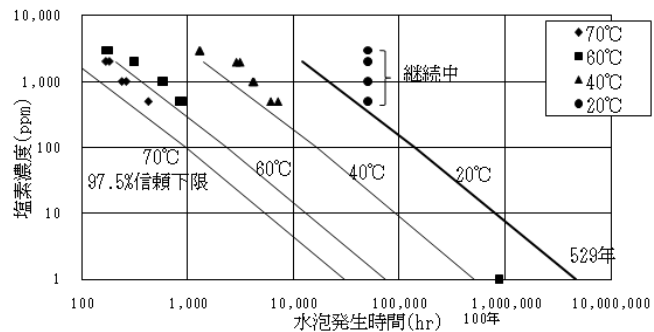


図1 A社管の耐塩素水性性能 (水泡発生時間と予測)

水道配水用ポリエチレン管路の100年寿命の確立 －耐塩素水性寿命に関する報告－

3-3. 試験結果及び考察

塩素水濃度と水泡発生時間との関係を(2)式より得られる97.5%信頼下限線とともに図1に示した。これらの関係より使用条件を塩素濃度1ppm、使用温度20℃とすると、供試管(A社管)は、早ければ464万時間(529年*, 97.5%信頼下限値)に水泡が発生することが予測される。また、協会に加盟する他メーカーの管の水泡発生寿命は(2)式の結果に良く合うことも確認されている。これらの推定寿命から、1992年時のLLDPE製二層管の水泡発生推定寿命の270万時間(約300年* 母平均値)²⁾に比較し、現行の協会仕様であるHDPE製管の「耐塩素水性」は少なくとも170%以上高性能化していることがわかる。

4. 塩素水による水泡発生時間の予測(応力負荷状態)

4-1. 試験方法

水泡発生は応力負荷に影響される。その効果を見るため、3-1で用いた試験片を室温下で治具により強制的に扁平させた負荷試験片と無負荷試験片を、それぞれ、試験温度60℃、塩素濃度2000(ppm)の条件の浸漬により水泡発生時間を調べた。なお、初期扁平時の曲げ歪(ϵ_b)は11.3%となり、PE100材の降伏歪($\epsilon_y=8%$)を超え試験片は弾塑性状態にある。

4-2. 試験結果及び考察

無負荷品と負荷品の水泡発生時間を表2に示した。また、A社管試験片は、水泡発生後の治具解放により約3%の弾性ひずみ回復があり、浸漬中の応力負荷が確認された。結果が示すように、ポリエチレン管の降伏歪を超える弾塑性状態においても、JWWA規格(168hr水泡発生なし)の耐塩素水性を満足する。また、応力負荷効果を単純比例関係と仮定した場合、弾塑性状態において、A社管でも230年以上の耐塩素水性寿命があることが推定される。

表2 試験結果(水泡発生時間)

A社管		B社管	
無負荷品	負荷品	無負荷品	負荷品
360hr	192hr	360hr	360hr 発生なし

5. 長期的に塩素水の影響を受けた管の水質に及ぼす影響

5-1. 試験方法

塩素水濃度2000ppm、60℃、で168hr浸漬したサンプルを用い、JWWA K144(水道配水用ポリエチレン)の溶出試験を実施した。

5-2. 試験結果

耐塩素水性試験168hr後に水泡に発生はなく、表3に示した溶出試験結果が得られた。

表3 耐塩素水性評価試験後の溶出試験結果

項目	規格値	結果	判定
①味	異常でないこと	異常なし	JWWA Z 110:2004 付属書17(規定)
②臭気	異常でないこと	異常なし	JWWA Z 110:2004 付属書18(規定)
③色度	0.5度以下	0.5度未満	JWWA Z 110:2004 付属書19(規定)
④濁度	0.2度以下	0.1度未満	JWWA Z 110:2004 付属書20(規定)
⑤有機物	0.5mg/l以下	0.3mg/l未満	JWWA Z 110:2004 付属書35(規定)
⑥残留塩素の減量	0.7mg/l以下	0.1mg/l未満	JWWA Z 110:2004 付属書4(規定)

5-3. 考察

2000ppm、60℃、168hrは、加速比の関係より1ppm、20℃で217万hr(247年)に相当すると予測される。したがって、100年以上の間、塩素水に浸漬されたポリエチレン管においても、水質基準に影響を与える管材料変化は無いものと考えられる。

6. まとめ

現行のポリエチレン管(PE100 HDPE)の持つ「耐塩素水性」性能(塩素水による水泡発生時間寿命)を検討した結果、LLDPE製二層管と比べて、170%以上高性能であり、無負荷状態および弾塑性負荷状態で、それぞれ500年以上及び200年以上の性能寿命があることが推定できた。また、100年間、塩素水に浸漬された管でも水質基準に影響を与える管材料変化は無いと考えられる。

参考文献

- 1) 「水道配水用ポリエチレン管路の100年寿命の確立」栗尾(配水用ポリエチレンパイプシステム協会)他: 第62回全国水道研究発表会講演集, pp394-395(2011)
- 2) 「水道用ポリエチレン二層パイプ」日本ポリエチレンパイプ工業会: 合成樹脂 Vol.28 No.6 pp14,(1992)