

水道配水用ポリエチレン管への有機溶剤浸透挙動に関する研究

榎 厚 (水道用ポリエチレンパイプシステム研究会)
 河合 秀樹 (水道用ポリエチレンパイプシステム研究会)
 三木 真湖 (水道用ポリエチレンパイプシステム研究会)
 ○篠田 誠 (水道用ポリエチレンパイプシステム研究会)

1. はじめに

水道配水用ポリエチレン管 (JWWA K 144,145) の普及に伴い、様々な埋設条件での検討事例が増え、有機溶剤などによる土壌汚染が考えられる場所での水道配水用ポリエチレン管の採用についての問い合わせがある。この問題に対して、平成 10 年の日本水道協会発行の「水道配水用ポリエチレン管・継手に関する調査報告」で土壌汚染濃度が環境基準値以下の場合、浸透量はほとんど無視できる程度であると記載されている。しかしながら、環境基準値を超える場合のポリエチレン管への浸透挙動については明らかになっていない。

そこで、水道用ポリエチレンパイプシステム研究会では、土壌汚染が環境基準値を超える場合の水道配水用ポリエチレン管への有機溶剤浸透挙動を検討することとした。その結果について以下に報告する。

2. 有機溶剤浸透挙動について

ポリエチレン管が有機溶剤に接したとき、内部水への有機溶剤の浸透は、次の段階に分けることができる。

- ① 分配の法則により有機溶剤が管外面に浸入する。
- ② 管内部で有機溶剤が拡散する。
- ③ t_0 時間後分配の法則により有機溶剤が内部水へ浸出し始める。
- ④ t_L 時間後透過量が一定である定常状態 (透過速度が最大) になる。

管内部水への有機溶剤浸透量の経時変化は、図 1 の実線で示される。このモデルにおいて、管中での有機溶剤の浸透は、フィックの法則に従い、時間 t 後の管内部水への単位面積あたりの透過量 $Q(t)$ は、(1) 式で表される。

$$Q(t) = d K_w C(\text{ext}) \left\{ \frac{Dt}{d^2} - \frac{1}{6} \right\} \quad (1)$$

ここで、 d は管の肉厚、 K_w は分配係数、 $C(\text{ext})$ は管外部の有機溶剤の濃度、 D は拡散係数を表す。また、透過係数 P は、拡散係数および分配係数と以下の関係にある。

$$P = K_w D \quad (2)$$

したがって、図 1 に破線で示した透過量の経時変化を実験的に測定することにより、 X 軸切片から定常状態になるまでの時間 t_L および拡散係数 D 、傾き k から P および K_w が計算される。これらのパラメータを実験等で求めることにより浸透現象を把握することができる。

3. 実験方法

実験に使用した有機溶剤は、土壌汚染物質として報告例が多くかつ比較的浸透速度が速いとされるトリクロロエチレンとした。実験は、以下の 2 つの方法を用いた。

- ① 「瓶法」 オランダの水道試験研究機関 KIWA に委託した。
 写真 1 のように溶剤(濃度 3mg/L)を封入した瓶に管を設置し実験を行った。管は、PE100 で、外径 32mm、肉厚 1.5mm の SDR11 とした。
- ② 「セル法」 当研究会でも独自にセル法(図 2)で実験を行った。

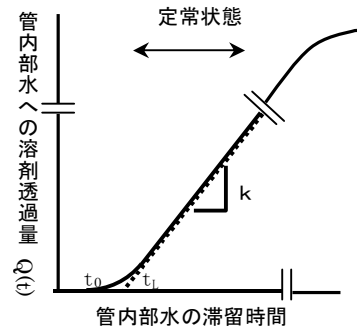


図 1 透過量の経時変化

4. 実験結果

(1) 瓶法とセル法の比較

図 3 に瓶法による浸透実験の結果を示した。試験開始から約 10 日程度で内部水へのトリクロロエチレンの浸出が始まり、徐々に浸透速度が増加し、その後、一定の浸透速度、すなわち定常状態に達していることがわかる。セル法においても同様の曲線が得られた。図 3 の X 軸切

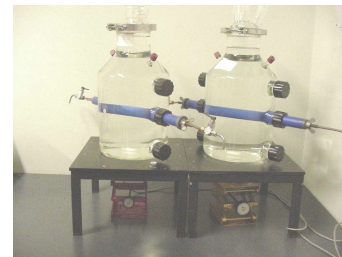


写真 1 瓶法実験の様子 (於: KIWA)

片および直線部分の傾きから透過係数 P、拡散係数 D、分配係数 Kw を計算し、その結果を表 1 に示した。

表 1 より瓶法とセル法で得られた浸透のパラメータは、よく一致していることがわかる。したがって、比較的簡単な装置でかつ短時間に結果が得られるセル法でも、実管での浸透挙動を予測できることがわかった。

表 1 瓶法とセル法の比較 (3mg/L トリクロロエチレン)

	透過係数 P(m ² /day)	拡散係数 D(m ² /day)	分配係数 K _w
瓶法	7.5 × 10 ⁻⁷	2.1 × 10 ⁻⁸	36
セル法	8.1 × 10 ⁻⁷	2.2 × 10 ⁻⁸	38

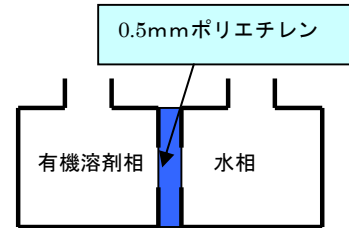


図 2 セル法のご概念図

(2) 濃度の影響

浸透のパラメータの濃度依存性についてセル法を用いて検討した。その結果を表 2 に示した。0.03mg/L(環境基準値)~3mg/L の濃度では、浸透のパラメータの濃度依存性は認められず、ほぼ一定であることが判った。

表 2 浸透のパラメータの濃度依存性

環境濃度 (mg/L)	透過係数 P(m ² /day)	拡散係数 D(m ² /day)	分配係数 K _w
3	8.1 × 10 ⁻⁷	2.2 × 10 ⁻⁸	38
0.03	7.4 × 10 ⁻⁷	2.1 × 10 ⁻⁸	35

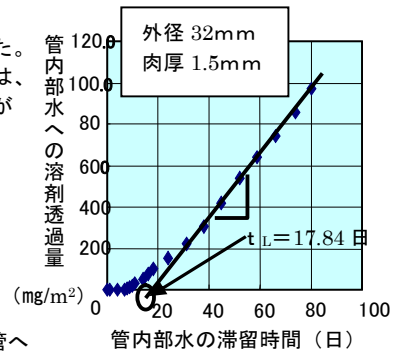


図 3 透過量の経時変化

(3) 実管での浸透量予測

得られた浸透のパラメータを用いて、水道配水用ポリエチレン管への浸透挙動を予測した。その結果を表 3 に示した。

表 3 水道配水用ポリエチレン管へのトリクロロエチレン*の浸透予測結果

環境濃度 (mg/L)	呼び径	管の寸法		t _L (day)	t _L 経過後、24 時間管内部水が滞留したときの濃度 (mg/L)
		肉厚 (mm)	内径 (mm)		
0.3	75	8.25	72.6	622	0.0014
	100	12.3	100.8	1201	0.00073
	150	17.65	145.25	2472	0.00035
0.03	75	8.25	72.6	622	0.00014
	100	12.3	100.8	1201	0.000073
	150	17.65	145.25	2472	0.000035

* 環境基準値：0.03mg/L、水質基準値：0.03mg/L

5. 結果の考察

表 3 より以下のように結論つけられる。

- ① 環境基準値の 10 倍(0.3mg/L)の汚染土壌に一定期間(呼び径 75 で 1.7 年間、呼び径 100 で 3.3 年間、呼び径 150 で 6.8 年間)埋設され、且つ 24 時間滞留した時の内部水濃度は、水質基準値(=環境基準値)の 1/21~1/86 と非常に小さい。
- ② 管が環境基準値以下の濃度の土壌に埋設された場合、24 時間内部水が滞留したときの内部水の濃度は、水質基準値の 1/210 以下であり無視できる程度である。
- ③ 通常、配水管路の場合、管内部の水は、常に流水しており長時間の滞留は稀であると考えられる。さらに、有機溶剤が埋設深さに長期間存在することも考えにくい。したがって、万が一、環境基準の 10 倍の汚染土壌に水道配水用ポリエチレン管が埋設されても、水質基準を超えることはないと考えられる。

6. おわりに

環境基準値を超える場合(環境基準値の 10 倍)でも浸透は非常に小さいことが確認され、日本水道協会調査報告書にある「環境濃度が環境基準値以下であれば、水道配水用ポリエチレン管への溶剤浸透量はほとんど無視できる程度である」ということがトリクロロエチレンにおいても確認できた。しかしながら、水道配水用ポリエチレン管は、環境基準値以下の状態の土壌へ埋設するのが原則であり、環境基準値を超える可能性のある土壌では、配管経路の変更、さや管の使用などの浸透防止対策を講じる必要がある。

当研究会は、今後ともより安心できる水道管路の構築に貢献できるよう研究を継続していく所存である。