

第VII部門

逆浸透膜法による有害化学物質の除去に関する実験的検討

近畿大学理工学部 学生会員 ○三浦 竜史
 近畿大学理工学部 山中 保奈
 近畿大学理工学部 学生会員 福岡 誠
 近畿大学理工学部 正会員 嶋津 治希

1. はじめに

近年、「膜」を用いた技術の開発は著しく、排水処理、し尿処理など様々な分野で利用が進んでいる。本研究では、そういった浄水膜の中でも分画分子量数 100 程度から塩素 99.9%以上といった優れた除去性能を有する逆浸透膜を用いて、全国的に水環境汚染が認められる有機リン酸トリエステル(OPEs)、多環芳香族炭化水素(PAHs)、農薬類をどの程度除去できるかを調査した。また、化学物質の物性定数により除去率が予測可能であるかを検討した。

2. 実験装置及び方法

水道水を逆浸透膜装置の原水タンクに 60L 程度溜める。次に OPEs 混合標準液(100~2000ng/L)を 1mL 採り、原水タンクに添加し、よく攪拌する。攪拌後、原水を 1L 採取し、逆浸透膜装置を稼働させる。稼働後、原水が 30L 程度になった時に処理水タンクから処理水 1L を採取する。こうして得られた原水、処理水を、Sep-Pak コンセントレータ Plus(日本ウォーターズ株)を用いて、固相抽出カラム (Sep-Park Plus PS-2) に 20mL⁻¹min で加圧濃縮を行った。



品番 NSR-90
 処理流量 (L/h) 90
 ROモジュール Φ2.5×21 2本
 寸法 (mm) (630×410×550)

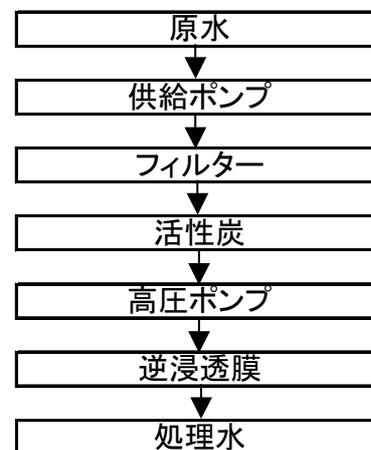


図1 逆浸透膜装置の仕様及び処理フローシート

なお、PAHs 混合標準液(100~2000ng/L)、農薬類混合標準液(10~100 μg/L)についても同じ操作を行い、OPEs 混合標準液、PAHs 混合標準液は 3 回繰り返し試験を、農薬類混合標準液については 1 回試験を行った。

3. 実験結果

OPEs の除去結果を表-1 に示す。なお、リン酸トリメチル(TMP)については RUN3 において原水中で検出できなかったため、2 回試験の結果である。また、TMP の RUN1 の>99.41%であるが、処理水中の TMP が検出下限値未満であったため、除去率は検出下限値/原水中濃度より大きいということを意味する。本研究で測定対象とした 7 種類の OPEs はすべて除去率の幾何平均値が 90%を超え、良好に除去できた。

表-1 OPEsの除去率[%]

	RUN1	RUN2	RUN3	幾何平均除去率
リン酸トリメチル	>99.07%	>98.73%	×	>98.90%
リン酸トリエチル	98.49%	98.82%	99.18%	98.83%
リン酸トリブチル	99.70%	99.53%	99.63%	99.62%
リン酸トリス(2-クロロエチル)	99.67%	99.64%	>99.79%	>99.70%
リン酸トリフェニル	99.26%	98.96%	98.17%	98.79%
リン酸トリブトキシエチル	>98.76%	>97.71%	>93.85%	>96.75%
リン酸トリエチルヘキシル(2-エチルヘキシル)	99.32%	98.59%	97.77%	98.56%

*>99.07%は検出下限値/原水中濃度より算出。また、×はデータなし。

次に PAHs の除去結果を表-2 に示す。なお、ベンゾ[a]ピレン及びインデノ[1,2,3-cd]ピレンは RUN3 において原水中で検出できなかったため、2 回試験の結果である。アントラセン、フルオランテン、ベンゾ[k]フルオランテン、ベンゾ[a]ピレンの幾何平均除去率は 90% を、ベンゾ[b]フルオランテン、ベンゾ[ghi]ペリレンは 80% を超え、概ね良好に除去できた。一方、インデノ[1,2,3-cd]ピレンは除去率が 70.73% と若干低い除去率であった。

次に農薬の除去率を表-3 に示す。農薬については、ジクロロボス (DDVP)、フェノブカルブ (BPMC)、シマジン (CAT)、プロピザミド、クロロタニル (TPN)、イプロベンホス (IBP)、ベンチオカーブ (チオベンカルブ) は除去率が 99% 以上という高い除去率であった。また、ダイアジノン、フェニトロチオン (MEP)、イソキサチオン、クロルニトロフェンは 90% 以上の除去率で、イソプロチオランが 82.24% という除去率となった。

次に本測定対象物質の水溶解度と残存率の関係を図-2 に示す。横軸が水溶解度 (mg/L) の常用対数値、縦軸は各物質の残存率 [%] の常用対数値 ($\log(100 - \text{除去率}[\%])$) である。得られた関係式は

$$\log \text{残存率} = -0.143 \times \log \text{水溶解度} + 0.151$$

(相関係数=0.437、物質数=26)

となった。

相関係数は 0.437 と有意な負の相関関係 ($p < 0.10$) がみられた。物質の水溶解度が高くなると、残存率が低くなる、つまり除去率が高くなる傾向が観察された。このことから物質の水溶解度により本研究で使用した逆浸透膜装置による有害化学物質の除去率を予測できる可能性が示唆された。

4. まとめ

測定対象とした 7 種類の有機リン酸トリエステル、7 種類の多環芳香族炭化水素、12 種類の農薬類は、本研究で使用した逆浸透膜装置により 26 物質中 11 物質が 99% 以上、26 物質中 22 物質が 90% 以上除去できることが明らかになった。また、水溶解度と除去率の関係には有意な負の相関関係がみられた。このことから本研究で使用した逆浸透膜装置による有害化学物質の除去率は物質の水溶解度により推測できることを示した。

謝辞

本研究は逆浸透膜装置及び薬品等、日本水研㈱の多くのご助力をいただき、行ったものである。ここに記して深甚の謝意を表する次第である。

表-2 PAHsの除去率[%]

	RUN1	RUN2	RUN3	幾何平均除去率
アントラセン	99.83%	99.75%	99.72%	99.76%
フルオランテン	99.44%	99.23%	99.10%	99.26%
ベンゾ[b]フルオランテン	93.14%	>97.96%	59.64%	>81.64%
ベンゾ[k]フルオランテン	>99.04%	>97.43%	>95.25%	>97.22%
ベンゾ[a]ピレン	>97.29%	>92.47%	×	>94.85%
インデノ[1,2,3-cd]ピレン	81.71%	61.22%	×	70.73%
ベンゾ[ghi]ペリレン	>95.72%	>89.41%	>83.79%	>89.51%

*>99.04%は検出下限値/原水中濃度より算出。また、×はデータなし。

表-3 農薬類の除去率[%]

	除去率(%)
ジクロロボス(DDVP)	>99.75%
フェノブカルブ(BPMC)	>99.97%
シマジン(CAT)	>99.92%
プロピザミド	>99.88%
ダイアジノン	>96.84%
クロロタニル(TPN)	>99.93%
イプロベンホス(IBP)	>99.88%
フェニトロチオン(MEP)	90.34%
ベンチオカーブ(チオベンカルブ)	>99.92%
イソプロチオラン	82.24%
イソキサチオン	>95.35%
クロルニトロフェン(CNP)	>92.61%

*>99.75%は検出下限値/原水中濃度より算出。

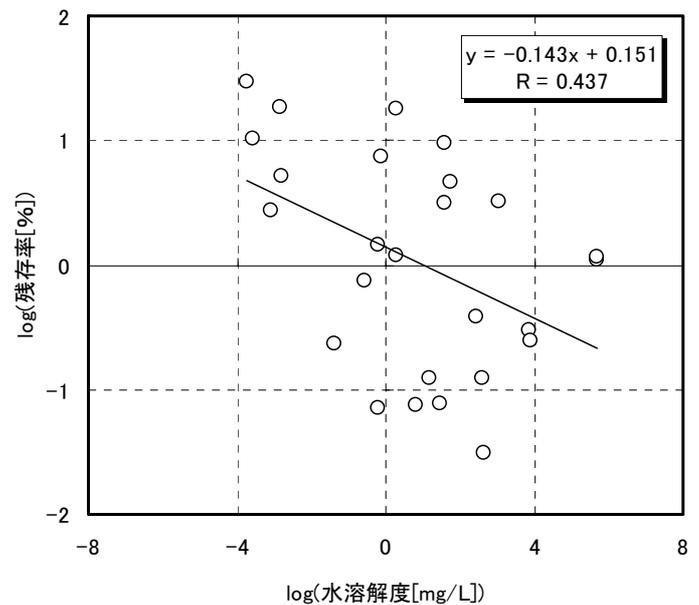


図-2 水溶解度と残存率の関係