

## 水道用膜モジュールの 「寿命」の考え方 について教えてください

# Answer

### 1. はじめに

わが国の水道分野における膜ろ過施設の歴史は、平成4年に始まりました。当初は、簡易水道や小規模水道を中心に普及し、ここ数年では中大規模施設が築造され、平成27年度末現在、860カ所以上の膜ろ過施設が水道水を供給しています。

膜ろ過の根幹をなす膜モジュールは、高度な生産技術により製造されていますが、永遠に使用できる訳では無く、原水水質、装置の稼働状況により寿命を迎えることとなります。

### 2. 膜モジュールの寿命とは

「膜モジュールが寿命を迎える」こととは、一言で言えば、「膜が使えなくなる」ことです。この「使えなくなる」と言う現象を分類すると、以下の通り、大きく二つに分けられます。

#### (1) 膜モジュールの劣化による寿命

膜モジュールは、程度の大小はあれ、時間の経過とともに劣化していきます。劣化の状況は、下記の表に示す通り、物理的・化学的・生物学的など、多岐にわたります。近年ではセラミックや、PVDF、PTFEなどの物理的にも化学的にも極めて安定で劣化しにくい材質の膜も多くなっています。しかしながら、膜モジュールは、膜以外の様々

な部品で構成されており、ステンレスや樹脂も使われています。よって、膜モジュールの寿命としては、それらの構成部品を含めて、最も弱いものが、膜モジュールの寿命を決めます。

劣化した膜モジュールを使い続けると、損傷により細菌や濁度が漏れ、良好な水質が担保出来ないこともあります。この状況に至った場合は、寿命と判断できます。

#### (2) 膜のファウリング（目詰まり）による寿命

ファウリングとは、膜材質の変質や変形ではなく、主にその表面や内部に目詰まり物質が付着・蓄積することで、膜機能が低下する（水が出ない、運転圧力が上昇する）ことを言います。物理洗浄や薬品洗浄で、これらの物質を除去することは可能ですが、長期間の運用で完全に回復させることができないケースなどもあります。物理洗浄や薬品洗浄の回数が極端に増えた場合、洗浄設備の増強などが必要となり、その結果、膜モジュールを交換した方が経済的であると言う状況が生まれます。この状況に至った場合も、寿命と判断できます。

### 3. 稼働実績からみた膜モジュールの寿命

膜モジュールの寿命は、劣化とファウリングの観点から判断する必要がありますが、実際の稼働実績から見た寿命（膜モジュール交換の間隔）は、概ね7～15年程度の様です。水道事業の特性から安全を見て、早めに交換するケースも多くあると推測しますが、一つの目安にはなりません。

### 4. まとめ

膜モジュールは、安価では無いために、適切な寿命で「使い切りたい」というニーズは多いはずですが、一方で、あまりギリギリまで使用すると、水道の使命である安全性を損なうことにも繋がりがかねないため、このバランスをどう考えるかが重要です。

(参考文献)

日本水道協会「水道施設設計指針 2012」、  
「水道維持管理指針 2016」

表 膜モジュールの劣化とファウリング（「水道施設設計指針 2012」より抜粋）

| 分類     | 定義                        | 内 容                       |   |
|--------|---------------------------|---------------------------|---|
| 劣化     | 膜自身の変質により生じた不可避的な膜性能の低下   | 物理的劣化<br>圧密劣化<br>損傷<br>乾燥 | 長期的な圧力負荷による膜構造の緻密化(クリープ変形)<br>原水中の固形物や、振動による膜面の傷や摩耗、破断<br>乾燥、収縮による膜構造の不可逆的な変化 |
|        |                           | 化学的劣化<br>加水分解<br>老化       | 膜がpHや温度などの作用による分解<br>酸化剤により膜材質変化や分解   |
|        |                           | 生物化学的变化                   | 微生物による膜材質変化または分泌物の作用による変化   |
| ファウリング | 膜自身の変質でなく外的因子により生じた膜性能の低下 | 付着層                       | ケーク層<br>供給水中の懸濁物質が膜面上に蓄積されて形成される層   |
|        |                           | スケール層                     | ゲル層<br>濃縮により溶解性高分子等の膜表面濃度上昇し膜面に形成されるゲル状の非流動性の層                                |
|        |                           |                           | 吸着層<br>濃縮により難溶性物質が溶解度を越えて膜面に析出した層<br>供給水中に含有される膜に対して吸着性の大きな物質が膜面上に吸着されて形成される層 |
|        |                           | 目づまり                      | 固体:膜の多孔質部の吸着、析出、捕捉などによる閉塞<br>液体:疎水性膜の多孔質部が気体で置換(乾燥)                           |
|        |                           | 流路閉塞                      | 膜モジュールの供給流路あるいはろ過水流路が固形で閉塞して流れなくなる  |

(出典:水道技術ジャーナル 2019年7月)