

**Q** 膜の汚染物質にはどのようなものがありますか？

**A**

**1. はじめに**

膜を長時間にわたって使用する場合、膜やモジュールの機能低下が問題となります。それらの性能変化は、表1に示すような膜自身の不可逆的な変質に起因する膜の劣化 (degradation) とそれ以外の膜の見かけ上の性能変化であるファウリング (fouling) に分類できます。

**2. ファウリング**

ファウリングは、原水などの膜供給水中に存在する分離対象物質などが膜表面や細孔内に付着・堆積する現象であり、膜の汚染とほぼ同義ですが、分類上は、膜モジュールの流路閉塞も含まれます。

浄水処理において広く利用されている精密ろ過膜や限外ろ過膜の主なファウリングの形態は、原水中に含まれる濁質成分や高分子物質により形成されるケーキ層やゲル層などの膜面付着層と目詰まりの大きく二つに分けることができます。前者のようなファウリングでは、シリカ、アルミニウム、鉄、カルシウム、マンガンなどの粘土質成分と有機物が主な構成物質であり、後者の場合では、有機物、マンガン、鉄などが原因となります。

**3. 天然有機物による目詰まり**

有機物によるファウリングは、原水中に含まれる天然有機物 (natural organic matter : NOM) と

微生物の代謝産物に起因するものがあります。微生物によるファウリングは、膜に何らかの殺菌処理 (逆洗水への塩素添加、前塩素処理など) を適正に行うことにより防ぐことができるので、一般的に問題となるのは、前者のNOMによるファウリングの中で物理洗浄 (逆洗、空洗など) では回復し難い目詰まりのようなファウリングです。

NOMは多種多様な有機物から構成されており、その中でどのような特性を有する成分が目詰まりのような物理的に不可逆的なファウリングを引き起こすのかについては未だ統一された見解は得られていません。浄水処理への膜導入初期に行われた研究では、NOMの内の疎水性成分 (いわゆるフミン物質) の関与を指摘する報告が散見しましたが、近年の研究では、疎水性成分よりも多糖類などの親水性成分が原因物質であるとする報告が増えています。また、色度成分除去を目的として膜前処理として凝集処理を行う場合がありますが、注入率やpHなどの凝集条件によっては、アルミニウムなどの凝集剤によるファウリングがNOMのそれよりも支配的になる場合もあります。

(出典：水道技術ジャーナル 2011年7月)

**参考文献**

- 1) 藤田賢二, 山本和夫, 滝沢智：急速濾過・生物濾過・膜濾過, 技報堂版 (1994)

表1 膜の劣化とファウリング<sup>1)</sup>

| 区分     | 要因    |                                 | 摘要   |
|--------|-------|---------------------------------|--|
| 劣化     | 物理的劣化 | 圧密                              | 圧力 (高圧) による膜構造のつぶれ                           |
|        |       | 損傷                              | 固形物による擦過や破損、振動等の繰り返し応力による疲労破壊                |
|        |       | 乾燥                              | 収縮等による構造変化、膜材質に依存                            |
|        | 化学的劣化 | 加水分解                            | 膜材質による、温度、pHに大きく依存                           |
|        |       | 酸化                              | 塩素などの酸化剤による物性変化、膜材質に依存                       |
| 生物的劣化  |       | 生物による資化、代謝産物等による化学的变化、膜材質に大きく依存 |  |
| ファウリング | 膜の汚染  | ケーキ                             | 懸濁粒子の膜面への堆積                                  |
|        |       | ゲル                              | 溶解性高分子物質の膜面でのゲル化 (濃度分極現象による)、粘着性 (ゲル状) 物質の付着 |
|        |       | 吸着                              | 膜への吸着による層形成                                  |
|        |       | 目詰まり                            | 膜細孔内部での吸着、析出、閉塞、気泡による細孔のブロッキング               |
|        | 流路閉塞  |                                 | モジュール内原液側流路における固形物などによる閉塞                    |