



## 下水飲用再利用のしくみを変える次世代膜の開発



研究者所属・職名： 工学研究科・准教授

ふりがな ふじおか たかひろ

氏名：藤岡 貴浩

### 主な採択課題：

- [基盤研究（B）「下水飲用再利用のしくみを変える次世代膜の開発」（2018-2020）](#)
- [国際共同研究加速基金（国際共同研究強化）「微量物質の膜透過性変動の機構解明と分子シミュレーション」（2017-2018）](#)
- [若手研究（A）「下水飲用再利用における微量物質の膜透過を予測する技術の開発」（2016-2017）](#)

分野：土木環境システム、環境負荷低減技術

キーワード：飲用再利用、高度下水処理、逆浸透膜、微量有機化合物、膜透過現象

## 課題

### ●なぜこの研究をおこなったのか？（研究の背景・目的）

下水処理水を水道原水として利用する飲用再利用では、下水中の不純物を最高級分離技術である逆浸透膜によって取り除くことで安全性を確保している。しかし、微量有機化合物の一つであるニトロソジメチルアミン（NDMA）は逆浸透膜でほとんど除去されず、処理水中に水質基準以上のNDMAが残ってしまう。本研究では、NDMAによる健康リスクを低減するため、世界最高のNDMA阻止性能を持つ逆浸透膜の開発を目指している。

### ●研究するにあたっての苦労や工夫（研究の手法）

溶質は逆浸透膜からどのような作用を受けて透過(図1)しているのか？—これがNDMAを含む全ての溶質の分離に関わる長年の本質的な問いであり、この答えは高阻止率膜誕生の鍵となり得る。そこで本研究では、NDMAの阻止性能を決定づける逆浸透膜の物性を特定し、その膜物性を変えた製膜により膜の高阻止率化を達成しようとした。さらに、下水処理場において新膜の実用性を検証することで実用化を促進しようとしている。

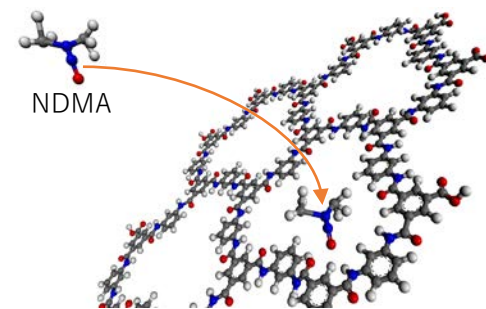


図1 NDMAの膜透過イメージ図

## 下水飲用再利用のしくみを変える次世代膜の開発

## 研究成果

## ●どんな成果がでたか？どんな発見があったか？

これまでの研究成果より分子ふるい機構がNDMA除去に重要であることが分かってきたため、溶液と溶質の通路である膜の空隙空間を狭める改質方法を取ることで高阻止化を試みた。

1. 逆浸透膜に熱処理を施して膜の空隙空間を縮小(図2)することにより、膜の高阻止化を目指した。熱処理温度がNDMA阻止率に与える影響を調べた結果、温度に比例して阻止率が高まり、100℃の加熱処理によりNDMA阻止率が23%高くなることが明らかになった。また、NDMA阻止率の向上に伴って膜の透水性能が低下するというトレードオフが起こることが明らかになった。
2. 逆浸透膜に化学物質を用いた閉塞処理を施して膜の空隙空間を縮小(図3)することにより、膜の高NDMA阻止化を目指した。閉塞に使うアミン化合物の分子量が大きくなるにつれてNDMA阻止率も向上し、NDMA阻止率が最大で40%高くなることが明らかになった。NDMA阻止率が最も向上したドデシルアミンは最小投影面積が $23\text{\AA}^2$ であり、逆浸透膜の空隙径と近いことから、その他の低分子量アミン化合物に比べて空隙閉塞が起こりやすく、NDMA阻止率が高くなると考えられた。

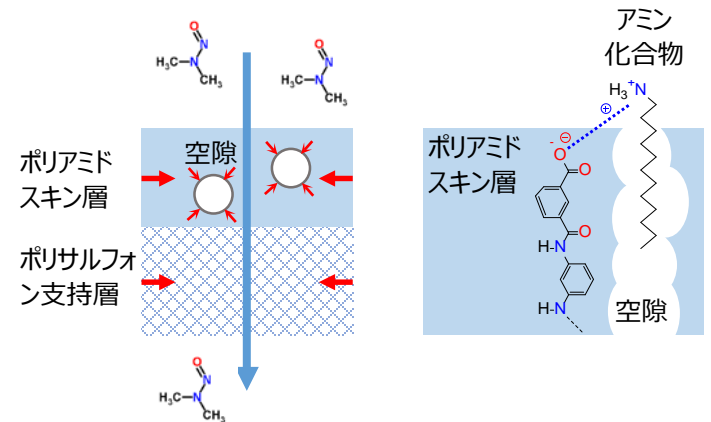


図2 逆浸透膜の空隙が熱収縮するイメージ図<sup>1)</sup>

図3 逆浸透膜の空隙を閉塞するイメージ図<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> Fujioka et al., *Sep. Purif. Technol.*, 247, 2020

<sup>2)</sup> Fujioka et al., *Sep. Purif. Technol.*, 253, 2020

## 今後の展望

## ●今後の展望・期待される効果

逆浸透膜の改質によりNDMA阻止率80%以上を達成できるようになったため、この技術が実用化された際には後段の後処理(促進酸化処理等)の消費電力削減が期待できる。逆浸透膜は長期運転中に劣化・破断してNDMA阻止率が大幅に低下するリスクを持つため、膜透過水中のNDMAを直接オンライン計測することで水質異常に即時対応可能な監視システム(図4)の構築に取り組んでいる。

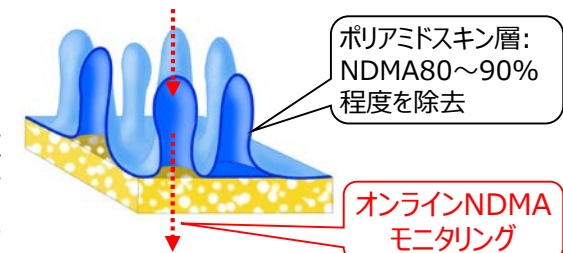


図4 NDMA除去の常時担保手法