



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	水質汚濁物質としてのN-ニトロソジメチルアミンの活性炭・ナノろ過膜による処理性について
Author(s)	南, 岳宏; 大野, 浩一; 亀井, 翼 他
Description	第12回衛生工学シンポジウム (平成16年11月4日 (木) -5日 (金) 北海道大学クラーク会館) . 一般セッション . 4 水処理 . P4-1
Citation	衛生工学シンポジウム論文集, 12, 113-116
Issue Date	2004-10-31
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/1243
Type	departmental bulletin paper
File Information	4-1_p113-116.pdf



4-1 水質汚濁物質としての *N*-ニトロソジメチルアミンの 活性炭・ナノろ過膜による処理性について

○南 岳宏、大野 浩一、亀井 翼、眞柄 泰基（北海道大学）

1 背景と目的

N-ニトロソジメチルアミン（以下 NDMA と略す。構造式を図 1 に示す。分子量 74.08）は、強い発ガン性を示す物質である *N*-ニトロソアミン類の一つである。そのためかねてより主に医学分野において研究が進められてきたが、近年この NDMA の水質汚濁物質としての存在が指摘されており、問題となっている。

NDMA は一般に化学工業・食品加工業など各種工業生産時に副産物として発生することや、環境中においては亜硝酸性窒素の存在下で第二級アミンとの反応により生成することが知られている。それに加えて近年カナダやアメリカ・カリフォルニア州において、浄水・下水処理過程の（結合）塩素処理によっても NDMA が生成することが明らかになってきたことから、新たな消毒副生成物としての側面も大きな問題となっている^{1)、2)}。

またその人体への影響については、肝臓への毒性や遺伝毒性、発ガン性が挙げられており、US EPA では 7ng/L で 10^{-5} の生涯発ガンリスクがあるとしている³⁾。

このように、NDMA は浄水処理の前にも後にも発生し得る物質であるという点を考えると、水質汚濁物質としての NDMA への対策として、高度浄水処理による対応や、また消毒後に生じるものに対しては家庭用浄水器による対応が可能かどうか調べる必要があると言える。そこで本研究では、処理法として高度浄水処理と家庭用浄水器に共通した処理方法である活性炭吸着と膜ろ過に着目し、NDMA の処理性についての検討を行った。

なお NDMA は実際の環境中では ppt レベルでの存在が確認されているが、このような極低濃度域における NDMA の測定法は日本ではまだ確立されておらず、提案されている試験法も複雑な前処理や GC/MS/MS などの高価な分析機器を必要とするものが多い。したがって本研究では特に NDMA が単独かつ高濃度（ppm オーダー）で存在する場合を対象として研究を行った。

2 実験方法

純水系の、濃縮の必要がない濃度域において、粉末活性炭を用いた吸着実験とナノろ過 (NF) 膜を用いた膜ろ過実験を行った。

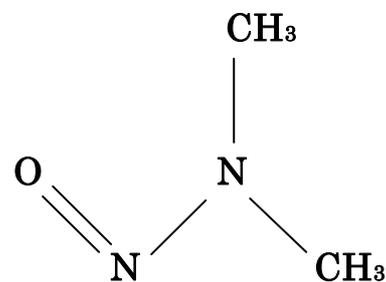


図 1 NDMA の構造式

NDMA の測定については、今回のサンプルが他に妨害が存在しない単独系であることを考え、NDMA が波長 227nm の紫外部に吸収を示す性質を持つ (図 2) ことを利用して、分光光度計を用いて波長 227nm における吸光度により測定した。

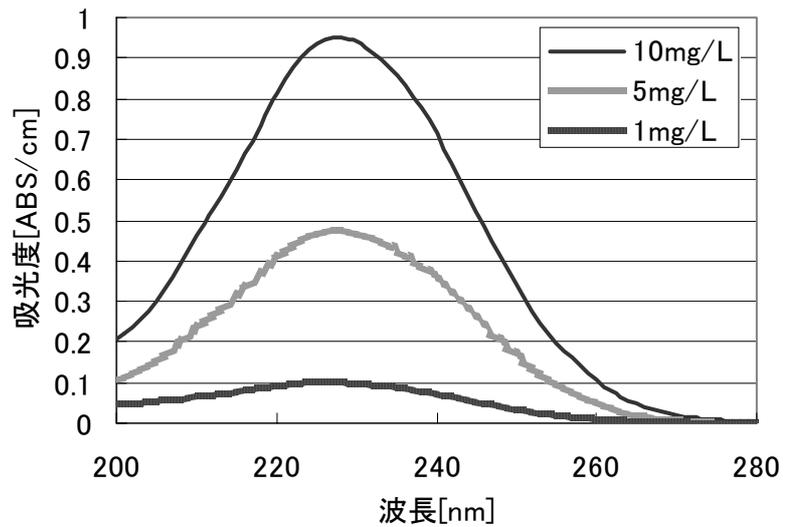


図 2 NDMA の紫外線吸収スペクトル

2.1 活性炭吸着実験条件

実験には和光純薬製粉末活性炭を使用し、実験前に真空ポンプで吸引脱気したものを使用した。

まず活性炭濃度を 1g/L に固定し、NDMA の濃度を 5mg/L、10mg/L に設定して濃度の時間変化を調べた。吸着実験は回分式 (回転数 120rpm) で行い、NDMA の処理水濃度の測定は、所定時間ごとに粉末活性炭を濾別して行った。次に活性炭濃度を 0.5g/L、1g/L、1.5g/L とし、その各々について NDMA 濃度を 1mg/L、5mg/L、10mg/L に設定して、平衡吸着量を求めて吸着等温線を作成した。

2.2 NF 膜ろ過実験条件

東レ製 NF 膜 UTC-60 (メーカー公称 NaCl 阻止率 55%)、DKL-3000 (NaCl 阻止率 95%以上) を使用し、回転数 300rpm、圧力 0.75MPa で回分式ろ過実験を行い、原水と透過水と濃縮水の濃度から阻止率を求めた。

3 結果と考察

3.1 活性炭吸着実験

粉末活性炭吸着実験による NDMA 吸着量の時間変化を図 3 に示す。ここから NDMA の吸着速度は非常に早い一方で、吸着平衡量は一般的な疎水性成分に比べて非常に低いことが明らかとなった。また除去率として計算した結果、いずれの濃度においても 2 割程度という結果が得られた。次に

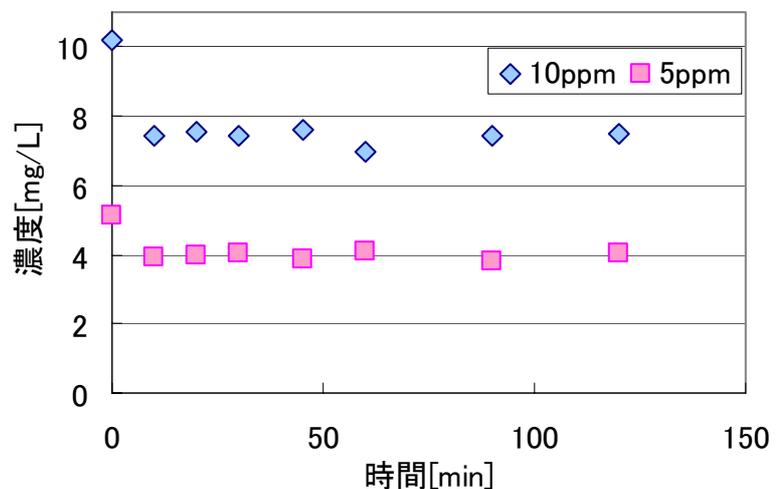


図 3 吸着量の経時変化

吸着等温線について、Freundlich型と仮定した場合のグラフを図4に示す。この結果からもNDMAの平衡吸着量が低いことが明らかとなった。

NDMAは低分子量物質でかつ強い親水性を示す（水-オクタノール分配係数： $\log K_{ow} = -0.57$ ）物質であることが知られているので、これらの結果から分かるように活性炭吸着によってNDMAを除去できる可能性は極めて低いと言える。

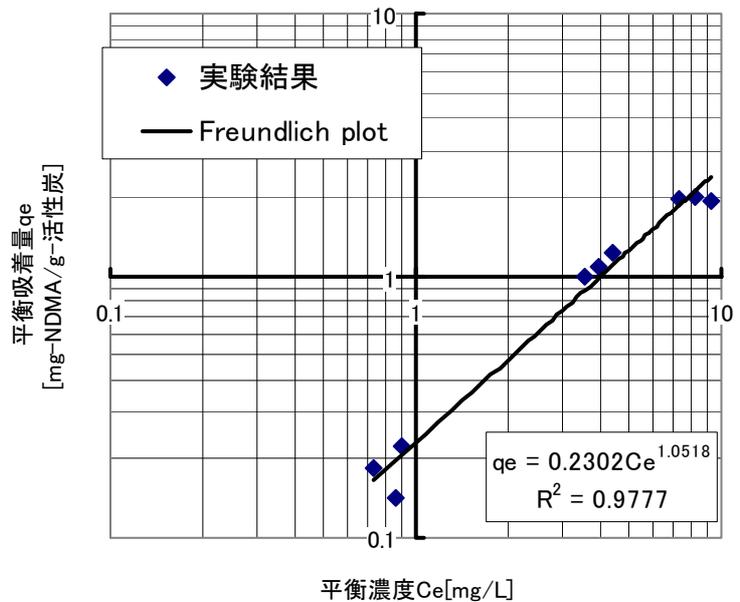


図4 吸着等温線

3.2 NF膜ろ過実験

2種類の膜を用いたNF膜ろ過による阻止率の結果を図5に示す。UTC-60については阻止率が1割以下と低い値であったが、DKL-3000については4割程度の阻止率が得られた。どちらの膜についても、初期濃度によらず一様な阻止率の値が得られた。

一般にNF膜もしくは逆浸透(RO)膜を用いた膜ろ過においては、孔径によるふるい作用の他に膜表面の荷電による電的反発によっても除去がなされることが知られているので、今後はNDMA分子の表面荷電やイオン半径などからNF膜によるNDMAの除去メカニズムについての考察を行う必要がある。

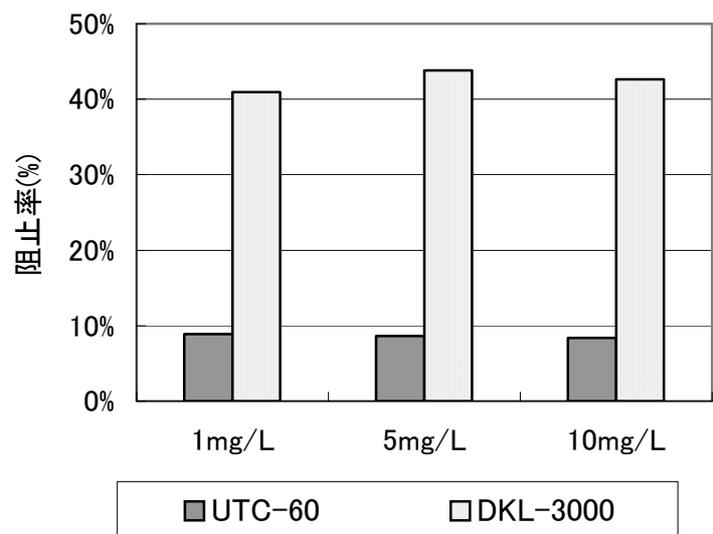


図5 膜処理による阻止率

本実験において、孔径の小さなNF膜でも除去率が半分以下であったことを考えると、家庭用浄水器でも使用されているMF・UF膜では除去の可能性が極めて低いと言える。

4 まとめ

今回の研究から以下の結論を得た。

- ・ 活性炭吸着において、NDMA の吸着速度は非常に早い一方で、吸着平衡量は疎水性成分に比べて非常に低い。
- ・ NF 膜ろ過による NDMA 除去率は半分以下であった。

本研究から、活性炭吸着処理と NF 膜処理においては、除去効率は NDMA の初期濃度によらず一様に低いことが総じて明らかとなった。

今後の課題としては、本研究は高濃度かつ単独系での検討であったため、低濃度における吸着・膜処理性の検討に加え、NDMA と共存する諸成分が存在する場合の処理性への影響に関する考察が必要である。さらには NDMA 除去のために他の処理法（オゾン、UV 処理など）の検討を行い、NDMA のリスクを減らすための最適な浄水手法を開発していくことが必要である。

参考文献

- 1) W. A. Mitch *et al.*: *N*-Nitrosodimethylamine (NDMA) as a Drinking Water Contaminant: A Review, *Environmental Engineering Science*, Vol.20, pp.389-404 (2003)
- 2) J. Choi, R. L. Valentine: Formation of N-nitrosodimethylamine (NDMA) from reaction of monochloramine: a new disinfection by-product, *Water research*, Vol.36, pp.817-824 (2002)
- 3) US EPA Integrated Risk Information System web site
<http://www.epa.gov/iris/subst/0045.htm>