

## 科学研究費補助金研究成果報告書

平成24年6月5日現在

機関番号： 12601  
 研究種目： 研究活動スタート支援  
 研究期間： 2009～2010  
 課題番号： 21860018  
 研究課題名（和文） 都市水システムにおけるリサイクル水の健康リスクの制御技術  
 研究課題名（英文） Health risk controlling technologies for water reuse in urban water systems  
 研究代表者  
 酒井 宏治 (HIROSHI SAKAI)  
 東京大学・大学院工学系研究科・特任助教  
 研究者番号： 70533123

## 研究成果の概要（和文）：

N-ニトロソジメチルアミン(NDMA)は、水のオゾン処理や塩素処理で副生成しうる物資で、発がん性が指摘され水道水質基準の要検討項目に追加された。NDMA は、紫外線照射で分解される一方、紫外線照射後の塩素添加により再生成する可能性が指摘されている。そこで本研究では、浄水プロセスにおける NDMA の紫外線分解を想定し、 Milli-Q 水および水道水中に 100ng/L の NDMA を添加して紫外線照射実験を行った。その結果、Milli-Q 水中、水道水中の NDMA は、低圧紫外線ランプ(1730mJ/cm<sup>2</sup>)または中圧紫外線ランプ(2200mJ/cm<sup>2</sup>)の照射により 90%以上分解された。紫外線照射後の塩素添加実験により NDMA 再生成を評価した結果、塩素添加後 24 時間以内の NDMA 再生成は認められなかった。従って、紫外線処理は、浄水処理への追加処理として、NDMA の分解に有効であることが認められた。

## 研究成果の概要（英文）：

*N*-nitrosodimethylamine(NDMA) is a suspected human carcinogen and was added to the list of drinking water quality parameters for further study. In this research, the photodegradation of NDMA by UV irradiation was investigated by adding 100ng/L NDMA into Milli-Q water and tap water. NDMA was degraded to less than 10ng/L by both low-pressure and medium pressure UV tubes. Photodegradation rates in Milli-Q water could be expressed by the first-order degradation rate was slightly lowered in tap water. NDMA could be reproduced by the addition of chlorine after the UV irradiation, which may negate the degradation efficiency of UV irradiation. However, for both Milli-Q water tap water, no NDMA reproduction by chlorine addition after UV irradiation was observed in this study. It was proved that UV treatment was effective to degrade NDMA as an additional treatment to water treatment facilities.

## 交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	1,080,000	324,000	1,404,000
2010年度	980,000	294,000	1,274,000
年度			
年度			
年度			
総計	2,060,000	618,000	2,678,000

研究分野：水処理システム

科研費の分科・細目：土木環境システム

キーワード：紫外線水処理

## 科学研究費補助金研究成果報告書

### 1. 研究開始当初の背景

本研究では、紫外線処理の新たな適用事例として、リサイクル水(下水処理水の再生利用)における化学物質の健康リスクの制御を行うことを検討する。

都市の水需要の逼迫に伴い、下水処理水の再生利用を拡大する必要があった。当時の再生利用の用途は、中水道や修景用水などに限定され、再生利用の際の水質評価も微生物学的な感染リスクの評価にとどまっていた。今後は地下水涵養、農業利用なども含めた多目的利用を視野に入れ、人為的な汚染に由来する化学物質のリスクを考慮に入れた評価を行うことが求められていた。

都市域における循環的な水システムの中では、リサイクル水を間接的にヒトが摂取することによるリスクが想定された。例えば、地下水涵養で、地中に浸透したリサイクル水が地下水としてくみ上げ利用され、ヒトが摂取するリスクが生ずると考えられた。その中で、新規化学物質として NDMA に注目した。NDMA は、発がん性を持ち、 $10^{-6}$ レベルの発がんリスクにおいて、USEPA によって 0.7 ng/l の値が示されている(Integrated Risk Information System, USEPA, 1993.)。

都市水システム中では、NDMA は、主に下水処理において生成する。ジメチルアミンと亜硝酸やクロラミンなどの反応によって生成し、処理水中に数十から数百 ng/l の濃度で存在することが知られている(Schreiber et al., ES&T, 40, pp. 3203-3210, 2006.)。下水処理の最終工程で生成するため、現状の下水処理システムで制御できない上、リサイクル水として利用した場合、親水性であるために放流先から地下水中へ流出しやすいと考えられ、現状の水質のままリサイクル水の用途を拡大することは、健康リスクを増大させてしまう危険があり、看過できなかった。

これらの背景から、本研究ではリサイクル水の多目的な利用を想定し、その際に生ずる可能性のある健康リスクを、水処理システムの中で制御することを検討した。具体的には、NDMA の紫外線処理などの要素技術を用いて、健康リスクを都市水システムの中で制御することを検討した。

### 2. 研究の目的

都市水システムの中で、リサイクル水(下水再生水)の健康リスクを低減できる最適な制御技術を確立することを最終的な目的とした。NDMA のリスクを想定した検討を行った。

NDMA は、光反応性が高く紫外線処理で分解されること(Sharpless et al., ES&T, 37,

pp.1933-1940, 2003.)から、本研究では、NDMA の処理を目的とした紫外線処理を主に検討する。紫外線処理以外の要素技術では、NDMA の除去率が概して低い。オゾン処理では、生成・分解双方の可能性が指摘されており(Andrzejewski et al., Wat. Res., 42, pp.863-870, 2008., Lee et al., Wat. Res., 41, pp.581-590, 2007.)、RO 膜においても 50% 程度の除去率でしかない(Plumlee et al., Wat. Res., 42, pp.347-355, 2008.)。従って、紫外線処理を中心としたシステム制御技術を検討した。

### 3. 研究の方法

本研究では、リサイクル水中に含まれる化学物質による健康リスクを制御する視点から、紫外線照射処理による NDMA の健康リスク低減を研究した。

これまでの知見(Sharpless et al., ES&T, 37, pp.1933-1940, 2003.)から、紫外線処理で NDMA を分解できることは、既に知られている。だが、これまでの知見では、メタノールに溶解した mg/l オーダーの高濃度溶液に対する処理しか検討されておらず、実下水処理水中に含まれる濃度において、実下水処理水の水質条件における検討を行った知見は、発表されていなかった。

紫外線分解処理を、様々な物質を含む環境水中で、ng/l オーダーの低濃度域において行う場合、懸濁物質による遮蔽、共存物質を介した複雑な反応経路の存在などが特に大きく影響することが予測される。このため、NDMA の紫外線分解に関しては、実践的な知見の獲得と、実際の反応場に卓越する化学的反応経路の解明が、非常に強く望まれる。従って、本研究では、(1) ng/l オーダーの低濃度域において、(2) 水中の共存物質の影響を考慮しながら、NDMA の分解に関する知見を蓄積した。

### 4. 研究成果

N-ニトロソジメチルアミン(NDMA)は、水のオゾン処理や塩素処理で副生成しうる物質で、発がん性が指摘され水道水質基準の要検討項目に追加された。NDMA は、紫外線照射で分解される一方、紫外線照射後の塩素添加により再生成する可能性が指摘されている。そこで本研究では、浄水プロセスにおける NDMA の紫外線分解を想定し、Milli-Q 水および水道水中に 100ng/L の NDMA を添加して紫外線照射実験を行った。その結果、Milli-Q 水中、水道水中の NDMA は、低圧紫外線ランプ(1730mJ/cm<sup>2</sup>)または中圧紫外線ランプ(2200mJ/cm<sup>2</sup>)の照射により 90%以上分解された。紫外線照射後の塩素添加実験により NDMA

再生成を評価した結果、塩素添加後 24 時間以内の NDMA 再生成は認められなかった。従って、紫外線処理は、浄水処理への追加処理として、NDMA の分解に有効であることが認められた。

#### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 3 件)

- ① Nguyen Van Huy, Michio Murakami, Hiroshi Sakai, Kumiko Oguma, Koji Kosaka, Mari Asami, Satoshi Takizawa. (2011) Occurrence and formation potential of N-nitrosodimethylamine in ground water and river water in Tokyo, Water Research, 45, pp. 3369-3377(査読有)
- ② 高松達朗、酒井宏治、小熊久美子、村上道夫、小坂浩司、浅見真理、滝沢智 (2010)、N-ニトロソジメチルアミンの紫外線分解と遊離塩素添加による再生成の評価、環境工学研究論文集、第 47 巻、pp. 127-133(査読有)
- ③ Hiroshi SAKAI, Tatsuro TAKAMATSU, Kumiko OGUMA, Michio MURAKAMI, Koji KOSAKA, Mari ASAMI, Satoshi TAKIZAWA, (2010) Influence of Nitrate on UV-degradation of N-Nitrosodimethylamine (NDMA), IUVA News 12(2), 26-29

[学会発表] (計 7 件)

- ① Michio Murakami, Nguyen Van Huy, Hiroshi Sakai, Kumiko Oguma, Koji Kosaka, Mari Asami, Satoshi Takizawa, (2011.7.12) Occurrence and formation potential of N-nitrosodimethylamine in groundwater and rivers in metropolitan Tokyo, International Water Association, Assessment and control of micropollutants/hazardous substances in water, Sydney, Australia
- ② Hiroshi SAKAI, Koji KOSAKA, Satoshi TAKIZAWA (2011.5.25) Effect of wavelength on UV-degradation of N-Nitrosodimethylamine (NDMA), IOA-IUVA, 5th World Congress, Paris, France
- ③ 村上道夫、グエンバンフイ、酒井宏治、小熊久美子、小坂浩司、浅見真理、滝沢智 (2011.3.18)、東京近郊の地下水および河川水における N-ニトロソジメチルアミンとその生成能の評価、日本水環境学会、第 45 回日本水環境学会年会、札

幌市

- ④ 高松達朗、酒井宏治、小熊久美子、村上道夫、小坂浩司、浅見真理、滝沢智 (2010.11.12)、N-ニトロソジメチルアミンの紫外線分解と遊離塩素添加による再生成の評価、土木学会環境工学委員会第 47 回環境工学研究フォーラム、高知市
- ⑤ HiroshiSAKAI, Tatsuro TAKAMATSU, Kumiko OGUMA, Michio MURAKAMI, Koji KOSAKA, Mari ASAMI, Satoshi TAKIZAWA, (2010.6.28), Influence of Nitrate on UV-degradation of N-Nitrosodimethylamine (NDMA), Technology, Applications and Advancements in UV and Ozone, Singapore International Water Week 2010, Singapore, Singapore
- ⑥ NGUYEN Van Huy, 村上道夫、酒井宏治、小熊久美子、小坂浩司、浅見真理、滝沢智、(2010.6.21)、東京近郊の地下水および河川水中の N-ニトロソジメチルアミンとその生成能、第 19 回環境化学討論会、P-211、春日井市
- ⑦ 酒井宏治、高松達朗、小熊久美子、村上道夫、小坂浩司、浅見真理、滝沢智、(2010.6.19)、N-ニトロソジメチルアミン(NDMA)の紫外線分解に影響を及ぼす水質因子の検討、日本オゾン協会、第 19 回年次研究講演会、京都市

[図書] (計 0 件)

[産業財産権]

○出願状況 (計 0 件)

名称：  
発明者：  
権利者：  
種類：  
番号：  
出願年月日：  
国内外の別：

○取得状況 (計 0 件)

名称：  
発明者：  
権利者：  
種類：  
番号：  
取得年月日：  
国内外の別：

[その他]

ホームページ等：

6. 研究組織

(1) 研究代表者

酒井 宏治 (SAKAI HIROSHI)  
東京大学・大学院工学系研究科・特任助教  
研究者番号：70533123

(2) 研究分担者

( )

研究者番号：

(3) 連携研究者

( )

研究者番号：