原著

笑気から生成するNO_xによる手術室内の
空気の汚染の可能性

——その 1, 紫外線照射によるNO_x発生——

中 島 通 公* 釘 宮 豊 城*² 諏 訪 邦 夫*²

A Possibility of Operating Room Air Pollution by NO_x
Generated from Nitrous Oxide (Part I), NO_x Generation
Induced by Ultra Violet Irradiation

Michiaki NAKAJIMA

Yamato Sanki Co., Ltd, Tokyo Japan

Toyoki KUGIMIYA, Kunio SUWA

Department of Anesthesiology Faculty of

Medicine, University of Tokyo, Japan

Abstract

Photo-degradation of nitrous oxide gas by ultra violet ray is reported. This report is a preliminary one of the studies concerning the generation of NO_x by high energy attack...such as electric surgical knife or X-ray...on nitrous oxide in relation to operating room air pollution.

Nitrous oxide gas mixtures of various concentration in air or oxygen were irradiated by mercury lamp having UV of 2537Å at stationary or flowing state in a small vessel. Small samples of resultant gas in the irradiation zone were collected for detecting their NO_x concentration with CLD method or Saltzman Reagent.

When the concentration of nitrous oxide was lower than approximately 7%, the NO_x concentration hardly reached a level of 0.1ppm with a little fluctuation in its figure according to nitrous oxide concentration. In case of much higher concentration of nitrous oxide such as 30% or more, the concentration of NO_x was high and remarkably affected by numbers of irradiation lamps as well as exposure period.

The highest NO_x concentration recorded 1.25ppm which was comprised of 0.19 and 1.06ppm of NO and NO₂, respectively, after 30 minutes irradiation with three lamps.

* 榊大和酸器研究室

*² 東京大学医学部麻酔学教室

(原稿受付：昭和55年9月8日)

〔I〕 目 的

笑気やハロセン等の余剰麻酔ガスによる手術室内空気の汚染ならびにその対策については、既に多くの報告がある^{1,2,3)}。そして笑気が何らかの高エネルギーにより NO_x を生成することと手術室内汚染との関連については、Goldstein⁴⁾ が電気メスあるいはポータブルX線装置の使用で約0.6ppmのNOならびに約0.15ppmの NO_2 が生じることを報じ、末包ら⁵⁾ が紫外線下の挙動を、柳田ら⁶⁾ がX線の影響を報告している。

しかしこれらの報告では、室内笑気濃度、エネルギーの与え方など具体的な詳細は不明確な点がある。著者らはこの問題の研究の一環として、与えるエネルギーが紫外線である場合について、その照射量と笑気濃度との影響を観測し、若干の興味ある知見を得たので報告する。

〔II〕 実験方法

1. 装置および方法の概略

2537Å を主波長とする紫外線^{註1)} を放射する出力15Wの市販水銀灯を内蔵する照射反応容器に、笑気含有ガスを滞留または流通させて紫外線を照射した。

装置の概略は図1に記したごとくで、滞留方

図1 紫外線照射実験装置概略

式では両端にコックを有する内径約22cm、長さ約65cm、内容積23lの円筒形ステンレス製容器を用い、これに水銀灯3本を内壁に沿いかつ円筒断面でみて正立正三形の頂点に位置するよ

うに設置した。流通方式では奥行18cm、高さ15cm、長さ50cm、内容積約13lのポリエチレン製の箱を、上部を開放の状態で用い、底面から約5cmのところに、底面に平行に2本の水銀灯を設置した。

また水銀灯の点灯は滞留、流通いずれの場合も下記の笑気濃度検定のための手順の所要時間経過後さらに1分経ってからとした。

2. ガスの導入ならびに笑気濃度検定

実験に用いた笑気、酸素、窒素など各種ガスはいずれも医療用のボンベ詰のものである。反応に供する容器内の笑気含有ガスの濃度調整および検定は次のように行った。

滞留方式で数%以下の低濃度笑気のためには、空気（実験室内または圧縮空気ボンベのもの）で満たされている容器の出口を閉鎖し、これに必要な量の笑気を流量と時間との調節により送入する。この際器内圧が水柱約10cmを超えないよう出口コックからガスを徐々に排出する。笑気導入終了後、器内ガスを内容積約1.2lのサンプリング用の真空容器に吸入分取し、これを笑気濃度検定に供した。

例えば笑気流量0.6l/minで60秒間送入すると、計算上の濃度 $=0.6 \times 1 \div 23 = 2.6\%$ で、測定値は2.94%であった。

高濃度を得る際には、笑気のみまたは笑気と酸素との混合ガスを送入し前記と同様方法で笑気濃度を測り、他の成分は酸素および窒素とみなした。例えば笑気3l/min、酸素1.5l/minで送入した場合には実測笑気濃度が39%と得られ、従って酸素28%、窒素は33%とした。

流通方式の場合は、流量2~4l/minで笑気を流し始めてから7~8分後に前記の方法で笑気濃度を検定した。

上記における笑気濃度の測定には Foxboro-Wilks 社（米国）製の赤外分析器 MIRAN 103 を用いた。

3. NO_x の分析方法

発生した NO_x の濃度分析は化学蛍光検知器 (CLD) 法または大気汚染測定と同様のザルツマン試薬吸収法によった。すなわち真空サンプリング容器に、滞留法の照射終了直後あるいは流通法の照射開始から5分後の反応混合ガスを

(8) 医 器 学 Vol. 51, No. 1 (1981)

吸入分取し、これを CLD またはザルツマン試薬液に導入した。また滞留方式の場合には分取することなく、直接に反応容器から窒素気流で器内ガスを試薬液に流入吸収させることも行った。

容器中の NO_x 含有ガスを完全に試薬液内に送り込むに必要な窒素量は、流量 1~2l/min のときその容器体積の少なくとも 4 倍量であることを別途確認し^{註2)}、実際にはその流量で 5~6 倍量用いた。そしてこの量の窒素によるザルツマン試薬の発色を、サンプルガス測定時の発色から差し引いて、NO_x 濃度を求めた。

〔III〕 結果および考察

紫外線照射で発生する NO_x の濃度につき、滞留方式における笑気濃度、照射量の影響を表 1、表 2 に、流通方式における笑気濃度の影響を表 3 に記した。

1. 笑気濃度の影響

表 1 にみられるように滞留方式では笑気濃度が 7% 以下では照射時間が 5 分でも 30 分でも濃

表 1 発生 NO_x 濃度 ppm
滞留方式、笑気濃度の影響

ガス組成%	滞 留 時 間 (分)					
	0	5		30		
笑気 その他	無照射	無照射	3本照射	無照射	3本照射	
0 大気	—	—	—	—	—	0.01 以下
0.2 大気	0.01 以下	—	—	—	—	—
0.2 ~ 0.3 大気	—	0.01 ~ 0.04	0.01 ~ 0.08	0.01 ~ 0.05	0.02 ~ 0.1	—
3 ~ 7.5 大気	—	0.02 ~ 0.05	0.02 ~ 0.06	0.01 ~ 0.05	0.02 ~ 0.06	—
39 酸素 窒素 28 33	—	—	—	0.07 ^①	1.25 ^②	—
59 8 33	—	—	—	0.07	1.21	—
76.4 4.7 18.9	—	—	0.4	—	—	—
100 0	0.01 以下	—	—	—	—	—
備 考	NO _x					
	NO		NO ₂			
	① 0.03		0.04			
	② 0.19		1.06			

表 2 滞留方式、照射量の影響

ガス組成 %	滞留時間 (分)	点灯本数	NO _x 濃度 ppm	備 考
笑気 59% 酸素 8% 窒素 33%	5	3	0.39	NO _x
	10		0.56	
	20		0.77 ^③	
	30		1.21 ^④	
	30	0	0.07	NO NO ₂ ③ 0.06 0.71 ④ 0.20 1.01
		1	0.26	
		2	0.46	
		3	1.21	

表 3 流通方式、笑気濃度の影響

ガス組成%		NO _x 濃度 ppm		備 考
笑気	その他	無照射	照 射	
0	大気のみ	—	0.01 以下	NO _x NO NO ₂ ⑤ 0.06 0.05
1.3	大気	0.04 ~ 0.08	0.08 ~ 0.11 ^⑤	
4.5	大気	0.04 ~ 0.09	0.09 ~ 0.16	
7.7	大気	0.06 ~ 0.09	0.12 ~ 0.34	

度の影響はほとんどなく、NO_x はせいぜい 0.1 ppm 程度にしか達しない。しかし笑気濃度が数 10% になると、かなり多くの NO_x を生成し 1 ppm を超える。

流通方式では大気に開放であるので笑気濃度を高くすることは困難で、表 3 のごとく最高 7.7% 止まりであった。しかし滞留方式と異なり、笑気濃度の影響が明らかであり、最高 0.3 ppm 程度に達した。

2. 照射量の影響

表 2 にみるごとく、高濃度笑気の際には照射量の影響が明瞭に現われ、時間が長くなるか水銀灯本数の増大に伴い急激に NO_x 濃度は上昇する。笑気濃度が低い場合については表 1 の滞留時間 5 分と 30 分との間にはほとんど差異がなく、照射時間の長短の影響は小さいといえる。

3. 滞留と流通との差異

前述のように滞留方式と流通方式とでは笑気濃度の影響の現われ方や発生 NO_x の量に差異が生じている。この原因としては後者の方が局部的に笑気高濃度ゾーンがあり、また紫外線量密度が高いことが考えられる。すなわち流通法

では照射容器に進入してくるのは100%笑気であり、測定された笑気濃度が例えば7%であっても、これは全域にわたっての平均的値であって入口部はもっと高いと推定される。また線量密度は滞留方式では3本/23lであるに対し、流通方式では2/13l本であって後者が1.2倍高いことになる。

4. 無照射でのNO_x検出

表1～3において無照射でも最高0.07ppm程度の濃度のNO_xが検出されている。おそらく照射容器内の電線被覆材覆材料などの影響と考えられるが、追究確認の実験は行っていないので断言はできない。今後の検討課題である。

[IV] 総 括

2537Åの紫外線による笑気の分解で、NO_xが生成することを確認した。NO_xの濃度は笑気濃度、照射線量の双方の増大とともに増加し、最高値としては1.2ppmを上回り、このときNOは0.19ppm、NO₂は1.06ppmを示した(表1参照)。

これらの値は米国の労働衛生許容値ppm⁷⁾のNO…25、NO₂…5に比べればかなり低い。また今回の実験で得られた値は、限られた広さの実験ゾーンでの値であり、実験室全体の体積に拡散すれば少なくとも500倍程度には希釈されるので、室内空気の汚染の立場からは今直ちに危険性を論ずべき程度とはいえない。

しかし状況によっては笑気からのNO_x濃度が高くなる事実は常に考慮されるべきであろう。

[謝 辞]

C L D分析にご尽力くださった製鉄化学株式会社ならびにその担当者各位に厚く感謝します。

[文献および註]

- 1) 青野允, 松尾知子ほか: 余剰麻酔ガス排除装置の効果, 麻酔 29 (1) 49～54 (1980)
- 2) 野口照義, 青柳光生ほか: 余剰麻酔ガス排除試作装置の臨床的検討, 医器学 47 (12), 613～617 (1977)
- 3) 渡部美穂, 釘宮豊城ほか: シンポジウム I 余剰麻酔ガス排除装置, 第1回手術部研究会論文集, 1～18 (1979)
- 4) Bernard D. Goldstein, et al.: Atmospheric Derivatives of Anaesthetic Gases as A Possible Hazard to Operating-room Personnel, THE LANCET, July 1976, p. 235-237
- 5) 末包慶太, 小川尚徳ほか: 紫外線照射による笑気ガスの分解挙動, 第1回手術部研究会論文集, 79～80 (1979)
- 6) 柳田尚, 中島通公: 笑気汚染とX線照射との関係, 麻酔 29 (8), 753～755 (1980)
- 7) American Conference of Governmental Industrial Hygienists: Documentation of the Threshold Limit Values for Substances in Workroom Air, 3rd Edition 1971, 4th printing, 1977

註 1) 化学関係成書によると次のごとし

N-N-O の N-N が切れる解離エネルギーは113.6 kcal/mol で 2517Å に相当, N-O で切れるエネルギーは 147kcal/mol で 1930Å に相当する。笑気に適用すると前者はNOとN₂を生じ、後者はN₂とO₂を生じることになる。

註 2) 所定容器に笑気を充満し、窒素気流により笑気を排出させ、排気中から笑気を検出されないことが確認できるまでの窒素量