

# 新規導入された URM ガス殺菌装置の紹介

○小木曾昇、大矢康貴、大矢久美子

医学系技術支援室 生物・生体技術系

## 1. はじめに

実験動物部門(旧動物実験施設)では、飼育室や特殊実験室の用途替え、動物の感染・汚染された飼育室の清浄化を目的としてホルムアルデヒドガスによる燻蒸作業を行っている中、労働安全衛生法(法律)、労働安全衛生法施行令(政令)に基づいて特定化学物質障害予防規則(特化則、平成20年3月1日より施行)が改正された。この改正に伴うホルムアルデヒドの取扱いに対して、第3類物質から第2類物質に格上げされた他に、健康障害予防対策(例、作業環境測定の結果・評価の記録について30年間の保存)の義務づけが行われることになった。当部門における飼育器材等の滅菌には、高圧蒸気(オートクレーブ)の他に、ホルムアルデヒドガスを用いている。さらに、部屋(飼育室、感染実験室)の燻蒸にも同ガスを用いている。特に部屋の燻蒸においては、法改正に伴う対策を考慮し殺菌装置の更新を検討していた。ところが、特化則に抵触しない無腐食、無残留で殺菌を可能にした新規システム(URMガス)が開発されことから平成21年10月に当部門に導入された。今回、この装置の使用経験について法制化前(従来)の装置を用いた燻蒸作業をふまえて紹介する。

## 2. 従来方法の特徴と燻蒸作業

### 2.1 ガス成分

ホルムアルデヒドガスの発生方法には、①メタノールを気化したメタノール触媒法(当部門で使用した方法)、②過マンガン酸カリウムとホルマリン水を混合加熱した方法、③パラホルムアルデヒドをホットプレートまたはステンレスプレートで加熱気化した方法がある。何れの方法は、燻蒸時に完全なガスにならず、ミスト状態になる。そのミスト状態の濃度は一般的に3,000-5,000ppmにもなることから、対象物のミスト接触面の殺菌効果は優れているが、一方では浸透性が低いことから完全な殺菌効果としての評価は得られない。

### 2.2 残留

パラホルムアルデヒド等が析出して残留物となる。(図1)

### 2.3 腐食

ホルムアルデヒドガス燻蒸後の部屋内はかなり湿度が上昇し、鉄製品の実験機器や飼育器材が錆びるとの報告もある。ホルムアルデヒドは金属に対して腐食性はなく、ホルムアルデヒド水溶液やそこから生成される蟻酸は、共に強酸であり金属を腐食させる。特にパソコン等の精密機器類や電子機器を含んだ飼育機器には、化学反応による腐食で破損してしまう恐れがある。

### 2.4 燻蒸作業の実際

燻蒸に使用した機器は、カトウ消毒器E-A型(カトウ産業)を用いた(図2)。予め飼育室内の空調換気口(給気、排気)、流し台の排水口、照明装置や扉周囲の隙間等々をビニール袋



図2 カトウ消毒器E-A型

とガムテープを用いて目張りした後、消毒器を設置して1昼夜殺菌を行った。2日目の夕方に目張りを外して空調換気を開始した。3日目にはホルムアルデヒドガスの臭気は感じられなかった。

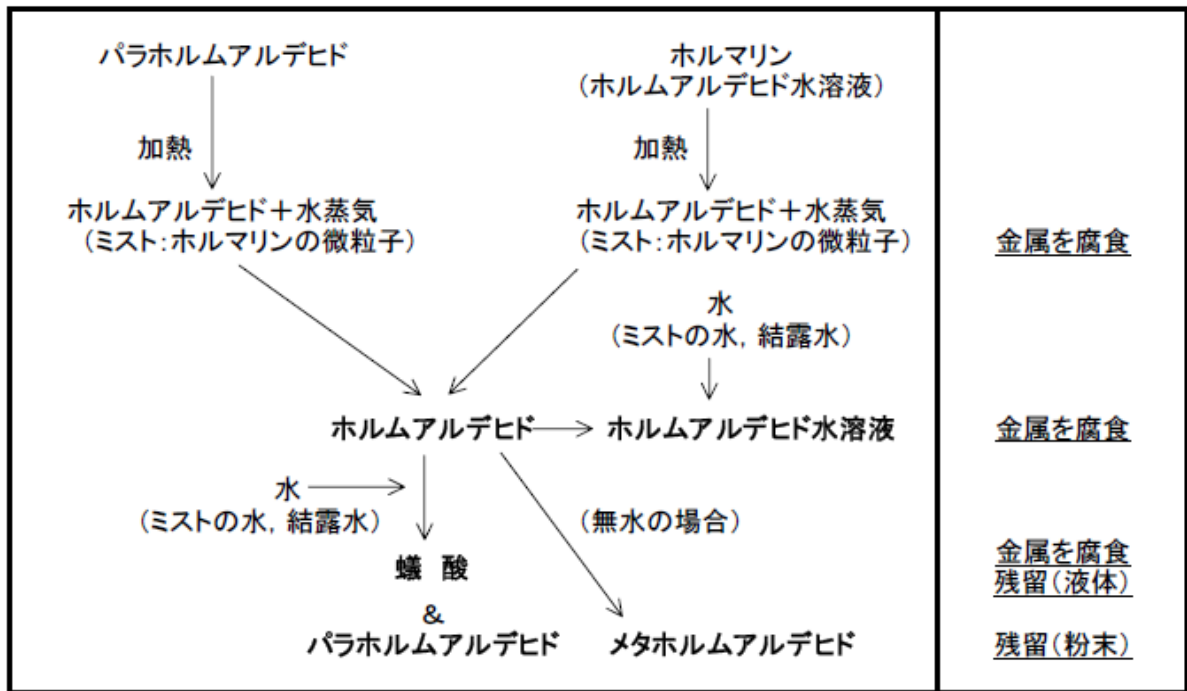


図1 残留物質、腐食物質生成の流れ ((株)ウイングターフの資料から引用)

### 3. 新殺菌システムの特徴

#### 3.1 URM ガス殺菌システム

URM (Ultra Radical Methanol) ガスは、メタノールの触媒反応により、種々のラジカルを含んだ完全なガスを発生させることにより、滅菌相当の殺菌効果を確認したシステムである。(図3)

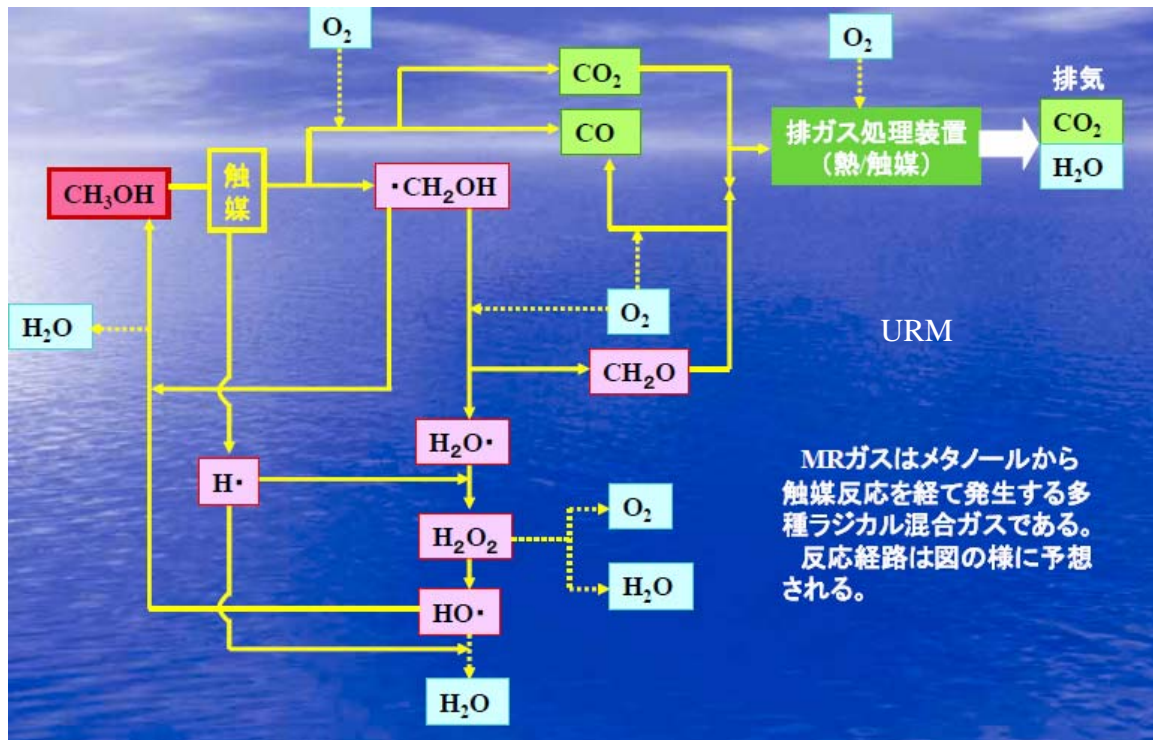


図3 URM ガス反応経路図 ((株)ウイングターフの資料から引用)

ラジカルは非常に高い活性を持った分子の状態を指し、物性的に不安定であるため、微生物の蛋白質や核酸と反応しやすく、このメカニズムにより強い殺菌効果を生じる。また、実際のラジカル発生時の反応経路から燻蒸殺菌におけるホルムアルデヒドガス濃度は、500-800ppm と従来法よりも6倍程度低濃度である。

### 3.2 無残留と無腐食

URM ガスは完全なガス体であるために、常温・常圧でパソコン等の精密機器や飼育機器に附属するようなHEPAフィルター等の対象物の内部まで殺菌が可能であるだけでなく、その対象物や部屋内（飼育室、感染実験室）の天井・壁面・壁面等に残留物を残さず、腐食や劣化を起こさないことが残留分析試験結果より実証されていることが分かっている。

## 4. URM ガス発生装置を用いた燻蒸の実際について

### 4.1 方法

飼育室（検疫飼育室含む）の燻蒸には、URM ガスを発生させる小型滅菌装置（株）ウイズシステムズ社製、図4）を用いた。予め、燻蒸する飼育室以外の隣室や廊下へのガスの流出を防止するため、飼育室内の天井部（照明器具、給気用空調設備、熱および煙感知器）、側壁（電気コンセント、給排水管繋ぎ目、排気用空調設備）、床面（排水口）の他、飼育室および飼育室前室ドアの周囲に養生用ビニールシートやテープ（マスキングテープ、布製ガムテープ）等を用いて目張りを行った。また、ホルムアルデヒドガスを検知するためのケミカルインジケータ（エフサイン、株）メルシャンクリンテック）を設置した。



図4 URM ガス小型滅菌装置

### 4.2 第1回目（平成21年10月27日）

小型滅菌装置には、検疫飼育室の容積に基づいて算出したメタノールを供給して午前9時に運転を開始した。メタノールの投入量から換算して約1.5時間程度の燻蒸殺菌保持時間を想定して、午後5時に空調設備による排気操作を行う予定であった。

実際には飼育室前室の養生用ビニールシートおよびテープを剥がし始めた早々に、前室から廊下にホルムアルデヒド様のガス臭気が流出したために排気操作の準備を直ちに中止した。

燻蒸殺菌後に経時的（3日目まで）に臭気の残留を確認したが改善も認められないため、4日目（10月31日）に飼育室内全ての目張りを外して排気操作を行った。8日目には、検知管を用いてホルムアルデヒドガス濃度を飼育室内3カ所で測定したところ、0.3-0.45ppmであった。28日目にも再度測定したところ、0.2-0.25ppmであった。

以上の結果から、臭気（ホルムアルデヒドガスではなくホルムアルデヒド様の混合ガス）が残存した原因は、目張りしたシールの粘着面であると機器を開発したメーカー側（納入業者と異なる）は指摘した。目張りを剥がした際（臭気が強すぎて目張りを剥がすのが中途半端になった）に、粘着面に臭気の原因になる分子が大量に張り付き、そこから臭気が継続的に発生したとの見解であった。そこで、臭気の残留や流出による人体や飼育動物への影響を考慮し、ガス分解装置の製作を直ちに依頼した。

飼育室内に設置したホルムアルデヒドガスを検知するケミカルインジケータは呈色（反応）を示した。

しかし、混合ガスの中のホルムアルデヒド成分に反応したため、純粋なホルムアルデヒドの検知の精確性は不明である。また、検知管による結果についてもインジケーターと同様なことが考えられた。

#### 4.3 第2回目（平成22年1月12日）

小型滅菌装置に加えて触媒酸化反応を利用した殺菌ガス分解装置 UR-100M を導入した(図5)。前回の混合ガスが残存した反省をもとに今回メーカーに立ち会わせて、燻蒸殺菌の状況について混合ガス濃度を経時的に測定した(図6)。小型滅菌装置には、飼育室の容積に基づいてメタノールを供給し、午後2時30分に運転を開始した。メタノールの供給量から換算して約2時間程度(午後4時6分が混合ガス濃度のピーク)の燻蒸殺菌保持時間の後に、午後5時から12時間(翌日午前5時)殺菌ガス分解装置が運転するように予めタイマーを設定した。小型滅菌装置を運転してから翌日午前9時まで飼育室内排気操作を開始するまで、飼育室隣室または廊下へのガス流出(臭気)は認められなかった。しかし、排気操作を始める飼育室への入室の際には、廊下に流出したホルムアルデヒド様混合ガスの臭気を強く感じた。

排気操作を開始してから8時間後の午後5時にホルムアルデヒドガス検知管で測定したところ、全く反応はなかった。

燻蒸殺菌を確認するためのケミカルインジケーターは、今回も呈色(反応)した。



図5 殺菌ガス分解装置 UR-100M

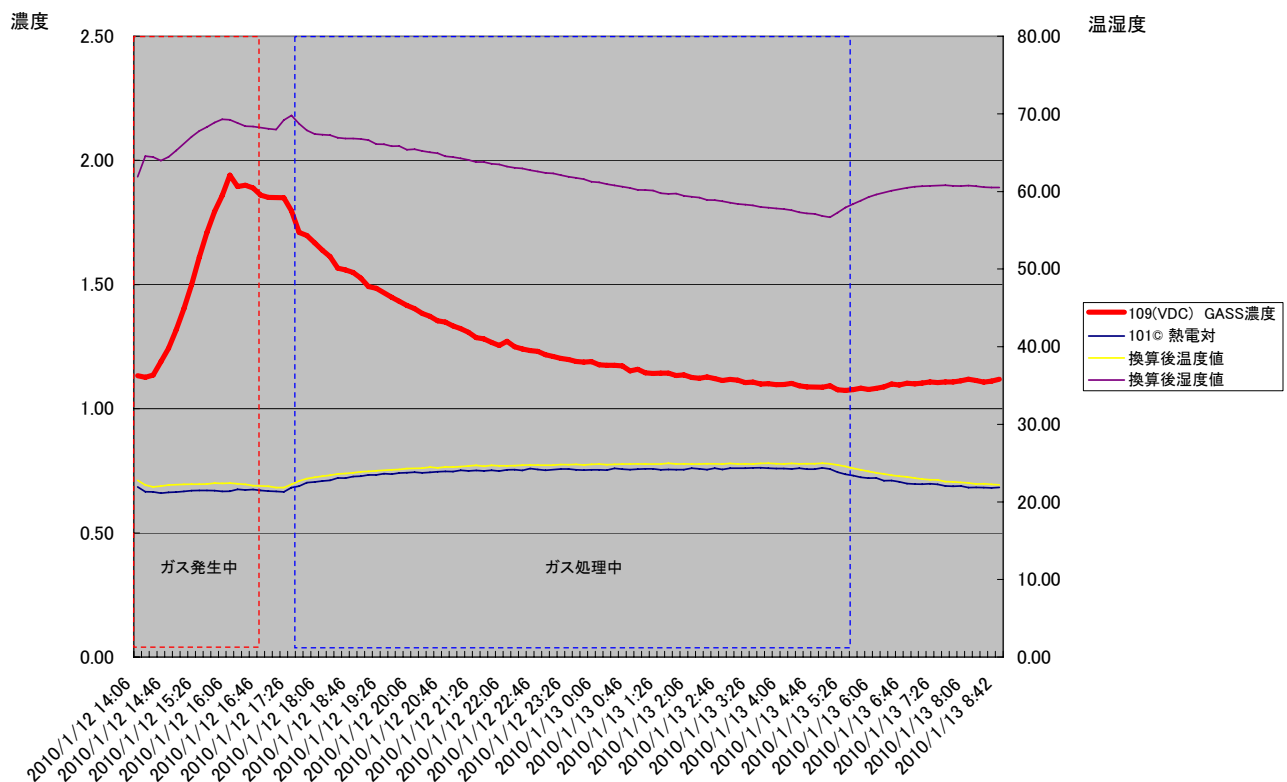


図6 混合ガス、温湿度の経時変化

## 5. 考察・まとめ

ホルムアルデヒド消毒・殺菌の代替法として、過酸化水素、二酸化塩素ガス、オゾン等を用いた方法が挙げられる。しかし、消毒・殺菌の効果を評価するための、浸透性、腐食性、残留性の全てを満足した方法は現在のところ発見されてなく模索状態であると推察される。

URM ガス（混合ガス）は、特化則に抵触しない無腐食、無残留で殺菌を可能にした新世代の殺菌システムであると大きな期待をしていた。しかし、ラジカル発生時の反応経路の中でホルムアルデヒドガスが発生しても、その分解も早いため『無残留』であることが特徴とされている。その理由から、人体や飼育動物への安全性はとても優れていると安心していただけ、機器を導入した当初の燻蒸作業で、ガス分解装置の必要性は全く予想していなかったことであった。また、養生用のビニールシートまたはテープの接着面が原因と考えられるホルムアルデヒド様混合ガスの残存が幾日も影響した。今後、養生用の製品または養生方法について検討する必要がある。

URM ガスによる燻蒸殺菌を確認するためのインジケータは、ホルムアルデヒド成分に反応したもののガス濃度や殺菌効果の評価ができなかった。その理由から、混合ガスまたはラジカルガス成分を単体で測定する機器の装着が必要である。さらに、URM ガスに暴露された人体への影響は報告されていないことから、労働安全衛生の面から安全性の検証を行うことも今後の検討課題であると考えられた。