

## 人工呼吸器回路内結露と汚染について

condensation of the ventilator circuit and contaminated circuit

集中治療部○高尾ゆきえ 壬生菊代 石井留美子 小林利江

キーワード：人工呼吸器回路・加温加湿・回路汚染

要旨：人工呼吸器加温加湿器のFisher & Paykel社製のMR730を使用しFisher & Paykel社製R206回路で、人工肺を用い各設定による回路内結露量を測定した。再生回路との結露量の差を調べた。又、回路汚染を調べた。R206回路は、再生回路より結露が多く、チャンパー温は+設定にしない事が望ましい。患者の喀痰から検出された菌がチャンパーから検出された。回路汚染の予防には、結露を生じない設定と回路内の水分を排除し、逆流させない事が重要である。

はじめに

人工呼吸器管理を行なう時、気道の温度・湿度を適切な状態に保つことは、気道粘膜を保護する上で重要である。ICUでは、人工呼吸器の加温加湿には、Fisher & Paykel社製のMR730を使用している。全米呼吸ケア協会（以下AARC）では、人工呼吸中の適正な温度・湿度について $33 \pm 2^{\circ}\text{C}$ 、絶対湿度 $30\text{mg/L}$ （相対湿度 $76 \sim 94\%$ ）としている。昨年の研究では、AARCの基準と加湿加温のデータを基に安全な設定を $37^{\circ}\text{C} + 2$ から $39^{\circ}\text{C} \pm 0$ が望ましいと考察した。しかし、その設定での使用時に時として、回路内の結露量が多く問題となった。室内の温度・湿度の影響が大きいと考えられるが、ディスポ回路と加温加湿設定値によってその影響が増強されている事に気づいた。前回の実験では、再生回路を使用しており、今回プラスチック製のディスポ回路Fisher & Paykel社製R206を使用しその結露量を測定し、再生回路と比較した。その結果からディスポ回路の適切な設定を検討した。また、結露で生じた水分は回路汚染を増悪させているか検証し、その対策を検討した。方法、ディスポ回路を使用し呼吸器を24時間作動させ、人工肺を用い、人工肺の口元に温湿度モニターを装着し、加温加湿器の温度設定を変更し、口元の温度・湿度を測定する。また、口元にウォータートラップをとりつけ、口元への垂れ込み量及び回路内の結露・気化量を測定する。再生回路は前回の実験データを使用する。（図1）

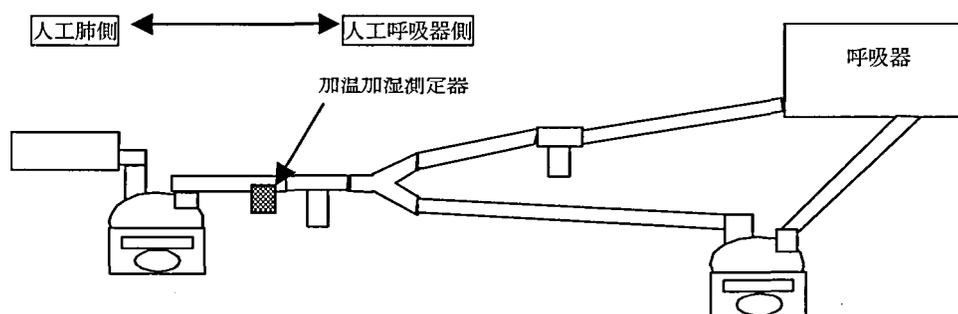


図1 実験回路

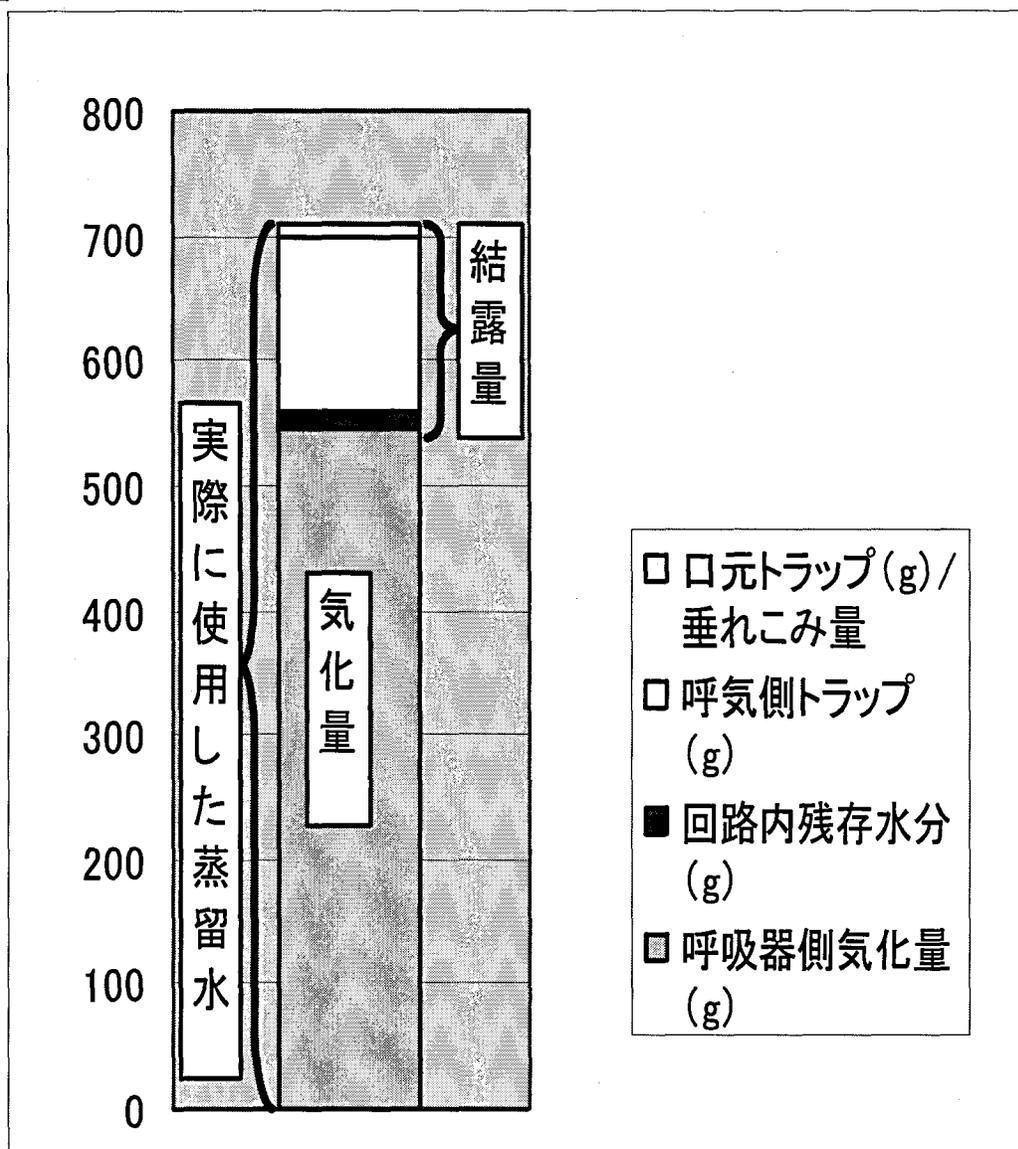
設定は安全な設定  $37^{\circ}\text{C}+2$  から  $39^{\circ}\text{C} \pm 0$  の7パターンとした。(表1) 前回の実験から、過剰な加湿量として、結露量・垂れ込み量。有効な加湿量として気化量とし、用語を定義した。

(表2)

表1

前回研究より推奨した加温加湿設定の7パターン $37^{\circ}\text{C} \pm 0 / 37^{\circ}\text{C} + 2$ $38^{\circ}\text{C} - 2 / 38^{\circ}\text{C} \pm 0 / 38^{\circ}\text{C} + 2$ $39^{\circ}\text{C} - 2 / 39^{\circ}\text{C} \pm 0$
--

表2



結果

ディスポ回路は、すべての設定で、AARCの基準の口元温 $30^{\circ}\text{C}$ 絶対湿度 $30\text{mgH}_2\text{O/L}$ 以上の値を示し、過剰な加温・過小な加湿になることはなかった。気化量は、すべての設定で $500\text{g}$ 以上を超えて、再生回路とディスポ回路では、気化量はどの設定でも $500\text{g}$ - $600\text{g}$ の間にありと大きな差はなかった。(図2)

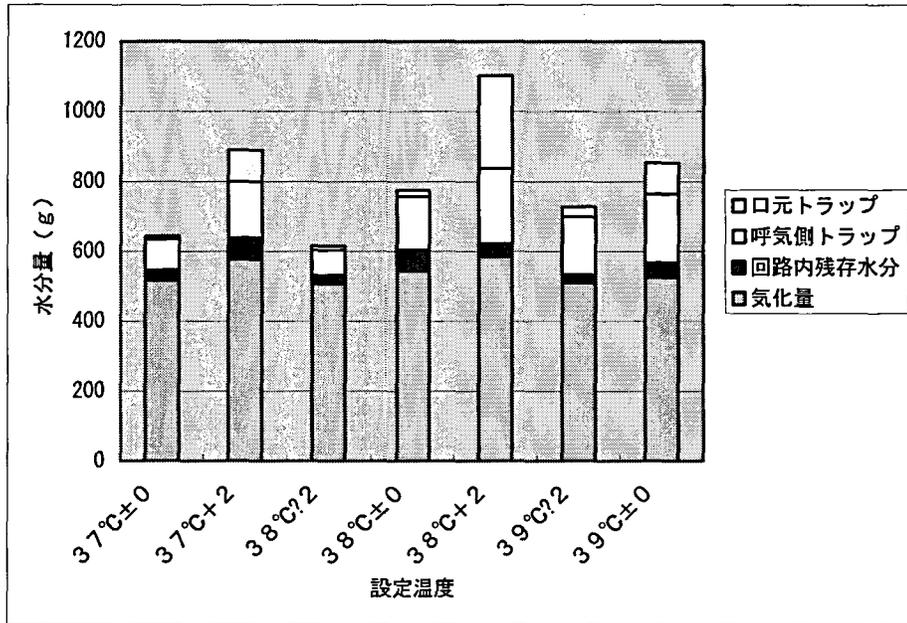


図2 ディスポ回路結露量

しかし、グラフの水色の部分、同じ $37^{\circ}\text{C}$ ・ $38^{\circ}\text{C}$ の温度設定でも+2と±0の設定では、口元トラップと呼気側トラップの量が3倍ほど多い。

再生回路と比較すると $39^{\circ}\text{C}$ マイナス2設定では、結露量としては、ディスポ回路は、再生回路の1.2倍であり、口元トラップの実際の量は、 $13\text{g}$ から $29\text{g}$ と増加。(図3)

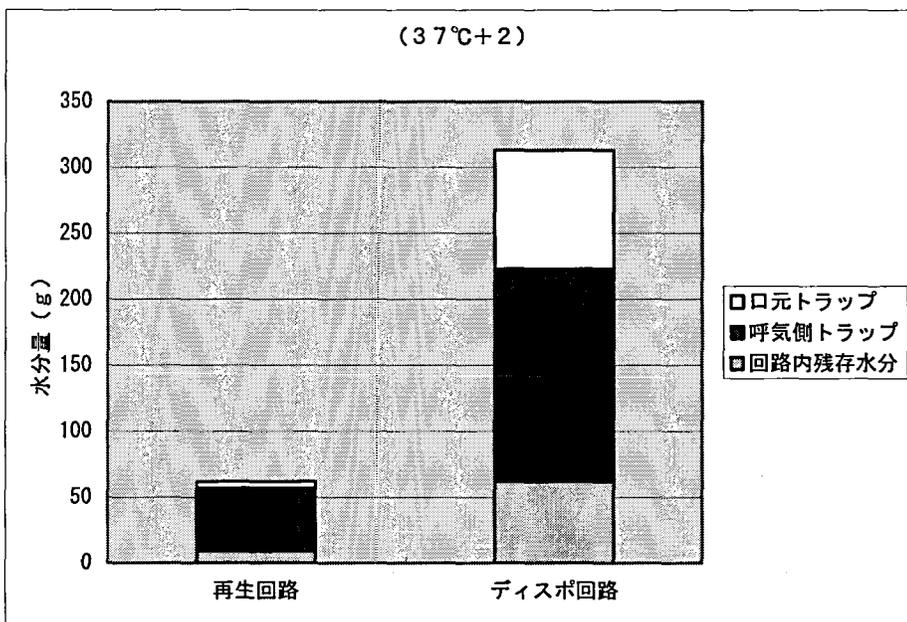


図3 回路内結露量

37°C+2設定では、結露量では、ディスポ回路は再生回路の5倍で、口元トラップは5gから90gと多くなっている。(図4)

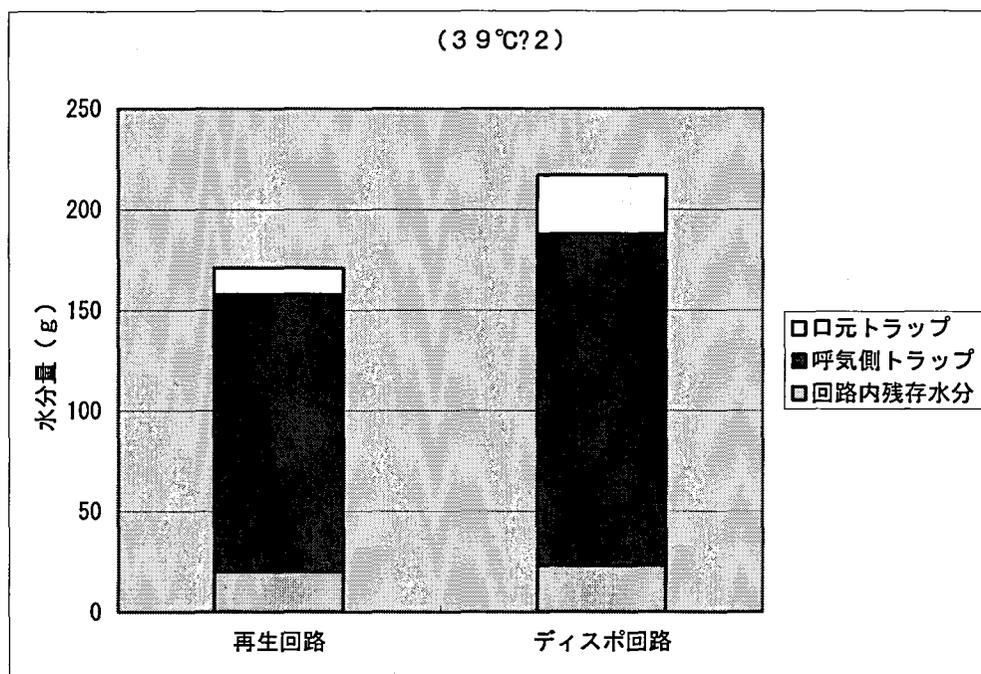


図4 回路内結露量

この結果から、多量に生じた結露は、細菌をカスケード内部に運んでいる事が予測され、回路の細菌培養をした。

回路汚染について

方法

長期人工呼吸器使用中で、呼吸状態が安定している、条件がFiO2 0.4以下、PaCO2 45以下、PaO2 90以上で、ディスポ回路使用患者の呼吸器回路交換時に、はずした回路内の培養を行った。採取部位は、吸気側口元とカスケード内部を滅菌綿棒で拭拭後ドリガルスキー培地に塗抹し、37°Cの恒温器で48時間培養し、コロニー数を調べた。コロニーから培養菌の同定をした。(図5)

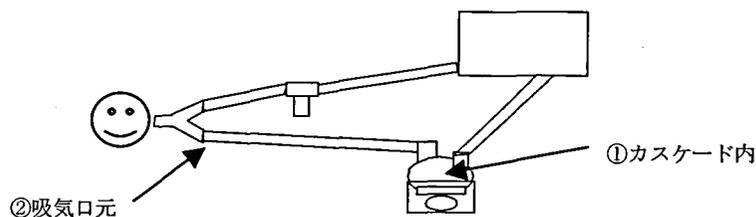


図5 培養採取部位

## 結果

今回5回培養を行った。(表3)。4回目、5回目からチャンバーから菌が培養された。(図6) 同定された菌は、患者の喀痰から検出されていた同じ、緑膿菌だった。

表3

コロニー数	1回目	2回目	3回目	4回目	5回目
吸気側口元	1	16	17	131	169
カスケード内	0	0	0	61	300以上

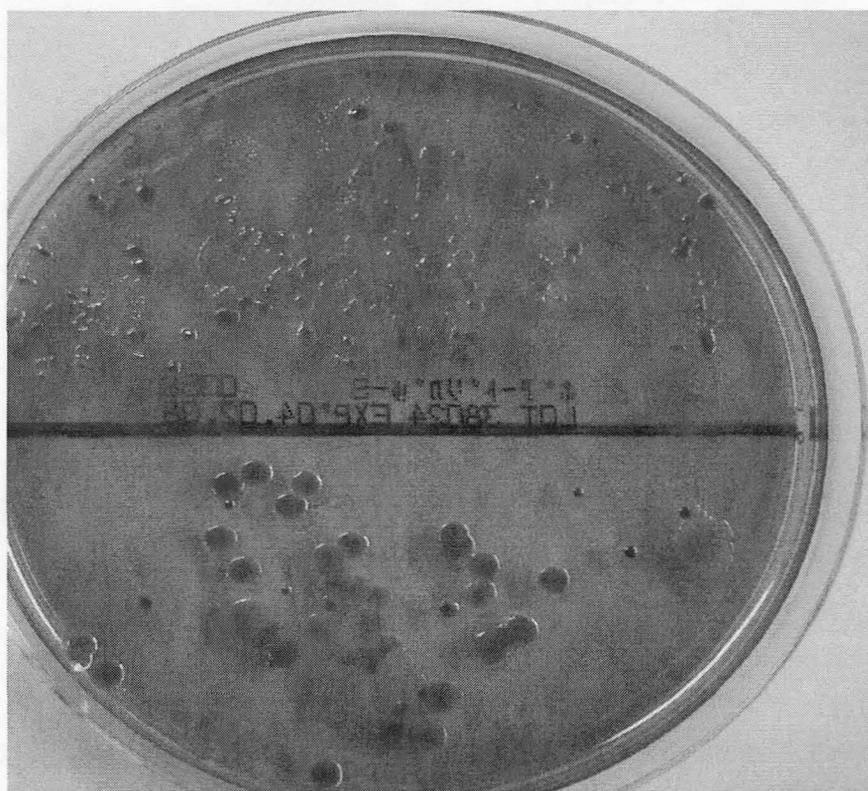


図6 培養写真

## 考察

ディスポ回路は、すべての設定で、AARCの基準の口元温 $30^{\circ}\text{C}$ 絶対湿度 $30\text{mgH}_2\text{O/L}$ 以上の値を示し、過剰な加温・過小な加湿になることはなく、有効な加湿と考えられる気化量はディスポ回路と再生回路は同程度だった。このことより、ディスポ回路は再生回路と同じ設定で、機能的には問題ないと考えられる。しかし、ディスポ回路は再生回路比べ結露量が多い。これは、回路の形状・素材の違いと長さの違いといった事が影響していると考えられる。ディスポ回路は、内腔が波状で、薄いプラスチックで、できている。再生回路は、内腔は円形で、外周に筋状のプラスチックが巻かれています。断熱効率の差が生じていると予測される。

また、吸気側回路の長さがディスポ回路は $165\text{cm}$ 、再生回路は $130\text{cm}$ と $35\text{cm}$ の差があり、口元にガスが届くまでに外気の影響を受けやすいと考える。

また、設定で口元温度を下げるプラス設定。例えば、 $37^{\circ}\text{C}+2$ などは、結露量は、格段に増え、 $38^{\circ}\text{C}+2$ の設定では結露量は $500\text{g}$ 以上を超え、こまめに水分を排除しても、垂れ込みを防ぐことや水分の逆流をさせないことは難しいと思われる。ディスポ回路では、チャンバー温度は、口元温度より、あげない。つまりチャンバーをプラス設定にはしないことが望ましい。

つぎに、現在使用の人工呼吸器は、一定のガスが常時、一方向に流れており、ガスが、逆流することはない。患者の喀痰から検出された菌がチャンバーから検出された事は結露した水分が逆流し、運んだと考えられる。結露を生じない設定と回路内の水分を排除し、逆流させない事が重要である。

終わりに

今回は単発の実験結果であるが、一定の傾向がわかった。今後のマニュアル作成や手順の徹底に役立て、実践での活用をしていきたい。

- 1) MR700, MR720, MR730 Respiratory Humidifiers Operation Manual. Fisher & Paykel Healthcare, New Zealand, 1997
- 2) AARC Clinical Practice Guidelines: Humidification during Mechanical Ventilation, Respiratory Care, 37: 887-890, 1992を抄訳・改変
- 3) American National Standards Institute (ANSI). American national standard for humidifiers nebulizers for medical use. ANSI Z79. 9, 1979
- 4) 官川 響他：熱線入り加温加湿器の上気道関するに関する実験的検討。日本臨床麻酔学会誌19巻8号, S300, 1999
- 5) 壬生 菊代他：人工呼吸器の加温加湿の効果について。亢進救急集中治療研究18(2): 31, 2002