




解 析 報 告 書			顧客注番	7 6 7 7 1 7		
			資料番号	C D 1 2 6 9 8 - 0 0 0 1		
納 先	株式会社 フジファインズ 殿		作成日	Rev. 0	2020年 2月 13日	
題 名	水素ガス拡散シミュレーション					
<p>水素ガス拡散シミュレーションにより、水素発生器使用時に鼻腔とカニューレの隙間から漏れ出る水素ガスが周辺に拡散する様子の可視化を行った。</p> <p>そのシミュレーション条件および結果を本報告書にまとめる。</p>						
解析プログラム名称			STAR-CCM+		バージョン No.	Ver. 12. 06. 010
改訂番号	来 歴		承認	審査	作成	
(株)日立パワーソリューションズ 解析・検査サービス部 応用解析エンジニアリンググループ	配布先/部数	顧客	1	承認	審査	作成
						
		控	1			

1. シミュレーションの目的

水素ガス拡散シミュレーションにより、水素発生器使用時に鼻腔とカニューレの隙間から漏れ出る水素ガスが周辺に拡散する様子を可視化する。

シミュレーション結果と別途実施済みの測定結果とを比較し、シミュレーション結果がより測定結果に近づくように、シミュレーション条件の調整を行う。

2. シミュレーション条件の検討

(1) シミュレーションモデル

シミュレーションモデルを図 2-1 に示す。

人体の頭部・胸部およびカニューレをモデル化範囲とした。また、呼吸を模擬するために、鼻腔、気道および肺を簡易的にモデル化した。周囲の空間は、水素ガス拡散シミュレーションを模擬するのに十分と考えられる広さに設定した。

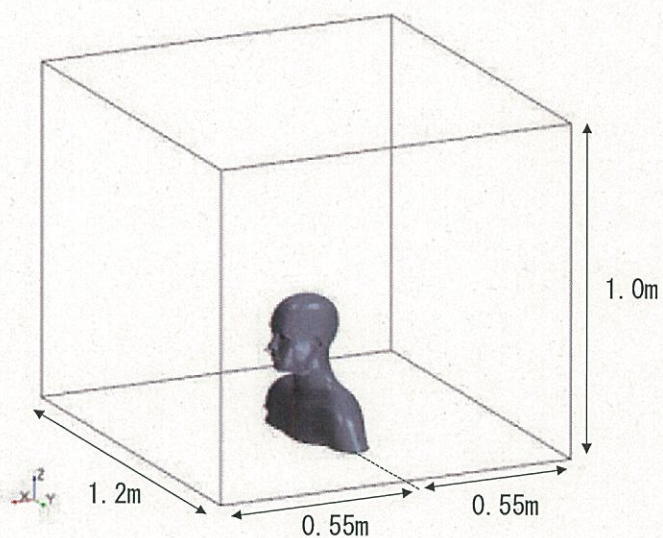
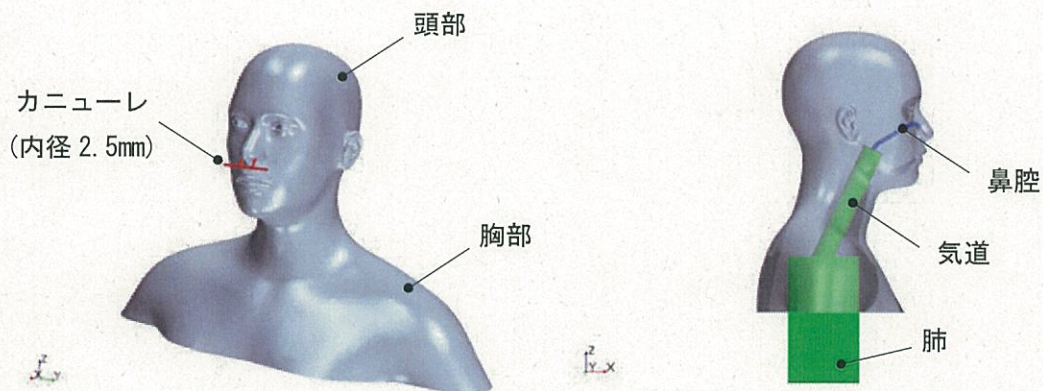


図 2-1 シミュレーションモデル

(2) シミュレーション条件

シミュレーション条件を表 2-1 に示す。また、呼吸パターンを図 2-2 に示す。

水素供給量は、「アクアリメール 水素生成器-500 (OY-FF70-B)」の機材仕様値である 500mL/min、ならびに、鼻腔付近の水素供給量測定値(200~300mL/min)の範囲内で水素ガス濃度が測定値(1%前後)と同程度となるように調整した 200mL/min の二通りとした。

表 2-1 シミュレーション条件

項目	単位	値	備考	
環境条件	温度	°C	25	水素ガス濃度測定条件 (大気圧、無風)
	圧力	Pa	101325	
水素供給量	mL/min	500	機材仕様値	
		200	測定結果に合わせて調整	
呼吸	呼吸量	mL	500	1呼吸当たり
	呼気温度	°C	36	
	周期	sec	5	
重力加速度	m/s ²	9.807		

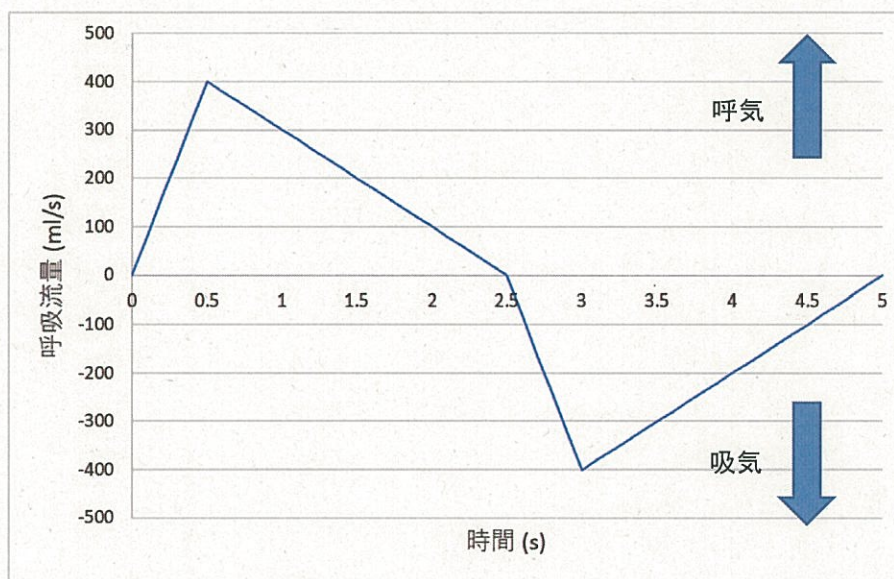


図 2-2 呼吸パターン

3. シミュレーションデータの作成

(1) シミュレーションメッシュ

シミュレーションメッシュを図 3-1 に示す。シミュレーションメッシュは、拡散シミュレーションソフトウェアの入力データとして必要となる、モデル内部を小領域に分割したデータである。

(2) シミュレーション手法

シミュレーション手法を表 3-1 に示す。シミュレーション手法は、今回の水素ガス拡散を模擬するのに適切と考えられるものを選択した。

(3) 物性値

水素および空気の物性値を表 3-2 に示す。

(4) 境界条件

境界条件および境界配置を表 3-3 および図 3-2 に示す。シミュレーションにおける「境界」は、気体の出入口の場所や流速などの値をユーザ側で指定することを意味する。

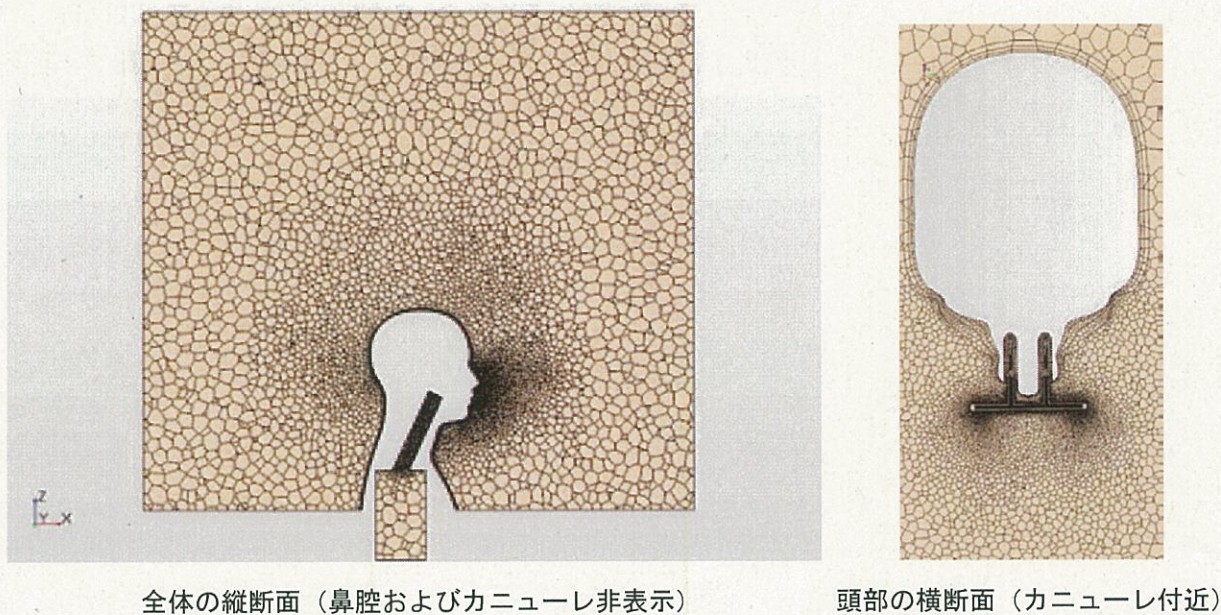


図 3-1 シミュレーションメッシュ

表 3-1 シミュレーション手法

項目	内容
ソフトウェア	STARCCM+ Ver. 12.06.010
気体の模擬	水素および空気
シミュレーション手法	熱流動・成分拡散非定常計算
非定常計算の時間刻み	0.1 (s)
対流模擬	密度差による自然対流
乱流モデル	Rearizable k-ε 2層 (壁面近傍 All Y+)
方程式解法	分離型解法 (流れ、化学種、エンタルピー、乱流)

表 3-2 水素および空気の物性値

項目		単位	内 容	備考
水素	気体密度	kg/m ³	理想気体近似	0.1 (MPa) 時の物性値を使用
	分子量	kg/kmol	2.016	
	粘性率	Pa・s	温度依存	
	比熱	J/kg・K	14310	
	熱伝導率	W/m・K	温度依存	
空気	気体密度	kg/m ³	理想気体近似	0.1 (MPa) 時の物性値を使用
	分子量	kg/kmol	28.97	
	粘性率	Pa・s	温度依存	
	比熱	J/kg・K	温度依存	
	熱伝導率	W/m・K	温度依存	

表 3-3 境界条件

配置箇所	境界の種類	水素供給量 500 (mL/min)	水素供給量 200 (mL/min)
カニューレ	流入境界	水素流入流速 0.849 (m/s)	水素流入流速 0.340 (m/s)
肺底面	流入境界	呼吸流量： 図 2-2 のパターンを適用 水素濃度： 0.1% (呼気の平均濃度)	

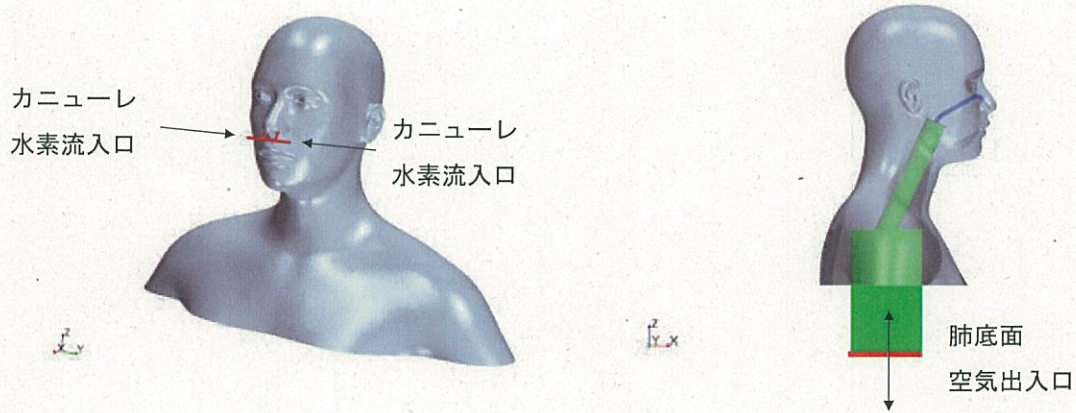
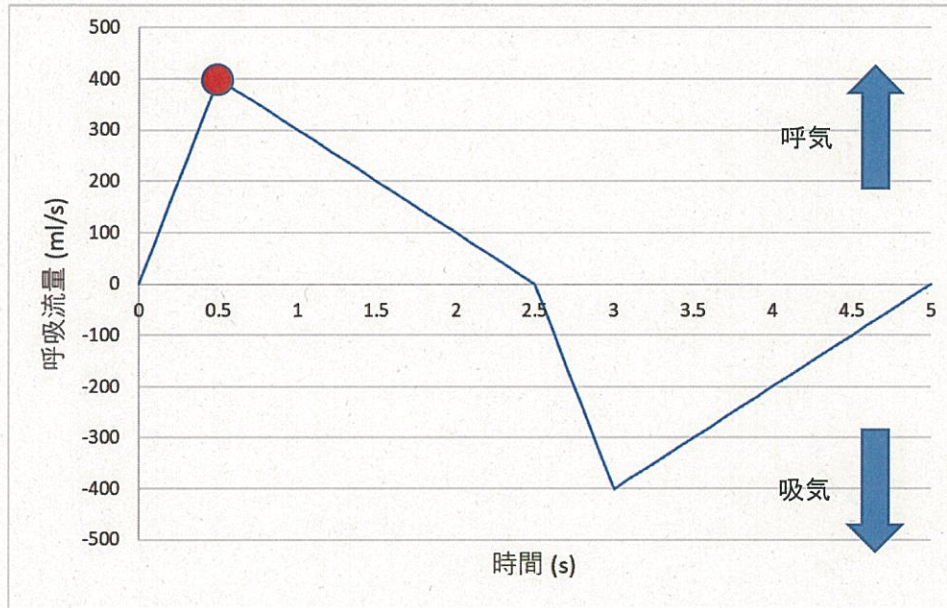


図 3-2 境界配置

4. シミュレーション結果

4.1 水素供給量 500mL/min

水素供給量を機材仕様の 500mL/min としてシミュレーションを行った場合の水素ガス濃度分布図を呼吸のタイミング別に図 4. 1-1~4 に示す。図 4. 1-1 において、最大水素ガス濃度が 4% を超え、水素ガス濃度が 1% 前後となる測定結果と異なっていたため、シミュレーション結果がより測定結果に近づくようにシミュレーション条件を調整してシミュレーションを行った (4.2 に記載)。



呼吸パターン

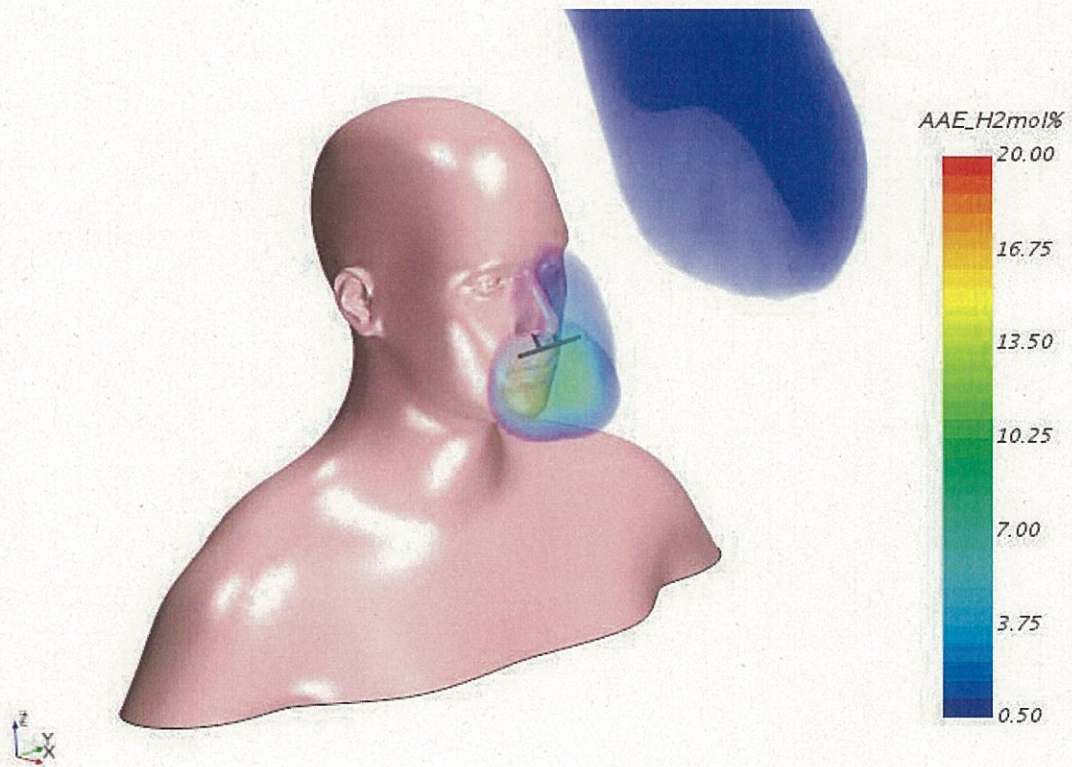
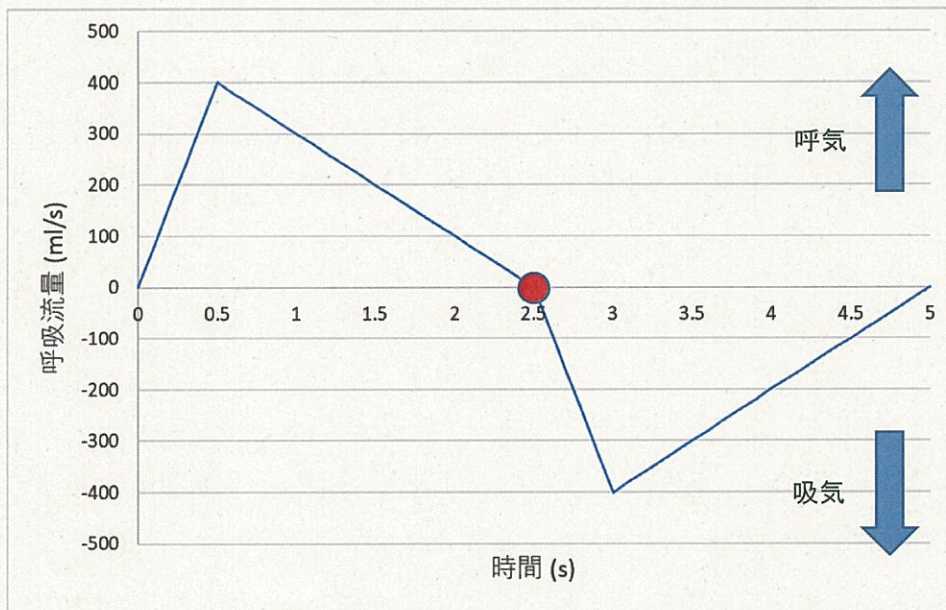


図 4. 1-1 息を吐き出す速さが最大となる時の水素ガス濃度分布(水素供給量 500mL/min)



呼吸パターン

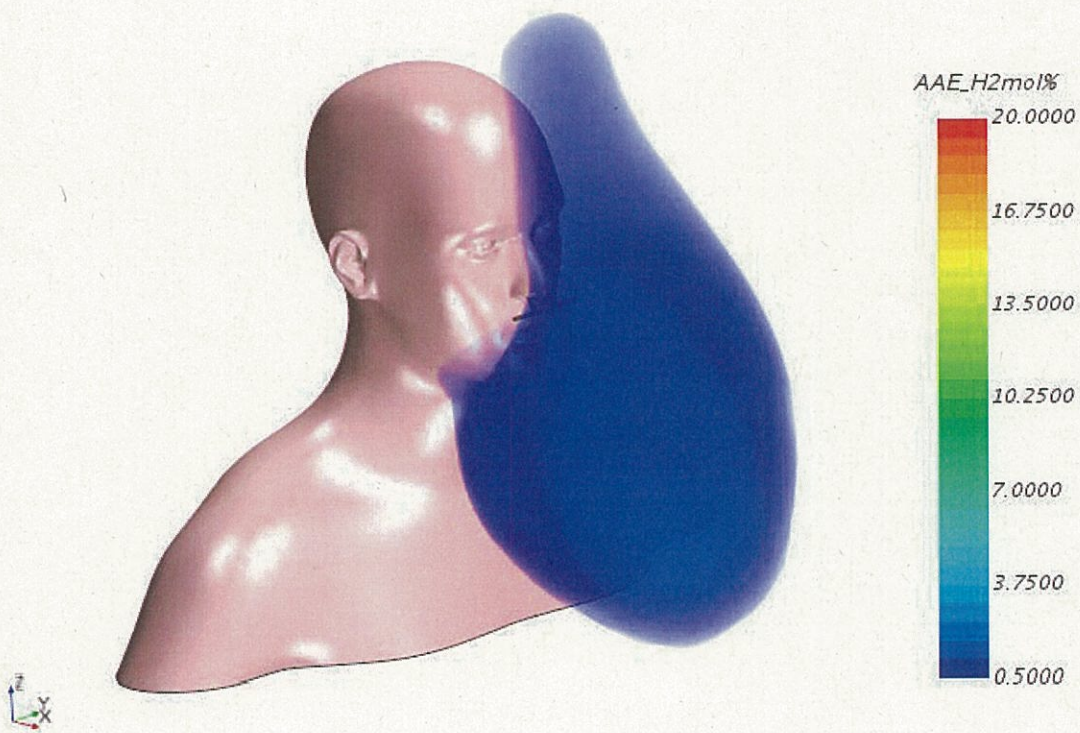
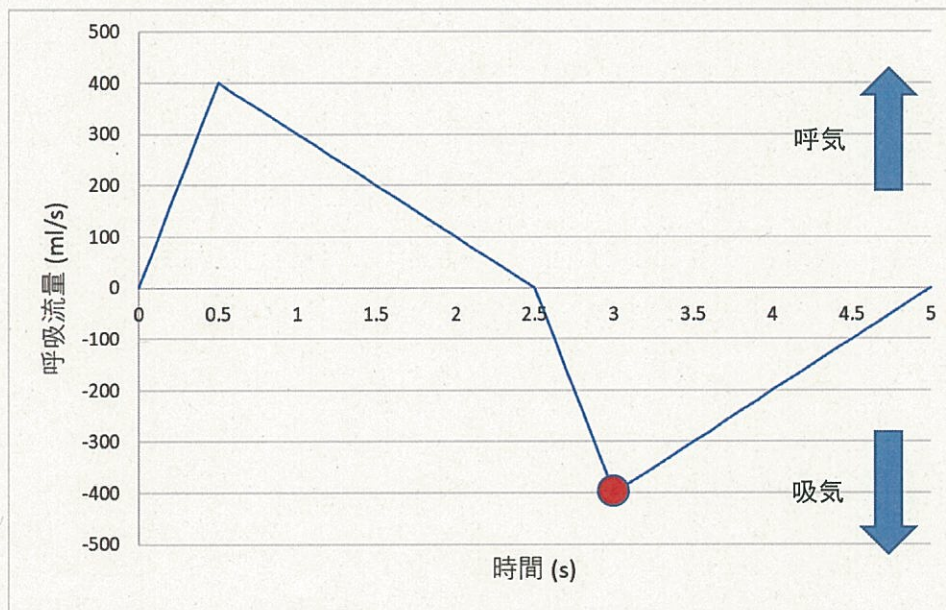


図 4.1-2 息を吐き切った時の水素ガス濃度分布 (水素供給量 500mL/min)



呼吸パターン

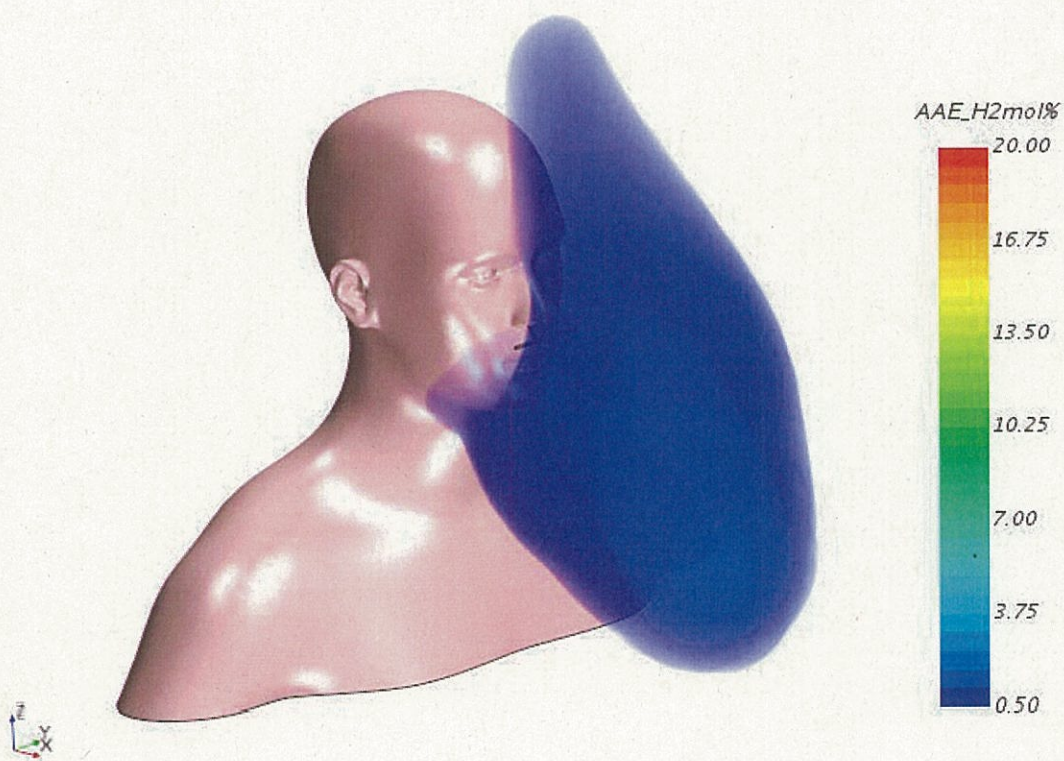
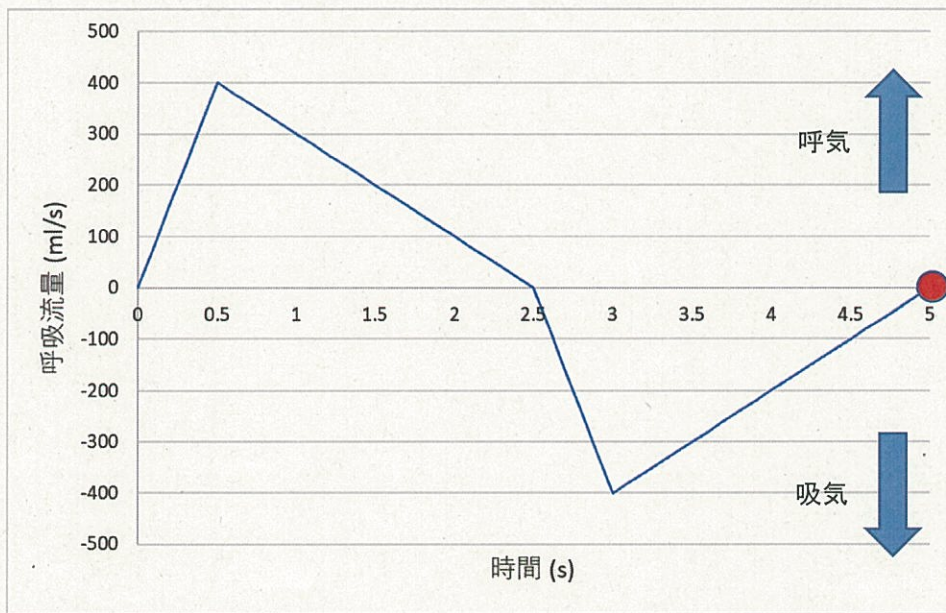


図 4. 1-3 息を吸い込む速度が最大となる時の水素ガス濃度分布 (水素供給量 500mL/min)



呼吸パターン

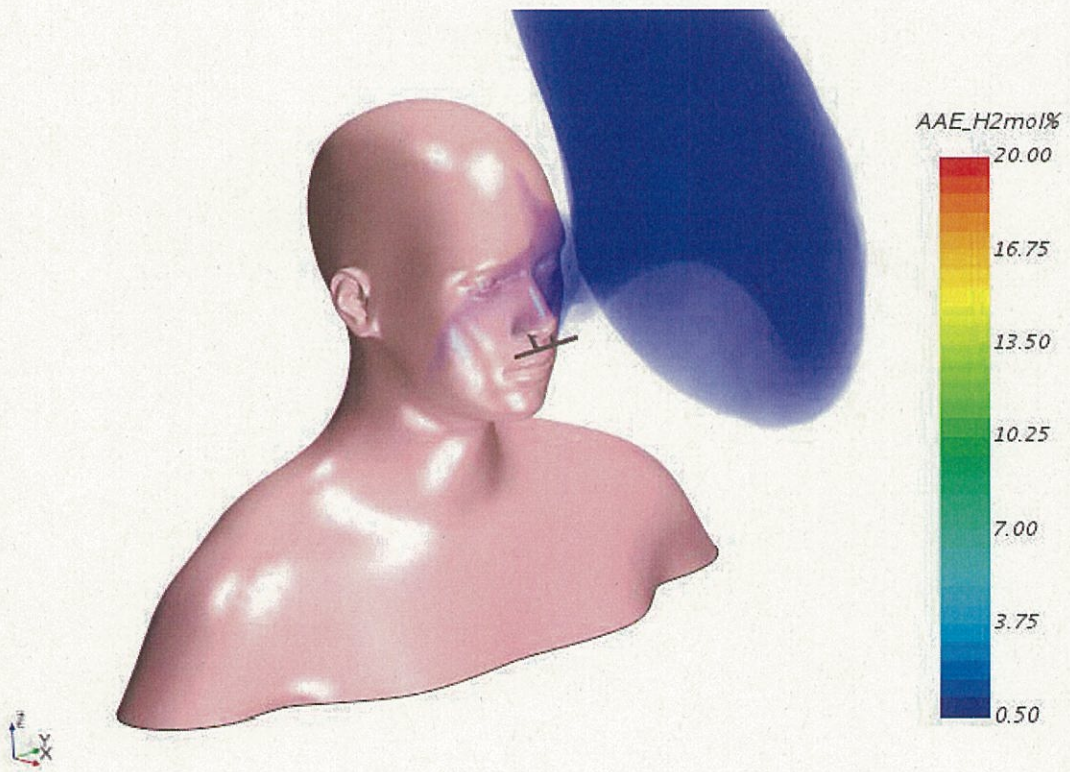
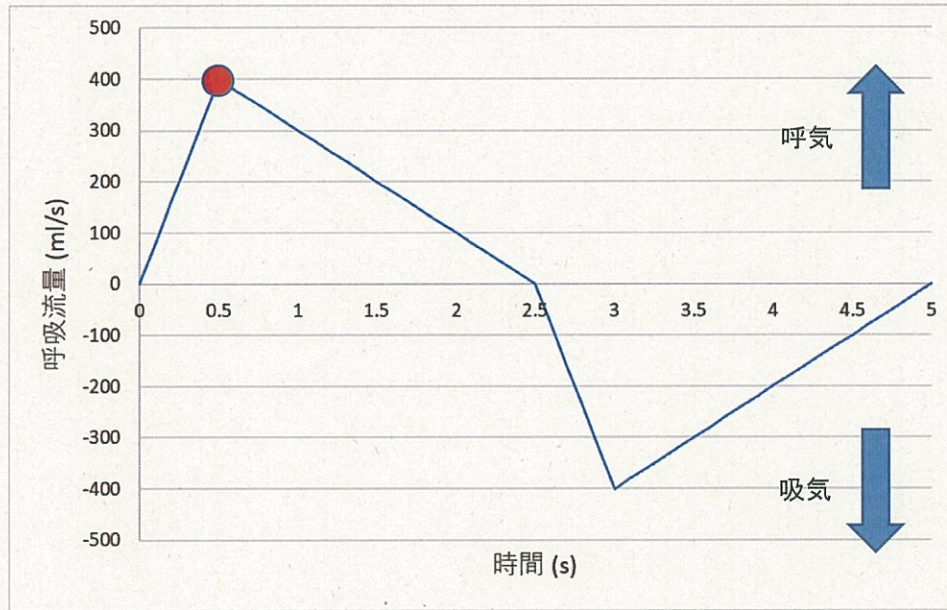


図 4.1-4 息を吸い切った時の水素ガス濃度分布(水素供給量 500mL/min)

4.2 水素供給量 200mL/min

鼻腔付近の水素供給量測定値が 200~300mL/min であったため、この範囲内で水素ガス濃度の測定値(1%前後)と概ね一致するように、シミュレーション上の水素供給量として 200mL/min を設定した。

水素供給量を 200mL/min としてシミュレーションを行った場合の水素ガス濃度分布図を呼吸のタイミング別に図 4.2-1~4 に示す。



呼吸パターン

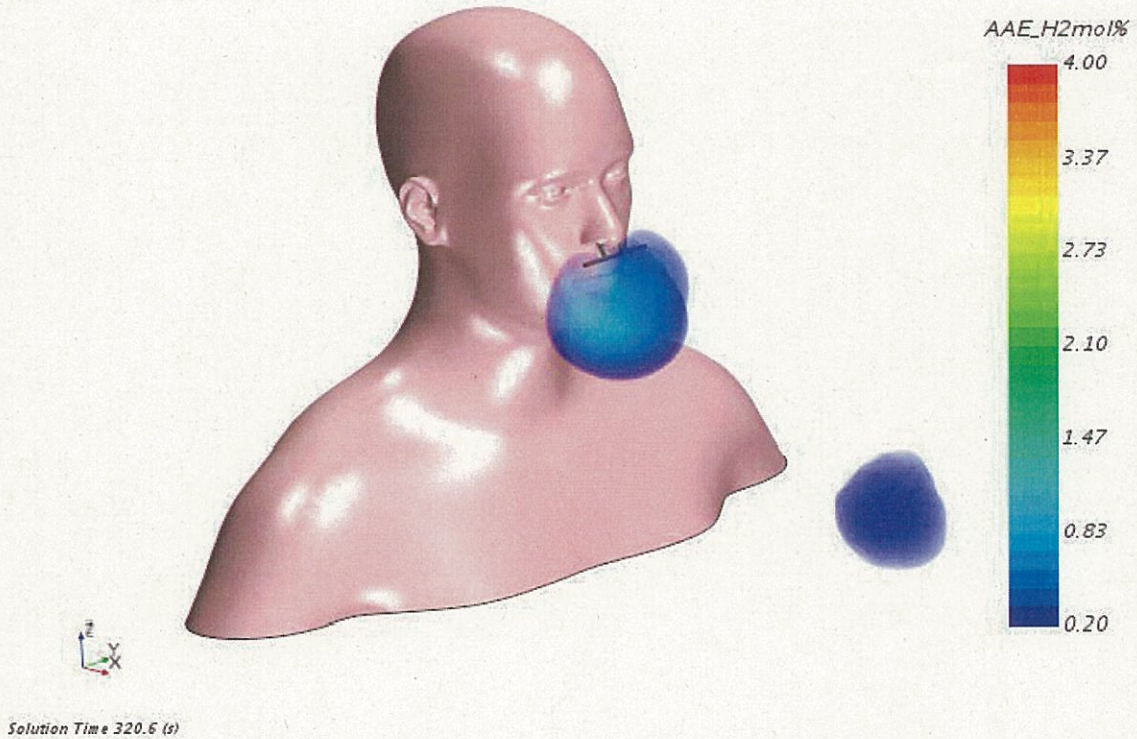
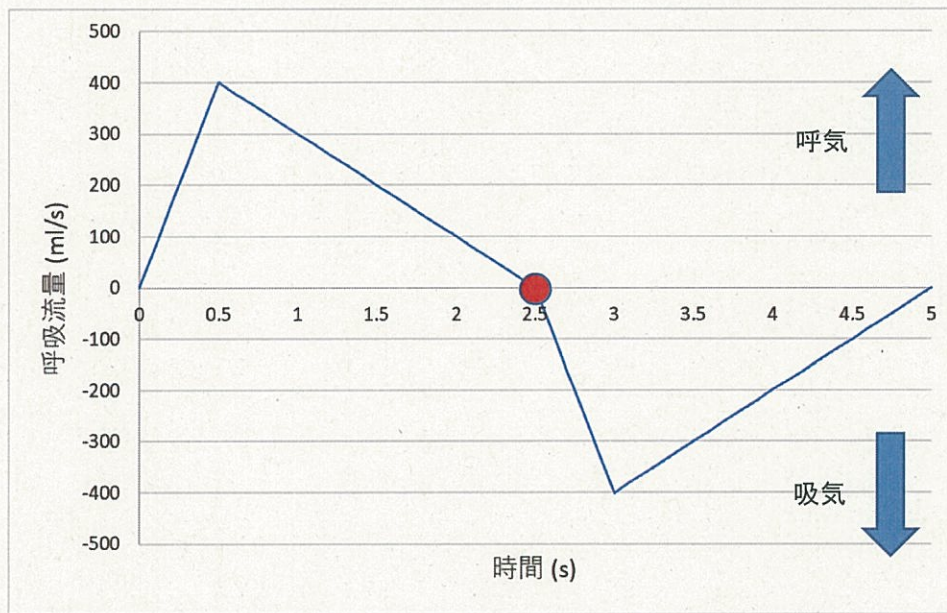


図 4.2-1 息を吐き出す速さが最大となる時の水素ガス濃度分布(水素供給量 200mL/min)



呼吸パターン

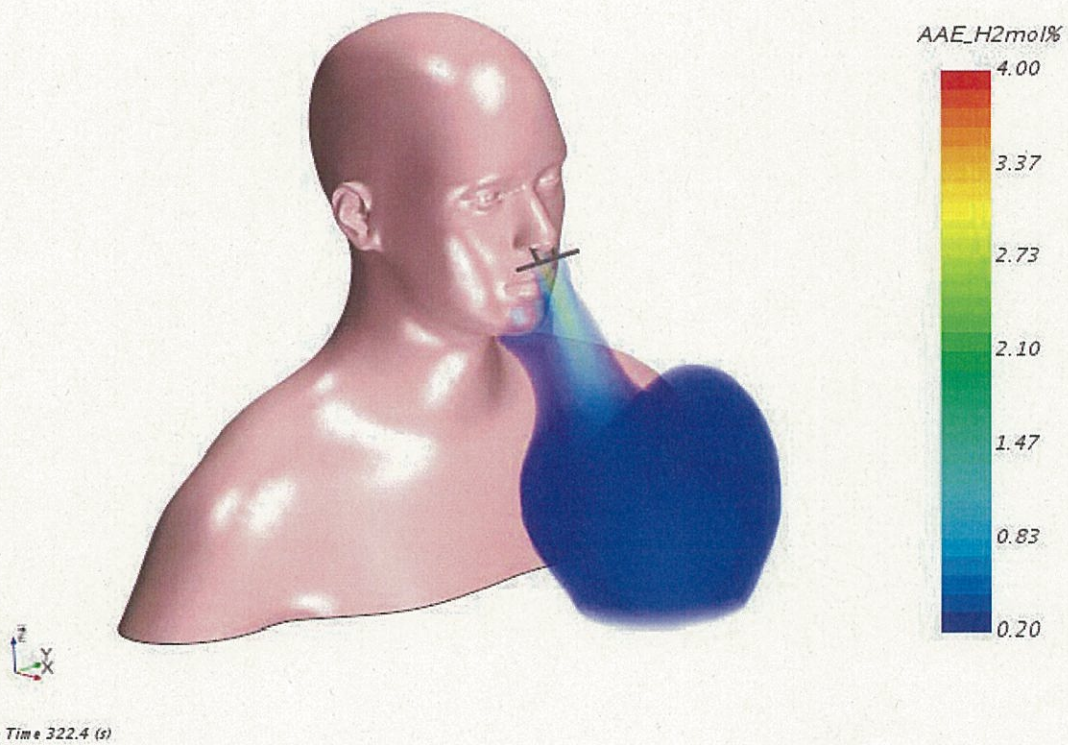
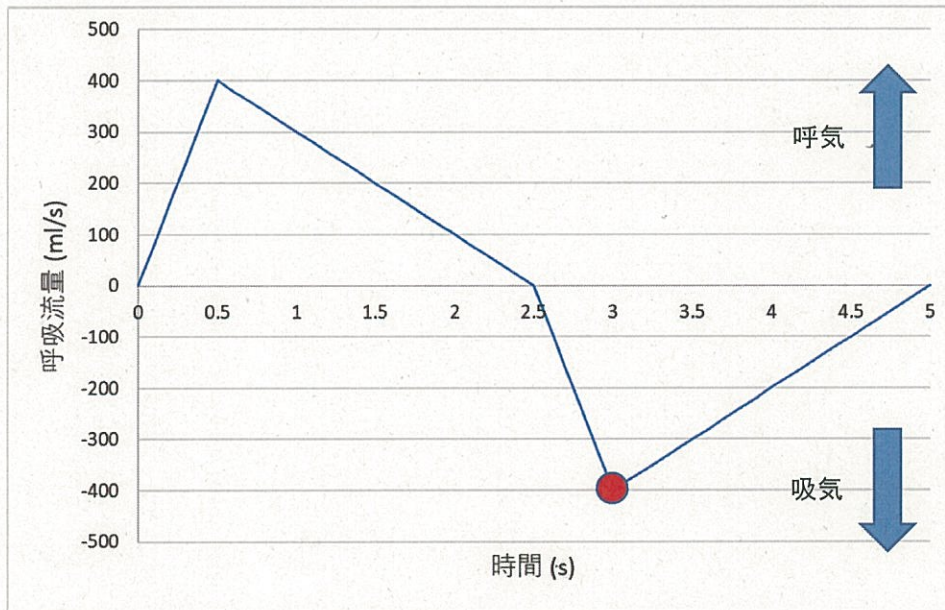


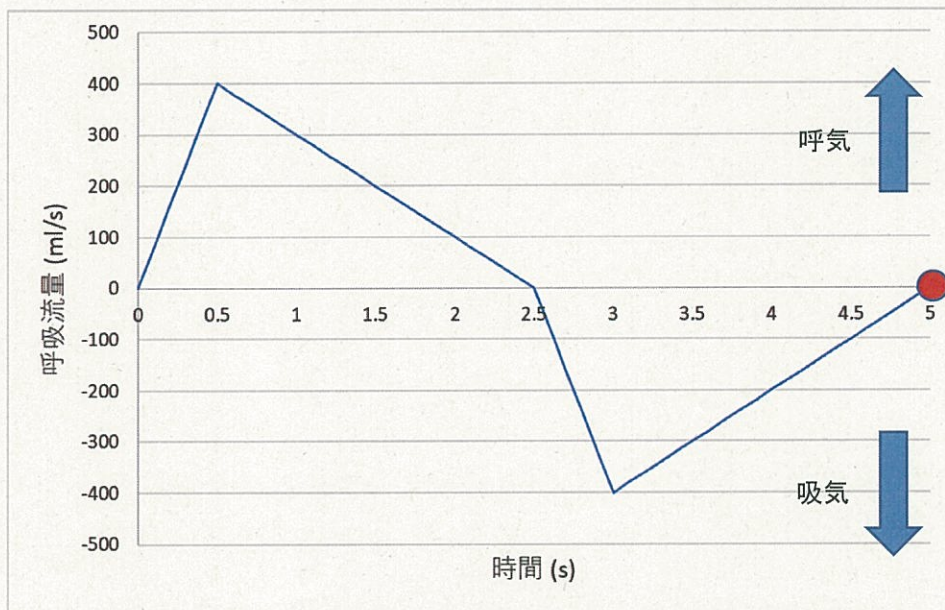
図 4. 2-2 息を吐き切った時の水素ガス濃度分布(水素供給量 200mL/min)



呼吸パターン



図 4. 2-3 息を吸い込む速度が最大となる時の水素ガス濃度分布 (水素供給量 200mL/min)



呼吸パターン

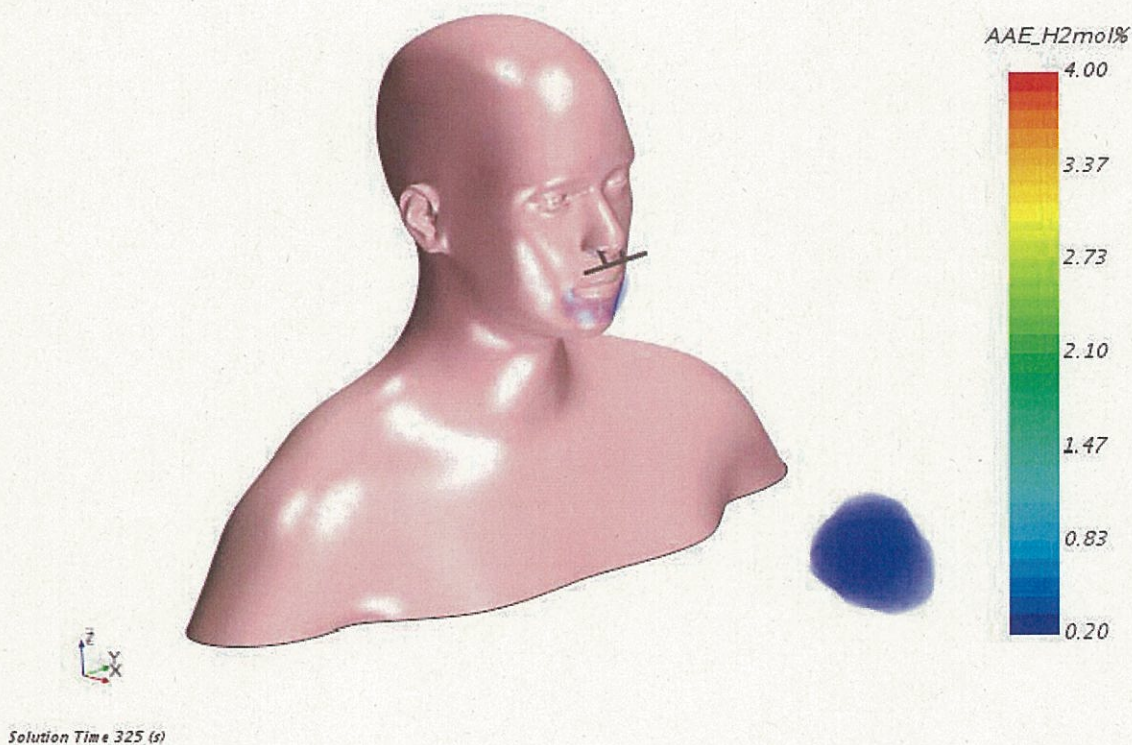


図 4. 2-4 息を吸い切った時の水素ガス濃度分布 (水素供給量 200mL/min)

5. シミュレーション条件の調整について

水素ガス濃度の測定結果を概ね 1%前後とみなして、シミュレーション結果が同程度となるように水素供給量を調整して 200mL/min とした。

水素ガス濃度測定点に準じて設定したシミュレーション上のモニター点を図 5-1 に示す。また、皮膚から 1cm、3cm および 5cm の位置におけるモニター点の水素ガス平均濃度の時刻歴を図 5-2 に示す。

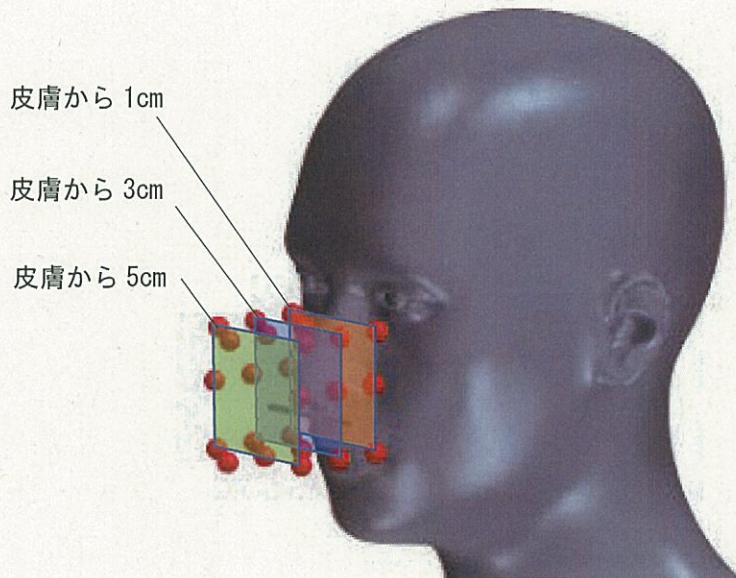


図 5-1 水素ガス濃度のモニター点

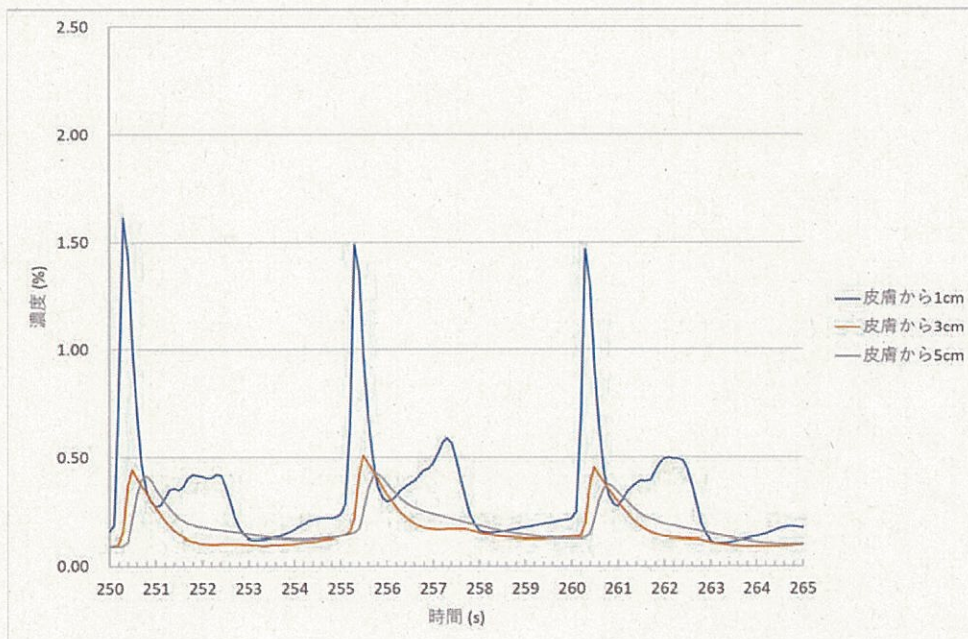


図 5-2 モニター点の水素ガス平均濃度の時刻歴