

V 一般演題C 1. ヘリウム酸素潜水時における呼吸性熱損失

横須賀地区病院 潜水医学実験部

大岩弘典 田中義郎 伊藤敦之

森田明紀 小此木国明 川島祥三

ヘリウム酸素潜水では水温が比較的温かい場合でも diver は体が冷える感覚を訴え、ときに震えのくることを報告している。

冷水中で潜水呼吸器から平均 4℃ にもなる低温のヘリウム混合ガスを呼吸すると、呼吸時にうばわれる熱損失は、安静代謝量に匹敵し、重大な危険性を伴うことは、過去実際例をみても分る。

呼吸性熱損失を実際面で考慮すると、潜水中の過大な熱損失を代謝熱量の産生で補ってやることの他に、呼吸器自身の保温性或るいは、加温装置をほどこし、高圧ヘリウム呼吸による熱損失を最少限に抑えることが必要である。

今回、Seatopia 30 m 飽和潜水実験の際に高圧ヘリウム-窒素-酸素混合ガス或るいは、ヘリウム-酸素混合ガスを呼吸する場合の呼吸媒体の温度に対する呼吸性熱損失を検討し、高圧ヘリウムの Stressful な影響を生理学、工学、ライフサポート、栄養学の面で検討する基礎とした。

1. 前者の 3 種混合ガス呼吸はアクアノートが飽和潜水中にチャンバー (DDC) 内で呼吸するものであり、環境温度の低下により、ヘリウムの有する高熱伝導率により、過大な呼吸性熱損失を来たし、不必要な体熱損失を来たす可能性を有する。
2. 後者のヘリウム-酸素混合ガスは飽和潜水中に海中に excursion diver をする「作業潜水」場合予想される。呼吸性熱損失で、或る場合には体温の低下に伴う、換気量の増大を来たし、過剰な不活性のとり込みから来る減圧症や震えによる潜水中の事故を誘発することとなる。

今回の実験は、1. について 7 月 25 日の 30 m シュミレーション飽和潜水時の DDC 雰囲気ガスを例により、当該呼吸性熱損失を求めた。

したがって、雰囲気体の基準値は、4 ATA に対し酸素（以下O₂）0.30ATA（7.5%）、窒素（N₂）1.13ATA（28.5%）それにヘリウム（He），2.56ATA（64.25%）である。

この雰囲気体の熱伝導率は 199.2561×10^{-7} Kcal/m·sec°K で空気の有するその4.25倍であった。

2.については、8月17日の excursion diver を例にとり、そのときの呼吸ガスは4 ATAに対しO₂ 1.2ATA（32%）、He 2.8ATA（68%）であった。

呼吸性熱損失の求め方については、報告者によりいろいろ実験式を発表しているが我々の用いた式は下記による。

$$\bar{Q} = \dot{Q}_{\text{sensible}} + \dot{Q}_{\text{latent}} \quad [\text{Kcal/hr}]$$

$$\dot{Q} = V_e \rho C_p \{ (t_e - t_i) + L (W_e - W_i) \}$$

但し、 \dot{Q} ：呼吸性熱損失 [Kcal/hr]

V_e ：分時換気量 [l/min]

ρ ：密度

C_p ：恒圧比熱

t_e ：呼気ガス温度 [°C]

t_i ：吸気ガス温度 [°C]

L ：蒸発の潜熱

W_e ：呼気水蒸気圧力 [gm/l]

W_i ：吸気水蒸気圧力 [gm/l]

この場合、熱伝導度、粘度等の気体の物理特性は必要とされないと云われている。

1.の場合については、チャンパー内の雰囲気体の組成は He 64%、N₂ 28% O₂ 8.0%とし、（全圧4.0 ATA）で計算した。

4人のアクアノートの安静時換気量はすでに体酸素消費量の測定時に、それぞれ、A-7.1、B-7.6、C-6.8それにD-7.0 l/minであることが分っている。

吸気温度及び呼気温度については、それぞれ、 t_i （測定時環境温度）28.0°C、

t_e (測定) 36.0℃であり、4人に共通している。

4ATA, 28℃における雰囲気気体の比熱 [$\Sigma(\rho C_p)$] は 0.922 Kcal/L℃である。

したがって、1.の場合の呼吸性熱損失は下表の如くとなった。

Aquanauts	A	B	C	D
\dot{Q} sensible (Kcal/hr·M ²)	1.88	2.00	1.81	1.86
\dot{Q} latent (Kcal/hr·M ²)	2.19	2.38	2.15	2.21
\bar{Q} total (Kcal/hr·M ²)	3.90	4.38	3.96	4.08

もし、飽和潜水時に、アクアノートガチャンパー内で RMR 1.8 の作業を継続した場合に予想される呼吸性熱損失は、ほゞ下記の如くとなるらう。

Aquanauts	A	B	C	D
\bar{Q} total (Kcal/hr·M ²)	7.34	7.88	7.13	7.35

2の場合については、呼吸ガスの組成は O₂ 32%, He 68% であり、excursion diver のときの呼吸ガスの圧力は 4ATA であった。

呼吸気の温度及び湿度については、吸気温度は水温を以って当て、ポンベからのほゞ乾燥された気体を呼吸していることとし、呼気は Sea lab の例を参考にし、湿度は 80% 飽和と見積った。

したがって、 t_i 18℃, t_e 36℃, $\Sigma(\rho C_p)$ 0.9436 cal/L℃としたものである。

excursion diver のときの換気量については、予想される労作 150 Kg·M/min のエキスパンダーによる連続運動をしたときの、各アクアノートの換気量が、チャンパー内の雰囲気気体ではあるが、当日 A-184, B-44.8, C-30.4 それに、D-21.7 l/min を示したものをを用いることとした。

Seatopia 30m 飽和、潜水時の excursion diver における呼吸性熱損失は下記の表に示す。

Aquanauts	A	B	C	D
\dot{Q} sensible (Kcal/hr·M ²)	1 0.0	2 7.1	1 8.6	1 3.3
\dot{Q} latent (Kcal/hr·M ²)	1 2.2	3 3.1	2 2.7	1 6.2
\bar{Q} total (Kcal/hr·M ²)	2 2.2	6 0.2	4 1.3	2 9.5

Seatopia 30 m 飽和潜水時の呼吸性熱損失をチャンバー内の雰囲気気体呼吸時及び excursion dive について求めた。

雰囲気気体を呼吸した状態では時間当りの全呼吸性熱損失は、体熱損失の数%を占めるのみで環境温湿度の調整で解決できる。

飽和潜水時の excursion dive ではたかだか 4 ATA のヘリウム-酸素呼吸でも、アクアノートの体熱損失量の 1/4 から 2/3 を占め、環境温度の低下の占める重みが大きいことが分った。

このとき、アクアノートは震えなどの症状を訴えていないが軽い肌寒さを自覚している。この値は、チャンバー内の雰囲気気体を呼吸しているときの 8~10 倍を示し、過去の報告例の 5 倍を上廻る。これは呼吸器の差異は勿論、今後更に検討の余地を残す。