

原 著

## ダグラスバッグを用いたフィールド測定の妥当性 —雪洞実験における検証—

石田恭生\*<sup>1</sup> 濱田大幹\*<sup>2</sup> 和田拓真\*<sup>3</sup> 吉田升\*<sup>4</sup>  
玉里祐太郎\*<sup>5</sup> 小野寺昇\*<sup>3</sup>

### 要 約

ダグラスバッグ法は、ダグラスバッグに採集した呼気を質量分析する。分析するための設置型の生体ガス分析用質量分析装置を遠隔地まで持って行くことは不可能である。そのためダグラスバッグに採集した呼気を密閉性の高いアルミニウムバッグに移し、生体ガス分析用質量分析装置の設置場所まで運び、分析値の妥当性を検証した。①ダグラスバッグ値とアルミニウムバッグ値で有意差がなかったこと、測定後5日目であっても変動係数が小さいことから、アルミニウムバッグを用いた酸素摂取量の測定は、経日的に可能であることが示唆された。②寒冷環境下において、酸素摂取量は、アルミニウムバッグを用いることで経日的に測定ができる可能性が示唆された。③実験後8日目であっても変動係数が小さいことから、遠隔地であってもアルミニウムバッグを用いた酸素摂取量の経日的な分析は、可能であることが示唆された。すべての検証において、変動係数が小さいことから、ダグラスバッグで採集した呼気をアルミニウムバッグに移すことで、遠隔地においても酸素摂取量の測定が可能であることが示唆された。

### 1. 緒言

短時間の多様な活動時のエネルギー代謝量を測定する場合は、ダグラスバッグに呼気を溜め、生体ガス分析用質量分析装置およびガスメーターを用いて酸素濃度、二酸化炭素濃度および容積を測定するダグラスバッグ法や携帯型の代謝測定装置を用いて一呼吸ごとに呼気中の濃度と容積を測定する方法が用いられている<sup>1)</sup>。スポーツ等の活動中だけでなく、安静時における代謝動態においてもダグラスバッグ法や小型携帯用酸素摂取量計等を用いて測定、評価されている<sup>2,3)</sup>。

我々の研究グループは、これまでに冬季の事故防止の観点から雪洞への避難を想定したフィールド研究を行い、寒冷刺激に対する生理学的ストレス反応の指標である心拍数、血圧、心臓副交感神経活動、直腸温、主観的温度感覚<sup>4)</sup>、尿中カテコールアミン、

血中カテコールアミンおよび血中8-OHdGを分析し、雪洞滞在時にも同様の生理学的ストレス反応を示すことを明らかにした<sup>5,8)</sup>。寒冷曝露時における生理学的ストレスの指標として、酸素摂取量を寒冷環境下のフィールドで測定した研究は少ない。

田村ら<sup>9)</sup>は、ダグラスバッグに混合された呼気を採集し、それを分析するダグラスバッグ法が最も信頼できるとしている。また Shephard<sup>10)</sup>は、ダグラスバッグ内の二酸化炭素について約15分で1%の誤差が生じる可能性があるとして指摘していることから、ダグラスバッグに採集した呼気は、できるだけ早く分析することが望ましいと考える。しかしながら、設置型の生体ガス分析用質量分析装置を遠隔地まで持って行くことは不可能である。Macfarlane<sup>11)</sup>は、フィールド測定におけるゴールドスタンダードとして携帯型ガス分析計を挙げている。様々な携帯型酸

\*1 川崎医療福祉大学大学院 医療技術学研究科 健康科学専攻

\*2 社会福祉法人 たんぽぽの会

\*3 川崎医療福祉大学 医療技術学部 健康体育学科

\*4 岡山短期大学 幼児教育学科

\*5 広島工業大学 環境学部 地球環境学科

(連絡先) 石田恭生 〒701-0193 倉敷市松島288 川崎医療福祉大学

E-mail : w8517001@kwmw.jp

素摂取量計およびウェアラブル呼吸代謝計測の使用説明書には、氷点下の環境における使用は温度範囲外となっており、氷点下となるような寒冷環境下で使用することができない。ダグラスバッグに採集した呼気の一部を密閉性の高いアルミニウムバッグに移し、生体ガス分析用質量分析装置の設置場所まで運び、分析することができれば、寒冷環境を含む様々なフィールドにおいて、酸素摂取量の測定が可能となる。寒冷環境下かつ移動に数日かかる遠隔地において酸素摂取量を測定することができれば、フィールド研究の実験方法に貢献できると考える。アルミニウムバッグを用いたダグラスバッグ法によるフィールド測定の妥当性を検証するため、以下3つの検証実験を行なった。

実験1：アルミニウムバッグを用いた酸素摂取量の経日的変化

実験2：奥大山における雪洞滞在時におけるアルミニウムバッグを用いた酸素摂取量の経日的変化

実験3：北海道における雪洞滞在時におけるアルミニウムバッグを用いた酸素摂取量の経日的変化

実験2および実験3において、気象環境条件などが制御できないフィールドでの測定であり、被験者・験者の安全面を考慮し、これまでに実験経験のある雪洞実験で検証することとした。また、実験1から実験3を通じ、酸素摂取量のフィールド測定の妥当性を検証することを目的とした。なお、各実験における被験者の個人差を考慮し、体重1kg当たりの酸素摂取量である、対体重酸素摂取量を算出して検証した。

## 2. 実験1：アルミニウムバッグを用いた酸素摂取量の経日的変化

### 2.1 方法

#### 2.1.1 被験者

被験者は、健康な成人男性9名（年齢：22±1歳，身長：176.5±5.8cm，体重：72.1±6.8kg）とした。すべての被験者にインフォームド・コンセントを実施し、研究の目的、方法等を説明し、研究参加の同意を得た。本研究は、川崎医療福祉大学倫理委員会の承認を得て、同倫理指針に従い研究を実施した（承

認番号17-096）。

#### 2.1.2 測定環境

測定実施場所は、川崎医療福祉大学健康体育学科実習室とした。測定環境は、室温25.0℃であった。

#### 2.1.3 測定プロトコル

測定プロトコルは、30分間の座位安静を保った後、5分間座位にて測定を行った。

#### 2.1.4 測定項目

酸素摂取量は、ダグラスバッグに呼気を採集し、アルミニウムバッグ（AAK-1, GL Sciences 社製）に一部（1ℓ）を移した後、乾式ガスメータ（DS-5, シナガワ社製）を用いて換気量の測定を行った。生体ガス分析用質量分析装置（ARCO-2000, アルコシステム社製）を用いてダグラスバッグ内の呼気濃度を直後に測定し、対体重酸素摂取量を算出した（以下DB値）。アルミニウムバッグ内の呼気濃度を実験当日（1日目）から5日目の対体重酸素摂取量を求め、経日的変化を測定した（以下AB値1～5）。AB値1～5を求めるときの換気量は、ダグラスバッグで測定した値を使用した。

#### 2.1.5 統計処理

統計処理は、IBM SPSS Statistics Version 23 for Macを用いた反復測定（対応のある因子）による一元配置の分散分析を行い、その後多重比較（Dunnett）を行った。有意水準は、5%未満とした。測定値は（平均値 ± 標準偏差）で示した。

## 2.2 結果および考察

酸素摂取量DB値およびAB値1～5の平均値、標準偏差および変動係数を表1に示した。測定直後に測定したDB値は4.53±0.82ml/kg/min，変動係数は0.18であった。経日的変化を測定した5日目のAB値5は4.41±0.82ml/kg/min，変動係数は0.19であった。対体重酸素摂取量の変動係数は、測定したすべての値において0.18～0.19であった。DB値と比較して、AB値1～5に有意差は観察されなかった。

被験者A～Iにおける酸素摂取量AB値1～5の平均値、標準偏差および変動係数を表2に示した。AB値1～5間で有意差は観察されなかった。被験者ごとの対体重酸素摂取量の変動係数は、0.00～0.01であった。

表1 対体重酸素摂取量の平均値、標準偏差および変動係数（実験1）

測定日	DB	AB1	AB2	AB3	AB4	AB5
平均値	4.53	4.47	4.47	4.44	4.43	4.41
標準偏差	0.82	0.82	0.83	0.82	0.82	0.82
変動係数	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.19

(ml/kg/min)

表2 被験者A～IにおけるAB値1～5の平均値, 標準偏差および変動係数(実験1)

被験者	A	B	C	D	E	F	G	H	I
平均値	2.83	3.67	4.92	5.11	4.65	4.22	4.57	4.39	5.63
標準偏差	0.02	0.03	0.05	0.01	0.03	0.03	0.01	0.02	0.04
変動係数	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.01

(ml/kg/min)

これらのことから, 本研究で使用したアルミニウムバッグは, 測定直後にダグラスバッグで測定した酸素摂取量と同様の数値を示し, 測定日から5日目であっても密閉状態を保っており, アルミニウムバッグを用いた対体重酸素摂取量の測定が経日的に可能であることが示唆された。

### 3. 実験2: 奥大山雪洞滞在時におけるアルミニウムバッグを用いた酸素摂取量の経日的変化

#### 3.1 方法

##### 3.1.1 被験者

被験者は, 健康な成人男性2名(年齢:  $27 \pm 1$ 歳, 身長:  $173.0 \pm 1.4$ cm, 体重:  $77.8 \pm 20.2$ kg)とした。すべての被験者にインフォームド・コンセントを実施し, 研究の目的, 方法等を説明し, 研究参加の同意を得た。本研究は, 川崎医療福祉大学倫理委員会の承認を得て, 同倫理指針に従い研究を実施した(承認番号 17-096)。

##### 3.1.2 測定環境

測定実施場所は, 奥大山鏡ヶ成スキー場(鳥取県日野郡)とした。横穴式雪洞を1基作成した(高さ: 100cm, 幅: 170cm, 奥行き: 120cm)。被験者は, 同一の保温下着(長袖シャツ(A2JA5509, ミズノ社製), ロングタイツ(A46C2JB9609, ミズノ社製): ポリエステル90%, プレスサーモ10%), 防寒手袋(ミエローブ, 三重化学: ポリエステル100%), 保温靴下(B2JX9504, ミズノ社製: ウール40%, ナイロン38%, プレスサーモ3%, ポリエステル2%およびアクリル13%), スノーシューズ(XCPRO, FISCHER: ナイロン, ポリウレタン, プラスチックの複合素材)および非常用保温アルミシート(JTH-1321, アイリスオーヤマ社製: アルミ蒸着ポリエステル発砲ポリエチレン100%)を着用した。雪洞の中では腰部および臀部にウレタン製断熱板(MR30, TOEI LIGHT)を敷いた。測定環境は, 外気温  $-3.5^{\circ}\text{C}$ , 雪洞内気温  $-1.6^{\circ}\text{C}$ , 気圧1020hPaであった。

##### 3.1.3 測定プロトコル

測定プロトコルは, 室内( $20.0^{\circ}\text{C}$ )における60分

間の安静後, 60分間座位姿勢で雪洞に2名同時に滞在させた。雪洞滞在0分, 15分, 30分, 45分および60分に測定を行った。

#### 3.1.4 測定項目

酸素摂取量は, ダグラスバッグに呼気を採集し, アルミニウムバッグ(AAK-1, GL Sciences社製)に一部(1ℓ)を移した後, 乾式ガスメータ(DS-5, シナガワ社製)を用いて雪洞滞在所にて換気量の測定を行った。測定分時ごとのアルミニウムバッグ内の呼気濃度は, 分析地(岡山県倉敷市)にて生体ガス分析用質量分析装置(ARCO-2000, アルコシステム社製)を用いて測定した。実験当日を1日目とし, その後, 2日目, 4日目, 5日目および6日目の対体重酸素摂取量を求め, 経日的変化を測定した(以下AB値1～6)。3日目は, 生体ガス分析用質量分析装置の使用ができなかったため, 測定しなかった。

#### 3.1.5 統計処理

測定値は(平均値  $\pm$  標準偏差)で示した。被験者が2名であったため, 統計処理は行わず, 被験者A, Bにおける変動係数を確認した。

### 3.2 結果および考察

奥大山雪洞滞在時における時間経過に伴う被験者A, Bの対体重酸素摂取量の変化を図1に示した。被験者A, Bにおける対体重酸素摂取量について, 同様の傾向が見られたため, 被験者Aにおける測定分時ごとのAB値1～6を表3に, 被験者AにおけるAB値1～6の平均値, 標準偏差および変動係数を表4に示した。被験者A, Bにおける対体重酸素摂取量の変動係数は, 両被験者とも0.02～0.03であった。本実験では, ダグラスバッグに採集した呼気を雪洞滞在所にて換気量のみ測定し, 呼気濃度をアルミニウムバッグに移して分析地にて測定した。両被験者における対体重酸素摂取量の経日的変化に伴う変動係数が小さいことから, 氷点下の環境において, アルミニウムバッグを用いたダグラスバッグ法での対体重酸素摂取量の測定は, 経日的に可能であることが示唆された。

#### 3.3 研究の限界

本研究は, フィールド実験であり, 気象環境条件

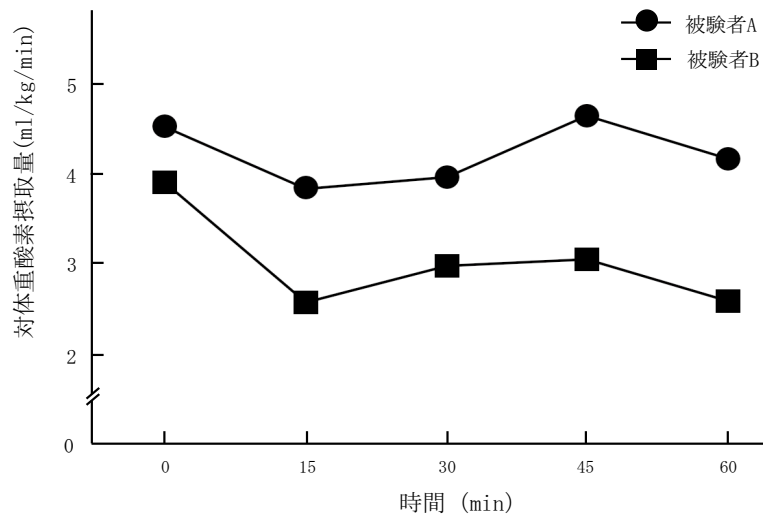


図1 奥大山雪洞滞在時における時間経過に伴う被験者 A, B の対体重酸素摂取量の変化 (実験2)

表3 奥大山雪洞滞在時における測定分時ごとの被験者 A の AB 値1~6 (実験2)

測定日 \ 測定分時	0	15	30	45	60
AB1	4.68	3.98	4.11	4.81	4.32
AB2	4.54	3.86	3.99	4.67	4.19
AB4	4.47	3.80	3.92	4.54	4.07
AB5	4.46	3.78	3.90	4.49	4.05
AB6	4.47	3.78	3.91	4.51	4.06

(ml/kg/min)

表4 奥大山雪洞滞在時における被験者 A の AB 値1~6の平均値, 標準偏差および変動係数 (実験2)

測定日	0	15	30	45	60
平均値	4.53	3.84	3.97	4.60	4.14
標準偏差	0.09	0.08	0.09	0.13	0.12
変動係数	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03

(ml/kg/min)

などを制御できない研究環境にある。本研究は、ダグラスバッグ法を氷点下の環境で検証し、経日的変化を測定することを目的としており、氷点下の環境下で実験できる日程を設定した後に被験者を募る時間が制限されるため、被験者2名での実験となった。

#### 4. 実験3：北海道雪洞滞在時におけるアルミニウムバッグを用いた酸素摂取量の経日的変化

##### 4.1 方法

##### 4.1.1 被験者

被験者は、健康な成人男性6名（年齢：33±4歳，身長：172.5±3.4cm，体重：76.6±13.4kg）とした。

すべての被験者にインフォームド・コンセントを実施し、研究の目的、方法等を説明し、研究参加の同意を得た。本研究は、川崎医療福祉大学倫理委員会の承認を得て、同倫理指針に従い研究を実施した（承認番号17-096）。

##### 4.1.2 測定環境

測定実施場所は、國學院大學北海道短期大学部グラウンド（北海道滝川市）とした。雪洞は、横穴式雪洞とし、ほぼ同じ大きさの雪洞を3基作成した（高さ：約97cm，幅：約158cm，奥行き：約105cm）。被験者は、同一の保温下着（長袖シャツ（A2JA5509，ミズノ社製），ロングタイツ（A46C2JB9609，ミズ

ノ社製)：ポリエステル90%，プレスサーモ10%)，防寒手袋(ミエローブ，三重化学：ポリエステル100%)，保温靴下(B2JX9504，ミズノ社製：ウール40%，ナイロン38%，プレスサーモ3%，ポリエステル2%およびアクリル13%)，スノーシューズ(XCPRO，FISCHER：ナイロン，ポリウレタン，プラスチックの複合素材)および非常用保温アルミシート(JTH-1321，アイリスオーヤマ社製：アルミ蒸着ポリエステル発砲ポリエチレン)を着用した。雪洞の中では腰部および臀部にウレタン製断熱板(MR30，TOEI LIGHT)を敷いた。測定環境は，外気温 $-10.0^{\circ}\text{C}$ ，雪洞内気温 $-14\pm 1.0^{\circ}\text{C}$ ，気圧1018hPaであった。

#### 4.1.3 測定プロトコル

測定プロトコルは，室内( $6.5^{\circ}\text{C}$ )における60分間の安静後，2名が1組になり雪洞に入り，120分間座位姿勢で滞在させた。滞在する雪洞および組み合わせは，抽選とした。室内安静の値をControl値とした。雪洞滞在0分，30分，60分，90分および120分に測定を行った。

#### 4.1.4 測定項目

酸素摂取量は，ダグラスバッグに呼気を採集し，アルミニウムバッグ(AAK-1，GL Sciences社製)に一部(1ℓ)を移した後，乾式ガスメータ(DS-5，シナガワ社製)を用いて雪洞滞在場所にて換気量の測定を行った。測定分時ごとのアルミニウムバッグ内の呼気濃度は，分析地(岡山県倉敷市)にて生体ガス分析用質量分析装置(ARCO-2000，アルコシステム社製)を用いて測定した。移動に日数がかかるため，実験から4日目以降の測定とした。本実験では，4日目，6日目および8日目に測定を行い，対体重酸

素摂取量を求め，経日的変化を測定した(以下AB値4，6，8)。

#### 4.1.5 統計処理

統計処理は，IBM SPSS Statistics Version 23 for Macを用いた反復測定(対応のある因子)による一元配置の分散分析を行い，その後多重比較(Dunnett)を行った。有意水準は，5%未満とした。対体重酸素摂取量の値は(平均値 $\pm$ 標準偏差)で示した。

#### 4.2 結果および考察

北海道雪洞滞在時における測定分時ごとのAB値4，6，8(実験3)

北海道雪洞滞在時における時間経過に伴う対体重酸素摂取量の変化を図2に示した。対体重酸素摂取量は，雪洞滞在開始時において $3.84\pm 0.3\text{ml/kg/min}$ ，120分後の終了時において $3.71\pm 0.2\text{ml/kg/min}$ であった。滞在30分時の対体重酸素摂取量は，Controlと比較して，有意に低値を示した( $p<0.05$ )。この傾向は，寒冷刺激への生理的対応と考えられる。

測定分時ごとの標準偏差および変動係数に差異が見られなかったことから，Control値，0分，30分，120分におけるAB値4，6，8の平均値，標準偏差および変動係数を表5に示した。変動係数は全測定分時における対体重酸素摂取量の変動係数は，0.05～0.10であった。被験者間でも差異が見られないことから，被験者A～CにおけるAB値4，6，8の平均値，標準偏差および変動係数を表6に示した。全被験者における対体重酸素摂取量の変動係数は，0.01～0.02であった。

これらのことから，本実験で使用したアルミニウムバッグは， $-10.0^{\circ}\text{C}$ の環境下においても使用する

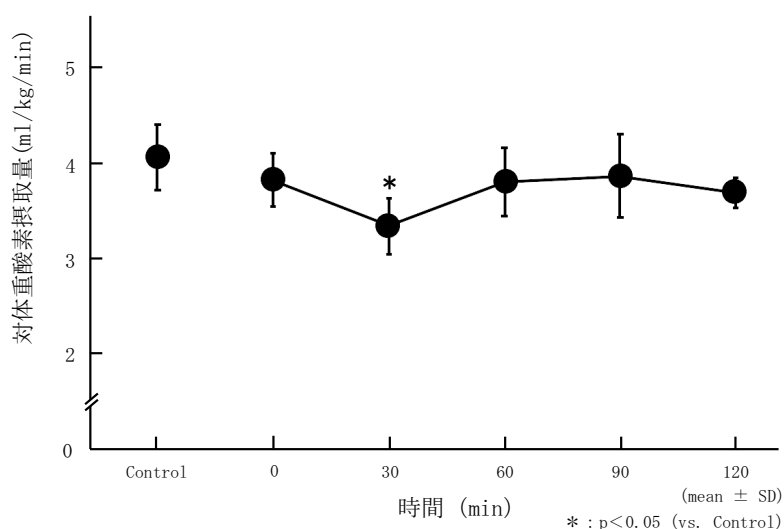


図2 北海道雪洞滞在時における時間経過に伴う対体重酸素摂取量の変化(実験3)

表5 北海道雪洞滞在時における測定分時ごとのAB値4, 6, 8 (実験3)

測定日	測定分時	測定分時			
		Control	0	30	120
AB4	平均値	4.08	3.84	3.36	3.71
	標準偏差	0.34	0.28	0.30	0.16
	変動係数	0.08	0.07	0.09	0.04
AB6	平均値	4.10	3.88	3.40	3.75
	標準偏差	0.34	0.31	0.31	0.17
	変動係数	0.08	0.08	0.09	0.05
AB8	平均値	4.16	4.01	3.48	3.84
	標準偏差	0.33	0.36	0.36	0.20
	変動係数	0.08	0.09	0.10	0.05

(ml/kg/min)

表6 北海道雪洞滞在時における被験者A～CのAB値4, 6, 8の平均値, 標準偏差および変動係数 (実験3)

測定分時	被験者	被験者		
		A	B	C
Control	平均値	4.44	4.41	3.78
	標準偏差	0.03	0.04	0.03
	変動係数	0.01	0.01	0.01
0	平均値	3.40	4.04	3.86
	標準偏差	0.05	0.07	0.03
	変動係数	0.02	0.02	0.01
30	平均値	3.44	3.03	3.21
	標準偏差	0.04	0.02	0.04
	変動係数	0.01	0.01	0.01
120	平均値	3.83	3.81	3.51
	標準偏差	0.04	0.04	0.05
	変動係数	0.01	0.01	0.01

(ml/kg/min)

ことができると考えられ、実験から8日目であっても密閉状態を保っていることが示唆された。実験実施場所と分析地が離れている遠隔地においてもアルミニウムバッグを用いたダグラスバッグ法での測定が可能であることが示唆された。

## 5. 総括

実験1, 実験2および実験3において、測定した対体重酸素摂取量の変動係数が小さいことから、ダグラスバッグで採集した呼気をアルミニウムバッグに移すことで、寒冷環境および遠隔地においても対体重酸素摂取量の測定が可能であることが示唆された。

## 謝 辞

本研究を遂行するにあたり、ご高配を賜った國學院大學北海道短期大学部の教職員の皆様に深く感謝致します。また、川崎医療福祉大学大学医療技術学部健康体育学科の諸氏にご協力を頂きました。ここに記して感謝の意を表します。

## 文 献

- 1) 田中茂穂：間接熱量測定法による1日のエネルギー消費量の評価. 体力科学, **55**(5), 527-532, 2006.
- 2) 田口素子, 辰田和佳子, 樋口満：競技特性の異なる女子スポーツ選手の安静時代謝量. 栄養学雑誌, **68**(5), 289-297, 2010.
- 3) 高見京太, 北川薫, 石河利寛：酸素摂取量の実測によるスポーツ活動中のエネルギー消費量. 体力科学, **42**(3), 257-264, 1993.
- 4) Tanaka M, Yamazaki S, Ohnaka T, Harimura Y, Tochihara Y, Matsui J and Yoshida K : Effects of feet cooling on pain, thermal sensation and cardiovascular responses. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, **25**(1-2), 32-39, 1985.
- 5) 小野寺昇：低体温症. 日本登山医学会編, 登山の医学ハンドブック, 第2版, 杏林書院, 東京, 94-99, 2009.
- 6) Onodera S, Baik W, Nose Y, Nishimura K, Ono K, Takahara T, Matsumoto N, Ishida Y, Yamaguchi H, Yoshioka A, Nishimura M, Takagi Y, Fujiwara Y, Hayashi S, Saito T, Murata M, Wada T and Yui N : Relationship between protection against cold and the physiological index during a cold environment. *Kawasaki Journal of Medical Welfare*, **20**(1), 13-24, 2014.
- 7) 小野寺昇, 山口英峰, 吉岡哲, 西村一樹, 林聡太郎, 関和俊, 野瀬由佳, 松本希, 斎藤辰哉, 和田拓真, 村田めぐみ, 玉里祐太郎, 吉田升, 荒金圭太, 平尾匡祥, 古本佳代, 高原皓全, 西村正広, 倉藤利早, 白優覧, 寺脇史子, 吉田篤弘, 油井直子：外気温氷点下における雪洞滞在時の心拍数, 直腸温, 主観的温度感覚及び尿中カテコールアミンの変化. 登山医学, **35**(1), 127-133, 2015.
- 8) 小野寺昇, 田中一徳, 原英喜, 山口英峰, 吉岡哲, 西村一樹, 高原皓全, 野瀬由佳, 古本佳代, 林聡太郎, 斎藤辰哉, 和田拓真, 玉里祐太郎, 吉田升, 石田恭生, 石本恭子, 濱田大幹, 荒谷友里恵, 寺脇史子, 油井直子：外気温-3℃における雪洞滞在時の生理的ストレスの変化. 登山医学, **38**(1), 53-60, 2018.
- 9) 田村俊世, 佐藤和彦, 樋口隆尚, 戸川達男：携帯形酸素摂取量測定装置の開発とその応用. 測定自動制御学会論文集, **29**(8), 916-924, 1993.
- 10) Shephard RJ : A critical examination of the Douglas bag technique. *Journal of Physiology*, **127**(3), 515-524, 1955.
- 11) Macfarlane DJ : Open-circuit respirometry: A historical review of portable gas analysis. *European Journal of Applied Physiology*, **117**(12), 2369-2386, 2017.

(令和2年8月3日受理)

## Validation of Field Research Using Douglas Bag: Verification in Snow Cave Study

Yasuo ISHIDA, Hiroki HAMADA, Takuma WADA, Noboru YOSHIDA,  
Yutaro TAMARI and Sho ONODERA

(Accepted Aug. 3, 2020)

**Key words** : validation of field research, physiological stress, oxygen uptake, cold environment, snow cave

### Abstract

In the Douglas bag method, the exhaled air collected in the Douglas bag is analyzed by Mass Spectrometry for Respiratory Analysis. It is impossible to take a breath-type gas analyzer for analysis to a remote location. Therefore, the exhaled breath collected in a Douglas bag was transferred to a highly airtight aluminum bag, transported to the place where the exhaled gas analyzer was installed, and the validity of the analysis values was verified. (1) It was suggested that since there was no significant difference between the Douglas bag value and the aluminum bag value, and the coefficient of variation was small even on the 5th day after the measurement, the measurement of oxygen intake relative to body weight using the aluminum bag could be performed daily. (2) It was suggested that daily intake of oxygen based on body weight in a cold environment could be measured by using aluminum bag. (3) The coefficient of variation was small even on the 8th day after the experiment, suggesting that daily analysis of oxygen uptake using aluminum bags is possible even in remote locations. All tests showed that the coefficient of variation was small, and that the transfer of exhaled air collected in a Douglas bag to an aluminum bag could be used to measure oxygen uptake in remote areas.

Correspondence to : Yasuo ISHIDA

Doctoral Program in Health Science  
Graduate School of Health Science and Technology  
Kawasaki University of Medical Welfare  
Kurashiki, 701-0193, Japan  
E-mail : [w8517001@kwmw.jp](mailto:w8517001@kwmw.jp)  
(Kawasaki Medical Welfare Journal Vol.30, No.1, 2020 213–220)