

1968

呼気ガス採集法の検討

財団法人 日本体育協会
スポーツ科学委員会

呼気ガス採集法の検討

財団法人 日本体育協会
スポーツ科学研究所

黒田 善雄
加賀谷 潤彦
塚越 克己
雨宮 輝也

運動能力あるいは生理的機能を最高度に発揮させ、これを数量的に測定する方法は体育学研究に欠くことのできない測定方法のひとつである。われわれがこの測定法を使用する際、慎重に検討しておかねばならぬことの一つに測定法あるいは測定器具が測定すべき能力を十分に発揮させるに足るものであるか否かということがある。

本研究はエネルギー代謝、最大酸素摂取量、あるいは負荷量の測定に使用する呼気ガス採集に関する器具の検討を試みたものである。

I 研究の目的

本研究室は持久性の評価にトレッドミル法を使用して最大換気量、最大酸素摂取量等の測定を行っているが、時として被検者から走行中十分に呼吸運動、特に呼気運動がおこなえないことを訴えられる。そしてその理由として、呼気に際し呼気弁の抵抗を感じるということが述べられる。

そこでわれわれは東京ユニバーシアード夏期大会陸上競技候補選手の最大酸素摂取量測定の際、

従来の採気用マスク（呼気口内径19mm）として使用されているものを、図1に示すように呼気口を2口に改造し使用した。

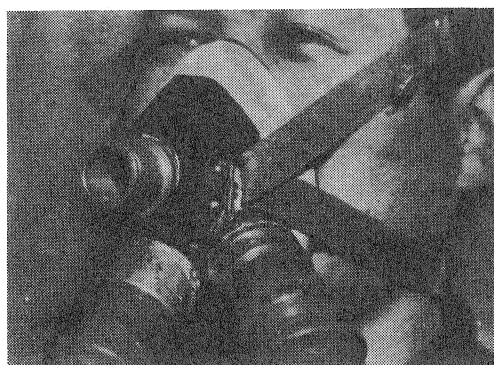


図1 改造マスク

そして従来のマスクと改造マスクによるそれぞれの測定値を比較した結果、表1に示すように2口マスク使用時の走行中最大換気量は10~20ℓの増加を示し、また酸素摂取量、持久走時間も増大した。

表1 二種の呼気マスクによる呼吸機能測定値の比較

氏名	体重 kg	身長 cm	オール・アウト・タイム		走行中最大換気量 (BTPS) (ℓ)		最大酸素摂取量(ℓ)	
			19mm	19mm×2	19mm	19mm×2	19mm	19mm×2
大槻憲一	50.0	158.0	8分00秒	9分00秒	108.63	141.98	3.702	4.522
沢木啓祐	60.0	166.0	8"00"	8"00"	137.80	161.52	4.604	4.879
鈴木園昭	60.3	173.4	4"00"	6"03"	96.78	120.92	3.553	4.070
鈴木従道	51.2	170.5	8"33"	7"51"	107.74	127.04	3.827	3.778
山口東一	70.0	179.5	6"00"	7"00"	109.05	120.78	4.077	4.825

注1:トレッドミルの条件は、5°傾斜走行速度は5分までは240m/min 以後1分ごとに20m/min 速度を増す
注:被検者はユニバーシアード東京大会中、長距離候補選手

この結果から、従来使用してきた採気マスク呼吸口は換気量が多量に増大するような作業中の呼吸ガスを採集するのに不十分なのではないかと考えられた。われわれは呼吸口の大きさと、作業中換気量との関係を明らかにする目的で以下に述べる研究をおこなった。

II 実験の方法

実験は表2に示すように昭和42年7月20日より27日、表3に示す気象条件のもとに日本体育協会スポーツ科学研究室でおこなった。

被検者は表4に示すように5名でいずれも大学陸上競技部に所属する健康な青年男子である。

表2 測定のスケジュール

7月20日：トレッドミル走の練習，マスクなしの測定 (1回目)
21日：19mmφ マスクの測定 (1回目)
22日：19mmφ × 2 マスクの測定
23日：25mmφ マスクの測定
25日：34mmφ マスクの測定
26日：30mmφ マスクの測定，マスクなしの測定 (2回目)
27日：19mm φ マスクの測定 (2回目)

表3 測定中の気象条件 (実験室内)

	室温	湿度	気圧	天候
昭和42年7月20日	23.0℃	65.0%	75.86mmHg	晴
// 21日	25.0	66.0	759.8	晴
// 22日	21.5	63.0	757.8	晴
// 25日	22.2	70.0	754.9	晴
// 26日	23.5	63.0	754.3	晴
// 27日	23.6	72.0	754.2	晴

測定はいずれも午前10時より12時，午後2時より5時にわたり実施。気象条件の測定は正午に測定したものである。

表4 被検者資料

氏名	年齢	生年月日	体重kg	身長cm	種目	競技年数
浅倉光夫	21才	昭和20年 9月16日	53.6	168.0	長距離	10年0カ月
白石勇	20	21 10 4	60.2	166.5	中距離	5 0
永見邦篤	20	21 12 4	63.0	170.0	槍投	3 6
貫井勝之	22	20 4 15	65.4	168.0	長距離	9 0
青木晋	21	20 10 3	70.0	175.8	短距離	9 4

被検者はいずれも東京学芸大学陸上競技部所属

実験は被検者の換気量を最高に増大させる³⁾ことを意図に作業負荷として昇り5度の傾斜をもつトレッドミル上のオールアウト走を使用した。各被検者の走行速度は表5に示した。

この走行速度は各被検者の呼吸、循環機能が十分に発揮されるのに必要な時間²⁾だけ作業を持続できるように選定されたものである。

われわれは実験に先きだち、呼吸口内径24mm, 30mm, 34mm, 3種の採気用マスクを製作した。この製作した3種のマスクとさきに製作した呼吸口2口のマスク、従来使用してきたマスク(呼吸口19mm), ならびに採気マスクを装着しない場合の合計6通りにつき、上記の作業負荷をそれぞれの被検者に課し、次に述べる項目の測定をおこなった。なお採気マスクのデッドスペースは、いずれも約200mlである。

1. 心拍数：胸部双極誘導の心電図によった。
2. 呼吸数：サーミスター法による呼吸曲線からもとめた。

記録器は三栄測器製ユニバーサルレコーダーを使用し、ペーパースピード1.5cm/secの条件により記録した。なお心拍数は運動中、回復初期は30秒ごと、回復後期は1分ごと12秒間の心電図R棘をかぞえ1分間当りの値に換算した。呼吸数についても同様にかぞえ1分間当りに換算した。

3. 走行中換気量，最大換気量
4. 走行中酸素摂取率，酸素摂取量最，大酸素摂取量
5. 走行中炭酸ガス排出%，炭酸ガス排出量，最大炭酸ガス排出量

3～5について呼吸はダグラスバックバックに集め、労研式大型ガス分析法によって測定した。

なお走行中の呼気ガスの採集は1分間隔で行い、走行終了時の採気時間が40秒に満たないものは切り捨てた。

本研究は採気用マスクの呼気口を中心に検討を進めたものであるが、採気マスクの外に十分な換気をさまたげる原因として接続管、三方コック、ダグラスバックならびにそのコックが関係しているものと考えられる。

われわれは採気用マスクの検討に先立ち、まずこれら接続管、コック類について検討を加え、これらの器具は被検者の換気能力を十分に発揮させることのできるものを使用し、マスクの呼気口の口径の相違があるだけにして、本実験をすすめることにした。そのために次のような実験を試みた。

すなわち、一般に呼吸機能の測定に用いている13.5ℓ—Benedict-Roth型、レスピロメーターを使用し、接続管の太さと最大換気量の関係のみた。レスピロメーターの接続管をはずし一方をとじ、一方に内径10mm、14mm、18mm、25mm、32mm、長さはいずれも1mの接続管をつけて最大換気量を測定した。なおこれら5種類の接続管の一端に同じ内径の呼気口(弁なし)を持つ採気マスクを使用

した。測定結果は図3に示す通りである。

内径25mmの接続管までは、接続管の太さが増すに従い順次MBCは増加するが、内径25mm、32mmおよび従来使用しているレスピロメーター使用最大換気量測定値はほとんど等しいことがわかった。

したがって接続管の内径は25mmあればMBC約200ℓの能力を持つものでもその能力を十分に発揮できるものと考えられる。しかしわれわれは安全性を加味して、本実験に用いる接続管の内径を30mmとした。なお従来マスクを使用する実験の際は従来通り、接続管の内径20mm、コック内径20mmを使用することにした。

従来本研究室で連続採気を使用している切換用三方コックは、T字形に設計されたものであり、したがって直角方向に切換えて連続採気していた。これは物理的にも合理的でなく、また直角方向に切換えることは抵抗を増加させる一因でもあるため、図2-1、2に示すように設計した三方コックを製作した。コックの内径は先に決めた接続管の内径と合せ30mmとした。

またダグラスバックについては換気量が増大しても余裕を持って採集できるように、200ℓの容量を持つものを使用し、ダグラスバックのコック

図3 最大換気量と接続管の内径との関係

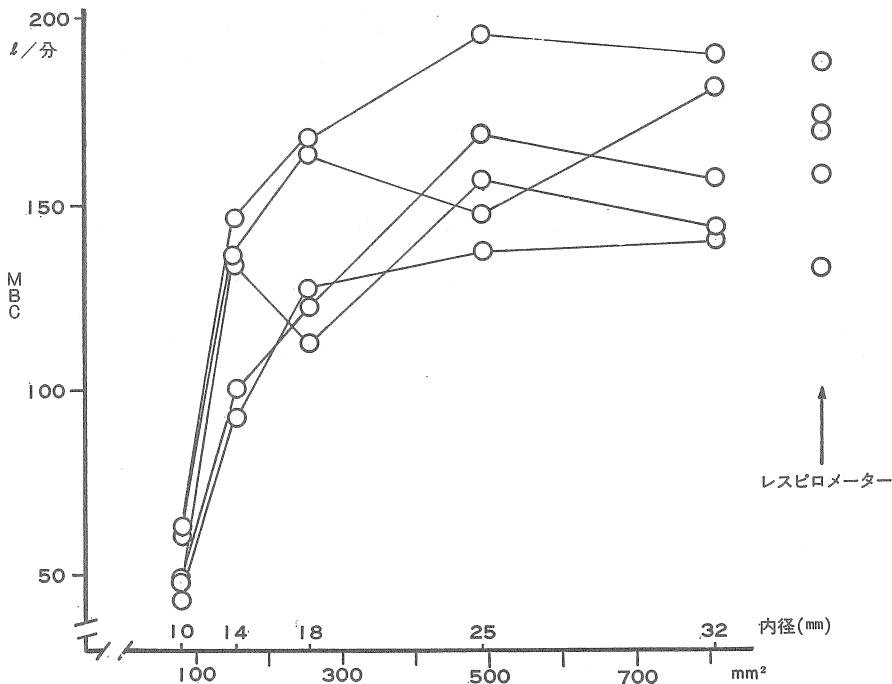


図 2-1

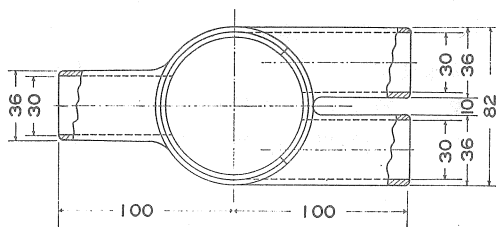
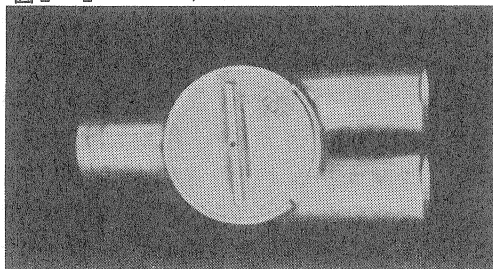


図 2-2



は従来と同一の機構を持ち内径30mmのものを製作し使用した。

Ⅲ 結 果

1. オールアウト走時間

各マスクを用いたときのそれぞれのトレッドミルオールアウト走時間の測定値を表5 にしめた。被検者永見が19mmの口径のマスクを使用したときに比較的よい成績をしめたが、他はいずれも口径の大きいマスクを使用したときに持久走時間が長かった。マスクを装着しない場合と19mmの

口径のマスクを使用した場合の測定は2回行なった。これは1回の測定では被検者が測定に不なれたため能力を十分に発揮できないのではないかと、いうことを考慮して2回の測定をおこなったのである。以下にのべる結果では、いずれも2回目の測定値である。

2. 心拍数変動

図4に走行中心拍数変動の1例をしめし、表6に5名の被検者のオールアウト時心拍数をしめした。図4の例では、走行中心拍数はいずれの場合もほぼ同様の経過をたどって増加し、最大値をしめしてオールアウトにいたる。19mmの口径の時に走行中、オールアウト時ともに心拍数がやや低いが、表6にみられるように他の被検者ではオールアウト時心拍数とマスク口径の大きさとは関係が認められない。

3. 呼吸数変動

図5に呼吸数変動の一例をしめた。この例では、19mmの口径のマスクを使用したときに呼吸数は走行中、オールアウト時とも低い。各被検者のオールアウト時呼吸数の比較を表7にしめたが、全被検者とも19mm口径のマスクを使用したときの呼吸数が低い。

特に体格が大きく換気量の大きい被検者青木(身長175.0cm, 体重70.0kg), 貫井(身長168.0cm 体重65.4kg)の場合に差が大きい。また貫井は30mm, 24mm口径のマスクを使用したときにオールアウト時呼吸数, 毎分100回という値を示したのに対し、19mmの口径のときは毎分65回にとどまっ

表5 呼吸口の内径とトレッドミルオールアウト走時間との関係

氏名 マスク口径	浅 倉	白 石	永 見	貫 井	青 木
マスクなし①	※3分21秒	※3分28秒	5分00秒	5分00秒	4分42秒
マスクなし②	7 30	5 32	6 00	4 08	6 23
19mm ①	—	—	4 00	3 38	4 31
19mm ②	5 30	5 40	5 44	4 05	5 50
19mm×2	7 15	5 58	4 43	4 31	5 30
24mm	7 00	6 15	6 30	4 45	6 02
30mm	8 13	6 02	5 12	4 30	6 00
34mm	8 02	7 72	5 40	4 38	6 12
傾 斜	5°	5°	5°	5°	5°
速 度	220m/分	220m/分	200m/分	240m/分	200m/分

※……240m/min の速度

図4. 心拍数変動

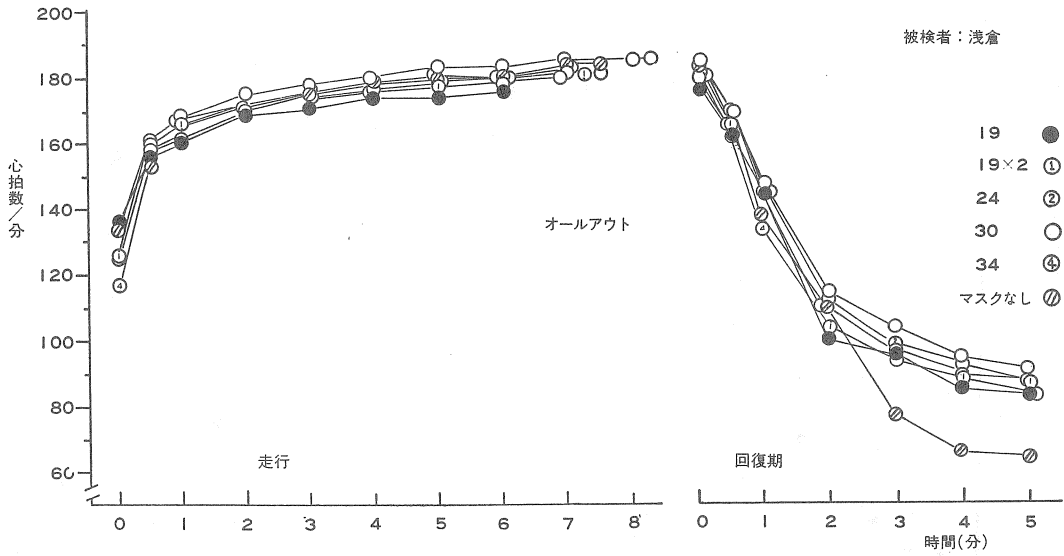


表6 呼吸口の内径とオールアウト時心拍数との関係

内径	被検者				
	浅倉	白石	永見	貫井	青木
マスクなし①	—	—	188	180	193
マスクなし②	184	191	183	178	190
19mm ①	—	—	177	180	180
19mm ②	176	193	184	176	190
19mm×2	181	192	182	175	188
24mm	183	188	182	178	187
30mm	186	191	180	186	183
34mm	181	191	182	177	185

図5. 呼気口の内径と呼吸数変動

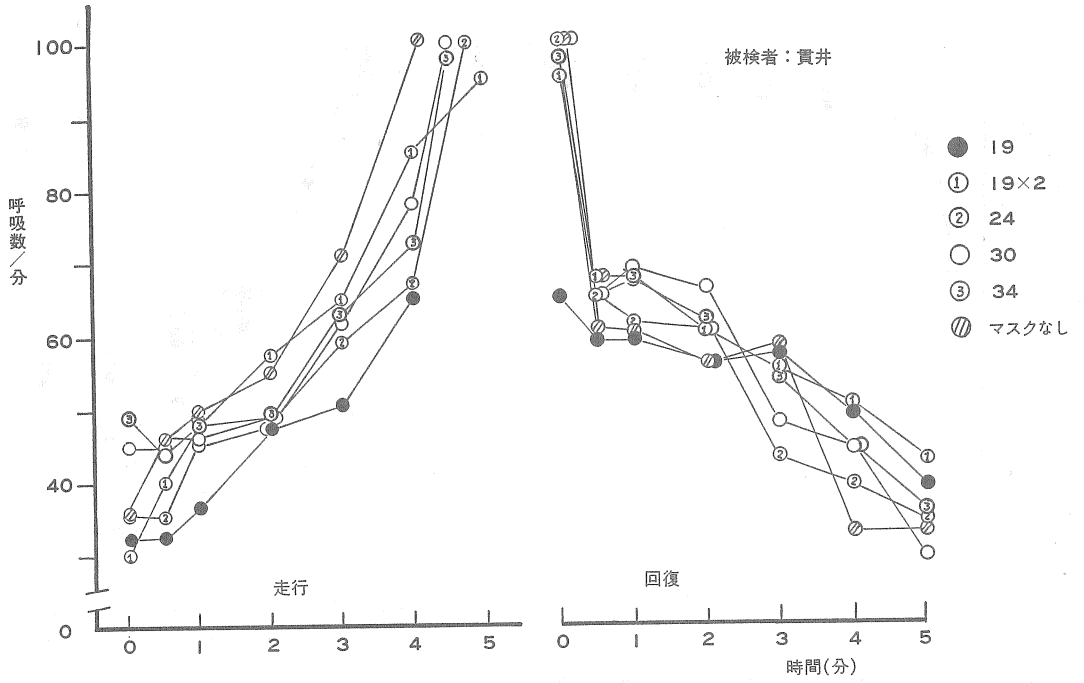


図6. 呼気口の内径オールアウト時心拍数、呼吸数の関係

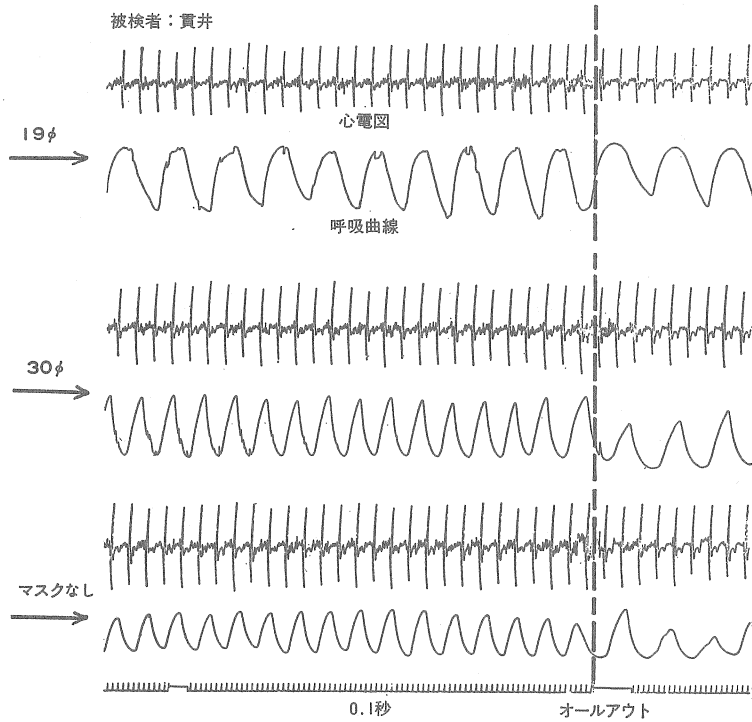


表7 呼吸口の内径とオールアウト時呼吸数との関係

内径	被検者				
	浅倉	白石	永見	貫井	青木
マスクなし①			72	100	73
マスクなし②	64	75	74	100	73
19mm ①			53	65	55
19mm ②	59	63	56	65	56
19mm×2	62	73	63	95	65
24mm	61	71	60	100	71
30mm	63	75	57	100	67
34mm	63	72	57	98	67

ている。この被検者貫井のオールアウト時の心電図、呼吸曲線の記録を図6にしめた。

4. 換気量

図7-1, 2 に走行中換気量の変動をしめた。走行初期の各マスク間の差異は比較的少ないが、時間の経過にしたがって19mm口径のマスク使用時の換気量と他のマスク使用時の換気量との差が大きくなっている。すなわち、換気量が増加するに

したが、従来のマスクでは十分な換気がおこなわれていないことをしめしている。

各マスクと作業中最大換気量との関係を表8, 図8にしめた。従来のマスク使用時の最大換気量が103—127ℓ/分 (BTPS) の値であるのにたいし、24mmのマスク使用時には130—164ℓ/分 (BTPS), 30mmのマスク使用時には133—171ℓ/分 (BTPS) に増大する。呼吸口の口径をさらに大きく34mmにしたときの値は129—167ℓ/分で30mmの口径よりも増大をしめしていない。

13.5ℓ—Benedict-Roth 型レスピロメーターで測定したMBCと各マスクそれぞれの走行中最大換気量との比率を図9にしめた。

19mm口径のマスクでは各被検者のMBCのおよその60%換気量を走行中に発揮しているのにたいし、30mm口径マスクではおよそ89, 90に増大している。

5. 酸素摂取率

図10にみられるように、走行中酸素摂取率は次第に低下してオールアウト状態に達するが、この例での大きな特徴は、19mm口径のマスクを使用す

図7-1. 走行時換気量の変動

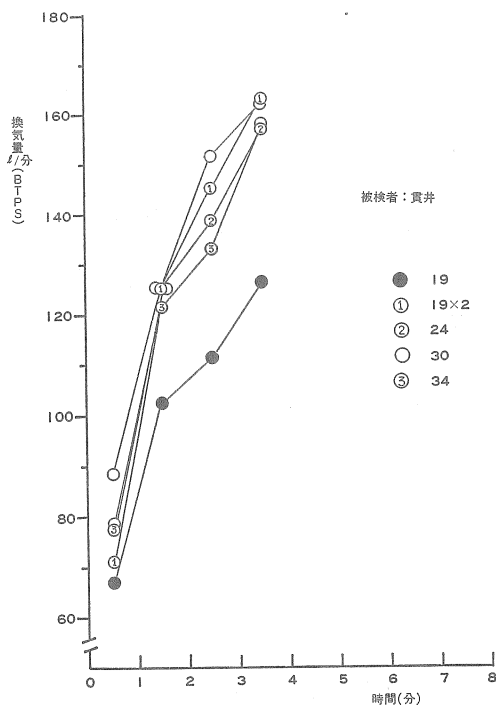


図7-2. 走行時換気量の変動

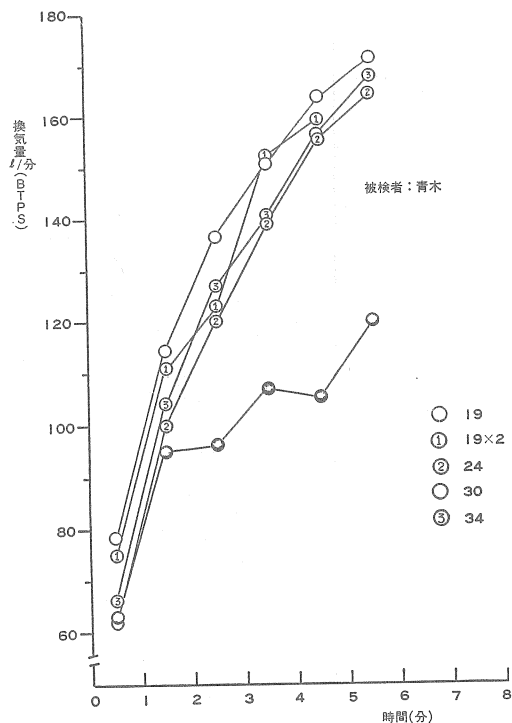


表 8 呼吸口の内径と走行中換気量最大値 (ℓ/分) との関係

内径	被検者		浅 倉	白 石	永 見	貫 井	青 木
	S	B					
19mm 1 (1回目テスト)	S		—	—	92.42	97.35	92.87
	B		—	—	112.20	136.45	112.56
19mm 2 (2回目テスト)	S		86.90	100.76	84.39	103.66	87.56
	B		106.10	123.03	103.04	126.57	119.81
19mm×2	S		118.46	122.51	106.09	135.00	131.51
	B		143.33	153.60	128.37	163.35	159.39
24mm	S		123.80	129.14	106.82	129.12	135.41
	B		150.91	157.42	129.68	156.75	164.39
30mm	S		120.99	134.86	108.94	134.67	140.28
	B		147.73	164.66	133.02	161.60	171.28
34mm	S		117.44	132.13	107.03	130.62	138.30
	B		142.57	160.14	129.72	158.31	167.62

B : STPD B : BTPS

図 8. 呼吸口の内径と換気量との関係

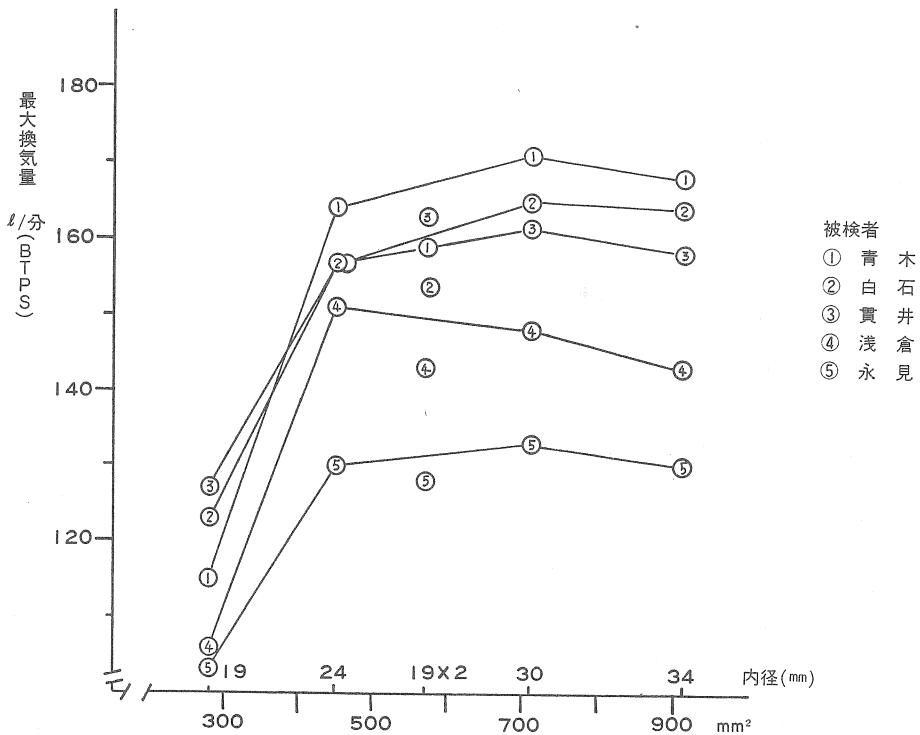
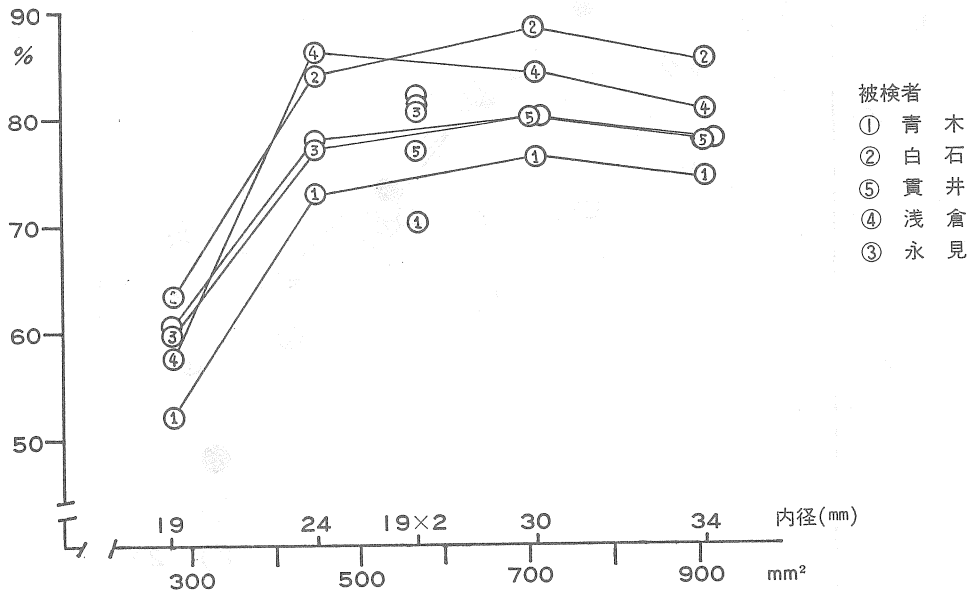


表9 M. B. Cと走行時換気量最大値と呼気口内径との関係 (BTPS)

被検者			浅倉	白石	永見	貫井	青木
M	B	C	156.7 (ℓ)	167.2 (ℓ)	147.5 (ℓ)	179.5 (ℓ)	198.3 (ℓ)
走行中最大換気量	19mm	1			112.20	136.45	112.56
	19mm	2	106.10	123.03	103.04	126.57	119.81
	19mm×2		143.33	153.60	128.37	163.35	159.39
	24mm		150.91	157.42	129.68	156.75	164.39
	30mm		147.73	164.66	133.02	161.60	171.28
	34mm		142.57	160.14	129.72	158.31	167.62

図9 呼気口内径と走行時最大換気量/MBC×100の値との関係



るとき、摂取率は走行中比較的高い水準を保ちオールアウト時にも他のマスク使用時より高い値をしめしている。

他の被検者では19mm口径のとき走行中摂取率は必ずしも高い水準を保つと限らないが、表10にみられるようにオールアウト時摂取率は各被検者共通に高い値をしめしている。

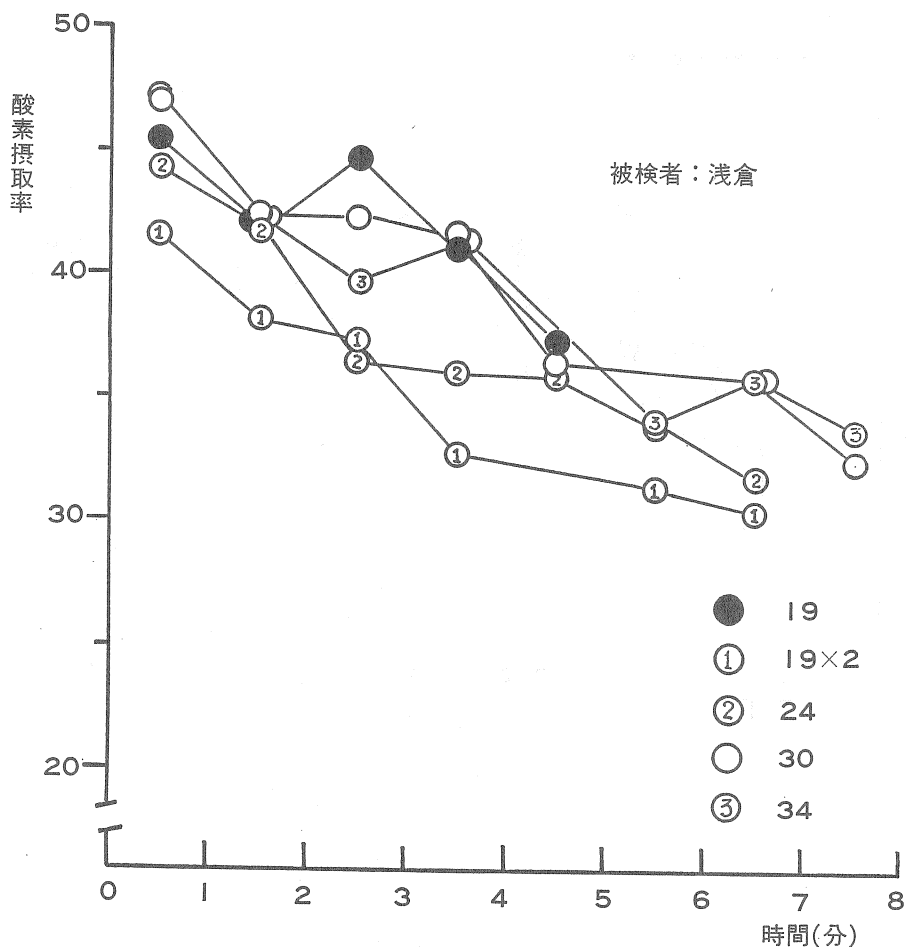
6. 酸素摂取量

酸素摂取量が採気マスク呼気口の口径によって影響をうけるか否かは重要な問題である。図11に

表10呼気口の口径とオールアウト時酸素摂取量との関係

被検者 マスク口径	被検者				
	浅倉	白石	永見	貫井	青木
19mm ②	37.2	40.9	44.4	40.3	41.8
19mm×2	30.2	29.1	35.2	31.0	31.5
24mm	31.6	31.5	36.4	37.0	32.9
30mm	32.3	32.5	36.2	34.7	35.6
34mm	33.6	32.2	36.4	32.8	33.9

図10 酸素摂取率の変動



走行中酸素摂取量の変動の1例をしめした。図の例では、19mm口径のとき走行開始から3分経過まで酸素摂取量は必ずしも低い値とはいきれない。しかし他の口径のマスク使用時に摂取量が3分経過後も同一水準を保つか、あるいは増加をつずけるのにたいし、19mm口径のマスクの際は3分をこえてからむしろ減少してオールアウトになっている。

各被検者の最大酸素摂取量とマスク呼気口の口径との関係を表11、図12にしめした。

両者の関係は換気量の場合と同様で、19mm口径のときは走行中酸素摂取量の最大値が3.7~4.2 l /分であるのにたいし、30mm口径では4.2~5.0 l /分の値をしめしている。

表11 呼気口径と酸素摂取量(l /分)との関係

被検者 内径	浅倉	白石	永見	貫井	青木
19mm ①			3.870	4.379	3.836
19mm ②	3.622	4.058	4.009	4.177	4.026
19mm×2	3.708	3.834	3.957	4.308	4.721
24mm	4.245	4.084	4.029	4.777	4.754
30mm	4.213	4.281	3.960	4.921	4.994
34mm	3.946	4.273	3.942	4.510	4.688

図11. 酸素摂取量の変動

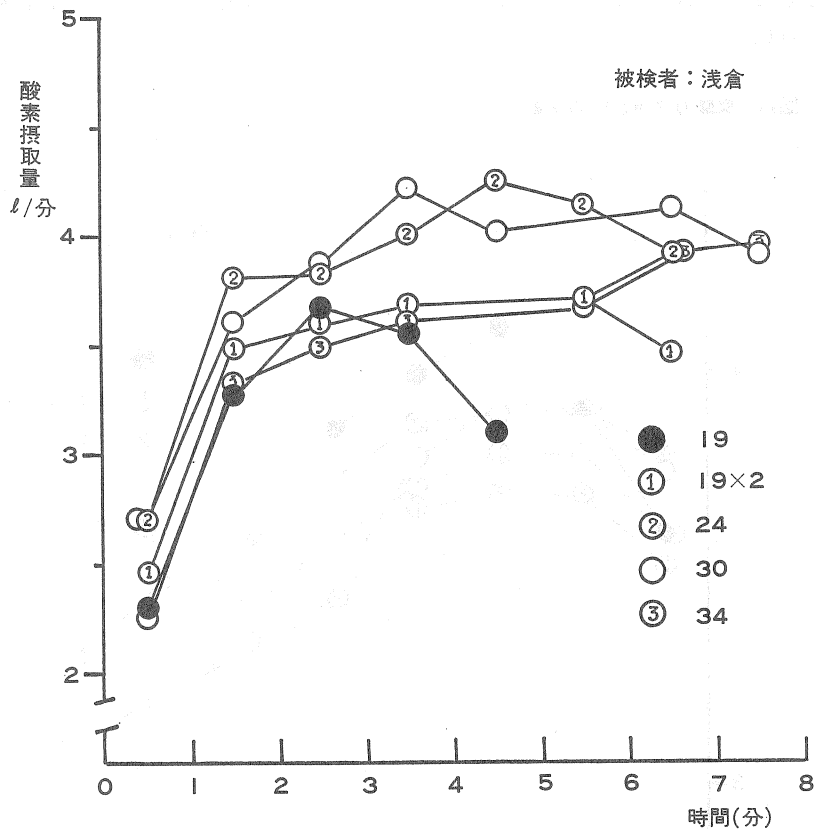
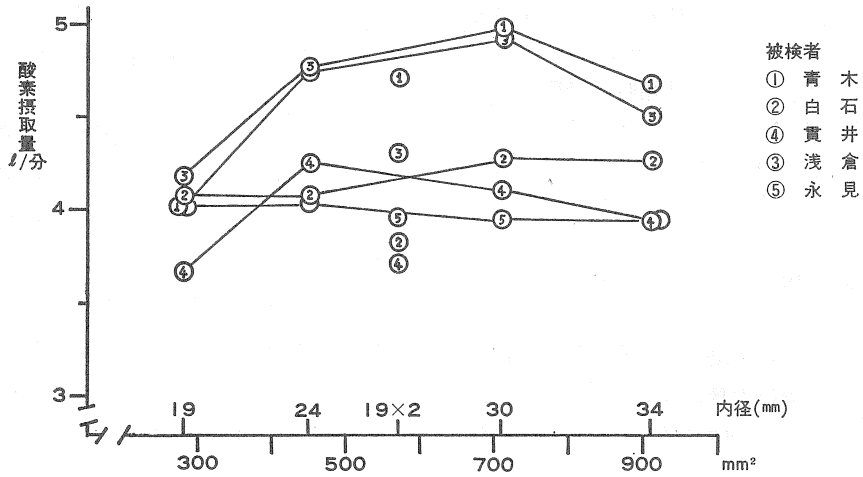


図12. 呼気口内径と酸素摂取量との関係



7. 炭酸ガス排出量

走行中炭酸ガス排出%は図13にしめす例と同様に各被検者とも共通に19mm口径のマスク使用時に大きな値をしめた。しかしながら図14で走行中

炭酸ガス排出量の変動をみると19mm口径のとき低い値をしめし、図15の走行中最大炭酸ガス排出量と呼気口の関係をもても呼気口19mmのとき低い値をしめた。

図13. 炭酸ガス排出%の変動

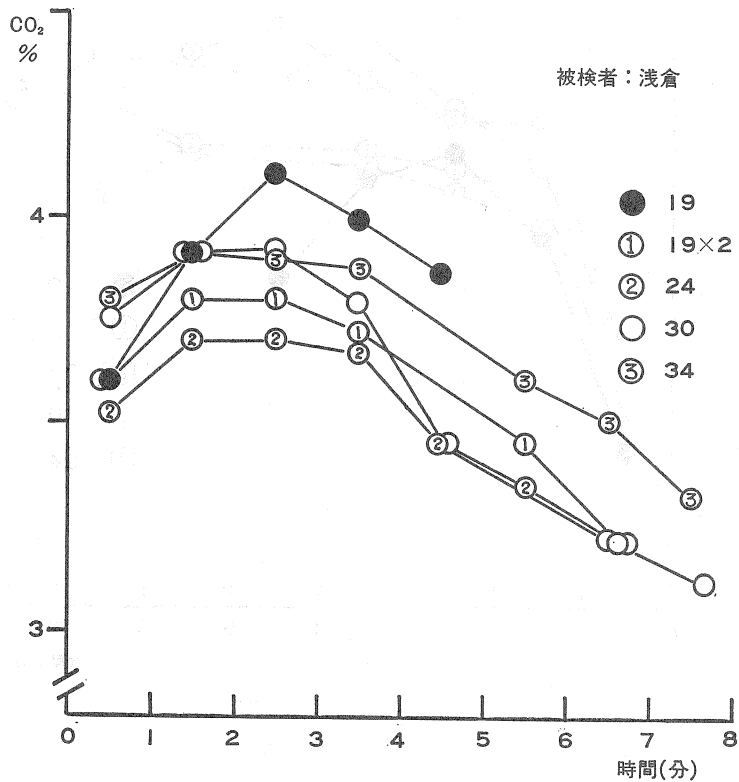


図14. 炭酸ガス排出量の変動

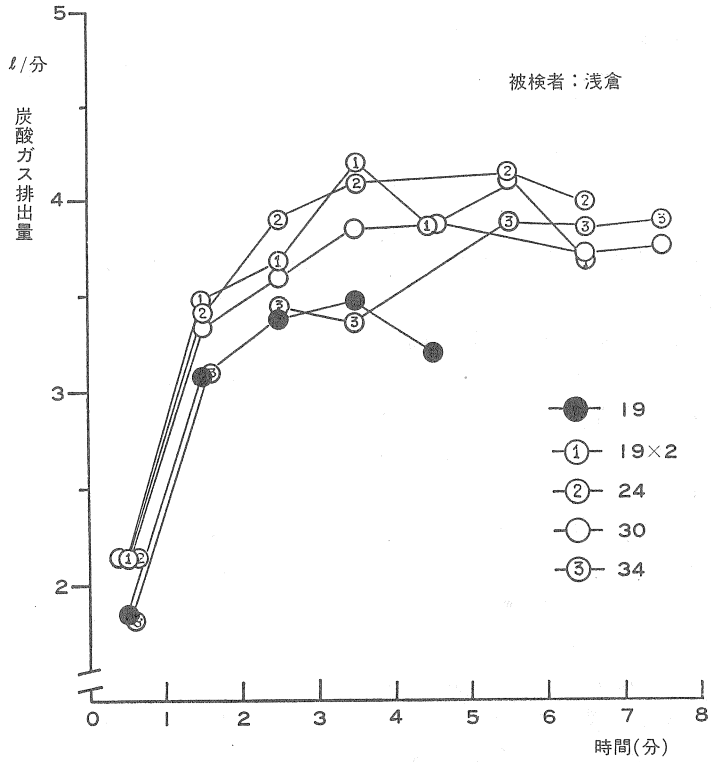
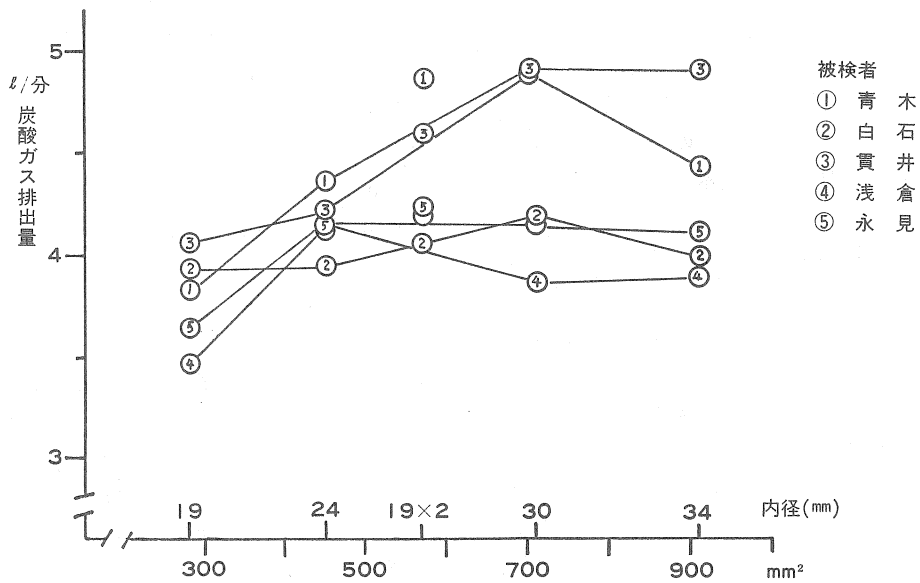


図15. 呼吸口内径と炭酸ガス排出量との関係



IV 考 察

1. 接続管および切換コックについて

作業能力の評価^{1)・9)}、作業強度の測定^{6)・10)}、トレーニング効果の検討等⁴⁾にしばしば酸素摂取量の測定がおこなわれるが、酸素摂取量を測定するためには、換気量の測定をおこなわなければならない。

われわれは換気量の測定に、現在一般使用されている労研式の採気ガスマスク、ダグラスバックを使用していたが、最近、競技選手の呼吸機能を測定する機会が多くなるにしたがい、従来の採気マスクで選手の作業時換気量を測定することに困難を感じる例があらわれてきた。その理由は、作業にともなって盛んになる呼吸運動がマスクの呼吸口の狭すぎることによって阻害され、選手の能力が十分に発揮されないということである。このことは前述のように、一流中・長距離ランナーの換気量の測定に2口マスクを使用し、それによって得た値を従来のマスク使用による測定値と比較した結果たしかめられた。(表1参照)。そこで本研究では、従来のマスクの他に24mm, 30mm, 34mmの異なる口径の呼吸口を有する採気マスクを製作し、これに前述の2口マスクを加えて5種類のマスクを準備し、それぞれのマスク使用時の換気量の比較を試み、それによって作業時換気量の測定に十分な呼吸口の口径を決定しようとした。

予備実験の段階で換気運動に影響を与えるものとして、マスクの呼吸口の他に接続管、三方コック、ダグラスバックのコックの口径が考えられるが、これらの採気器具についての若干の検討を加えた。

接続管の口径の決定のために、13.5ℓ-Benedict-Roth型レスピロメーターのマウスピース接続活栓部と接続ゴム管の部分进行修改し、数種の異なる口径の接続管を使用して、それぞれにおける最大換気量(MBC)を測定し図3の結果を得た。図3にみられるように、5名の青年男子の被検者のMBCは接続管の内径が18mm以下のときには各自の最大値にいたらないが、25mmでほとんど最大値に到着している。これによって、われわれは換気量の個人差、安全性を考慮のうえ接続管と内径を30mmとした。また、三方コックの呼吸通過口も

図2-1, 2に示すように内径30mmに改造し、ダグラスバックのコックも同口径に作りかえた。なお従来のマスクを使用するときは、接続管、ダグラスバックも従来のものを使用し、その他のマスクを使用するときには、いずれのマスクにも新しい器具を接続させた。

本研究で使用した接続管の内径は、D. B. Dill⁵⁾によって報告されている接続管の内径の40mm, B. Saltin and P. O. Åstrand⁸⁾、あるいはN. B. Sonin等⁹⁾の使用している接続管の内径35mmよりも小さい。しかし、かれらの使用している呼吸口の直径はN. B. Slonin等については不明であるが、Dillのものが30mm, Saltinのものがマウスピースで28mmである。いずれも、マスクの呼吸口より接続管の内径が大きくなっている。これは生理的にそれが必要というのではなく、むしろ呼吸マスクとの接続機構のために生じるものと考えられる。

2. オールアウトタイムならびに心拍数、呼吸数について

各被検者の呼吸循環機能が十分に発揮されるように選定されたそれぞれの速度のオールアウト走の時間は、5名中4名が従来のマスク着用時に短かった。このことは、従来のマスクを使用することが、被検者の走行を持續するのに不利な影響を与えることを示している。

表6にみられるように各被検者のオールアウト時心拍数はマスクの種類の影響をうけていないようであるが、表7図5に示した呼吸数の比較からは明らかにマスクの口径の大きさが呼吸機能に影響しているように思われる。

図5, 6の被検者貫井の例では、従来のマスクを使用したときに、65回/分の最大呼吸数を示したのに対し、マスクを使用しないとき、あるいは他のマスクを使用したときには、95~100回/分という値を示した。

興味深いことは体格の大きい被検者のほうが、従来のマスク使用時と他のマスク使用時との呼吸数の差が大きいという傾向がみられることである。これらの結果はマスクの呼吸口の口径の小さいということが呼吸運動を円滑におこなうことに不利であることを示唆するものである。

3. 走行中換気量について

次に走行中換気量の変動から呼吸口の大きさの

影響をみると、いずれの被検者でも従来のマスクを使用したとき換気量の少ないことがしめされた。そして口径の大きなマスク使用時の換気量との差は、走行時間の経過にしたがって大きくなることが認められた。このことは、走行初期の換気量の増加が少ない時期には呼気口の口径の大きさがあまり影響を与えないが、その後換気量が増大するにしたがって次第に影響が大きくなることをしめすものである。

走行中の換気量の最大値と呼気口の口径との関係をしめす図8の結果から、採気マスクの呼気口が24mmあれば、ほぼ最大に近い換気量を測定できるのではないかと考えられる。しかし、5名の被検者のうち体格の大きい2名の被検者は30mmでさらに大きな測定値をしめたので、24mmの口径で十分とはいきれないようである。しかし、34mmの口径の場合でも換気量は内径30mmのそれを上回ることは認められなかった。したがって、測定の対象が本研究の被検者のように換気能力が毎分200ℓを越えない程度であれば、30mmの口径で採気をおこなえば十分であると考えられよう。

走行中換気量の最大値とMBCとの比率の値をみると、従来のマスクを使用したときの走行中最大換気量はMBCのおよそ60%になるが、呼気口の口径が大きくなるとこの値はおよそ80%に達する。

MBCの値に対する作業中の最大換気量の割合についてはN. Balfourらの報告⁹⁾があり、かれらは38mmの内径の接続管、35mmの内径の三方コック等を使用して50名の男子鍛練者の最大酸素摂取量の測定をおこないMBCにたいする走行中最大換気量の割合は平均83%であったと述べておりこの値は本研究の値とほぼ等しい。おそらく呼気口の口径が十分に広ければ、走行中の最大換気量はMBCのおよそ80%に達するものではないであろうか。

走行中の呼気の採集に用いられるマスクの呼気口の口径に言及したものとして、前述のD. B. Dill⁵⁾の報告、B. Saltin等⁹⁾の報告がある。Dillは30mm、Saltinらは28mmの口径の呼気口のマスクを使用している。Saltinは競技種目別選手の最大酸素摂取量の測定にこの口径を用いている。

なお本研究では、呼気弁については特別な考慮

をほらわずに従来と同様のゴム製の弁を使用した。呼気口の口径を30mm以上にした場合には弁の取付けに留意しなければ、弁の開閉が十分におこなわれないということが認められた。このことは特に換気量の少ない安静時の測定において顕著であった。このことは呼気口の拡大とともに弁の構造にも考慮の余地が残されていることをしめすものである。

4. 酸素摂取率と炭酸ガス排出率について

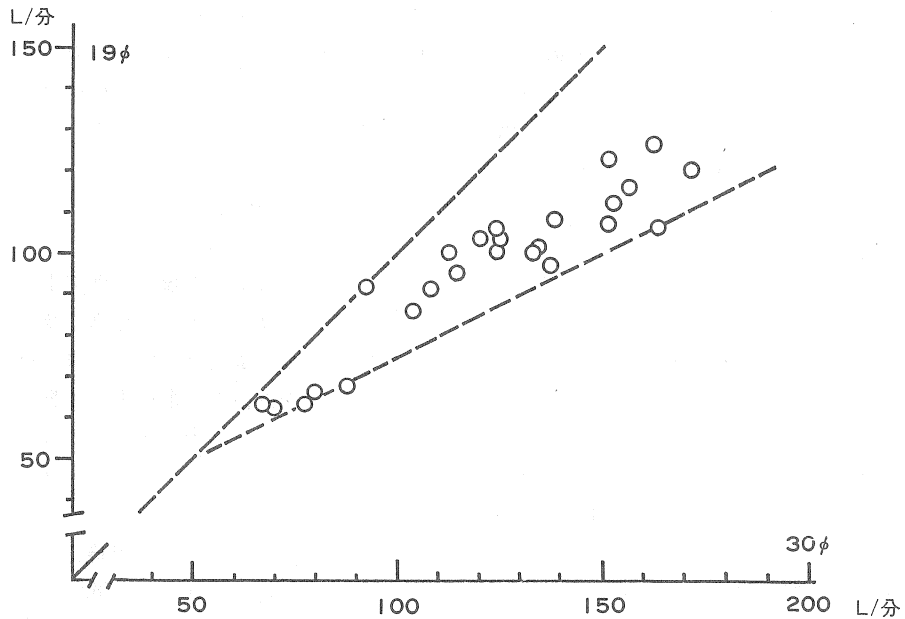
呼気口の内径の大きさの呼吸に及ぼす影響は単に呼吸数、換気量だけではなく酸素摂取率にも現われる。酸素摂取率の走行中の変動を呼気口の内径別に比較すると、走行途中は従来のマスク使用時に比較的高い値をしめすものと逆に低い値をしめすものがオールアウト時にしめす摂取率は、各被検者とも従来のマスク使用時よりも口径の大きいマスク使用時のほうがより低かった。酸素摂取率を肺における呼吸効率の指標⁷⁾と考えるならば、これらの結果の意味することは従来のマスクを使用して被検者が走行を継続する時、かれらの呼吸効率が走行維持不能の状態に低下する以前に、何らかの原因によってオールアウト状態が招来されるということになる。その原因が何であるかということをはっきりさせるためには、さらに検討を加えなければならないが、呼気に含まれる炭酸ガスの割合も従来のマスク使用時より口径の大きいマスク使用時に低い値をしめしてオールアウトにいたることから、マスクの口径が単に呼吸数、換気量のみに影響を与えるだけでなく、呼吸の効率にも作用していることが考えられよう。

5. 酸素摂取量、炭酸ガス排出量について

最大酸素摂取量は有酸素的作業能力の有力な指標¹⁾とされているので、この値が従来の採気マスク使用時に小さいということは、作業能力の評価のうえでマスクの使用に注意を払わなければならないことをしめしている。酸素摂取量の値からみても30mmの口径が望ましいとも考えられる。

以上の結果から従来用いられている採気マスクでは激しい作業で生じる換気量の測定に不十分であることが明らかになった。ここで問題となることは換気量がどの程度まで増大したときにマスクの影響が生じるかということである。この点を明らかにするために同一被検者が2種の異なる口径の

図16. 呼気口内径と換気量との関係



呼気口を有するマスクを装着して、それぞれ同一の速度でオールアウト走をおこなったときに、それぞれの走行時の対応する時間における換気量を比較し図16を得た。

図16にしめすように30mm口径のマスク使用時の換気量と19mm口径マスク使用の際の換気量との差は換気量の増大に従って大きくなる。55名の被検者の測定結果から両方のマスクのそれぞれの値が一致する点を推測すると、およそ50ℓ/分の値になる。したがって、50ℓ/分以上の換気量の要求される作業での換気量の測定に従来のマスクを併用することは妥当でないと考えられる。

V 要 約

1. 作業時呼気の採集に必要な採気マスク呼気の口径について検討した。
2. 内径24mm, 30mm, 34mmの呼気を有する採気マスクならびに内径19mmの呼気口を2本有する採気マスクを製作した。
3. 接続管, コック類についても若干の検討を加え, 内径30mmに改造し実験に使用した。
4. 5名の青年男子被検者にトレッドミルオールアウト走をおこなわせマスク別に換気量, 酸素摂取量, 炭酸ガス排出量, 呼吸, 心拍数の測をおこない, これらの値と呼気口の口径との関係を比

較検討した。

5. これらの比較検討により従来の採気マスク(呼気口内径19mm)を使用して毎分50ℓ以上の換気量をとまなう作業時の呼気の採集をおこなうことは測定法として不十分であることがわかった。

6. 毎分50ℓ以上の換気量をとまなう作業時呼気の採集には呼気口の口径30mmは必要であると考えられる。また口径30mmの呼気口を有するマスクは毎分約200ℓの換気量まで支障なく測定可能であると考えられる。

文 献

1. Åstrand, I.(1960). Aerobic work capacity in men and women with special reference to age. Acta Physiol. Scand. 49:45-60.
2. Åstrand, P. O., and B. Saltin (1961). Oxygen uptake during the first minutes of heavy muscular exercise. J. Appl. Physiol. 16(6):971-976.
3. Åstrand, P. O., and B. Saltin.(1961). Maximal oxygen uptake and heart rate in various types of muscular activity. J. Appl Physiol. 16(6):977-981.
4. Cureton, T. K. and E. E. Phillips.(1964). Physical fitness change in middle-aged men attribut-

- able to equal eight-week periods of training, non training and re-training. J. Sports Med. 4-2, 87-93.
5. Dill, D. B.(1966). Assesment of work perform ance. J. Sport Med. 6(1), 3-8.
 6. Furusawa, K.(1952). Relative metabolic rate of work-R. M. R. Part. I. Its definition and introductory remarks. I, I-9.
 7. 猪飼道夫, 江橋慎四郎, 加賀谷潔彦, 他 (1965) トレッドミル法による青年の運動処方に関する研究, 第2報, 体育学研究, 8, 3-4, 61-71,
 8. Saltin, Bengt and P-O. Åstrang.(1967). Maximal oxygen uptake in athletes. J. Appl. Physiol. 23(3):353-358.
 9. Slonim, N. Balfour, David G. Gillespie and William H. Harold(1957). Peak oxygen uptake of healthy young men as determined by a treadmill method. J. Appl. Physiol. 10(3): 401-404.
 10. 山岡誠一, (1954) ラグビー試合のエネルギー需要量と疲労について, 体育学研究, VII 425-429

