

1966

ヨット選手の水中耐寒テスト

財団法人 日本体育協会
スポーツ科学委員会

ヨット選手の水中耐寒テスト

日本体育協会スポーツ医事相談所

黒田 善雄

中西 光雄

塚越 克己

加賀谷 濱彦

金子 公宥

第1報.....(1)

第2報.....(15)

第 1 報

現在、学生ヨットにおいては、沈没が出た場合救助しやすいように儀装品をとりまとめ、救助を待つというような基本的な作業を行なっている学校が少なくなっている。遭難の発生が増加している現在、沈没すると直ちに人間をあげてしまうという悪い習慣は、あらためなくてはならない。

本調査は、3月下旬の海水に身体を入れて、その時の生理学的諸変化を測定し、今後の参考資料とすることを目的として開始された海水に身体を入れて、その時の生理学的機能の変化を追究した調査は、すでにかなりの数をなされているが、水温10度から12度といった冷水での実験は必ずしも多くない。また本調査のような目的で、多方面にわたって総合的に追跡した調査はほとんどみあたらない。

本調査では生理学的機能として、体温（直腸温）、血圧、呼吸および心拍数、代謝尿成分の変化をとりあげ、それらの値が入水中及び回復期において、どのような変化過程を示すかを追跡した。

本実験に先立ち、テストのためのスクリーニングとして、2～3日前に身体検査が行なわれ、体

重、皮下脂肪、心電図、血圧寒冷昇圧試験、尿検査、内科診察などが行なわれている。

[方 法]

- (1) 日時……昭和41年3月22日、24日（午後）、選手全員の身体検査。同年3月25日（午後1時→5時30分）、水中耐寒テスト。
- (2) 場所……身体検査は日本体育協会・スポーツ医事相談所においてなされ、25日の本実験は、神奈川県、葉山ヨットハーバーにおいてなされた（合宿所、観蘭荘）。
- (3) 被検者……全日本第生ヨット指導者講習会参加者（表1参照）被検者のすべては大学生であり、大学ヨットクラブのキャプテン、マネージャー級の選手である。
- (4) 具体的方法……
A) 身体検査……表2に示すような身体検査カードが、特に本調査研究のために作成され、使用された。
血圧は特に重視し、寒冷昇圧試験が行なわれた。尿検査に関しては、蛋白、ウロビリノーゲン、糖をとりあげ、特に精密を要する者

表 1. 被 檢 者 一 覧

	氏 名	大学/年令		氏 名	大学/年令		氏 名	大学/年令	
1	青木 達司	立教大/22	裸	熊本 勇三	広 大/22	裸	野村 豪史	東 大/22	衣
2	荒井 利夫	工学院/21	衣	黒住 武史	熊本 大/23	裸	林 隆	東医大/21	裸
3	雨宮 俊夫	日 大/20	裸	小林 義典	日 大/21	衣	浜田嶺次郎	東医大/21	不参加
4	井戸川義孝	東北学院/20	裸	小山 泰彦	横浜市立/24	裸	広木 征二	東北学院/22	衣
5	岩崎 州男	K.O./21	裸	斎藤 清昭	横国大/21	衣	福井 勝昭	金沢大/21	不参加
6	岡戸 義一	早 大/21	衣	佐藤 恭一	東 大/21	裸	藤原 孝通	東工大/22	裸
7	奥田 耕平	広島商大/21	裸	下里 秋作	明 大/21	裸	牧 高三	愛知大/20	衣
8	尾関 和義	学 院/21	衣	神保 正徳	獨協/20	不参加	宮河 治	広商大/20	裸
9	小野 雄史	九 大/21	衣	大門 弘和	和歌山大/20	裸	川橋 邦宏	徳島大/21	裸
10	大野 則正	甲 南/20	裸	高坂 一之	都立大/22	衣	山田 弥一	名城/20	衣
11	加島 光一	関 学/21	衣	田島 俊雄	横市大/21	衣	山田 貞義	名工大/21	裸
12	梶山 康男	K.O./21	裸	高畑修三郎	富山大/22	衣	安井 満男	同志社/22	裸
13	勝田 邦夫	福井大/20	衣	土井 保郎	青 山/22	衣	吉田 昌功	広工大/22	衣
14	金井 準一	法 政/22	裸	南谷 則寛	福井大/21	衣	渡部 翼	熊本大/20	衣
15	楠本 吉則	東工大/21	裸	仁藤 勝朗	中 大/21	裸	渡辺 行彦	名古屋/20	不参加

但し 裸……裸で入水 衣……着衣で入水

表 2. 身体検査カード

日本学生ヨット連盟水中耐寒テスト用紙					
昭和41年3月22・23日測定					
氏名	年令	才	生年月日	年	月
体重 kg	皮下脂肪厚 mm	心電図所見			
既往症(高血圧、その他)					
安静時血圧					
mm Hg					
寒冷血圧					
mm Hg					
mm Hg					
mm Hg					
mm Hg					

3月25日 水中耐寒テスト	
水中時間 = ⑧ 時 分	⑨ 時 分
水中後血圧	
1. 時 分	mm Hg
2. 時 分	
3. 時 分	
4. 時 分	
5. 時 分	
6.	
7.	
備考	

の場合は沈渣もなされた。

B) 水中耐寒テスト……

- 1) 体温変化：東洋電子製直腸温用サーミスターを用い、入水時、退水後と連続的に測定された。
- 2) 呼吸数：呼吸曲線記録用サーミスターをガスマスク内に装着し、入水中及び退水後まで連続的に記録された。
- 3) 心拍数：胸部双極誘導法を用い、心電曲線を入水中及び退水後まで連続的に記録した。

4) ガス代謝：ダグラスパッグ法により、入水前・中・後の呼気を連続的に採氣し、サンプルガスは福田医理化K.K. 製 Breath Analyser によって分析された。

5) 血圧：退水直後より1~2分毎に、約30分間測定された。

6) 尿検査：退水直後から10分以内に採尿し、糖、蛋白、ウロビリノーゲンの定性試験がなされた。

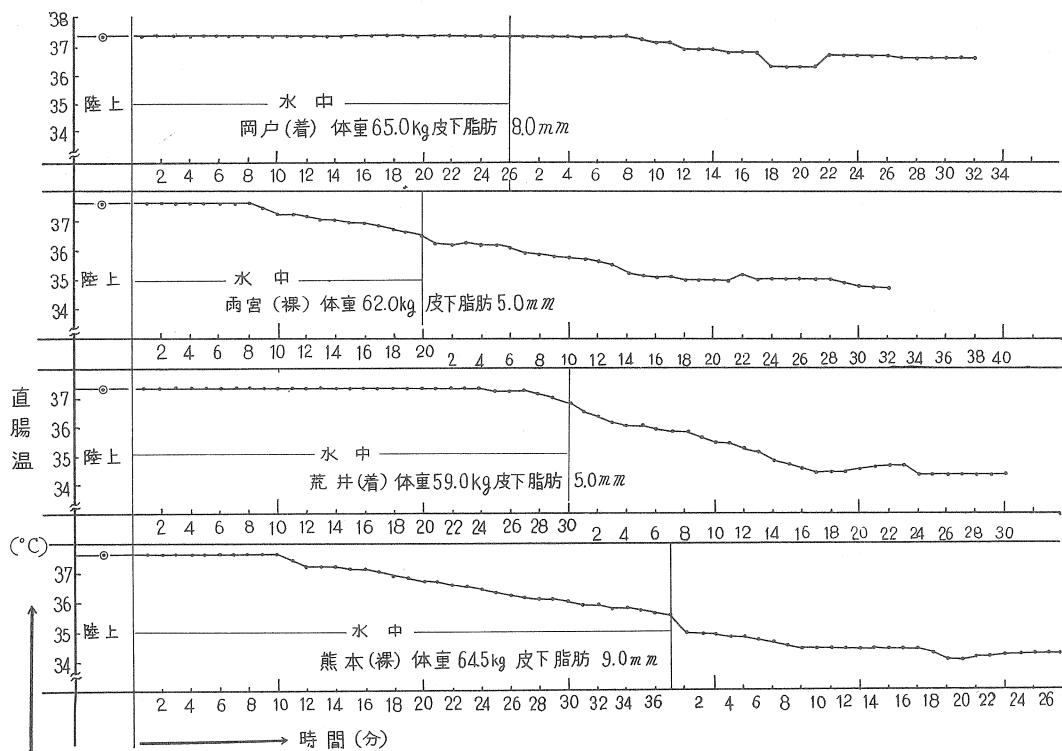
以上、全項目においてテストを受けた選手は、熊本、荒井、雨宮、関戸の4選手であり、熊本と雨宮は裸体、荒井と関戸は着衣の状態で入水しテストされた。上記4名以外の選手については、項目5)の血圧と項目6)の尿検査のみが実施された。テスト時の海水の温度は度11.5°であり、大気の温度と同じであった(天候：晴ときどき曇)。

水中耐寒テストは原則として、オールアウトに近い状態までで入水を持続することをたてまえとしてなされた。精密テストを受けた4名の選手の場合は、退水後直ちに乾いたタオルで体を拭き(着衣の場合は脱衣後体を拭く)，直ちに岸辺にしつらえたテントに入れて寝かせ、その上に毛布を2~3枚かぶせた。

〔結果と考察〕

- (1) 体温変化について……4名の被検者が入水中及び退水後に示した直腸温の変化は、図1に示す通りである。裸体でテストを受けた熊本と雨宮の場合は、体温降下が早期に発現していることがわかる。入水持続時間に関しては体温との間に一定の関係が認められていないが、この時間はあくまでも、テストという条件の上の値であり、真のオールアウト時間とはみなし難い(真のオールアウト時間は体温降下程度によって決ってくると考えられる)。いずれにせよ、

図 1. 直腸温変化



着衣で入水した被験者の方が、体温降下の発現時間も遅れており、遭難予防という見地からも、見逃すことの出来ない点である。

図1からもわかるように、体温は退水後も引き続いて下降を継続する。退水後の処置が如何に重要であるかを認識させられる点である。退水後の体温降下に関しては、①気化熱によるもの。②熱産生機能の低下。③血液分布状態の変化。などが考えられるが、詳しくは今後の研究にまたなければならない。退水後、体温をそれ以下に下げない処置としては、温湯につけるとかアルコール飲料を飲ませ、毛布でくるみ保温につとめるなど、各種方策が考えられるが、最も効果的な方策の探究には今後の研究が必要である。

(2) 心拍数変化について……図2に4名の選手が示した心拍数変化を示す。一般的の傾向として、入水直後一過性に心拍数は上昇を示す(20~40拍)。これは入水時の筋活動、大脳皮質の興奮、冷刺激に対する交感神経系の興奮、アドレナリ

ン分泌亢進、皮膚及び内臓血管の収縮その他の原因により発現する心臓反射の結果と考えられる。1分~4分後にはある程度下降し、それ以後殆んど変化を示さぬ者、または徐々に上昇傾向を示す者とがみられる。いずれにせよ水中での最高心拍数は著明なものではなく、毎分100ないしそれ以下にとどまる(水中における運動の程度いかんにより異なるものであり、遠泳中毎分150拍前後にまで上昇したという報告もある)。退水直後、やはり一過性に心拍数の上昇を見るが、これは海辺よりテントまでの歩行、脱衣のための身体運動などによるものと考えられる。いずれにせよ10~30分後には安静レベルまで心拍数は回復する。このような心拍数変化からみても、心臓機能が水中持続時間を決定する絶対的要因となっているとは考えられない。

(3) 呼吸数変化について……呼吸数変化曲線は、図3に示す通りである。

心拍数の場合と同様、あまり著明な促進もま

図 2. 心拍数変化

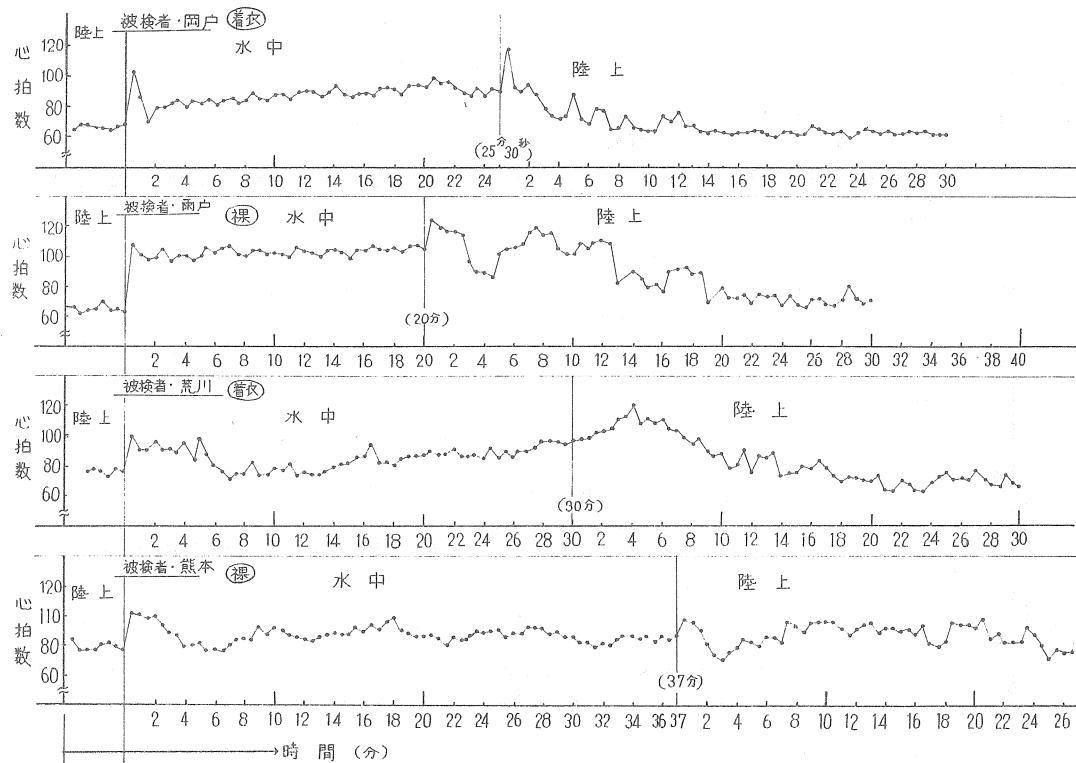


図 3. 呼吸数変化

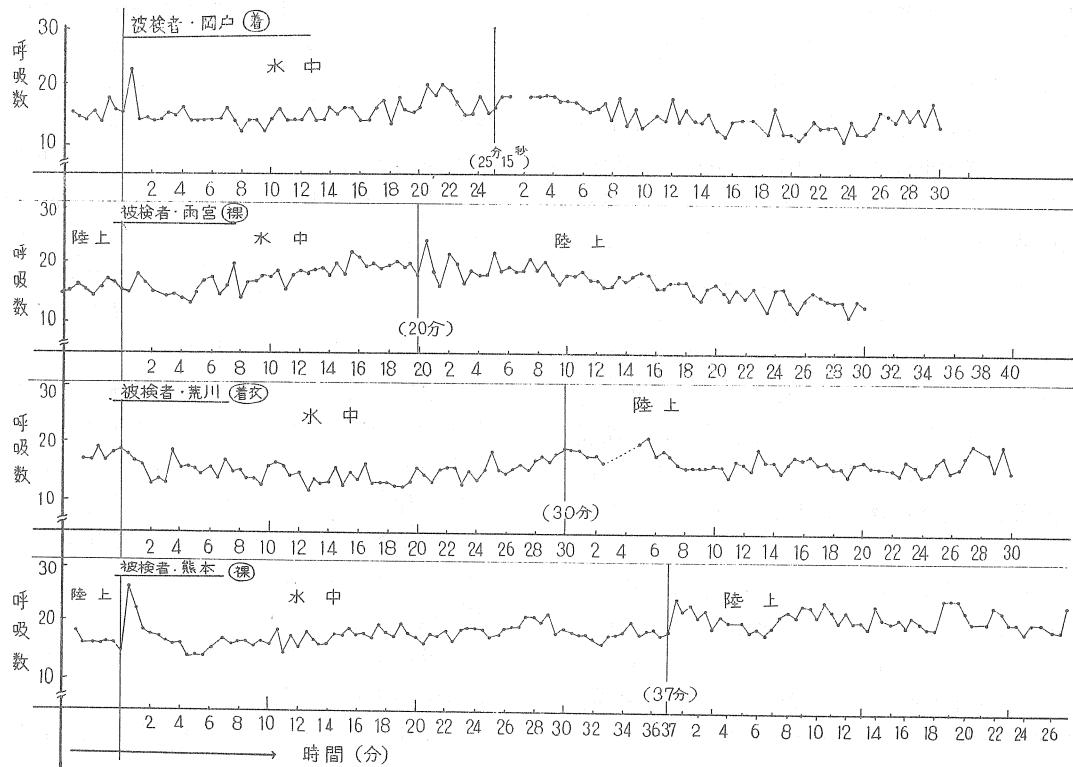


図 4. 換 気 量 變 化

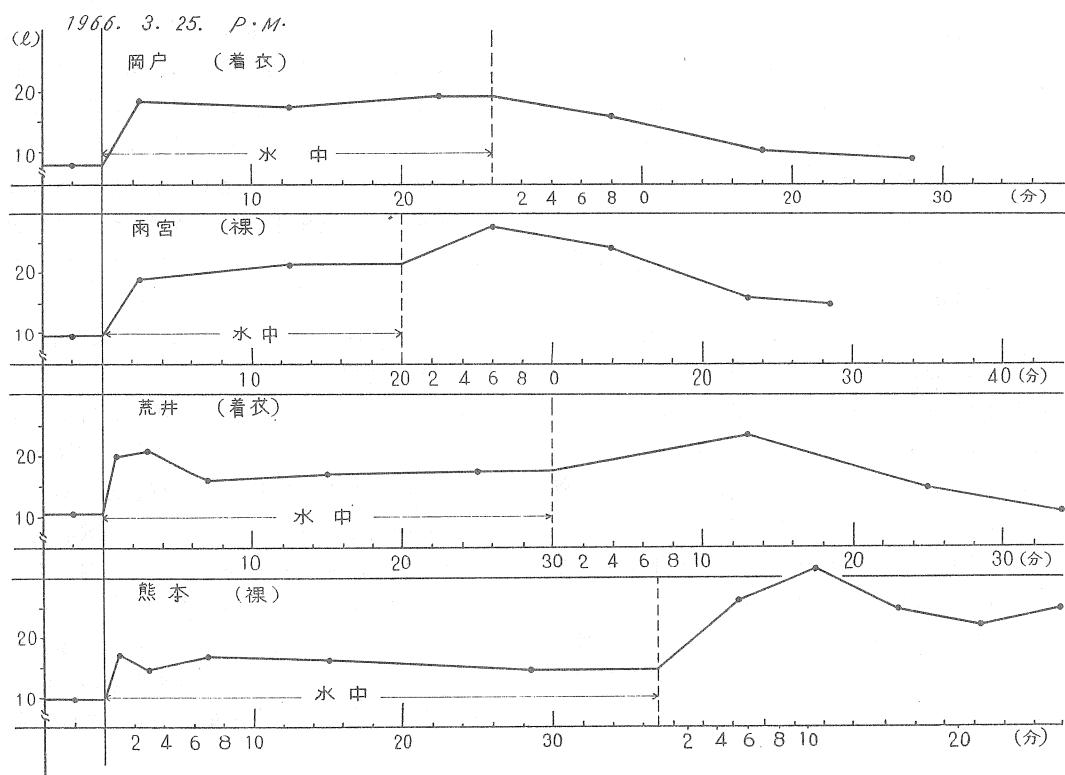
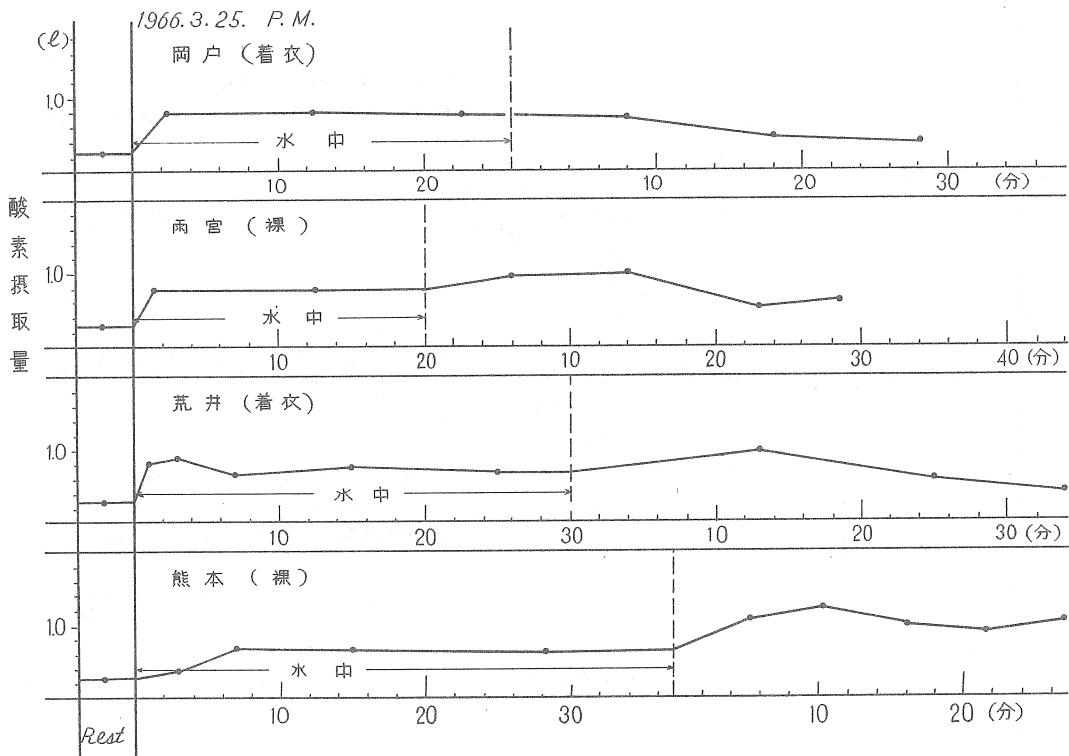


図 5. 每 分 酸 素 摂 取 量 變 化



た抑制もみられていない。しかし後述するガス代謝の変化との関連において考察すると、入水中における毎回の呼吸が深くなっていることが推定される。いずれにせよ呼吸機能に支障をきたすために水中持続時間が限定されるというよう、呼吸機能が水中持続時間の決定要因となっているとは考えられない。

(4) ガス代謝変化について……図4に毎分換気量の変化曲線を示す。

一般的傾向として、入水により換気量は安静時の2倍程度に増大する。これは合目的的な変化であり、換気量を増し、生体への酸素供給を活潑化し、体内での熱産生を促進する、という一連の反応の現われと考えられる。退水後も換気量はなお一層上昇する傾向を示す（但し、岡戸選手を除く。岡戸選手の場合、入水が不完全であり、胸部の上部は水につかっていなかった）。退水後の換気量上昇は、体温変化曲線からもうなづける反射的促進と考えることが出来る。

毎分酸素摂取量の変化曲線は、図5に示す通りであるが、換気量の場合と同様に入水時及び退水後も促進傾向を示している。入水に伴うこのようなガス代謝の促進現象は、熱産生の必要からくる合目的な反射機構によるものであるがその一つに寒冷時に発現する反射性のふるえを見逃すことは出来ない。体熱の約%は骨格筋において作られるが、ふるえは骨格筋にもたらされる反射刺戟によって起るものであり、熱産生を喚起する。従って間接的にガス代謝を促進する原因となっている。

(5) 血圧変動について……血圧測定は全選手について行なったので、それを集計し作図された変化曲線、図6～図13から考察を進める。

水中耐寒テストによる血圧の一般的な変化傾向は、図6に示される通りである。着衣グループと裸体グループとに別けてグラフ化されているが、特に両者の間で血圧変化傾向に違いがあるとは認め難い。要するに退水直後の値から判断して、入水中は最高・最低両血圧共にかなり上

図 6. グループ別（着衣：裸体）血圧変動

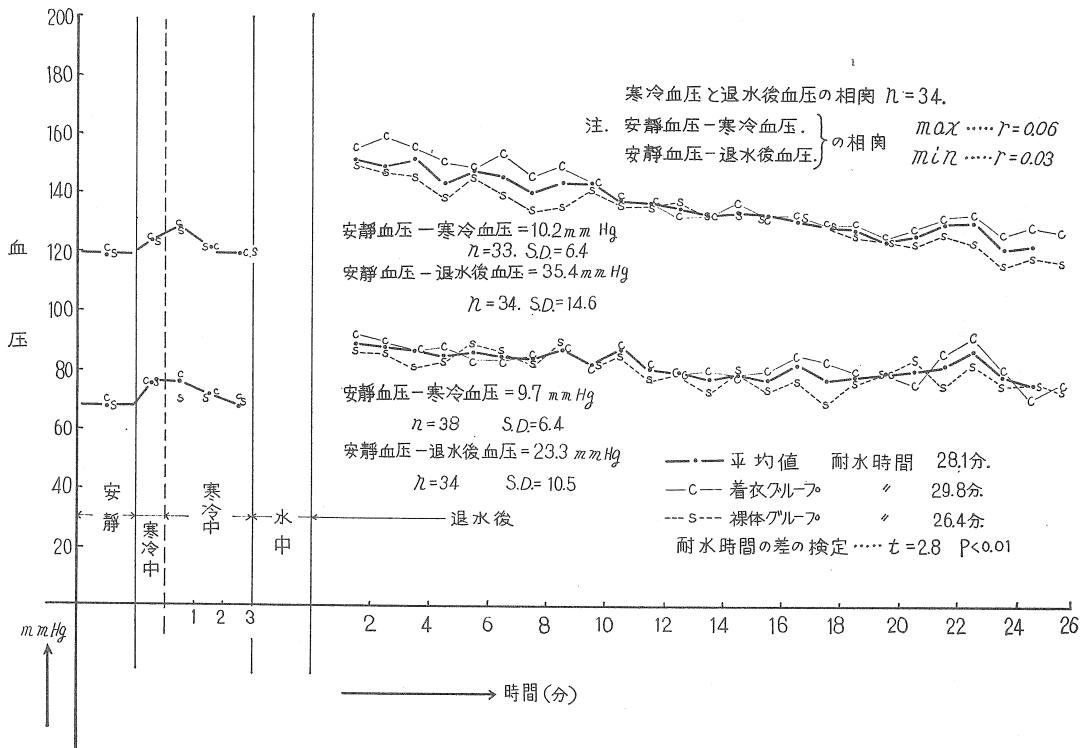


表 3. 尿 檢 查 結 果

		Protein		Suger		Uroblinogen		備 考	尿検査			人数
		テス ト前	テス ト後	テス ト前	テス ト後	テス ト前	テス ト後			テス ト前	テス ト後	
1	野 村	++	+			+		Nephritis	Protein	(-)→(-)		
2	吉 田	+								(-)→(±)	23	
3	荒 井					+	+			(注)→{高畠, 大野}		(2)
4	加 島									(-)→(+) (注)→{吉田, 小野, 林, 藤原}		(7)
5	土 井	+								楠本, 高坂, 小林		
6	高 坂		++	++		+				(-)→(++) (注)→{野村}		(1)
7	田 島									(±)→(-)	1	
8	小 林	+				+						
9	山 田											
10	牧											
11	岡 戸											
12	小 野	+		±		+						
13	勝 田											
14	廣 木											
15	斎 藤					+	+			(-)→(-)	28	
16	角 谷									(-)→(±)		
17	高 畠					+				{井戸川, 小野, 熊本}		(3)
18	尾 関									(-)→(+) (注)→{安井, 黒住}		(2)
19	熊 本									(++)→(++) (注)→{田島}		(1)
20	三 橋											
21	青 木											
22	奥 木											
23	下 宮					+						
24	宮 河					+						
25	金 井					+						
26	山 田(貞)					+						
27	雨 宮									(±)→(±)	19	
28	小 山					+				(±)→(+) (注)→{青木, 井戸川, 広木, 大野, 林}		(5)
29	安 井									(+)→(+) (注)→{斎藤, 加島}		(2)
30	大 門									(+)→(±)	10	
31	藤 原											
32	大 野											
33	井 戸											
34	川 山											
35	楓 仁											
36	楠 本											
37	林 仁											
38	黑 岩											
39	岩 住											
	渡 崎											
	高 畠											
	渡 渡											
	福 佐											
	浜 井											
	神 藤											
	保 田											
	神 田	++	++									

図 8. 耐寒時間10~19分グループの血圧変動

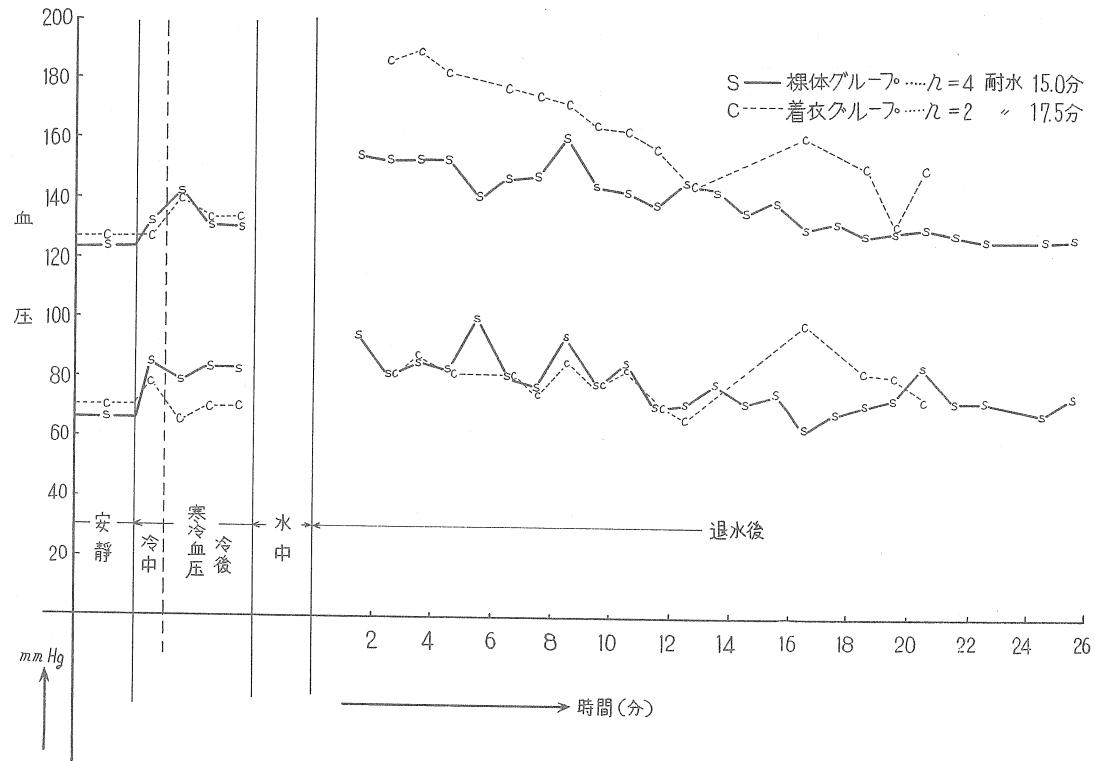
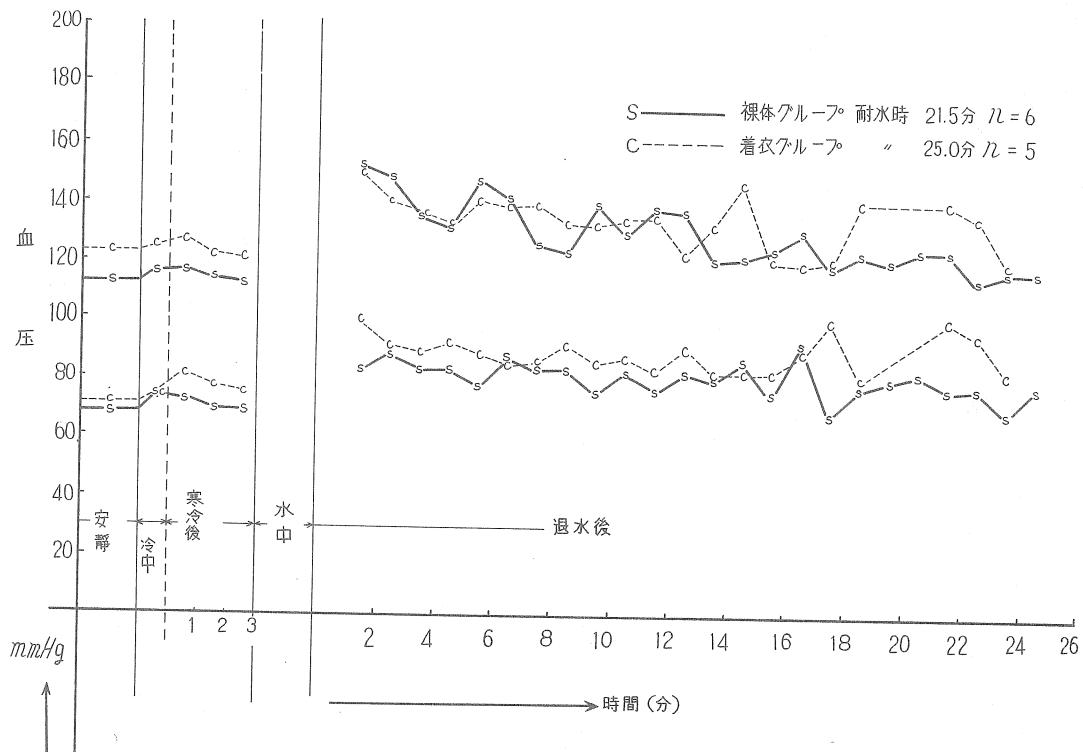


図 9. 耐水時間20~29分グループの血圧変動



昇を示していることが推定される。これは寒冷に伴う皮膚血管の収縮その他の反射による合目的的な適応変化とみなされる。血圧の回復過程はかなり緩慢であり、退水後20分以上を要する（最低血圧の場合は20分後もまだ完全に回復していない）。このような血圧回復の遅延は退水後の保温状況及び処置の如何により大きく異なることが考えられる。

先に行なった寒冷昇圧試験と入水に伴う血圧上昇の程度との相関を、統計的に検討した結果図6の右上に記載してある通り、両者の間に相関は認められなかった。また寒冷昇圧試験と水中持続時間との相関も、図7に示すように $r = -0.08$ となり、有意性のある相関を認めることができなかつた。これらの結果から、寒冷昇圧試験により実際の入水時における血圧上昇程度を推定することはできない。

図7～図11は、水中持続時間をもとにし、これをAグループ（10～19分）、Bグループ（20～29分）、Cグループ（30～39分）、Dグループ（40分以上）と4グループに分類し、それぞれ

を着衣グループと裸体グループに細分し、それぞれの血圧変化曲線を図示したものであるが、いずれのグラフにおいても、グループ間に特有な一定した傾向はみられない。このことは、水中持続時間の長短とは無関係に、オールアウト状態における血圧は、誰でも同じレベルを示すということを推定させるが、本実験における水中持続時間は、はたして個々の選手のオールアウト状態に至る時間を表わしているかどうかがはなはだ疑問であり、このような原因でそれぞれのグループ間に特徴ある傾向を区別出来なかつた、とも考えられる。

図13は、安静時血圧と退水直後の血圧から安静時血圧を引いた差との間の相関をみたものである。最高血圧においては、 $r = -0.481$ となり、最低血圧においては $r = -0.593$ となり、いずれも有意性のある逆相関が認められている。このような傾向は一般にトレッドミルテストなどで心拍数を測定する場合にもみられる傾向であり、運動生理学的見地から興味ある点である。

図7. 水中耐寒時間と血圧の変動

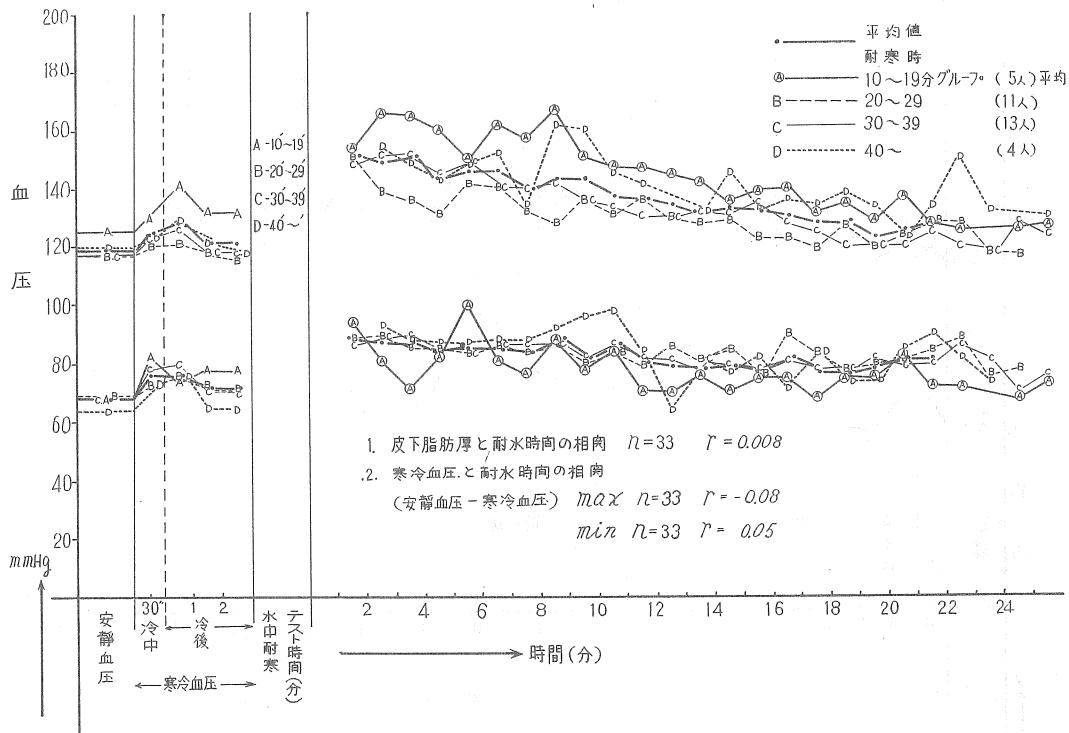


図 10. 耐水時間30~39分グループの血圧変動

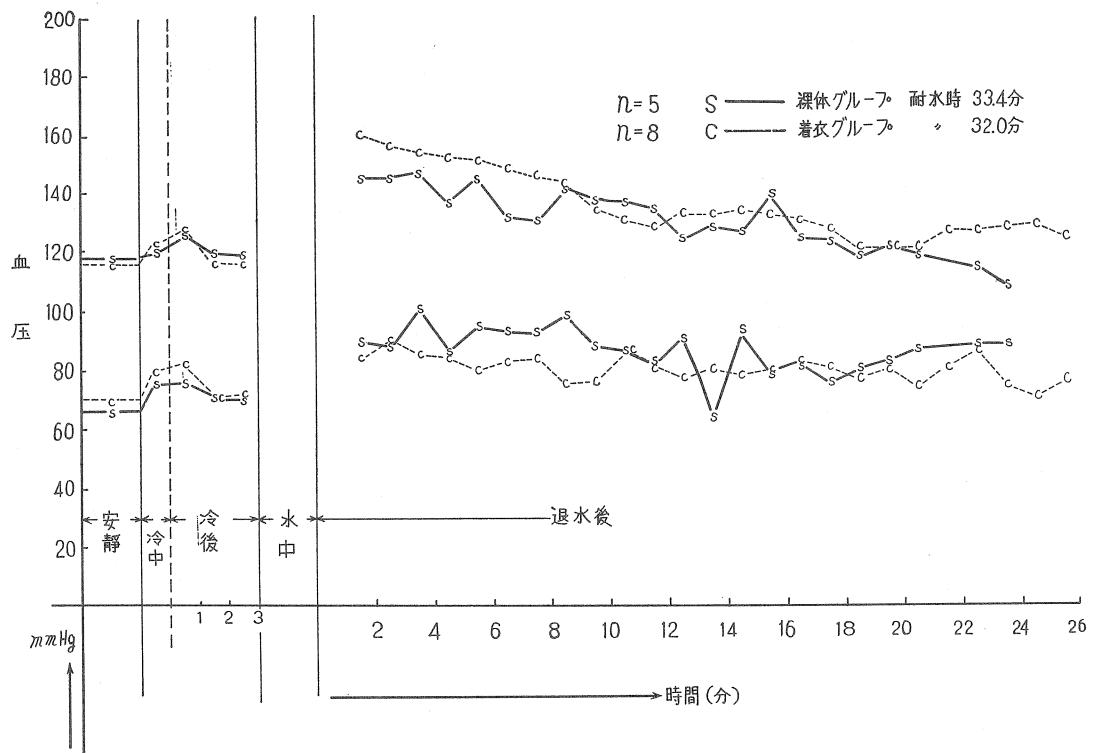


図 11. 耐水時間40分以上のグループの血圧変動

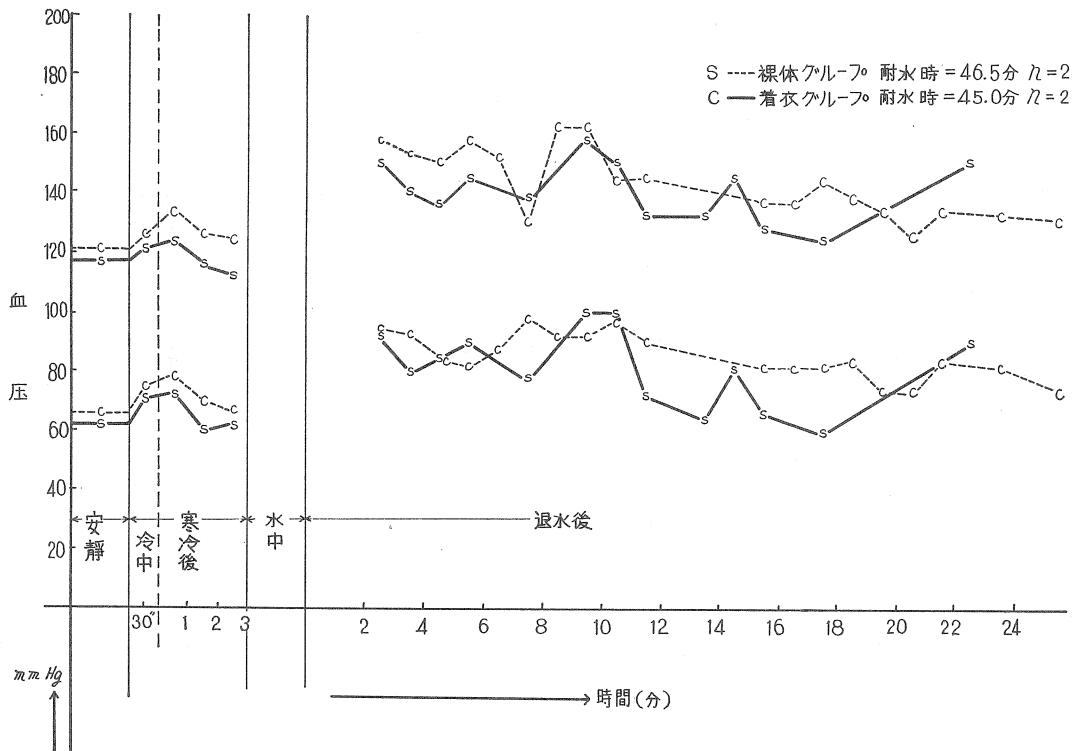


図 12. 精密検査グループ血圧変動

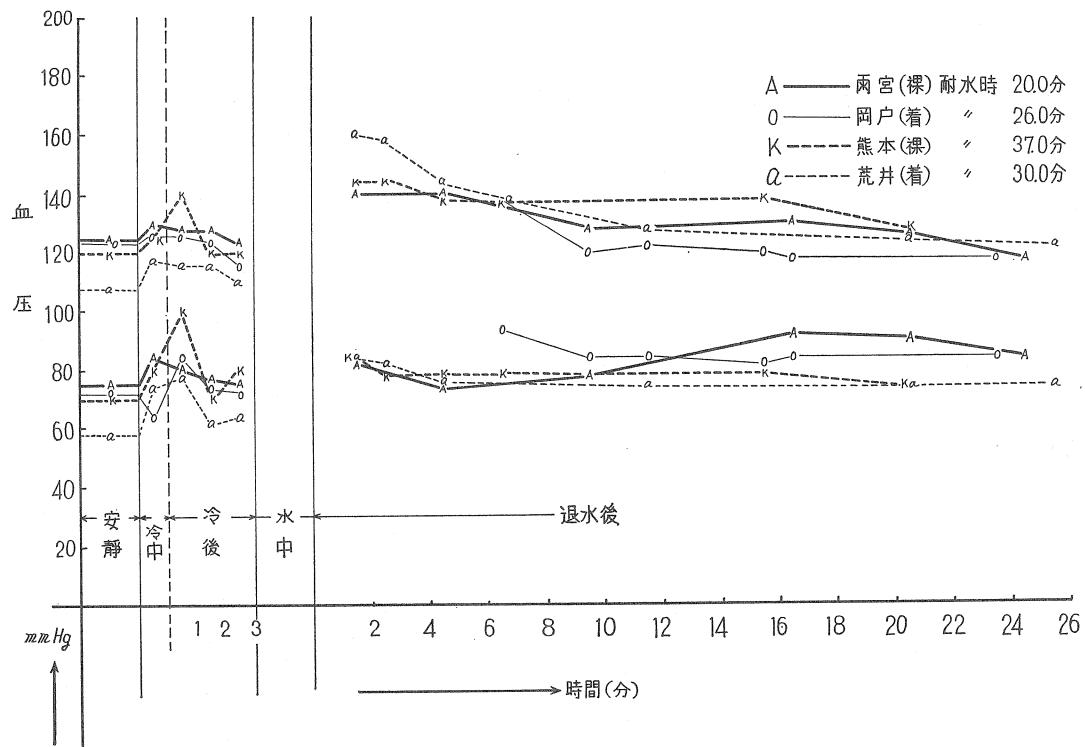
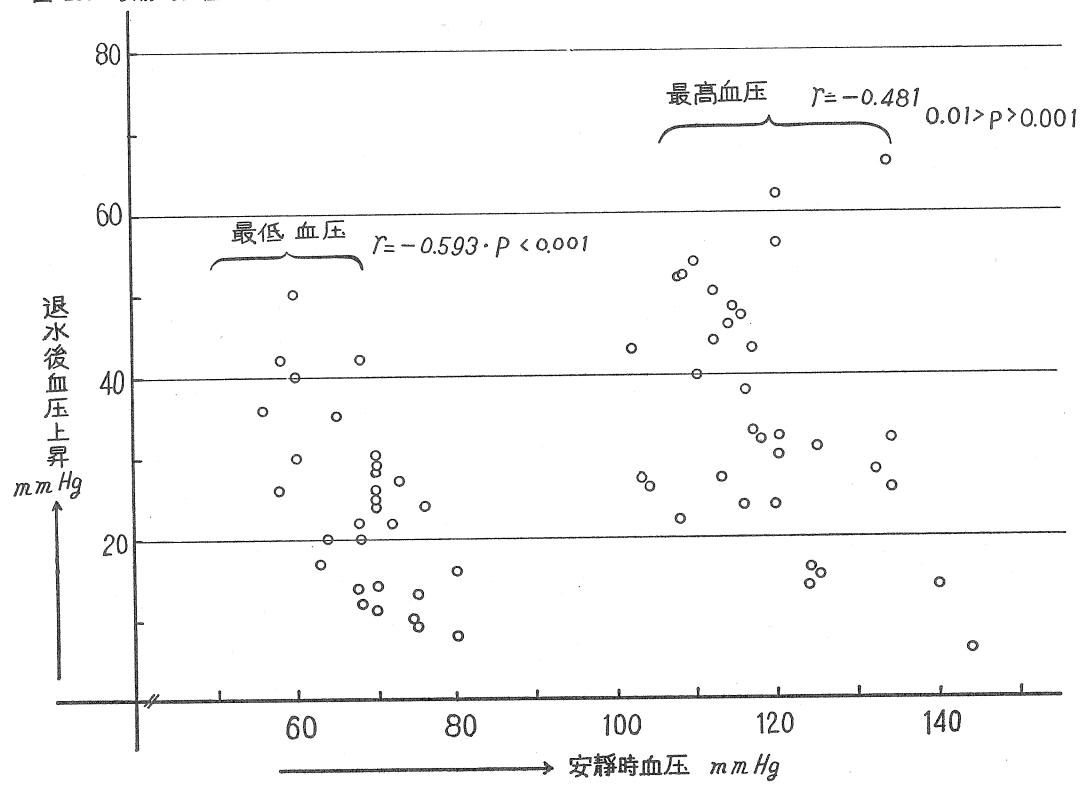


図 13. 安静時血圧と血圧上昇度との相関



第 2 報

第1報において、水温11.5°Cという3月下旬の冷たい海水中に身体をつけた時の生理学的諸機能の変化を追跡し、それに考察を加えたものを報告したが、今回は、この種の寒冷に伴う身体生理学上の変化をより詳細に検討するために、実験室内において、浴槽を用い、前回と同様に水温を11.5°Cに保ち、水中耐寒テストを実施した。今回の研究の目的は前回の実験研究を実験室内で追試し、結果の妥当性をたしかめると同時に、あらたな測定項目もつけ加え、水中耐寒時の生体反応をより詳細に多面的に把握しようとした点にある。

〔方 法〕

- 1) 日時……昭和41年5月21日より6月24日までの4日間。テストは大体、午後3時から8時間に実施された。
- 2) 場所……日本体育協会スポーツ医事相談所。
- 3) 被検者……法政大学ヨット部学生2名を採用、被検者の身体状態及び測定日時、測定条件は、表1の通りである。
- 4) 身体的方法……

〔A〕 身体検査：前回のテストと同様、本テストに入る前に、次のような項目について身体検査が実施された。

体重、身長、胸囲、皮脂厚、安静血圧、心電図検査、血圧寒冷昇圧試験、尿検査（蛋白、糖、ウロビリノーゲン）、内科診察。

これらの検査の結果、被検者の身体状態は正常であることが認められたので、本テストが実施された。

〔B〕 水中耐寒テスト（本テスト）：テストで採用した測定項目は、次のようなものである

表 1. 被 検 者 一 覧 表

氏 名	年 令	体 重 (kg)	身 重 (cm)	胸 囲 (cm)	皮 脂 厚 (mm)	測 定 日	条 件
宮 沢 恒 夫	21	55.5	167.1	87.5	6.0	'66. 5. 21	裸
						'66. 6. 16	着 衣
柏 谷 俊 一	19	60.0	166.0	92.5	5.0	'66. 6. 7	裸
						'66. 6. 24	着 衣

る（具体的方法に関しては第1報参照）。

- イ 体温測定（直腸温、額及び足甲部皮膚温）
- ロ 每分呼吸数
- ハ 每分心拍数
- ニ 每分換気量及び毎分酸素摂取量
- ホ 血圧（最高・最低）
- ヘ 血液検査（血糖量、オルトトルイジン法による）
- ト 尿検査（蛋白、糖、ウロビリノーゲン）
- チ 酸素飽和度（エルマ光学KK製、イヤオキシメーター使用）

使用した浴槽は、全身浴治療用として用いるもので、幅80cm、長さ150cm、深さ50cmのタイル張り浴槽で、本実験のためには十分な条件を備えたものである。

水温は常に11.5°Cを保つよう、粉碎された氷を適宜投入攪拌することにより調節された。

〔実験結果と考察〕

〔1〕 水中耐寒時間について……11.5°Cの海水に身体をつけるという前回のテストでは、着衣グループで平均29.8分、裸体グループで平均26.4分といずれも30分以内に大半の選手は耐えられなくなって退水しているが、今回のテストで採用した被検者は2名共に1時間以上、しかも裸体の状態で冷水に耐えている（表2参照）。

このように長時間、11.5°Cという冷水に耐えられた理由としては、精神的なもの（例えば実験に対する興味その他）も勿論考えられるが、海水と真水との差、波による水の動きが少なかったこと、またそれに伴う身体の動搖（又は受

安静時血圧と退水直後の血圧値との間には、最高血圧で $r=0.31(0.1>P>0.05)$ となり、最低血圧では $r=-0.056$ となり、いずれも統計的には有意の相関を認めることは出来なかった。

(6) 尿検査結果について……水中耐寒テスト前とテスト後を比較し、変化のなかった者、 $\ominus\rightarrow\oplus$ の方向に変化した者、 $\oplus\rightarrow\ominus$ 方向に変化した者、それぞれの数を表にまとめたものが第3表である。全体的には前後2回とも陰性にあったものが最も多いが、蛋白の場合 $\ominus\rightarrow\oplus$ 方向に変化した者が10名（約30%）も存在する、という事実は、いかにこのテストが大きなストレスとなっているかを推定させるものといえる。このような変化の原因としては、体内ホルモン分泌（特にアドレナリン）の変動、腎機能の変化その他が考えられる。

糖に関しては、 $\ominus\rightarrow\oplus$ 方向に変化する者がみられ（6名）、全体の約20%の者が、水中耐寒テストによって、尿中に糖を発現している。

ウロビリノーゲンの \oplus は、正常を意味するものであるが、 $\oplus\rightarrow\oplus$ 方向に移行する者が5名（約14%）も存在することはみのがせない点である。

(7) その他の考察……図6の右下にも示すように、水中持続時間が、着衣グループと裸体グループでは、平均値に差が認められることが、統計的にも証明された。

また、皮下脂肪厚と水中持続時間との相関を

みたところ、 $r=0.008$ となり、本テスト結果からは、有意ある相関を認めることができなかつた。しかし文献によれば（文献の項参照）、耐寒性と皮下脂肪厚との間には有意の相関があることが記載されている。

〔総括〕

全日本学生ヨット指導者講習会を機に、水温11.5°Cの海水に、体を出来るだけ長時間つけるという訓練を行ない、その時の生理学的諸機能（直腸温、心拍数、呼吸数、ガス代謝、血圧、尿）の変化を追跡し、検討した。その結果、体温降下は着衣グループより裸体グループにおいて早期に発現し、より著明な降下を示すことが認められた。心拍数、呼吸数の変動は、予想外に少なく、心肺機能が水中持続時間を決定づける要因となっていないことが判明した。またガス代謝に関しては入水時及び退水後にもかなりの促進が認められ、体温産生という合目的々反射の事実をうかがうことが出来た。血圧変動に関しては水中持続時間の差、着衣と裸体を問わず一定して水中持続中上昇する事実を認め、血圧異常者の水中耐寒テストの危険性を推定することが出来た。尿検査結果からは、このテストが生体にとってかなり大きなストレスとなっている事実が判明した。

したがって、ヨット訓練を行なう場合予め厳重な健康診断を行ない、とくに心臓血管系、腎臓などに異常のあるものは除外する必要がある。

表 2. 耐寒時間と実験条件

被 檢 者	宮 沢		柏 谷	
	裸	着衣	裸	着衣
水 温	11.5°C	11.5°C	11.5°C	11.5°C
室温	入水後 30'	25.0	25.0	25.0
	入水後 60'	23.0	25.1	25.3
耐 寒 時 間	64'	64'*	71'	71'*

* 但し、着衣時はオールアウト時間ではない。

動的運動) がなかったこと、及び外気温が平均 25°C というかなり高い値を保ちしかも無風であったこと、などが原因として考えられる。いずれにせよ両被検者共に 1 時間以上もこのような寒冷に耐えられたという事実は、われわれの予想を完全に上まわるものであった。

表 3. 直腸温変化

被検者			入水前	入水中の 最 低 値	差
	裸	着衣			
宮 沢	裸		37.7	34.1	3.6
	着衣		37.3	31.4	5.9
柏 谷	裸		37.3	33.5	3.8
	着衣		37.5	35.0	2.5

[2] 体温変化について……両被検者の示した直腸温、皮膚温(額及び足甲部)の変化曲線は、図1から図3に示される通りである。

まず直腸温の変化曲線であるが、前回同様、かなりの下降を示している。入水中に示した直腸温の最低値及びその下降の程度は表に示される通りである

図1. 直腸温変化

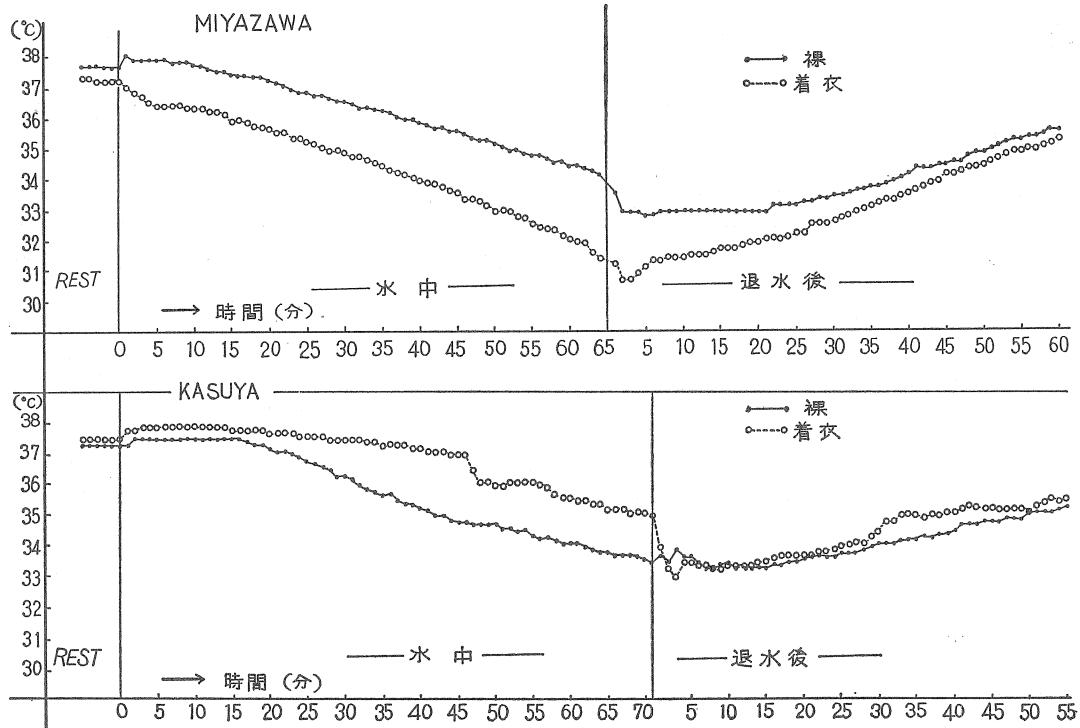


図2. 前額部皮膚温変化

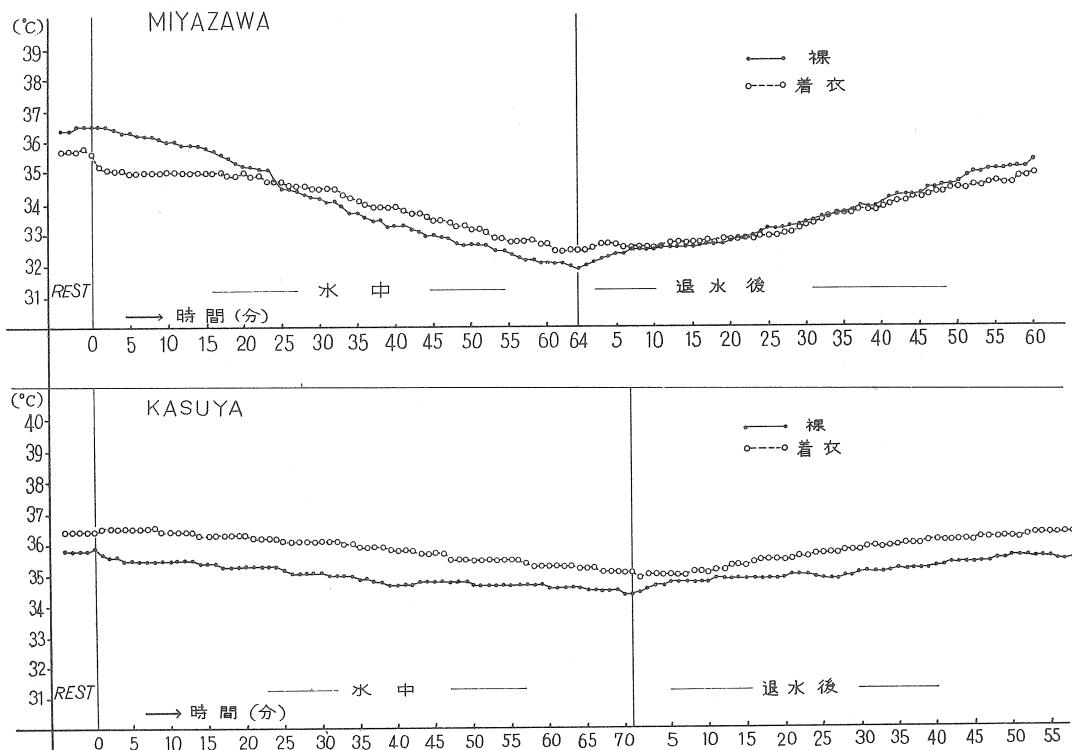
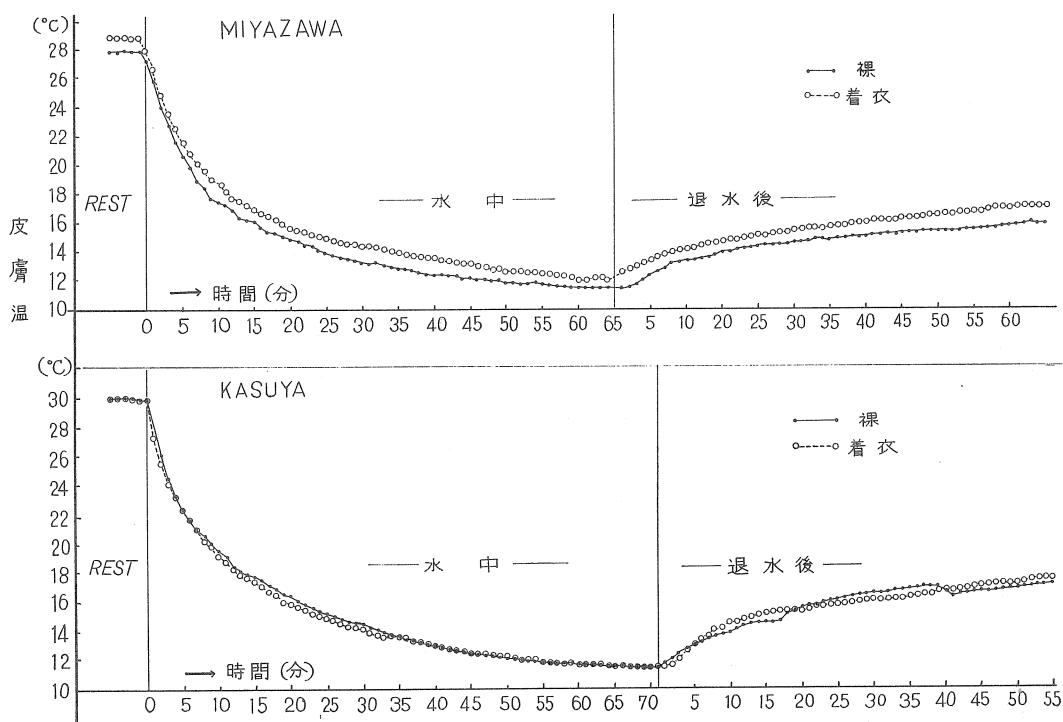


図3. 皮膚温変化(足甲)

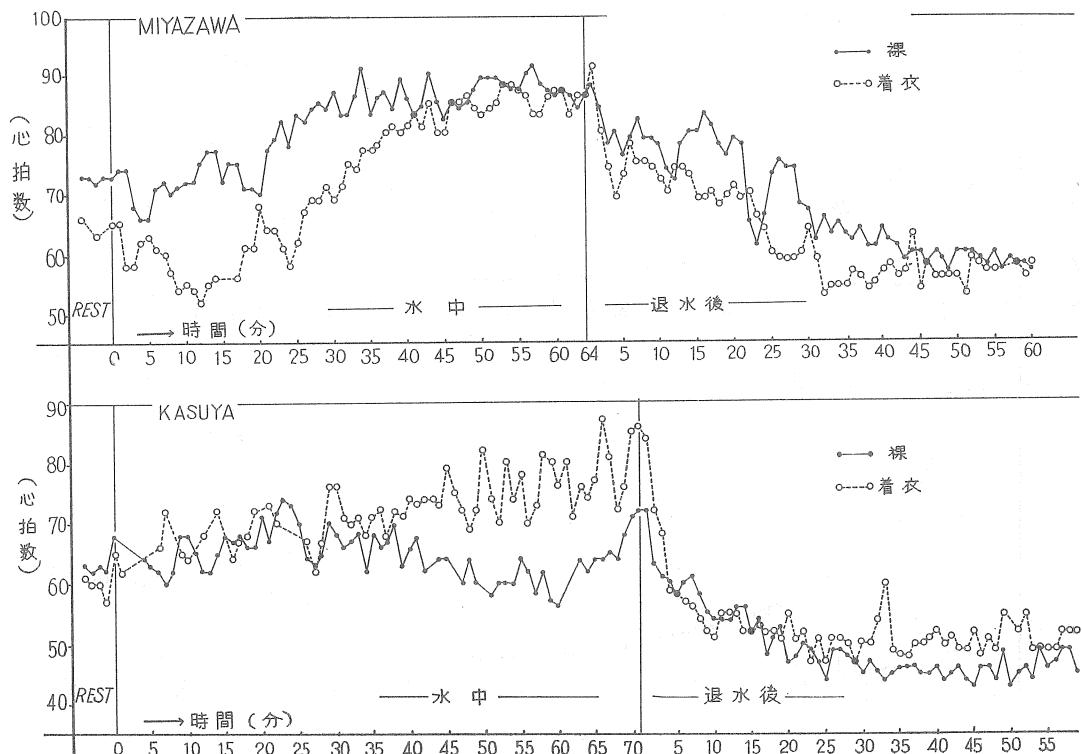


前回のテストでは、入水期間中に示された直腸温の最低値は 35.5°C を下まわることはなかった。それに比して今回のテストではすべて 35.5°C 以下の値まで水中において下降を示している。やはり水中持続時間の違いからきた差と考えられる。

前回のテストでは、退水後も直腸温はなお長時間下降を継続したが、今回は退水後 2~3 分で最低値を示し、それ以後は徐々に上昇傾向をたどっている。つまり保温如何によつては、退水後の体温下降は早期にきいとめることが出来る、ということが今回のテストで判明した訳である。しかし退水直後の急激な下降は、やはり今回のテストでも認められている。これは前回の場合と同様、退水直後ベッドまで歩くという身体運動の結果、体温分布に移動が生じた結果と考えられる。

当初われわれは、(前回のテスト結果から推定して) 着衣時の場合、直腸温の下降は、裸体時に比べより緩慢であり、下降開始時点も遅延すると考えていたが、今回のテストにおける宮沢選手の場合、その一般的傾向が当てはまらない

図4. 心拍数変化



い、という結果を得た。しかし柏谷選手の場合には全く予想通りの変化傾向を示している。宮沢選手の場合、何故に着衣入水時に直腸温下降がより、急激であったかは、理解に苦しむところである。テストの日時が異なるため、その日における宮沢選手の身体コンディションが前回と違っていたとも考えられるが推測の域を出ない。

前額部皮膚温の変化曲線は図 2 に示す通りであるが、入水中やはり下降傾向を示している。しかしその下降程度は、両被検者間にかなりの差が認められる。即ち、宮沢選手の場合、裸体時、着衣時いずれの場合も 3°C 以上も下降しているが、柏谷選手の場合、その下降はわずかであり、ほぼ 1°C 前後の下降に留っている。また着衣時と裸体時の差については、両被検者とも大差は認められていない。なお、宮沢選手の場合入水約 60 分の室温は、裸体時 23°C 、着衣時 25.1°C と約 2°C の差があったにもかかわらず、前額部皮膚温にはほとんど差が認められない。

足甲部における皮膚温は、図 3 にみられる如く、入水と同時に急激な下降をしめし、退水直前まで徐々に下降を続け、遂には水温と等しい

11.5°C にまで達している。直腸温の場合は、下降が直線的であったのに対しこの足甲部皮膚温の下降は、美しい逆対数曲線を画く点が特徴的である。計算の結果この変化曲線はおおよそ次の式で示されることが求められた。

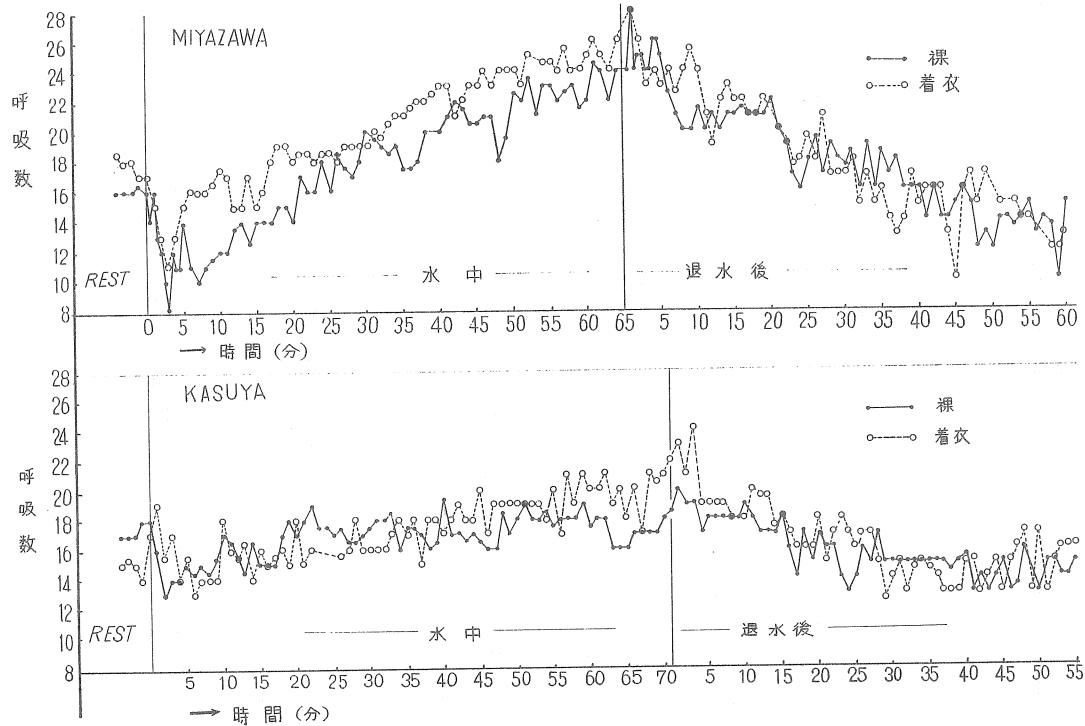
$$T = \frac{131.25}{t + 7.5} + 11.5 \text{ 但し } \begin{cases} T \cdots \text{足甲部皮膚温} \\ t \cdots \text{入水持続時間} \end{cases}$$

皮膚性は退水と同時に上昇を示し血液分布の変動が考えられる。

[3] 心拍数変化について……入水に伴う心拍数変化は、図4に示されるような曲線を画いた。前回のテストと同様、入水に伴う心拍数変化は、著明なものではなく、殆んど安静レベルを保つか、またはわずかに促進傾向を示す(20~30拍以内)程度に留るものであった。すなわち心臓機能に関する限りでは、このテストが大きなストレスとなっていないことがうかがえる。

[4] 呼吸数変化について……呼吸数に関しても、前回のテスト結果、同様わずかな促進傾向が示された(図5参照)。この促進傾向の原因としては前回の場合と同様、寒冷に伴う熱産生の促進という一連の防禦反射機制の現れと解す

図5. 呼吸数変化



ることが出来る。

[5] ガス代謝変化について……図6に肺換気量及び毎分酸素摂取量の変化曲線を示す。換気量も酸素摂取量も入水と同時に上昇を開始し、退水直前まで徐々に上昇を続け、退水後は直ちに下降を開始し、約1時間で完全に安静レベルに戻る。前回の場合と異なる点は、退水後の回復過程において、今回のテストでは回復時間が大きく短縮しているという点である。前回では退水直後から20分目頃まで、むしろ代謝量は促進を示し、回復1時間後においてもまだ十分な回復を示さなかったのに対し、今回は、退水直後から回復過程に入り、1時間後には完全に回復している。このような回復過程の違いは、やはり退水後の保温状態及び外気温の違い、風の有無などからきていると考えられる。

裸体時と着衣時の相違点は、ガス代謝の面では殆んど示されていない。

[6] 血圧変動について……前回のテストでは、入水中の血圧変動は不明であったが、今回のテストでその間の変化傾向が判明した。即ち、図7に示される如く、入水とともに上昇を開始

図6. ガス代謝変化

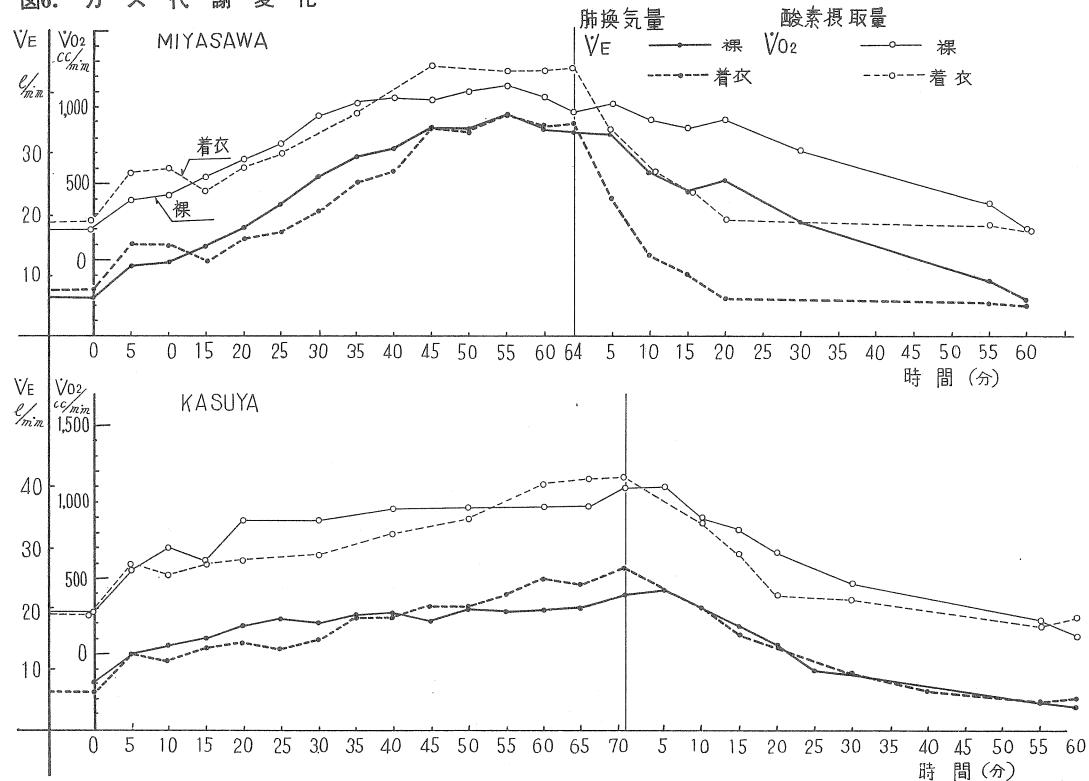


図7. 血圧変動

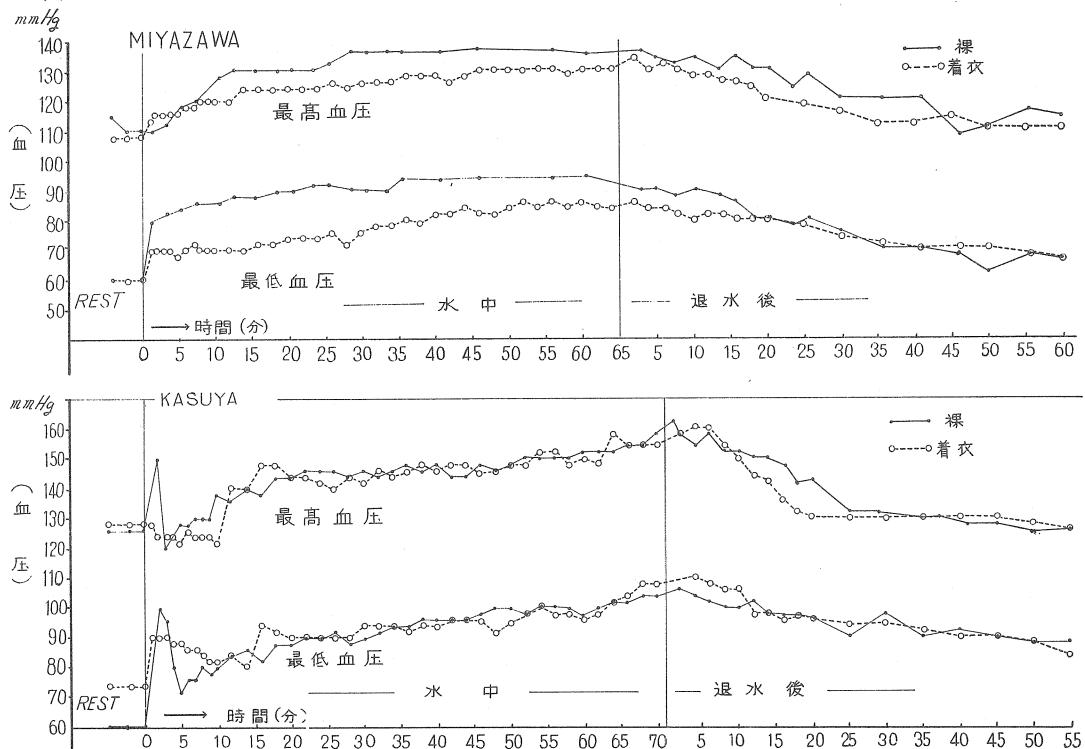
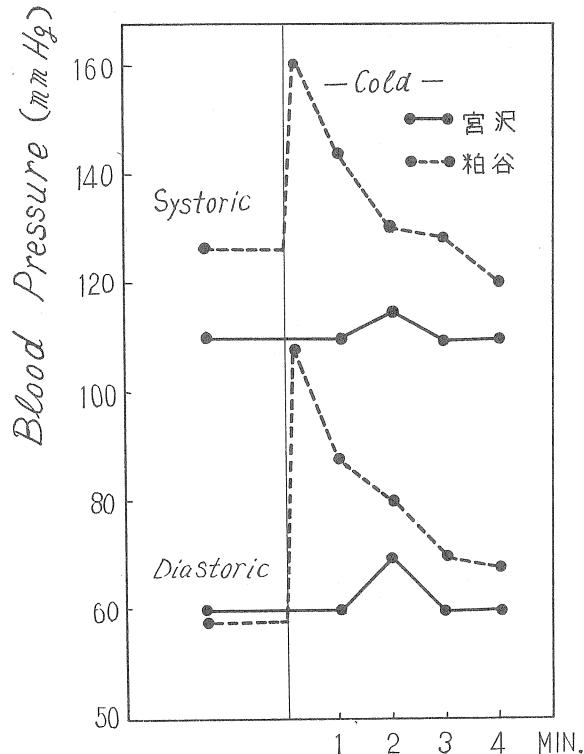


図8. 寒冷昇圧試験結果



し、退水直前までゆるやかな上昇を続ける、という変化傾向である。ここで注目されるのは、柏谷選手の場合、(特に裸体時でのテストにおいて)入水直後に一過性のかなり著明な血圧上昇が認められる、という点である。この一過性上昇は図8に示される寒冷昇圧試験の結果図と対比すると興味深い。つまり寒冷に伴う反射性の上昇であることが推定される。寒冷昇圧試験はこの意味において、水中耐寒テストのスクリーニングテストとして価値あるものといえる。

入水に伴う血圧上昇の程度は、20~40mmHgと比較的わずかであるが、最高・最低両血圧共に上昇するので、脈圧の面では、安静時と殆んど変わらない値を保っている。この点一般の動的運動に伴う血圧上昇と違う特徴的な変化とみることが出来る。

これら血圧上昇の原因に関しては、第一報の考察で記載したものと同様なものが考えられる。

[7] 血糖値変化について……入水前・中・後ににおける血糖値の変化を、10分間隔で測定し、プ

ロットしたのが図9である。全般的傾向としては、入水中徐々に上昇を示し、退水後徐々に安静レベルに戻る、という比較的単純な変化傾向を示している。宮沢選手の安静時(裸体時)にみられる血糖値の促進傾向は、このテストが本人にとって初回のものであり、精神的にかなり興奮していたためとも考えられるが、決定的な原因に関しては目下のところ不明である。

着衣時と裸体時を比較するに、両被検者共血糖値は裸体時において常に値が上まわっており、熱発散の違いに対処する合目的な反射機制の差がそこに現われたものと考えられる。前回実験において退水後6名(20%)に尿糖の出現をみたが、これらも血糖の異常上昇によるものと思われる。

[8] 尿検査結果について……入水前及び退水後1時間経過した時点で採尿を行ない、尿蛋白、糖、ウロビリノーゲンの定性試験を行った結果、宮沢選手の裸体時と柏谷選手の裸体及び着衣時に蛋白が $\ominus \rightarrow \oplus$ へ変化している以外は特別な変化は認められなかった。前回のテストの場合と同様、尿所見からは、本テストがやはり生体にとってかなりのストレスとなっている点がうかがえた訳である。

[9] 酸素飽和度について……イヤオキシメーターを用い、酸素飽和度の相対的变化を毎分1回メーターから読みとり、作図したのが図10である。器械の故障のため、柏谷選手については記録することができなかった。宮沢選手の場合、酸素飽和度は裸体時と着衣時とで、かなり異った反応変化を示している。すなわち裸体時には入水中漸次減少する傾向を示し(95%→82%)ているのに対し、着衣時は殆んど変化を示していない、という違いである。このことは裸体入水が、着衣入水に比して、より大きな生体ストレスとなっている事実を物語るものといえる。

[10] 入水中・後におけるふるえを中心とした観察を記録したものが表4である。柏谷は着衣のとき、宮沢は両実験で記録を得ることができた。

入水後は早い時期にふるえがはじまり、その

図9. 血糖量変化

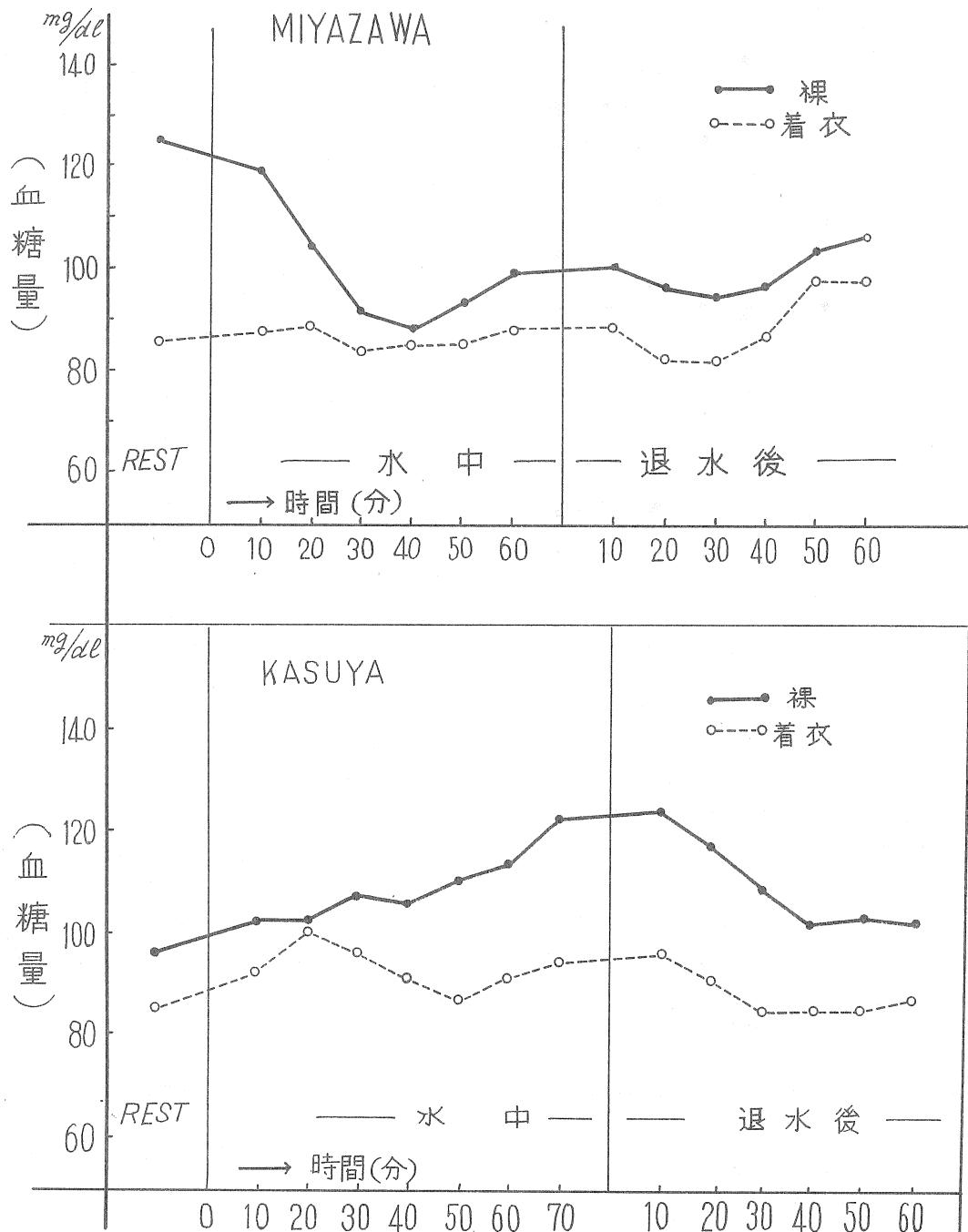
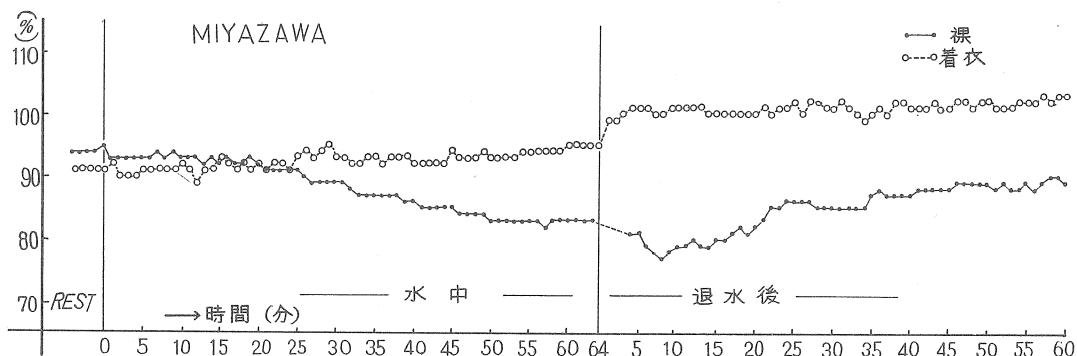


表4 ふるえを中心とした観察

時 間 △ 被 檢 者	宮		沢		柏 谷	
	裸	着 衣	裸	着 衣	裸	着 衣
0 分 ↓	3'. 軽度(肩・上肢)		7'. ○			
10	13'. やや強まる (呼吸ときどき深い)		14'. ○		14'. ややあり	
18'	頭まで揺れる		18'. ○			
20					20'. やや大きくなる	
28'	強い		30'. ○		26'. (とりはだ)	
38'	強い		40'. ○		30'. 強い(血圧判定しにくくなる) 32'. 激しい 34'. (やや目が充血) 大腿・内側筋群のけいれん	
45'	(とりはだ)		50'. ○		40'. 一層激しくなる (目の充血強まる)	
50					54'. (足の指がほとんど動かせ) 60'. 激しい	
退水						
7'	依然強し (とりはだ軽くなる)		4'. ○		4'. 激しい	
8'			8'. ○		8'. 時折ひどいふるえが入る	
10'	依然強し					
17'	全身・まだ		12'. ○		14'. ややおさまる	
20			20'. ○			
21'	ほとんど、とまる					
23'	極めて軽度、ときどき中等度				25'. ほとんどなくなる	
30			25'. ○			
33'	ときどき、軽度		30'. ときどき ○			
40					35'. ほとんどない	
43'	とまる		40'. なし			
50						
60						
実験後 の内省 (被検者)			前回より楽だった、 特に30分までは楽、 以後きつくなった。 出てからも前回より 楽だった		初めは楽だったが、30分頃、フル エが激しくなり、40分頃まで最も 苦しかった。その後、やや楽にな り、最後にまたつらくなかった。 30分頃、指がしびれた。	

図10. 酸素飽和度変化



後次第にはげしさを加える。退水後もかなり長時間ふるえは残存する。宮沢の場合、着衣であるえの発現が裸体時にくなべややおくれていることは興味のあるところであるが、1例であるのでふるえの発現と着衣の関係について言及することはできない。

[総括]

先に葉山のヨットハーバーにおいて、ヨット選手の水中耐寒テストを行ない、体温、酸素消費量、血圧等の生理的諸反応を明らかにした(第1報参照)。今回はそれら実験結果をより詳細に追試し再確認する目的で、新たな測定項目も2~3加え、実験室内で浴槽を用い、2名の被検者について耐寒テストを実施した。

実験の結果、ほとんどすべての項目において、前回の実験結果とほぼ等しい結果をうることができた。今回新たに認められた知見として次のようなものがあげられる。

1) 水中耐寒時間は、両選手とも1時間以上という予想外の長時間記録をマークした。

2) 退水後の直腸温の下降現象は今回の場合、僅少であり直ちに上昇過程に入っている。これは退水後の保温状態および外気温の違いからきたものと考察された。

入水中に示された直腸温の最低値は35°C以下(31.4°C以上)という前回のテストではみられなかった下降を示した。

足甲部および額の皮膚温も入水中下降することが認められたが、特に足甲部の皮膚温は入水1時間で完全に水温と等しくなることが確かめ

られた。

- 3) ガス代謝の回復過程も体温の場合と同様今回のテストでは回復傾向がより急激であり、回復時間が短縮している事実が認められた。
- 4) 今回のテストで入水中の血圧変動曲線が完全にとらえられたが、最高・最低両血圧とも入水と同時に同程度に上昇を開始し、脈圧の変化は殆んどみられなかった。また安静時の寒冷昇圧試験で血圧上昇を示した選手は入水直後同様な一過性血圧上昇が生ずることが認められた。
- 5) 入水中の血糖値変化は、比較的簡単なものであり、入水中わずかに上昇し、退水後徐々に下降する、といったものであった。

また、血糖値は着衣入水の場合、裸体時よりも常に値が下まわることが認められた。

- 6) 酸素飽和度変化については、1例であるが、着衣時は変化なく、裸体入水中、約20%前後まで徐々に下降し、退水直後から上昇過程に移り、1時間後には殆んど安静レベルに戻ることが認められた。

[参考文献]

- 1) 体力と耐寒性について. 京大, 衛生学教室. 体力科学 7卷6号 P314
- 2) 入水の血圧に及ぼす影響. 東京都体育館. 体育学研究 9卷1号 P96
- 3) 水温によるエネルギー代謝の違い. 日体大, 円. 体育学研究 9卷1号 P108
- 4) 遠泳中における脈拍数、皮膚及び直腸温の変化. 日体大, 正木. 体育学研究 9卷1号 P268
- 5) 水泳中の体温変化. 体育学研究 5卷1号
- 6) 新生理学(下) 医学書院 P356

