

# 潜水スーツの耐寒性と 機能性に関する基礎的研究

名古屋大学 島岡 清  
総合保健体育科学センター

(共同研究者) 岡山大学 山口立雄

国立極地研究所 渡辺研太郎

## **A Study on the Thermal Insulation and Mobility of Diving Suits**

by

Kiyoshi Shimaoka

*Research Center of Health, Physical Fitness  
and Sports, Nagoya University*

Tatsuo Yamaguchi

*Department of Health and Physical Education,  
College of General Education, Okayama University*

Kentaro Watanabe

*National Institute of Polar Research*

### **ABSTRACT**

The thermal insulation in two types of diving suits were measured in cold water. One was dry suit that had been used in the Antarctic sea and another was wet suit for use in marine sports.

The wearing conditions of the diving suits were as follows.

Experiment 1, Dry suit (Neoprene 6.5 mm) + Under wear (wool)

Experiment 2, Dry suit (Neoprene 6.5 mm)

Experiment 3, Wet suit (Ulethane 3 mm)

Wet type diving gloves (Neoprene 3 mm) were worn in all experiments. Water temperature was 3°C and immersion time was 60 min in experiment 1, and 30 min in experiment 2 and 3.

The results were as follows.

1. The thermal insulation of the diving suits was 29% higher in experiment 1 (dry suit+under wear), and 45% lower in experiment 3 (wet suit) than experiment 2 (dry suit).

2. Compared with wet suit, body temperature was well maintained in dry suit (experiment 1, 2), but the hand temperature was much decreased and subjects felt numbness in their hands in all cases.

3. Agility of the hand decreased to about half of the control value after 40 min immersion in cold water.

4. So, in the actual diving in severe cold water, the numbness and decrease in agility of the hand seemed to become the factor limiting the working time.

5. From these results, it was concluded that 1) the dry suit was effective in thermal insulation and 2) the development of diving gloves with high thermal insulation and mobility was very important for diving work in severe cold water.

## はじめに

近年ウインドサーフィンやスキューバダイビングなどの海洋スポーツが盛んになりつつあるが、従来夏を中心に行われていたこれらのスポーツが、潜水スーツの普及によって季節を問わず行われるようになってきた。また最近では、海女たちもウェットスーツを使用するようになり、冬期でも、以前に比べて作業時間が大幅に増加している<sup>2)</sup>。さらに、より耐寒性にすぐれたドライスーツを使用することによって、極寒地での水中作業が可能になっている。南極の昭和基地付近においても、1980年以降、ドライスーツを使用して、潜水による海洋観測が行われているが、1983年には気候的に最もきびしい冬期にも潜水調査が行われ、科学的な成果をあげている<sup>3)</sup>。このように、耐寒性および機能性にすぐれた潜水スーツの開発と普及は、人間の活動の場を従来よりはるかに広げることができるという意味で、きわめて意義あることだと考えられる。しかしながら、極寒地における潜水作業においては、手足の冷えによる作

業能の低下や、潜水器具の冷却による故障など、いくつかの困難な問題があることも指摘されている<sup>4)</sup>。そこで本研究では、現在最もすぐれた耐寒性と機能性を持つと考えられるドライスーツについて、その耐寒性能を測定評価するとともに、寒冷下での使用における問題点を明らかにしようとした。

## 方 法

2名の成人男子を被検者として、下記に示すように、冷水中で4種類の浸水実験を行った。表1に被検者の身体的特徴を示し、図1に各実験での衣服および潜水スーツの着用条件を示した。

### 実験 1

綿のパンツ、厚手の毛の靴下、薄手の毛の下着上下および綿のつなぎ作業服を着用した上に、南極で使用したのと同じ両面ジャージ、ネオプレン6.5mm厚のドライスーツ（日本スキューバ潜水社、O式ドレス2型）を着用して、3°Cの冷水中で60分間、首までの浸水を行った。この実験での衣服着用条件は南極での潜水時に、ほぼ近いも

のと考えられる。

実験 2

ドライスーツそのものの耐寒性を知るために、裸（パンツのみ着用）の上に、じかに上記ドライスーツを着用して30分間の浸水を行った。

実験 3

比較対象として、海洋スポーツなどで、一般的に使用されているウェットタイプのフルスーツ（タンク社、ウレタン 3mm 厚、商品名サンサ）とウェットブーツ（ウイニング社、ウレタン 3

mm 厚）を着用して同様に 30分間の 浸水を行った。

いずれの実験の際にも、手袋は南極で使用されたものと同じ両面ジャージ、ネオプレン 3mm 厚のマリングローブを使用した。実験に使用した水槽は、たて、よこ 1m、深さ 1.2m のタイル製で、その中に氷水を満たしたが、いずれの実験中にも水温は、約 3°C に保たれていた。浸水時間については、スキューバダイビングの場合、1 回の潜水時間が約 30 分間であること、および 3°C の冷

表1 被検者の身体特性

被検者	年齢 (歳)	身長 (cm)	体重 (kg)	皮脂厚 (mm)			体表面積 (m <sup>2</sup> )
				腹	上腕	背	
T.Y	36	170.0	67.0	23.0	9.0	12.5	1.79
K.S	38	164.0	58.0	21.0	10.0	14.0	1.64

体表面積は高比良の式 ( $S=0.007246 \times W^{0.425} \times H^{0.725}$ ) により求めた。  
ただし、S：体表面積 (m<sup>2</sup>)、W：体重 (kg)、H：身長 (cm)

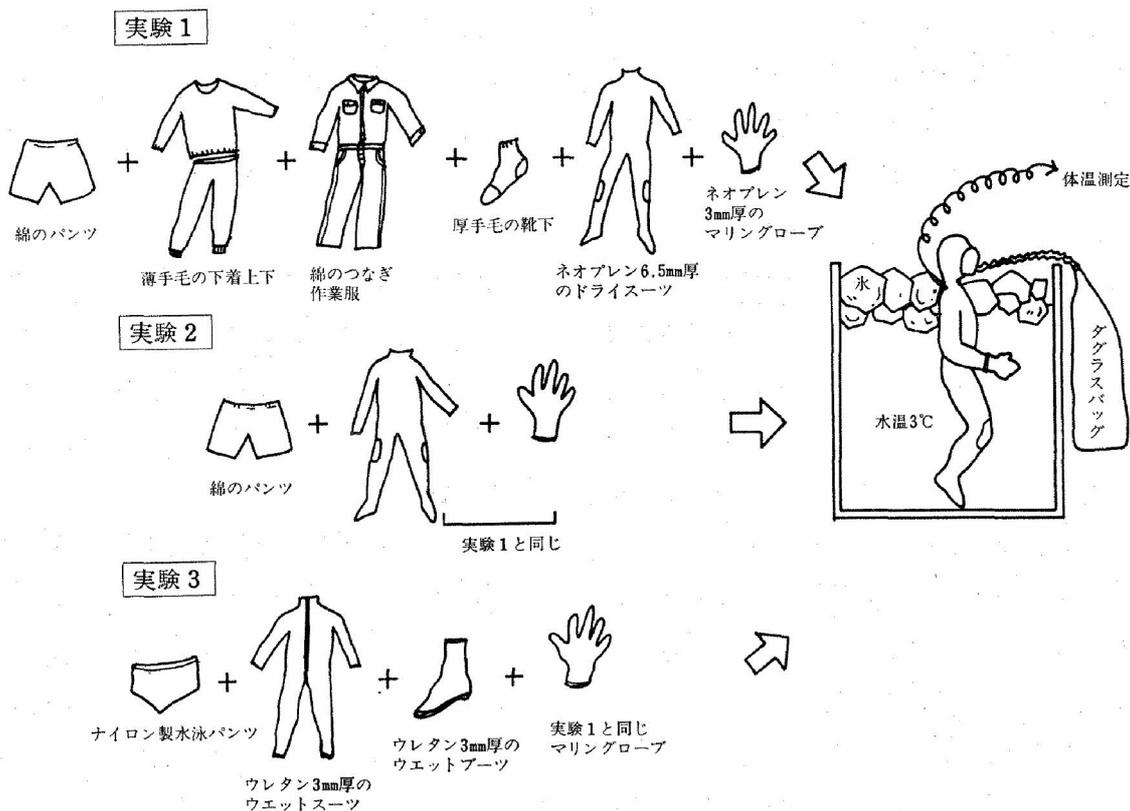


図1 各実験における衣服および潜水スーツの着用状況

水中ではウェットスーツの場合約30分間で寒さに対する苦痛が限界に達することなどから30分間とした。ただし、実験1については寒さに十分に耐えることができ、苦痛も少なかったことから60分間とした。

実験にあたっては、被検者は気温 12°C の室内で10分間の安静の後、水槽内で首まで浸水し、水中では、できるだけ安静を保つようにした。実験中は直腸温 (Tr) および 8ヶ所の皮膚温 (前額部 T<sub>1</sub>, 上腕部 T<sub>2</sub>, 手甲部 T<sub>3</sub>, 背部 T<sub>4</sub>, 腹部 T<sub>5</sub>, 大腿部 T<sub>6</sub>, 下腿部 T<sub>7</sub>, 足背部 T<sub>8</sub>) を宝工業製サミスター K 700 型を用いて1分ごとに記録した。また、マスクおよびダグラスバッグを用いて5分ないし10分ごとに呼気ガスを採取し酸素摂取量を測定した。換気量の測定には品川製湿式ガスメータを使用し、呼気ガスの分析には横河製 IR 21型 CO<sub>2</sub> 分析器および Toray 製 LC-7000型 O<sub>2</sub> 分析器を用いた。

なお、校正ガスの分析は、ショランダー微量ガス分析器によって行った。平均皮膚温  $\bar{T}_s$  の算出には Hardy と DuBois の方法に基づいた算出式<sup>4)</sup> ( $0.07 T_1 + 0.14 T_2 + 0.05 T_3 + 0.17 T_4 + 0.18 T_5 + 0.19 T_6 + 0.13 T_7 + 0.07 T_8$ ) を用い、平均体温 ( $\bar{T}_b$ ) の算出には、冷水中であることを考慮して、 $\bar{T}_b = 0.6 Tr + 0.4 \bar{T}_s$  の式<sup>4)</sup> を用いた。熱遮断能 (I) の算出には、以下に示す Kang<sup>2)</sup> らによる方法を用いた。

$$\dot{M} = \dot{V}O_2 \times 4.83 \quad \dot{M} \text{ 産熱量 (kcal/min)}$$

$$\dot{V}O_2 \text{ 酸素摂取量 (l/min)}$$

$$\dot{H} = \dot{M} - (\Delta \bar{T}_b \times BW \times 0.83)$$

$$\dot{H} \text{ 全体の放熱量 (kcal/min)}$$

$$\Delta \bar{T}_b \text{ 平均体温の変化量 (°C/min)}$$

$$BW \text{ 体重 (kg)}$$

$$0.83 \text{ 人体の熱容量 (kcal/°C} \cdot \text{kg)}$$

$$\dot{H}_s = \dot{M} - 0.08 \dot{M} - (\Delta \bar{T}_b \times BW \times 0.83)$$

$$\dot{H}_s \text{ 皮膚からの放熱量 (kcal/min)}$$

$$0.08 \dot{M} \text{ 呼吸によって失われる熱量}$$

(kcal/min)

$$I_{\text{tissue}} = (Tr - \bar{T}_s) / \dot{H}_s$$

I tissue 身体の熱遮断能  
(°C/kcal·h·m<sup>2</sup>)

$$I_{\text{total}} = (Tr - T_w) / \dot{H}_s$$

I total 全体の熱遮断能  
(°C/kcal·h·m<sup>2</sup>)

T<sub>w</sub> 水温

$$I_{\text{suit}} = I_{\text{total}} - I_{\text{tissue}}$$

I suit 衣服 および 潜水スーツの熱遮断能 (°C/kcal·h·m<sup>2</sup>)

なお、熱遮断能については、 $\dot{H}_s$  の安定する浸水20分以降の値を5分ごとに平均し、その実験での熱遮断能とした。

#### 実験 4

実験1~3で使用したマリングローブについて、その耐寒性と機能性を調べるために、以下に示す実験を行った。すなわち、ドライスーツを着用し、マリングローブをはめた右手について、肘関節より下の部分を氷で冷やした冷水中に40分間浸水し、10分ごとに指のタッピングテストおよびペグボードによる手指の機能テストをそれぞれ別に行った。タッピングテストについては竹井機器製の労研式タッピング測定器を用いて、10秒間の中指(素手)のタッピング回数を測定した。手指の機能テストについては竹井機器製のペグボードを用いて行い、マリングローブをはめたまま15秒間のペグ差し替えテストを3回行い、その合計点を得点とした。実験中は、右手中指第1節の指腹部、指背部、および手甲部の3ヶ所の皮膚温を1分ごとに測定した。実験中の水温は0.5°Cであった。

#### 結果と考察

実験1~3について、各被検者の直腸温、平均皮膚温、平均体温、手甲部、足背部の皮膚温および酸素摂取量の変化を表2に示した。各部の温度

変化および酸素摂取量の変化については、各被検者ともほぼ同様の傾向を示した。そこで2名の平均値について、その変化を図2~4に示した。酸素摂取量については、いずれの場合にも浸水後に増加しており、身体の冷却により産熱が増加した

ことを示しているが、ウェットスーツを着用した実験3では、その増加が特に顕著であった。各実験における体温変化を比較するために、1回の潜水作業時間に相当する30分間の各部の体温変化を図5および図6に示した。

表2 各実験中の直腸温 (Tr), 平均皮膚温 ( $\bar{T}_s$ ), 平均体温 ( $\bar{T}_b$ ), 手甲部 (Th), 足背部 (Tf) の皮膚温および酸素摂取量の変化

実験1 (衣服+ドライスーツ)

min	T. Y						K. S					
	Tr	$\bar{T}_s$	$\bar{T}_b$	Th	Tf	$\dot{V}O_2$	Tr	$\bar{T}_s$	$\bar{T}_b$	Th	Tf	$\dot{V}O_2$
rest	37.1	32.1	35.1	31.2	24.3	0.280	37.2	33.1	35.6	33.6	30.4	0.248
5	37.1	32.1	35.1	27.1	23.9	0.260	37.3	33.1	35.6	23.9	33.3	0.248
10	37.1	31.4	34.8	25.1	22.8	0.383	37.3	31.7	35.0	20.2	31.8	0.230
15	37.1	31.0	34.7	23.5	22.0	0.396	37.3	30.6	34.6	18.8	30.7	0.279
20	37.1	30.6	34.5	21.7	21.4	0.344	37.3	29.7	34.2	18.2	29.8	0.281
25	37.2	30.2	34.4	20.4	20.8	0.378	37.3	28.9	33.9	17.6	28.9	0.292
30	37.2	30.0	34.3	19.3	20.1	0.343	37.3	28.2	33.7	17.5	28.2	0.335
40	37.2	29.3	34.0	16.8	19.0	0.357	37.2	26.9	33.1	15.7	26.6	0.335
50	37.2	28.8	33.8	14.7	18.0	0.355	37.1	26.1	32.7	13.7	25.2	0.367
60	37.2	28.3	33.6	12.8	17.3	0.384	37.0	25.4	32.4	12.7	23.9	0.420

実験2 (ドライスーツ)

min	T. Y						K. S					
	Tr	$\bar{T}_s$	$\bar{T}_b$	Th	Tf	$\dot{V}O_2$	Tr	$\bar{T}_s$	$\bar{T}_b$	Th	Tf	$\dot{V}O_2$
rest	37.4	31.6	35.1	32.5	24.9	0.246	37.6	31.1	35.0	28.4	27.7	0.244
5	37.4	29.9	34.4	30.4	22.0	0.437	37.4	29.3	34.1	25.2	25.5	0.425
10	37.4	29.1	34.1	28.6	20.8	0.474	37.3	28.5	33.8	24.3	24.3	0.376
15	37.4	28.2	33.7	26.9	19.9	0.475	37.3	27.8	33.5	23.4	23.8	0.352
20	37.4	27.7	33.5	24.8	18.9	0.409	37.2	27.4	33.3	22.1	23.9	0.373
25	37.4	27.2	33.3	21.8	18.2	0.465	37.2	26.9	33.1	20.2	22.9	0.439
30	37.4	26.6	33.1	18.1	17.5	0.461	37.1	26.6	32.9	18.5	21.8	0.495

実験3 (ウェットスーツ)

min	T. Y						K. S					
	Tr	$\bar{T}_s$	$\bar{T}_b$	Th	Tf	$\dot{V}O_2$	Tr	$\bar{T}_s$	$\bar{T}_b$	Th	Tf	$\dot{V}O_2$
rest	37.2	32.2	35.2	28.7	29.7	0.310	37.6	32.4	35.5	30.3	29.0	0.329
5	37.6	24.4	32.3	25.2	11.3	0.692	37.5	23.7	32.0	24.2	19.1	0.830
10	37.6	22.8	31.7	23.7	11.4	0.702	37.6	23.0	31.8	22.8	17.7	0.744
15	37.6	22.4	31.5	22.5	11.9	0.602	37.6	22.7	31.6	21.2	16.3	0.592
20	37.6	21.9	31.3	20.9	11.0	0.620	37.6	21.8	31.3	19.6	15.0	0.595
25	37.6	21.2	31.0	18.6	10.6	0.787	37.6	21.3	31.1	17.9	13.8	0.646
30	37.6	20.6	30.8	17.0	9.6	0.808	37.5	20.6	30.8	16.1	10.0	0.642

温度 (°C), 酸素摂取量 ( $l \cdot \text{min}^{-1}$ )

直腸温は、いずれの実験においてもあまり変化しなかった。しかし平均皮膚温、平均体温の低下度については各実験間に差がみられドライスーツ

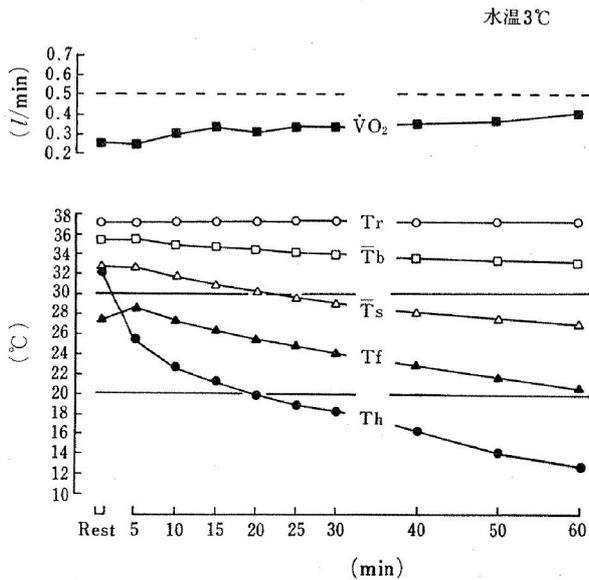


図2 実験1 (衣服+ドライスーツ)における酸素摂取量 ( $\dot{V}O_2$ ), 直腸温 (Tr), 平均体温 ( $\bar{T}_b$ ), 平均皮膚温 ( $\bar{T}_s$ ) および足背部 (Tf), 手甲部 (Th) の皮膚温の変化 (2名の平均値)

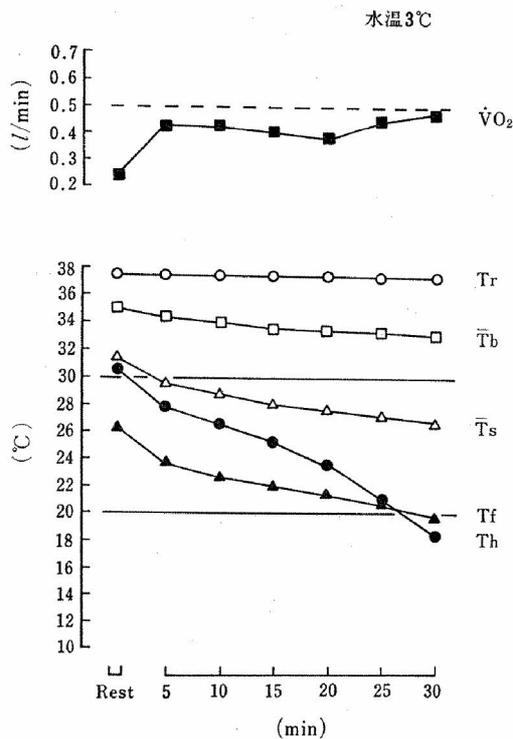


図3 実験2 (ドライスーツ)における酸素摂取量 ( $\dot{V}O_2$ ), 直腸温 (Tr), 平均体温 ( $\bar{T}_b$ ), 平均皮膚温 ( $\bar{T}_s$ ) および足背部 (Tf), 手甲部 (Th) の皮膚温の変化 (2名の平均値)

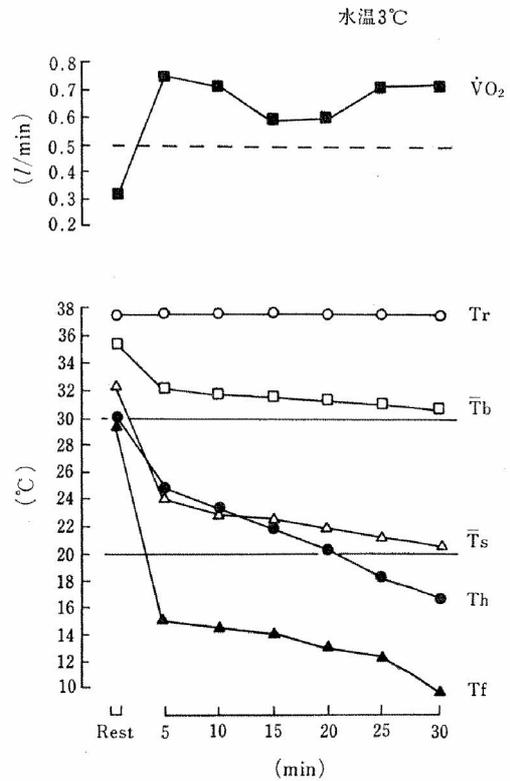


図4 実験3 (ウェットスーツ)における酸素摂取量 ( $\dot{V}O_2$ ), 直腸温 (Tr), 平均体温 ( $\bar{T}_b$ ), 平均皮膚温 ( $\bar{T}_s$ ) および手甲部 (Th), 足背部 (Tf) の皮膚温の変化 (2名の平均値)

の場合 (実験 1, 2) に比較してウェットスーツの場合 (実験 3) の低下度がきわめて大きかった。またドライスーツ内の衣服の有無による差は、30分間ではさほど大きくはなかった。海女の潜水作業の場合、冷水中での作業限界は、直腸温

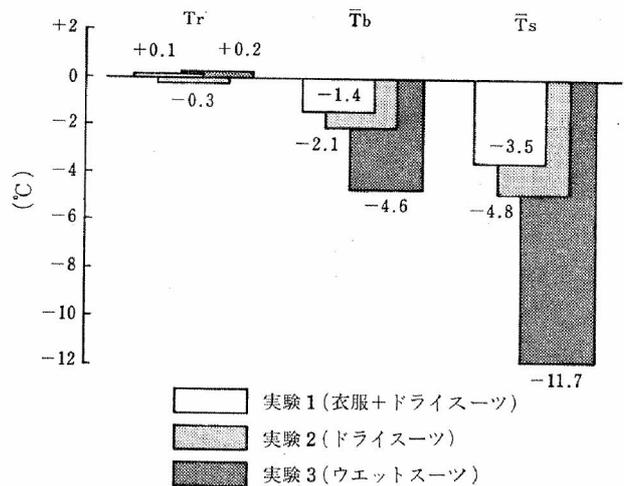


図5 30分間の浸水中における直腸温 (Tr), 平均体温 ( $\bar{T}_b$ ), 平均皮膚温 ( $\bar{T}_s$ ) の変化 (2名の平均値)

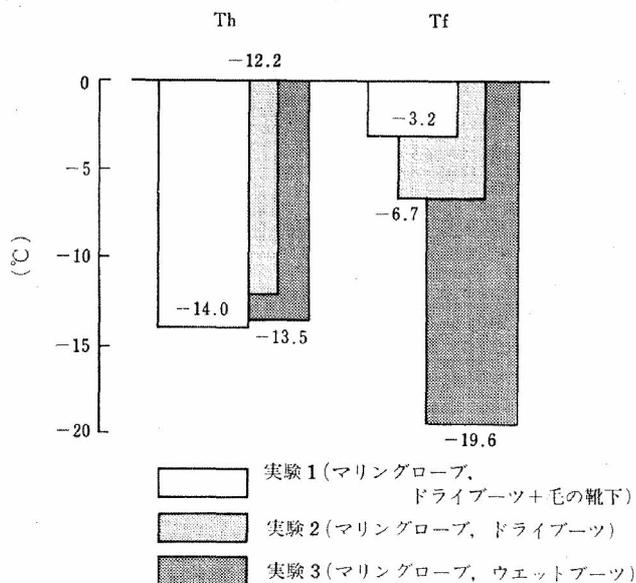


図6 30分間の浸水中における手甲部 (Th), 足背部 (Tf) の温度変化 (2名の平均値)

が 35°C にまで低下した時点であるという<sup>1)</sup>。したがって本実験の場合、直腸温からみる限りは、いずれの実験の場合にも作業可能な状態であった。実際、ドライスーツを着用した場合には、30分間の浸水中、体幹部に関しては、さほど寒さを感じることなく十分に耐えることができた。特に実験1の場合には、60分後の平均体温が 33°C と実験2における30分後の値と同じであり、60分後にも十分耐えることができた。しかし、ウェットスーツ着用の場合には、浸水直後から寒さに対する苦痛を感じ始め、主観的には30分間耐えるのがやっとであったことから、実際の作業をすることは、きわめて困難であろうと考えられる。Kang

ら<sup>2)</sup>によれば、近年海女が潜水作業にウェットスーツを用いるようになり、体幹部の温度保持が良くなったために、作業時間を規定する因子は直腸温ではなく、冬期には、手の温度低下によるしびれであるという。本実験でも図6に示したように、市販されているもののうちでは最も耐寒性と機能性にすぐれていると考えられる 3mm 厚のマリングローブを用いたにもかかわらず、30分間の手甲部の、温度低下は 12~14°C とかなり大きく、冷たさによる苦痛やしびれを感じた。また、3mm 厚のウェットブーツを使用した実験3の場合にも、足背部の温度低下が30分間で約 20°C ときわめて大きく、かなりの苦痛であった。それに対してドライスーツの場合靴下の有無にかかわらず足の温度低下は少なかった。本実験での水温は 3°C であったが、極地での海水温は -2°C である<sup>3)</sup>ことから実際の潜水時における手の温度低下は一層大きいと予想される。したがってドライスーツを使用した場合極地における潜水作業の限界因子は、空気ポンベの容量を考慮しなければ、手の温度低下による苦痛や、しびれによる機能低下であろうと考えられる。そこで、本実験で使ったマリングローブについて、冷水中における手の温度低下と機能低下とについてみたものが表3および図7である。平均値でみると、40分間の浸水中に、手甲部は -16.7°C、右手中指の指先は背部で -24.5°C、腹部で -26.5°C と大きく低下

表3 マリングローブ使用時の冷水 (0.5°C) 中における手指の温度低下および機能低下

時間 (分)	手の皮膚温 (°C)			手指機能テスト	
	手甲部	指背部	指腹部	タッピング (回数)	ペグボード (本数)
rest	31.1	29.4	32.2	45.0	31.5
10	23.2	13.2	12.0	40.0	29.5
20	19.6	7.0	7.0	35.5	26.0
30	15.7	5.1	6.2	30.0	25.0
40	14.4	4.9	5.7	24.3	17.0

手の皮膚温については、2名、各2回、計4試行の平均値  
手指機能テストについては、各テストとも2名の平均値

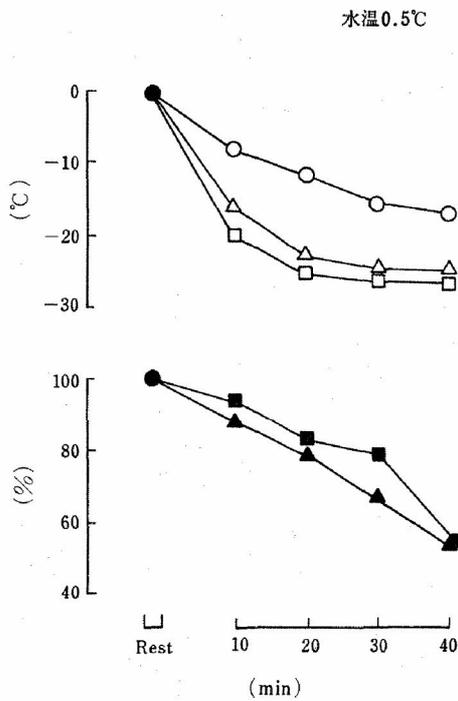


図7 マリングローブ着用時の手指の温度低下 (手甲部:○, 中指指先の背部:△, 腹部:□) と常温下での安静時を100としたときの手指の機能低下度 (ペグボードテスト:■, タッピングテスト:▲) いずれも2名の平均値

し, かなりの痛みとしびれを感じた. さらに, タッピング回数およびペグボードによるペグの差し替え数とも, 時間の経過とともに顕著に低下し,

40分後には, いずれも初期値の54%と, 約半分にまで低下した. この時点では, 指先の動作は, きわめて困難であり, 実際の潜水作業時には作業に差支えるばかりでなく, 潜水器具の操作にも困難がともない, 危険度も大きいと考えられる. 浸水20分後では, タッピング, ペグボード両テストとも初期値の約80%の低下にとどまっており, 細かい作業をする場合には, この辺が限界であろうと考えられる.

したがって極寒地での潜水作業能を増すためには, より耐寒性にすぐれた手袋の開発が望まれるが, 手指の間隔からみて3mm厚以上の素材を使うことは手指の機能を著しく損う恐れがある. そこで, 素材の厚さはそのままにしてドライタイプのものにしたり, 部分的に厚さを変えることによって, 機能低下をなるべく抑えながら耐寒性を増したりする工夫が必要となる.

実験1~3における各部の熱遮断能 ( $I_{total}$ ,  $I_{tissue}$ ,  $I_{suit}$ ) および皮膚からの放熱量 ( $\dot{H}_s$ ) を表4に示した.

$I_{tissue}$  については, 各実験とも両被検者間で

表4 各実験における熱遮断能および皮膚からの放熱量

		$I_{total}$	$I_{tissue}$	$I_{suit}$	$\dot{H}_s$ ( $\text{kcal} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$ )
		( $^{\circ}\text{C} \cdot \text{h} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{kcal}^{-1}$ )			
実験1 (衣服+ドライスーツ)	T.Y	0.331	0.074	0.257	105.1
	K.S	0.260	0.077	0.183	132.3
	平均	0.296	0.076	0.220	118.7
実験2 (ドライスーツ)	T.Y	0.244	0.073	0.172	140.8
	K.S	0.243	0.072	0.170	141.0
	平均	0.244	0.073	0.171	140.9
実験3 (ウェットスーツ)	T.Y	0.179	0.085	0.094	197.0
	K.S	0.178	0.084	0.094	196.0
	平均	0.179	0.085	0.094	196.5

$I_{total}$  : 全体の熱遮断能  
 $I_{tissue}$  : 身体の熱遮断能  
 $I_{suit}$  : 潜水スーツ (衣服を含む) の熱遮断能  
 $\dot{H}_s$  : 皮膚からの放熱量

ほとんど差がみられなかった。I tissue と皮脂厚との間には、高い相関が認められているが<sup>3)</sup>、本実験の被検者の場合、表1に示したように、いずれも皮脂厚にあまり差がみられなかったことから、I tissue が同様の値を示したのだと考えられる。I total, I suit, Hs についても実験2 および3では、両被検者間に、ほとんど差はみられなかった。ただし、実験1については、K.S が T.Y に比べて I total, I suit で低く、Hs で高い値を示した。これは K.S の実験中に、わずかではあるが首から水が侵入して衣服の一部が濡れたことにより、衣服の熱遮断能が低下したのだと考えられる。

したがって実験1の K.S の場合、本来ならば I total, I suit とも、もう少し高い値であったと考えられるが、これらの値について2名の平均値を各実験間で比較したものが図8である。実験2の場合を100としてみると、全体の熱遮断能 (I total) では、ウェットスーツ (実験3) に比べてドライスーツ (実験2) では約27%高く、ドライスーツ内に衣服を着込むこと (実験1) によって、さらに約21%向上した。潜水スーツ自身の熱

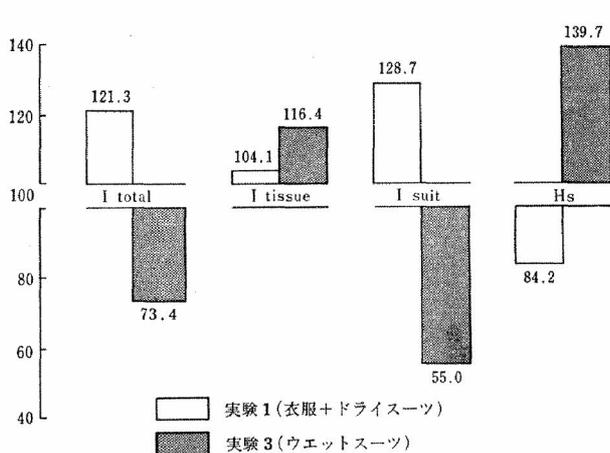


図8 各部の熱遮断能および皮膚からの放熱量について、実験2 (ドライスーツ) の値を100として、実験1および3の値と比較したもの (I total : 全体の熱遮断能, I tissue : 身体の熱遮断能, I suit : 衣服を含む潜水スーツの熱遮断能, Hs : 皮膚からの放熱量) いずれも2名の平均値

遮断能については、ウェットスーツでは、ドライスーツの55%と約半分であった。また、中に衣服を着込むことによってドライスーツのみの時より約29%向上した。

本実験の結果から、ドライスーツ自体の熱遮断能はウェットスーツに比べてかなりすぐれており、中に適当な衣服を着込むことによって十分に極寒地での使用にも耐え得ること、および、潜水用手袋については現在のところ、その耐寒性が十分とは言えず、実際の潜水作業においては作業の限界因子になることなどが明らかにされた。したがって現在のところ、極寒地での潜水作業能を高めるための最も重要な課題は、より耐寒性にすぐれ、なおかつ機能性にもすぐれた潜水用手袋の開発であろうと考えられる。

### ま と め

潜水スーツの耐寒性と機能性を調べるための基礎的研究として、最も耐寒性にすぐれていると考えられる南極で使用された6.5mm厚のドライスーツと3mm厚の潜水用手袋、および一般的に使用されている3mm厚のウェットスーツについて、その耐寒性と機能性をみた。

得られた結果は以下の通りである。

1. ドライスーツを使用した場合、1回の潜水作業時間に相当する30分間の冷水 (3°C) への浸水では、衣服の有無にかかわらず十分に体温は保持され、寒さに対する苦痛も少なかった。
2. ウェットスーツを使用した同様の実験では、直腸温は保持されたが、寒さに対する苦痛は大きく、実際の作業は困難と考えられた。
3. ドライスーツを着用した場合にも、3mm厚の潜水用手袋では手の温度低下はきわめて大きく、手指の機能性も40分間で約半分にまで落ち、潜水作業に著しく影響すると考えられた。
4. 以上の結果から、極寒地での潜水作業においては、ドライスーツの耐寒性能は十分であって

も、潜水用手袋の耐寒性が十分ではなく、実際の作業においては、作業時間を決める限界因子となることが示唆された。

#### 文 献

- 1) Kang, D.H., P.K. Kim, B.S. Kang, S.H. Song, and S.K. Hong.; Energy metabolism and body temperature of ama. *J. Appl. Physiol.*, **20** : 46—50 (1965)
- 2) Kang, D.H., Y.S. Park, Y.D. Park, I.S. Lee, D.S. Yeon, S.H. Lee, S.Y. Hong, D.W. Rennie, and S.K. Hong.; Energetics of wet-suit diving in Korean women breath-hold divers. *J. Appl. Physiol.; Respirat. Environ. Exercise Physiol.*, **54**(6) : 1702—1707 (1983)
- 3) 小林庄一；人と潜水, p. 71—73, 共立出版 (1975)
- 4) 中山昭雄；体温とその調節, p. 9—18, 中外医学社 (1970)
- 5) 渡辺研太郎；南極の自然の中で (第24次越冬報告), 極地39, 第20巻第1号, 38—40 (1984)