

## 9 6 4 6 海水濃度が温浴時の体温変動に及ぼす影響

助成研究者：清水 富弘(上越教育大学 学校教育学部)  
共同研究者：小坂 光男(長崎大学 熱帯医学研究所)  
藤島 和孝(九州大学 健康科学センター)

【目的】本研究は、異なる海水濃度での温浴時の体温変動を明らかにし、海水濃度の比較から体温調節反応および生理的諸反応を検討した。

【方法】健康な8人の男性(年齢 $19.8 \pm 1$ 歳, 身長 $169.2 \pm 5$ cm, 体重 $57.1 \pm 3.1$ kg, 体脂肪率 $14.0 \pm 2.6\%$ )に対し、陸上で30分間の安静を保った後、15分間の入浴( $38.5 \sim 39^\circ\text{C}$ )を行い、その後、環境制御室で60分間の回復をとった(全期間とも屈膝した半仰臥位姿勢)。海水濃度の条件は一般海水濃度の3.5%を中心に、1%、5%の3条件および0%(統制群)の合計4条件とした。

【結果】直腸温は、全条件とも入浴直後から一過性に上昇傾向を示し、出浴後は潜熱現象を示した。海水濃度を比較すると、 $7 > 3.5 > 1 > 0\%$ の順に有意な上昇傾向を示した。

平均皮膚温は、全条件とも入浴直後から10分間は一過性に上昇傾向を示した。その後、入浴10~20分の間はわずかに上昇し、出浴後は10分前後に急速に下降傾向を示し、それ以降はゆるやかな低下を示した。海水濃度を比較すると、7%濃度が他濃度より入浴時の上昇率が高く、またその影響で出浴後の温度低下率も他濃度より低い傾向を示した。

平均体温は、全条件とも入浴直後から一過性に上昇傾向を、また出浴直後から急速に下降傾向を示し、その後の回復期にはゆるやかな低下を示した。

また、入浴前後の体重差は濃度群と統制群の間に有意差が認められた。

【結論】7%以内の海水温浴では、入浴時に濃度依存性の体温上昇反応が認められた。



## 9 6 4 6 海水濃度が温浴時の体温変動に及ぼす影響

助成研究者：清水 富弘（上越教育大学 学校教育学部）  
共同研究者：小坂 光男（長崎大学 熱帯医学研究所）  
藤島 和孝（九州大学 健康科学センター）

### 1. 研究目的

温水による入浴が身体に与える効果<sup>1, 14, 18)</sup>として、(1)温熱による各種血管の拡張、代謝亢進、神経系刺激、コラーゲン軟化などの効果、(2)水の物理的作用による静水压効果（静脈還流増加、Naと水の排泄促進、心胸郭比増加）、浮力効果（体重負荷・上下運動負荷の軽減、過剰深部反射入力 of 抑制）および粘性効果（水中運動時または流水時の抵抗増加）、(3)サウナ、スチーム、圧注浴、渦流浴、流水浴などの特殊入浴効果などがあげられる。

また、これらの効果の他に、入浴中の水に含まれる成分の影響が考えられる。例えば、フランスではタラソセラピー（thalassotherapie）と呼ばれる海洋療法が、専門医や専門療法士によって、海水や海藻の成分を利用した医療行為として位置づけられている<sup>2, 11)</sup>。これは海に含まれる成分が人体に好結果をもたらしていることが予想できる。しかし、入浴中の水に含まれる成分の身体に及ぼす影響については明らかにされておらず、その検討が必要である。

近年の研究では、塩類が皮膚被膜を形成することによって体温の保温効果が高まることが報告<sup>4, 13, 14)</sup>されている。また、フランスや国内における海洋療法の実態が散見<sup>2, 11)</sup>されるようになってきた。しかし、これらの報告の多くが総括的説明であり、入浴や温泉の作用については漠然としか語られず、その効果、作用機序、疾患への適応についても極めて曖昧なままであった<sup>5)</sup>ことから種々の疾患・リハビリテーションへの応用についての知見を得られるまでは至っていない。

そこで、本研究では、今後の健康増進やリハビリテーションに応用できる資料を作成することを目的として、異なる海水濃度での温浴時の体温変動を明らかにし、海水濃度の比較からの体温調節反応を検討した。

## 2. 研究方法

### 2.1 被験者

被験者は年齢18～21歳の健康な男子大学生8名であった。被験者の平均の年齢，身長，体重および体脂肪率はそれぞれ $19.8 \pm 1.0$ 歳， $169.2 \pm 5.0$ cm， $57.1 \pm 3.1$ kgおよび $14.0 \pm 2.6\%$ であった（表1）。

### 2.2 実験手順

温水浴の条件は，海水濃度により「0%」「1%」「3.5%」「7%」の4条件に分けた。被験者は，30分間の安静を保った後，上記の条件下で15分間の入浴を行い，出浴後60分間の回復をとった。安静および回復期は一定環境条件下（気温 $26 \pm 1^\circ\text{C}$ ，相対湿度 $40 \pm 2\%$ ）とした。日内動揺の影響をできるだけ避けるため全被験者とも実験時間帯を統一して実施した。浴槽はFRP製浴槽を使用し，被験者は入浴時に脚を少し曲げた半仰臥位の姿勢をとった（写真1）。入浴時の水位は，鎖骨部位が浸水する程度とした。入浴時の水温は，実験開始時が $38.5^\circ\text{C}$ になるように統一した。また，実験中は常時水温計のモニターを用い，水温が一定に保たれるように監視した。入浴中の室温および相対湿度はそれぞれ $31.5 \sim 32.8^\circ\text{C}$ ， $70.5 \sim 72.2\%$ であった。入浴前後の安静時および回復期には，リクライニングチェアを使用し，入浴時に近い姿勢を保つことを指示した。

海水の供給は，粉末海水「マリンリラクセス」（富田製薬製）を使用した。この粉末海水を水道水に溶かすことで天然海水と同じ組成を再現し，海水濃度は粉末海水の配分量から作成・調整した。

### 2.3 測定および分析

体温の指標としての胸部，上腕部，大腿部の皮膚温および直腸温は座位安静時から入水し，運動開始から終了まで連続的に測定した。測定は，多目的携帯用情報記録装置（VMM-67；VINE社製）を用い，1分毎に記録した。各部位皮膚温の測定には，体表用断熱カバー（日本光電工業社製）およびトランスパレント（3M社製）を用い，測定部分への浸水を防いだ。また直腸温は，体温測定用カニユーレを直腸へ挿入し測定した。これらの測定値から平均皮膚温および平均体温を算出した。平均皮膚温は，Robertsたち<sup>12)</sup>の〔胸部皮膚温 $\times 0.43$ 〕+〔上腕部皮膚温 $\times 0.25$ 〕+〔大腿部皮膚温 $\times 0.32$ 〕から算出した。また平均体温はWilmoreたち（1994）<sup>19)</sup>の〔直腸温 $\times 0.6$ 〕

+（平均皮膚温×0.4）] から算出した。

心拍数は、胸部双極誘導法（SM-30；フクダ電子社製）により連続測定した。被験者の主観的溫度感覺の経時的変化については、大道ら<sup>9,10</sup>のRTS（Rate thermal sensation）尺度を使用した。また、発汗量の推定として、入水直前および入水直後における体重を測定した。入水前後の体重測定をする間に、飲食や排尿など体重の増減をもたらす行為は行わなかった。

本実験の測定結果は、すべて平均±標準偏差で示した。3種類の水温間での平均値の差の検定は分散分析（ANOVA）を用い、有為な交互作用が認められた場合はFisher's PLSD法によるpost hocテストを試行した。有意水準は5%とした。

### 3. 研究結果

#### 3.1 直腸温

安静値（陸上安静時のうち入浴直前5分間を平均した値）を基準にして、入浴および出浴時の直腸温の毎分の変化を示した（図1）。全条件とも入浴直後から一過性に上昇傾向を示し、出浴後は潜熱現象を示した。海水濃度を比較すると、7、3.5、1、0%の順に有意な上昇傾向を示した。

#### 3.2 平均皮膚温

平均皮膚温の変化を示した（図2）。全条件とも入浴直後から10分間は一過性に上昇傾向を示した。その後、入浴10～20分の間はわずかに上昇し、出浴後は10分前後に急速に下降傾向を示し、それ以降はゆるやかな低下を示した。海水濃度を比較すると、7%濃度が他濃度より入浴時の上昇率が高く、またその影響で出浴後の温度低下率も他濃度より低い傾向を示した。

#### 3.3 平均体温

平均体温の変化を示した（図3）。全条件とも入浴直後から一過性に上昇傾向を、また出浴直後から急速に下降傾向を示し、その後の回復期にはゆるやかな低下を示した。海水濃度を比較すると、入浴時の体温上昇反応および出浴時の体温保熱現象において濃度依存性が認められた。

### 3.4 心拍数

安静時心拍数は全条件ともに、同程度 ( $68 \pm 9$ 拍/分) であり、いずれも入浴直後に  $88 \pm 4$ 拍/分程度の急激な増加を示した。そして15分間の入浴中は定常状態には至らず増加し続けた。出浴後は全条件とも一過性に減少し、急速な回復を示し、出浴10分後にはほぼ安静値に戻った。海水濃度間において有意差は認められなかった。

### 3.5 主観的溫度感覺

被験者の主観的な溫度感覺の経時的变化を示した(図4)。入浴5分後から出浴20分後まで濃度依存性の傾向が認められたが、出浴40分後からは認められなくなった。

濃度依存性の認められる期間での溫度感覺得点の平均値の比較では、7%濃度が他濃度より有意に高い傾向を示した。

### 3.6 入浴前後の体重差

図5には、海水、真水および動水、静水の温浴における入浴前および入浴後の体重の比較を示した(図5)。図が示すように、統計学上有意な濃度依存傾向は認められなかった。

## 4. 考察

本論では、海水に含まれる成分濃度がヒトの体温変動にどのような影響を及ぼすのかを検討した結果、以下のことが示唆された。(1)成分濃度7%以内での海水温浴は、濃度依存性の体温上昇の反応が認められる。(2)入浴時の海水成分による体温上昇反応は、外部温より深部温において顕著である。(3)海水温浴による出浴後の反応は、成分濃度が高いほど体温低下が小さい傾向が認められる。

今回設定した水温は、微温浴温域 ( $37 \sim 39^{\circ}\text{C}$ ) に該当する。ヒトは体温より高い温水に入浴することによって皮膚血管が拡張し、温まった血液が体表面を還流することから、体の深部温 (core) と外部温 (shell) 間の熱絶縁が減少する。本実験においても皮膚温は、入浴後10分を待たずに直腸温のレベルに到達した。このように、温水浴による温熱効果は単なる体表から深部への熱伝導だけではなく、表皮毛細管で加熱された血液が静脈を介して体内に熱を運び込むために、非常に迅速な体温上昇が得られる<sup>18)</sup>ことになる。

また、海水温浴の効果は、その含有成分による被膜効果によるところが大きいとさ

れている。これは海水に含まれる無機塩類等が表皮に付着し、皮膚の蛋白や脂肪と結合し薄い被膜をつくり、熱の発散を妨げて保温効果が得られる機序によると考えられている<sup>13, 16, 18)</sup>。

本研究結果からも、被膜効果が出浴時の体温低下の減少に貢献していることは予想される。しかし、平均皮膚温は大差が生じなかったのに対し、直腸温では海水濃度依存性の高い温度上昇傾向を示した。このことから、海水温浴の体温上昇反応のメカニズムは、被膜効果だけでは説明が難しく、それ以外に濃度レベルによって変化する化学的作用またはイオンの作用が深部体温の変動に影響を及ぼしていることが予想される。

心拍数は、全条件とも入浴中に平均20拍/分も増加した。これは、被験者が鎖骨部位まで20分間微温浴したことによる熱伝導と静脈還流の急速な増加、水圧による胸部への圧迫等によって呼吸筋および呼吸中枢が刺激されたことが起因していると推察される。そのため、両条件とも入浴直後に15拍/分程度の急激な増加を示し、15分間の入浴中は定常状態には至らず増加し続け、出浴時には一過性に減少したものと思われる。しかし、心拍数の変動および海水濃度条件との間には統計学的有意差は認められなかった。このことから、今回の水温条件下では海水濃度が心拍数に特有の影響を及ぼすことはないと思われた。

被験者の主観的温度感覚が入浴5分後から濃度依存性の傾向を示したのは、深部体温の変化を反映した結果であると推察された。

実験前後の体重差が規則的な結果とならなかった原因は、温水浴における汗口部閉塞に伴う発汗漸減現象が影響しているものと推察される。または7%以内の海水成分濃度では、温浴時の発汗作用に顕著な差は生じないことが推察された。

## 5. 今後の課題

従来海水温浴では、食塩による「マント効果」または「コーティング効果」と通常呼ばれる無機塩類による被膜（鉛塩）現象で説明してきた。しかし、海水の成分は食塩だけではないことや外殻温と深部温の比較による入浴中の温度上昇傾向からも単に被膜効果だけではそのメカニズムの説明は難しい。

今後は、海水濃度条件下でのさらなる検討、海水中の主成分であるNa, Cl, Mg, CaおよびKaの成分別またはその組み合わせによる分析、イオン、pHの検討などの研究課題の遂行が必要であると考えられる。

## 6. 文献

- 1) 阿岸祐幸：水中運動の生体内変化，宮下充正・武藤芳照(編)：水泳療法の理論と実際，金原出版，11-28，1983.
- 2) Deledicque, A. G., : 野村正訳：フランス専門医からみたタラソテラピー，海洋療法研究会，103-146，1993.
- 3) Gagge, A.P. and Y. Nishi. : Heat exchange between human skin surface and thermal environment. Handbook Physiology. Reactions to Environment Agent. Am. Physiol. Soc., Bethesda, Md.69-72, 1977.
- 4) Hertig, B. A., Riedesel, M. L., Belding, H. S. : Time course of sweating in warm baths. In : Advance in Biology of Skin, 3, 213-228, Pergamon Press, Oxford, 1962.
- 5) 堀切豊，鄭忠和，田中信行：温浴と循環動態，総合リハ19：1057-1061，1991.
- 6 真島英信：人体生理の基礎，杏林書院，210-211，1979.
- 7) 右田孝志，清水富弘，堀田昇，大柿哲朗ほか：動水浴の酸素摂取量，心拍数，直腸温および血液性状に及ぼす影響，健康科学17：87-91，1995.
- 8) 小川徳雄：蒸発性熱放散，中山昭雄(編)：温熱生理学，理工学社，135-166，1981.
- 9) 大道等，岩崎輝雄，宮下充正：水中エルゴメーターの試作．体育の科学33：477-482，1983.
- 10) 大道等，大城戸道生，岩崎輝雄：入浴時の生理的反応．体育の科学34：502-509，1984.
- 11) Paule, Obel : 高山林太郎訳：タラソテラピー，フレグランスジャーナル社，1987.
- 12) Roberts, M. F., Wenger, C. B., Stolwijk, J. A. J., Nadel. E. R., : Skin blood flow and sweating changes following exercise training and heat acclimation. J. Appl. Physiol., 43, 133-137, 1977.
- 13) 清水富弘，藤島和孝，大柿哲朗ほか：海水による温浴時の体温変動および心拍応答，健康科学17：103-108，1995.
- 14) 杉山尚：温泉治療学総論，日本温泉気候物理医学会(編)：温泉医学，16-18，日本温泉気候物理医学会，1990.
- 15) 田中信行：入浴の生理学．フレグランスジャーナル12：531-536，1984.
- 16) 田中信行：循環器疾患と温泉療法．総合リハ17：581-588，1989.
- 17) 田中信行：循環器疾患の温泉療法．日本温泉気候物理医学会(編)：温泉医学，177-183，日本温泉気候物理医学会，1990.
- 18) 田中信行，鄭忠和，堀切豊：温泉の効果とその利用法．保健の科学32(5)：272-275，1990.
- 19) Wilmore, J. H., Costill, D. L., : Physiology of sport and exercise. 242-265, Human Kinetics, 1994.



表1.被験者の身体的特性

氏名	性	年齢 (years)	身長 (cm)	体重 (kg)	体脂肪率 (%)
HOT	m	21.2	161.9	58.4	17.7
KAK	m	20.4	175.3	62.7	17.9
MOR	m	21.4	165.3	55.9	15.8
NAG	m	19.7	176.0	56.2	11.6
SAK	m	18.5	163.5	52.6	12.7
SUE	m	19.6	168.5	54.6	10.7
TAK	m	18.6	173.0	60.7	12.5
YOS	m	19.1	169.7	55.5	13.4
Mean		19.8	169.2	57.1	14.0
SD		1.0	5.0	3.1	2.6

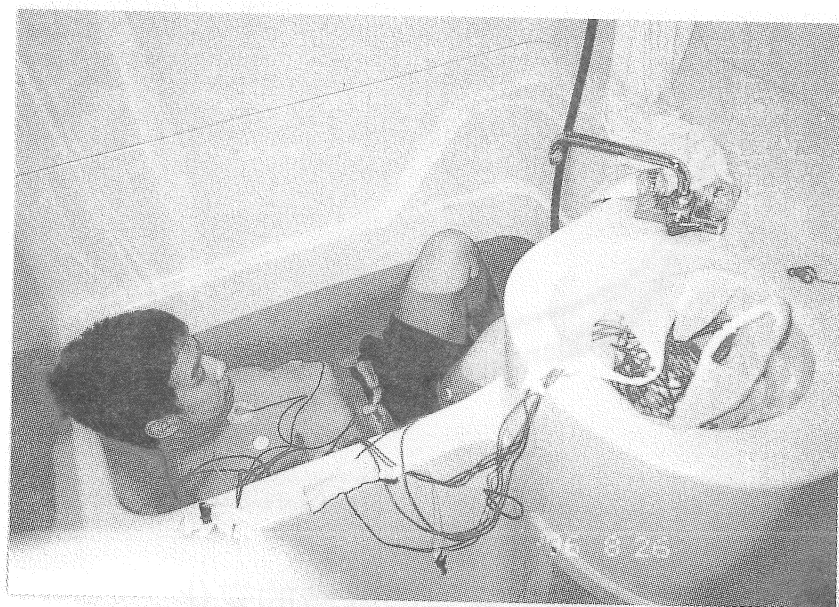


写真1.入浴時の姿勢

# T<sub>re</sub>

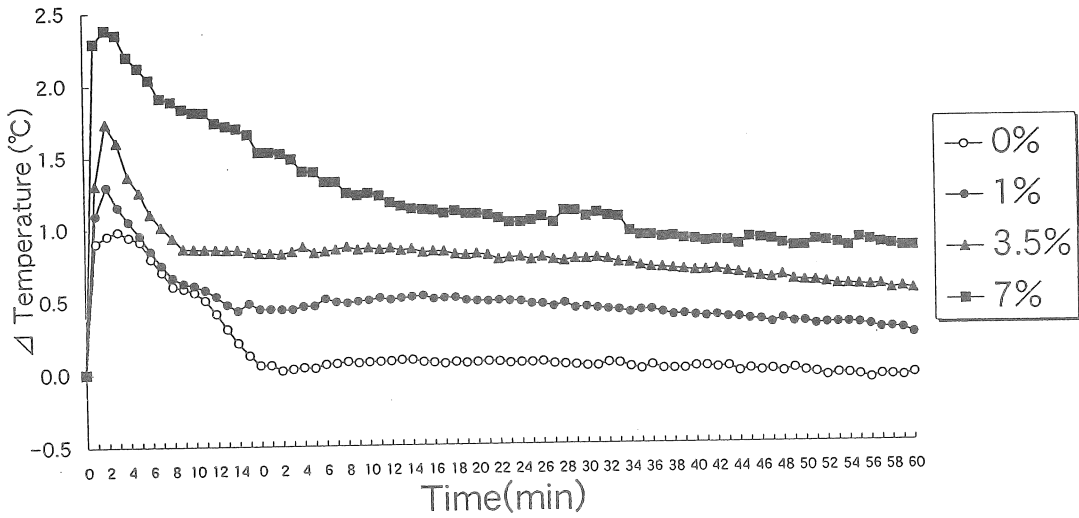


図1.直腸温の経時的変化

# T<sub>sk</sub>

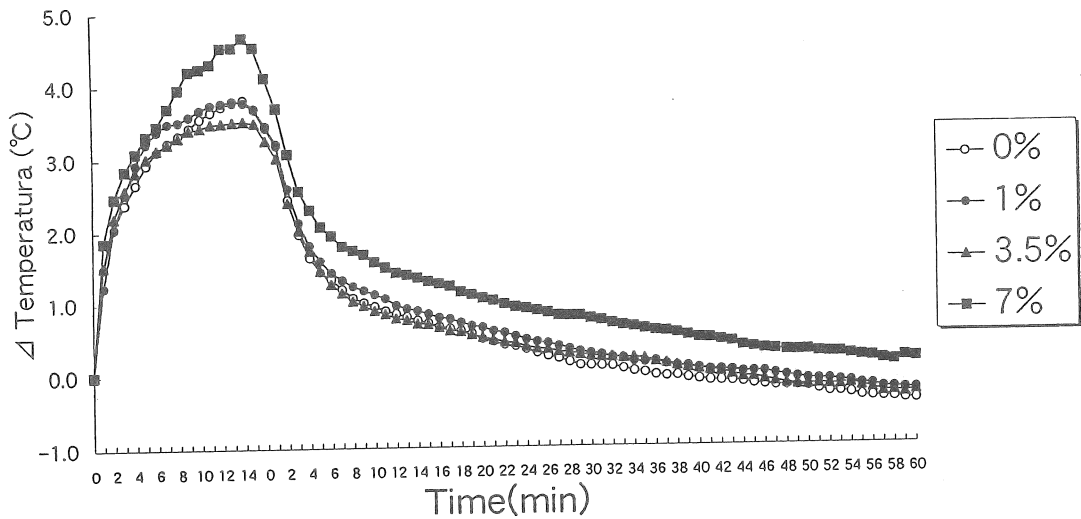


図2.平均皮膚温の経時的変化

$\bar{T}_b$

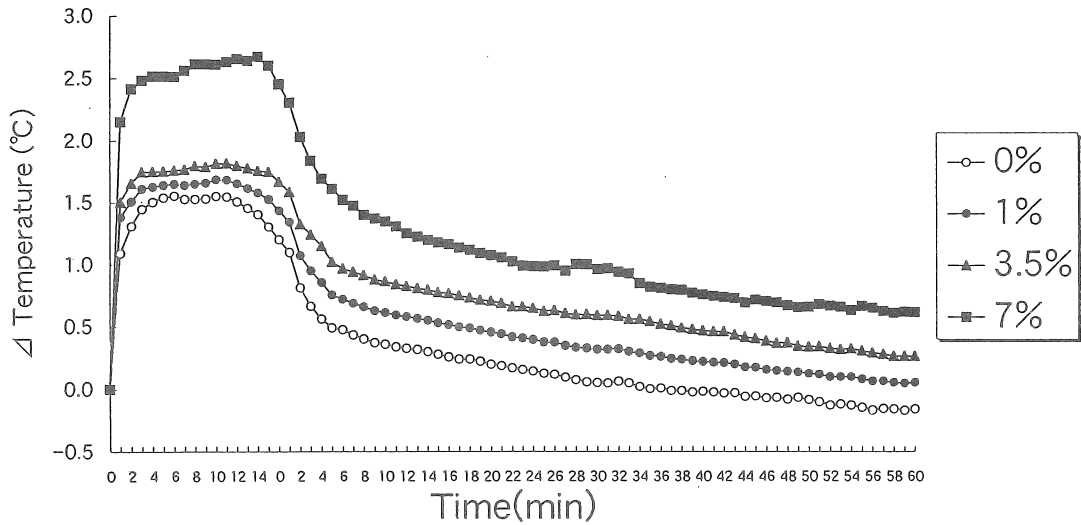


図3.平均体温の経時的変化

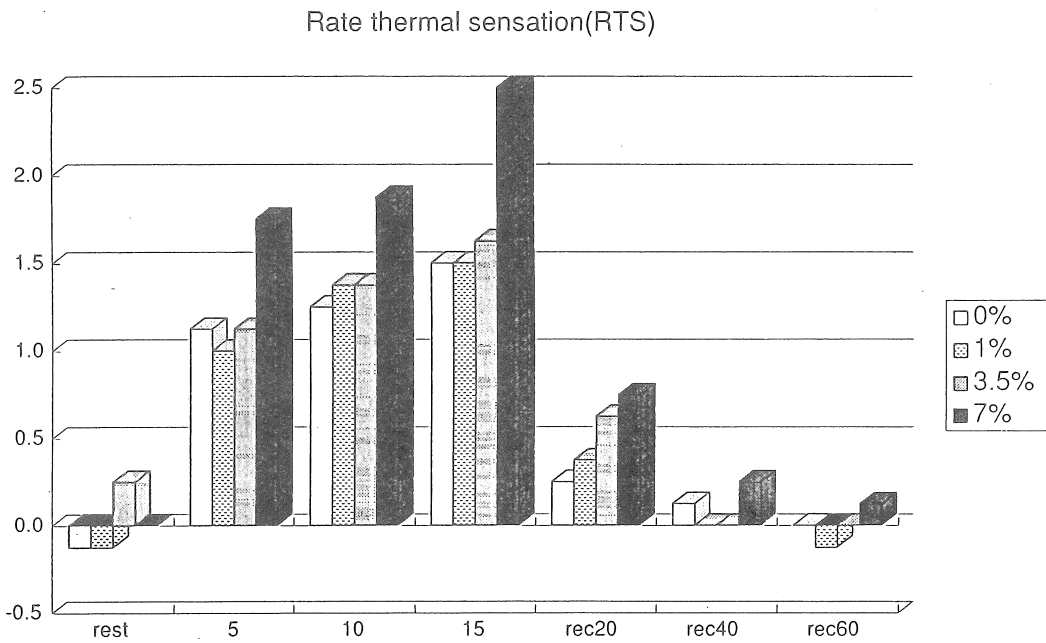


図4.主観的温度感覚の経時的変化

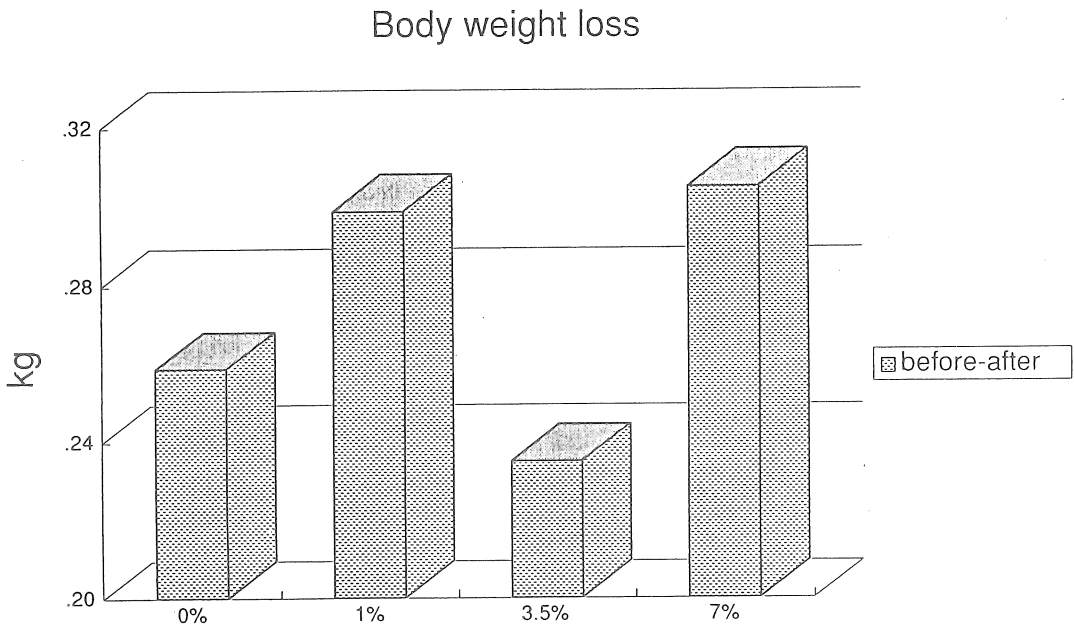


図5.入浴前後の体重差

## Effects of bathing on concentration of minerals in sea water

Tomihiko Shimizu, *Joetsu University of Education*

Mitsuo Kosaka, *Nagasaki University*

Kazutaka Fujishima, *Kyushu University*

### Summary

The purpose of the present study was to compare thermal responses of the body between bathing in warm sea water and further to examine effects of concentration of chemical components in sea water affect thermal responses of the body when bathing in warm sea water. The thermal responses were based on the examination of taking rectal, skin, and mean body temperatures in bathing and recovery on land. Eight healthy men were the subjects in this experiment, and they were in average  $19.8 \pm 1.0$  in age,  $169.2 \pm 5.0$ cms in height,  $57.1 \pm 3.1$ kgs in weight, and  $14.0 \pm 2.6\%$  in fat. The subjects bathed in sea water and fresh water for 15 minutes and took recovery on land for 60 minutes respectively. The experiment was tested under water temperature at  $38.5^\circ\text{C}$  during bathing. The conditions of concentration of chemical components in sea water were 7, 3.5, 1, 0%.

For all the subjects, the rectal temperature increased during bathing and decreased gradually during recovery on land. Bathing in sea water statistically showed significant increases of rectal temperature at 15 minutes during bathing. It was constantly higher at  $7 > 3.5 > 1 > 0\%$ . The mean skin temperature showed a continuous increase during bathing and showed a rapid decrease during 5 minutes in recovery on land, and a gradual decrease after then. No statistically significant differences were detected in the mean skin temperature between 7, 3.5, 1 and 0%. The mean body temperature also showed a continuous increase during bathing and showed a rapid decrease during the 10 minutes in recovery on land, and a gradual decrease after then. In bathing in sea water the mean body temperature statistically showed significant increases during bathing.