

20011009

厚生科学研究研究費補助金  
健康科学総合研究事業

気候・地勢および温冷刺激の保養効果の自律神経指標による評価に関する研究

平成13年度 総括・分担研究報告書

主任研究者 鏡 森 定 信

平成14(2002)年3月

## 目次

### I. 総括研究報告

- 気候・地勢および温冷刺激の保養効果の自律神経指標による評価に関する研究.....1  
主任研究者 鏡森定信 富山医科薬科大学医学部保健医学

### II. 分担研究報告

1. 温浴（温熱刺激）の生理学的局面からみた効果判定に関する研究  
関根道和 富山医科薬科大学保健医学講座  
研究1. 海洋水の温浴効果の生理学的指標による検討.....8  
研究2. 部分温浴浮遊温浴効果の生理学的指標による検討.....20
2. 温浴（温熱刺激）の睡眠および心理学的な面からみた効果判定に関する研究..... 25  
中川秀和 金沢医科大学公衆衛生学講座  
張 森 富山医科薬科大学保健学講座
3. 保養地の気候および地勢など、環境指標からみた効果判定に関する研究  
研究1. 健康保養地を想定した温熱条件と自然環境色が脳波・心理的指標に及ぼす影響  
.....31  
本橋 豊 秋田大学医学部公衆衛生学講座  
研究2. 保養の安全に関する研究 ―寒冷気候の脳卒中発生に対する影響―.....37  
鏡森定信、王 紅兵 富山医科薬科大学医学部保健医学講座
4. 温泉利用（保養行動）と健康および生活の質の関連についての研究.....45  
鏡森定信 富山医科薬科大学保健医学講座
5. 中国の保養療養法と主要な保養地におけるその内容.....57  
鏡森定信 富山医科薬科大学保健医学講座  
張 森 富山医科薬科大学保健医学講座

### III. 研究成果の刊行に関する一覧表.....62

### IV. 研究成果の刊行物・別刷.....63

1. 海洋深層水の温浴効果の心理・生理学的指標による検討
2. The Effects of Sand Bathing on Some Physiological Parameters with Special

## Reference to Its Use in the Treatment of Rheumatoid Arthritis

3. 環境と癒し
4. 健康保養地を想定した温熱条件と自然環境色が脳波・心理的指標に及ぼす影響
5. Diurnal variations in alpha power density and subjective sleepiness while performing repeated vigilance tasks.

厚生科学研究費補助金（健康科学総合研究事業）

総括研究報告書

主任研究者 鏡森定信 富山医科薬科大学医学部 教授

研究要旨

3年目、最終年度として、気候・地勢および温冷刺激の保養効果を評価するための心理・生理学的ならびに睡眠に関する指標の総括的研究を行なった。研究面から事象電流や脳波まで含めて検討したが、現場で保健・医療関係者が汎用できるものとしては、気分・感情状態（POMS 調査表）、鼓膜温（深部体温）、心拍変動（心臓自律神経活動）、OSA 睡眠評価に集約した。一方、気候・地勢の環境面からは、高原の清涼気候および森林や海沿の景観の保養効果を感覚系の指標から評価し、さらに気象因子（外気温、相対湿度、気圧）と脳卒中発生の関連についての疫学的分析から保養の安全面についての対応を提示した。

今回の課題の総括的研究として、温泉を利用した保養行動と健康および生活の質との相互関係を住民調査より明らかにし、保養内容を拡充するために、中国の主要な保養地における療養メニューを概観した。

分担研究者

中川秀昭・金沢医科大学教授

本橋 豊・秋田大学医学部教授

関根道和・富山医科薬科大学医学部助手

に調査し、この種の保養の意義と今後の健康増進施策における将来性に言及した。

B. 研究方法

1. 温浴（温熱刺激）の効果を評価する心理・生理学的指標について

温浴（温熱刺激）の効果を心理・生理学的な面から評価できる指標を具体的に提示するために、最終年度では、初年度と2年度で探索的に実施・検討した指標の有用性の点検を行なったあと、実験室における温浴前後の被験者のアンケート調査および各種の非侵襲的検査を実施した。それらの項目（指標）は以下のごとくである。

- 1) 心理学的な指標.....Profile of Mode Scale (POMS;気分・感情状態調査)
- 2) 生理学的な指標.....鼓膜温、皮膚温

A. 研究目的

研究3年目の最終年度にあたり、温浴行動を主観的および客観的の両面からその健康影響を評価するための心理・生理学的指標を総括的に提示すること、および保養地の環境面からの評価として本研究の主題である温冷刺激と関連する気象・気候・地勢の要因についても具体的にそれを評価する方法を提示し保養地の総合的評価に資することを目的とした。さらに、温浴という保養行動がどのように国民の健康のみならず生活の質に関連しているかを地域集団を対象

(サーモグラフィ)、皮膚発汗(末梢交感神経活動)、皮膚水分量、皮膚弾力性、筋肉・脳血流量(近赤外線酸素モニター)、血圧、心拍変動(心臓自律神経活動)、唾液中のNa,K, Na/K比、

3) 睡眠の指標.....OSA 睡眠調査票、脳波

2. 保養地の気候および地勢などの環境指標からみた効果判定について

環境面から保養地の健康に及ぼす効用を明らかにするために実験室および気象疫学的研究を行なった。

1) 保養地の環境条件がヒトの感覚系に及ぼす影響

実験室内で高原保養地の清涼感を想定した24℃、相対湿度50%の条件とやや蒸し暑い条件(28℃、相対湿度70%)における保養地で経験する森林の緑、夕日、青空と白い雲などの映像に対する感覚を主観的指標(覚醒度および快適度)と客観的指標(脳波によるアフター波出現度)から比較検討した。

2) 保養の安全性の視点からの気象条件(野外気温・相対湿度・気圧)と脳卒中発生の関連性に関する疫学的検討  
富山県の1991~1998年の7年間の日々の脳卒中発生数(富山県脳卒中情報システム)及びおなじく日々の気象条件(富山気象台)の記録から、Poisson回帰分析法により両者の関連を検討した。

3. 温泉利用(保養行動)と健康および生活の質の関連について  
富山県J町の40歳以上の全住民約6000

人を対象に、現在の健康状態、生活習慣およびWHOの生活の質に関するアンケート調査を実施した。生活習慣のなかには温泉利用(保養行動)についての設問もふくまれており、60歳未満と以上の男女別に温泉利用状況と健康状態や生活の質について比較検討した。

4. 中国における伝統的療養法にもとづく現代の保養地におけるメニューについて  
中国の保養関連の資料を収集し、伝統にもとづく療養法を取り入れた保養がどのように実践されているかを主要な保養地をとりあげ概説した。

C. 研究結果

1. 温浴(温熱刺激)の効果を評価する指標について

今回の人工気象室における温浴実験より以下の成績を得た。

1) 心理・生理学的および睡眠に関する指標  
心理面からの効果判定については、気分・感情のスコア化(POMSアンケート調査)を、緊張、不安感(T-A)、抑うつ(D)、いかり・敵意感(A-H)、活気(V)、疲労感(F)の5つのカテゴリについて行い、温浴前後で比較した。その結果温浴後に各カテゴリでその改善がみられた。

生理学的な面からの温浴効果判定では、鼓膜温(深部体温)、皮膚温(サーモグラフィ)、皮膚発汗(末梢交感神経活動)、皮膚水分量、皮膚弾力性などの体温・皮膚関連指標、また心拍変動(心臓自律神経活動)や血漿中の心房性ナトリウム利尿ホルモン(但し、浮遊浴)などの循環機能に関連する指標が有用であった。

睡眠と関連する指標としてはOSA睡眠調査により、寝つき、眠気、睡眠持続、気がかり、統合的睡眠の5つの因子のスコア化を行い、睡眠中の心拍変動（心臓自律神経活動）や睡眠中脳波（睡眠深度および熟睡）との関連を検討したところ、温浴により寝つきの良さと睡眠中の心臓副交感神経活動との間に正の相関がみられた。また温浴による気分・感情状態（POMS）の改善、なかでも活気（V）のそれと睡眠中脳波による睡眠効率との間に関連がみられた。

## 2. 保養地の気候および地勢などの環境条件

### 1) 保養地の擬似的環境条件の感覚的効用

清涼的気象条件（24℃、相対湿度50%）のもとで、森林（緑）の動画や青い空と白い雲あるいは夕日などの景観に由来する視覚的刺激は、蒸し暑い気象条件（28℃、相対湿度70%）に比較して、脳波のアルファ波の出現を増加させた。

### 2) 外気温、相対湿度、気圧などの気象条件と脳卒中発生

年間を通して、冬、特に脳出血と脳梗塞では2月、くも膜下出血では1月に最高の発生率を示した。また、各病型とも、月別にみた発生の危険度は、同じく月別の平均気温と強い相関係数（0.7~0.8）を示した。一日の時間帯別では、脳出血と脳梗塞は発生前日の夜（17~24時）の平均気温、くも膜下出血では発生当日の午前（1~4時）の平均気温が、他の気象因子（相対湿度と気圧）を補正しても最大のリスクを示した。

## 3. 温泉利用（保養行動）と健康および生

## 活の質との関連について

健康状態では、受療状況を見ると60歳未満の男女で温泉利用者（年2回以上）に通院が多く、また、入院では60歳以上の男性の温泉利用者でそれが少なかった。生活習慣のうち喫煙は60歳未満の男性で、運動は60歳未満および以上の男女で温泉利用者の方が良好な状況にあり、一方飲酒では60歳以上の男性で温泉利用者の方が多かった。WHOの生活の質については、60歳以上の男女で温泉利用者のQOLスコアが温泉利用が年1回以下の対照に比較して高値を示した。

## 4. 中国の主要な保養地の療養メニュー

中国における主要な保養地における療養法を整理した。

それらは以下の10項目にわたっており、保養地の位置する気候や地勢条件を勘案して、その特徴を生かすような工夫がなされていた。

- 1) 伝統的リハビリテーション訓練法、2) 自然療養法（温浴、砂浴、地形療養などを含む）3) 物理療法 4) 運動療法 5) 新療法 6) 娯楽療法 7) 気候療法 8) 鍼灸療法 9) 薬物療法 10) マッサージ療法

## D. 考察

保養地における温冷刺激としては温浴や高原気候の涼風などさまざまなものが利用できる。また、さまざまな刺激であるがゆえに、これらを健康の面から評価する際には、各人の主観的な感覚がまず、基本となる。本研究では、初年度以来の①ストレス感と充実感に関するMackayら（1978）の

質問票、②Ware ら (1994) の SF-36 心身健康度調査、③気分・感情状態をみる POMS 調査票など、世界的に標準化された調査票を使用して、温熱刺激前後の結果を比較して検討した。本年度の研究で使用した POMS 調査表では、気分や感情を、緊張・不安感、抑うつ、怒り・敵意感、活気、疲労感の5つのカテゴリーに分けてスコア化できることから、温熱刺激による健康面からの評価をより詳細に検討できる点で特徴がある。実際、本年度の食塩泉温浴による効果の評価においても、POMS 調査票を使用して妥当な結果が得られた。しかしながら、これらの主観的な評価が果たして、妥当なものであるかどうかについては、別な指標での相互関連からも検討しておく必要があると思われる。本年度の研究では、温浴による POMS の調査カテゴリーの活気の改善は、脳波による睡眠効率と統計的に有意な正の相関を示し、また温浴による POMS の調査カテゴリーの疲労の改善は、OSA 睡眠調査票の眠気と関連しており、POMS による主観的な評価は、脳波という客観的および睡眠の主観的な評価によってもその妥当性が支持された。POMS 調査票は、その質問項目数も多くなく、しかも国際的に標準化されており、研究に限らず、一般的にも広く使用できる有用性をそなえている。

温熱刺激の効果を判定するための生理学的な指標としては、皮膚への直接的作用に関連するものとして、今年度は皮膚温 (サモグラフィ) に加えて皮膚水分量および皮膚弾力性を追加し検討した。この皮膚の水分量や弾力性は温浴浸漬後 20 分程度でいずれも温浴前の測定値に戻った。したが

って今回の機器で測定した温浴への浸漬終了後の皮膚水分量の時間的変化は、浸漬後に清拭した皮膚表面に残っていた水分の蒸散過程を示すものと推測された。また、皮膚の弾力性は、皮膚の水分量により影響を受けるが、この弾力性も水分量と同じく浸漬終了後 20 分あたりで温浴前の測定値に戻ったことから、皮膚水分量の反映と考えられた。但し、Mg を多量に含有する死海の塩を皮膚に塗布しマッサージしたあと皮膚の弾力性が増すとされ、それはこの Mg の作用に由来するとされている。(日経ヘルス 2002 年 4 月号)。今回、我々が温浴に使用した濃縮海洋深層水も Mg を 2800mg/l 前後含有しており、通常食塩泉と比較して多量なので、皮膚弾力性についてはさらに検討する必要がある。なお、皮膚の電気刺激により誘発した、事象電流である皮膚発汗 (末梢交換神経活動) は、温熱刺激の生体反応の程度を潜時と電位から定量化できるが、今回の濃縮海洋深層水と非濃縮深層水の間にも妥当な差異を検知できた。非侵襲的な検査の範囲に含まれるものであり、温熱刺激の種類による生体反応の詳細な検討に有用と考えられた。皮膚を介した直接のおよび全身的は生体反応として筋肉、脳血流量測定を本年度は検討した。今回使用した近赤外線酸素モニターによる測定では、温浴浸漬後の筋肉血流量増加を客観的にし、しかも非侵襲的に定量化できるのみならず、中枢における反応を前頭葉の脳表面 (表面から 4~5 cm) 血流量をも観察できる。各種刺激による前頭葉の脳表面血流量の変化は例えばリラックスで減少し、暗算などの指標的ストレスでは増加するとされている (宮崎、2001)。

今回の温浴では、リラックス効果と温熱刺激による興奮がそれぞれ脳表面血流量に反対方向に作用したためなのか、はっきりした傾向を把握することができなかった。今後は温浴の温度を変えて比較するなど、双方の作用の影響を分離して検討できる実験方法を考案していく必要がある。この温浴による効果を判定する以外に、脳血流測定は、温浴の安全管理の面からも有用である。すなわち、昨今問題になっている浴室内での溺死事故のかかなりの部分が、いわゆる起立性失調（起立性低血圧）によっているので、本機器を使用した起立性失調のスクリーニングはきわめて有用と考えられる。温熱刺激の全身への効果を判定する生理学的指標として、3年間の本研究期間中、心拍変動（心臓自律神経活動）を取り上げ、さまざまな温熱刺激による生体反応を検討してきた。その結果はいずれも妥当性を有するものであり、本検査は簡便ではあるが、その情報量の多さからきわめて有用な検査として今後とも広く利用されていくであろう。勿論、脳波による睡眠深度や睡眠効率など最終的には中枢神経系の機能検査による判定を必要とするが、睡眠時のホルター心電計による心拍変動記録の分析などにより、睡眠の質をある程度推測しながら諸成績を検討できる途も拓くことができた。今後は携帯用の光センサーやアクティウオッチ（身体活動連続測定器）を併用するなど拘束性の強い脳波記録に替わるモニタリング法がそれ以上に進歩すると考えられる。

温浴の全身的反応として、本年度は浮遊浴の効果を、ホルモン測定も追加して検討した。血漿中の心房性ナトリウム利尿ホルモン、レニン活性、アルドステロンなどは

温水仰臥位浮遊やスイミングで生体に好ましい反応を生起することが論じられてきた。今回も温水浮遊浴により、心房性ナトリウム利尿ホルモンの増加を確認できた。しかしながら、これらの検査では、減塩や水分制限などの条件設定が必要であり、現場での利用は困難である。

保養地においては温泉などを利用することによる直接的な効果の他に、例えば、高原の清涼的気候あるいは森林や海沿などの景観によるリラックス効果（総合的生体機能調整作用）を求めて滞在する者も多い。清冷と蒸し暑い気象条件のもとで景観による視覚反応が脳波のアルファ波の出現にどのように影響しているかを検討した。その結果、清冷的な気象条件下では夕日がアルファ波誘発に作用すること、気象条件に余り影響されず、青い空と白い雲や森林の緑に同様の作用があることが明らかになり、気候と地勢を組み合わせた保養効果の今後の検討に一定の途筋をつけることができた。一方、保養中の安全性保持の面から、日本人の高齢者において頻度の高い、そして重い後遺症を残す脳卒中と気候の関連を検討し、野外気温の重要性、特に冬期だけでなく季節をとわず夜間や早朝の気温低下がその後の脳卒中発生の危険因子になっていることを明らかにした。したがって年間を通して、夜間や早朝の気温低下が予報された場合には、高齢者のみならず、保養滞在者全体に対して、脱水や過剰飲酒など一般的な脳卒中予防に関する注意とあわせて、夜間から朝にかけての保温の徹底をうながす必要がある。

3年間の本研究期間を通して、気候、地勢を含め、温浴行動を中心として温熱刺激



の保養効果を心理・生理学的指標を軸に検討を進めてきた。しかしながら最終的には、これらの保養行動が定着し、それが結果として国民の健康や生活の質の向上につながるかどうか問われる。

最終年度では40歳以上約6000人を対象とした横断調査により、温泉を利用した保養行動が、特に60歳以上の男女の健康および生活の質と統計的に有意に関連していることを示し、保養行動の今日的意義を明らかにした。勿論この関連は、追跡調査によって確認される必要があり、よりマクロ的な視点での保養の効果に関する研究の緒を拓いたものと確信している。本研究で概観した中国の主要な保養地における療養法にも学びながら、日本人のニーズに合った保養のメニューの拡充は、今後の保養行動の効果にも大きく寄与することは間違いない。

#### E. 結論

温熱刺激を中心とした保養による効果について心理・生理学的および睡眠に関する指標から検討を行なった。

気候・地勢そして温浴を利用した保養の健康への影響は、気分・感情状態（POMS調査票）やOSA睡眠調査票といったアンケートによる主観的な指標を使用することで確認された。また鼓膜温、皮膚温（サーモグラフィ）、皮膚発汗（末梢交換神経活動）、筋肉、脳血流（近赤外線酸素モニター）、心拍変動（心臓自律神経活動）脳波（アルファ波、睡眠有効率）などの生理学的指標も有用であった。

これらの指標は気候・地勢の範囲に入る清冷気候や森林、青空、夕日などの景観のリラックス効果の評価にも利用できた。ま

た気候・地勢と関連する気象因子のうち、特に外気温が脳卒中発生と関連することを疫学的データで示し、保養の安全面からの対応の必要性を提起した。研究最終年度として、保養が健康および生活の質と相互に関連していることを住民調査で明らかにし、今後の追跡調査によるこの相互関連の検討を提案した。加えて国民のニーズに合った保養メニューの拡充の手だてとして、中国における主要な保養地での療養法を概説した。

#### F. 健康危険情報

特になし

#### G. 研究発表

##### 1. 論文発表

- 1) 鏡森定信、王紅兵、関根道和、他；海洋水温浴効果の心理・生理学的指標による検討。日本温泉気候物理医学誌；65,73-82, 2002
- 2) Delitiaux Yakefu, M. Sekine, S. Kagamimori, et al; Effects of sand heating on some physiological parameters with special reference to its use in the treatment of rheumatoid arthritis. J.Jpn. Assoc. Physio. Med. Bal Clim 64, 87-92, 2001
- 3) 鏡森定信：保養に関する時間衛生的研究—温浴行動の心理・生理学的モニタリング指標と睡眠の質—、平成12年度厚生科学研究成果発表報告書、44-53, 長寿科学振興財団、2001, 愛知
- 4) 本橋 豊、樋口重和、鏡森定信；健康保養地を想定した温熱条件と自然環境色が脳波、心理的指標に及ぼす影響。第46回異本生理人類学会、2001年10

月

2. 学会発表

- 1) 本橋 豊、樋口重和、鏡森定信；健康  
保養地を想定した温熱条件と自然環境  
色が脳波、心理的指標に及ぼす影響。  
第46回異本生理人類学会、2001年10  
月、大阪
- 2) 鏡森定信、王 紅兵、関根道和、他；温  
浴行動と睡眠の質に関する真理、生理  
学的モニタリング指標による検討  
第66回日本温泉気候物理医学会、2001  
年5月、四日市
- 3) 大村栄、関根道和、鏡森定信、他；海  
洋深層水温浴による体温と心理の変化。  
第66回日本温泉気候物理医学会、2001  
年5月、四日市

1. 温浴(温熱刺激)の生理学的な面からみた効果判定に関する研究

研究1 海洋水の温浴効果の生理学的指標による検討

分担研究者 関根道和 富山医科薬科大学保健医学講座 助手

研究要旨 食塩泉に属する温泉浴のもとで、その効果を生理学的な面から明らかにするため、各種の指標を使って検討した。鼓膜温(深部体温)、皮膚温(サーモグラフィ)、血圧、心拍変動(心臓自律神経機能)、唾液中のNa, K, Na/K比などの生理学的指標を検討したところ、鼓膜温および皮膚温(浸漬部)で温浴の前後ならびに温浴の種類による差異が検知できた。また、心拍変動のモニタリング成績を使用しての高周波成分(心臓副交感神経活動指標)と低周波成分/高周波成分の比(心臓交感神経活動指標)の分析は、温浴のリラックス作用や睡眠効果への影響を観察するために有用と考えられた。

A. 研究目的

温浴がヒトに心理・生理学的な面からさまざまな影響を与えることが明らかにされている<sup>1,2)</sup>。この影響は温浴の構成要素によってさらに多様となり、そのうち含有化学成分については一応の分類が整理され、療養泉と示されている<sup>3)</sup>。近年、わが国では海洋深層水に対する健康面からの関心の高まりのもと、これを使った温浴の効果について注目されている。海水そのものは、これに温泉成分からの分類基準をあてはめると強食塩泉に相当し、その保温作用が期待される。一般的に保温作用は心身の緊張をほぐし、睡眠の質を高めるとされている<sup>4,5)</sup>。本研究では、ミネラルを豊富に含み、低温安定性(季節に関係なく低温安定) 清浄性(大腸菌や一般細菌もほとんどなく、陸や大陸からの化学物質にさらされる機会もほとんどない)、そして熟成性(水深300mの約30気圧のもとで長い年月をかけてゆっくり循環している間に熟成される)などの特徴を有する海洋深層水<sup>6)</sup>の温浴による影響を心理・社会的指標から検討した。

B. 研究方法

対象者は皮膚疾患、循環器系あるいは自律神経系の障害などを有せず、健康状態に問題のない20～30歳代の男性9人である。検査内容を告示したうえで本人の意思でいつでも中止できることを確認したうえで実験の参加への同意を得た。温浴実験は20～22℃の浴室で41℃の温浴を6分間座位入浴(臀部を浴槽底につけ両脚を膝でまげ、心窩部まで浸漬)とその後の浴槽外での座位休息6分間を3回くり返す方法で行った。温浴は富山湾滑川沖2kmから実験日当日採取した海洋深層水(水深312km)と同地点の海洋表層水および水道水を使用した入浴と、温水を入れず、浴槽で座位のみの空浴の4種類とした。表1にその実験行程を検査項目とともに示した。この行程では、月～金曜日の午後4時から毎回同じ温浴を2人(前半組と後半組)に実施し、前半と後半そして4種類の温浴を無作為に割り振り、さらに空浴以外は温浴の種類を被検者に告げず実験を行った。実験は9月下旬から11月上旬にかけて実施された。

検査項目のうち皮膚温については、サーモグラフィで大腿部背側および腰部（浸漬部位）の温度分布のヒストグラムを作成し、その最高値を採用した。鼓膜温は鼓膜赤外線センサーにより2回の近似値の平均をもって測定値とした。採取した唾液は Na および K の原子吸光法測定（mg/l）にまわされた。血圧測定には自動測定器を使用した。心拍モニタリングはホルター心電計を装着して行い、心拍変動による相対的な交感神経（LFnu）および副交感神経（HFnu）の活動指標の算出は関根ら<sup>7)</sup>の方法に準じて行った。なお、今回は睡眠中の心拍変動を午前0時から4時まで、1時間ごとに4期にわけて評価した。リフレッシュ度調査は Mackay<sup>8)</sup>らのアンケートの邦訳（中高年齢労働者ヘルスケア検討委員会ストレス委員会報告<sup>9)</sup>）を、睡眠調査にはわが国で開発された OSA 睡眠調査票<sup>10)</sup>を使用した。

なお、使用した富山湾滑川沖の深層水と表層水について、実験期間中の食塩濃度（‰）と比重（15℃）のモニタリングを行った。食塩濃度は深層水で 34‰台、表層水で 32‰台であった。比重ではそれぞれ 1.025 台、1.024 台であった。

## C. 研究結果

### 1. 皮膚・鼓膜温への影響

#### 1) 左右大腿部および腰部皮膚温

入浴前、3回の入浴後（出浴直後）とその中間の浴槽外での休息時そして3回目の出浴後15分および30分経過時の左大腿部、右大腿部、腰部における皮膚温を図示した。左大腿部（Fig. 1）では、3回の温浴直後において、いずれの温浴も空浴に対して統計的に有意に高い皮膚温を示した。なお、

いずれの時点においても、平均値は深層水浴で最高、ついで表層水浴、真水浴の順であった。浴槽外休息中においては、2回とも深層水浴が最高の平均値を示し、2回目のそれは空浴に対して統計的に有意に高値であった。3回目の出浴から5分後および30分後でも深層水浴の平均値は最高であり、15分後のそれは空浴に比較して有意に高く、また水道水浴と比較しても有意な傾向であった。

右大腿部（Fig. 2）と腰部（Fig. 3）においても左大腿部の場合と同様にいずれの時点でも深層水浴の平均値は最高であった。また、腰部の皮膚温では、浴槽外休息中に、深層水浴が水道水浴に比較して統計的に有意に高い傾向も示した。

### 2) 鼓膜温

入浴前、3回目入浴後（出浴直後）、その後15分および30分経過した時点の鼓膜温の変化（Fig. 4）では、3回目の入浴終了時点の深層水浴と表層水浴が空浴に比較して統計的に有意に高い鼓膜温を示していた。水道水浴では有意といえなかった。3回目温浴終了後15分経過した時点でも同じような差異がみられたが、30分後では深層水浴のみ空浴に比較して統計的に有意に高い傾向を示した。

### 2. 循環系への影響

#### 1) 心拍数

各種温浴において入浴前の心拍（3群の1分当たりの平均  $72 \pm 8$ ）に比較し

て3回目の入浴終了時点(73±6)、そしてその後15分(72±7)、30分(72±7)の時点で増加していたが、統計的に有意ではなかった。

## 2) 血圧

各種温浴に多少の差異はあったが、最大血圧は入浴前(3群の平均112±13mmHg)に比較して、3回目の入浴終了時(110±15mmHg)、その後15分(109±14mmHg)までやや低下したが、統計的に有意ではなかった。入浴終了後30分(110±13mmHg)の時点では入浴前の値にもどっていた(Table2参照)。また、最小血圧においても各種の温浴で入浴前(3群の平均78±15mmHg)に比較して、3回目の入浴終了時(76±14mmHg)その後15分(76±15mmHg)までやや低下したが統計的に有意ではなかった。但し、深層水浴では3回目入浴終了時点および15分後の降下が大きかった。入浴終了後30分(77±14mmHg)の時点では入浴前の値にもどっていた(Table3参照)。

## 3. 自律神経系への影響

### 1) 心拍変動解析

いずれの温浴においても睡眠中にHFnuの平均値(各平均値の範囲;40~60%)が増大し、LHRのそれは減少した(睡眠中の各平均値の範囲;1~2.5、実験中の各平均値の範囲;2.5~5)。しかし、これらの変化には温浴の種類による差異はみられなかった。

### 2) 唾液中のNa、K濃度

唾液中のNa、KおよびNa/K比を入浴の前後と翌朝の覚醒時に測定した。いずれの測定値も温浴間で差異がなかった。しかし翌朝のNa/K比の上昇というサーカディアンリズムは確認された。

## 4. 心理面への影響

### ストレス・リフレッシュ感

入浴前と3回目の入浴終了から30分経過した時点におけるストレス・リフレッシュ感スコアを比較してFig.5に示した。空浴を除いて、いずれの温浴でも3回目の出浴後から30分経過した時点におけるスコアの平均値が入浴前のそれに比較して大きかった。各種温浴別にその前後のスコアを比較しところ、統計的な有意差を示したのは表層水による温浴の場合のみであった。しかしながら、その有意差も温浴の種類と温浴前後の2元配置分散分析では消失した。

## 5. 睡眠への影響

OSA 睡眠調査の5因子について、温浴の種類別にそれぞれの平均スコアを比較した。5因子それぞれの平均スコアは、深層水浴と表層水浴で水道水浴や空浴に比較して高かったが、統計的に有意な差異はみられなかった(Fig.6参照)。

OSA 睡眠調査の5因子のうち、「寝つき」のスコアと睡眠中のHFnuとの間において、空浴以外の温浴ではいずれも正の相関がみられた(Fig.7参照)。「寝つき」と睡眠中のHfnuについて各対象者の3種類の温浴時の平均値を求めこの両者の関連Fig.7のe)に示した。「寝つき」のスコアの上昇にともないHfnu値も増加した。なお、このような関連はその他のOSA睡眠調査の因子

あるいはストレス・リフレッシュ感のスコアではみられなかった。

#### D. 考察

海洋深層水の温浴効果の検討に際しては、深層に位置するこの海洋水の成分特性をふまえて行う必要がある。今回使用した富山湾の海洋深層水は成分的には通常の富山湾沖の表層水と比較して、塩分で千分の1gの程度でやや濃く、リン酸態リン、硝酸態窒素、ケイ酸態ケイ素濃度では数倍以上も高い値を示している<sup>11)</sup>。また、その他に水温が1~2℃と通常的に安定しており、その低温安定性や一般生菌数が表層水の千分の1から1万分の1で、有機物や細菌数が非常に少ないことによる清浄性などに特徴がある。温浴との関係では、これまでの高濃度塩泉（強食塩泉）の健康影響として、皮膚血流増加作用と皮膜形成による体温上昇と保温作用が指摘されている<sup>1-12,13)</sup>。これらの作用の特徴は含有される無機塩類に注目して解釈されているが、海洋深層水ではこれまでの分析でわかっているだけでもリン、ケイ素および窒素などが海洋表層水の数倍前後の濃度を示し、さらに食塩含有量も表層水よりやや多いことから、体温上昇や保温作用がより明らかになるのではないかと推測した。また、このような温熱作用は循環系に対しては勿論、気分の改善を介して睡眠の質にも影響するとの先行実験<sup>4, 5, 13)</sup>に基づいて本研究の心理・生理学的指標を採用した。

大腿部および腰部の皮膚温は6分という比較的短時間の温浴にもかかわらず、その終了時には3度前後その平均値が上昇した。温浴に直接浸漬した部位で、しかもサーモグラフィによる温度ヒストグラムの最高値を使用したことにもよろうが、温浴の直接作用による皮膚温上昇

が深層水で一番明瞭に示された。また、浴槽外での休息中や入浴終了後15分あたりまで深層水浴でのみ、空浴と比較し統計的に有意に皮膚温が高い傾向を示したことは、その保温効果をも支持するものであった。表層水浴との間には統計的に有意な差異をみることはできなかったが、左右大腿部そして腰部いずれにおいても、深層水浴が毎回の入浴時にいつも皮膚温の最高平均値を示したことは、その皮膚温上昇と保温作用における表層水に対する深層水の優位性を強く示唆している。

深部体温への影響をみるため、本研究では視床下部の温度を反映すると考えられている鼓膜温<sup>14)</sup>を採用した。本橋<sup>15)</sup>はヒトのモニタリングで鼓膜温と舌下温に実質的な差異がなかったことを観察し、鼓膜温を深部体温のモニタリングに適したものとして推奨している。本研究では温浴時間が通常より短かったためか、鼓膜温は入浴前に比較して0.1~0.2℃の上昇であったが、3回の入浴終了時さらにはその後30分にいたるまで、皮膚温の場合と同様に深層水浴でその平均値がいつも最高であった。したがって、深部体温においても深層水浴の効果が他の温浴と比較して優位であった。なお、3回目の入浴直後の鼓膜温のデータ（9×4種類の入浴パターン=36個）と同時点の左右大腿部および腰部の皮膚温の相関係数を算出したところ、0.3~0.4（ $p<0.005$ ）であった。したがって、皮膚温の上昇、末梢血液の加温と血流増大を介した深部体温の上昇が数量的にも支持される結果であった。

循環系への影響のうち、脈拍については、本研究の実験条件では温浴は脈拍の平均値に統計的に有意な差異をもたらさなかった。本研究では心窩部までの入浴であったことから、温浴の

圧作用として、静脈還流や胸部の圧迫などの増大、特には後者がほとんどみられなかったこともひとつの要因と考えられよう。血圧については温浴後の低下はみられたが、最大血圧、最小血圧とも統計的に有意とはいえなかった。温浴時の血圧の低下は 40℃、10 分間前後の温浴のもとでは一般的なので、今回の成績は脈拍と同様に今回の温浴時の浸漬の深さや温浴時間の影響と考えられる。

睡眠時の自律神経系に対する温浴の影響を心拍変動から検討した関根ら<sup>7)</sup>の方法に準じて今回もその分析を行った。この検討で関根らは、午後 10 時から 30 分間、38-39℃の入浴日が入浴日に比較して睡眠中の相対的な副交感神経活動を反映する HFnu が午前 0 時から 3 時にかけて統計的に有意に高値を示したと報告している。今回の分析では午前 0 時から 1 時間毎の比較を行ったが、昼中の活動時よりは睡眠中の HFnu が高値を示したものの、睡眠中は空浴および 3 種類の温浴間に差異はみられなかった。これまでの研究によれば、夕刻より遅い時刻の温浴ほど深い睡眠への効果が大きく、就寝直前の温浴によって体温を 2℃ほどあげると特に有効であるとされている<sup>4,5)</sup>。今回の温浴実験では、鼓膜温や皮膚温の上昇もそれまでに至らなかったもので、睡眠中の心拍変動への影響も小さかったものと推測される。

唾液については自律神経機能と深く係わっている唾液量を反映する Na と K 濃度を中心に検討した<sup>16)</sup>。温浴の翌朝の Na 濃度と Na/K 比の上昇というサーカディアンリズム<sup>16)</sup>は確保されていたが、いずれの温浴でも入浴前後の間で差がなく、唾液検査からも自律神経系に対する今回の温浴の影響はみられなかった。

心理面から温浴のリフレッシュ効果をみたと

ころ、いずれの温浴においても入浴後のスコアが増加していたが、各温浴のリフレッシュスコアの変動を考慮した 2 元分散分析では統計的には有意差を得ることはできなかった。しかし、各種温浴ごとに入浴前後を比較したところ表層水で有意となり、各種温浴間のリフレッシュスコアの変動を斟酌すれば、全般的に温浴のリフレッシュ効果があったとみてよい成績であった。

睡眠に対する影響については、OSA 睡眠調査を各温浴で比較した。OSA 睡眠調査の各項目は当該睡眠(今回の研究では温浴後の睡眠に相当)について 6 種類の構成因子から尺度化しており、それには従来から指摘されている温浴の効果としての寝つきや熟睡の程度も含まれていることから<sup>4,5)</sup>、本研究の目的に合致したものとして採用した。結果は、深層水と表層水で朝の目覚め時にいずれの因子の平均値も空浴や水道水浴に比較して高かったが、統計的に有意な差ではなかった。ヒトでは、寝る前の体温上昇が睡眠の徐波化を促す(寝つきまでの時間を短くすることにつながる)との報告があり<sup>17,18)</sup>、海洋水の温浴では、他に比較して体温の上昇が大きかったため、これが睡眠の質の向上につながった可能性も考えられよう。OSA 睡眠調査はアンケートによるいわゆる主観的なものであるが、この寝つきスコアと客観的な所見である睡眠中の相対的な副交感神経系の活動度の指標である HFnu との間に空浴を除くいずれの温浴においても正の相関がみられたことは、OSA 睡眠調査の信頼性を強化するとともに、温浴が寝つきを介して睡眠中の副交感神経優位に寄与することを示唆した。

## E. 結論

海洋深層水を使用しての温浴の効果を生理学

的指標により検討した。その結果、鼓膜温(深部体温)、皮膚温(浸漬部サーモグラフィ)、心拍変動の交感神経、副交感神経活動の分析といった指標が、生理学的な温浴の効果を観察するに際して、有用と考えられた。

#### F. 参考文献

- 1 杉山尚：温泉治療学総論。温泉医学（日本温泉気候物理医学会編），日本温泉気候医学会，東京，1990；p16-18.
- 2 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 1990；32：272-275.
- 3 大島良雄，矢野良一：温泉療養の指針—改訂第3版—。社団法人日本温泉協会，東京，1991；p104-114.
- 4 Hrne JA, and Reid SJ: Night-time EEG changes following body heating in a warm bath. EEG Clin Neurophysiol 1984；60：154-157.
- 5 Bunnell DE, Agnew JA, Steven Horvath SM, et al.: Passive body heating and sleep: influence of proximity to sleep. Sleep 1988；11：210-219, 1988.
- 6 ベストムックシリーズ 68: 海洋深層水. KKベストセラーズ，東京，2001；p22-23.
- 7 Sekine M, Kagamimori S, Ohmura S, et al.: The effect of taking bath with aroma essence on cardiac autonomic nerve activity during sleep. J Jpn Assoc Phys Med Balneol Climatol 2001；64：87-92.
- 8 Macky C, Cox T, Burrow G, et al.: An inventory for the measurement of self-reported stress and acousal. Br J Soc Clin Psychol 1978；17：283-284.
- 9 中高年齢労働者ヘルスケア検討委員会ストレス委員会報告：企業におけるストレス対応のための指針。産業医学ジャーナル，東京，1986；9：61-66.
- 10 小栗貢，白川修一郎，阿住一雄：OSA 睡眠調査票の開発—睡眠感評定のための統計的尺度構成と標準化—。精神医学 1985；27：791-799.
- 11 富山県：富山の深層水。富山県商工労働部企画課，富山，1999；p2-3.
- 12 田中信行：循環器疾患と温泉療法。総合リハ 1989；17：571-588.
- 13 清水富弘，藤島和孝，上田毅，他：海水塩類濃度が温浴時の体温変動に及ぼす影響。日本温泉気候物理医学会 1998，61：195-201.
- 14 Benzinger TH: On physical heat regulation and the sense of temperature in man. Proceedings of the National Academy of Science USA 1959；45：645-569.
- 15 本橋豊：温泉入浴の保養効果の自律神経指標による評価に関する研究。厚生省科学総合研究（気候・地勢および温冷刺激の保養効果の自律神経指標による評価に関する研究）平成 11 年度研究報告書（主任研究者 鏡森定信），東京，2000；p17-19.
- 16 Hilton JW, Burton RF, Harmer JG, et al.: Relative changes in salivary Na<sup>+</sup> and K<sup>+</sup> concentrations relating to stress induction. Biolog. Psychol 1992;33:63-71.
- 17 Berger RJ, Palca JW, Walker JM, et al.: Correlations between body temperatures, metabolic rate and slow wave sleep in humans. Neurosci Let 1988;86:230-234.



- 18 Bunnell DE, Bebler W, Horvath SM:  
Effects of exhaustive exercise on the  
sleep of men and women.  
Psychophysiology 1983 ; 29 : 50-58.

#### G. 健康危険情報

温浴により起立失調など不測の事態の発生も考えられるので、十分な事前チェックと監視のもとで実験が行なわれた。なお、実験全体は学内の倫理委員会の審査を受け承認を得た。

#### H. 研究発表

##### 1. 論文発表

鏡森定信, 王紅兵, 張森, 関根道和 他: 海洋深層水温浴効果の心理・生理学的指標による検討。日温気物医誌, 65, 73-82, 2002.

##### 2. 学会発表

- 1) 鏡森定信、関根道和 他: 温浴行動と睡眠の質に関する心理・生理学的モニタリング指標による検討。日温気物医学会, 2001,5. 四日市.
- 2) 大村栄、鏡森定信、関根道和 他: 海洋深層水温浴による体温と心理の変化。日温気物医学会, 2001,5. 四日市.

Table 1. Protocol of bathing experiment

Entry	←Before bathing (Thigh and tympanic temperature, Saliva collection, Blood pressure measurement, Questionnaire on refreshment, Set-up of Holter ECG.)
First and second bathing (6 min)	←Thigh skin temperature measurement just after bathing. On 6 min rest out of bath. ←The same measurement at 5th min.
Third bathing(6 min)	←Thigh skin and tympanic temperature measurement just after bathing. Saliva collection, Blood pressure measurement ← 5 min later, Thigh skin temperature measurement ←15min later, Thigh skin and tympanic temperature measurement, Saliva collection, Blood pressure measurement ←30min later, Thigh skin and tympanic temperature measurement, Saliva collection, Blood pressure measurement, Questionnaire on refreshment
Next morning	←Questionnaire on sleep

Table 2 Changes of systolic blood pressure (M±SD) by 4 kinds of bathing

Bathing	n	Before	After 3 rd bathing	15 min later	30 min later
Sham	9	112±13	107±15	108±14	106±13
All bathing	27	112±13	110±15	109±14	110±13
Deep water	9	112±12	108±14	110±11	110±12
Surface water	9	112±12	114±15	111±14	113±16
Tap Water	9	112±15	107±19	108±18	107±11

Table 3 Changes of diastolic blood pressure (M±SD) by kinds of bathing

Bathing	n	Before	After 3 rd bathing	15 min later	30 min later
Sham	9	78±12	75±14	77±13	75±14
All bathing	27	78±15	76±14	76±15	78±14
Deep water		77±15	74±12	75±15	77±14
Surface water		76±16	77±15	76±16	80±12
Tap Water		80±15	77±15	77±14	76±16

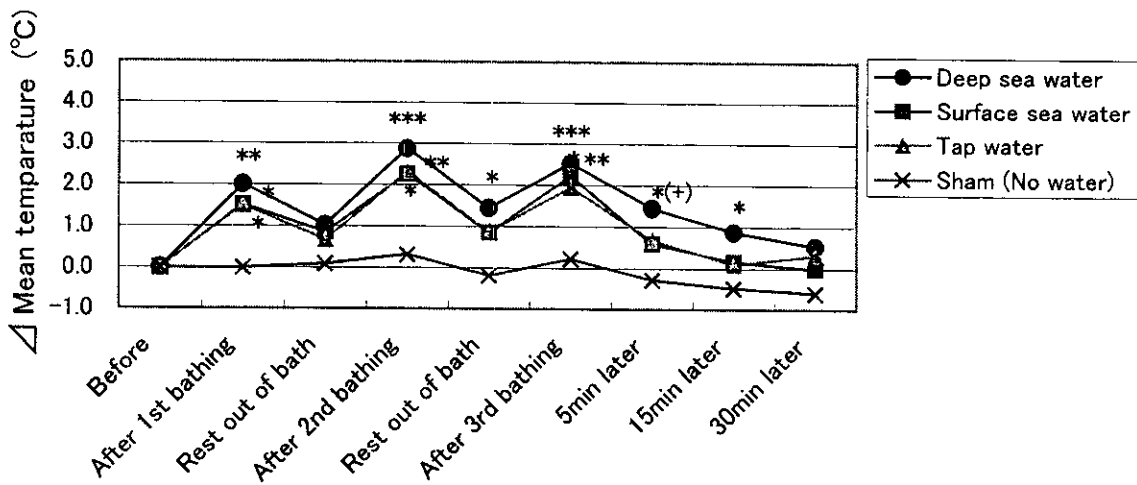


Fig.1 Changes of left thigh temperatures by 4 kinds of bathing  
 \*:p<0.05, \*\*:p<0.01,\*\*\*:p<0.001 vs sham bathing, (+):p<0.1 vs tap water bathing

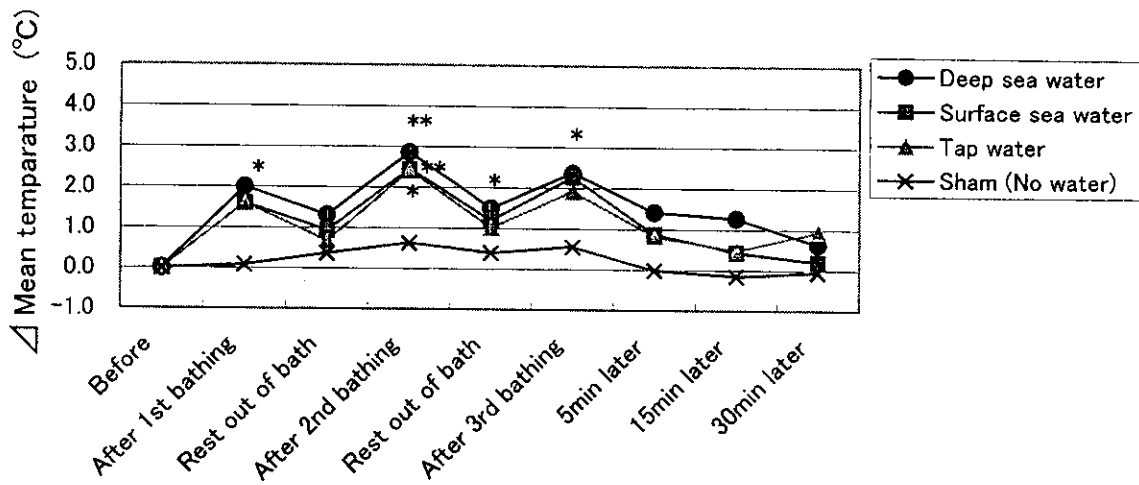


Fig.2 Changes of right thigh temperatures by 4 kinds of bathing  
 \*:p<0.05, \*\*:p<0.01 vs sham bathing

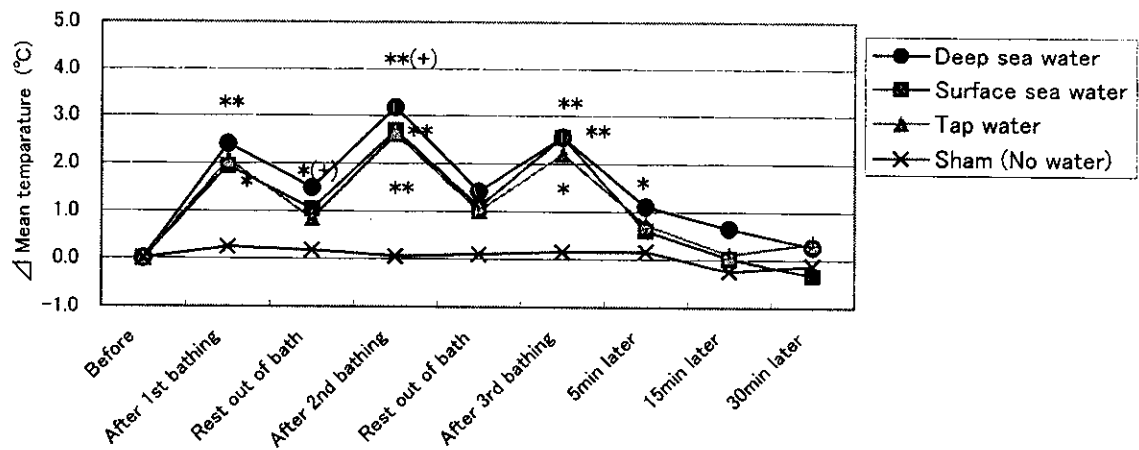


Fig.3 Changes of lower back temperatures by 4 kinds of bathing  
 \*:p<0.05, \*\*:p<0.01 vs sham bathing, (+):p<0.1 vs tap water bathing