HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	温泉保養地の気候環境と天然温泉水のストレス軽減・休養効果の研究 ： 自然に身をおき、調和する中で生まれる健康づくり
Author(s)	渡辺, 成江; 森谷, 絜; 阿岸, 祐幸 他
Citation	日本健康開発財団研究年報, 26, 37-45
Issue Date	2005
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/32874
Type	journal article
File Information	kenko26-37.pdf

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

「温泉保養地の気候環境と天然温泉水のストレス軽減・休養効果の研究」

～自然に身をおき、調和する中で生まれる健康づくり～

研究代表者　札幌市立高等専門学校　渡部　成江
共同研究者　北海道大学大学院教育学研究科健康スポーツ科学講座　森谷　絜
北海道大学医学部　阿岸　祐幸
北海道大学大学院教育学研究科健康スポーツ科学講座　角田（矢野）悦子

【緒言】

日本の恵まれた温泉資源の保健的活用は長寿高齢社会にとって有効であり、科学的に裏付けられた温泉資源によるストレス軽減、リラクゼーション、リフレッシュは、病気の予防、健康増進、明日への活力といった予防医学的な意義を大きくする。温泉に出かけることは、気候の変化を伴う転地である。大都市生活者が日常的に受ける有害な環境要素から抜け出て、気候の保護作用を受けると共に、心理的な解放感をも味わうことが多いであろう。

我々の平成14年度の研究結果[1]では、温泉地で行う天然温泉入浴は、都市部のマンションで行う入浴剤添加入浴やさら湯入浴以上に、心身をリラックスさせ、快感情得点が増すといったストレス軽減効果が、脳波や感情の質問紙から示された。さらに天然温泉入浴実験日の夜間睡眠はさら湯入浴実験日に比べて睡眠の質が良く、休養効果が高いことも認められ、1回の天然温泉入浴の急性効果を認めた。それらは浴室と浴槽が大きいこと、窓から見える景色、泉質、マイナスイオンの多さなど複合的な要因によると考えられ、効果を生じる要因の検討が次の課題として残された。

本研究では、上述した研究結果をさらに深めるため、以下の2つの実験を行った。＜実験１＞として、都市環境（札幌市中心部に位置する北海道大学研究室）並びに温泉保養地環境（札幌市郊外の定山渓温泉施設宿泊室）の屋内での「安静状態」がもたらす心理的・生理的変化を測定し、両者を比較することから温泉地気候環境の効果を検討した。＜実験2＞として、温泉保養地環境のもとで、天然温泉入浴並びにさら湯入浴実験を行い、天然温泉水がもたらすストレス軽減・休養効果を検討した。両実験とも環境条件の測定を行うとともに、被験者の生理・心理状態の測定指標として、脳波感性スペクトル値、脳波帯域パワー値、感情の変化を中心に、体温、心電図も併せて検討した。近年になり、睡眠不調・睡眠障害に悩む人たちが多く、中でも中年期以降に睡眠不調・障害の多発することが知られるようになってきた[2]。そこで、睡眠改善のための生活処方を検討する目的

で、それぞれの実験日に自宅でとった夜間睡眠の自覚的睡眠感を比較した。

【実験】

＜実験１＞都市環境及び温泉保養地環境での安静実験

目的：都市環境（札幌市中心部の北海道大学（以下、北大）研究室）と温泉保養地環境（札幌市郊外の定山渓温泉施設宿泊室）の屋内2条件で、60分間安静にしている時の心理・生理指標の変化、自覚的睡眠感、気候環境条件を測定し、比較検討することを目的とした。

実験方法：

[被験者] 年齢60歳前後の健常な女性8名。

[実験条件と実験期間] 北大研究室及び定山渓温泉施設宿泊室にて安静にしている2条件であった。実験は2004年11～12月、14:00～16:40の間に1室2名で同時に行い、同一被験者に対して同一時間帯で2条件の2実験を2日に割当てて行った。

[北大研究室の環境] 札幌市中心部の北大構内の研究室を安静実験室、もう1つの研究室を着替えと電極等の装着をする控え室として利用した。室温はファンヒーターと電気ストーブにて調整した。窓のブラインドを下ろして照明を点灯した。

[温泉施設宿泊室の環境] 北海道森林管理局保養所「豊林荘」（札幌市中心部から車で約1時間10分、定山渓）の温泉施設を借用した。8畳の和室2部屋を借用し、着替え及び控え室と安静実験室とした。室温調整には石油ストーブを用いた。窓の障子を閉めて照明を点灯した。

[実験経過] 実験前に被験者はTシャツと短パンの上に上下のジャージを着用し、30分以上の安静を保った。60分間の椅子座位安静のうち、14～24分の10分間は、閉眼をした4分間を除いて風景の写真集を自由に見てもらった。

[測定項目]

①脳波：測定と解析にESA-16感性スペクトル解析装置（株式会社脳機能研究所）を使用した。国際10－20電極配置法（国際脳波学会）に従い、電極を10ヵ所（Fp1, Fp2, F3, F4, T3, T4, P3, P4, O1, O2）に配置した。基準電極は右の耳朶、グランド電極はFpzに配置した。実験開始5～9分（安静1）、18～22分（写真集を見た直後；安静2）、33～37分（安静3）、52～56分（安静4）の各4分間を閉眼させた。閉眼時の前頭部における4つの感情値（「N1：怒り／ストレス」「P1：喜び」「N2：悲しみ」「R：リラックス」）を武者らが開発した感性スペクトル解析によって求め、Z値（Z値＝（反応値－平均値）／標準偏差）に変換して評価した[3)]。さらに、これらの4つの感情値を四則演算して求められる複合感情値（「Irritated (N1+N2)」「Comfortable (P1+R)」「Mental activity (N1 － R)」「Good mood (P1－N2)」）を求めた。上記の時間帯におけるFp1、Fp2、F3、F4におけるθ波（3～8Hz）、α_1波（8～10.5Hz）、α_2波（10.5～13Hz）、β_1波（13～16.5Hz）、β_2波（16.5～20Hz）の各帯域パワー値を求めた。

② MCL-S.1（Mood Check List-Short

Form1)：橋本らが開発し、信頼性と妥当性が確認されている感情測定質問紙「MCL-S.1」[4]を用いた。「快感情」「リラックス感」「不安感」の3つの下位尺度からなる。質問は閉眼による脳波測定の直後に口頭で行い、被験者は「まったくそうでない」から「まったくそうである」の7段階のリカート式得点に返答した。下位尺度毎に得点を加算し、さらに素得点を正規化したT得点（T得点＝50×10(素得点－平均値)／標準偏差）を求めて評価した。

③心拍数・心臓自律神経活動（HF、LF/HF)：アクティブトレーサー(GMS社、AC-301）を用いて、連続測定した実験中の心拍R-R間隔を周波数解析し、心拍数、LF（0.04 ～ 0.15Hz)、HF（0.15 ～ 0.4Hz）値を1分毎に求めた。HF値は副交感神経活動、LF/HF値は交感神経活動を表す指標として用いた。

④皮膚温：右前胸部（T_1)、右上腕外側（T_2)、右大腿前面（T_3)、左手第五指爪床部の4ヶ所にサーミスター温度計(テクノセブン、D-925 or おんどとりJr.RTR-52/Data Collector RTR-57)のセンサーを装着し、1分毎の皮膚温を連続測定した。平均皮膚温（Ts）はRobertsらの三点法（$Ts=0.43\times T_1+0.25\times T_2+0.32\times T_3$）[5]を用いて求めた。

⑤鼓膜温：耳式体温計（テルモ、M20)により、MCL-S.1の質問直後に測定した。

⑥OSA睡眠調査票：帰宅後の夜間睡眠の評価は、信頼性と妥当性が明らかになっている質問紙「OSA睡眠調査票」[6]によった。OSA睡眠調査票は、各人が就寝時に記述する「睡眠前調査」と、起床直後に記述する「起床時調査」からなっている。また被験者の睡眠(前)日の「生活活動の記録」で、夜間睡眠を比較する両日の生活に大きな違いがないことを確かめた。「起床時調査」の睡眠感を評価する31項目の質問に対する回答を小栗らの方法に従って標準化し、尺度値を求めた。「起床時調査」は、5つの下位因子(『ねむ気』『睡眠維持』『気がかり』『統合的睡眠』『寝つき』）から構成されるが、質問項目ごとにも比較できる方法で、高得点ほど良い睡眠感を意味する。

[気候環境条件の測定項目]

①温湿度：サーモレコーダー（タバイエスペック、RT-11）により連続測定した。

②気圧：気圧計（いすず製作所、ALTIMETER）により測定した。

③照度：デジタル照度計（トプコン株式会社、IM-5）により測定した。

④空気イオン：空気イオンカウンター（アンデス電気株式会社、inti、ITC-210A）により、マイナスイオン、プラスイオンを測定した。

⑤芳香物質:質量分析装置（アジレント・テクノロジーズ製）を用いた成分質量法（GCMS法）によって、空気中のピネンやリモネンなどの芳香物質の存在を調べた。

[統計処理] 2条件の実験経過をおった各時系列データについて、重複測定分散分析と多重比較検定を行った。睡眠感尺度得点の条件による差を一元配置分散分析により解析した。危険率5%を有意水準とした。

結果と考察：

(1) 気候環境：

①温湿度：実験室の平均室温は、H群（北大研究室実験）23.1℃（21.0～23.7℃）、J群（定山渓温泉施設宿泊室実験）23.7℃（22.1～24.4℃）、平均湿度は、H群52.9%(43～63%)、J群40.1%（36～44%)。

②気圧：平均気圧は、H群1017 hPa（1013 ～ 1022hPa)、J群963hPa（948～976hPa)。

③照度：平均照度は、H群944.1（lx)（926～979 (lx))、J群71 (lx) (62.3～92.2 (lx))。

④空気イオン：30分間連続測定した空気イオンのマイナスイオン平均値（±標準誤差）はH群68±9、J群68±3（個／1cc)、プラスイオン平均値はH群1380±317、J群568±37（個／1cc）でH群がJ群に比べて多く有意差が認められた。両群ともにマイナスイオンよりもプラスイオンの割合が高かった。

⑤芳香物質：北大屋外、定山渓温泉施設周辺の屋外、定山渓温泉施設宿泊室の空気中にピネンが検出されたが、北大研究室内の空気中からは検出されなかった。

(2) 被験者：8名の女性の平均年齢（±標準誤差）は、61.6±1.2歳、平均身長153.2±4.3cm、平均体重51.75±4.83kg、平均体脂肪率28.3±4.0%であった。

(3) 脳波感性スペクトル値：脳波は、実験中に電源が落ちてデータが消失した2名を除き、6名のデータを解析した。J群とH群の感性スペクトル4感情Z値と、4つの複合感情Z値においてJ群とH群の主効果に有意差は認められず、経過時間の主効果にも有意差は認められなかった。

(4) 脳波パワー値：脳波を測定した前頭部4箇所（Fp1、Fp2、F3、F4）について、θ、α_1、α_2、β_1、β_2帯域のそれぞれのパワー値の変化を検討した。Fp1、Fp2、F3のα_2帯域パワー値において両群に有意な交互作用が認められ、H群では安静1から安静2で減少し、J群では変化しない傾向にあった。また、F3のβ_1、β_2帯域パワー値においても有意な交互作用が認められ、β_1帯域パワー値は安静2でJ群よりもH群のパワー値が有意に小さかった。β_2帯域パワー値は安静3から4でJ群がH群よりも大きく、やや上昇する傾向にあった。

(5) MCL-S.1:「快感情」T得点と「リラックス感」T得点の変化の時間経過の主効果に有意差が認められた。J群の「快感情」では、安静1に比べて安静2と安静3の時間帯で有意に上昇し、H群は安静2でのみ上昇した。「リラックス感」は、H群の安静2で安静1と比較して有意に上昇した。

(6) 心電図：閉眼で安静にしている安静1～4の各4分間、計16分間の心拍数、HF、LF/HFには、2群間の主効果並びに時間経過の主効果に有意差は認められなかった。

(7) 皮膚温：安静60分の実験経過を分けて、前半後半それぞれ30分の皮膚温の変化を検討した。平均皮膚温の2群間の主効果並びに時間経過の主効果に有意差は見られなかった。左手第

五指爪床部皮膚温は、安静後半の30分間で2群間の主効果に有意差が見られ、H群はJ群に比べて高い皮膚温であった。末梢皮膚温が高いことから末梢血管を収縮させる交感神経活動が低下したことが推察された。

(8) **鼓膜温**：安静60分中、4回の測定で2群間の主効果並びに時間経過の主効果に有意差は認められなかった。

(9) **OSA睡眠調査票**：両群の夜間睡眠には有意差は認められなかった。

以上の結果から、温泉施設宿泊室環境と北大研究室環境での60分間の安静状態を比較すると、温泉施設宿泊室での安静では、写真集を見た後も長時間「快感情」得点が高く保たれ、脳波β波帯域パワー値が北大研究室環境と比較して高かったことから、より覚醒されていたと考えられた。北大研究室環境では、写真集を見た直後に「快感情」得点が高まった。脳波の変化から覚醒度は温泉施設宿泊室環境よりも下がる傾向であり、リラックスした状態であったことが示唆された。温泉施設宿泊室ではプラスイオンが多くはなく、北大研究室環境から検出されなかった芳香物質のピネンが検出されたことなどから、北大研究室環境と比べてリラックスというよりはリフレッシュ効果があったことが観察された。しかし、温泉地に出向いて安静にするだけでは、夜間睡眠への効果は認められなかった。

＜実験2＞温泉保養地での天然温泉入浴及びさら湯入浴実験

目的：温泉保養地（札幌市郊外定山渓）の温泉施設にて、湯温40℃ 10分間の天然温泉入浴及びさら湯入浴の心理・生理指標の変化、自覚的睡眠感、気候環境条件をそれぞれ比較検討することを目的とした。

実験方法：

[被験者] 年齢60歳前後の健常な女性8名。

[実験条件と実験期間] 温泉保養地（定山渓）温泉施設にて天然温泉入浴とさら湯入浴の2条件。実験は2004年11～12月、14:00～18:20の間で2名ずつ同時に行い、同一被験者に対して可及的に同一時間帯で2実験を、カウンターバランスをとって2日に割当てて行った。

[温泉施設の環境と入浴方法] 北海道森林管理局保養所「豊林荘」（札幌市南区定山渓）の温泉施設を借用した。脱衣室を安静室とした。安静室の室温調整には石油ストーブを用い、換気も含めて窓からの外気を常に取入れた。浴室（約20m^2）の片面は全面ガラス張で近くの山を眺めることができ、浴槽の大きさは335cm×180cm×55cm (h)であった。天然温泉水の湯で満たした浴槽に、ポリウレタン製の入浴用袋（バスインバス、中島建物株式会社、袋内の湯量は約110ℓ）を入れ、被験者は入浴用袋の中の源泉100%の天然温泉水（ナトリウム－塩化物泉）並びにさら湯（沢水に少量の塩素を添加して供給される水）の2条件で入浴した。湯温は浴槽内の温泉水の温度を40℃に調節することで、熱伝導によりバスインバス内の湯温も40℃に設定した。

[実験経過] 実験前に被験者は水着を着用し、30分以上の安静を保った。入

浴前に床上の座椅子上で半臥位安静を10分、半臥位で鎖骨下まで浸漬した40℃の全身入浴を10分、出浴直後に充分体と水着の水分を拭き取り、座椅子上で半臥位安静回復を30分とった。入浴前後の安静時は、肩と脚部を乾いたバスタオルで包んだ。

[被験者の測定項目] ①脳波、②MCL-S.1、③皮膚温、④鼓膜温、⑤OSA睡眠調査票の測定は＜実験１＞に同じ。

[気候環境条件の測定項目] ①温湿度、②気圧、③照度、④空気イオン、⑤芳香物質の測定は＜実験１＞に同じ。

[統計処理] ＜実験１＞に同じ。

結果と考察：

(1) 気候環境：＜実験２＞では両条件ともに同じ実験場所を利用したので、2条件の気候環境はほぼ類似したものであった。

①温湿度：安静室（温泉施設脱衣室）の平均室温は28.9℃（24.7～31.1℃）、平均湿度は、24.5%（17～35%）、浴室の平均室温は23.3℃（21.4～26℃）、平均湿度は、82.7%（73～96%）。

②気圧：安静室の平均気圧は977 hPa（950～988hPa）。

③照度：安静室の平均照度は185.2(lx)（25.3～687(lx)）、浴室は394.6(lx)（30～995(lx)）。

④空気イオン：安静室にて10分間連続測定した平均マイナスイオン（±標準誤差）は、S群（さら湯入浴実験）1472±279、O群（天然温泉入浴実験）1595±161(個／cc)、平均プラスイオンは、S群1435±176、O群1550±215(個／cc)、浴室にて10分間連続測定した平均マイナスイオンは、S群8095±1805、O群6435±3143(個／cc)、平均プラスイオンは、S群6692±1803、O群6670±2407(個／cc)でいずれも2群間に有意差は認められなかった。

⑤芳香物質：定山渓温泉施設の安静室（脱衣室）並びに浴室内の空気中から芳香物質リモネンが検出された。

(2) 被験者：＜実験１＞に同じ。

(3) 脳波感性スペクトル値：時間経過の主効果において両群に有意差が認められ、O群では、入浴前と比較して入浴中に「喜び(P1)」（図1）、複合感情の「Comfortable」、「Good Mood」のZ値が有意に上昇し、出浴後前半でも「喜び(P1)」と「Good Mood」で高いZ値を保った。S群では入浴前に比べてZ値の変化に有意差は認められなかった。

(4) 脳波パワー値：脳波測定を行った前頭部4箇所において、θ、α_1、α_2、β_1、β_2帯域パワー値の変化を検討したが、条件と時間の主効果に有意差は認められなかった。

(5) MCL-S.1：「快感情」T得点の時間経過の主効果に有意差が認められ、O群では入浴前に比べて出浴後前半の時間帯で有意に上昇した。S群では有意差が認められなかった。

(6) 皮膚温：入浴中の皮膚温には両群に差がないので、出浴後30分間の皮膚温の変化を検討した。出浴後30分間の2群間の主効果に有意差が認められ、O群がS群に比べて高い皮膚温を保った。また、有意な交互作用も認められ、出浴後安静1～19分までの時

間帯でO群はS群よりも有意に高かった。左手第五指爪床部皮膚温では、出浴後30分間の2群に交互作用が認められた。両群は出浴直後に低下した皮膚温がすぐに上昇するが、上昇はS群に比べてO群の方が大きく、O群は高い皮膚温のまま30分経過したのに対し、S群の平均値はゆっくりと上昇して出浴後20分以降にO群に近づく傾向にあった。出浴後10～12、15、16分目でO群がS群に比べて有意に高い値だった。

(7) **鼓膜温**：入浴前、入浴、出浴後前半、後半の4回の測定で両群間の条件と時間の主効果に有意差は認められなかった。

(8) **OSA睡眠調査票**：O群の夜間睡眠はS群の夜間睡眠に比べ、OSA睡眠調査票下位因子の『気がかり』『統合的睡眠』で有意に高い得点であった(図2)。質問項目でみると「今朝はふだんにくらべてやる気がある」、「全体として今朝の体調はよい」、「寝返りの量はふだんにくらべて少なかった」、「昨夜の睡眠時間はふだんにくらべて長い」、「今朝は、ふだんにくらべて心配事が少ない」、「今朝は、ふだんにくらべて、気分がのんびりしている」で有意に高得点を示した。中高年期の女性被験者において、天然温泉入浴日の夜間睡眠得点はさら湯入浴日の夜間睡眠よりも良質であったと考えられる。

以上の結果を全体としてみると、温泉保養地での天然温泉入浴では、入浴中に「喜び」、「Comfortable」、「Good Mood」といった心地よいとされる感情が高まり、出浴後も継続することが脳波感性スペクトル値から示唆されたとともに、主観的な「快感情」も出浴後に高まったことが示唆された。このような状態はさら湯入浴によっては見られなかった。また、皮膚温の変化から天然温泉入浴はさら湯入浴に比べて出浴後の保温効果が高いことも認められた。さらに、天然温泉入浴は高い睡眠改善効果を生じさせた。両条件とも、バスインバスを入れた周囲の浴槽の湯は天然温泉水であるから、温泉水の蒸気の吸入が同様にあったと推察される。2条件の違いは、皮膚に触れている湯の部分の違いのみと考えられることから、天然温泉入浴が入浴中及び出浴後の高いリフレッシュ・休養効果と入浴日の睡眠改善効果を示したのは、天然温泉水の湯触りや天然温泉水に含まれる成分の経皮吸収による効果であったことが本実験の結果から推察された。

【謝辞】

本実験にあたり、多忙な時期にも関らず温泉施設「豊林荘」を借用させて下さった北海道森林管理局の皆様、「豊林荘」の小川様、芳香物質測定にご協力頂いた札幌市消防局消防科学研究所の皆様、被験者、験者として協力して下さった皆様に心から感謝致します。

【引用文献】

1) 渡部成江，森谷絜，阿岸祐幸，橋本恵子（2003）；天然温泉浴のストレス軽減効果と休養効果に関する実証研究．財団法人日本健康開発財団研究年報24, pp1-7.

2) 白川修一郎，鍛冶恵，高瀬美紀

(1998)：中年期の生活・睡眠習慣と睡眠健康，平成7-9年度文部科学研究費補助金研究成果報告書（研究代表者；堀忠雄），pp58-65.
3）荒賀裕，武者利光；脳波による新たな感性解析法—ESA16，Emotion Expertを用いた感性解析の手法と応用—（技術資料）.
4）橋本公雄，徳永幹雄（1996）；運動中の感情状態を測定する尺度（短縮版）作成の試み—MCL-S.1尺度の信頼性と妥当性—. 健康科学，Vol.18, pp109-114.
5）Roberts MF, Wenger CB, Stolwijk JAJ, Nadel ER(1977)；Skin blood flow and sweating changes following exercise training and heat acclimation. J. Appl. Physiol.,36, pp133-137.
6）小栗貢，白川修一郎，阿住一雄（1985）：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，27, pp791-799.

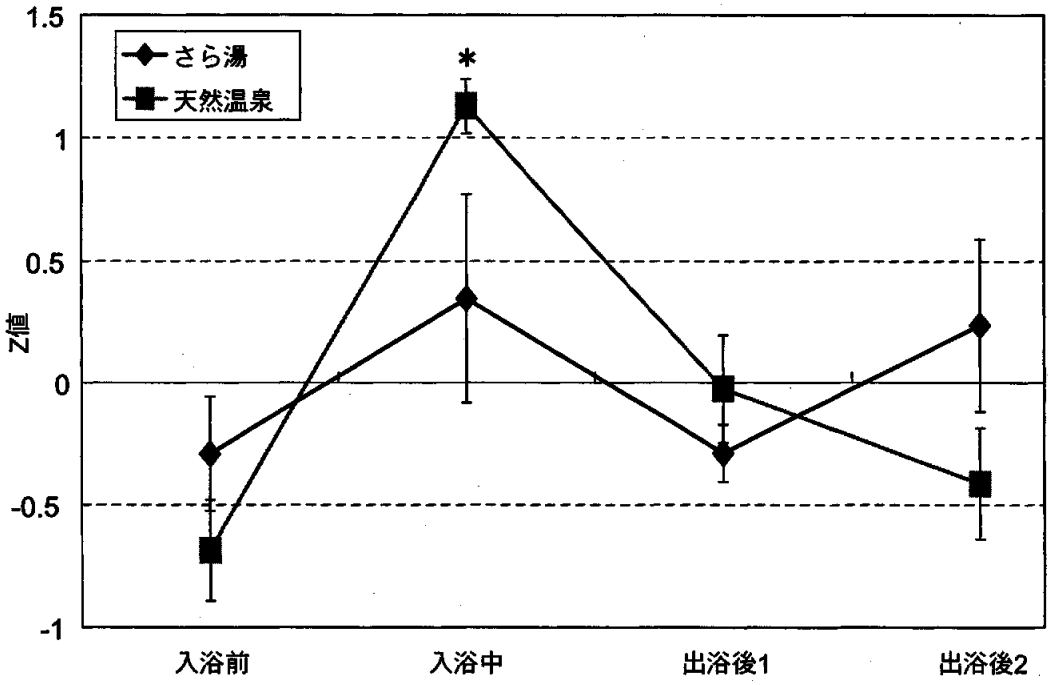

図1　感性スペクトル「喜び（P1）」Z値の変化

Mean ± SEM(n=8), * p＜0.05 vs 入浴前（Post hoc test のTukey法によった）

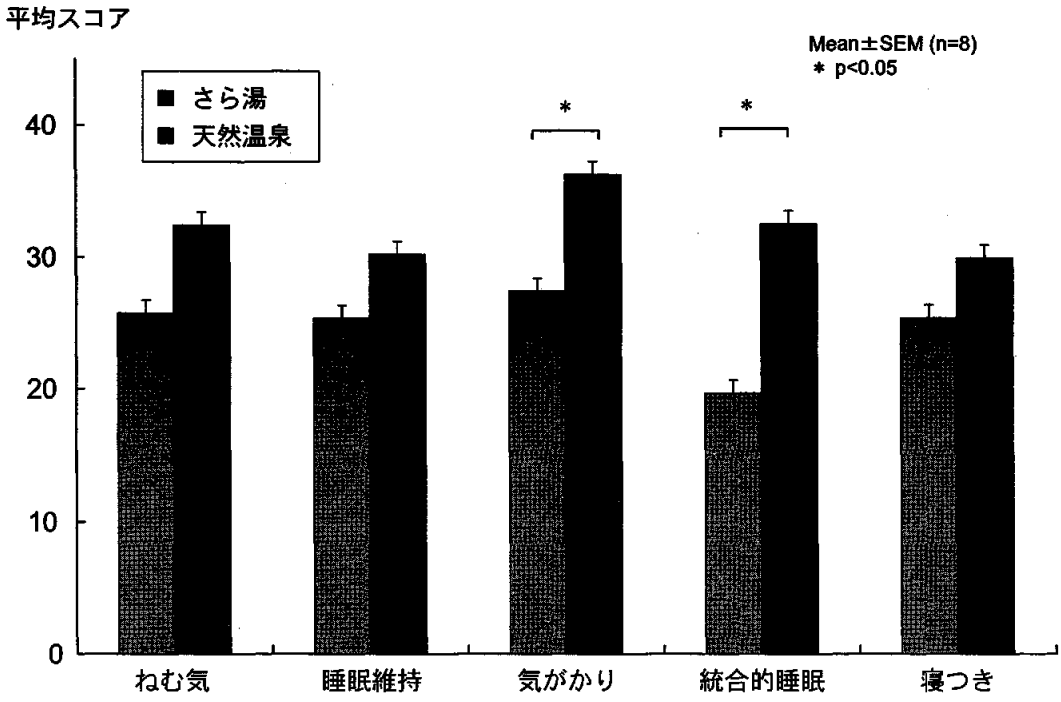

図2　温泉保養地における天然温泉入浴が自覚的睡眠感に与える影響

－OSA睡眠調査票の下位尺度別に見た影響－