

## Summary

The comfortability and safety on resort were investigated in terms of resort environments focusing on atmosphere temperature.

With regard to the comfortability, first, a discomfort index(DI) defined with atmosphere temperature and relative humidity was demonstrated to be associated with autonomic nerve activities derived from heart beat variability at the level around DI-70 which was classified into the category of “ comfortable for most of people”.

Secondarily, it was suggested that the index could be available to evaluate comfortability for given time courses at different resort points with an example of its hourly average in 24 hours a day for a representative month in each season. With regard to the safety, first, stroke incident rate of each month was associated with monthly average atmosphere temperature when the relationship was analyzed using around ten thousands patients data for 7 years from the community-based stroke registration for in Toyama prefecture. On top of that, it has been demonstrated that the atmosphere temperature on one and two days prior to the stroke development was independently effective on the risk of cerebral hemorrhage and subarachnoidal hemorrhage development with the adjustment for patient's sex and age, calendar year, season, relative humidity and atmosphere pressure. Secondarily, morning raise in blood pressure was affected by the room temperature (10°C and 25°C) . The lower temperature the more raise in blood pressure.

Keywords: resort, comfortability, safety, discomfort index, stroke

## 要旨和訳

保養の快適性と安全性を保養環境の面、特に気象因子の気温から検討した。

快適性については、最初に、気温と相対湿度で定義される不快指数が、ほとんどの人が快適と感じる不快指数 70 前後で心拍変動から求められた自律神経活動と連動して変化することを明らかにした。ついで、この不快指数で保養地の一日の各時間帯の快適性を評価できることを、各保養地の四季の代表的な各月のそれを例にあげて示した。安全性については、最初に、各月の脳卒中の発生がその月の平均気温と関連することを、富山県の脳卒中地域登録の 7 年間約 1 万例の患者情報を用いて明らかにした。さらに、脳出血とくも膜出血の発生の危険は、その 1 日および 2 日前の気温に作用され、それは患者の性・年齢、暦年、季節、相対湿度そして気圧を調整因子としても独立的であることを明らかにした。ついで、早朝高血圧は室温 (10°C と 25°C) の影響を受け、室温が低いと早朝の血圧上昇の程度も大きくなることを示した。

## I 緒言

温泉はわが国における代表的な保養行動である。温泉のみならず保養の質には、保養行動が行われる環境が大きく影響することは論をまたない。本研究では、この保養環境を快適性と安全性の両面から検討した。

前者は保養における効果の向上、一方後者は保養における危険回避の面から重要であり、さまざまな環境要因が考えられる。今回は環境要因として気象、なかでも特にこの両面に関係する気温を取り上げて検討した。また、快適性と安全性が人側にもたらす結果とし保養と関連する中核的な生体機能としての神経・循環系を取り上げた。

## II 対象と方法

### 1. 不快指数と心拍変動からみた自律神経系の反応

軽作業に従事する6名の男子(25-30歳)にホルタ-心電計とともに温湿度計を携帯してもらい24時間連続記録を行った。この連続記録からアメリカ気象局の方法により気温と相対湿度から不快指数<sup>1,2)</sup>を、また心拍変動のスペクトル解析(Lomb法)<sup>2)</sup>でR-R間隔の低周波(LF;0.05-0.15Hz)領域ならびに高周波(HF;0.15-0.30Hz)領域のスペクトル密度の積分値である各成分および両者の比(LHR)をそれぞれ5分間隔で算出した。なお、不快指数についてはその分布を3分割し、カテゴリーI(不快指数 $\leq 66.2$ )、カテゴリーII(不快指数 $> 66.2, \leq 72.0$ )およびカテゴリーIII(不快指数 $> 72.0$ )に分けた。

### 2. 不快指数からみた一日の各時間帯の快適性

気象庁から電子媒体(CD)で刊行されている1998年の1,5,8および10月の毎日の1時間ごとの気温と相対湿度からアメリカ気象局の方法<sup>1)</sup>で不快指数を求め各時間帯の1ヶ月の平均値と標準偏差で図示した。使用したデータは、著者らが居住する富山市、大都市の東京都、高原保養地の軽井沢および南国避寒地の那覇市の各気象台のものである。

### 3. 脳卒中の発生と気象因子との関連

1991年12月1日から1998年11月30日まで富山県脳卒中情報システムに登録された初発脳卒中患者を研究対象とした<sup>1)</sup>。25歳以上の10729人のうち、脳梗塞(CI)は6520人(全体の60.5%)、脳出血(CH)は2803人(26.0%)、くも膜下出血(SAH)は1229人(11.4%)であった。気象データは気象庁からの基本情報より算出した気温、湿度と気圧の日別平均値(1時間ごとの測定値の24時間の平均)と月別平均値(月の日別平均値の平均値)を使用した。

#### 1) 月別平均気温と当該月の脳卒中発生危険度との関係

脳卒中の月別発生危険度は当該月の実際に観察された発生患者数と期待発生数の比として定義した。期待発生数は、観察期間中に発生した全脳卒中数を観察期間中の総月数で除して求めた。月別平均気温と当該月の脳卒中発生危険度との関連は Pearson

相関分析を行って検討した。

## 2) 脳卒中発生危険度と発生日およびその先行日の日別平均気温との関係

脳卒中発生日及びその前 15 日間まで遡った各先行日の平均気温を使った場合の脳卒中発生危険度を、患者の年齢と性別、暦年、季節、曜日および気温以外の気象因子である相対湿度と気圧を調整して Poisson 回帰分析を用いて推計した。

## 4. 早朝血圧上昇に関する室温の影響

20 代の健康な男子大学生 5 人(平均年齢  $22.8 \pm 0.4$  歳)を対象として実験を行った。室内の温湿度をコントロールできる人工気候室を用いて、湿度を 50%に一定にして、気温  $10^{\circ}\text{C}$  および  $25^{\circ}\text{C}$  の条件下で血圧を測定した。測定前日は対象者は激しい運動、飲酒など睡眠に影響することしないように求められた。心拍ごとに連続測定できる指先圧計 (Portapers Model-2、BMI 社、オランダ) を用いて就寝中から起床後 2 時間の血圧を測定した。就寝時刻は午前 0:00 とし、朝 6:00 に目覚ましで起床して 7:00 に軽食を取り 8:00 まで測定した。記録した心拍ごとの血圧のデータから 5 分ごとの平均値を求めた。

## III 成績

### 1. 不快指数の心拍変動からみた自律神経系に対する影響の日中と夜間の比較

日中ならびに睡眠中の不快指数の 3 区分 ( $<66$ 、 $66-72$ 、 $>72$ ) 別に、心拍変動の周波数解析から算出した HF および LHR の平均値を Fig 1 に示した。不快指数の上昇にともない日中、睡眠中のいずれにおいても HF の平均値は減少し、LHR のそれは増加した。なお、いずれの不快指数の区分でも HF の平均値は日中より睡眠中で 3 倍前後大きく、一方 LHR のそれは睡眠中より日中で 3 倍前後、いずれの不快指数区分でも大きかった。

### 2. 四季別にみた一日の不快指数の経時的変化からみた野外の快適性

富山気象台における、1、5、8 および 10 月の各月の全日数の毎時間ごとの不快指数の平均値をその標準偏差とともに Fig2-1 に示した。不快指数が最高値を示す 8 月の 12 時前後に平均値が 80 (不快のレベル) に近づくものの、平均値+標準偏差が 85 (著しく不快のレベル) までには達しなかった。また、午前 10 時台まで、あるいは午後 6 時以降には、平均値+標準偏差が 80 を超えることはなかった。5 月と 10 月では不快指数がもっとも上昇する 12 時前後でも平均値+標準偏差が 70 (快適のレベル) をわずかに超える程度であった。東京気象台における不快指数を Fig2-2 に示した。不快指数が最高になる 8 月の 12 時前後には平均値が 80 (不快のレベル) を超え、平均値+標準偏差は深夜や朝夕においてすでに 80 に達しており、12 時前後には 85 (著しく不快のレベル) 近くまでになっていた。なお、5 月と 10 月では、12 時前後の平均値が 70 (快適のレベル) に達し、平均値+標準偏差が 75 (やや不快なレベル) 近くになっていた。那覇気象台の不快指数を Fig2-3 に示した。8 月の不快指数の平均値は 11 時から 16 時頃まで 85 (著しく不快のレベル) 近くまでありこの間ほとんど変化はみられなかった。また、深夜や朝夕の平均値もすべて 80 (不快のレベ

ル) を超えていた。5 月と 10 月では 12 時前後に平均値が 80 近くまでになるが、午前 9 時台まで、あるいは午後 6 時以降は、平均値+標準偏差が 80 に達していなかった。なお、1 月の平均値は一日中 65 前後であり、12 時前後で平均値+標準偏差が 70 (快適のレベル) になっていた。軽井沢気象台の不快指数を Fig2-4 に示した。8 月の不快指数は 10 時から 17 時頃まで上昇しているが、平均値+標準偏差はおおむね 75 (やや不快のレベル) 以下であった。また、深夜や朝夕においても平均値+標準偏差は 70 (快適のレベル) 付近にあった。

### 3. 一年の気象因子と脳卒中の発生との関連

各月別の平均気温との関連を Fig3 に示した。脳卒中の最大の危険度は 2 月にみられ、また 2 月の平均気温は最低であった。一方、脳卒中の最小の危険度は 8 月にみられ、また 8 月の平均気温は最高であった。年間を通してみると危険度の高値は冬季、低値は夏季の各月に偏在しており、脳卒中発生危険度と気温の間には相関係数 ( $\gamma$ )  $-0.93$  が観察された。

なお、このような両者の関連は、脳出血 ( $\gamma=-0.87$ )、脳梗塞 ( $\gamma=-0.83$ )、くも膜下出血 ( $\gamma=-0.70$ ) でも観察された。各月別については、脳出血で発生危険度の最高値が 8 月にみられた以外は、各月別の関連は全脳卒中とほぼ同様であった。

脳卒中の発生危険度とその発生日以前の気象因子の関係を Fig4 に示した。脳卒中発生日の 2 日前あたりからの外気温の低下がその後の脳出血およびくも膜下出血の発生危険度を上昇させており、前者の方が後者よりその危険度は大きかった。しかし、脳梗塞ではそのような傾向はみられなかった。なお、相対湿度や気圧ではこのような関係は明瞭ではなかった。

### 4. 早朝血圧上昇に関する室温の影響

室温 10 度と 25 度における起床前からの血圧の変化を経時的に観察し、その結果を収縮血圧について Fig5 に示した。起床在位後の血圧の上昇過程において室温 10 度では、25 度に比較して、複数の測定点で収縮期血圧が有意に高かった。また、朝食時の血圧の上昇についても同様な差異がみられた。これらの経時的変化は拡張血圧においても同様な傾向であった。

## IV 考察

心拍変動の周波数解析による自律神経の活動水準では、環境の変化などによってもたらされる末梢からの入力に対して、全身的に身体諸機能を制御するための中枢からの出力のうち、心拍数に関するものが評価されている<sup>1)</sup>。今回の心拍変動の周波数解析の結果では、実際にはほとんどの人が不快とはまだ感じない程度である不快指数 75 以下<sup>2)</sup>の範囲で、不快指数の上昇とともに交感神経活動の上昇そして交感神経活動の低下という生理学的にも至当な反応が確認された。それぞれの神経活動の水準は日中と睡眠中で異なったが、今回観察したようなほぼ快適と考えられる環境下でも、副交感神経活動の水準が相対的に優位となる睡眠時に不快指数の上昇とともにその活動水準が低下していく傾向がみられた。こ

これは、睡眠の質からみても問題となる知見と考えられる。もっとも熟睡、すなわち通常なら副交感神経活動の水準が上昇する時間帯にそれを抑える傾向に作用しているからである。以前私どもは、心拍変動の周波数解析からみて、交感、副交感神経活動水準が安定して維持される至適な環境温度は 20 度から 30 度位の範囲であることを報告した<sup>4)</sup>。睡眠中の不快指数についてもこのような視点から至適な範囲を検討する必要がある。

さて、この不快指数を使って気象の面からも快適性が求められる保養地の条件評価の要素のひとつとして検討を試みた。不快指数に関する日本人の研究では、不快指数 72 で 2%、75 で 9%、77 で 65%、85 で 93%が不快と感じたとの調査結果が報告されている<sup>3)</sup>。一方、アメリカでは、不快指数 75 で 10%、80 で 70%、85 で 95%が不快に感じるとされている<sup>2)</sup>。

この日米の観察から、不快に感じる人が 10%くらい出はじめる不快指数 75 を「やや不快」とし、それが半数を超える 80 を「不快」、90%以上が不快と感じる 85 を「著しく不快」とした。この不快指数の区分を保養地における気象からみた野外の快適性の評価に準用してみたところ、高温多湿の盛夏の 8 月でも、軽井沢のような高原地帯はいずれの時間帯も快適と判定された。富山や那覇については、前者では、5 月や 10 月ではいずれのもの時間帯、8 月なら午前 9 時台までや午後 6 時以降、後者では 1 月ではいずれのもの時間帯、5 月や 10 月では午前 9 時台までや午後 6 時以降が比較的快適と判定された。この不快指数は気温と相対湿度から簡易に算出できるので、各地そして各時間帯の気象因子からみた快適性の判断に活用できる点で実用性の面からも推奨される。

保養の安全性の面からもっとも重要なのは死亡事故である。必ずといってよいほど入浴をとまなうわが国の保養においては、これに関するものとして循環器系で最大の死因でもある脳卒中がまずあげられる。

入浴と脳卒中を含む突然死の関連についてはすでに多くの報告<sup>5)7)</sup>があり、血圧の急激な上昇、起立性失調、熱中症などいろいろとその機序を巡っては議論されているが、死亡事故が冬季に多いことは衆目の一致するところとなっている。これらの事故に予防的に対処するためにも、脳卒中そのものの発生の危険について遡って検討する必要がある。私共は、脳卒中登録で地域の発生例をおおむね把握している富山県脳卒中情報システム事業<sup>8)</sup>の協力を得て、脳卒中発生と気象因子の関連を種々の観点から分析してきている<sup>9)</sup>。

気象因子と脳卒中死亡に関する報告は多いが、発生との関係は余り多くはない。しかしながら、保養時のみならず一般生活においても、わが国の主要な循環器疾患である脳卒中予防の立場からは当然のことながら発生と気象因子と関連が重要である。今回の分析では、予想されたとおり月別平均気温が最低の 2 月に脳出血の発生危険度が最高で、月別平均気温が最高の 8 月に脳出血の発生危険度が最低を示す強い相関関係が月別平均気温と脳卒中発生危険度の間にみられた。したがって、住宅の温熱環境が著しく改善された今日においても、外気温の低下する冬季は、依然として脳卒中発生の危険に留意すべき期間といえる。温泉などの入浴を伴う冬季の寒冷な保養地にあつては、両者があいまってその危険度が高

まることは想像に難くない。

ところでその日の気温の低下が脳卒中の発生危険度を上昇させるとしても、気象因子そのものにも変動の周期があり、実際には突然にその日の気温が下がるようなことは通常少ない。そこで発生日に先行する日の気象因子を使って改めて脳卒中の発生危険度を計算しなおしてみた。気温 1 度の低下による発生危険度の上昇を算出したが、今回のデータを分析した暦年、季節、そして日々の相対湿度および気圧などの攪乱因子も加えて算出したので、結果は、これらの因子とは独立して気温の脳卒中発生に対する危険度ということになる。したがって、季節を問わず出血による脳卒中が発生した場合には 2 日前あたりからの気温の低下が危険要因になっていることになる。このような成績は、天気予報、特に気温情報と連動した保養計画の作成ならびに保養地にあつては気温低下後 2 - 3 日を危険上昇期間として留意する必要があることを示唆している。

気温が循環器系諸機能への作用を介して健康に影響するが、早朝の各種保養行動における安全性の面から、いわゆる早朝血圧上昇<sup>10)</sup>と気温の関連を検討した。気温が 10 度であれ 25 度であれ就床中の血圧には特に統計的な差異はみられなかった。しかしながら起床後に座位を保った状態下で、両気温いずれにおいても起床後血圧が上がるいわゆる早朝血圧上昇が生じた。それらの血圧値は 10 度の方が 25 度よりは常時高く、朝食前後で統計的な有意差もみられた。これらの結果は、早朝、特に起床時における寒冷暴露が生体本来の日内リズムである早朝血圧上昇とあいまって健康危険度を高めることを示している。

なお、今回はこの実験で青年男子を対象にしており、就寝中の血圧は 15 度の気温差で明瞭な差異を示さなかったが、高齢者や女性では勿論異なる結果の出ることが想定されるので、今回の成績の解釈には制約条件を加えておく必要があるだろう。

## V 謝辞

本研究に貴重なデータのご提供をいただいた「富山県脳卒中情報システム」(富山県厚生部所管)に感謝いたします。なお、本研究は厚生労働科学研究補助金(健康科学総合研究事業)の一環として実施された。

## 参考文献

1. Task Force of European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology. Heart rate variability: standard of measurement, physiological interpretation, and clinical use. *Circulation* 1996; 93: 1043-1065.
2. 湿度計測・センサー研究会編著: 湿度計測・センサーのマニュアル. 学献社アル. 学献社. 東京. 1989; P4.
3. 佐藤方彦: 人間と気候—生理人類学からのアプローチ. 中公新書. 講談社. 東京. 1989; P29.
4. 島茂、鏡森定信: 温熱環境の自律神経系への影響評価—心拍変動のスペクトル解

- 析の応用. 医学のあゆみ 1998; 184:938-939
5. 奈良昌治、谷源一、小松本悟：高齢者の入浴事故死の医学的及び社会的検討. 日本老年医学会雑誌 1994; 31:532-537
  6. 堀進悟：入浴中の急死. 内科専門医会誌 1998; 10:68-72
  7. 堀進悟、中村岩男、鈴木昌、他：救急医学の面から. 日本医事新報 2000; 3996: 15-20
  8. 富山県厚生部：富山県脳卒中情報システム事業報告書. 富山
  9. Wang H, Sekine M, Chen X, Kagamimori S. A study of weekly and seasal variation of stroke onset Int J Biometeorol 2002; 47:13-20
  10. Khoury AF, Sunderajan P, Kaplan NM: The early morning rise in blood pressure is related mainly to ambulation. Am J Hypertens 1992; 5:339-344

Fig 1. Discomfort index and autonomous nervous system activities from analyzing heart rate variation (n=6, 25-60 years old male)

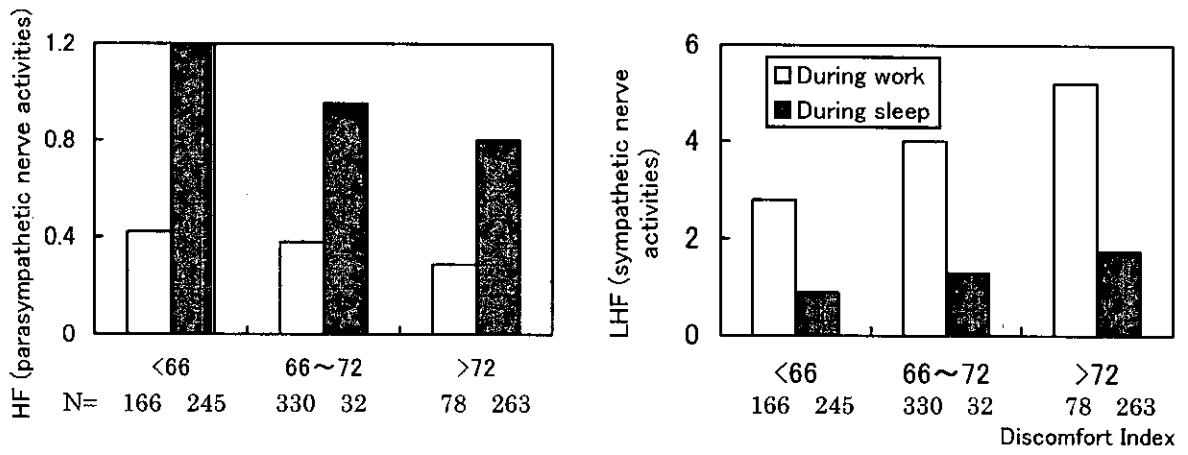
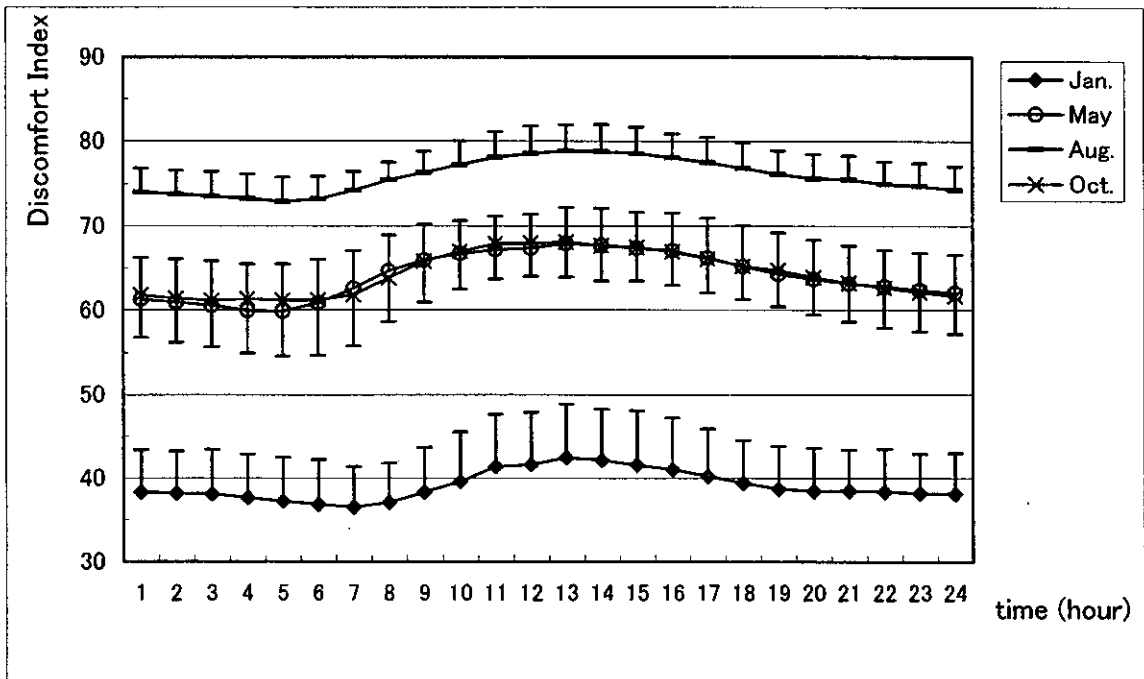


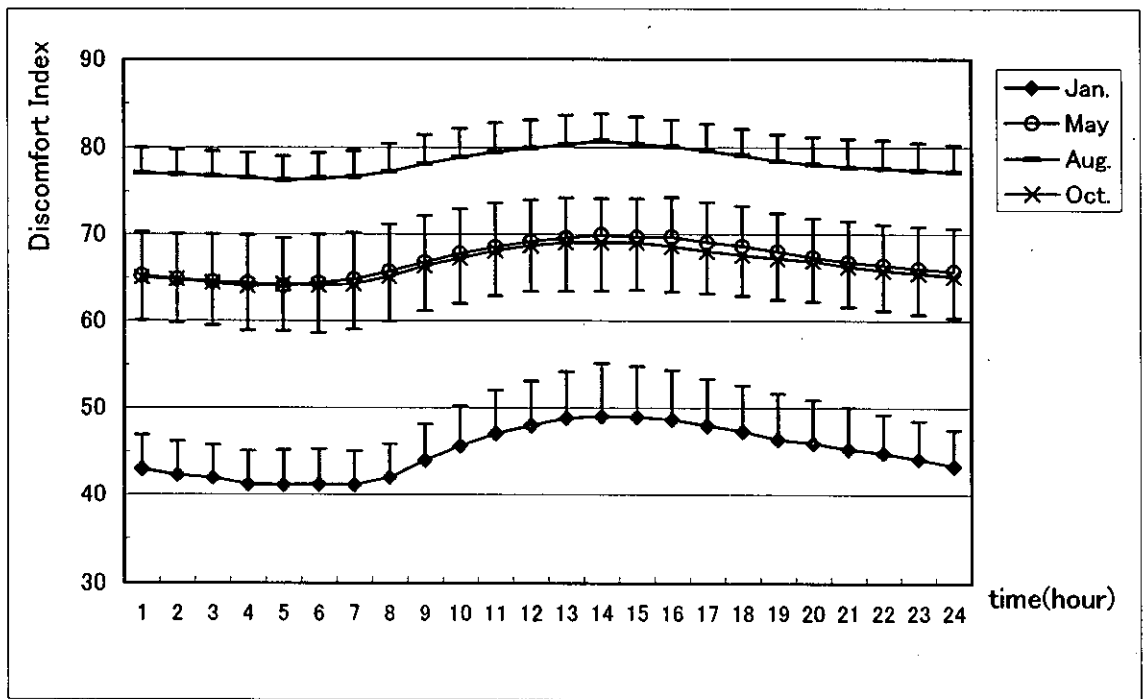


Fig 2. The hourly changing of discomfort index in different seasons (M± S D)

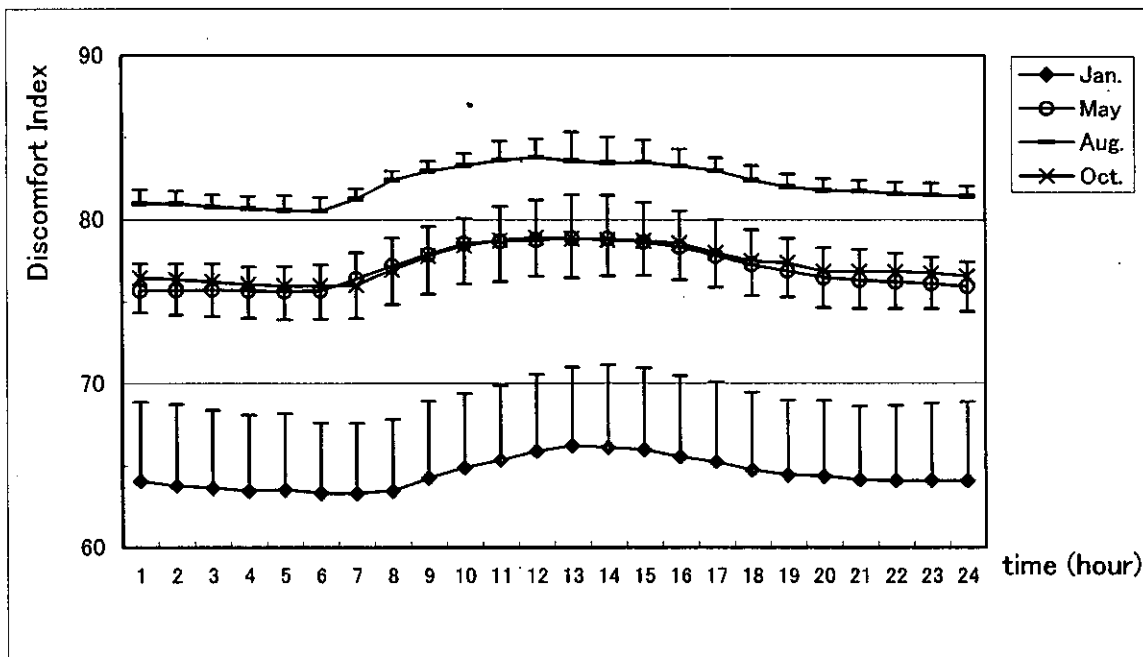
1) Toyama meteorological observatory (1988)



2) Tokyo meteorological observatory (1998)



3) Naha meteorological observatory (1998)



4) Karuizawa meteorological observatory (1998)

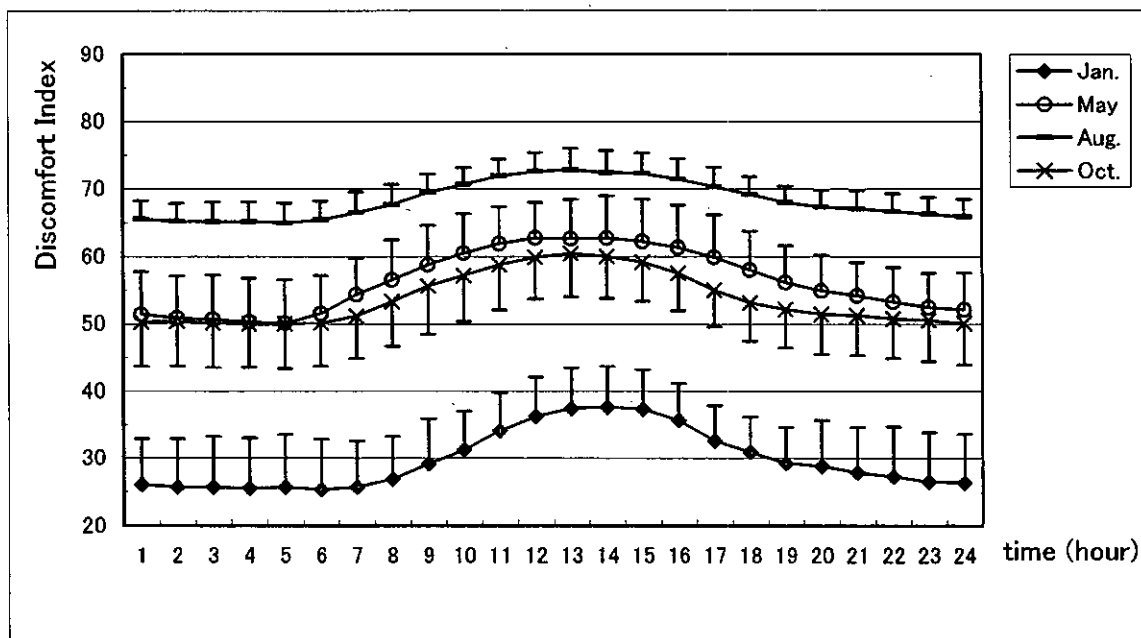
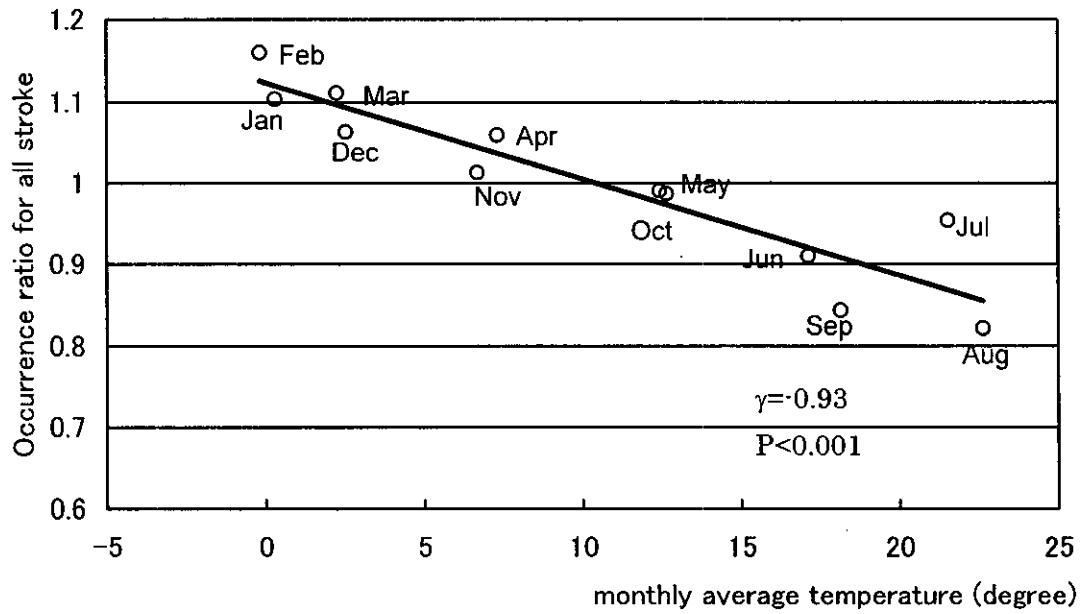


Fig 3. The correlation between occurrence ratio for all stroke and monthly average temperature a year



Cerebral infarction,  $\gamma = -0.83$ ,  $p < 0.001$ ; Cerebral hemorrhage,  $\gamma = -0.87$ ,  $p < 0.001$ ; Subarachnoid hemorrhage,  $\gamma = -0.70$ ,  $p < 0.05$

Fig 4. Risk of stroke incidence related to the mean temperature before stroke onset (95% confidence limit)

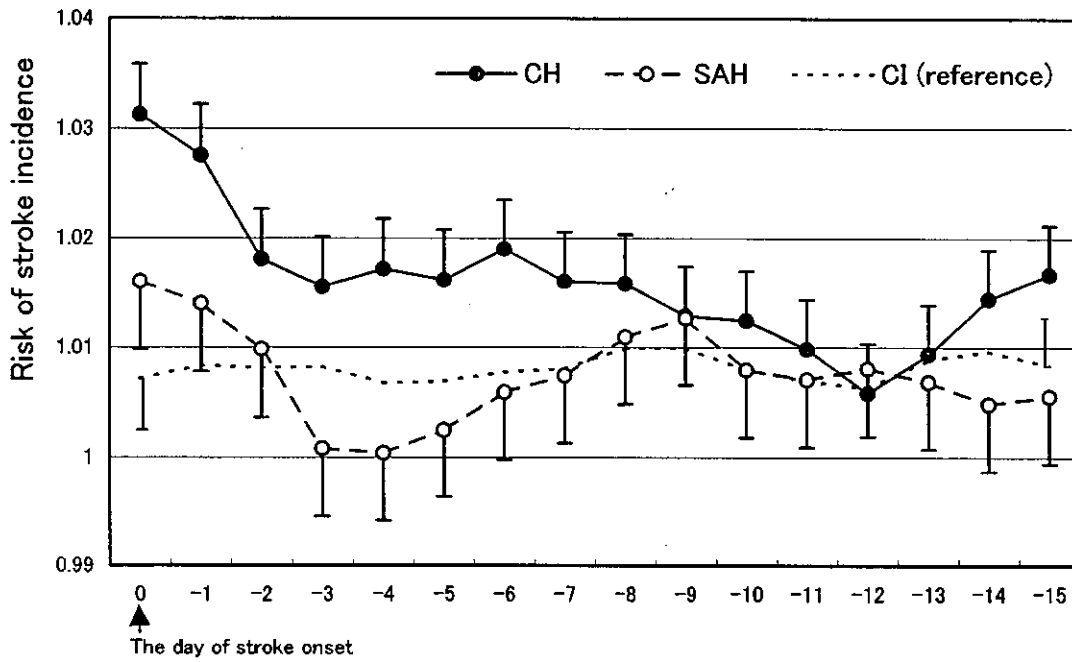
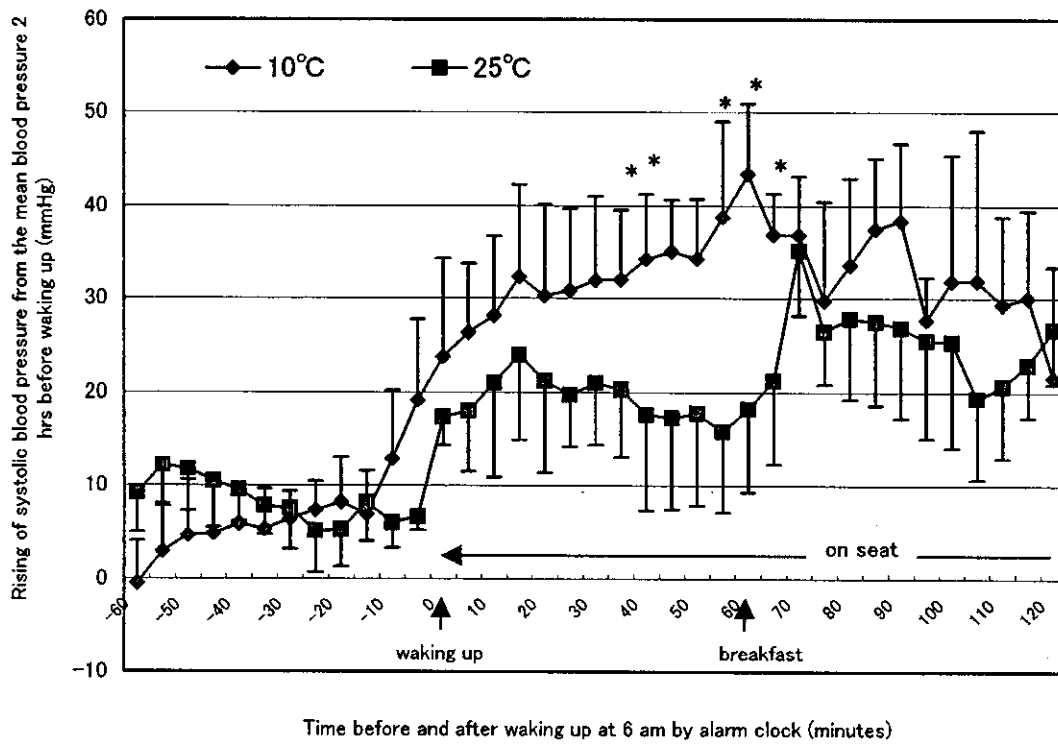


Fig 5. The rising of systolic blood pressure after getting up under difference room temperature (n=5) (M ± S E)



## 研究成果の刊行に関する一覧表

発表者	論文タイトル名	発表誌名	巻号	ページ	出版年
新村哲夫 他	海洋深層水温浴のリラックス作用及び睡眠への影響に関する研究 -交代勤務者における海洋深層水温浴の夜勤明け睡眠への影響-	第6回海洋深層水利用研究全国大会抄録集			2002
鏡森定信, 王紅兵, セルモアテリアリ, 大村栄, 関根道和	保養からみた快適性ならびに安全性に関する気象因子の時間衛生学的検討	日本温泉気候物理医学会誌	印刷中		2003

20021067

以降は雑誌/図書等に掲載された論文となりますので、  
P.71の「研究成果の刊行に関する一覧表」をご参照ください。