

## 冬季の入浴と睡眠に関する研究：足浴との比較及び 入浴のタイミングについて

成, 恩貞

<https://doi.org/10.11501/3168348>

---

出版情報：九州芸術工科大学，1999，博士（芸術工学），課程博士  
バージョン：  
権利関係：

### 第III章

## 冬季における入浴のタイミングが 睡眠に及ぼす影響

### III-1. 緒言

第II章でも示したように、一般的に入浴は睡眠に良い影響を与えることが知られており、午後あるいは夕方に入浴を行なった場合、徐波睡眠が有意に増大するということが報告されている (Horne and Reid, 1985 ; Jordan et al., 1990)。しかしながら、これらの研究では長時間または数回の人体加熱が行なわれており、日本の日常の入浴とは状況が異なる。

なお、これまでの研究結果によると、朝～午後の入浴や運動が夜間睡眠に及ぼす影響は少なく、夕方～夜に行なわれる入浴や運動による身体加熱は夜間睡眠に良い影響を及ぼすということが示された (Bunnell et al., 1988 ; Sasazawa et al., 1998 ; Yoshida et al., 1998)。特に、それらは夕方よりも深夜に行なわれた場合においては、徐波睡眠の増加などの結果が示され、質の良い睡眠が得られることが推察された (Bunnell et al., 1988)。

一方、加熱のタイミングに関する大部分の研究は、就寝前 2～3 時間と就寝前 7～8 時間 (Horne and Shackell, 1987)、就寝直前と就寝 6 時間前 (Bunnell et al., 1988)、就寝前 3 時間と就寝前 7 時間 (Yoshida et al., 1998) というかなり離れている時間間隔においての比較が行なわれている。即ち、就寝直前と就寝前 2～3 時間程度の短い時間差における入浴の睡眠への影響に関する研究は行なわれていない。さらに、日本では、冬季には体を温めるために就寝直前に入浴を行なう場合が少なくない (Kanda et al., 1995)。

第II章の入浴と足浴後の睡眠を比較する実験によって、就寝直前に行なう入浴は就寝直前に行なう足浴に比べて REM 睡眠の減少などの現象が見られ、直前入浴後の睡眠時に身体への負担がかかることが推測された。そこで、今回は、就寝 2 時間前に入浴を行なった場合と就寝直前に入浴を行なった場合を、入浴無しの場合と比較しながら検討する。なお、入浴無しの場合においては、就寝前に暖房の効いた居間で過ごすような条件で行な

い、より日常生活に近い実験手順とした。

本研究は、睡眠に対してより効果的な入浴のタイミングを提案するため、出来るだけ日常の入浴行動に合わせて、特に冬季の就寝直前に行なう入浴と就寝2時間前に行なう入浴が睡眠に及ぼす影響について検討することを目的とした。

## III-2. 方法

### III-2-1. 被験者

被験者は20代（平均22歳）の健康な男性8名（7名の大学生と1名の大学院生）とした。男性を対象としたのは、女性において存在する生理周期による体温の変化を取り除くためである。被験者の身体的特徴は、身長171.8±7.2cm、体重62.1±7.7kg、体表面積1.68±0.13m<sup>2</sup>、ローレル示数122.5±10.6であった（Table III-1）。実験に参加する前に、彼らの病気の既往歴、普段の睡眠時間、睡眠薬の常用有無、普段の目覚めるきっかけ、睡眠時の暖房方法、入浴行動などについて事前に調査した。実験日の日中はアルコールやコーヒー、コーラ、紅茶などのカフェインの摂取を控え、過度な運動、入浴などの体温を上昇させる活動を禁止した。なお、実験期間は昼寝・徹夜をせず、規則的な睡眠、覚醒リズムで生活してもらった。被験者には、実験の内容を説明し、了解を得て、自発的に参加してもらった。

Table III-1 Physical characteristics of the subjects

Subject	Age (year)	Height (cm)	Weight (kg)	BSA (m <sup>2</sup> )	Rohrer index
A	23	162	53	1.51	124.7
B	21	180	75	1.89	128.6
C	29	167	65	1.69	139.6
D	21	174	62	1.70	117.7
E	21	169	54	1.57	111.9
F	20	184	68	1.84	109.2
G	20	170	65	1.71	132.3
H	21	168	55	1.57	116.0
Mean	22	171.8	62.1	1.68	122.5
SD	3.0	7.2	7.7	0.13	10.6

$$BSA = W^{0.444} \times H^{0.663} \times 0.008883$$

$$Rohrer\ index = W / H^3 \times 10^7$$

### III-2-2. 環境条件

#### (1) 実験条件

実験は温湿度が制御できる人工気候室 2 室と人工気候室内の浴室で行なった。環境条件として、睡眠実験室となる本室は日本の冬季の寝室を想定して、室温 10°C、RH50%とし、就寝前に被験者がくつろぐ前室は冬季の居間を想定して、室温 20°C、RH60%に各々設定した。実験は、就寝直前に終了させる入浴後の睡眠 (Condition J)、就寝 2 時間前に開始させる入浴後の睡眠 (Condition T)、そして就寝前に入浴を行なわない睡眠 (Control) の三つを条件として実施した。

#### (2) 寝具および衣服条件

寝具は、シングルサイズのベッドで、木綿のシーツを被せた敷布団 (wool/polyester: 50/50)、毛布 (100% acryl)、掛布団 (wool/polyester: 50/50) をそれぞれ 1 枚ずつ用いた。被験者は用意した長袖のパジャマ (100% cotton) と本人のトランクスを着用した。靴下は履かなかったが、前室の待機中で足が冷えないように室内用のスリッパを履かせた。

### III-2-3. 実験手順

各被験者別の実験は総 5 夜で行なわれた。適応のために 2 夜 (最初は設定された環境条件での睡眠、第 2 夜は電極やセンサーまで付けた状態での睡眠) を実施した上で、第 3 夜からは生理的反応を測定した。三つの条件の実験は順序効果のないように無作為で行ない、実験日は非連続的に実施した。

被験者は 19 時 30 分までに実験室に来てもらい、当日の体調などに対するアンケートに答えた。実験室で夕食を済ませ (全ての被験者は同種類の食事を摂った)、45 分後からパジャマに着替え、電極やセンサーを貼り付け、21 時に室温 20°C、60%に設定された前室へ入室させた。直前入浴条件

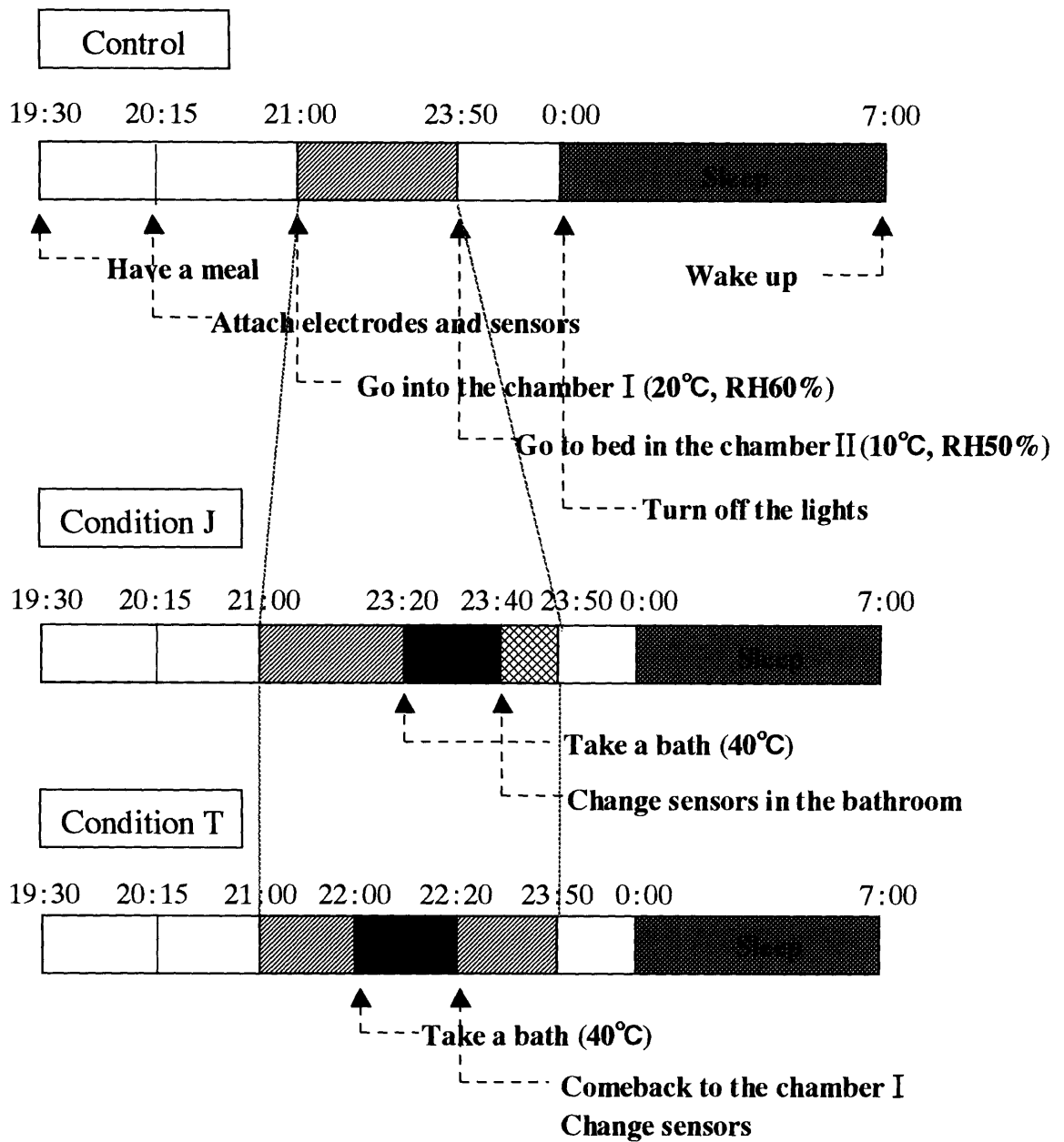


Fig. III-1 Procedure of the experiment. Subjects were assigned to three sleep conditions: bathing just before sleeping (Condition J); bathing 2h before sleeping (Condition T); no bathing before sleeping (Control).

(Condition J) では、被験者は 23 時 20 分から予め 40°C の湯を入れた浴槽に、裸で 20 分間全身を肩まで浸して入浴を行ない、湯から出た後は、体の水気をよく拭いて、湯にぬれたセンサーを貼り直した。2 時間前の入浴条件 (Condition T) では、被験者は 22 時から 20 分間 Condition J と同様に入浴を行なった後、前室に戻ってぬれたセンサーを貼り直し、パジャマの服装で入床時刻まで安静を保った。入浴なしの条件 (Control) では、被験者はパジャマの服装で、21 時から入床時刻まで前室で過ごした。全ての条件において、各被験者が寝床につく時間は 23 時 50 分とし、0 時から消灯とともに就寝に入り、睡眠時の生理的測定を開始した。また、翌朝 7 時に実験者が入室して被験者を起床させ、アンケートによって前夜の睡眠感を調査した。被験者が前室で待機する間は、読書や音楽鑑賞をして時間を過ごした。

### III-2-4. 測定項目

#### (1) 睡眠ポリグラフ

睡眠ポリグラフとしては、脳波 (EEG)、眼球電図 (EOG)、筋電図 (EMG) および心電図 (ECG) を脳波計 (EEG-5214、日本光電) を用い、紙記録と同時に DAT テープに終夜記録した。脳波は基準となる C4-A1、C3-A2 以外に後頭部 (O1-A2) から導出した (Fig. II-2)。眼球電図は一側耳朶を基準とし電極を左眼又は右眼の眼窩外側縁 1cm 外側・1cm 下に置き 2 チャンネルで記録した。筋電図はオトガイ筋から双極表面筋電図を記録し、胸部双極の心電図を誘導した。睡眠記録は Rechtschaffen and Kales (1968) の国際基準によって、10mm/sec の紙送りスピードで記録し 30 秒を一単位として、同一実験者が各睡眠段階を判定した。消灯から stage 1 又はそれ以上の段階が 3 分以上続けば入眠として判定し、睡眠中の体動時間 (MT) は覚醒時間として判定した。睡眠効率は消灯から起床までの時間に対する全



睡眠時間の割合として計算した。

## (2) 体動

睡眠中の体動はマット形の SCSB (Static Charge Sensitive Bed : Biorecoy Co., Finland) をベッドのマットレスと敷布団の間に設置し、測定を行なった。SCSB は睡眠中の心弾動図、呼吸、体動を無拘束で測定するために開発された装置である (Alihanka, 1982)。睡眠中の体動は、SCSB と専用のコンピューターを接続し、1 分間の間に被験者が動いた時間を秒単位で測定した。なお、参考として暗視カメラを用い、実際の睡眠行動も観察した。

## (3) 直腸温および皮膚温

直腸温センサーは、専用のゴムカバーをかけ、肛門の中に 12 cm まで挿入した。皮膚温は Hardy and DuBois (1938) の七点法を用いて、前額 (額中央部)、腹部 (臍の左側 2 cm)、前腕 (前腕内面中央線上の 1/2 の点)、手背 (手背中央線の 1/2 の点)、大腿 (大腿前面中央線上の 1/2 の点)、下腿 (下腿前面中央線上の 1/2 の点)、足背 (足背中央線中心) の 7 カ所にサーミスターを貼り付けて測定した。平均皮膚温は同じく Hardy and DuBois の式を用いて、 $\text{前額} \times 0.07 + \text{腹部} \times 0.35 + \text{前腕} \times 0.14 + \text{手背} \times 0.05 + \text{大腿} \times 0.19 + \text{下腿} \times 0.13 + \text{足背} \times 0.07$  として算出した。直腸温と皮膚温は、前室に入室した時点 (21 時) から起床 (7 時) まで、サーミスターデータロガー (LT8A, Gram Corp.) を用い、1 分毎に連続的に測定した。入浴によってぬれた皮膚温センサーは全て貼り直し、直腸温センサーは最初に挿入したままで入浴や睡眠を行なった。

## (4) 寢床内気候および衣服内気候

寢床内気候は温湿度測定装置のセンサーを敷布団の足元のシーツに装着した。衣服内気候は入浴が済んだ上に、同センサーを胸部の皮膚と衣服の間に固定させた。両方とも Thermo Recorder (RS-10, ESPEC Corp.) を用いて、1 分毎に終夜測定を行なった。

### (5) 主観的睡眠感

主観的睡眠感は、起床後 OSA 睡眠調査表（小栗ら、1985）を用いて、睡眠感に関連した五つの因子（眠気、睡眠維持、気がかり、総合的睡眠感、寝つき）に関するアンケートによって調査を行なった（Fig.II-3）。また、その結果から、小栗ら（1985）の尺度値によって睡眠指数を算出した。睡眠指数は、各項目に与える点数が高いほど、良い睡眠感を示す。

### III-2-5. 分析方法

全ての測定値は平均（±標準偏差）で示した。体温と体動のデータ分析は被験者、条件、時間の要因で三元配置の分散分析を行ない、睡眠段階、睡眠パラメーター、主観的睡眠感のデータ分析は被験者と条件の二元配置の分散分析を行なった。

なお、分散分析（ANOVA）において主効果が認められた場合は、さらに t 検定を行ない各条件間の有意差の検討を行なった。全ての統計的な有意水準は、p 値が 0.05 未満の範囲とした。

### III-3. 結果

#### III-3-1. 睡眠ポリグラフ

Table III-2 に各条件別睡眠変数の結果を示した。分散分析の結果、多数の睡眠段階および睡眠パラメーターにおいて条件間の有意差が認められた ( $p < 0.05$ )。

##### (1) 全睡眠時間の睡眠段階

全睡眠時間において、Condition T は他の条件に比べて、覚醒時間 (Wake) が有意に少なくなり ( $p < 0.01$ )、徐波睡眠 (SWS) が有意に増加した ( $p < 0.05$ )。REM 睡眠は Condition J の方が Condition T よりも有意に減少した ( $p < 0.05$ )。Control は両入浴条件より stage 1 が有意に多かったが ( $p < 0.01$ )、逆に stage 2 は有意に少なかった ( $p < 0.05$ )。一方、stage 3 および stage 4 は、Condition T が他の条件に比べ増加する傾向があったが、有意な違いは認められなかった。

##### (2) 前・後半睡眠の睡眠段階

総 420 分間の全睡眠時間を前・後半それぞれ 210 分間に分けて検討した。分散分析の結果、各睡眠段階において条件間の有意差が認められた ( $p < 0.05$ )。中途覚醒は後半 210 分の睡眠で Condition J より Condition T の方が有意に減少した ( $p < 0.01$ )。REM 睡眠は、前・後半睡眠の両方とも Condition J が他の条件に比べ有意に少なく、前半睡眠の Condition T が Control より有意に増加した ( $p < 0.01$ )。Stage 1 は前半睡眠において Condition J より Control の方が有意に多く、stage 2 は後半睡眠において他の条件に比べて、Condition J が有意に増加した ( $p < 0.01$ )。前半睡眠において、stage 3 は有意差が無く、stage 4 は Condition T が有意に多く、Control が有意に少ない値を示し ( $p < 0.01$ )、徐波睡眠も stage 4 と同様な結果を示した。後半睡眠の stage 3 は、Condition J より Condition T が有意に増加し ( $P < 0.05$ )、

Table III-2 Mean sleep variables under the three conditions: bathing just before sleeping (Condition J), bathing 2h before sleeping (Condition T) and non-bathing before sleeping (Control)

	Average (SD) min		
	Condition J	Condition T	Control
<i>Total time of</i>			
Wake **	27.38 (24.23) <sup>a</sup>	12.75 (12.22) <sup>c</sup>	31.81 (19.80)
REM *	56.69 (22.31) <sup>a</sup>	72.75 (25.04)	66.00 (14.77)
Stage 1 **	43.13 (14.39) <sup>b</sup>	36.56 (14.10) <sup>c</sup>	70.25 (9.09)
Stage 2 *	233.25 (28.97) <sup>b</sup>	221.81 (19.21) <sup>c</sup>	192.56 (27.63)
Stage 3	33.25 (17.10)	44.44 (12.27)	39.19 (13.58)
Stage 4	26.31 (23.51)	31.69 (15.55)	20.19 (20.69)
SWS (S3+S4) *	59.56 (16.74) <sup>a</sup>	68.63 (12.04) <sup>c</sup>	59.38 (24.76)
<i>First 210min</i>			
Wake	20.13 (15.92)	11.19 (12.04)	24.31 (19.01)
REM **	11.31 (10.60) <sup>a,b</sup>	22.13 (11.31) <sup>c</sup>	18.31 (10.74)
Stage 1 **	20.00 (6.70) <sup>b</sup>	20.50 (16.44)	31.31 (13.22)
Stage 2	106.06 (21.38)	100.56 (12.83)	90.50 (25.31)
Stage 3	26.19 (13.83)	24.50 (13.36)	28.00 (15.54)
Stage 4 **	26.31 (23.51) <sup>a,b</sup>	31.13 (14.78) <sup>c</sup>	18.81 (18.10)
SWS (S3+S4) **	52.50 (16.41) <sup>a,b</sup>	55.63 (17.70) <sup>c</sup>	46.81 (17.20)
<i>Second 210min</i>			
Wake **	7.25 (8.00) <sup>a</sup>	1.56 (1.74)	7.50 (6.46)
REM **	45.38 (14.42) <sup>a,b</sup>	50.63 (17.54)	47.69 (11.73)
Stage 1	23.13 (10.49)	16.06 (6.99)	38.94 (16.83)
Stage 2 **	127.19 (21.43) <sup>a,b</sup>	121.25 (16.31)	102.06 (25.78)
Stage 3 *	7.06 (8.73) <sup>a</sup>	19.94 (15.44)	11.19 (9.75)
Stage 4 **	0.00 (0.00) <sup>a,b</sup>	0.56 (1.05)	1.38 (3.89)
SWS (S3+S4) *	7.06 (8.73) <sup>b</sup>	13.88 (11.20)	12.56 (11.81)
Total sleep time (min) **	392.63 (20.87) <sup>a</sup>	407.25 (12.22) <sup>c</sup>	386.94 (18.81)
Sleep efficiency (%) **	93.48 (4.98) <sup>a</sup>	96.95 (2.91) <sup>c</sup>	92.13 (4.46)
Sleep onset latency (min) **	9.88 (6.28) <sup>a</sup>	3.81 (2.93) <sup>c</sup>	10.13 (5.06)
REM latency (min) *	136.56 (60.33) <sup>a</sup>	109.25 (49.30) <sup>c</sup>	135.44 (62.18)
First REM duration (min)	11.44 (7.04)	15.25 (7.25)	14.75 (10.84)
Wake after sleep onset (min) *	17.50 (16.03) <sup>a</sup>	8.94 (9.97) <sup>c</sup>	21.69 (17.91)

\* P < 0.05, \*\* P < 0.01 in ANOVA. MT, movement time; SWS, slow wave sleep.

a : Significant differences between Conditions J and T.

b : Significant differences between Condition J and Control.

c : Significant differences between Condition T and Control.

stage 4 は Condition J の後半睡眠に出現せず、後半の徐波睡眠は Control よりも Condition J の方が少ない傾向が見られた ( $p < 0.05$ )。

### (3) 睡眠パラメーター

Condition T は他の条件に比べて、全睡眠時間と睡眠効率が有意に増加し ( $p < 0.01$ )、入眠潜時 ( $p < 0.01$ ) と中途覚醒時間 ( $p < 0.05$ ) が有意に短縮した。さらに、Condition T では REM 潜時の短縮も認められ ( $p < 0.05$ )、最初の REM 期は Condition J の方が短い傾向にあったが、統計的な有意差は認められなかった。

## III-3-2. 体温

Fig. III-2、Fig. III-3 に各条件別直腸温および平均皮膚温の平均値、および直腸温の下降度の経時変化を示す。分散分析の結果、直腸温および平均皮膚温は被験者、条件、時間によって有意に影響された ( $p < 0.05$ )。

### (1) 直腸温

入浴によって直腸温は上昇し、その上昇値は Condition T、Condition J がそれぞれ  $0.77 (\pm 0.22)$ 、 $0.89 (\pm 0.51)$  °C、直腸温の最大値はそれぞれ  $37.9 (\pm 0.22)$ 、 $37.7 (\pm 0.17)$  °Cであった。直腸温は、Condition T の入浴終了から 5 時までの間で、3 条件間に有意差が認められた ( $p < 0.05$ )。就寝後 3 時間までは Condition J が、就寝後 2 時間半から 5 時間までは Condition T が Control より有意に高い値を示した ( $p < 0.05$ )。なお、就寝に入る消灯時 (0 時) の直腸温は、Condition J、Condition T、Control が各々  $37.5 (\pm 0.28)$ 、 $36.9 (\pm 0.24)$ 、 $36.9 (\pm 0.18)$  °Cであり、Condition J が他の条件より有意に高い値を示した ( $p < 0.05$ )。Condition J と Condition T の就寝時 (0 時) における直腸温は  $0.6$ °C の有意な差があったが、その差は徐々に少なくなり、1 時 30 分以降は有意差が認められなくなった ( $p < 0.05$ )。Control における直腸温は終夜、最も低い値を示し、5 時以後はやや上昇した。

## (2) 平均皮膚温

入浴による平均皮膚温の上昇値は、Condition T、Condition Jがそれぞれ 7.98 ( $\pm 0.86$ )、8.31 ( $\pm 1.56$ ) °Cで、平均皮膚温の最大値はそれぞれ 38.8 ( $\pm 0.36$ )、38.7 ( $\pm 0.18$ ) °Cであり、両入浴条件においてほぼ等しい値を示した。平均皮膚温は、入浴終了後から2時までの間に3条件間に有意差が存在した ( $p < 0.05$ )。消灯時(0時)の平均皮膚温は、Condition J (34.3 $\pm 0.48$ °C)、Condition T (33.3 $\pm 0.36$ °C)、Control (31.8 $\pm 0.72$ °C)の順に高い値を示した ( $p < 0.05$ )。その傾向は、就寝後30分までは持続されるが、1時にはCondition Jのみが

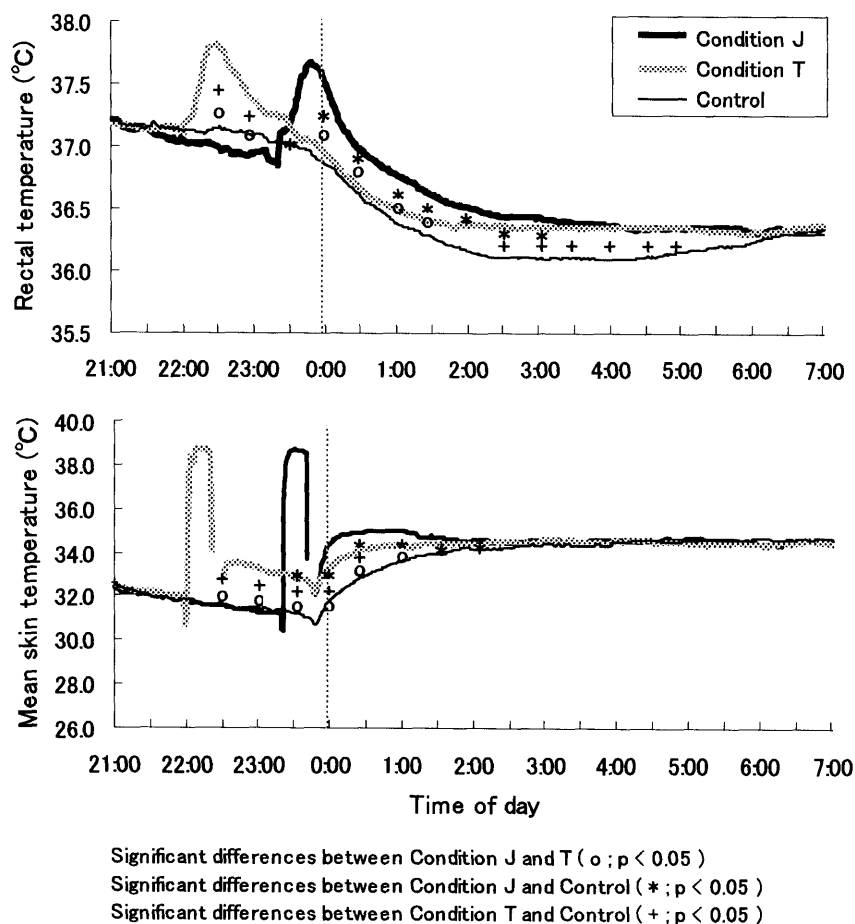
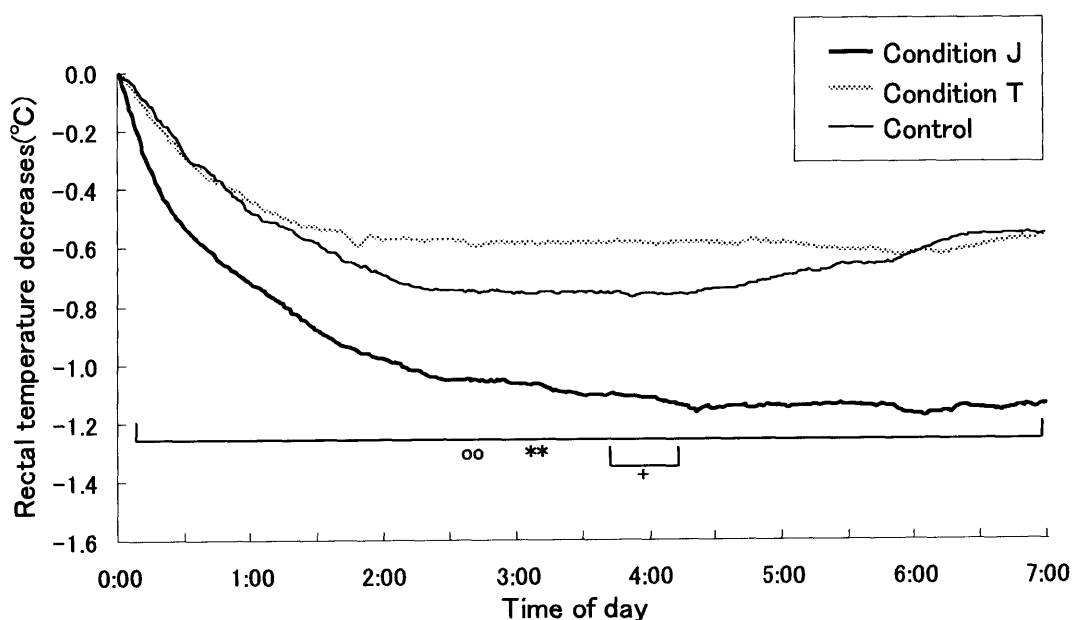


Fig. III-2 Changes in rectal temperature and mean skin temperature under three conditions.

他の条件よりも有意に高くなり、1時30分～2時においては Condition J は Control に対して有意に高い値を示した ( $p < 0.05$ )。2時以後から起床時までの平均皮膚温は、三つの条件においてほぼ同じ水準であった。

### (3) 直腸温の下降度

Fig. III-3 に就寝時 (0時) を基準とした睡眠中の直腸温の下降度を示す。睡眠の初期の直腸温の下降度は Condition J が最も著しく、終夜睡眠中において有意に大きな下降度を示した ( $p < 0.01$ )。Condition T における睡眠の初期の直腸温の下降度は、Control の場合と同じ水準であり、4時前後では両条件間の有意差が示された ( $p < 0.05$ )。

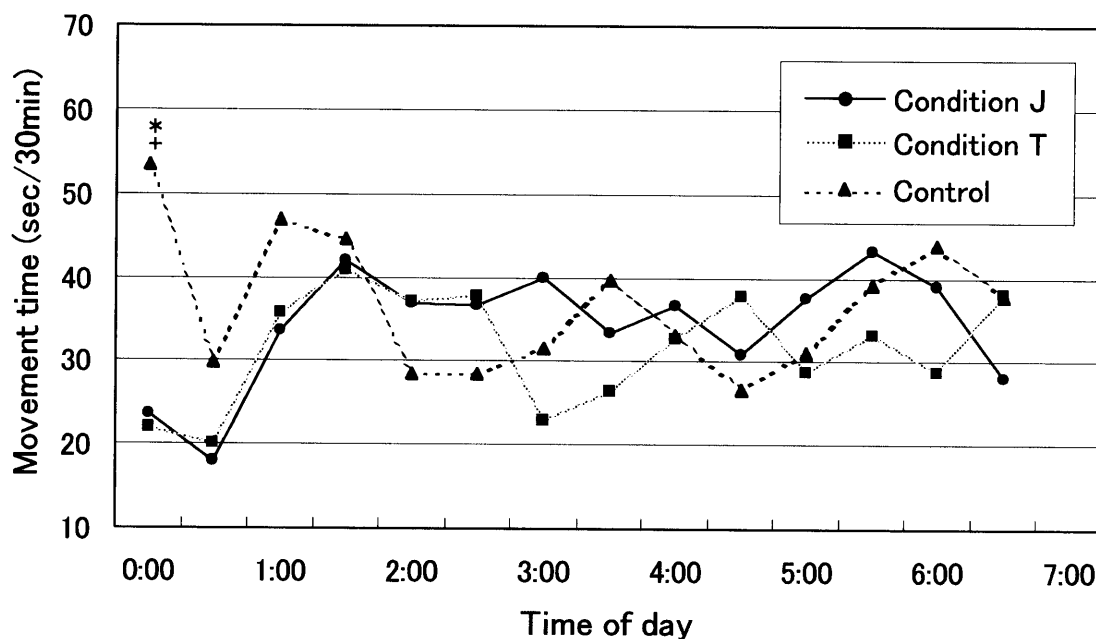


Significant differences between Condition J and T ( oo ;  $p < 0.01$ )  
 Significant differences between Condition J and Control ( \*\* ;  $p < 0.01$ )  
 Significant differences between Condition T and Control ( + ;  $p < 0.05$ )

Fig. III-3 Changes in rectal temperature decrease during sleep.

### III-3-3. 体動

分散分析の結果、睡眠中の体動は被験者、条件、時間の要因によって有意な影響を受けるという結果が得られた (Fig. III-4,  $p < 0.05$ )。就寝後最初の 90 分間、他の条件に比べ Control では、体動が多く現れた。特に、Control における就寝後最初の 30 分間の体動は、他の条件に比べて有意に多く ( $p < 0.05$ )、その 30 分間の体動時間は Condition J、Condition T、Control が各々 23.6 ( $\pm 25.7$ )、22.0 ( $\pm 23.2$ )、53.4 ( $\pm 47.1$ ) sec/30min であった。しかしながら、就寝後 90 分以降は体動の条件間の特別な傾向は見られなかった。



Significant differences between Condition J and Control (\*;  $p < 0.05$ )

Significant differences between Condition T and Control (+;  $p < 0.05$ )

Fig. III-4 Changes in body movements during sleep under three conditions. Data are expressed as the average of movement time (sec) per 30 min during sleep.



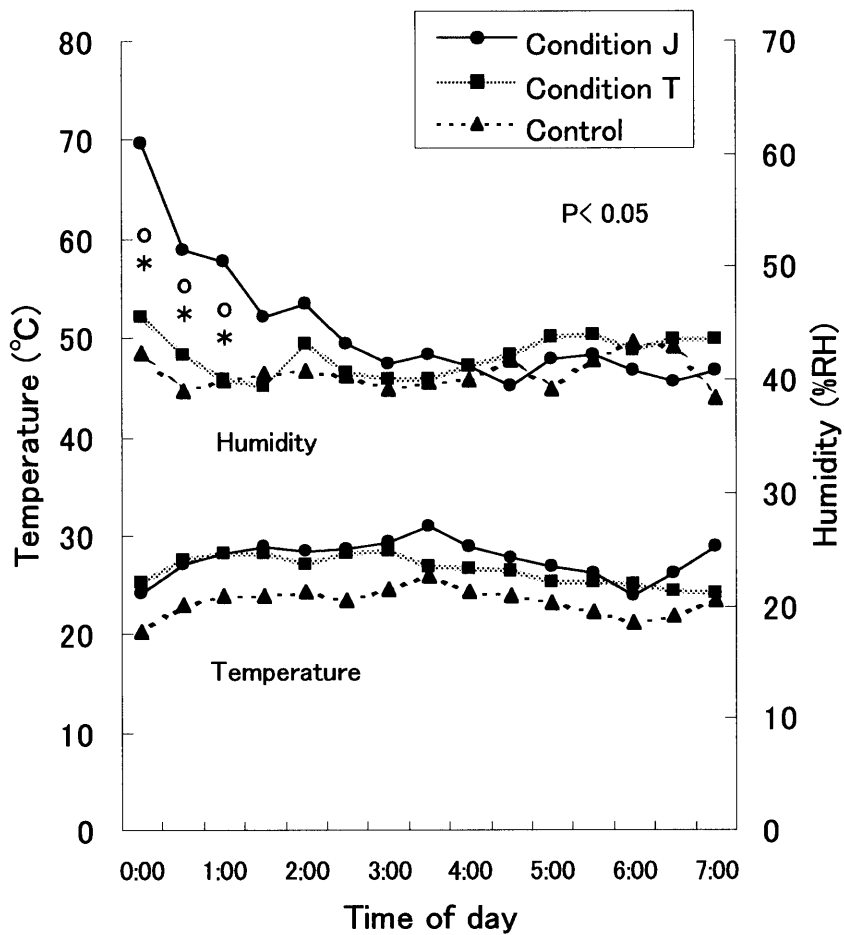
### III-3-4. 寝床内気候

Fig. III-5 に睡眠中の足元の寝床内気候を示す。終夜の平均寝床内温度は 20~31°C の範囲の分布を示し、やや低い傾向が現われた。Control における寝床内温度は全睡眠時間を通じて最も低かったが、統計的な有意差は認められなかった。Condition J と Condition T 間の寝床内温度については、就寝時は Condition J の方が若干高い値を示し、その以後はわずかながら Condition T の方が高い傾向を示したが、これも有意差は認められなかった。

終夜の平均寝床内湿度の分布は 39~61%RH を示した。睡眠の前半では Condition J の寝床内湿度が最も高く、特に最初の 1 時間半までの間、有意差が認められた ( $p < 0.05$ )。しかしながら、3 時以後は 3 条件間に大きな差異が見られなかった。

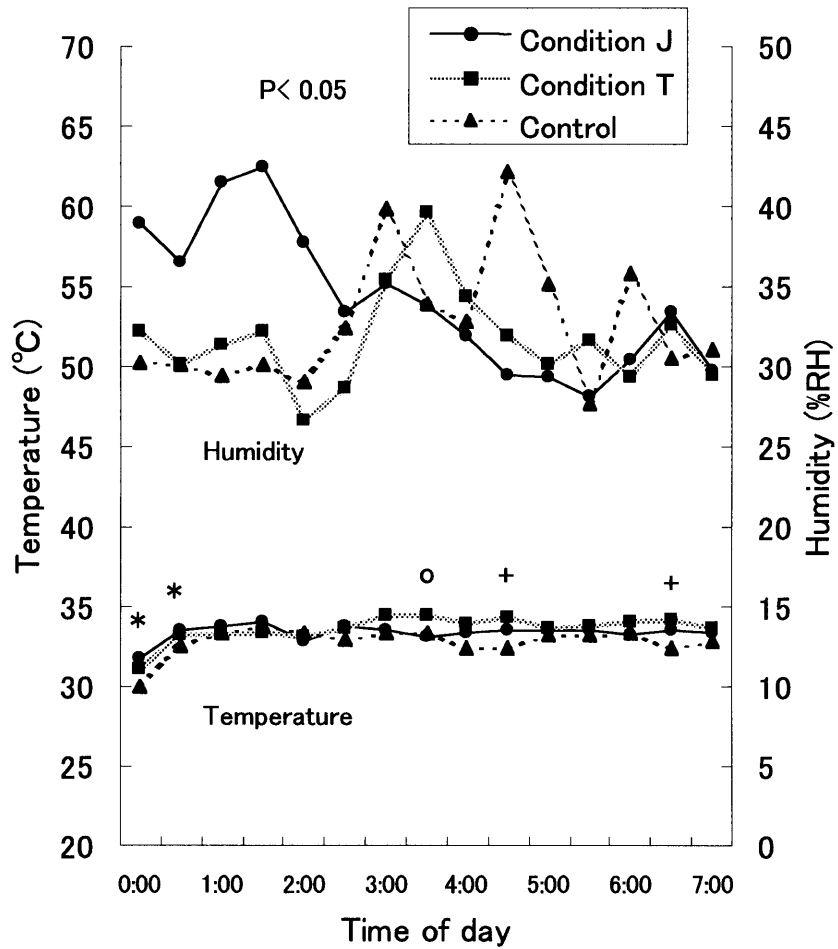
### III-3-5. 衣服内気候

Fig. III-6 に睡眠中人体の胸部とパジャマの間の衣服内気候を示す。終夜の衣服内温度は最初 30 分間で急激に上昇し、それ以後は 32.4~34.4°C の分布を示した。衣服内温度は、最初の 1 時間半の間は Condition J が最も高く、3 時以後は Condition T が最も高い値を示した。特に、0 時~0 時 30 分では Condition J が Control より有意に高く、4 時 30 分および 6 時 30 分においては Condition T が Control より有意に高い値を示した ( $p < 0.05$ )。また、3 時 30 分における衣服内温度は Condition T が Condition J よりも有意に高かった ( $p < 0.05$ )。睡眠中の平均衣服内湿度は 26.6~42.4%RH の範囲であった。衣服内湿度は就寝から 2 時 30 分まで Condition J が高い傾向を示し、朝方になると条件間の差が少なくなったが、条件間の有意な違いは認められなかった。



o : Significant differences between Condition J and T  
 \* : Significant differences between Condition J and Control

Fig. III-5 Changes in bed climate of the foot under area.  
 Average of nine subjects.



- o : Significant differences between Condition J and T
- \* : Significant differences between Condition J and Control
- + : Significant differences between Condition T and Control

Fig.III-6 Changes in micro climate between the chest and clothing.  
Average of nine subjects.

### III-3-6. 主観的睡眠感

Fig. III-7 は起床後調査した OSA 睡眠調査表による五つの因子別の結果である。全ての因子で Condition T が最も良い成績を示し、特に「睡眠維持」、「気がかり」、「総合的睡眠感」の因子では他の条件より有意に高い値を示した ( $p < 0.05$ )。「寝つき」の因子は Control が他の条件に比べて有意に低く ( $p < 0.05$ )、「眠気」の因子は Condition T と Control の間のみ有意差が見られた ( $p < 0.05$ )。OSA によって求めた睡眠指数においても、Condition T、J、Control が各々 875.8 ( $\pm 145.1$ )、747.6 ( $\pm 178.2$ )、699.4 ( $\pm 145.2$ ) であり、Condition T が他の条件より有意に高かった ( $p < 0.05$ 、Fig. III-8)。

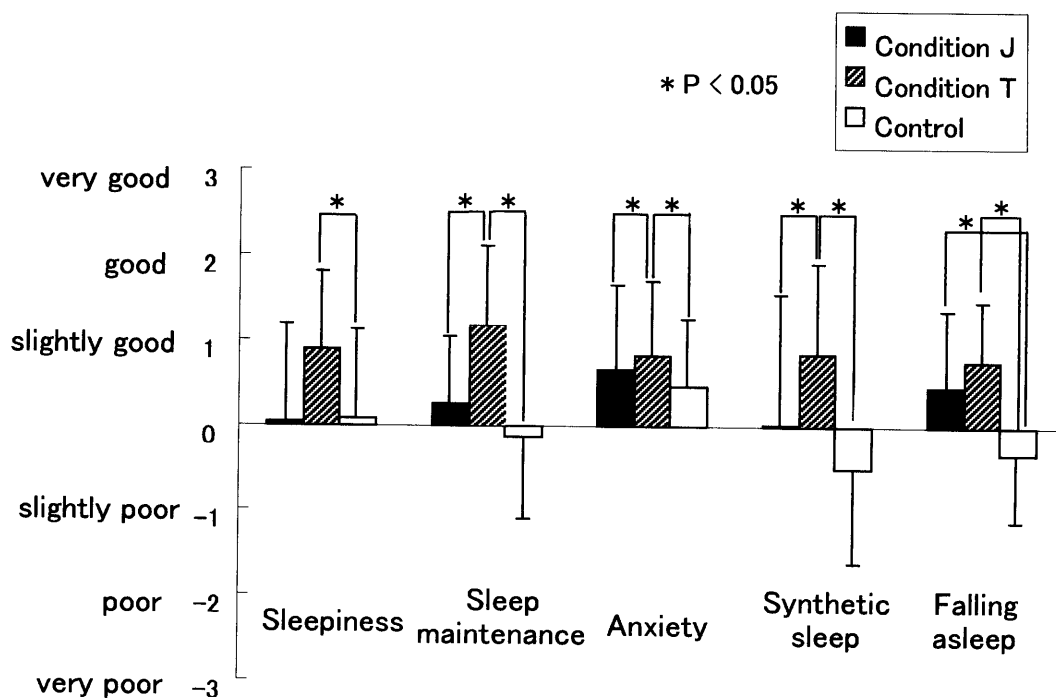


Fig. III-7 The five factors of OSA involving sleepiness in the morning, sleep maintenance, anxiety, synthetic sleep, and falling asleep.

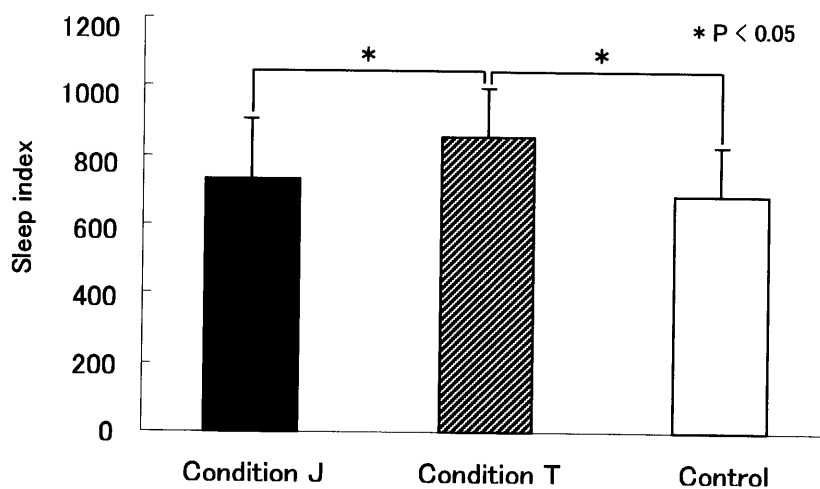


Fig. III-8 Sleep index calculated by OSA.

### III-3-7. 体温と睡眠変数との関係

Table III-3 に、睡眠変数と入床時 (23 時 50 分) の体温との相関関係を示す。睡眠効率と皮膚温の間には有意な正の相関が示され ( $p < 0.05$ )、睡眠効率と足部温は相関係数が 0.50、睡眠効率と平均皮膚温の場合は 0.47 であった。なお、覚醒時間と皮膚温の間には有意な負の相関が示され ( $p < 0.05$ )、それぞれの相関係数は、覚醒時間と足部温は  $-0.48$ 、覚醒時間と平均皮膚温は  $-0.43$  であった。さらに、入眠後覚醒時間においても皮膚温との有意な相関が認められ ( $p < 0.05$ )、入眠後覚醒時間と足部温、そして入眠後覚醒時間と平均皮膚温の間では、それぞれ  $-0.48$ 、 $-0.43$  の逆相関が示された。しかしながら、睡眠変数と入床時直腸温との間には有意な相関関係が見られなかった。なお、睡眠変数と睡眠初期 (最初の 10 間、および最初の 30 分間) の直腸温変化においても有意な相関は認められなかった (Table III-4)。

Table III-3 Correlation coefficients between body temperatures upon bedtime (23:50) and sleep parameters

	$T_{\text{foot}}$ (°C)	$T_{\text{sk}}$ (°C)	$T_{\text{re}}$ (°C)
Sleep onset latency (min)	-0.3326	-0.3024	0.2510
Sleep efficiency (%)	0.4980*	0.4735*	-0.1066
Wake (%)	-0.4784*	-0.4346*	0.1339
Wake after sleep onset (min)	-0.4756*	-0.4320*	0.0755
SWS latency (min)	-0.2091	-0.2553	-0.1154
REM latency (min)	-0.2203	-0.0583	0.1143
Slow wave sleep (%)	0.1591	0.1047	-0.0010
Stage 3 (%)	0.0926	-0.1763	-0.2692
Stage 4 (%)	0.1441	0.3643	-0.1441
REM (%)	-0.0030	-0.0007	-0.3382

$T_{\text{foot}}$  : Skin temperature of instep

$T_{\text{sk}}$  : Mean skin temperature

$T_{\text{re}}$  : Rectal temperature

\*  $P < 0.05$

Table III-4 Correlation coefficients between average changes of rectal temperatures during initial sleep and sleep parameters

	Mean $\Delta T_{\text{re}}$ between 0:01 and 0:10	Mean $\Delta T_{\text{re}}$ between 0:01 and 0:30
Sleep onset latency (min)	0.0539	-0.0508
Sleep efficiency (%)	-0.2421	-0.1647
Wake (%)	0.2306	0.1478
Wake after sleep onset (min)	0.2681	0.2029
SWS latency (min)	0.3863	0.2434
REM latency (min)	0.0716	0.1857
Slow wave sleep (%)	-0.2600	-0.1217
Stage 3 (%)	-0.1144	-0.0694
Stage 4 (%)	-0.2109	-0.0472
REM (%)	0.2691	0.2205

$\Delta T_{\text{re}}$  : Change of rectal temperature

### III-4. 考察

本研究の主な目的は、より良い睡眠のための入浴時期を検討することである。これまで、多様な方法の身体加熱によるその後の睡眠への影響が徐波睡眠の増加に着目して行なわれてきた。サウナによる受動的加熱は徐波睡眠を増加させるという報告があり、午後の加熱によって第1サイクルの睡眠での stage 4 が増加し、就寝の1時間前における身体加熱によって最初の2時間の睡眠における徐波睡眠が増加したという (Putkonen et al., 1973 ; Maloletnev and Chachanashvili, 1979)。Horne et al.の研究により、日中の運動や温浴 (長時間または数回の加熱) はその後の夜間睡眠の中で徐波睡眠を増加させる効果のあることが報告された (Horne and Staff, 1983 ; Horne and Moore, 1985 ; Horne and Reid, 1985)。訓練されていない被験者は長時間の運動に耐えられず、徐波睡眠の増加も見られなかったが (Horne, 1981)、訓練された被験者の場合には徐波睡眠の量が増加した (Horne and Staff, 1983)。一方で、運動によって深部温度が上昇した場合に、その後身体を冷却した時には徐波睡眠が増加しなかった (Horne and Moore, 1985)。

Horne らの研究では、就寝8時間前 (14:00~17:00) に80~90分間の運動もしくは入浴による加熱が行なわれている (Horne and Staff, 1983 ; Horne and Moore, 1985 ; Horne and Reid, 1985)。その後、Horne and Shackell (1987) はより就寝時間に近い時間帯における短時間の身体加熱でも、同じく徐波睡眠の増加が起きるかを検討するための実験を行なった。その結果、睡眠の7~8時間前に行なわれる30分間の入浴 (41°C) による加熱は睡眠にほとんど影響がなかったが、睡眠の2~3時間前に身体加熱を行なった場合では徐波睡眠 (特に stage 4) が有意に増加した。身体加熱と睡眠との関係は、その間の時間間隔が長いほど効果が少なくなるが、“概日周期の効果 (circadian effect)” を考慮しなければならないことが指摘された。な



お、加熱後アスピリンを服用した場合は、徐波睡眠の増加が見られず、その原因としては、アスピリンの PG (prostaglandin : 血圧・新陳代謝・体温・その他の重要な体の機能に影響を与えるホルモン状の脂肪酸の基) 合成の抑制作用、および身体加熱による脳の PG レベル上昇の遮断作用などが挙げられた。

これらの研究は熱負荷量や体温上昇、加熱の行なわれる時期が様々であり、どのような加熱プロトコールによって最も大きい徐波睡眠の増大が得られるかが確実ではない。そこで、Bunnell et al. (1988) によって加熱のタイミングに着目した研究が行なわれた。彼らは、身体加熱によって脳代謝が上昇して睡眠を誘導する物質の促進させるという Horne (1981) の主張に反して、加熱と睡眠の間の時間が長くなれば脳にも時間的影響があると述べた。実験は、水温 41°C の大きい温浴水槽内に身体を 1 時間浸すという加熱方式で、午前の加熱 (起床後 1 時間以内に加熱開始)、午後の加熱 (消灯の 10 時間前に加熱開始)、夕方の加熱 (消灯の 6 時間前に加熱開始)、そして深夜の加熱 (寝床につく直前に加熱終了) を条件として行なわれた。その結果、睡眠潜時は夕方の加熱では減少し、睡眠直前の加熱では第一睡眠サイクルでの stage 4 および徐波睡眠を増加したが、徐波密度 (slow wave density) の増加はわずかであった。なお、睡眠直前の加熱では最初の REM 期が減少した。

運動のタイミングが夜間睡眠に及ぼす影響に関する研究として、Yoshida et al. (1998) は日中の異なる時間 (朝、夕方、夜) に行なう一時間の運動 ( $\dot{V}O_2\max$  50-60%) が睡眠に及ぼす影響を主観的睡眠感および日中の眠気について検討した。その結果、夜の運動 (就寝 3 時間前開始) を行なった場合が他の運動の日より主観的睡眠感が有意に良く、翌日の日中の眠気も低くなり、第一睡眠サイクルにおける徐波睡眠の量も多くなった。

これまでの研究結果によって、朝～午後の入浴 (または運動) が夜間睡

眠に及ぼす影響は少なく、夕方～夜に行なわれる入浴などの身体加熱は夜間睡眠に良い影響を及ぼすということが言える。その中でも、夕方より夜のほうが徐波睡眠の増加などが示され、質の良い睡眠が予測された。しかしながら、加熱のタイミングに関する大部分の研究は、就寝前2～3時間と就寝前7～8時間 (Horne and Shackell, 1987)、就寝直前と就寝6時間前 (Bunnell et al., 1988)、就寝前3時間と就寝前7時間 (Yoshida et al., 1998)、就寝前13時間と就寝前8時間 (Sasazawa et al., 1998) というかなり離れている時間間隔においての比較が行なわれている。即ち、就寝直前と就寝2～3時間程度の短い時間差による入浴の睡眠への影響に関する研究は行なわれていない。日本の冬季における入浴は、入浴直前に行なわれることが多く、少なくとも入床2～3時間前には入浴が行なわれる。

しかも、先行研究では、41°C・30分間の入浴によって2°Cの体温(口腔温)上昇 (Horne and Shackell, 1987)、41°C・1時間の浸水によって2.6°Cの体温(耳内温)上昇、睡眠中起こされて行なう41°C・20分間の入浴によって2.5°Cの体温(鼓膜温)上昇 (Bunnell and Horvath, 1985) が示されているが、これは日常の入浴行動とはかなり異なったものである。

そこで、本研究では40°C・20分間の日常で行なわれる入浴方式(直腸温平均上昇値:0.8°C)において、就寝直前に終了させる入浴と就寝2時間前開始させる入浴の夜間睡眠への影響について、特に冬季の寒い環境での睡眠への影響を検討した。その結果、全睡眠時間において、就寝2時間前に開始された入浴条件 (Condition T) は他の条件より徐波睡眠が有意に増加した。この結果は、就寝2～3時間前に入浴を行なった Horne and Shackell (1987) の研究結果と一致している。このような加熱後の徐波睡眠の変化の原因については確実に判明していないが、脳温(鼓膜温)の上昇に起因するという見解がある (Horne and Moore, 1985)。脳の新陳代謝が活発になると、神経生理学的過程の覚醒と、睡眠即ち徐波睡眠の原因になる生化

学的基質に影響を及ぼす (Horne and Shackell, 1987)。なお、本研究においては徐波睡眠が集中するという睡眠の前半において、2 時間前の入浴の場合が徐波睡眠時間が最も多い値を示し、後半睡眠になると直前入浴が最も少ない値を示した。

もう一つの重要な結果として、直前入浴を行なった場合の REM 睡眠の減少が挙げられる。Horne et al.の研究により、過度な身体加熱による REM 睡眠の減少が多く報告されており (Horne and Moore, 1985 ; Horne and Reid, 1985 ; Horne and Shackell, 1987)、II 章でも同様な結果が得られた。これは、多数の被験者 (8 名の中 4 名) において Condition J の場合に最初の REM 期を失ったために起こった現象であると思われる。就寝直前に行なわれる高温の入浴は、交感神経系に負担を引き起こし、REM 睡眠の正常な出現を抑制したのかも知れない。なお、最初の REM 睡眠は入眠から平均 80~110 分後に出現するという通説から考えると (小山ら、1988 ; 大熊、1996)、Condition J と Control は睡眠潜時が非常に長く (各々137 分、135 分)、Condition T において正常に近い睡眠潜時 (109 分) が見られた。

入眠潜時や中途覚醒は他の条件に比べ Condition T において有意に短縮され、睡眠効率においても Condition T が高い傾向を示した (Table III-2)。Bunnell et al. (1988) の研究でも、直前入浴より夕方入浴において入眠潜時が有意に減少し、その原因としては、直前入浴の場合は体温 (脳温) が上がった状態で寝床に入ったためであると述べられている。一方、覚醒時間と就床時の皮膚温の間の逆相関、睡眠効率と皮膚間の正相関などの結果から、冬季には就床時の皮膚温が高いほど寝つきが良くなることが示唆された (Table III-3)。しかしながら、条件別に見ると Condition J の皮膚温が最も高い値にも関わらず、Condition T が最も良い睡眠パラメーター成績を示すことは、単に皮膚温だけではなく、Condition J の場合、就寝時における過剰な体温上昇による神経系への作用が推察される。一方、就床時の直

腸温と睡眠パラメーターの間には有意な相関関係が認められなかった。従って、直腸温の上昇が必ずしも入眠潜時を短縮させる訳ではないことが推察された。なお、Condition J に比べて Condition T は、睡眠の初期に急激な直腸温の低下が生じなかったが (Fig. III-3)、睡眠の質の良い結果が示された。一般には、入床後の直腸温の低下度により睡眠の質が評価できるとされているが (Kawabata and Tokura, 1995; Kawabata and Tokura, 1996; Park and Tokura, 1997)、本実験の結果より、過大な直腸温の低下が必ずしも良い睡眠に導くとはいえないことが示唆された。

快適寝床内気候は  $32\sim 34^{\circ}\text{C}$ 、 $45\sim 55\% \text{RH}$  といわれているが (宮沢ら、1988)、本研究での睡眠中の寝床内温度は 3 条件ともそれよりも低い傾向があり、特に Control における寝床内温度が低い値を示した (Fig. III-5)。寝床内湿度も快適寝床気候よりも全体的にやや低く、最初の 1 時間半は Condition J が他の条件に比べて有意に高かった。そこで、電気毛布のような直接的な寝床内加熱に比べ (岡本ら、1994)、入浴による身体加熱では寝床内気候が変化しにくいことが示唆された。睡眠中胸部の衣服内温度は入眠とともに上昇し、快適衣服気候といわれる範囲 ( $32\pm 1^{\circ}\text{C}$ 、 $50\pm 10\% \text{RH}$ ; 飯塚、1997) を少し上回った (Fig. III-6)。衣服内湿度はやや低めであり、時間的に有意差は認められなかったが、個人別に見ると REM 期に急激に上昇する傾向が見られた。これは、REM 睡眠時激しい夢を見るとき発生する発汗現象によるものであると思われる。

起床後アンケートによる睡眠感は、Condition T が「睡眠維持」、「気がかり」、「総合的睡眠感」の因子で有意に高く評価され、「寝つき」の因子では Control が有意に低く評価された (Fig. III-7)。入眠期である消灯後 30 分間の体動時間は Control において有意に多かったことも、寝つきにくかったことを示している (Fig. III-4)。なお、OSA による睡眠指数も Condition T が有意に高く (Fig. III-8)、2 時間前に入浴において主観的睡眠感が最も良か

ったことが明らかになった。

以上の結果より、冬季における睡眠前に行なわれる入浴の時期は、就寝 2 時間前の方が就寝直前より有効であることが示された。即ち、就寝 2 時間前の入浴では徐波睡眠が増加し、入眠潜時および中途覚醒時間が短縮されたため睡眠効率が高くなり、主観的睡眠感が最も良く評価された。直前入浴の場合は入浴を行なわない条件よりも体動が減少し、良い睡眠感を示したが、REM 睡眠の減少や後半睡眠における徐波睡眠の減少などの問題点も示された。そこで、より質の良い睡眠のためには、入浴後すぐ寢床に入るよりは入浴後リラックス時間を過ごした後に睡眠に入ることが有効であることが考えられた。