

昭和57年度 日本体育協会スポーツ科学研究報告

No. VII 運動時における体温の動的様相  
—第5報 競歩における水分補給について—

財団法人 日本体育協会

スポーツ科学委員会

表1 被験者の身体特性及び20km競歩の自己最高記録

被験者	年齢 (yr)	身長 (cm)	体重 (kg)	$\dot{V}O_2\max$ (ml/kg/min)	自己最高記録 20km 競歩
KS	33	176	63	60.8	1°31'51"
KO	19	166	53	64.7	1°44'03"
JE	19	181	59	61.6	2°02'22"
TM	27	164	55	63.2	1°43'14"
$\bar{X}$	24.5	171.8	57.5	62.6	
SD	6.8	8.1	4.4	1.7	

の全日本ランキング1位に当るものである。他の3名の被験者は、比較的競技経験が浅く、わが国競歩選手の中で準トップクラスとして位置づけられる。

## 2. 実験条件

30 km 競歩を想定し、60%  $\dot{V}O_2\max$  相当の運動強度によるトレッドミル競歩を3時間実施した。各被験者の歩行スピードは、あらかじめ数種のトレッドミルスピードによる競歩時の酸素摂取量を測定し、歩行スピードと% $\dot{V}O_2\max$ の関係式から算定した。被験者4名の60%  $\dot{V}O_2\max$  相当のトレッドミルスピードは、いずれも160ml/minであった。

水の摂取時点を競歩規則に則り設定した。競歩の競技規則では、水分の補給が許されるのは5 kmごとに設置された飲食物供給所と、気象条件に合わせその中間点に設置されるスポンジポイントである。この条件を本実験に当てはめ、歩行開始後30分より15分ごとに合計10回を水分補給時点として定めた。

飲水量について、次の3条件を設定した。第一は、定められた水分補給時点で一定量の水を定期的に摂る条件である(以下、定期飲水条件という)。1回に摂取する水分量は、体液損失分を補うという意図からできるだけ多くの量を摂取させた。はじめに、被験者TMに1回に200 ml ずつ摂取させた。しかし、運動の後半で指定量の飲水が困難になり、飲水量を減らした。そこで、他の3名の被験者には、一回の飲水量を150 ml とし、10回の飲水で合計1,500 mlの水を摂らせる条件

とした。第二は、被験者3名(KS, KO, JE)について、定められた給水時点で被験者の任意により水を摂らせた(以下、任意飲水条件という)。この場合、飲水量に制限はなく、水を飲みたくなければ飲まなくともよいこととした。第三は、コントロール条件として、全く水を摂らせない条件を設定した(以下、コントロール条件という)。

摂取する水には、水道水を用いた。水温は、飲水による物理的な冷却効果を除外するため、体温と同温の37~38°Cに設定した。実験は人工気候室を用いて実施し、環境条件を外気温25°C、相対湿度60%に設定した。実験期間は1982年7~8月で、1被験者につき少なくとも2日間のインターバルを置いて実施した。

## 3. 測定項目

測定項目は、走行前後の体重、心拍数、酸素摂取量、直腸温、食道温、皮膚温である。

体重は最小目盛5gの人体用精密台秤(神戸衡機株式会社製)を用いて、運動の前・後に測定した。心拍数は胸部双極誘導による心電図を実験中連続記録して求めた。酸素摂取量は、ダグラスバッグ法で30分ごとに採気し、ショランダー微量ガス分析器によって呼気ガスを分析して、求めた。直腸温及び皮膚温はサーミスタ温度計(宝工業)によって連続記録した。皮膚温は胸部、前腕部、大腿部、下腿部の4点を測定し、平均皮膚温を算出した。食道温は熱電対(エラブ社)法により、深部食道部を連続測定した。被験者JEについては、咽頭部の痛みを訴えたため、食道温の測定を割愛した。

## III 結果

表2には、歩行時間、飲水量、体重減少率、発汗量、水負荷量、心拍数、酸素摂取量の結果を示した。水負荷(water deficit)は走行前後の体重差から求めた。これは、競歩運動によって生じた体液の損失状態を表わし、水分補給のあった場合では飲水で補えきれなかった体液損失量を表わすことになる。表3には、直腸温、食道温、平均皮膚温の測定結果をまとめた。

本実験では、3時間のトレッドミル競歩を実施

表2 3時間トレッドミル競歩における走行時間, 飲水量, 体重減少量, 発汗量, 水負荷, 心拍数及び% $\dot{V}O_2$ max \* 途中歩行を中止したため, 走行終了時の値

被験者	走行時間 (min)	飲水量 (ml)	体重減少量 (%)	発汗量 (l/m <sup>2</sup> /hr)	水負荷 (l)	心拍数 (拍/min)			% $\dot{V}O_2$ max		
						60分	120分	180分	60分	120分	180分
(コントロール)											
KS	180	0	3.67	1.08	2.31	130	135	153	55.4	58.0	58.4
KO	180	0	4.23	1.29	2.22	138	155	167	56.4	56.6	53.8
JE	150	0	3.72	1.11	2.21	167	176	184*	59.2	56.0	56.7*
TM	156	0	3.59	1.06	1.98	138	160	172*	60.9	60.3	61.1*
(定期的水分補給)											
KS	180	1,500	4.62	1.40	1.43	123	130	138	52.8	51.8	52.1
KO	180	1,500	4.99	1.54	1.16	138	138	152	55.5	54.4	53.8
JE	180	1,500	5.23	1.61	1.62	157	165	180	66.9	58.0	58.3
TM	180	1,200	4.09	1.23	1.06	133	145	159	53.0	58.9	60.9
(任意水分補給)											
KS	180	480	3.88	1.15	1.94	138	144	150	62.3	61.2	58.9
KO	180	1,250	4.57	1.39	1.19	140	145	155	49.3	51.9	52.1
JE	180	1,390	5.34	1.65	1.76	159	174	188	52.8	51.5	54.4

表3 3時間トレッドミル競歩における直腸温, 食道温及び平均皮膚温 \* 途中歩行を中止したため, 走行終了時の値

被験者	直腸温 (°C)				食道温 (°C)				平均皮膚温 (°C)			
	0分	60分	120分	180分	0分	60分	120分	180分	0分	60分	120分	180分
(コントロール)												
KS	37.3	38.1	38.2	38.5	36.4	37.1	37.1	37.4	33.0	33.4	32.8	33.5
KO	38.1	38.3	38.7	39.4	36.0	36.9	37.2	37.9	31.4	31.8	31.0	30.8
JE	37.5	38.7	38.9	39.1*					32.6	32.7	32.7	33.2*
TM	36.9	38.6	39.1	39.4*	36.7	37.7	38.0	38.4*	32.4	31.9	32.3	32.3*
(定期的水分補給)												
KS	37.1	37.8	37.7	37.8	36.1	36.5	36.5	36.5	32.0	32.6	31.8	32.6
KO	37.1	37.8	38.0	38.2	36.4	37.0	37.0	37.1	31.4	32.7	32.6	32.2
JE	37.4	38.5	38.5	38.7					31.5	32.3	32.4	32.4
TE	36.8	38.1	38.1	38.5	35.8	36.7	36.6	37.0	31.7	33.0	32.7	33.1
(任意水分補給)												
KS	37.5	38.3	38.4	38.4	36.0	36.8	36.9	36.9	31.9	32.3	30.5	30.3
KO	36.9	38.0	37.9	38.1	35.9	36.8	36.8	37.0	30.9	32.8	32.0	32.3
JE	37.4	38.5	38.8	38.9					32.3	31.8	31.6	32.5

させたが、コントロール条件において被験者 J E, TM がそれぞれ 150, 156 分で疲労困憊のため歩行不能となった。この時点での直腸温, 心拍数は, J E で  $39.13^{\circ}\text{C}$ , 184 拍/分, TM で  $39.41^{\circ}\text{C}$ , 172 拍/分であった。

定期飲水条件での飲水量では, 被験者 TM のみ 1 回に 200ml づつ飲水させたが, 6 回目 (105 分) より指定量の飲水が困難となり, 結局指定量 2,000 ml に対し実際の飲水量は 1,200ml であった。一回の飲水量を 150ml に指定した 3 被験者では, 10 回の飲水で指定量をすべて飲んだ。

被験者 K S, K O, J E の 3 名について, 任意による飲水条件を加えたが, 飲水量及び飲水頻度に個人差がみられた (図 1)。被験者 K S では, 後半に 2 回だけ飲水し, 合計 480ml であった。被験者 K O では, 設定された 10 回の飲水時点で 6 回飲水した。一回の飲水量は 90~350ml と幅があったが, 運動の後半ほど多くなる傾向にあり, 合計 1,250ml であった。被験者 J E では, 9 回飲水した。一回の飲水量は比較的平均しており, 合計 1,390ml であった。任意による飲水を被験者の競技能力から考えると, 競技能力の高い者ほど, 飲水頻度が少なく飲水量も少ない。

図 2 は, 飲水の効果を検討するため, 心拍数, 酸素摂取量, 直腸温, 食道温, 平均皮膚温について, 被験者 4 名の平均的变化を定期飲水条件とコ

ントロール条件について比較したものである。

酸素摂取量では, 運動中ほぼ同一水準を維持し, 両条件間で著明な差はみられなかった。55~58%  $\dot{V}O_2\text{max}$  に相当し, いずれの実験条件においても同水準の運動負荷量であったと判断される。心拍数は, 1 時間まで両条件とも 140/min で定常状態を維持した。1.0~1.5 時間以降, コントロール条件で二次的増加がみられ, 運動終了時まで 20/min 増加した。飲水条件では, 心拍数の二次的増加が遅延し, 2 時間以降になって二次的増加がみられた。直腸温は, 運動開始後 1 時間まで急速に上昇するが, コントロール条件では 1 時間以降も二次的増加を続け, 定常状態がみられなかった。飲水条件では, 1 時間から 2 時間まで定常状態を形成し, その後二次的増加がわずかにみられた。食道温は, 運動開始 30 分まで急速に増加した後,  $37.7^{\circ}\text{C}$  で定常状態を形成する。その後, コントロール条件では 1~1.5 時間より二次的増加が表われた。飲水条件では, 3 時間の運動終了まで定常状態が維持され, 二次的増加がみられなかった。平均皮膚温は, 両条件ともほぼ同水準の値を示し, 類似した変化パターンを示した。飲水による皮膚温への著明な効果は認められなかった。

図 3 は, 水負荷量, 発汗量, 運動終了時の心拍数, 直腸温, 平均皮膚温について 3 実験条件を比較したものである。

水負荷量は, 当然飲水のなかったコントロール条件で最も大きく, 次いで任意飲水条件, 定期飲水条件の順であった。定期飲水条件では, 運動の後半にはかなり無理をした飲水となったが, それでも 1.2~1.6l の水負荷が残った。発汗量は, 定期飲水条件, 任意飲水条件, コントロール条件の順に高値を示し, 水負荷が大きくなるほど発汗量は減少した。特に, コントロール条件の発汗量は, 両飲水条件に比し, 被験者とも著明に低値を示していた。

次に, 飲水効果と被験者の競技能力との関係について着目した。

図 4 は, 被験者 K S と K O について, 直腸温と食道温の変化の様相を比較したものである。被験者 K S はわが国を代表するトップアスリートであり, 競技歴も長いベテラン選手である。一方, 被

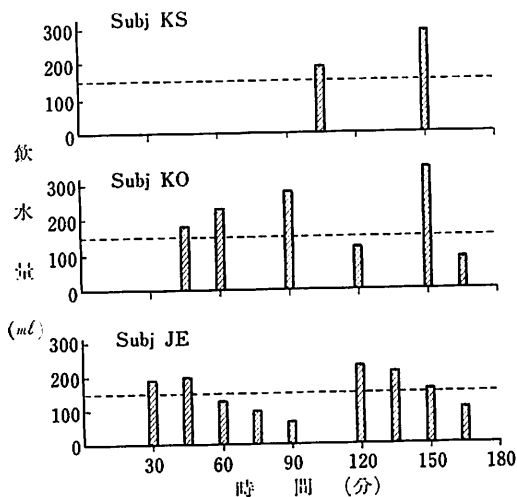


図 1 任意飲水条件における飲水量の比較

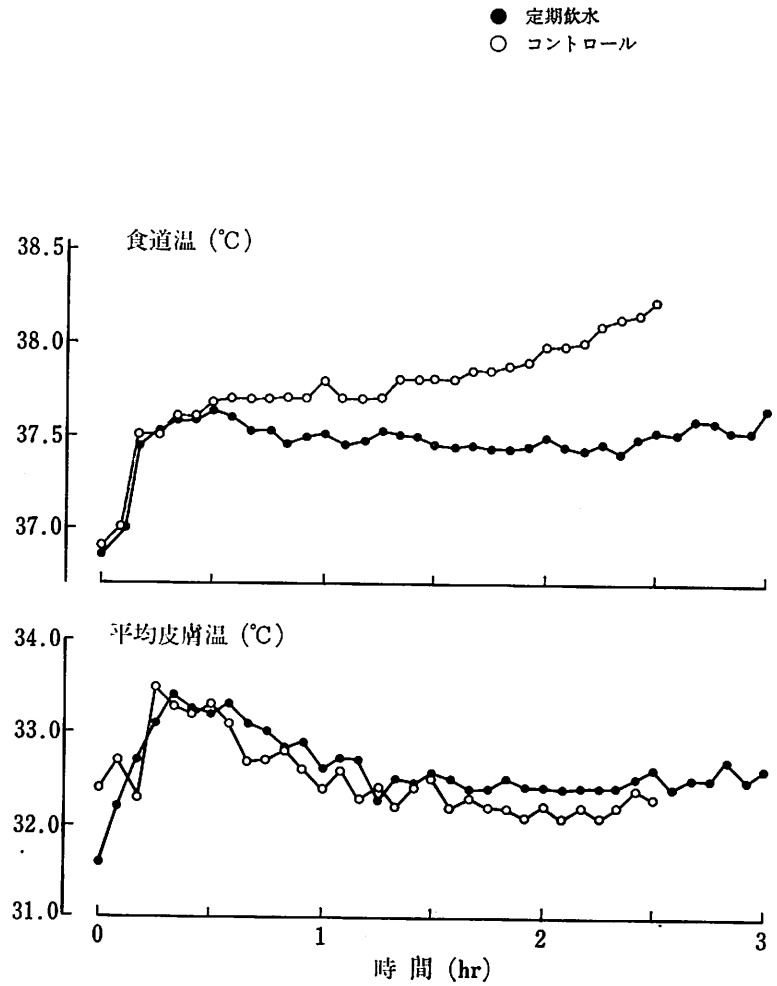
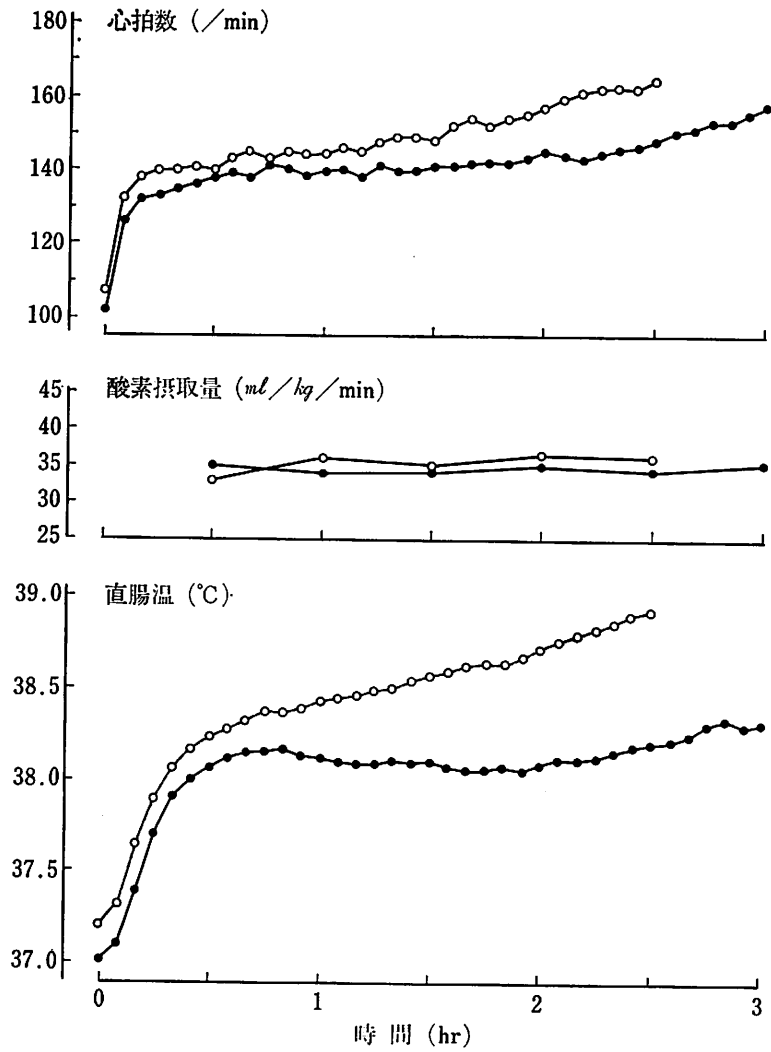


図2 定期飲水条件とコントロール条件の比較

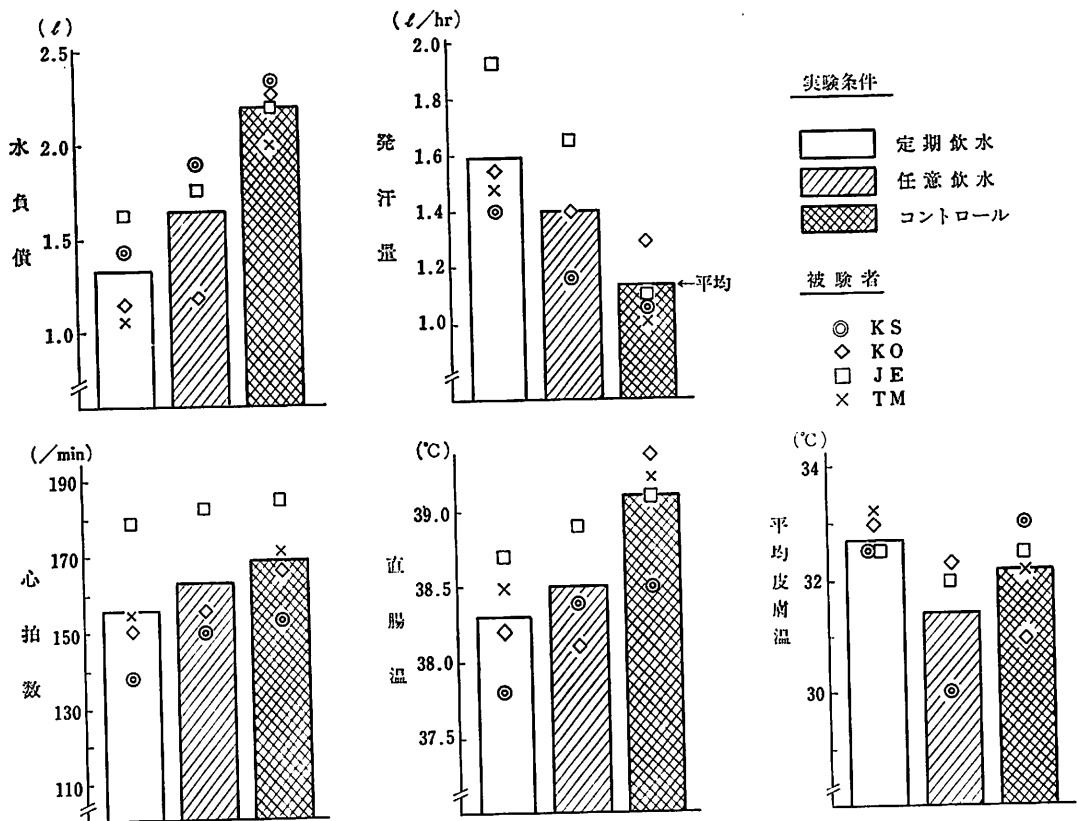


図3 3実験条件の水負荷量, 発汗量, 運動終了時の心拍数, 直腸温及び平均皮膚温

験者KOは準トップクラスで競技経験も浅い。まず、コントロール条件における深部体温の変化パターンに両被験者で著しい差が認められた。本条件で、KSの食道温、直腸温はともにほぼ定常水準が維持されていた。これに対しKOでは、食道温が1.5時間より、直腸温が1時間より二次的増加を示し、運動終了時には両飲水条件より約1°C高値を示した。また、任意飲水条件において、KSの飲水は極めて少量であったが(図1)、コントロール条件と同様、深部体温の定常水準はよく保持されていた。これに対しKOでは、定期飲水条件に近い飲水が行われ(1,250 ml)、深部体温の定常状態が保たれた。

以上、優秀選手KSの深部体温は、飲水の有無にかかわらず、定常水準を維持していた。一方、準優秀選手KOでは、飲水のない条件では深部体温が運動後半で顕著に増加し、比較的多量の飲水

によってこれを抑制した。他の準優秀選手JEも、KOとほぼ同様の応答を示した(表2・3)。

図5は、各実験条件ごとの水負荷と運動終了時の食道温並びに直腸温との関係を、被験者ごとにプロットしたものである。水負荷が大きいくほど、すなわち体液不足が大きいくほど食道温、直腸温が高値を示す傾向がみられる。しかし、被験者KSではこの直線関係が他の被験者より下方へずれている。すなわち、同程度の水負荷に対し、KSの深部体温の増加は他の被験者より小さい。

#### IV 考察

本研究では、競歩レース時における効果的な水分補給方法を明らかにする目的で、競技規則に見合った条件での飲水がトレッドミル競歩時の体温調節反応に及ぼす影響を検討した。

実際の競歩レース時における体重減少量あるい

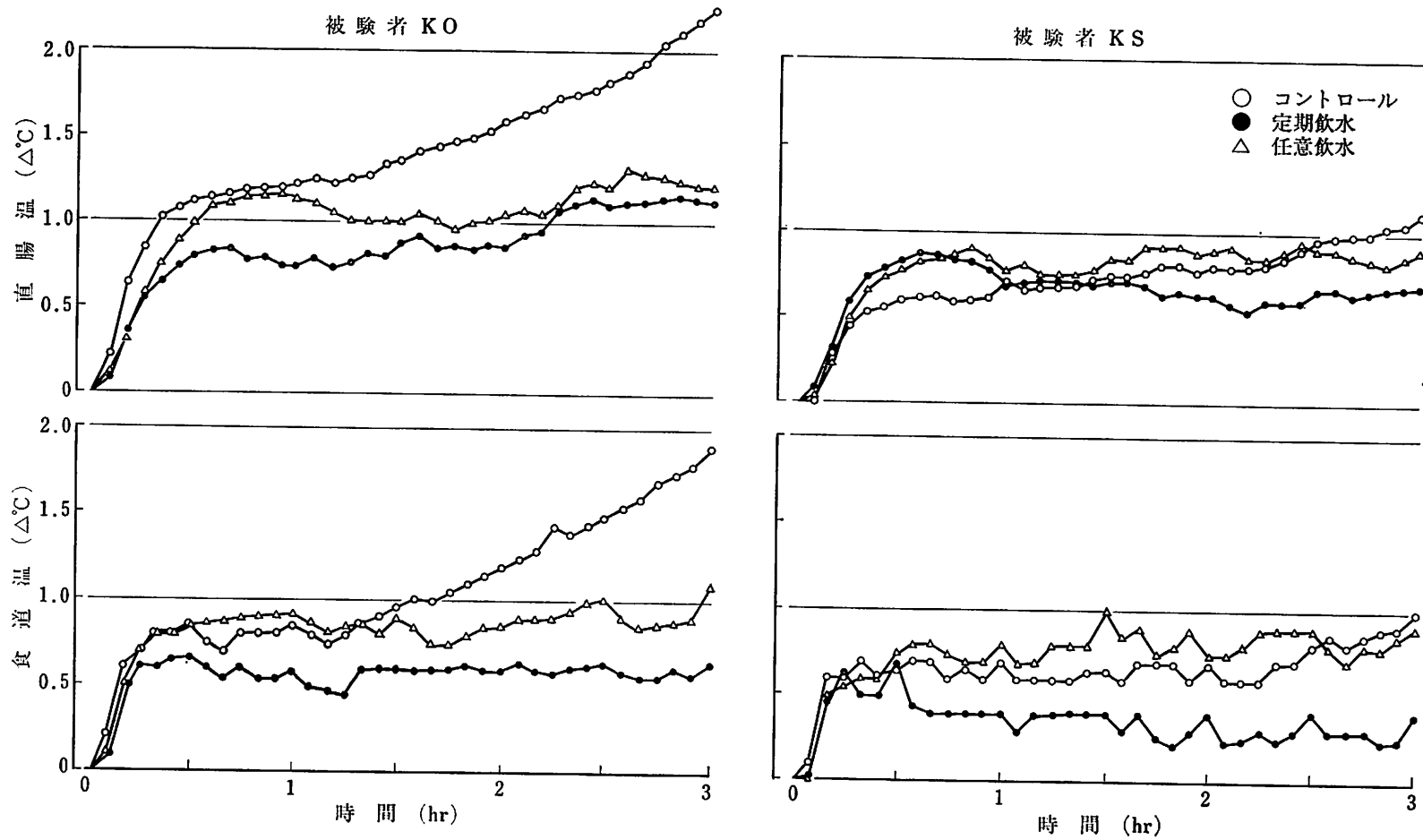


図4 被験者KSとKOの深部温変化の比較

