

土，人工芝および芝生の運動場の微気候条件と 運動選手の耐暑性に関する環境生理学的研究

—— とくに野球選手を対象にして ——

東京学芸大学	羽鳥好夫
(共同研究者) 同	鈴木路子
同	新井豊
同	林徹
同	高橋勝彦
同	丸石淳一
同	高崎康行
同	大音備
同	浜田克利
同	木村康一
同	高島二郎

**Environmental Physiological Studies
on the Relation between Microclimatic Conditions
of Athletic Fields using Soil, Concrete, Turf
and Artificial Turf, and the Heat Tolerance of Sports Man**

by

Yoshio Hatori, Michiko Suzuki, Yutaka Arai,
Toru Hayashi, Katsuhiko Takahashi, Junichi Maruishi,
Yasuyuki Takasaki, Mamoru Ooto, Katsutoshi Hamada,
Koichi Kimura, Jiro Takashima

*Department of Health and Physical Education,
Faculty of Education
Tokyo Gakugei University*

ABSTRACT

Environmental physiological studies were conducted in order to make clear the most comfortable conditions of athletic fields using soil, natural and artificial turf, and concrete ground radiated artificially at the same energy level as the sun shine of June at Tokyo.

Radiated artificial turf re-radiated most among the other materials, and these results suggested that radiated artificial turf made the player on it getting tired most by heat stress. Soil and Natural Turf with sprinkling water frequency is the best thermal conditions of athletic fields for playing under the sunshine.

Secondstep of our research was to make clear the thermal adaptability of sports man, including baseball player, long and middle distance runner, and swimming player by method of Local Cold Tolerance Test, Local Heat Tolerance Test developed by IBP (International Biological Program).

It was found that baseball player showed the best level of Heat Tolerance, swimming player had the best of Cold Tolerance, long and middle distance runner showed the intermediate level of Heat and Cold Tolerance adaptability.

要 旨

土、人工芝、芝生、コンクリートなど運動場の材質のちがいでよって輻射熱がどの程度異なるかを明らかにするために、陽光ランプ・赤外線ランプを用い、6月中旬に相当する日射量を各材質に一斉に照射しサーモグラフィにより表面温度を黒球温度計により、実効輻射温度を測定し、さらに打ち水をした時の冷却効果を併せて実験し、環境生理学的な立場から最も望ましいグラウンドの材質は何かを明らかにするとともに、夏季土のグラウンドで2時間余り野球の試合をした時の投手のエネルギー代謝量、発汗量が秋季に比べてどの程度異なるかを明らかにした。

さらに夏季暑熱環境下で運動をする野球部、陸上部と水中で冷刺激を受ける水泳部員各5名の耐寒性・耐暑性に違いがみられるかを IBP (International Biological Program, 国際生物事業計画)

による局所性耐寒性・耐暑性テストを改良した方法で行った結果、耐暑性については、発汗量、発汗濃度とも野球部が最も少なく、次いで陸上部・水泳部の順となった。耐寒性については、冷刺激を受けた時に現われる寒冷血管反応について分析すると水泳部が最も耐寒性にすぐれ、次いで陸上部はともにすぐれ、寒冷刺激を受ける水泳部は耐寒性がすぐれていることが実証された。

人は環境とのつながりで、その受ける環境への適応能力が獲得されたという一面をもつとともに環境からの過重のストレスは、運動そのもののストレスに加えられ、時には適応能を越え、健康障害を伴うこと、とくに暑さに対する人の適応能を保つ閾値は寒さに対する場合より低く、容易に日射病、熱射病を起すに至ることを十分に念頭におき、運動環境管理を行わなければならない。

とくにグラウンドの日射による表面温度の上昇は、材質により異なり、人工芝はコンクリートより

も上昇度が高いこと、土と芝生は同程度であるが、芝生は葉の蒸散作用によりある程度で押えられること、土は芝生と同程度であるが、45分以降は芝生より上昇してしまうこと、これらの現象に対する打ち水の効果は大であることなどが明らかになった。

1. 緒 言

毎年スポーツと暑熱障害については、死亡事故など多くの話題をよんでいるが、運動競技者にとって夏季のグラウンドにおける輻射環境から受ける心身への影響は多大なものが²⁻⁴⁾ある。その時の微気候条件を気温、気湿、気流のみでなく、土、芝生、人工芝、コンクリートなどグラウンドの材質そのものからくる輻射熱の影響も加味して、人体の体熱収支とどう関連しているかを実験的に明らかにしたうえ、健康管理、環境管理を実践してゆきたいものである。

本研究は、特に夏季野外で長時間競技を行う野球選手を対象にして、試合行程における選手の生体負荷量と競技場（グラウンド）からの輻射ストレスとの関係を明らかにし、暑熱障害防止のための諸対策として散水による地面の冷却効果など環境保健対策の実践に役立つ基礎資料を得ることを目的とする。併せて、暑熱環境刺激を多く受けながら行うスポーツ選手と水泳など冷刺激を多く受けるスポーツ選手の暑さ・寒さへの適応能の発達レベルについても明らかにしたい。

研究 方法

第一段階として、夏季野球選手（ここでは投手）が一試合中にどのような輻射環境条件下でどの程度のストレスを受けているかを明らかにするために以下のような実験を試みた。

実験 I 野球選手の一試合における運動（内容）分析

モデル実験試合を設定するために、昭和58年夏

季に行われた全国高校野球選手権大会をVTRに収録し、その中で3回戦以上勝ち抜いた14試合を対象に運動の量・質を加味して作成した運動コードに基いて、それぞれの運動内容別時間を算出した。動作分析コードとその時間分析結果およびそこから導かれたモデル試合を表1, 2に示す。

実験 II エネルギー代謝量、発汗量等の指標からみた一試合中の投手の生体負荷に関する実験——夏季・秋季の場合の比較検討——

本実験は夏季の炎天下の運動場（土）の微気候条件（温湿度、気流、黒球温度、全天日射量）を実測しながら、秋季の場合と対比し、そこでおおよそ2時間のモデル実験試合をした際の生体反応を酸素消費量、全身発汗量等を指標にして、暑熱環境下での運動ストレスによる生体負荷量を明らかにしようとした。

被験者は東京学芸大学野球部に所属するレギュラー投手2名である。被験者の身体特性は表3に示す。

第二段階として、運動場の材質は土、芝生、コンクリートなどさまざまであるが、同一の日射を

表1 動作分析コードの時間分析結果

	回数	1回当りの平均所要時間(秒)
windアップ	76	19.5
セットポジション	60	24.2
けん制球	16	15.7
投球練習	40	{(1回) 16.1 {(2~9回) 21.3
バント処理	3	39.8
バックアップ	5	50.2
ベースカバー	1	35.2
ダッシュ	10	28.3
ピッチャーゴロ	3	30.3
ピッチャーフライ	1	30.3
ジャンプ	1	38.3

* 1回当りの所用時間は、次の動作に移るまでの歩行や立位なども含む。

* windアップおよびセットポジションの1回当りの所用時間は投球を開始してから次の動作にはいるまでの時間

表2 動作分析から導かれたモデル試合

一回

0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	2	3	4	5	6	7	8	9
0	0	2	4	0	2	4	0	2
0	9	9	9	9	9	9	9	9
0	9	9	9	9	9	9	9	9

試合開始

SW...windアップ
セ...セットポジション

投球練習 8球

WWWWWWW SSSS SSSS SSSS SSSS

一塁牽制球
二塁牽制球
本塁バックアップ

一回 終了

二回

1	2	2	2	2	2	2	2	2
8	0	1	2	3	4	5	6	7
4	0	2	4	0	2	4	0	2
0	5	5	5	5	0	0	0	0

投球練習 4球

WWWWWWW SSSS SSSS SSSS SSSS

一塁牽制球
二塁牽制球
三塁牽制球
本塁バックアップ

二回 終了

三回

0	3	3	3	3	4	4	4	4
3	3	3	3	3	4	4	4	4
4	6	7	8	9	0	1	2	3
4	0	2	4	0	2	4	0	2
0	5	5	5	5	5	3	6	3

投球練習 4球

WWWWWWW SSSS SSSS SSSS SSSS

一塁牽制球
二塁牽制球
三塁牽制球
本塁バックアップ

三回 終了

四回

0	4	5	5	5	5	5	5	5
9	0	1	2	3	4	5	6	7
3	5	1	3	5	1	3	4	0
0	5	4	3	2	1	0	9	8

投球練習 4球

WWWWWWW SSS SSS SSS SSS SSS

一塁牽制球
二塁牽制球
三塁牽制球
本塁バックアップ

四回 終了

五回

1	0	0	0	0	1	1	1	1
0	5	6	7	8	9	0	1	2
0	3	5	1	3	4	0	2	4
8	3	2	1	0	9	8	7	6

投球練習 4球

WWWWWWW SSSS SSS SSS SSS SSS

一塁牽制球
二塁牽制球
三塁牽制球
本塁バックアップ

五回 終了

六回

1	1	2	2	2	2	2	2	2
9	1	2	3	4	5	6	7	8
5	2	4	0	2	5	1	3	2
6	1	1	1	1	1	5	0	3

投球練習

WWWWWWW S SSSS SSS SSS SSS SSS

一塁牽制球
二塁牽制球
三塁牽制球
本塁バックアップ

六回 終了

七回

1	3	3	3	3	3	4	4	4
4	5	6	7	8	9	0	1	2
2	4	0	2	4	1	3	5	1
4	9	8	8	7	7	6	5	4

投球練習 4球

WWWWWWW SSSSS S SSSSS SSSSS SSSSS

一塁牽制球
二塁牽制球
三塁牽制球
本塁バックアップ

七回 終了

八回

1	4	4	4	5	5	5	5	5
4	4	4	4	5	5	5	5	5
7	8	9	0	1	2	3	4	5
1	4	0	2	5	1	3	5	1
8	3	3	3	3	3	3	3	3

投球練習 4球

WWWWWWW SSSSS SSSSS SSSSS SSSSS

一塁牽制球
二塁牽制球
三塁牽制球
本塁バックアップ

八回 終了

九回

1	5	0	0	0	0	0	0	0
2	9	1	2	3	4	5	6	7
4	1	3	5	1	3	5	1	3
6	1	2	3	4	5	6	7	8

投球練習 4球

WWWWWWW SSS SSS SSS SSS SSS

一塁牽制球
二塁牽制球
三塁牽制球
本塁バックアップ

試合終了
タイム・内野手集合

表3 被験者の身体特性

(1984. 11. 30現在)

	年 齢	運 動 歴	身 長	体 重	体 表 面 積	基 礎 代 謝
Subj. 1	19 (歳)	野 球 (7年)	174.4 (cm)	69.8 (kg)	1.7926 (m ²)	224 (mL)
Subj. 2	18 (歳)	野 球 (6年)	175.5 (cm)	59.1 (kg)	1.6722 (m ²)	209 (mL)

受けた時の表面温度の上昇は、それぞれの材質によって、どの程度異なるかを明らかにするために以下に示すような手順にて基礎実験を試みた。

実験Ⅲ 材質の異なるグラウンドの輻射環境に関する基礎実験：実験装置

人工気候室（プレハブ温湿度可変装置，大西熱学）内に、芝生，土，コンクリート，人工芝の材質を4等分に入れた90cm四方，深さ20cmの箱を図1に示すように設置した．さらに図2に示すように陽光ランプ（東芝 D 250）を4種類の材質の中心真上 110cm の位置に赤外線ランプ（250 W）を陽光ランプの左右で，材料面から90cmの高さに設置し，それぞれを中心に向けて照射を行った（この条件下での照射量は $0.46\text{cal/cm}^2/\text{min}$ ，6月の東京の直達日射量 $1.13\text{cal/cm}^2/\text{min}$

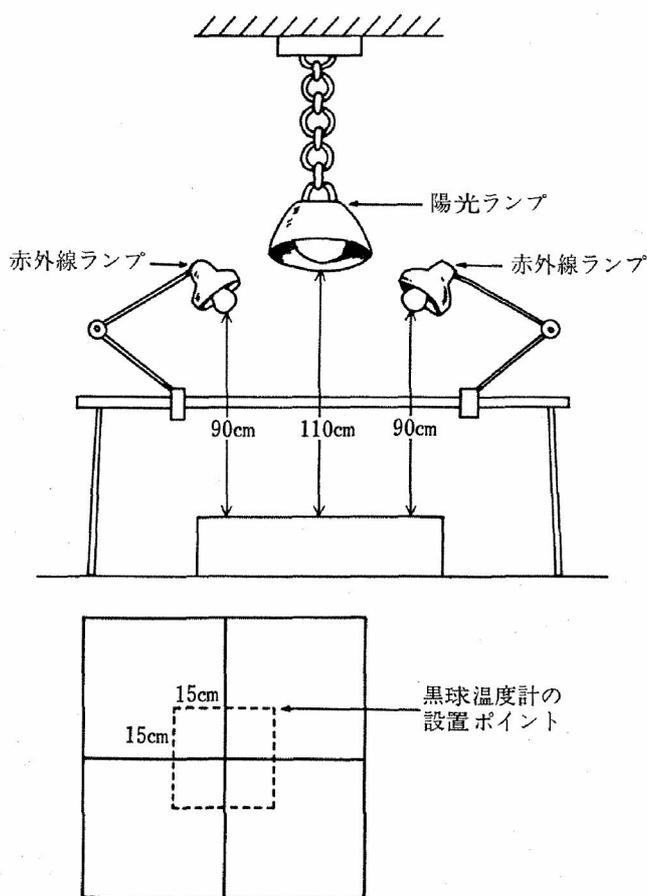


図2 実験装置

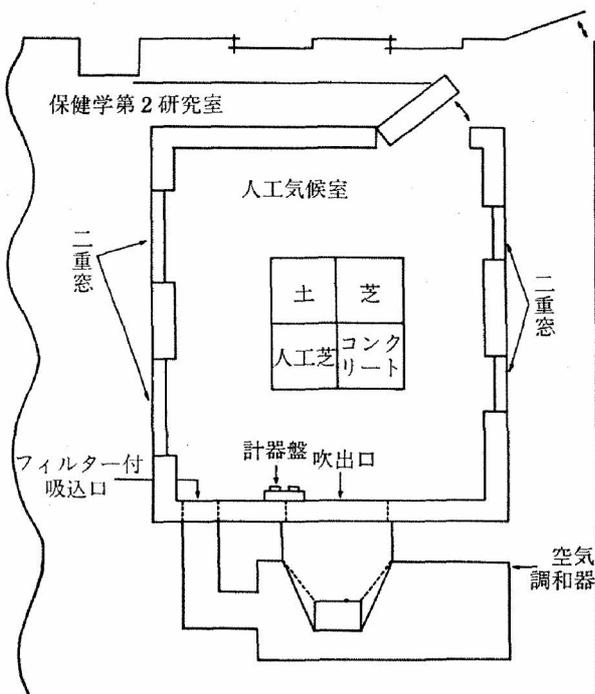


図1 人工気候室内平面図

よりも低い)。

実験に用いた人工芝はコンクリートの上にセットし，芝生は土の上のせて打水をして一日おいたものを用いた．このような実験装置のもとで，以下3つの実験を行った。

① 黒球寒暖計による各種材質別輻射熱量の測定 (昭和58年7月31日，13:00~14:30)

箱の対角線の交点から頂点まで $\frac{1}{3}$ の4点上5cm地点の黒球温度の経時的変動を陽光ランプ1，赤外線ランプ2にて60分間照射し，その経時的変動を記録した。

② サーモグラフィ⁵⁾ (赤外線映像装置) による材質別にみた表面温度の測定 (昭和58年8月1日, 15:35~17:25 p.m.)

同様の条件下で80分間照射し, その間および照射停止後30分間の各種材質別表面温度の経時的変動をサーモグラフィ (赤外線映像装置) を用いて撮影し, 分析した。

③ 打水による地面表面温度上昇の防止効果に関する実験 (昭和58年8月2日, 10:40 a.m.~12:30 p.m.)

25分間照射後, 中心から半径 15cm の円の広さに 150cc の水まき, さらに15分後半径 30cm の範囲まで 300cc の水をまいた。

散水後も同様に照射を続け, その間の各材質ごとの表面温度の変動をサーモグラフィにより記録, 打ち水による冷却効果を70分間観察した。

第三段階として, 暑熱環境への適応とその可能性に関する基礎実験を試みた。

実験 IV 温度環境を異にする運動部員の耐暑性に関する実験

夏季炎天下で屋外練習を行う野球・マラソン選

手と水中で競技する水泳選手の耐寒性・耐暑性を測定し, 各種スポーツ選手の温度環境への適応能力の発達の有無を明らかにするために以下のような手順にて実験を試みた。

被験者は大学できびしい練習に励む健康な男子水泳選手 5 名, 中距離選手 5 名, 野球選手 5 名の計15名である。

実験期間は昭和57年11月26日~11月30日

実験手順は図3のごとくである。

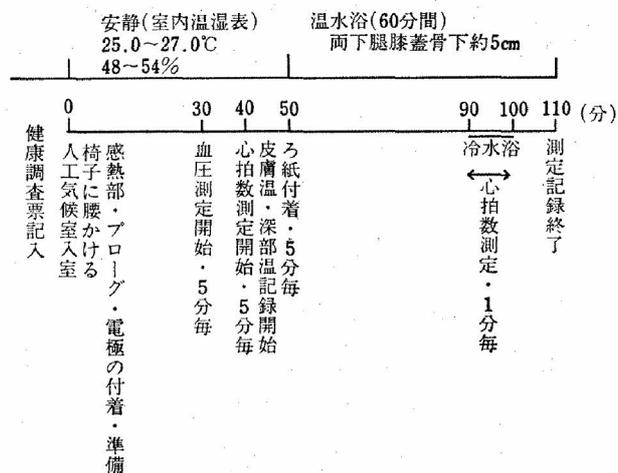


図3 耐寒性・耐暑性実験手順

表4 夏季 (10:20~), 秋季 (10:45~) におけるグラウンドの微気候環境条件

	気温 (°C)	湿球 温度 (°C)	相対 湿度 (%)	気流 (m/s)	黒球温 度0cm (°C)	黒球温 度90cm (°C)	黒球温 度150 cm(°C)	平均放 射温0 cm(°C)	平均放 射温90 cm(°C)	平均放 射温150 cm(°C)	日射量 (cal/ m ² /h)	気圧 (mm Hg)
Subj. 1 (夏)												
最大値	30.5	—	68.8	2.0	51.8	50.9	49.5	110.37	103.28	102.84	—	743.1
最小値	28.8	—	58.1	0.1	47.4	46.7	45.0	68.74	62.12	59.49	—	742.2
平均値	29.9	—	63.2	0.8	49.1	48.5	47.1	86.39	84.57	80.39	495.75	742.6
Subj. 1 (秋)												
最大値	16.1	10.0	54.8	2.5	33.1	31.3	31.6	74.20	75.97	80.68	—	759.4
最小値	14.0	7.2	44.8	0.3	29.4	27.8	27.2	51.51	48.06	47.37	—	758.3
平均値	15.3	8.6	49.3	1.1	31.0	29.5	29.6	66.61	63.57	65.83	464.46	758.9
Subj. 2 (夏)												
最大値	29.4	—	67.8	2.0	51.5	49.1	48.0	121.36	112.65	107.00	—	741.7
最小値	28.4	—	62.1	0.4	40.5	39.5	39.3	57.44	54.94	54.44	—	741.2
平均値	29.0	—	64.2	1.0	47.1	45.0	44.7	88.20	81.42	80.24	192.56	741.4
Subj. 2 (秋)												
最大値	16.4	10.3	58.4	3.2	25.3	24.9	25.2	50.56	51.16	54.15	—	759.0
最小値	13.8	9.0	48.5	0.7	12.9	14.0	14.1	10.99	14.50	16.56	—	758.3
平均値	15.1	9.4	54.1	1.7	19.8	20.0	20.3	33.47	35.60	37.09	180.64	758.6

表5 モデル試合をしたときの投手の生体反応

	全身発汗量 (g)	平均衣服表面温度(°C)	平均皮膚表面温度(°C)	腋窩温 (°C)	エネルギー代謝量 (cal/m ² /h)
Subj. 1 (夏)	1,800	—	—	—	141.31
Subj. 1 (秋)	600	21.7	29.6	35.7	135.32
最大値	—	22.8	30.5	36.4	—
最小値	—	19.2	28.4	35.2	—
Subj. 2 (夏)	2,000	—	—	—	153.11
Subj. 2 (秋)	300	18.4	29.5	36.7	112.64
最大値	—	19.7	30.4	36.4	—
最小値	—	17.3	28.3	35.7	—

表6 運動コード別にみたエネルギー代謝

(実験日 1984. 11. 3)

		ワインドアップ	セットポジション	休憩	1試合分
Subj. 1	R M R	3.30	3.98	0.79	2.38
	エネルギー代謝量 (cal/分)	5.09	5.85	2.25	4.05
Subj. 2	R M R	2.76	3.04	0.34	1.78
	エネルギー代謝量 (cal/分)	4.16	4.45	1.62	3.13

結 果

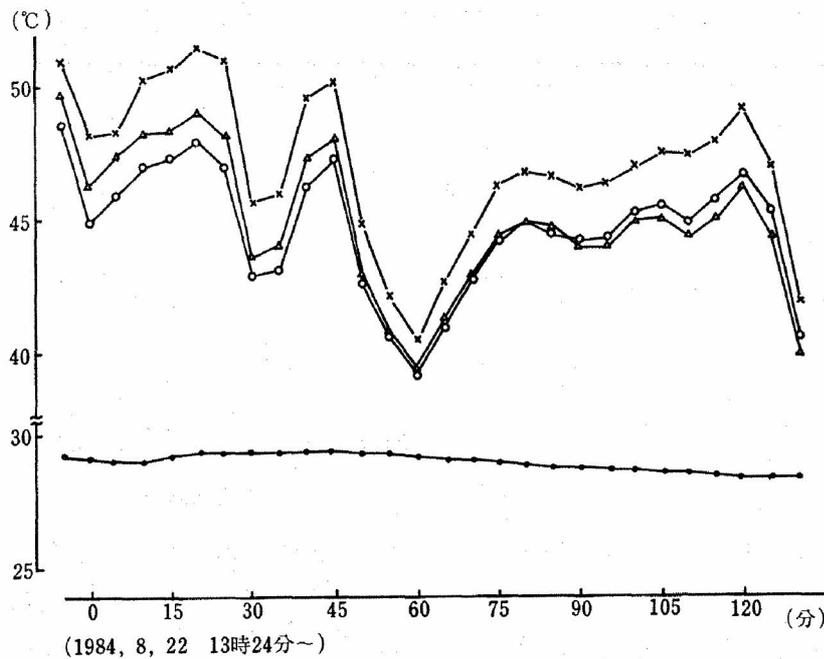
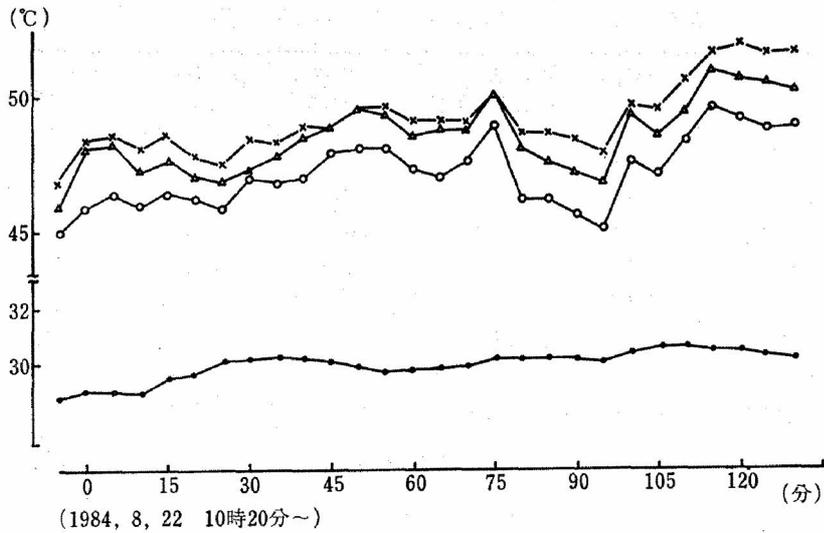
1 夏季および秋季におけるグラウンドの微気候環境とその環境下での野球選手(投手)の一試合に要するエネルギー代謝量と発汗量について

夏季(10:20~12:45)(13:24~15:49), 秋季(10:50~13:15)(14:15~16:40)におけるグラウンドの微気候環境条件とそこでの2時間8分間モデル実験試合をした際の投手の生体反応結果を表5・6に示す。

表4および図4・5にみるように, 夏季の実験時のグラウンドの微気候環境条件は, 気温28.4~30.5°C, 相対湿度58~68%に対して, 秋季の場合は13.8~16.4°C, 相対湿度45~55%, 地面の黒球温度は90~150cmの地点に比して2~4°C高い。秋季の場合は午前中のみ地面の方が1~3.5°C高いが, 午後になると0.5°Cとほとんど上下温差が認められず, さらに2時30分を過ぎると地

面温度の方が先に冷えていく様子がわかる。

このような微気候環境下のグラウンドで2時間8分間モデル実験を行った際の生体の生理的負荷量を全身発汗量とエネルギー代謝量からみると, 夏季では1.8kg~2.8kg, 秋季は午前に実施したSubj. Aは0.6kgであるが, 午後の輻射熱量が急激に減少し, 体感としても輻射熱を感じていないSubj. Bの場合は, 0.3kgと $\frac{1}{2}$ に減少している。夏季は秋季の発汗量の3~7倍である。代謝量は夏季の午前の部Subj. Aが141.31kcal/h/m², 午後のSubj. Bは153.11kcal/h/m²で午後の方が大なるのに対し, 秋季の場合は午前135.32kcal/h/m², 午後112.64kcal/h/m²で午前の方が高い。発汗量・代謝量とも夏季は午後の方が高く, 秋季は午前の方が高い。温湿度は, 午前午後ではほとんど変わらないが, 黒球温度および平均放射温は夏季では午後の方が高く, 秋季では午前の方が高いことと一致する。すなわち, 発汗や代



黒球温 ○—○ 150cm Δ—Δ 90cm ×—× 0cm ●—● 気温

図4 夏季のグラウンドにおける微気候環境条件の経時的変動

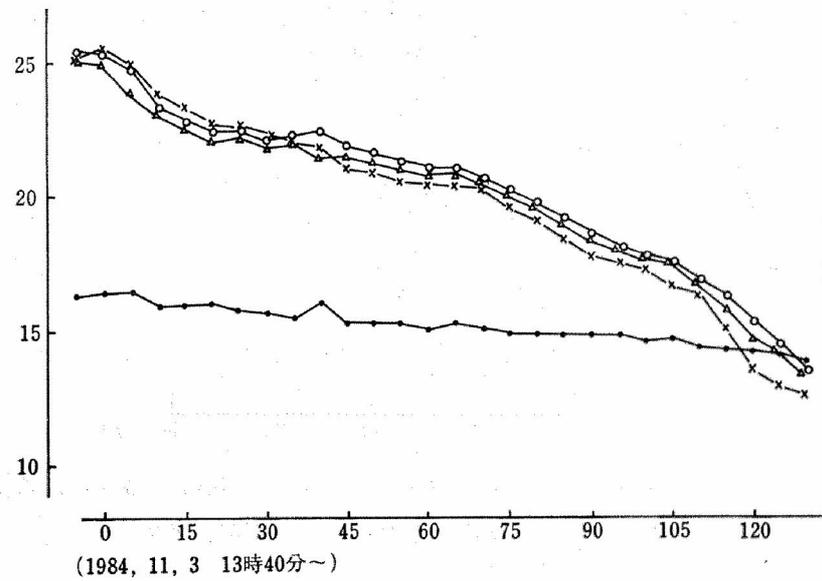
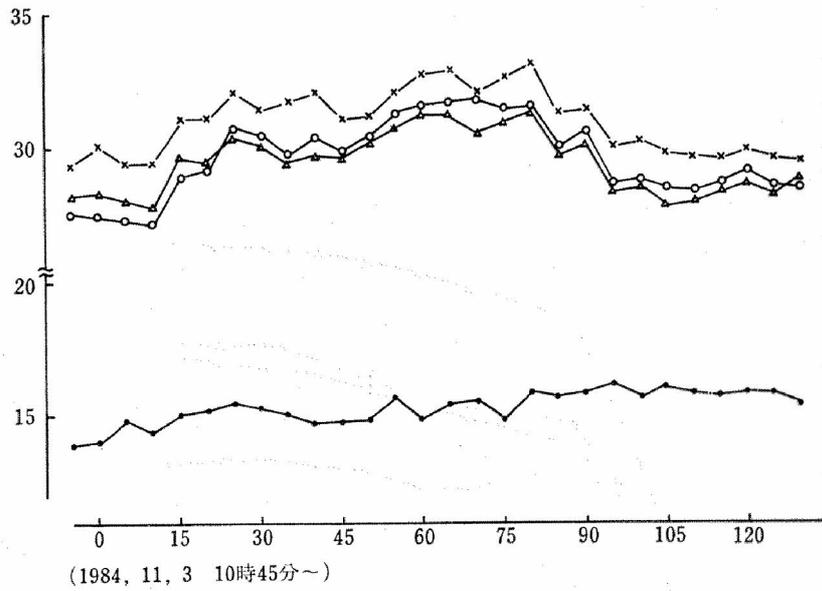
謝からみた生体への負荷は、温湿度よりも黒球温度に依存すると言いかえることができよう。

2 サーモグラフィを用いた土、芝生、コンクリート、人工芝など材質の異なるグラウンド環境の輻射熱に関する基礎実験結果について

4 種類の材質別にみた輻射熱（黒球温度）の経時的変動を図6に示す。点灯後、人工芝、コンクリート、芝生、土という順で黒球温度が高くなったが、16分をさかいに芝生と土の黒球温度は逆転し、人工芝、コンクリート、土、芝生となった。

このことは芝生の上昇の割合が小さくなり20分後からほとんど上昇傾向を示さなかったことによる。しかし、他の3材質は絶えず上昇を続け、とくに人工芝の上昇度は大きく、コンクリートを上回ることが注目される。

写真No.1は照射直前のサーモグラフィである。材質は右上が土、右下が人工芝、左下がコンクリートである。照射開始25分後（写真No.2）では、芝生の方が土より高いが、80分後には土と芝生が逆転している。



黒球温 ○—○ 150cm △—△ 90cm ×—× 0cm ●—● 気温

図5 秋季のグラウンドにおける微気候環境条件の経時的変動

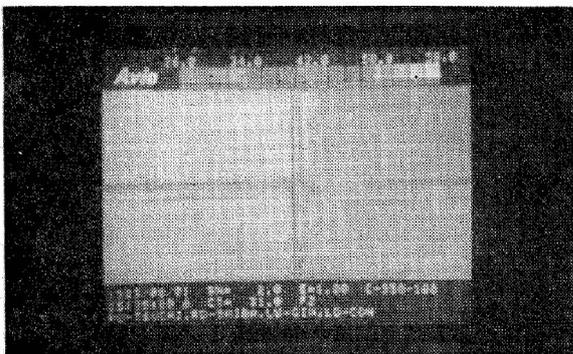


写真 No. 1 照射直前

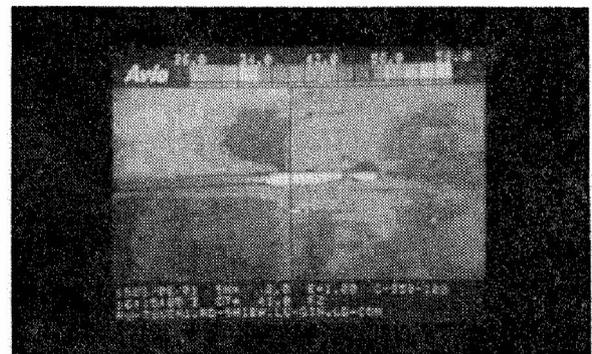
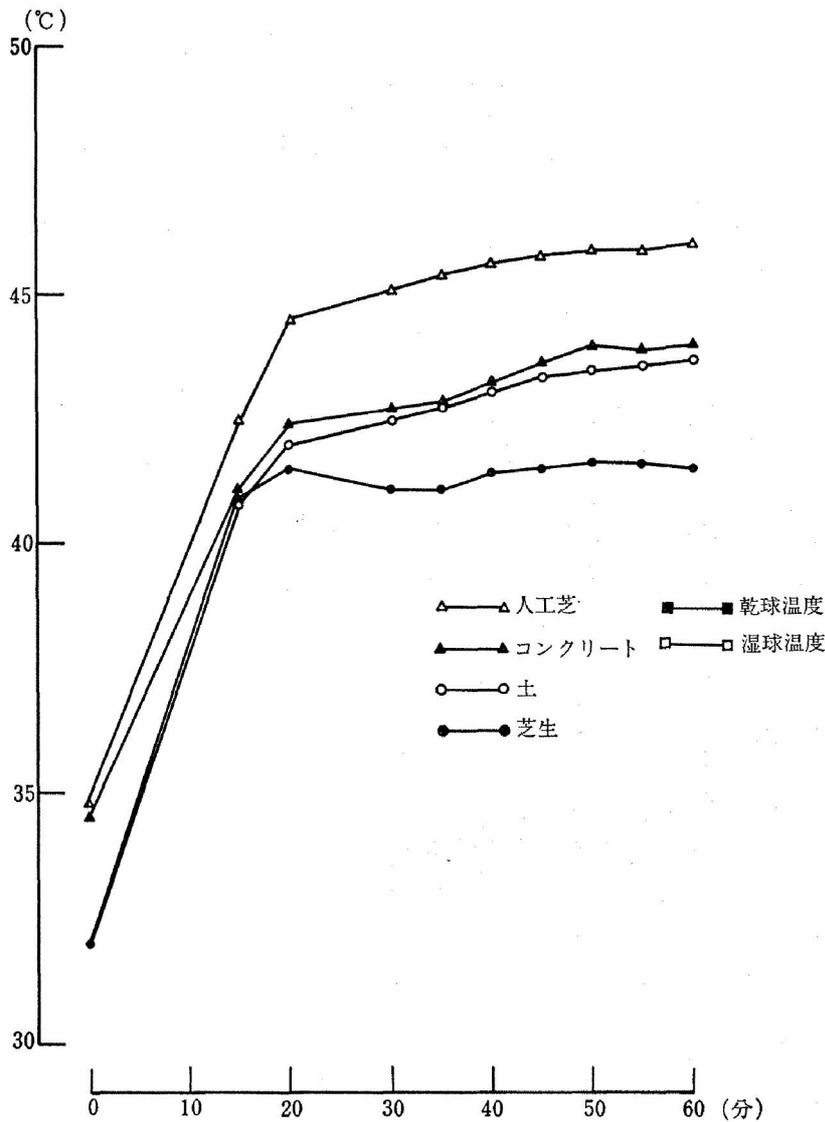


写真 No. 2 照射開始25分後



黒球温 ○—○ 150cm △—△ 90cm ×—× 0cm ●—● 気温
 図 6 材質別にみた輻射熱 (黒球温度) の経時的変動

図 7 は 4 材質別にみた表面温度の経時的変動である。

このことは、ある程度湿気のある土の場合、土の水分が完全に蒸発してしまうまでは、芝生の表面温度よりも土の方が低いが、その限界を越え、さらに日射が続くと土は上昇し続ける。芝生は葉の蒸散作用が働き、上昇がおさえられると解釈される。

図 8 は、打ち水の効果をみるための実験結果である。すなわち、25分間照射後40分までの間に中心から半径 30cm の面積に 450cc 均等に散水、

その後60分間照射し続けたときの表面温度である。照射時間中上昇し続けた人工芝は、散水により急激に下降し、その後も比較的上昇が少なく、コンクリートを下まわっていることが注目される。これに対してコンクリートは打ち水後 5~65 分にかけて表面温度の上昇率は高く、人工芝より高い温度にまで至る (写真 No. 5~7)。

以上、熱輻射という点から材質の異なるグラウンド環境を考えた場合、芝生はある程度まで温度が上昇すると、その後は上昇が押えられ、最も良好な結果を示した。これに対して、人工芝の熱輻射

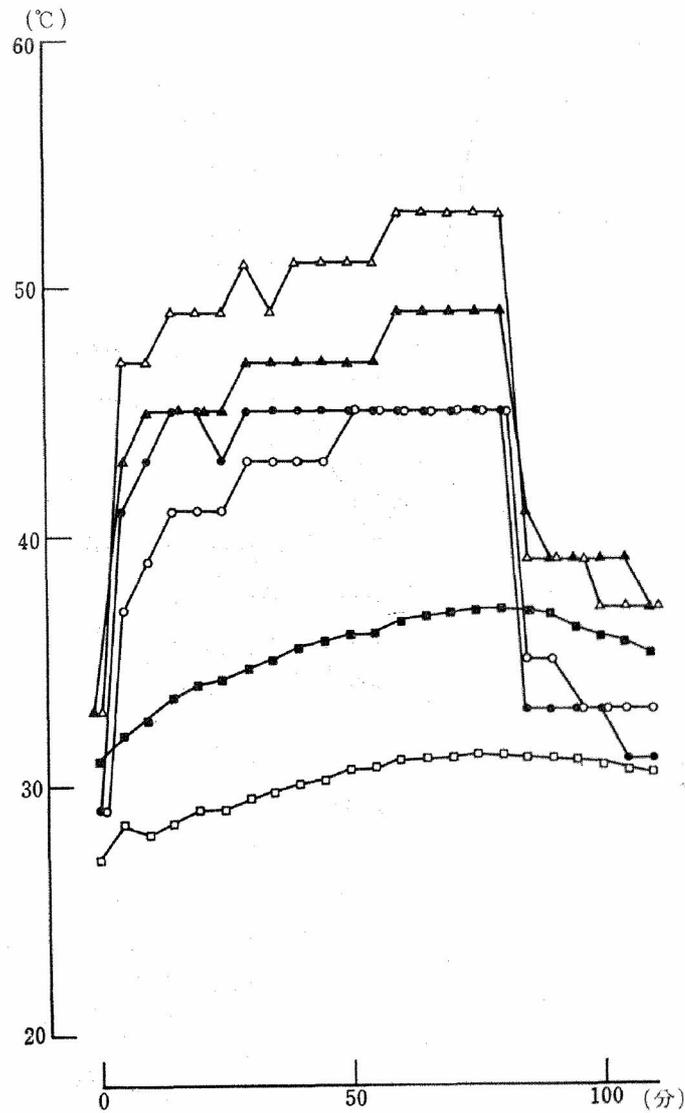


図7 材質別にみた表面温度の経時的変動

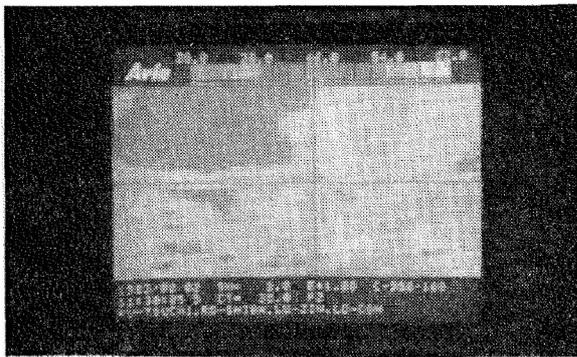


写真 No. 3 照射開始40分後

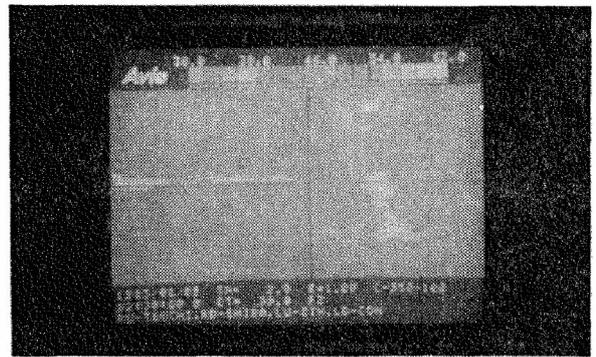
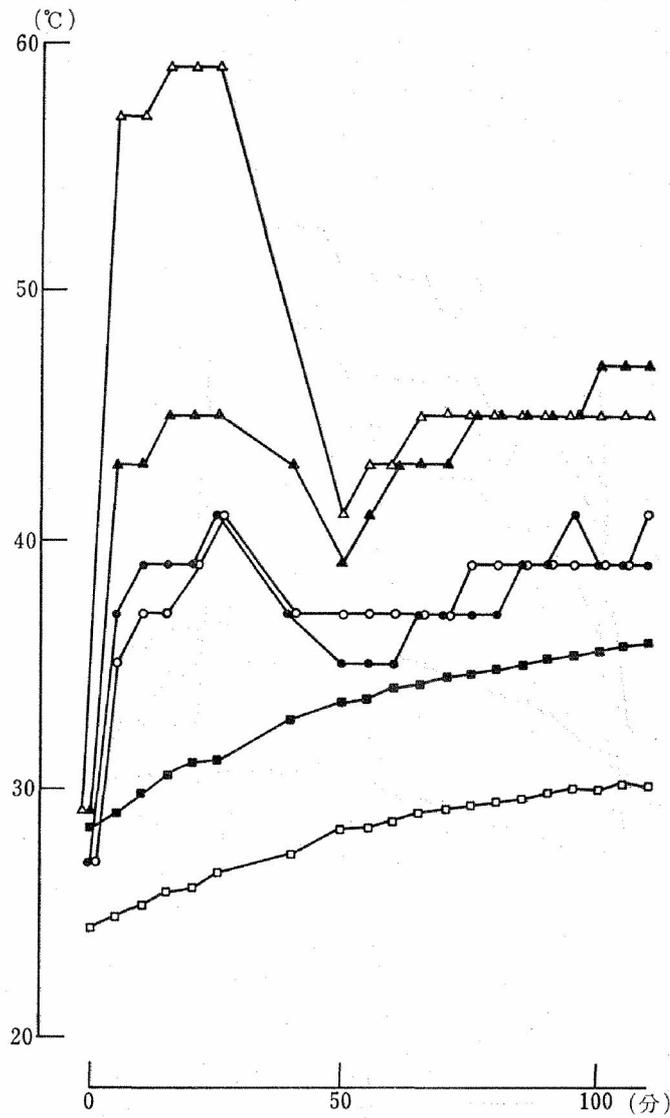


写真 No. 4 照射開始80分後

は、コンクリートを上まわるほどのものであった。しかし、コンクリートの場合、打ち水による効果が少ないのに対して、人工芝の場合は、その

効果が著しいことに注目したい。散水など、運動場管理をこまめにするという条件をつけるならば、夏季のグラウンド環境としては土が最も望ま



注) 開始25分後から48分後にかけて打ち水 0.64cm³/cm²
 図8 材質別にみた表面温度の経時的変動 (打ち水あり)

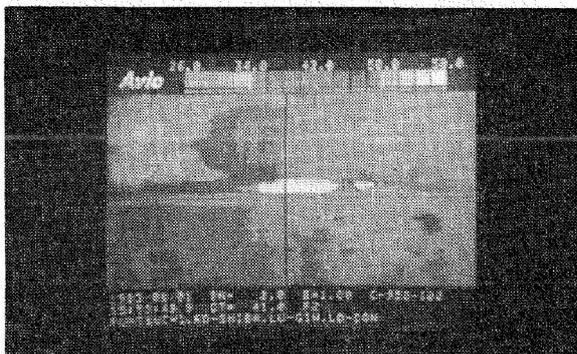


写真 No. 5 打ち水後2分

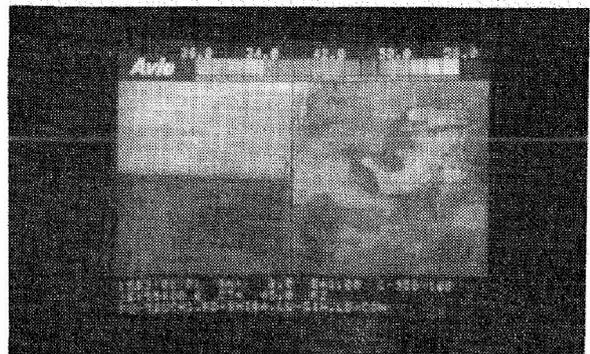


写真 No. 6 打ち水後7分

しいと結論されよう。

3 温度環境を異にする運動部員の耐寒性耐暑

性について

すでに方法の項で述べたように、暑さ寒さへの

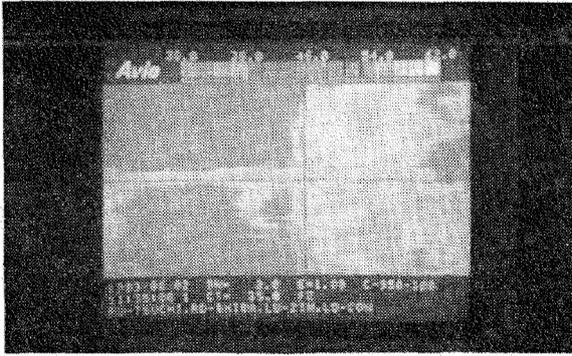


写真 No. 7 打ち水後62分

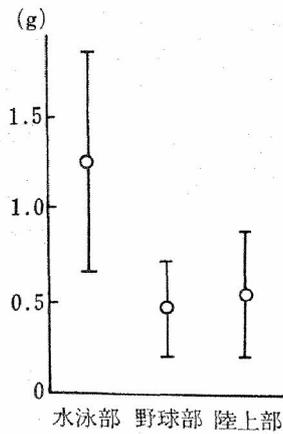


図9 総発汗量の運動部別平均と標準偏差

人の適応能として耐暑性耐寒性の評定については、国際的に多くの検討がなされてきたがここでは IBP⁵⁾ (国際生物事業計画 International Bio-

logical Program) の大原⁷⁾, 吉村⁸⁾ の方法およびその評定法に準拠した。

すなわち、耐暑性については、発汗量と発汗濃度 (汗中無機塩類, Na, K 含有量) の2つの指標を用い、低汗量・低濃度型 (I型) が最も耐暑性にすぐれ、高汗量, 高濃度型 (IV型) が最も劣ると判定される。

耐暑性は局所性耐暑性テストを用いたが、冷水入水後の寒冷血管発現温度 (TFR), 発現時間 (TTR), 浸水後5~10分間の指先皮膚温の平均値 (MST), 反応幅 (AT) 等から評定される。

以下、これらの指標による分析結果を述べる。

① 温水入水後60分間の総発汗量は、図9に示すように野球部が最も少なく、次いで陸上部、水泳部は最も大であった。

② 温水入水時から5分ごとの発汗量の経時的変動を図10に示す。入水直後からすぐに増加し始める被験者はなく、すべての被験者が潜伏期を経過した後に発汗量が増加し始めている。増加し始める時間がはやく増加量が多いのは水泳部、次いで陸上部、最もゆるやかに増加量の少ないのは野球部であった。

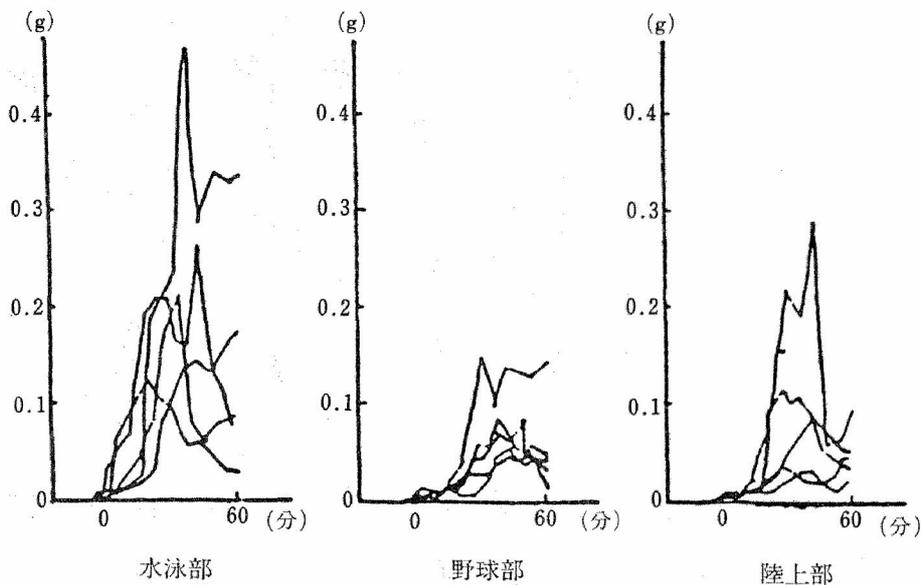


図10 運動部別の発汗量経時的変動

③ 汗中塩分濃度 (Na, K) は, 図11に示す. Na, K とも最も濃度の高いのは水泳部で, Na に

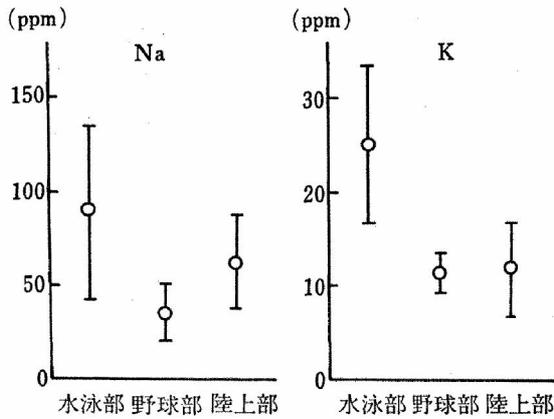
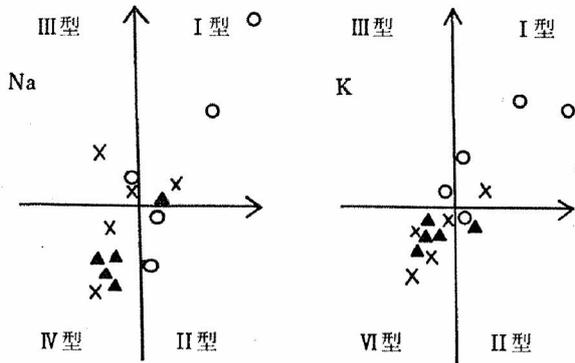


図11 汗中塩分濃度の運動部別平均と標準偏差



○ 水泳部 △ 野球部 × 陸上部

図12 発汗量と塩分濃度とによる各被験者の発汗型

ついては次いで陸上部, 最も少ないのは野球部であった. Kについては陸上部の個体差が大きく, 陸上部野球部間に有意差は見られない.

④ 発汗量と発汗濃度とによる各被験者の発汗型を図12に示す. 最も耐暑性のすぐれているI型 (低汗量・低濃度) に属するものは野球部の5名中4名と陸上部4名中2名, 水泳部は0名であった.

⑤ 耐寒性については図13に示すように寒冷血管反応が顕著に現われたのが水泳部と陸上部で, 現われなかったのは野球部であった.

⑥ 4つの耐寒指標, TTR, TFR, MST, については4項目とも水泳部がすぐれ, 次いで陸上部, 最も劣っていたのが野球部であった (図14).

考 察

耐暑性は野球部が最もすぐれ, 耐寒性は水泳部がすぐれ, 陸上部は耐暑性耐寒性とも比較的すぐれている傾向が認められた. その理由として, 3運動部の練習における温度環境のちがい, 練習時期, 練習方法, 練習内容などがあげられる. 水泳

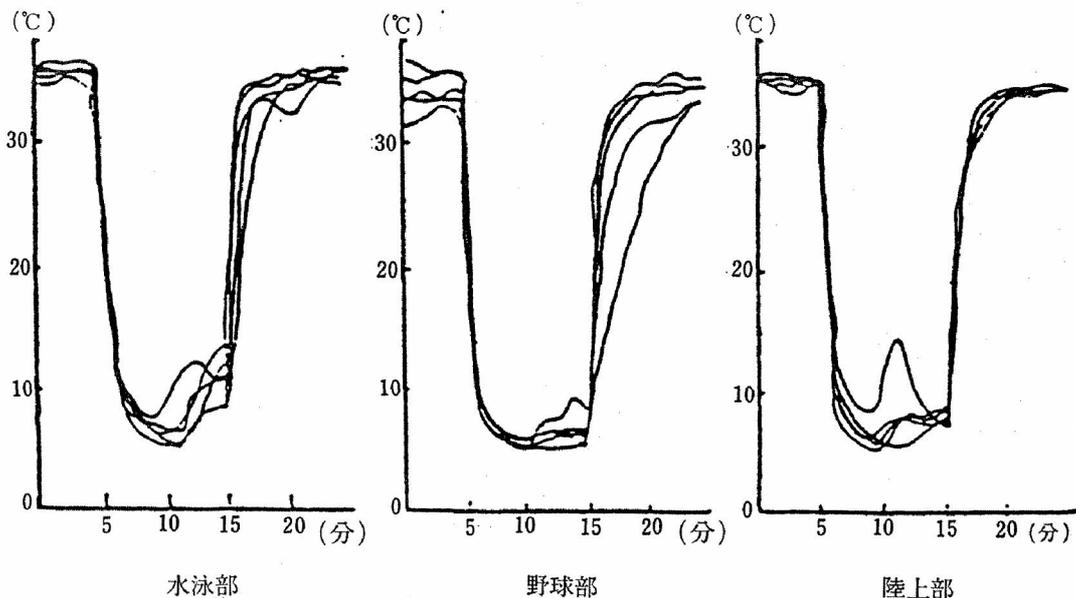


図13 運動部別冷水浸中の皮膚温経時的変動

部の場合、屋外プールでは時には水温 16°C の中でも行うので耐寒性がそなわり、一方、夏の猛暑時でも涼しい水中での練習なので暑熱環境からの刺激量は少ない。一方、野球部の場合、夏の炎天下のもと朝から夕まで長時間練習を行うので耐暑性がそなわり、冬はシーズンオフとなるので練習内容も軽減し、屋内練習が主となるので耐寒性がそなわっていないのであろう。陸上部の場合、耐暑性は野球部に、耐寒性は水泳部に次いですぐれていた。このことは、中距離走は耐暑性がその記録に大きく関与するので耐暑性が備わり、一方、冬でも大きな大会があるため当然本格的な練習が冬にも行われるので、耐寒性も備わると考えられよう。

人間にとって暑熱または寒冷環境下におかれることは、生体に負荷となるが、それらの環境下で運動するスポーツ選手は、運動負荷とともに環境からの暑熱または寒冷刺激も同時に受けるので温度環境に適応する能力、すなわち耐暑性・耐寒性が高いことが要求される。スポーツ選手にとって、運動技能の習得とともに、環境適応能力の獲得も必要であると考えられる。発育途上にある児童生徒の場合適応能の獲得という視点は、さらに重要であるが、成人に比較して日射病⁹⁾になりやすいという体温調節能力の未発達な部分が同時に介在することを無視することはできない。

第1部の実験結果から得られたように、輻射熱による生体への影響は、多大なものであり、同一温度条件下でもグラウンドの材質のちがいで受ける輻射熱の影響を同時に加味した健康管理・環境管理（練習時刻・練習時間・練習内容と練習方法への配慮、グラウンド材質および散水など輻射熱対策、着帽・着装への工夫など）を考えてゆきたいものである。

総 括

夏季の炎天下でのスポーツ活動は運動そのもの

の負荷に加えてその暑熱環境からの2重の負荷がかかるため、日射病、熱射病など暑熱障害防止対策を主体一環境両側面から検討しておかねばならない。

本研究は、①土・芝土・人工芝・コンクリートなどグラウンドの材質のちがいによって輻射熱がどの程度異なるか、散水により表面温度の上昇をどの程度抑えることができるかを明らかにするために、人工気候室を用いて、各材質に人工的に6月中旬（東京）と同程度の日射量を陽光ランプ、赤外線ランプを用いて照射し、サーモグラフィに映像した結果、人工芝はコンクリートよりも輻射温度および表面温度は上昇した。それに対して、土、芝生の上昇度は低く、特に芝生は45分以降は照射による上昇は抑えられた。打ち水（散水）による冷却効果は土芝生の場合大であるが、コンクリートはすぐに流れてしまうためか表面温度の上昇を抑制する効果は認められなかった。運動環境としてのグラウンド材質として最も望ましいのは日射に応じて乾燥を防ぐための散水をするなどきめ細かい管理のもとでの“土”と“芝生”で、コンクリートおよび人工芝のグラウンドは好ましくない。

次いで、②夏季の炎天下の土の運動場の微気候条件（温湿度、気流、黒球温度）を実測しながら、そこにおよそ2時間のモデル実験試合をした際の生体反応を酸素消費量、全身発汗量、皮膚温等を指標にして、暑熱環境下での運動ストレスによる生体負荷を検討した結果、夏季のグラウンドの温湿度が、28.4~30.5°C、と相対湿度45~55%のとき地面の黒球温度は49~51°C、90cmで48~51°C、150cmでは47~50°Cで地面の方が輻射温度は高かった。そのような環境下で2時間余りのモデル試合をしたときの投手のエネルギー代謝量はSubj. Aの場合141cal/m²/h、秋季では135cal/m²/hに対し、Subj. Bでは153cal/m²/h、秋季では112cal/m²/h、発汗量は夏季は秋季の3

～7倍であった。

さらに③野球部，陸上部，水泳部に所属する選手各5名を対象に耐寒性・耐暑性テストを行うと，耐寒性に最もすぐれた水泳部次いで陸上部，野球部であったのに対して，耐暑性は野球部が最もすぐれ，次いで陸上部，水泳部であった。これらの結果は，日頃炎天下で練習や試合を行うことの多い野球部の耐暑性が，水中に冷刺激を受ける水泳部の，耐寒性がすぐれていること，すなわち，温度適応能は訓練によって，発達することが示されたわけである。

夏季炎天下でのグラウンドの環境管理は，人工芝，コンクリートをさげ，土，芝生の散水などを行うなどの必要性とともに，積極的な戸外での暑さ，寒さの刺激を受けながらのスポーツ活動は耐暑性・耐寒性を高める働きになることという2つの異なる視点を同時に考慮することがこの一連の実験結果から導かれた。

文 献

- 1) 加地正郎；人間・気象・病気—気候内科へのアプローチ，日本放送
- 2) 中井誠一，高野清江，伊藤孝；運動中の暑熱障害発生と気象条件，保健の科学，23(S)，205—208 (1981)
- 3) 中井誠一；夏季運動時の温熱環境と温熱ストレス，日本体育大紀要，12号，85—91 (1983)
- 4) 井関敏之；スポーツと日射病，からだの科学，89 (1979)
- 5) 日本サーモグラフィ；学会編，医用サーモグラフィ，中山書店，p. 11～31 (1984)
- 6) 生物圏動態ヒトの適応能分科会編；日本人の適応能—その研究方法と研究成果，講談社 (1970)
- 7) 大原孝吉；日本人の耐熱性とその測定法，「日本人の適応能—その研究方法と研究成果」(生物圏動態ヒトの適応能分科会編) p. 3～17，講談社 (1970)
- 8) 井上太郎；局所性耐寒性，「日本人の適応能—その研究方法と研究成果」(生物圏動態ヒトの適応能分科会編)，p. 32—45，講談社 (1970)
- 9) 荒田弘道；暑熱障害症，からだの科学，88，p. 105—109 (1979)