公益財団法人日本陸上競技連盟
陸上競技研究紀要
第８巻, 101-104, 2012
Bulletin of Studies in Athletics of JAAF
Vol.8,101-104,2012

第 13 回 IAAF 世界陸上競技選手権大会 男女マラソン調査

谷崎智舟[1)]　青木拓巳[1)]　石井好二郎[1)]
１）同志社大学スポーツ健康科学部

Ⅰ緒言

暑熱環境下では労働意欲が減退したり，作業効率が低下することは日常経験することであるが，スポーツについても例外ではない．環境温度がパフォーマンスに及ぼす影響を異なる運動強度ごとに調べた先行研究 1) では，高強度の運動では気温の影響は少なく，低強度，長時間運動ほど気温の影響を受けることを報告している．したがって，持久的なスポーツ種目であり，42.195km を走行しタイムを競う競技であるマラソンは，暑熱環境の影響を強く受ける．しかしながら，夏季オリンピック（以下，五輪）や世界陸上競技選手権（以下，世界陸上）などの世界大会は夏季に行われ，暑熱環境下でマラソンが実施されている．国際陸上競技連盟（以下，IAAF）は WBGT（Wet Bulb Globe Temperature: 湿球黒球温度）を用いた暑熱環境下でのロードレースのリスクチャート 2) を発表しており，五輪や世界陸上でのマラソンは過酷な環境下でのレースであると理解される．

30 年間にわたるボストン・マラソンのデータでは，最も記録の出やすい気象条件は気温 8℃を上回らず，わが国のマラソンについて調べた例でも，10℃前後で最高記録が出ており，20℃を上回るあたりから急激に記録は低下している 3)．また，WBGT に対し，マラソンの記録低下を競技能力別に予測するノモグラムも作成されている 4)．すなわち，レース中の WBGT を計測し，記録の低下率を調査すれば，暑熱環境下でのマラソン走行能力の優劣や対策を知る一助となる．

本研究では，実際に世界陸上に赴き，レース中の WBGT の計測，ならびにマラソンの記録の調査を実施した．得られたデータを分析したところ，順位や国・地域別によって暑熱環境下でのマラソンの記録低下に興味深い結果が得られたので報告する．

Ⅱ方法

（１）レース時の WBGT の測定

2011 年世界陸上競技選手権テグ大会で行われたマラソン種目（女子： 8/27，男子： 9/4 男女とも 9:00 スタート）を対象レースとした．測定場所はスタート地点，5km 地点，10km，15km，20km，25km，30km，35km，40km，フィニッシュ地点の各地点で，先頭通過時刻に合わせて，WBGT，気温，相対湿度，黒球温を WBGT 計（WBGT-103 ならびに WBGT-203，京都電子工業，京都）を用いて測定をした．

（２）当日のレース記録，パーソナルベストおよび低下率

当日のレース記録およびパーソナルベスト(以下，PB）は大会ホームページより調査した．
また,低下率は,レース記録から PB を減算したのち，PB で除して求めた．
低下率（%）＝（記録－ PB）/ PB × 100

（３）統計処理

統計量はすべて平均値±標準偏差で示した.また，1 位から 8 位の入賞者を対照群として，Dunnett 法により 40 位までを 8 名ずつで区切ったグループと比較した．有意水準は $p<0.05$ とした．

Ⅲ結果

（１）レース時の暑熱環境

表 1-A，1-B に本大会での観測地点と観測時刻，WBGT，気温，相対湿度，黒球温を示した．また，図 1 は観測地点と WBGT の変化を示した図である．男女ともにレースが進むにつれて WBGT の上昇がみられた．女子の WBGT の平均は 25.02 ± 1.21℃であり男子の平均は 23.36 ± 1.10℃であった．

表１－A　女子マラソン測定地点の気象状態

観測時刻	測定地点(km)	WBGT(℃)	気温(℃)	湿度(%)	黒温球(℃)
9:00	START	24.7	26.0	71.7	29.6
9:16	5	23.5	24.7	82.8	25.8
9:37	10	23.5	24.5	80.0	26.5
9:55	15	24.6	26.0	74.3	28.9
10:13	20	24.2	24.9	79.6	28.4
10:30	25	25.8	27.1	68.8	32.2
10:47	30	26.5	27.7	65.6	35.6
11:05	35	24.4	25.8	76.4	28.0
11:21	40	26.7	28.1	64.2	36.2
11:30	FINISH	26.3	28.0	62.2	34.8
平均		25.0	26.3	72.6	30.6
標準偏差		1.2	1.4	7.2	3.8

表１－B　男子マラソン測定地点の気象状態

観測時刻	測定地点(km)	WBGT(℃)	気温(℃)	湿度(%)	黒温球(℃)
9:00	START	22.4	25.7	56.2	28.0
9:10	5	22.4	25.5	57.1	27.9
9:28	10	22.7	25.6	58.2	28.6
9:46	15	22.5	25.7	55.0	28.5
9:56	20	22.9	26.0	55.4	29.2
10:13	25	22.7	25.9	55.7	28.5
10:30	30	23.9	27.3	52.8	31.1
10:40	35	23.8	27.3	51.9	31.2
10:56	40	24.8	28.3	51.3	32.6
11:07	FINISH	25.5	28.6	47.1	39.2
平均		23.4	26.6	54.1	30.5
標準偏差		1.1	1.2	3.3	3.5

表２－A　女子マラソンレース結果 , PB, 低下率

順位	名前	国	結果	備考	PB	結果-PB	低下率%
1	E.N.キプラガト	ケニア	2:28:43	--	2:20:46	0:07:57	5.65
2	P.ジェプトゥー	ケニア	2:29:00	--	2:22:55	0:06:05	4.26
3	S.J.チェロップ	ケニア	2:29:14	SB	2:22:43	0:06:31	4.57
4	B.ベケレ	エチオピア	2:29:21	--	2:23:09	0:06:12	4.33
5	赤羽　有紀子	日本	2:29:35	--	2:24:09	0:05:26	3.77
6	朱 暁琳	中国	2:29:58	--	2:23:57	0:06:01	4.18
7	I.アンデルソン	スウェーデン	2:30:13	--	2:23:41	0:06:32	4.55
8	王 佳麗	中国	2:30:25	--	2:26:12	0:04:13	2.88
9	M.パロシュ	ポルトガル	2:30:29	--	2:25:04	0:05:25	3.73
10	中里　麗美	日本	2:30:52	--	2:24:29	0:06:23	4.42
11	陣　栄	中国	2:31:11	--	2:26:49	0:04:22	2.97
12	A.ケベデ	エチオピア	2:31:22	--	2:23:58	0:07:24	5.14
13	I.J.コスゲイ	ケニア	2:31:29	SB	2:28:57	0:02:32	1.70
14	A.ベイサ	エチオピア	2:31:37	--	2:22:04	0:09:33	6.72
15	T.ハメラ シュミルコ	ウクライナ	2:31:58	--	2:28:14	0:03:44	2.52
16	賈 超風	中国	2:31:58	--	2:29:40	0:02:18	1.54
17	T.ムーディー	アメリカ	2:32:04	SB	2:30:53	0:01:11	0.78
18	尾崎　好美	日本	2:32:31	--	2:23:30	0:09:01	6.28
19	野尻　あずさ	日本	2:33:42	--	2:25:29	0:08:13	5.65
20	L.デュラ	バーレーン	2:33:47	--	2:26:56	0:06:51	4.66
21	O.ブルコフスカ	ウクライナ	2:34:21	--	2:28:31	0:05:50	3.93
22	伊藤　舞	日本	2:35:16	--	2:26:55	0:08:21	5.68
23	M.プラクシナ	ロシア	2:35:39	--	2:27:07	0:08:32	5.80
24	S.パートリッジ	イギリス	2:35:57	--	2:34:13	0:01:44	1.12
25	D.ロバチェブスケ	リトアニア	2:36:05	SB	2:35:06	0:00:59	0.63
26	王 雪芹	中国	2:36:10	--	2:28:17	0:07:53	5.32
27	L.C.ストゥブリッチ	クロアチア	2:36:41	--	2:30:46	0:05:55	3.92
28	キム ソウウン	韓国	2:37:05	SB	2:29:27	0:07:38	5.11
29	C.ロティッチ	ケニア	2:37:07	SB	2:29:46	0:07:21	4.91
30	K.ニューベリー	アメリカ	2:37:28	SB	2:35:23	0:02:05	1.34
31	R.カルマー	南アフリカ	2:38:16	--	2:34:47	0:03:29	2.25
32	A.ミケイグ	アメリカ	2:38:23	SB	2:37:29	0:00:54	0.57
33	T.ホロフチェンコ	ウクライナ	2:39:25	SB	2:31:37	0:07:48	5.14
34	イ スッチョン	韓国	2:40:23	--	2:34:01	0:06:22	4.13
35	チョン ユンヒ	韓国	2:42:28	--	2:30:50	0:11:38	7.71
36	B.ドガン	トルコ	2:42:56	--	2:34:53	0:08:03	5.20
37	A.V.シャルクウィク	南アフリカ	2:43:59	SB	2:35:32	0:08:27	5.43
38	C.デレク	アメリカ	2:44:35	SB	2:26:35	0:18:00	12.28
39	L.オツゴンバヤル	モンゴル	2:45:58	--	2:39:50	0:06:08	3.84
40	Z.ゴメス	アメリカ	2:46:44	SB	2:32:51	0:13:53	9.08
41	J.トリビオ	ペルー	2:47:21	--	2:41:10	0:06:11	3.84
42	A.ディクソン	イギリス	2:50:51	--	2:34:51	0:16:00	10.33
43	パク チュンスク	韓国	3:03:35	--	2:36:11	0:27:24	17.54
44	チュエ ボーラ	韓国	3:10:06	--	2:34:13	0:35:53	23.27
45	M.マファタ	レソト	3:28:30	SB	2:43:08	0:45:22	27.81
46	S.ウィンテルダル	アルバ	3:49:49	SB	3:42:11	0:07:38	3.44

（２）当日のレース記録低下

表 2-A，2-B に選手のレース記録，PB，その差，低下率をまとめた.夏季世界陸上ということもあり，

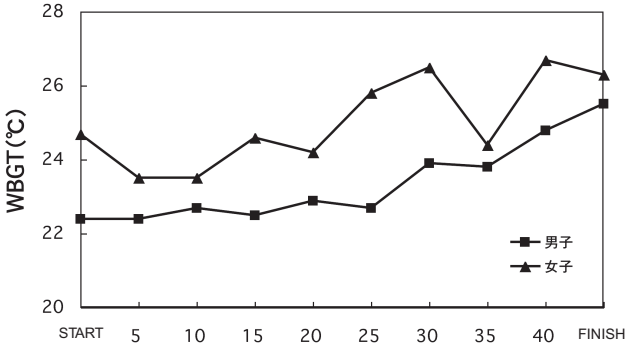

図１　テグ世界陸上マラソン時の WBGT

表２－B　男子マラソンレース結果 , PB, 低下率

順位	名前	国	結果	備考	PB	結果-PB	低下率%
1	A.キルイ	ケニア	2:07:38	SB	2:05:04	0:02:34	2.05
2	V.キプルト	ケニア	2:10:06	--	2:05:13	0:04:53	3.90
3	F.リレサ	エチオピア	2:10:32	SB	2:05:23	0:05:09	4.11
4	A.ブラムダン	モロッコ	2:10:55	--	2:07:33	0:03:22	2.64
5	D.B.トゥモ	ケニア	2:11:39	--	2:07:18	0:04:21	3.42
6	E.キプタヌイ	ケニア	2:11:50	--	2:05:39	0:06:11	4.92
7	堀端　宏行	日本	2:11:52	--	2:09:25	0:02:27	1.89
8	R.ベルティレ	イタリア	2:11:57	--	2:09:53	0:02:04	1.59
9	S.キプロティッチ	ウガンダ	2:12:57	--	2:07:20	0:05:37	4.41
10	中本　健太郎	日本	2:13:10	--	2:09:31	0:03:39	2.82
11	R.キスリ	モロッコ	2:13:24	--	2:06:48	0:06:36	5.21
12	E.ウェンディム	エチオピア	2:13:37	--	2:06:46	0:06:51	5.40
13	M.イオネスク	ルーマニア	2:15:32	PB	2:16:11	0:00:39	0.00
14	Guojian DONG	中国	2:15:45	SB	2:13:23	0:02:22	1.77
15	D.ウェブ	イギリス	2:15:48	SB	2:15:42	0:00:06	0.07
16	C.ニャサンゴ	ジンバブエ	2:15:56	SB	2:13:19	0:02:37	1.96
17	B.ベエネ	エリトリア	2:16:03	SB	2:10:06	0:05:57	4.57
18	川内　優輝	日本	2:16:11	--	2:08:37	0:07:34	5.88
19	A.V.ソコロフ	ロシア	2:16:23	--	2:09:07	0:07:16	5.63
20	S.O.バットオチル	モンゴル	2:16:41	--	2:11:35	0:05:06	3.88
21	A.A.ソコロフ	ロシア	2:16:48	--	2:11:53	0:04:55	3.73
22	L.メリエン	イギリス	2:16:59	--	2:14:27	0:02:32	1.88
23	ジョン ジンフン	韓国	2:17:04	--	2:09:28	0:07:36	5.87
24	Zicheng LI	中国	2:17:35	--	2:11:49	0:05:46	4.37
25	J.M.マルティネス	スペイン	2:17:44	--	2:08:09	0:09:35	7.48
26	R.イグレシアス	スペイン	2:17:45	SB	2:10:44	0:07:01	5.37
27	A.バダイ	モロッコ	2:17:59	--	2:10:14	0:07:45	5.95
28	イ ヨンスン	韓国	2:18:05	--	2:13:25	0:04:40	3.50
29	尾田　賢典	日本	2:18:05	--	2:09:03	0:09:02	7.00
30	P.ビジャロボス	スペイン	2:18:12	--	2:12:21	0:05:51	4.42
31	M.モーガン	アメリカ	2:18:30	SB	2:14:55	0:03:35	2.66
32	U.ブタ	ノルウェー	2:20:16	--	2:09:27	0:10:49	8.36
33	Shiwei WU	中国	2:21:12	--	2:14:44	0:06:28	4.80
34	J.ファルシュー	デンマーク	2:21:15	--	2:16:15	0:05:00	3.67
35	ファン ジュンヒョン	韓国	2:21:54	SB	2:10:43	0:11:11	8.56
36	M.テプロ	マラウイ	2:22:45	SB	2:18:31	0:04:14	3.06
37	M.サエンコ	アメリカ	2:22:49	SB	2:14:27	0:08:22	6.22
38	北岡　幸治	日本	2:23:11	SB	2:10:51	0:12:20	9.43
39	J.エグルストン	アメリカ	2:23:33	--	2:13:12	0:10:21	7.77
40	ファン ジュンスク	韓国	2:23:47	--	2:16:22	0:07:25	5.44
41	N.アルシニアガ	アメリカ	2:24:06	--	2:11:30	0:12:36	9.58
42	A.コスマク	スロベニア	2:24:16	--	2:16:23	0:07:53	5.78
43	S.ゴイトム	エリトア	2:25:42	SB	2:13:05	0:12:37	9.48
44	キム ミン	韓国	2:27:20	SB	2:13:11	0:14:09	10.62
45	S.レイエス	アメリカ	2:29:15	SB	2:14:02	0:15:13	11.35
46	C.ヌガモレ	南アフリカ	2:30:01	--	2:14:29	0:15:32	11.55
47	B.カラエル	トルコ	2:33:20	SB	2:16:41	0:16:39	12.18
48	R.サンカ	カボベルデ	2:34:40	--	2:18:47	0:15:53	11.44
49	J.L.カサリョ	ペルー	2:36:43	--	2:16:10	0:20:33	15.09
50	M.L.モハール	南アフリカ	2:38:22	SB	2:13:35	0:24:47	18.55
51	S.ワンチュク	ブータン	2:38:33	NR	2:47:55	0:09:22	5.58

NR: 国内新記録

シーズンベスト（SB）や PB で走る選手は全体の 3 割程度であり，ほとんどの選手の試合結果は PB より低下していた.

また，男女の入賞者のレース記録を競技能力別に予測するノモグラムに照らし合わせた結果を図 2 に示した．女子は 2.88 ～ 5.65% の低下率であり，男子は 1.59 ～ 4.92% の低下率であった.

（３）順位グループ別の記録低下率

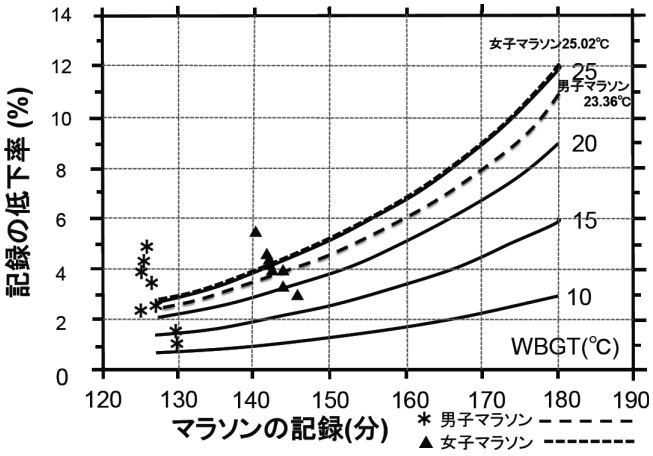

図２　男女入賞者のレース記録低下率
（Ely et al[4] の図に加筆・改変）

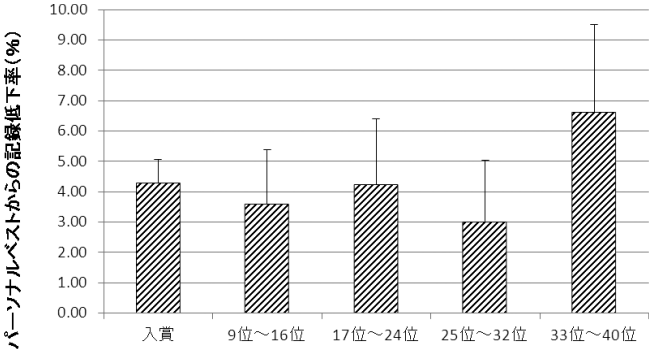

図３－Ａ　世界陸上テグ大会女子マラソンにおける順位グループ（8 位毎）の記録低下の比率

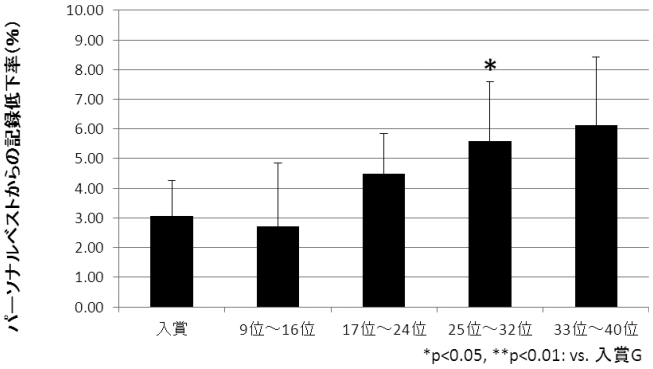

図３－Ｂ　世界陸上テグ大会男子マラソンにおける順位グループ（8 位毎）の記録低下の比率

Dunnett 法を用いて検定した結果，男子では，入賞群と比較し，25 位から 32 位グループ（$p<0.05$），33 位から 40 位グループ（$p<0.01$）に有意な低下率が認められた（図 3-A）．一方，女子では，入賞者群と他の順位グループの間に差は認められなかった（図 3-B）．

（４）国別の記録低下率

表 3-A，3-B に男女団体上位 4 カ国のレース記録上位 3 名の低下率を示した．女子ではケニアと日本が同程度の低下率であったが，PB の優れているケニアチームは団体金メダルを獲得した．銀メダルは低下率の低い中国が入り，銅メダルは日本チームより大きな低下率を示したもののエチオピアが入った．一方，男子では，日本チームは銀メダルであった．ケニアチームは日本チームより低い低下率（平均 3.12%）を示し，PB も優れていることから，日本チームに約 4 分差をつけ，断突の団体金メダルであった．

表３－Ａ　女子マラソン団体戦上位４カ国の上位３名の競技記録および低下率

国		1	2	3	平均	標準偏差
ケニア	記　録	2:28:43	2:29:00	2:29:14	2:28:59	0:00:16
	低下率	5.65	4.26	4.57	4.83	0.73
中国	記　録	2:29:58	2:30:25	2:31:11	2:30:31	0:00:37
	低下率	4.18	2.88	2.97	3.34	0.73
エチオピア	記　録	2:29:21	2:31:22	2:31:37	2:30:47	0:01:15
	低下率	4.33	5.14	6.72	5.40	1.22
日本	記　録	2:29:35	2:30:52	2:32:31	2:30:59	0:01:28
	低下率	3.77	4.42	6.28	4.82	1.30

表３－Ｂ　男子マラソン団体戦上位４カ国の上位３名の競技記録および低下率

国		1	2	3	平均	標準偏差
ケニア	記　録	2:07:38	2:10:06	2:11:39	2:09:48	0:02:02
	低下率	2.05	3.90	3.42	3.12	0.96
日本	記　録	2:11:52	2:13:10	2:16:11	2:13:44	0:02:13
	低下率	1.89	2.82	5.88	3.53	2.09
モロッコ	記　録	2:10:55	2:13:24	2:17:59	2:14:06	0:03:35
	低下率	2.64	5.21	5.95	4.60	1.74
中国	記　録	2:15:45	2:17:35	2:21:12	2:18:11	0:02:46
	低下率	1.77	4.37	4.80	3.65	1.64

Ⅳ考察

今回の世界陸上マラソンは 2007 年の大阪世界陸上ほどの暑熱環境 5）ではなく，北京五輪男子マラソンと近い環境（WBGT: 21.4 ～ 26.9℃）6）で実施された．

入賞した選手上位 8 名の低下率を，マラソンの記録を競技能力別に予測するノモグラムに照らし合わせた（図 2）．男女とも予想される値から，低下率が高い選手と，低い選手が存在し，低下率が高くて

も，上位に入賞している選手がいた．これは，PBが速いためである．今回女子マラソン団体で平均の低下率がケニアと日本で同程度だったにも関わらず，優勝と4位という結果になったのもこのためである．如何に低下率が低くてもPBが遅いと上位入賞に絡むことは困難となる．

また，入賞者群と順位グループ別の記録の低下率を比較した（図3）．その結果，女子マラソンは有意な差が認められず，女子では低下率があまり変わらないことが明らかとなった．したがって，女子は自身が持つ競技力がそのまま試合の結果につながったと考えられる．一方，男子マラソンは入賞者群と25位から32位グループ（$p<0.05$），33位から40位グループ（$p<0.01$）に有意な低下率が認められた．9位～16位グループ，17位から24位グループでは差は認められず,低下率が高い場合は順位が下がり，低下率が低く，かつ競技力が高いほど上位入賞に近づくという結果であった．

マラソン大国として知られる日本であるが，過去の世界陸上，五輪等でのレース記録を見てみると，2000年アテネオリンピックで金メダルを獲得した高橋尚子選手，2005年ベルリンマラソンで当時世界新記録を出した野口みずき選手，2007大阪世界陸上では男子3名が入賞するなど，世界大会で結果を残してきた選手を数多く輩出してきた．また，伊藤3)は，過去の日本のトップランナーである高橋選手の暑熱環境下での記録低下率は1.3%（2時間21分47秒；バンコクアジア大会　気温30℃）と非常に小さいことを報告している．今大会で入賞した堀端選手と日本人2位の中本選手の低下率は1.89%と2.82%であり，男子選手全51名と比較すると6番目と11番目の低下率の低さであった．女子マラソンでは低下率に有意差は無かったが，入賞した赤羽選手は3.77％であり，女子選手全46名で12番目の低下率だった．

近年の五輪と世界陸上のマラソン結果を調べると，男子ではメダル圏内のレース記録は2時間10分以内，女子では2時間28分以内が必要である．WBGTを25℃と仮定すると男子約3％の低下率，女子約4％であり，男子は約2時間6分のPB，女子では約2時間22分のPBが必要となってくる．今回参加した日本チームでこの記録を突破している選手はおらず，日本人トップだった堀端選手のPBは日本マラソンの歴代記録としては47番目，女子でトップだった赤羽選手は歴代14番目であった．日本マラソンの競技力自体のレベル低下が，今回の入賞者二人という結果につながったのも一因にあると推察される．したがって，暑熱環境下のレースは，ある程度のPBを持ち，暑熱耐性を高めることが記録向上や上位入賞につながると示唆される．

参考文献

黒田善雄ら： 環境温度と持久性運動に関する研究＝Ⅰ＝環境温度が持久性運動に及ぼす影響． 昭和46年度日本体育協会スポーツ科学研究報告No. V, 1973.

Roberts WO: Medical management and administration manual for long distance road racing, IAAF Medical Manual for Athletics and Road Racing Competitions: a Practical Guide. Monaco, Brown CH, Gudjonsson B, eds, International Association of Athletics Federations, 39-75, 1988.

伊藤静夫： 高温環境がパフォーマンスに及ぼす影響．臨床スポーツ医学 19: 749-756, 2002.

Ely MR, et al. : Impact of weather on marathon-running performance. Med Sci Sports Exerc, 39: 487-493, 2007.

石井好二郎ら： 大阪世界陸上ロード種目における暑さ対策サポート活動． 陸上競技研究紀要第，4: 89-90, 2008.

石井好二郎： 北京オリンピック男子マラソンレース時の暑熱環境の分析． 陸上競技研究紀要第，5: 86-88, 2009.