

783-787.

- 16) OHNUKI, Y. (2001) Ambient temperature during high school summer baseball games, and sweat rate and water intake during practice. Jpn. J. School Health pro. 47: 170-171.
- 17) OHNUKI, Y. (2002) Thermal physiological study of

high school and grade school summer baseball practice. Jpn. J. School Health suppl. 43: 85-87.

- 18) 川原 貴, 朝山正巳, 白木啓三, 中井誠一, 森本武利 (1999) スポーツ活動時の熱中症予防ガイドブック, (財) 日本体育協会, 8-13.

## 熱中症予防用暑熱環境計 (WBGT 計) の開発

丸山 博 (京都電子工業株式会社)

キーワード: 熱中症・WBGT・暑熱環境

表1 熱中症予防8ヶ条

### 1. はじめに

スポーツ活動中の熱中症事故は、無知と無理によって健康な人に生ずるものであり、適切な予防処置さえ講ずれば、防げるものであるとして、財団法人日本体育協会では、「熱中症予防8ヶ条」を制定し、具体的なガイドラインとしてWBGTを指標として、環境温度を管理する「熱中症予防のための運動指針」を発表している。<sup>1)</sup> またアメリカスポーツ医学会 (ACSM) は、長距離走での熱中症事故を予防するため、主催者のみでなく、指導者に対しても当日の暑熱環境をWBGTで管理し、競技の中止を含めた厳しい判断基準を示している。<sup>2)</sup>

しかしながら、熱中症の発生は、年々増加しており、平成16年7月~8月に、東京消防庁管轄下で救急車で病院に搬送された患者数は891人にのぼっている。

熱中症が発生しやすい暑熱環境下では、もともと運動の限界が低くなるためトレーニング効率が悪い上に、消耗が激しく、十分なトレーニング効果が得られにくい。このような意味からも、熱中症を予防することは、効果的なトレーニングの実施に通ずると考えられる。

本稿では、特に屋外で簡単に取り扱えるように、小形軽量でポータブルタイプとし、水の補給など、煩わしい操作を一切なくした「WBGT暑熱環境計」について解説する。

### 2. WBGTによる暑熱環境管理

WBGT (Wet Bulb Globe Temperature) は、暑さが体に及ぼす負担を評価するための国際的に統一された湿熱環境温度基準 (ISO 7243)<sup>3),4)</sup>で湿球温度 (湿度)  $t_w$  と乾球温度 (気温)  $t_a$  および黒球温度 (輻射熱)  $t_g$  を測定し、次式から算出される。

屋内の場合:  $WBGT = 0.7 t_w + 0.3 t_g$

屋外の場合:  $WBGT = 0.7 t_w + 0.2 t_g + 0.1 t_a$

2.1 日本体育協会では、「熱中症予防8ヶ条」(表1)を定め、具体的な運動指針として、環境条件を把握し、

1. 知って防ごう熱中症
2. 暑いとき、無理な運動は事故のもと
3. 急な暑さは要注意
4. 失った水と塩分取り戻そう
5. 体重で知ろう健康と汗の量
6. 薄着ルックでさわやかに
7. 体調不良は事故のもと
8. あわてるな、されど急ごう救急処置

※ 日本体育協会 スポーツ医・科学専門委員会

環境条件に応じた運動、休息、水分補給をすることが必要とし、環境条件を把握するために、WBGT計での管理を推奨している。(表2)

2.2 アメリカのスポーツ医科大学 (ACSM) は、長距離ランニング中の熱中症を予防するため、主催者にレース当日の熱中症に関する注意と参加者への注意を喚起するために環境温度をWBGTで管理し、熱中症発生の危険を色別の旗で知らせることを勧告している。(表3)

2.3 厚生省の疫病統計によると、1978年、83年、84年、90年、94年には、熱中症による死亡数が年間100件を越えている。日本体育・学校健康センターの災害共済給付資料によると、81年から90年の10年間に68人(年平均約7人)の小・中・高生がスポーツによる熱中症のために死亡しており、また熱中症のために医療機関を受診した生徒の数は、88年の1年間に、小学生17人、中学生157人、高校生179人の合計353人を出した。すなわち、死亡数の70倍以上の小児が医療機関を受診しており、受診しなかった熱中症は、さらに多く発生しているはずである。(表4, 5)

2.4 東京消防庁管轄下で、平成16年7~8月に熱中症により救急車で病院へ搬送された患者の数は、891人にのぼっており、ここ数年増加の一途をたどっている。(表6)

表2 熱中症予防のための運動指針

WBGT	湿度	乾球温度	熱中症予防のための運動指針
31	27	35	<b>運動は原則中止</b> WBGT31℃以上では、反響暑より気暑の方が強くなる。特別な場合以外は運動は中止する。
28	24	31	<b>厳重注意</b> WBGT28℃以上では、熱中症の危険が極めて高い。激しい運動や持久走など勝負の大きい運動は避ける。運動する場合には積極的に休息をとり水分補給を行う。体力が低いもの、暑さに慣れていないものは運動中止。
25	21	28	<b>警戒</b> WBGT25℃以上では、熱中症の危険が増すので、積極的に休息をとり、水分を補給する。激しい運動では、30分おきくらいに休息をとる。
21	18	24	<b>注意</b> WBGT21℃以上では、熱中症の起こる危険が生ずる可能性がある。熱中症の兆候に注意するとともに運動の各回に積極的に水を飲むようにする。
			<b>ほぼ安全</b> WBGT21℃未満では、通常は熱中症の危険は小さいが、激しい水分補給は必要である。市民マラソンなどではこの条件も熱中症が発生するので注意。

※ 日本体育協会 スポーツ医・科学専門委員会

表3 熱中症予防のためのWBGTによる警告

WBGT	旗色	危険度	警告
28℃以上	黒	非常に高い	スタートを遅らせるか、スケジュールを変更する。
23～28℃	赤	高い	熱中症発生の可能性があり、熱に弱い人は、走行を中止させる。
18～23℃	黄	中程度	早朝スタート時は問題ないが、レース中の昇温に注意する。
18℃以下	緑	低い	熱中症発生の可能性は低い。

※ American College of Sports Medicine, Prevention of Thermal Injuries During Distance Running

表4 熱中症死亡例の学年・性別 発生件数(1975～2001)

学校種	学年	総数	男	女
小学校	3年	1	1	0
	5年	3	3	0
	6年	1	1	0
<b>小計</b>		<b>5</b>	<b>5</b>	<b>0</b>
中学校	1年	13	12	1
	2年	15	12	3
	3年	4	3	1
<b>小計</b>		<b>32</b>	<b>27</b>	<b>5</b>
高等学校	1年	55	53	2
	2年	32	30	2
	3年	10	9	1
<b>小計</b>		<b>97</b>	<b>92</b>	<b>5</b>
高等専門学校	5年	1	1	0
<b>合計</b>		<b>135</b>	<b>125</b>	<b>10</b>

※ 日本体育・学校保健センター 災害共済給付資料

表5 小・中・高生の学校管理下における スポーツ種目別熱中症死亡事故 件数(1975～2001)

場合	スポーツ種目	件数
部活動	野球	33
	ラグビー	14
	サッカー	11
	柔道	11
	剣道	8
	山岳	7
	陸上	7
	ハンドボール	4
	バレーボール	4
	卓球	3
	アメリカフットボール	3
	ソフトボール	2
	テニス	2
	バスケットボール	2
	レスリング	2
	その他	3
<b>小計</b>		<b>116</b>
校内行事	登山	7
	マラソン	4
	長距離徒歩	3
	遠足	2
	球技大会サッカー	1
	宿泊学習石段登り	1
	農園実習	1
<b>小計</b>		<b>19</b>
<b>計</b>		<b>135</b>

※ 日本体育・学校保健センター 災害共済給付資料

表6 東京消防庁管轄下の熱中症患者推移

年(平成)	12	13	14	15	16
搬送件数	366人	628人	655人	241人	891人

※ 東京都消防庁 救急統計 (7～8月)

運動中に熱中症状が発生した場合、必ずしも救急車を呼ばずに木陰などで休息させる場合が多く、スポーツ競技中の熱中症の正確な患者発生数を割り出すことは、かなり困難である。従って、WBGTなどの具体的な指標に基づくガイドラインの設定が望まれる。<sup>5)</sup>

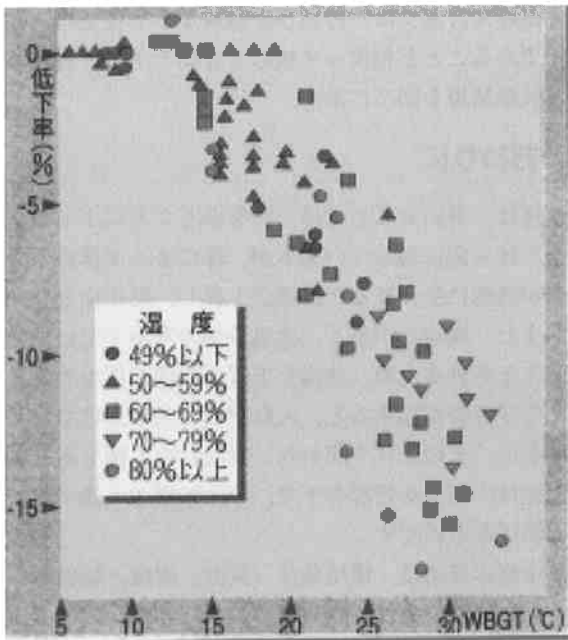
2.5 熱中症が発生し易い暑熱環境下では、トレーニング効果が悪いのみでなく、特に熱疲労の激しい長距離走では、記録が低下することが示されている。(図1)

### 3.WBGT計の構造・機能

熱中症を予防するためには、環境温度を、WBGTで管理しなければならないことは、明らかであるが、これらの測定を、暑熱環境下で行う場合、いちいち各器具類をセットし、特に湿球温度測定では、たえず水の補給に注意しなければならない、且つ持ち運びが不便なため現場での測定を極めて困難にしていた。

また、測定された湿球温度と乾球温度および黒球温度から、複雑な計算を行い、WBGT値を求めなければならない。このことが、WBGTでの管理の重要性が認められながら、広く実用化されなかった原因と考えられる。

ここに紹介する熱中症予防用 WBGT 暑熱環境計は、



\* 1996年6月19日 朝日新聞記事

図1 WBGTとマラソン記録の低下率

これらの点を考慮し、特に現場で簡単に取り扱えるように、小形軽量でポータブルタイプとし、水の補給など、煩わしい操作を一切なくした計測器で、いつでも手軽にWBGT値が表示され、気温・相対湿度および輻射温度も切替えて、表示できる。

また、その性能は、日本体育協会 スポーツ医・科学専門委員会、各種スポーツ競技団体、スポーツ生理学関係の各方面において、広く認知されている。

### 3.1 構造

本計測器（図2）は、気温（乾球温度）及び、輻射温度（黒球温度）のセンサーとして、サーミスターを使用し、相対湿度は高分子抵抗変化型湿度センサーを使用している。なお、湿球温度は、気温と相対湿度から演算して求める。気温および湿度センサーは、屋外での使用を考慮して、直射日光からの遮へいを考慮した構造配置となっている。また、センサーケースへの蓄熱を防ぐため、クロームメッキが施され、換気性を考慮した枠体に収納されている。輻射温度センサーは、黒球に収納され、本計測器の先端に配置して、直射日光や屋内壁面などからの熱輻射に直接ばく露される配置構造となっている。

### 3.2 機能

本計測器を片手で持ち（写真1）、センサー部をほぼ垂直に立てて、腕を伸ばし、胸の高さ（地上から1.2~1.5m）で測定する。必要に応じて三脚等に固定しても良い。電源スイッチをONすると直ちにWBGT値が表示される。なお、気温、相対湿度および輻射温度（黒球温度）が切替え表示出来る。

なお、測定現場にあわせて、屋内および屋外の切

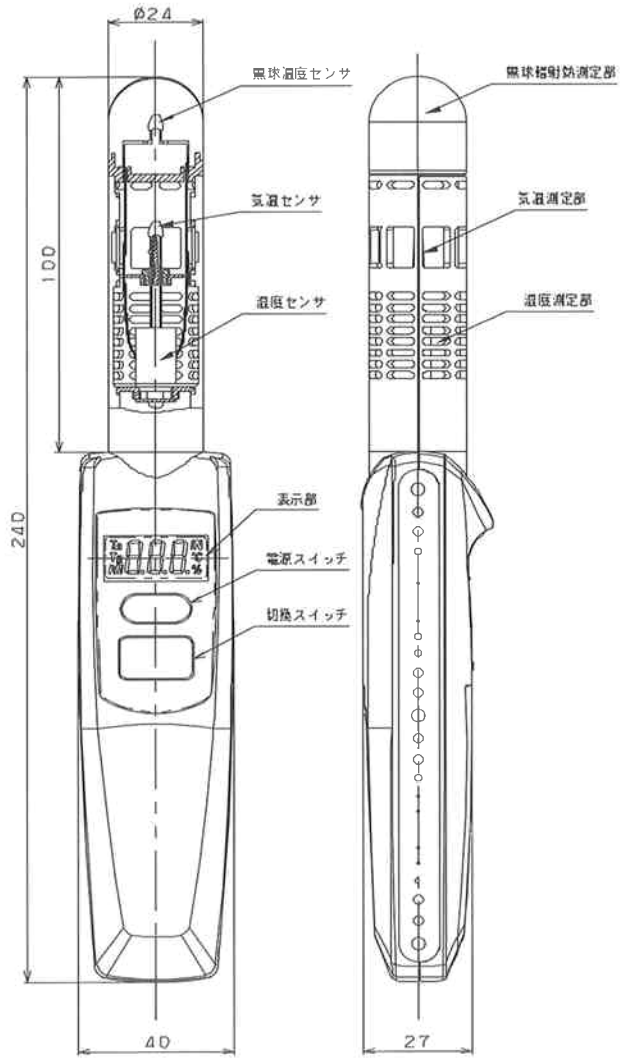


図2 構造図



写真1 外観

換えがある。直射日光下の屋外で無風に近い環境下や、室内で、環境温度 (WBGT) が高く、風通しの悪い現場では、センサ近傍の環境温度を平均化するため、センサを手で持ち、数回振ってから表示を読み取ることを推奨している。

#### 4. 性能評価

- 4.1 本計測器の性能を評価するため、ISO 7243 (JIS Z 8504) に基づき、オーガスト式吊下乾湿球計および  $\phi 150$  黒球温度計を標準として、比較試験を行った。試験環境条件は、夏期の屋外直射日光下で、地上 1.2 m に設置した。測定結果を図 3~6 に示す。
- 4.2 輻射熱を測定するための、標準黒球温度計 ( $\phi 150$ ) は、大きく、持運び設置などの取扱が不便であると同時に、熱応答性が遅いため、設置してから温度平衡に達するまでに数 10 分間待たねばならない。また、熱輻射が変動している現場では、正確に計測できない。本計測器の黒球温度計は、小形で高感度であり、速やかに温度平衡 (約 3 分) に達する。従って、輻射熱が変動し易い直射日光下の屋外での黒球

温度の計測には、持運びが容易な小形軽量の一体形であることと相俟って極めて有効であると思われる。試験結果を図 7 に示す。

#### 5. おわりに

私達は、暑いところでは、汗をかくことによって、体温を下げ一定に保っていますが、汗によって体の水分や塩分が過度に失われると体温が上昇し、熱中症となります。また、風通しが悪く、高温多湿の環境下では、発汗がおさえられるため、体温を下げる機能が損なわれます。ひとたび災害が起きると、人命が失われるだけでなく、指導者は、その責任を問われ、訴訟になる例もあります。熱中症は、適切な管理の下で、予防処置さえ講ずれば、必ず防げるものです。

熱中症の発生は、環境条件 (気温、湿度、輻射熱、気流など)、運動の条件 (熱負荷の強さ)、体調などの要因が関係します。

予防のためには、運動開始前に、体調を問診し、運動中は環境条件 (WBGT 値) と運動内容に応じた適切な休憩と飲水塩分補給の指導が必要です。

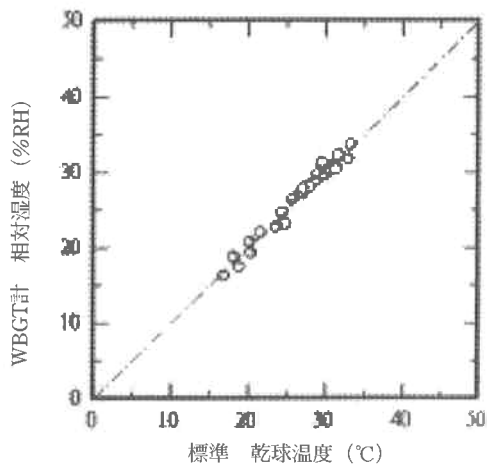


図 3 気温

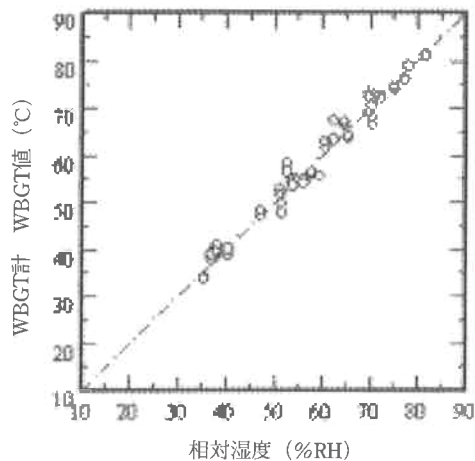


図 4 湿度

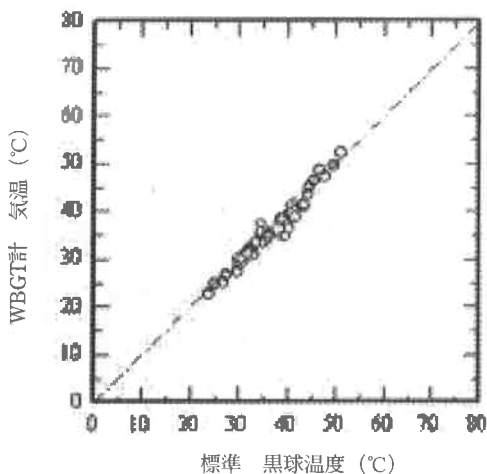


図 5 輻射熱

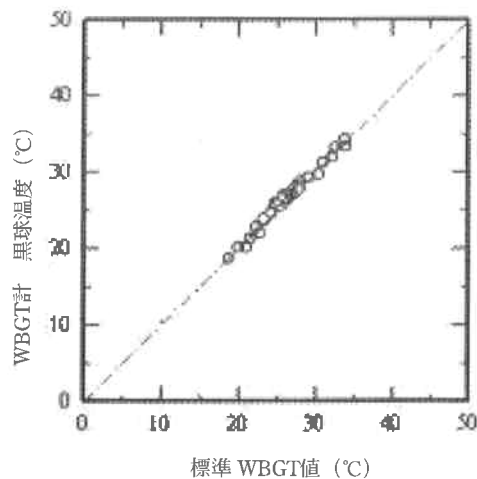


図 6 WBGT

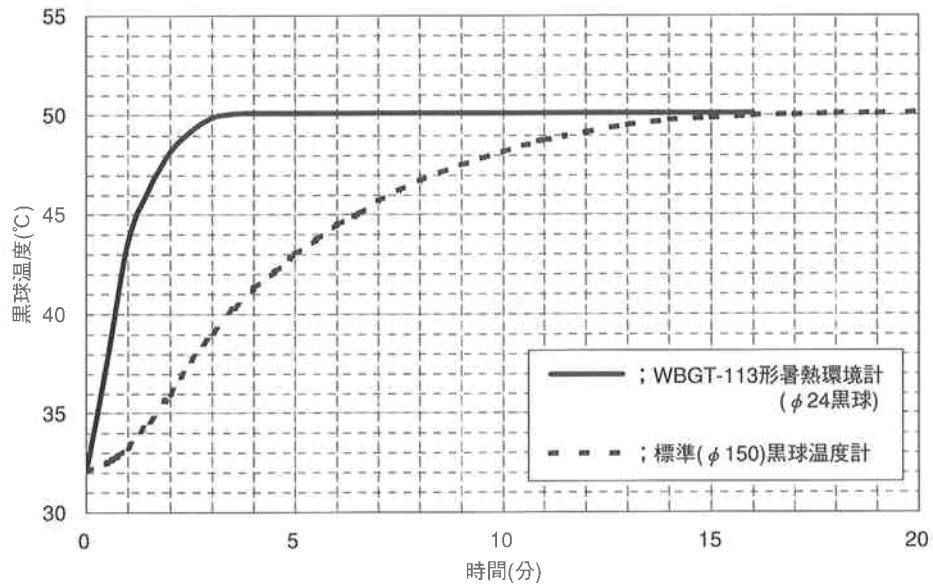


図7 黒球温度の追従性

## 6. 文献

- 1) 日本体育協会 スポーツ医・科学専門委員会：「スポーツ活動中の熱中症予防ガイドブック」, 指導者のためのスポーツジャーナル. 171, (8), 2-5, 1994
- 2) American College of Sports Medicine: Prevention of Thermal Injuries During Distance Running
- 3) 日本工業規格 JIS Z 8504; 「人間工学-WBGT (湿球黒球温度) 指数に基づく作業者の熱ストレスの評価-暑熱環境」
- 4) 国際規格 ISO 7243; 「Hot environments - Estimation of the heat stress on working man, based on the WBGT-index (Wet Bulb Globe Temperature)」
- 5) 海原翔: 「ヒート・ストローク 熱射病のカルテ」, 日本図書刊行会, 1997

## 飲食物・給水所についての規則の変遷

神尾 正俊

### 1. はじめに

今回の課題である「陸上競技における暑熱対策と給水」ということから思い起こされるオリンピックのマラソンにおける「暑さ」のトラブルは数多くある。まず、第4回ロンドン大会のピエトロ（伊）の激走であり、競技役員に介護されての彼のフィニッシュは失格となったが、イギリス王妃から特別賞を貰うほどの感動を観る者に与え、そのことが現在のマラソンコースの公式な距離となった。日本人が初めてオリンピックに参加したストックホルム大会の金栗四三選手の途中棄権、1936年のベルリン大会の孫基禎選手と暑さで先行の選手が脱落していく様子や1984年のロサンゼルス大会の女子マラソンのアンデルセン選手（オランダ）などが記憶にある。その場面は観客に感動を与えるが、身体的にも精神的にも一歩間違えば強力なダメージとなることを忘れてはならない。

競技運営の中で「暑熱対策」というと給水のほかにユ

ニフォームやシューズのメッシュ化（規則第143条⑧）などであろう。日本では1992年のバルセロナオリンピック大会頃から涼しいユニフォームの開発が行われているが、今回は「暑熱対策」を給水という観点から競技規則の変遷に注目することが私の課題であった。

### 2. 飲食物供給所・給水所の変遷

給水に関する規程は思ったより古く1952年の第30条マラソン競走と第45条競歩競技に成文化された。しかし、それ以前の1948年の「陸上競技審判員必携」には第三章 九 マラソン審判員の項に「飲食物指定供与所は全走行中十ヶ所以内、個人の承認されたものの持ち込み可能」と記載されているところから給水は相当昔から行われていたようである（競技規則初版本の確認必要）。

#### (1) 飲食物供給所, 給水所の供給場所

飲食物供給所の設置はマラソン競走、競歩ともに1952年（昭27年）、クロカンには1994年（平6年）、駅伝では当初（1961年；昭36年）供給が許されていた（駅伝競走

実施基準第17条⑨「主催者が許可した飲食物以外の携行、飲食の禁止」と見られるが、1988年（昭63年）禁止され、1999年（平11年）給水が可能となった。

#### ①道路競走（1984年（昭59年）以前マラソン競走）

道路競走における飲食物供給所設置の成文化は上記の1952年（昭27年）の「飲食物供給所を15kmから5km毎」から1966年（昭41年）に「10kmから5km毎、給水所を10kmから適宜（〔備考〕20km以上の競技では給水所を10kmから適宜＝〔備考〕とは国際競技会規則であり、国内競技会には適用しない）」、翌年に「飲食物供給所を11kmから5km毎（〔備考〕20km以上の競技では給水所を11kmから適宜）」、1976年（昭51年）に「飲食物供給所を11km、7マイルの後5kmまたは3マイル毎、給水所を飲食物供給所の間」、1988年（昭63年）に「20km以上の競技では飲食物供給所を5kmから5km毎、給水所を飲食物供給所の中間、10kmの競技では給水所を適宜」、1990年（平2年）に「飲食物供給所、給水所をスタートとゴール地点、全ての競技では飲食物供給所、給水所を天候に応じて2～3km毎、10kmを越える競技では飲食物供給所を約5km、給水所を飲食物供給所の中間」、1992年（平4年）に「10km以内の競技では飲食物供給所、給水所を天候に応じて2～3km毎」、2001年（平13年）に「10km以内の競技では給水所のみ」と修正を繰り返し、現在では「スタートとフィニッシュに飲食物供給所、給水所、10kmまでの競技では給水所を2～3km毎、10kmを越える競技では飲食物供給所を5kmから5km毎、給水所を飲食物供給所の中間」となっている。

#### ②競歩競技

競歩競技における飲食物供給所配備の成文化は道路競走と同様、1952年（昭27年）の「飲食物供給所を50km以上の競技では10kmから5km毎」、1958年（昭33年）に「トラックの50km、30マイルの競技では飲食物供給所を競技スタート後、1時間から決勝線近く」、1966年（昭41年）に「追加として、20km後の各地点、20km以上の競技では10kmを過ぎれば飲食物が取れ（〔備考〕20km以上の道路競技では給水所を10kmから適宜）」、翌年に「50km以上の競技では飲食物供給所を11kmから5km毎（〔備考〕20km以上の道路競技では給水所を11kmから適宜）」、1970年（昭45年）に「20km、12マイル以上の競技では飲食物供給所を10km、6マイルから5km、3マイル毎」、1977年（昭52年）に「20km以上の競技では飲食物供給所を5kmから5km毎、給水所を10kmから5km毎、20kmの競技では給水所のみ10km、15km地点」、1980年（昭56年）に「20kmを超える競技では飲食物供給所を5kmから5km毎、10km以上の競技では天候に応じて適当な間隔」、1985年（昭60年）に「20kmを超える競技では飲食物供給所を5kmから5km毎、または各周回、トラック競技で

は20分間隔で5分間」、1989年（平1年）に「トラック競技では給水所を飲食物供給所の中間」、翌年に「飲食物供給所、給水所をスタートとゴール、給水所を天候に応じて2～3kmの間隔、または各周回、20km以上の競技では飲食物供給所を5km間隔、または各周回、給水所を飲食物供給所の中間」、1992年（平4年）に「20km以内のトラックと道路競技では給水所を2～3kmの間隔、または各周回」、1994年（平6年）に「トラック、道路競技では天候に応じて適当な間隔」、2000年（平12年）に「10km以上の競技では飲食物供給所を5kmから5km毎」、現在では「スタートとフィニッシュ地点に飲食物供給所と給水所、10kmまでの競技では給水所を天候に応じて適当な間隔、10kmを超える競技では飲食物供給所を各周回、給水所を飲食物供給所の中間、または天候に応じてそれよりも短い間隔も可能」となっている。

#### ③クロスカンントリー競走（1966年（昭41年）以前断郊競走）

クロスカンントリー競走における飲食物供給所、給水所に関する条文は1964年（昭39年）に「如何なる援助、飲食物の供与の禁止」と規定された。しかし、1978年（昭53年）から1983年（昭58年）まで禁止条文が削除されていたが、1984年（昭59年）に再度、飲食物供与の禁止が規定された。再度認められたのは1994年（平6年）に「スタートとフィニッシュ地点に飲食物供給所と給水所、給水所は天候に応じて2～3km、または各周回」となり、現在にいたっている。

#### ④駅伝競走（駅伝競走規準；1972年以前駅伝実施規準）

駅伝競走における飲食物供給所、給水所に関する規定は1961年（昭36年）に成文化された。その内容は「主催者が許可した飲食物以外の携行、飲食の禁止」ということから承認されたものであれば摂ることが可能であったと理解できる。それも1988年（昭63年）に「飲食物支給と携行の禁止、助力禁止」となったが、給水所が1999年（平11年）に解禁され、現在にいたっている。

#### ⑤トラック競技

トラック競技では1990年（平2年）の第143条（現；第144条）④に「5000m以上のトラック競技では天候に応じて飲食物供給所、給水所の設置を認める。」、1996年（平8年）に「給水所のみ」と修正され、現在にいたっている。

#### (2)個人の飲食物

個人の飲食物（スペシャルドリンク）は競歩競技が1964年（昭39年）、マラソン競走が1966年（昭41年）に供給が可能となる。それ以前は主催者が用意したものの意外は許可されていなかったが、競技者は希望する飲食物を申し出ることができた。

#### (3)飲食物等の取得・供給

飲食物・水の供給は決められた場所で決められたものを競技者自身が取らなければならない（他の場所での供