

## 長距離および競歩選手における汗中の電解質濃度の分析

岡崎和伸<sup>1)</sup> 松生香里<sup>2)</sup> 瀧澤一騎<sup>3)</sup> 三浦康二<sup>4)</sup> 杉田正明<sup>5)</sup> 今村文男<sup>6)</sup> 宗猛<sup>7)</sup>  
酒井勝充<sup>8)</sup>

1) 大阪市立大学 2) 東北工業大学 3) 北海道大学 4) 成蹊大学 5) 三重大学  
6) 富士通 7) 旭化成 8) コニカミノルタ

### はじめに

マラソンなどの陸上競技長距離および競歩の競技パフォーマンスは、冬期に比べて夏期で大きく低下する。それは、冬期に比べて夏期では外気温や湿度が高く競技中に体温が上昇しやすいために、運動することに加えて体内の熱を放散する機構（熱放散機構）を高く維持しなければならないためである。夏期の競技が実施される環境において最も重要な熱放散機構は、発汗による熱放散である<sup>1)</sup>。しかし、汗は体液から作られるため、汗をかくほど体液の量が低下し、かえって運動能や熱放散能が低下することになる<sup>1)</sup>。また、体液中の濃度よりは低いものの、汗中にはナトリウムを中心とした電解質が含まれている。そのため、汗中の電解質濃度が高いほど、汗をかいた時に血液の液体成分である血漿の量が低下しやすく、運動能や熱放散能の低下を招きやすい。これらのことから、夏期の長距離および競歩において高い競技パフォーマンスを発揮すること、つまり、暑さに対する強さ（暑熱耐性）においては、高い熱放散能に加えて汗中の電解質濃度が低いことも重要になると考えられる。

そこで本測定では、夏期に実施される長距離および競歩における暑さ対策の基礎資料を得ることを目的とし、長距離および競歩の夏期合宿において練習中の汗の電解質濃度を測定した。

### 方法

#### 1) 対象選手

2014年8月1日～11日に千歳市で実施された競歩種目別合宿（千歳合宿）に参加した男子競歩選手11名、および、2014年9月1日～10日に士別市で実施された男子長距離マラソン強化合宿（士別合宿）に参加した男子長距離選手8名を対象とした。

#### 2) 測定の概要

千歳合宿では、8月10日に実施された15km～45kmのペース歩行時（表1）に胸部の汗を採取し、汗中の電解質濃度を測定した。練習時の環境条件は、気温21.9～26℃、湿度60～82%、湿球黒球温度21.2～23.3℃であった。

士別合宿では、9月2日～10日に実施された各練習時に胸部の汗を採取し、汗中の電解質濃度を測

表1. 競歩選手（千歳合宿）における汗中のナトリウム、カリウム、および、クロライドイオン濃度（精密測定）

選手	練習内容	ナトリウム	カリウム	クロライド	ナトリウム	カリウム	クロライド	食塩換算	
		(mEq/L)	(mEq/L)	(mEq/L)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(%)	(g/L)
A	40km	76	4	72	1747	156	2553	0.44	4.4
B	30km	53	3.3	52	1218	129	1844	0.31	3.1
C	15km	19	4.4	19	437	172	674	0.11	1.1
D	45km	43	4.3	42	989	168	1489	0.25	2.5
E	36km	48	3.6	48	1104	141	1702	0.28	2.8
F	25km	13	5.7	14	299	223	496	0.08	0.8
G	45km	63	3.9	61	1448	152	2163	0.37	3.7
H	30km	55	7.5	56	1264	293	1985	0.32	3.2
I	25km	53	4.7	49	1218	184	1737	0.31	3.1
J	40km	15	4.7	16	345	184	567	0.09	0.9
K	45km	9	3.4	12	207	133	425	0.05	0.5

表 2. 士別合宿における汗採取時の練習内容

選手	練習内容					
	9月2日	9月3日	9月5日	9月6日	9月7日	9月9日
L	1000m×10	40km	25kmcc	-	5000m×2	40km
M	1000m×10	40km	25kmcc	-	5000m×3	-
N	1000m×10	40km	25kmcc	-	5000m×3	40km
O	1000m×10	40km	25kmcc	-	5000m×3	40km
P	1000m×5	40km	-	16km	-	40km
Q	1000m×10	-	-	-	-	-
R	1000m×10	40km	25kmcc	-	5000m×3	40km
S	-	-	-	3km×3	-	40km
T	-	-	-	-	-	40km

定した。測定を実施した選手の練習内容を表 2 に、各日の練習時の環境条件を表 3 に示した。また、各選手が暑さに強いか弱いかについて、監督・コーチから聞き取った。

### 3) 汗の採取

右側胸部（採取部位表面積 7.5cm × 7.5cm）において汗を採取した。先行研究<sup>2)</sup>において、全身の汗中電解質損失と局所採取された汗による推定電解質損失の関係について、最も相関関係が高かった部位が大腿部および胸部であったことから、本測定では胸部を汗採取部位とした。ウォーミングアップ終了後の練習スタート前に、蒸留水を含ませた紙および脱脂綿を用いて汗採取部位およびその周辺の汗および付着物を拭き取り、乾いた紙および脱脂綿を用いて水分を完全に拭き取った。その後、綿（滅菌クロスガーゼコットン 7 号、オオサキメディカル社製）、ポリエチレンフィルム、および、粘着性透明創傷被覆・保護材（テガダームフィルム、3M 社製）で作成した汗採取パッチを採取部位に貼付した<sup>3)</sup>。練習直後に汗採取パッチをはがし、ポリエチレンバッグに密封した。その後、汗を含んだ綿を注射器（テルモシリンジ 20mL、テルモ社製）に入れ、汗をポリスピッツに採取した。

### 4) 汗の電解質濃度の測定

採取当日、携帯型コンパクトイオンメータ（LAQUAtwin B-700 シリーズ、HORIBA 社製）を用いて汗の電解質濃度の簡易測定を実施した。残った汗試料は -20℃ で保管および輸送し、後日、実験室において全自動電解質分析装置（EA07、エイアンドティー社製）を用いて汗の電解質濃度の精密測定を

実施した。

精密測定では、両合宿において汗中のナトリウム、カリウム、および、クロライドイオン濃度を測定した。簡易測定では、千歳合宿において汗中のナトリウムイオン濃度、士別合宿において汗中のナトリウム、カリウム、および、カルシウムイオン濃度を測定した。

### 結果と考察

千歳合宿における汗中のナトリウム、カリウム、および、クロライドイオン濃度を表 1 に示した。各イオン濃度ともミリ当量に加えて百万分率で示した。また、ナトリウムイオン濃度から食塩（塩化ナトリウム）換算した場合の値を合わせて示した。ナトリウムイオン濃度は 207ppm から 1747ppm、カリウムイオン濃度は 129ppm から 293ppm、クロライドイオン濃度は 425ppm から 2553ppm を示した。特に、ナトリウムおよびクロライドイオン濃度には、選手間で非常に大きな差が認められた。

士別合宿における汗中のナトリウム、カリウム、クロライド、および、カルシウムイオン濃度を、それぞれ、図 1～図 4 に示した。各イオン濃度とも百万分率で示した。各日の練習内容や環境条件は異なるものの、測定を複数回実施した選手における各日の各イオン濃度は概ね同等の値を示した。すなわち、ポイント練習などで汗の電解質濃度の測定を一度実施すれば、その選手の現状での汗電解質濃度を概ね把握できると考えられる。一方、各日において同一の練習を実施した選手の値を比較すると、汗中のナトリウムおよびクロライドイオン濃度には、選手間で非常に大きな差が認められた。40km 走を実施した 9 月 3 日および 9 月 9 日の値においては、汗中のナトリウムイオン濃度は 552ppm から 1793ppm、クロライドイオン濃度は 851ppm から 2659ppm を示し、最も低い選手と最も高い選手の間に 3 倍もの差が認められた。監督・コーチに暑さに強いと評された選手は L、N、R、S 選手であり、汗中のナトリウム濃度が低い選手が大半であった。

両合宿で実施した汗中のナトリウムおよびカリウムイオン濃度について、簡易測定結果と精密測定結果との関係を図 5 に示した。どちらのイオンにおい

表 3. 士別合宿における汗採取時の環境条件

環境条件	9月2日	9月3日	9月5日	9月6日	9月7日	9月9日
気温(°C)	21.0~25.2	20.0~24.0	20.2~25.4	18.9~21.3	17.6~18.2	21.8~22.7
湿度(%)	50~62	45~74	78~91	61~91	89~92	58~66
湿球黒球温度(°C)	18.3~21.8	18.2~20.3	19.8~25.0	17.8~20.4	17.3~17.9	19.4~21.5

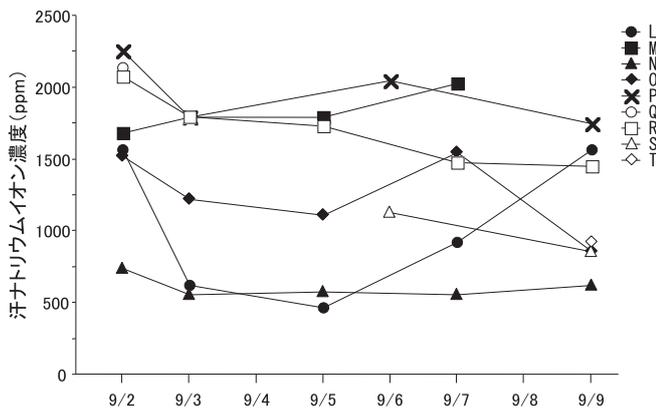


図1. 長距離選手（士別合宿）における汗中のナトリウムイオン濃度（精密測定）

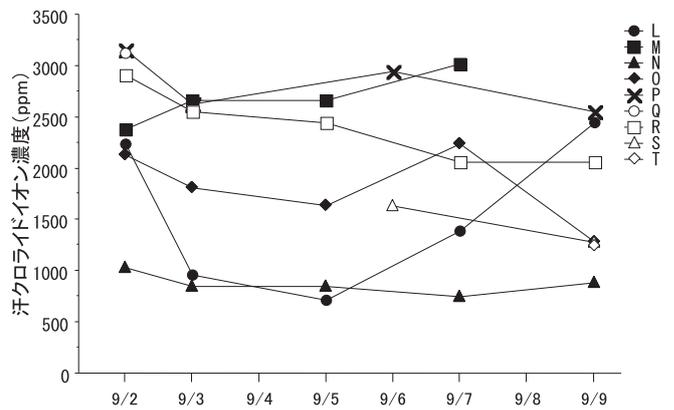


図3. 長距離選手（士別合宿）における汗中のクロライドイオン濃度（精密測定）

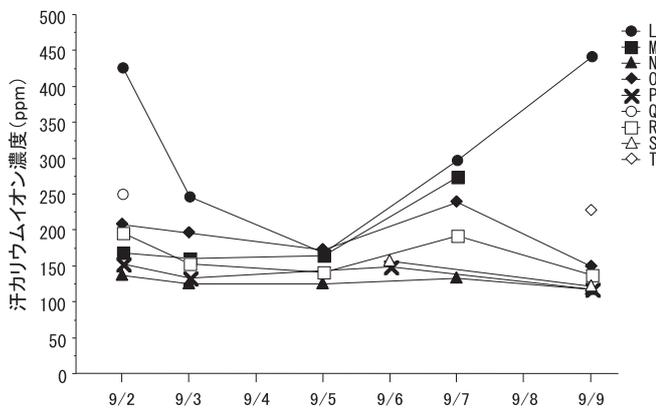


図2. 長距離選手（士別合宿）における汗中のカリウムイオン濃度（精密測定）

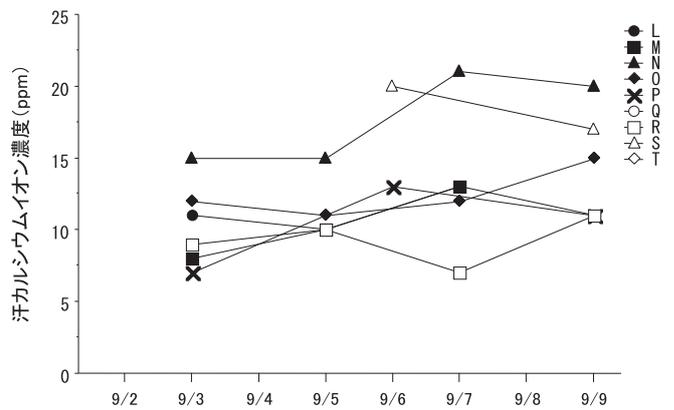


図4. 長距離選手（士別合宿）における汗中のカルシウムイオン濃度（簡易測定）

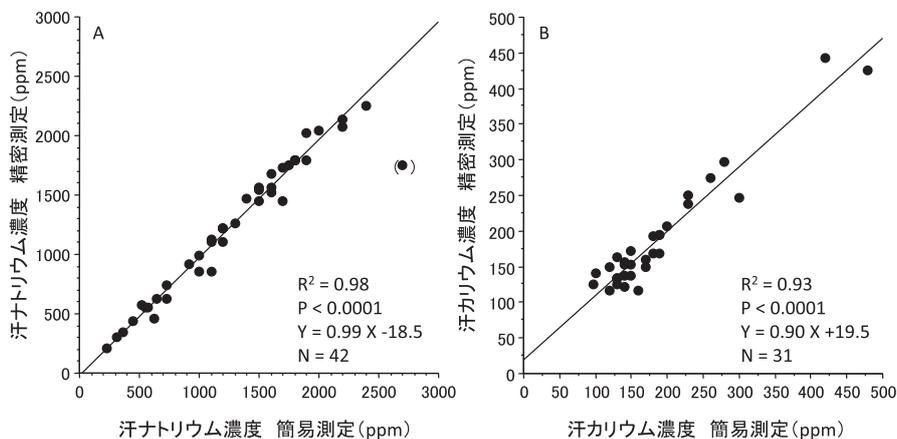


図5. 汗中のナトリウムイオン濃度（A）およびカリウムイオン濃度（B）の簡易測定結果と精密測定結果との関係

（●）のデータは、回帰直線から±2標準偏差以上離れているため、外れ値として解析から除外した。

ても、簡易測定結果と精密測定結果との間に強い相関関係が認められた。すなわち、簡易測定であっても汗中のナトリウムおよびカリウムイオン濃度の測定が高い精度で実施できると言えよう。

前述のように、汗中の電解質濃度が高いほど、汗をかいた時に血漿量が低下しやすいため、運動能や

熱放散能の低下を招きやすい。つまり、運動中の心拍数および体温が上昇しやすく、脱水の影響を受けやすい。汗中の電解質濃度の高い選手は、給水で汗より電解質濃度の低い水分を取っていると血漿量が回復しにくいと考えられ、マラソンなどの1時間以上に及ぶ競技では必ず電解質を含む水分を取る必要

のある選手といえる。また、汗中の電解質濃度（塩化ナトリウム濃度）を参考にして、各選手に合わせた給水の組成を検討することも重要と考えられる。

汗中の電解質濃度は常に一定ではなく、発汗量が多いほど高く、一方、暑熱順化で低下する。そのため、冬期と夏期で汗中の電解質濃度を測定することで、選手が暑さになれて（暑熱順化して）いるかどうかを判定できるとも考えられる。

以上、汗中の電解質濃度の測定は、暑熱耐性および暑熱順化に関して、今後の暑熱対策を進めていく上で有益な指標として測定を継続するとともに各選手に応じた暑熱対策の確立を目指していきたい。

## 謝辞

本測定を実施するに当たり、北海道大学の佐藤由理および柴田啓介協力員をはじめ、多くのスタッフの皆様に大変お世話になりました。ここに感謝の意を表します。

## 文献

- 1) 岡崎和伸：運動と発汗および皮膚血流調節（総説）. 発汗学 18:11-18, 2011.
- 2) Baker LB, Stofan JR, Hamilton AA, and Horswill CA: Comparison of regional patch collection vs. whole body washdown for measuring sweat sodium and potassium loss during exercise. J Appl Physiol 107(3): 887-895, 2009.
- 3) Baker LB, Ungaro CT, Barnes KA, Nuccio RP, Reimel AJ, Stofan JR: Validity and reliability of a field technique for sweat Na<sup>+</sup> and K<sup>+</sup> analysis during exercise in a hot-humid environment. Physiol Rep 2;2(5): e12007, 2014.