

Table 1 Overall evidence and future research agenda

Intervention	Evidence	Intrinsic agenda	Common agenda
Aquatic exercise	Small but significant effect (no differences between aquatic exercise and land-based exercise)	1.Long-term effect 2.Type of dose (intensity, frequency and duration)	1.Randomized controlled trials for various diseases 2.Description of cost-benefit 3.Description of adverse effects
Balneotherapy	Poor/Unclear	Adequate methodology (intention-to treatment analysis, blinding, adequate control group, etc.)	

Table 2 Future research agenda on aquatic exercise intervention

Item	Concrete agenda
Target disease* or prevention	1.The prevention and curative effect of Metabolic syndrome 2.The prevention and the curative effect of mental diseases such as depression
Strengthening of quality	1.Set of research protocol, practice, description based on each respective checklist 2. Description of adverse event and withdrawal
Feasibility and intrinsic characteristic	1.Comparison with land exercise and/or the other dynamic intervention 2.Description of intervention cost

* The pain-relieving effect of chronic locomotorium diseases has already become clear from many RCTs.

厚生労働科学研究費補助金（健康安全・危機管理対策総合研究事業）

総合研究報告書

水中運動の効果と運動特性に関する研究

分担研究者	高杉 紳一郎	九州大学病院リハビリテーション部 診療准教授
	岡田 真平	身体教育医学研究所 研究部長
研究協力者	増本 賢治	福岡県立大学人間社会学部
	奥泉 宏康	東御市立みまき温泉診療所 所長
	半田 秀一	東御市立みまき温泉診療所 理学療法士
	樋口 和洋	信州短期大学ライフマネジメント学科 准教授
	大塩 琢也	社会福祉法人みまき福祉会 理学療法士
	笠本 和宏	社会福祉法人みまき福祉会 健康づくり事業部長
	朴 相俊	身体教育医学研究所 研究主任

研究要旨

【目的】安全かつ有効な健康増進・リハビリテーションの手段の一つとして普及している水中運動の中で、知見が示されていない水中での側方歩行の特性について、前方歩行と比較しながら、若年者、及び中高年者の生理学的応答に着目して明らかにすることを目的とした。

【方法】1年目は18歳～29歳までの健常成人男性17名を、2年目は55歳～76歳までの中高年成人女性14名を対象とした。実験は、室内の25mプールで室温、湿度、水温などが一定の条件に保たれた環境下で実施した。水中での前方歩行と側方歩行の運動特性を比較するために、それぞれの歩行方向について、3段階の主観的運動強度（11「楽である」、13「ややきつい」、15「きつい」）で4分間ずつの歩行（各強度の間に1分間の休憩）を行った。歩行方向の順番のランダム化と、十分な休憩による心拍数と乳酸で疲労回復に配慮した。測定項目のうち、酸素摂取量、心拍数は実験中常時モニタリングを行い、各強度での4分間の歩行の最後の1分間を分析対象データとした。血圧、乳酸は、各強度の歩行直後の休憩時に計測を行った。歩行時間と歩数は、各強度での4分間の歩行の最後の1分の中での15mの歩行について計測した。各項目で繰り返しのある二元配置分散分析により、水中歩行の方向と運動強度の関係を検証した。また、若年者と中高年者の特性を比較した。本研究実施にあたっては十分な倫理的配慮を行った。

【結果】欠損データを除いた若年者10名、中高年者6名を分析対象とした。歩行方向による差が見られたのは、若年者では、乳酸と15mに要した歩数、中高年者では、体重あたり酸素摂取量、15mに要した歩行時間と15mに要した歩数であった。若年者と中高年者のデータの比較では、拡張期血圧（前方、側方とも）と乳酸（前方のみ）との間に統計学的に有意な差が認められた。

【結論】側方歩行では、前方歩行に比較して、歩行速度が遅く、歩幅が減少する傾向が見られた。また、中高年者は、若年者に比べ同じ主観的運動強度であっても生理学的な負荷が大きい傾向であった。中高年者の水中歩行実施時には、主観的な感覚だけに頼り過ぎると、運動強度が過度になることに注意すべきことが示唆された。

A. 研究目的

安全かつ有効な健康増進・リハビリテーションの手段の一つとして普及している水中運動について、その効果と限界、運動特性に関して、実験による新たな知見を得ることで、より適性で安全な水中運動の運動処方と合理的指導の普及に役立て、今後の健康づくり運動の実践内容等の充実に結びつけることは重要である。

水中運動の中でも、中高年者を対象に最も普及している形態が水中歩行である。水中歩行は前方・後方・側方が基本となり、後方歩行に関する知見は先行研究(Masumoto ら 2007, 2009)で得られているが、側方は明らかではない。

そこで、本研究では、1年目に健常な若年成人男性を対象とした水中運動実験を行い、水中での側方歩行の特性を、前方歩行との比較により明らかにした。2年目の研究では、1年目の知見をふまえて、普及・啓発の対象である中高年の生理学的反応に着目して、水中での側方歩行の特性を、前方歩行との比較により明らかにすることを目的とした。

B. 研究方法

【対象】

1年目の対象は健常な18歳～29歳までの成人男性で、実験への協力に同意が得られた17名であった。被検者は、定期的に水中運動を行っていないこと、喫煙歴がないこと、BMIが30を超えないこと（平均BMI 23.2：最小18.7～最大28.4）、身長が180cmを超えないこと（平均身長170.9：最小165.5～最大177.5）を条件とした（表1）。

2年目の対象は55歳～76歳までの中高年成人女性で、実験への協力に同意が得られた14名であった。被検者は、定期的に水中運動を行っており、喫煙歴がないこと、BMIでやせや高度肥満でないこと（BMI 21.0～28.6、平均23.7）、水深1mが胸部水位の身長であること

（身長144.4～162.7cm、平均153.6cm）を条件とした（表1）。

【実験環境】

一般に開放している室内温水プール（ケアポートみまき温泉アクティブセンター）内の25mプール（水深1.05m、水温30.5°C）で実験を行った。実験時の環境は、1年目が館内平均温度27.0°C（24.0～28.5）、館内平均湿度34.1%（29.5～42.0）、平均水温30.1°C（29.5～31.0）で、2年目が館内平均温度28.5°C（27.0～32.0）、館内平均湿度39.3%（33.0～42.0）、平均水温30.9°C（30.8～31.0）であった。

【測定手順】

本研究は、水中での前方歩行と側方歩行の運動特性を比較するために、それぞれの歩行方向について、3段階の主観的運動強度（11「楽である」、13「ややきつい」、15「きつい」）で4分間ずつの歩行（各強度の間に1分間の休憩）を行った。前方歩行と側方歩行のどちらを先に行うかは被検者ごとにランダムに設定するとともに、先に行った歩行の後に、30分以上の十分な休憩時間を設け、心拍数と乳酸で疲労回復の状況を確認した後に、次の歩行を実施した（図1）。

水中歩行は、片道25mのコースのうち15mの区間を往復する方法で行った（図2、3）。そして、歩行特性の比較の観点から、上半身に運動負荷をかけないようにするために、前方歩行時、側方歩行時ともに、上肢で極力水を搔かないように指示した。また、側方歩行時は足を交差させないようにした。全被検者はいずれの歩行時も、滑り止めのためにアクアシューズを装着した。

なお、本研究は主観的運動強度を用いて被検者に対する指示を出すために、実験当日を迎える前に練習の機会を設けて、主観的運動強度の指示による水中歩行の練習を行った。なお、疲労の影響も考慮して、練習日は実験当日の2

日以上前とした。また、実験協力の注意事項として、測定日 2 日前から激しい運動と飲酒を控えこと、実験実施 3 時間前から実験中は水以外の摂取を避けること、を条件とした。

【測定項目】

測定項目は、酸素摂取量（エアロソニック AT-1100、アニマ社、図 4）、心拍数（パンテジ NV、Polar 社）、乳酸（Lactate Pro LT-1710、ARKRAY 社）による、血圧、15m に要する歩行時間、歩数であった。

酸素摂取量、心拍数は実験中常時モニタリングを行い（図 5）、各強度での 4 分間の歩行の最後の 1 分間の平均値を分析対象データとした。血圧、乳酸、は、各強度の歩行直後の休憩時に計測を行った。歩行時間と歩数は、各強度での 4 分間の歩行の最後の 1 分の中での 15m の歩行について計測した。

【分析】

前方及び側方の 3 段階の運動強度での水中歩行をプロトコールとしたが、指示通りに実施できなかったものや、分析可能なデータ項目が全て揃わない対象は分析から除外した。なお、乳酸測定値は実験機器の特性から、0.8mmol/l 未満の数値は測定値の信頼性の観点から「Lo」と表示されるが、これについては全て「0.7mmol/l」に読み替えて分析した。

各測定項目の、3 段階の運動強度による前方歩行と側方歩行の間での若年者 10 名及び中高年者 6 名の平均値を、繰り返しのある二元配置の分散分析によって比較し、歩行方向による差、運動強度による差、歩行方向と運動強度の交互作用を検証した。

また、中高年者の水中歩行時の生理学的応答の特徴を明らかにするために、若年者の水中歩行時の生理学的応答との比較を、二元配置分散分析により行い、対象間による差を検証した。

【倫理的配慮】

本研究実施にあたっては、身体教育医学研究

所倫理審査委員会の承認を受けるとともに、大学病院医療情報ネットワークの臨床試験登録（UMIN-CTR）を行った（ID000001506）。

被検者に対して、途中で辞めたい場合には、いつでも可能であることや考えられるデメリットを含む研究計画を文書と口頭で十分に説明し、参加の承諾を文書で受けた。

C. 研究結果

水中での前方歩行、側方歩行それぞれにおける 3 段階の主観的運動強度（11 「楽である」、13 「ややきつい」、15 「きつい」）での、酸素摂取量（ml/分）、体重あたり酸素摂取量（ml/分/kg）、心拍数（拍）、収縮期血圧（mmHg）、拡張期血圧（mmHg）、乳酸（mmol/l）、15m に要した歩行時間（秒）、15m に要した歩数（歩）の結果を、若年者 10 名については表 2、中高年者 6 名については表 3 に示した。

若年者では、酸素摂取量、体重あたり酸素摂取量、心拍数、収縮期血圧および拡張期血圧は、いずれも側方歩行と前方歩行で有意差を認めなかった。血中乳酸は、前方歩行に対して側方歩行では有意に高かった（ $p=0.019$ ）。15m の歩行時間は側方歩行の方がやや長かったが、15m に要した歩数は有意に低かった（ $p=0.010$ ）。すなわち、一步の歩幅は側方歩行の方が長かったと考えられた。一方、主観的運動強度による差は、拡張期血圧を除く全ての項目で有意な差が認められており、主観的運動強度が運動の目安になることが示唆された。なお、主観的運動強度において、側方歩行と前方歩行では特に異なる傾向は認められなかった。

中高年者では、歩行方向によって統計学的に有意な差が認められたのは、体重あたり酸素摂取量（ $p=0.045$ ）、15m に要した歩行時間（ $p<0.001$ ）と 15m に要した歩数（ $p=0.004$ ）の 3 項目であった。一方、主観的運動強度による差は、収縮期と拡張期血圧及び 15m に要した歩

数を除く全ての項目で認められた。歩行方向と主観的運動強度で交互作用が認められたのは、15mに要した歩行時間のみであった。

また、中高年者6名と若年者10名について繰り返しのある二元配置分散分析を行った結果（表4）、拡張期血圧（前方、側方とも）を除く全ての測定項目で主観的運動強度による差が認められたが、中高年者と若年者間では、拡張期血圧（前方、側方とも）、乳酸（前方のみ）で統計学的に有意な差が認められ、体重当たり酸素摂取量（前方のみ）、収縮期血圧（前方のみ）、15mに要した歩数（前方のみ）には有意水準10%未満の傾向差を認めた。

D. 考察

実際の水中運動指導の現場では、頻繁に血圧や脈拍を測定することは困難であり、主観的運動強度を用いて、個人の疲労感に依存した運動強度が決定されている。しかし、歩行方向を変更した場合においてもなお、この方法が真に適切な運動強度を与えるか否かについては、未だ学術的に明らかにされていなかった。

本研究において、主観的運動強度を用いて運動を3段階に規定したところ、若年者では乳酸値が前方歩行よりも側方歩行で有意に高く、運動強度が高くなるほど乳酸値は上昇し、その上昇は側方歩行で前方歩行より顕著であった。この結果は、側方歩行では、ゆっくりで大きな動作にも関わらず、筋肉への負担は大きく、早期から無酸素運動に移行しやすいことを示していた。すなわち側方歩行では、ある特定の筋肉局所に大きな負荷が加わり、筋細胞での嫌気的な糖代謝が高まって、乳酸産生が亢進したものと推測された。

一方、中高年者では体重当たりの酸素摂取量が側方よりも前方歩行時に統計学的に有意に高い結果であった。この結果は、前方歩行で主観的運動強度が高くなるほど全身運動として

の負荷が強くなり、主観的な感覚だけに頼り過ぎると、運動強度が過度になることに注意すべきことが示唆された。また、側方歩行と前方歩行の比較において、側方歩行では前方歩行より歩数が少なく、歩行時間は長かった。すなわち、同じ主観的運動強度であっても、側方ではやや歩幅が大きく、ゆっくりとした動きになることが考えられた。浮力と水温等の影響で、水中では股関節の外転運動がしやすく歩幅が大きくなると考えられるが、特に変形性股関節症を有する患者のリハビリテーションの指導・介入に際しては、運動後の関節痛の増悪をきたさないために、歩幅を控えめにする等の注意が必要であることが示唆された。

若年者と中高年者の生理学的応答を比較したところ、最も顕著な違いは拡張期血圧であった。血圧値が若年者に比べて中高年者で高く、また運動強度の上昇に伴う変化が、若年者で微減、中高年者で微増の傾向を示した。また、前方歩行時において、中高年者の乳酸値が統計学的に有意に高く、体重当たり酸素摂取量と収縮期血圧も高い傾向であった。これらの結果のうち、中高年者の拡張期血圧が高かった原因は、加齢に伴う身体特性の変化（動脈壁進展性の低下や自律神経系の働きなど）が考えられた。一方、前方歩行時に中高年者で運動負荷（体重当たり最大酸素摂取量、乳酸）が高いことは、主観的運動強度と実際にかかっている運動負荷との乖離とも捉えられ、加齢による感覚の鈍化や、熟練者の慣れによる影響なども考えられた。

E. 結論

中高年者の水中歩行は、若年者と同様に、歩行方向によって運動学的な歩行パターンが明らかに異なった。一方、年齢によって水中歩行時の呼吸循環系の応答が異なる傾向が示され、今後、安全で効果的な水中運動を普及・啓発していくうえで有用な知見を得ることができた。

参考文献

- 1) Masumoto K, Takasugi S, Hotta N, Fujishima K, Iwamoto Y. A comparison of muscle activity and heart rate response during backward and forward walking on an underwater treadmill. *Gait Posture* 2007; 25: 222–228.
- 2) Masumoto K, Hamada A, Tomonaga H, Kodama K, Amamoto Y, Nishizaki Y, Hotta N. Physiological and perceptual responses to backward and forward treadmill walking in water. *Gait Posture* 2009; 29: 199–203.
- 1) 岡田真平, 高杉紳一郎, 増本賢治, 半田秀一, 橋口和洋, 武藤芳照. 水中の側方歩行時の生理学的応答. 第 64 回日本体力医学会大会、2009. 9. 19. 新潟.
- 2) Masumoto K, Takasugi S, Okada S, Higuchi K, Handa S, Okuzumi H, Mutoh Y. Stride characteristics and physiological responses during lateral and forward locomotion in water. 58th Annual Meeting and 2nd World Congress on Exercise is Medicine of the American College of Sports Medicine, 2011. 5. 31. ~ 6. 4. Denver, USA

F. 研究発表

学会発表

G. 知的財産権の出願・登録状況

なし

表1 被検者と分析対象者の属性

	若年者 17名	中高年者 14名
被検者		
年齢 (歳)	20.2 ± 2.0 (18 - 27)	65.1 ± 5.8 (55 - 76)
身長 (cm)	170.9 ± 4.2 (165.5 - 177.5)	154.0 ± 5.8 (144.4 - 162.7)
体重 (kg)	68.1 ± 9.4 (55.8 - 84.3)	56.5 ± 7.8 (45.4 - 73.8)
BMI	23.2 ± 2.6 (18.7 - 28.4)	23.8 ± 2.2 (21.0 - 28.6)
分析対象者	10名	6名
年齢 (歳)	20.6 ± 2.5 (18 - 27)	64.2 ± 7.0 (56 - 76)
身長 (cm)	171.6 ± 3.8 (165.5 - 177.5)	153.8 ± 5.9 (149.3 - 162.0)
体重 (kg)	69.9 ± 9.2 (56.1 - 84.3)	57.6 ± 8.8 (47.2 - 73.8)
BMI	23.7 ± 2.5 (20.3 - 28.4)	24.3 ± 2.8 (21.2 - 28.6)

平均値±標準偏差 (最小値-最大値)

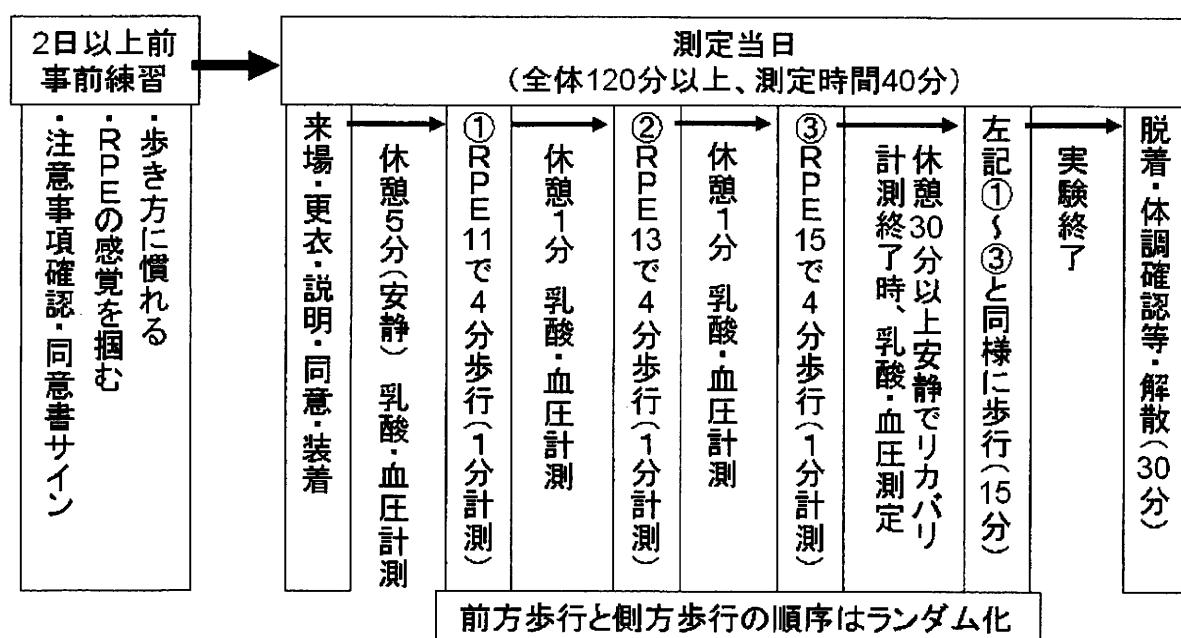


図1 実験のプロトコール



図2 水中歩行中の測定の様子



図3 休憩時の血圧・乳酸測定の様子

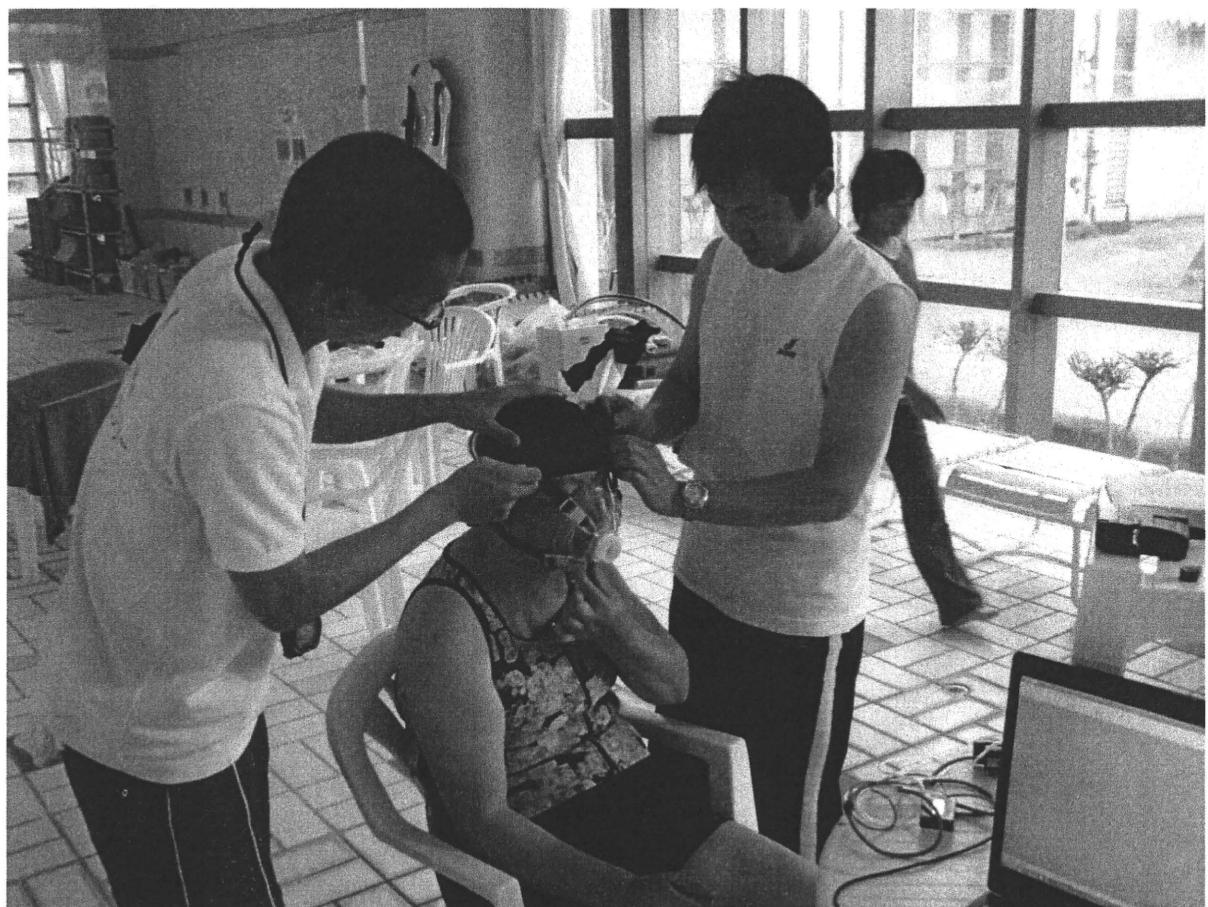


図4 測定機器装着の様子

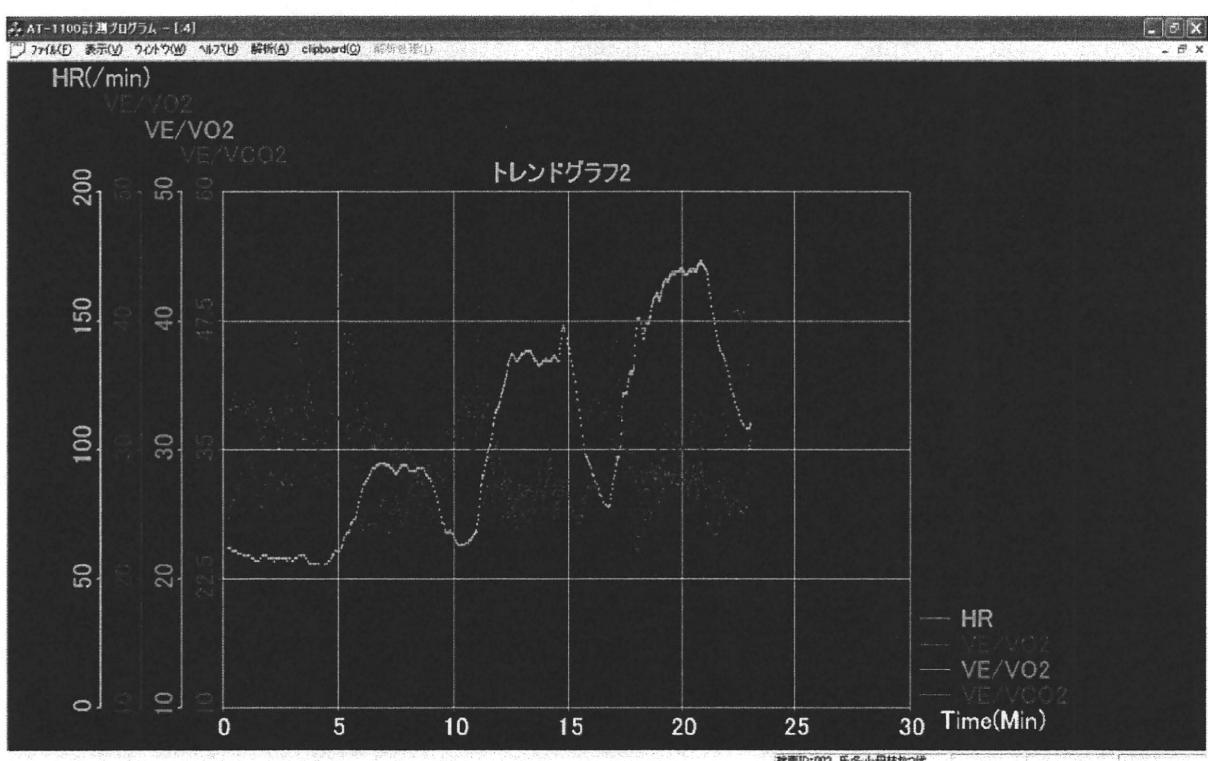


図5 水中歩行中に常時モニタリングされたデータ (エアロソニックAT-1100 (アニマ社))

表2 歩行方向と主観的運動強度による各測定項目の平均値 (若年者10名:繰り返しのある二元配置分散分析)

測定項目	歩行方向	11「楽である」	主観的運動強度(RPE)	p値(二元配置分散分析)				
				13「ややきつい」	15「きつい」	歩行方向	運動強度	方向×強度
酸素摂取量 (ml/分)	前方	709.4 ± 221.3	1016.7 ± 279.8	1386.6 ± 341.8	p=0.612	p=0.000	***	p=0.726
	側方	660.1 ± 174.9	982.9 ± 217.3	1302.9 ± 259.3				
体重あたり 酸素摂取量 (ml/分/kg)	前方	10.2 ± 2.8	14.7 ± 3.8	20.2 ± 5.6	p=0.600	p=0.000	***	p=0.733
	側方	9.5 ± 2.3	14.2 ± 3.1	18.9 ± 3.9				
心拍数 (拍)	前方	85.3 ± 14.2	101.9 ± 17.4	126.0 ± 28.3	p=0.739	p=0.000	***	p=0.577
	側方	85.2 ± 14.5	106.5 ± 18.5	130.2 ± 24.2				
収縮期血圧 (mmHg)	前方	130.6 ± 14.5	138.4 ± 19.2	152.8 ± 29.5	p=0.561	p=0.000	***	p=0.739
	側方	132.8 ± 12.1	145.6 ± 18.1	158.9 ± 28.3				
拡張期血圧 (mmHg)	前方	73.4 ± 5.1	72.0 ± 7.5	69.4 ± 6.3	p=0.885	p=0.062	+	p=0.968
	側方	73.1 ± 6.2	71.2 ± 6.9	69.4 ± 9.1				
乳酸 (mmol/l)	前方	0.9 ± 0.3	1.1 ± 0.3	2.1 ± 1.2	p=0.019	*	*	p=0.109
	側方	1.1 ± 0.3	1.8 ± 0.7	3.4 ± 2.7				
15m歩行時間 (秒)	前方	32.3 ± 8.3	24.4 ± 4.4	21.2 ± 3.0	p=0.098	+	***	p=0.023
	側方	42.0 ± 13.2	27.1 ± 5.0	22.7 ± 3.0				
15m歩数 (歩)	前方	23.0 ± 5.7	17.8 ± 2.0	17.4 ± 2.2	p=0.010	**	***	p=0.800
	側方	19.2 ± 5.2	15.3 ± 2.6	14.0 ± 1.3				

+ p<0.10 * p<0.05 ** p<0.01 *** p<0.001

表3 歩行方向と主観的運動強度による各測定項目の平均値（中高年者6名：繰り返しのある二元配置分散分析）

測定項目	歩行方向	11「楽である」 主観的運動強度 (RPE)	13「やきつい」 15「きつい」	p値 (二元配置分散分析)	
				歩行方向	運動強度 方向 × 強度
酸素摂取量 (ml/分)	前方	747.5 ± 231.2	1153.3 ± 322.0	1384.0 ± 411.1	+ *** p=0.072 p<0.001 p=0.455
	側方	592.9 ± 122.5	941.2 ± 173.2	1240.0 ± 201.9	
体重あたり 酸素摂取量 (ml/分/kg)	前方	13.0 ± 3.2	20.0 ± 4.1	23.9 ± 5.1	* p=0.045 p<0.001 *** p=0.463
	側方	10.4 ± 2.3	16.6 ± 3.3	21.7 ± 3.3	
心拍数 (拍)	前方	97.8 ± 18.1	123.0 ± 27.2	138.4 ± 32.6	+ *** p=0.276 p<0.001 p=0.293
	側方	90.2 ± 10.7	114.2 ± 19.0	135.9 ± 21.6	
収縮期血圧 (mmHg)	前方	157.3 ± 16.0	162.3 ± 23.0	172.0 ± 34.2	+ *** p=0.298 p=0.119 p=0.900
	側方	152.0 ± 12.8	158.3 ± 15.6	165.3 ± 28.4	
拡張期血圧 (mmHg)	前方	85.2 ± 15.3	87.0 ± 15.5	88.5 ± 22.5	+ *** p=0.340 p=0.787 p=0.887
	側方	83.8 ± 9.5	84.7 ± 15.6	85.3 ± 17.4	
乳酸 (mmol/l)	前方	1.1 ± 0.5	2.4 ± 1.5	5.0 ± 3.7	* p=0.118 p=0.027 * p=0.264
	側方	0.9 ± 0.2	1.5 ± 0.6	3.4 ± 1.6	
15m歩行時間 (秒)	前方	30.2 ± 6.2	23.5 ± 3.6	21.1 ± 2.7	+ *** p<0.001 p<0.001 *** p<0.001 p<0.001
	側方	42.5 ± 7.9	30.8 ± 4.8	25.8 ± 2.9	
15m歩数 (歩)	前方	24.8 ± 7.7	23.8 ± 6.7	20.8 ± 2.8	+ *** p=0.004 p=0.069 + p=0.416
	側方	21.5 ± 6.0	18.2 ± 3.8	17.2 ± 3.0	

表4 歩行方向と主観的運動強度による各測定項目の平均値の対象間比較（中高年者6名と若年者10名：繰り返しのある二元配置分散分析）

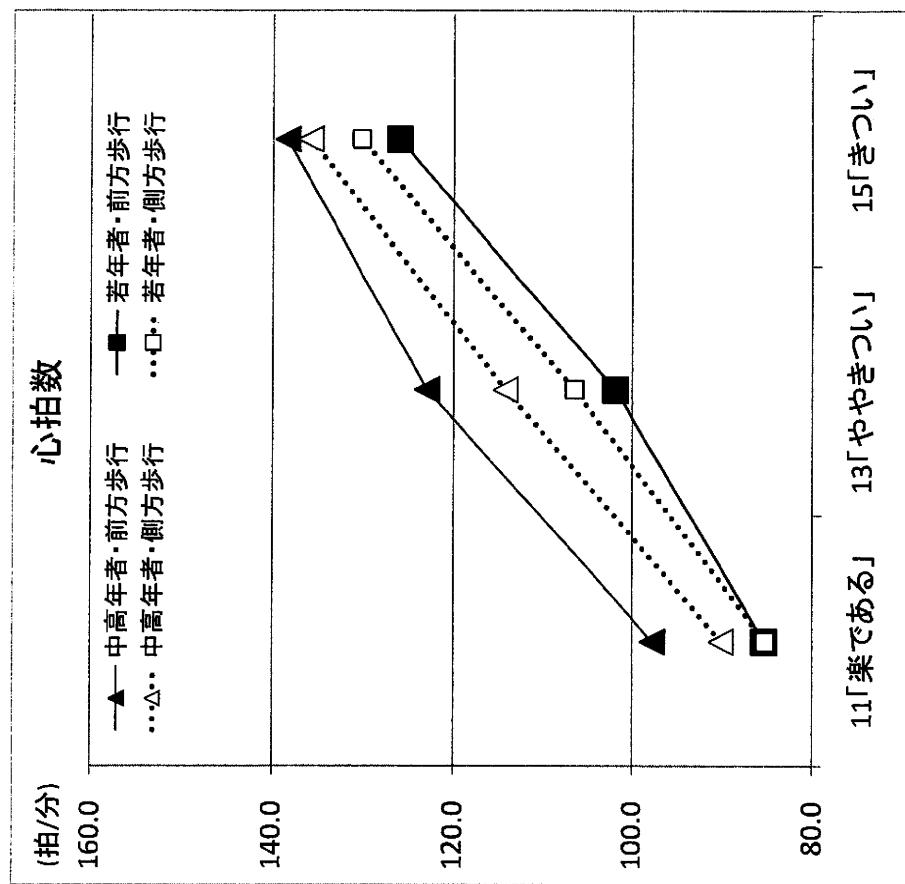
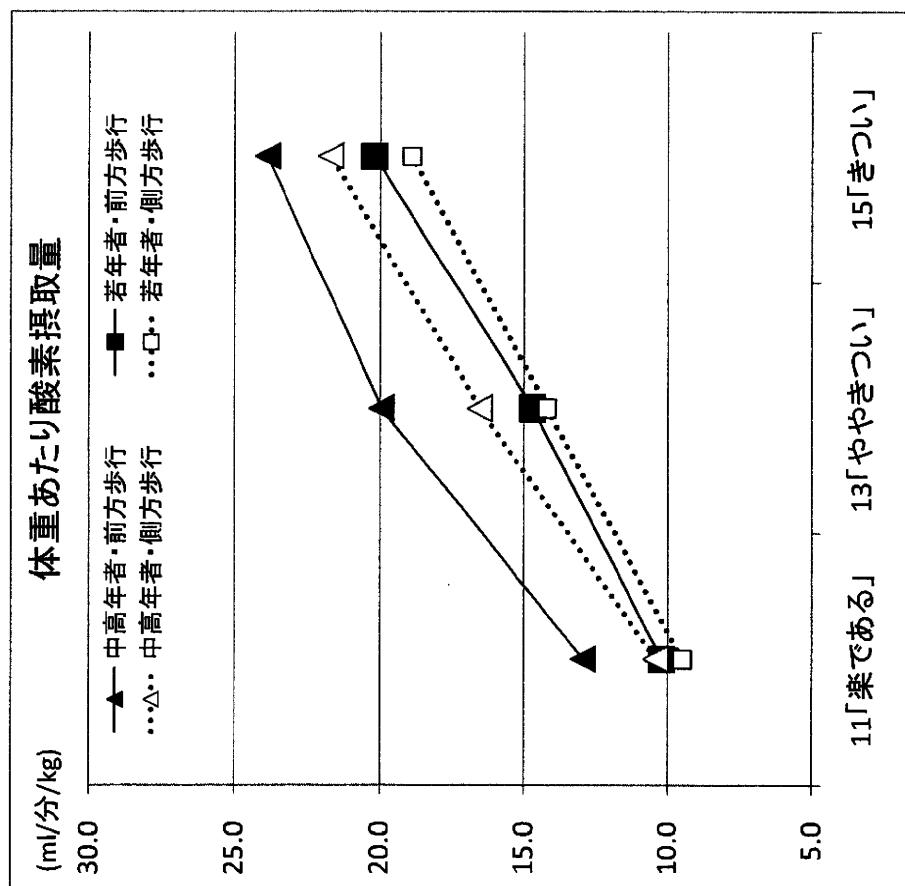


図 6 対象・歩行方向・運動強度別の体重あたり酸素摂取量

図 7 対象・歩行方向・運動強度別的心拍数

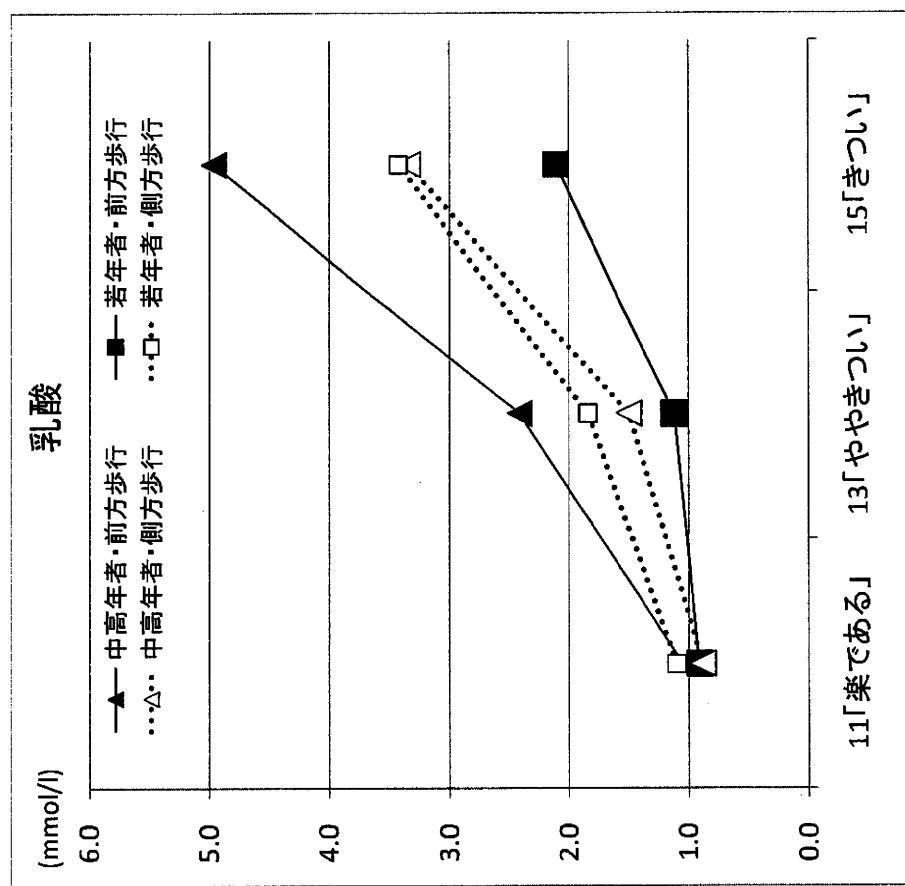


図 9 対象・歩行方向・運動強度別の乳酸

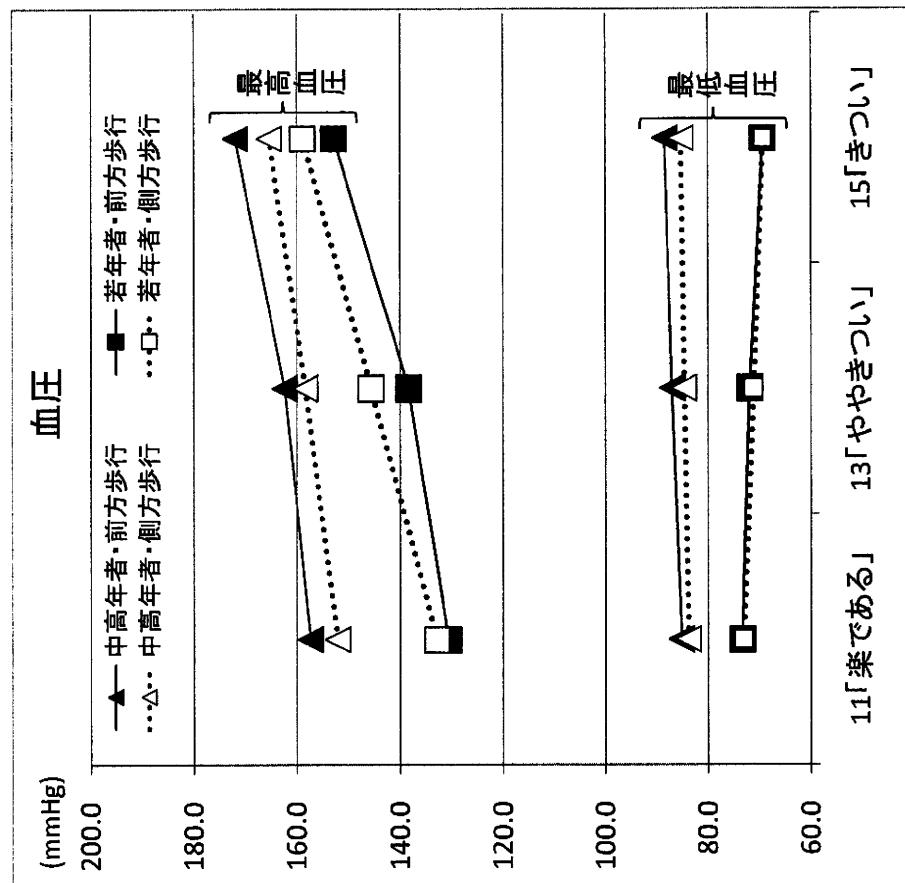


図 8 対象・歩行方向・運動強度別の血圧

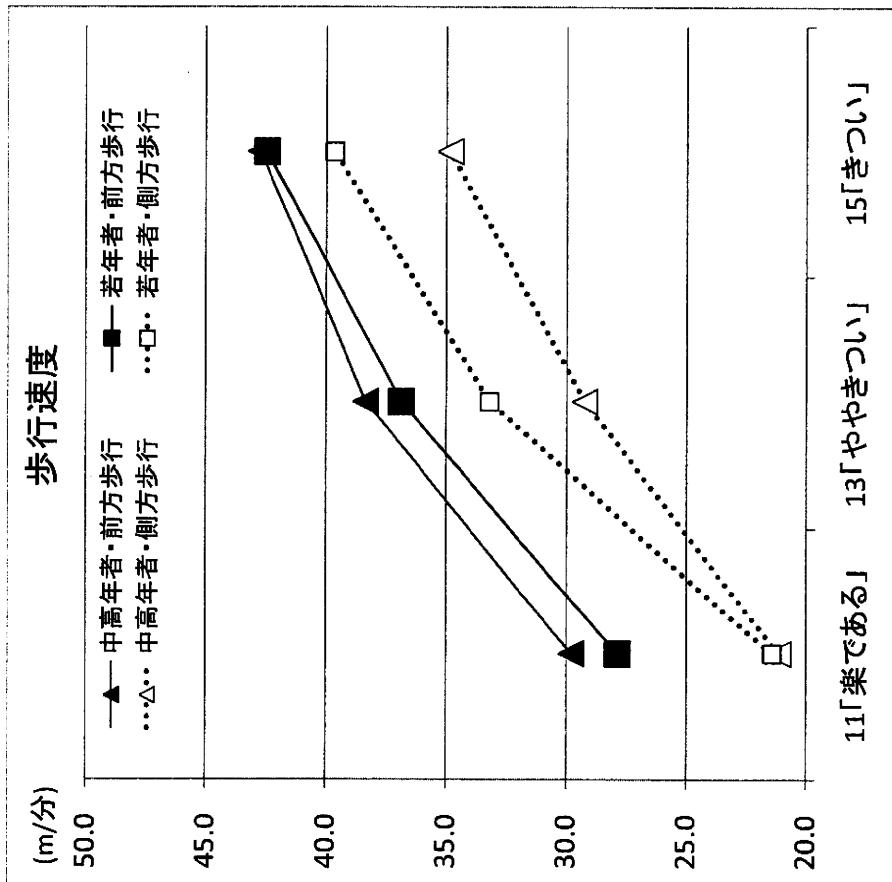


図10 対象・歩行方向・運動強度別の歩行速度

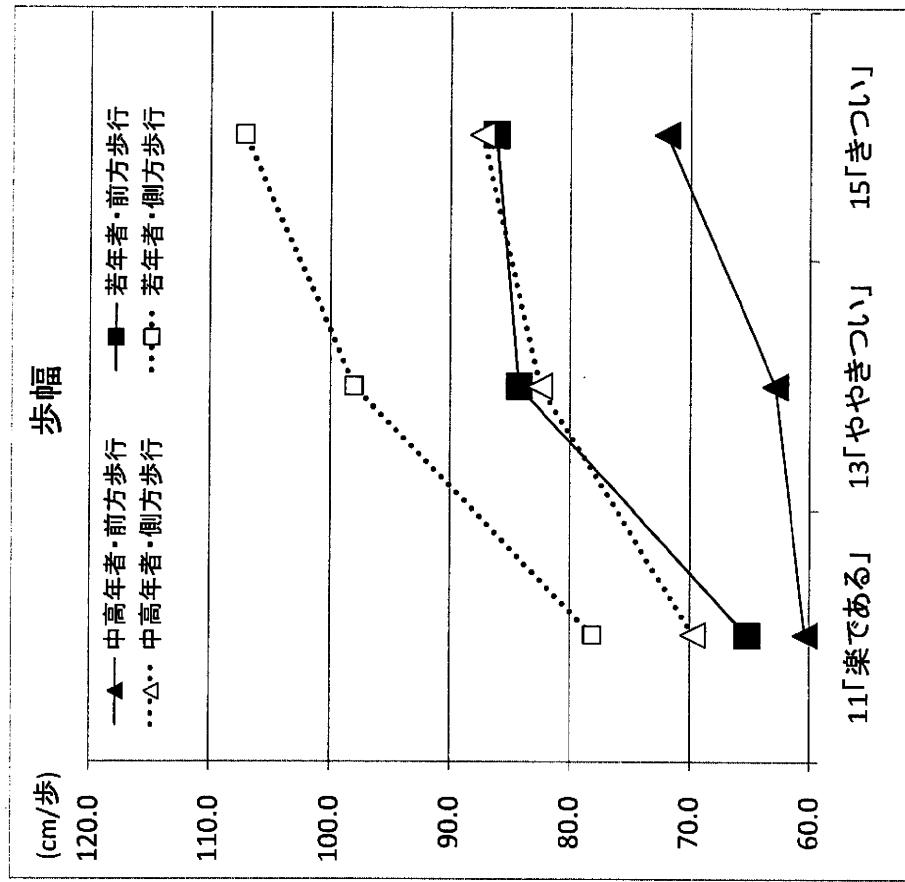


図11 対象・歩行方向・運動強度別の歩幅

研究成果の刊行に関する一覧表

雑誌

発表者氏名	論文タイトル名	発表誌名	巻号	ページ	出版年
山村尊房, 長岡裕 ら	小学校における児童の水分補給指導と直結給水システムの導入状況	環境システム研究論文集	38	179-184	2010
Kamioka H, et al.	Effectiveness of aquatic exercise and balneotherapy: a summary of systematic reviews based on randomized controlled trials of water immersion therapies.	J Epidemiol.	20	2-12	2010
上岡洋晴ら	温泉の効果に関するエビデンスの整理と健康づくりを中心としたレジャーへの応用。	身体教育医学研究	11	1-11	2010
Kamioka H, et al.	A Systematic review of non-randomized controlled trials on curative effects of aquatic exercise.	Int J General Med	4	239-260	2011

小学校における児童の水分補給指導 と直結給水システムの導入状況

山村 尊房¹・藤野 雄太²・長岡 裕³

¹学生会員 東京都市大学大学院都市基盤工学専攻（〒158-0087東京都世田谷区玉堤1丁目28-1）
E-mail:yamamuras@ric.hi-ho.ne.jp

²東京都市大学工学部都市基盤工学科（〒158-0087東京都世田谷区玉堤1丁目28-1）
E-mail:yutal211fujino@yahoo.co.jp

³正会員 東京都市大学工学部都市工学科教授（〒158-0087東京都世田谷区玉堤1丁目28-1）
E-mail: hnagaoka@tcu.ac.jp

本研究は小学校における児童の水分補給手段や、学校としての児童たちへの指導状況、水道事業体の対応を把握することを目的とした。全国の小学校及び水道事業体へのアンケート調査を実施し、それぞれ451校、940事業体からの回答を得た。その結果、家から持参した水筒など水道水以外の手段で児童に水分補給を行っている小学校が約3割あり、小学校の給水方式は約7割が貯水槽式であり、水筒持参する比率は直結給水方式より貯水槽方式の学校が大きいことなどが明らかとなった。また、水筒持参は、学校の指導状況と明らかな対応関係を示し、対策には現場の先生方との連携が重要であることが示された。水道水に対する不満は水筒利用の学校の方が水道水利用の学校より多いことから、直結システムの導入によって不満を取り除くことが水道水の飲用利用の向上につながると考えられる。

Key Words : elementary school, guidance, moisture, replenishment, tank less systems, water-supply

1. はじめに

わが国の水道の持続的な発展のためには、日本の水道の優れた特徴でもある蛇口のどこでも飲用可能な水質を供給し続けるための水道事業者側の努力とともに、利用者側でいわゆる「飲用水の水道離れ」を生じないよう、利用者の水道水に関する正しい理解を求めたり、「水道水を蛇口から飲んでも大丈夫」という意識付けなどといった条件整備が必要となっている¹⁾。

貯水槽を利用した給水システムは、ビル・マンション等と同様に鉄筋校舎に変わった学校においても多用されている。特に、学校では夏休みなど長期にわたって水道が使用されない期間があるため、貯水槽経由で水温が高くなっている水道水はおいしくないといった印象悪化や水質面での不安感を生じやすいほか、休日明けの使用開始時には赤錆発生などの水質低下が生じやすく、学校に水筒持参をする例が各地で報告されている²⁾。

そのため、横浜市や東京都などでは、貯水槽を経由しない直結給水システムへの切り替えを小学校を対象に推進している。貯水槽などに水を貯める必要がなくなるため、夏場にも温度上昇を生じることなく、冷たくておい

しい水が供給できるほか、校舎内の老朽管を経由しない蛇口では休日明けの赤錆も生じないメリットがある。こうした直結給水システムの導入により、児童が水道水を飲む機会を増やし、子供達が水道水をおいしく飲んだ経験を持つことによって水道水への正しい理解を広げるとともに、将来大人になった時に、次世代の子供達に同じように教育していくことによって、蛇口水飲用の水道の文化が継続されることが期待されている^{3,4)}。

本研究は、こうした観点に立って、小学校での児童の水分補給手段と指導状況、小学校の給水方式の現状、児童が使用する水道水に対する学校／家庭の意識の違いなどの把握を目的として行った。

2. 調査概要

本研究では、全国の小学校及び水道事業体へのアンケート調査を実施した。

(1) 小学校へのアンケート調査

本調査では、全国学校総覧2004年度版⁵⁾を用い、小学

校の部のページ毎に10行目、30行目、50行目に相当する小学校を抽出し、対象小学校にアンケート調査表を郵送し、記入後返送するよう依頼した。調査時期は2009年3月、1,160校中451校の返答があり、回収率は39%であった。

調査項目は、以下の6つの設問を設定した。

- 設問1) 学校における児童の水分補給手段（回答は概ねの量の割合を%で記入、集計にあたっては合計値を学校数で除した単純平均値を用いた。）
 設問2) 学校として、児童たちに水筒等を持参するように指導しているか
 設問3) 水道管からの直結式か屋上などの水槽に一度貯める貯水槽式か
 設問4) 蛇口からの水道水で不満な点はあるか
 設問5) 児童たちは学校で蛇口からの水道水を飲むほうが望ましいか

(2) 水道事業体へのアンケート調査

本調査は、(社)日本水道協会の協力を得て、全国の水道事業体にアンケートを送付し、記入後FAXやメール

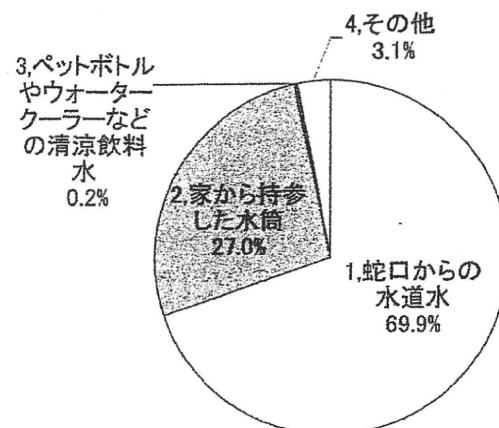


図-1 児童の水分補給手段

- ①指導していない
- ②教育委員会の指示があるから
- ③水道水を飲まないよう保健所の指導があったから
- ④父母より要請があったから
- ⑤水がまずいなどの理由から、児童の健康を考慮して
- ⑥その他の理由

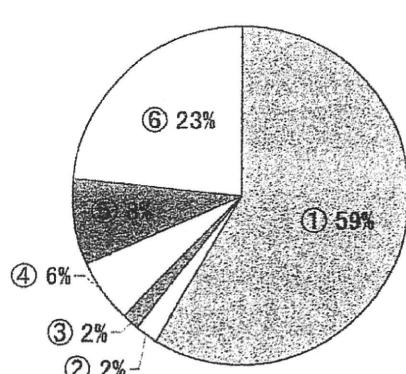


図-2 児童たちへの水筒等持参の指導状況

で返送するよう依頼した。調査時期は2009年11月、1,384事業体中940事業体から返答があり、回収率は68%であった。

調査項目は、以下の5つの設問を設定した。

設問1) 給水区域内の小学校数

設問2) 設問1の内、直結給水となっている小学校数

設問3) 設問2の内、概ね2000年以降に直結化した小学校数

設問4) 今後、貴事業体で小学校の直結化を推進あるいはそれを支援する計画はあるか

設問5) 小学校の直結化についての情報など

(3) 集計の方法

調査結果の集計は、どの選択肢を何校が選んでいるかを質問ごとに集計する単純集計を行ったほか、2つの質問を組み合わせたクロス集計による解析を行った。さらに、AMOSによる共分散構造分析を試みた。

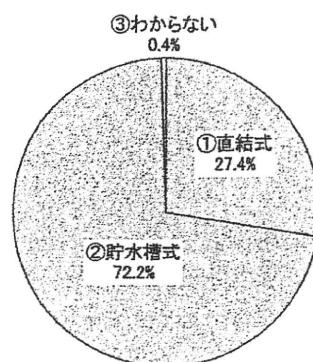


図-3 小学校の水道の給水方式

表-1 給水方式と水筒持参比率

貯水槽方式	直結給水方式	
	水道率	水筒率
水道率	51%	49%
水筒率	68%	32%

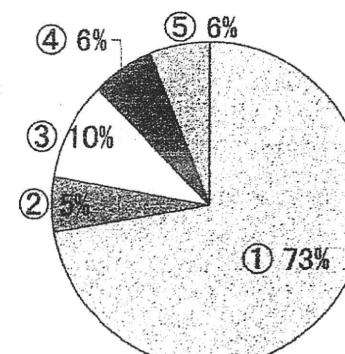


図-4 蛇口からの水道水で不満な点

3. 調査の集計結果

(1) 小学校へのアンケート調査

図-1は学校における児童の水分補給手段（設問1）を示したものである。この図から、約3割の小学校が家から持参した水筒など水道水以外の手段で児童に水分補給を行っていることがわかる。図-2は、児童たちへの水筒等持参の指導状況（設問2）を示したものである。この図から、約4割の小学校で水筒等を持参するように指導を行っている実態があり、そのうち半数では水がまづいなどの理由による教師の判断や行政機関や父母の要請に基づいてこうした対応を探っていることがわかる。

図-3は小学校の水道の給水方式（設問3）を示したものであり、貯水槽方式が全体の約7割を占めている。また、表-1を見るように、水筒を持参する比率は貯水槽方式では約半数を占めているのに対して直結給水方式では約3割に留まっている。

図-4は、蛇口からの水道水で不満な点について（設問4）の回答であり、約7割は特に不満はないとしている反面、残りの3割には夏に水温が高い、いやな臭いや味がある、赤錆などの着色があるといった回答がみられる。

図-5は、児童たちが学校で蛇口からの水道水を飲むほうが多いかについて（設問5）の回答であり、特段水道水を飲む必要は無いとする回答とどちらともいえないとする回答の合計が3割強であるのに対し、残りの

7割弱の小学校側では水道を飲むほうが望ましいと考えており、水道への要望や意見を持っていることがわかる。

(2) 水道事業体へのアンケート調査

図-6は、回答のあった940水道事業体の給水区域内の小学校15,305校の給水方式の内訳である。直結給水システムを採用している小学校は5,487校で約36%を占めている。その内、2000年以降に直結化した小学校は1,034校で約7%であった。表-2に示した直結化数で上位を占めた都道府県については、数の面での上位は東京都、愛知県、大阪府、北海道の順であるのに対し、2000年以降の直結化数では、東京都、神奈川県、大阪府、福岡県となっており、東京都や横浜市が最近小学校の水道直結化に積極的に取り組んでいる状況を反映している。今後の小学校の水道直結化を推進あるいは支援する計画（設問3）については、図-7に示したとおり約8割の水道事業体が「ない」とする一方、63の水道事業で「ある」という回答をしており、小学校の水道の直結化への水道事業体の取り組みが始まったのが東京都や横浜市といった先進事業体においても、まだ最近数年間のことである事情を加味して考えると、小学校の水道の直結化に关心を示す水道事業体の今後の広がりが期待される。

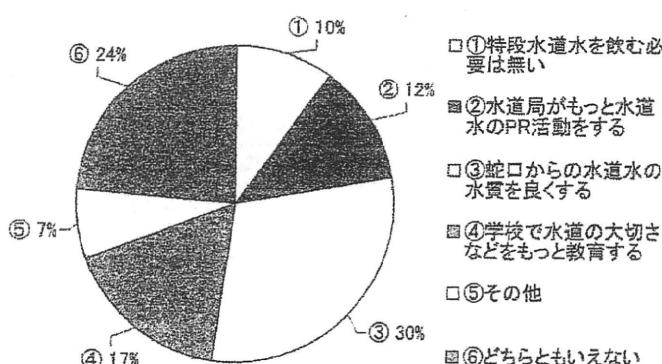


図-5 学校で蛇口からの水道水を飲むほうが多いか

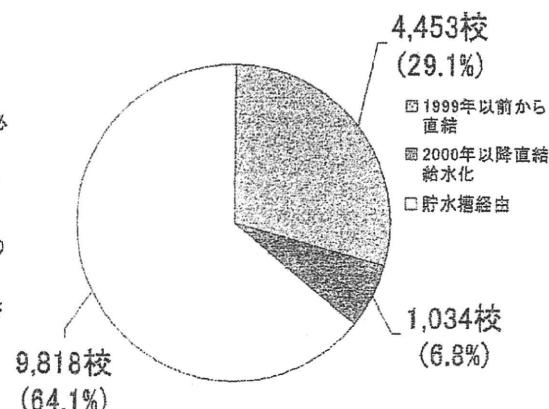


図-6 水道事業体の給水区域内の小学校数と
給水方式の内訳
(学校数: 15,305)

表-2 直結化数で上位を占めた都道府県

2000年以降直結化数 上位4県			
都道府県	小学校数	直結化数	2000年以降直結化数
1 東京都	1262	537	354
2 神奈川県	754	172	92
3 大阪府	920	460	51
4 福岡県	479	126	49

直結化数 上位4県

都道府県	小学校数	直結化数	2000年以降直結化数
1 東京都	1262	537	354
2 愛知県	830	529	9
3 大阪府	920	460	51
4 北海道	828	351	35

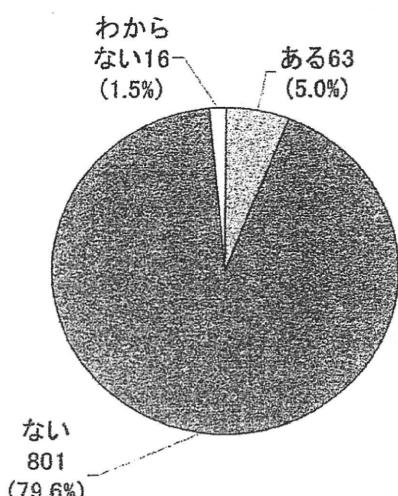


図-7 今後小学校の水道直結化を推進・支援する計画

4. クロス集計による解析

小学校へのアンケート調査結果について、設問1と設問4のクロス集計の結果を図-8に示した。この図から、水道水利用の学校に比べ水筒利用の学校の方が水道水に対する不満が多いことがわかる。このような不満を直結システムの導入によって取り除くことが水道水の飲用利用の向上につながると考えられる。

図-9は、設問1と設問5のクロス集計の結果を示したものである。この図から、「水道水を飲む必要はない」と考えている学校の大半で水筒利用が行われている

一方、水道への要望や意見を持っているのは、水道水を

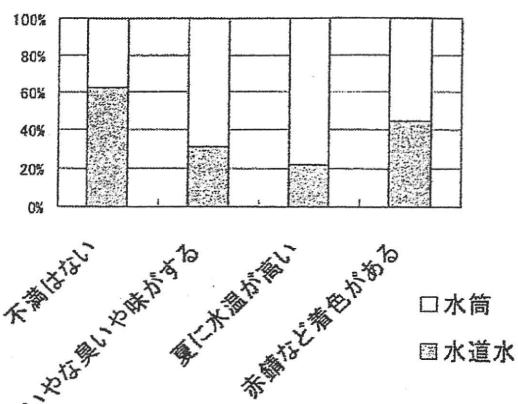


図-8 水道水利用と水筒利用の学校で比較した
水道水に対する不満の割合

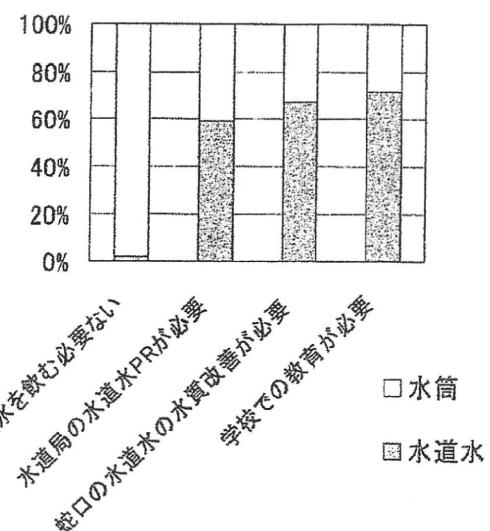


図-9 水道水利用と水筒利用の学校で比較した
水道水に対する考え方

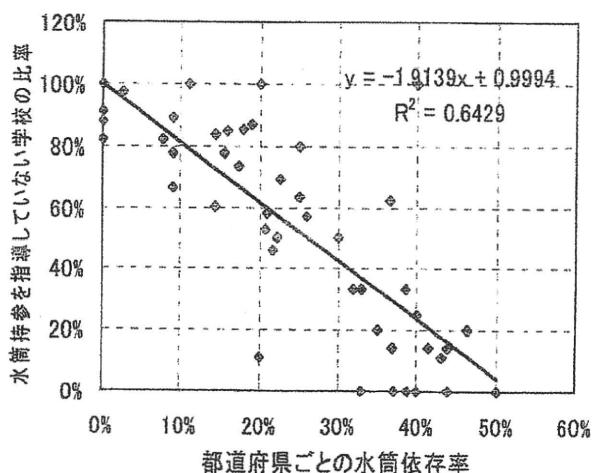


図-10 都道府県ごとの水道依存率と学校の指導状況比較