

入浴時、排泄時の生理・心理反応と非居室暖房の必要性

Physiological and psychological reaction at the time of bathing and excretion, and need for non-room heating.

東邦ガス株式会社 技術開発本部

Toho Gas Co., Ltd., Research & Development Division

河原 ゆう子

Yuko KAWAHARA

キーワード：入浴 (Bathing), 排泄 (Excretion), 非居室 (Non-room), 血圧 (Blood pressure), 暖房 (Heating)

1. はじめに

日本の昔の住宅は、夏の蒸した暑さを和らげるため、風通しを重視した開放的なつくりが一般的であった。鎌倉時代の吉田兼好の「徒然草」にも、「家の作りやうは夏をむねとすべし。冬はいかなる所にも住まる。暑き比わろき住居は堪え難き事なり。」との記述があり、夏の過ごしやすさが優先されてきた。この時代の気候は比較的冬は温暖であったが所以のことである。江戸時代になってからは寒さが厳しくなり、火鉢や炬燵などの採暖器具が、庶民にも広がった。戦後、高度経済成長期に入り、建築技術の進歩とともに家電製品が普及し、住宅の西洋化も一気に進展した。その一方で、空調に関しては、従来からの採暖器具を使いつつも、部屋全体を空調するファンヒーターやエアコンなどが普及した。しかし、これらの部屋全体を空調する機器は、居住者が長く過ごす居室で使われているのがほとんどで、廊下や浴室、洗面脱衣室、トイレといった、いわゆる非居室ではほとんど使われていない。これは、非居室が一般に特定の目的で使用され、しかも短時間しか滞在しない狭小空間であるため、空調機器の設置の必要性が感じられにくいことが設置の妨げになっていると考えられる。

非居室で主に行われる行為として、入浴、洗面、排泄がある。それぞれ、浴室、洗面脱衣室、トイレで行われる行為であるが、入浴に関しては、1990年代後半から様々な研究が行われている。我が国の入浴は身体を清潔にする役割だけではなく、身体を温める役割も担っている。そのため、浴槽に熱い湯を張り、身体を肩まで浸けて温浴する形態をとり、身体を温めている。住宅の西洋化が進んだ現在でも、この入浴の目的は変わっていない。また、トイレに関しては、かつては和式便座が主流であったが、洋式便器の普及に伴い、温水洗浄

便座（便座暖房付き）が衛生面で支持され、現在の普及率は2013年3月の時点で74%に達している¹⁾。

現在の住宅は高气密、高断熱化し、以前に比べると冬の居室温度は高くなっているが、非居室への空調導入は進んでおらず、居室に比べると非居室は依然低温環境である。そのため、脱衣を伴う入浴時や排泄時は、非居室の温熱環境に直接身体が曝露されることとなり、ダイナミックな生理的、心理的反応が起こる。特に生理的反応がトリガーとなり、非居室では傷病事故が発生している。

ここでは、非居室で発生する事故の特徴と、冬季の非居室における特定の行為によって惹起される生理的、心理的反応を示し、それらが引き起こす傷病事故を予防するための対策について考えてみたい。

2. 非居室における傷病事故

2.1 浴室・脱衣室

図1～6は、名古屋市における傷病事故に関する救急搬送人数の統計である。非居室の傷病事故は、年々増加しており、高齢化率とその大きな要因となっている（図1、図2）。これに比例して入浴中の事故死に関しては、1990年代後半に注目され、浴室暖房の必要性に関する研究が進んだ。2000年には入浴中の事故死は約14,000人と推計されたが²⁾、2011年の入浴中の事故死は、17,000人にも及んでいると推定されている³⁾。浴室・脱衣室での傷病事故は、高齢者に多く、季節依存性があり冬季に多い。また、一日のうち入浴する時間帯はほとんどが夜間であり、21時をピークに17～0時の時間帯に多くなっている（図3）戸建住宅（一般住宅）は昔からの家屋が多く、断熱性があまり良くないことが影響し、集合住宅（共同住宅）に比べ室温は外気温の影響を非常に受けやすい。その

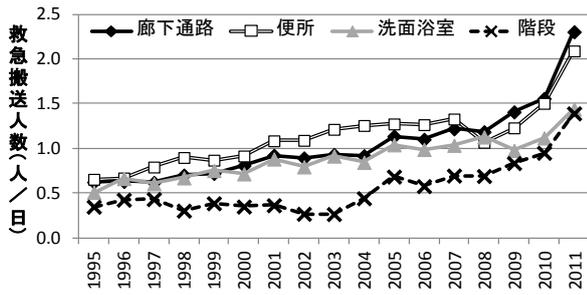


図1 非居室急病事故の年推移（名古屋市）

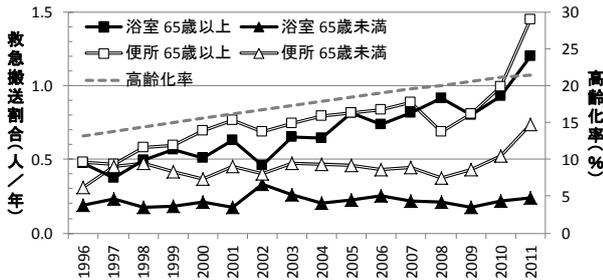


図2 高齢者の浴室・便所傷病事故と高齢化率の年推移（名古屋市）

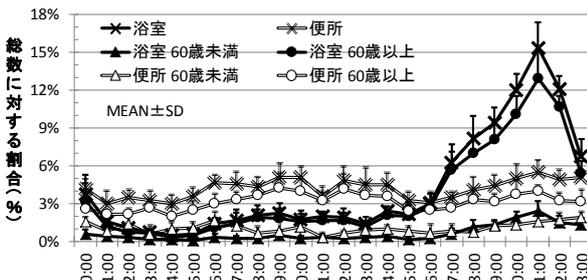


図3 浴室・便所急病事故と月平均外気温の月推移（2007-2011年平均，名古屋市）

ため、冷えた環境で使用頻度が高くなる夜間は事故が多くなっている（図4）。

2.2 トイレ

トイレに関しては、齋藤ら^{4,5,6)}が1996～2002年の名古屋市における傷病事故の分析をしている。2007年以降もトイレの事故は高齢者に多く（図5）、浴室事故と同じ傾向がある。しかし、齋藤らは1月は各年共通して事故が多いと述べているが、近年ではその傾向はあまり強くない（図6）。便所の傷病事故は、冬季だけでなく夏季にも数が多いことが特徴であり、温熱環境面から鑑みると適切な室温の上・下限が存在していると推測される。

また、便所では排泄を行うため、排尿中あるいは排尿直後に失神する「排尿失神」や排便時の「努責（以下いきみ）のバルサルバ効果」による影響が大きいと思われる。便所での傷病事故は、男性

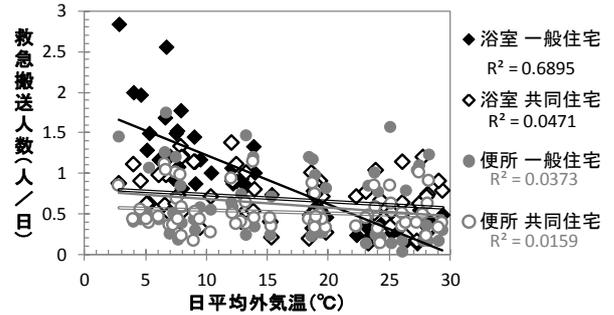


図4 月平均気温と住宅形態別事故数の関係（2007-2011年）

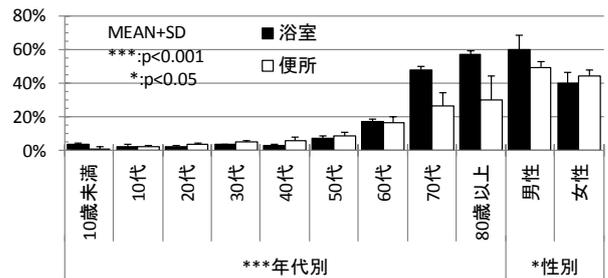


図5 便所傷病事故の年代別・性別比（2007-2011年平均，名古屋市）

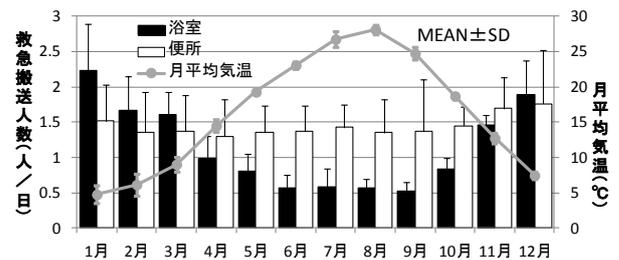


図6 浴室・便所傷病事故の時間帯別発生割合（2007～2011年平均，名古屋市）

に多いのが特徴で（図5）、排尿時の姿勢が少なからず影響していると思われる。排尿失神は、飲酒した日の就寝後、夜間、立位での排尿時、膀胱充満時にみられることが多く⁷⁾、また、多くの人が朝食後に便意を覚えることから、朝方や夜間にその傾向が僅かにみられる（図3）。

3. 入浴の生理学的負荷

3.1 入浴前

入浴前は全裸になることから、脱衣室や浴室の温熱環境の影響を全身で受けることとなる。入浴を行う前は、通常、洗面脱衣室に移動し、脱衣する。推奨の室温は25℃といわれている^{8,9)}が、室温を25℃まで上げることに「もったいなさ」を感じるのも事実である。そこで、鎌田ら¹⁰⁾による脱衣を伴った場合半数が許容とした室温17℃

をベースに、このときの生理・心理反応を把握する実験を行った。表1に実験概要、図7に実験室平面図を示す。20～40代女性を対象に、床暖房で空調された居室から廊下を通過して脱衣室に移動し、脱衣前後（下着のみ着用）の主観的温熱感覚と血圧を調査した。

図8と図9に収縮期血圧、温熱的・経済的室温許容率を示す。暖房なしは、移動先の低温環境と脱衣により、徐々に血圧が上昇していったのに対し、暖房あり16、19℃は、入室時では血圧をあまり上昇させなかったが、脱衣後では暖房なしと同等の上昇量を観察した。暖房ありといっても、居室との温度差は8℃あり、脱衣による全身的な低温の環境曝露は、反射的な血圧上昇を招きやすいと考えられる。一方、温熱的・経済的室温許容率をみると、両者の差はかなり大きく、温熱快適性（理想）よりも経済性（現実）を優先して室温を許容していることを伺わせる。とはいえ、高齢者に事故が多い現状を考えると、脱衣時の生理的安全性を考える際は、温熱的に許容できるかどうかで判断することが必要である。

表1 実験概要

実施日	2013年12月
被験者	20～40代女性15名（34±4歳）
着衣量	約0.7clo（上下ルームウェア、長袖綿Tシャツ、靴下、スリッパ）
環境条件	外気温7℃一定 ①暖房あり16℃（床暖房） ②暖房あり17℃（床暖房） ③暖房あり19℃（床暖房） ④暖房なし15℃
脱衣条件	下着（ブラジャー、パンティ）のみ、裸足 ※ただし、移動時はスリッパ着用

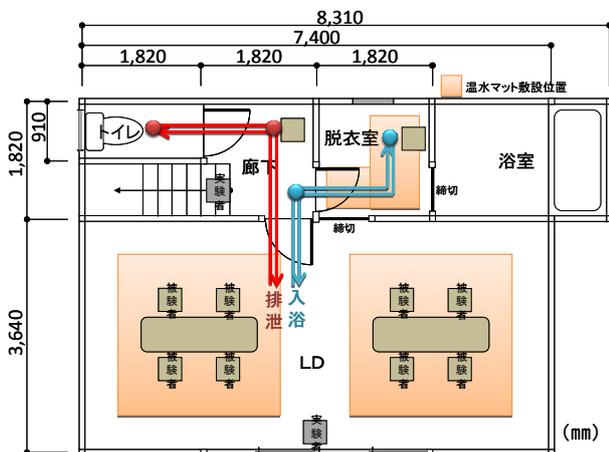


図7 実験室平面図

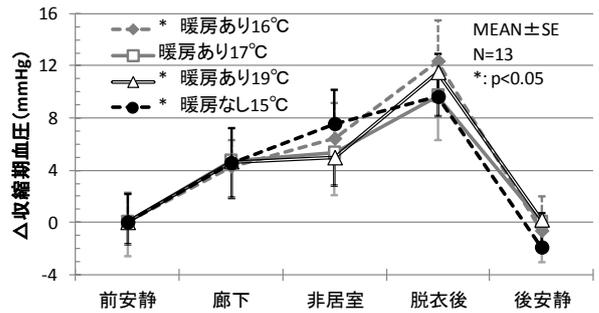
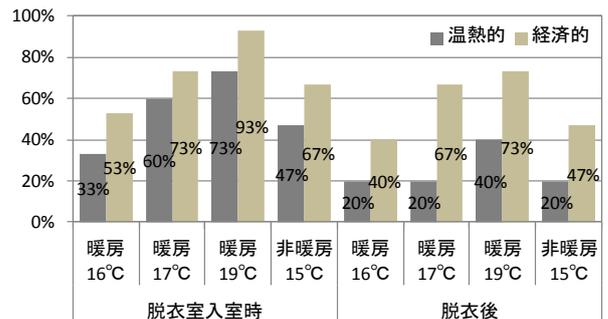


図8 入浴前行動による収縮期血圧の変化量



- ・温熱的許容率：温熱快適性を考慮したときの許容率
- ・経済的許容率：光熱費を考慮したときの許容率

図9 脱衣室の室温許容率

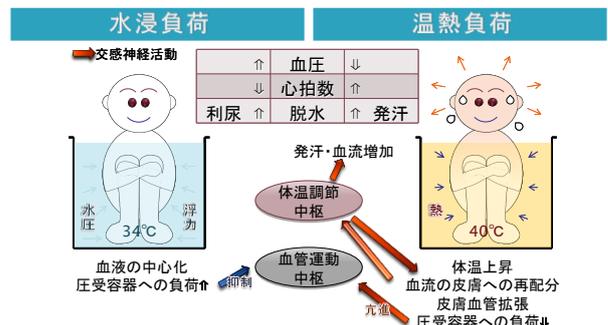


図10 入浴中の生理学的負荷

3.2 浴槽入浴時の生理学的負荷

浴槽入浴時の入浴者には、浴槽に入っているときに、湯からの「浮力」「水圧」「熱」、浴室空気からの「熱」が作用し、これらが同時に受動的に負荷されることで生理的变化が起こる。生理学的には、浮力と水圧による負荷は水浸（すいしん）負荷、熱による負荷は温熱負荷と呼んでいる¹¹⁾。図10に入浴の生理学的負荷のイメージを示す。水浸負荷では、湯に浸かっている部位に浮力と水圧がかかる。入浴初期には、水圧と血液循環により末梢部の血液が体の中心に移動し、心臓などの体幹部の臓器に集中する「血液の中心化」と呼ばれる現象が起きる。この現象は、深部体温の指標として鼓膜温を計測すると確認することができる（例えば図15(a)）。また、身体に水圧がかかると、血

圧は上昇方向に動き、心拍数は減少する。そして、体内水分量を維持するため、腎臓での水吸収が減少し利尿が起こる。入浴すると、尿意を感じることがあるのはこのためである。一方、温熱負荷では、お湯からの伝熱で、皮膚温が上昇し、末梢部で温められた血液により、深部体温が上昇をはじめ。深部体温を維持するため皮膚血流と発汗が増加し、皮膚からの熱放散を促す。また、血液が末梢部へ運ばれると、皮膚血管や皮下静脈が拡張し、血圧は低下方向に動く。これに伴って、血圧を維持するために心拍数を増やす。水浸負荷と温熱負荷の作用は、血圧や心拍数に関しては相反する現象をもたらすが、水浸負荷がかかると「利尿」が、温熱負荷がかかると「発汗」が促進され、「脱水」という点において共通した作用を入浴者に与えている。

3.3 実際の生理的变化

ここからは、実験結果を見ながら、生理学的負荷による生理的变化をみていく。

図 11 のように 20 代男性を対象に、浴室温度 14℃と 25℃、みぞおちまでの半身浴と肩先まで浸かる全身浴を湯温 42℃で 20 分間行う実験を行った。

3.3.1 入浴前と入浴初期

入浴前は裸になることから、室内温熱環境の影響を全身で受けることとなる。入浴を行う前は、通常、洗面脱衣室に移動し、脱衣を行う。一般に、浴室、洗面脱衣室といった非居室は空調設備が居室ほど整備されていない。近年、浴室暖房機は普及してきたが(2011年首都圏 27.7%¹²⁾)、脱衣室については十分ではない。この現状があることを念頭に置き、図 12(a)の収縮期血圧の浴室入室時をみていく。

浴室入室時は、姿勢が座位から立位に変化することと、寒冷曝露や移動による動作が加わることで血圧は上昇するが、この実験では室温による血

圧変動の差異は確認できなかった。しかし、お湯に浸かって直後(入浴 1 分時)には、浴室温度 14℃半身浴(14HB42)において、他の条件より血圧が高いまま維持された。身体が寒冷環境に曝されていると、皮膚温が下がり末梢部が冷えてくる。このとき、深部体温を維持するため、末梢部で血管収縮が起こり、血管内圧が高まり血圧が上昇する。全身が浴室の寒冷環境に曝された直後に、熱い湯に浸かったことで、寒さによる驚愕反射と熱さによる驚愕反射が起こり、血圧が高く維持されたと考えられる。寒冷曝露による影響は、Kanda ら¹³⁾も、浴室や脱衣室の温度が低いほど血圧を上昇させやすいことを実験的に示している。

3.3.2 入浴中

入浴を開始し徐々に身体が温まってくると、末梢部の血管拡張が起こり、血圧は急速に低下してくる。入浴中、身体には水圧がかかっているため、あるところで血圧は下がらなくなり、維持されるようになる(図 12(a))。その低下は半身浴より水圧が強くかかっている全身浴(25WB42)ほど、小さい傾向にあるが、全身浴では入浴中盤以降から血圧が徐々に上昇していく。これは長く湯に浸かり、かつ浴室温度も湯温も高いことで、過度に温熱負荷がかかり、心拍数(図 12(c))、皮膚血流量(図 12(d))、発汗量(図 12(e))を増やすものの、熱放散が追いつかず、深部体温が上がりすぎてしまったためと考えられる。これは入浴中に水浸負荷と温熱負荷がバランスしているときは、血圧は維持されるが、どちらかの負荷(今回は温熱負荷)が大きいとそれは崩れてしまうことを意味している。もちろん、これは入浴時間が長かったことも要因で、短時間にしておけば血圧が上昇するまでには至らなかったと考えられる。

3.3.3 入浴中の高齢者と若年者の違い

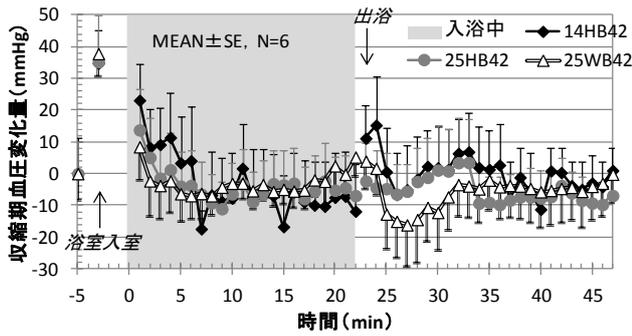
一連の入浴中の生理的变化は、高齢者と若年者とは異なる様相を呈する。図 13 は、70 歳と 19 歳の男性が浴室温度 25℃、湯温 42℃の全身浴を 20 分間行ったときの収縮期血圧と心拍数の変化を示している。高齢者は心血管反応が遅いため、入浴直後は移動と水圧の影響により一過性の血圧上昇が観察されるが、その後、温熱負荷の影響で末梢血管が拡張し、血圧は低下しはじめる。このとき若年者は心拍数を増加させることで血圧を維



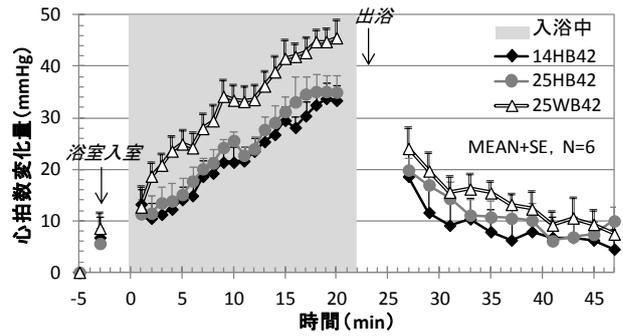
(a) 全身浴

(b) 半身浴

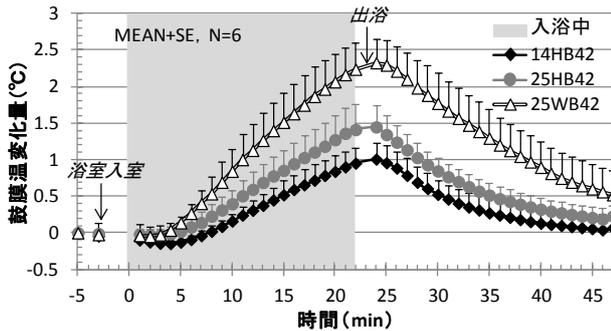
図 11 入浴実験の様子



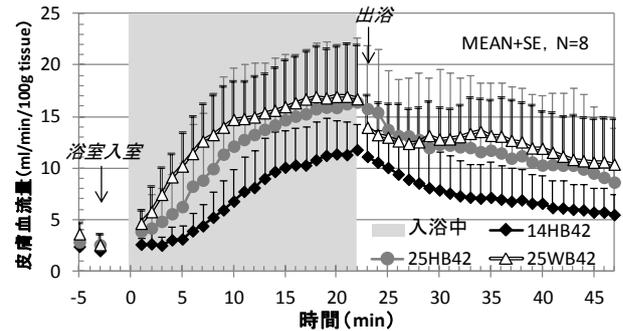
(a) 収縮期血圧の変化量



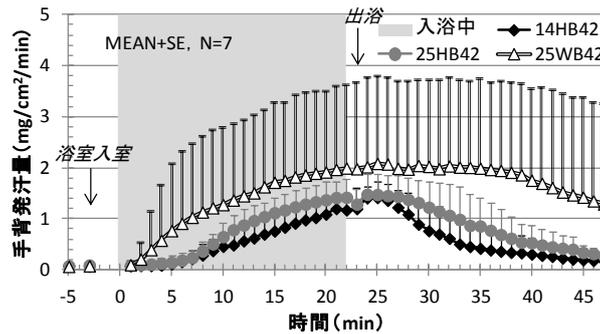
(b) 心拍数の変化量



(c) 鼓膜温の変化量



(d) 前腕皮膚血流量の変化



(e) 手背発汗量の変化

図 12 湯温 42°C入浴時の生理的变化

持するが、高齢者は入浴後半になってようやく心拍数が増加に転じた。結果的に、高齢者では入浴終了までに、30mmHgもの血圧低下が観察された。この血圧低下が著しいと、入浴中に脳内血流が減少し意識喪失が起こり、溺死に至る可能性がある。これは、高体温による脱水症状からくる意識喪失¹⁴⁾とともに、入浴時の事故死の主な原因と考えられている。高齢者は、加齢とともに血管の硬化や心肺機能の低下が進み、若年者と同じ入浴環境であっても生理的影響は大きくなるため、特に注意をしなければならない。

3.3.4 入浴後

入浴による生理的影響は、入浴中に限ったことではない。入浴後もまたダイナミックな生理的变化が起こる。入浴中に過剰に温熱負荷がかかって

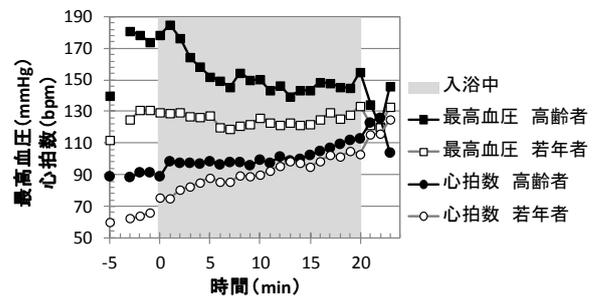


図 13 高齢者と若年者の浴室温度 25°C湯温 42°C、20分間全身浴時の血圧と心拍数の変化

しまうと(温まりすぎていると)、浴槽から出るときの姿勢の変化で、重力の影響をまともに受けることとなる(図 14)。すなわち、末梢血管が拡張した上に、更なる血圧低下が加わり、起立性低血圧を引き起こす可能性が高くなる。実際、図 12(a)の出浴時(23分時と24分時)に、浴室温度 14°C

半身浴と浴室温度 25°C 全身浴で、大きな血圧低下がみられている。浴室温度 14°C では入浴時に寒さによる驚愕反射により一旦血圧が上昇し、その後、水圧からの解放で急激な血圧降下が起こっている。加えて、全身浴は入浴中に受けている水圧の影響が半身浴より大きいため、水圧解放の影響がより強く現れた。急激な血圧低下は脳内血流の減少による意識喪失につながり、危険な状態といえる。ここにも、入浴中の事故を引き起こす要因となりうる生理的变化が存在する。

4. 入浴時の生理的变化に影響する他の要素

4.1 湯の対流

浴槽入浴のとき、入浴者は水浸負荷と温熱負荷を受けるが、厳密には湯の対流による生理学的負荷もある。銭湯などにある泡風呂やジェットバスなどを想像するとわかる。すぐに身体が温まると感じたことはないだろうか。湯に対流が生じて

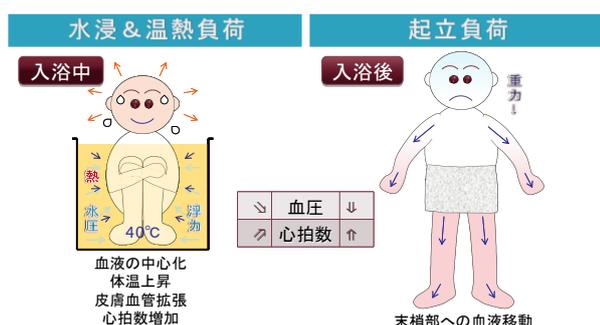
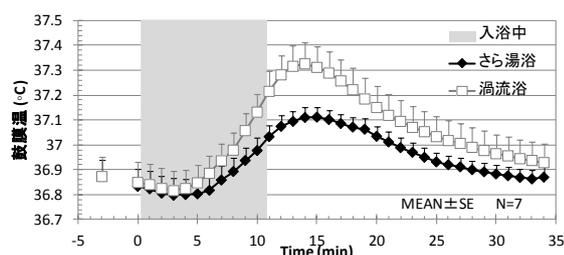
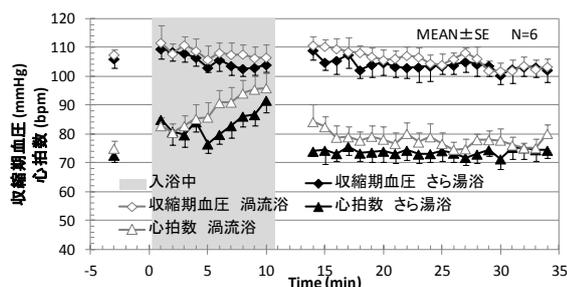


図 14 入浴中と入浴後の生理学的負荷



(a) 鼓膜温



(b) 収縮期血圧と心拍数

図 15 湯温 40°C 全身浴時のさら湯浴と渦流浴の生理指標の変化

いる場合、水浸負荷では流水圧、温熱負荷では湯の対流熱伝達により体温加温が加速する。

美和ら¹⁵⁾は湯温 40°C 渦流浴 (循環金具からの循環流量 2.0L/min) とさら湯浴を比較し、入浴 10 分間での鼓膜温上昇量に 0.2°C の有意差が生じ、湯に対流のある渦流浴の方が温熱負荷は大きくなることを示した (図 15(a))。また、収縮期血圧には対流の影響は認められなかったが、渦流浴はさら湯浴より心拍数を早期に増加させることも確認された (図 15(b))。僅かな対流でも鼓膜温と心拍数に差異が認められるため、湯の対流が生じているような温浴形態では、水流による温熱負荷も考慮する必要がある。

4.2 マイクロバブル入浴の温熱負荷

泡風呂や湯が白濁するようなマイクロバブル入浴 (微細気泡浴ともいう) では、マイクロバブルを湯に送り出すときに発生する循環水流に加え気泡が無数に含まれた湯に浸かることとなり、入浴中にマイクロバブルの影響も受ける。清水ら¹⁶⁾は、湯温 40°C 15 分間のマイクロバブル入浴とさら湯浴とを比較している。マイクロバブル入浴では、最もマイクロバブルの当たる下腿部において、入浴初期は体内への入熱量が少なくなり (図 16(a))、皮膚温は低く推移するが (図 16(b))、同時に循環水流の影響も受けているため、対流熱伝達により最終的に鼓膜温は入浴後にさら湯浴より高くなる (図 16(c))。

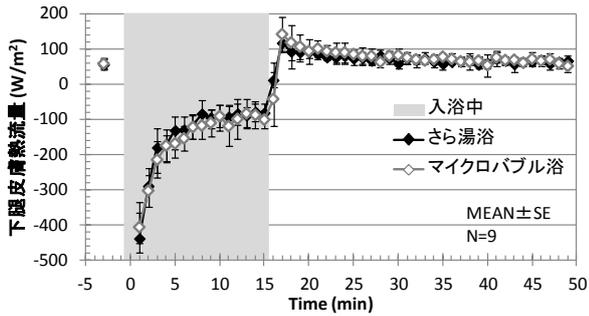
しかし、マイクロバブル浴はさら湯浴より必ずしも温熱負荷が高いとはいえないこともある。マイクロバブルの濃度が異なる入浴を比較したところ^{17,18)}、高濃度のマイクロバブル入浴は低濃度のマイクロバブル入浴に比べ、皮膚に付着するマイクロバブル量が多く、それらが断熱材の役割を果たし、湯からの入熱量を抑制していた。そのため、鼓膜温は緩やかに上昇する (図 17)。

5 安全な入浴方法

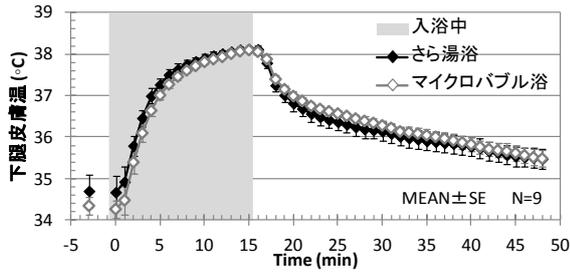
5.1 むる湯半身浴で手短かに動作はゆっくりと

入浴前と入浴初期、入浴中、そして入浴後それぞれのタイミングで、入浴中の急病事故につながる可能性の高い生理的变化を示した。では、安全な入浴をするためにはどのようなことに気をつければよいのか。

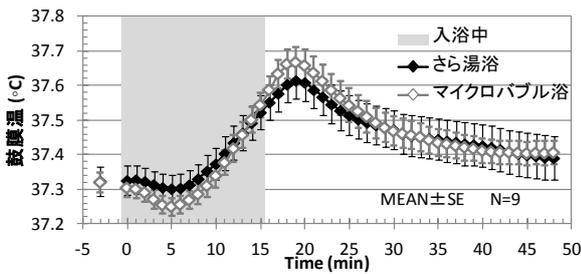
図 18 に、浴室温度 14°C と 25°C、ぬるま湯とい



(a) 下腿部皮膚熱流量



(b) 下腿部皮膚温



(c) 鼓膜温

図 16 湯温 40°C半身浴時のさら湯浴とマイクロバブル浴の温熱指標の変化

われる湯温 39°Cの全身浴と半身浴を行ったときの収縮期血圧、心拍数、鼓膜温及び主観的温冷感を示す。

入浴には必ず脱衣が伴うことから、暖房機器の設置が推奨されている。国土交通省の高齢者の住まう住宅の設計指針¹⁹⁾では、「居室、便所、脱衣室、浴室等における温度差をできる限りなくすとともに、ヒートショックを未然に防ぐため、断熱及び換気に配慮したものであるとともに、暖冷房設備等を用いることができる構造のものであること」との記載がある。浴室を推奨室温 25°C以上にしておくと、入浴時のお湯の温度が 40°C以下のぬるめであっても、全身浴 (25WB39)、半身浴 (25HB39) とともに、深部体温を適度に上昇させ(図 18(c)), 身体が温まったと感ることができる(図 18(d))²⁰⁾。一方、浴室温度 14°C半身浴 (14HB39) では、室温も湯温も低いため、血圧は入浴中も高

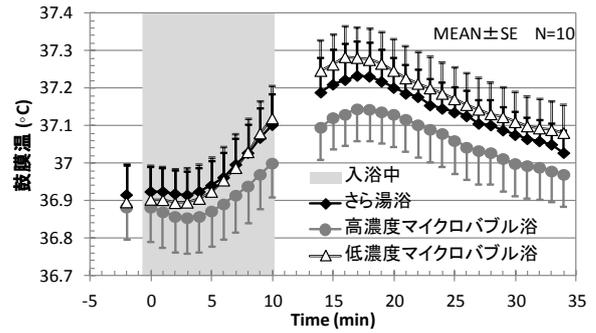
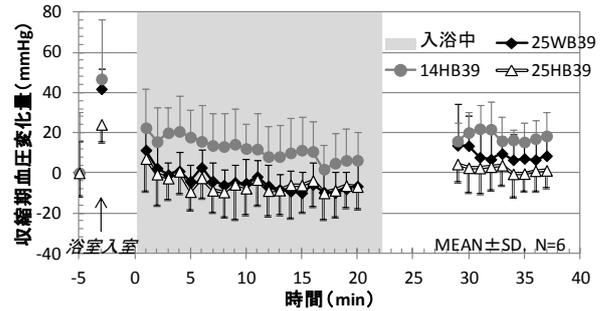
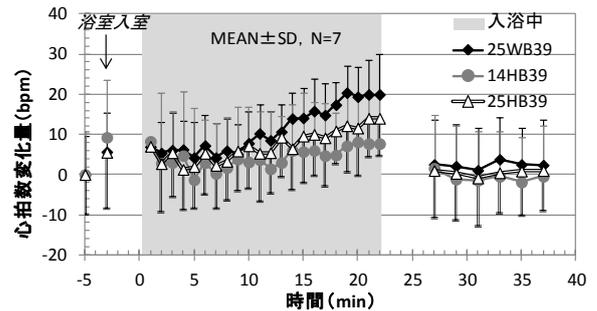


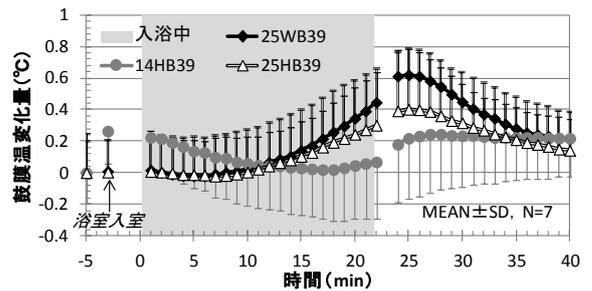
図 17 さら湯浴と高濃度マイクロバブル浴、低濃度マイクロバブル浴の違いによる鼓膜温変化



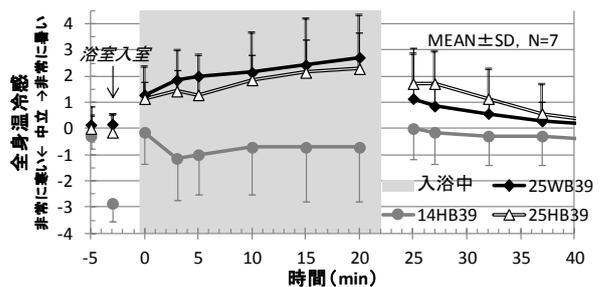
(a) 収縮期血圧



(b) 心拍数



(c) 鼓膜温



(d) 主観的全身温冷感

図 18 湯温 39°C入浴時の生理的、心理的变化

値を維持するだけでなく（図 18(a)）、入浴により心拍数はほとんど変化せず（図 18(b)）、深部体温が全く上がらない状態になってしまう。これでは入浴の意味はない。「室温は高く、湯温は低く」が基本である。また、現在の浅い浴槽であれば、室温や湯温ほど重きを置く必要はないと思われるが、水位についても低めにしたい。半身浴はお湯に浸かる時の姿勢でも調整でき、近年は腰かけの付いた半身浴用の浴槽もあり、それを利用するとよい。室温が高ければ、半身浴であっても寒くは感じない。室温、湯温、水位のバランスが大切である。

お湯から出るときは、入浴中の生理的变化の上にさらに劇的な変化が起こる可能性がある。そのため、出浴のタイミングに十分注意し、出浴動作をゆっくりと行うなどして、水圧解放による起立性低血圧を起こさない配慮も必要である。では、出浴のタイミングはどう計ればいいのか。

5.2 安全な出浴タイミング

お湯から出るタイミングの目安は、入浴者自身の生理的变化を指標とするのがベストであるが、血圧計や体温計を装着しながらの入浴はあまり現実的ではない。そのため、入浴者が入浴によって感じる主観的感覚を頼りにすることとなる。しかし、いわゆる温かさに由来する「気持ちよさ」「心地よさ」といった温冷感や熱的快適感を頼りにするのは避けたい。なぜなら、入浴中に快適と感じているときでも、生理的に安全であるとは言い切れない変化が起きているからである。例えば、露天風呂のような寒い環境下で温かいお湯に浸かったとき、「あ～、気持ちいい～」と感じたことはないだろうか。これは、周りの温度と湯温との温度差が大きいことで想起される気持ちよさで、このときには、ちょうど図 12 の浴室温度 14℃の湯温 42℃半身浴や全身浴で起こったのと同じ生理的变化が起きていると推測される。

目安とすべき主観的感覚は、気持ちよさや温まり感といった温熱快適感ではなく、発汗感を参考にするとよい^{21,22)}。発汗感は収縮期血圧変化量、心拍数増加量、鼓膜温上昇量それぞれに統計的に有意な相関関係がある。日常生活における血圧や体温の変動量を考慮すると、入浴による生理的变化量は表 2 の範囲が妥当と考えられる。この変化量と発汗感の関係から、出浴のタイミングは汗ばんだ頃であることがわかった。水流のある風呂に

入るときも、主観的発汗感を頼りに出浴するタイミングを図ることで、過度の生理学的負荷を受けずに安心して入浴ができると考えられる。

表 2 生理的に安全な入浴による生理変化範囲

指標	範囲
主観的発汗感	汗ばむ程度
収縮期血圧変化量	-10 ~ 10mmHg
心拍数増加量	<20bpm
鼓膜温上昇量	<0.5℃

6. 排泄による生理学的負荷

6.1 排尿時

排尿のメカニズムについて述べる。膀胱に尿が貯留しはじめると、膀胱内圧が上昇し、大脳皮質の排尿中枢から尿道括約筋に指令が出て排尿が起こる²³⁾。この間、排尿前に尿貯留により血圧上昇と心拍数増加が起こり、排尿後血圧は速やかに安静値に戻るが、心拍数はしばらく安静値より高値を維持する（図 19）。男性は通常立位での排尿が多いため、脳血流や循環還流の減少で、排尿失神を起こす可能性が示されている。

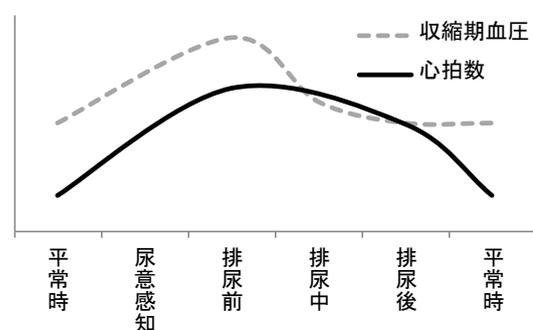


図 19 排尿時の血圧と心拍数の変化

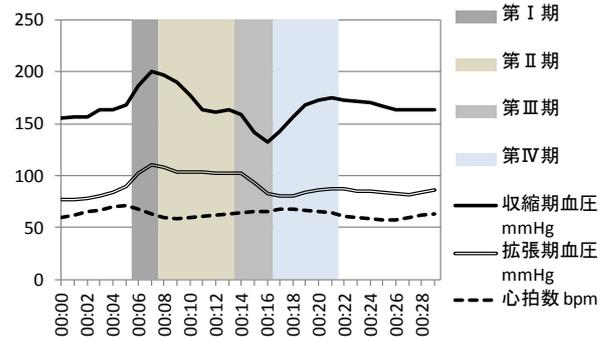
ところで、尿意を感じても日常生活では、我慢してしまうことがある。膀胱内の尿量が 300ml を超えると尿意を感じるようになるが²⁴⁾、この時点ではまだ排尿は我慢できる。しかし、尿量が限界（成人で 400～500ml）に達すると、膀胱内圧が急激に上昇する。松本ら²⁵⁾は、通常排尿時と尿意抑制後排尿時の血圧と心拍数の変化を比べ、排尿前、排尿後の収縮期血圧はともに尿意抑制後排尿時の方が有意に高値となることを示した。

先にも述べたが、排尿失神は膀胱充満時に起こりやすい。さらに、松本らはこれらの生理学的影響は、冬季の方が夏季よりも大きくなると述べて

いる。寒さで何かと行動範囲が狭くなり、活動量も少なくなる冬季は、排尿を我慢しやすい傾向があるため、事故が起きやすくなると推測される。

6.2 排便時

ヒトは排便時に能動的に腹筋、横隔膜を収縮させることで腹圧を高め、呼吸筋を同時に収縮させるいきみを行う。便秘などの排便異常があると、このいきみが長びくため、静脈還流量が減少し、心拍出量の減少、血圧低下、脳血流量の減少が起こり、その後、反射的に心拍数の増加や収縮期血圧の上昇が起こる。これをバルサルバ効果といい、いきみ始めは収縮期血圧が僅かに低下し、その後大きな上昇に転じる（図 20）。通常、いきみは繰り返されるため、血圧や心拍数の乱高下が複数回起こる。これらの変動は、虚血性心疾患や脳血管疾患の危険性を高めるため、注意が必要となる。トイレもまた浴室同様に、外気温の下がる夜間に事故が多い傾向があることから、寒冷環境下でいきむとさらに危険性が高くなると考えられる。



- ・第Ⅰ期：開始直後の一過性の血圧上昇，心拍数減少
- ・第Ⅱ期：血圧低下，心拍数増加
- ・第Ⅲ期：瞬間的な一過性の血圧低下
- ・第Ⅳ期：反応性の血圧上昇

図 20 バルサルバ試験による血圧・心拍数の変動

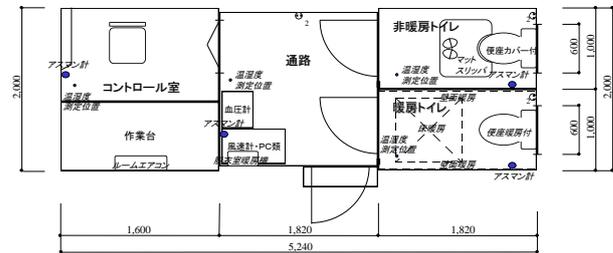


図 21 実験室平面図

6.3 排便時のトイレ環境が与える生理的影響²⁶⁾

高齢者と若年者が暖房環境と非暖房環境における排便を行ったときの生理的変化を把握するため、図 21 の実験室にて被験者実験を行った。表 3 に実験概要を示す。いきみの定量化のため、一定圧で息を一定時間維持させるバルサルバ試験²⁷⁾を行った。便座に着座した状態で水銀血圧計の管に装着したマウスピース部から 40mmHg の圧で息を 10 秒間維持させることを 3 回行わせ、その後、被験者なりのいきみを 1 回行わせた。

図 22 に高齢者の廊下 24℃トイレ 22℃の血圧・心拍数の変化例を示す。いきみのほか、移動や姿勢の変化、脱着衣などの行動により変動している。バルサルバ試験も被験者なりのいきみも、バルサルバ効果で急激に上昇した血圧がその後大きく低下した。

若年者と高齢者の血圧と心拍数をみると（図 23）、前安静時とトイレ安静時は移動および室内温熱環境による影響、いきみ時はバルサルバ効果と室内温熱環境による影響で変動した。若年者に関しては、廊下 14℃トイレ 9℃の条件において徐々に血圧の上昇傾向が観察され、温熱環境の影響がよく現れている。また、若年者、高齢者ともに、いきみによる変動は非常に大きかった。血圧変動

表 3 実験概要

実施日	2002 年 12 月～2003 年 1 月
被験者	20 代男性 7 名 (23±1 歳) 60～70 代男性 6 名 (68±2 歳)
着衣量	約 1.0clo (スウェット, 長袖綿 T シャツ, 靴下, スリッパ)
環境条件	外気温 6℃一定, 前室 24℃一定 ①廊下 14℃⇒トイレ 9℃ (便座カバーのみ) ②廊下 14℃⇒トイレ 22℃ (床暖房) (便座表面温度 37℃) ③廊下 24℃⇒トイレ 22℃ (床暖房) (便座表面温度 37℃)
脱衣条件	下着とスウェットを下す

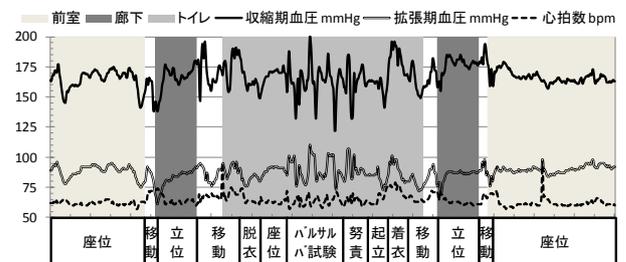
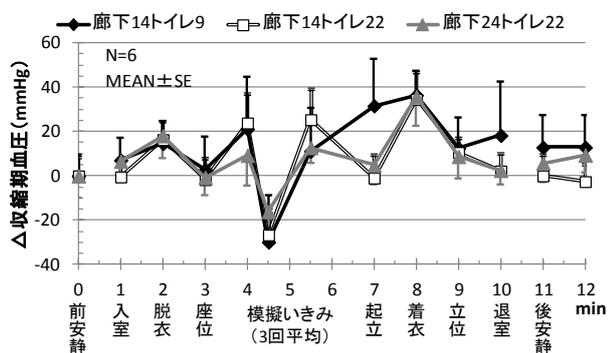


図 21 実験中の血圧・心拍数の変化(例)

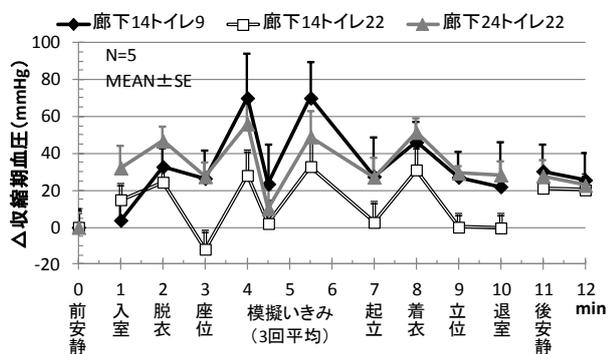
が最も大きかったのは、廊下もトイレも低温環境であった条件で、つぎは、トイレは暖房されているが廊下は暖房されていない条件、最も変動が小さかったのは廊下、トイレともに暖房されていた

条件であった。この結果は、排泄行為に伴って通過する場所の温度も考慮し、室間温度差を小さくしておけば、血圧の乱高下を低減できることを示唆している。

なお、今回の実験では、若年者の方が高齢者より血圧の上昇幅が大きく、低下幅は小さかった。若年者は高齢者に比べ血管の柔軟性があり、心血管反応も早いことから、心拍数を増減させて血圧変動に対応することができる。しかし、変動幅が大きいという点では、排便時のいきみによる生理学的負荷は年齢を問わず大きいといえる。



(a) 高齢者



(b) 若年者

図 23 若年者と高齢者の血圧・心拍数の変化

6.4 トイレ室温の許容度

トイレでの傷病事故は、浴室での傷病事故に比べると季節依存性はあまり強くないが、入浴時と同様に脱衣を伴う空間であり、寒冷曝露による血圧上昇が懸念される。そこで、トイレ暖房時の室温に対する評価実験を実施した。実験条件を表 4 に示す。なお、被験者と実験室は表 1 と図 1 と同じである。便座暖房は、トイレの水洗化を終えた一般家庭にはほぼ普及したとされているため²⁸⁾、この実験は暖房なし条件でも便座暖房は使用した。暖房なし条件のみ有意な血圧変動が観察された(図 24)。暖房あり 17°C 条件は、最も血圧変動が

小さく、温熱的室温許容率も 73% と最も高かった(図 25)。鎌田らが、室温 17°C 以上で 50% が許容する(脱衣あり)としたこととほぼ一致した。よって、排泄時のトイレの温熱環境が与える生理学的負荷を低減するには、室温 17°C 以上が望ましいと考えられる。しかし、今回の結果は若年者によるものであり、安全性に配慮するならば熱環境基準値の室温 22~24°C⁸⁾ に準ずるのが妥当と考えられる。

ちなみに、トイレの経済的許容率は、脱衣室の実験に比べ軒並み高く、トイレの方が脱衣室より室温が低くても許容されやすいことがわかった。恐らく、脱衣室より狭小空間で便座暖房もあることから、許容率が高くなったものと推察される。

表 4 実験条件

環境条件	<ul style="list-style-type: none"> ・外気温 7°C 一定 ・便座表面温度 28°C 一定 ①暖房あり 16°C (床暖房) ②暖房あり 17°C (床暖房) ③暖房あり 19°C (床暖房) ④暖房なし 15°C
脱衣条件	ズボンを足首まで下げる ※ただし、パンツとスリッパは着用のまま

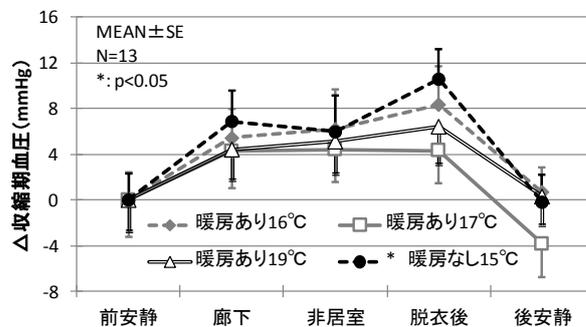


図 24 排泄時行動による収縮期血圧の変化量

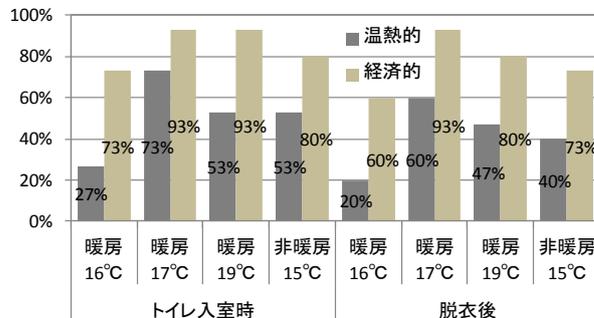


図 25 トイレ室温の許容率

7. 安全な排泄方法

7.1 排尿時

排尿時は、尿意を我慢し続けると血圧上昇と心拍数増加を招く。また、男性の場合、立位での排

尿は排尿失神を招きやすく、女性も座位から立位に姿勢を変えたときに、起立性低血圧を起こしやすい。さらに、冬季の場合、脱衣した下肢が室内環境に曝されるため、皮膚温低下を招き、寒冷曝露に伴う血圧上昇が懸念される。したがって、トイレへ行く回数を意識的に増やし、動作をゆっくり行うとともに、冬季は便座暖房だけでなく、空間全体の温度を最低限 17℃とする配慮は必要であろう。

7.2 排便時

排便時はいきむことによって引き起こされるバルサルバ効果を可能な限り抑えることが必要である。特に、冬季のいきみは、バルサルバ効果を助長させるため、排便時にできるだけ寒冷曝露を受けないようにしたい。ただし、便座暖房は着座時の接触感を和らげる効果は大きいものの、トイレ空間全体を暖める効果は期待できない。よって、便座暖房以外の対策も併せて必要となる。しかし、トイレは狭小空間であり暖房器具の持ち込みは難しく、また、使用時間帯に浴室や脱衣室のように決まった法則はない。そのため、暖房導入が遅れていると思われる。

国土交通省の指針にもあるように、暖房機器の導入がベストではあるが、暖房機器の持ち込みが難しい場合もあるため、膝かけなどで露出部位を覆い、簡易な寒さ対策を行うとよいだろう。また、トイレに行く前に家族に声をかけておくと、何かあったときに早期発見につながる。もちろん、便秘などの排便異常がある場合は、水分を多く取る、朝食を抜かない、便意を我慢しないなどといったことにも心がけ、何度も長時間いきまなくても済むようにしたい。

8. まとめ

住宅内の非居室である浴室・脱衣室及びトイレに関する傷病事故の実態について、名古屋市の救急出動データをベースに解説した。また、入浴時と排泄時の生理学的負荷について、実験データをもとに解説し、非居室の温熱環境による生理的影響を示した。さらに、非居室利用時の生理学的負荷を低減するための対策を示した。

謝辞

本論文で採り上げた一連の入浴研究は、名古屋

大学環境医学研究所と名古屋大学医学部保健学科との共同研究にて実施し、当時、現愛知医科大学生理学講座岩瀬敏特任教授、現津島市民病院神経内科新美由紀先生、現愛知医療学院短期大学リハビリテーション学科美和千尋教授の指導を受けた。また、トイレに関する研究は、名古屋大学大学院環境学研究科都市環境学専攻齋藤輝幸准教授と水上賢治氏(当時大学院生)に拠るところが大きい。記して謝意を表します。

参考文献

- 1) 内閣府消費動向調査ホームページ：内閣府，http://www.esri.cao.go.jp/jp/stat/shouhi/menu_shouhi.html
- 2) 東京救急協会：平成 12 年度入浴事故防止対策調査研究報告書，2000.
- 3) 高橋龍太郎：東日本における入浴中心臓機能停止者（CPA 状態）の発生状況—東日本 23 都道府県の救急搬送事例 4264 件の分析報告書—，東京都健康長寿医療センター，2013.
- 4) 河原ゆう子他：名古屋市における住宅内傷病事故と温度環境に関する研究～浴室・便所における検討～，空気調和・衛生工学会中部支部学術研究発表会論文集，3，pp.23-26，2002.
- 5) 水上賢治他：住宅のトイレ環境における安全性と熱的快適性—その 1. 名古屋市消防局救急出動データによる住宅内トイレ事故の実態把握，東海支部研究報告集，pp469，2003.
- 6) 齋藤輝幸他：住宅の室内温熱環境における安全性と快適性に関する研究（その 1）名古屋市における浴室・トイレ事故及び湯温に関する検討，平成 16 年度空気調和・衛生工学会学術講演論文集，pp.1367-1370，2004.
- 7) 小池伸享：トイレでの急変 トイレで急変する身体メカニズム 排便編 いきみと血圧，脳圧の関係，月刊ナーシング，30(11)，pp.8-11，2010.
- 8) 川島美勝編著：高齢者の住宅熱環境，理工学社，p.239，1994.
- 9) Tochiwara Y et al.: Effects of room temperature on physiological and subjective responses to bathing in the elderly, J Human-Environmental System, 15(1), pp.13-19, 2012.
- 10) 鎌田元康他：特集◎住宅の快適性に関する基礎

- 的研究の概要－Ⅱ 1. 住宅の設計計画における快適性について(4)浴室・便所の暖冷房と換気, IBEC, 11(6), pp.19-24, 1991.
- 11)新美由紀: 知っていますか? 食事性低血圧 6. f. 入浴時低血圧, 南山堂, pp.54-60, 2004.
- 12)興梠真紀他: 現代人の入浴事情 2012, 東京ガス都市生活研究所, p.36, 2012.
- 13)Kanda K et al.: Effects of the Thermal Conditions of the Dressing Room and Bathroom on Physiological Responses during Bathing, Appl Human Sci, 15(1), pp.19-24, 1996.
- 14)伊香賀俊治他: 熱中症の視点から見た高齢者の入浴事故予防策の検討, 空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集, pp.2103-2106, 2012.
- 15)美和千尋他: ジェットバスと渦流浴における体温調節機能の変化, 自律神経, 40, pp.399-405, 2003.
- 16)清水祐樹他: 微細気泡浴が循環動態及び体温調節機能に与える影響, 自律神経, 44(6), pp.418-424, 2007.
- 17)河原ゆう子他: 入浴中の湯のマイクロバブル性状が温熱効果と入浴後のイメージに及ぼす影響, 人間と生活環境, 19(2), pp.137-144, 2012.
- 18)河原ゆう子他: 入浴中のヒトの体温調節能, 熱的快適性および皮膚洗浄にマイクロバブル性状が与える影響, 自律神経, 49, pp.236-242, 2012.
- 19)国土交通省告示: 高齢者が居住する住宅の設計に係る指針第 2-2(10)温熱環境, 国土交通省告示 1301 号, 2001.8, 改正: 第 906 号, 2009.
- 20)河原ゆう子他: 冬期入浴中の水位と湯温が生理・心理反応に及ぼす影響, 人間と生活環境, 9(2), pp.79-86, 2002.
- 21)美和千尋他: 40℃入浴 20 分間によるヒトの生理的变化と心理的变化の関係, 総合リハ、25(8), pp.737-742, 1997.
- 22)河原ゆう子他: 冬期入浴中の主観申告と生理学的指標との関係, 人間と生活環境, 11(1), pp.9-16, 2004.
- 23)上川智彦: トイレでの急変 トイレで急変する身体メカニズム 排尿編 排尿後に意識障害をおこしやすいのはなぜ?, 月刊ナーシング, 30(11), pp.12-15, 2010.
- 24)小坂橋喜久代編著: カラーアトラス からだの構造と機能, 学習研究社, 2007.
- 25)松本睦子他: 通常排尿時と尿意抑制後排尿時の血圧および心拍数の変化, 広島国際大学看護学ジャーナル, 8(1), pp.27-38, 2010.
- 26)Teruyuki SAITO et al.: Effect of Heating on Physiological Response while Using the Lavatories, The Third International Conference on Human-Environment System, ICHES'05 in Tokyo, Japan, pp.12-15, 2005.
- 27)三宮邦裕: バルサルバ試験, 自律神経機能検査, 第 3 版, 日本自律神経学会編, 文光堂, pp.106-109, 2000.
- 28)トイレナビ: 日本衛生設備機器工業会/温水洗浄便座工業会, <http://www.sanitary-net.com/>