

平成 30 年 6 月 21 日現在

機関番号：32525

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2015～2017

課題番号：15K08882

研究課題名(和文)入浴関連事故の実態把握および病態，予防に関する研究

研究課題名(英文)Research regarding the mechanisms of bath-related fatal accidents for prevention

研究代表者

黒木 尚長 (KUROKI, Hisanaga)

千葉科学大学・危機管理学部・教授

研究者番号：30225289

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,100,000円

研究成果の概要(和文)：入浴中の急死は高齢者で多いが、原因は特定されていないが、大阪市での疫学調査により病態を概ね明らかにできた。

浴槽内での死亡事故の発生場所は、自宅が89.4%を占め、公衆浴場が6.6%、ホテル1.3%、老人ホーム0.4%であった。老人ホームでは5年間で8件の浴槽内死亡事故があり、1件の死因は内因性急死で、7件は一人入浴での急死で熱中症を否定できない。

42℃以上の湯に全身浴で30分以上浸かると深部体温が3℃上昇して誰もが一度熱中症になり、意識を失う。深部体温が42℃以上になると心筋が崩壊し高カリウム血症となり心室細動を起こし急死する。今まで不可解とされた解剖所見もこのメカニズムで矛盾なく説明できた。

研究成果の概要(英文)：Sudden, bath-related deaths occur frequently in Japan, particularly among elderly people in the winter. We discovered the pathophysiological mechanisms involved epidemiologically. In Osaka City, 2,063 bathtub-related fatal accidents occurred from 2011 to 2015, 89.4% at home, 6.6% in the public baths, 1.3% at hotel, only 0.4% at nursing care institutions.

Among 8 fatal cases at institutions, 1 died due to diseases and 7 died due to heatstroke in one-person bathing possibly.

When the elderly have full immersion baths in 41℃ for 30 minutes, they may develop heat stroke and lose consciousness with just a 3℃ elevation of the core body temperature. Furthermore, when the core body temperature exceeds 40℃, patients may lose consciousness and drown. When the core temperature exceeds 42℃, patients will die suddenly from hyperkalemia with ventricular fibrillation. Now we can explain the findings of the forensic autopsies of bath-related deaths with this mechanism.

研究分野：法医学

キーワード：入浴環境 熱中症 高齢者 体温変化 入浴介護 急死 事故

1. 研究開始当初の背景

(1)入浴中の事故は日本特有の懸案の社会問題である。本研究は元来、法医学が中心となる研究であるが、老年医学、疫学・予防医学の分野および、救急医学と密接に関わる研究としなければ、病態が解明できない時期に来ている。

(2)入浴という習慣の中での急死であり、法医解剖により死因が決定されることも多く、多くは病死であると判断されていたが、死因についてはあまりにもばらつきが多かった。そのため、入浴中の急死については、法医学者により数十年前から剖検例を中心に多くの研究が行われ、検討されてきたが、明確な差がみられず、診断基準もまだできておらず、入浴関連死とせざるをえないというところまできており、急死の病態がわからないまま、誰もが普通に入浴し、多数の高齢者が急死している。

2. 研究の目的

(1)入浴関連事故の実態を把握するための疫学研究は、今までは死亡例での研究が主であり、法医学者が行っていた。その後、救急医による東京消防庁の救急搬送データによる解析により、高体温の事例が多く見られ、熱中症の可能性も示唆され、研究の広がりを見せたが、両者の意見の相違は大きく、研究の進展も見られず、病態解明の上で新たな研究を行う必要があった。

(2)入浴関連事故の事例について、大阪市をフィールドとすれば、救急搬送例と死亡例をリンクすることが可能なため、この新しい手法により入浴関連事故の実態を明らかにできる。また、老人ホームでは入浴関連事故が少ないことはよく知られており、大阪市内で発生した入浴関連事故の実態について、老人ホームに焦点をあてて調査すれば、入浴関連事故の実態がより明らかになる。

3. 研究の方法

(1)2011年～2015年に大阪市内で発生した入浴中の事故について、①救急搬送患者については大阪市消防局からデータを入手し、②死亡例については、大阪府警察本部、大阪府監察医事務所からデータを入手し、③介護保険施設等での事故については大阪市福祉局介護保険課からデータを入手した。なお、老人ホームを含む介護保険施設等での事故に関するデータは、発生場所に注目すれば、①、②にも含まれており、そこからでも実態を明らかにすることができる。これらにより、大阪市内で発生した入浴関連事故を概観することができ、統計分析することにより実態を掌握することができる。

4. 研究成果

(1) 疫学調査の結果

270万人を擁する大阪市内での入浴関連事故としての救急搬送例は5年間で330名でCPA

(心肺停止症例)が142名であった。発生場所は自宅などの住居111名、公衆浴場20名、その他11名といずれも死の転帰であった。残り188名は救命されたが、初診時傷病名は溺水140名(56.3±34.9歳)、熱中症48名(70.4±16.2歳)で、発生場所は自宅が115名、公衆浴場が60名、温水プールが6名、その他7名であった。

次に大阪府監察医事務所が取り扱った入浴関連死について検討した。2011～2015年の入浴関連死は2,259名(76.6±11.0歳:男性1,231名、女性1,028名)で、うち浴槽内死亡は2,063名(77.2±10.7歳:男性1,106名、女性957名)であった。浴槽内死亡の発生場所は自宅などの住居が1,844名(89.4%;77.6±10.6歳:男性932名、女性912名)、次いで公衆浴場136名(6.6%;73.4±10.3歳:男性116名、女性20名)、ホテル27名(1.3%)、老人ホーム9名、簡易宿泊所6名、病院4名などであった。監察医がつけた死因は病死が1,544名[74.8%]で、内訳は虚血性心疾患807名[39.1%]、高血圧性心疾患296名[14.3%]、脳血管疾患155名[7.5%]、その他循環器疾患117名[5.6%]、その他疾病169名[8.2%]であった。病死以外では、溺死353名[17.1%]、死因不詳62名[3.0%]、熱中症45名[2.2%]、アルコール中毒22名[1.1%]であった。前述のCPA搬送例はすべて大阪府監察医事務所が取り扱い、監察医の検案対象となった。これらのデータから発生場所別に検討すると、2011年から2015年の5年間で、大阪市の浴槽内事故に遭った人は2,251名で、1,959名が自宅などの住居で発生し助かったのは115名であった。生存率は5.9%であった。公衆浴場では196名で発生し助かったのは60名で生存率は30.6%であった。温水プール、ホテル、老人ホームなどのその他の場所では、96名が事故に遭い、助かったのは13名で生存率は13.5%であった。

次に発生した介護保険施設等での事故の発生状況について大阪市福祉局介護保険課からデータを入手し、大阪市内における介護保険サービス提供中における事故は2013年については、1,844件であることがわかった。介護保険サービス提供中における死亡事故及び負傷などは、もれなく、市町村に報告などを行う必要があるとされる。浴室での事故報告は63件報告されていたが、溺水の項目自体がなく、ほとんどが軽微な事故であった。入浴中の負傷も当然報告が義務づけられているが、2013年は0件であった。また、死亡事故についても報告が義務づけられているが、2013年は0件であった。ただ、入浴中の急死については、すべて管轄する警察署へ異状死体として届けられるが、事件性がなく病死の扱いとするため、報告すべき死亡事故の範疇とはされず、必ずしも入浴中の急死がゼロとまでは言い切れない。そこで、大阪市内における介護保険施設等での入浴関連事故について、先に述べた救急搬送例と死亡例から

抽出することにより入浴関連事故の件数を明らかにした。

大阪市には介護保険の適用のある介護保険施設等が355施設あり、入所定員は19,749人(2012年)であり、そこでは、入浴介助が必要な人には、原則20分未満の入浴時間であるが、週2回以上の「介助付き入浴」が行われる。今回の調査では、この355施設では救急搬送例も死亡例も1例もなかった。大阪市には、それとは別に老人ホームなどの介護保険の適用のない介護保険施設等が208施設あり入所定員は10,416人(2012年)であった。そこでの入浴は、職員によって一応管理はされているものの、各自の入浴は自由で週2~7回と様々で1人入浴も可能であった。2011年から2015年の5年間において、大阪市内の介護保険の適用のある介護保険施設が関与した浴槽内事故は3件だけでいずれも入浴介護中に起こっていた。死因は大動脈解離が2名、虚血性心疾患1名といずれも病死であった。

同様に、大阪市内の介護保険の適用のない介護保険施設が関与した浴槽内事故は5年間に9件だけであった。1名は入浴中に溺れ救急搬送され救命されている。1名は目撃のある突然死で死因はてんかんとされた。他の7名はいずれも一人入浴中の死亡で救急搬送例はなかった。

この7名の入浴状況を表1に示す。いずれも75歳以上の高齢者で、男性8名、女性1名でいずれも1月から4月に発生していた。

うち4名は入浴後75分~90分に心肺停止状態で発見された。うち3名は30~66分後

では全く問題がなかったことが確認されており、設定湯温および直腸温などから湯温が41℃以上であることが確実と考えられた。直腸温は、搬送された病院で死亡診断後に訪室した警察官が検視を行う際に測定する。発見から検視までは94~163分を経過しているが、その時の直腸温(深部体温)はいずれも38℃以上であり、発見時の直腸温は法医学的に推定すると41.7℃~43.8℃になること、設定湯温が41℃以上であったことを踏まえると、41℃以上の湯に30分以上全身浴で浸かった可能性が高いと考えられた。

残り3名については入浴後40~70分に心肺停止状態で発見されている。測定された直腸温は36.0~37.0℃とさほど高くなく、情報

年齢 性別	発見日	確認 の時間	発見 の時間	設定 湯温	発見から 検視まで	測定 直腸温	測定 湯温	死後経過 時間
81M	1月8日	40分	90分	-	110分	41.0℃	-	2.5時間
75M	3月4日	-	90分	41.0℃	136分	38.0℃	40.0℃	2時間
81M	3月18日	30分	75分	41.0℃	163分	38.0℃	-	3時間
87M	4月9日	66分	80分	44.0℃	94分	40.0℃	42.0℃	2時間
79M	2月19日	35分	45分	-	165分	37.0℃	-	3時間
87M	1月4日	5分	40分	41.0℃	225分	36.0℃	-	3.8時間
89F	1月27日	-	70分	-	160分	36.0℃	-	3.3時間

表1 介護保険施設等の一人入浴での死亡例

不足もあいまって、熱中症で死亡した可能性は否定はできないが、他の死因であっても問題ないと考えられた。

(2) 浴槽内事故のメカニズム

では、41℃以上の湯に30分以上全身浴で浸かるとどのようなことが起こり、どう危険なのかについて説明する。

入浴時間と体温上昇の関連については、一般的には42℃の風呂に全身浴で入ると、10分間で1℃上昇するといわれる。37℃の体温では、30分で40℃程度に上がる。入浴時の体温予測モデルによると、全身浴で36.5℃の人の体温が3℃上昇するには(39.5℃)、湯温41℃では30分、湯温42℃では24分、湯温44℃では20分を要するとされる。また、同研究により、体温と湯温と入浴時間との関連が回帰式

$$\theta_b = 0.0207 \times t \theta_w - 0.766 \times t + 37.3$$

(R2=0.99) [θ_b : 体温 θ_w : 湯温 t : 入浴時間(分)]

により、体温が湯温と入浴時間によって予測できる。それによると全身浴で37.0℃の人の体温が3℃上昇し40.0℃になるには、湯温41℃では33分、42℃では26分、43℃では21分、44℃では18分、45℃では16分を要する。また、全身浴で体温が5.5℃上昇し42.5℃になるには、湯温41℃では63分、42℃では50分、43℃では42分、44℃では36分、45℃では31分を要することがわかった。つまり、41℃以上の湯に30分以上全身浴で浸かると体温は概ね40℃まで上昇するのである(図1)¹⁾。

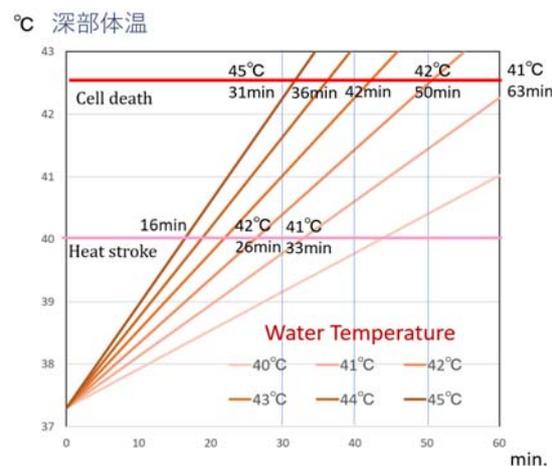


図1 水温ごとの全身浴での深部体温予測モデル

体温が40℃まで上昇すると、入浴中であってもⅢ度熱中症の症状が生じやすいとされる。熱中症はⅠ度~Ⅲ度の重症度に分かれる。Ⅰ度熱中症では、めまい、立ちくらみ、生あくび、大量の発汗、筋肉痛、筋肉の硬直(こむら返り)がみられ、Ⅱ度熱中症では、頭痛、嘔吐、倦怠感、虚脱感、集中力や判断力の低下などの症状がみられ、Ⅲ度熱中症では、意

識障害、小脳症状、痙攣発作などがみられる。Ⅲ度熱中症では、救急搬送が必要で入院加療となりやすい。Ⅲ度熱中症では、脱水による臓器血流の低下と虚血、高体温による多臓器不全がより重症化させ、死に至ることも少ない(図2)²⁾。

	症状	重症度	治療	臨床症状からの分類
I度 (応急処置と見守り)	めまい、立ちくらみ、生あくび、大量の発汗、筋肉痛、筋肉の硬直(こむら返り)、意識障害を認めない(JCS=0)		通常は現場で対応可能 →冷所での安静、体表冷却、経口的に水分とNaの補給	熱痙攣 熱失神
II度 (医療機関へ)	頭痛、嘔吐、倦怠感、虚脱感、集中力や判断力の低下(JCS ≤ 1)		医療機関での診察が必要 →体温管理、安静、十分な水分とNaの補給(経口摂取が困難なときには点滴にて)	熱疲労
III度 (入院加療)	下記の3つのうちいずれかを 含む (C)中枢神経症状(意識障害 JCS ≥ 2、小脳症状、痙攣発作) (H/K)肝・腎機能障害(入院経過観察、入院加療が必要な程度の肝または腎障害) (D)血液凝固異常(急性期DIC 診断基準(日本救急医学会)にてDICと診断)→III度のなかでも重症型		入院加療(場合により集中治療)が必要 →体温管理(体表冷却に加え体内冷却、血管内冷却などを追加) 呼吸、循環管理、DIC治療	熱射病

図2 熱中症の重症度分類と症状・治療

熱中症の症状は、I度、II度、III度の症状と順を追って症状が出ると思われがちだが、そうではない。労作中や運動中では症状に気づくのが遅れ、気づいたときには、頭痛、嘔吐、判断力の低下などの重い症状で救急搬送されやすい。突然の意識障害で発症することも少なくない。特に高齢者では神経系の老化の影響で、熱中症の症状の前触れがないまま、突然の意識障害に陥ることも多い。意識障害を伴う熱中症での深部体温は40℃を超えることが多い。救急搬送された入浴中の事故のほとんどが、前触れのない突然の意識障害と思われる。特に高齢者では神経系の老化の影響で、のぼせにくく症状が出にくい。また、風呂が熱いと感じないから長時間風呂に浸かっている。

だれでも熱いと思わない41℃のお湯で本当に急死することがあるのだろうか。古くから風呂は熱中症が関わっていると明言していた堀教授らによる動物実験がこの疑問を解決しました。気道を確保したラットを40℃～45℃の熱い風呂に全身浴させたときに心肺停止に陥るまでの時間を調べたところ、40℃では全例生存し41℃以上では全例死亡した。呼吸停止までの平均時間は41℃で105分、42℃で54分、43℃で34分、44℃で27分、45℃で22分と徐々に短くなり、死亡時の平均食道温(深部体温)は、湯温41℃で42.2℃、42℃で42.8℃、43℃で43.5℃、44℃で43.5℃、45℃で44.0℃であった。つまり、湯温41℃でも食道温は42.2℃になり死亡したと考えられる(図3)³⁾。

このことからラットが急死した原因は溺死、心臓発作、脳卒中のいずれでもなく熱中症の影響と考えられ、42℃以上の深部体温が死因に大きく関与していることがわかった。

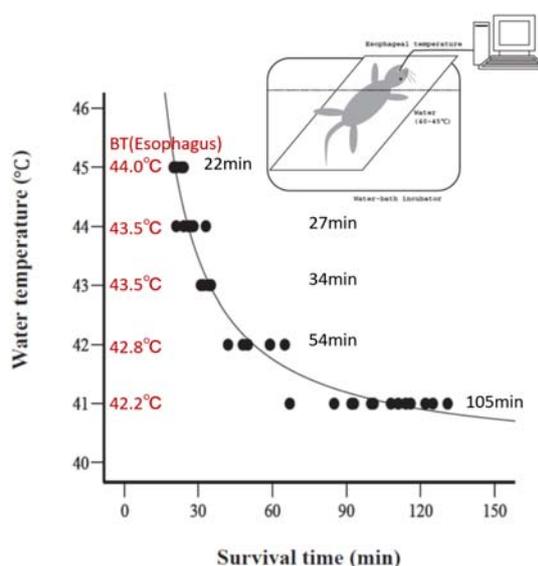


図3 麻酔された全身浴のラットにおける水温と生存時間との関係

III度熱中症の患者が救急搬送され病院で死亡した場合、高体温による多臓器不全が直接の死因と考えられている。しかしながら、動物実験では短時間で急死しており、それがあてはまらないが、42℃以上の深部体温が影響するのは明らかである。一般に細胞は42.5℃以上で急速に死ぬとされ、43℃以上では確実に細胞壊死が体内のどこかで生じる。湯温が上昇するほど壊死した細胞数が増え、カリウムが血中に放出されて高カリウム血症になり、死亡までの時間が短くなる。細胞内のカリウム濃度は140 mEq/lと血液中のカリウム濃度3.6～5.0 mEq/lと比べ著しく高く、壊死した細胞がさほど多くなくても簡単に高カリウム血症になることがわかる。高カリウム血症が進行すると、心電図上テント状T波が出現し、その後重篤な不整脈が発生し、心室細動(VT)となり心肺停止となることは周知の事実なので、風呂に浸かったまま心肺停止で発見されるのは、このせいであることがわかる。このようにして入浴中に突然死が起こるのである。

(3) 浴槽内死亡の死因

入浴時の体温予測モデルや動物実験により、浴槽内死亡は熱中症が原因で細胞壊死が起こり、最終的に心室細動を起こし急死することがわかった。ただ、深部体温が40℃以上になる必要があり、その条件として最低でも湯温41℃の30分以上の全身浴が必要であることがわかった。入浴中に体温が40℃以上になった時点で、III度熱中症の症状としての意識障害が生じ、銭湯や大きな家庭風呂では、意識を失った時点で溺れるので、溺死の所見がみられる。一方、小さな家庭風呂では、小さすぎて溺れることができないため、その後も体温が上昇し続け、42℃を超えると心室細動をおこし急死する。浴槽内で顔面を湯につ

けた状態で発見されることが多いのはそのためである。解剖所見としては、40℃程度で溺れた場合は溺死の所見が見られ、42℃程度で急死した場合は、溺死の所見はなく、慢性疾患（動脈硬化症、冠動脈硬化症、心肥大など）以外の所見は見られず、死因決定に苦慮すると考えられる。

今までは、このような所見では、動脈硬化症、生活習慣病、既往症が急死の原因に関わっていると過大評価されやすく、解剖例であっても慢性虚血性心疾患などの心疾患や脳血管障害が死因とされていたと思われる。実際に浴槽内死亡例について、法医学者も含めた医師がつける死因は急性心不全を含む心疾患、溺水、脳血管障害のいずれかであり、心疾患が半数以上を占めていた。なお、時々解剖例で脳出血がみられ、その原因が高体温の影響なのかどうかについてはまだ明らかになっていないが、浴槽内事故自体が、熱い湯での長風呂以外では起こっていないことを踏まえれば、高体温の影響と考えるべきであろう。

(4) 研究成果のまとめ

41℃以上の湯に全身浴で30分以上続けて浸かると、容易に40℃以上の体温となり、意識を失い風呂で溺れてしまう可能性がある。高齢でない限り30分以上熱い湯に浸かり続けること自体が難しく、のぼせて風呂から上がってしまう。そのまま入浴を続けると、体温が42℃以上になって心室細動をおこし急死する。それゆえ、高齢者の最初の長風呂が突然死につながりやすい。それさえしなければ、通常の入浴では、病的発作を含め救急出動事例はほぼゼロと考えられ、入浴自体は非常に安全であることがわかった。

つまり、予防策としては、ただひとつ、体温が40℃以上にならないようにすることだけである。そのためには、浴室内に時計を必ず設置し、湯温41℃であれば、30分以上の全身浴は行わないようにすることが必要である。体温を測ることも安全を確保する手法である。鼓膜温や舌下温は、腋窩温より深部体温をよく反映する。入浴時間を気にして、湯温41℃での30分以上の全身浴を避けることだけで大半の入浴中の事故を防ぐことができる。と考える。

参考文献

- 1) 杉本有梨、伊香賀俊治、堀進悟、鈴木昌、高柳絵里:入浴時の体温予測モデルの開発と熱中症による死亡・入院リスクの予測. 日本建築学会大会(富山)学術講演梗概集 D-2 環境工学II, pp591-592, 2010. 09. 10
- 2) 日本救急医学会熱中症に関する委員会熱中症の実態調査, 日本救急医学会 Heatstroke STUDY 2012 最終報告. 日本救急医学会雑誌, 25:846-862, 2014
- 3) Masaru Suzuki, and Shingo Hori: Experimental investigation in rats to

identify the cause of sudden death during bathing in Japan. Acute Medicine & Surgery 2014; 1: 101-104

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 7 件)

① 黒木尚長、高齢者の入浴関連事故の実態と予防策、臨床老年看護、査読なし、24 巻 6 号、2017、65-73

② 黒木尚長、飯田涼太、日下部雅之、櫻井嘉信、入浴中急死のほとんどは熱中症である—大阪市の疫学調査より、査読あり、日本救急医学会雑誌、28 巻 9 号、2017、554

③ 飯田涼太、黒木尚長、日下部雅之、櫻井嘉信、大阪市における熱中症と気象の関係について、査読あり、日本救急医学会雑誌、28 巻 9 号、2017、554

④ 飯田涼太、黒木尚長、熱中症の発症しやすい環境について、査読なし、日本生気象学会雑誌、54 巻 3 号、2017、S55

⑤ H. Kuroki, R. Iida, M. Kusakabe, Y. Sakurai, N. Fujitani, K. Nakama, Bath-tub-related deaths may be caused by hyperthermia、査読なし、Rechtsmedizin, 27 巻 4 号、2017、356

⑥ 飯田涼太、黒木尚長、大阪市における熱中症救急搬送者の特徴と気象データからの熱中症救急搬送者数の予測、査読あり、日本救急医学会雑誌、27 巻 9 号、2016、460

⑦ 黒木尚長、大阪市中で発生した入浴中の事故の実態、査読あり、日本救急医学会雑誌、27 巻 9 号、2016、462

[学会発表] (計 9 件)

① 黒木尚長、飯田涼太、日下部雅之、櫻井嘉信、入浴中急死のほとんどは熱中症である—大阪市の疫学調査より、第 45 回日本救急医学会、大阪、2017 年

② 飯田涼太、黒木尚長、日下部雅之、櫻井嘉信、大阪市における熱中症と気象の関係について、第 45 回日本救急医学会、大阪、2017 年

③ 飯田涼太、黒木尚長、熱中症の発症しやすい環境について、第 56 回日本生気象学会、東京、2017 年

④ H. Kuroki, R. Iida, M. Kuskabe, Y. Sakurai, N. Fujitani, K. Nakama, Bath-tub-related deaths may be caused by hyperthermia、10th International Symposium Advances in Legal Medicine, Dusseldorf, Germany, 2017 年

- ⑤ H. Kuroki, R. Iida, M. Kusakabe, Y. Sakurai, K. Nakama, Characteristics of bath-related fatal accident in Osaka, Japan , The 12th Indo Pacific Association of Law, Medicine and Science Congress (INPALMS 2016) , Bali, Indonesia, 2016 年
- ⑥ 飯田 涼太、黒木 尚長、大阪市における熱中症救急搬送者の特徴と気象データからの熱中症救急搬送者数の予測、第 44 回日本救急医学会、東京、2016 年
- ⑦ 黒木 尚長、大阪市で発生した入浴中の事故の実態、第 44 回日本救急医学会、東京、2016 年
- ⑧ 黒木 尚長、入浴中事故のほとんどは熱中症（高体温症）によるものか？ —大阪市の疫学調査より—、日本賠償科学会 第 69 回研究会、東京、2016 年
- ⑨ 黒木 尚長、入浴事故の危機管理、なぜ、入浴事故が起こっているのか、第 3 回総合危機管理学会、東京、2018 年

6. 研究組織

(1) 研究代表者

黒木 尚長 (KUROKI, Hisanaga)
千葉科学大学・危機管理学部・教授
研究者番号：30225289

(2) 研究分担者

なし

(3) 連携研究者

なし