

スポーツ環境学の分野としての
運動衛生学（スポーツ環境医学）の構築を目指して

金森 雅夫¹⁾

Importance of Environmental Sciences and the Construction of
Exercise Hygiene or Environmental Health Science of Sport Medicine

Masao KANAMORI

Abstract

Our Environment changes on health increased at risk. Effects of climate change on health will affect most populations in the next decades and put the lives and well-being of billions of people at increased risk by The Lancet Commissions, 2009. While we must resolve the key issues, we should acknowledge the relationship between sport environment and health, ageing. On sport activity like climbing of the elderly we have increased at risk because Japan is nearly soon coming into the aged society in the population. For the sake of management of the increased health risk, Exercise Hygiene or Environmental Health Science of Sport Medicine build newly is needed. There are discussed on their science on the focus of Hypothermia in the case of distress on climbing of the elderly due to exposure of cold.

Key words : Hypothermia (低体温症), distress (遭難事故), Climate change (気候変動),
Exercise Hygiene or Environmental Health Science of Sport Medicine (運動衛生学, スポーツ環境医学)

1) 生涯スポーツ学科

I. はじめに

地球の気候変動の様子がある程度の精度ではあるが、予測可能になってきた。予測に対処する処方箋が2008年Nicholas Stern “The Economics of Climate Change” (Cambridge)¹⁾が発表されて世界的に反響を呼んでいる。その気候変動では、地球の温暖化とともに熱波や寒波の到来が以前にも増していることが予想される。スポーツの世界では、こどもからお年寄りまで生きがいのある人生を求めてスポーツ活動が盛んになることが想定される。その中で環境に無防備という事故が現実には起きている。2009年北海道大雪山系トムラウシでの高齢者登山での低体温症による死亡事故である。寒波のなか、身体を十分休ませない無理な強行スケジュールによって、高齢な登山者は疲労困憊と寒冷暴露のなかで死亡したのである。約25年前から4年間寒冷暴露と振動工具であるチェーンソーによっておこる振動病を北海道の現地診療所で研究していた筆者にとっては大きな衝撃であった。中高年のスポーツでの安全管理とは何なのかを問わずにはいられない。北海道十勝地方上士幌は冬の朝は何度もマイナス20(−20)度以下となる。この気温で手袋をはずすと痛みが最初に到来するが1分としないうちに感覚がなくなる。低体温症による死亡は、秋や春にも経験した。秋は、釧路湿原の道を間違えての死亡、春は川の増水による孤立が原因での死亡である。体温が下がるという恐ろしさを忘れてはいけない。

以上、本稿では、低体温症について述べ、著者の研究史を振り返りながら、トムラウシの事故から何を学ぶかを考察したい。さらに、地球の気候変動と生涯スポーツの安全管理の問題からスポーツ学での衛生学(環境医学)の役割を再認識し、運動衛生学(スポーツ環境医学)という学問体系の必要性について論じてみるのが本稿の目的である。

II. 人間環境系の衛生学(環境医学)

1) 人間の健康と環境の相互作用

地球環境の変化は、人間の健康や人間の活動に直接影響する。暑さや寒さの温熱環境によってどのような異常が起こり、病気が発生するのか、また、病気をどのようにして予防するのかについて研究する学問は、衛生学 Hygiene(環境医学 Environmental Medicine)として位置づけられてきた。また、衛生学(環境医学)は人間(宿主)と環境の適応、不適応の諸問題を研究してきた。適応の例としては、アフリカ人の鎌状貧血 sickle cell anemiaがあげられる。これは酸素を運ぶ赤血球が鎌状に変形したために貧血になるという現象である。なぜこのような変形がアフリカ人に多いのかについての通説は、①マラリアに罹患するリスクがこの赤血球形態によって少なくなるので、②それが世代ごとに受け継がれた(遺伝)という。人類は貧血よりもマラリア予防を重視した適応の結果ともいえ、その適応は何千年という単位で受け継がれていったものだろうと考えられている。不適応の例としては、ストレスがある。ハンスセリエが汎適応症候群(GAS)と名付けた最悪の不適応がある。ショック期には、体温血圧低下、急性胃炎、その後の反ショック期には生体防御反応の異常、体温血圧上昇、副腎肥大、胸腺萎縮となって死に至るケースである。このように適応・不適応の現象の解明は衛生学上の重要な研究課題である。

衛生学(環境医学)は人間(宿主)と相互作用—環境の適応、不適応の機序に関する学問だが、20世紀後半は水俣病(有機水銀中毒)、イタイタイ病(慢性カドミウム中毒)、炭鉱爆発による一酸化炭素中毒、大気汚染による気管支喘息などの公害・社会問題の解決に取り組んできた。さらに、環境医学の一つの分野に極地医学、宇宙医学がある。南極での極地での健康管理、無重力な宇宙空間での筋肉など健康管理の学問的体系は、未来の人

類が生活の場を求めた際に大いに活用されるだろう。

2) 衛生学の方法論としての疫学

衛生学の方法は疫学²⁾に代表される、情報統計科学である。病気の予防には危険因子 (risk factor) が明確にされる必要がある。疾病の予防との関連では糖尿病、高血圧において運動・身体活動の予防効果が疫学的因果関係候補となっている。疫学上疾病との「因果関係あり」とは、運動量 (量) と疾病の重症度の軽減、検査値の改善 (反応) をみる「量反応関係」が認められること、および「関連の強さ」が強固であることが必要条件である。「関連の強さ」とは、相関が強い、つまり多くの研究参加者で例外なく効果があるときは関連が強固、または関連を示唆する研究論文が多く、それら論文は独立した研究 (別途に企画された調査研究) であって、薬効の臨床試験のように効果の予測ができるものが、「関連の強さ」が強固で、「因果関係」が明確であることになる。現在のところ運動と肥満・体脂肪、タイプ2糖尿病、大腸がん、冠状動脈心疾患、高血圧は、ある程度の相関関係は予測されるものの因果関係を明確に証明されるエビデンスはない。

Ⅲ. 寒冷環境での研究事例

1) 寒冷暴露による健康障害

寒冷暴露による健康障害を発生する職場としては冷蔵・冷凍庫作業、冬の林業、農業、漁業などが知られている。スポーツとしてウィンタースポーツ全般がそれにあたる。また、夏でも冷水に濡れ体表温度が急激に下がった時、外気温が急に下がったときにも危険性がある。ドライアイスを持つなど身体の局所に急減に寒冷暴露を受けた場合も同様の危険性がある。

寒冷暴露によって起こる健康障害は、凍瘡 (しもやけ)、凍傷、凍死の順に悪化する。凍瘡は皮膚の発赤、うっ血からむくみ (浮腫)、

かゆみができる。さらに凍傷に進むと水泡を形成し、組織の凍結 (えそ) となり、身体の一部を切断せざるを得なくなる。身体内臓の体温に近い直腸温が35℃以下になると低体温症となり、自律神経ともに消化機能が低下し腸閉塞 (イレウス) もみる。さらに直腸温30℃以下の状態では、意識混濁とともに生命の危険性が出てくる (凍死)。

登山などでの低体温症 (偶発性低体温症) は、①前兆: さむけ、ふるえがはじまり、手足の細かな動作ができなくなる。しかし意識は正常。このときの体温は36℃前後、②軽症: すぐ眠る、歩行がよろめく、話が口ごもる、大きなふるえと意識障害がみられる。このときの体温は、35-33℃。処置としては、体を温め、温水と甘い物を与える。水分補給は熱中症の時と同じで必須である。これは低体温の時にときに寒冷利尿といって脱水になっているからである。コーヒー、お茶などの利尿作用があり、アルコールなど脱水を悪化する恐れがあるもの、末梢循環を阻害するたばこは禁止する。

2) 寒冷作業による環境医学研究事例

寒い地方ではレイノー現象 (白指発作) をみることが知られている (図1)。これは末梢の血管が急に細くなり (れん縮)、その結果手足の指などの血液循環が悪化して起こるものである。一般には暖房や毛袋などの衣類をまとい皮膚温の低下を防ぐことが重要である。寒冷のなかで、木の伐採に必要なチェーンソーなどの振動を起こす振動工具などを長時間、長年月使用すると振動障害を発生し、レイノー現象をみる。この障害はさらに動脈硬化・血管炎 (血管内皮の断裂) (図2) を起こし、悪化すると脳梗塞の原因である血栓ができやすい状態となる。寒冷や振動の暴露年数と発症とは弱い相関関係 (量反応関係, dose-response relationship) が認められる。図3は血栓をおこす血小板から放出されるペーオロンボグロブリン濃度を振動障害の重



図1. 寒冷とレイノー現象（白指発作）
（写真：著者撮影）

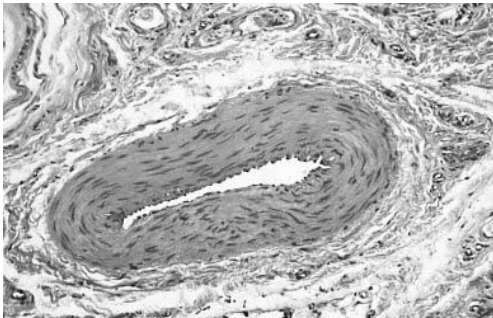


図2. 振動刺激による指細動脈の変化：内膜・中膜肥厚と狭窄
（写真：著者撮影）

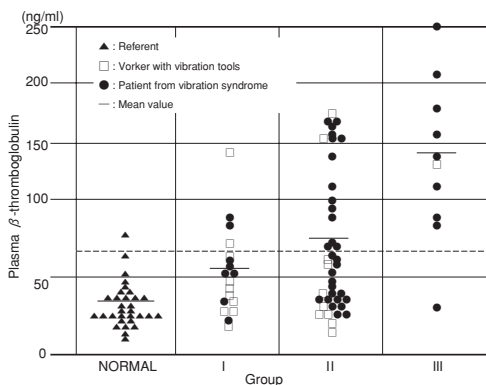


Fig 1. Distribution of plasma β -thromboglobulin in four groups.

図3. 振動障害と血小板機能
（引用文献3）より）

症度で見た結果である。振動障害の悪化に伴い濃度が上昇し、寒冷や振動が血管の炎症を加速していることが推測される³⁾。

このように寒冷が負荷となって、環境の不応（ストレス）現象が認められる。最大酸素摂取量下での血小板機能亢進、血栓化傾向も疑われる⁴⁾。室外環境のスポーツの際に十分注意する必要がある。

IV. 北海道大雪山系トムラウシ遭難事故の分析

衛生学は人間健康と環境の相互作用について研究する体系であるが、疫学での記述疫学研究での要因研究が事故の再発予防にとって重要である。寒冷や気象悪化のために北海道大雪山系トムラウシ⁵⁾では遭難事故が多発しているので、2002年と2009年の事故報告をもとに疫学的要因解析を試みた。

1) 2002年7月の事故

2002年7月11-13日トムラウシ山で死亡2人。死亡例は59歳女性低体温症による脳梗塞、と58歳女性凍死であった。7月9日台風は南海上、10日麓の温泉から10時間歩いて避難小屋泊。混雑のため睡眠不足、11日風雨のなか下山を決定。理由は天候回復の見通しが無い、長引くと食料がない。他の多くのパーティが下山しているとの判断であった。道を誤り標準3時間の行程を5時間かかる。下りで女性が転倒し、歩けなくなった。ここで下山組と付添組に分かれ、歩けなくなった女性が死亡。別途のパーティは11日下山15時暴風雨の中、1人が行動不能。テントやシェルターがなくシュラフで、防寒処置。13日救助隊が発見、既に死亡。

2) 2009年7月の事故

2009年7月16日55歳から69歳。「早朝から夕方にかけて北海道大雪山系トムラウシ山が悪天候に見舞われ、ツアーガイドを含む登山者9名が低体温症で死亡した事故である。夏

山の遭難事故としては近年まれにみる数の死者を出した惨事となった。」7月15日天候は一変し大雨。しかしパーティは2つの山頂を経由し12kmの道のりをコース予定時刻よりも早い8時間でヒサゴ沼避難小屋に到着した。ヒサゴ沼避難小屋で一緒になった静岡のパーティによれば特別疲れた様子もなくわいわいと楽しそうにしていたという。しかし小屋の中は雨漏りだらけで濡れた装備を乾かすことも出来ず、ずぶ濡れのシュラフに包まって横になっただけであった。16日「午後から天候は好転すると見越して出発を決定。」午前5時半頃に避難小屋を出発した。「ヒサゴ沼の窪地から稜線に出ると風速20～25mの強風をモロに受けて転ぶ人が続出。先頭のガイド甲の声が最後尾まで届かない状況だった。ガイドからは「風が強く吹いたらとにかくしゃがんで」と繰り返し指示が出た。」「大雨で沼から溢れた水が大きな川となり登山道を横切って居た。パーティはガイドの助けを借り何とか渡りきるが、ここで多くの人はずぶ濡れになっていた。」「午前10時半頃、北沼の川を渡ったすぐ先の分岐手前で女性1人が低体温症のため歩行困難となった。ガイドの声かけにもあまり反応はなく疲れ切って言葉も出ないようだったという。」「結局パーティはツェルトを設営し付き添いのガイド丙（添乗員）を残して先に進んだ。」「前設営地から距離を置かずして別の女性客1人が意識不明に陥った。ここで岩陰を探してテントを設営。」「一方北沼付近のビバークではテントに入って程なく女性2人の脈拍が停止。さらにガイド甲が前設のツェルトまで戻ったところ、女性とガイド丙ももはや絶望的な状況であった。」「総じて、パーティの年齢層、ガイドの不慣れ、ツアー客の装備と疲労蓄積、意思疎通の不備、天候の見込み違い、それらを押しての下山強行といくつかの要因が重なって起きた事故と言える。」

3) 身体機能と低体温症

2009年7月の事故では生存者と死亡者の年齢は、死亡者平均年齢64.3歳（男1，女6），生存者平均年齢63.4歳（男4，女4）であった（数字にはガイドの死亡61歳男を除く）。生存者と死亡者の年齢分布は死亡者の方が高い傾向を示した。死亡率は、男25%，女60%で統計学的に明らかに女が高い（ $P < 0.01$ by Fisher' exact test）（表1）。登山の経験年数は公表されていないので経験の有無で解析できないが、死亡率において女が多いのは、女が低体温症に罹りやすいやすいというより、経験、体力の差が交絡因子として作用していると考えられる。リスクとしては、高齢者、女の高齢者が抽出された。

表1. 2009年7月トムラウシ山遭難事故

登山者	男 (リスク)	女 (リスク)	合計
死亡	1人 (0.25)	6人 (0.60)	7人
生存	4人 (0.75)	4人 (0.40)	8人
参加者計	5人 (1.00)	10人 (1.00)	15人

（ガイド者を除く）

次に、上述した事件記録から低体温症に関するリスクをみると以下の項目が抽出される（下線部）。身体能力関連では、睡眠不足、ずぶ濡れ、転倒、歩行困難、行動不能、意識不明、脈拍が停止。室内環境（人的環境）として、長引くと食料がない、小屋の中は雨漏りだらけで濡れた装備を乾かすことも出来ず、ずぶ濡れのシュラフに包まって横になっただけであった。自然環境（外部環境）は、暴風雨、風速20～25mの強風、午後から天候は好転すると見越して出発を決定、などがあげられる。

以下、疫学の事故要因の解析に使う3要因（宿主、器械、環境）に分け分析した結果を表2に示す。

リスク回避策としては、宿主（身体機能）には、十分な睡眠スペース、こころの余裕、十分な学習、登山経験の有無、応急処置、レスキュー体制、連絡網（予備隊員の確保）、応

表2. トムラウシ山のリスク認知

事故の3要因	リスク認知	リスク回避
身体機能（人的要因・体内環境）	睡眠不足	十分な睡眠スペース，こころの余裕，十分な学習，登山経験の有無
	ずぶ濡れ	衣類の予備，保温具
	転倒	応急処置
	歩行困難，行動不能	レスキュー体制，連絡網（予備隊員の確保），応急処置
	意識不明	レスキュー体制，ガイドの教育体制（低体温症の正しい知識），連絡網
	脈拍が停止。	レスキュー体制，救急救命処置，連絡網
室内環境（人的環境）	長引くと食料がない	食糧・水分補給の確保
	小屋の中は雨漏りだらけで濡れた装備を乾かすことも出来ず，ずぶ濡れのシュラフに包まって横になっただけであった。	暖房装置，衣類の予備，小屋での備蓄，防寒対策
自然環境	暴風雨，風速20～25mの強風，	専門教育（野外教育），予備隊員の確保
	午後から天候は好転すると見越して出発を決定	天気図の判読能力向上，情報連絡網

急処置，ガイドの教育体制（低体温症の正しい知識），救急救命処置，十分な連絡網の存在が列記された。室内環境としては，食糧・水分補給の確保，暖房装置，衣類の予備，小屋での備蓄，防寒対策があげられ，自然環境としては，ガイドなどの専門教育（野外教育）の必要性，天気図の判読能力向上，情報連絡網の見直し，予備隊員の確保があげられた。基本的にはガイドの知識とは，低体温症の意識障害は放置すれば死亡する，眠れば死亡する（熱中症も同じ）ということを中心マッサージとともにレスキュー体制の中で重視する必要がある。

V. スポーツ環境学の分野としての運動衛生学の重要性

1) スポーツ人口の高齢化の問題に対処するためにも重要

大雪山系の上記の登山での要因分析のように登山人口の高齢化に伴う安全管理対策の徹底化が必要である。また60歳以上の高齢者のスポーツ参加はマスターズ陸上，水泳のような競技スポーツ・イベント参加や監督などのスポーツ指導者の高齢化は近年顕著である。このようなスポーツ人口の高齢化は必然的に環境に対するリスク（population at risk）を増加させている。中井⁶⁾によると夏の気温上昇に伴う試合中の直射日光からの輻射熱の上昇による熱中症の発症が増加している。また更なるグローバル化によってアジアの亜熱帯地域の国々とのスポーツによる国際交流がよ

り一層増えるであろう。砂漠地帯や山岳地帯での異文化交流も活発化するであろう。その際の異質環境下での試合中などの活動の結果に重大な関心事が払われるであろう。

衛生学（環境医学）は環境と宿主の問題では①かっけなどのビタミン不足、水分補給などの体内代謝（内的環境）、②感染症の疾病流行の予防策としての疫学的監視（サーベイランス）に貢献してきた。しかし人間環境をスポーツという行為・行動として動的に把握するところまでは十分に解明されていない。また地球の気候変動との関連においては高齢者の疾病と行動に対処する正確なシミュレーションができていない。

現在神経関連疾患（脳血管疾患、精神性疾患、ポリオなどの感染症も含める）は日本の死亡約20%、罹病者17%を占め、循環器疾患に次ぐ群で、発達期と老年期の疾患に分極化し、脳卒中など老年の神経関連疾患は高齢化に伴い増加の傾向にある⁷⁾。疾患の予防やQOLの向上にスポーツは不可欠なものであるが高齢者の体内環境と気候変動という地球環境を統合して把握する新しい衛生学が必要であろう。運動衛生学あるいはスポーツ環境医学と名付けておこう。

この新しい衛生学（環境医学）は行動科学体系の中で位置付けられ、従来の環境衛生学、運動生理学、疫学の他、複合領域である人類学、極地医学、宇宙医学、気象医学、旅行医学の環境生態系に分類されるであろう。運動衛生学は、スポーツ環境学の構成要素である環境論（エコロジー）、衛生工学（環境工学）、環境教育と並ぶ4つ目の軸をなすと考えられる。

2) 地球の気候変動に対処するための行動科学体系としての運動衛生学の重要性

イギリスは、2009年5月地球気候変化の人間健康への影響に関する研究報告を最も医学専門誌として権威のある学術雑誌の一つであるLancet誌に発表した（以下The Lancet

Commission)⁸⁾。

The Lancet Commissionの健康に直接関する内容を要約すると以下のようである。

1) 大気中二酸化炭素濃度の上昇は、HawaiiのMauna Loa山頂観測で、1958年316ppmv (parts per million by volume) から2008年387ppmvに増加した。これは過去65万年前で120ppmv増加したと予測されるのに対して、この50年で70ppmvと急速に増加している。気温上昇は3-4℃とされていたがさらに上昇の可能性あり、2100年には1.1-6.4℃の上昇が推計される。

2) 暴風雨、熱波、寒波は、20億人以上が健康への影響をうけていると見積もられる。気候変動（暴風雨、熱波、寒波）は、2000年で全世界550万人、うち先進国8千年の障害調整生存年を喪失した。2003年の熱波で、ヨーロッパでは呼吸器系と心循環器系疾患での死亡者が7万人に達した。このことから気温上昇は熱ストレスを生じ、熱中症などでの死亡率が上昇する。2070-2099年には呼吸器系、心循環器系疾患、熱中症関連病、ウイルス、マラリアなどの微生物・蚊などの媒介動物による感染症が増加する。その中でも Dengue 熱は、貧困、不十分な水分補給で最も顕著に増加するであろう。現在の危険人口 (population at risk) 35億人から60億人に増加と見積もられる。(インフルエンザと気候変動の関係は現在のところ明確なエビデンスはない。) 一方、海水の温度上昇は気温の上昇のみならず、逆の寒波、豪雨や竜巻の到来の発生源ともなりうる。既に中央ヨーロッパでは同様の現象が起こっている。これは今後増加する増加するとの観測がある。寒流が弱くなって海洋の対流現象が弱くなった結果メキシコ湾流などの暖流の勢いが弱まることも予想されている。予想もしない地域に寒波、竜巻や暴風が発生する。

以上のように気候変動に関するThe Lancet Commissionは衝撃的な推測となっている。これに対処する対策はどのようなものであろ

うか。技術的挑戦 (Technological challenge) としてワクチンの開発・製造及び普及をあげている。さらに情報学的挑戦 (Informational challenge) として過去の事例から早期警戒情報システム Health early warning system を挙げている。これは現在の感染症の状況把握と監視活動 (current disease monitoring & surveillance) と天気予報 (climate forecast) である。感染症及び災害情報, 天気予報も含めて集中センターでの正確な把握 (Satellite mapping) と地理学上の情報システム (geographical information systems) が有効であるとしている。

現在感染症予防の疫学上のモニタリングシステムとしては日本や各都道府県という大まかな単位で存在しているが, 刻々と迫る台風などの気象情報と合体サテライト化も含めて検討の余地があろう。地理学上の情報はスポーツ研究者と地理・地質学者との学際研究が必要であろう。

さらに教育上の視点として地球の温暖化を始め気候変動の健康予測を真摯に受け止め, これをターゲットとして挑戦する教育体系の樹立が求められよう。

VI. おわりに

The Lancet Commissionによる気候変動と人口の高齢化の大きな波がスポーツを取り巻く環境の中で同時進行している。高齢者登山での低体温症の発生要因の解明や安全管理の徹底が必要である。競技をして競い合う, 生活を楽しむためのスポーツ (運動) を地球環

境と人間健康の相互作用のなかで位置づける学問体系として運動衛生学—スポーツ環境医学—に期待される課題は大きい。

引用文献

- 1) Nicholas Stern (2008) *The Economics of Climate Change*. Cambridge.
- 2) IEA (日本疫学会訳) (2010) 疫学辞典 (Dictionary of Epidemiology, Oxford Press). 日本公衆衛生協会.
- 3) 金森雅夫, 渡部真也 (1986) 振動障害における血中 β -Thromboglobulin および血小板凝集能. *産業医学*, 29: 70-71.
- 4) Urano T, Suzuki Y, Arakida M, Kanamori M, Takada A (2001) The expression of exercise-induced tPA activity in blood is regulated by the basal level of PAI-1. *Thromb Haemost.* 85(4): 751-756.
- 5) <http://ja.wikipedia.org/>
- 6) 中井誠一 (2008) 高齢者における熱中症の発生実態. *Geriat Med (老年医学)*, 46 (6): 583-587.
- 7) Kanamori, M., Izuno, T., Sugita, M. and Kondo, K. (1997) *Neurology and Public Health in Japan* (K. Kondo, M. Kanamori, S. Kawamura, N. Sakuragawa, T. Takasu and T. Sato eds.), Recent trends in mortality and number of patterns for neurological diseases and it's related diseases in Japan., 23-36, World Health Organization, Geneva.
- 8) Lancet and University College London Institute for Global Health Commission (2009) *Managing the health effects of climate change*. *Lancet*, 1693-1733.