



# 体育・スポーツ施設の 衛生学

## 2章

スポーツ衛生学が扱う事象は、スポーツや運動をする人々の生命と健康に関わる問題である。スポーツ衛生学ではこれらの事象の原因を突き止め、その最小化に貢献しうる対処法を提案して実践に移し、その対処法の評価を行うところまでを守備範囲としている。健康問題の原因には、人的要因または環境要因が個別に関与する場合と、これらの2要因が複雑に影響しあって構成されている場合とがある。体育・スポーツ施設は、環境要因に含まれる。

競技者のスポーツ外傷は体育・スポーツ施設に起因する場合がある。指導者にとっては、いつもの馴染みの体育施設や構造物であっても、競技者や児童・生徒の目線から見直したときに気づくりリスクがこれらの施設にはある。体育・スポーツ施設内のリスクに起因する重大事故の多くは、傷害保険、新聞記事や保健統計のファイルに挟まっており、これらに統計や疫学的手法を適用することによってクローズアップされている。

## 2-1 屋外競技場・運動場・校庭

### 2-1-1 スポーツ傷害・障害の防止策

体育・スポーツ指導者は、転倒や施設設備との衝突による外傷を最小にしなければならない。動作・運動中の競技者は大きな運動エネルギーをもっているため、彼らと器物との衝突では大きな破壊エネルギーが発生して、通常は自らを破壊して停止するために重い外傷を負うことになる。これを防止し、選手のスポーツ外傷を減らすために、例えばFIFAは、自らが主催する大会の会場に厳しい注文をつけ、ピッチの材質とその硬さや衝撃吸収力を指定して選手の外傷をなくす努力をしている。

#### グラウンド表面の材質

グラウンド表面の舗装には、土、ウレタンゴム、天然芝、人工芝、オーバートップ塗装など多様な材質があり、そこで行われるスポーツ種目、用途、気候特性や工事・維持管理予算などを勘案して選ばれる。競技場や校庭では、「水はけ」のよさが重要な性能になるため、用いる土の性質に加えて土壌改良、下地づくりや排水工事による調整が行われる。

陸上競技場では、土のグラウンドの表面にできるスパイク痕が、競技の妨げになることがあり、最近では大きな大会が天然土壌グラウンドで開かれることはほとんどなくなった。また、短距離走に使われる走路では、転倒を防止し、記録に挑戦するためには平坦さの精度管理が大切である。野球場では、内野（土や人工芝）と外野（天然芝）とで材質を違えてある。これ

によって内・外野でプレーの質が異なることに対応し、内野では打球のイレギュラーを少なくし、バウンド時の減速を大きくし、スライディングによるけがを減らすことに成功している。

#### グラウンドの固さ

コンクリートの表面にオーバートップ塗装した都会の学校の校庭で、長期間にわたってスポーツを続けるには特別なスポーツ障害予防への注意が必要である。

#### 付帯施設

屋外競技の指導者は、自らが率先してグラウンドに出ていくことが多く、若くはつらつとした選手たち以上に、彼らが環境から受けるダメージは大きいものである。理想的には、空調された指導ボックスがあれば、指導者が環境災害を被る事態を減少させることができるが、現実にはこうした施設の存在を世界中のどこからも聞いたことがない。これは、指導者は常に選手に寄り添うべきであるという暗黙の了解の為せる業であろうが、指導者の多くは、選手以上に脆弱であることを忘れるべきではない。

### ■ 2-1-2 凍傷の防止策

環境から受けるダメージのうちの熱中症についてはすでに十分に述べてきたので(1-2, 1-5-3項参照)、ここでは抗凍傷指数と紫外線被曝について述べる。通常の競技場施設は都市近郊に立地し、学校体育施設であれば居住地域からそう遠くないところに設けられている。そこで行われるスポーツ種目は、得点、記録や順位を競う競争型の種目である。こうした施

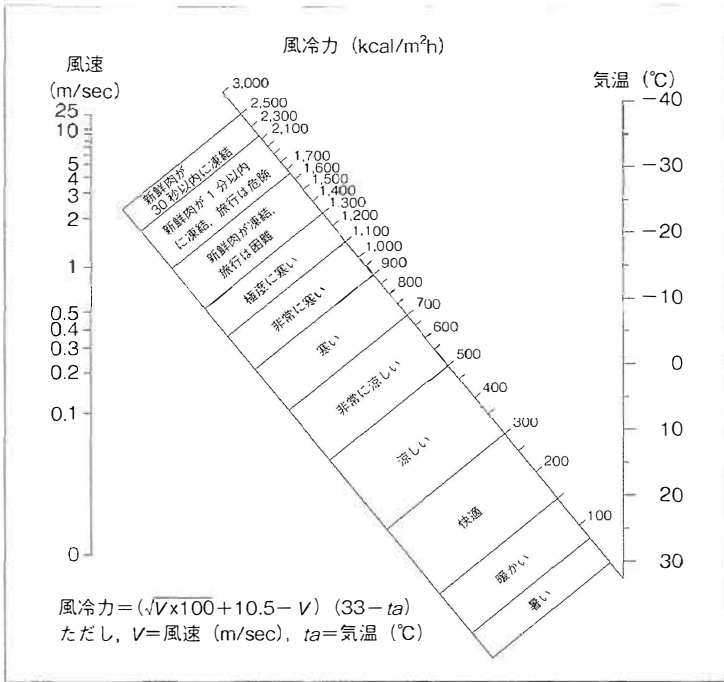
設で体育・スポーツ活動中に凍傷が発生することはほとんどない。

登山家やクライマーの多くが程度の差はあるが、凍傷を経験している。これらの多くは、通常のスポーツ活動中の緊急時に発生し、救助などの現場離脱の遅れが重なれば凍傷は致命症となる可能性もある。従来、登山中の遭難は登山者の自己責任で解決するという原則があったが、高齢者登山が市民権を得て普及するようになった現代では、こうした原則に加えて登山やトレッキングを誘致する自治体の側にも、彼らの安全に配慮する即応体制の整備が求められる。名峰の剣岳を擁する富山県の山岳救助がその先進事業であるが、富山県のさらなる充実を求めるとともに名峰を有する都道府県に登山救難の制度が普及することを望んでいる。

抗凍傷指数（図 2-1）という指標が1970年代に我が国に紹介された（Blockley, 1964）が、今日ではすでに忘れ去られてしまった。筆者はこれを再興して体育学部の学生には紹介し、冬季の校庭での授業や野外活動実習の可否の判定に用いることを推奨している。手袋などの保護具によって、この指標がどれだけ安全側にシフトするかを考慮できるように改善して、さらなる活用を目指したいと考えている。

### 2-1-3 紫外線による害

紫外線への被曝は、UV カット化粧品に代表されるように皮膚に色素沈着を起こさせる美容上の大敵といわれ、このほかに、眼の白内障と皮膚細胞の腫瘍化を起こさせる要因といわれ



(Copyright © (1964) NASA)

図 2-1 風冷力 (抗凍傷指数) 計算で求めることも図から読み取ることもできる。例えば、気温が $-10^{\circ}\text{C}$ 、風速が $5\text{m/sec}$ のときの風冷力は、両値に定規を合わせて斜めの風冷力のゲージを読むとおおよそ「1,200」と読み取れる。これを言葉で表せば「極度に寒い」という表現になる。

ている。こうした説がどのような研究や実験に基づくものなのかについて検証するとともに、屋外種目を実施した年数とこうした疾患との間に因果関係があるかどうかを合わせて検証する

べきである。これまでのところでは、屋外スポーツ選手に白内障や皮膚がんが多いという所見に出会っていない。

## 2-2 プール

我々の体や知覚は、水中活動に十分に適応していない。事実、クロールで進む方向は「前方」ではなく、通常の歩行の場合であれば「上」に相当する方向である。この方向にある危険を察知する能力が、ヒトという動物には備わっていないことから、泳者が衝突する可能性がある突起などをプールに配置してはならない。こうした配慮はこのプールでも厳格に守られていて、出入りに用いるはしごや手摺りは、泳者が衝突することがないように凹みの中や水面上に配置されている。プールの床や垂直の壁面は、水をためる容器であり除くことができない構造物であるが、こことの衝突も決して皆無ではない。背泳ではこうした事故が多かったと見えて、競泳用プールには壁面まで5mであることを示す標識フラッグが設けられ、泳者はこのフラッグを目印として安全なターンやゴールのタイミングを繰り返し練習している。

### 2-2-1 水底との衝突（飛び込み事故）

日本水泳連盟が公認する競泳用の飛び込み台の水面上の高さは、0.5~0.75mの範囲内である。飛び込みスタートの際にプールの底に頭を打ち付けて、頸椎損傷などで死亡や高度の障害を

表 2-1 日本水泳連盟が推奨する水泳場のスタート台の高さ

プールの水深 (m)	スタート台の高さ (水面上)
1.00 ~ 1.10 未満	0.25m ± 0.05m
1.10 ~ 1.20 未満	0.30m ± 0.05m
1.20 ~ 1.35 未満	0.35m ± 0.05m

(鈴木 (2007) より許可を得て転載)

負う事故の発生を受けて、競泳の公認大会以外には飛び込み台が撤去され、多くの施設で使用禁止になった。プールが水深が1m程度である小学校やスイミングスクールなどでは、安全な飛び込みスタートを学習できないため、台の高さを下げる方法で対応する動きも現れた。それによると、日本水泳連盟が推奨する水泳場のスタート台の高さは、下表のとおりとなった(鈴木, 2007)が、提案者自らが厳格な運用を求める異例の注意書きがついている。スポーツ衛生学の立場からは、初心者が泳ぎを学習するプールと水泳で鍛錬するプールとを明確に区分し、後者の水深は2m程度とするのがよいのではないかと考えている。

### ■ 2-2-2 吸い込み事故

プールの吸い込み事故では、水泳プールに循環ろ過装置が導入されるようになった1966(昭和41)年に最初の事故が発生し、2006年に埼玉県ふじみ野市で小学生女児が犠牲になるまでの40年間に合計60人の犠牲者を出してきた(図2-2)。これらの大部分は、循環ろ過装置への吸水口に体全体または手足が吸い付けられて脱出できないまま溺死するケースで、好奇心

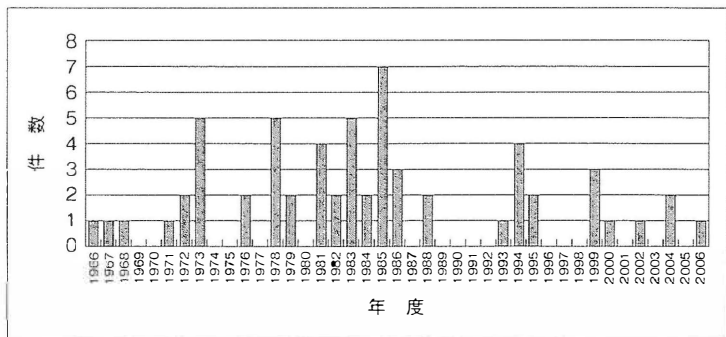


図2-2 水泳プールで発生した吸い込み事故の動向（山本（2007）より許可を得て転載）

旺盛な男児に多発した。ふじみ野市の事故は、流れるプールに特有のケースで、水流を発生させるための加速レーンに侵入した子どもたちが犠牲になった。これらはいずれも危険個所と子どもたちを隔てている防護設備に管理不行き届きや性能が不足していたことが原因となった。水泳プールを所管する厚生省（当時）と文部省（当時）は、再三にわたって吸い込み口の蓋を子どもたちの力で動かすことができないようにとの通達を発してきたが、学校を含む多くのプールはこれを無視し続け、2006年のふじみ野市の事故をきっかけとしてやっと国内の水泳プールの危険個所の改修が終了したといわれている。

### 2-2-3 吸い付け事故

これでプールの痛ましい事故が収束すると考えてはいけない。60件のプール事故中には少ないながら、まったく別の原



因で吸い込み事故に遭遇した犠牲者が含まれている。例えば、水底で吸い込み口と子どもたちを隔てる網目状の鋳物の蓋の寸法が小さ過ぎて、上半身がこの蓋を覆い隠してしまったために、吸い込み口に吸い付けられて命を落とした男子中学生がいた（吸い付け事故）。また、一般的なプールの循環経路は水底から水を吸い込み、壁面から噴き出す構造であるが、これが逆に回転していたプールで起こった事故では、壁面に吸い付けられて逃げられないまま溺死したケースがある。水着か髪の毛が吸い込まれたことによるものと思われるが、プールが逆流していたということは、運転者のエラーを誘発する何らかの原因がプールには潜んでいることを示している。

本書を執筆中の2008（平成20）年7月にも、幸い重大事故には至らなかったが、茨城県内の公営施設で「吸い付け事故」の発生が報道された。小学生高学年の女兒が水深1mほどの深さのプール底に設けられた45cm四方の吸水口カバーに吸い付けられて上半身にミミズ腫れ様の軽傷を負うという事案であった。報道では吸水口カバーのサイズは記載されていなかったもので、一般のプールの60～90cm四方の吸水口カバーで事故が起きていたら大変なことであると思って現場に足を運んで調査した。この結果、事故現場となった吸水口は、循環ろ過用の吸水口ではなく、打たせ湯やジェットバス用に高圧水を供給するための吸水口であることがわかり、全国のプールに普遍的に発生する事故ではないことが判明して一安心できた。しかし、プール水をジェットバス用の水源として用いた事故は、家庭用の風呂で既に発生している。女兒の髪が吸水口に吸い込まれ

て、頭が水中に引きずり込まれることによる溺死事故である。髪の毛が吸い込まれることがない吸い込み口に改修する対策がすでに取りられた。こうした教訓は、水泳プールにまったく生かされていないことを知り、あまりのことに憤りを禁じえない。当該施設は、今日でも吸水口のサイズが45cm四方のままで、注意標識と監視要員の重点配置で運営され続けている（図2-3）が、管理者の努力と利用者の良識に依存するだけの運営では破綻は免れないであろう。好奇心旺盛な元気で健康な子どもたちが、泳ぎに飽きてしまえば、新たな発見を求めて冒険を始めることは自明の理である。水泳プールを、子どもたちのどのようないたずらにも耐えて、楽しく安全に過ごせる施設に育てていくことは、本書の読者を含む私たち体育・スポーツ指導者の重大な責務である。子どもたちの体で覆い隠すことができる



図2-3 吸い付け事故のリスクを抱えたまま運営されている水泳（バーディー）プール

45cm 四方の吸水口カバーを採用した設計者、これを見逃した発注者、施設管理者、監視員、水泳指導員はすべて同じ責任を負っている。特に全国の水泳プールで活動中の指導者の方々には、それぞれの施設の点検と改修をお願いしたい。監督官庁に対しては、改修費などの支援をお願いしていくつもりである。

水泳プールは、透明な水をたたえ、子どもたちを魅了する施設であるが、尊い犠牲を経てもなお安全の問題が解決できていない現状を、現場にいる体育・スポーツ指導者は知っていただきたい。そしてプールを作ろうとする方々には、発注する側も受注する側にも、安全工学や人間工学の基本を学んでいただくように切望する。

#### 2-2-4 水系感染症対策

水泳プール水が消毒されるようになったのは、昭和 30 年の水道法施行の翌年のことである。プール水が消毒されなければならない必然性は、必ずしも自明とは言い切れない。幾多の被害を礎として今日の制度ができ上がり、プールを安全な施設に育ててきた経験の積み上げの結果である。これまでにわかっているプール感染には、最も事例の多いアデノウイルスによるプール熱や角・結膜感染をはじめとして、第二類感染症である赤痢などの社会的影響が大きい感染症も含まれている。

プールに持ち込まれる病原体の侵入ルートは、利用者自身が感染源である場合が最も多く、彼らがプール水を汚染することによって爆発的な大流行が発生する。アデノウイルスは、結膜の炎症を発症する前からウイルスを大量に排出しているので、

事前のチェックが難しく、消毒の不徹底や消毒器の故障などの「盲点」と重なったときには、このリスクが高まる。したがって、指導者による現場での塩素濃度の測定と、この結果に基づく遊泳禁止処置が意味をもっている。プール水の水源汚染がこれに次いでいるが、我が国のプールの水源は地下水と水道水に限られているので、建設時の配管間違いによる事故以外には原水の汚染は起こりにくい。

1-3-3でも述べたように、プールの消毒が有効ではない感染症（クリプトスポリジウム症）が見つかり、現に我が国のプールでも感染事例が発生してしまった。また、レジオネラ症のように海外ではプール感染例が見つかりながら、我が国ではプールが関与する事例が報告されていない感染症もある。これらの病原体は、殻に包まれていたりほかの生物の消化管に侵入していたりするために塩素の攻撃を受けにくいという共通性を有している。レジオネラ症のプール感染は、乳幼児や老人がハイリスク集団であることから、診断例と水泳との関連について精査すべきではないかと考えている。

プールの塩素消毒は、低コストで効果的な消毒方法であるが、装置の故障という機械的な弱点と消毒に関わる人々の判断や技量の稚拙さという人的弱点を有し、これに加えて塩素消毒の能力の限界も見え始めている。これらの問題点を包括的に解消しうる技術革新の登場を期待したいところである

### 2-2-5 プールの清掃

プールに人が入って泳げば、足の裏や指の間に挟まっていた

土砂をはじめとして皮膚からはがれ落ちる垢や髪の毛が流れ出す。プールの周囲からは、風に巻き上げられた土砂や落ち葉、飛翔する昆虫や鳥などが紛れ込んでくる。これらを除去してプール水を衛生的（低栄養の状態）に維持管理することが清掃の意義である。プールの底はこうしたゴミの類を見えやすくするために白や青に塗装され、利用者が不快を感じる前にゴミが取り除かれるように仕組みられている。プールで水泳指導に当たる我々は、入場者を迎える前に安全と衛生の点検を終え、ゴミのクレームを受けないようにしなければならない。このために作られたプール専用の清掃用具が市販されている。

1960年以降に設置されたプールのほとんどには、循環ろ過装置が装備されている。現行の装置の多くは、ろ材として大粒（直径2mm程度）の砂を用い、硫酸アルミニウムの凝集剤を併用することによって微小なゴミを凝集させて大きな塊にしてから、ろ過器にひっかける方式をとっている。この方式は、浮遊する軽いゴミに対しては大変に優れた方式であるが、比重の重い沈殿物を除く能力はない。したがって、沈殿物は上記の清掃によって取り除かなければならない。温水プールの水底のゴミの中には、藻類、カビの類、原生動物からダニやユスリカまでの多様な生物が棲みついている。これらの生物はいずれもほかの生物の遺骸を餌として摂取して分解排泄している（田神, 2001）。脚台を入れて深さを調節したり、移動床を設けてプール底が見えない構造の施設では頻繁に点検清掃をすべきである。

### ■ 2-2-6 学校の水泳プールの維持管理

民間の水泳プールの維持管理の多くは、清掃業者が担当している。ところが学校の水泳プールの維持管理が専門の業者に委託されることはきわめて稀で、その多くは体育科教員のような電機、機械、化学物質についての予備知識の乏しい職員が現場で引き継ぎを受けて従事している場合が圧倒的に多い。専門業者への委託料は決して少額とは思われない。しかし、現有の施設については、学校の教育環境を整え、かつ教員には授業と生徒指導に徹していただくために、プールの維持管理費用を公費で負担していくべきであると考えている。教員には、生徒の健康観察と遊離残留塩素の測定に集中していただいて、これだけで児童・生徒の健康と安全への配慮義務が果たされるような業務配分が望ましい。

## 2-3 体育館と武道場

### ■ 2-3-1 アリーナの面積

我が国の学校の97%が体育館を備えるようになった（文部科学省、平成17年度公立学校施設実態調査報告）。その床面積は小、中、高の順におよそ800、1,100、2,000m<sup>2</sup>である。学校体育館には、競技場としての用途（アリーナとトイレ、更衣室、倉庫などのユーティリティーを含む）に加えて講堂としての用途にも対応させるための舞台が設置されることが多い。仮に800m<sup>2</sup>をすべてアリーナの面積と仮定した場合でも、6コース

の25m プール2枚分ほどの広さであり、正方形と仮定した場合の1辺の長さは、28mにしかない。2,000m<sup>2</sup>のアリーナを想定すると、これは小学校の体育館の2.5倍に相当するが、公式競技サイズのバスケットボール・コート2面を同時に利用する場合には、外周の壁面とコートのラインとの距離は7～8mを残すのみとなる。

さて、実際に授業、課外活動や競技会の際に壁面との衝突によって傷つく児童生徒の数はどれくらいになるのか。狭隘な体育館が学校管理下の頭部外傷、全身打撲、頸部損傷および内臓損傷による小・中・高校生の災害死亡者数（平成17年度：20件、平成18年度：24件）に寄与していることが予想されるが、現行の屋内体育館設置基準の妥当性の検討は、こうした犠牲者の最小化を図るという観点から行われる必要がある。

### ■ 2-3-2 体育館・武道館内の熱中症

熱中症は、体育館内で発生するケースも決して稀ではない。私自身にも学生から「昨日の練習中に学生が倒れた」という相談を受けた経験があり、当該体育館に一步踏み込んだとたん異様に危険な熱気を感じた。隣接の研究所からサーモグラフィを借り出して、撮影してわかったことは、壁面の上方と屋根裏の温度が50℃を超えて遠赤外線を発生し、床面に横になってみるとほんわかと暖められているという具合で、日陰とならずの体育館は必ずしも想定どおりに出来上がっていない場合があることを訴えていた（図2-4）。

体育館は一般的に、天井までの高さを確保してボールゲーム

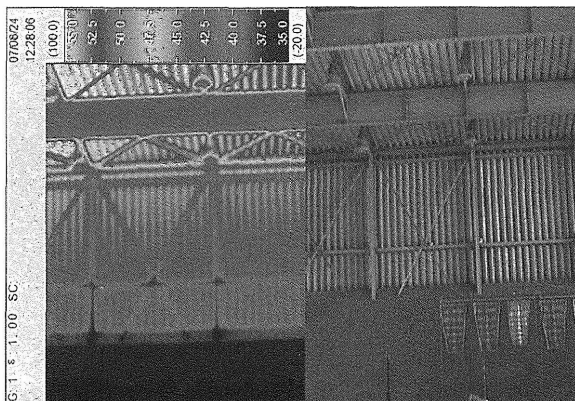


図2-4 夏季日中の体育館内壁面の温度分布（左側は赤外線画像，右側は可視光線画像）

がスムーズにできるようにするために、天井を備えず屋根材が露出する構造になっている場合が多い。屋根材に用いられる波鉄板やスレートは、十分な断熱力を有していないために日差しを受けて熱くなった外面の熱が内面に伝導し、そこから熱線（遠赤外線）となって運動選手を襲ってくる。太陽の直射光線は、平行光線であるために日差しの当たらない反対側まで暖めることはないが、屋根、壁面や床面から放射される熱線は、前後左右から子ども達の全身を隈なく暖めることになる。

当該体育館では、幸いにして死亡するほどの重症例は出ていないが、緊急入院を余儀なくされたケースがこれまでも複数出ている。こういう体育館で試合やスポーツ指導をしなければならぬ指導者には、細心の注意をもって指導に臨んでいただ



きたい。

一般論として体育館で発生する熱中症では、剣道、柔道や空手道などの武道競技者が目立っている。防具や着衣の暑さ対策が進んでいない種目であることが関係している可能性があり、今後研究すべき課題ではないかと考えている。

### ■ 2-3-3 床の固さと表面の摩擦

学校、特に小学校体育館の床の材質としては、木造組床（図2-5）、金属下地組床（図2-6）、塗床（図2-7）、張床（図2-8）、置床（図2-9）、カーペット床などが紹介されている（小野，1982）。これらの中からどれを選ぶかは、使用者の構成，用途，校地の状況などを勘案して選ばれることになるが，体育・スポーツ指導者は，建設や維持管理コストだけが優先されること

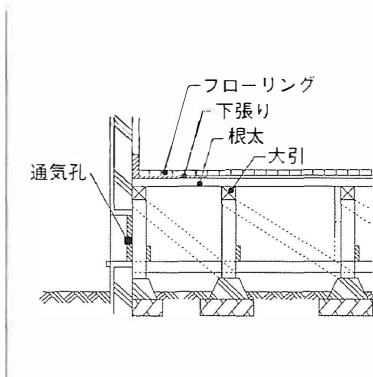


図2-5 木造組床（小野，1982より転載）

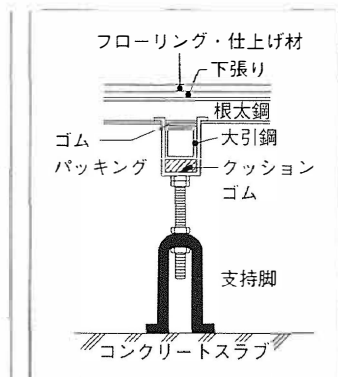


図2-6 金属下地組床（小野，1982より転載）



図 2-7 塗床 (小野, 1982 より転載)



図 2-8 張床 (小野, 1982 より転載)

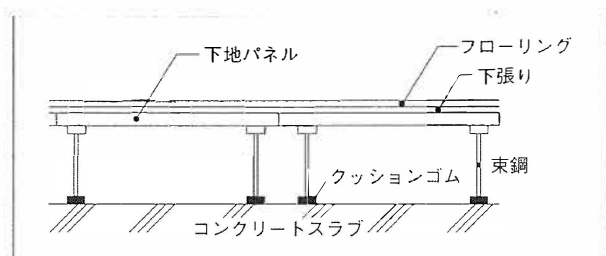


図 2-9 置床 (小野, 1982 より転載)

がないように、使用者の立場から状況を監視し、意見を述べていただきたい。体育・スポーツ指導者の目線は、体育館アリーナの床の固さや滑りやすさと児童生徒のスポーツ障害やスポーツ災害との関連に注がれるべきである。

転倒によって頭部を床に打ちつける場合を想定した体育館の床の安全性を検証するためには、許容限界衝突速度 ( $V_0$ , m/sec) とバネ定数 ( $k$ , kg/mm) を用いた直列連結モデルが用

いられる（図2-10、小林、1982）。人体頭部のバネ定数（ $k_1$ ）は一般に 100kg/mm，スポーツ活動中の転倒時の頭部の最大速度を 5m/sec 程度と仮定すると，床面が取るべきバネ定数（ $k_2$ ）が一次関数で求められる。疫学的な検証では，実際の体育館のバネ定数を多数測定し，災害が発生した体育館の値を重ねることによって，災害を最小化する体育館の床の固さが明らかになる。この方式は壁面や体育館内の構造物に対しても適用可能である。

運動時の走路となる床面には，走行に伴う衝撃を緩和（緩衝）して，膝や足関節を保護する働きが求められる。ヒトの運動が体育館の床面に与える力は，反作用として同じ強さでヒトの体

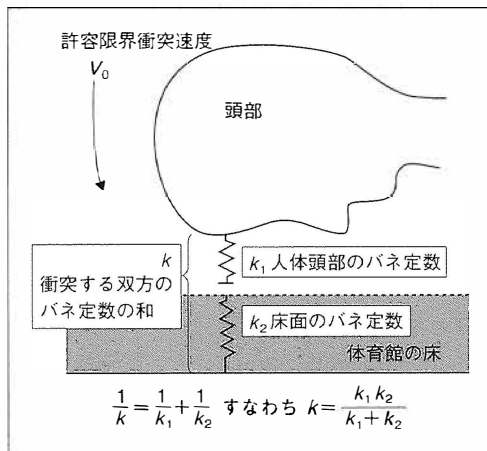


図2-10 転倒による頭部の損傷モデル（小林、1982より改変）

に作用している。この力は床反力と呼ばれ、関節や筋肉などの運動器に傷害やスポーツ障害を発生させる原因となることから、床反力の緩衝はスポーツ衛生学の重要な課題である。

床反力の緩衝は、床の構造に求める部分もあるが、運動動作の工夫で大幅に改善することができる。図2-11は、50cmの台から飛び降りて着地する際の床反力を記録したものである。実線は体を棒の落下のように着地させた際の記録であり、点線は衝撃を小さくするように工夫してフワッと着地させたときの記録である。これによって、着地直後の鋭いピーク波形は消失して緩衝することができたが、この方法でも0.1秒付近のなだらかなピークに対してはあまり影響がないことがわかる。

体育館の床の衝撃緩衝作用を考えるには、床の質量 ( $m$ ) と床面固有のバネ定数 ( $k$ ) を用いた一次元バネ質量振動系を解いて、次式によって固有振動周期 ( $T$ ) を求める (小林, 1982)。図2-11に示すように身体運動の床反力は、おおむね100Hzと10Hzにピークが来ることがわかっているので、 $m$  と  $k$  の設計値を調整して、 $T$  がこの値をとるような解を求めればよい。

$$T = 2\pi\sqrt{k/m}$$

もう一方の床反力緩衝手段は、靴と靴下である。特に靴底に用いられるゴムや発泡樹脂は、高周波の衝撃をよく緩衝する。衛生学では、このように施設設備や環境の調節で十分に対応できないときに個別の保護具で対応する。スポーツ種目にはそれぞれ固有の保護具が発達しており、サッカー選手が使っているシンガードのように、サッカーの魅力を高める働きを示した保

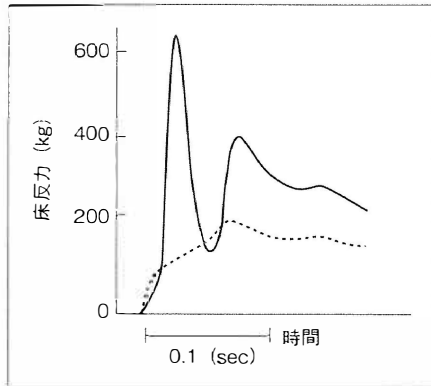


図 2-11 飛び降り時の着地動作の工夫による衝撃の緩衝 (小林, 1982 より改変)

護具も登場している。

氷の上では歩くことはおろか立つこともままならないことからわかるように、表面の滑りやすさを規定する要因は摩擦である。スポーツ・運動中に鞋底と体育館の床との間に生じる摩擦は、摩擦係数 ( $\mu$ ) と摩擦角 ( $\theta$ ) で表わされ、次の関係にある (図 2-12)。

$$\begin{aligned} \text{摩擦係数}(\mu) &= \text{滑る力} (F \text{ kg}) / \text{質量または重量} (N \text{ kg}) \\ &= \tan \theta \end{aligned}$$

実際の運動場面では、床面に加わる力の強さと方向が複雑に変化するので、表面の滑りやすさの指標である摩擦角を用いて摩擦円錐 (図 2-13) を想定し、キック力の地面反力が垂線と作る角度 ( $\alpha_1$ ) が  $\theta$  より小さいときには床は滑らず、 $\alpha_2$  のよ

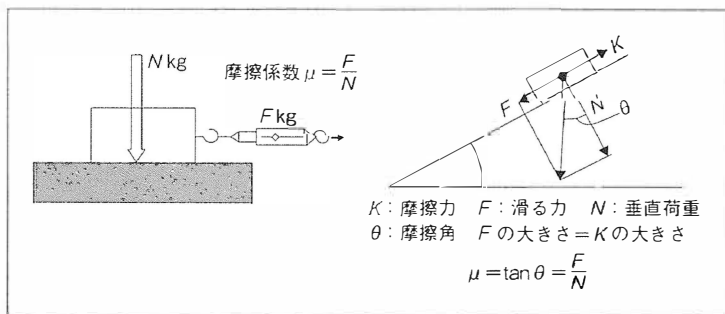


図2-12 摩擦係数 ( $\mu$ ) と摩擦角 ( $\theta$ ) との関係 (小林, 1982 より改変)

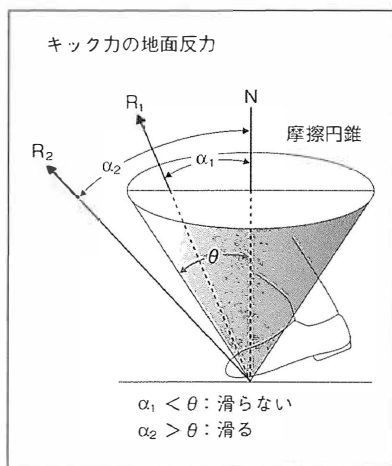


図2-13 運動中の床面の滑りやすさと摩擦との関係 (小林, 1982 より改変)

うに $\theta$ より大きいときに床が滑ると仮定する。すなわち、床面を蹴る力に対する地面反力が摩擦円錐の外側に出るときに靴は滑り、内側にあるときにはしっかりと床面をとらえることができる。当該体育館の用途や想定される使用者に応じて衝突や転倒のリスクが最小となる $\theta$ を設定することになる。極端に小さな $\theta$ が要求される種目に対しては、局所的にオーバーレイで対応することができる。

## 文 献

- ・ Blockley, WV: Temperature. "Biostrandtics Data Book" NASA, 1964.
- ・ Diepgen, TL and Mahler, V: The epidemiology of skin cancer, British Journal of Dermatology 146 (Suppl. 61): 1-6, 2002.
- ・ Bruce K. Armstrong, A, and Anne Krickler: The epidemiology of UV induced skin cancer, Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology 63: 8-18, 2001.
- ・ 小島正美：紫外線による眼の傷害について, 臨床スポーツ医学 20(9): 1083-1082, 2003.
- ・ 鈴木浩二：プール水深とスタート台の高さに関するガイドラインの目指すもの, 「水泳プールでの重大事故を防ぐ」, 財団法人日本水泳連盟編, ブックハウスHD, 東京, pp.64-69, 2007.
- ・ 山本 浩：水泳プールの給・排水口事故の実態とその予防, 「水泳プールでの重大事故を防ぐ」, 財団法人日本水泳連盟編, ブックハウスHD, 東京, pp.34-42, 2007.
- ・ 野村照夫：バイオメカニクスからみた飛び込み事故の特徴と予防への提言, 「水泳プールでの重大事故を防ぐ」, 財団法人日本水泳連盟編, ブックハウスHD, 東京, pp.70-76, 2007.
- ・ 田神一美：水泳プールのダニ, 「ダニの生物学」, 青木淳一編, 東京大学出版会, 東京, pp.407-418, 2001.
- ・ 柳沢昌俊, 島 喜八：学校屋内運動場の現状と問題点, 財団法人日本体育施設協会編, 「学校屋内運動場の整備指針」(ほるぷ体育スポーツ科学選書12), ほるぷ出版, 東京, pp.42-62, 1982.

- ・小林一敏：学校屋内運動場の運動力学上の諸問題，財団法人日本体育施設協会編，「学校屋内運動場の整備指針」（ほるぶ体育スポーツ科学選書12），ほるぶ出版，東京，pp.121-159，1982。
- ・小野英哲：学校屋内運動場の床，財団法人日本体育施設協会編，「学校屋内運動場の整備指針」（ほるぶ体育スポーツ科学選書12），ほるぶ出版，東京，pp.268-319，1982。
- ・文部科学省大臣官房文教施設企画部：公立学校施設実態調査報告（平成17年度），2006，東京，（[http://www.mext.go.jp/a\\_menu/shotou/zyosei/06071915.pdf](http://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/zyosei/06071915.pdf)）