

人間と暖房(Ⅲ)

— 床暖房をめぐる今後の課題 —

サンポット株式会社技術部長 三ツ谷 弘 毅

床暖房の今後の課題

前稿でも述べたように、床暖房は次第に普及しつつありますが、その技術としてはまだ完成したものとはいえません。熱源だけでみれば、電気式、温水式に大別されるものの、システムとしては多岐にわたっています。そのため、さらに床暖房を普及していくためには、未解決の技術課題を整理し、それらを一つ一つ解決するとともに、ユーザーのさまざまなニーズに応えるものにしていくことが必要です。

それらの技術課題をおおまかに整理すると以下の項目があげられます。

◎システムの耐久性

建築設計事務所などで設計するとき、温水床暖房で用いる温水パイプの耐久性が問題とされます。このことは、過去に金属パイプを使用したシステムが、腐食や接合部の溶接不良から水漏れを起こし、大きな問題となったことがあるからです。日本は地震国であることから、温水パイプなどシステム構成部材の耐久性の向上が求められています。

◎床暖房用フロア材の開発

エンドユーザーから、床暖房をしたいが、じゅうたんやカーペットではゴミや埃が舞上がったたり、ダニや微生物が繁殖しやすくなるとの指摘があります。また、自然感のある木質のフローリングにしたいが音が響いたり、床が固くなったり、木の耐久性が心配だと言う人もいます。

床材の開発が進み、木質フロア材の寸法安定性の追求から、複合フローリングなどを中心とした

床暖房用フロア材が普及してきていますが、まだ耐荷重性、耐摩耗性、表面強度、弾力性などで十分なものとはいえないのが現状です。

◎コストと性能のPR

床暖房は他の暖房方式と比較しコストが高いといわれています。しかし、床暖房システムは、構造および暖房方法において、これまでの床より優れた性能をもたせているため、どうしてもイニシャルコストは高めとなりがちです。しかし、敷設床面積が大きい場合、イニシャルコストは高くとも省エネルギー性が大きいいため、ランニングコストは安く、トータルコストとしては決して高いものにはなりません。むしろ、熱放射面の耐久性が高いため後年負担は少なくなり、総合コストでは一番安くなります。

これらのことを、消費者に正確な比較データに基づいて提示していくことが必要です。

◎床暖房システムの安定性、安全性の追求

現状のシステムは、熱源構成を中心とした考え方となっています。たとえば、一台の熱源器でシステム全体を動かすという考え方では、故障やメンテナンスの場合、システムが停止してしまう危険があります。このため、多少の異常が生じて、システムが停止しないようなシステムや操作性の改善が必要です。

また、必要以上の高温熱媒体による低温火傷の問題が発生しております。このため、システム関連部材の安全性の追求、温水温度の制御などシステム全体の安全なコントロール機能の向上が必要です。

◎床機能の追求

放熱面である床が金属パネル方式やRC埋設方式の場合、床は弾力性を欠き、転倒時の怪我の発生が増え、歩行感が悪くなる傾向となります。このため、使用目的に適合した床性能、機能の追求が必要です。

◎設計、施工、管理方法の追求

システムの特性、熱的特性をふまえた設計・施工・運用管理方法の確立が求められています。

これからの床

これまで暖房について述べてきましたが、本来の床そのものについて少し触れたいと思います。現在、床をめぐるニーズは多様化してきています。たとえば、防音床はマンション、集合住宅ではなくてはならないものとなってきており、平成3年度では499万㎡の需要があり、年々増加しています。また、事務所、OAフロアではフリーアクセスフロアの需要が増加し、その需要は平成3年度で484万㎡となっています。さらに、新しい機能をもった床、床構造の開発、複数の機能をもった（たとえば、防音と床暖など）多機能床材、床構造が求められる情勢となっています。

床は、建物の中で常に人間が特別な意識をもたないで触れている部分です。そこで、床暖房での技術課題を含めて床そのものの性能について少し紹介したいと思います。

東京工業大学小野研究室では、床の安全性と快適性について、さまざまな角度から先端技術を用いた装置を開発し、科学的に明らかにしていこうとしています。そのテーマはより安全で快適な床環境の創造をめざしたもので、使用目的に合った床性能に基づいた床構造の提案が各方面から期待されています。

表1は床の構成材料とその機能について示したものです。床は構造材料、クッション材、下地材、床表面材（仕上げ材）から構成されています。そして床を総合的に評価するためには、まず床の要求性能を求める必要があります。建物の使用目的、床の用途によってそれぞれ要求性能は異なっ

表1 床構成部とその要求性能

構成部分	要求性能
1. 床組み材	<ul style="list-style-type: none"> ・荷重の支持 ・上下階の空気音の遮断 ・上下階の衝突音の遮断 ・上下階の振動の伝播の遮断、緩和 ・上下階の止水性確保 ・荷重の分散 ・床の硬さ、剛性を確保
2. クッション材	<ul style="list-style-type: none"> ・面で荷重を支える ・振動を遮断 ・空気音を遮断 ・下地材の保持 ・歩行時の衝撃を緩和 ・転倒時の衝撃を緩和 ・床組みの不陸を吸収 ・クリープに注意する ・床衝撃音を遮断
3. 床仕上げ材	<ul style="list-style-type: none"> ・室内を美しく ・歩行感を良くする ・足ざわりを良くする ・安全性を有する ・清掃性の確保 ・ホコリを出さない ・ダニを発生させない ・吸音・反響 ・クリープに注意する

ています。その床の要求性能は表2に示したとおりです。これらの性能から、床材料、床構造の研究、開発は進められるべきです。

床暖房においても、このような要求性能を満足させるものでなくてはなりません。したがって、床暖房は暖房設備の一つであるとのイメージから脱皮し、床として必要な機能の一部であるとの認識でとらえていく必要があります。

床の機能と性能として考えられる課題としては以下の項目があげられます。

①機能として

床暖房、防音、遮音、不帯静電性、帯ほこり防止性、電磁遮蔽性、耐薬品性、耐熱性、不振動性、配線性、微生物の繁殖防止性

②性能として

転倒安全性、弾力性、歩行感、運動性、防音性、防振性、美感、清潔性、施工性、メンテナンス性

このほか、現在床には木質系フロアが好まれて使用されるようになってきましたが、同時に木質

表2 建築物の床に要求される性能項目など

	性能項目	影響を及ぼす主な事項
居住性からみた性能	弾力性 (緩衝性+反発性)	運動・動作時けが, 疲労, 運動性
	かたさ (表面, 歩行時, 転倒時など)	感触, 痛さ, キャスター走行性, 疲労, 歩行感, 転倒時けが
	不振動性	揺動感, 不快感, 作業性
	すべり	歩行感, 疲労, けが, やけど
	あらさ	触感, 痛さ, 傷つき
	平坦性	歩行感, つまずき, 美観
	表面温	触感
	断熱性	温冷感, 冷え, やけど
	色・光沢・模様・質感	美観
	耐汚染性	美観, 健康
	不帯ほこり性	健康
	不帯静電性	不快感
	不結露性	転倒, 触感
	不帯微生物性	健康
	非吸水・吸湿性, 防水性	健康, 触感
	清掃性	健康, 清掃労力
	吸音性	喧噪感
	発音性	喧噪感, 運動意欲
	遮音性	喧噪感
	臭気・ガス不発生性	健康, 不快感
有毒ガス不発生性	人命	
機器・物品からみた性能	かたさ	機器移動性・安定性
	すべり	機器移動性・安定性
	不振動性	保全, 生産, 作業障害
	断熱性	保全
	平坦性	機器移動性
	耐汚染性	保全
	不帯ほこり性	保全, 生産, 作業障害
	不発塵性	保全, 生産, 作業障害
	不帯静電性	保全, 生産, 作業障害
	不結露性	保全
	不帯微生物性	保全
	非吸水・吸湿性, 防水性	保全
	吸音性	生産・作業障害
	発音性	生産・作業障害
遮音性	生産・作業障害	
臭気・ガス不発生性	保全	
耐久・耐用性からみた性能	力学的安定性	変形, 破壊
	耐局部変形	くぼみ発生
	変形回復性	くぼみ残留
	耐衝撃性	変形, 破壊
	耐摩耗性	損耗, 凹凸発生
	耐傷性	損耗
	耐水性	力学的特性の低下
	耐熱性	力学的特性の低下
	耐火性	焼け焦げ, 引火, 火災
	耐候性	変退色, 特性の変化
	耐薬品性	変退色, 損耗, 特性の変化
	耐剥離・ふくれ性	剥離, ふくれの発生
	耐膨張・収縮性	凹凸の発生, 破壊
	耐虫害・菌害性	力学的特性の低下
施工性	施工のしやすさ	
	施工の精度	
	工期	
経済性	材料費	
	施工費	
	維持・管理費	

表3 官能検査試験項目

項目	感覚(性能)	嗜好(好み)
歩行時の床の軟らかさ	軽く足踏みをしてどちらが軟らかいと感じますか	軽く足踏みをしてどちらの軟らかさが好きですか
歩行時の滑り易さ	歩行したとき、どちらが滑り易いと感じますか	どちらの滑り具合が感じが良いですか(転倒の危険性を考慮)
足ざわり	歩行したときどちらの方が足ざわりが良いと感じますか(疲労感、トゲの不安)	表面の感じとしてはどちらの方が好きですか
表面仕上げの高級感		表面の高級感はこちらの方があると思いますか(目視で判断して下さい)
重量感	手で叩いたり足でドンドン踏んでみて、どちらの方が重量感がありますか	手で叩いたり足でドンドン踏んでみて、どちらの感じが好きですか
総合判断	あなたなら、どちらの床を選びますか	主としてどの項目で良いと判断しましたか

材料の良さを、つまり人間と木材とのかかわりを科学的に明らかにしていくことが必要です。それらの追求項目としては、木質材料の人間への心理的効果、感性、やすらぎ感、ゆらぎ感などがあげられます。また、やがて訪れる、高齢化・福祉時代への対応として、床環境と快適感、身体へのやさしさと安全性、やすらぎ感などの検討項目があげられます。表3は床の官能試験項目を示しています。

加えて、省エネルギーと地球環境改善に対しては、低温暖房、廃棄エネルギーの利用、産業廃棄物の利用などを追求していく必要があります。

床機能、床性能の測定について

床暖房は暖房における快適性、省エネ性を追求するだけでなく、本来床として要求される機能、性能をも満足させることが必要です。

そこで床に要求される性能を測定する方法として、先駆的に研究している東京工業大学の小野研究室が開発した性能試験装置について簡単に紹介したいと思います。

◎床の弾力性の評価

弾力性は運動動作を行う体育館の床などに要求される重要な性能です。この評価方法は鋼製下地体育館床のJIS規格(JIS A 6519)にも採用されているものです。

図1はその弾力性試験装置を示したものです。

この装置は重錘の自然落下とゴムばねの組合せによって、人間が跳躍し着地した時の床に与える動的荷重とほぼ同じ荷重を床に与え、床の挙動を測定するものです(写真1)。この試験によって床への荷重、荷重変形などを求め、床の弾力作用、緩衝作用、反発作用、および振動の減衰作用から床の安全性、運動機能性を評価するものです。

図2は弾力性試験機で得られた緩衝効果値と運動障害経験率との関係を示します。

近年、週休2日制の導入に象徴されるように、労働時間が短縮され、また国民の健康維持に対する関心の高まりなどから、スポーツをするなど何らかの体力づくりをする人が増加しています。

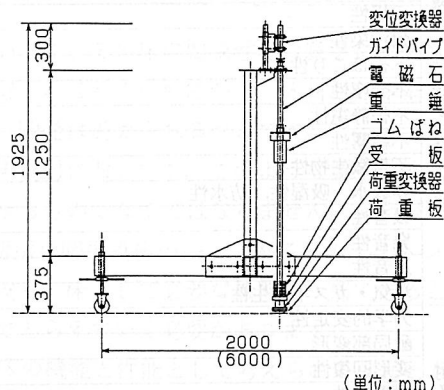


図1 JIS A 6519床の弾力性測定装置

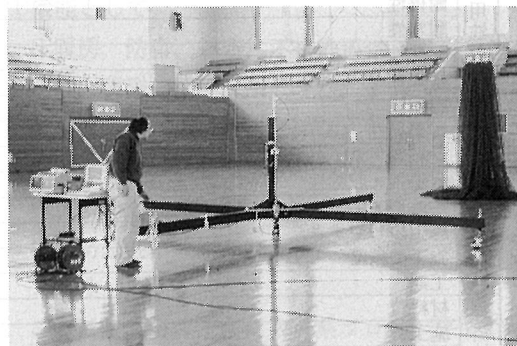


写真1 体育館での弾力性の測定

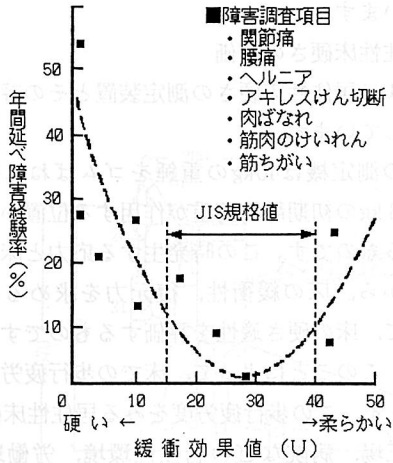


図2 緩衝効果値と障害経験率の関係

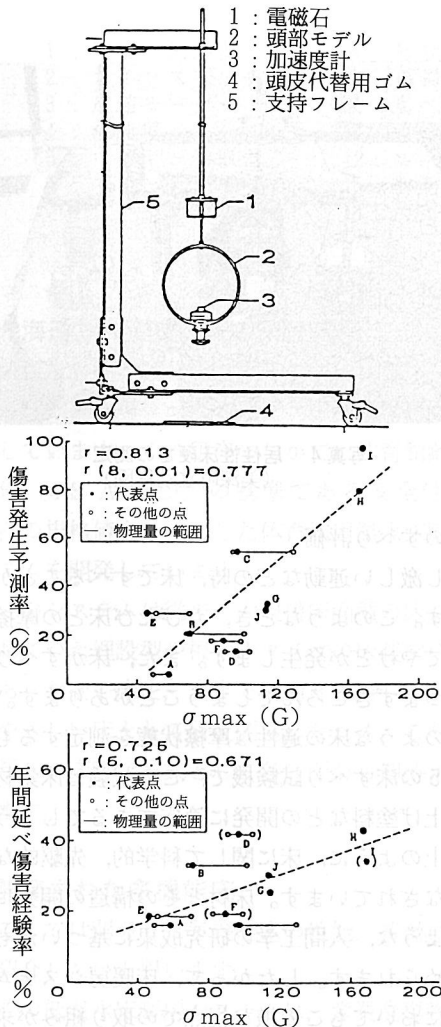


図3 転倒衝突時の床硬さの測定方法

しかし、同時に運動による傷害（アキレスけん切断、肉ばなれなど）の発生も急増しています。

体育設備の床には、運動機能性と運動時の安全性が求められます。現在の体育施設の床のなかにはこのような性能が十分に考慮されていないものもあり、今後運動施設の床には使用目的に合った床の機能、性能が求められます。

◎転倒衝突時硬さの評価

図3は転倒衝突時の床の硬さ試験機と障害発生率を示しています。この装置（写真2）は人がつまずいたり、すべったりして転倒し、床に身体各部を衝突させた場合の傷害発生の観点から床の硬さを測定するものです。

建物における傷害を負う事故は、床上での転倒

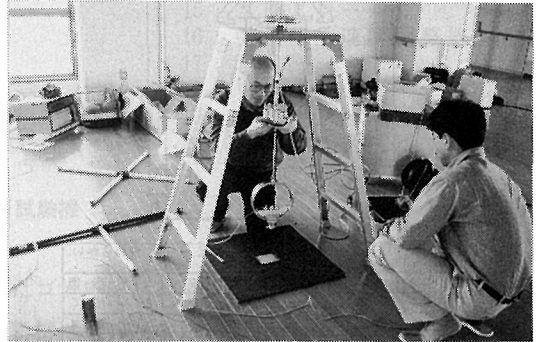


写真2 転倒衝突時硬さの測定
(標津町特別養護老人ホーム)

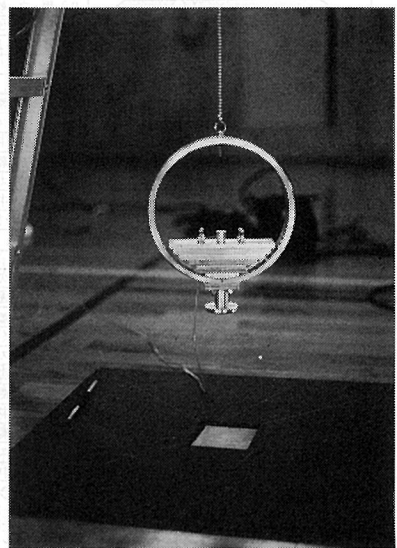


写真3 ヘッドモデル

衝突事故による死亡者は、年間1,400人であり、重度や中程度の負傷者はその50~100倍であり、しかも年々増加傾向にあるとされています。したがって、これからの床材料、床構造にはこのような転倒衝突安全性能をもったものが求められます。

写真3は人間の頭部に近似させたモデルです。これは転倒時に床に頭を衝突させた場合を想定したもので、このほかに肘、膝などのものも研究さ

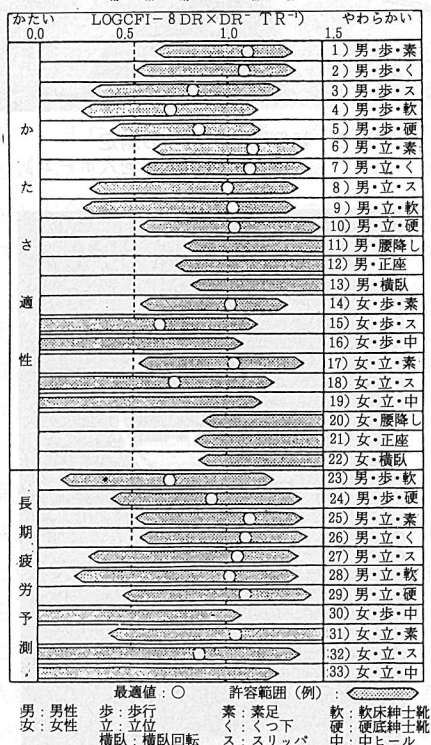
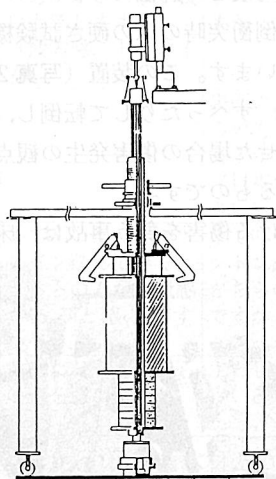


図4 居住性床硬さの測定方法

れています。

◎居住性床硬さの評価

図4は居住性床硬さの測定装置とその評価方法を示しています。

この測定機は40kgの重錘をゴムばねに押しつけ、3kgの初期静的荷重が作用する位置から落下させるものです。この時発生する応力と床の垂直変位から、床の緩衝性、復元力を求めることによって、床の硬さ適性を評価するものです(写真4)。このことによって、床での歩行疲労度を評価します。この歩行疲労度をみる居住性床硬さ試験は工場、病院などの居住性環境、労働環境の改善、効率化にとって今後重要な性能となります。

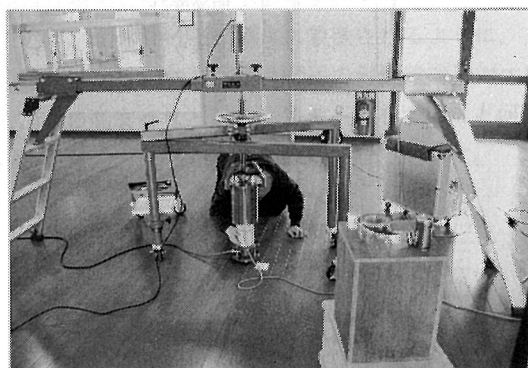


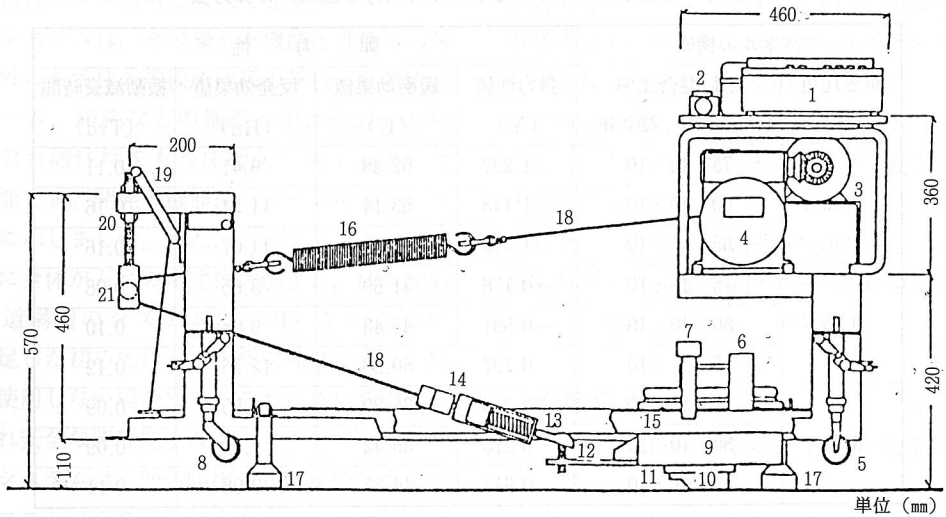
写真4 居住性床硬さの測定 (美深町立幼稚園)

◎床のすべり評価

少し激しい運動などの時、床ですべることがあります。このようなとき、たびたび床との摩擦によってやけどが発生します。また、床がすべりすぎてつまずきころんでしまうことがあります。

このような床の適性な摩擦状態を測定するものが図5の床すべり試験機で、この試験は床素材、床仕上げ塗料などの開発に適用できるでしょう。

以上のように、床に関して科学的、先駆的な研究がなされています。床材とその構造の開発にはこのような、人間工学の研究成果に基づいたものが求められます。したがって、床暖房システムの開発においてもこの様な視点での取り組みが求められます。



- | | | |
|--------------|------------------|----------------|
| 1 : 増幅, 記録器 | 8 : 移動用車輪 | 15 : ガイドレール |
| 2 : メインスイッチ | 9 : 重錘 (80kg) | 16 : 引張荷重速度調整器 |
| 3 : 定速モーター | 10 : すべり片 | 17 : 固定脚 |
| 4 : 減速器 | 11 : すべり片受台 | 18 : ワイヤー |
| 5 : ワイヤー巻取器 | 12 : ユニバーサルジョイント | 19 : ガイドレール昇降器 |
| 6 : スタートスイッチ | 13 : 初期荷重調整器 | 20 : 引張角度調整器 |
| 7 : ストップスイッチ | 14 : 荷重変換器 | 21 : 滑車 |

図5 床のすべり試験機

北海道立林産試験場の床研究

北海道立林産試験場は、床のアメニティー（快適性）向上をテーマにしたプロジェクト研究を実施しています。その研究のなかで、体育館鋼製床下地（JIS A 6519）の基準である安全性や快適性の規格値をクリアした体育館用温水床暖房システムを開発しています。

このシステムは従来、大規模床面積の床に敷設されていた埋設型や根太床タイプの床暖房の欠点であった硬い床を、安全で緩衝性を持った、人間にやさしい床として研究開発したため、これからの新しい床暖房方式として各方面から期待されています。

開発された多機能床

ここでは開発した多機能床の性能、特徴について紹介したいと思います。

この低温水床暖房システムは、産業廃棄物である廃タイヤからのゴムチップと木チップを配合し

たゴムチップパネルから構成されています。この素材はゴムと木材のリサイクル材料を原料としています。リサイクル製品とはかく採算がとれず、事業としては向かないものが多い中で健闘しています。このクッション性をもった素材をベースに、温水パイプと放熱板とで構成されています。パイプは線状構造をもつ高密度ポリエチレンを架橋し、網目構造に改質したプラスチックが採用されています。このパイプは熱的、機械的、化学的性質を飛躍的に向上させ、耐久性において大変評価が高いものです。

また、このゴムチップパネルは、表4のように比重や配合比を変えることによって任意に弾力性、緩衝性を設計できます。このため、防音性・振動吸収性・衝撃吸収性・緩衝性・弾力性・歩行疲労防止性をもった、安全で快適な多機能床となります。また体育館用の鋼製床下地のものは（図6）、裏面の鋼製部材を少なくし、熱ロスを小さくさせています。温度変化による構造体の動き

表4 木質小片・ゴムチップパネル(厚さ22mm)の弾力性

パネルの構成		弾力性			
かさ比重	原料混合比率 ゴム:木:接着剤	弾力性値 (Y)	緩衝効果値 (U)	反発効果値 (Ra)	振動減衰時間 (Tvd)
0.60	75:15:10	-1.237	52.38	9.41	0.11
	80:10:10	-1.148	53.14	11.54	0.16
	85:5:10	-1.418	56.55	14.07	0.16
0.65	75:15:10	-0.178	31.69	3.65	0.08
	80:10:10	-0.591	45.43	9.05	0.10
	85:5:10	-0.797	50.23	12.26	0.12
0.70	75:15:10	-0.216	35.20	4.85	0.09
	80:10:10	-0.215	39.42	7.31	0.09
	85:5:10	-0.614	46.27	9.98	0.11

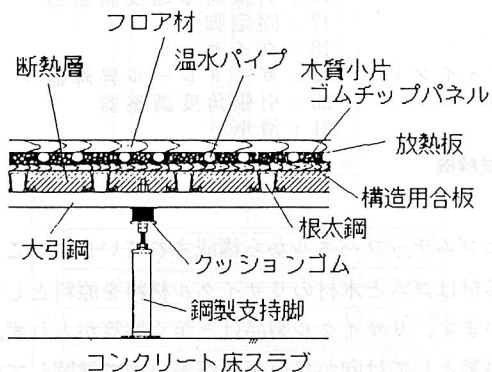


図6 体育館温水床暖房用床構造

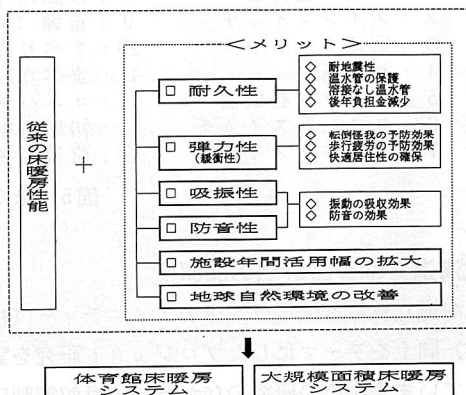


図7 開発された多機能床のメリット

表5 開発床暖房システムの用途

システム名称	床仕様	適用規格	性能	用途
(1) 体育館用	鋼製床	JIS A 6519, SS-900-2	JIS規格合格品	各アリーナ用
	一般床	-	JIS規格近似品	
(2) 剣道場用	鋼製床	JIS A 6519, SS-1200K-R	JIS規格合格品	剣道競技用
	一般床	-	JIS規格近似品	
(3) 柔道場用	鋼製床	JIS A 6519, SS-1400R-S・R	JIS規格合格品	柔道競技用
	一般床	-	JIS規格近似品	
(4) RC直貼り用	RC床	-	転倒安全性・歩行疲労改善対応	RC床への直接敷設用
(5) 根太床用	根太床	-	転倒安全性・歩行疲労改善対応	根太床への敷設用

は、弾力性のゴム材料で吸収します。

このシステムは、その優れた機能と性能から体育館以外にも各種大規模床面積の学校、幼稚園、老人ホーム、病院などの施設の床に敷設した場合、優れた居住性をもつ床暖房システムとして応用可能です。開発多機能床システムのメリットを図7に示しました。また、このシステムは表5のように全体が五つの用途に大別され、体育館および武道場用のシステムは、JIS A 6519の性能を満足した初めての温水床暖房構造であり、鋼製床を使用しない場合でも、それなりに弾力性が維持され安全な床性能となります。

このシステムは、他の暖房方式と比較してインシヤルコストはやや高めですが、燃料コスト、メンテナンスコスト、後年負担費用などは格段に安くなるため、7～8年でインシヤルコストの差は償却できるため、長期的にみれば性能や機能が優れ、しかも経済的なものといえます。また、一般床の場合にも、従来のものと比較し転倒安全性や歩行疲労性が向上し、快適で安全な床性能となります。

おわりに

建築物の断熱気密仕様が著しく改善されてきていますが、これまでとは異なった性能、機能をもった床材、床構造のニーズが増加してくるものと思います。今回、北海道立林産試験場で研究開発されたものは、次世代の多機能床として注目され、床暖房の施工実績も次第に増え、公共物件でも採用され好評を得ています。今回のシステムを用いた施工例でも、美深町立幼稚園では、床の弾力性や室内環境の快適性で園児や職員の方々に好評を得ています。また道内の建築関係者が大勢見学に訪れています。秋田県の太田町立ふるさと館では、多機能床としての床暖房の快適性と安全性が評判となり、客数は約30倍に増加し、客の整理

に苦勞しているほどです。一般家庭用のシステムも従来のものがない、弾力性と安全性の高い快適な床となったとの好評を得ています。

このシステムは次世代への理想的暖房システムとして、とくに多機能床と低温床暖房は、今後ますます普及することと思います。

以上、人と暖房との関係を通して、より快適な暖房環境を消費者に提供するものの立場から述べさせていただきました。(完)

参考資料

- 1) 小野 英哲：日本建築学会論文報告集，No. 321，1 (1982)
- 2) 小野 英哲：日本建築学会構造系論文報告集，No.373，9 (1987)
- 3) 小野 英哲：日本建築学会構造系論文報告集，No.396，1 (1989)
- 4) 澤田 哲則：日本木材学会北海道支部講演集，No.22，36 (1990)
- 5) 澤田 哲則：日本木材学会北海道支部講演集，No.23，40 (1991)
- 6) 澤田 哲則：日本木材学会北海道支部講演集，No.24，24 (1992)
- 7) 澤田 哲則：林産試だより，No.5，5 (1993)
- 8) 池田 茂：ゆか，No.1，38 (1991)
- 9) 松本 大治：ゆか，No.11，4 (1991)
- 10) 尾籠 豊司：ゆか，No.3，87 (1992)
- 11) 三上 正樹：豊かな住いづくり，No.51，73 (1989)
- 12) 横山真太郎：豊かな住いづくり，No.53，59 (1991)
- 13) 草場 豊司：床材総覧 ゆか，82 (1992)
- 14) 新穂 栄蔵：ストーブ博物館，北海道大学図書刊行会
- 15) ㈱学習研究社：ふく射熱暖房をかんがえる

社団法人 北海道林産技術普及協会では機関誌ウッドエイジ
(B5版)の特集号を頒布していますのでご利用下さい。

価格はいずれも実費 ()内は送料

・特 集 号

カラマツを使ってみませんか※	(昭和56年)	25頁	400円	(175円)
Theおがこ	(昭和58年)	26頁	400円	(175円)
窓(木製サッシの実用例集つき)※	(昭和59年1月号)	35頁	700円	(250円)
木材工業とマイコン※	(昭和59年11月号)	17頁	340円	(175円)
木製軽量トラス※	(昭和59年12月号)	16頁	320円	(175円)
木の良さ再発見	(昭和60年1月号)	22頁	300円	(46円)
今なぜ広葉樹か※	(昭和60年3月号)	22頁	440円	(175円)
カラマツ・セメントボード※	(昭和60年10月号)	43頁	860円	(250円)
単板積層材※	(昭和60年11月号)	30頁	600円	(250円)
キノコ(その1)※	(昭和61年3月号)	29頁	500円	(46円)
木材の農畜産業への利用※	(昭和61年5月号)	27頁	540円	(250円)
「木の家」百年持たせませす※	(昭和61年9月号)	23頁	460円	(175円)
キノコ(その2)※	(昭和61年11月号)	23頁	600円	(46円)
林産試験場の成果※	(昭和62年1月号)	43頁	860円	(250円)
林産試験場移転整備※	(昭和62年5月号)	25頁	500円	(175円)
日曜大工のすすめ※	(昭和62年6月号)	24頁	480円	(175円)
木造住宅の保守管理※	(昭和62年12月号)	23頁	460円	(175円)
木の良さ・木の香りを教室へ※	(昭和63年7月号)	33頁	660円	(250円)
木質飼料※	(昭和63年10月号)	17頁	340円	(175円)
第38回木材学会大会の概要※	(昭和63年11月号)	33頁	660円	(250円)
最近の木工機械と刃物	(昭和63年)	47頁	500円	(51円)
わかりやすい木材乾燥	(平成元年)	38頁	1,500円	(51円)
木造住宅の良さ	(平成元年2月号)	26頁	800円	(46円)
道立林業試験場・道立林産試験場 試験研究のあらまし	(平成元年11月)	35頁	600円	(46円)

註：品切れの場合はコピーになります。※印はコピー。