

木製住宅部品の性能とその評価

伊藤 勝彦

北海道住宅新聞社主催による第三回寒地住宅学校が、平成 7年 2月14日から17日まで札幌市で開催されました。本稿はこの講習会で使用したテキストから、主催者、講演者の了解を得て転載させていただきます。

木製サッシ

サッシとは、あらかじめ枠と建具が製作、調整されており、現場取付の際、1個の構成材として扱える建具およびはめこし建具をいいます。

現在、わが国の住宅用サッシはアルミニウム、プラスチック（PVC）、木材でできているものがあります。アルミサッシは昭和の初期に商品化され、その気密性の良さから、それまで一般的であった木製の窓をあっという間に駆逐してしまいました。以来、サッシといえばアルミ製で、現在もその全国シェアは90%以上を占めています。

しかし、近年の居住環境の快適性の要求と省エネルギーの実現という目的のために、建物の外装部位では最も熱性能的に弱点である開口部に目が向けられてきました。そして、アルミ製よりも熱的性能が優れたものとして、プラスチックサッシ（PVCサッシ）が商品化され、住宅の高断熱・高气密化と相まって急速に普及しています。

北海道では、都市部を中心に新築の木造住宅の70%以上をPVCサッシが占めています。また、シェアは小さいのですが木製サッシも商品化されています。木製サッシは、輸入品の流れと、国産品の流れがあります。輸入品の多くはメンテナンスフリーを目的として、木材の外側にアルミのカバーを付けたもの、ビニールで覆ったものです。国産品は、北海道での住宅の高断熱・高气密化を実現するために商品化されたものです。これらの木

林産式だより1995年11月号

表1 サッシの使用量（%）

	全 国	北 海 道
アルミ製	91.7	19.7
鉄製	0.3	0.4
プラスチック製	7.5	78.5
木製	0.2	1.2
その他	0.2	0.4
データ数	9,499	780

住宅金融公庫融資住宅等規模規模調査（平成元年度）

表2 木製サッシの需要動向

年	全 国	北 海 道	
	木製サッシ(窓) 全窓に対する 割合 (%)	木製サッシ(窓) 全窓に対する 割合 (%)	樹脂サッシの全 窓に対する割合 (%) 外窓のみ
1985	18,200 (0.08)	4,500 (0.5)	20
1986	23,000 (0.09)	5,500 (0.6)	--
1987	37,600 (0.1)	7,500 (0.6)	30
1988	58,700 (0.2)	9,700 (0.7)	40
1989	75,500 (0.2)	11,000 (0.9)	45
1990	100,000 (0.3)	15,000 (1.1)	50
1991	150,000 (0.6)	27,000 (2.8)	75

全国の木製サッシの70%が輸入サッシ
 国産木製サッシの約半分が北海道で生産
 北海道の木製サッシに輸入サッシは含まれない

製サッシは建具の概念を抜けて、純木大断面のサッシにペアガラス、トリプルガラスを搭載した高性能を目指したものです。

昨今は、高断熱、高气密が寒冷地だけのテーマにとどまらず、資源エネルギー問題や環境保全の観点からも木製サッシがクローズアップされ、PVCサッシとともに確実にアルミサッシの市場を侵食しています(表1,2)。

ここでは、国産の木製サッシについて述べます。

サッシに求められる性能

窓には、次のような機能が求められています。

開口部としての機能	壁としての機能
採光	断熱
日照	気密
眺望	水密
通風	耐風圧
換気	遮音
出入口	防御

一般に、わが国の窓は開口部としての機能が重視され、壁としての機能がなおざりにされてきました。これは、わが国の住宅が開放型であったことと無縁ではありませんが、これからの窓は壁としての機能をいかに高めるかが目標になります。現在、どのような性能が求められているか、サッシの日本工業規格の規定と住宅側からの要求性能でみてみます。

日本工業規格「サッシ JIS A 4706」は建築物の外壁の窓として使用するサッシについて規定しています。

サッシの主な材料としては、アルミニウム合金、硬質ポリ塩化ビニール(PVC)の2種類が対象となり、木質は対象になっていません。

具備すべき性能によって、次のような種類があります。

普通サッシ：耐風圧性、気密性、水密性、開閉力、戸先強さなどの性能を備えている。

防音サッシ：普通サッシの性能のほかに、遮音性を備えている。

断熱サッシ：普通サッシの性能のほかに、断熱性を備えている。

性能項目による等級は、表3のようになっています。

表3 性能項目による等級

性能項目	等級	等級との対応値
耐風圧	80	最大加圧圧力(Pa) 800
	120	1200
	160	1600
	200	2000
	240	2400
	280	2800
気密性	360	3600
	120	気密性等級線 120 等級線
	30	30 等級線
	8	8 等級線
水密性	2	2 等級線
	10	圧力差(Pa) 100
	15	150
	25	250
	35	350
遮音性	50	500
	25	遮音等級線 Ts-25 等級線
	30	Ts-30 等級線
	35	Ts-35 等級線
断熱性	40	Ts-40 等級線
	0.22	熱貫流抵抗($m^2 \cdot K/W$) 0.2150以上
	0.25	0.2494以上
	0.28	0.2838以上
	0.34	0.3440以上
0.43	0.4300以上	

表4 熱貫流率と等級

熱貫流率 (K値)	等級
4.0	0.22
3.5	0.25
3.0	0.28
2.5	0.34
2.0	0.43

この規格での断熱等級は、熱貫流抵抗 (R 値) によっているが、一般には、従来単位による熱貫流率 (K 値) が用いられています。この規格の等級との対比は、表4のようになります。

これらの等級は別に規定されている、次のような試験法に従って求めます。

JIS A 1514 - 93	建具の結露防止性能試験法
1515 - 94	耐風圧試験法
1516 - 84	気密性試験法
1517 - 84	水密性試験法
1520 - 88	遮音試験法
4710 - 89	断熱性能試験法

これらの等級は、建物の性能要求とどう対応しているのでしょうか。性能項目別に見てみます。

耐風圧性：耐風圧性は最大加圧力によって等級が決めます。建築基準法施行令第87条に規定されている“建築物への風圧力”を参考にして、サッシの等級を選ぶ例が多いようです。ベタリーピングの木造住宅用サッシでは、120または160等級とされています。これを風速に換算すると、おおよそ44または50 m/minになります。

気密性：これは内外に10 Paの圧力差がある時の窓面積当たりの相当通気量 ($\text{m}^3/\text{h} \cdot \text{m}^2$) を示したものです。住宅用サッシは30等級以上、ビル用は8等級以上で、エアタイトサッシ (気密サッシ) は2等級の性能を有するものとされています。しかし、8等級や30等級の窓で高气密住宅をつくることはできません。

水密性：圧力を加えて水を吹き付けても漏水しないレベルです。住宅では15等級が標準で、高く

ても25等級まで、ビル用で35等級が標準になります。

遮音性：25等級以上が防音サッシになります。

断熱性：建設省の新省エネルギー基準では

地域	K 値
	2.0以上
	3.0以上
	4.0以上
	5.6以上

を推奨しています。この数値は、住宅金融公庫開口部断熱構造工事でも同じです。なお、北海道が推奨する北方型住宅では、K値2.0とされています。

木製窓の性能基準

木製窓に関する規格はまだありませんが、前述した規格を使って性能試験が行われています。ベタリーピング認定のほか、全国木製サッシ協議会、北海道木製窓協会が独自の基準をつくっています。それは表5のようなものです。

木製窓の性能

北海道立林産試験場で性能試験を行った、サッシの性能を以下の図に示します。

図1に断熱性能をサッシの材料、ガラス構成の違いによる熱貫流率で示しました。

表5 木製窓の性能基準

	耐風圧性 (等級)	気密性 (等級)	水密性 (等級)	遮音性 dB	断熱性 Kcal/mh°C	備考
普及型						全国木製サッシ協議会 低層住宅 中層
C	120	30	15			
B	160	8	15			
A	240	8	25			
断熱型						ベタリーピング
S型		2				
1型	120	2	15			
2型	or	2	or			
3型	160	8	25			
4型		8				
寒冷型						北海道木製窓協会
C	160	0.5	25		2.3	
B	280	0.5	35		1.8	
A	280	0.5	35		1.5	
防音型	280	1	35or50	25		

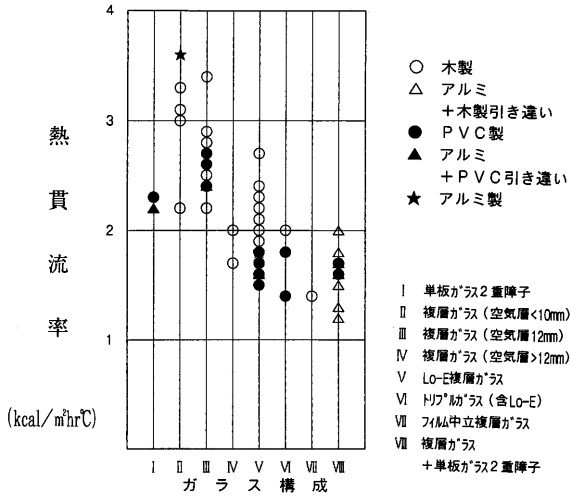


図1 サッシの断熱性能

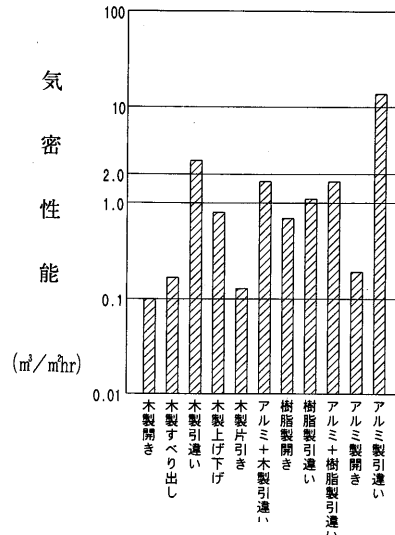


図3 サッシの気密性能

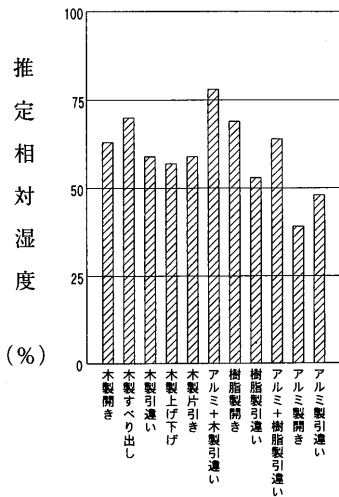


図2 サッシの材料別結露推定相対湿度

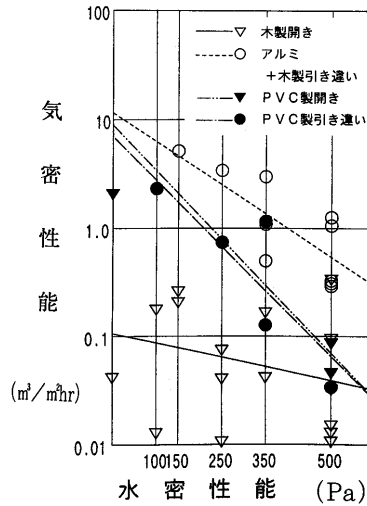


図4 サッシの気密・水密性能

窓の断熱性はガラスの熱貫流率に大きく依存しています。図1に見られるようにガラスの構成で、窓の熱貫流率は異なります。

図2はサッシの材料別の結露推定相対湿度を示しています。

サッシに使われている材料の熱伝導率は表6のようになっています。

サッシの材料の中では、アルミニウムの熱伝導率が極端に大きく、ガラスよりも大きいのです。

表6 材料の熱伝導率

木	材	0.11~0.15
プラスチック		0.18
スチール		40
アルミニウム		210
ガラス		0.78

したがって、プラスチックや木材よりも熱を通しやすい性質があります。

このことは、窓の結露を引き起こす原因にもなります。アルミサッシではガラスよりもサッシの方がずっと冷え込んでいますから、他のサッシ材料よりも結露を起こしやすいといえます。また、PVCサッシは強度を高めるために、大きな窓では鉄パイプを芯材に使うことがあり、その部分が熱橋になる不利がありますので、木製窓は優位に立つことができます。

図3は気密性を、図4は気密性能と水密性能の関係を示しました。



図5 木製サッシの遮音性能

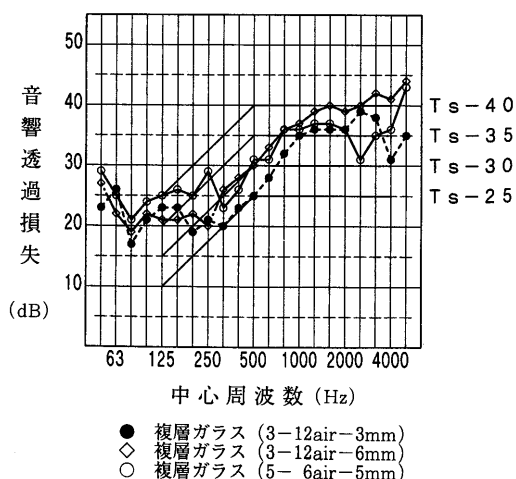


図6 木製サッシの遮音性能

木製窓の断熱性能の良さは理解されても、気密性能が良いという点に疑問を持つ人が少なくないということがいわれます。しかし、木製窓の気密性は非常に高いものがあります。これは、ドイツや北欧からの輸入金物や気密パッキンを用いているためです。これらの金物はPVCサッシに用いられているものと同じですが、木製窓の方がPVCサッシに比べて加工性の良い分、気密性を発揮しやすいといえます。

水密性についても、50等級（高層・強風地域用）をクリアすることも可能です。

図5,6には、木製窓の遮音性能試験結果を示しました。

北海道で使われる複層ガラスは空気層12mmが多いのですが、この通常の複層ガラスを搭載した木製窓はTs-25の性能を持っていますのでJIS規格の防音サッシに合格します。

さらに、ガラスの厚さを変えますと、1ランク上のTs-30も製作可能です。

木製窓の弱点、欠点

かつての、木製建具をはめ込んだ木製窓は断熱性・気密性に劣るうえ、木のもつ「狂う」「腐る」「燃える」という欠点・弱点が木製窓を非近代的なものにしてしまいました。これまで見てきたように、現在製作されている木製窓は性能的には、他のサッシに優りこそすれ、劣るものではないことは理解いただけたとおもいます。しかし、「狂う」「腐る」「燃える」という欠点・弱点は依然として残っていると思います。

「狂う」の最大の理由は枠を大工さんが作り、それに合わせて障子を建具屋さんで作ってきた日本独特の形式にあったということが出来ます。枠と構造が一体化していた構造ですから、柱の立ちが狂っていればそのまま建具にしわ寄せがきました。

また、木材が反ったり、あばれたりするのは習性ですが、乾燥することによって、これらの欠点を少なくすることができます。現在はできるだけ均一に乾燥するために、人工乾燥が一般的になっ

ており、しかも、比較的大きい断面で木材が使われていますので、かつての建具のような狂いはほとんどないといえます。林産試験場では狂い防止と、障子の縦枠と横枠の接合部の耐久性を上げるための工法としてフルラップジョイント工法を開発し、企業化されています。

「腐る」ということは、木材に木材腐朽菌が繁殖して、木材を分解することです。木材腐朽菌とは、シイタケのようなキノコの仲間です。木材腐朽菌の生育には、栄養源 酸素 温度 水分が必要不可欠の四条件になります。腐れを防ぐには原因になる条件のいずれか一つを除けばよいのです。酸素や温度を人為的に管理することは困難ですが、水分を管理すること、栄養源となる木材を保護することで腐れを防ぐことができます。

サッシの場合は水切りを良くすることが肝心です。部材の接合部からの水分の侵入は大敵です。国産のサッシメーカーでは、水分を滞留させない工夫と、塗装によって防腐対策をしています。塗料としては、防腐剤が混入されていて、浸透性で塗膜をつくらず、発水性はあるが透湿性もあるという「木材保護着色塗料」が多く使われています。この塗料を用いれば、メンテナンス塗装もオイルペイントのように塗膜を落とす面倒がありません。

「燃える」ということですが、木材は燃料になるくらいですから確かに燃えます。しかし、断面の大きなものは、燃えにくいというのも確かです。

次の章で詳しく述べますが、平成 2年に開口部の防火戸試験法が改正になり、材が燃えても所定の判定基準に合格すればよいということになりました。

この試験法の改正により、木製サッシの防火戸認定品が数多く出現し、木製サッシが防火性の点で注目を集めています。燃えるという木製サッシの欠点は過去のものとなりました。

環境共生時代のサッシ

いま、地球上の炭酸ガス濃度はどんどん増えています。これが地球温暖化の原因といわれています。地球規模で炭酸ガス排出量を少なくすること

表7 アルミサッシと木製サッシの炭素放出量

項目	アルミサッシ	木製サッシ
サッシの全重量 (kg)	11.2	11.2
単位製造エネルギー (MJ/kg)	435	3.1
全製造エネルギー (kg)	4,832	35.7
炭素放出量 (kg)	97	2.8
炭素貯蔵量 (kg)	0	5.6
放出量－貯蔵量 (kg)	97	-2.8
アルミと木材の炭素放出量の差 (kg)	99.8	
アルミサッシを木製サッシに代替することによる炭素放出量の軽減量 (kg/kg)	8.9	

が求められています。

ご承知のように森林の役割は大気中の炭酸ガスを吸うことです。大気中の炭酸ガスを吸って、形を変えて太ってきたのが木材です。

木材は燃やされるまでは、炭酸ガスをストックしてくれています。木は切っても植えて育てることができますから、さらに炭酸ガスを吸ってくれます。そのうえ、木材は加工のしやすい材料ですから、切ったり、削ったりするエネルギーも少なく済みます。

このような点から、アルミサッシと木製サッシの製造エネルギーと炭素放出量を比較したのが表 7です。

表からわかるように1m²の窓を作る場合にアルミサッシは木製サッシの140倍の製造エネルギーが必要になります。その結果、アルミサッシは木製サッシの約30倍もの炭素量を放出します。もう一つ大事なことは、木材は炭素を固定しています。その量は5.6kgです。吸った量が5.6kg、出した量が2.8kgということは、木製サッシがそのまま使われている限りは地球に対して悪いことをするのではなく、炭酸ガスを減らしていることになります。燃やすとこの5.6kgは出ますが、最終的に燃やしたとしても合計8.4kgにしかありません。アルミは97kg、10倍にもなります。このくらい地球環境に対する影響が違うわけです。

一方、PVCサッシにおいてはその製造エネルギーや炭素量の評価資料はないのですが、塩ビはリサイクルが難しい物質ですから環境共生意識の高まりとともに厳しい規制が予想されます。

木製サッシは住宅が長命に維持されていく限り、炭素をストックしていくことができます。そのためにも適切なメンテナンスを施して、長持ちさせることが望まれます。

木製サッシはもう少し見直されてもよいように思います。

木製防火戸

建築基準法や消防法では、不特定多数の人が使用したり、高さや面積の大きい建築物など火災が発生した場合に危険性が高い建物に対して、その構造、材料、消防設備等に多くの規制を設けています。その一つに建築物の開口部（ドア、窓）に対する規制があります。共同住宅、マンション、ホテルに使用されるドアや準防火地域の住宅で延焼のおそれのある部分に使用される窓、ドアは建設大臣が認定した防火戸でなければなりません。

これまでの防火戸は鋼製ドア、鋼製シャッター、アルミサッシなどに限定されていて、木材やプラスチックなどの有機材料を使用したものは認められませんでした。しかし、居住空間の快適性を求めるなかから木製防火戸に対するニーズが高まってきました。建設省の総合技術開発プロジェクトなど、最近の防火研究の進展によって開口部の防火性能に関する整理が進められ、合理的な評価ができるようになってきました。

このため、甲種防火戸の試験方法を定めるとともに、それとの整合性を図るために乙種防火戸の試験方法の改正が行われ、平成2年建設省告示第1125号として防火戸の試験方法が告示され、施行されています。

この改正によって、木製のドアやサッシが防火戸として使用することが可能になりました。

防火戸の評価方法

試験方法

試験は日本工業規格「建築構造部分の耐火試験方法 JIS A 1304-1994」によって行います。

この試験では、枠と戸が一体となったもので試験をします。

加熱温度は表8に示した標準曲線に従って加熱します。

甲種防火戸は60分間加熱します。最高到達温度は925 になります。

乙種防火戸は20分間加熱します。最高到達温度は795 になります。

評価方法

加熱開始から終了時まで

すき間、加熱面の裏面側に達する亀裂などを生じないこと。

裏面側に発炎を生じないこと。

裏面側に著しい発煙を生じないこと。

加熱終了後

重量3kgの砂袋による衝撃を与えても有害な破壊、はく離、脱落のないこと。

なお、裏面側に発炎、発煙を生じないことという評価は、枠と戸のすき間も対象になります。

改正前の乙種防火戸評価基準には、有害な発炎のないこと、加熱終了後の残炎時間が5分以内であることという規定がありましたので、木材は難燃処理をしても防火戸の部材として使用することができませんでした。今回の改正では、この二つの項目がなくなりましたので、木製防火戸の使用が可能になりました。

また、法を整理してみますと、窓が主体となる外壁開口部には乙種防火戸が認められていますが、

表8 加温標準曲線

経過時間 (min)	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
加熱温度 (℃)	540	705	760	795	820	840	860	880	895	905	915	925

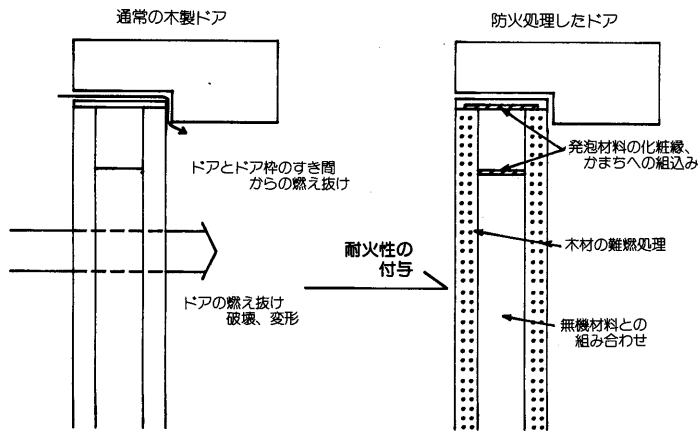


図7 ドアの防火処理法

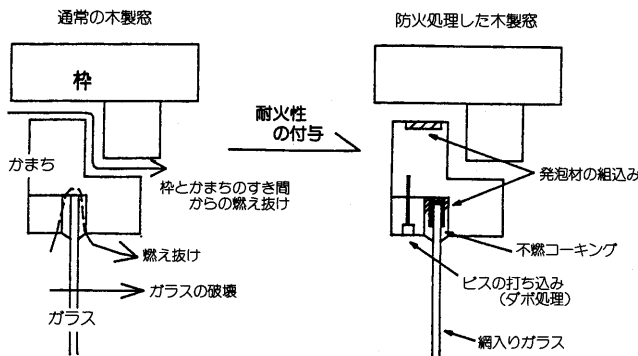


図8 窓の防火処理法

出入口であるドアは多くの場合、甲種防火戸とする必要があります。

ドアの防火処理方法

ドアの防火処理の概略を図7に示しました。

窓の防火処理方法

窓の防火処理の概略を図8に示しました。

木製サッシの場合、木材とガラスの接合部が防火上の弱点となります。

木製防火戸の現状

防火戸に関する建設省告示の改正に伴う新試験法に合格した防火戸の、(財)日本建築センターによる評価は平成2年10月から開始されています。

1993年12月現在の木製・木質系防火戸の認定取

得状況は次のようになっています。

甲種防火戸：21社 72種

乙種防火戸：33社 96種

うちサッシ：9社 18種

断熱・気密性能が高く、遮音性があり、しかも防火性能まで備えているサッシは木製サッシだけです。また、外界と遮断するドアも木製とすることで、安らかな心持ちにしています。

木材は人に優しい材料です。

床暖房システム

林産試験場では安全で快適な床に関する材料開発、性能評価、床構造の研究を行っています。

その対象として体育館の床を取り上げました。

体育館の床は通常の建築物と異なり、床上で各種球技や体操などのいろいろな運動が行われます。

走り回る、ジャンプする、体が衝突する、床に体をこすりつけるなどの動作が予想されます。そこで、体育館の床にはより安全で、快適であることが求められます。

そのため、体育館の床材料といえば、木質フローリングが代表的な材料となっています。これは木材および木質材料のもつ特性である衝撃緩衝性、^{じんせい}靱性（ねばり）の大きさ、振動減衰性の良さが他の材料の追従を許さないことから、スポーツサーフェイスとして最も適した材料であるとの理由からです。

しかし、床の表面材として木質フローリングを使用すれば良いという単純なものではなく、木質材料が持っている特性が他の材料、構法と組み合わせられることによって、優れた性能が発揮でき、安全で、快適な運動床ができあがるのです。体育館の床に要求される性能のうち、特に重要なものとされているものが、弾力性（緩衝性+反発性）、転倒時硬さ、不振動性、すべり性などがあります。これらの性能を物理量として規定したものに、昭和60年に制定された JIS A 6510 の「体育館用鋼製床下地構成材」の規格があります。

また、北海道のような寒冷地では、住宅をはじめとして、どのような建物でも冬季の暖房は欠かすことのできないものです。しかし、体育館の暖房についてはこれまであまり真剣に考えられていなかったように思います。それは、体育館のような大面積で、天井が高い大空間を有する建物の暖房設備には、これまで適当なものがなかったこと、設備があっても暖房効率が悪いいため利用されず、体育館の暖房はなかば諦められていたことなどによるものと思われます。

しかし、近年、体育館の暖房化が切望されるようになってきました。これは、体育館の利用者が急速に増加し、しかもその利用傾向は冬季でも変わりなく、特に夜間使用では暖房は欠かせないことが認識されたことによります。さらに、運動、スポーツにおける人間工学的研究が進み、スポーツサーフェイスに関してより快適な床環境についての解明がなされてきたことも一因です。

これまでの体育館のような天井が高く、大きな開放空間を要する建物の暖房方式としては、温風ダクト、高温・輻射、温水パネルなどがあります。

温風ダクト、温水パネル暖房は基本的に室内の空気を暖めるもので、この方式は暖気が天井付近にとどまり、人間が活動する床近辺で暖かさを感じるまでに時間がかかり、大変なエネルギーのロスが生じます。また、天井で結露を生じることがあるばかりでなく、対流により発生する気流でバトミントン、卓球、新体操などの競技に支障をきたすこともあることがわかりました。

高温・輻射暖房は暖まるのに長時間必要で、少し離れると暖かさを感じないばかりか、高温燃焼のため暖房横付近が過熱気味となって、床や壁をいためたり、火傷の危険や燃焼音が大きいなどのデメリットがあります。

理想的な体育館の暖房とは、建物の外部の冷気を遮断して、その建物の内部で運動、スポーツが安全にしかも快適に実行できることです。

ここで、近年公共建築物に採用されることの多い床暖房に着目しました。床暖房は低温で床面を暖めて、輻射伝熱によって足元から体を暖めるもので、その快適性が最近注目されています。空気を暖める対流方式とは異なり、人間が接し、活動する床部分、近辺で輻射熱を放射するので、熱効率が良く、快適な環境をつくりだすことができます。

こうして、安全かつ快適な運動性能を備えた床暖房システムの開発に着手しました。

床の構成

現在、体育館の床構造としては置き床、組床、塗り床などがあります。開発に当たってはまず既存の体育館の弾力性能の測定を行いました。その結果、置き床は水平方向に床を固定しないため、温水パイプを用いる床暖房では不都合を生じること、塗り床では木質フロア材を使用しないことなどから、鋼製組床構造を採用することにしました。

床の運動安全性の調整と温水パイプ支持を兼ねて、ゴムチップパネルを使用することとし、硬さ

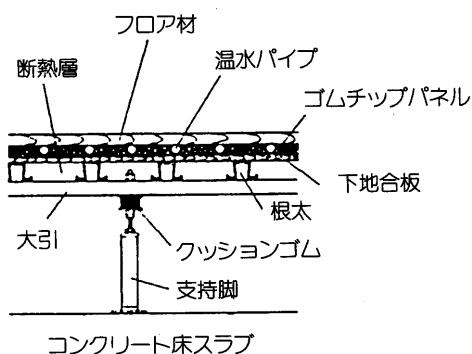


図9 床の構造

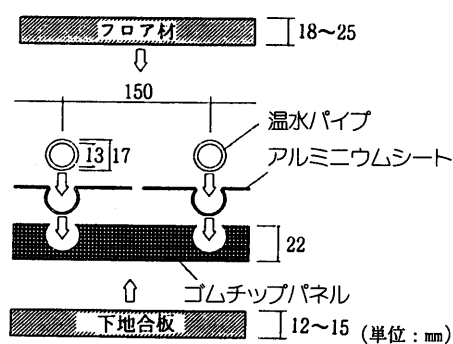


図10 床暖房層の断面構成

と厚さを実験によって決定しました。温水管には、ドイツで開発され、E C 諸国で長期使用実績のある高密度架橋ポリエチレン製パイプを採用することとしました。これは120~500mまでジョイントレスで使用可能です。

床の構成を図9に、床暖房層の断面構成を図10に示します。

この床構法でJIS認可用試験を受けたところ、規格に適合できる弾性値、緩衝効果値および硬さが得られ、JIS認可を受けることが可能になりました。

床暖房の性能

このシステムで施工されたアリーナでの温度の測定結果を図11に示します。

天井付近までほとんど温度差のない環境がえられます。

床暖房の現状

床暖房は、床からの輻射熱による暖房方式で、体感温度の自然さ、その環境下で生活した時の快適さなどから、普及がすすんでいます。床暖房といってもいろいろなものがあります。使われる熱源によって、電気方式と温水方式に大別されます。

平成4年における床暖房の施工実績総数は266.1万 m^2 でした。シェアをみると、温水方式135.7万 m^2 、電気方式130.3万 m^2 とほぼ同じになっています。建物の種類でみると、住宅、施設に施工された床面積は、温水方式108万 m^2 、電気方式87万 m^2 と温水方式が多くなっています。また、電気方式は関東地方に多く、東北、北海道など寒冷地における各種の公共施設などは、温水方式が主流となっています。

一般的に、比較的大面積の床暖房では、コンクリートスラブ埋設タイプが採用されています。この方式では、ほとんど温水方式となっています。

温水方式は低温の熱媒体で暖房効果が得られ、極めて少ないエネルギーで運転が可能で、未利用エネルギーや排熱などの有効活用ができる利点もあります。たとえば、日本は全国各地に温泉が噴出していますので、この温泉水を熱交換することで、ランニングコストは大変やすくなります。

体育館床暖房システムで施工された、標津町の特別養護老人ホームは熱源に温泉水を使っています。

この体育館床暖房システムは、安全性と快適性に優れた性質を持っていることが認められ、平成4年4月から販売されています。

体育館だけでなく、さきに述べたような老人ホーム、福祉センター、幼稚園、学校などに採用されはじめています。

今後、その普及が期待されています。

(林産試験場 副場長)

