

表2 主な材料の湿気に関する物性値⁴⁾

材料名	湿気伝導率 kg/ms(kg/kgDA)	空隙率 m ³ /m ³	平衡含水率曲線の係数(吸湿時)		
			a	b	c
石こうボード	3.540E-06	0.70	0.042	0.036	1.290
木質繊維板	4.610E-06	0.77	0.526	0.014	2.166
合板	3.070E-07	0.22	0.150	0.006	1.910
ポリエチレンフィルム	2.130E-10	0.00	0.000	0.000	0.000
コンクリート	1.937E-07	0.15	0.065	0.045	1.670
軽量コンクリート	1.891E-06	0.33	0.069	0.023	2.140
気泡コンクリート	3.520E-06	0.70	0.429	0.001	1.990
レンガ	3.996E-06	0.11	0.111	0.000	1.590
セメントモルタル	5.257E-07	0.33	0.138	0.029	1.390
パイプ	5.057E-07	0.80	0.250	0.642	0.640
スプルー	3.996E-07	0.80	0.346	0.046	2.110
ウェハーボード	6.148E-08	-	0.245	0.086	1.302
パーティクルボード	9.223E-07	0.48	0.350	0.033	1.890
ポリスチレンコンクリート	3.893E-07	-	0.443	0.010	1.550
木毛セメント板	5.072E-06	-	0.150	0.172	0.840
ファイバーセメント	1.506E-06	-	0.308	0.008	1.930
グラスウール	2.029E-05	0.99	0.020	0.660	1.528
ロックウール断熱材	1.353E-05	-	0.020	0.660	1.528

$$u = a \left(1 - \frac{\ln RH}{b} \right)^{\frac{1}{c}}, \quad u: \text{平衡含水率[-]}, \quad RH: \text{相対湿度[-]}$$

表3 参考文献による物性値の違い(コンクリート)

材料名	熱伝導率 [W/mK]	比熱 [J/gK]	密度 [g/lit]	出典
コンクリート	1.0	-	2400	国立天文台編:理科年表平成17年版,丸善,平成16年
コンクリート	1.2	0.94	2270	建築材料の熱・空気・湿気物性値 ⁴⁾ (原典)IEA Annex 24 HAMTIE: Material Properties ²⁾
豆砂利コンクリート	1.4	0.88	2200	日本建築学会編:第2版建築学便覧 I 計画,丸善,1980 ²⁾
豆砂利コンクリート	1.4	0.88	2200	日本建築学会編:建築設計資料集成1環境,丸善,平成10年
普通コンクリート	1.4	0.88	2200	空気調和・衛生工学会編:第12版空気調和・衛生工学便覧3空気調和設備設計篇,丸善,1995(引用)日本建築学会編:建築学便覧 I,丸善,1980 ²⁾
普通コンクリート	1.4	-	-	建築設備設計基準平成14年度版,国土交通省大臣官房官庁営繕部設備課,(財)全国建設研修センター,2002
コンクリート	1.4	-	2200	(引用)空気調和・衛生工学便覧第13版 ¹⁾
コンクリート	1.4	0.88	2270	井上宇市:改訂版空気調和ハンドブック
コンクリート(骨材:火成岩)	1.4	-	2540	狩野春一:建築材料・工法ハンドブック,地人書館,昭和44年
コンクリート	1.5	1.00	2100	後藤・尾坂監訳:ネピルのコンクリートの特性,技報堂出版,1980
コンクリート	1.6	0.88	2200	Bauphysik Kalender 2006 ⁷⁾
コンクリート	1.6	0.88	2200	(引用)DIN 12524 ⁸⁾
コンクリート	1.6	0.88	2200	日本建築学会編:住宅の保温設計,彰国社,昭和51年
コンクリート	1.6	0.88	2200	(引用)渡辺要編:防寒構造, p.140-144
コンクリート	1.6	0.80	2300	井上宇市編:建築設備演習,豪華房,昭和39年
コンクリート	1.6	0.80	2300	(引用)住宅の保温設計
コンクリート	1.6	0.80	2300	日本建築学会:建築材料用教材 ⁵⁾
コンクリート	1.6	0.80	2300	橋高・杉山:新編建築材料,市ヶ谷出版社,2003
普通コンクリート	1.6	-	-	(引用)日本建築学会:建築材料用教材 ⁵⁾
石灰コンクリート	1.6	-	2240	齋藤平蔵:建築気候,共立出版,昭和59年
石灰コンクリート	1.6	-	2240	(引用)主に建築設計資料集成6
石灰コンクリート	1.6	-	2240	2005 Fundamentals ASHRAE Handbook

2.2 データ項目(フィールド)について

各種の壁体材料には、物性値データとして、熱伝導率[W/mK]、容積比熱[J/lit・K]、重量比熱[J/gK]、密度[g/lit]をデータ項目(フィールド)として持っている。また、表2に示すように、湿気に関するデータとして、湿気伝導率、空隙率、平衡含水率曲線の係数を用意する予定である。さらに、ISO等についても調査しデータを整備していく予定である。

2.3 参考文献について

各種物性値データは複数の文献の調査を行い、空気調和・衛生工学便覧¹⁾、日本建築学会編建築学便覧²⁾、建築材料用教材⁵⁾、建築材料の熱・空気・湿気物性値⁴⁾、日本保温保冷工業協会編保温 JIS 解説⁶⁾、ASHRAE, Bauphysik Kalender 2006⁷⁾、DIN⁸⁾、建築設計資料集成¹¹⁾などから参照した。同一材料名についての物性値が文献によって異なる場合がある。表3に参考文献による物性値の違いとしてコンクリートの例を示す。重複する物性

値データは、複数のデータを用意するか、いずれか一つを採用するかを検討中である。

3. 窓ガラス材料のデータベース

3.1 データ項目(フィールド)について

各種の窓ガラス材料には、物性値データとして、熱貫流率[W/m²K]、日射熱取得率とその放射成分[-]および透過率[-]をフィールドとして持っている。ブラインドについては、ブラインドあり/なし、ブラインド各色(明色・中間色・暗色)の場合の窓としての物性値データを用意した。

日射熱取得率、透過率、長波放射成分係数(あるいは日射熱取得率の長波放射成分)を用いると、日射熱取得の対流、長波放射、短波放射の3成分の分離計算が可能となる。また、垂直窓の天空日射及び地表面反射日射に対する性能値が得られる。入射角の違いに対しては、別に用意された方法⁹⁾を用いて補正が可能である。エアーフローウィンドウ(AFW)に対しては、ブラインド内蔵窓の性能値を、風量などによる補正を行うことにより推定することが可能となる。

熱貫流率、長波放射成分係数、放射熱伝達率を用いると、貫流熱の対流・放射成分の分離が可能で、窓表面温度計算が可能となる。

3.2 ガラス材料種類について

表4に窓種グループとガラス種類を示す。一般窓のガラス種類は、透明、熱線吸収、熱線反射、高性能熱線反射、Low-ε ガラスがある。Low-ε 複層ガラスについてはアルゴン封入も用意した。また、AFWにも対応している。また、新しい窓データについては順次追加していく予定である。

表4 窓種グループのガラス種類

ガラスタイプ	ブラインド	ガラス種類
単板ガラス	室内側	透明 熱吸 熱反 高性能熱反 セラミックプリント
		透明二重 透明三重 熱吸+透明 熱反クリア+透明
複層ガラス(中空層6mm)	室内側	熱反(クリア以外)+透明 高性能熱反+透明 セラミックプリント+透明
複層ガラス(中空層12mm)	室内側	Low-ε+透明
複層ガラス, エアーフローウィンドウ	内蔵	透明二重 熱吸+透明 熱反クリア+透明
		熱反(クリア以外)+透明 高性能熱反+透明 セラミックプリント+透明

3.3 窓熱性能値の計算法¹⁰⁾について

窓内の多重反射計算は、ガラス、ブラインド、ガラス・ブラインド間空間の上下面の反射を考慮した。

ガラスの光学特性値は、板硝子協会より提供されたものを使用した。ブラインドについては、スラット間の多重反射を考慮して予め求めた直達、拡散日射に対する光学特性値を利用した。

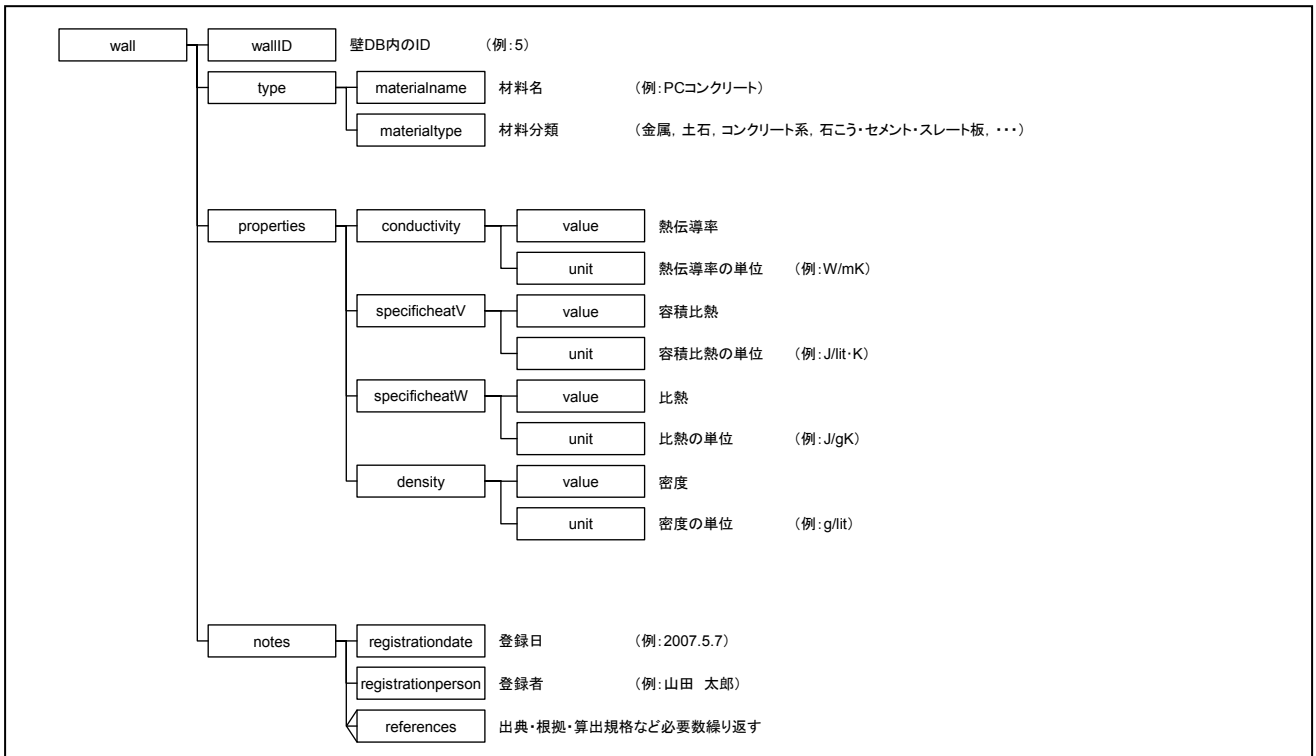


図1 壁物性データベースの階層構成

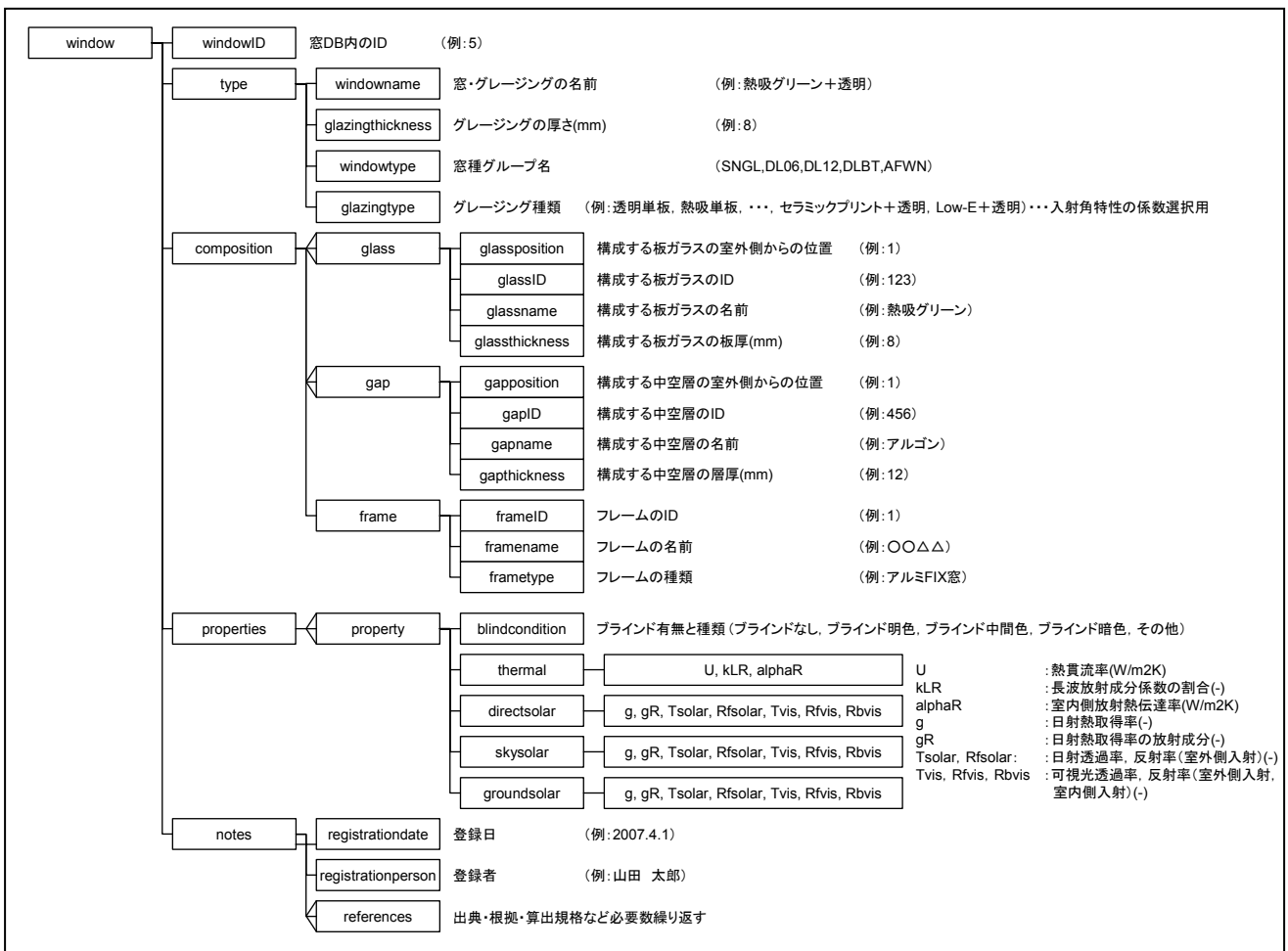


図2 窓物性データベースの階層構成

熱取得を計算するための窓熱平衡式は、ブラインド内側窓については、ガラス室内側表面、ガラス・ブラインド間空気層、ブラインドの3点の温度を未知数とする式をたてた。各部対流熱伝達率、スラット隙間循環空気量を仮定して計算を行い、日射熱取得実測値と照合して妥当であることを確認している。ブラインド内蔵窓については、外側ガラス室内側表面、ガラス・ブラインド間外側空気層、ブラインド、内側空気層、内側ガラス室内側表面の5点の温度を未知数とする熱平衡式を解いた。

4. データベース形式

従来、データ交換方法は、バイナリ形式やCSV形式が使われているが、近年、汎用的なデータ記述言語としてXMLが注目され、インターネットでの利用が期待されている。XMLは各々のデータを要素として含み、データ構造を階層構造で表現するものである。また、リレーショナル・データベース（RDB）の大きな制約であるデータ長の定義が不要であり、値だけが羅列されているCSV形式などに比べて、データの内容が分かりやすいというメリットがある。

BEST開発においても、汎用性のある柔軟なデータ形式としてXMLを用いることとした。壁体材料及び窓材料のデータベースも、この階層構造を反映した構成とする。

4.1 壁物性データベースの構成

図1に壁物性データベースの構造を示す。階層構造になっており、「wall」の下の子要素として「wallID」「type」「properties」「notes」があり、更にその下に要素が存在する。材料のタイプ（type）毎に熱伝導率（conductivity）、容積比熱（specifichatV）、比熱（specifichatW）、密度（density）の値と単位を要素として保持している。

4.2 窓物性データベースの構成

図2に窓物性データベースの階層構成を示す。壁物性値と同様、「window」の下に子要素として「windowID」「type」「composition」「properties」「notes」を持つ。「propaties」には、熱性能値としての熱貫流率（U）、長波放射成分係数（kLR）、室内側放射熱伝達率（alphaR）が含まれている。

図3に窓材料に関するXMLデータの例を示す。透明フロートガラスでブラインドなしの物性値データの一部を表している。データ構造は図2の階層構造に従っている。データ要素が親子関係になった入れ子状態になっている。例えば、Uが6.3、k_{LR}が0.47、alphaRが4.3ということが容易に一目でわかる。

5. BESTプログラムからのデータベース利用

BESTではシミュレーションのために前述したような多数のデータをハンドリングしなければならない。これらのデータはデータベースとして、プログラムとは独立した存在であるのが通常である。

商用アプリケーションでよく利用されるデータベースも最近ではXML対応が当然となり、XMLの急速な広まりを垣間見ることが出来る。一方、商用データベースの主流であるRDBとJavaオブジェクトの関連付けを行うものに、Java EE5(2006年)の標準仕様であるJPA（Java Persistence API：永続化の為の標準仕様API）がある。BESTではこのJPAを利用することにより、煩雑になりがちなデータベースとプログラムの関連づけをシンプルに行うようにしている。

```
<?xml version="1.0" encoding="Shift_JIS" ?>
<!DOCTYPE windowDB (View Source for full doctype...) >
-<windowDB>
- <window windowID="4">
  <windowID>4</windowID>
  + <types>
  + <composition>
  - <properties>
    - <property blind="ブラインドなし">
      <blindcondition>ブラインドなし</blindcondition>
    - <thermal>
      <U>6.3</U>
      <kLR>0.47</kLR>
      <alphaR>4.3</alphaR>
    </thermal>
    - <directsolar>
      <g>0.83</g>
      <gR>0.79</gR>
      <Tsolar>0.76</Tsolar>
      <Rfsolar />
```

図3 XMLデータ例（透明フロートガラスの物性値データの一部）

6. まとめ

BEST開発における壁材料・窓材料データとして取り扱う物性値及びそのデータベース構造について述べた。また、物性値データのやり取りをXML形式にて行い、JPAを利用することにより、物性値の変更や追加、データベースとの接続に柔軟に対応できるメリットがあることを述べた。

※1：XMLは、近年登場した新しいデータ形式で、Javaアプリケーションの開発/運用に関する各種データの保存形式に広く利用されているものである。タグ（tag）と呼ばれる情報をデータに埋込んで「データ」を表す。タグは自由に定義できる為、柔軟にデータを表すことができる利点がある。詳しくは市販の専門書を参照されたい。

【謝辞】

本報は、(財)建築環境・省エネルギー機構内に設置された産官学連携による環境負荷削減のための建築物の総合的なエネルギー消費量算出ツール開発に関する「BEST開発普及事業研究会（村上周三委員長）ならびにアーキテクチャ検討部会（坂本雄三部会長）、建築・空調設備作業部会（石野久彌部会長）、クラス構想WG（石野久彌主査）の活動成果の一部であり、関係各位に謝意を表するものである。クラス構想WG名簿（順不同）主査：石野久彌（首都大学東京）、委員：一ノ瀬雅之（東京理科大学）、内海康雄（宮城高専）、郡公子（宇都宮大学）、長井達夫（東京理科大学）、羽山広文（北海道大学）、木下泰斗（日本板硝子）、後藤裕（三機工業）、菰田英晴（鹿島建設）、坂本滋（大林組）、芝原崇慶（竹中工務店）、松村一誠（清水建設）、安友哲志（三晃空調）、渡邊剛（NTTファシリティーズ）、協力委員：菅長正光（自営）、二宮博史、國吉敬司、篠原奈緒子（以上、日建設計）、オブザーバー：野原文男（日建設計）、事務局：生稲清久（建築環境・省エネルギー機構）

【参考文献】

- 1) 空気調和・衛生工学便覧 第13版、2) 日本建築学会編 建築学便覧I 昭55丸善、3) 外皮・躯体と設備・機器の総合エネルギーシミュレーションツール「BEST」の開発（その1）、4) 建築材料の熱・空気・湿気の物性値 日本建築学会、5) 建築材料用教材 日本建築学会 1998年改訂第2版、6) 日本保温保冷工業協会編保温JIS解説、7) Bauphysik Kalender 2006、8) DIN EN 12524、9) 外皮・躯体と設備・機器の総合エネルギーシミュレーションツール「BEST」の開発（その13）、10) 郡・石野：熱負荷計算のための窓性能値に関する研究 日本建築学会環境系論文集 No.600, pp.39-44, 2006.2、11) 日本建築学会編、建築設計資料集成1 環境、昭和35年、丸善、12) M. Kumar KUMARAN: Final Report Vol.3 TASK 3 Material Properties, IEA Annex 24 HAMTIE