

研究 | 暖房と熱経済

暖房の技術的要素として建築物の室温を適当な値に保つに必要な熱量と燃料費の算出法を述べ、かつ計算例を示す。それに必要なデグリーデー及等デグリー線圖について解説する。さらに保温材料を使用したときその費用の償却に要する年数が計算される。

勝田 高司
(建築)

は し が き

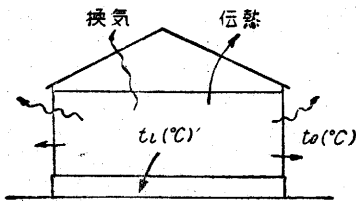
住宅から學校、病院その他公共建築物、工業的、商業的建築物に至るまで、いろいろ、こたつから近代設備によるものなど採暖あるいは暖房にはいろいろある。ここでは最も身近い住生活に觀點を置いて述べて見ようと思う。

寒さのためにどれだけ能率をおとし、不幸をまねいているか。憲法第 35 條の健康的文化的生活の最低水準には水道や電氣が必要であると同時に屋内生活にある程度の暖さが伴わなければならない。われわれの現状は、この點で電燈の時代にあんどんをとぼしているような有様である。

太陽の見舞う家には醫者が見舞わないという格言の通り、ことに住宅については日射による暖さは自然の恩恵である。それでさえ、現實の住宅はこれを無視してできたり、環境がそれを許さない場合が多い。また寒い地方は日射に恵まれることが少く、雪にもなやまされる。九州から北海道まで氣候が著しく違うにもかかわらず、住宅は勿論一般の建築物の構造の上に保温の考慮が拂われておらず、ほとんど同じといつてよい。これは人々が暖い家を作り、あるいはその中で生活したいという希望を持つことすら忘れてしまうほど永い間、低い生活水準にあつたからにもよる。

暖房の技術的要素

熱損失 建物の中をある温度に保つとき熱は周壁を通じて外氣に逃げる。建物の場合はいわゆる傳熱による損失と、換氣、出入口の開閉、隙間風など空氣の出入による熱損失がある。



第1圖 熱損失

室内温度 t_i

外氣温度 t_o とすれば、1 暖房期間の總熱損失量 H は(1)式のようになる。

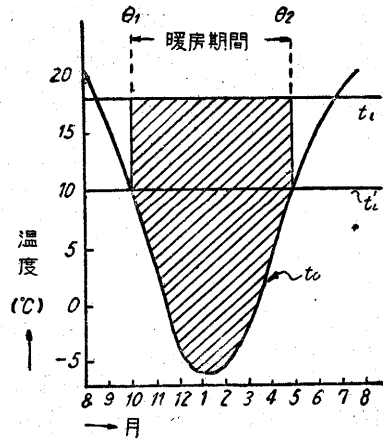
$$H = u \cdot A \int_{\theta_1}^{\theta_2} (t_i - t_o) d\theta \quad (\text{kcal/season}) \dots\dots (1)$$

u は 全傳熱係數 (換氣損失を含む) ($\text{kcal/m}^2\text{hr}^\circ\text{C}$)
 A は傳熱面積 (m^2), t_i, t_o は室内、外温度 ($^\circ\text{C}$)
 θ_1, θ_2 は暖房を始め、止めるとき (hr)
 $u \cdot A$ はその建物について一定のもので、建物の保温はこれを小さくすることである。

デグリーデー (1) 式において時間の單位を (day) にとれば

$$H = u \cdot A \cdot 24 D_{t_i - t_o}' \dots\dots\dots (2)$$

$$D_{t_i - t_o}' = \int_{\theta_1}^{\theta_2} (t_i - t_o) d\theta, \quad (\text{Degree Days/season}) \dots (3)$$



第2圖 デグリーデー

これを略してデグリーデーということにする。 $D_{t_i - t_o}'$ を圖示すれば第2圖のハッチした部分の面積になる。 t_o' は暖房を始め(止)めるとき温度である。

暖房技術の方の標準的條件は第1表のようになつてゐる。

第1表 温度の標準

	アメリカ	イギリス	ドイツ
標準室内温度 t_i	70°F (21.1°C)	65°F (18.3°C)	—
平均室内温度 t_i	65°F (18.3°C)	60°F (15.6°C)	20°C
暖房開始(停止)外気温度 t_i'	65°F	60°F	10°C

で平均室内温度を t_i °C に保つに要する熱量を表わすと同時に、必要な燃料費を表わすことがわかる。

建物を保温的にすることによつて全傳熱係数を au だけ小さくしたとすると燃料費の節約 ΔF は

$$\Delta F = (C/be) au \cdot A \cdot 24 D_{t_i - t_i'} \dots (5)$$

だいたいの目安として東京で c, b 等の値は第2表のようになる。

第2表 燃料の價格

これは快適温度にもとづいた標準であるが、経済的制約によつて平均室内温度、暖房期間は左右され、その土地の $D_{t_i - t_i'}$ は平均室内温度 t_i を高くとれば大きく、低くとれば小さくなる。

燃料費 燃料費を F とすれば

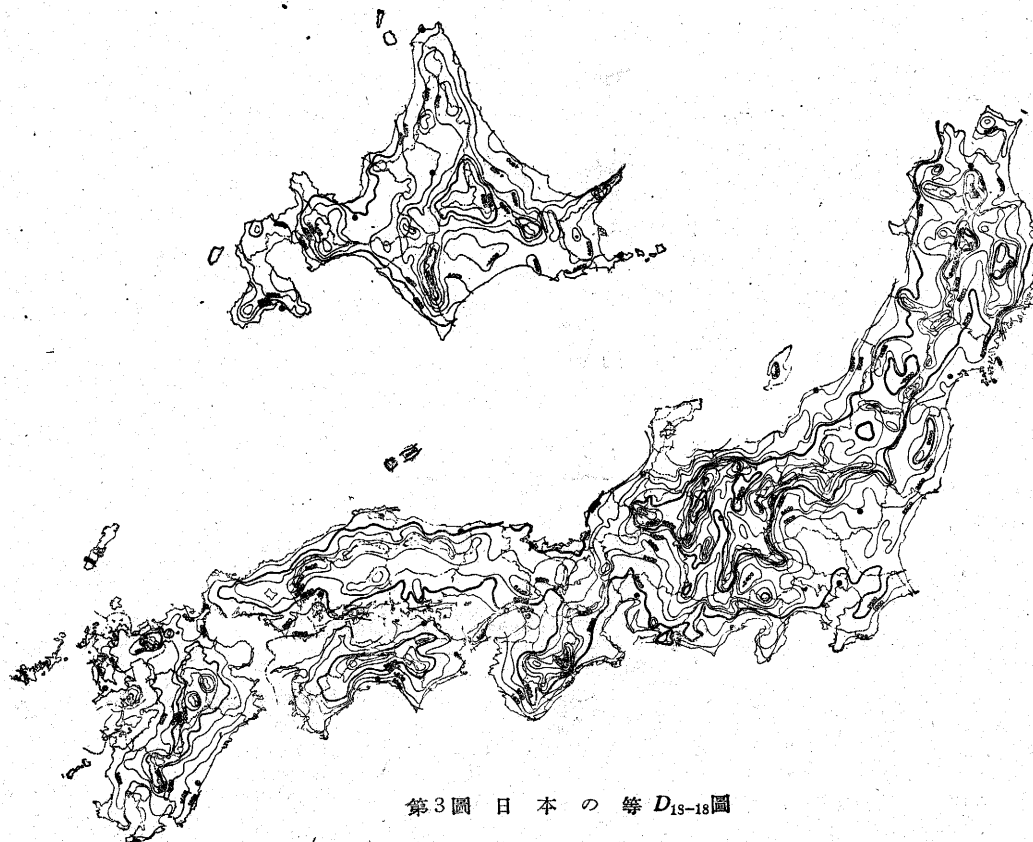
$$F = (C/be) H = (C/be) u \cdot A \cdot 24 D_{t_i - t_i'} \text{ (¥/season)} \dots (4)$$

C は燃料の價格(¥/unit), b は燃料の發熱量(kcal/unit), e は有効率。

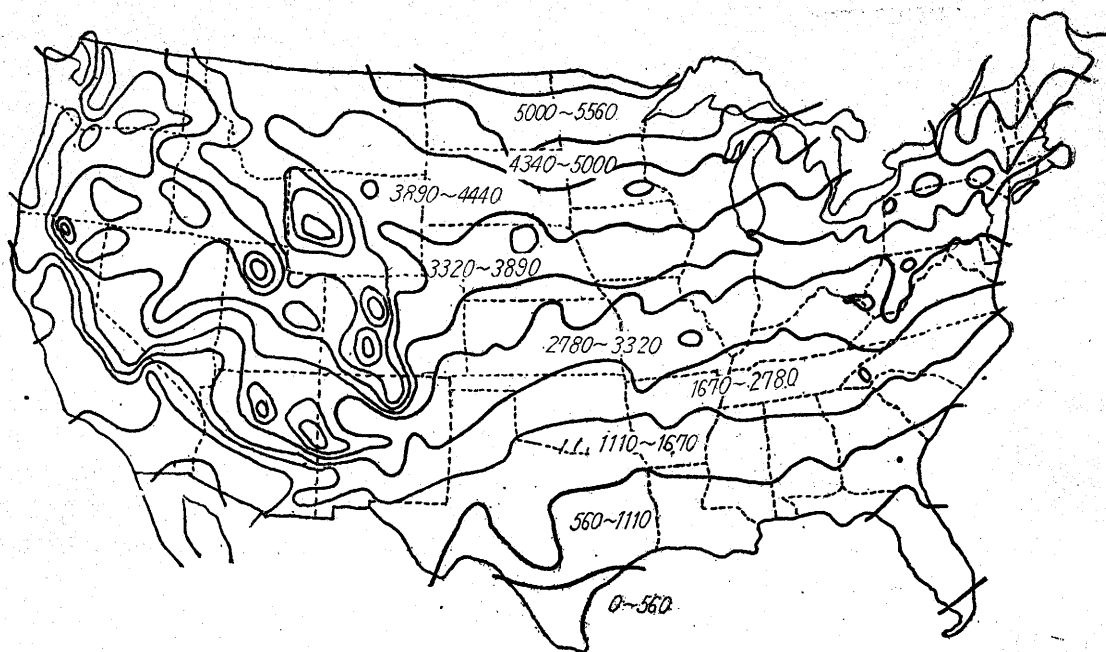
c, b は燃料の種類、品質、時價により、 e は暖房の方法から決つてくる。この式を見ると、 $D_{t_i - t_i'}$ はその土地

燃料の種類	單價 (c)	發熱量 (b)	有効率 (e)	有効熱價格(C/be)
石炭	53. (¥/kg)	5,500 (kcal/kg)	ストーブ 0.5	1.93×10^3 (i/kcal)
煉炭	5.7 (¥/kg)	5,500 (")	蒸氣暖房 0.6	1.60
木炭	17.7 (¥/kg)	6,000 (")	ストーブ 0.5	2.08
薪	4.7 (¥/kg)	3,000 (")	火鉢 1.0	2.95
電氣	31.0 (¥/10KWh)	8,600 Kcal/10kWh	ストーブ 0.5	3.14
ガス	11.0 (¥/m³)	3,600 (kcal/m³)	ストーブ 1.0	3.60
			ストーブ 1.0	3.06

暖房の方法については、設備の價格、維持、取扱の難易、衛生等重要な要素である。火鉢に木炭をおこす従来の方法は、コンクリートアパートなどで室内温度を相當上げるような時には一酸化炭素の發生のため非常に危険である。



第3圖 日本の等 D_{15-18} 圖

第4圖 アメリカの等 $D_{18-3-18.3}$ 圖

日本の寒さの程度

日本とアメリカの寒さ 平均室内温度 t_i を一定とし、建物の保温性、暖房の方法が同じであるとすると、各地で平均室内温度 t_i を得るために必要な熱量又は燃料費はその土地の $D_{t_i-t_i'}$ に比例するから、この大きさによつて各地の寒さを経済的立場から比較することができる。第3圖は $t_i=t_i'=18^\circ\text{C}$ のディグリーデー D_{18-18} を日本の各地について計算して等 D_{18-18} 線を引いたもので、¹⁾ 第4圖はアメリカの等 $D_{18-3-18.3}$ 線圖²⁾ である。

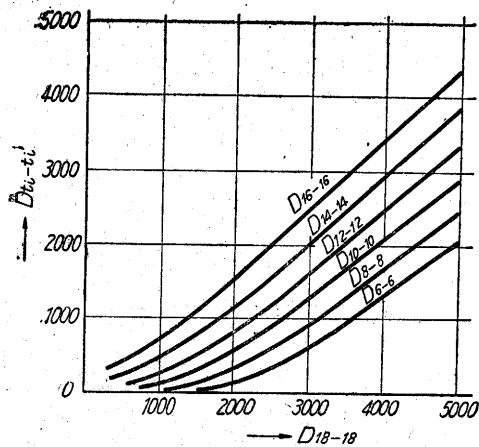
この二つの圖から D_{18-18} の幅が地域的に日本とアメリカとだいたい同じであることが分る。

標準より低いディグリーデー 平均室内温度が 18°C 以下のディグリーデーはどうなるかという例えは第3表のようになる。現在の低い生活水準の問題に對してはむしろ低いディグリーデーの方が應用が廣い。 D_{18-18} とそれより低い $D_{t_i-t_i'}$ の關係は第5圖のようになる。

同じ建物が旭川にあるときは鹿児島にあるときに較べて平均室内温度 18°C のときは3倍、 10°C のときは12倍の燃料がいる。

第3表 ディグリーデーの値

地名	D_{18-18}	D_{10-10}	D_{6-6}	地名	D_{18-18}	D_{10-10}	D_{6-6}
旭川	4,371	2,466	1,728	東京	1,956	579	135
根室	4,371	2,106	1,287	松江	1,905	540	114
函館	3,492	1,572	861	京都	1,902	561	126
青森	3,393	1,581	885	廣島	1,878	519	102
秋田	3,057	1,341	723	福岡	1,791	441	60
仙台	2,763	1,083	528	大阪	1,737	471	81
山形	2,997	1,314	708	長崎	1,551	378	21
新潟	2,421	840	360	高知	1,497	291	12
長野	2,883	1,233	675	鹿児島	1,365	204	0
金澤	2,232	732	252	宮崎	1,308	171	0
名古屋	1,971	606	159	潮岬	1,293	156	0



第5圖 D_{18-18} の D_{i-t_i}

燃料費と建物の保温

小住宅とアパートの燃料費 居間6帖、寢室8帖、臺所3帖の16坪程度の普通の木造平屋について一暖房期間の熱損失即ち所要熱量はだいたい

臺所、6帖、8帖の3室を $t_i^{\circ}\text{C}$ にするとき $8,000D_{i-t_i}$ (kcal/season), 臺所、6帖の2室を $t_i^{\circ}\text{C}$ にするとき、 $5,000D_{i-t_i}$ になる。これと同じ室数の1戸当り15坪4階24戸の最近のコンクリート造アパートの場合、臺所、6帖、8帖の3室を $t_i^{\circ}\text{C}$ にすると、1戸当り4,600 D_{i-t_i} になるから、所要熱量は木造住宅の3/5で足りる。この程度のコンクリート造の全傳熱係数は普通の木造家屋のそれより約3割大きいが傳熱面積が小さいため1戸当りの所要熱量が減るのである。建物の形式が保温に大きな役割をするよい例である。

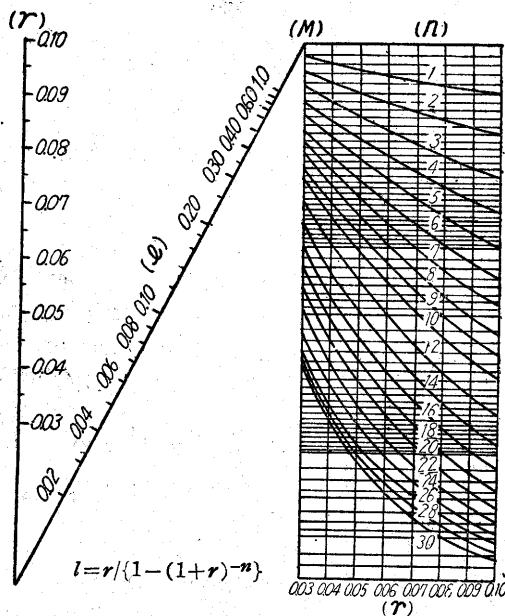
この小住宅の3室を石炭ストーブで暖房するとしたら1暖房期間に燃料費がいくらかかるかを計算すると第4表のようになる。

東京ならば、11月中旬から3月下旬までの間、朝7時から晩9時まで平均13.5°C、それ以後は平均5°Cに保つために約9,000圓の石炭がいる。逆にこれだけ支出できれば上の暖さが得られる。燃料費は有効熱價格に比例しているから第2表を参照して他の燃料のときの経費がわかる。

壁は眞壁下見張であるが終戦直後の粗悪な復興住宅で

第4表 木造小住宅の燃料費 (¥/season)

地 名	平均室内温度 t_i		地 名	平均室内温度 t_i	
	18°C	10°C		18°C	10°C
旭 川	67,000	38,000	大 阪	26,800	7,300
青 森	52,000	24,400	廣 島	29,000	8,000
仙 台	42,500	16,700	高 知	23,000	4,500
東 京	30,000	8,900	鹿 兒 島	21,000	3,100



第6圖 償却の圖表

測定した結果³⁾によると、隙間風による熱損失が全熱損失の8割といわれる。この計算では約2割5分としてある。建物を保温的にするには隙間をなくすことが、保温材料を使用して周壁を保温構造にする事と共に大切である。建物の保温と償却 壁、窓、天井、床など周壁を保温的な構造にすることによつて全傳熱係数を30~40%普通のものより小さくすることは技術的に容易にできる。そうすれば所要熱量従つて燃料費もそれだけ減る。

一般に保温のための投下資本 I (¥), この償却費 a (¥/year), 年利率 r , 償却年数 n (year) とすると、

$$I = a / \{r / \{1 - (1+r)^{-n}\}\} \dots \dots \dots (6)$$

燃料費の保温による減少 $\Delta F \cong a$ が経済的に成り立つ条件である。

燃料費の減少で保温のために投じた資本を償却するとすれば $\Delta F = a$ である。(6)式を計算圖表にしたものが第6圖で、 $(I), (r)$ から (M) を求め、その点を通る水平線と右側の (r) の縦線の交点から (n) が求まる。

前に述べたコンクリートアパートに厚さ5分のテックスを外壁内面に胴縁下地をやつて張つたとすると、全傳熱係数は約3割減る。1棟についての工費が12,000圓とする。東京で平均室内温度10°C即ち D_{10-10} のとき燃料

費の減少が 32,000 圓になるから $l=0.27$, 償却年数は

利子を考えないとき 4年

年利1割のとき 5年

になる。平均室内温度 18°C のときは1年で償却される
又寒い土地程この年数は短くなる。

むすび

室内温度が何度かなどということが關心をもたれるのは病院位のものかも知れない。しかし一般に室内温度が 10°C 以下になれば何らかの採暖をしているのである。構造物を組立てるだけでなく、その中での生活がどんな状態になるかを豫想して、それに責任をもつのが建築技術

者であるとするれば、どうしても少い燃料で効果的に採暖ができるかを殆ど省みないのは建築にたずさわる者の大きな怠慢である。建物はできるだけ保溫的にするに越したことはない。それが果してどの位効果があり合理的であるかある程度はつきりしたいのがこの稿の目的である。寒さは生活水準の均等と向上に關して解決に努力すべき技術的問題の一つであろう。又、この問題は各専門分野の協力にまつべき點が多い。(1949.12.5)

(1) 勝田, 勝野, 山本, 武藤:『日本のデイグリーデーについて』未発表の一部, 文部省科學試驗研究費による。

(2) E. J. Rodec: *Insulation Economics*, Arch. Forum, March 1940.

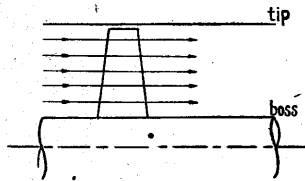
(3) 佐藤源, 幸田彰:『復興規格住居の採暖効果』公衆衛生院。

速報 11

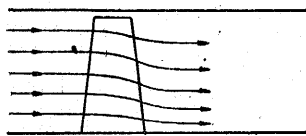
軸流送風機 の 特性

石原智男・田原晴男 (機械)

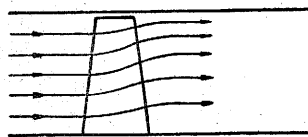
これまでに数多く發表されている軸流送風機(軸流ポンプ)の研究は, 複雑な翼列を境界條件として三次元流れを解くことが不可能に近いので, 種々な假定を設けて問題の簡單化をおこなっている。例えば運動量理論にしても, 等角寫像による無限翼列の理論にしても, 流れが軸を中心とする圓筒上にあることを基本的な假定としている(第1圖)。この假定は, 設計點で運轉すれば成立するが, それ以外の運轉状態では成立しない。筆者等がおこなつた理論解析によれば, 設計點により流量が多いと, 流れは翼車出口でボス附近に集まり(第2圖), 流量が少いと, 外側に集まる(第3圖)流量がさらに減少してある値以下になると, 翼車出口のボス側に逆流を生じ, 翼車の一



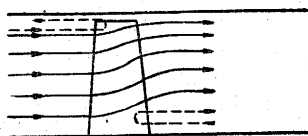
第 1 圖



第 2 圖



第 3 圖



第 4 圖

部分のみ有效となる(第4圖)。この逆流を生じ始める流量を境として特性は傾向を異にする。(1949.11.10)

速報 12

引抜き加工の引抜き力

鈴木 弘 (機械)

引抜き加工に要する仕事は, 線歪抵抗, 外部摩擦抵抗および附加的剪斷歪抵抗の3者に打かつために消費されているのである。これらのうち前2者は, 解析的に求めるのが比較的容易であるため, 従来から研究が少くない。しかし第3の附加的剪斷歪抵抗については Körber, Eichinger 兩氏の研究¹⁾が唯一のものであつて, ダイスの開き角と, 引抜き材料の塑性變形應力との兩者に比例した値をとるとの結論が, そのまま無批判に受け入れられている。

しかし, これはある假定を前提として求めた一種の補正項であつて, 再検討の必要がある。著者はこの見地になつて, 引抜き條件を廣範圍(斷面積減少率 5~45%, ダイス開き角 $12^{\circ}\sim 60^{\circ}$, 逆張力應力比 0~9%)にえらび, 約 90 例の精密な實驗を行ない, 次の事實を新たに見出した。すなわち, ダイスの開き角と, 材料の塑性變形應力が, 附加的剪斷歪抵抗にそのまま反影する點は Körber 氏らの結論と一致するが, 他面逆張力と斷面積減少率の兩者は, これらの値が増すと, 附加的剪斷歪抵抗はかえつて減少する傾向がある。

この結果を用いて, 附加的剪斷歪抵抗を, ダイスの開き角, 材料の塑性變形應力, 斷面積減少率および逆張力の4者を以てあらわし, 引抜き力に關する實驗式を導いた。本式により求めた引抜き力は, 實驗値とよ一致を示し, とくに例外的に悪い場合でも 10% 餘の相異を示すに過ぎない。他方 Körber—Eichinger 式により求めると, ダイス開き角の大きい場合, 斷面積減少率がとくに小さい場合, 逆張力が大きい場合等には實驗値と相當の相違を來たし, 甚しい場合には 80% に達する誤差を生ずることが判つた。(1949.11.14)

註 1) F. Körber, A. Eichinger, Mitt.-K.-W.-I. Eisenfg., 1940, p. 57~80.