日本における断熱に関する研究の萌芽

－大正末期から昭和初期の室内気候学の興隆－

THE GERMINATION OF RESEARCHES ON HEAT INSULATION IN JAPAN

The rise of Indoor Climatology from the end of the Taisho era to the beginning of the Showa era

高橋 彰子^{*1}, 元岡 展久^{*2}

Akiko TAKAHASHI and Nobuhisa MOTOOKA

This paper clarifies how insulation was studied in the process of modernization in Japan, by extracting documents related to heat insulation from indoor climatology researches which were studied from the end of the Taisho era to the beginning of the Showa era (1923-1933). At that time, advanced researches have been conducted toward the practical application of heat insulation. The roots of the most common concepts related to heat insulation, such as "insulation and energy saving", "internal and external heat insulation" and "insulation and airtightness" can be seen in the researches during this period.

Keywords: *Insulation, History of Insulation, Hygiene, Life improvement, Shozo Toda, Energy saving,*

断熱, 断熱史, 衛生学, 生活改善, 戸田正三, 省エネルギー

1. はじめに

日本は明治期にドイツ衛生学より断熱概念^{注1)}を受容した¹⁾。家を温かく保つことが冬季の健康維持に有効であることが説かれ、熱を伝えにくい建材の利用が推奨されたが、日本特有の気候風土・建築材料・造家慣習に適した具体的な断熱方法や体系的な研究はほとんどなされなかった¹⁾。明治末期から大正中期の十数年にかけては、家屋衛生^{注2)}に関する文献は少ない²⁾。しかし、大正末期から家屋衛生への関心は徐々に息を吹き返し、1923(大正12)年に京都帝国大学医学部衛生学講座の戸田正三により「国民衛生」が発刊されると、数多くの研究が発表された。1923年あたりから10年ほどの期間(以下「当該期」)は、日本において室内気候学^{注3)}が興隆した時期である。

日本の断熱史におけるひとつのマイルストーンは1955年の日本建築学会による断熱基準制定³⁾であるが、この制定には伝熱理論の確立、各種建材の熱的性質の調査手法の確立、各種断熱構法の研究、建築気候区の整理など、広範に渡る研究成果を要する。これらの研究は、戦後に初めて着手されたわけではなく、大正末期に急速に興った室内気候学研究からの蓄積によるものであった。本研究は日本の室内気候学の萌芽期にあたる大正末期から昭和初期において、どのような研究がなされたのかを、特に断熱^{注4)}に着目して解明し、日本の近代化の過程において断熱がどのように扱われ、発展したのかを明らかにすることを目的としている。

1-1. 関連する先行研究

断熱の歴史を扱った研究として、真鍋恒博による「我が国におけ

る建築用断熱材の変遷」⁴⁾がある。この研究は、文献調査に加え、断熱材メーカーや断熱材開発を行ってきたハウスメーカーへのヒヤリング調査を行い、断熱材の生産史をまとめたものであるが、1960年以前の断熱に関する記述は少ない。この研究の中で示された建築用断熱材の生産史年表には、戦前に断熱材として用いられた繊維板テックスについて「粗悪なものが多く、戦後に姿を消した」とのコメントが挿入されている。真鍋の指摘通り、現代から見るとテックスは断熱材としては認められない粗悪品であっただろう。しかし、良品質の断熱材が開発される以前の時代においても、建築家や研究者は断熱に取り組んでいた。真鍋の研究がモノとしての断熱材に着目しているのに対して、本研究は断熱概念や研究に着目している。断熱概念や研究に着目すると、断熱史の黎明期は明治、萌芽期は大正期と位置付けることができる。

また、木村徳国は「わが国近代における都市中流住宅改良の展開」⁵⁾のなかで、大正・昭和期の都市独立住宅の技術的發展について述べている。在来日本住宅の防寒の不備に言及し、寒さに対処する技術的改良点として、①住宅洋風化における隙間風の減少、②ガス・電気ストーブの普及、③カーテンの重用、④ガラスの普及、の4点を挙げている。断熱も防寒的不備に対する技術的提案であったが、当該期には実用化に至らなかった^{注5)}。しかし、この課題に応えるべく、多くの研究がなされた。このことはこれまでの研究で指摘されてこなかったことである。

さらに、近代環境工学史として、中村泰人による「環境物理学の歴史」(『新建築学体系 10(環境物理)』²⁾)がある。この文献は、明治期から1954年頃までの環境工学史を概観したものである。

¹⁾ 明星大学建築学部建築学科 准教授・博士(工学)

²⁾ お茶の水女子大学基幹研究院 教授・博士(工学)

Assoc. Prof., Faculty of Architecture, Meisei University, Ph.D.

Prof., Faculty of Core Research, Ochanomizu University, Dr.Eng.

Table1 Primary Source Reference List
表1 1次資料文献リスト

No.	西暦 Year	月 Month	著者 Author	タイトル Title	雑誌 Journal	題目集 Ref.8	文献集 Ref.9
1	1919	12	富士貞吉 Fuji,S.	日本家屋室壁材料の研究について Research on wall materials for Japanese houses	京都医学界雑誌 a	○	○
2	1921	12	富士貞吉 Fuji,S.	本邦家屋室壁材料の衛生学的研究（第一報告） 室壁材料の通気量および透過性係数測定 Ventilation and permeability coefficient measurement of wall chamber material(1)	暖房冷蔵協会誌 b	○	○
3	1922	11	勝矢俊一 Katsuya,S.	本邦家屋室壁材料の比熱（熱容量）測定 Measurement of specific heat (heat capacity) of Japanese house room wall material	京都医学雑誌 a	○	○
4	1922		富士貞吉 Fuji,S.	日本家屋の衛生学的研究 Hygienic study of Japanese houses	朝鮮医学会雑誌 c	○	○
5	1923	8	成沢浅水 Narusawa,A.	本邦建築材料の熱伝導係数の測定 Measurement of thermal conductivity of Japanese building materials association	京都医学雑誌 a	○	○
6	1924	7	後藤秀兵 Goto,S.	建築衛生 Building hygiene	暖房冷蔵協会誌 b	○	
7	1924	9	三浦運一 Miura,U.	本邦家屋室壁材料の比熱（熱容量）測定 Measurement of specific heat (heat capacity) of Japanese wall material for housing	国民衛生 d	○	○
8	1924	9	田川八郎 Tagawa,H.	隔壁材料の熱衛生学的研究 其一 Thermohygiene study of bulkhead materials 1	国民衛生 d	○	○
9	1924	10	星野三郎 Hoshino,S.	冷蔵庫熱絶縁材料の熱伝導度について About thermal conductivity of refrigerator thermal insulation material	暖房冷蔵協会誌 b	○	
10	1924	11	隈部一雄 Abe,K.	熱絶縁体としての工業用材料に関する一般特性 General properties of industrial materials as thermal insulators	暖房冷蔵協会誌 b	○	
11	1925	7	緒方益雄 Ogata,M.	壁の熱遮断による熱節約 Heat saving by heat insulation of the wall	社会医学雑誌 e	○	○
12	1925	10	田川八郎 Tagawa,H.	隔壁材料の熱衛生学的研究 其二 Thermohygiene study of bulkhead materials 2	国民衛生 d	○	○
13	1926	1	田川八郎 Tagawa,H.	隔壁材料の熱衛生学的研究 其三 Thermohygiene study of bulkhead materials 3	国民衛生 d	○	○
14	1926		田川八郎 Tagawa,H.	亜鉛バラックの防暑防寒に対する実験的研究 Experimental study on heat and cold protection of zinc barracks	国民衛生 d		○
15	1926	5	三浦運一 Miura,U.	防暑防寒の効果より見たる本邦各種構造家屋の比較研究 第1篇：防暑効果の比較研究 Comparative study of various Japanese structural houses from the viewpoint of heat and cold protection 1	国民衛生 d	○	○
16	1926	9	三浦運一 Miura,U.	防暑防寒の効果より見たる本邦各種構造家屋の比較研究 第2篇：暖房上の得失より見たる本邦各種構造家屋の比較研究 Comparative study of various Japanese structural houses from the viewpoint of heat and cold protection 2	国民衛生 d	○	○
17	1926	10	三浦運一 Miura,U.	防暑防寒の効果より見たる本邦各種構造家屋の比較研究 第3篇：防暑防寒上に於ける室壁舗装の効果について Comparative study of various Japanese structural houses from the viewpoint of heat and cold protection 3	国民衛生 d	○	○
18	1927	1	藤井厚二 Fujii,K.	我国住宅の改善 Improvement of Japanese housing, Journal of the Society of Domestic Sanitary Engineering.	暖房冷蔵協会誌 b	○	
19	1927	9	国富信一 Kunitomi,S.	日本各地の気温と気流について About temperature and airflow in various parts of Japan	衛生工業協会誌 f	○	
20	1927	9	丹羽重光 Niwa,S.	暖房所用熱量計算法（其の一） Heat calculation method 1	衛生工業協会誌 f	○	
21	1927	10	丹羽重光 Niwa,S.	暖房所用熱量計算法（其の二） Heat calculation method 2	衛生工業協会誌 f	○	
22	1927	11	丹羽重光 Niwa,S.	暖房所用熱量計算法（其の三） Heat calculation method 23	衛生工業協会誌 f	○	
23	1928	2	前田松韻 Maeda,M.	住宅の暑さ寒さ The heat and cold of the house	衛生工業協会誌 f	○	
24	1928	4	畔柳健太郎 Azevanagi,K.	保温材の厚さについて About the thickness of the heat insulating material	衛生工業協会誌 f	○	
25	1928	6	藤井厚二 Fujii,K.	日本趣味 Japanese taste	衛生工業協会誌 f	○	
26	1928	8	濱田靖孝 Hamada,Y.	屋根の防暑的研究 Roof heat protection research	国民衛生 d	○	
27	1928	10	吉田房雄 Yoshita,F.	気候要素の変化が屋内空気の理学的性状に及ぼす影響の持続的観測と其総合 Continuous observation and synthesis of the effects of changes in climatic factors on the physics of indoor air	国民衛生 d	○	○
28	1929	7	今川誠一 Imagawa,S.	屋根の防暑的研究（其の二）二重屋根の応用について Heat protection research on roofs (Part 2) Application of double roofs	国民衛生 d	○	
29	1929	9	畔柳健太郎 Azevanagi,K.	本邦各地の"DEGREE-DAYS"に就いて About "DEGREE-DAYS" in various parts of Japan	衛生工業協会誌 f	○	
30	1930	6	富例建告 Tomimasu,K.	冷蔵庫防熱壁の熱伝導に就いて About heat conduction of refrigerator heat shield wall	衛生工業協会誌 f	○	
31	1930	7	戸田正三 Toda,S.	本邦気候に対する住居の衛生学的批判 Residential hygienic criticism of the Japanese climate	衛生工業協会誌 f	○	
32	1930	8	野手佛士 Node,Y.	両側の温度の振動する壁体熱伝導に就いて（1） On the heat conduction of the wall body that vibrates the temperature on both sides 1	衛生工業協会誌 f	○	
33	1930	10	野手佛士 Node,Y.	両側の温度の振動する壁体熱伝導に就いて（2） On the heat conduction of the wall body that vibrates the temperature on both sides 2	衛生工業協会誌 f	○	
34	1930	12	野手佛士 Node,Y.	両側の温度の振動する壁体熱伝導に就いて（3） On the heat conduction of the wall body that vibrates the temperature on both sides 3	衛生工業協会誌 f	○	
35	1931	7	井上達 Inoue,T.	板戸、硝子戸、障子、襖による保温の比較 Comparison of heat retention by Itado, glass door, shoji, and sliding door	岡山医学会雑誌 g	○	○
36	1931	10	抜山四郎 Nukiyama,S.	保温材の厚さの経済的分布について About the economic distribution of the thickness of the heat insulating material	衛生工業協会誌 f	○	
37	1932	2	抜山四郎 Nukiyama,S.	保温材の表面温度の算出方法 How to calculate the surface temperature of the heat insulating material	衛生工業協会誌 f	○	
38	1932	3	柳町政之助 Yanagimachi,M.	暖房の話 The story of heating	建築雑誌 h	○	○
39	1932	9	抜山四郎 Nukiyama,S.	保温材の伝熱率測定法 Method for measuring heat transfer rate of heat insulating material	衛生工業協会誌 f	○	
40	1932	12	十代田三郎 Soshiroda,S.	中空通気壁構造の防菌防暑及び防湿の効果 Antiseptic and heat-proof effect of hollow ventilation wall structure	建築雑誌 h	○	○
41	1933	2	十代田三郎 Soshiroda,S.	防寒保温に関して建具構造の二問題 Two problems with fitting structure regarding cold protection and heat retention	建築雑誌 h	○	
42	1933	3	富士貞吉 Fuji,S.	台湾産バガスを以て製せる室壁材料Artexの衛生学的研究第1報 Hygienic study of Artex, a room wall material made from Taiwanese bagasse 1	台湾医学会雑誌 i	○	○

<Abbreviation for academic journal> a:The Journal of the Kyoto Medical Association, b:Heating refrigerated Association Journal, c:Korean Medical Society Magazine,d:The National Hygiene, e:Journal of social medicine, f:Journal of the Society of Domestic and Sanitary Engineering, g:Journal of Okayama Medical Association, h:Journal of architecture and building science, i:Journal of the Medical Association of Taiwan. All the references are available only in Japanese

ここには、断熱に関する記述はほとんど見られないが、本研究の背景を把握する上で基礎的な資料となった。

さらに、筆者は「1930年代の木造住宅作品における断熱」⁶⁾「1950年代の木造住宅作品における断熱」⁷⁾において、断熱実用の初期に建築家がどのような思想と構法で断熱を用いたかを明らかにした。これらの研究を通して、実用以前の明治・大正期においては、断熱概念や研究があったことがわかり、本研究を着想するに至った。断熱を発展させたのは、断熱材の生産や流通ばかりではなく、断熱による生活の質の向上を求める意思であった。

1-2. 研究の方法

大正期における室内気候学の隆盛のきっかけとなるのは1923年に発刊される雑誌「国民衛生」である。そこで本研究は、「国民衛生」発刊の1923(大正12)年9月から1933(昭和8)年8月の10年間を対象とする。『建築環境工文学文献題目集1887-1963』⁸⁾(表1の「題目集」と『住宅衛生文献集』⁹⁾(表1の「文献集」)の中から、1923年9月から1933年8月の10年間に発表された断熱に関する記述がある文献、もしくは断熱と関連が深い文献を抽出し、これらを1次資料とした(表1)。ただし、「国民衛生」発刊前の戸田研における研究は、当研究室の一連の研究として位置づけられるため、1次資料に含んだ(表1の文献No.1~5)。これらの資料を通覧し、当該期の断熱研究の主題を抽出し、主題ごとに分析と考察を行った。

1-3. 用語

本研究における断熱とは、①対流が起こりにくい微小な空気を含んだ熱伝導率の低い建材を用いることにより熱の伝達を遅らせること、を指すが、②壁などに空気層を設けることにより、熱の伝達を遅らせること、を含む場合がある。例えば、外壁開口部に、紙障子・戸襖・カーテンを設けることは、今日においては断熱とは認められないが、明治期から昭和初期にかけては一連の断熱研究の一部として研究対象となっていたケースがあるため、本研究のなかでも断熱に含んでいる。また、本研究の対象期間は、断熱概念が確立される過渡期であり、断熱を意味する統一的な用語は用いられておらず、「熱遮断」「熱絶縁」「保温」「防熱」「インシュレーション」「insulation」等が混在していたが、それらは意味のある使い分けがなされていたわけではない。このため、本研究では用語の違いは問題にしない^{注4)}。

1-4. 背景

本論に先立ち、断熱に関する研究が行われた時代的背景と学術的背景について述べておきたい。始めに背景1として生活改善運動と中流住宅の近代化について、次に背景2として京都帝国大学における家屋衛生学と建築学の学術的交流について、最後に背景3として暖房冷房技術と伝熱学について記す。

背景1：生活改善運動と中流住宅の近代化

大正期の生活改善運動は、中産階級の住宅の近代化に多くの影響を与えた。1919(大正8)年に、文部省は食習慣の改善や節約一般などの生活改善に関する3つの訓令を発令した。この訓令を受けて、

1920(大正9)年に生活改善同盟会が設立された。1921(大正10)年に発表された細目指導書「住宅の間取及設備の改善」¹⁰⁾では、①窓は枠組構造とし、硝子障子を設置すること、②居室に換気口を設けること、③暖房を重視すること、と具体的方策が指導された。①は当時雨戸と紙障子のみの窓廻りが一般的であったのに対して、大正期に一般に普及しつつあった工場生産品の硝子を用いることで、防水・防寒性能を高めようとしたものである。②は窓廻りが枠組構造の硝子障子となった場合、これまでの住宅よりも気密性があがるために換気口の必要性を説いたものである。大半の住宅は火鉢により採暖していたため、換気の確保は重要であった。③では、日本家屋の暖房状況の解決を我が国の「一大難事」とし、硝子障子の設置、開口面積の縮小、固定的隔壁の増加により、室内の熱の散逸を防ぐ効果が十分に期待できると述べている。ここでは、断熱性能の高い建材を用いることにより、暖房効果を高めるといった内容には至っていない。しかしながら、従来の日本家屋の重大な欠点として暖房の熱を保つことができず冬季に十分な室温が保持できないことや、日本家屋は熱を浪費していることを指摘している。さらには、火鉢のような手足の先のみに暖を取る暖房方式から、室全体を温める暖房方式への移行の必要性を説いている。

大正期中流住宅は大きな変革期にあった。その変革とはすなわち、床座から椅子座への移行であり、硝子の導入であり、江戸末期から続く接客中心の封建的な平面計画から家族中心の近代的平面計画への移行であった。この変革は社会的気運として一般社会全般に浸透し¹¹⁾、家屋衛生学は中流住宅変革の学術的裏付けとなった。この段階では、断熱概念はまだ一般には知られていないが、日本家屋の暖房問題、ひいては冬季の熱の保持の問題が提示された。

背景2：京都帝国大学における家屋衛生学と建築学の学術的交流 —戸田正三・藤井厚二・三浦運一・前田敏男—

当該期の学府において、家屋衛生学の研究が盛んに行われたのは京大であった。戸田は、「ある方から、和食や和服、日本家屋や畳などを研究するのも学問かと冷笑された」¹²⁾と記しているが、これは当時の医学部における家屋衛生学の立場をよく表している。明治後期以降、衛生学の主流は細菌学であり、家屋衛生学の研究はわずかである。そのような状況下で、欧米留学から帰国した戸田は、日本独自の家屋衛生学の設立に着手した²⁾。1923年9月より衛生学教室にある日本予防医学会から発刊された「国民衛生」には、室内気候学に関する数多くの研究が発表された。戸田正三の研究グループには、富士貞吉、勝矢俊一、成沢浅水、三浦運一、田川八郎らが所属していた。

戸田研究室の中で、特に室内気候学への貢献が大きいのは三浦運一である。三浦が1926年に発表した3篇からなる大論文(後述)は、戸田研究室の家屋衛生学の集大成である。他の研究が実験主体であったのに対して、三浦は実験と理論の両方から熱環境を説明し、日本の室内気候学に重要な方向性を示した²⁾。さらには、京大における研究活動後、米国における衛生学の伝統校であるJohns Hopkins大学に留学するが、ここでの研究成果を当時世界の衛生学の最先端であったAmerican Journal of Hygieneに発表する¹³⁾。この論文は、その後の同誌において引用されるような重要な論文であった¹⁴⁾。日本の研究者が世界に通用する研究成果を上げたという事実は、同

分野の日本人研究者を大いに刺激したのだが、このことは戸田研究室の研究レベルの高さを示唆するものでもある^{14) 15)}。

京都帝国大学に建築学科が設置されたのは1920(大正9)年であるが、私費の欧米旅行から帰国した藤井厚二は、同年末に講師として着任し、1926(大正15)年から建築設備の授業を担当している。藤井厚二の洋行の目的は「建築に関する諸設備及び住宅研究のため」であり、京大着任直後は機械工学科にて暖房および冷蔵の授業を聴講していた¹⁶⁾。さらに、戸田研究室との学術的交流も深く、戸田の指導を受けると同時に、戸田研の研究者に助言を与えた¹⁶⁾。藤井厚二の学位論文「我国住宅建築に関する改善の研究」(1926年)は、「国民衛生」の第3巻、第4巻に掲載されている。この論文を口語体に改め、一部加筆したものが、『日本の住宅』¹⁷⁾(1927年)であり²⁾、翌年には研究の集大成としての実作である「聴竹居」が完成している。

藤井は一貫して、日本の住宅は夏を旨とすべしとの姿勢であった。藤井の研究には、壁体の防熱性能に関する詳細な実測調査が含まれるが、これは夏季の防暑を主たる目的としたものである。「吾々は『熱の絶縁』と云ふ語を直ぐ屋内の熱を屋外に対して絶縁なすの意味に考えますが、我国では外壁面に受ける高熱を屋内に対して絶縁することを第一の目的とします。」¹⁸⁾と述べており、断熱よりも遮熱を重視している^{注6)}。藤井厚二の研究が木造住宅における多様なパッシブシステムの実践記録であり、前衛的な研究であったことはこれまで度々論じられてきた通りである。しかし、断熱という視点にたったときに、藤井は必ずしもパイオニアではなかった。

建築分野で藤井厚二の後継者にあたるのは前田敏男である。前田は、建築における伝熱理論を確立した人物であるが、京大建築において藤井厚二の教え子にあたる。藤井の強い勧めで、三浦運一の助手として満州医科大学に赴任するが、三浦より学術的薫陶を受け、熱環境工学の分野に入り^{14) 15)}、後に建築伝熱学を確立した。

以上のように、戸田正三、三浦運一、藤井厚二、前田敏男の学術的親交ならびに師弟関係は、近代日本の室内気候学の発展の中枢を担っていた²⁾。藤井厚二は建築家としてはじめて本格的にパッシブデザインに取り組んだ人物である。しかし、当該期の室内気候学をより詳しく調査するならば、建築環境工学の先駆者として、衛生学者や機械工学者を含む複数の研究者たちが群像として浮かび上がる。本研究は、この群像を対象とし、彼らがどのような断熱研究を展開したかを明らかにするものである。

背景3: 暖房冷蔵技術と伝熱学 —暖房冷蔵協会・衛生工業協会—

本研究の一次資料となる文献の多くは、「暖房冷蔵協会誌」「衛生工業協会誌」からの出典である。暖房冷蔵協会は、1917年に機械学会を母体として創立され、1927年には衛生工業協会に(以下「協会」)改称した^{2) 注7)}。1962年に再度改称し、現在は空調和・衛生工学会として知られている。今日、建築分野における用語「衛生」は、空調和・衛生工学会という名称にも表れている通り、主に給排水技術に対して用いられており、空調分野とは区別されている。しかし、大正期における用語「衛生」は、暖房、換気、乾燥、冷凍、冷蔵、下水を広く含んでいた。

協会は、建築衛生・衛生工業・衛生工学の学理、工業の発達について研究することを目的として設立した¹⁹⁾。設立当時は、暖房器

具と製氷機のほとんどは舶来品であったが、いよいよこれから暖房・冷蔵・衛生機器の国産化を開始しようという時代であった。さらには、衛生産業は他の重要産業を支える補助産業としての役割も担っていた。木工業には乾燥設備が必要であり、漁業には冷蔵設備が必要であった。産業発展が国家的課題であった時代において、当協会設立の使命は、暖房・冷蔵機器を主とする衛生産業や、これに関係する他の産業の振興に貢献することであった。そのため、「学会」ではなく「協会」とし、今で言う産学連携の場として会を起こした。主要な構成員は、機械工学分野、建築学分野、暖房器具製造業などの産業界や商社で占められていた¹⁹⁾。図1は、1928年の衛生工業協会の大阪大会の写真である²⁰⁾。この大会では、戸田正三(衛生学)、藤井厚二(建築学)、丹羽重光(機械工学)の三者が講演を行っており、当時の室内気候学が衛生学・建築学・機械工学の学際的分野だったことがうかがえる。

2. 大正末期から昭和初期の断熱

日本の断熱史における当該期の位置づけを再確認すると、断熱概念をドイツ衛生学より受容した明治期と、断熱材の実用が始まる1930年代の間に位置し、新しい学問である室内気候学が興った時代であり、断熱は未だ国内では実例のない先駆的な技術であった。研究者たちは、断熱の実用と普及を目標として、様々な研究を行った。

表1に示した断熱に関する42の文献の調査・分析を経て、当該期の断熱研究において扱われた7つの主題を抽出することができた。初めに、消費エネルギーに関係する主題として、「断熱による省エネルギー」と「暖房負荷計算」が挙げられる。次に、建築の伝熱に関する主題として、「建材の熱的性質」「複合壁体の熱貫流率」「家屋構造と室内気候」が挙げられる。また、熱と換気の両者を関連づけた主題として「断熱と気密を対とする考え」、さらには地域の気候的特徴と断熱を関連づける「気候と暖房度日(Degree-Days)」が

挙げられる。本章では上記の 7 つの主題について具体的に論じる。

2-1. 断熱による省エネルギー^{注8)}

明治期の衛生学において断熱の目的は疾病予防であった。断熱によって省エネを図ろうとする考えは、大正期の文献にはじめてみることができる(表 2)。

緒方益男^{注9)}による「壁の熱遮断による熱節約」²¹⁾(1925 年)は、まさしく断熱による省エネを主題とした研究である。本研究は、「熱の節約、換言すれば燃料の節約を家屋の構造並びに燃焼の方法によりて達せんとする試みは最近特に独逸に於いて研究せられ利用せられつつあり」「壁の材料となる物質は(中略)、熱をできる限り防ぎ、即寒さに対しては室温を保持(することを要する)」と冒頭に記されている通り、断熱材を用いることで燃料の節約をする方法を研究したものである。

緒方は当時ドイツにおいて用いられていたトロホレウム(泥炭より製したる木板代用品)と呼ばれる遮断物(断熱材)を実験試材として用いた。実験ではトロホレウムあるいは木板を壁の内側・中間部・外側に置いて、ある室温を得るために必要な熱量を比較した。また、急速に温めるケース(強加熱)と、緩慢にあたためるケース(弱加熱)の比較を行ない、以下の結論を得ている^{注10)}。

1. 室温を一定程度まで上昇させるために壁に遮断物を置くときは著しく熱量を節約しうことは明らかであるが、その遮断の位置は内部に置くとき最もよく、加熱の方法は強加熱とするのが経済的である。
2. 壁中に蓄積される熱量は、内遮断のときに最も少なく、外部ならびに中間にて遮断するときが多い。中間遮断のときには内壁に蓄積される。
3. 蓄積される熱量は外面にて遮断するとき再び室温に利用され、本実験においてはその 10%が室温に利用された。
4. 壁の遮断の位置は室の性質によって決めるべきものである。
5. 室温から壁に移動する熱量の計算に際し、移動率は物体の性質と共に、物体の表面の性状を考慮しなければならない。
6. 「トロホレウム」の保温の価値は木板に勝っている。

室内気候学の揺籃期において、すでに内断熱・外断熱の区別がなされ、断熱位置と蓄熱性の関係が示され、さらには断熱位置は室の用途によって判断するべきである、という知見にまで到達していた。この研究は、ドイツ留学時代にベルリン大学衛生学教室のコルフ・ペーターセン教授の指導のもとで行った実験を再述したものであり、当時のドイツ家屋衛生学の先進性をうかがわせる内容となっている。

緒方の上記の研究の続編ともいえるのが、井上達による「板戸、硝子戸、障子、襖による保温の比較」²²⁾(1931 年)である。井上は、「最も簡単にして廉価なる木綿カーテン」を各種建具の内側・外側に設置することによる保温効果を検証した。その結果、カーテンを建具の内側に設置することは「熱経済」的であり、「室温の急激なる下降を防ぎ保健上極めて有用」なことが明らかになった。井上は、すぐにでも一般家庭において実行できる省エネ対策として、カーテンの設置を提案したのであった^{注11)}。このほかにも、表 2 に掲載している通り、「熱の散逸を防ぎ¹⁰⁾」「防寒及び保温上暖房

経済の見地²³⁾」「燃料が少なくて済む²⁴⁾」など、断熱を用いることで燃料の消費を抑制しようという意図を読み取る事が出来る。

2-2. 建材の熱的性質

「暖房に関する研究は家屋衛生学中の一重要事項たり。しかもこれに関して今後精緻なる科学研究を進めんには、先ずこれが基礎たるべき、構成諸材料の理学的諸性の^{せんめい}闡明に俟たざるべからず」²⁶⁾とあるように、当該期の室内気候学では建材の熱的諸性質の解明に取り組んだ。

欧米の関連分野の学術誌や専門書には、各種建材の熱的性質に関する測定方法と結果が報告されていたが、日本固有の建材については日本人の手で調査をする必要があった。戸田研究室では、主に1919年から1926年までの約7年間で、日本の各種建材の通気量²⁵⁾、比熱²⁶⁾、熱伝導率²⁸⁾、気孔容積²⁹⁾、³⁰⁾、³¹⁾の計測を行った。

これらの一連の研究から時間をおいた1933年には富士貞吉が台湾産(当時は「国産」)テックスの性能報告を行っている³²⁾。テックスとはバルブもしくはバガスをを用いた繊維板の一般名称である。1924(大正13)年にアメリカ製のセロテックス(商品名)が日本にはじめて紹介され、1927(昭和2)年には政府補助金交付があり、国産品のテックス第1号が生産される³³⁾。軟質の板材であり、断熱材および吸音材として利用された。この研究により、台湾産テック

Table2 Discourse on the energy saving effect of heat insulation

表 2 断熱による省エネ効果に関する言説

Since it is a quotation of the originl text, it was judged that the English translation by the author was inappropriate.

緒方益雄(文献 21, pp. 367-368):
「熱の節約換言すれば燃料の節約を家屋の構造並びに燃焼の方法によりて達せんとする試みは最近特に独逸に於いて研究せられ利用せられつつあり。(中略)普通用いらるる材料特に、壁土(コンクリート、煉瓦等を含む)のみにてはその作用不十分なるを以て特に熱を遮断すべき材料を壁中に加えることを要す、(中略)なお日々消費すべき燃料を節約しまた保健上より云えば居住者は寒暑ともに適当なる室温を保有し感冒等の障害より免れ得るの利益あり」

井上達(文献 22, p. 1745):
「熱遮断物を隔壁の内外何れに置くを最も熱経済となすや」

住宅改善の細目(文献 10, p. 45):
「今後室の内外に改良を試みたならば、室内に発生した熱の散逸を防ぎ、寒冷な外気の侵入を防ぎうることを在来の住宅の比でなかろうと思います。(中略)従来用い來つた木炭の量でも、温度を相当に定めることができ、冬季の椅子生活に相当満足を与えられると思います。(中略)大都市に於ける暖房用燃料の将来は、今日断定する事が容易ではありません」

十代田三郎(文献 23, p. 311):
「防寒及保温上暖房経済の見地から建物の熱の絶縁の問題が今日大分論ぜられるようになって来た」

柳町政之助(文献 24, p. 385):
「結局在来の日本の構造の外にセロテックスを一面に張り詰めまして、エヤータイトと同時に保温力を増すということに致したのであります。(中略)保温防熱の設備費に相当金がかかりますが、(中略)燃料も少なくて済む」

スの断熱性能は米国産セロテックスと同等であることや、煉瓦、コンクリートの内側にテックスを張ることにより断熱性能が増すことが明らかになった。

戸田グループによる研究とは別に、機械分野においても断熱材の研究がなされた。星野三郎による「冷蔵庫絶縁材料の熱伝導度について」³⁴⁾ (1924 年) では、当時冷蔵庫に用いられた数十種の国産材料の熱伝導度 (現在の熱伝導率) を測定し、冷蔵庫設計の資料として提供した。

当該期における建材の熱的データは日本に限らず、海外文献においても調査法や調査者によるばらつきが大きく、信頼性は十分なものではなかった³⁵⁾。また、この時期の研究からは、統一的な伝熱理論を読み取ることが困難である。これは日本人研究者らが参照していた欧米諸国のジャーナルや専門書の伝熱理論がまだ未確立であったためである。西川³⁶⁾によると、日本の機械工学分野の伝熱学の黎明期は 1927 年から 1933 年頃である。すなわち、戸田研による建材の熱的性質の実測は、日本における伝熱学の黎明期以前に行われたものであった。建材の熱的性質のデータそのものは戦後塗り替えられることになる。

2-3. 複合壁体の熱貫流率

断熱に関する研究は、学術領域から建築業界全般に広くその成果が発信され、実用されることではじめて社会的意義を達成できる。そのためには、専門家にすら難解であった伝熱理論ではなく、具体的にどの地域でどのような部材構成で家をつくれば快適な温熱環境を達成しうるのかを、簡易な方法で提示する必要がある。1955 年の断熱基準³⁾では部位ごと (外壁、隔壁、最上階の天井、最下階の床) の熱貫流率の目標値を地域毎に定めているが、熱貫流率は各材

料の熱伝導率と厚みから容易に算出できる値であるため、一般に広く用いられるのに適していた。このように断熱設計において、熱貫流率の把握は極めて重要であるが、これが日本の室内気候学分野において登場するのは、1926 年頃からである。後述する三浦運一の「防暑防寒の効果より見たる本邦各種構造家屋の比較研究」³⁷⁾では、実験結果に理論的考察を加えて、室温の変動を説明しているが、ここでは熱貫流率の計算方法が示されている。また、丹羽重光の「暖房所要熱量計算法」³⁸⁾では「壁、窓硝子、天井、床、扉の材質を透して外部に消失する熱量」の計算方法が熱貫流率を用いて示されており、断熱材の使用効果を定量的に把握する方法が示された(図2)。

2-4. 家屋構造と室内気候

建材の熱的性能の研究が一通り終わると、家屋として構成された

場合の状況を研究するようになった。

三浦運一の「防暑防寒的效果より見たる本邦各種構造家屋の比較研究」^{37) 39) 40)} は、全3篇からなり、戸田研究室の家屋衛生学研究の集大成として位置づけられる論文である。三浦は日本における一般的な構法7種(煉瓦造、中空煉瓦造、鉄筋コンクリート造、鉄筋中空コンクリート造、木骨板張造、土蔵造、真壁造)による内寸6尺立方の模型家屋を用いて実験を行った(図3a・図3b)。第一篇では、夏期における室温変化を実測し、第二篇では冬期暖房時と暖房中止後における室温変化を実測し、さらに第三篇では室壁に紙や板を内装材として用いた場合の断熱効果を実測した。これまでの家屋衛生学の研究が実験中心であったのに対して、三浦は実測値と理論的考察の両方から現象を説明しており、家屋衛生学に初めて本格的な伝熱理論を導入した²⁾。

三浦は第二篇において、熱伝導率と熱容量の関係を明らかにすることで、室温の変動を定量的に把握しようと試みた。結論として、以下のような一般則を導いている:「既に述べたように、各種家屋の防暑防暑上の得失は、一般にその家屋の構造ならびに各室の壁材料の熱学的諸性質(すなわち熱伝導率、熱容量)がわかれば、理論的考察によってこれを推測することは難しくない。すなわち、衛生学的見地から見て理想的なのは、夏期に室内が低温で、冬期暖房時において室温の変動が小さい家屋である。このためには室温変動率 α が小さいもの、すなわち室壁の伝導係数 K (現代の「熱貫流率」)が小さく、熱容量と壁厚ができるだけ大きい家屋が良い。概して言えば、比較的壁が厚い洋式の家屋は和式の家屋よりもこの目的にかなうものであり、このような家で冬期に連続的に暖房を行うことが衛生学的には最良である。そしてこれに加えて、熱経済上より言うと、 K が小さいものが良いことはもちろんであるが、このためには室壁を厚くすれば、 K ならびに α はますます小さくなり、衛生学的にも有利となる。」^{39) 注12)}。

Fig. 4a Interior of Yanagimachi House

図 4a 柳町邸内観図

Fig. 4b Section of Yanagimachi House

図 4b 柳町邸断面図

図 4a・b 共に文献 24 より抜粋 Both fig. Excerpt from Ref. 24

◎はセロテックスを施工した箇所(筆者による追記)

◎: places where cellotex were installed (by author)

筆者注: 1階2階両床・壁・天井・屋根にセロテックスを施工していた。
Author's note: Cellotex was installed on both floors, walls, ceilings, and roofs on the 1st and 2nd floors.

第三篇では、7つの模型家屋に紙と木板の内装材をそれぞれ直接貼った場合と、空気層を設けた場合の状況を実測した。この結果、木板は断熱材として良好に機能することと、空気層があるほうがより効果が高いことがわかった。

三浦の研究の特筆すべき成果は、熱容量の扱いを明らかにしたことである。壁の熱貫流率の値が低いほど断熱効果があること、壁材の厚みが厚いほど断熱効果があることは知られていたが、熱容量をどう評価すべきかには、明快な答えは得られていなかった。三浦はこれに対して、上記の通りわかりやすい一般則を導いた。

2-5. 気候と暖房度日 (Degree-Days)

断熱基準の制定には、日本各地の気象データを整理する作業が必要である。当該期には、建築気候区の設定には至らなかったものの、各地の気候と暖房設計を結びつける研究がわずかながら見られる。

畔柳健太郎による「本邦各地の“DEGREE-DAYS”に就いて」⁴¹⁾ (1929年)は、日本において暖房度日の計算を行った最初期のものである。畔柳は、米国の暖房関連雑誌に記載されていた Degree-Days^{注13)}の記事を元に、日本の5つの都市(札幌、石巻、東京、大阪、福岡)の Degree-Days を算出した。Degree-Days は、暖房負荷の指標であり、暖房設計に際して必要な資料を提供するものであった。

このほかにも、協会誌には地域毎の暖房設計の参考資料として、丹羽重光「本邦各地における大気温度および湿気温度表」⁴²⁾、国富信一「日本各地の気温と気流について」⁴³⁾、などが掲載された。

2-6. 断熱と気密を対とする考え

明治期の家屋衛生学においては建材本体の通気性を期待していたため、断熱と気密を対とする考えはなかった¹⁾。しかしこの考えは、1930年代の室内気候学においては、明確に見ることができる。

柳町政之助「暖房の話」²⁴⁾ (1932年)は、当時前衛的暖房技術であったパネルヒーティングを、自邸で実験的に採用した詳細な報告が記されている。この中で、暖房の効果を有効たらしめるために、「在来の日本の構造の外にセロテックスを一面に張り詰めまして、エアータイトと同時に保温力を増すということに致したのであります」^{注14)}とある(図4a・b)。柳町は、床暖房が有効に作用するためには、建築の気密と断熱も合わせて行わなければならないと考えた。

十代田三郎「防寒、保温に関して建具構造の二問題」²³⁾ (1933年)は、当時日本ではまだ知られていなかった気密窓(Air tight steel sash)と回転扉(Automatic revolving door)を扱ったものであるが、序文において、「壁及び硝子面からの熱損失は勿論重大な問題であるが窓障子の枠との隙間及び出入口よりの侵風に依る熱損失量も亦閑等視^{マツ}したいものである。(中略)侵風量大なるものは室内温熱の消失量大にして建築維持上燃料費増大す」^{注15)}とある。ここから、室内温度保持のために断熱性能と気密性能の両者の向上が重要であるとの考えを読み取ることができる。

2-7. 暖房負荷計算

当該期は、公共建築に備える欧米式の暖房器具のスペックを定めたり、燃料費を試算するために、暖房負荷計算の必要性が認識され

始めた時代であった。壁の伝熱理論を詳細に述べた丹羽の論文「暖房所要熱量計算法」は、題名の通り暖房負荷計算法の紹介を目的としている。また、成澤は「本邦建築材料の熱伝導係数の測定」²⁸⁾の冒頭で、熱伝導係数（現在の熱伝導率）の測定は、暖房負荷計算の資料提供のためであるという主旨のことを述べている。さらに、畔柳は、「Degree-daysが暖房経費計算の資料となりうる」⁴¹⁾ことを意図して日本にこの概念を紹介している。

当該期の室内気候学の発展は、予防医学的動機のみならず、暖房負荷計算を可能とすることを目的としており、暖房負荷計算技術の発展の中で、断熱に関する理論も同時に探究された。

3. まとめ

本研究は、大正末期から昭和初期の10年間(1923-1933年)の室内気候学の文献の中から、断熱に関係する文献を抽出し、日本における断熱研究の萌芽期の状況を調査・分析したものである。明治期の家屋衛生学においては、ドイツ衛生学からの展開は乏しかったのに対して¹⁾、大正末期から昭和初期にかけての室内気候学では、日本独自の気候、建築材料、建築構法、生活習慣を前提とした研究が展開した。これらの研究を通して、日本で初めて断熱に関する基礎的な知見が得られた。

明治期における断熱は、室温保持による疾病予防を目的としていた¹⁾。しかし、当該期には、この目的に加え、暖房の燃料を節約するという目的が加わった。すなわち、断熱材利用による省エネという概念が芽生えた。また、当該期は暖房負荷計算が行われるようになった時期であり、この計算を行う与条件として、建材の熱伝導率の実測方法や熱貫流率の計算方法が研究された。

また、当該期の前半期においては、室内気候学の研究の多くは、京大戸田研究室の衛生学者の手によるものであった。しかし、時代が下るにつれて、暖房冷蔵分野を担う機械工学者の比率が高まった。当該期末期には、十代田三郎や柳町政之助らの建築学者の研究も目立つようになった。

さらに、当該期前半においては、材料単体の熱的性質の研究が多くなされたが、それらが一通り終わると、壁の熱貫流率について研究がなされ、続いて建築として構築されたときの状況が研究されるようになった。

以上のように、大正末期から昭和初期の断熱研究において、「断熱と省エネ」「内断熱と外断熱」「断熱と気密」「建材の熱伝導率」「壁の熱貫流率」「暖房度日」のような、断熱に関係する最も基本的な概念を見ることができる。

注

注1) 本論文において、用語「断熱概念」は、「対流が起こりにくい微小な空気を多数含んだ熱伝導率の低い建材を用いることにより熱の伝達を遅らせるという概念」の意味で用いる。ただし、本文1-3.の用語「断熱」の定義で示した通り、「壁などに空気層を設けることにより、熱の伝達を遅らせるという概念」を含む場合がある。

注2) 明治・大正時代の衛生学は、細菌、水、栄養、衣服、家屋、学校、病院、工業、廃棄物などの広範な分野を扱っていた。本論文では、このうち、家屋に関する内容に対して用語「家屋衛生」「家屋衛生学」を用いる。家屋衛生とは、疾病を予防する目的で、家屋の環境を制御すること、並びにその概念を指し、家屋衛生学とは、上記を扱う学問である。

注3) 本研究では、用語「室内気候学」を「建築物の室内の温熱環境や空気環

境を扱う学問」として用いる。室内気候学の母体となる学問は時代によって変化した。明治期には、衛生学の家屋衛生分野に属しているが、研究はわずかである。大正末期から昭和初期にかけては、衛生学・建築学・機械工学の学際分野であった。戦後は、衛生学の関わりはなくなり、建築学と機械工学に属する。

注4) 用語「断熱」は、本文1-3.において定義している。以下はその補足である。1960年代以降は主に「断熱」「保温」のふたつの用語が、現代における「断熱」の意味で用いられており、使い分けはされていなかった。現在では建築物に対しては「断熱」、配管や機械に対しては「保温」を用いる。近代化のプロセスにおいて、科学用語は一外国語につき、一和語を対応させるという大原則があった。今日一般的な「断熱」という用語は、すでに物理分野の用語「adiabatic」という形容詞の和訳として用いられていたため、「thermal insulation」の訳語に「断熱」を用いることを是としない論調があった。また、「熱絶縁」と訳される場合もあったが、電気分野の用語「isolation」に絶縁という訳語が用いられていたため、こちらも共通の用語にはなりえなかった。そのような状況のためか、なかなか用語の統一がなされなかった。用語の変遷を追うことは、日本における断熱概念確立の歴史を解明するうえでひとつの手がかりであり、今後の断熱史研究におけるひとつの課題と考える。

注5) 本文1-3.において、カーテンによる防寒も断熱に含むと定義したため、「③カーテンの重用」は当該期に実用化された断熱の技術的提案に含まれることになるが、この文脈においては、現代的な意味での断熱を指す。

注6) 文献18(p.76)の引用は以下のように続く(ただし、旧字体は新字体に変換して記載。本論文中の他の引用も同様である):「即ち温度に対する壁の研究に就いて吾々の最も知りたいのは比較的高温度の場合にして、夏季に於て壁の外表面が太陽光線の直射を受け、直接其の輻射熱を吸収して高温となり、且つ其の壁の周囲の地面其の他よりの輻射及び空気の対流作用の影響を受ける場合に於ける室内温度の影響に就いてです。従つて欧米の先進諸国に於ける壁の研究に比すれば、其の間に自ら内容の相違がある訳です。」

注7) 暖房冷蔵協会という名称を巡っては、文献19に興味深い記述がある。設立時に名称を決定する際、中村達太郎は「建築衛生協会」、辰野金吾は「衛生工業協会」、井口在屋(機械工学の東大教授で荏原製作所創設者)は「暖房冷蔵協会」を提案した。決を採った結果、井口の案に決定した。しかし、10年ほどして、冷蔵部門独立の機に、当初の辰野案「衛生工業協会」に改称した。これは、「暖房冷蔵協会」では、衛生工業全般を扱うことが十分に表現されておらず、会の主旨が誤解されがちであったためである。

注8) 「省エネルギー」とは、オイルショックを契機に用いられるようになった用語であり、元来は限られた資源の枯渇を防ぐために、石油・電力・ガスなどのエネルギーを節約することである。しかし今日では、この用語は資源の枯渇を防ぐという目的がない場合に用いられる場合も少なくない。「エネルギーの消費を節約すること」(『日本語大辞典』第二版,第7巻)、「エネルギーを節約すること」(『大辞林』,第四版)「石油や石炭、電力やガスをむだなくつかい、消費量をおさえること」(『ポプラディア新訂版5』)の意で用いられる。当該期には、断熱材を用いることにより燃料を無駄なく使い消費量を抑えるという概念があった。これは、上記に示した今日的な意味での省エネルギーの概念である。

注9) 緒方益雄は、明治期の初代衛生学者である緒方正規の次男にあたる。1923年にベルリン大学衛生学教室に留学し、1925年より岡山医科大学の衛生学教授となった。免疫血清学を専門とし、家屋衛生学に関する研究は本研究以外見当たらない

注10) 以下に文献21(p.381)の原文を示す:
「一、室温ヲ一定度迄上昇セシムル為メニ壁ニ遮断物ヲ置ク時ハ著シク熱量ヲ節約シ得ルコト明ナルガ其ノ遮断ノ位置ハ内部ニ置クヲ最モ宜シトシ加温ノ方法ハ強加熱ヲ以テ経済的トス。
二、壁中ニ蓄積セラルヘ熱量ハ内遮断ノ時ニ最モ少ク外部並ニ中間ニテ遮断セル時ニ多シ。中間遮断ノ時ニハ内壁中ニ蓄積セラル。
三、蓄積セラレタル熱量ハ外面ニテ遮断セル時再ビ室温ニ利用セラレ本実験ニ於テハソノ十プロセント室温ニ利用セラレタルヲ見タリ。
四、壁遮断ノ位置ハ室ノ性質ニヨリテ定ムベキモノナリ。
五、室温ヨリ壁ニ移動スベキ熱量ノ計算ニ際シ移動率ハ物体ノ性質ト共ニ物体ノ表面ノ性状ヲ考慮セザル可カラズ。
六、「トロホレウム」ノ保温ノ価値ハ木板ニ勝レリ。」

注11) 以下に本文中で引用した文献22の原文を示す:
「熱遮断物ヲ隔壁ノ内外何レニ置クヲ最モ熱経済トナスヤ、殊ニ「カー

テン」ヲ遮断体トナシタル時ニハ如何。」 (p. 131)

「現在我国ニ於テ此ノ方面ニ於テ最モ緊要ナルハ之等ノ建具ニ如何ナル装置ヲ施ス事ニヨリ厳冬ニ耐ヘ得ルヤト云フニアリ而シテイタヅラニ複雑ナル又ハ根本的改造ハ経済的ニ到底急速ニ行ハルベキモノニ非ズシテ、単ナル将来ノ参考トナルニ過ぎザルベシ。即ち簡易ニ行ハレ而モ低廉ナルヲ要ス。之余ノ其ノ最モ簡単ニシテ廉価ナル木綿「カーテン」ヲ実験対象トナシタル所以ニシテ此ノ単純ナル「カーテン」ナレバ普通一般ノ家庭ニ於テ既ニ実行セル所ニシテ、之ヲ如何ニ使用セバ最モ保温の効果ヲ収メ得ルヤガ即チ本実験ノ目的ナリ。」 (p. 134)

「寝室又ハ病室ノ内側ニ「カーテン」ヲ引ク事ハ建具間ノ間隙ヲ塞グノミナラズ建具其ノモノノ保温の効果ヲ高カラシメ室温ノ急激ナル下降ヲ防ギ保健上極メテ有用ナル事ナリト信ズ。」 (p. 136)

注12) 以下に文献 39(pp. 39-40)の原文を示す：「既ニ述ベタルガ如ク各種家屋ノ防寒防暑上ノ得失ハ、一般ニ其家屋ノ造構並ニ各室壁材料ノ熱学的諸性質（即チ熱伝導率、熱容量）ヲ知ルヲ得バ理論的考察ニヨリテ之ヲ推測スルニ難カラザルモノナリ。即チ衛生学的見地ヨリ見テ理想的ナルモノハ、夏期室内低温ニシテ、冬期暖房時ニ於テ室温ノ変動少ナキ家屋ナリトス。之ガ為ニハ室温変動率 α ノ小ナルモノ、即チ室壁ノ伝導係数 K 小ニシテ、熱容量及ビ厚サノ可及的大ナル家屋ヲ可トス。概シテ言ヘバ比較的厚壁ナル洋式家屋ハ和式家屋ヨリモ此目的ニ適フモノニシテ、カヽル家屋ニ就テ冬期連続的ニ暖房ヲ行ヘバ衛生学的ニ最良ナリ。而シテ之ニ加フルニ熱経済上ヨリ言フ時ハ K ノ小ナルモノヲ可トスルハ勿論ニシテ之ガ為ニハ室壁ノ厚サヲ大ニスレバ K 並ビニ α ハ益々小トナリ、衛生学的ニモ有利ナリトス。」

上記引用中の熱伝導係数 K とは、今日の熱貫流率 U 値（平成21年までは K 値）である。また、室温変動率 α とは、周壁の熱損失係数を室の熱容量で除したもので、室の暖まりやすさ冷えやすさを表す指数であり（文献2）、三浦が文献39中にて定義した値である。

注13) 暖房度日（Degree-days）とは、標準室内温度（通常18℃）とこれを下回る場合の日平均外気温との差温を一年に渡って積算した値である。年間暖房消費エネルギーの地域毎の指標となる。畔柳は標準室内温度を18.3度として計算している。

注14) 文献24, p. 385

注15) 文献23, p. 311

参考文献

- 1) Takahashi, A., Motooka, N.: Germination of Heat Insulation concept in Japan, Summaries of Technical Papers of Annual Meeting, Architectural Institute of Japan, History and theory of architecture, pp.681-682, 2019.7 (in Japanese)
高橋彰子, 元岡展久: 日本における断熱的概念の萌芽, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 建築歴史・意匠, pp. 681-682, 2019. 7
- 2) Nakamura, M.: History of Environmental Physics, New Architectural System 10(Environmental Physics), Shokokusha, chapter1, p.13, 1994 (in Japanese)
中村泰人: 環境物理学の歴史, 新建築学体系 10 (環境物理) 第1章, p. 13, 彰国社, 1994
- 3) Architectural Design and Planning, Committee for Standards, Second Heat Subcommittee Meeting: Heating Design of Housing(2): Insulation design of housing, Journal of Architecture and Building Science, Vol.70, No.819, pp.52-62, 1955.2 (in Japanese)
建築設計計画規準委員会第2熱分科会: 住宅の暖房設計(2) -住宅の保温設計-, 建築雑誌, 第70巻, 第819号, pp. 52-62, 1955. 2
- 4) Manabe, T., et al.: Development of Heat Insulating Materials for Buildings In Japan, Journal of Architectural And Planning (Transaction of AIJ), No.590, pp.73-80, 2005.4
真鍋恒博, 千羽範尚, 小野真沙美: 我が国における建築用断熱材の変遷: 現代の建築部品・構法の変遷に関する調査研究, 日本建築学会計画系論文集, 第590号, pp. 73-80, 2005. 4
- 5) Kimura, T.: Development of urban middle-class housing improvement in modern Japan, Transaction of the Architectural Institute of Japan, 63, pp.669-672, 1959.10 (in Japanese)
木村徳国: わが国近代における都市中流住宅改良の展開, 日本建築学会論文報告集, 第63号, pp. 669-672, 1959. 10
- 6) Takahashi, A. and Motooka, N. and Nagasawa, N.: Insulation of Japanese Wooden House In 1930s, Journal of Architectural And

- Planning (Transaction of AIJ), Vol.83, No.746, pp.611-621, 2018.4
高橋彰子, 元岡展久, 長澤夏子: 1930年代の木造住宅作品における断熱, 一建築専門誌に示された断熱萌芽期の建築家による断熱材導入一, 日本建築学会計画系論文集, 第83巻, 第746号, pp. 611-621, 2018. 4
- 7) Takahashi, A., Motooka, N. and Nagasawa, N.: Insulation of Japanese Wooden House In 1950s, AIJ Journal of Technology and Design, Vol.23, No.53, pp.209-214, 2017.2
高橋彰子, 元岡展久, 長澤夏子: 1950年代の木造住宅作品における断熱, 一建築専門誌に示された建築家による断熱材導入とその性能一, 日本建築学会技術報告集, 第23巻, 第53号, pp. 209-214, 2017. 2
 - 8) Hirayama Kinen Shuppankai: Lists of documents on Environmental Engineering (1887-1963), 1963, (in Japanese)
平山記念出版会編: 建築環境工学文献題目集 1887-1963, 平山記念出版会, 1963
 - 9) Doujyunkai: Lists of documents on Home Hygiene, Kanehara-Shouten 1926 (in Japanese)
同潤会編: 住宅衛生文献集, 金原商店, 1926
 - 10) Improvement of floor plans and facilities for housing, Journal of Architecture and Building Science, 419, pp.506-519, 1921.9 (in Japanese)
住宅の間取及設備の改善, 建築雑誌, 第419号, pp. 506-519, 1921. 9
 - 11) Kimura, T.: From Taisho to Showa -Establishment of a living room-centered housing style and middle-class housing in the early Showa period-, Edited by Oota, H., History of modern housing, p.125, Yuzankaku, 1969.5 (in Japanese)
木村徳国: 大正から昭和へ 一居間中心形住宅様式の成立と昭和初期の中流住宅一, 大田博太郎編『住宅近代史』, p. 125, 雄山閣, 1969. 5
 - 12) Toda, S.: Celebrating the reissue of The National Hygiene, The National Hygiene, 21, p.1, 1954 (in Japanese)
戸田正三: 国民衛生の復刊を祝して, 国民衛生, 第21号, p. 1, 1954
 - 13) Miura, U. : The Effect of Variations in Relative Humidity upon Skin Temperature and Sense of Comfort, American Journal of Hygiene, 13(2), 1931
 - 14) Maeda, T.: Memories of research on thermal environment of houses, 8th Thermal environment symposium report collection, pp.44-51, 1974.12 (in Japanese)
前田敏男: 住宅の熱環境研究の思い出, 第8回人間一熱環境系シンポジウム報告集, pp. 44-51, 1974. 12
 - 15) Maeda, T.: My history in thermal environmental engineering, 8th Thermal environment symposium report collection, Heating, Air-Conditioning and Sanitary Engineers of Japan, 53(1), p.2, 1979.1 (in Japanese)
前田敏男: 熱環境工学における私の歩み, 空気調和・衛生工学, 第53巻, 第1号, p. 2, 1979. 1
 - 16) Ishihara, M.: Kyoto University [Contents of equipment education at major universities], Heating, Air-Conditioning and Sanitary Engineers of Japan, 52(11), pp.9-12, 1978.11 (in Japanese)
石原正雄: 京都大学 [主要大学の設備教育の内容], 空気調和・衛生工学, 第52巻, 第11号, pp. 9-12, 1978. 11
 - 17) Fujii, K.: Japanese housing, Iwanami Shoten, 1928 (in Japanese)
藤井厚二: 日本の住宅, 岩波書店, 1928
 - 18) Fujii, K.: Improvement of Japanese housing, Journal of the Society of Domestic Sanitary Engineering, 32, pp.1-21, 1927.1 (in Japanese)
藤井厚二: 我国住宅の改善 (大正15年3月26日通常会講演会において), 衛生工業協会誌, 第32号, pp. 1-21, 1927. 1
 - 19) Saito, S.: Consideration of the occurrence of the Heating and Refrigerating Association and the motives for its establishment, Journal of the Society of Domestic Sanitary Engineering, 7(7), pp.455-460, 1933.7 (in Japanese)
齊藤省三: 暖房冷蔵協会の発生と創立動機二三の考察, 衛生工業協会誌, 第7号, 第7巻, pp. 455-460, 1933. 7
 - 20) Osaka Conference Photo, Journal of the Society of Domestic Sanitary Engineering, 2(6), 1928.06 (in Japanese)
大阪大会写真: 衛生工業協会誌, 第2巻, 第6号, 1928. 6
 - 21) Ogata, M.: Heat saving by heat insulation of the wall, Shakai igaku zasshi, 462, pp.367-382, 1925.7 (in Japanese)

- 緒方益雄：壁の熱遮断による熱節約, 社会医学雑誌, 第 462 号, pp. 367-382, 1925. 7
- 22) Inoue, T.: Comparison of heat retention by Itado, glass door, shoji, and sliding door, Journal of Okayama medical association, 43(7), pp.1745-1757, 1931.6 (in Japanese)
井上達：板戸、硝子戸、障子、襖による保温の比較、岡山医学会雑誌, 第 43 巻, 第 7 号, pp. 1745-1757, 1931. 6
- 23) Soshiroda, M.: Two problems with fitting structure regarding cold protection and heat retention, Journal of Architecture and Building Science, 567, pp.311-324, 1933.2 (in Japanese)
十代田三郎：防寒保温に関して建具構造の二問題, 建築雑誌, 第 567 号, pp. 311-324, 1933. 2
- 24) Yanagimachi, M.: The story of heating, Journal of Architecture and Building Science, 555, pp.377-385, 1932.3 (in Japanese)
柳町政之助：暖房の話, 建築雑誌, 第 555 号, pp. 377-385, 1932. 3
- 25) Fujii, S.: Ventilation and permeability coefficient measurement of wall chamber material, Journal of Heating and Refregiating association, 7, pp.104-131, 1921.12 (in Japanese)
富士貞吉：壁室材料の通気量および透過性係数測定, 暖房冷蔵協会誌, 第 7 号, pp. 104-131, 1921. 12
- 26) Katsuya, T.: Measurement of specific heat (heat capacity) of Japanese house room wall material, The Journal of the Kyoto Medical Association, 19(11), pp.11-25, 1922.11 (in Japanese)
勝矢俊一：本邦家屋室壁材料の比熱(熱容量)測定, 京都医学会雑誌, 第 19 巻, 第 11 号, pp. 11-25, 1922. 11
- 27) Miura, U.: Measurement of specific heat (heat capacity) of Japanese house room wall material, The National Hygiene, 2(1), pp.97-120, 1924.9 (in Japanese)
三浦運一：本邦家屋室壁材料の比熱(熱容量)測定, 国民衛生, 第 2 巻, 第 1 号, pp. 97-120, 1924. 9
- 28) Narusawa, A.: Measurement of thermal conductivity of Japanese building materials association, 20(8), pp.938-953, 1923.8 (in Japanese)
成澤浅水：本邦建築材料の熱伝導係数の測定, 京都医学雑誌, 第 20 巻, 第 8 号, pp. 938-953, 1923. 8
- 29) Tagawa, H.: Thermohygiene study of bulkhead materials 1, The National Hygiene, 2(1), pp.67-96, 1924.9 (in Japanese)
田川八郎：隔壁材料の熱衛生学的研究其一, 国民衛生, 第 2 巻, 第 1 号, pp. 67-96, 1924. 9
- 30) Tagawa, H.: Thermohygiene study of bulkhead materials 2, The National Hygiene, 3(2), pp.343-362, 1925.10 (in Japanese)
田川八郎：隔壁材料の熱衛生学的研究其二, 国民衛生, 第 3 巻, 第 2 号, pp. 343-362, 1925. 10
- 31) Tagawa, H.: Thermohygiene study of bulkhead materials 3, The National Hygiene, 3(5), pp.745-761, 1926.1 (in Japanese)
田川八郎：隔壁材料の熱衛生学的研究其三, 国民衛生, 第 3 巻, 第 5 号, pp. 745-761, 1926. 1
- 32) Fujii, S.: Hygienic study of Artex, a room wall material made from Taiwanese bagasse 1, 32(3), pp.272-294, 1933.3 (in Japanese)
富士貞吉：台湾産バガスを以て製せる室壁材料 Artex の衛生学的研究第 1 報, 台湾医学会雑誌, 第 32 巻, 第 3 号, pp. 272-294, 1933. 3
- 33) Kuriyama, H.: About vegetable artificial board Kenchiku Sekai, 30(11), pp.10-15, 1936.11 (in Japanese)
栗山寛：植物性人造板雑考, 建築世界, 第 30 巻, 第 11 号, pp. 10-15, 1936. 11
- 34) Hoshino, S.: About thermal conductivity of refrigerator thermal insulation material, Danbo-reizo Kyokai, 18, pp.1-7, 1924.10 (in Japanese)
星野三郎：冷蔵庫熱絶縁材料の熱伝導度について, 暖房冷蔵協会誌, 第 18 号, pp. 1-7, 1924. 10
- 35) Niwa, S.: Heat calculation method 2, Journal of the Society of Domestic Sanitary Engineering, 4, p.9, 1927.10 (in Japanese)
丹羽重光：暖房所要熱量計算法(其二), 衛生工業協会誌, 第 4 号, p. 9, 1927. 10
- 36) Nishikawa, K.: History of thermal engineering, Omusha, pp.80-83, 1999.2 (in Japanese)
- 西川兼康：熱工学の歩み, オーム社出版局, pp. 80-83, 1999. 2
- 37) Miura, U.: Comparative study of various Japanese structural houses from the viewpoint of heat and cold protection 1, The National Hygiene, 3(9), pp.1239-1271, 1926.5 (in Japanese)
三浦運一：防暑防寒の効果より見たる本邦各種構造家屋の比較研究第一篇：防暑効果の比較研究, 国民衛生, 第 3 巻, 第 9 号, pp. 1239-1271, 1926. 5
- 38) Niwa, S.: Heat calculation method 1, Journal of the Society of Domestic and Sanitary Engineering, 3, pp.12-19, 1927.9 (in Japanese)
丹羽重光：暖房所要熱量計算法(其の一), 衛生工業協会誌, 第 3 号, pp. 12-19, 1927. 9
- 39) Miura, U.: Comparative study of various Japanese structural houses from the viewpoint of heat and cold protection 2, The National Hygiene, 4(1), pp.1-45, 1926.9 (in Japanese)
三浦運一：防暑防寒の効果より見たる本邦各種構造家屋の比較研究第二篇：暖房上の得失より見たる本邦各種構造家屋の比較研究, 国民衛生, 第 4 巻, 第 1 号, pp. 1-45, 1926. 9
- 40) Miura, U.: Comparative study of various Japanese structural houses from the viewpoint of heat and cold protection 3, The National Hygiene, 4(2), pp.125-147, 1926.10 (in Japanese)
三浦運一：防暑防寒の効果より見たる本邦各種構造家屋の比較研究第三篇：防暑防寒における室壁舗装の効果について, 国民衛生, 第 4 巻, 第 2 号, pp. 125-147, 1926. 10
- 41) Azeyanagi, K.: About "DEGREE-DAYS" in various parts of Japan, Journal of the Society of Domestic Sanitary Engineering, 3(9), pp.319-430, 1929.9 (in Japanese)
畔柳健太郎：本邦各地の“DEGREE-DAYS”について, 衛生工業協会誌, 第 3 巻, 第 9 号, pp. 319-430, 1929. 9
- 42) Niwa, S.: Atmospheric temperature and humidity temperature table in various parts of Japan, Journal of Heating and Refregiating association, 1, pp.139-150, 1917.12 (in Japanese)
丹羽重光：本邦各地の大気温度および湿気温度表, 暖房冷蔵協会誌, 第 1 号, pp. 139-150, 1917. 12
- 43) Kunitomi, S.: About temperature and airflow in various parts of Japan, Journal of the Society of Domestic Sanitary Engineering, 33, pp.1-11, 1927.9 (in Japanese)
国富信一：日本各地の気温と気流について, 衛生工業協会誌, 第 33 号, pp. 1-11, 1927. 9

THE GERMINATION OF RESEARCHES ON HEAT INSULATION IN JAPAN

The rise of Indoor Climatology from the end of the Taisho era to the beginning of the Showa era

Akiko TAKAHASHI^{*1} and *Nobuhisa MOTOOKA*^{*2}

^{*1} Assoc. Prof., Faculty of Architecture, Meisei University, Ph.D.

^{*2} Prof., Faculty of Core Research, Ochanomizu University, Dr.Eng.

This paper clarifies how insulation was studied in the process of modernization in Japan, by extracting documents related to heat insulation from indoor climatology researches which were studied from the end of the Taisho era to the beginning of the Showa era (1923-1933).

During the Meiji era, Japan accepted the concept of heat insulation from German hygiene, but could not develop it independently. However, from the end of the Taisho era to the beginning of the Showa era, the Japanese indoor climatology studies presupposed Japan's unique climate, building materials, building construction methods, and lifestyle customs. In these studies, the basic knowledge about heat insulation was obtained for the first time in Japan.

Insulation in the Meiji era was aimed at preventing diseases by maintaining room temperature. However, in this period, in addition to this purpose, the purpose of saving fuel for heating was added. In other words, the concept of energy saving by using heat insulating materials has risen. In addition, this period was the time when the heating load calculation began to be performed, and as a condition for performing this calculation, a method for actually measuring the thermal conductivity of building materials and a method for calculating the thermal conductivity were studied.

Also, in the first half of the period, most of the researches on indoor climatology were done by hygienists in the Toda laboratory of Kyoto University. However, as the times went down, the research ratio of mechanical engineers in the field of heating and refrigeration increased. The study of architectural heat transfer by mechanical engineers generally overlaps with the dawn of thermal physics in Japan. At the end of the term, the research of architects such as Saburo Soshiroda and Masanosuke Yanagimachi became conspicuous.

Furthermore, in the first half of the period, many studies were conducted on the thermal properties of individual materials, but when all of them were completed, the thermal transmission rate of complex walls was studied. Subsequently, the situation when it was constructed as an architecture became the subject of research. In these series of studies, the theory of architectural heat transfer was developed.

The research results on heat insulation during this period became the cornerstone of the establishment of heat insulation standards by the academic societies after the WW2. In addition, the roots of the most general concepts related to heat insulation, such as "insulation and energy saving", "internal/external heat insulation", "heat insulation and airtightness", "thermal conductivity of building materials", "thermal transmission rate of the wall" and "degree-days" can be seen in the indoor climatology researches during this period.

(2020年12月5日原稿受理, 2021年3月8日採用決定)