

B-4 ペッテンコーファーと換気理論

Pettenkofer and his ventilation theory

○田 中 辰 明 (お茶の水女子大学名誉教授) *

I majored in architecture at university, and during my first year, I took general education and foreign language courses, along with a few basic architecture-related subjects. One of these was "Architectural Health Engineering," taught by Professor Koichiro Kimura. This course focused on the fundamental theories of architectural design, and it was in this class that I realized I was truly studying architecture. I learned that the theory of ventilation was developed by Max von Pettenkofer, a German public health expert, which sparked my interest in him. In July 2024, I had the opportunity to visit Munich, where Pettenkofer had worked. I visited the Pettenkofer Institute at the University of Munich and the Fraunhofer Institute for Building Physics in Holzkirchen to gather more information. The insights I gained from these visits deepened my understanding of both architectural theory and the historical development of health engineering in buildings, particularly regarding ventilation and public health. This experience not only enriched my knowledge of architecture but also inspired my future studies and career. The information I gathered in Munich will undoubtedly influence my work as I continue to explore the intersection of architecture, health, and design.

キーワード

(気体, gas), (室内環境, indoor environment), (臭気, offensive odor), (清浄, cleanness), (測定技術, measuring technology)

はじめに

筆者は大学で建築学を専攻した。入学した最初の年は一般教養科目や語学の授業が大半であった。中に少し専門科目の授業があった。これは建築学科の学生として強いアイデンティティと喜びを与え、興味深いものであった。



Fig.-1 "Principles of Architectural Planning" by Prof. Koichiro Kimura.

その中で最も記憶に残っているのは木村幸一郎教授(初代空気清浄協会会長 1963. 10~1971.9)の「建築保健工学」という授業であった。この授業では木村教授の著書「建築計画原論」が教科書として使用された。この授業の一部でドイツの公衆衛生学者マックス・フォン・ペッテンコーファー(1818~1901)が取り上げられた。

1. ペッテンコーファーの換気理論

ペッテンコーファーはミュンヘン大学の教授であり、人気の

*Tatsuaki TANAKA (Emeritus Professor, Ochanomizu University)

高さから沢山の学生が受講に駆けつけたそうである。ミュンヘンの冬は非常に寒く、講義は窓を閉めきった状態で行われたため、一部の学生が体調を壊した。ペッテンコーファーはこれは室内空気質の低下であると考え、二酸化炭素の濃度を検出しようとした。当時ガスクロマトグラフィー等気体分析装置はなかったが、石灰を用いて二酸化炭素の量を検出する事は可能であった。

2. 石灰から二酸化炭素濃度を知る方法

石灰水は、水酸化カルシウム(Ca(OH)_2)を水に溶かした溶液である。 CO_2 と反応すると、炭酸カルシウム(CaCO_3)を生成し、水に溶けにくい白色の沈殿物が現れる。この反応を利用して CO_2 の量を確認することができる。 CO_2 の量が多いほど、白濁の程度が強くなるので、この変化を観察することで CO_2 の存在と濃度を確かめる。

ペッテンコーファーの研究により、二酸化炭素そのものは直接的に人体に有害ではないものの、その濃度が上昇すると一酸化炭素や臭気といった有害物質が増加することが発見された。

彼は二酸化炭素濃度が1,000 ppmを超える場合、換気が必要であると提案した。この基準は現在世界各国で換気の基準として受け入れられている。筆者はこの授業によりペッテンコーファーの並外れた洞察に深く感銘を受け、氏の業績について更に学びたいと考えた次第である。

3. ミュンヘンにおける調査

2024年7月筆者はマックス・フォン・ペッテンコーファーについて更に学ぶため、ミュンヘンを訪問した。そこで筆者はペッテンコーファーに対する一般市民の高い評価を示す多くの証拠を見つけた。その一つはミュンヘンの中央部にあるペッテンコーファーの銅像であった。またペッテンコーファーの名を冠した大道りもあった。さらにミュンヘン市内にあるペッテンコーファーの墓地は手入れが行き届いており、緑や赤の新鮮な花が飾られていた。



Fig.-2 A bronze Statue of Max von Pettenkofer, located in the central area of Munich



Fig.-3 Max von Pettenkofer Institute Ludwig Maximilian University of Munich

筆者はミュンヘン大学内にあるマックス・フォン・ペッテンコーファー研究所を訪問した。このペッテンコーファーの名を冠した研究所は公衆衛生に関する研究センターで、Covid-19のような感染症に焦点を当てて研究がおこなわれている。現在はアフリカ由来の新しい感染症の研究に特に多忙であると聞いた。研究所ではペッテンコーファーに関する書籍を紹介して頂いた。

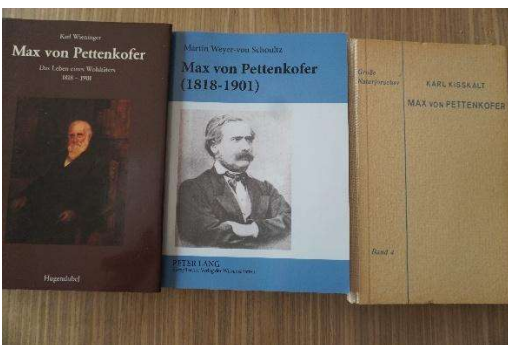


Fig.-4 Autobiographies about Max von Pettenkofer

4. ペッテンコーファーの生涯

ペッテンコーファーは1818年12月3日にドナウ河畔のノイブルグ (Neuburg) 近郊のリヒテンハイム (Lichtenheim) の貧しい農家の第5子として生を享けた。8歳の時にミュンヘンの王立施設で主任薬剤師をしていた叔父に預けられ、その庇護のもと教育を受け、叔父の跡を継ぐべく薬剤師としての道を歩んだ。1843年に薬剤師の免許を取得した。1839年と1841年には薬学に加えて、医学生としてもミュンヘン大学に学生登録をした。1842年に従来よりも簡便、かつ高感度な新しいヒ素の検出方法を開発し、学会から称賛された。1845年にミュンヘンの造幣局に就職した。ここでは古い硬貨を溶かして再度鋳造する際に不純物が混入し新しい硬貨の純度が落ちる事が問題視されていた。ペッテンコーファーは高純度の金、銀、白金をそれぞれ再生できる分離法を開発し、注目を浴びた。この功績により、バイエルン王国政府はペッテンコーファーをバイエルン科学アカデミーの正会員とした。また1847年にはミュンヘン大学医学部の病理化学講座助教授に任命されている。

彼は大学における講義において、疾病治療よりも予防が重要であることを熱心に説いた。「予防は治療に勝る」との理念のもと、彼は衛生的な取り組みが世代の強化に寄与し、子孫に対して物理的・道徳的・精神的な幸福の源を提供するとの信念を有していた。この大きな文化的課題の解決に寄与することは、氏の責務であると考えた。そのため、彼は大学医学部に対し、衛生学を大学カリキュラムに組み込み、医師の必須試験科目として確立するよう提案した。しかしながら、学部側は衛生学の教科内容が十分に広範でないと判断し、独立した試験科目としての設置を見送った。1861年、学部は彼の提案を却下したが、その頃、彼の評判は専門家および一般社会の間でますます高まっていた。学生の間では彼の人気は非常に高く、「予防の重要性」というスローガンが共感を呼び、講義はより大規模な講堂を必要とするようになった。しかし彼は学部から受けた提案拒否を、ひどい敗北と受け止めざるを得なかった。

彼はその失敗を受けて、健全な自己批判の意識が芽生え、提案が却下された責任は最終的には自分であることを認識せざるを得なかった。当時、著名な同僚たちは講義内容を公表する習慣を導入していたが、彼はこれを怠っていた。多忙な日々の中で、講義の主要なポイントを小さなメモに書き留め、それを後に廃棄してしまっていたため、彼の発見が専門家の間で共有されることはなかった。これにより、同僚たちは彼のテーマの詳細を知らず、学部の同僚もまた、彼が学生に教えていた内容を把握していなかった。このため、彼の提案が拒否された際、彼らは衛生学が一般的な健康状態に及ぼす広範かつ多様な影響を理解していなかった。

民衆に対して効果的であるとされる衛生学は、まだ独自の科学としての認識が確立されていなかった。彼は自身の怠慢を挽回すべく、衛生的視野の広がりを概説し、必要とされる様々な

観点の広がりとその重要性を説いた。民衆もペッテンコーファーの熱心さに驚かされたという。ペッテンコーファーは1865年以来ルドビック・マクシミリアン大学（ミュンヘン大学）で衛生学に関する授業を行っている。ここでは授業の内容を予め報告しており、その記録が残っている。²⁾ その内容を以下に示す。

1. 大気の化学組成
2. 大気と気候の物理的変化
3. 衣服と皮膚の衛生管理
4. 空気と熱に関連する建材の特性
5. 換気
6. 暖房
7. 照明
8. 建設現場と基礎
9. 地下水
10. 地面の状態と特定の疾患（マラリア、腸チフス、コレラ）の発生・拡大との関係、ならびに地域の気候の影響
11. 住宅地への飲料水の供給と配水システム
12. 食品の主要成分
13. 牛乳
14. 肉
15. パン
16. 野菜、果物、その他の植物性食品
17. 低アルコール飲料と酔
18. 調味料（塩、砂糖、香辛料、お茶、コーヒー、タバコなど）
19. 各社会階層および条件における栄養と供給—供給規制
20. 人間、家庭、産業廃棄物の収集と処理—下水処理
21. 消毒
22. 食品検査
23. 健康に有害な産業および工場
24. 学校、兵舎、福祉施設、病院、集会所
25. 有毒物質およびその取引・流通に対する予防措置
26. 医療統計—生物統計学

これらの項目はほぼ網羅されていた。しかしながら、細菌学に関する知見は未だ形成されておらず、また、環境に影響を与える他の要因、例えば放射線、産業による大気汚染、自動車交通、薬物の危険性等については、当時議論の対象とはならなかった。

ペッテンコーファーにとって、自身の科学的知見を公表することは非常に困難であった。確かに「ディングラーの工業雑誌」、「芸術および産業誌」、「医療情報紙」、「学術誌」など、科学に特化したいくつかの雑誌が存在したが、これらはいずれも彼の研究テーマと異なる方向性を持っていた。このため、彼は1865年に弟子であり後に同僚となるカール・フォ

ン・フォイト教授とともに「生物学雑誌」を創刊し、18年間にわたり自身の研究成果を発表する場として活用した。同年、ペッテンコーファーはミュンヘン大学の学長に選出された。新たな職務に就任する際、彼はルートヴィヒ2世王による厳粛な謁見を受けた。王は大学の一般的な状況のみならず、ペッテンコーファーの研究やその目的にも深い関心を示した。謁見の最後に、王は彼に「何か願いがあれば言ってほしい」と尋ね、ペッテンコーファーはその機会を最大限に活用した。

1836年と1854年にミュンヘンで2回のコレラが流行した。ペッテンコーファーはコレラを広める原因と対策の研究を依頼された。また1872年にはチフスが流行し、さらに1873/74年に再度コレラが流行した。当時ミュンヘン市民は井戸水を生活用水として使用していた。ペッテンコーファーはコレラ、チフスの流行は地下の汚染と井戸水の使用であるとし、水道の建設を提言した。その結果、1881年から1883年にかけて、アルプスの伏流水が噴出するミュールタールを水源として水道が建設され、ミュンヘンのコレラ、チフスの流行は収まった。この水源地には1883年に水道完成を記念しオベリスクが建設された。ペッテンコーファーは上水道と共に下水道の建設も行った。当時ミュンヘンの農民は各家庭からくみ取り料と取って汚物をくみ取り、自分の農地に肥料として撒いていた。下水道の建設は農民にとって不利益な事で、ペッテンコーファーはここでも大規模な反対運動に直面した。



Fig.-5 An obelisk erected at the water source where Pettenkofer introduced the water supply to Munich



Fig.-6 A commemorative plaque making the introduction of the water supply to Munich

ペッテンコーファー自体も晩年は病を得、それを苦に1901年2月10日に自死している。



Fig.-7 The grave of Pettenkofer surrounded by flowers, Munich

おわりに

森鷗外は明治16年(1883)21歳の時に欧州に派遣される東京陸軍病院院長橋本綱常を訪ね随行を志願したが不許可となった。しかし翌年明治17年6月に明治政府より陸軍衛生制度調査および軍人衛生研究の為にドイツ留学を命じられた。8月23日に東京を発ち10月11日にベルリンに到着している。既にベルリンに滞在していた橋本綱常を10月18日に訪問し、指示を受けている。氏より「先づライブチヒなるホフマンを師とし、次にミュンヘンなるペッテンコーファーを師とし、最後にここなるコッホを師とせよ」と教示を受けている。鷗外は実際にそのように行動し、明治19年(1886)3月にミュンヘンに移り、ペッテンコーファーに学んだ。しかしこの滞在は比較的短く、翌年明治20年(1887)4月にはベルリンに移っている。ミュンヘン滞り期間にもシュタルンバルガー湖で1886年6月13日にルドヴィッヒ二世が死体で発見された事件を題材に「うたかたの記」を著している。



Fig.-8 A cross standing at the location where the body of King Ludwig II was found in Lake Starnberg.



Fig.-9 A chapel built near the place where the body of King Ludwig II was found in Starnbergersee, in memory of the king.

謝辞

この調査に関し、Rammelmayr 陽子女史にペッテンコーファーの銅像をご案内頂いた。Ziad Nouri さんにはペッテンコーファーの文献提供を頂き、Starnbergersee 並びにペッテンコーファーの墓をご案内頂いた。Helmut Künzel 博士からはペッテンコーファーの文献を頂いた。田中絵梨女史にはペッテンコーファーがミュンヘンに水道を引いた水源地をご案内頂いた。記して謝意を表す。

参考文献

1. Karl Kisskalt, Große Naturforscher, Band 4 „Max von von Pettenkofer“ Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft M. B. H. Stuttgart 1948
2. Martin Weyer-von Schoultz, Max von Pettenkofer (1818-1901), Peter Lang, Europäischer Verlag der Wissenschaften
3. Karl Wieninger, Max von Pettenkofer, Das Leben eines Wohltäters 1818-1901, Hugendubell 1987
4. 木村幸一郎。建築計原論、共立出版
5. 渡辺要編 建築計画原論 1 丸善株式会社
6. 渡辺要編 建築渡邊要編 建築計画原論 II 丸善株式会社
7. Helmut Künzel, Bautraditionen auf dem Prüfstand, Fraunhofer IRB Verlag
8. Helmut Künzel, Richtiges Heizen und Lüften in Wohnungen, Fraunhofer IRB Verlag
9. 文芸読本「森鷗外」河出書房新社 昭和51年(1976年)