

国立物理工学研究所設立の歴史

天野 清

この国立物理工学研究所の輝かしい業績は、歴史が証明しているが、その設立が最初に国立科学工学（技術）研究所 (der obersten wissenschaftlich-technischen Staatinstitutes) の形で構想されてから、各方面の困難を突破して、遂に物理工学研究所となって実現されるまでに15年の歳^ゝを費やしたということは、今日から見れば意外であるが、当時の旧プロシヤ学士院や各省の要人連の頭、実情を知る上には興味深い歴史である。

精密科学とプレジジョンズ技術 (Präzisionstechnik) を振興するための国立研究所を設立しなければならないという構想は、カール・ハインリヒ・シェルバッハ¹⁾ (Karl Heinrich Schellbach, 1892) が最初に持ち出したものである。彼は数学者であったが、精密機械学にも同情を有ち、後に有名な Zs. f. Msir. の創刊や編輯にも盡力した人である。

彼は皇太子フリードリッヒの師傅^{しゅ}として、その物理学や工学に対する関心を起させたのであったが、1872年の7月政府当局に彼の提案を行った。これにはヘルムホルツやE. デュボア・レイモンも署名をして居たが、自由主義や文化主義を標榜して居た皇太子が支持しなかったら殆んど問題にされなかったであろうが、多分そのお蔭であろう。当時のプロシヤの Khlurs Ministerium は、兎も角、シェルバッハの建白書をベルリンのプロシヤ科学学士院に回附し、一応の審査をさせたのである。

ところが当時のベルリンの王立プロシヤ科学学士院の要人の頭の古るさを知る上には興味あることだが、科学学士院は精密科学技術振興の国立研究所の計画を否決したのである。このプロシヤ学士院の否決は大きな打撃であったが、シェルバッハ一派はこれに閉口垂れず、皇太子の斡旋で当時プロシヤの測地学中央委員会の委員長をして居た普仏戦争で武名を轟かしたフォン・モルトケ將軍を精密工学の振興に関心させることが出来た。

¹⁾ 1841年以後、Friedrich=Wilhelm=Gymnasium, 1843年以後 Berlin の Kregsakademie の数学科の教授

(斯うした精密技術の振興の問題が老人の多い学士院でなしに、火器等の問題で最も切実に必要を痛感して居る優れた軍部の首導者によって取上げられることは決して稀ではない。)

1873年の決議に反対してモルトケの召集した案内委員会の協議の結果、翌年一月‘Vorschlägen zur Hebung der wissenschaftlichen Mechanik und Instrumentenkunde’が出来、これが二年後の1876年に政府が衆議院に回附した建白書の根幹となったのである。この結果は直ちに、研究所の建設には到らなかったが、少くともシャルロッテンブルグの高等工業学校の新しい建物の中に精密工学の教育の為に設備を備えしめることに決した。しかしこの実行にも何等具体的な進捗が見られずに空しく数年を経過したのである。

そこでモルトケ将軍は1882年の末、国立研究所の計画を詳細に協議する為の会議を召集したが、この時、物理工学研究所の創立に決定的な役割を果たした人、学者としても、工学家としても既に大きな社会的名望を有ったドイツ電気工学の父と称せられるかのウェルネル・ジーメンスが参加したのであった。この会議の結果1883年6月には「精密自然研究と精密工学の実験振興の為の研究所設置」の建白書が出来、プロシャ測地学の指導者シュライベル、ウェルネル・ジーメンス、ヘルムホルツ、フォーゲル、フェルステル、パールツォフ、デールゲンス、バムベルク、フェエスが署名した。これにジーメンスその他の人々の署名が附せられていた。しかもこの建白の後又も二年は過ぎ去ったのである。ここにジーメンスが土地と資金を寄附することによって政府当局は漸く動かされ、国立研究所の実現に至ったのである。この間の経緯を語るジーメンスの覚書は、彼の識見を語るものとして、今日の我々をも啓発するところが少なくないからここに掲げることにしてしよう。

国立物理工業研究所設立に関するジーメンスの書簡

自然科学の進歩を振興する国家的施設というものは、一般に自然科学の教授を念とする事に限られて居る。この点では量的に余り余計にし過ぎているという事が出来よう。即ち此の事はドイツにあてはまるのであってドイツの優れた教育機関からは年々高い教育を受けた多数の若い学徒が世の中へ出る

が彼等は国家に奉仕するにせよ、私的生活にせよ教育に携わって自分と同じ様な種類の人間を新しく作り出す以外には殆んど何も役に立たないのである！ 学問そのものの発展に対しては何の組織もない。それは教師の閑な時間の私の仕事として物理的に教養のある私人に委されている。勿論多数の国々には^{アカデミー}学士院があって科学の発達のために活動する事を使命としている。然し^{しか}学士院会員は小数の例外は別として教育事業をその生活の職業にしている学者が選ばれているが教育という事は、彼等の時間と力を盡く要求するのである。この例外は今迄の所唯ロシヤのみである。ロシヤの学士院会員は、生計が立つ程の俸給をその為に支給され、従って教育に携わる義務はない。ロシヤ学士院は又多大の寄附を受けている各種の実験所を有し、そこで学士院会員は、科学的研究に従事する事が出来るのである。事実ロシヤが科学上の名誉ある地位を獲得した殆んどすべての研究は、これらの実験所で遂行されたのである。この結果が何ら著しい効果を持つものでなかった事は、ロシヤの教育制度の状態から容易に理解し得る所である。これに反してドイツがこの方面の研究に対する国家施設を全然欠いているにも拘らず^{しか}而も恒に各般の自然科学に於ける卓越した単位を堅持し、政治的には無力で分裂して居た悲惨な時期にもその事に依って猶ドイツの名声を保持する事が出来たのは、何よりもその教養施設と、それに依ってドイツの学者が科学に対する献身的な愛を育成され、常に目覚めさせられていた事に負うものである。

自然科学的知識の範囲が未だ僅かで重要な研究でも簡単で、費用のかからない設備で行い得た往時にあってはこれでも事足りた。然し^{しか}近時著しく変化した科学が自然力の深秘な支配の中へ徹すれば徹する程、解決すべき課題は益々困難となり、研究者が自然を支配する法則を^{ただ}問い質す時自然そのものに答えさせる為の検証方法は益々便利に、測定秤量は益々精確にしなければならなくなる。決定的な自然科学的実験を行うには、今日では適当な良い位置を占めた、外部の擾乱から保護された室、優良高価な器具と、あらゆる知見を備えた学者が企図された課題の解決に完全に没頭する事とが必要である。これには教育を目的として作られた大学や教育施設の教室や実験室は適当ではなく、それに任ずる教授連も同様である。彼等は有能であればある程、ま

た自分が開拓的な研究者である事を証明すればする程その教授の任とそれに附随した雑事に益々負担が重くなるのである。彼等にはその研究課題に深く思を潜める余暇がない上に必要な器具や設備を得る為の適当な場所も資力もない。その結果は極めて重要な課題も未解決のままに放置され、その祖国と人類一般にその研究の成果に依て図り知れない功績を盡し得る様な天賦の才に恵まれた人々が、それ程才能がない者でも恐らくもっと有効に働けるかも知れないような教授の勤め^{しま}に使い廻されて了うのである。

我々の祖国には、実験的な研究に対する国家施設が全然缺けて居るというこの事実が如何に不利であるか、その極めて著しい例は就中^{なかんずく}電気単位確定の為の国際討議の場合に顯われている。この単位は理論的にはドイツで立てられ基礎づけられたのであるが、しかもそれを精確に表示する為の困難で費用のかかる研究は、ドイツでは遂行することが出来なかった。この研究を引受けたのは富裕な英国人の私設研究所であった。電気単位を決定する為の国際委員会から、この方面に於ける学者の研究を補助するように、政府に提出した要請も我々の場合には何等これという効果を有つことが出来なかった。これはドイツ中にこれらの測定に關した必要な設備ある場所が全然存在しなかったからである。ドイツには富裕な科学的好事家階級というものがないが、英国では既にそれが大きな功績を遺し、英国人一般の科学的教養を平均した程度に比べると、英国の科学の名声を遙かに高く揚げて居る。このように費用のかさむ広く共同の利益になるような研究に対しては、我々の間では、僅かに二三の大工業施設が遂行する能力を有し、自己の必要に依って、それへ刺戟されただけである。然し工場では、特殊な場合にしか精確な研究に適さないのである。

かように考察した結果、署名者は、既に長いこと心中に、科学上の基礎研究に従事すべき研究所を建設するために、多額の資産を遺言の形式で、当地の王立科学学士院に遺贈する決意を起していた。然るに昨年、王立ポリテクニクムの構内に設置すべき技術研究所の組織^{しか}に關する委員会の機会に、自然科学的研究のみを行う研究所が前述のように必要なものであることが、大臣フォン・ゴスレル博士閣下^{しか}に認められた。然しその実現には、財政上の懸念

の外に、適当な位置を占めた建設の敷地を得る点に困難があったので、自分はシャルロツテンブルクの行進道路に面するあつらえ向きの、面積約一ヘクタールの地面を、国家が自ら費用を投じて上述の目的のために研究所を建設し、相当な給与をするという条件付で国家の御用に立てようと申出でた。自分は更に、これ以上時間の浪費を防ぐことを希望して、研究室の建設を自ら引受けたいということも、申出たのである。さて大臣フォン・ゴスレル氏は、計画された研究所の実現に対して暖い関心をもたれたことであり、尚残る種々の財政上の困難は克服されはしないかという希望は如何にも尤もと思われたのであるが、私はかような道を以ては、なおこの計画は、その重要性と、私がその実現の為に寄与しようと思う約五十万マルクの額に相応ふさわしいような規模では行えないであろうという認識をかくすわけには行かなかった。このプランは正にまた全帝国に均しく利益をもたらす国家的施設の問題である。

ここに計画されたような自然科学的研究の場所からは、国家にとって物質的に精神的にも大きな重要度を有った利益が成長するであろう。現在活潑に遂行されている諸民族の角逐闘争に際しては、新たな軌道へ最初に踏み込み、それに基く工業部門を真先に発展させた国が決定的な優勢を占める事になる。かかる新軌道を拓き、重要な工業部門を新しく創り、新しく生命を与えるものは、殆んど例外なく新たな自然科学的発見であり、それも極めて目立たないようなものであることも稀ではない。新たな自然科学的事実の発見が技術に利用し得るか否かは通例それを完全に組織的に仕上げたから、即ち屢々しばしば長い年月を経てから始めて判明する。故に科学的進歩を物質的利益に依って左右せしむべきではない。現代の文化は自然力に対する人間の支配に基いて居り、總て新らしく認識された自然法則は、この支配従って又我々種属の最高の財宝を拡大する。発明財産が特計法に依って、ドイツ帝国の内で保護され、ドイツの教育施設に依て科学的技術的な教養が広く拡って以来、科学的発見を技術的に利用する力と手段には欠けて居ない。従って自然科学的研究の奨励は一国の物質的利益を促進すること大なるものがある。通例気付かれない此の認識は、自然科学的発見が至る処でそれを生んだ国の高い名声になるという事実を明らかにするのに極めて意義あるものであろう。科学的教養では

なくて、科学的業績が一国民に文化民族中での名誉ある地位を指示する。故に此の科学的業績を高揚させ、一国の平均的な科学的教養に相応する所に保持するために、必要な施設を実現する事は帝国の使命であって、個々の政庁のそれではない。

最後に自分は、五十万マルクの額をここに計画された研究所の設立の基金乃至資金に提供するに当ってただ自分の祖国に奉仕し、自分の生涯の栄達を、全くそれに負っている。科学への自分の愛を証明しようとする目的のみを眼中に置いていることを申添えるものである。

1884年3月20日ベルリンにて

枢密顧問官 ウェルネル・ジーマンス博士

こうして迂余曲折を経て国立物理工学研究所の名称の下に建物も出来、ヘルムホルツを初代総長として第一部物理部、第二部工学部が仕事を始めたのは実に、最初のシェルバッハの建白から15年を経た、1887年10月1日からであった。

この初年の研究模様は総長ヘルムホルツが1890年12月13日帝国議会議に報告した覚書¹⁾から知ることが出来る。

これに依れば国立研究所の使命は次の如くであった。研究所は先ず二部門に分たれ、第一部物理部は理論的技術的に影響するところ大きくして重要な、しかも個人や教育施設では負担し切れないような器械設備物資の消耗、観測者や計算者の研究時間を要する科学的問題に従事する。

第二部工学部は精密機械其他ドイツの技術を振興するに適切な物理的、工学的研究(物質の性質、加工法)を遂行する、又他で出来ないような器械の製作をし、度量衡法以外の測器調節装置の認定を行う。

ウェルナー・ジーマンスとヘルムホルツが知合ったのは普仏戦争の年からである。勿論「力の保存」のヘルムホルツに就いてはジーマンスは兼々注意していたのであるが、1870年頃の春、ハイデルベルグを訪れて彼とキルヒホッフ、ブンゼンに会ったのが始めであった。この訪問は教えられるところ多く興味もあり、我々にも役に立ることがあろう。そしてヘルムホルツかキルヒホッフか何れか一人

¹⁾ Die Thatigkeit, der Physikalischn-Technischen Reichsanstalt bis Ende 1890. 2s f. Mstr. 11. s.148. (1891)

は近頃歿したマグヌスの代りにベルリンに来ることになるとロンドンに居た弟、カールに書いている。

三人は国立研究所の設立で協力し、ジーメンスの娘はヘルムホルツの長男ロベルトに嫁した。このロベルトが気体の輻射等を研究したことは後述の通りである。

一体国立研究所ではどういう動機で輻射研究を始めたのであろうか。勿論国立研究所の性質として光度単位の確定ということは当時その研究題目の一つたるべきものではあるが、一にはドイツ瓦斯水道聯盟の要求も一役演じているのを見逃せない。

当時都市の照明は広く瓦斯燈が行われていたのであるが、その明るさの標準として、ドイツでは1868年以來、前記の聯盟の光度委員会が監督して、ドイツ聯盟のパラフィン蠟燭(Die deutsche Vereins Paraffinkerze)——しかしこれは極めて欠陥が多く焰の高さを等しくしても約60%或はそれ以上の偏差が認められるのである。——というものが定って居て普く用いられて居たのである。

ところが1881年のパリーで開かれた第1回電気技術博覧会はエジソンの電燈を広く普及させる機縁となったが、これを機会として電気家会議が開催され、光度の問題も初めてここで国際的に論議された。その際は展覽されたランプはカルセル・ランプ(1842年デュマ・レニヨーがフランスへ導入した)を標準にして検査したのであるが、国際委員会が選出されて、普通使われて居る光度単位の外にヴィオルが会議に提案した白金光度単位も検討しようということになった。

ヴィオル単位というのは融解した白金が凝固する際に1平方センチメートルの表面が垂直の方向に有する光度を白色光の単位とするものである。

翌年委員会は「電気単位決定国際会議」として第1回の会合を行ったが意見一致を見ず、第2回の1884年のパリーの集りでは、ドイツ側委員の反対を押し切ってヴィオル単位が採用された。委員ウェルネル・ジーメンスは1884年5月22日はペテルブルクのカール宛の手紙で書いている。「私はこれに対して、我々のフォン・ヘスネルが作った小さいランプを擁護して熱心に反対したのだが、何分にもフランス側の勢力が圧倒的だった。だが結局、これも結構だというのは、私は小

さな非常に簡単で便利な装置をこしらえたが、これを使えば極めて簡単確実にこの単位を表わせるからだ。この結果、瓦斯^{ガス}技術家はヘフネル燈、電気家は私の白金ランプを採用し、つまり両方とも我々の手に落ちるのだ¹⁾」

ここにヘフネル燈というのはジーメンス社の有名な電気工学者フリードリッヒ・フォン・ヘフネル・アルテンエック (1845～1904) がこの会議の前年考案したアミル・アセテートのランプ (醋酸一イソアミルエーテル) であるが、従来の標準に比べて遙かに優れている——後リーベンタール²⁾ (1895) の研究によると温度を考慮に入れば平均誤差は $\pm 0.4\%$ 位——のでジーメンスはこれを、瓦斯^{ガス}にも電気にも普及させようとして、ドイツでは先ず工業的単位として電気炉に採用されることになった。

こうした事情から光度単位は一方に改良を迫られると共に、他方では多数の単位の中から何れを選ぶべきかという問題もあり瓦斯^{ガス}水道聯盟では数年来この解決に苦慮していたが、1890年の6月に至り従来の蠟燭とヘフネル燈とを比較して、その比を確定し、今後は「ヘフネル光」のみを工業的光度標準に使おうと決議したが、それには国立研究所が出来るだけ迅速にこれを認定し、検査することが前提であるというので、これを国立研究所に申請して来たのである。前述の通りパラフィンローソクは不完全なものであるから、この聯盟の決議は「照明工学の重要な進歩」としなければならない。

(瓦斯^{ガス}事業ではヘフネル燈と英国の蠟燭とを同一と考えて居たのであるが、国立研究所の測定で11%の差が発見された、これをみても当時の光度測定水準が知れる。)

しかし国立研究所として見ればこれは簡単には片付けられない問題である。即ち、それが為には一定不変の光単位が実現されねばならない。ところが前年(1889)のパリ—国際会議では光度単位をヴィオル単位の $1/20$ として bougie décimale なるものが定められた。

そこで研究所では、このヴィオル単位の実現に着手したのであるが、これが実は容易ならぬ困難を伴うものである。

¹⁾ Werner Siemens, Ein kurzgefasstes Lebensbild nebst einer Auswahl seiner Briefe, Conrad matschoß Bd. 2. Berlin, 1916 s. 816.

²⁾ リーベンタールは国立研究所の教授兼 Mrtglied であった。

第1に白金は不純のものでは（凝固点が降下するから）宜しくない。ところが当時商品として得られる白金では国際メートル及びキログラム原器の製造で有名なロンドンのジョンソン・マッセー会社のもので不純物は0.02%以下であった。国立研究所では化学部のミリウスの指導下にハナウのW. C. ヘロイスと協力して白金の精製を研究し、0.01%以下に不純物を減じて、科学的目的にも十分というので先ず「ドイツ工学の決定的勝利」と凱歌を挙げた。けれどもヴィオールのように白金を瓦斯焰^{ガス}で加熱すると折角精製した白金に炭化水素が作用して不純となるのである。石灰の坩堝^{るつぼ}も白金を汚すのである。そこで加熱には電弧を用い、坩堝^{るつぼ}には純マグネシヤを使うということも試みられたが、遂に之は十分な成功を見なかった。そこでジューメンズが前掲の書簡で述べている簡単な装置というのが問題になる。これは厚さ0.015mm、幅5~6mmの白金の薄片を徐々に電流で加熱してその融解する際の光度を測定しようというのであるが、500回以上の実験で実際測って見ると10%、時にはそれ以上の誤差が出る。その原因はこの薄片が融解点の近くで裂けたり孔が開いたりすることもあり、又厚さによる熱伝導の相違や白金の表面が滑か、粗かというようなことにもあった。（我々はクリスチャンゼンが嘗てこれを問題にし、黒体に近づいたことを注意したい。）ルンマーとクールボウムは協力して、これを改良し、その間には、断面1平方センチの白金棒（価格数千マルク）をペロイスから提供されて電流で融解したこともあるが、当時のことであるから直流を使用しそれに要する1000アンペア程度の電流は2ボルト100アンペアの蓄電池22箇を並列にして、調整用の抵抗や電流計はジューメンズ、ハルスケがサービスし、坩堝^{るつぼ}は王立磁器製造所が何回も苦心して純マグネシヤを作るというようなことも行われた。かくして遂には1%以下の誤差にすることが出来たが、しかもこれは遂に工業的には余りに複雑な手間を要するのである。

国立研究所がヘフネル燈其他の光度決定に取りかかった場合に先ず問題になったのは光度計であった。従来はブンゼンの光度計であったが、ルンマー・ブローヂョンは「光度測定研究」でこれを改良し、従来光度計よりも10倍近く感度の高い有名なルンマー・ブローヂョン光度計を考案し(1889)、改良し、完成した(1893)。これは2箇の直角プリズムを斜面の一部で張り合せ、所謂立方体を作り、平均誤

差は10回測定の結果 $\pm 0.13\%$ 程度である。

しかし光度から一步進んで輻射測定となると光学部では次の三つを研究題目とした。

第1, 白金の薄片を一定の温度に保って, それから一定の輻射を發せしめる。それには白金ロヂウム線と白金とを熱電対して温度を測る。これは後述のようにホルボルン, ウィーンが白金熱電対の検度に成功したことから大いに有利になったが, 電流で加熱すると起電力に影響する^{おそ}懼れがある点に困難があった。

第2, 分光光度計の方法である。最初は色々な温度の測定が考えられたのであるが, 後のホルボル, クールバームの光高温計(ヘンニングの分光高温計)への動機となった。ここにもルシャトリエが先鞭をつけている。

第3, ボロメーターによる輻射測定である。実は之が最も大きな役割を演じたのであるが, それだけこれの完成に払われた努力も涙ぐましいものである¹⁾。

ボロメーターは輻射測定を目的にしてスワンベルグにより考案されたが充分完成されず, 従って又余り認められずに居たものをラングレイが根本的に改良し, 赤外線の研究測定に一新紀元を劃して以来, 輻射研究の重要な手段となった。(今日では熱電対の發達の結果余り用いられない。)

国立研究所でもクールバウム等が努力して先ず面ボロメーターを作る為に, 約10倍の厚さの銀薄板と一緒に白金を巧妙な方法で押し, $\frac{1}{100}$ mm程度とし, それを酸で洗い銀を除いて $\frac{1}{1000}$ mm以下とし, 理想的なボロメーターが出来た。これは気象学や天体物理学で意義ある輻射の絶対測定への希望を生んだ。(Zs. f. Met. 1893)このボロメーターで光度は2%まで測定可能となった。しかし, これまでに到達するには同じ様に作ってランプの煤を塗った別のボロメーターを用いると, それが眼には全く同じく見えても, 同一温度の白金板から發せられる光の全体と一部との比が電流として10%以上, (光度としては30%)も変るといような予期しない事象が見出されて, この光度単位に対する希望を根本から覆す^{おそ}懼れさえ生じた。初めの中は之は煤のせいではなく実験装置から起る誤差であろうと思ってそれを検べたのであるが, 煤の厚さを変え, 多数のボロメーターを比較して, ラ

¹⁾ ボロメーターの製作には R. v. Helmholtz, Verh. d. Phys. Ges. Berlin 7,71, 1889 がある。Luminessenz と區別して 'Temperaturstrahlen' と名付けたのは後 R. v. Helmholtz, Die Licht-und Wärmestrahlung verbrennender Gass, Verh. d. Ver. z. Beförder, d. Gewarbefl. in Deutchl. 1889, Auch bei L. Simon, Berlin.

ランプの煤はボロメーターの上塗りとしては使えないことが分った。少くとも絶対測定にはそうである。

生地 of 白金薄板も 20% 或いはそれ以上の差を生じた。そこで白金黒を煤の代りに用いて見たのである。先ず白金を出来るだけ微細な粉末にしたが結局電解によるものが一番細くなる事が分って来た。それより長い間試験して、ビロード状の箔にして白金黒をボロメーターの上に沈澱させるのが一番よい事が分ったのである。之は黒さに於てはランプの煤より優っていた。厚さは質量の測定で測って見ると、もし白金が通常の金属の状態に固っているものとすれば僅かに 0.5 ミクロンであった。感度と遅れの小さい点では煤のと同程度であったが、輻射の種類に依って吸収の変化少く、同じように塩化白金溶液に入れて作ったものは全輻射の比で差が認められなかった。厚さを 50% 変えても比は 1% (光度 3%) に過ぎず、白金黒が厚くなれば赤外線の方が可視線より吸収される割合が増すのであった。後年黒体輻射の測定に重要な役割を演じた測定手段たるボロメーターはこのようにして次第に改良され完成されて行つたのである。(これからボロメーターの種類を一定時間、一定電流で電解し、光度単位を定めることも考えられた。)

1893 年のシカゴの万国博覧会には国立研究所も多数の出品を行い、これに伴う国際電気家会議には総長ヘルムホルツも出張し、ここで又ヴィオル単位が日程に上った。絶対単位は之とし、実用単位はその $\frac{1}{20}$ になるようにしてヘフネルを用うことにしたルンマーの経験に依り、それが面白くないというので兎も角も次回迄実施は延期することとなった。

何分にも 1884 年のパリ提案以来国立研究所以外は何処でもこの実験は繰返されていなかったもので、研究所では再び実験して、別々の白金で 14% 近くの誤差を伴うことを知った。ヴィオルはヘフネル燈の 19.5HK をしたがルンマーの結果では平均して 26HK であった。この不正確はヘフネル燈ならば全く除かれる。そこで 1896 年のゲンフの会議ではフォン・ヘフネル—アルテンエックは激烈な議論をして、bougie décimale に反対したのであるが、やはり理論的にはそれが採用され、しかしその実用的困難は余りに明らかであったのでヘフネル燈の強さとされた。

ドイツではこの結果 der Reutsche Verein von Gas-und Wasserfachmännern der Elektro-technische Verein, der Verbaud deutscher Elektrotechniker は国立研究所と協力して bougie décimale は不確かとして除外し、「ヘフネル燭光」を用いることにした。

光度標準の決定にはまだまだ歴史が続くのであるが、それは我々の主題とは関係がない。光度標準決定に於て米国と仏蘭西は英国とは独自の単位を固守し、学問上の国際的協力と対立との緊張は数十年続いた。唯一言したいのは白金の凝固点が厳密な標準たる為には先ず、それに黒体輻射の条件を課する必要があったこと、そして正にこの黒体条件の問題はルンマー・ウィーンによって国立研究所で研究されたことである (1895)。

白金に就いては米国の国立標準局で酸化トルウムの坩堝^{るつぼ}に入れ、黒体条件を作り高周波電気炉で融解、凝固することによって初めて完全なものが得られ (1929)、国際測光委員会の決議により 1940 年 1 月 1 日よりその $\frac{1}{6}$ を bougie nouvelle 新燭光とした。

かようにしてルンマー等が解決しなければならなかった問題の広汎多岐にして、その細部のみを見ると一見、国立研究所で研究すべき題目とは見えないものもあり、そうした発表の際には、当初これは高等工業学校の研究室の仕事ではないかという疑惑さえ起り、ルンマーはそうした苦勞もしなければならなかった。今日国立研究所の Ruhmes blatt とされている黒体輻射の研究にしても、最初は寧ろルンマーのプライベートな研究だったのである。光行差の大きな干渉の研究も初めはやはり、ルンマーのプライベートな物好きとされたのである。(Forschung und Prüfung s. 265)

国立研究所の第 1 部物理部の仕事はヘルムホルツの報告に見られるように、主として thermometrische Fundamentaluntersuchungen 即ち硝子金属乃至水や水銀の膨脹標準バロメーターの検査等の準備的な研究から始まったのであるが、90 年代を通じて熱学的研究は特に盛んに行われたのである。サーモメトリーでは、ヘルムホルツの希望に依って、国立研究所は、フランスで 70 年代迄精密な実験研究の模範であったヴィクトル・レニョーの実験室の研究を移し伝え、拡張しようとした。その後約 10 年はパリーの Bureau International des Poids et Mesures がその

伝統を継いだが次第に erstarren して来た。

J. Pernet と M. Thiesen はこのレニョーの実験研究所から水銀温度計の領域での研究方法を国立研究所へ移植する為に招請され、Pernet は間もなく去ったが、Thiesen は 1910 年迄此処で仕事をした。しかしフランスの模範は忽ち、国立研究所の研究の急速な発展で追い越されたのである。温度標準として最も基本的な意義をもつ気体温度計に依る温度測定は、1891 年ホルボルンとウィーンに依って着手されたのであるが、実は精確な温度目盛ということは単に副次的な意味しか持って居なかった。この研究は実は最初は鉄の磁気に対する硬化の温度の影響と、先に述べた灼熱した物体の温度を測って充分精確な光度単位が得られるかという問題から出発したのである。

気体温度計は熱力学の現論の立場からはたしかに基本的なものであるがその取扱いが非常に煩雑であって到底実用にはならない。そこでこれと抵抗温度計乃至熱電対を比較して金属の凝固点のような温度定点の測定にはそれによるのである。ホルボルン、ウィーンが研究を始めた頃にその有望な将来を注目されていたのは碩学ルシャトリエの白金—白金ロヂウム (10%) 熱電対であった。

ルシャトリエは古くヴィオルの算出した値をそのまま用いたので、これを改めて気体温度計で検度する必要がある訳である。我々はこの周密な注意で始められたボルボルン、ウィーンの研究の詳細に触れるわけには行かないが、これが如何に困難な研究であったか、摂氏 1400 度に及ぶ加熱が、安定した温度の得難い瓦斯焰に依る事と、この高温に耐える気体温度計の容器を考えても想像出来るのである。この容器は耐火磁性管であるが、この製作はベルリンの王立磁器製造所のハイネッケ、プカル両博士の盡力に依ったのである。

ウィーン、ホルボルンの測定に依ると金の凝固点は平均して 1072° 、銅は 1082° で、これはヴィオルが 1035° と 1054° に出したのに比べれば格段の進歩である。この熱電対が工業的に如何に重要なものであるかは、それが今日も盛んに使われているので詳しく書く必要もないが、この時以来 (1896 年) 始めて実用化されることになった。ウィーンは後に Ein Pyrometer für technischen und wissenschaftlichen Gebrauch という三頁の広告文を chemischen Industrie 1895 年に書いたが、そこには使用上の注意もありニッケルを含有した鉄の保護管へ入れて 1.5m で 300 マル

クと書いてある。

だが、この耐火物と熱電対は、そうした応用を別にしても、我々の熱輻射の問題には重要な役割を演じたのである。即ち耐火物は黒体炉の炉材として、熱電対はその黒体炉の温度を測る為に極めて本質的であった。

国立研究所が熱電対の改良に注いだ種々の細かい努力をここで詳細に述べることは出来ないが、白金線不均質性の除去、加熱による劣化等に後に熱学部の部長になったホルボルンやその協同研究者達、例えばディヤヴァレンチネル、ヘンニングからホフマンに至る優れた人々の功績は精密測定や実用の見地からも忘るべからざるものである。

翻って理論的見地から云えば、何と云っても 1100 度以上で気体温度計と比較して熱力学的な温度目盛を作ることには大きな困難があった。冶金工業に極めて重要な 1500 度以上に於てはそれは益々甚しい。ホルボルン、ウィーンは純白金及純ロヂウム線の抵抗温度計を以前に気体温度計と 1450 度まで比較した。熱電対に更に比較して 1895 年にはその範囲迄で得られた温度と抵抗との関係を 1800 度まで外挿して暫定的な目盛を作ろうという大胆なプランを追求したのであるが、間もなく抵抗温度計は精密測定には 5600 度までしか用いられないことが解ったのであった。これが 1927 年に再びモーゼルに取り上げられ、金点まで $\frac{1}{10}^{\circ}$ の精度で測り得ることがわかり、将来、標準温度計としては、或いは熱電対を押しつけるのではないかと思われる至ったのは 30 年以上も後の事である。この意味に於ても輻射法則に依る温度目盛の決定偉重要な価値をもつのである。(未定稿)

PDF 化にあたって

本 PDF は、

『科学史論』（「天野清選集 2，日本科学社，1948 年 11 月）
を元に作成したものである。

PDF 化にあたって、旧漢字は新漢字に、仮名遣いは新仮名遣いに変更した。漢字の一部には振り仮名をつけた。

科学の古典文献を電子図書館「科学図書館」

<http://www.cam.hi-ho.ne.jp/munehiro/sciencelib.html>

に収録してあります。

「科学図書館」に新しく収録した文献の案内，その他「科学図書館」に関する意見などは、

「科学図書館掲示板」

<http://6325.teacup.com/munehiroumeda/bbs>

を御覧いただくか，書き込みください。