海外高分子 研究所めぐり

連載=第9回

NBS

高分子科学・標準部
(米国商務省標準局)

Ronald K. Eby

NBS 全景 (メリーランド州ゲイサスバーグ): 3,000 人のスタッフ中の約 85% がここで研究している。

沿革 商務省標準局 (NBS) の設立は 1901 年にさかのぼる。その当時は、繊維、紙などの研究が進められていたが、C.F. Goodyear がゴムのかけ橋に、また L.H. Bakeland がフェノール樹脂化に成功して以来、高分子材料に関する研究は一段と促進されるようになった。Goodyear の技術はタイヤなどのゴム産業を発展させたが、経験則に基づいた点も多かった。それゆえ、米国内でのゴム研究とその試験法の確立が強く求められるようになった。1911 年、NBS にゴム部門 (Rubber Section) が設置され、ゴムの構造・物性、処理、タイヤへの応用などの研究が開始された。1920 年代から 30 年代にわたって合成ゴムの研究もなされ、40 年代における合成ゴム産業確立に大いに貢献した。

一方、Bakeland のフェノール樹脂発明以来、NBS でもこの樹脂の研究に取り組み、1935 年には樹脂部門 (Plastics Section) として独立した。40 年代にはプラ

スチックを他の材料の代替として置き換えるべく、いっそうの努力がなされた。

このような状況下にあって、1926 年、NBS における高分子材料研究の組織化があり、有機繊維材料部 (Organic and Fibrous Materials Division) が設置され、Dr. W.E. Emley が初代部長となった。Dr. Emley は 17 年間ゴム、皮革、紙、繊維、樹脂などの研究を推進した。次いで、Dr. A.T. McPherson (~1951), Dr. G.M. Kline (~1963), Dr. J.D. Hoffman (~1968), Dr. R.K. Eby が部長を務め、現在に至っている。その間、Dr. Kline の時代には高分子部 (Polymers Division) と改称され、Dr. Hoffman の時代にはワシントン特別区の北約 30 マイルのゲイサスバーグ (メリーランド州) に近代的な NBS 研究所が建設されて移転した (写真)*¹。1978 年には高分子科学・標準部 (Polymer Science and Standards Division: PSSD) と再度、改称された。

高分子材料は経済性、加工性ばかりでなく、低密度、強度、耐食性の面でも優れた材料であり、鉄鋼の生産量に比較して急速な伸びを示している (第 1 図)。特に高分子生産にかかわるエネルギー収支も鉄鋼の 28% であり、加工および輸送上での省エネルギーも際立っている。このため、米国内での高分子産業の占める市場はますます拡大されつつある。高分子研究は米国の工業的 R & D 費の約 47% に達し、雇傭者数、科学論文数、ASTM 標準でも 40~50% の高率

第 1 図 米国内での鉄鋼および合成高分子の年間生産量の推移

*¹ ゲイサスバーグは国道 270 号線に沿った比較的交通至便の地であり、2 年後にはワシントン中心部からの地下鉄も開通の予定である。NBS 研究所は 230 ヘクタールの広大な敷地に 26 棟の建物が点在し、大学のキャンパス風のたたずまいが感じられる。

Polymer Science and Standards Division, National Bureau of Standards, U.S. Department of Commerce
所在地=Washington, D. C., 20234 U. S. A.

を占めている。したがって、高分子工学における概念、測定法、標準の確立は国家的ニーズとなっており、PSSDの果たすべき役割は大きい。

研究組織 NBSの組織は第2図に示したように、局長直属の3研究所から成る。高分子科学・標準部(PSSD)は国立計量研究所(NML)の材料科学センターの一部門である。NBSのスタッフ総数は約2,700人で、その85%がゲイサスバーグに勤務している。PSSDは60人の正研究員、15人の非常勤研究員を擁し、正研究員の75%がPh. D.を得ている。この他、産・官・学のあらゆる分野から45人の協力研究員・客員研究員がおり、研究交流を介して新しいアイデアや技術的問題の導入に大いに貢献している。

NBSの総予算は1982会計年度で約1億9,200万ドルである。PSSDの研究費の約56%は直接政府から投入されるが、残りは他の政府機関を介して投入されている。

研究活動 PSSDの活動の焦点は産業生産性の向上に絞られている。高分子材料を中心に、負荷時の機械的信頼性、化学的安定性と寿命予測、分子構造などのキャラクタリゼーション法と標準化、誘電性および導電性、医・歯用材料の分野を対象に研究を進め、これらを5本の柱としている。食品医薬局(FDA)、国防省(DD)、国立衛生研究所(NIH)、歯学連盟(ADA)、印刷局(BEP)などの政府機関との研究協力をはじめ、ベル研究所、デュポン、ゼネラルモーターズ、ボーイング社などの民間研究所との交流も活発に行なわれている。以下に各グループの紹介をする。

電気物性グループ (リーダー: Dr. G. T. Davis)

高分子を誘電材料として利用する利点は、電気機器の使用耐電圧の上昇、伝送線路として省資源、省空間、軽量化が図れることにある。このグループは、そ

のような高分子に関する各種データ、測定法、使用限界などを確立して民間に公開している。

焦電性・圧電性トランスデューサーとしての分極高分子の応用は急速に伸びており、これらの材料の構造の解明、高分子トランスデューサーの設計が求められている。この応用例としては医学的応用(脈搏モニター、超音波診断装置など)、安全機器への応用(自動車衝突センサー、無毒性コーティング、鉱山警報装置など)、国家保全への応用(ハイドロホン、侵入者感知器、超音波・赤外線画像装置など)などがある。高分子がどのようにイオンや電子と相互作用し、また、圧電性や半導性を最適に発現させるにはどのように高分子構造を修飾するか、といった研究も進められている。有機高分子の電気伝導の研究は固体物理学の新しいフロンティアとなっている。特に高分子・ドーパント系の研究はまだ経験的な面が強く、化学構造と電気物性との相関は十分には理解されていない。そのため、分子の集合状態、ドーパントの局在位置、ドーピングによる化学的変化、分子配向、電荷担体の導電路など、電気物性をモデル的に予測するための基盤を築く必要があり、このグループの目標もこの点に置かれている。

高分子導電体は、軽量、可とう性、豊富な資源、省エネルギー、廉価といった利点を有している。また、高分子のイオン伝導を利用して海水からの塩素とカセイソーダの製造、海洋エネルギー源からの水素製造、燃料電池用固体電解質、ガスセンサー、物質分離膜、電気化学デバイスなどの重要な応用の道がひらかれている。したがって、このグループのプロジェクトの成功は、鉄鋼などの材料のリプレースメント、生産性の向上、エネルギー変換および貯蔵(高分子バッテリー)、電磁しゃへい、集積回路などの国家的諸問題の解決に

第2図 NBSの組織図▶
(PSSDを中心に)

Warren E. Emley

Alchibald T. McPherson

Gordon M. Kline

John D. Hoffman

大きなインパクトを与えるものと期待されている。

化学的耐久性グループ（リーダー：Dr. F. W. Wang）

高分子市場の将来性ある分野は、建設、輸送、電気システムなどであり、長期的な耐久性（安定性）が本質的に求められる。したがって、高分子材料の劣化機構の解明が必要となり、高分子改良の指針を与えるとともに安全なシステム設計の基本を与える。また、特定の用途に適材を選択し、過剰設計を排して工業生産性を最大にするためには信頼性試験法が重要である。このグループの劣化機構および速度に関する研究の一例は、ポリエステル加水分解、ポリスチレンの酸化機構、高分子の劣化速度および活性化エネルギーの熱天秤による測定、寿命予測のための熱解析などである。

添加物移動のもう一つの問題点は、離脱した物質が環境汚染、有害物質となりうることである。食品包装材の食品汚染はFDAで規制されており、移入物質の制御が強く望まれている。市販の高分子-添加物の組合せは多種多様であるため、個々の組合せについてデータを出すのではなく、一般法則あるいは拡散モデルを展開することに研究の力点が置かれている。一例としては、溶媒抽出法による移動速度の測定、微量けい光分光、光ブリーチングによる拡散測定などがあげられる。

機械的耐久性グループ（リーダー：Dr. B. M. Fancioni）

高分子材料を長期的に使用する際の機械的耐久性も重要であり、適切な試験法や機械的性質の変化の予測を可能ならしめるデータがないと、安全係数を見込みすぎた過度の設計、素材投入を招く。このグループの活動は、ガラス状態の高分子および高分子複合体の機械的性質の研究から始まった。クレーズの成長速度、クラック先端での応力緩和の解明とクラック抑止機構の検討を行なった。微細構造、分子レベルでの破壊機構を知ることは、長期にわたる物性変化のモデル化ばかりでなく、加工過程での品質管理をする上でも必要な情報を得ることになる。例えば、エポキシ系複合材料のキュアリング中の不完全な化学反応が長期的な力学物性に与える効果をMMRやフーリエ変換、IRな

どの分光学的手法で追跡している。

他の機関との研究協力も盛んで、DOEとは地熱井戸のシール用高分子材料の機械的性質の研究、FDAとは超高分子量ポリエチレンの微細構造と医用埋込材として利用した際の力学的耐久性の検討、BEPとはフィブリル網目構造の耐久性、運輸省とは輸送用プラスチックコンテナの環境応力クラッキングの試験法の開発などがあげられる。

高分子標準グループ（リーダー：Dr. I. C. Sanchez）

分子、気体透過、ゴム、その他の標準物質（Standard Reference Materials:SRM）を米国内のプラスチック材料産業に供給している。分子SRMは高分子の分子量およびその分布を測るためのGPC校正用のものである。

基礎的には高分子溶液の浸透圧、粘性、拡散、散乱能などの実験的・理論的研究が主であり、高分子物性のキャラクタリゼーションに努力が注がれている。最近の活動としては、単分子量ポリスチレン（ $M_w \sim 10^6$ ）の製造、コンピュータ化されたGPC、光散乱同時測定GPC、超高分子量ポリエチレンのキャラクタリゼーション、小角中性子散乱、溶液やゲルの理論的取扱いと計算機シミュレーション、静的・動的測定のための小角光散乱フォトメータの開発、高分子希薄溶液を一つの排除体積パラメータで特徴づける“普遍的”物理量の概念の展開などがあげられる。

歯・医用材料（リーダー：Dr. J.M. Cassel）

NBSにおける歯材の研究は65年にも及ぶ。高分子材料ばかりでなく、よりよい素材、試験法、標準、測定法の開発を目指している。例えば、耐久性、粘着性のある複合材料の開発、外科用埋込材の表面のキャラクタリゼーションおよびその表面での相互作用に関する試験法の確立などの研究が推進されている。その他、低弾性率の多孔質体、医用高分子埋込材の研究も対象となっている。

歯材の研究は1926年以来ADAと協力関係にあり、さらに、国立歯学研究所、国防省医学開発研究所などと共同で推進している、医用材料に関してはFDA、ASTM F-4委員会と密接に協力合っている。

Ronald K. Eby

Martin G. Broadhurst

G. Thomas Davis

Isaac C. Sanchez

Bruno M. Fanconi

James M. Cassel

Francis W. Wang

研究スタッフの紹介

＊

Warren E. Emley (1926～43 : 部長) ミシガン大卒。化学工学。US 地球観測所を経て 1910 年に NBS に入所。

Alchibald T. McPherson (1943～51 : 部長) 1895 年、ミズーリ州生まれ。シカゴ大学化学の Ph. D. 1918 年に NBS 入所。

Gordon M. Kline (1951～63 : 部長) 1903 年ニュージャージー州生まれ。メリーランド大学化学の Ph. D. ニューヨーク州衛生局を経て 1929 年 NBS 入所。

John D. Hoffman (1963～68 : 部長) 1922 年ワシントン特別区生まれ。プリントン大学物理化学の Ph. D. GE の研究所を経て 1954 年に NBS 入所。

Ronald K. Eby (1968～ : 部長) 1929 年ペンシルバニア州生まれ。ブラウン大学物理の Ph. D. デュポンを経て 1963 年に NBS 入所。

Martin G. Broadhurst (副部長) 1932 年ワシントン特別区生まれ。ペンシルバニア州立大学物理の Ph. D. 1960 年 NBS 入所 (1981 年まで電気物性グループのリーダー)。

G. Thomas Davis (電気物性グループ: リーダー) 1933 年ニューヨーク州生まれ。プリンストン大学化学工学の Ph. D. エッソ研究所、バージニア大学を経て 1964 年 NBS 入所。

Isaac C. Sanchez (標準グループ: リーダー) 1941 年テキサス州生まれ。デラウェア大学物理化学の Ph. D. ゼロックス研究所、マサチューセッツ大学を経て 1977 年 NBS に入所。

Bruno M. Fanconi (構造・物性グループ: リーダー) 1939 年カリフォルニア州生まれ。ワシントン大学物理化学の Ph. D. 1971 年オレゴン大学から NBS に入所。

James M. Cassel (歯医用材料グループ: リーダー)

1918 年ペンシルバニア州生まれ。ジョージタウン大学化学の Ph. D. 1946 年 NBS 入所。

Francis W. Wang (化学的耐久性グループ: リーダー) 1936 年台湾生まれ、カリフォルニア大学サンディエゴ校物理化学の Ph. D. ニューヨーク工科大学を経て 1972 年 NBS に入所。

抄訳: 雀部博之 (東京農工大学工学部・助教授)

滞在記

NBS に 2 年間滞在したのは 10 年以上も昔のことになる。行ってから直ぐ人類が初めて月に降り立った夜を迎え、テレビの中継を見ながら、他方、窓を通して NBS の建物上空の月を見て異様な興奮を覚えていた。そしてその当時 NASA ばかりではなく、NBS の高分子部もあぶらの乗った多くの研究者が次々と新説を出していた。NBS は訪問者が非常に多く、外部の学者の講演は週に数回、多い時は十数回の講演があり、仕事時間の半分以上を費やす場合もあった。それら訪問者の講演の前後に、研究者が一人ずつそれぞれの個室で約 1 時間、討論する習慣になっていた。大学を出て直接 NBS に行った私は、英語もほとんどわからないのに、翌週から、C.W. Bunn 博士や F.C. Frank 教授と室で二人きりになった時は何を話したのか、今では全く思い出せないが、大変失礼したと思っている。しかし、それによってそれまでバイブルのように思っていた古典的な論文の考え方や理論構築の方法を知ったとともに、議論の在り方を学んだのは何よりもよかったと思っている。また、その一時期、話題になったポリウオーターについて NBS 内にも研究し、発表していた人がいた。議論はますます賑わってきただけでなく、NBS は組織をあげてその実験データの検証と証明性の検討を始めた。そして、実験方法の問題点を見つけるや、真先に終止符をうった。理論ならともかく、実験としては証明性や確実性に少しでも疑問のある結論は NBS としては出してはならないという強烈的な流れを実感した。長沢俊夫 (宇部興産(株)枚方樹脂研)