

THE SCIENCE EYE AND SCALPEL IN 21ST CENTURY

I. Sato

Institute of Quantum Science Nihon University,

7-24-1 Narashinodai, Funabashi-shi, Chiba-ken, 274-8501

Abstract

Although the science in the 20th century accomplished remarkable development by discipline, such as science, engineering, agriculture, and medicine, the starting point is man's intellectual appetite, and is the result of many people investigating the strange world by avaricious raw. Although the walk in the world and the help of research which utilize an accelerator and are not visible had been carried out until now, the play heart worked and the future was viewed by natural curiosity with whether it is interesting to see what from now on and to investigate what recently. It decided to arrange this and to tell as science of eye on lookers see more than players.

21世紀のサイエンス・アイとメス

1. はじめに

最近、科学という言葉が頻繁に使うようになり、何気なく使われている科学の意味を識者がどう解釈している大変気になって調べてみた。広辞苑では、科学とは「世界の一部分を対象領域とする経験的に論証できる系統的な合理的認識」¹⁾とある。又、更に「通常は哲学とは区別されるが、哲学も科学と同様な確実性をもつべきだという考えから、科学的哲学、哲学的科学という用法もある」とある。ついでに哲学を調べると、「世界・人生の究極の根本原理を追求する学問」とあり、「賢哲の希求という意を表すため希哲学と訳し(西周)、やがて哲学という訳語が行われるに至った」と注釈がついている。一方、ギリシャでは哲学が愛知という意味であり、「古代ギリシャでは学問一般を意味し、のち諸科学の分化・独立によって世界・人生の根本原理を取り扱うものとなり、単なる体験的表現ではなく、あくまで合理的認識として学的性格をもつ」と書いてあり、言葉の解釈の奥深さを改めて認識させられる。同時に、科学という言葉が解釈するのに、東洋と西洋の文化や文明に対する考え方に相違があるにもかかわらず、その整合性を取る見事さと、その解釈に対する熟慮の深さに大変感服した次第である。又、言葉の意味が世間に認知される内容になった経緯まで丁寧に説明してあり、更にその解釈にも魅了させられた。

本来、科学は社会科学と自然科学に分類されて使われるべきであるが、現在では、科学は自然科学と同じ意味に使われている。これはここ数世紀の自然科学の目覚ましい発展の足跡によるところが大である。

ここでは、科学の発展に科学者がどのように関わったかを辿りながら、21世紀の科学は、何を目標しているのかを、野次馬根性で展望してみる。

2. ガラスと近世の科学

15～16世紀にヨーロッパに広まった人間精神の全般的な革新を目指す文化活動(ルネッサンス)は、コペルニクスの地動説(1543)を誘導した。

オランダではガラス製造とガラス加工の技術が急速に進歩し、ヤンセン(Zacharias Jansen)による顕微鏡の創製(1590)や、リツペルスハイによる望遠鏡の創製(1608)に進展した。これをガリレイは凸レンズと凹レンズを組み合わせた望遠鏡(1609)、更に、ケプラーは凸レンズ2枚を接眼鏡に用いた本格的な天体望遠鏡(1611)に改良した。これらの技術は良質なガラス実験器具を提供した。

顕微鏡と望遠鏡は、それまでに想像すら出来なかったミクロな世界と遠い天体の動きを目で直接見る手段を科学者に提供した。ガラス実験器具は視覚で直感できる新しい実験手法を生み出した。科学者の思索範囲は飛躍的に拡がり、これまで抽象的な概念として捕らえていた光、力、運動、真空、生命を量的に表現する基盤を作った。このことは、17世紀に光の屈折(スネル)、慣性の法則・運動量の保存(デカルト)、真空の証明(トリチェリー)、大気圧の証明(パスカル)、光の回折(グリマルジ)、ボイルの法則(ボイル)、細胞の確認(フック)、光の分散(ニュートン)、遠心力(ホイヘンス)、毛細血管の発見(マルピーギ)、微生物の存在(レーウェンフック)、光の波動説(ホイヘンス)、エネルギーの概念(ライプニッツ)、運動の法則(ニュートン)、種の概念(レー)等の諸原理や諸概念を生み出した。これらは、その後の物理学、化学、生物学上の発展に計り知れない大きな役割を果たした。

このように近世に於ける自然科学基礎の創生にガラスが大きい貢献をした。その理由はガラスが無色透明の物質であり、その熔融液体の粘性が極めて大きいことにある。即ち、ガラスは熔融状態の原子配置が転移状態であり、非平衡状態から安定な平衡状態に向かって強い力で進んでいるが、それに拮抗する強い粘性力に妨げられ、なかなか安定になれず緩

和時間の極めて長い緩和状態にある。この性質は熔融状態で自在な成形を可能にする。この性質を把握するには、ガラス製造と同様に経験的な積み上げと技能が必要であり、これらはガラス職人らによって伝承されてきた。

話は少しそれるが、ガラスの起源はエジプト、メソポタミアなど古代オリエントの文明に遡り、フィニキアと古代ローマに引き継がれ、その技術はローマ帝国の崩壊とともにヴェネツィアに停留し、一部はコンスタンティノーブルでサラセン文化の影響のもとで育成された。

ガラスは陶器の発達を媒介として発展したが、当初は実用品よりも愛好品の色合いが強かった。中世ヨーロッパではヴェネツィアが伝統的にガラス技術を寡占し、その技術は古代ローマ時代により後退していたと云われている。しかし、中世ヨーロッパにおける都市の発達とその富の増大は、14世紀以降にヴェネツィアから欧州全体にガラス技術の流出を起した。例えば、家屋の採光用の板ガラスの需要に伴って、板ガラス製造技術が向上し、オランダでは海岸周辺で海藻灰による透明度の高いガラス製造に成功した。これに加工技術の向上が加わり顕微鏡、望遠鏡、実験用ガラス器具などを創製する基盤になった。

3. 近代科学の幕開け

このように、近世科学の飛躍的発展に、ガラスの製造・加工技術が大きく貢献したが、しかし、これらの技術も一夜で成し遂げられるものではなく、先人が長い年月かけて蓄積した文化遺産に立脚するものである。

肉眼では判別できないものを顕微鏡で見ると想像すら出来ない微生物を目にした時の驚嘆、望遠鏡で惑星とその衛星の動きを観測し、惑星の周りを規則正しく回転する現象、片側を封じた長いガラス管に水銀を満し、ガラス管を垂直に立てると、その高さが760mm以上の上部に空白が出来ることは、誰の目でも確かめられ、生命体に対する概念、力と運動の概念、大気や真空の概念に説得力のある説明できた。ガラスの科学はそれまでの思考中心であった哲学的科学の概念に革命を起こしたとも云える。

その後の技術進歩により、細菌・微生物の発見や天体観測に威力を発揮し、生物学・医学や天体物理学に多大な貢献をした。顕微鏡や望遠鏡はミクロな物質や星や星雲の形状を観測するには有効な道具であったが、光学顕微鏡や天体望遠鏡では観測できる範囲が物質の表面や物体の動きに限られ、更に新しい現象を見つけるためには、約2世紀後の革命的なツールの出現を待たなければならなかった。

4. 粒子と波動の科学

1840年代に数学者のブリュッカーは、フアラデーとの交友で物理に興味を持ち、気体や結晶の磁気的性質、低圧気圧の放電の研究を行っていたが、ガラス細工に卓越した技能をもったガイスラーが水銀蒸気を用いた真空ポンプの製作(1855)に着

手して高真空を得ることに成功すると、真空ポンプを取り付けた真空放電管の製作をガイスラーに依頼し、この装置を使って気体放電実験を行った。この装置の気圧を下げると陰極に近いガラス壁に蛍光(1858)が現れ、磁場を与えると蛍光の位置が変わることを発見した。この研究はヒットルフに受け継がれ、蛍光は陰極から高速粒子線が放出されガラス壁に衝突するためであるとわかり、これを陰極線(1869)と名付けた。更に、ペランは陰極線が負電荷を運ぶことを証明(1895)した。これはガラスと真空と電気の科学が融合した研究成果であった。

レントゲンは陰極線の研究で、放電管の近くに置いたシアン化白金バリウム蛍光板が蛍光を発することに気が付き、放電管を黒い紙で覆っても蛍光板が光ることを確認したが、この現象が粒子によるものか波動によるものか明確でなく、その本姓が不明であるところから、X線(1895)と名づけた。その後の陰極線の研究では、偏光性(1905)や特性X線(1909)らしきものが検出された。ゾンマーフェルトは、X線の波長が0.4Å程度(1912)であることを示し、ラウエらは結晶によるX線回折実験からX線が波動性(1912)を持つことを完全証明しX線の謎は解けた。

一方、ベクレルは、X線発生実験でルックス管のリン光から放射線(X線)が発生することを知って、全てのリン光物質が同種の放射線を放出するのではと想像し、実証実験を行った結果、ウランが放射線(1896:ベクレル線)を発生することを発見し、これを放射能と名付けた。

J Jトムソンは、マックスウエルの後を継いで28才の若さでオックスフォード大学のキャベンディッシュ研究所所長(1884)になり、研究を気体放電現象に集中した。一方、キャベンディッシュ研究所では、J Jトムソンの指導の下に、ラザフォードはX線が気体を電離させ正負のイオンをつくること(1896)を発見した。J Jトムソンは陰極線が電場や磁場をかけたとき粒子線の曲がりから粒子が負の電荷をもつことを確認して電子の存在(1897)を実証した。ラザフォードは、ベクレル放射線をその透過力の違いによりα線とβ線に分類(1899)し、α線を磁場で曲げる実験からα線が正電荷の重い粒子(1902)である示した。

又、ソディとともにトリウムからでる気体の放射性物質とトリウムの放射性沈殿物(誘導放射能)を発見して「放射性変換説」(1903)を提出し、原子が永久不変でないことを示した。又、α線がヘリウムイオンであることを実験的に実証(1908)した。ガイガーらがアルミ箔にα線を照射した実験をモデルにして、α線の散乱大角度現象は原子内で正電荷を集中し点電荷を仮定すると散乱実験が理論的に説明できることを示し、この実験から原子内の正電荷核の大きさは 10^{-13} cm程度であることを示唆(1911)した。又、第3の放射線(γ線)が電磁波(1914)であることを証明し、更に、窒素原子がα線によって破壊されて水素原子核が生

まれることを発見 (1919) して、これを陽子と名付けた。これは人工的な原子核反応の最初の実験となったが、この実験結果から、中性子の存在 (1920) を予言した。

このように、トムソンの門下生であったラザフォードは原子核に関する多くの業績を残した。キャベンディッシュ研究所では、トムソンの指導の下で、リチャードソンが熱電子 (1901)、タウンゼントがタウンゼント放電 (1903)、ランジュバンが常磁性の理論 (1905)、C. T. R ウイルソンが霧箱の発明 (1911)、アストンが非放射性物質 Ne の同位体 (1919)、コンプトンがコンプトン効果 (1922: X線が散乱物質中の自由電子によって散乱され、波長が長くなる現象の発見) 等、傑出した科学者を輩出し、8名の研究者がノーベル賞を受賞した。

一方、ド・ブロイは物体の運動に付随した仮想的な波を導入し、一定周期で閉軌道上を運動する電子適用し、電子の内部振動位相と仮想波の位相が一致する運動の安定点がボアの量子条件を満たすことを示して、物質波 (1923) の概念にした。この物質波の存在は、デウィソン、ジャーマ、トムソン、菊池正士らの電子線回折実験 (1927) により証明された。

4. サイエンス・アイとメスとは

X線は物質を透過する力が強く、物質による吸収に違いや、物質内の原子や分子の構成電子に作用した情報などを外部で観測することが可能なことから、物質の内部構造を観測できる革命的なツールであった。

その透過力の強さと物質の吸収の差は、その後、骨折、結核、癌などの医療診断に、或いは溶接箇所、金属の厚みや傷など非破壊検査に工業利用された。更に、X線の波長による吸収の違いは、固体内の電子状態や非晶質や合金の原子配位 (EXAFS) に、或いはX線のイオン化作用は、有機・無機質を損傷するので、放射線治療や集積回路の微細加工 (X線リソグラフィ) などに応用された。

又、X線は光と同様に物質によって散乱され、弾性散乱 (トムソン散乱) と非弾性散乱 (コンプトン散乱) に分類できる。トムソン散乱はX線で照射された物質の原子や分子を構成する電子系が強制的に摂動を受け、原子や分子は分極振動してX線を散乱するが、照射X線と散乱X線の振動数は等しい。しかし、散乱X線は互いに干渉し、物質が液体や非晶質でも散乱強度は散乱方向に依存することになる。特に、結晶性物質では、原子が規則正しく配列され3次元的な格子構造になっているので、結晶と照射X線が特定の方位にあるときのみ、特性の方向に散乱される。これはラウエが発見した回折現象であり、この回折X線を結晶中に想定した格子面に対する鏡面反射と解釈し、ブラック反射と呼んでいる。このブラック反射を詳しく解析することにより、結晶格子の原子配列や結晶配列の規則性を知見でき、物質の構造決定や結晶中の転移、格子の歪みの直接観測、

僅かな格子歪みの検出などが可能になった。

コンプトン散乱では照射X線が物質中の電子状態を変えて散乱されるので、散乱強度の測定から結晶中の電子状態、特に運動量分布を知ることができる。特に、電子線やX線照射による特性X線および蛍光X線は、物質に固有な波長であることから、微量物質の同定や不純物の分析に用いられている。

フェルミは統計力学の研究で1原子完全気体の量子化を試みフェルミ統計 (1926) を発表し、この統計を原子内の電子群に展開し、ついでに電気力学を手がけて定式化に明快な量子電気力学 (1932) を発表すると、研究対象を原子から原子核に移行し、その研究目的をパウリの中性微子の仮説を媒介したハイゼンベルグの原子核模型に基づく原子核の β 崩壊理論 (1933) であった。又、ジョリオ・キュウリー夫妻が α 粒子を使った人工放射能 (1933) を発見すると、中性子による原子核反応実験を企画し、周期律表に従い最も軽い水素から順次重い原子に中性子を照射し、フッ素で初めて人工放射能生成に成功した。特に、ウランの中性子実験では人工放射能元素の生成を観測し、超ウラン元素の存在を予測し、更に遅い中性子の大きな原子核破壊作用を確認し、ハーンやシュトラスマンが中性子によるウランの核分裂 (1938) の発見を誘導した。

ファシスト政策に憎しみをもち、スウェーデンから米国に渡り、ウランと黒鉛によるウランの自己持続的連鎖核反応装置 (1942) の製作に成功し、現在の原子炉の源泉となった。又、ロスアラモス研究所では原爆製造の顧問となったが、戦後はシカゴ大学教授として、原子炉からの中性子源に注目し、結晶に中性子回折や原子核の中性子拡散の重要性を指摘、諸素粒子間の相互作用に関する理論的と実験的研究、宇宙線の起源、多重中間子生成などの研究を積極的に推進した。特に物質の原子構造や原子内電子状態に関する基礎知識を深め、医学、化学など多方面の研究に応用された。

20世紀の前期、高速粒子線 (α 線) が原子内構造の探究に有効であることが明らかになり、電場や磁場を利用した荷電粒子の加速装置が試みられた。

アイジングは高周波電場を使って直線的に加速する加速器 (1924) を提案し、ウェデレはこれを重イオンに応用し試験的加速 (1928) に成功した。一方、磁場を利用して荷電粒子を回転させ高周波電場で加速する試み (1931) がローレンスとリビングストンによって発明され、原子核実験、放射線同位体の生成、 π 中間子発生、医療用に利用された。コッククロフトはキャベンディッシュ研究所で強磁場と低温の研究をしていたが高電圧で陽子を加速する仕事に移りワルトンと交流を使って直流高電圧を発生するコッククロフト・ワルトン型加速器 (1932) を製作し、600 KeVに加速したプロトンリチウムに照射し8.6 MeVの α 粒子2個発生させた。よりミクロな世界を探索するためのツールとして、粒子加速器が脚光を集め、加速器がサイエンス・アイであるとともに未知の世界を探るメスであることが明らかになった。カーストによりベータ

トロン (1941) が発明され、マクミランとベクスラーにより別々にシンクロトロン (1945) が提案され、粒子加速器の高エネルギー化が促進された。一方、日の目見なかった直線加速器は、第2次世界大戦中にレーダー研究とともにマイクロ波技術が進歩し、大電力マイクロ波管 (マグネトロン、クライストロン) が出現し、荷電粒子を短時間に加速する線形加速器を可能した。一方、アルバレらはドリフトチューブ型の線形加速器を製作し陽子加速 (1955) に成功し、陽子シンクロトロンの建設を容易にした。

高エネルギー加速を目的とするサイクロトロンは電磁石に大量の鉄材と膨大な電気エネルギーを必要とするので、世界の各国ではシンクロトロン建設の必要性が強調され、シンクロトロン計画が次々に提案された。

欧州では高エネルギー陽子加速器を国際協力の下に建設する計画が提案され、スイスに原子核研究所を設立して 28 GeV 陽子シンクロトロン (1959) に完成した。一方、米国では強収束シンクロトロンが検討され、ブルックヘブン研究所に 33 GeV 陽子シンクロトロン (1961) が完成した。

スタンフォードにはパノスキーらによって、3 Km 長の 20 GeV 電子線形加速器が建設され (1961) に完成した。ゲルマンらがクォーク理論 (1964) を発表すると、フリードマン、ケンドール、ティラーらはこの加速器を使い、水素標的に電子ビームを照射して深非弾性散乱実験 (1968) を行い、実験結果からクォークの存在を示唆した。

ドイツではハンブルグに 7 GeV 電子シンクロトロン (1964)、ソ連ではセルプコフに 76 GeV 陽子シンクロトロン (1967)、更に米国ではイリノイに陽子シンクロトロンを2段にした直径 2 km の 400 GeV 新型陽子シンクロトロン (1972) が完成し、加速器建設の国際競争は一時的に小康状態となった。

加速粒子を物質標的に衝突させる方法では、加速粒子のエネルギーが大きくなるにしたがって、エネルギー利用効率が小さくなることから、加速粒子と加速粒子の衝突加速器が提案された。スタンフォードに電子と陽電子の 4 GeV 衝突加速器 (1972) が完成すると、リヒターらが電子・陽電子衝突実験で新粒子 (J/ψ) を発見 (1974) したが、一方、ブルックヘブンでも共鳴幅が異常に狭い重い粒子 (J/ψ) を発見していた。衝突加速器における新粒子の発見は衝突加速器計画に拍車がかかり再び国際競争を激化した。

CERNでは、陽子と反陽子の 270 GeV 衝突加速器 (1982) を完成すると、ルビアらが陽子と反陽子の衝突実験データから W、Z 粒子を発見 (1983) して、ワインバーグ、サラムが提唱した統一理論 (1967) を確固にした。

このようにサイエンス・アイとメスの役割を果たしていた粒子加速器は更に巨大化し、直径 40 Km の加速器計画 (SSC) が提案され、ツールとしての粒子加速器は大きな転換期を迎えた。

一方、電子線の回折実験 (1927) は電子顕微鏡の可能性を示唆し、ポリエスとルスカによって電子顕微鏡 (1931) が出現し、この後の技術的進歩により倍率が数十万倍に達し、光学顕微鏡では識別が不可能であった、色々な金属の筋転移網、結晶構造、細菌、細胞の組織構造の観察に威力を発揮した。又、ゼルニケによる位相差顕微鏡 (1935) の考案は染色しないで生きた生体を直接観測できる利点から生物学の進展に大きな貢献をした。細胞学ではコンドリーオソームやゴジル体の実存が証明され、細胞分裂の際の核、染色体、紡錘体の行動を追求でき、分裂ウイルスの研究やパラディーによる生体細胞内のミトコンドリアの分離 (1948) や促進した。タンパク質結晶のX線回折研究は進展し、ポーリングとコリーはタンパク質結晶のX線回折解析からタンパク質の分子構造に螺旋構造 (1951) を想定し、ワトソン、クリックによるDNAの2重らせん構造 (1953) の解明を促進した。ポーリングは分子構造に立脚した免疫抗体構造と形成に理論や酵素反応と分子構造に関する独特の知見を示し生命科学の発展に大きな足跡を残した。

ベータートロンや電子シンクロトロンでは電子が円軌道を回転すると角加速度を受けて、電子が減速し光を放射する現象 (シンクロトロン放射) が観測されていた。この放射光は非常に波長スペクトル幅が広く、数 GeV 電子シンクロトロンでは強い硬X線を放射することから、電子をリングに貯蔵する専用加速器 (電子ストレージリング) を建設し積極的に放射光を利用しようという計画がX線関連研究者から提案され、世界各国で電子ストレージリングの建設を開始した。放射光は硬X線から遠赤外線まで広い波長領域の高輝度光であり、自然には存在しない光として珍重された。強力な軟X線は高度の集積半導体回路の微細加工光源として、又、放射光を分光し単色化する研究が進展すると、単色X線による結晶中の電子分布測定が可能になり、X線回折による複雑な結晶構造の高次解析に進展した。これはタンパク質結晶の分子構造を次々に明らかにした。この機運はDNA情報解読 (ゲノム) を国際プロジェクトに進展させた。タンパク質の構造解析は遺伝子解明や生体構造が持つ機能発生メカニズムの研究を大きく促進するであろう。

5. 21世紀のサイエンス・アイとメス

20世紀を鳥観すると、21世紀に残された大きな宿題は、重さの起源といわれるヒッグス粒子の存在確認と生命誕生の起源や生命体の機能メカニズムの解明であると考えられる。

20世紀に活躍した粒子加速器、放射光光源、X線発生装置、各種電子顕微鏡、NMR、各種レーザーなどは更に改良され性能が向上し、これまで以上にサイエンス・アイとメスの役割を果たし、色々な研究に有効なツールとして活用されるであろう。又、ヒッグス粒子の探索には、超大型衝突加速器が必要であることは言うまでもない。

一方、生命科学では、遺伝子の情報によって造ら

れるタンパク質がどのような構造で機能を持っているかを調べる手段としてX線が非常に有効である。しかし、タンパク質のX線回折から分子構造を決定する場合、高分子の立体構造の骨格を成す炭素、リン、窒素、酸素の存在は確認できるが、タンパク質機能の主役を果たす水素の存在を感知できないために機能メカニズムが見えてこない。この部分は中性子回折を頼りにすることになるが、X線回折で水素が見えるツールを開発することが、21世紀の1つの課題である。

地球ができたのは約46億年前と推定され、地球上には生物はむしろ有機物も存在していなかったと推定される。その後、大気や海洋の激しい変動により、アミノ酸が作られ、やがてそれらがでたらめに繋がって原始的なタンパク質が生成したと考えられる。原始的なタンパク質が作られた時期に原始的な核酸もつくられ、原始的な核酸を材料に、非常に小さい原始的な生命が発生したのは約30億年前と推定されている。

現在、地球上に存在する超分子（生命体を含む）は多水素結合を基盤としている。多水素分子は、個々の水素結合力は弱い、多水素結合でその結合力の弱さを補い、しなやかで丈夫な分子として存在している。又、部分的に結合が切断されても、親水作用を通じて簡単に修復する仮想機能を取得し、このメカニズムは炭素や窒素の元素を媒介し触媒や酵素により複雑な生命体のような超分子に成長している。

この水素結合エネルギー領域は、太陽が照射する可視光領域とほぼ一致し、特に生物はその恩恵に浴している。しかし、この波長領域では水の光吸収が極端に弱いことが、超分子形成に大きな役割を果たしている。

酵素は通常生体細胞の中で作られるタンパク質である。酵素の触媒作用は極めて特異であり、ただ一種の物質か或いは共通の構造要素をもつ一群の物質にしか作用しないことが知られている。その種類は多く、機能によって酸化還元酵素（オキシドリダクターゼ）、転移酵素（トランスフェラーゼ）、加水分解酵素（ヒドラーゼ）、離脱酵素（リアーゼ）、異性化酵素（イソメラーゼ）、合成酵素（リガーゼ）に分類している。最近では酵素の機能をもつ物質が合成する試みが行われ、クラウンエーテルやクリプタンなどの環状化合物が産出されている。

酵素が特定の基質にのみ選択的に作用する酵素の基質特異性は、基質分子と酵素上の基質が結合する部位が、立体構造的に鍵と鍵穴の関係で結合していることによる。即ち、基質分子が酵素の基質結合部位に接近すると、基質結合部位の構造が基質に適合するように微妙に変化し、結合を助けるようにも考えられ、これを誘導適合と呼んでいる。酵素には、基質特異性が非常に厳密で、一種類の基質にしか作用しないものから、基質特異性が比較的緩やかで類縁物質に作用するものまで、多種多様である。動物の細胞内には千種類から四千種類の酵素が存在するが、それでも混乱が起きないのは、このメカニズムにある。

機能性生体分子は基本的には超分子であるが、人工的超分子の研究が活発になってきている。特に王冠状の分子構造をもつクラウンエーテルは大環状ポリエーテルであり、環の内側の空孔にアルカリ金属陽イオンやアミノ酸陽イオンを取り込み安定な錯体（超分子）をつくることができる。この孔を調整して、任意のアルカリ金属イオンを選択的に捕獲し、アミノ酸の光学異性体の分割が行える。環の外側は疎水性であり、クラウンエーテルに捕獲された陽イオン（親水性）は有機溶媒に溶けやすくなる。特定の波長の光をこの孔の半径の調節に活用することが考えられる。一方、陰イオンを捕獲するクリプタンや複数のフェノール単位を持つカリックスアレーンなどの環状化合物は、包接体のホストに適した構造であり、環の大きさや化学的性質に適したゲストを選択的に捕獲するので、未知の機能を持つ超分子が生成される可能性を持っている。

これらの分子は弱い相互作用で集合し、最も安定な状態をつくる自己集合によるカプセル型超分子の生成が注目されている。この中に閉じこめられた分子の性質は通常の性質とは著しく異なっており、普通の条件では起こらない反応が起こり、不安定な物質を安定化することも不可能ではない。

生命科学の基本は生命活動状態で、これらの構成因子から情報を得ることである。色々な酵素を生命体に送り込み光酵素反応を通じて酵素を制御し目的要素に情報を与える、或いは情報を収集させ回収する。即ち、ロボットの役割をもった酵素による生命体高分子機能を探索である。以上のことから21世紀のサイエンス・アイとメスはタンパク質で造られるロボット酵素にある。化学における光触媒反応でも同様ことが可能と思われる。

6. まとめ

科学は最も人間くさい学問である。自然に存在する原理や原則を人間に都合のよいように解釈し、時には間違いが科学の主役になることもある。

この100年間、人類がどのような幸せを望みどのような社会を理想とするかによって、科学の発展の方向は大きく変わる。しかし、現在の科学学者は競争の社会で互いにしのぎを削っている状態では、多くの科学者が、どんな事象に驚嘆し、何を不思議に思い、どんな現象に注目し、どのようなツールを開発して、どのように真理に迫るかの動向を調査することは不可能である。ほんの僅かであるが、その動向に触れることができる機会は、科学研究費や共同利用実験の申請内容にあるが、分野が細分化された現状では、これらの動向を見極めることは不可能である。一方、色々な研究会に発表される内容は、動向の一部が精査されたものであり、これらから傾向は知ることができるが、動向は常に水面下にあり動向を探ることは所詮無理である。これらのことを意識しながら、これまでの科学の発展経緯や多くの科学者との情報交換から、現在の科学を鳥瞰し、21世紀の科学に焦点を当て見た。