文化財と高分子科学

—中尊寺の遺体で使われている絹を例に—

中尊寺金色堂（岩手県平泉町）に保存されている三体の遺体は藤原清衡、基衡、秀衡のものである。これらの遺体が納められている棺の中にあつた絹の ^{13}C 固体高分解能 NMR から、絹を構成しているアミノ酸のモル分率とスピン格子緩和時間を求め、それらと当時の気温（年輪考古学による）とを比較し、遺体は須弥壇の側から見て、左から順に基衡、清衡、秀衡のものであることを明らかにする。これは、現在お寺で採用されている帰属とは反対である。

中條利一郎

1. はじめに

この号は「高分子と文化」の特集である。そこで、ユネスコの世界遺産についての話から始めるとしよう。世界遺産は1972年に制定された世界遺産条約に基づいている。この条約は、正式には、「世界の文化遺産及び自然遺産の保護に関する条約」と呼ばれていることからわかるとおり、文化遺産として知られる「文化」に関係している。わが国では、文化遺産などの保護に関しては、国内法のほうが優れているという認識から、当初、世界遺産について冷淡ともいべき態度だったが、それでは国際的に足並みがそろわないということで、現在、文化、自然、あわせて13件が登録されており、さらに複数の遺産が暫定登録されている。後者の一つ、平泉の文化遺産（岩手県）が登録される前に片付けておくべき問題について、高分子科学的に解明された例について紹介する。

「我々はどこから来たのか、我々は何者か、我々はどこへ行くのか」。ボストン美術館に所蔵されているゴッダンの絵のタイトルである。私どもにとって根源的ともいべきこれらの問いに答えるべく、遺産に対して、科学や工学からの多くのアプローチが見られる。高分子科学に話を限ると、遺産の保存や修復のために高分子材料を用いるのと、遺産の特性を知るための高分子科学の手法を用いた解析とに大別できる。この号では、川野邊の展望が前者であり、筆者のが後者である。

2. 問題の所在

平泉は奥州藤原氏が築いた文化遺産である。マルコ・ポーロの東方見聞録に「チバングは、東のかた、大陸から千五百マイルの大洋中にある、とても大きな島である。（中略）この国王の一大宮殿は、それこそ純金づくめでできているのですぞ¹⁾」と書かれている。これが事実に基づいているのであれば、平泉の中尊寺金色堂以外には考えられない。まだ、金閣寺も秀吉の黄金の茶室もつくられる前の記述だからである。世界史的にも意義の大きいところと言える。

金色堂は図1に見られるとおり、美しい建造物であ

図1 中尊寺金色堂（文献15の加島 勝氏の論文より）

Riichiro CHUJO 東京工業大学、帝京科学大学、中国科学院化学研究所・名誉教授、理学博士。1954年 京都大学理学部物理学科卒。専門は高分子のNMR、生体分子のNMRを経て現在は考古学試料のNMR。

る¹⁵⁾。須弥檀は初代清衡、二代基衡、三代秀衡が死ぬたびに増設され、現在は三檀からなる³⁾。そして、それぞれの檀の下に一体ずつミイラが安置されている。中尊寺では、信仰の対象ということで、ご遺体と呼んでいる。ここでは遺体と書くことにする。どの遺体が誰のものかという帰属に関しては、鎌倉時代後期(14世紀初頭)に書かれたものと考えられている「中尊寺経蔵文書」に「金色堂は三間四面、中檀は阿弥陀の三尊、清衡の建立なり、左の檀は基衡の建立なり、右の檀は本尊同じ、秀衡の建立なり」の記述があり⁴⁾、左から順に基衡、清衡、秀衡と考えられる。問題は左右というのが、須弥檀の側から見てのものなのか、拝む人の側から見てのものなのかということである。1950(昭和25)年に中尊寺と朝日新聞文化事業団とで調査が行われたが、それまでは須弥檀の側からの左右の定義が採用されていた。わが国だけでなく、東アジアで広く採用されている上位の側からの定義で、素直に受け入れられる。ところが、この調査の際、拝む人の側からの定義に置き換えられた。まったく根拠がないというわけではないが、高分子科学からの寄与ではないので、ここでは紹介しない。何分にも半世紀以上も昔のことで、関係のあった方々も一人を除いては物故されており、定義逆転の詳細は不明である。調査団員の一人、物故されたF教授のご令息によると、M博士のツルの一声で決まったとF教授は生前仰っていた由である。文献4でも、M博士執筆の章は自信に満ちた筆致で逆転に対する主張が貫かれているのに対し、他の団員執筆の章は歯切れの悪い筆致で、F教授ご令息の記憶と符合する。問題の所在は1950年のこの左右の定義が妥当かどうかにある。

3. 絹の¹³C 固体高分解能 NMR

1950年の調査の際、遺体に固着した絹をはがしたもののや、棺の内貼り、枕などの絹製品が保存されている。絹は蚕から吐出されたときはフィブロインだけでなく、セリシンも含んでいるが、精練されるとほとんどフィブロインだけになる。言うまでもなく、フィブロインはタンパク質である。DNAでコードされて重合するから、気温などの外的条件によってアミノ酸組成は変わらないかと思いきや、そうでもない。繊維だから、結晶部分とアモルファス部分からなる。結晶を構成するフィブロインはDNAでコードされた一定の組成と順序であるのに対し、アモルファス部分を構成するフィブロインには任意性がある⁵⁾。これに対応して、DNAにも可変部分があることが知られている⁶⁾。それでは中尊寺の絹の¹³C 固体高分解能 NMR はどうか？

図2は三つの棺の中にあつた絹の¹³C 固体高分解能 NMR スペクトルである⁷⁾。上から順に清衡、基衡、秀衡の棺の中にあつた絹のスペクトルである。なお、1950年の調査中はそれ以前の帰属が用いられていた。したがって、

図2 三つの棺の中にあつた絹の¹³C 固体高分解能 NMR スペクトル⁷⁾
上: 清衡, 中: 基衡, 下: 秀衡の棺の絹

たとえば、基衡というのは須弥檀から見て左側の檀の棺を指す。「高分解能」というのは、誰かが個人的な基準から見て、分解能が高いものというような恣意的なものではない。NMR スペクトルの横軸を記述するパラメーターである化学シフトやスピン結合による分裂が観測できる装置で観測したものが高分解能 NMR である。図2は溶液の NMR スペクトルに比べると、分解能は決して高くない。でも、これは間違いなく固体試料に対する高分解能のスペクトルである。それはさておき、170 ppm 近傍に見られるピークはペプチド結合のカルボニル炭素からのものである。二つのピークが重なっていることがわかる。低磁場側からアラニン残基、グリシン残基に帰属される。フィブロインには、これら2種類のアミノ酸残基以外のものもあるが、分解能が不十分で(ちなみに、図2は125 MHzで測定したものである)、他の残基からのピークは、主としてアラニン残基のピークの裾に隠れている。以下、アラニン残基など、グリシン残基と呼ぶことにする。両ピークの相対強度は三つの棺でわずかながら異なる。

古い時代の絹に関する自然科学的研究では布目順郎⁸⁾の優れた研究がある。それによると、フィラメントの幾何学パラメーターは気温の影響を大きく受ける。事実、上で求めたモル分率は布目が導入した二つの幾何学的パラメーターである断面積とも断面完全度(断面がどれだけ真円に近いかを表す指標)ともよい相関がある。そこで、飼育温度を変えて、蚕を飼育し、絹糸腺の各アミノ酸残基の分率の飼育温度依存性を求める⁹⁾。これには長所と短所がある。長所は絹糸腺は臭化リチウム水溶液に可溶のため、溶液の NMR が測れることである。セリン、チロシン、バリン残基

図3 年輪考古学から得られた気温指数と蚕の飼育から推定される棺内絹に用いられた繭の飼育温度推定値との相関¹³⁾
(a): 1950年以前の帰属に従った場合, (b): 現在, 中尊寺が固執している帰属に従った場合.

のピークも観測できる。各アミノ酸残基と書いたのはそのためである。短所はかつての蚕室の平均温度と、コントロールされた飼育器の温度は必ずしも同じではないことである。したがって、飼育器の温度＝気温とはならない。でも、順序についてなら期待できそうである。分析化学には定性分析と定量分析とがある。その筆法をもってすれば、定序分析ができそうである。棺の中の絹のグリシン残基のモル分率と絹糸腺のそれ（春嶺1号×鐘月1号を使用）とが等しくなる温度を飼育温度と定義する。これはかつての本当の飼育温度と定量的に関係づけられる。図3の横軸の飼育温度はこれを指す。

一方、当時の環境を表す指標としてヒノキの年輪がある¹⁰⁾。年輪と年代を結びつける研究は年輪考古学として、多くの有用な情報が得られている¹¹⁾。年輪は、暑い夏には成長が速いため組織が疎で、冬は密になると言われているが、実態はもっと複雑で、当該年だけでなく、過去の気温の影響も受ける。しかも、前年、3年前、4年前の気温とは負の相関があるなど、一筋縄ではいかない。現在、10年前までの気温までを考慮した相関方程式が得られている。この方程式を逆に解いて、当時の気温を推定することができる。5年前までの気温の関数として求めたのが、図3の縦軸の気温指数である⁷⁾。

図3の(a)は1950年以前、(b)は1950年以降の帰属に従ったプロットである。つまり、(a)は須弥壇の側から見た左右の定義、(b)は拝む人の側から見た定義に従ったものである。この場合、いつの時点でつくられた絹であるかの情報が必要であるが、それを教えてくれるものは何もない。それで、没年に作られたものと仮定する。清衡は1128（大治3）年、秀衡は1187（文治3）年に亡くなっている¹²⁾。基衡は1157（保元2）年頃とされているが、「頃」を省略、1157年没とする。これら3点の相関係数は前者が0.97、後者が0.77であり、前者に用いた帰属が妥当であることを示している。

通常の自然科学や工学の研究では、測定点が3点しか

いのに、それから結論めいたことは言わないのが普通である。しかし、この場合は遺体が三体しかないで、これ以上測定点を増やせない。文献2,3の書名には、それぞれ、藤原四代、藤原五代の語が見える。清衡、基衡、秀衡は、それぞれ、先代の子供であり、四代というのは、これらの3人に秀衡の子供の泰衡を加えたものである。彼は源頼朝の追討を受け、現在の秋田県で亡くなっており、中尊寺には首級が届けられただけで、彼に関する絹製品はない。五代というのは、清衡の父親、安倍経清を加えた言い方で、平泉以前の人であり、彼に関する絹製品も残っていない。したがって、図3の補強には別の方法が必要である。

図2の最右翼、20 ppm 近傍に他のピークとは重なっていないと考えられるピークが観測される。アラニン残基のC β からのピークである。これのスピングリ緩和時間は粘弾性の推定に役立つ。ただし、これには二つの準備が必要である。まず、スピングリ緩和時間が製造当時の物性を反映していることのチェックである。何分にも古い時代の試料なので、劣化が進んでいる。劣化している部分が限られているので、そこに応力集中を生じているためボロボロになるのであれば、平均としては、現在でも製造当時の物性が保たれていると期待できる。これはフレッシュな試料とそれに電子線照射してボロボロになった試料とのスピングリ緩和時間の比較から、製造当時の物性が保たれていることがわかっている¹³⁾。次に、常磁性緩和の影響を受けていないことのチェックが必要である。緩和時間は核の双極子-双極子相互作用による場合に限り、分子運動を反映するからである。染色された絹製品には染料と一緒に媒染剤が使われている。これにはFeイオンのような常磁性イオンを含むものがある。これも、フレッシュな試料とそれを染色したものとの比較により、通常の染色条件であれば無視できることがわかっている。どちらも、この展望の趣旨からはずれるので、これ以上の詳細は述べない。このようなチェックの後、スピングリ緩和時間を横軸にとり、図3と同様のプロットをすると、相関係数として、(a)では0.94、

(b)では0.26が得られ、やはり須弥壇の側からの左右の定義が正しいことがわかる。つまり、1950年のM博士による定義の逆転は誤りであったことがわかる。これを急いで訂正しておかないと、世界遺産登録後だと世間の注目が大きくなり、中尊寺や文化庁が恥をかくことになる。

1節で高分子科学の手法を用いた解析という表現を用いた。これは絹という高分子を対象にした研究ということではない。グリシン残基のモル分率という確率論的概念やスピン格子緩和時間という非平衡系の統計力学的概念を用いたということである。横軸に周波数（通常はppm単位に無名数化されている）、縦軸に強度をとったNMRスペクトルを例にとって考えてみよう。有機化学だと、得られた化合物の同定にとって重要なのは、化学シフトや結合定数といった横軸に関するパラメーターである。それに対して、高分子科学では、立体規則性や共重合組成などを求めるのに重要なのは、相対強度という縦軸に関するパラメーターである。確率論と大袈裟に構えるほどのことではないが、決定論的科学に馴れている人にとっては、意外に難しいらしい。あえて説明を加えておく。非平衡系の統計力学については、説明は不要であろう。

4. 他の分野からの寄与

左右の定義に関する高分子科学的、あるいは分光学的アプローチはほかに見当たらない。しかし、他の分野からは多くのアプローチが見られる。理科系、文科系、それぞれ、一つずつ紹介しよう。

理科系の代表として、埴原和郎の人類学的研究がある¹⁴⁾。本論に入る前に、この文献の来歴について述べておく。中尊寺と朝日新聞文化事業団の調査が行われたのが1950年であるのはすでに述べたとおりである。その後、各委員により、謄写版刷りの最終報告書が書かれていたが、長らくその存在が忘れられていたのが、ようやく1994年になってまとめて、立派な装丁で出版されたのが文献4である。文献14は1994年の出版の際、埴原によって加筆されたもので、同じ巻にまとめられているものの、他の執筆者によるものとは性格を異にする。埴原は3遺体の頭骨を計測し、類似度係数(Q相関係数)を求め、清衡からの距離が(定義変更前の)基衡0.645、秀衡0.750、泰衡0.875であることから、変更前の定義でいいとしている。その他にも、いくつかの計測をし、変更前でよいか、どちらとも言えないという結果を得ている。しかし、父・子が必ずしも祖父・孫より類似性が強いという保証がないと慎重である。

文科系の代表として、加島勝の工芸意匠からの考察がある¹⁵⁾。工芸意匠の時間的流れとして、中央壇→西北壇→西南壇が見られると結論している。西北壇、西南壇というのは、それぞれ、須弥壇の側から見て、左、右のことである。

また、これらより以前の多くの研究を総括して、現在の定義に疑義を挟んだ大矢邦宣の論文もある¹⁶⁾。いずれにしても、いずれも1950年の定義の逆転を誤りとするものばかりで、ここで紹介した高分子科学的研究は、曖昧さを伴わない形で、それまでの理科的、文科的研究を支持したものと言えよう。研究というのは、今までに得られていなかった結論を得て、初めてその価値を生ずるものである。ということは、1950年の定義でよいという結論に達した人は、それを論文にしていない可能性がある。その分は割り引いておく必要があるかもしれない。

5. 中尊寺および中尊寺側の対応

読者は仏門に帰依している人は人格高潔と思っているかもしれない。それが正しいかどうか、以下を読んで判断して欲しい。

「旧石器発掘ねつ造」という大見だしで、宮城県上高森遺跡の発見が捏造であると毎日新聞に報ぜられたのは2000年11月5日のことである¹⁷⁾。それまでも次々に新しい旧石器時代の遺跡を発掘し、神の手をもつ考古学者と言われていたF氏の自作自演の捏造であったという記事である。考古学界では上を下への大騒ぎになり、その後、他の新聞でも報ぜられたので、憶えている読者も多いと思う。いくつかの理由から、筆者はF氏の発掘は疑わしいと思っていたので、捏造自体には驚かなかった。それまでのF氏の発掘は、回を追うに従って、だんだん古い時代へとさかのぼっていく。そんな都合よく、発掘対象が時間とともに線形的に古くなるはずはない。前のものより古いものでないと、世間の耳目を集めることはできないと考えた作為の結果であるのは明白であると考えていたからである。理由を列挙することはこの展望の目的から離れるので、これ一つだけを指摘するにとどめたい。では、筆者はまったく驚かなかったのか？ いや、驚いた。しかし、それは別のことによる。F氏の上司に当たる人物の、彼に騙されたという談話が掲載されていたことである。人名がはっきりすることは筆者の意とするところではないので、文献の引用を省略するが、F氏が発掘した遺跡からの出土品と称するものの理化学的解析の結果が、ある理科系の学術雑誌に公表されている。そこには、F氏も上司氏も共著者として名を連ねている。私どものコミュニティーでは、論文に名を連ねることは、その内容に全責任をもつということである。つまり、上司氏は加害者である。にもかかわらず、被害者面をしている。このことに驚いたのである。

高分子学会の会員の研究もだんだん学際化され、異分野の研究者との共同研究の段階で、パートナーとの文化の違いに戸惑いを感じることも多いと思うが、理科系どうしだと、これほどのカルチャーショックは感じていないであろう。文科系になると、ほかにも都合の悪い研究は抹殺する

というのがある。中尊寺の遺体の左右の誤認についての NMR による研究がマスコミで記事になったのは 1999 年 5 月が最初である。いくつかの新聞で採り上げられたが、読売新聞岩手版がもっとも詳しい¹⁸⁾。そこには中尊寺側の、NMR だけで決まるものではないというコメントが出ている。ポパー¹⁹⁾を引用するまでもなく、科学は反証可能でなければならない。ここで紹介した研究は、自然科学的であると否とを問わず、他の方法で反証可能であり、科学の研究になっている。それに反して、中尊寺の態度は、ただ、それだけでは駄目というだけで、その後も何の反証もあげていない。これは 1950 年の誤認を認めたということになる。にもかかわらず、世界遺産への登録を目前にして、態度を改めようとしていない。

6. 少子高齢化社会—結びに代えて

少子高齢化社会と言われて久しい。筆者は 1992 年に国立大学を定年退官し、私立大学で 10 年間、それまで、研究をしてきたことのない学生に、卒業研究を課しながら、自らも研究を進めてきた。若い現役の研究者の邪魔をすることなく、自分の過去の蓄積を活かして、社会に貢献するのが高齢化社会での高齢研究者のライフスタイルであろう。そこで筆者が選んだのが、考古学的対象の NMR や XPS などの機器による研究である。ここではその一つを紹介した。ここで得られた成果もさることながら、高齢化社会の研究例としても、読んでいただければ幸いである。団塊の世代のリタイヤーも目睫の間に迫っている。

文 献

- 1) マルコ・ポーロ (愛宕松男訳注): 「東方見聞録 2」, (東洋文庫 183, 平凡社), 1971, p. 130
- 2) 遠山 崇: 「奥州藤原四代一甞る秘宝」, 岩手日報社, 1993
- 3) 大矢邦宣: 「奥州藤原氏五代一みちのくが一つになった時代」, 河出書房新社, 2001, p. 160
- 4) 中尊寺: 「中尊寺御遺体学術調査最終報告書」, 中尊寺, 1994, p. 258
- 5) M. A. Becker, D. V. Mahoney, P. G. Lenhert, R. K. Eby, D. Kaplan, W. W. Adams: "Silk Polymers," ACS Symposium Ser. 544, 1993, p. 185
- 6) K. Mita, S. Ichimura, T. C. James: *J. Mol. Evol.*, **38**, 583 (1994)
- 7) R. Chujo, A. Shimaoka, K. Nagaoka, A. Kurata, M. Inoue: *Polymer*, **37**, 3693 (1996)
- 8) 布目順郎: 「絹の東伝」, 小学館, 1988, p. 48
- 9) 中條利一郎, 島岡 彰, 日下 健, 福田秀治, 笠井夕記子, 瀬戸利津, 鈴木 誠, 奥村 一: 文化財と探査, **2**, 19 (1999)
- 10) 田中 琢, 光谷拓実, 佐藤忠信, 八嶋 厚: 「年輪に歴史を読む」, 奈良国立文化財研究所, 1990, p. 63
- 11) 文献 9, p. 140
- 12) 文献 2, p. 284
- 13) R. Chujo, K. Fukutani, Y. Magoshi: "NMR Spectroscopy of Polymers in Solution and in the Solid State," ACS Symposium Ser. 834, 2002, p. 83
- 14) 文献 4, p. 449
- 15) 加島 勝: 東京国立博物館紀要, No. 30, 151 (1995)
- 16) 大矢邦宣: 岩手史学研究, No. 70, 118 (1987)
- 17) 毎日新聞東京版 2000 年 11 月 5 日
- 18) 読売新聞岩手版 1999 年 5 月 16 日
- 19) K. A. ポパー著, 大内義一, 森 博訳: 「科学的発見の論理上」, 恒星社厚生閣, 1971, p. 49

Cultural Properties and Polymer Science—The Case of Silk Fabrics Preserved with Mummies in Chusonji Temple

Riichiro CHUJO

Prof. Emeritus, Teikyo Univ. of Sci. and Tech.

E-mail: chujor@ntu.ac.jp

Abstract: Chusonji temple was constructed in 12th century and is well known the preservation of three mummies of Fujiwara chieftains; they are Kiyohira (1st), Motohira (2nd), and Hidehira (3rd). According to an old document they are preserved under the floor of Konjikido (Golden Hall) in the order of the center, left, and right. The question is in whether the left and right are defined from the altar side or the prayers side. Carbon-13 solid state NMR has been applied to the silk fabrics which were preserved in the coffins of these three chieftains. Amino acid fractions were determined from the NMR and compared with the climate when the chieftains were died. The climate was estimated from dendro-chronological data. Spin-lattice relaxation times of the fabrics have been compared with the climate. Both comparisons support the definition from the prayers side. This is consistent with the traditional definition in Oriental countries but contradicts with the definition adopted by the temple.

Keywords: Silk Fabrics/Chusonji Temple/NMR/Mole Fraction/Spin-Lattice Relaxation Time/Assignment of Mummies