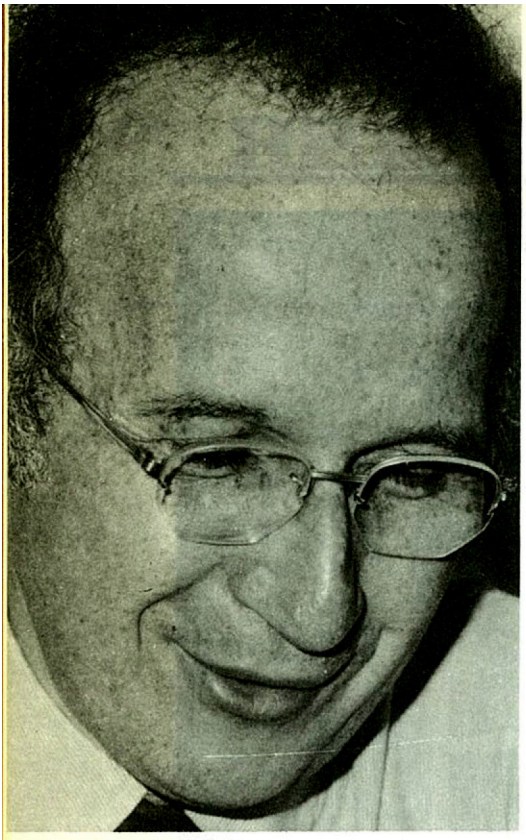


〈創刊150号特別企画〉

ホフマン教授に聞く

――無機化学と有機化学のかけ橋――

山　本　明　夫

R. Hoffmann 教授は日本学術振興会の招へい研究員として来日され，3週間にわたって夫人と共に日本を旅行し，東工大，分子研，京大，阪大，広島大学を訪問し，講演された．Woodward-Hoffmann 則の提案者としての Hoffmann の仕事はあまりにも有名であるが，同教授はその後有機金属化合物の構造や反応性に関する理論的研究を展開し，さらに最近は固体物理に関する研究を開始するなど，ノーベル賞の受賞後も，以前にも増して活発な研究活動を続けておられる．今回は東工大での講演のあと，「現代化学」の読者のためインタビューをお願いし，生いたちから研究哲学まで広い範囲にわたって話していただいた．

ホフマン教授の生い立ちは下に示すようにまことに劇的である．

――ポーランドでユダヤ人家族に生まれたロアルドは，実父を含め多くの親類をナチに殺されるなど，あらゆる辛酸をなめ，チェコスロバキア，オーストリア，ドイツをへて，11歳のときにアメリカにたどりつく．大学に入るまで，文字通り一冊の本をもったこともない，と述懐した程貧乏な少年時代であった．（彼の桁外れの記憶力はもしかしたらこの時代の訓練と無縁ではないのかも知れない．とにかく本がなければ図書館などで読んだ内容を短時間に頭の中に叩きこむほか方法がなかったであろうから．）幸いにしてアメリカ合衆国はこの難民の少年を受け入れ，育てる包容力をもった国であった．伝統的に学問に対する尊敬の念を有するユダヤ人の家庭に育ったロアルドは，難民の子に対しても惜しみなく奨学金を提供してくれるアメリカの与える機会をつかみ，ブルックリンのハイスクールからピューリッツァー奨学生としてコロンビア大学に進む．少年時代における異文化との接触経験を通じて，彼は異なる文化に対する感受性を発達させて行ったようである．コロンビア大学時代にドナルド・キーン教授の日本文学に関する講義を聞き，源氏物語を読んだというのもそのような彼の性向の一つのあらわれといえよう．

化学の研究とはどんなものか，という感じを最初につかんだのは，彼が18歳から20歳にかけての夏休みにＮＢＳ（National Bureau of Standards），Brookhaven 国立研究所などでアルバイトをしたときであった．彼の最初の論文は炭化水素の熱分解及び放射線化学に関する実験的なもので，その後の理論的な研究とは特に関係はないが，化学の研究に関するセンスを得るのに重要なものだった．――

このような彼の生い立ちに関する話を聞いたあとで，私は彼がなぜ化学を選んだのか聞いてみた．

ホフマン　なぜ化学にしたのかっていうのは実は自分でもはっきりしないんです．一種の妥協だったという気もするし…．そう，子供のころに遊んだ化学実験のセットは影響があったように思いますね．高校から大学にかけてはあまり良い化学の先生に恵まれなかったし，最初は数学にしようと思ったんです．しかし高校のころにはあまり数学が得意でなかったもので，数学をやるのはやめにしたんです．

山本　まさか！

ホフマン　高校の終わりごろは将来の進路希望のところに医学の研究と書いたのを覚えています．高校の生物の先生がとても良い先生だったし，医者は良い職業と考えられていました．それで貧しい移民の子としてその方面に進んだ方が良かろうという家庭からの心理的圧力もあって，一種の妥協の産物としてそう書いたんだと思います．しかし夏休みのアルバイト先で化学研究とはどんなものか，ということを知ったり，大学での化学の成績が良かったりして，段々に化学をやる気になって行ったようです．大学の最後にはもう医学の勉強をする気は全くなくて，化学こそ自分の行くべき方向だと決めていました．

ハーバードの大学院では最初に M. Gouterman につきました．彼は W. Moffit の弟子だったのですが，Moffit が早死にしたので，その後講師になったんです．

山本　フェロセンに関する分子軌道法の計算をした Moffit で

すね．

ホフマン　そうです．非常に優秀な人でしたが，33歳で亡くなってしまいました．それで私はGouterman の最初の学生になりました．その後1年間交換学生としてソ連に行ったあと，新しくハーバードに赴任したW. N. Lipscomb* につきました．私にとってはLipscomb こそ化学の面白さをわからせてくれた人といえると思います．いろいろな多面体構造をとるボロン水素化物は，とても複雑で，実験的にも理論的にも本当に面白い化合物ですからねえ．

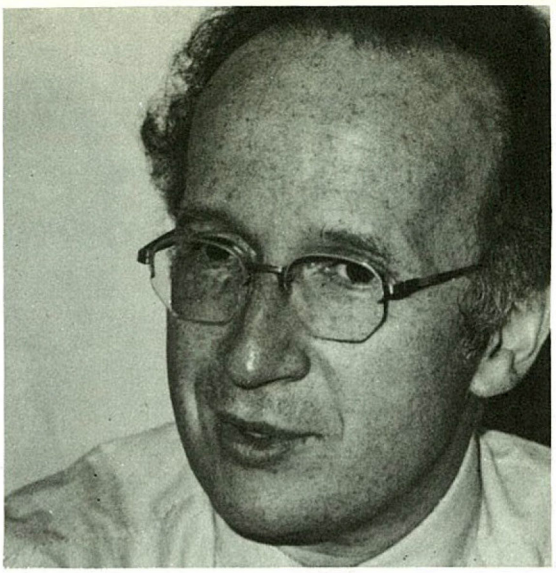
山本　若いころに受けたすぐれた先生の影響はとても大きかったわけですね．

ホフマン　ええ．本当に運が良かったと思います．Lipscomb が化学の面白さに対する私の眼を開かせてくれたとすれば，E. J. Corey は私に有機化学の面白さをわからせてくれた人だといえます．ハーバードでPh. D. をとってから3年間私はハーバードのJunior Fellow という職につきました．これは好きなことは何でも研究して良いという，非常に自由度のあるポストでして，その間にLipscombについていたころ始めていた拡張ヒュッケル法を完成させました．このころまで，私は有機化学に関してあまり知らなかったんですが，Corey は彼の研究の話を私に聞かせてくれ，私は有機化学に非常に大きな興味を抱くようになったのです．そしてハーバードの終わりごろにWoodward との共同研究を始めるようになりました．

Woodward は Lipscomb とはまたちがったタイプでした．Gouterman，Corey を含めて私はいろいろな人から，いろいろのことを学んだと思います．Woodward は中でも特別でした．Woodward との共同研究から，私は何が本当に重要かということをつかむこと，実験結果に関する疑問から出発して計算した結果が，実験結果の単なる説明に終わるべきではないということ，その説明は単純でポータブルなものでなければならない，ということを学びました．

＊　1976年，ボランの構造の研究でノーベル化学賞を受けた．

山本明夫教授



Roald Hoffmann 教授

ポータブルな理論

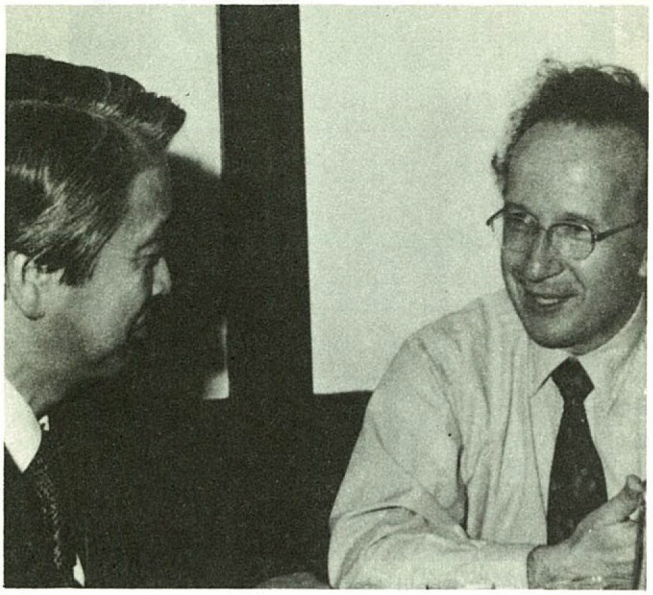
山本　portable ですか？

ホフマン　そうです．ポータブルラジオなんていうポータブルです．実は私の造語なんですが，理論というものは本質的に単純なものであるべきだし，その結果は他の人が他の場所にもって行って使えるものでなければならないということです．Woodward との共同研究はいろいろな意味で私を変革し，私の研究のスタイルにも影響を与えたと思います．

もう一つ私が重要だと思うのは，研究と教育とは切り離せない，ということです．研究によって出てきた結果は他の人に教えられるものでなければならないと思います．他の人に説明するときは私はなるべく話を単純化して伝えるようにします．もちろん内容によっては，なかなか簡単にゆかない場合もありますが，何とかわかってもらうということは非常に重要なことだと思います．

山本　あなたの論文を読んだり，講演を聞いていると，独特の美学があるように思います．研究結果の説明がわかりやすく，しかもエレガントですね．あれはあなたのもともとの個性なのでしょうか，それともWoodward の影響が大きいんでしょうか．

ホフマン　一番大きいのはWoodward の影響でしょうね．Woodward は非常に独特の美学をもっていました．彼の講演でもそうですし，彼の合成法自身独特の美学に彩られていたと思います．そう，科学者にとって美学は重要じゃないでしょうか．科学者が研究を始めるのは，その対象に美しさを感ずるため，ということが多いと思います．たとえばドデカヘドラン



の構造なんていうのは，見てるだけで楽しくなりますね．ある意味で日本の陶器を見るときの感動などと共通する点があるようにも思います．

有機化学から有機金属化学へ

山本　Woodward との共同研究のあと，有機金属化学や無機化学へと対象を変えられたわけですが，これには何か動機があったんですか．

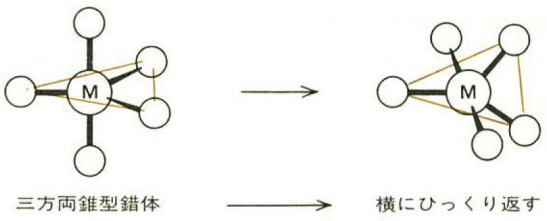
ホフマン　面白い質問ですね．動機としてはいくつかが絡み合っていると思います．一つには拡張ヒュッケル法の「道具」としての有効性の問題があります．私の開発したこの方法は，10 kcal mol^{-1} から数十 kcal mol^{-1} のエネルギー差のあるような構造や反応経路に関して予言をするには有効ですが，数 kcal mol^{-1} またはそれ以下のエネルギー差の積み重なりによって出てくるような反応挙動や構造の違いを予言するには適当ではありません．私は1962年ころから約10年間有機化学の問題を扱ってきたんですが，この間に私の方法で解ける面白い有機化学の問題が種切れになってしまったのです．面白い問題がなくなった，といっている訳じゃないんです．たとえば，生化学方面とか，溶媒効果の問題とか，問題自身はいくらでもありますが，大抵は小さなエネルギー差の積み重なりで説明しなければならない問題で，私の方法には不向きです．

そこで無機化学，あるいは有機金属化学の方面を眺めてみると，そこには百花繚乱ともいえるような立体化学の問題があるわけです．実に美しい．まず5配位錯体の問題から始めてみました．そこでの問題は立体化学的反転や保持などの有機化学的問題に似ていますが，もっともっと複雑です．異性体の数も多いし，まことに魅力的でした．この問題を始めた私は有機金属錯体の立体化学の美しさのとりこになってしまいました．それに時期もよかったと思います．有機遷移金属化学が急速に発展するようになってからまだ30年位しかたっていないわけですが，過去10年間の発展はまさに爆発的ともいえるものだったと思います．いろいろな構造化学的問題，動的変化などがこの10年間に出てきました．それに多くの有能な共同研究者にも恵まれて，私は過去10年間有機金属化学の問題を解くのを大いに楽しみました．そしてまだこれからもいろいろなやるべき問題があると思っています．

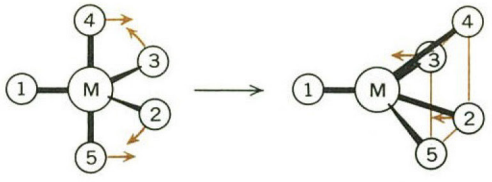
山本　普通の化学者だったら，一つの領域から別の領域に移るにはかなりの障壁があると思うんですが，あなたの場合にはそういう障壁をやすやすと乗り越えているように見えますね．

ホフマン　私は過去10年間に一つの領域から別の領域に突きぬける心の躍るような経験をしたと思います．私は別に，「一つ明日から有機金属化学を始めてみよう」などという具合に始めたわけじゃないんです．私の場合には，たとえば5配位錯体の問題のような，一つの問題を考えることから始まるんです．三方両錐型錯体が四角錐構造をへて異性化する Berry の擬回転の問題* とか，一つの特定の問題をつかまえて考え始め，それ

＊　三方両錐型5配位錯体の立体化学的変換反応を説明するためのBerryの擬回転機構

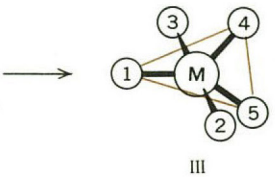


上のと同じ効果は配位子のわずかな移動により達成できる．



Iの錯体に結合している配位子のうち①は動かずに，②と③が左方へ，④と⑤が右方へ動くと

IIのような傘がオチョコになった形，すなわち四角錐型になる



IIの形からさらに②と③が左に進みMをへだてて向き合う形になり，①，④，⑤が三角形になれば，IIIの形の三方両錐型に変換される

からまた別の問題を勉強するというように，段々とその領域の言葉に慣れてゆきます．アメーバが触覚を伸ばして，いろいろなものを取込んでゆくように，次第にその領域に滲み込んでゆくわけです．この過程というのが実にエキサイティングなんです．どの領域にも特有の専門語がありますね．人名反応とか，いろんな略語とか．別の領域のことを調べ始めてしばらくすると，そういう専門語が次第に抵抗なく使えるようになります．私の場合，別の分野に入り込めたな，ということを判断する一つの目安があります．別の領域の論文を読むときに，その論文の脚注の75パーセントがあてられるようになったら，大体その領域に入り込めた，といってもいいと思います．脚注というのは大変重要だと思いますよ．私の論文には脚注がいっぱいついているでしょ．人によっては，私が学生に文献を調べさせて脚注を作っているんだろうと思っているようですが，逆なんです．うちの学生がいっていましたが，ホフマン教授は脚注を読むのが楽しそうだって．実際そうなんです．私だってもちろんすべての論文の脚注を始めから終わりまで読んでいるわけじゃありませんが，論文の脚注を眺めて，ああこの領域のことはわかってきたな，と感じるのは良い気分ですね．

山本　しかし本当に物すごい量の論文を読まれるんですね．

ホフマン　ええ．

山本　別の領域に入り込んでゆく場合に，文献を読むほかに他の人に聞くということもあるわけですか．

ホフマン　私はこれまでかなり他の人を有効に使わせてもらったと思います．無機化学の領域では二人の人に特に影響を受けました．一人はEarl Muetterties です．彼は最初コーネル大学に講義にきて，後からわれわれの学科の一員になりました．彼のお陰で私は無機化学のいろいろなことに興味を抱くようになりました．最初は5配位錯体の問題，それから7配位，8配位の問題，次に触媒反応の問題などです．もう一人はJack Lewis です．Jack Lewis もコーネル大学に何度も講演にきました．私は注意深く講演を聞く方だと思います．時には眠くなったりもしますが，ふつうは一生懸命聞きますよ．Jack Lewis は有機金属化学の問題について特に興味ある講演をしてくれました．そう，講演を聞くことと，論文を読むことの二つですね．特に論文を読むことは重要だと思います．

山本　あなたの論文を読む速度はわれわれにくらべたら桁違いに早いんでしょうね．

能力と努力と気くばり
——ホフマン教授の横顔——

1977年に東京でIUPAC の国際会議が開かれたときのこと．招待講演に予定されていたE. Muetterties 教授が急に来日できなくなり，ホフマン教授が代わりに講演することになった．日本語では代読した，というところだが，代読ではなくて，ホフマンがMuetterties の講演をしたのである．原稿なしに．原子間間隔が2.32 Å などという細かい数字から，講演の最後の協同研究者に対する謝辞にいたるまで，全部メモも見ずに．桁外れの記憶力のデモンストレーションであった．

自分の講演に対しても，手を抜くことはしない人である．日本で行った講演の一つ「C−H 結合の活性化」の問題では，新しい結果をもって来るために来日ギリギリまで努力をしたようである．コーネル大学の彼の研究室を訪問したときに私もたまたま居合わせたが，講演の予行演習を学生の前で行い，意見を求めていた．内容をすこしでも良く仕上げ，すこしでもわかり良くするために．そのとき，たまたま彼のお父さん（継父）が亡くなった，という悲報が入った．そのような時ですら，私の旅行の手配を最後まで気をくばってくれるのだった．

きらめく才能の持主にもかかわらず，人当たりはおだやかであり，ごうまんなところがない．そして努力家である．インタビューの中で夫人が“He works every evening”といったのが印象的であった．

日本滞在中に，彼の好きな日本の陶芸家山本芙美代さんに会いたいといって連絡したりしたが，スケジュールが合わず，実現しなかった．幅広い教養もホフマン教授の特徴といえよう．

日本学術振興会に提出した報告書の中から，ホフマン語録をひろってみよう．

「日本の停年制はもっとフレキシブルにならないだろうか．大塚斉之助教授などが退官して研究を止めてしまうのは，もったいない．福井教授に学長などさせないで，研究を続けさせるべきだ．

日本の有機金属化学は世界的レベルに達している．X線結晶学者との結びつきをもっと強化すべきであろう．理論化学もすぐれている，特に分子研は印象的であった．日本の無機化学は，残念ながらいささか時代おくれになっているのではないか．日本の無機化学の中では配位化学（錯塩化学）が支配的であり，質は高いが，これは化学の中で一分野にすぎない．固体化学はこれから大きな発展が見込まれる分野であろう．

日本の若い人の英語を聞く力は良くなってきたが，話す方は未ださっぱりである．英米から教師を呼び学生に英語を教えさせ，Ph. D. の試験に英語の面接を課したらどうか．

Hoffmann 夫妻

ホフマン　いや，そんなには早くないですよ．（笑）

山本　それにしても情報量が爆発的に増大しているこの時代に，どうやってそういう情報を記憶し，蓄積されるのでしょうか，何か特別な方法を使っておられますか．

ホフマン　化学関係の情報は未だ何とかなる範囲に納まっていると思いますよ．私も特別な方法を用いているわけではありません．私の興味をひくような論文を読んだら，その参考文献をみて，さかのぼってゆくとか，current contents を読むとか，citation index をみて誰がその論文を引用しているかを確かめるとかして引用文献の鎖をつなげて行ったりします．よく学生がいうんですが，新着の雑誌が100も200もあってとても読み切れません，と．私だって読んでいるわけじゃありません．しかし学生の場合は，どこから始めていいかもわからないことが多いんですね．そこで私は学生にいってやります．「心配しなくてもいいよ．何か一つ二つテーマをきめて，そこから始めなさい．」たとえば5配位錯体とか，オスミウムクラスター錯体とか，CO 挿入反応とかですね．二つそのようなテーマをきめてそれに関連のある論文を読みなさい，というわけです．すると次の週には誰かが講演にきて，たとえば還元的脱離反応とか，興味あるテーマについて話をする．それからまたそれについて関連のある論文を読む，という具合に，次第に手持ちのトピックスをふやして行きます．私の場合には10から20位のそういうトピックスをもっています．学生の場合には一つか二つで始めるわけですが，そのような10から20のトピックスの中でいくつかの焦点をしぼったものがでてきます．私の頭の中には，その前の仕事のとき関係した100位のいろんなトピックスがしまい込まれているんですが，論文を読んだり，書いたりしていると，これらのトピックスとのつながりがでてくるんです．私は一仕事した後はそれに関係したことは頭の中から追い払うんですが，頭の隅に残ったことが引っかかりをもってくるんですね．今，私はふだん無意識にやっている頭の中の作業を再構成しようとしてるんですが，なかなか難しいですね……．　誰でもその人独特の方法があるんじゃないでしょうか．

山本　そうですね．それにしても非常な努力をしていらっしゃるということは良くわかります．土曜日は論文を読む日と決めておられるそうですね．

ホフマン　ええ，大体そうしています．

山本　（ホフマン夫人に向かって）ゴルフウイドウという言葉がありますが，研究ウイドウだと思われたことはありませんか？

ホフマン　（ホフマン夫人に代わり答える）そんなことはないですよ．

山本　（ホフマン夫人に向かって）御主人は家へ帰ってからも仕事をされるのですか？

ホフマン夫人　ええ，毎晩しています．

山本　エジソンは「天才は1パーセントのインスピレーションと99パーセントの汗からできる」といったそうですが，彼の場合にもあてはまりそうですね．

ホフマン　ええ，一生懸命仕事をすることは一番大事だと思いますよ．もう一つ若い人にいっておきたいことは，コミュニケーションの技術を大事にするということです．ティーチングアシスタントなどをして，教える技術を覚えるということも大切だと思います．頭が良いということだけで通ることはこの世の中に滅多にないと思います．科学の世界であれ，工業であれ，自分が考えていることを，書く場合でも話す場合でも，正確に，簡潔に，はっきりと相手に伝える技術を学ぶということは非常に重要です．それに科学者は一般的にシャイですね．ですからグループミーティングなどでは私は学生になるべくはっきり自分の考えをいわせるように仕向けています．

山本　一般の人にもわれわれはもっとコミュニケートするように努めるべきだと思われますか．

ホフマン　それはもう一つの重要な問題ですね．一般に科学者は自分のしていることの内容や意味を他の世界の人に伝えるのが下手だといえますね．しかしわれわれは自分が面白いと思

っていることを他の人に伝える努力をするべきでしょう．科学者が何に感動するのか，その人間的側面をもうすこし他の人に伝えられると良いのですが．一つには科学の論文が余計な枝葉を苅りこんで簡潔なものにする傾向が進んできたために，無味乾燥なものになってしまっていることとも関係があるでしょうね．もちろん，あまり感情的な文章をもち込むのも問題ですけれども．ワトソンの「二重らせん」が面白いのは科学者の人間的な側面が露呈されているからですね．カール・セーガンのテレビ放送「コスモス」が科学教育の上で非常な成功を収めたのも，個人的なレベルでの科学者のかかわり合い，人間的側面，感動などを伝えたことによるところが大きいと思います．一般の人に科学の内容を簡単化して伝えるにはタレントがいりますが，そういう人のもっている芽を摘まないで育ててゆくべきでしょうね．

日米の科学的風土の違い

山本　よく日本人は真似はうまいが，創造性に欠けているといわれますが……．

ホフマン　誰がいうんですか．

山本　ウーン，主に日本人かも知れませんが，外国人もいっているんじゃないですか．

ホフマン　日本人に創造性が欠けているなんてことはないと思いますよ．日本人はその歴史の中で適応性にすぐれていることを示してきたと思いますね．平安時代には中国文化を取入れ，明治維新以降は欧米の工業技術を導入し，最近ではコンピューター時代のテクノロジーをうまく取入れていますね．私が思うには，オリジナルなことというのは，その前のことは無関係に突然出てくるものではなくて，小さな変化が重なって行って急に大きな変革につながるんです．私は将来日本人や中国人が次第に大きな技術革新に加わってゆくようになると思います．日本について私が面白いと思うのは，日本は新しいテクノロジーを取入れながら，一方で伝統的なものをちゃんと保存している点です．これがどの位続くかはわかりませんが．中国人は日本人を，一方で工業化しながら古い文化も維持している一つのモデルとして見ていると思います．

山本　その国の社会慣習のちがいというのは，ある程度学問の世界にも反映されますね．カリフォルニア工大のボブ・グラブズと話しているときに彼がいったんですが，アメリカの学問の世界はガンマンの社会である，と．西部劇に出てくるガンマンですね．能力のある若者が二挺拳銃をひっさげて登場し，年長のガンマンを打ち倒して自分の能力を証明し，出世してゆく．その代わり自分も長生きはできない．実際アメリカでは若い，頭の良い研究者がすごいスピードで有名になり，出世してゆくという例が多いですね．

ホフマン　それは確かにそうですね．われわれは若い連中に

早くから独立して仕事をさせ，その中の優れた連中が早くから昇進して行くというのは確かです．しかし，それだけの心理的ストレスがかかるのも事実です．そういう人達の離婚率を調べる必要もありますね．

山本　しかし一方においてアメリカは老人にはなかなかつらい国ですね．若い元気な連中と常に張り合っていなければならないわけですから．

ホフマン　それは確かに大変ですが，まあ，そう悪くもないですよ．若い人の能力を伸ばし，早くから活躍させる，という点ではアメリカは学問の世界における一つのモデルになっているといえると思います．

山本　一方で，日本は若い，才能のある研究者にとって難しい社会だといえるでしょうね．

ホフマン　確かに私も日本からの若い人達と共同研究をした経験からそれを感じましたね．福井教授の研究室の出身の今村詮，藤本博君，大阪大学からは巽和行君などの非常に才能のある人達が来ていました……　そうそう，福井教授といえば，われわれがノーベル賞を受賞したとき，新聞記者からフクイと競争していたのかと聞かれましてね．しかし実際は競争してたわけではないんです．似た仕事はしていたし，互いに影響を受けたと思いますが，競争関係ではなかったんです．私はこのノーベル賞を福井教授と共に受賞したことをとても喜んでいます．ボブ・ウッドワードが二度目のノーベル賞を受賞するまで生きていなかったということは非常に残念ですが，ノーベル賞選定委員会がこの組合わせを選んだのはとても良かったと思います．そして福井教授がノーベル賞をもらったということは日本の化学にとっても良いことだったようですね．もっとも福井さん自身は記者連中に追いまわされて大変だったようですが．

山本　最後に，日本の若い化学者に与える忠告がありましたら，おっしゃって下さい．

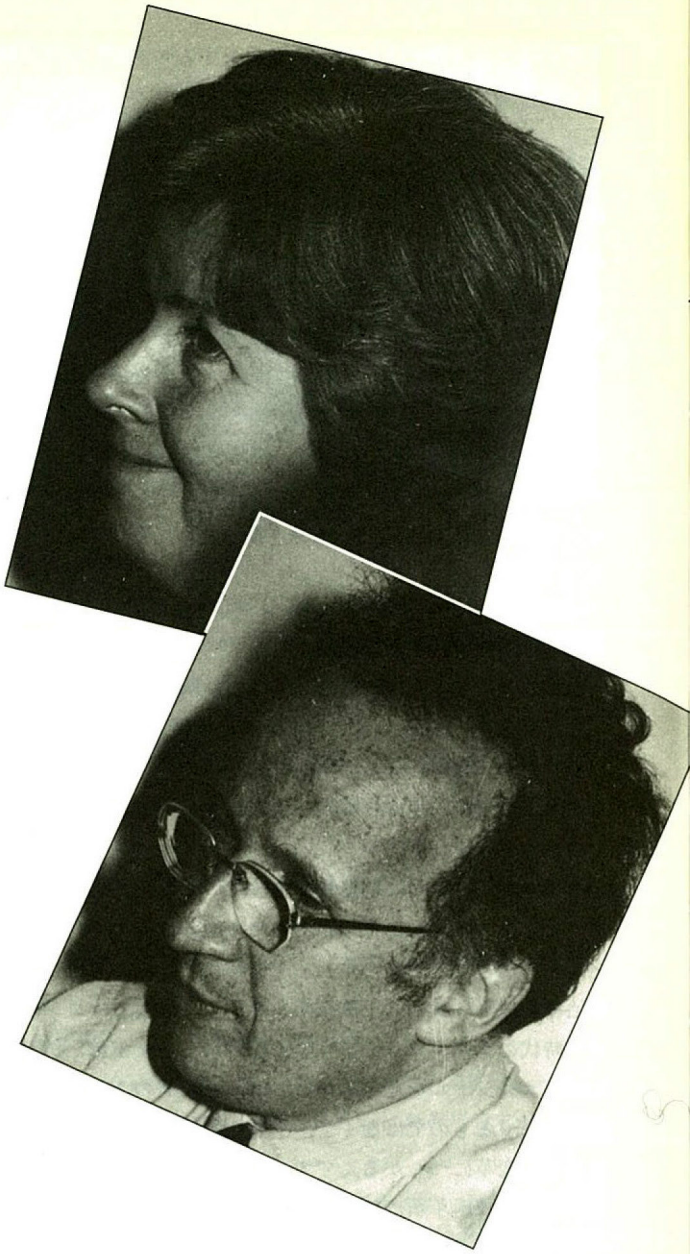
ホフマン　いくつかのことはもう前にいいましたが，つけ加えるとすれば，科学者である前に人間としての教養を積んで欲しいと思います．日本では受験勉強がきびしいし，専門をきめるのが早いために，文学を読んだり，美術を鑑賞したり，ひろく人間の問題を考えたりする余裕がないんではないでしょうか．人生は化学だけではありません．古典や近代文学に親しみ，科学以外の勉強をすることにより，次の世代の人間はさらに良くなってゆくと思います．

山本　終わりに一つだけ大変個人的なことを奥さんにおたずねしたいんですが．御二人はどうやって結ばれたんですか．スウエーデンで初めて逢われたんですね．

ホフマン夫人　ええ，そうです．

山本　そのときロアルドはいくつだったんですか．

ホフマン　われわれはとても若かったんです．私は22で，エバは21でした．私はスウエーデンのサマースクールに行っていたのです．君から話をするかい，エバ．



ホフマン夫人　いえ，あなたからなさってよ．

ホフマン　ある理論家主催のサマースクールで会ったんです．エバはその時受付けをしていました．われわれは他の若者と同じように逢い，一年後に結婚しました．とてもロマンチックでした．

山本　ほほう．しかし，もちろんそのときロアルドは全く無名だった．

ホフマン　もちろん．

山本　しかし彼女はロアルドの将来を見通していたのでしょうか．

ホフマン夫人　いいえ．

ホフマン　たぶん，このそばかすが気に入っていたんじゃないのかな．