

座談会：量子生物学とは何か

寺 本 英・福 留 秀 雄
右衛門佐重雄・大 沢 文 夫

寺本：今日は量子生物学という題でいろんなおはなしを皆さんから出していただいて座談会をやりたいと思います。quantum biologyという言葉はいくつかの問題を総括した形で定義されていると思うのですが、その内容を少し具体的に、即ち現在どんな問題が扱われており、又将来どういう問題がこの分野で重要な課題として取り上げねばならないかという風なことを右衛門佐さんからまずどうぞ…。右衛門佐さんは生物物理学会の量子生物学グループの班長のはずですから。（笑）

一体、生物現象の説明に量子力学は必要か

右衛門佐：quantum biologyという新しいapproachが現在興りつつあることは衆知のことです。classicalなchemistryやbiochemical approachだけで生体の性質をつかむことが出来るかといった疑問は既にSzent-Györgyiあたりから出されているわけですが、逆にquantum biologyといった新しいapproachにはその望みはあるかといった疑問を出されると非常に難かしいことになるのです。しかし少なくともmolecular biochemistryの言葉をよりquantum mechanicalな言葉で翻訳しようという努力が最近盛んになされている訳です。biomoleculeのatomic nucleusの構造やその運動、或はそれを取りまく電子雲の形とか密度の変化とか電子の相関的な相互作用といったものを解析して生体機能における化学反応性に結びつけるといったことによつて、生命をより基礎的に理解しようという方向に進んでいるように思うわけです。そういう行き方からみるとquantum biologyの目標は生体機能の解明という点にあつて、その点が解明できれば勿論物理学として本望なわけです。こういう進み方では、biomoleculesのquantum mechanicalな研究から出てくるindexとbiological activityとの対応をつ

けるという事になりますが、それが果して本当にうまく出来上がるかどうかはまず第一に疑問になりますね。というのはbiological activityは非常にむづかしい問題でして色々なfactorが結びついている、殊にenzymatic reactionがactivityに直結しているのでそれとmoleculeの電子状態のindexを結びつけること自体にかなり困難がある。又理論の方からいえば分子の複雑さのためにかなりの近似が入ってきてmolecular orbitalの取扱いに相当な制限を受けるので、非常にうまく近似をしなくては本質を見失う恐れがある。そういう二つの理由から生体機能の説明という方向に向うには相当の困難があると思います。皆さんはこの点にどんな見通しをもっておられますか。さつきの質問からはちよつと横にはずれましたが、（笑）まあそんな疑問があるわけですから。

寺本； それはこの座談会の一番大きな問題の一つだと思いますが、福留さんはどんな意見ですか。

福留； 大体quantum biology というと quantum mechanical な考え方がbiological phenomena に対して本質的に必要か否かという見方の問題がまずある。Longuet-Higgins でしたか、quantum process が本質的と思われるbiological phenomenaは非常に少ないと悲観的な見解を示していますね。その点について云えば僕は逆にquantum mechanical なことがbiological phenomenaに本質的に結びついていることは確かだと思います。というのはbiologyの一番基本的な問題であるbiomoleculeのstructureとfunctionの関係、特に蛋白質とか核酸といった大きな分子の果している生物学的機能の解明は恐らくquantum mechanical approachなしには出来ないと思うからです。殊に酵素反応の機構なんか随分長い間chemicalな方法でやられてきた訳ですが現在では既にその方法では前に進めないようですね。実際、酵素のもっている特殊な性質というものは蛋白質の分子構造しかもその中での電子や原子核の運動を理解しない限り本当の意味では理解できないと思います。現実に酵素学の流れは大きくそちらに向きだしています。まず蛋白質の構造決定から始めてその中での電子の状態、更に構造を決める色々な相互作用の性質、反応時における電子状態の変化或は分子内における電子相関の問題といったものが現在では理論的課題に止まらず、実験的課題として非常に大

寺本・福留・右衛門佐・大沢

きく出はじめている。結局こういう biopolymer の機能がいかんして発生するかという問題は fundamental biology における一番基本的な問題であつてこの問題の解明には理論的にも実験的にも相当高度な quantum biological な方法が要求されると僕は思っています。

右衛門佐; Longuet-Higgins の意見は非常に明確に見えますが、僕も反対です。彼は radiation が基本的に効いている問題、例えば photo-synthesis とか bioluminescence 等に対してのみ quantum mechanical approach が有効であつて、酵素反応がひつかかつた dark reaction 例えば蛋白質や核酸合成の問題なんかに対しては quantum mechanical approach は力を持たないのではないかという悲観的な意見だつたと思います。

福留; あの時点ではそういう見方もあつたのでしょうか、それにしても彼が本当によくものを見ていたかどうか疑問を感じますね。ただやってみたら非常にしんどくて自分で嫌気がさしたのかも知れませんね。

quantum biology の分野での成果——物性論的側面——

吉森; quantum biology で今迄どういう計算がなされてきたか。そして何が明らかになつたかということを知りたいのですが。

右衛門佐・福留; 何も明らかになつてはいないでしょう。本当に面白い所はまだ明らかになつていないと思います。現在はまだ非常に primitive な段階でしょう。

吉森; 非常に具体的にうかがいたいのです。例えば僕達は日頃右衛門佐さんから π -電子系の計算をうかがつていますが、その他に quantum biology の category に属するどんな仕事があるのですか。

福留; 鎖状高分子の電子状態や核状態に関する一連の仕事がありますね。

1950年代の終りから発展しはじめて蛋白質の溶液中での構造を決める上で役に立つて来た helical polymer の光学的性質に関する exciton theory 的な計算、即ち polypeptide や核酸がもっている光学的特徴に関する問題ですね。もう一つは核振動状態、即ち helical な polymer における核振動の mode 或はその内部回転と立体構造の関係をきめるような計算……それは日本の水島グループの人達や蛋白研の宮沢さん等が中心になつたのですが、そうした

chain molecule の核状態の計算がある訳ですね。それと関係して未だそう発展しているとは云えないのですが、蛋白質の立体構造をその内部の電子的相互作用…例えばdipole-dipole 相互作用とか van der Waals 力とか…に基いて説明しようとする試み、例えば α -helix が van der Waals interaction に対して非常に安定な位置をもっているというような計算、それも今迄のように週期的な構造ではなく実際に存在している蛋白質の構造に対してその計算を行おうという試みが最近なされていますね。生体高分子の電子及び核状態に関する fundamental なものとしてはそういうものがあります。

更に実験で云えば光学的性質に関係した問題で吸収スペクトルの問題、その中では割合新しい hypochromism の問題、少し古い話としては施光分散の問題なんかがありますね。更に conformation の問題、例えば蛋白質が何故あのような conformation をとるかという問題に対してはほんのちよつと始められたばかりですが van der Waals force の役割を実験的に測定しようという試みもありますね。

biopolymer の一番 elementary なことに関する問題としては大体そんなところではないでしょうか。特別なものとして magnetic なものを含んでいるヘム蛋白の構造がX線で分つてきてからヘムにlinkしたアミノ酸の影響を考慮した電子構造の計算、それでもまだヘム蛋白の機能を説明する段階にはなっていないのですが今後重要な問題として残るでしょう。

吉森； そういう事がやられていてしかも未だ何も分っていないとおつしやるのは、今迄やられたことはすべて物性論や分子論としての成果であつて quantum biology の立場からみれば非常に不満ということですが。

福留； いや成果は今迄の段階でもかなりあつたと思います。例えば溶液中の蛋白質の conformation を知る為に施光分散の理論と実験の果たした役割は非常に大きいですね。更に蛋白質の構造と内部の電子状態の関連のようなものに対する hypochromism の理論だとか或は立体構造の変化に伴う光学的性質の変化等といった問題はX線回折できめられる核の安定な位置より一歩進んだ意味で即ち dynamical に何が起つているかを知る上で非常に fundamental だと思います。ただ今迄はその対象が容易に取り扱える型の問題、即ち旋光分散では規則的な helix といったものに限られていた訳ですね。そうではなくつて

寺本・福留・右衛門佐 大沢

実際の不規則な構造をもった system でしかも蛋白質ならその reaction と関連させてその reaction の特異な機能がどうして生ずるかというような biology の立場からみて一番基本的な所は現在では全然成功していないのです。そういうことこそ今後理論的にも実験的にも追求されるべき中心問題だと思います。

中野； 福留さんのおつしやるのは今迄やられたことは物性論的な面ではいい成果を上げていても生体という問題からは非常に程遠いということですか。しかし今迄やられたことは非常に simple なものについてしかやられてないからその延長上にもつと複雑なことをやつて行けば生物学になる。それはそんなに遠いことではないという……。

福留； そういう面もあるでしょう。普通物性論の technique の割合に簡単なものは使用されているのですが、蛋白質の Allosteric 変換というような問題即ち特定の小さな分子と結合すると蛋白質の conformation が全部変るしそれ迄重合しなかつた物質と特定の重合を行つて新たな活性を生じるといつた dynamical で微妙な特定の相互作用をもつ構造の大変化を行いえてしかもぐにやぐにやした大きな系を扱うということは今迄の物性論が必ずしもやつてなかつた。しかし今迄の物性論が十分に適用されたとも僕には思えない。今迄の technique だけでももつといろんなことがいえるのだと思いますね。これ迄やられてきたのは非常に primitive なことだけです。

さて今後はどのように進めばよいか

寺本； 今いわれた生体高分子自身への量子力学的アプローチという step を考えると、まず今迄の分子論や固体論で開発されたもので真空中に存在している高分子の電子状態を計算してその構造の安定性とか光との相互作用を求める問題が最初の step としてある。次に実際にこれらの生体高分子が生物学的意味をもつ実際の生体に近い溶液の中でどういう状態にあるのかという問題、それからその溶液中での高分子間の dynamical な性質の問題という step を取るように思えるのですが最初の step としては今云われたようなことが大事でしょう。

右衛門佐：今おつしやつたことに関連することですが、今までなされた仕事はX線で構造がよりはつきりしたもの、例えば polypeptide や polynucleotide などに対しては量子力学的計算が可能だというので、それがなされた訳です。DNA-base にしろ蛋白質にしろとにかくX線解析ができたから molecular orbital 法で近似的な電子構造が見出されているということで生物学的色彩の強い仕事はこれからというところでしょう。しかし、分子軌道の計算で採用されている parameter の妥当性を検討したり、より進んだ molecular orbital を使つて refine するといった物性論的努力はまだまだ続けられるべきで、そう急いで quantum biology としての非常に dynamical で面白い所へ突入する必要はないのじゃないか、もつとしつかりした電子構造の解析が出来るまでそのことに年期を入れる人が日本に居なくてはならぬと思うのですよ。

quantum biology で biological な側面はまだ顔を出していないけれど、今 quantum biology といった分野では、生体の重要な機能に関係のある biomolecule の物性論をやっているという時点だと僕は思いますけれど。まずその辺の分野をしつかり固めてからその次の生物機能を問題にすべきだと。

寺本：さあこの所は…。

福留：そんなにゆつくりしては。急いでやらにやあかん。

右衛門佐：あかんちゆうのか？

寺本：quantum biology という時に僕の感じではさつき云われたように色々な近似を高めてその電子構造を相当がつちりと定量的に追求することも必要かも知れないが、それだけが必要かどうか。

右衛門佐：そりや、もつと他の事も…。

寺本：だけどね、その生体高分子が生体の cycle の中で非常に大きな役割をしているということのある段階で…例えばその高分子の三次構造とか色々な element の sequence の特徴とかいつた段階の知識でその生体高分子の電子状態の定性的な特徴をつかまえるという事を最初から意識してやれば…。

右衛門佐：近道というのか。

寺本：近道？いやむしろそれを念頭にたえずおいてやるべきじゃないかと思うのですがね。

右衛門佐； それはそうですね。例えば biomolecule 一つをつかまえてみても今迄と違っているのは、一つの molecule が既に1つの1次元結晶になっているとしてもそれを構成している bases が irregular な sequence をもっている訳で、今迄の物理からみれば非常に特殊な形で、これが生体の中で機能を果している訳ですね。だから今迄の物理にはなつた新しい電子構造の計算方法や見方を開発しなくてはいけないということは分るのですが、一方一つの molecule をしつかりつかむということについてはじつくり落着いてやる人間も又いなくてはいけない。quantum biology をやるのだが物性論的 quantum biophysics をね。

福留； しかし物性論といつても何だか訳の分らぬことの原因が何であるかということがまず先なのであつて、例えば超伝導の原因が何であるかということ荒つぱくやることがあつてその本質が分つてその後定量的に refinement するということが出て来たわけで、biomolecule の問題というのはもつとも biology と深い関連をもっている側面でみれば一体何が効いているのかということ自体がまだ分っていない。その荒つぱい定性的なことで正しいものをうまくつかみ出すことがまず第一に必要で、それが biomolecule の問題で最大の問題だと思います。

右衛門佐； しかしね、今迄なされた hypochromism とか optical rotation の理論にすら非常に不満な点があり、もつと refine する必要がある。

福留； 問題は二つある訳でその一つは計算の formalism というものが大事なものを簡明に分りやすくうまい具合に取り入れた形で出来ているか否かということで、そういう今迄発達してきた色々な technique をとり入れて本質的な意義をもつ見通しのよい形の計算というものは、biopolymer に対しては殆んどなされていない。そういうことで、今迄非常に分りにくかつたりせいぜい perturbation でしか計算されていないもののもつと上等な計算をするという level の問題が一つある訳です。

それからもう一つは、今迄の物性理論が全然取り扱ってきたこともないような性質、例えば irregular な構造しかもそれが真空中に浮んでいるのではなくて液体の中に浮んでいて熱的 disturbance をしょつちゆう受けているものの性質ですね。蛋白質の振動状態で云えば振動状態と電子状態の coup-

ling の問題は反応の問題では essential なものですがそれは phonon という形では記述できないような region に存在している、少くとも内部回転と電子状態の coupling とか内部回転によつて大きな分子の構造がガラツと大きく変るといふような process が記述できる理論がないかぎり本当の意味、例えば蛋白の機能の問題は取り扱えないというわけです。そういう意味で今迄の物性理論で全然 formalism もないとか、取り扱う必要もなかつた型の事が essential になつてゐる aspect という問題と、二つの問題があるわけで今の段階では両方とも大事だと思います。今迄発達して来た technique で扱える問題を徹底的にやつてきれいに整理してしまうことは現時点では非常に有効だと思いますし、それと別に今迄全然取り扱われてゐなかつた type の process をうまく formulate させるということが必要だと思います。

溶媒効果をどう考えるか

福留； 例えば統計的な取り扱いという一面でいえば biopolymer を考える時、水の問題というのが essential なわけです。この水の effect が分子間相互作用にどう効くとか……実際水の effect は立体構造をきめる上に非常に decisive な役割をもっていることが最近かなり分つてきたのですが……そういう溶媒が電子状態に及ぼす影響だとか溶媒の構造が polymer の構造に及ぼす影響をちゃんと分子論的な立場から統計力学及び多体問題的な取り扱いが出来るような formalism は全然作られていないわけです。そういうのは現在の物性理論の多体問題の technique を使つてかなりきれいな formalism を作ることは可能ではないかと思うのですがね。

右衛門佐； 溶媒効果を入れるちやうことがね。

寺本； 例えば物性の今迄の流れの中で水というと皆が敬遠してね、例えば大学院の学生の人でも水をやつたろうというのは稀に出てくることはあるのですがまず半年位で投げ出してしまふのです。高分子と水との interaction というものを今の多体問題的行き方で果してどこ迄行ける可能性があるのか——福留さんは楽観的なんだけど——物性論専門の方はどう思つておられるのか聞きたいですね。

福留； 是非聞きたいですね。（答なし）

寺本・福留・右衛門佐・大沢

寺本； 中野さんどうですかね。例えば生体高分子が charge や dipole moment をもっていてそれらがまわりの水と interact して、その水が生体高分子の近傍の構造をとるかも知れませんね。それをどの程度物性論的 technique でもつて解析できるかという問題に対して…。

中野； いやあ、僕には分らん。

吉森； それはあれですか。いくつかの macroscopic な parameter で溶媒の効果をまにあわせておくという考え方ではいかんとおつしやる訳ですね例えば高分子の傍で水の構造が short range order を作っているという風なことです。

寺本； ええそういうことでしょうね。その short range order 的なことが大いにあると思うんですよ。

福留； その short range order が蛋白質の non-polar group の相互作用に非常に大きな影響を及ぼすという風な統計力学的な非常に荒っぽい model 的な計算が最近やつと出た訳です。ところがそういうものが出来た為に蛋白質内の電子状態にどういふ変化が生じるか、そういう short range order が蛋白質内部の group 間だとか蛋白質間の interaction にどんな影響を及ぼすかということがちゃんと多体問題的に計算できる formalism にはなっていないわけです。単に partition function を model で出ただけで分子間力をちゃんと計算しようと思つても使えない…。

中野； Partition function をちゃんとやらないとあかんとおつしやるのですか。

福留； ちゃんとなつてないわけで…。

中野； いや partition function をちゃんとやつてもあかんと思うのですよ。それは統計力学でしょう。つまりさつきの order parameter で記述できないかということは結局統計力学的 stage ですまないかということですね。

寺本； ええ。

中野； それでは済まないと思うのですよ。もつと小さいしかし molecular stage と statistical stage の中間、どちらに片寄っているか知らんがその中間の何かが要するという意味ですね。

寺本； そういう生体高分子の構造というのも基礎の重要な一つの問題ですが

もう一つ例えば物性論の段階でも化学反応論という問題があつてこれは非常に難かしいですけれども…。

中野； 化学反応の理論というのはあるんですか。

福留； あるにはあるんでしょう。Eyring だとか。

寺本； あれは非常に雑ですね。とにかく生体高分子にとって非常に大事な酵素反応というのは溶液の中で巨大分子、それだけに着目すると、巨大分子同志が水とか電解質の中でBrown運動みたいな運動をしながら溶媒をも含めたinteractionをしていて、その間に反応が起つている。ところが今迄の溶液内の反応論というのはAという分子とBという分子の濃度に比例するといった形で整理されている訳で、実際にBrown運動みたいな運動をしていながらinteractionしている巨大分子の多体系の問題を考えると、それをformalismにのせようとするときkinetic energyの部分が丁度diffusionの方程式の二階微分の所になり、他にinteractionのpartがある。まあ今このinteractionの形は仮定せざるを得ない訳ですよ。

福留； そいつを計算したい訳や。(笑)

寺本； それを計算したいというのがquantum mechanical approachですよ。だけど逆に一方ではそういうdataの現象論的な解析というものを…。

中野； してみないと想像もつかないような形が出てくるといふ…。

寺本； 可能性があるかも知れない訳ですよ。気体内の分子間力というのは稀薄気体の粘性から測るわけで積分値だけしか分らない。溶液の場合でも積分値だけしか分らないでしょうが、それすらもdiffusionを考慮した形では分っていない訳ですよ。一方ではquantum mechanical approachがあり片方では現象論的なものも作つていかなければいけないという気がしているのですがね。どうも話が少し脱線して…、こちらのペースにのせたいわけだけど(笑)。

生体の特徴とは— specificity—

柏村； 今、途中から急に聞いていると対象が生体高分子であるという特殊性があるにせよ、それは物性理論とどう違う訳ですか。Short range orderということでもそれは常温においてそれが起きているものが溶液中の生体高分

寺本・福留・右衛門佐・大沢

子系であるということだけですがね。

寺本； ある意味ではそうでしょう。逆に云えばその element が普通の簡単な系とだいぶ違うので…。

福留； いや蛋白質なんてものは何の変哲もない element がある特定の sequence を作って特定の立体構造を作るとしても変哲なものができるのが第一の問題でしょう。

その特定な構造をとると途端に溶液の中でもまれもまれながらも特定の相手をちゃんと見つけ出して、それを attack するというようなことが一体どないして出来るのかと。

寺本； そう、その attack の specificity という問題の定量性というものが実験的にも知られていないので、そのところをきちんと…。

福留； 活性という形ではありますがね。

寺本； そういう定量性を物性論的な形に表わすことが必要だということです。それが物性論から進んで行く場合にあるわけですよ。

右衛門佐； そういう specificity というような問題を二つの stage に分けて考える。即ち大きな molecule が substrate と出合う迄の問題、それは特殊な van der Waals interaction を含んでいるかも知れないがそれにせよそれを考慮した多分に統計力学的議論ですませる第一段階と、次にその活性点に両者が近づいた時に蛋白質固有の電子状態によつて、例えば histidine の N の所に電子雲の不足が極端に起つていたり、又そのまわりに水が存在してそれを橋渡しとして substrate との間に proton transfer や electron transfer が可能になるとすれば、その段階で、molecular orbital 式の計算でえられた電子構造によつて electrophilic な反応に対する活性度又は nucleophilic な反応に対する活性度を量子化学的な index で表わしておけば この第二段階では electron-transfer や proton transfer の反応速度が求められるという 2 stage の理論—二段構えの理論では不満ですか。

寺本； それが本質的に二段階に分けられるか否かということが未だ分っていないので、やはりそれ自身をはつきりさせる問題が残っていると思いますね。

福留； しかも最近 X 線の仕事によると inhibitor をひつつけた時に protein の conformation がガラツと変つてしまうというはつきりした data

が出ましたね。

右衛門佐； その conformation の変化は例えば hemoprotein の heme に O_2 が一つつくというような一つの chemical bond の変化だけでもウワアーと大きな変化は起りうるというような…。

寺本・福留； それを実験的に証明するのはしんどいよ。理論的にいつでも一ヶ所の電子状態がちよつと変るだけでウワアーと変るものの formulation は全然あらへんですよ。

右衛門佐； 原理的に云えば free energy surface を画くことにあるのですが…。

福留； だから free energy を計算するのでも電子状態をちゃんと出してしかもその変化のしかたを deterministic に記述するという所まで出来ないと言蛋白質の問題は片付いたとはいえないですよ。

右衛門佐； しかもそれを溶媒の中でね。hydrogen bond 一つの変化でそうなる可能性があるわけですからね。

吉森； ウワアーとなるということでどんな picture を描いているわけですか。例えば色んな形の時の電子状態を勘定しておいてこうなつた時には、こういう電子状態の時に total system の energy が一番低い。

だからこの形の時にはこう変るのだという話で間に合うのですか。

福留； 間に合うかも知れませんが蛋白質の取りうる configuration というのは energy を考慮しなければものすごくたくさんある訳です。そうすると何処が一番安定かということはあらゆる configuration の計算をやらなければいけない。内部回転で云えば内部回転角が数百ある system のどの angle の所が一番安定かという何百次元の phase-space での potential curve をかかなければいけない訳です。

右衛門佐； その minimum point だけではなくそのまわりの potential 曲面まで必要だね。

生体高分子のイヤラシサ

福留； 又蛋白質の溶液中での conformation を普通の意味での断熱近似で記述するのが良い picture かどうかということも疑問ですね。そういう

寺本・福留・右衛門佐・大沢

conformation や charge の fluctuation というのが protein の機能にとって essential だという見解が例えば Kirkwood などによつても出されていますね。多体問題でも僕の感じでは今迄の物性論で扱ってきた系の中でも一番いやらしい system だと思いますね。しかしただいやらしいのならば、何故生物はうまくいつて地球の global な状態をこんなにかえる程増殖したのか、(笑) という事実をおそらく説明できない。いやらしいんだけど我々が全然知らないきれいな法則性がどこかにあるにちがいない。これは信仰の問題で…。それがなかつたら生物物理などやらない。

吉森； どういうふうにいやらしいのですか。

福留； まず一つには biopolymer 自体が1つの多体系ですね。1つの分子だけでもその可能な構造というのは非常にたくさんある。それがどうしてある特定の構造をとるかという問題は、明らかに1つの constraint のついた多体系である。そういう多体系が他の特定の分子なら分子がやってくるとそれとどういう相互作用をしているかはわからないけれど、溶媒の中でもまれているところの特定の分子を捕えて特定の反応をおこすというわけで何れにしても多体問題である。その場合に熱力学の段階での平均をやってしまったら大事なものは殆んど消え失せてしまう。やはり structure をはつきりふまえて、相互作用と其中でおこる electron なり atom の動きというものが捕えられなければ、本当のことはわからないという意味で完全な多体問題である。ただ今までの多体問題とちがうところは structure の特異性ですね。linear chain でしかも何種類かのものが色々な順序で並んでいる。そういうことのために特定の分子をみつけ出したり、特定の反応を触媒するという非常に特異なことがおこるんだけど、そういう inhomogeneous な system での相当複雑な構造のことを考慮に入れた多体問題、しかも絶対零度でなくて溶媒の相互作用とか Brownian motion 的なものがおそらく何かの役割をしている。そういうことをちゃんと考慮に入れて話をやらなければいけない。

吉森； 複雑だということはわかりましたが、どのくらいいやらしいかということはまだわからない。

福留； 案外いやしくないかもしれない。

寺本； できてしまえばね。そういういやらしさとか複雑さとかというのは普

通の多体問題というものに対して物性論屋にとっては1つの感覚がある。そのような今までやられていた多体問題の線上に乗りうるかということに対して：福留； それは問題がありますね。乗る面と乗らない面があるんじゃないか。

特異性を説明するということはどういうことか

寺本； ちょうど大沢さんが来られたのですが…。量子生物学というのは今の話では生体高分子、溶媒も含めて電子や核の状態とか conformation そういうものを全部含めてその面からがつちりやつていて生体高分子が持っている機能などに関する essential な point がでてくるだろうし、またそう信じなければならぬという話のようですが。そういう点について大沢さん如何ですか。

大沢； それが出来たというときに、どういうことを期待されるのですか。どういうわかりかた？ 例えば低分子の反応の機構がわかつたというようなわかり方…。

福留； そうじゃないでしょう。例えばあるいろんな立体構造をとりうるものが特定の立体構造をとる法則は何かという場合に、あらゆる構造をしらみつぶしに調べなければ何もわからないということではない。それでは少しも面白くないでしょう。ある特定の構造をとる原理がわかつて、こういうものがこういう配列をしておればこれはこうなるはずであるというある1つの法則があつて、それによつて大体の構造がきまる。そうすればいろんな分子と相互作用したときにどういう相互作用をするかということの essence は、例えば特定の分子をみつけだすのに一番 critical に作用する相互作用というものがその structure と結びついてどう現われるかということがわかつて、そういう力場で bind して何がおこるかということがわかるということで、どうせ定量的に計算することはとても不可能だが、いい加減にみえていてしかも大事なところはがつちりおさえているようなものがあるだろう。

右衛門佐； 一体低分子に比べてどうして高分子は違うのかは分らない。ヘム蛋白の問題なんかは…

大沢； そういう意味では解けるでしょうね。それが解けた時に一般論とか essential とかいう言葉をどのくらいのところで期待しているかということ

寺本・福留・右衛門佐・大沢

で…。例えば polypeptide で実験すれば、こうアミノ酸が並んでいたらこれは helix になりやすいとか、これは β になりやすいとか、これは random coil になりやすいとか、蛋白質の combination をみて大体 helix が何パーセントであるとかは統計をとればわかっている…。

寺本； それだけでは駄目です。

大沢； 確率がこうだつたらこうなるだろうというような言い方をするのか、それともアミノ酸の配列というのを中間におかなくて抽象してしまうというのかな…。そういうことを期待されるのか。

右衛門佐； 福留さんのいつておられるのは、例えばアミノ酸の配列等がわかって酵素の基本的な姿がわかり、substrate との相互作用の多体問題があつてそれが分つて、ある反応の model 物質にいつていろいろ長さとかアミノ酸配列とかを変えて実験して理論を justify できるはずだということですね。僕には、酵素のところへ substrate がきて active site のところで proton transfer とか electron transfer とかがおこるといふような考えしか今のところ頭にはない。そういうような理論で酵素反応というものが追跡できるのか、あるいはもつと一般的に酵素，substrate，溶媒系の多体電子論というようなものでできるのか。

福留； 右衛門佐さんの言われることも分かるんです。ある特定の構造をとつて実際に bound してしまつてある structure ができ上つていて、そこで何がおこるかという step が当然要と思う。しかし何故そういう構造をとるか、特定のものに対して反応しうる structure を何故とるかという問題がその前にある。

右衛門佐； それはむずかしい。しかし酵素反応は遅いから optical absorption か何かで反応時における高次構造を調べる technique が将来でると思う。そうすれば酵素反応しているというのはこういう conformation でやつていて、時間の経過とともにこうなるといふ…。

福留； それが実験的にわからんといかん。

右衛門佐； だからいくつかの構造をきめてそのところでおこる process さえ理論が説明したら後は全部実験にまかせる。（笑）

福留； 僕はそれでは蛋白質なら蛋白質の問題は説明したとは思わない。一番

大事な specificity の問題と蛋白質というでかいものが何のために必要かということ、それはそういう状態を準備することができるという能力にかかっている。その中におそらく一番大事な biological な意味で…。何故特定のものがきたら electron の exchange とか proton の transfer の体制ができるかとか、どうして特定の酵素に対して特定の structure をとるかという問題です。

大沢； 特定の structure を要求するとその特定の structure のどこかに site ができてその辺の何かが $1 \text{ \AA}$ か $0.5 \text{ \AA}$ 、狂つても駄目ですね、ところがアミノ酸がずつとつながっているのをこれを追つていつても $1 \text{ \AA}$ 狂うか否かというのはむずかしい、別の整理の方法をしなければいけない。

福留； 普通はアミノ酸の 1 次構造がわかつたらそれがどういう立体構造をとるかということですが、僕はそうじゃないと思う。1 次構造のあるものを溶媒の中へ入れ、他の分子も入れた複合系で、そういう系はどういう状態をとるかという問題が最初から解かれなければいけない。

大沢； それが formulate できるくらいだつたら、むしろ蛋白を水の中に入れた時にどういう恰好をとつて、このところはどのくらいの軟さかということが言えなければいけない。酵素反応に必要な精度がどのくらい要求されるかという delicate な問題ですね。

福留； delicate にみえてて案外 delicate でないと思うのだけれど…。例えば酵素反応というものが、鍵と鍵穴みたいに static でピシツと合っていなければいかんものか、統計的にある状態の間を fluctuate しているものかある時間そういう状態をとれば反応がおこりうるものか…。

大沢； むしろ僕もそうだと思うんだが、だから fluctuation の方も理論的にきちんと話をつけないといけない。

福留； fluctuation を含めたある範囲の structure が設定されればいいわけでしょう。

大沢； もう 1 つ fluctuation の probability というようなものや、外力のようなもの、それがおそらく酵素反応にきくだろうと思う。だからそれも含めて delicate だという意味です。

福留； delicacy の問題になると…。(笑)

寺本・福留・右衛門佐・大沢

大沢； 酵素反応があるかないかという時に、fluctuationを入れた構造の予言にどのくらいまで精度を要求されるのか、相当の精度を要求されると思う。結局アミノ酸配列で言っているのではなくて、もつと別の整理の仕方、例えばいろんな蛋白を並べておいで、これはこういう type の酵素反応をするという時にその整理の仕方にどういう仕方を期待されるのか。

福留； 2つあると思う。実験的な事実の蓄積が1つともう1つはピタツと合う精度を出すということはできないと思う。例えば非常に精密にatomの位置を出す必要があるかということとそういうことを要求されてもそんなことは絶対できない。そうでなしにあるものは特定のものだけに強く相互作用して、特定の反応を触媒するようなstateの近傍に必ずくるといえることが言えればよいわけでしょう。その先で実験反応がおこる時のprocessは右衛門佐さんが言つたように、断熱的にその中にある理想的な状態をとつた時に何がおこるかということが言えればよい。

大沢； 右衛門佐さんの方の立場から見た時にどのくらいのものがどのくらいの強さでできるか、。こちらでこのくらいのconformationであればいいというように酵素反応を出そうと思えば右衛門佐さんは出すだろうし…。そう言っちゃいかんかな…。(笑)

右衛門佐； 出せと言われても簡単には出せない。(笑) 蛋白質のfoldingの変化を電子状態の変化と結びつけるのは非常にむづかしい。

福留； 本当に計算した時に分子論の計算のように小数点以下4桁とか5桁まで計算せんと本当のことが言えないようになってくるのか、もつと荒つぽいことでも本当のことが言えるような法則性を持っているのかどうかという問題ですね。僕は証拠は今ないと思うが、信仰から考えれば、相当荒つぽいことでも本質がつかめるんじゃないかと思うわけです。

大沢； それは賛成なんですけれども、荒つぽいことでつかめるというのは、例えばhemoglobinは種によつてアミノ酸組成がちがつていてall speciesで共通なのが1/10しかないという時に、多くの人は構造はピッチリみんな同じであると考えます。しかしただpolypeptideだけある時にはいろんなvarietyがあつてかなりlooseである。つまりhemoglobinのproteinだけとつてきて、水の中においたら4つのhemeが来ればhemoglobinのunitを

作つてピチツとするにしても、そうでない時にはかなり loose である。

福留： だから loose であつてもそこに背骨がある。無意味に loose であるということではないと思う。そうでなければ何故あれだけアミノ酸 sequence の違つたものが同じ恰好をとるのかということが理解できない。同じ恰好というのは何かの意味で筋金があるに違いない。

大沢： その筋金ですが、あるアミノ酸が例えば histidine はいつでもあるからこれは重要だということは実験的にあるいは経験的に必要なのだけれどもそれをもう一段経験的にその essence を抜き出して何かを言おうという時にはどういう言い方をするのかということですね。

寺本： 精度と言つてもね。何を対象にして言うのかが問題でね。例えば2次構造とかあるいは3次構造に対して言う時この程度の style をとつておればその電子構造がこういう特徴を持つということが出れば、それだけで何か specificity が期待できるかも知れない。だから先程のトランス・ゴージュの場合とか今の電子構造の場合とかで望む精度というのが違うと思いますが

大沢： だけどそれが今までの物性論でうまくつかまれているような固体と同じような表現で出てくるとは思われないですね。

福留： それはそうかも知れませんが、例えば hemoprotein の場合に背骨の sequence がかなり変つても同じ活性を持ち、しかもよく似た structure を持つということは、おそらく protein の1次構造というのが、余りよい記述の方法ではなくて、もつと他の parameter があつて例え違うものが入つていても共通してそのような構造に必ず入つて来る共通したある性質があるに違いない、そういうものが essential なのであつて、それが何かということを見つけ出すということが一番大事なことだということです。

右衛門佐： 例えば電子構造論から言えば、histidine を active site にもつた相当長い protein があるとする。それが今ある band structure をとつたとする。その protein が長い大きい分子であるということのために、polypeptide の energy band の中心が monomeric peptide の時よりは非常にすぐれて、例えば filled band が浮き上り、空の band が下つたとすれば電子を非常に出しやすくなるし、affinity が非常に増すようになる。histidine をなかだちにして substrate との間で電子のやりとりが

寺本・福留・右衛門佐・大沢

されるとき、このような band の構造がそれをうまく助けているというようなことが、電子論から言つて 1 つの眼のつけどころだと考えるのはどうでしょうか。もちろんそのように考えた理論がうまくいつた時の話ですが。

福留：僕もそういうことだと思います。やはり電子論的なものだと思うのです。つまり active な site に trap されている相手の分子に effect を及ぼすような電子の状態をまわりのフニイキが準備するというような形に結局は還元されるのじやないかと思いますね。そういつた意味の correlation が問題だというのが僕の意見ですね。そしてまたその全体的な correlation を考えねば例えば hemoglobin の場合に酸素がついた時とついていない時で、subunit 間の距離が変つてきたりするということが理解できないわけで、active center のところの state にはまわりの polypeptide が decisive な effect を及ぼすのではないか、その decisive な effect の及ぼし方をどのように describe するかということが、活性をうまく大事なところをどのようにおさえるかという問題になると思います。

大沢：結局はそうでしょうが、そういうところをどういうふうに整理するかということが問題で、もしそれが出来た時例えば次にわけのわからないものを持つてきて、これはこういう反応を示すだろうということが例えば電子の状態のところであまりつかまえられるかどうか、つまりどの段階であまり照し合わせをするかということですがね。

福留：だから先程言つたように conformation の問題は protein だけ考えたのではだめで、何でもよいから別のものを持つてきてそれが結合した時にどういう conformation が一番とくかという一般的な principle が解かれれば、その特定な conformation をとつた時にその結合したものの electronic なフニイキがどのように全体の structure に支配されるのか、それがそこにある断熱ポテンシャルならばポテンシャルにどのような effect を及ぼすかという、そういうことを一般的に describe する scheme があればよいわけです。しかもある場合には特に強く断熱ポテンシャルを歪めさせるその法則性がわかればよいと思うのですが。まあそういうことを頭に描いているのですが、そうなっているかどうかは知りません。

再び、生物現象に対する q.m. の有効性をめぐって

右衛門佐； 今日のお話は analytic な研究の方法の話ですが、分子論的な生物学にはもう一つの研究方向として organization を中心とする進み方というのもあり、そのどちらもなければいけないでしょうが…。

大沢； それはそうですね。何を解きたいかということで違いますね。

右衛門佐； その時 quantum biology の道筋で何を注意してやったらよいか？

(笑) あるいは biophysics である以上 “bio” ということを忘れてはいけないわけでしょうが…。つまり果して q.b. の道筋で機能の解明まで行きつくかどうかということに関係しているのですが。

大沢； だけど今の話では問題は、というより問題の立て方ははつきりしているのではないですか。酵素作用の原因、機構ということでは、分子 1 個、まあ 1 個でない場合もありますが、分子 1 個が持っていることがはつきりしているので、別に今 “bio” を持ち出すことはないのではないのでしょうか。

寺本； はつきりしているというのはね、生物学的な見方でもつてはつきりしているのであつて、物性論から出発した問題としてみた時に、その何を出せばいいのか、例えば分子論とか電子論とかで、どういう量がどうなるということを出せばそれでいいのかということです。つまり現象自身をどういう parameter で表わせるという形には、まだなっていないと僕は感じますね。

大沢； 酵素とは何かということをもてもちつともうまく書いてない。相当高級な本にも何も書いてない。Mechanism がわかつていないにしても性質すら何も書いてない。

右衛門佐； 例えば反応速度が 10 の何乗になるというようなことを出したらそれでいいのか…。

寺本； 反応速度と言つてもそう簡単なことではないですよ。またそういうもので記述してよいかどうかもわからない。

中野； 結局電子論でしょうけれども、その後には何が来るのか…。(笑)

大沢； 電子の雲という表現のところで一番普遍的な姿がつかまえられるのか？

寺本； それが結局今日の座談会の final な課題だろうと思いますが。

中野； 例えば強磁性の場合には exchange という quantum なものを考えなければならぬというようなものではなくて、たとえ quantum に計算しても

寺本・福留・右衛門佐・大沢

classical な analogy があつて充分 physical な insight を持てば考えつくような現象が多いわけですね。それに似たような意味ですか。

大沢； そういうこともあるかも知れませんね。

福留； quantum biology というのは絶対必要かどうかということをやつたわけですが大沢さんどうでしょう。

大沢； 何をするために必要であるのかということが問題で。

福留； biological に essential な現象には quantum mechanical な現象というものが本質であつて、それを抜いては理解できない非常に essential な問題があるかどうか…。昔、大沢さんがおつしやつたのは、生命現象の本質の解明に contribute する部分はそう大きくなくて、できるとしても気が遠くなる程遠い将来になると…。(笑)

大沢； それはそう思っていますがね、割合やさしくできるものはそんなに…。

右衛門佐； そりや、気が遠くなる将来かも知れませんね。福留さんは大分違う。

僕のは相当遠い…。ただ quantum biology に対する信頼はもっている。

classical な化学とか biochemistry というものでは、molecular level での classical approach では、おそらく生命機能の機微なところはでてこないだろう。

大沢； 機微というのは？

右衛門佐； 例えば、van der Waals correlation とか、電子密度の偏りとかそれに伴つておこる proton transfer とか charge transfer というようなもので、これは classical なものではない。

吉森； 特異性というのは量子生物学の直接の目標ですか。特異性を理解するのに量子生物学を待たなければいけないのか？

福留； できないというのが僕の意見なんですが。鍵と鍵穴という非常に simple な model がありましたけれど、最近の情勢は非常に違つてきているわけです。特定のものがやつてくるとそれに伴つて高分子の状態がグーツと変つて bound してしまつた時にはもとのと全然違つた恰好になつている。

吉森； 大沢さんはそういう御意見ではなかつたと思うんですが。

大沢； 例えば allosteric の conformation change は量子生物学を待たなければ理解できないことは確かです。何故 allosteric が conforma-

tion change をやるかということ、何故AとT，CとGとがあの様な成分になるか、量子生物学でなければ理解できない。それが理解できない限り、例えば遺伝は理解できないという言い方をされると、それは全体が理解できないのは確かである。

吉森； 特異性を理解したと言う時に、何をもつて理解したということになるんですか。今とり上げられたようなことがわかったからと言つて、特異性はわかったということにはならないと…。

福留； むしろ分子遺伝とか分子生理学でもつと higher level のことで molecular mechanism の問題をやつてくると、結局最後にわからないところは皆酵素の特異性という問題に押し込められてしまっているということがある。だから一応、例えばある遺伝現象の全体的な仕組みというのはその elementary process は一応不問に付しても前進はできるんだけど、しかしその一番 fundamental なところが完全に何もわからんままに置かれているわけです。特異性という言葉で全部片付けられている。免疫でも何でもそうですね。

大沢； その点に関しては quantum biology であることは確かなんだけど、quantum biology の ability に対して悲観論なんで…。

酵素機能がすべての生理機能の essential な point であることは全く間違いない。

柏村； そういう意味では、福留さんのおつしやつている理論体系というのが、量子生物学として完成したら、大沢先生はその段階においては理論生物学は著るしい発展を遂げたと認められますか。（爆笑）

大沢； それはどうでしょうか。（笑）

福留； それは認めないかんですよ。biology をやつている程の人なら、やっぱり酵素機能の特異性というものは quantum biology における key point であるということは誰しも認めている。

吉森； 余り何もかも特異性に盛り込んで、今はわからないから良いけれど、わかつたらそれではいかんということにはなりませんか。

福留； だからわからんことは皆酵素の特異性ということにもつて行つてしまっているわけです。

寺本； 物性論的に特異性ということを議論した時に、何を証明すればいいかと

寺本・福留・右衛門佐・大沢

いうことははつきりしない。僕は太沢さんの方法よりは、上から下へ下るとい
うことをもう少しやるべきだと思います。もう少し特異性なるものの物性論的
な方向へ近づく実験とか考え方とか定量化とかそういうことが、福留さんの言
われるようなことの証明を accelerate することになるなと思う。

福留； やっぱり出て来ているんじゃないんですか。ぼつぼつ皆意識しだして
…。僕は物理屋の region だと思う。

寺本； 量子生物学自身は物性論の生物への延長ではないんで、強調したいの
は、ナイーブな段階の model 理論でもよいからそういうものが作られること
が重要だと思う。

福留； 僕はそれは絶対賛成で、特に実験的に specificity とかいうものは
biological な活性の面で一目瞭然に出ているわけだけれど、しかし physi-
cal な term でそれがどういうことを意味しているのかというのは寺本さん
が言ったように何もわかっていない。例えば酵素と基質の相互作用で酵素とい
うのは基質をかなり離れたところからもう自分の相手として認めているのか、
あるいは触れないと認めないのか、そういう非常に基本的なことさえ何もわか
ってない。そういう特異性というような biological あるいは chemical に
は言い表わされている term を、物理の内容で qualify していくという ex-
perimental な step は絶対必要ですね。それなしでは本当のことは絶対出
てこない、一体どこをおさえればよいかがわからない…。

柏村； その実験をやるというのはやはり量子生物学ですか。

福留； そうでしょう。例えば分子間力を測るというのは、量子生物学 typi-
cal な問題だろうと僕は思っていますよ。

寺本； だから量子生物学というものに対してどこを attack するかというこ
とについては、各々違った感覚を持っているというふうに僕は感じるだけだ
け。さて今迄の話をふりかえってみると、量子生物学は新しい system につ
いて物性論的にはいろんな実績が上がってきて、例えば生体高分子の溶液内の状
態というものに対してある程度役に立つてきた。しかし生物学的側面は何かとい
う話になると、多分物性の方から見てその辺は極めて推論が多かったと思うん
ですが、物性をやっている場合には普通はもつと厳密な話に聞きなれているん
で、ややこしいやらしい体系という言葉がしょつちゅう出てきたわけですが

そういう推論に対して、物性をやっている人はどういうふうに感じられますか。

物性物理をする人よ、生物へ目を向けよう

福留； それを聞きたい、つまり物性の人は軟かい物性と言われるけれど一体どういう感じで言っているのか、僕は非常に聞きたい。大沢さんは気の遠くなる将来と言われたけれど、僕の感じで言いますと、さつき言つた通りかなり critical な point で割合大事なことで割合やさしく言えることが現在出かかっているのではないか、そこに優秀な物性屋さんが入つて来て本気で仕事をされると必ず実りがあるという意見を持つているんです。

右衛門佐； それは僕も賛成やね。

福留； それが日本でできるか外国で誰かがやつてその後を追従するかどうかという問題になつてくると思うんですがね。日本の今の物性屋さんの力量から言えば充分大きな contribution ができる。実際生体高分子の理論的な扱いというのは現在までにされていることは非常に primitive なことで、だから本当に物理屋さんが生体高分子の問題で biological に意味のあることを関連のある重要な現象というものをよく把握して、これまで鍛えてきた力をふるわれるときつと相当な…。しかし biopolymer というのはこれまで作られてきた物性の方法だけでは扱えない側面、しかもそれがおそらく essential になつていんだらうと考えられる側面が多分にある。そういうところで新しい方法を実験的にもあるいは理論的にも開発するという大きな問題がある。そういうことは相当数の物性屋さんが本気でやられるということによつて、相当情勢が違つてくるのではないかというのが僕の感じなんです。それに対して物性屋さんはどう思つておられるか。

吉森； 生物学をやるという意識でやらんといかんのだというふうに昨年の秋に福留さんがあれは確か基研の研究会の時に言われましたが…。

福留； 生物学というのは割合やさしいですよ。そのつもりになれば1年か2年で大事なことがわかりますね。Kendrew が言つてますね、素人だつたことが彼の場合 biology に関してもあるいは彼がやつている crystallography に関してもかえつて良かつた。先入観にとらわれず、シンドがらずに向う見ずに入つて行けたと…。

寺本・福留・右衛門佐・大沢

右衛門佐； 僕等の立場から言えば、ああいう人が参加したらこの方面はスーッと進むのになあ、と思われるような研究課題がいっぱいある。それなのに今は人数が非常に少くて…。

福留； ただこういうことがあつたと思うんですよ。今までの計算というものが余りもチャチだつたので、それだけ見て魅力ないという判断を下されていたきらいはあつた。生ぐさものは複雑過ぎて容易に軌道に乗らんという1つの見方と…。

大沢； 例えば生物をやっている人からこういう面白い問題があるんだけどどうですかと言われたら、今度はやる気がしなくなるんですよ。やはり自分で読んでもらわなければいかんわけですね。

福留； やつぱり人に教えてもらうんでなくて自分が…。(笑)

吉森； それが大事なんですね。そういうふうに別の角度から問題をつかまえていくということが大事なんでしょうね。生物をやっている人に問題を提出されてながめていたんではやれんだろうと思うんです。

福留； 全然別の角度からながめて、例えば酵素の specificity の qualification をもつと違う物理的な term ですということ、生物屋さんにはやれ言うてもやれないわけですね。完全に物理屋の仕事であつて…。

寺本； その段階の問題というのはいわゆる近代物性論というふうなムードのものとは全然違うだろうと思う。ものすごく生ぐさいとか泥くさいところで非常にチャチなことでもいいから何かつかまえるという仕事になつてしまうので、若い人にそういうことをやらせても物性の中では非常に生きにくい。やつぱり食つていかなければならんということに問題があるんでしょうね。そういう意味で若い人がやりたいと言つてもやらせること自身既に危惧を感じるわけで、そういうこともあるわけです。

福留； 泥くさいというのは今まで何もわからなかつたから泥くさくならざるをえなかつたわけですが、例えば分子遺伝については、わかりだすともものすごい勢いでわかつてきた。しかも非常に smart で smart になり過ぎるくらい smart です。僕の感じではおそらく物性論的な取り扱いというものの smart にしようと思えば非常に smart になるんじゃないか、むしろ smart にスカーツとよいところをつかまえるようになれて初めて…。

これは Tinoco という physical chemist が言っているのですが、今まで biopolymer の量子力学的な扱いをやってきたのは physical chemist かそういう問題に興味を持っている biochemist であつて、自分も含めて本当の意味で physics を推進できるような人達じゃない、と言っているわけです。physicist がやるともつと違ってくるだろう、誰もやってないんだからもつと physicist がやってくれることが進歩の原動力になるだろうと言っているんだが、それは事実なんで本当の意味での physicist が本気でやったという例が少ないわけです。

寺本： 日本では大沢先生は例外ですが、実験の人でそつちへ移る人というのはまだない。（皆賛同）

福留： その面でも言えることは、物理屋が持っている実験技術をもつてしたら、今まで biochemist やらその辺がやって来たチャチなことをはるかに上まわること、今の手持ちの technique でボカボカできると思つていんです。例えば spectroscopical な実験でも今まで biology でやられているのは非常にチャチなものです。そこで本当に物理的な技術を持った人が徹底的に実験をやるということであつてデータの質が変ってくるね。

柏村： 若い人がそういう意味でやろうと思つたらどうすればいいんですかね。若い人というのは大学院の学生くらいの人ですが、まず physics でなければいけないというのは大学院にいる間くらいは physics をやるということ…。

福留： でしょうね。physics の方法で徹底的にやるというのは biology をやる際に非常な強みになりますね。それははつきり言えると思います。ただ physics を勉強してそれから biology をやる適当な場所があるかという問題でしょう。実際はないわけですね。例えば特に実験で若い人がやりたいという場合に、実験できる場所にいなければそれから余程理解のある boss のところにおらない限りできない。やつぱり boss 自身が転向してくれなくても、浮気をさせてくれなければいかん。（笑）例えばこういうことがあつたわけです。水島さんが大分前に蛋白質に興味を持った結果、日本の分子遺伝で physical chemist の中核になつている連中が輩出した、特に分子遺伝の核酸関係の中核になつている physical chemist は殆んど水島研出の人達ですよ。それは boss が浮気をおこした結果である。（爆笑）

寺本・福留・右衛門佐・大沢

大沢・寺本； 実験の boss が必要ですね。

福留； 実験の boss が浮気をおこしてくれるといいんですがね。もちろん理論の boss が浮気をおこされても大変結構ですが。

柏村； 一億総浮気……。 (笑)

寺本； 一億総浮気はいかんけど……。結論としてはどうも……。 (笑) この辺でいいでしょうか。どうもありがとうございました。

記録； 柏 村 昌 平
； 加 藤 又 氏
； 山 田 一 雄

編 集 後 記

この特集号は既に表題でお気づきのように、名古屋大学物理学教室の物性理論研究室（俗称 S 研）やその周囲の研究室の紹介ではなくて、さまざまなテーマについて諸先生から S 研内の浅学な連中が暑い季節にでも理解できるような話し方でお話をしていただいたものを紙上に再録したものです。各原稿は諸先生に一度目を通していただいておりますが、文責は各々の論文末尾に明記してあります。

この興味ある話題三編は読者の皆様にとつても一涼となることと思います。

これらの方針についての編集部の意向を快諾されて何等の報酬もなしに我々に話をして下さった 伏見康治，右衛門佐重雄，大沢文夫，寺本 英，志水正男，福留秀雄の諸先生に紙上にて衷心より感謝の意を表わさせていただきます。

(S 研)