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ど…。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 という新らしい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つた疑問は既に Szent-Györgyi あたりから出されているわけですが，逆にquantum biology といつた新しいapproach にはその望みはあるかといつ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，或はそれをと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つ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つたことによつて，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るかどうかがまず第一に疑問になりますね。というのはbiological activityは非常にむつ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つてきてmolecular orbitalの取扱いに相当な制限を受けるので、非常にうまい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つておられますか。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つ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、酵素のもつ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つ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

きく出はじめている。結局こういうbiopolymerの機能がいかにして発生するかという問題はfundamental bislogy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つています。

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ようが、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。ただやつ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うかがいたいのですが。

右衛門佐・福留； 何も明らかになつてはいないでしよう。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な段階でしよう。

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るのですが、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や核酸がもつ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つ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ようか。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つていないのですが今後重要な問題として残るでしよう。

吉森； そういう事がやられていてしかも未だ何も分つ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つた問題は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 といつたものに限られていた訳ですね。そうではなくつて

実際の不規則な構造をもつた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よう。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なことだけですね。

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よう。

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よう。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 するといつ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やないか、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 といつた分野では、生体の重要な機能に関係のあるbiomolecule の物性論をやつ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をある段階で…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や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つているのは，一つのmoleculeが既に1つの1次元的結晶になつていてしかもそれを構成しているbasesがirregularなsequenceをもつている訳で、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を荒つぽ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と深い関連をもつ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つていない。その荒つぽ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つ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をしよ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 なものですけれどそれは 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うような process が記述できる理論がないかぎり本当の意味ん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 になつている 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いなかつた 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かとか……実際水の effect は立体構造をきめる上に非常に decisive な役割をもつ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や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ゆうことがね。

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うのですね。高分子と水との interaction と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れども—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； 中野さんどうですかね。例えば生体高分子がcharge やdipole moment をもつ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 を作つているという風なことですか。

寺本； ええそういうことでしようね。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つぽい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う変化が生じるか、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やんと多体問題的に計算できるformalism にはなつていないわけです。単にpartition function をmodel で出しただけで分子間力をちやんと計算しようと思つても使えない…。

中野； Partition function をちやんとやらにやあかんとおつしやるのですか。

福留； ちやんとなつてないわけで…。

中野； いやpartition function をちや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よう。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、どちらに片寄つているか知らんがその中間の何かが要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よう。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つ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つ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てみますと、それをformalism にのせようとすると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ね。

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う…。

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ようが、それすらもdiffusion を考慮した形では分つていない訳ですよね。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りや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

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を作つ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よう。

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やんと見つけ出して、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、そこ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よ。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が可能になつているとすれば、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2stage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つていないので、やはりそれ自身をはつきりさせる問題が残つ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。理論的にいつても一ケ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や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の計算をやらなけりやいけない。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

conformation や charge の fluctuation というのがptotein の機能にとつて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つ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。いやらしいんだけれども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つの分子だけれど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つ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な分子を捕えて特定な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つてしまつ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、相互作用とその中でおこる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れども、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；　案外いやら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つては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のじやないか。

特異性を説明するということはどういうことか

寺本；　ちよ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つ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ない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いうようなわかり方…。

福留；　そうじやないでしよう。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よう。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，そういう力の場で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ようね。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

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つている…。

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つ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 とかがおこるという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 が当然要ると思う。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う…。

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このところでおこる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つている。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1Åか 0.5Å、狂つても駄目ですね、ところがアミノ酸がずつとつながつているのでこれを追つていつても1Å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、僕はそうじやないと思う。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 でピシツと合つ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ければいけない。

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よう。

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）

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つ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れ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うことが言えればよいわけでしよう。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…。そう言つちやいかんかな…。（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つかしい。

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つているのか、もつと荒つぽいこでも本当のことが言えるような法則性を持つ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、信仰から考えば、相当荒つぽいことでも本質がつかめるんでは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ツチリみんな同じであると考える。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loqse 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 をとつておればそこ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・ゴーシユ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ら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 の時ぶ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 が非常に増すというようになる。histidine をなかだちにしてsubstrate との間で電子のやりとりが

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ようかね。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ン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discribe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；　結局はそうでしようが、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うまくつかまえられるかどうか、つまりどの段階でうまく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なフン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ヤルならばポテンシヤルにどのような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ヤ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、そうなつ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.の有効性をめぐつて

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ようが…。

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つたらよいか？（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ようが…。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個が持つ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でしようか。

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、それの何を出せばよいのか、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よ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、まだなつ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み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よいのか…。

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；　結局電子論でしようけれども、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ないというようなものではなくて、たとえquantum に計算しても

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よう。

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；それはそう思つていますがね、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 に対する信頼はもつている。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とがあのような成分になるか、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つたからと言つて、特異性はわかつ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つ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れども、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れど、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；　それはどうでしようか。（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、やつ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はしませんか。

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つているわけです。

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

いうことははつきりしない。僕は大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 することになるなると思う。

福留；　やつぱり出て来ているんではないんですか。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physical 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つたように何もわかつていない。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つてない。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experimental な step は絶体必要ですね。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ということがわからない…。

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；　そうでしよう。例えば分子間力を測るというのは、量子生物学typical な問題だろうと僕は思つていますよ。

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、各々違つた感覚を持つているというふうに僕は感じるんだけれど。さて今迄の話をふりかえつてみると、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つてきて、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つたと思うんですが、物性をやつ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、ややこしいいやらしい体系という言葉がしよつちゆう出てきたわけですが

そういう推論に対して、物性をやつ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つているのか、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つ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も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 になつているんだろ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…。

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ツと進むのになあ、と思われるような研究課題がいつぱいある。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ヤチだつたので、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；　例えば生物をやつ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ね。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ようね。生物やつ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 でするということは、生物屋さんに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いうか泥くさいところで非常にチヤ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ようね。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 になるんじやないか、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が言つているのですが、今までbiopolymerの量子力学的な扱いをやつてきたのはphysical chemistかそういう問題に興味を持つている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やない、と言つているわけです。physicistがやるともつと違つてくるだろう、誰もやつてないんだからもつとphysicistがやつてくれることが進歩の原動力になるだろうと言つているんだが、それは事実なんで本当の意味でのphysicistが本気でやつ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、物理屋が持つている実験技術をもつてしたら、今までbiochemistやらその辺がやつて来たチヤチなことをはるかに上まわることを今の手持ちのtechniqueでボカボカできると思つているんです。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ヤチなものです。そこで本当に物理的な技術を持つた人が徹底的に実験をやるということでうんとデータの質が変つてくるね。

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；　でしようね。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よう。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つた結果、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ね。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つた　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）