



講演会の情景



本席教授をかこむ質問者たち  
講演後の茶話会において

# 動く遺伝子

## ——免疫現象の分子遺伝学的基础——

1982年12月4日(土)午後2時~4時

第28回定例仁科記念講演会

早稲田大学理工学部57号館202番教室において

大阪大学医学部教授 本 庶 佑

### 物理学と生物学

ただいまご紹介にあずかりました本庶で  
ございます。先ほど久保先生のご紹介にも  
ありましたけれども、また、皆さん、ご存  
知の方も多くと存じますが、仁科先生は日

本の物理学の父とも申し上げたらいい方だと思います。このような仁科先生の  
記念講演会で話してできますことは私にとって非常な光栄でございます。私  
は、高等学校から大学に入る頃は、まあある程度自然科学全般に興味を持って  
おりまして、そういう方向に進みたいと思っておりました。ところが、どうも  
物理学というものは、もうすっかり解っているという感じがしまして、解って  
いることは、もうあんまり興味が湧かなかったのです。その点生物学というの  
は、きわめて神秘的な色彩を帯びておりまして、たとえば、先ほどの映画「免  
疫を探る」を御覧になりますと、生物学というのは物理学と比べて神秘的だ  
という感じをますますお持ちいただけたかと思いますが、私自身もそういうふう  
な感じを持っております。それで、まあ、なんとなく生物学のほうに興味を  
そそられました。もっとも、物理学というのは私にとって難しすぎたというこ  
ともございましたけれども。ところが最近になって見ますと、物理学というの  
はそれほど確固としたものではなくて、まだまだ非常に底が深く、また、そ  
の中でも、高等学校で私どもが習いました、いわゆるニュートン力学とは違  
いまして、この世界というのは非常に不確定な要因でできているということが、  
しだいに私自身にもわかってまいりました。こういう不確定な要素というの  
は、また、これ、サイエンスというものとある意味では矛盾しているような気

がしたわけです。科学というのは一般的に非常に明快なはっきりした結論というものを好みますし、何となく訳がわからないことに非科学的であるという言葉を使っているわけですから、物理学で、ある時間で指定しても、物事を必ずしもきちっと固定できないということは、私にとって非常な驚きであったわけです。生物学というのは、もちろん、先ほどから申し上げているようにきわめて神秘的、不確定なものでありまして、細胞といえども一つとしてじっとしていない。そういうことから不確定なことは生物学にとっては当然のことです。何か訳のわからんものは、まあ、生物学に特有であるかのような印象を多くの方が持っておられる。特に物理の方から見ますと、われわれは訳のわからんことをやっている、まあ、生物学者とはそういう人種だというふうに思われるかもしれません。

## 遺伝と遺伝子

生物学の中では、今日お話し申し上げます遺伝学はもっともはっきりとしたものであると言われております。生物学の中で唯一たよりになるものは遺伝学である、遺伝

子というのは嘘を言わないということが少なくとも私が大学に入った頃はかなり常識として定着していたように思います。遺伝学というのは、ご承知のようにメンデルから始まったようですが、メンデルの分離の法則で孫の代に形質が3:1で生じるとかいうことは皆さんよくご承知のことと思いますけれども、メンデルの最大の功績は遺伝子というものが確固とした機能的な単位であるということをはっきりさせたことであります。それ以前は遺伝ということは何となく漠然と感じられていたことで、親から子へ何らかの形質が伝わるということは古くから知られていたことでありますが、その当時の考え方と申しますのは、たとえば色の白い人と黒い人が結婚してできた子供が浅黒い子であると、これは親の二つの形質が子供の中で交じり合って、ちょうど、コーヒーにミルクを入れるとカフェ・オ・レという色ができる、そういうふうな考え方です。しかし、メンデルは、「いや、そうではない。一見、中間のような形質、あるいは場合によっては一方の形質が抹殺されてしまうような子供ができるけれども遺伝子としてはちゃんと独立した機能単位として子供の中にも存在しておる。それが孫の代になって独立して表に形質を顕すのであり、これは親から子といった短い期間だけではなくずっと子々孫々伝わっていくのである。」とい

うことを初めてはっきりと証明したわけでありませぬ。これ以来、遺伝子というものは生物学を支える根底として多くの研究者がいろいろな角度から研究して、たしかに遺伝子というものは間違いなくはっきりとした情報を持ちわれわれの生命体としての機能、形態を規定するものであるという証拠が得られてきたわけでありませぬ。ところが、今日、私がお話し申し上げたい最大の点は、確固としたものであると考えられてきた遺伝子が実はよく調べて見ると、非常に不確定で、非常にダイナミックな変異と選択との波間に漂うきわめて不確定な物体にすぎないということでありませぬ。物理学にかぎらず、生物学におきましてはほんとうに常に変わらない不変の物体というものはありません、常に動的な平衡の中にあるということが認識されるようになってきたということをお話し申し上げたいのです。

### 免疫学の問題点

免疫学の問題点は、先ほどの映画の中にも出てまいりましたように、一言で申しますと、その多様性ということにあります。

多様性、英語で diversity と申しておりますが、これは様々な異物に対してわれわれが防御することができる、という点から多様性が必要とされるわけでありませぬ。ネズミとかヒトなどの高等動物におきましては防御すべき対象、すなわち異物は優に百万種類を超えるというふうに言われております。したがって、私たちは、やはり百万種類を超えるだけの防御システムを備える必要があるわけでありませぬ。もし、それがなければ私たちは感染その他の外界からの侵入に対して自分を守ることができず、長い地球上の生物間の生き残りの闘争のなかで決して今日まで生き延びることができなかつたわけでありませぬ。ではどのようにして、そのような百万種類を超えるような膨大な数の多様性を私たちが発現することができるのか、また、それだけの多様な情報を私たちの遺伝子がどのようにして刻みこんでいくのかということが大きな問題であります。免疫の多様性について語るためには簡単に免疫のシステムについてお話し申し上げなければいけません、あまり詳しいお話でもかえってじゃまになるだけかもしれませんので、きわめて簡単に申し上げます。

先ほどの映画にありました T 細胞というものと B 細胞という二つのリンパ球でわれわれの防御システムはできておりますが、T リンパ球については映画

の中で詳しく紹介されましたように、いわゆる細胞自身が直接敵を攻撃するという防御システムであります。ところがB細胞の場合は、今度は細胞が抗体という物質を作りましてその抗体が異物と反応して私たちの体を守る、こういう仕組みになっております。ですから、B細胞による免疫系の場合には抗体の多様性、抗体分子の多様性という形で私たちの防御システムの多様性が実現されるわけであります。抗体の多様性にはこれまた二通りの面があります。第一の面はいま申し上げましたように非常にたくさんの種類の抗原と結合し得るといふ役割でありまして、これは抗体分子の内のV領域という部分で担われております。あとでまたスライドをお見せしますが、抗体分子というのは一般にY字型の構造をしております。二方向に開いた側がアミノ末端で直線の側がカルボキシル末端であります。アミノ末端部分がV領域と呼ばれ、抗原との結合に関与します。残りの部分はC領域と呼ばれ、8ないし9種類あります(図1)。C領域はいろいろな生理活性の異なる役割を抗体に与えるものであり

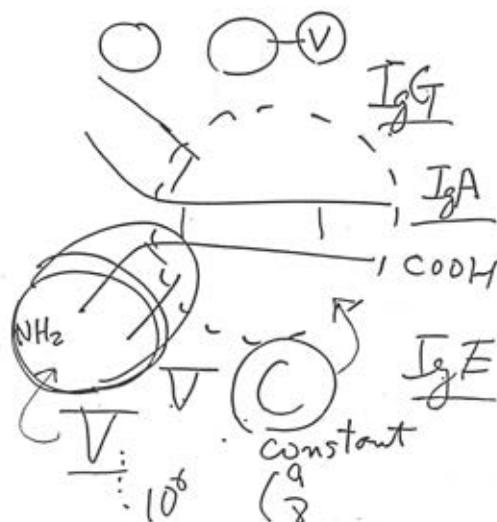


図1 抗体分子の構造

ます。これは、たとえば、アレルギーというのをよくご存知だと思いますが、この場合はIgEという抗体がアレルギーに関与しております。それからいろんな細菌をつかまえてこれをマクロ・ファージにとって食べやすくするためにIgGといったものが役割をしております。それから粘膜や唾液腺とかそうい

うものから分泌される抗体、これは IgA といった名前では呼ばれております。抗体の多様性といえますのは V 領域の種類が  $10^6$  を超えるような数だけあるということ、一つの V 領域を取り出してもこのような様々な C 領域と結合することによって違う生理機能を持った抗体を作るという、こういう二つの面があるわけでありまして。また、これを生物体という面でながめて見ますと、一つは、一個一個の個体の中のリンパ球ごとの違い、リンパ球間の多様性という面があります。これは、先ほどの映画にでてきました一個一個のリンパ球が実は必ず一種類の抗原との結合能力を持った抗体しか作らない。一つのリンパ球は一つ。ですから、私たちの体の中で、個々のリンパ球がそれぞれに違う抗体を作るようになっているのであります。それからもう一つの面は、今度は個体間の面があります。個体間と申しますのは、AさんとBさんでは作り得る抗体の種類が必ずしも同じではありません。一般に人に共通した抗体のいわゆる repetoir というものがありますけれども、それを少しはずれますと、人によってはジフテリア毒素に非常によく反応し得る人、またある人はジフテリア毒素に反応しない人とかいろいろな型がありますし、作り出す抗体の構造も微細な部分ではまた違ってあります。こういうふうないろいろな面から、抗体といったものは私たちの生体の中でもきわめて多様性に富んでいるシステムであるということが出来ます。

### 抗体遺伝子は 一つながりでは ない

このような抗体に関して、遺伝子の面から最近研究が進んでまいりました。遺伝子操作と言われる方法によりまして、抗体の遺伝子を単離することが可能になりました。図2は抗体の遺伝子を電子顕微鏡写真

で見たものであります。いろいろなループが見えるところに実は抗体の遺伝子の塩基配列が組み込まれてあります。遺伝子そのものは、どこを見ましても2本のリボンがよりあわさった糸状のDNAの構造でありますから、ここに遺伝子があるということを見やすくするために少しトリックを使っております。この点線で示した mRNA をこういうふう押し込むような形でここにループを形成しております。すなわち、リボンが3本ありますが、リボンは2本しかペアを作れません。mRNA というものは遺伝子の転写産物でありまして、同じ部分から DNA を鋳型としてでてくるものでありますから、ここで mRNA

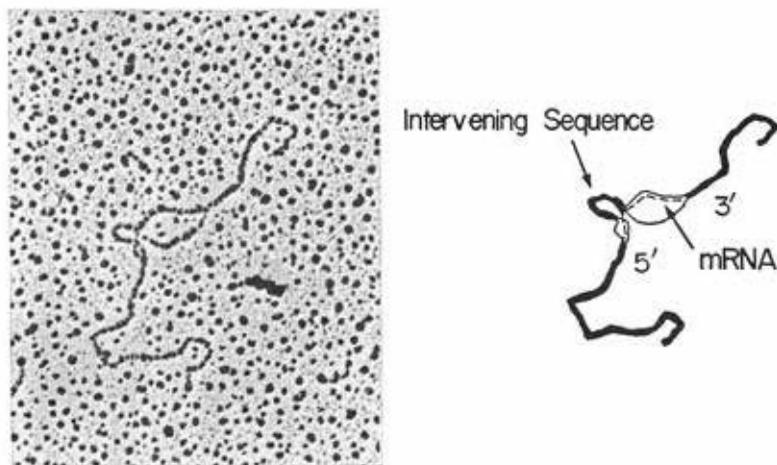


図2 抗体遺伝子の電子顕微鏡写真

とDNAのリボンをよりあわせることができます。そうしますと、3本目のDNAの1本は村八分になりましてこういうふうなループを作るわけでありませう。逆にこのループの位置からここに遺伝子が存在するということが分かります。このループは、しかしながら、抗体の遺伝子について、一つながりのものではなくこういうふうにいるところなどで分断されているということがわかってまいりました。このことは、高等動物の遺伝子に今日では共通のことでありますが、抗体の遺伝子で特にきわだった特徴を持つことが明らかにされました。さらにこの遺伝子の塩基配列を決定してこういうふうにながめて見ますとこれが一層はっきりします(図3)。上にアルファベットのある部分はアミノ酸に翻訳され蛋白質の構造を規定している部分であります、この間に無関係なところがたくさん入り込んでおります。このようなことから遺伝子一つながりではなく、分断されて不連続の形で存在しているということが明白となりました。抗体の遺伝子について言いますと、可変部すなわちV領域、C領域、こういうふうなdomainという名前でお呼びしておりますのは蛋白質の立体構造を形成する一つの単位であります、その単位が遺伝子の上ではこういうふうに分断された断片として組み込まれておるといことが、遺伝子を直接、単離して、その構造を解析するという研究から今日はっきりしてきたわけでありませう(図4)。

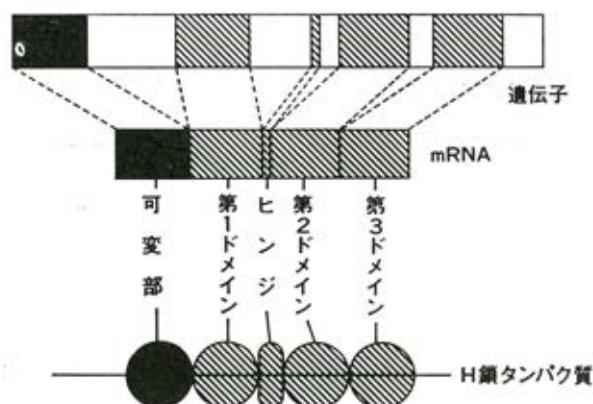
```

0   TCGGGACATGGGAGGGTGC20AAAGTAGCGGCTTCTAG40AAGTTGGACCTGTCTCTG60CTCCGACAGTGTAA80TCATATACTTTTCTGTAGA
100  K T T P P S V V P E A P G S A A Q T N S M V T L G C L V K G Y F P
    CAAAACGACACCCCATCTGTCTATCCACTGGCCCTGGATCTGCTGCCCCAAACTAACTCCATGGTGACCTGGGATGCTGGTCAAGGGCATTTCCCT
200  E P V T V T M N S G S L S S G V H T F P A V L O S D I Y T L S S S
    GAGCCAGTGACAGTGACCTGGAACTCTGGATCCCTGTCCAGCGGTGCACACCTTCCAGCTGCTCCGAGCTGACCTCTACACTCTGAGCAGCTCAG
300  S T - - A P
    V T V P S S P R P S E T V T C N V A N P A S S T K V D K K I G
400  ATATAGGAGGAGGGGTTCACTAGAGTGAGGCTCAAGCCATTAGCTGCCTAAACCAACCAGGCTGGACAGCCAAACCAACAGGAATGGATCTCAGCC
500  CAGAAGTCAAAGTTGTTCTTCTCCCTCTGGAGATTCTATGTCTTTACAACCTCAATGGSTAAATATCTGGGTTGGATCCCAACACATCTTGACAA
600  ACAGAGACAAATTTGAGTATCACCGCCAAAGTCATACCCMAAACAGCCTGGCATGACACACACAGACTCAAACCTACCCCTACCTTTATCTGGTG
    V P R D C G C K P C I C T G
700  GCTTCTCATCTCCAGACCCCGATACACATAGCTTCTCTCCACAGTGCCCAAGGATGTGGTGTAAAGCTTGCAATGTACAGGTAAGTCAGTGGCCT
    V P E V S S
800  TCACCTGACCCAGATGCAMCAGTGGCAATGTTGGAGGGTGGCCAGGATTGACCTATTTCCACCTTCTCTTCACTCTAGTCCCAAGGATATCATCT
    T L V
    V P I F P P K K K D V L E T I T L T P K V T C V V V D I S K D D P E
900  GTCTTCACTCTCCCCCAAAGCCCAAGGATGTGCTCACCATTACTCTGACTCTAAGGTCACGTGTGTTGGTGGTAGACTCAGCAAGGATATCCCGAGG
    N V A
    V Q P S W P V D D V E V N T A Q T O P R E E Q P N S T F R S V S E L
1000  TCCAGTTCAGCTGGTTGTAGATGATGTGGAGGTGCACACAGCTCAGACGCAACCCGAGGAGGAGCAGTTCAACAGCACTTCCGCTCAGTCACTGAACT
    P I M N Q D M L N G K E F K C R V N S A A P P A P I E K T I S K T
1100  TCCCATCATGCACCAGGACTGGCTCAATGGCAAGGATTCAAATGCAGGGTCAACAGTGCAGCTTTCCTGCCCCATCGAGAAAACCATCTCCAAAACC
    K G
1200  AAAGGTGAGAGCTGCAGTGTGTGACATAGAAGCTGCAATAGTCAGTCCATAGACAGAGCTTGGCATAACAGACCCCTGCCCTGTTGTCGACCTCTGTGCT
    K R
    G R P K A P Q V Y T I P P P K E Q M A K D K V S L
1300  GACCAATCTCTTACCACCCACAGGACAGCCGAGGCTCCACAGGTGTACACCATTCACCTCCCAAGGAGCAGATGGCCAAAGTAAAGTCAGTCTGA
    S D A P
    T C M I T D F P P E D I T V E N Q W N G O P A E N Y K N T O P I M N
1400  CCTGCATGATAACAGACTTCTCCCTGAAGACATTACTGTGGAGTGGCAGTGGAAATGGGACCCAGCGAGACTACAGAACAACCTCAGCCCATCATGAA
    D
    T N G S Y F V Y S K L N V O K S N W E A G N T P T C S V L H E G L
1500  CACGAATGGCTTACTCTGCTACAGCAGCTCAATGTGCAGAGACCACTGGGAGGAGGAAATACTTTCACCTGCTCTGTGTACATGAGGGCCTG
    -
    H N N H T E K S L S H S P G K term
1600  CACAACCCACTACTGAGAAGGCTCTCCACTCTCTGTAATGATCCAGTGTCTTGGAGCCTCTGGTCTACAGGACTCTGCACCTACTCTCC
    poly A
1700  ACCCTCCCTGTATAAATAAGCACCAGCACTGCTTGGACCTGCAATAACGCTCTGGTATTCTGAGATGAGAGCTAGCTAGGTCATGGAATG
1800  AGGGTCTCCATGGTTGAGCCC

```

図3 抗体遺伝子の塩基配列

## 抗体 H 鎖 遺 伝 子



免疫グロブリン IgG H鎖タンパク質は可変部1つと定常部3つのドメインおよび短いヒンジ部とからなっている。抗体H鎖遺伝子はそれぞれのドメインごとに分断された構造になっており、mRNAの成熟過程でつなぎあわせ(スプライシング)が起こる。

図4 抗体H鎖遺伝子

### 抗体の遺伝子は 分化の過程で 再構成される

さて、これから申し上げることの要旨は、こういうふうな遺伝子がリンパ球の分化の過程に非常にダイナミックに遺伝子の再構成を行いながら、そうして最終的に、先ほど申し上げました抗体の多様性の発現に重大な役割をしているということが抗体遺伝子を単離しその構造をリンパ球の遺伝子と未分化の、たとえば、精子の遺伝子と比較することによって判明したということです。

免疫学の問題というのは、先ほど申し上げましたように、いかにしてこのような巨大な多様性を発現し得るかということに尽きます。この事に関しましては免疫学者は何十年にわたって長い長い論争を繰り返してきました。一番単純な考え方は、「敵は幾万ありとて」という歌がありますが、それと同じように、いかに敵がたくさんあっても遺伝子がそれと同じだけ数があればよいという考え方でありまして、これは百万種類あるならばそれに必要なだけ私たちはやはり遺伝子を持っているのである、という非常に単純明快な考え方でありま

す。それから、もう一方の極には、遺伝子の数はきわめて少ない、1個か2個かもしれない、しかしながら体細胞のレベルで遺伝子に突然変異がたくさん入り、そうして個々のリンパ球の間で遺伝子の構成が、形が変わり、その結果として私たちは個体全体としては歴大な数の多様性を発現し得るのである、という考え方があります。この二つの考え方は免疫学の中で両極端の考えでして、長く論争を続けてきたわけでありましたが、いずれも決定的な根拠を得るには至らなかったわけでありまして、と申しますのは、遺伝子を直接扱うことができず間接的な方法論をもって遺伝子の構成、数、その形についての直接的な証拠を得ることは不可能であったからであります。こういう問題について、ほぼ多くの方が同意する形で決着が得られるに至りましたのは、過去5年くらいの研究の結果であります。その期間に、いまスライドでお示しましたように、高等動物から私どもが望む特定の遺伝子を単離してその構造を塩基配列、プリン、ピリミジンといったケミカルなレベルで遺伝子を語るできるようになったその結果であります。その結果の概略は、非常に単純な原理であります。いま、私たちが10個の遺伝子を持っていたとしますと、これだけでは10通りの多様性しか発現することができません。しかし、同じ10個の遺伝子を3つの部分に分断して、このあとで任意の組み合わせを行いますと単純な算数で1000通りの多様性を発現することができます。この方法を使えば、私たちの遺伝情報すなわちDNAの中の占める抗体遺伝子の割合は非常に少なくても、最終的に発現される遺伝情報の量はきわめて歴大な数になる(図5)。これが私たち高等生物が長い進化の過程で獲得した巧妙な仕組みであります。抗体の遺伝子はL鎖とH鎖とそれぞれV領域を持っております。抗体の構造(図1)の2本のうち長い方がH鎖で、短い方がL鎖であります。両方にV領域があります。それぞれ、L鎖では二つの断片、VとJというふうに呼んでおります。H鎖では三つの断片からできておまして、これらの間の組み合わせをもって歴大な多様性を発現するということが知られております。この間の組み合わせはほぼ任意(ランダム)に起こるということが知られております。しかし、それだけではなく、このような組み合わせのほかに最終的に出来上がった遺伝子のなかに非常に高頻度で突然変異(これは一般には塩基を置き換えるという形)が起こりまして、その結果としてこの遺伝子が支配する蛋白質のアミノ酸配列が変わってくるわけでありまして、こういう仕組みも抗体遺伝子では非常

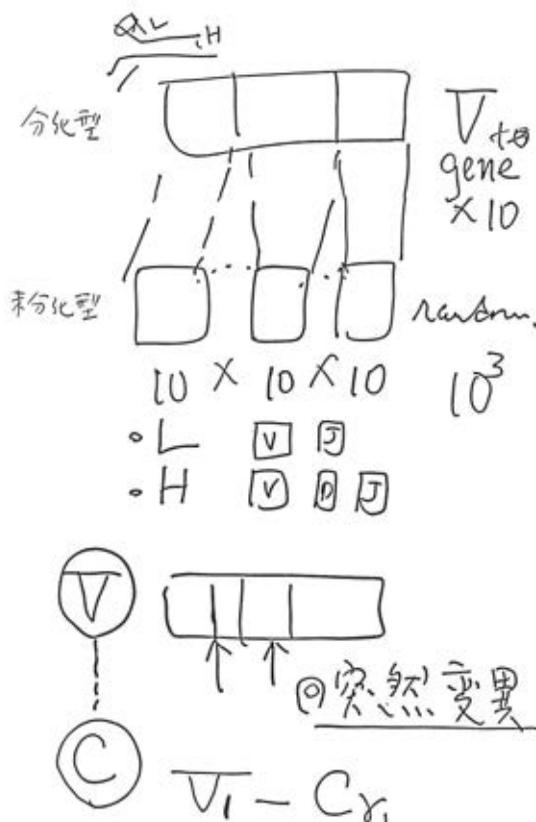
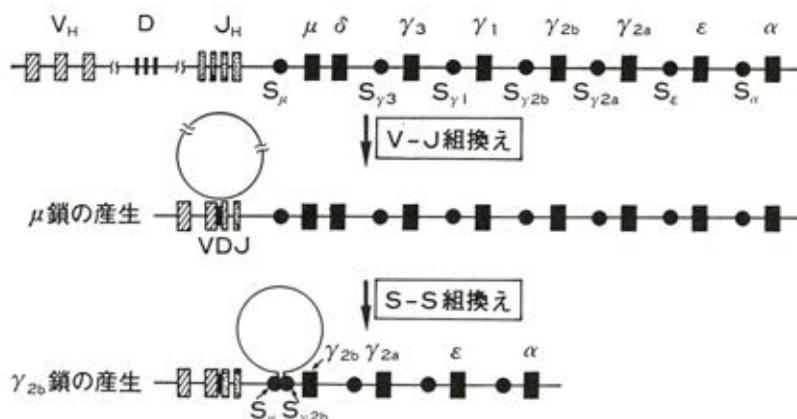


図 5 V 領域の多様性増大の仕組み

に強く働いていまして、他の遺伝子に比べて非常に高頻度に突然変異が起こるということが知られております。ですから非常に長く論争して、お互いに相手は間違っているというおりました二つの理論、すなわち、遺伝子の数が非常にたくさんあるという考えと、それから遺伝子の数が非常に少ないという考えとがまあ、ある意味では両方とも間違っていたわけでありまして、喧嘩両成敗というかたちでおさまったわけであります。先ほど申し上げた多様性のもう一つの側面として、V 領域と C 領域はいろいろな組み合わせでつながり、その結果たとえば抗インフルエンザの抗体としましても IgM であり、IgG であり、IgE であるというふういろいろな形が生じます。この多様性を決めるものはやはり遺伝子の再構成という形で発現されるのであります (図 6)。リンパ



- (1) 免疫グロブリン遺伝子の発現にはDNAの欠失による構造変換が必要である。
- (2) DNAの欠失は2回起こる。
  - (a) 可変部遺伝子と定常部遺伝子の結合
  - (b) 定常部遺伝子のクラス変換
- (3) クラス変換における欠失はS領域を介して起こる。

図6 抗体H鎖遺伝子の2段階再構成

球のV領域は、いま申しあげましたように、H鎖の場合は三つの断片から成っておりまして、これが一つながりになります。で、これをV、JあるいはV、D、J組み換えという名前で呼んでおりますが、こうした結果、完成されたV遺伝子はある特定の抗原と反応する遺伝情報を完成したことになります。ところが、このV領域はここにありますようにいろいろな種類のC領域の遺伝子とそれぞれペアで作られて、初めて完成されたH鎖が出来上がります。このためにはS領域の間で再構成し中間部分を欠失する必要があります。この図ではこの $S_\mu$ 領域とこの $S_{\gamma_{2b}}$ 領域がつながって中間部分をループ状の形で欠失する形で、完成されたV領域が新しいC領域の近傍にたぐり寄せられます。こういうふうな遺伝子の組み換えの力によりまして、もう一つの組み合わせ、すなわち、VとCとの様々な組み合わせも起こるわけでありまして、すなわち、特定のV(たとえば $V_1$ )というものが $C_\gamma$ と連結したり、 $C_\epsilon$ と連結したり、 $C_\alpha$ と連結したりということが起こるわけでありまして。しかし、大切な点は、リンパ球の分化の過程における遺伝子の再構成は遺伝子断片の非常にダイナミックでランダムな組み合わせで起こり、中間部分のいらなところは欠失してどんど

んなくなってしまうということです。このような基本的原理に基づいた遺伝子の組み換えが、抗体の多様性の発現に非常に大きな力を及ぼしているということが明らかになったのです。

このようなことは、一体、それでは何を意味するのか、どういうふうな意義があるのか、ということを考えてみたいと思います。まず、一番重要な点は、リンパ球が分化していく過程で起こる遺伝子の組み換えはランダムであるということであり、ランダムであるということは私どもが前もってできる V 領域を必ずしも知らないということでもあります。これは、あるマキシマムな可能性はすべて遺伝情報に蓄えられておりますが、しかしどれがどの程度の頻度で発現されるかということは偶然の結果であります。そのあとは選択して私たちが必要とする抗体を作るようなリンパ球を選んでいかなければならない。ということは、私たちの身体の中では厖大な無駄があるということでもあります。遺伝情報というものももし無駄をなくして完全に必要なだけの遺伝情報という形で私たちの中にあるとしたら、それは生命体としては非常に弱いものである。なぜかと申しますと、私たち人間がこの地球上に生まれたときの外界、そのときの異物というものと今日われわれが遭遇している異物というものと比べて見ますと、これは非常に違っているということは何なたにも明らかであります。ところが、われわれ人間は不思議なことに、いわゆる石油化学産物、有機化学の合成によって作られた化学物質を、抗原として認識することも可能であります。それに対する抗体を作ることができます。これは、決して、神様が太古の昔に、人間がこのようにつまらんものを作るから、それに対して防御システムをいれておこうと、それほど予見の力があつたとは思えないわけであります。これは、おそらく今日の非常にランダムな組み合わせの力によってできる抗体分子の中の偶然の産物から、ニトロフェノールとかナフタレン、そういうふうな有機化合物にさえ結合し得るような抗体分子を作る、そういうものになっていると考えられます。ですから、無駄というのは生命体にとってはきわめて重要なものでありまして、無駄を保持しているということが長い生命の生存のたまたかいの中では非常に重要なことであると考えられます。

### ランダムである ことの効用

## しかし禍もある

いま申し上げましたことから、抗体の遺伝子というのは未来に備えているということが言えるわけであります。今日、私たちが作っている抗体分子の中には、直接いま

役立つもののほかに役立たないものを歴大な無駄として将来に対する備えをしている。ギリシャ神話に、プロメシウスに関する話しができます。プロメシウスは非常に賢い神様で未来を見通すことができたのでありますが、人類に火を与えたためにゼウスから手ひどい罰を与えられたということが書かれております。抗体遺伝子系はプロメシウスの未来に対する予言能力を持っているため、やはり手痛い罰を受けているわけであります。どういう罰かといえますと、ランダムにできる抗体の中には当然のことながら敵に対する抗体と同時に自己をも攻撃するような抗体分子ができてまいります。これが、いわゆる自己免疫疾患というものの原因であろうと考えられております。自己の組織さえも攻撃してくるような抗体が、偶然の組み合わせからは当然生まれてくるわけであります。しかし、通常の場合はそういうふうな抗体の産生は抑制されております。それは一旦できたあと、これを何らかの方法で排除する、あるいは抑制するシステムをわれわれ生物が備えているからであります。しかし、そういうシステムがうまく働かない場合には非常に重篤な自己免疫疾患、筋無力症とか、リウマチ、エリテマトーデスなどの難病疾患を引き起こすわけであります。

こういうふうな抗体の遺伝子の任意の組み合わせで最大限の可能性を引き出したあと、必要なものを選び出し不必要なものを排除するという選択システムが生命体の基本的な原理であります。生命体が考えたのではなくて試行錯誤の中から学んだ重要な原理であると考えられます。このことは、生命現象の中におけるおそらく最大の謎として残されている神経系の問題、やはり免疫系に劣らない歴大な多様性をかかえた神経系の問題に対しても一つの暗示を与えるものではないかと考えられます。神経系統というのは神経細胞が歴大なネットワークの中で、初めて可能になる。もちろん神経系というものも遺伝的な支配を受けておりますから、端的に言えば賢い人とそうではない人とは遺伝的に決まっているかどうかという問題を考えますと、必ずしも一定の法則でもって決まっているわけではありませんが、明らかに相関関係はあります。ですから神経細胞の数を決めるとか、ある大ざっぱな枠組を決めることには遺伝的支

配があることは間違いない。しかしながら同じ遺伝情報を持ちながら、たとえば、一卵性双生児の場合のように明らかに異なる結果を生み出すことが知られております。すなわち、環境との間の相互作用によって最終的な神経系を完成することは事実であります。このことはどういうふうに考えられるかと言いますと、私たちの免疫系と同じように、神経系は最大限可能な限界を決めておる、たとえば、生まれて間もないときは神経系のネットワークは可能な限りのあらゆる連結をしておると考えることができます。そして、環境との相互作用によってよく使われる神経回路はだんだんその回路を太くしてゆき、そうしてそれが固定されてゆく。使われない回路はしだいに退化していつか機能を持たなくなると考えますと免疫系統と同じように最大限、たとえばコンピューターで申しますと何万ビットとか何キロ、何メガビットとかそういう最大限の許容量は遺伝的に支配されますが、しかし肝心なのはどのようなプログラムを環境との相互作用の中でわれわれが頭の中に刻みこんだかという点にある、そういうふうなアナロジーもできるのではないかと考えております。このようなモデルで——神経系を支配する遺伝子を単離し、その遺伝子を変えることによって発現の変化を見ていくということ——おそらく今後十数年の間に神経系の遺伝子の理解というものは急速に進むのではないかと考えられます。

### 進化の問題でも

さて、いままでお話ししてきましたことは、主として私たち個体の中における遺伝子の再構成、それから分化の道筋ということについてであります。一番最初に申し上げましたように、もう一つの多様性として個体間の多様性というものがあります。もちろんこれも、遺伝的な支配を受けておりますけれども、十人十色と申しますように私たちお互いに顔かたちが違っておりますが、これはやはり遺伝的なことであることが明らかになっております。遺伝子が体細胞のレベル、すなわち、一人の人の一生の間で、先ほど申しましたように非常にダイナミックな動きをするということは予想外のことであります。しかし、生物の歴史の中の長い進化の過程で、遺伝子が形を変えてきたであろうことは多くの人が予想してきたわけでありまして、もし、遺伝子が不変不動のものであったとするならば、今日のような私たち生物が存在しないことになります。つまり、一番最初に発現した生物が持っていた遺伝情報とまったく同じ物を生命体が子孫に伝え

ていたならば、進化というものがなかったわけでありませう。進化が起こってきたのは遺伝子が長い間にわずかずつではあるが変化してきたからであると考えられています。事実、そのような証拠は多くの遺伝子の違いによって証明されてきております。しかし、ごく最近まではその変異はきわめてわずかずつの積み重ねであり、1個か2個のあるいは数個くらいの塩基の置換、置き換えといった形の突然変異と、適者生存という自然淘汰とのバランスによって進んできたのであるというふうには考えられておりました。ところが、やはり遺伝子の単離とその構造を解析しいろいろな比較をすることから、進化の過程においても遺伝子は非常にダイナミックに動くということが知られております。たとえば、先ほど申し上げましたように、抗体のいくつかの遺伝子というのは蛋白質に発現される部位が分断された断片として存在するということが明らかになりました。これを構造配列、あるいはエクソン、石油会社の名前のようなのですが、こちらをイントロン、これを介在配列というふうな名前と呼んでおります。この部分はまったく無意味であります。こういうふうな遺伝子、二つの種類の抗体遺伝子を調べてみますと、この部分は非常によく似ている。ところがこの間は非常に違うというふうな現象が見つかります。おそらく隣同士、このようにつながっておりますが、この隣同士でこういうふうな部分をごく最近に交換したのではないということ推測させる事実が非常にたくさん知られております。こういうふうに遺伝子の中での個々の塩基の置換というふうな細かい変異、ちょうど家にたとえて見ますならば、畳1枚入れ替えるといったような形で少しずつ変わっていく、あるいは、タイル1枚替えていく、そういうふうな変異もたしかにあります。しかし、それだけではなくて、たとえば部屋ごと取り替える、二階ごと入れ替えてしまう、そういうふうな非常に大規模な遺伝子の変異というものが進化の過程で起こっているということが、多くの遺伝子系について今日ではいろいろな証拠の積み重ねで知られております。もちろん、このような部品の交換は一つの種の間での出来事が主であります。場合によっては他の種との間でこういうことが起こった可能性も十分考えられます。たとえば、微生物というものは細胞の中に遺伝子を取り込みさえすれば、それをある程度自分の中に組み込んでしまう、そういう性質があります。今日では人の培養細胞におきまして、よそからDNAをその細胞に食わせてやると、ある確率でそのDNAを組み込んでしまう。そして、それが子孫に伝わっていく

ということが知られております。長い生物の歴史の中ではそういうふうなことが実際に起こったとしても不思議ではないと思います。このような非常にダイナミックな遺伝子の動きということの結果として、地球上に非常に多くの種の分化ということを経験してきたわけでありまして、それと同時にまた、一つの種の中におきましても、先ほど申しました十人十色といった非常に歴大な多様性を包含しております。私とあなたの遺伝子は必ず違うということはだれに対しても言えるわけでありまして、これは、これまで生物学者が予想してきた限度をはるかに凌駕するものであります。遺伝子を単離してその構造を調べることから個体間の遺伝子の差というものをもっともっと広い広がりを持ったものであるということが明らかになります。このことはまた、一体どういう意味を持つのかということをお少く考えて見たいと思います。

### 個の尊重の意義を 生物学的に考える

個体の尊重ということは非常に多くの倫理学者、あるいは社会学者が述べることであります。私たちは個性を尊重しお互いを人間として尊重しなければならないという

ことをいろいろな人から言われますが、その生物学的な意味ということを考えてみる機会はおわりに少ないように思われます。実は生物、人間の間で、個体が、個が尊重されなければならない理由はこの遺伝子の多様性にあると考えてもいいかと思えます。あなたの遺伝子と私の遺伝子が違うということは、あなたの遺伝子よりも私の遺伝子がすぐれているということではありません。今日のある特定の環境下ではある遺伝子の組み合わせが他よりも有利に働くことはあると思えます。また、その時々々の価値観によりましてある特定の形質が他よりも尊重されることがあると思えます。一般的に言ってみれば、今日ではまあ美人のほうがいいというのが通りでありますから、そうでない人は多少悩む場合がある。しかしながら、よく考えて見ますと、美人の判断基準というものは歴史的に大きく変わっておりまして、奈良朝時代では今日、おかめといわれている方がはるかに美人とされていたということが、多くの歴史学者によって指摘されております。同様なことは、他の形質についてもおそらく当てはまると思えます。将来、あんまり頭が良くない方が生き延びる力が強いということが考えられる。今日、私たちが種の中にこれだけの多様性を包含して、いろいろな形の遺伝子系、多形性と申しますが、これを包含しているということは、実は先



## C. S. Wu 女史の講演



仁科記念財団は今年コロンビア大学名誉教授 C. S. Wu 女史を招いて、東京、大阪、京都で講演会を開催しました。Wu 女史は、パリティ保存というそれまでは物理学者はみな信じきっていたことが、実は成り立たない場合があることを、みごとな実験で証明して、物理学を新たな方向に爆発的に発展させるきっかけをつくった学者です。

講演は、印象的な写真スライドを豊富に用いた導入の後、講演者自身が問題に挑むにいたった経緯と、実験遂行にあたって出会ったさまざまな難問を首尾よく解決していった体験が話されました。26年前の体験があたかも数週間まえのこのように生き生きと語られ、聴衆に深い感銘を与えました。

(講演会の日時、演題、その他については、34ページ参照。なお、Wu 女史の略歴については、仁科記念財団から第一回の海外派遣研究者として女史のところに留学した森田正人氏が書いた文章を講演会のビラに印刷しました。それを次に転載します。)

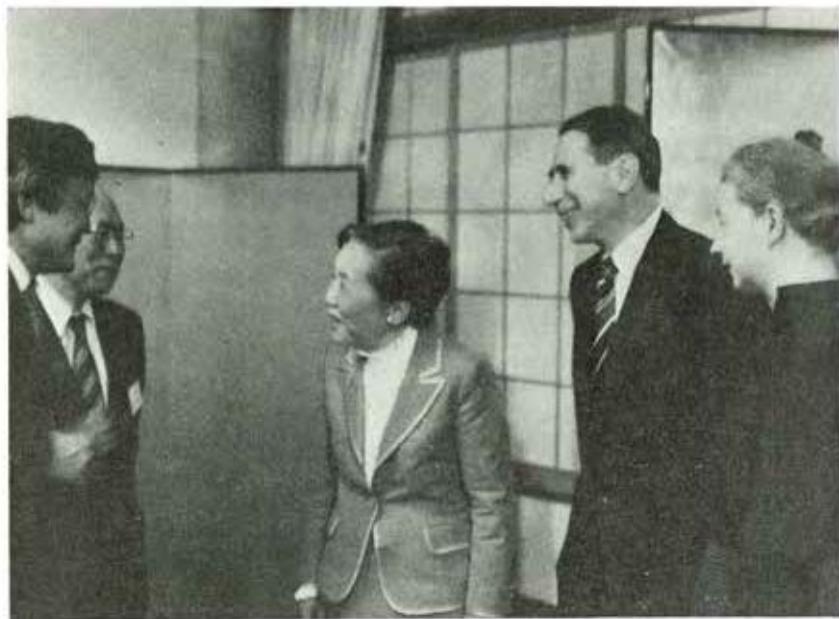
**C. S. Wu 博士略歴** C. S. Wu (呉健雄) 女史は1912年上海に生れ、中国中央大学を卒業後、カリフォルニア大学で1940年 Ph. D.、爾来ベータ崩壊の実験的研究に専心した。その後、ニューヨーク市コロンビア大学において教職につき、1956年 T. D. Lee

(李政道)博士と C. N. Yang (楊振寧)博士の理論的提案に基づき、低温の専門家たちの協力を得て、極低温下で偏極したコバルト 60 より放出されるベータ線の角分布を測定し、その非対称性より、弱い相互作用におけるパリティ非保存を、はじめて実験的に示した。この発見は、従来物理学上不動のものとして受け入れられていた各種の対称性に対し、重大な反論を提出するものとして、全世界の学界に衝撃を与えた。Wu 女史には、この功績に対し、第 1 回 Wolf 物理学賞をはじめ、数多くの賞が与えられている。

Wu 博士は、ミューオン原子の X 線を測定し、変型核の励起状態の核半径が、その基底状態のそれよりも小さくなっている場合を 1968 年発見している。また各種のエキゾチック・アトムにおける分光学的研究より、素粒子の相互作用、原子核の形状、病理学上への応用にいたる幅広い研究分野において、常に先駆的業績をあげ、かつ数多くの研究者を養成している。

Wu 博士は、アメリカ科学アカデミーの数少ない女性会員の一人である。また 1975—6 年にはアメリカ物理学会会長をつとめた。コロンビア大学では Wu 博士を顕彰するため、ビュービン特別教授職を創設してこれに任じた。コロンビア大学を 1980 年退職したが、名誉教授として大学にオフィスを持ち、研究、講演等を行っている。

Wu 女史の夫君 Luke Yuan (袁)博士は高名な高エネルギー学者であり、子息 Vincent Yuan 博士は核力におけるパリティ非保存を、ロス・アラモス研究所において研究中である。



1983.3.31 講演後椿山荘におけるレセプションにて  
左から森永晴彦、有馬朗人、Wu 女史、Kalvius 夫妻

## 談話室

1939年夏、朝永振一郎博士は、日独交換留学生としてライブチヒにあり、湯川秀樹博士はソルヴェー会議に招かれたため渡欧してベルリンにあった。突如としてナチスドイツがポーランドに侵入し、風雲急となったため、在独の日本人は引き上げることになった。以下にかかげるのは、その引上げのあわただし体験を綴った朝永博士の仁科博士あての手紙であり、駒込の仁科記念室にのこされている興味ぶかい資料の一つである。(なるべく原文の形をのこしたが、かなづかいは現代かなづかいに改めた。)

### ドイツからの引上げ船上の手紙

朝永博士から仁科博士へ

昭和14年9月13日発信

靖国丸船上

しばらく御無沙汰致しましたがその後お変りないことと存じます。先日電報をうちましたから、大体のことは御承知と思いますが、今度は思いがけぬ事態で急に引き上げのこととなりました。もっとも私はすでに2年たっているのですから、もう心のこりはないわけですが、それでもあまりやぶから棒のことで何だかまだに妙な気もちがしております。湯川君などはせっかく出てこられた矢さきで大変お気の毒なことです。先月25日の夜に総領事館から突然電報を受取りました。それによれば時局がせっぽくしているから、在留日本人引上げのため、靖国丸をハンブルクに待機させてある、至急同船むけ出発されたしとのことです。なにぶんドイツでは新聞は非常に統制をうけているので、事態がこんなとは我々は夢にも思わずドイツ人も戦争などは百パーセントおこらないと言っているのですから、私もこの電報一本で出発する気にもなれず、とにかく電文ではよくわからないからとベルリンの方へ電話で問い合せて見ましたところ、船は27日未明に出発する、ベルリンにいる連中で大体そこに職務のない連中はもう出発したということでした。そこでその時ベルリンにいた湯川君はどうしているかと思い、同君に電話をかけましたら、宿の人の話に、もうハンブルクへ出たということでありました。その宿には日本人が十人位いたは

ずでしたが、全部もう引上げたという話です。それで私もあまりのんきにしておられず26日の朝早くからおきて、大急ぎで荷作りをはじめました。そのときにまた領事館から電報で少しも早く船に來いということで、ひるごろどうやら無茶苦茶に荷物をつめこんで、これをもって駅に行つてあずけ、私はベルリンにまずよつて銀行の方をかたづけに正金へ行きましたら、船は出帆をまた早めて明朝でなく今夜にしたということです。そこでまたいそいでハンブルクへ行きました。さいわい荷物はもう駅についておりましたが、当時赤帽がちょうどはつされたらしく、大きな駅にたった2~3人より赤帽がおらず、手荷物引渡し所の役人たちもたった4~5人でやつていて、一向らちがあかず、人々は引渡し所の前にたかつていて順番をまていては出帆に間に合ひそうもないので無理に自分で荷物おき場の中に入れてもらつて、役人に少しお金をやつて、とくべつにはこび出してもらいました。船についたのは出帆の15分位前でした。船はまずノルウェイのベルゲンに行き、ここで様子を見ておりました。事態がこれでおさまればまたハンブルクにかえる、そうでなければパナマをへて日本へ向かうということでもあります。ベルゲンに約一週間おりましたがそのあいだにとうとう英仏が宣戦しましたので船はハンブルクにもどらぬことになりました。しかし船はパナマに行く前にニューヨークによりますのでアメリカに上陸できるかと思つておりましたがヴィザをとる間がなかつたので、これもどうかわかりません。しかし今は全く危険区域をぬけましたからあとは船に身をまかせてかえる次第です。この船は多分10月の中ごろ日本につくことになるでしょう。アメリカに上陸出来ればまたいくぶんおくれるかもしれませんが、いずれにせよ間もなくお目にかかれることとたのしみにしている次第でございます。

右ちょっとおしらせまで

9月13日

仁科芳雄様

朝永振一郎

## ヘヴェシー・仁科 書簡集

### “G. HEVESY-Y. NISHINA, Correspondence 1928~1949” について

仁科記念財団は、このほど Publication No.17 としてヘヴェシー教授 (1885~1966) と仁科博士の往復書簡集を出版した。これは仁科博士がコペンハーゲンから持ち帰った手記や帰国後数年間外国の友人から来た手紙をいれた抽出しがあかなくなつたまま残っていたのが、理化学研究所の埼玉県和光市移転後に、資料室の整備の際に発見された。この書簡集は、その資料の束と駒込の「仁科記念室」にある資料のなかに見出されたヘヴェシー教授の手書きの書簡および仁科博士の手紙の下書きをもとにしてまとめたものである。

仁科博士が足かけ6年のコペンハーゲン留学中におこなつた研究のうち、オスカー・クラインとともに導出したクライン・仁科の公式は有名であるが、それは留学の最後の年の仕事であつて、初期にはX線分光学の実験にたずさわっていた。コペンハーゲンでは1922年にヘヴェシーがコスターと共同してハフニウムを発見している。そのころ、フランスの化学者で72番元素が希土類の鉱石から得られたと主張した人があり、ボーアは原子構造理論によって希土類元素は71番までと予言していたので、化学的性質が異なるジルコニウムの鉱石から72番元素ハフニウムが分離されたことをたいへん喜んだ。その後まもなくコペンハーゲンに赴いた仁科博士は、まずコスターとともに希土類の前後まで含む原子番号の諸元素のX線スペクトルの研究でボーアの理論の一層詳しい裏づけに貢献し、コスターがオランダに帰ったあとでは、X線を使う実験の主任として、ヘヴェシーのジルコニウム鉱石のなかのハフニウムの定量分析に寄与した。共著論文こそないが彼の実験的才能はヘヴェシーに深く信頼され、彼が3年間デンマークのラルフ・エルステッド財団の奨学金を得たのも、ヘヴェシーがボーアにすすめたためと推察される。

彼の帰国のとき、ヘヴェシーはすでに南独フライブルクの大学に赴任していて、会うことができなかつた。そのことを残念がった1928年11月28日付の手紙から、戦後に仁科博士が健在であることをアメリカで聞き知つてよこした

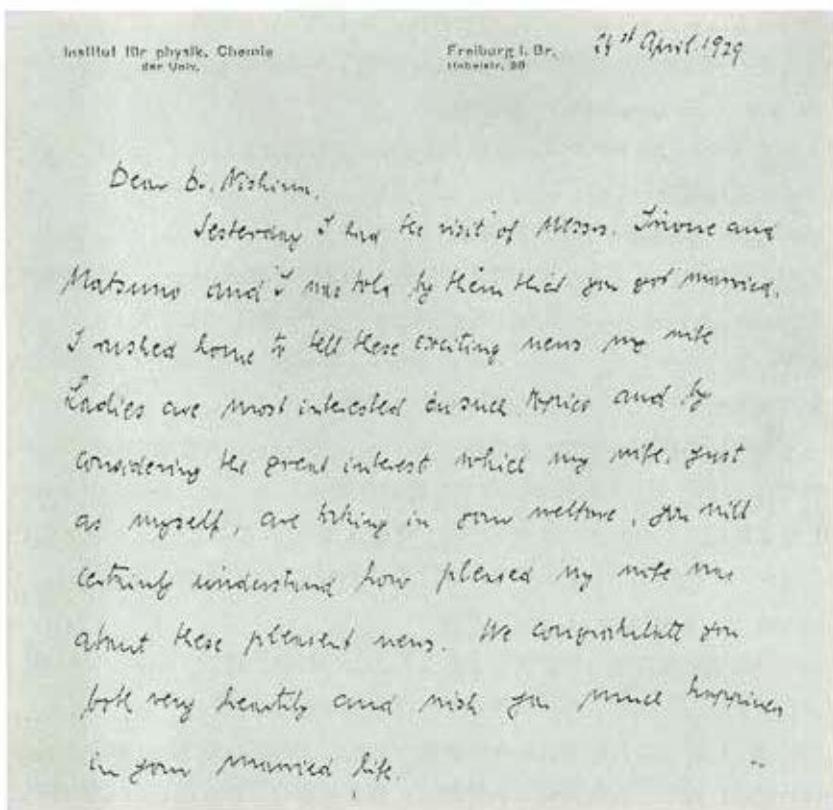
葉書まで、時には途ざれながら 20 年あまりにわたって文通が続いたのである。

ヘヴェシー教授からの手紙はいつも、特徴の甚だしい手書きであった。仁科博士も最初のころは手書きであるが、念入りに添削した下書きが残っている。ただ 1928 年に帰国の際に出した手紙をはじめ、いくつかについては下書きも発見されていない。

今回出版した書簡集は、原文だけを載せてあるので、ここですこしばかり解説と注を書くことにする。

Hevesy Freiburg 18 Nov. 1928

帰国の際に会えなくて遺憾という趣旨のほかに、ヘヴェシー教授自身、Frankfurt 大学からの招きを受け、Freiburg に留まるか、その選択に熟慮を



ヘヴェシー教授の手紙 (1929年4月24日付の一部)

重ねている、ということが書かれている。

Hevesy Freiburg 24 April 1929

「来訪した井上、松野両氏からあなたが結婚したというニュースを聞いて、妻に伝えるため家へとんで帰った」という、祝福の手紙。人生の先輩としての助言が述べてある。

Frankfurt 大学への転任問題については熟慮の末、辞退したこと、Otto Stern が代わって招かれたことが述べてある。1930/31 年度に訪米するつもり、帰途日本にも行きたいが、しかし「あなたがそれよりも早くヨーロッパへ来られるよう希望する」と書いてある。また、母堂に会いに Tirol の Meran に行っていたとき、ポーア教授からかつてコペンハーゲンで共同研究をした人々の会合への招きの電報を受けたが、Meran を離れることができず、出席できなかったことも書いてある。(この会合は、毎年復活祭の休みに催されることになったポーア教授をかこむ conference の第 1 回にあたるものである。)

Hevesy 15 Aug. 1929 (絵葉書)

ケープタウンで催された Bunsen Association の会合に出席した際に、ウィクトリア滝を見物して書いた便り。

Hevesy 25 Nov. 1929 (絵葉書)

木村・高嶺・仁科 3 人の寄せ書きの葉書へのお礼が書かれたこの絵葉書には、Welsbach 城が写っており、この城の主アウアーがその夏逝去したことを悼んでいる。アウアー・フォン・ヴェルスバッハ (1858—1929) は、自分の城に化学実験室を持っていた希土類の化学の権威で、ヘヴェシー・仁科のハフニウムや希土類の研究の有力な協力者であった。ジルコニウム鉱石中のハフニウムの定量の研究では、かれが提供した純度の高い 71 番元素 (今ではフランスの化学者が唱えたルテチウムという名で呼ばれているが、ヘヴェシー・仁科は、アウアーが唱えたカシオペイウムの名で呼んでいた) が用いられた。

Hevesy Freiburg 9 Jan. 1930

訪米の帰途日本に寄って講演をするようにとの招聘に対して感謝している。訪日の時期として翌年 2 月末から 3 月半ばまでを希望している。

前年 12 月 16 日の仁科博士からの手紙 (これは下書きも見当たらない) のなかに、雑用に忙しくて研究に専心できない嘆きが述べてあるらしく、それに対するなだめの言葉が書かれている。

Hevesy Freiburg 24 May 1931

訪日の楽しかった思い出を書いている。夫人の時計が盗まれた事件でいろいろ手をつくしてくれたことに感謝している。石橋博士とウィーンの Bunsen Association の大会で会ったこと、ブラッセルの大使館気付で長岡博士を招聘する手紙を書いていると述べている。

Hevesy Freiburg 27 July 1931

2月7日および10月7日付の手紙（これらの手紙の下書きも見つかっていない）に対する返事。高嶺教授からも長岡教授からも便りが無いが、長岡博士はベルリンにいると聞いた；ガイガーの手紙を同封するが、それは返してくれなくてよい、など。

夫人と子供はデンマークの Hornbaek に出かけたこと、石橋博士や Fässler の研究のことが書いてある。石橋博士が Ti/Ba の混合物に陰極線をあてて X 線スペクトルで混合比を測る広汎な実験をおこなって、Ti の濃度が小さいとき、照射時間が長いとき、Ti/Ba の比が大きくなることを示したこと。

大学の子算が削減され、助手の給料が減らされて、不愉快な思いをしていると書いている。訪日のとき鎌倉で撮った写真を同封する；9月には Bunsen Association の会合や Faraday の百年記念の会に出席のためロンドンに行くことなどを述べている。この手紙には7月31日付の追伸で、Voss から来た手紙を同封する旨が記されている。（書簡集の表紙うらの目次で“(Post Card)”となっているのは誤りにつき訂正する。）

Nishina Tokyo 24 Feb. 1933

別刷送付に感謝し、ヘヴェシー教授の Sm の放射能の発見にお祝いを書いている。原子核の人工変換の研究に進みたいと、金属ホウ素や金属ベリリウムの入手について助言を求めている。（そのころ仁科博士の研究室では霧箱を用いる宇宙線の研究をおこなっていたが、前年の中性子発見に刺激されて、原子核の研究を始めた。）

Hevesy Freiburg 26 March 1933

ヘヴェシー教授が日本の原子核研究への親切な援助を約した手紙である。必要とするベリリウムの量を知らせてくれたら、ただちにカールバウム社に発注して送らせるようにしましょう、というのである。

この手紙には、サマリウムの放射能その他研究上の事柄のほか、ドイツが

ファッション国家になったことについてふれている。

ポーア教授の消息については、夫人にきたポーア夫人からの手紙に、ポーア教授はこの夏シカゴを訪れることを考慮中であるが、いつ出発するかはまだ決まっていないと書いてあったと伝えている。また、ポーア教授がヤコブセンの邸に移ったこと、そこには5人の庭師が働き、家屋はスマートで大きなパーティーができるようになってきているなどと、コペンハーゲンから来た若者 Bjensen の話を伝えている。

Nishina Tokyo 5 May 1933

ベリリウムについて、ヘヴェシー教授の親切に感謝している。また、プレートかシートの形のものを欲しいこと、Rudolstadt の“Phönix”に発注したことを告げている。

この手紙には、計数管で制御する霧箱で宇宙線粒子の飛跡を撮る方法を1年ほど試みていたが、英国のブラケットが同じ着想で先に成功したことが書いてある。元素の人工変換の実験についても、進みはおそいが、努力すると述べている。

ドイツのファシズムについては、多くの物理学者が反ユダヤ運動で苦しめられることを心配している。日本も反動化の時代だが、まだ政治にわずらわされずに科学研究ができる。しかし、通貨の価値がさがって、外国から装置を買うことがほとんど不可能になり、自国で作ろうとすると時間がかかると嘆いている。

この手紙でも、ポーア夫妻の訪日について熱望が語られている。

Hevesy Freiburg 4 June 1933

カールバウム社にベリリウム 2g を発注したと告げ、また、ジューメンスの指導的冶金学者に会ったら、カールバウム社はたぶんジューメンスから買った材料からベリリウムを精製している、フッ化ベリリウムとフッ化バリウムの混合融解物を電解する方法をとっているから、いくらかバリウムが含まれているだろうと語ったと伝えている。

ヨーロッパの原子核物理の研究のいろいろな話題を述べたあとで、ヘヴェシー教授は、ドイツでは通貨の下落はないが、給料はひどく減った、たとえば自分の俸給は半分以下になったと述べている。最近ドイツでは日本人に会わなくなったが、通貨のせいもあるのだろうとも書いている。ポーア夫妻の消息に

関しては、4月末にニューヨーク着、シカゴに向かった、カリフォルニアを訪れるかどうかは知らないが、8月に自分がコペンハーゲンに行くとき、そこで会えるだろうと述べ、また、久しぶりにデンマークへ戻れることを楽しみにしていると書いている。

Nishina Tokyo 18 July 1933

カールバウム社にヘヴェシー教授が発注してくれたベリリウム 2g が着いたこととそのお礼、また、サマリウムの放射能に関する論文と Bunsen Association における講演を興味ぶかく読んだことを述べている。

宇宙線粒子に関する研究については、まもなくよい写真が撮れると思うが、日本の夏は暑くて、ゼラチンやグリースがとけて厄介だと嘆いている。陰陽電子の対の生成に関する理論的研究に興味をもち、助手とともに計算を始めていることにもふれている。

ヘヴェシー教授からの「日本では生活費があがって苦しいのではないか」との質問に対して、いまのところ、さほどではないが、この状態が永く続くかどうかかわからない。輸入品の値段はあがったが、国産品で生活するかぎり困らない、と答えている。ただし、実験装置などを外国から買うことは困難になり、不便を感じていることが、ここでも繰り返され述べてある。

Hevesy Hornbaek 4 Aug. 1933

ポーア教授と Gilleleje で会ったとき、あなたのうわさをした、ポーア教授はあなたに手紙を書くひまがなくて遺憾であった、来年はぜひ日本に行きたいと思っていると語ったと、ポーア教授の近況を伝えている。子供たちが美しい海辺で楽しんでいることを述べ、自分は月末にハンガリーに親戚を訪れるつもりと書いている。

ベリリウムが無事届いてよかった、これからもヨーロッパから手に入れたい物質があったら、何なりと遠慮せずに言ってよこしなさい、という親切な約束も述べられている。

仁科博士が骨身を惜しまずに北海道にも出張して量子物理学の講義をする活動性をヘヴェシー教授が聖パウロの伝道になぞらえてたたえているのは、この手紙である。ヘヴェシー教授はまた“陰極線効果”の正体をさぐるために、Sr に混ぜて対陰極におかれた放射性 Pb の  $\alpha$  線と  $\gamma$  線の同時測定を利用する実験について述べている。（“陰極線効果”とは、かつてコペンハーゲンで仁科

博士がジルコニウム鉱石中のハフニウムの定量分析をX線分光学的におこなったときに気づいた、陰極線をあてる時間の長短が結果に影響する現象である。ヘヴェシーの今度の研究では、 $PbL_{\gamma_1}/SrK_{\alpha_1}$ の強度比を対象とし、その変化の原因を探るものであった。)

その後、ヘヴェシー教授は、いろいろな元素の放射性核種が得られるようになったことに着目して、生物学的研究へのトレーサーの利用に進み、仁科博士は加速器の研究に力をそそいで1937年には理研の小さいほうのサイクロトロンを建設した。ながい待望のすえに、ポーア教授の招聘も同じ年に実現した。そのころ、コペンハーゲンでポーア教授の留守をあずかっていたヘヴェシー教授にあてて、つぎの手紙が仁科博士から送られた。

Nishina Tokyo 17 Feb. 1937

ノルスク・ヒドロの重水のコペンハーゲンにおける値段を知りたいという書き出しで、日本では重水の値があがった。今までは科学研究用として直接供給を受けたため半値でよかったのが、商社の手を通すことになって値引きがなくなり、サイクロトロンで中性子の実験をするのに困っていると訴えている。そして、もしコペンハーゲンでこちらより安く買えるのだったら、われわれに代わって買ってもらえまいかという相談の手紙である。

ポーア教授は4月15日に到着の予定。待ちわびた後の再会をたのしみにしています、と書かれている。

Hevesy Copenhagen 8 March 1937

重水 1,000g(純度 99%)をノルウェーに発注した。ポーアの研究所へ2,500ノルウェー・クローネに当たる額(ポンドでもドルでも任意のスカンジナビア通貨でもよい)を送ってくれ、送料や保険料は後でよいが、研究所の現金も余裕がないので、上記の金は早く送ってほしい、と書かれている。

娘が生まれて子供が4人になったことを伝え、研究所の生活はいつものとおり楽しいが、日本から来ている人がないのは残念だ、共同研究者はイギリス、オランダ、チェコスロバキアおよびドイツからの人たちだ、と述べている。

Hevesy Copenhagen 14 May 1937

重水は6月21日横浜に着く予定のイギリスの汽船で送った。送料、保険料の112デンマーク・クローネ・7エーレをついでのととき支払ってほしいと述

べてある。

フリッシュ博士とコッホ博士が最近ノルスタ・ヒドロから借りた10%重水60リットルを用いて吸収の実験をおこなった。私はいまほとんど生物学的研究ばかりしており、その仕事にたいへん忙がしい；かつてハフニウムを結晶にした実験室に、いまはネコの肝臓、ネズミの門歯、イヌの血液がある。Tempora mutantur!

あなたは、ポーア教授とポーア夫人にたいへん楽しい経験をさせてくださった。デンマークの新聞は、かれらの日本滞在といかに歓待されているかに関する詳しいニュースを載せています。

Nishina 28 August 1937

時間が得られたら直ぐ返信を書こうと、二通の手紙を気がとがめつつ持ちあるいていました、とわびを述べている。重水は6月20日に無事届いた。サイクロトロンで中性子をつくるのに用い、使用のたびに感謝の念を新たにしています。

ポーア教授と家族を日本に迎え得たことは無上の喜びでした。それは私の学問生活にとって生涯忘れることのできない激励と啓発でした。われわれは、かつてあなたも訪れた日本のいろいろな名所と一緒に旅行しました。かれらは平和な時に来日して幸いでした。今ではもうはげしい戦いがおこっている中国を通過して帰ることは不可能です。このような惨禍を避ける方法を見出し得ないことはまったく不幸です、と書いている。

ついで、ヘヴェシー教授の論文やポーア教授の話から、かれが生物学で先駆的な仕事をしていることを知っていることと述べ、自分のところの研究者も、中性子で起きる生物学的効果を研究していることを告げている。

このあとに、サイクロトロンの様子に関する報告が続く。

われわれのサイクロトロンは2.9MVで3~4 $\mu$ Aを与える。電流を増加させようと試みているがまだ成功していない。ポーア教授からお聞きと思うが、約220トンの電磁石を建設して、うまく働いたら25MVのビームが得られるものをつくろうとしている。カリフォルニア大学のローレンス教授はたいへん親切にわれわれのために磁石の鉄を注文してくれ、われわれは翌年それを完成しようと望んでいます。そのようなサイクロトロンを建設し操縦することは容易ではないことを承知しています。おわりに、もう一度、重水についてお礼の言葉を送ります……。

さて、この手紙とほとんど入れちがいに、その重水のためにポーアの研究所とノルスク・ヒドロのあいだにおこったトラブルの解決を伝えた手紙が書かれた。そのトラブルというのは、ポーアの研究所で実験に使うというので値引きしているものを、ノルスク・ヒドロから見れば得体の知れない日本人に転買するなど、不都合だというのである。ポーア教授が自分の留守中に商習慣に暗い研究者がした過失としてわび、日本の仁科について説明する懇切な手紙を書いたおかげで、ノルスク・ヒドロも諒解して円満な解決が得られた。ヘヴェシーの2通の手紙は、これにふれている。

Hevesy Copenhagen 30 August 1937

同封して最近あなたの重水に関連して研究所とノルスク・ヒドロとのあいだでかわされた書簡の写しを送ります。見られる通り、ノルスク・ヒドロの最後の書簡はたいへん親切な調子のもので、ポーア教授はこのような解決をたいへん喜んでます。私がこの往復書簡をあなたに見せるわけは、ポーア教授がこの事件でとった態度についてしらせたいからにほかなりません。

次の週には、研究所で Conference がおこなわれます。あなたが出席できないことは本当に残念です。……

Hevesy Copenhagen 7 Sept. 1937

このあいだ研究所とノルスク・ヒドロとの往復書簡の写しを送ったが、もう2通追加します。中国でおこなわれている戦争で研究がさまたげられないよう祈る。妻と2人の小さい子供はまだ Tisvilde にいて、美しい秋色を楽しんでいます。妻と私は来月ポローニャにおけるガルヴァニの二百年祭に参加するつもり。……

Nishina Tokyo 3 Oct. 1937

Hevesy 教授の8月30日付と9月7日の手紙および研究所とノルスク・ヒドロとの往復書簡の写しの同封に対するお礼で始まり、「重水問題でポーア教授、あなたおよび研究所全体に迷惑をかけて申訳ない」とわびている。そしてポーア教授があのように graceful な仕方で解決に導いたことに深く感謝している。サイクロトロンについては 3MV で 15  $\mu$ A 出ていると報告している。

つぎの手紙は、ドイツ軍占領下で検閲を受け、封筒にはシベリア経由に変更の指定がなされている。ヘヴェシー教授は訪日するつもりで入国の手続につい

て問い合わせ、それに対して仁科博士は関係方面に問い合わせた結果を電報でしらせた。そのときのものであり、ただ一つ、ドイツ語の手紙である。

Hevesy Tisvildeleje 24 July 1940

電報拝受、お骨折りに深く感謝します。あなたと木村、飯盛そのほかわれわれの共通の友人たち皆と東京で再会できたら、大きなよろこびです。前の訪日のおりに受けた親切を思い出しています。こんどの旅行は可能かどうかわかりませんが、いずれにせよ9月より前ではなく、またこんどは妻を連れてはいかれません。計画がきまり次第おしらせします。ボーア教授はあなたからの来信をよろこび、すぐ手紙を書くと言っています。かれはいま核分裂に関する論文を執筆中です。私はカリウムとナトリウムの新陳代謝の実験について書いています。サイクロトロンは動いているが、放射能の強いプレパラートをつくることには成功していません。ことにカリウムの強いプレパラートが必要なのです。ナトリウムはやさしいが生物学上の興味はすくない。あなたの新しいサイクロトロンはきっと強力だろうと思います。日本におけるあなたの装置や業績を見ることができたら嬉しい、……。

(このように、理研のサイクロトロンに大きな期待をかけたものだったが、ヘヴェシー教授のこの訪日の計画は実現しなかった。)

Hevesy Copenhagen 6 July 1948

これは絵葉書である。

われわれは過去9年間しばしばあなたと木村と日本にいる友人みながどうしているかと案じていました。わたしは先月アメリカに3週間滞在したおりに会った Dr. Brues からあなたが健在と聞いて喜びました。ボーア教授夫妻の楽しい団らんに加わるためにコペンハーゲンに来て、いまは妻と末娘とは Skagen にいます。2人の上の娘はイギリスに、息子は兵役でスウェーデンの北部にいます。われわれはおもにストックホルムにいるが、仕事はボーアの研究所でしております。研究所はいまは大きくなりつつあります。東京での楽しかった日日、それよりなお、あなたがコペンハーゲンにいた楽しかった年々は遠い過去の思い出となりました。しかしコペンハーゲンは大して変わっていません、前ほど豊かで整頓されてはいないけれど。わたしも妻も、みなが再会できる日を待ちのぞんでいます、……。

Nishina Tokyo 26 August 1949

一年ほど前にきれいな絵葉書を受けとり、なつかしいあなたの手書きの手紙を読んで、どんなに喜んだことか。いそいでお知らせするが、わたしは9月14～16日に開かれる ICSU の総会に出席のためコペンハーゲンに行くことになりました。BOAC 機で9月8日に東京発、ロンドン経由で9月13日にコペンハーゲンに着きます。コペンハーゲンから帰路につくのは、たぶん9月22日ですが、もしバリーで開かれる UNESCO の会合に出席することになると、もっと早く出発しなくてはならないでしょう。わたしの旅行費用は UNESCO に払ってもらおうとしたがだめで、東京における GHQ が費用をもってくれました。再会できたら嬉しい。日本ではすべてのことがまったく変わってしまいました。あなたは第二次大戦の前の日本を見てよいことをしたといえましょう。

Hevesy Stockholm 15 Sept. 1949

あなたももう一度コペンハーゲンの研究所となじみ深い街々を動き回るであろうことを聞くことは何と大きな喜びでしょう。私は8月にボーアの研究所にいましたが、10月にまたそこへ行きます。今月はストックホルムで重要な仕事があるので離れることはできません。わたしはあなたがこの美しい都市を訪れ、シーグバーンの特色ある研究所を参観することを切望します。あなたの手紙を受けとってから、わたしはただちにシーグバーン教授に連絡して、あなたを研究所で講演するよう招いてはどうかと提案しました。かれはこの提案にたいへん喜びました。ぜひかれと打ちあわせてほしい。いつ来るか、しらせてください。空港か駅かに迎えに行きます。

不安の数年、わたしは妻としばしばあなたや日本の友人たちの安否について話しました。東京であなたに会ったシカゴの Dr. Brues からあなたが元気だと聞いてホッとしました。まもなく元気な姿をまのあたりに見られることを妻とともに待ち望んでいます……。

(ヘヴェシー教授のこの切望は、しかし結局かなえられなかった。仁科博士の旅が戦後の占領下の情勢で制約されたあわただしいものだったからである。)

以上で、ヘヴェシー・仁科書簡集の概略の説明をおえることにする。つたない説明で申し訳ないが、原文を読んでみようという心をおこさせるよすがともなれば幸いである。(玉木英彦 記)

## 仁科記念財団の活動

—昭和 57 年度—

### 1. 仁科記念賞

本年度は下記 2 件 2 氏の研究に対して贈呈した。

受賞者 筑波大学物理工学系助教授 安藤恒也

研究題目 MOS 反転層における二次元電子系の理論的研究

#### 推薦理由

電算機の記憶および論理素子として重要な役割を担う MOS (金属-酸化物-半導体) 反転層の二次元電子系は、量子化、多体効果、多重散乱など物性物理の基礎にかかわる諸現象を制御可能な条件の下に実現できる好舞台である。ここ約十年にわたるその研究の顕著な発展の中で、安藤氏はその理論的側面を実質的に担ってきた第一人者である。

特に I) 二次元サブバンド構造と光吸収における多体効果の予測、II) サイクロトロン共鳴における量子振動効果の予言、III) 強磁場下電流磁気効果における二次元特有の効果の定量的研究は、いずれも明快精緻な理論として高い評価を得たばかりでなく、内外の実験的研究に指針を与え、かつそれにより実証された。

なお III) の一連の研究は、von Klitzing らによる量子ホール効果発見への一つの素地になったと考えられるが、その正確な位置づけは、量子ホール効果自体の理論的解明をまっぴらにするべきであろう。

受賞者 日立製作所中央研究所主任研究員 外村 彰

研究題目 電子線ホログラフィー法の開発とその応用

#### 推薦理由

外村氏は十数年にわたる努力の結果、電子線ホログラフィーという新技術の開発に成功した。電子線ホログラフィーは電子波によって作られたホログラムをレーザー光によって再構成するもので、これにより外村氏は高分解能をもつ電界放射型電子顕微鏡を完成した。電子線ホログラフィーによれば電子線の位相を見ることができるので例えば磁性薄膜の磁束分布の微視的定量的観測が可能になり、将来磁気デバイスの開発研究に大きな寄与を示すことが期待される。外村氏は最近この方法により Aharonov-Bohm 効果の実証にも成功している。

### 2. 仁科記念講演会

本年度は次の記念講演会を開催した。

#### a. 地方講演会

日時 昭和 57 年 5 月 15 日 (土) 午後 2 時～4 時 (開場 1 時半)

場所 名古屋大学工学部 4 号館講会議室

講演 「極低温の世界」 東京大学物性研究所所長 中嶋 貞雄

## b. 第 28 回定例講演会

日時 昭和 57 年 12 月 4 日 (土) 午後 2 時～4 時 (開場 1 時半)

場所 早稲田大学理工学部 57 号館 202 番教室

映画 「免疫を探る」

講演 「動く遺伝子—免疫現象の分子遺伝学的基礎」

大阪大学医学部教授 本 庶 佑

c. コロンビア大学名誉教授ウー (呉健雄) 女史を招いての特別講演会  
(東京大学理学部と共同主催)

日時 昭和 58 年 3 月 31 日 (木) 午後 3 時～4 時半 (開場 2 時半)

場所 東京大学理学部 4 号館 1220 号室

講演 The Discovery of the Parity Violation in Weak Interaction and its  
Recent Developments

C. S. Wu 教授

なお、ウー教授には、下記のとおり関西で講演をしていただいた。

4 月 4 日 (月) 大阪大学理学部 (大阪大学理学部共同主催)

4 月 5 日 (火) 京都大学基礎物理学研究所 (京都大学基礎物理学研究所・京都大  
学理学部物理学教室共同主催)

その他 東京大学と共同主催で CERN 所長 ショッパ博士による講演会を催した。

日時 昭和 58 年 1 月 17 日

場所 東京大学理学部 4 号館 1220 号室

講演 CERN and LEP H. Schopper 博士

## 3. 仁科記念奨励金

本年度は下記のシンポジウムに援助した。

a. 対 象: Symposium on Gauge Theory and Gravitation  
1982 年 8 月 21 日～24 日

金 額: 1,000,000 円

代表者: 大阪大学理学部講師 細 谷 暁 夫

参加者: 国内 152 名, 国外 27 名

b. 対 象: International Meeting on Transition to "New Type of Ordered  
Phase" 1982 年 9 月 11 日～13 日

金 額: 2,000,000 円

代表者: 大阪大学基礎工学部教授 長谷田 泰一郎

参加者: 国内 80 名, 国外 37 名

## 4. 研究者の海外派遣

昭和 57 年度海外派遣研究者

東京大学大学院理学系研究科博士課程 3 年 手 嶋 久 三

留 学 先 フェルミ国立加速器研究所 (アメリカ)

研究目的 anomalous Ward identity における発散の処理の再検討及び dy-

namical Higgs mechanism の模型と 100 GeV 領域の現象への反映

大阪大学理学部助手 城 健 男

留 学 先 インペリアル大学 (イギリス)

研究目的 磁気体積効果等の物性の研究及び photoemission の実験で得られている動的な現象の理論的研究

昭和 55 年度派遣, 留学期間延長

早稲田大学理工学研究所奨励研究生 玉 田 雅 宣

留 学 先 ソ連レベデフ物理学研究所

研究目的 宇宙線を用いた超高エネルギー核衝突による新しい型の核相互作用の研究

## 5. その他

広報誌 Nishina Kinen Zaidan 16 を出版した。

## 財団法人 仁科記念財団 役員名簿

(昭和58年9月現在)

理事長	久保 亮五				
常務理事	玉木 英彦	宮崎友喜雄	村越 司		
理事	芦原 義重 太田新太郎 永野 重雄 平岩 外四	安藤 豊祿 茅 誠司 南部 政二 藤吉 次英	石川 六郎 駒井健一郎 鳩山 道夫 堀田 庄三	稲山 嘉寛 佐波 正一 浜田 達二 宮島 龍興	井上 薫 武見 太郎 土方 武 吉川 清一
監事	小山 五郎	佐々木秋生	瀬川美能留	田島 英三	
評議員	赤堀 四郎 石川 六郎 岩佐 凱実 風戸 健二 小谷 正雄 佐々木秋生 竹中 鍊一 永野 重雄 仁田 勇 林 主税 伏見 康治 宮島 龍興 吉川 清一	芦原 義重 石橋幹一郎 植村 泰忠 鎌田 甲一 小林 稔 佐波 正一 武見 太郎 南部 政二 鳩山 道夫 土方 武 藤吉 次英 向坊 隆	有山 兼孝 伊藤 達二 江戸 英雄 茅 誠司 駒井健一郎 杉本 正雄 田島 英三 西川 哲治 花村仁八郎 平岩 外四 堀田 庄三 村越 司	安藤 豊祿 稲山 嘉寛 太田新太郎 木村健二郎 小山 五郎 瀬川美能留 玉木 英彦 西島 和彦 浜田 達二 弘世 現 三浦 功 山崎 敏光	池田 長生 井上 薫 小田 稔 久保 亮五 坂井 光夫 竹内 征 中根 良平 西村 純 早川 幸男 福井 伸二 宮崎友喜雄 山本源左衛門
運営委員	池田 長生 豊沢 豊 鳩山 道夫 丸森 寿夫	小田 稔 中根 良平 原 康夫 三浦 功	鎌田 甲一 西島 和彦 浜田 達二 山崎 敏光	上坪 宏道 仁科雄一郎 広田 榮治 芳田 奎	田島 英三 西村 純 藤井 忠男 和田 昭允
事務局	横山 寸み	和田千代子	高橋 圭子		