



## リンクスの目・リンクスの耳

### 「21 世紀の学術と科学技術」

伏見康治、中井浩二、見角鋭二、菅沼純一

#### リンクスの目

リンクス・リセウム・シンポジウム 企画：伏見康治、中井浩二、菅沼純一

第1部 講演 司会：小沼通二

小平桂一、菅原寛孝、伊藤正男、飯吉厚夫

第2部 パネル討論会 司会：中井浩二

小田稔、中嶋貞雄、山崎敏光、吉川允二、和田昭允

#### リンクスの耳

リンクス・リセウム・座談会 司会：中井浩二

伏見康治、海部宣男、永宮正治、植田憲一、伏見譲

## リンクスの目・リンクスの耳

リンクス (Lynx) とは大山猫のことである。リセウム (Lyceum) はアリストテレスが哲学を教えたアテネ郊外の学園である。つまり、リンクス・リセウムは「山猫学校」である。山猫の鋭い眼力をもって未来を考える学園として、1983 年から、伏見先生を囲んで約 100 名のメンバーが集り講演会やシンポジウムを重ねてこられた。残念なことに、伏見先生が米寿を迎えられた機会に、この山猫学校は解散されてしまった。先生は、ご自分の肉体的視力の衰えを気になさっておられるが、元山猫学校の校長としての先生の山猫の眼力は衰えを知らない。

密度行列の導入をはじめとし、確率論、統計力学の分野の業績で高名な理論物理学者であり、また日本で最初の中性子散乱実験の主要メンバーでもあった伏見康治先生は、1949 年に日本学術会議が発足すると、その会員になって科学行政の分野に身を投じ、20 世紀後半の日本の科学研究をリードして来られた。この半世紀に日本の科学研究は、戦後の廃虚から立ち上がり、世界のトップに肩を並べるまで成長した。

ここで特筆すべきことは、この日本の科学を成功を導いた体制である。特に原子核科学の学術研究においては、徹底した研究者主導の精神を護り、しっかりとした共同利用研究体制を築き上げて研究の大型化に対応した。この日本における研究の進め方は、他に類例を見ないものである。欧米の科学者には理解し難いものである。

しかし、その 20 世紀が閉幕し新しい世紀を迎えようとするところで、その研究体制に大きな転換が起こり、期待と不安の入り混じった時期を迎えている。1970

年代に始まる四半世紀は、日本の経済力の急成長と相俟って、科学技術の分野で豊かな繁栄への道を歩み始めた。その時代を背景にして新たに科学技術基本法が制定され、科学技術に対する国の姿勢が大きく変わった。研究資源に関する限り、従来と異なって豊かになったことを喜ぶ人が多い。しかし、その資源配分における研究者主導の精神は残念ながら色褪せつつあり、政治的力に左右される要素が多くなってきた。

21 世紀を迎えるにあたって期待を論じるとき、20 世紀の発展をふりかえって反省し、何が大切かを考える機会が必要であろう。政治的・経済的動機に導かれた科学研究費の増額が、研究者の心に及ぼす影響にも注意しなければならない。常に、学問の原点に立ち戻った反省を忘れてはならない。

リンクス・リセウムは、その解散に当り伏見先生の御提案に基づいて最後のリンクス・リセウム・シンポジウム「21 世紀の学術研究と科学技術」を 1997 年 5 月に開催した。シンポジウムは 2 部に分かれ、第 1 部では 20 世紀後半にわが国で発展した大型研究プロジェクトについてそれぞれの分野のリーダーに現状と展望を講演していただいた。第 2 部では学術研究の進め方について、特に「文化としての学術」というテーマのもとにパネル討論会を開いた。本書の「リンクスの目」はこのシンポジウムの記録である。

「リンクスの耳」はシンポジウムから 2 年を経た 1999 年の秋に開いたリンクス・リセウム座談会「21 世紀を迎える科学の光と影」の記録である。上記のシンポジウムの後、科学技術基本法の影響は次第にいろいろな形で見られるようになり、その光の部分と影の部分が顕在化してきた。座談会は、この段階で伏見先生の御提案で開かれた。先のシンポジウムでは、20 世紀の科学を築いたリーダーが中心であ

ったが、21 世紀に向かって現場で苦労を重ねて居られる若いリーダーの話をうかがいたいという伏見先生の御希望によって企画された。

「リンクスの目」「リンクスの耳」の二つの記録は、21 世紀に向かう科学の在り方を考える指針となり、警告となる内容を含んでいる。次世代の若い研究者に遺す記録である。この中から「リンクスのこころ」を読み取ってもらえると幸いである。科学は文化の営みである。科学が政治や経済の隷属物になってはならない。それには、科学者の主導による研究体制をしっかりと護ることが大切である。

この記録は、「原子核研究」の柴田徳思編集長の御好意により出版できることになった。編集長ならびに関係者に深く感謝申し上げたい。

2001 年 1 月

中井 浩二

## 目 次

リンクスの目

シンポジウムの趣旨	6
シンポジウムの要約	7
第一部 講演会	
伏見康治 挨拶	11
中井浩二 20 世紀の発展と 21 世紀への期待 (趣旨説明) ・・・・	12
20 世紀における原子核科学の歩み	
「文化としての学術」－ 21 世紀への期待	
小平桂一 天文・宇宙物理学	15
宇宙像の変遷 － 自己中心的宇宙観からの脱却	
ハワイ観測所の「すばる望遠鏡」	
「すばる計画」推進の力 － 研究者集団の意志	
「すばる計画」の時代的・社会的意義 － 文化の力	
菅原寛孝 素粒子物理学	22
「東洋文化」と「西洋文化」	
素粒子物理学の現状	
$10^{19}$ GeV 領域の物理 － 素粒子論の最前線	
伊藤正男 生物科学－脳の科学	28
科学技術基本法 － 日本を見る世界の目	
分布型巨大科学	
純粋基礎研究 － 戦略研究 － 応用開発研究	
生物学の新しい流れ － 統合生物学	

還元・分析の方向

統合・総合の方向

飯吉厚夫 核融合科学	36
核融合科学の 2 つの側面と 3 つの要素	
核融合研究の目標	
核融合研究の現状	
大学の「核融合ネットワーク」	
最近のトピックス	
第二部 パネル討論会	
20 世紀の科学の発展とその基礎	
小田 稔 伏見先生と私	45
ベーシックの自乗： $B^2$	
日本とドイツの学問に対する姿勢	
わが国の電波天文学の発展	
大型化が拓いた新分野	
(司会者) 共同利用研究所について	・・・
・・・	52
和田昭允 伏見語録	53
科学技術空間	
戦略研究	
(小平桂一) 研究をみるタイムスケール	57
21 世紀への期待：「文化としての学術」	
中嶋貞雄 物性物理における伏見先生	59
文化としての学術特別委員会	
SSC 問題	

山崎敏光	日本人と西洋人 研究分野を結ぶ横糸 共同利用研究体制の正規軍と遊撃隊	60
(小川岩雄)	はみ出し人間礼賛	63
吉川允二	プラズマ・核融合科学の特質	64
(伊藤順吉)	阪大時代の伏見先生 ノーベル賞級の業績と実用化の努力	66
第三部	会場アンケート	
近藤次郎	〔文化としての学術〕 第15期日本学術会議における審議の経過	71
中嶋貞雄	「文化としての学術」 SSC 問題の意味	74
シンポジウム参加者アンケート回答集		75

## リンクスの耳

### リンクス・リセウム・座談会

中井浩二	趣旨説明	80
海部宣男	天文学宇宙の科学 天文学宇宙分野の発展 天文学宇宙分野の次期計画 長期計画 - 宇宙生命の探査 天文学宇宙研究推進の問題点 天文学界の近況 大型プロジェクトの選定と推進 リーダーシップの育成	81
永宮正治	加速器科学 エネルギーフロンティアとパワーフロンティア 科学の使命と加速器科学 国際的分業と国際分担 研究環境の充実 JHF 計画から統合計画へ 文部省と科学技術庁 COE の形成と国際性 大学の改革、開かれた大学	89
植田憲一	レーザー技術 極限レーザーと平凡レーザー フロントに立つことの重要性 - レーザー核融合のケース 大型核融合プロジェクトの問題 技術がドライブした科学 役に立つレーザー、平凡レーザー 重力波研究	97

伏見 議	生物物理学	105
	生物物理の研究スタイル	
	生物物理研究の特徴	
	生物物理学の顕微鏡	
	研究体制	
全員討論		113
	天文学と物理学	
	世界の中の日本	
	社会の富と科学の振興	
	個の尊重	
	評価について	
	大学の改革	
	研究者の育成	
	国立大学の独立法人化	
	社会への広報	
	情報化時代への対応	

## (趣 旨)

21世紀を迎えようとしている今日、科学技術基本法並びに科学技術基本計画が制定され科学技術が脚光を浴びるようになった。たいへん喜ばしいことである。しかし、その科学技術の推進にあたっては、20世紀後半の物質的・経済的效果を重視した政策に対する反省に立って21世紀の政策を考えることが大切であろう。

21世紀の科学技術の推進には、学術研究が果たす文化的役割が一層重要になると考えられる。学術研究の社会に対する貢献は物質的・経済的な要素ばかりでなく、その精神的・文化的要素にこそ重点がある。学術と芸術はわが国の文化の基本である。

明治維新以来、わが国は世界に追いつけ追い越せという指導原理のもとに社会を築いてきた。国家意識が強まるに伴って、わが国は不幸なことに軍国主義の荒波に巻き込まれることとなり、20世紀の前半はその頂点に達し破滅を迎えた。

しかし、20世紀の後半には世界大戦の惨禍から立ち直って再び世界を追いかけ、世界に並ぶところにまで来た。経済大国、先進科学技術大国などと呼ばれ、世界各国から日本の経済力・技術力が注目され、国際協力の名のもとに、支援を求められるようになった(SSC計画、有人宇宙計画、ITER計画、など)。しかし、そこには日本の文化に対する尊敬の念は見られなかった。

経済効果を重視し、世界水準に挑戦した20世紀後半の政策は、国際社会におけるわが国の地位を強めるために必要であったが、欠陥も目立つ。海外からわが国の発展を見る目は決して温かいものではない。日本の科学技術の急成長は、あまりにも経済性を尊重し世界に追い付くことを意識した結果、世界のやっかみを呼び「ただ乗り」論やその他創造性の欠如を批判する声が聞かれる。このような批判を受けるのは、その成長があまりにも物質的・経済的效果を求める努力に偏っていたことに因るといえよう。わが国が世界各国から「尊敬される」ためには、もっと精神的文化的要素を重視した政策が必要である。

かつて、日本の文化は尊敬されていた。フランスの美術・音楽に見られる日本の影響、日本建築・日本庭園など日本の美意識に対する世界のあこがれ、禅思想・禅文化など日本が誇れるものは沢山あった。学術の世界においても、戦前のわが国の後進性の中から世界に誇る湯川理論が生まれた。しかし、戦後のわが国の経済発展は、この文化的要素に対する印象を薄れさせる結果となった。

21世紀の課題は、文化の薫り高い日本の(再)建設である。学術研究の一層の充実により、世界をリードする日本を目指したいものである。21世紀における科学技術と学術研究推進の理念について意見を交わし特に大型研究の進め方について考えるシンポジウムとしたい。第一部では各分野のリーダーに夢を語っていただき、第二部には社会との関わりの視点を含めたパネルディスカッションを企画した。

## シンポジウムの要約

### リンクスの目

中井浩二（コーディネーター）

## リンクス・リセウム・シンポジウム

### 「21 世紀の学術研究と科学技術」

1997 年 5 月開催

パネリスト	伏見康治（元学術会議会長、元参議院議員）
	小平桂一（国立天文台 台長）
	菅原寛孝（高エネルギー物理学研究所 所長）
	伊藤正男（理化学研究所、日本学術会議 会長）
	飯吉厚夫（核融合科学研究所 所長）
	小田 稔（東京情報大学 学長）
	和田昭允（相模中央化学研究所 理事）
	中嶋貞雄（国際超電導産業技術センター）
	山崎敏光（日本学術振興会 監事）
	吉川允二（日本原子力研究所 理事長）
司 会	小沼通二（武蔵工業大学）
	中井浩二（東京理科大学）

1983 年から伏見先生を囲んで約 100 名のメンバーが集まり、講演会やシンポジウムなどを重ねてきたリンクス・リセウムは、残念なことに、伏見先生が米寿を迎えられた機会に解散することになった。このシンポジウムは、リンクス・リセウムの最終行事である。21 世紀を迎えようとする昨今、日本の研究環境は急速に変化しつつあるが、リンクス・リセウムの精神を新しい世紀に向かって発展させる基礎を固め、有終の美を飾りたい。

伏見康治先生は、1949 年の創設時から日本学術会議の会員になり、会長も務められて、20 世紀後半の日本の科学行政をリードして来られた。この半世紀に日本の科学研究は、戦後の廃虚から立ち上がり、地道な努力を重ねて、いまや世界のトップに肩を並べるまで成長した。この発展の基礎には、研究者主導の努力、海外研究者の協力があった。さらに日本の経済力の急成長も無視できない大きな要素であろう。そして、まさに 21 世紀を迎えようとする時に、新たに科学技術基本法が制定され、日本の科学研究は新しい環境で展開する時代を迎えることになった。しかし、この新しく恵まれた環境を手離し喜んでいてよいのかと思う人も少なくない。20 世紀の発展をふりかえって反省し、21 世紀への期待を語るとき、何が大切かを考える機会が必要であろう。政治的・経済的動機に導かれた科学研究費の増額が、研究者の心に及ぼす影響にも注意しなければならない。常に、学問の原点に立ち戻った反省を忘れてはならない。

このシンポジウムに先立ち、前々ページに示す趣旨の呼びかけを配ったところ、これに応じて約 150 人の方々がお集まり下さった。参加者は、主に理工系、それも物理系の方々が圧倒的に多かった。言論・出版界からも約 10 名の参加者があった。

シンポジウムは、第一部講演会、第二部パネル討論会という構成であった。

シンポジウム開会の挨拶で、伏見先生は新しく制定された科学技術基本法に触れられ、かつて 30 年前に、学会会議と科学技術庁の「共同作業」で科学技術基本法の法案をまとめたこと、しかし国会で潰されたことの思い出話をしながらも、お役人主導ばかりでなく研究者集団自身の努力の必要さを訴えられた。

21 世紀の科学技術を進めるなかで、学術研究を如何に進めるべきか、学術研究の如何なる役割が重要であるか、について考え、意見をかわすことがシンポジウムのねらいであった。そして、一つの答えとして、おそらく最も大切な答えとして「文化としての学術」という主題を掲げ、これを念頭にシンポジウムを進めた。

第一部では、各分野のリーダーを講演者に迎え、

#### I 20 世紀における発展の総括

#### II 大型学術研究推進の理念

#### III “文化としての学術”の推進

という 3 つのテーマを含むお話をお願いした。天文・宇宙物理学の小平先生、素粒子物理学の菅原先生が、共に、西洋の自己中心・人間中心の思考・方法論の限界と、東洋文化・東洋的思考に基づく科学の発展の可能性を示唆されたことは大変印象的であった。コペンハーゲン風の西洋的解釈に立つ量子力学は、たぶん破綻をきたし、宇宙の創造を理解できないであろう。普遍性、整合性を尊重する東洋的なアプローチが必要になっていると菅原先生が指摘された。21 世紀は、東洋文化の世紀となるであろうか。伊藤先生は、世界の科学技術における日本の貢献を強調された後、御専門の

脳について物理学者の多い聴衆に明快な解説をして下さった。宇宙創造のシナリオ、物質世界を支配する基本則、脳機能のメカニズム、これらを解明したいという人間の欲望は文化の原点である。飯吉先生がお話しになった核融合科学の研究も、一方にはエネルギー問題に結びつく実学的要素があり、他方には物質の第 4 の存在形態であるプラズマの物理という挑発的な世界が広がっている。前者だけに焦点を絞った欧米の研究姿勢に対し、日本の幅広い研究の進め方が強みを発揮してきたという話は、まことに教訓的であった。

日本的、東洋的な思考や方法論によって、日本の学術の創造性を高め、西洋風の価値観から脱却して独自の文化を育てることが 21 世紀の課題のひとつである。それは、決して国際性をなくすことではなく、むしろ国際的評価を高め、国際化を進める道である。

第一部の 4 つの講演はシンポジウムの骨格をなし、既に要点を抑えたような感があったが、続く第二部のパネル討論会では、話題を広げいくつかの異なった視点からパネリストに議論をお願いした。話題が広がって、まとまりがなかった印象もあったが、示唆に富む御意見に満ちていた。

第二部に入って最初の小田先生の話は多岐にわたったが、特に、戦後の混乱から日本の研究の今日の繁栄を築いた道を振り返り、ドイツと比べても、日本の学術、特に基礎的な学問に対する姿勢の高さを強調された。研究者によるたゆまぬ求道の努力とともに、国民の学問に対する敬意を大切にし、これに応える努力が必要である。

学術の進め方には、いろいろな道がある。小田先生は特に「ベーシックの自乗」と呼ぶカテゴリー、すなわち金銭的価値から離れた「純粹研究」の重要性を強調されたが、次の和田先生は、さらに科学技術の在り方を知的資産価値、金銭的価値、革新性・独創性という 3 つの軸を基礎に分析された。3 つの軸に代表される要素の間の強い相



相互作用によって研究のあるべき姿が影響され、萎縮してしまうことの危険性を指摘された。和田先生は、また、第一部で伊藤先生が紹介された「戦略研究」についても触れ、その進め方について戦略つまり国の科学技術戦略を科学者自身が明確にしていくことの大切さを訴えられた。

ここで小平先生は、これらの考察におけるタイムスケールに注目することを求められた。

「戦略研究」は数年、長くても 10 年のスケールである。一方、「ベーシックの自乗」と呼ばれた「純粋研究」が金銭的価値から離れたものであると考えるのはタイムスケールを短くとるからであって、もっと長く 50 年 100 年のスケールで考えれば、むしろ、その社会・経済的貢献には、量り知れないものがあることを過去の歴史は語っている。

討論会の後半は、「文化としての学術」がテーマであった。最初の中嶋先生に第 15 期の学術会議で論議されたときの事情をご紹介いただいたが、要するに「文化」の定義について議論が分かれまとまらなかったそうである。（第 3 部に近藤前会長のご説明がある）

厳密に捉えれば、とんでもなく難しいテーマである。しかし、大切なことは、学術研究の文化的意義、文化的効果とは何かを考え、強調することである。山崎先生は、人間の尊厳とか、人の尊敬を受けるとか、人に夢を与えとか、喜びを与えるという意味で、科学が果たしている役割の大きさを強調された。

山崎先生は、西洋人と日本人の違いを分析し、個性を大切にしておいて開拓・探索に重点をおき絶えず新しいものの発見をめざす西洋人に対し、調和的な社会を求めて拡大・改良に努め何事も共同で当たるという日本人の思想・体質を指摘された。思えば、日本の共同利用研究体制の成功の背景にそのような要素が働いている。山崎先生は、その上で研究分野を横糸で結ぶことの大切さを訴えられた。優れたノーベル賞学者の業

績は、純粋研究の成果であっても、それは広く応用に結びつき多くの研究分野を結ぶ横糸となっている。伊藤順吉先生や中嶋先生も、ブロッホ、バーディーンの例を挙げて賛同されていた。

日本独特の共同利用研究体制が、戦後の研究を支え、大型研究を展開する基礎を築いたことについては、だれもが誇りに感じ賞賛するところであるが、その中に潜む問題点も話題に上がった。一つは、その大きな慣性のなかで、個性的で輝くような小さな研究を抑えていないかという心配である。共同で集団で行動することを好む日本人の陥りやすい点であろう。共同利用研究所の問題について、もう一つ指摘されたことは、大学と研究所の二極化の危険性である。本来、共同利用研究所は、大学の研究の発展を図るため大学の規模に収まらない施設を共同で利用するというものであるが、行政官からみれば研究をそこに集中して効率化を図り、大学は教育に専念すればよいという考えになる。伏見先生を始め、多くの先達のご努力によって築かれた共同利用研究体制をさらに推し進めるには研究者の主導による意思決定システムの強化が望まれる。

討論会のパネリストは、どなたも、科学行政における伏見先生の鋭く、かつ、思慮深い判断に基づいた措置と行動に感謝し、先生の温かいお人柄を讃えていた。

シンポジウムの第三の舞台は、参加者にお願ひした「文化としての学術」に関するアンケートであった。当日ならびに終了後数日のうちに 19 名の方々から御回答をいただいた。第 15 期日本学術会議会長の近藤次郎先生からも御投稿いただいた。第 15 期学術会議では「文化としての学術特別委員会」が組織され、3 年の間に合計 13 回の会合を重ねられたが、結局報告をまとめるまでに至らなかった。その事情や背景の紹介とあわせて、先生御自身のご意見をお寄せ下さった。本書の第三部に収録させていただいた。

最後に、皆さんに配ったアンケート用紙の裏に、ワイスコップ教授の講演会からのメモを紹介した。学術の精神的・文化的役割を強調された講演であった。これを次の頁に再掲する。

「文化としての芸術」と言うと、何を今更という感じがする。「文化としての学術」という言葉は、何故か耳になじまない。学術と芸術は、ともに人間の昂揚心に基づく精神的行為である。私たちの学術に対する捉え方に問題があるのではなかろうか？

V. Weisskopf 教授は「科学者の社会貢献」と題する講演で、次のように学術の精神的・文化的な面を強調された。

Pollutionには、Material Pollution と Mental Pollution がある。

前者は、化学汚染、放射能汚染などの物質的汚染である。このタイプの汚染は技術的に解決する道があるはずで、科学技術よりも政治・経済の問題が大きい。誠実な政治、良心的な経済政策によって解決が得られる問題であろう。

後者の精神的汚染はもっと恐ろしい。若者は自己昂揚心を失い刹那的な悦びを求めて麻薬など非社会的な行為に走る。若者でなくても人生の目標を見失った人達は家庭を忘れ、職場における士気を失う。結果としていろいろな物質的汚染にも結びつく。

人類を精神的汚染から守るものは、「学術」と「芸術」である。人類が他の動物と異なる点は、自己の昂揚を求める気持ちである。これを失っては、個人も、家庭も、社会も、全てが乱れてしまう。若者が憧れ、人々に夢を与える知的な世界を築くことが「学術」の最も大切な社会貢献である。

学術は社会の精神的・文化的風土を高める。学術研究の結果として生まれる経済的・社会的効果も大切であるが、学術のより本質的な意義を見失ってはならない。「文化としての学術」という言葉が、もっと自然に理解される社会にしたいものである。

(メモ：中井浩二)

## 講演会

### リンクス・リセウム・シンポジウム

#### 第1部 講演会

小沼通二（司会、武蔵工業大学環境情報学部長）

ただいまから「21 世紀の学術研究と科学技術」というタイトルでシンポジウムを始めさせていただきます。前半の司会を務めます小沼でございます。今日はできるだけ実りのある会にしたいと思いますので、ご協力をお願いしたいと思います。

最初に、リンクス・リセウムの伏見康治先生からご挨拶をお願い致します。

伏見康治（主宰者、リンクス・リセウム）

実は「リンクス・リセウム」と称する会合を 10 年以上にわたって続けて参ったわけですが、いよいよ私は毫碌致しまして、もはや皆様と血の通った議論をするような年頃ではなくなってまいりましたので、これを閉鎖することに致しました。形の上では今年の 1 月の末を以て存在しないことになっているのですが、少しお金の余裕がございましたので、余ったお金を有効に使おうと考え、この会を計画させていただいたわけでございます。この十何年の間、ずっと事務的なことを見とって来てくれました菅沼純一さんが最後までこの会を立派なものにしようとして大変多くの方々に声をかけられ、まったく思いがけなく多数の方がお集まりいただきまして、私といたしましてはほんとうにありがたく、心からお礼申し上げます。どうぞ、この会が実りある結果を出しますように、みなさんの間で、特に後半でいろいろご議論のあることを期待しております。

私がこの会を思いついた一つの理由は、「科学技術基本法」と「科学技術基本計画」ができあがったようですが、それが私の過去の記憶を呼び戻しました。1966 年、30 年も前の大昔の話ですが、私はしばらく学術会議会員をお休みし 7 期にまた入って参

りましたら、いきなり「科学研究基本法」の委員会の委員長にさせられてしまいました。非常に戸惑ったことを覚えています。その前の第5期、第6期に続いて学術会議の方の「科学研究基本法」と、科学技術庁のお役人の方で考えておられた「科学技術基本法」とが競り合っていた時期でございます。長い間、しかし、喧嘩しないでとにかく論争を続けたんだから大したもんだと思います。それで、学術会議の言い分が取り入れられた「科学技術基本法」の案ができ、閣議も通ったんですけども、国会に出して潰されてしまいました。その主な原因は、学術会議の立場としては、自然科学ばかりでなくて人文・社会の科学も入れることになっていました。それが国会の方々には了解できませんで、ついにそのときの「科学技術基本法」は日の目をみないで、おしまいになったわけでございます。そのときのことを覚えているものですから、新しくできた「科学技術基本法」を取り上げたくりました。

もともと「基本法」というものを作るのは、お役人の立場から言いますと予算を沢山取るための手段に過ぎないわけなんです、が、「科学技術基本計画」というのができて、いまやどういうところに沢山のおかねを出すかということが、何か決まってきたような感じになっています。30年前の昔のことを思い出しますと、もう少し、お役人の方の主導でなく、純粋な科学者集団としてどういう研究費の在り方を決めていったらよいかということを自分自身で考える、ということが大事ではないかと思います。今日は、そういう機会をここで改めて作っていただいたんだなと思っているわけです。そうすることによって、お役人がせっかく取ってくれた沢山の研究費を、できるだけ科学者の期待する仕方で使えるように努力するというのが私たちに課せられた義務でもあると思います。そういうことを皆様の頭の底の方に置いていただいて、今日のご議論をしていただければ非常にありがたいと思います。

## 小沼

伏見先生、どうもありがとうございました。

## 20 世紀の発展と 21 世紀への期待 (趣旨説明)

### 小沼

それではコーディネイターの中井浩二先生に今日のシンポジウムの趣旨などについてご説明をお願いしたいと思います。

### 中井浩二 (コーディネイター、東京理科大学教授)

本日は多数の方々にお集りいただきまして、まことにありがとうございます。昨年の暮れ、伏見先生からこういうシンポジウムを考えないかというお話がございまして、リンクス・リセウムの最終シンポジウムを企画するというたいへん名誉な仕事をいただきました。このシンポジウムの趣旨につきましては、既にご案内に申し述べましたが、今日どういうふうにお話を進めていくか、ということについて少しイントロダクションをさせていただきたいと存じます。

### 20 世紀における原子核科学の歩み

まず、半世紀ほど昔の話から始め、伏見先生の足取りをたどりながら、私たちの原子核科学の発展を振り返りたいと思います。ここで原子核科学とはもちろん原子核物理、素粒子物理、それから原子力、核融合という分野のことです。

まず話は 1930 年代から始まります。1931 年に大阪大学が創立され、長岡半太郎先生が総長に就任されます。それは、ちょうど原子核物理学が始まった時代です。伏見先生が、いつも好んでお話になります「奇跡の年」1932 年は、陽電子、中性子、重陽子の発見、サイクロトロンや線型加速器による粒子の加速、コッククロフト加速器による原子核の人工破壊…こういうことが起こった年です。長岡総長は、創設期の大阪大学の中心プロジェクトの一つとして原子核物理を取り上げ理研から菊池正士先生

をお招きになりました。

当時の菊池研究室のお仕事を拝見しますと、非常に大切なお仕事が次々と出ています。ここに4つ、例を上げました。まず伏見先生ご自身が深く関与されました「中性子の非弾性散乱」というお仕事です。この時のデータを、今日の目で見ますと、すでに「殻効果」が見えています。このころ当然「原子核の殻構造模型」は知らなかった時代です。2番めには、サイクロトロンで作りました「窒素-13」のベータ線スペクトルの精密測定です。伊藤順吉先生・渡瀬譲先生によるお仕事で「フェルミのベータ崩壊理論」を最初に検証した実験です。3番めには若槻哲雄先生の「影散乱」の実験で、これは中性子の波動性を示した仕事ですが、ハンス・ベーテの目にとまり海外に伝わって、フェッシュバッハ・ポーター・ワイスコップの光学模型につながった業績です。それから、湯川秀樹先生の間接子予言も菊池研究室から出てきた仕事です。

ここでこういうことをわざわざ述べますのは、そのころの日本では素粒子・原子核物理の萌芽となるお仕事が出始めたわけですが、その後、残念ながら、日本は戦争の暗黒時代に突入して行くわけです。こういう日本の萌芽的な仕事はそこまで、アメリカやヨーロッパの仕事として引き継がれ、この当時のオリジナルな仕事は忘れられてしまいました。湯川先生の間接子論は、太平洋戦争の間も日本の理論グループがずっと追究を続けましたが、実験の方は戦時研究に進んで残念ながら研究の展開は止まってしまいました。さらに悲しいことに、1945年には大阪大学のサイクロトロンは大阪湾に投げ捨てられました。東京でも理研の2つのサイクロトロンが東京湾に投げ捨てられ、そして原子核研究は全面的に禁止されたということです。まさに、暗黒の時代でした。

伏見先生によれば、日本のそういう物理の状況を復興するにはどうしたらよいかという議論で、伏見先生と菊池先生の意見が分かれたということでございます。菊池先生の主張は「何よりもまず自分自身が率先して立派な研究をしてみせることだ」とい

うことでした。それに対し伏見先生は「研究環境を整え、研究組織を築き上げるべきである」と主張されたそうです。お二人のお考えはどちらも大切なことです。実際、その数年後の1949年に湯川先生がノーベル賞を受賞なさったことは、当時の青少年の科学への憧れを非常に強く鼓舞しました。これは、菊池先生がおっしゃっていたことを実証したようなできごとでした。その同じ年に、伏見先生は学術会議の会員に選出されました。それから今日まで、どなたもご存じのように、伏見先生は日本の研究環境を整え、研究組織を築き上げる仕事にずっと御尽力下さいました。

戦後の発展の礎石となった主なできごとを、ここにリストアップします。

サイクロトロンを海中に投棄するという占領軍の野蛮なやり方は米国内の研究者の間でも批判が高まり、1951年にはローレンスが来日して原子核研究禁止という方針の変更を占領軍に要請しました。このころから日本の原子核研究者の集団がしっかりと固まってきて、学術会議のもとに研究者主導の研究体制ができてきました。

1955年には東大の原子核研究所ができ、56年には日本原子力研究所、61年にはプラズマ研究所、それから71年になると、今度は大学共同利用機関の制度ができ、その第1号として高エネルギー物理学研究所が発足します。研究者主導の精神は、原子核ばかりでなく原子力、核融合の分野にも広がって行きました。伏見先生は、絶えずその動きの中心になってリーダーシップを発揮され今日に至ったわけですが、大切なことは、そういう中で原子核研究者が「物理学帝国主義」など

1945年	原子核研究の全面禁止 サイクロトロン投棄
1949年	学術会議発足 湯川先生：ノーベル賞受賞
1951年	E.O. ローレンス来日 占領軍の方針変更を要請 阪大・京大・理研サイクロトロン再建
1955年	東大原子核研究所発足 共同利用研究体制
1956年	日本原子力研究所発足 原子力研究体制
1961年	名大プラズマ研究所発足 原研核融合研究計画開始
1971年	高エネルギー物理学研究所発足 大学共同利用機関 トリスタン計画(1986年実験開始)
1978年	原研 JT-60 建設開始 臨界達成(1996年)
1989年	核融合科学研究所発足

と悪口を言われながらも、学術研究をいかに進めるか、研究体制をどのように作るか、といったことを真剣に議論を重ねてきたことです。特に、共同利用研究体制をしっかり固めて大型研究推進の基礎を築いたことなど、研究の進め方のひとつのお手本を作ったんだと私は信じております。

こういう努力が、天文・宇宙科学、物質科学、生物科学、情報科学…など他の分野にも広がって行き、いま 20 世紀の終わりを迎えて一つの頂点に達したという気がします。そして新たに科学技術基本法、科学技術基本計画ができてきたわけですが、21 世紀に向かって、学術研究はどうあるべきかということを考えるポイントに立っております。

20 世紀後半の発展、特に日本の経済が成長期にあった終わりの四半世紀を振り返って考えますと、科学技術の振興の重要なポイントとして、当然のことでしょうが、経済性、社会性が強調されてきました。そしてそれが、科学技術基本法・基本計画制定の背景になっているとすると、よく考える必要があります。

一つ忘れていてのではないかと強く感じますのは、学術研究の精神的な面、文化的な面であります。そういったことをもっと考える必要があります。特に、21 世紀には文化の香りの高い学術研究を進めたい。それにはどうしたらいいか、そういうことを考えるべきかと思います。今日のシンポジウムではこのあたりを主に議論できればと存じております。

### 「文化としての学術」－ 21 世紀への期待

ちょっと大袈裟なスローガンかもしれませんが、「文化としての学術」、今日のシンポジウムではこういうことを考えたいと思います。

このテーマについては、数年前に第 15 期学術

会議でとりあげられました。中嶋貞夫先生が第 4 部会長をなさっていたときに議論が起こりまして、特別委員会が設けられ、理科系と文科系の委員の間で「文化」の意味について激しい論争があったと聞いております。結局、まとまってはいませんが、学術の文化的な面の大切さが提起され強調されました。

私なりに「文化としての学術」のスローガンを並べてみますと、まず若者に夢を与える、各人の自己高揚心を強める、知的社会を支える、こういったことが学術研究の文化面、文化的な要素かと思います。そしてそれは結局は国の底力となるし、あるいは国が誇れるような研究を育てるものである、そういうものではないかと思います。

今日のシンポジウムではこういうことを軸にしまして、3つのテーマを考えております。ひとつは 20 世紀における発展の総括、それから特に大型学術研究推進の理念というものの、そしてすべてを通じて「文化としての学術」をいかに進めるかという議論ができればと思います。ただ話し合うだけでもずいぶん意義があることかと思いますが、せっかくの機会なので、最後に何らかの形でシンポジウムのまとめを残したいと存じます。「単なる報告集ではなく、もう少し中身のある本を作りましょう」と、これは伏見先生のお言葉でございます。

どんなふうにまとめるかは、これから考えさせていただきたいと存じますが、今日の会に御参加くださいました先生方の名簿を拝見しますと、錚々たる先生方がいらっしやいまして、私のような若輩がとやかく申すのが僭越に感じられて仕方がございません。先生方におひとりおひとりご発言いただきたいと存じますが、とても時間がございません。そこで、まことに恐縮でございますが、お配りしたエッセイ集の中にこういう黄色い紙が一枚、入っております。そこに「文化としての学術」についてのお考えをお書きいただきまして、帰りに受付にお届けいただければ、まことに幸いに存じます。シンポジウムのまとめの本の中に取り上げさせていただきたいと考えております。どうぞご協力をお願いいたします。

#### 文化としての学術

若者に夢を与える学術研究  
自己昂揚を求める学術研究  
知的社会を支える学術研究  
・・・・・・・・

国の底力となる学術研究  
国の誇りとなる学術研究

最後に、リンクス・リセウムが解散してしまったということはまことに残念なことでございます。こういう「民」の組織としての研究者集団というものは非常に大切だと思います。もちろん学術会議は大切な組織でございますが、そこでできないようなことを議論する場として、伏見先生がおっしゃいましたように、研究者集団がイニシアティブを取って将来を考える、そういうためには、国の組織から離れた研究者集団を作ることが大切だと私は信じます。できれば、たとえば「リンクス・リセウム・ジュニア」というようなものが今後も続けられたらいいなと思っております。これは懇親会の席上ででもご意見をうかがえればと存じております。

## 小沼

中井先生、ありがとうございました。いろいろご意見もおありだと思いますが、これが今日の全体のテーマということなので、質問も何もしないで直ちに第一部に入りたいと思います。シンポジウム第一部は、「大型学術研究の展開と 21 世紀への期待」ということで、4 人の方々にお話をおうかがいいたします。最初に、国立天文台長の小平桂一先生、お願いします。

## 天文・宇宙物理学

### 小平桂一(国立天文台長)

小平でございます。私の役割は、第 2 部の議論のための材料を提供することかと思いますが、私が永年かかわってきましたハワイの大望遠鏡計画に話を絞らせていただきます。

### 宇宙像の変遷 — 自己中心的宇宙観からの脱却

最初に宇宙の映像を見ていただきます。これは、ハッブル・スペース・telescope の映像でして、この銀河団はだいたい 20 億光年のところにある銀河団です。このアーク状に、円形にたくさん映っているのは、その後ろ側、約 100 億光年のところにある銀河の群れです。これは、20 億光年のところにある銀河団に付随します暗黒物質(ダークマター)の大きな重力ポテンシャルが重力レンズとして働いて、100 億光年向こうの映像が投影されアーク状に見えているという状態です。もちろん、われわれは地上で大きな望遠鏡を造りますが、それを以てしても 100 億光年超えるところというのは、限界ギリギリなわけです。こういうふうに宇宙に浮いています自然の重力レンズが仲立ちの役割をしてもっと遠いところのものの映像が得られるようになっております。これで、光の強さとしてだいたい 20 倍くらいにマグニファイされているわけです。

この絵に見ますように、銀河団は 20 億光年のところにありますが、後ろのアーク状に投影されています銀河というのは 100 億光年くらいのところにあって、われわれが見る宇宙の映像は時代の重ね焼になっております。100 億光年のところの映像というのは 100 億年前の映像であり、20 億光年のところにある銀河団の映像は 20 億年前の映像でありますから、こういう映像を撮りまして、その遠さに応じてスライス





重力レンズを通して見えた 100 億光年の彼方（アーク状に並んで見えている銀河の群れ）

しますと時代別の映像が得られます。ハワイに造っていますような大きな望遠鏡、あるいは電波望遠鏡で宇宙をどんどん奥深く見て行きますと、昔の映像が見えてくるわけですから、今世紀末から来世紀にかけての天文学者は宇宙をどんどん掘って、深く掘って昔を掘り出して行く。ちょうど考古学者がやっているのと同じような作業を物質世界についてやって、物質世界の全世界史を手に入れようという、そういう時代があります。それによって地球とか人類の、物質世界の全世界史の中での位置付けを把握したいというわけです。

これとパラレルにやっています努力として「第2の地球」を見つける、ほかの文明を探すということにもこれから精力が注がれると思います。これはギリシャ以来、人間が基本的に持ってきた宇宙の構造についての疑問、自分たち人間を取り囲む世界というのはどういう仕組みになっているのか、自分たちは何なのかというようなことに答えて行く。そしておそらくギリシャ時代の自己中心的な、あるいはいまでも

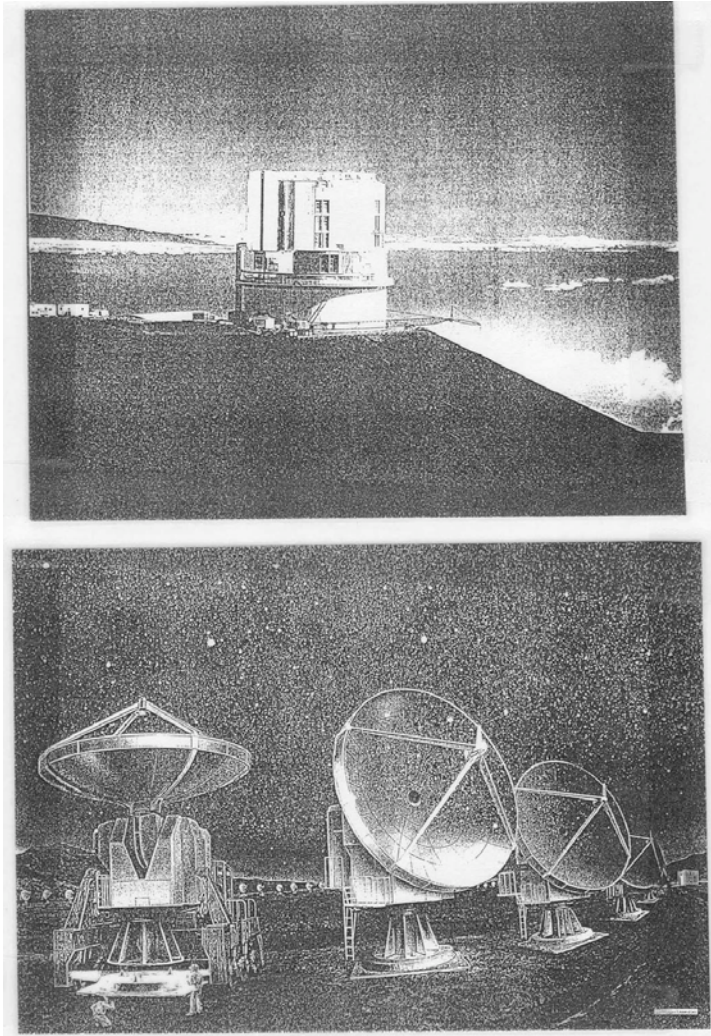
もそうでしたが、自分を中心にした宇宙観、世界観というようなものがだんだん崩されてきました。いままでの宇宙観の書き換えの歴史の流れというのは自己中心的な宇宙像というものを突き崩して、人間というものを経験的な中に還元していくというプロセスだったと思います。宇宙の果てまでの物質史が分かって、第2の地球あるいはほかの文明、あるいは生命というものが現れてくる時代には、おそらく脳の科学あるいは生命の科学と一緒に、自己中心的な世界観というものは突き崩され、地

#### 日本の主な大望遠鏡

天文台、所在地	口径(cm)
<b>反射望遠鏡</b>	
国立天文台ハワイ観測所	820
国立天文台岡山観測所	188
<b>屈折望遠鏡</b>	
国立天文台、三鷹	65
京大飛騨天文台、岐阜	65
<b>シュミット望遠鏡</b>	
東大木曽観測所、長野	105
<b>赤外線望遠鏡</b>	
国立天文台、三鷹	150
郵政省通信総研、東京	150
宇宙科学研究所、神奈川	130
京大赤外線観測所、長野	102
<b>電波望遠鏡</b>	
国立天文台、野辺山	45
国立天文台、野辺山	6台合成



球あるいは人類という



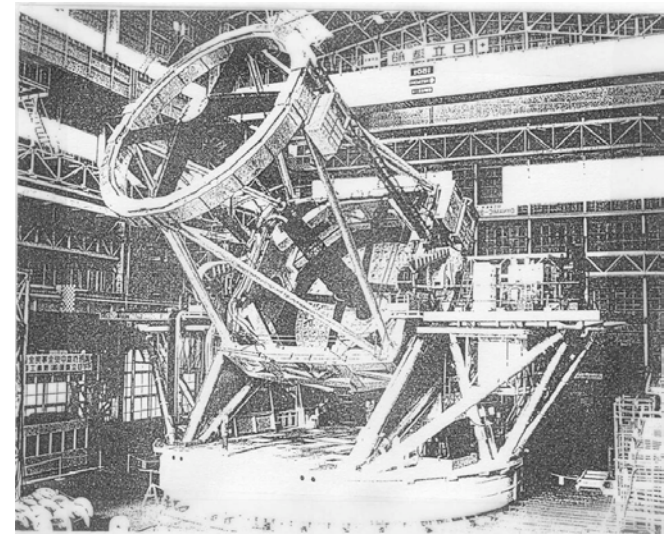
「すばる望遠鏡」の収まるハワイ観測所のドームと、検討中の LMSA 計画（想像図）

ものを考える基本的なベースが変わってくるだろうと思います。もちろんそれは長いタイムスケールで人間の思想、それから経済活動というようなものに当然、跳ね返っ

てくると思っております。そういう非常に大きな認識のもとに、われわれは大型計画を進めてきました。ハワイの「すばる望遠鏡」については、この後、近況などをご報告したいと考えておりますが、さらに国立天文台では、「ポストすばる計画」として、LMSA 計画という 10m 級のアンテナを 50 基ぐらい並べたアレイを造って宇宙をにらみたいという計画を検討しています。地球の大気には、可視光の窓と電波の窓とがありますが「ポストすばる」の地上の設備として、電波の窓でも「人類の眼」に相当する装置がほしいということです。チリの 4,000m の高地に、非常に平たく広いところがありまして、現在サイト調査を始めています。これは「すばる計画」に輪をかけた大型計画でして、どのように取り組むか、いま慎重に調査中であります。

#### ハワイ観測所の「すばる望遠鏡」

ハワイの望遠鏡に戻り、みなさんのお世話になって推進してきました「すばる望遠鏡」の近況をご報告したいと思います。

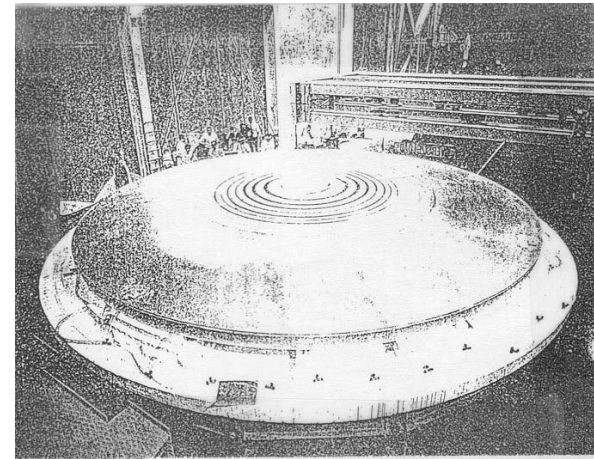
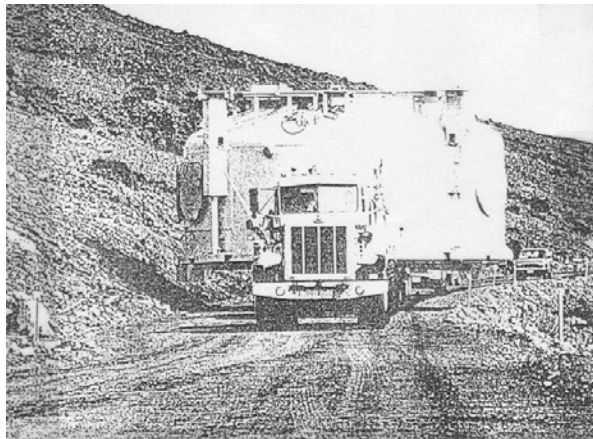


### 大阪で仮組み立てをした「すばる望遠鏡」の機械構造

これが望遠鏡の機械的な構造です。左下のところに人間が立っていますので大きさの見当がつかれると思いますが、これはハワイに持って行く前に、大阪の日立のドックで仮組み上げた状況です。現在は分解しまして、すでにハワイに行っております。反射望遠鏡です。次の頁の写真は、反射望遠鏡の心臓部に当たる 8m の鏡です。これはコーニング社で铸込んだ状態で、差し渡しが 8.3m ございます。凸面が上を向いた、つまり凹面鏡としては伏さった形で铸込まれた状況です。厚さが 20cm のベラベラの鏡でして、この柔構造の鏡を後ろからたくさんのアクチュエーターで支えてコントロールするという思想で作られております。できあがりしました鏡の材料は、水路を経てペンシルベニアのハイウェーを走って運ばれ、すでに研磨工場に入っております。

次ぎの写真は、鏡をアルミ蒸着するためのタンクの上蓋をハワイの山の上に運び上げているところです。直径が 10m くらいあります。ハワイの山の上ではドームの建物がすでにできあがってしまして、すでに望遠鏡の機械部分は搬入され組み上がっております。

### ハワイの山に運び上げられる蒸着タンクの上蓋



直径 8.3m の反射鏡の素材

現在テスト中でして、こんどの冬に鏡の研磨が終わりますと、搬入され来年のいまごろに星の光を使って望遠鏡の調整に入ります。「ファーストライト」と呼ぶその機会を楽しみに待っています。そして多分、科学的な観測が可能になりますのは 2 年後だと思います。1991 年からこの建設が始まったわけですが、9 年くらいで最初の科学的観測を始められるという状態にあります。麓ではすでに 2,000 何  $m^2$  かの研究棟が完成しております。ハワイ島のヒロ市には建物ができまして、この 4 月から既に研究者が詰めております。

この全体は「ハワイ観測所」という、文部省令により設置された外国領土におけるわが国の最初の研究施設であります。この省令施設によるハワイ観測所に職員が出張で行ったのでは始まらないわけで、これは赴任にいただきました。その組織の所在地に職員が本務としているという、いわゆる「在勤官署」というものです。本務としているということはそこで科研費も申請できれば、学生の教育もできると、そういう位置付けで実現していただきました。この 4 月から海部宣男教授を観測所



長としまして、すでに必要な人員が赴任しました。来年までには、だいたい天文台の職員 25 人から 30 人が赴任いたしまして、ほぼ同数の人を現地で雇うということで、約 5、60 人の体制で国際共同の観測事業に入るという状態にあります。土地はハワイ州が提供しているわけですが、日本が完全に出資して、日本が運営する初めての外国領土内の研究施設があります。

### 「すばる計画」推進の力 — 研究者集団の意志

ここまで持ってきますには、この 20 年くらいの推進期間の間に、ここにおられる多くの先生方にもお世話になりましたが、私なりに、今日のテーマと関係があるかと思います経験についていくつかお話ししたいと思います。よく新聞記者が取材するときに 5 つの WH、つまり WHAT、WHERE、WHO、WHEN、WHY ということがありますけれども、それに相当する問題がいろいろございました。

まず WHAT と WHERE（何を、どこに）というのは、ハワイの大型望遠鏡計画の議論の中で密接に関係してしまっていて、非常に大きな望遠鏡を造るのならば、これはいい場所に置かないといけない。大気圏外に出るというのもひとつですが、地上に置きます場合には空気の層が第 1 光学系になるわけですから、望遠鏡に見合ったいい場所に置かないといけない。それでハワイの世界一の場所、4,200m の山の上に持って行ったわけですが、ここに至る天文学関係者のコミュニティの中の議論というのは 10 年ぐらいの議論が続きました。片や宇宙はどうなっているのか、その人間古来の基本的な問いに真正面からぶつかってみたいという気持ちですが、われわれ研究者の心にあります。そして各時代そうだったのですけれども、最先端の技術を結集して「人類の眼」というものを造って、宇宙を見たい。これはどの研究者の中にも必ずあると思いますが、いま日本の研究者としてコミットしたい、それがチャンスだと感じて、天文学関連分野の総力を結集してハワイに大きな望遠鏡を造ろうということになりました。それも初めは 5m ぐらいから話が始まり、それが 7.5m になり、8m になり、いま鏝

込んでいるのは 8.3m です。議論にかなりの時間を費やしました。

対論として、各大学にさえも望遠鏡がないではないか、2m クラスの望遠鏡をまず各大学、少なくとも東北大学だとか、京都大学とか、中核になれる大学が持つべきだという議論がありました。いま「すばる」がご覧のようにできあがりつつある段階でも、各大学は望遠鏡を持っておりません。そういう日本の研究環境は厳しいというか、層がやはり薄いと思います。100 万人当たりの天文学者、研究者の数は欧米の約 3 分の 1 です。日本は世界のランキングで 24 位にありますが、それがこういう「人類の眼」というようなものに挑戦すべきかどうかということで、大変問題がありました。

しかし、最後には建設に踏み切ったわけですが、私がかかなり重い責任を負わされることになりました。あるとき、京都大学の林忠四郎先生にその話をしまして「造らなくちゃならないと思うのです」と言いますと、先生が「やりにゃならんちゅうんなら君、やりにゃならんよ」と禅問答みたいなことをおっしゃられたんです。その「やりにゃならん」「We must」なのか、「We will」なのかということは非常に基本的なところで、私たちが 10 年の間、天文学会で揉んだ議論というのは決してトップダウンではなかったと思います。みんなが「これをやったら、かなりたいへんなことになっちゃうぞ」という議論を延々とやり、その結果、ボトムアップ的にここに行き着きました。私はこの WHAT、WHERE の議論の中で、やはり大型計画をやるというときには、コミュニティの中から、草の根から積み上げたボトムアップの議論が不可欠だろうと感じております。いまの状況でトップダウンのビッグプロジェクトというのは、日本の科学の素地を、もしかしたら腐らせる要素を持っているんじゃないかと心配しております。

この「すばる」の計画が間もなくサイエンスに結びつく時点で、ほんとうに結びついてくれるようにと、いまだに心配しています。というのは、これだけのプロジェクトを走らせるために研究を一生懸命やっていた理論家も、それからほんとにいいデータをいじっていた人たちも、それをひとまず横に置いて装置作りということをやらなくてはならなくなったから

です。銀河の回転を理論的に調べていた人たちがこの薄い 8.3m の鏡の変形計算をやり、星のダイナミックスをやっていた人たちがドームの中の空気の流れを計算するというようなことを総がかりでやった結果、いまのところまで来ています。

それから WHO という問題があります。「日本がこれをやりたい」と言って文部省に持って行きましたときに、文部省のかなりの方が「これは外国じゃやってないんですか」とおっしゃられたんですが、「外国でももちろんやります。しかし、日本でもやりたいんです」と。

「外国が造ったら借りられないんですか」と、ずいぶん言われました。しかし、「それじゃベルリン・フィルでカラヤンが振った CD が手に入ったら、オーケストラを日本は持たないでいいんですか」ということをずいぶん議論しました。「われわれが造り出したいんです」と。「われわれが造り出して自分たちの学問をやりたいんです」と。天文学というのは、もともと自分たちで道具を造って宇宙を見て行かないと、これは話にならないわけで、やっぱりそれをやりたいということを強く申しました。

### 「すばる計画」の時代的・社会的意義 — 文化の力

それから WHEN です。「どうして、いま要るんですか」ということもずいぶん聞かれました。大型計画ではそれもかなり重要なポイントだと思います。とくに宇宙の果てを見たいというと「150 億年かかって光がやってくるわけですから、10 年や 20 年遅くてもたいしたことはないでしょう」と言われました。

しかし、どの分野でもそうだと思いますが「時代精神」というものがあると思います。20 世紀というのは、太陽の回りを地球が何回まわったかということですから、天文学としてはあまり意味がないんですが、20 世紀にはスペースシャトルが飛び、地球を外から見て「青い地球」っていうようなことになっているわけです。21 世紀にはわれわれ人類、地球がどういう位置付けになるかということを、生命科学とか、いろんな科学との絡み合いのもとに「時代精神」として把握したいと思います。それから技術の進歩が、最近非常に急ですから、サ

イエンス・デマンドという「プッシュ」よりは「テクノロジー・プル」という傾向が強いわけですが、その急速な技術の進歩を見ていると、それを適用して宇宙像を新しく書き換えてみたい、それには一つの大切な時期にあるわけです。

世界各国、人類共通の興味を持っていますから、どの国でもそういう動きがあります。10 年くらい前に、先進 7 カ国の会議（サミット）と平行して開かれる「ミニ・サミット」と称するものの一つである「科学技術ミニ・サミット」のワーキンググループで、フォーラムが召集されまして、21 世紀に向けての宇宙像作りにヨーロッパ、日本、アメリカ等が協力して進めようという科学者間の合意に至りました。日本は北半球の 8m 級の望遠鏡の一つを担うという役割を考えて来たわけですが、国際的な期待、特に経済成長を遂げた国に対する世界の期待があつて、科学者としてはそれに応えたい、一つの可能性が与えられているときに、それに応えたいと思います。だから、いまやりたい、少なくとも 5 年程度のタイムスケールで実現したいということを強く申し上げました。

最後の WHY 「何の役に立つんですか」という質問もずいぶんされました。これは SSC のときの話が有名ですが、アメリカの科学者が議会で聞かれて答えたという話があります。天文でもまったく同様に、アメリカの連中が議会で 8m 級の望遠鏡について — 当時アメリカは 16m 級と称していましたが — 、その必要性について委員会でいろいろと聞かれたわけです。「こういう大きな望遠鏡を造って、ミサイルの迎撃とか防衛に役に立ちますか」と言われて、当然のことですが「役には立ちません。ただし、この計画は我が国を、より防衛に値する国にすると信じます」と答えています。SSC のときもそういう答えだったと思います。大型計画をやるということで、自分たちの国がより尊敬され、世界の友だちをより多く持つという、そういう世界に対する貢献を通じて国の価値を高めるという意味合いがあること。これは最後までなかなか分かってもらえなかったことです。

先ほどの中井さんのレジメにもありましたように、私はあるレベル以上に経済的な繁栄を享受している国、あるいは国民、市民がそのレベルの繁栄を維持して行くには、優れた文化

の力というのが必須の要件になっていると思います。21 世紀の日本にとってはとくに日本が他の国々から尊敬され、友だちになりたいと思ってもらえるような優れた文化の力を持つということが経済繁栄の一つの条件になるというふうに思っています。

こんなことで、ただ私自身、クリアな答えが出ているわけではありません。この5つの WH については未だにいろいろ考えております。今日、後半のパネルディスカッションでこういうことについて、いいサジェスションをいただけないかと期待しております。

ハワイの観測所につきましては、あと技術的に望遠鏡をチューニングして行けば、所期の目標に近いところまで来ておりますが、現在まだ政府と交渉中のものが赴任手当であります。天文台の職員を 30 人近くハワイに張り付けるわけですが、ハワイは近いし、いいところだと一般に言われておりますが — 観測所はそんなにいいところでもないんですけど — そこに何年も張り付いて、一線の装置を、一線のレベルで運用して、世界の中でほんとうの貢献、優れた文化といわれるものを産み出して行くことは並大抵なことではありません。それを単身赴任で、出張で行って 3 月 31 日に一度戻ってきてというようなことでは、とてもいかないわけですから、赴任はしてもらい、その代わり赴任手当もぜひお願いしますということで現在、政府と交渉しております。外交官は外地勤務に赴任手当が出ます。外交官ほどとは言いませんが、かなりの額を出していただきたいということで、いま折衝しております。で、初めのうちはやはり「先生、それはどっかおかしいんじゃないですか、あんな立派な装置を造ってあげて、お金もずいぶんかかって、研究者の方々は丸腰手弁当でも行って使いたいということだったんじゃないんですか」と言われます。「でも日本人学校の先生なんかいらして、JICA の人たちも結構出ている」という話をしますと、「いやあれは、外国にいる邦人の要請があったり、いろいろ要請されて、皆さん、ご苦労だけれどいらっしゃるんです。先生方は好きでいらっしゃるんでしょう。行きたくていらっしゃるんでしょう」と、こういうふうにはずいぶん言われて参りました。

それはそれとして、私達としては、安心して、しかも品格を保ち誇りをもって学術活動を

やりたいと申し上げ、文化としての力を国の外で示して行くことに十分配慮していただきたいをお願いしています。これは現在、人事院と協議中でありまして、うまくいけば公務員の給与法を改定していただき 8 月の人事院勧告に乗せていただきたいということでやっております。ここで手弁当で行くということになるのか、国として国際的な学術活動というものを「文化の力」というレベルで認定していただけるか、そこは勝負どころだと思ってがんばっております。ぜひ多くの方々のお力添えをお願いします。以上で終わります。

## 小沼

小平先生、ありがとうございました。

続いて第 2 のお話をお願いしたいと思います。高エネルギー加速器研究機構長の菅原寛孝先生。高エネルギー加速器研究機構は、ご存じの方も沢山いらっしゃると思いますが、今年の 4 月に高エネルギー物理学研究所などが発展してできた組織でございます。菅原先生、お願いします。

## 素粒子物理学

菅原寛孝（高エネルギー加速器研究機構長）

本日はお若い方々の前でお話するのかなあと思ってきたのですが、ちらほらお若い方もおられるようでございますが……。

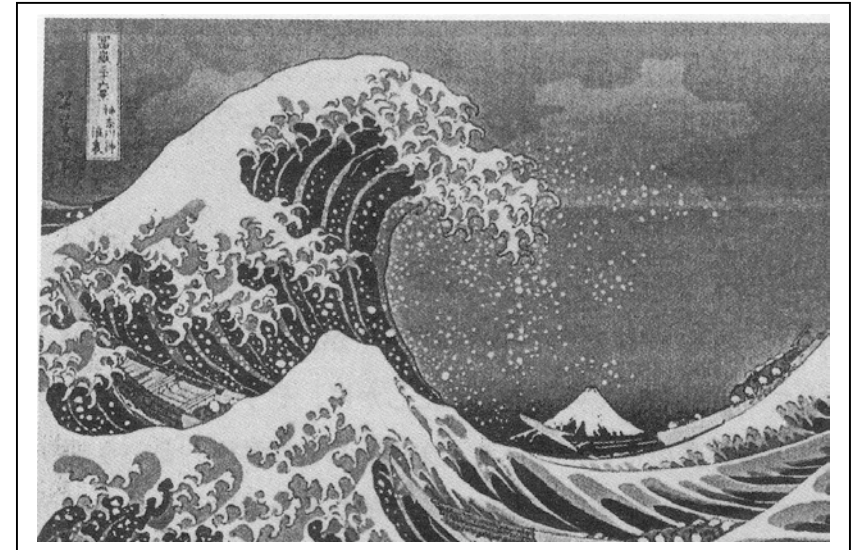
### 「東洋文化」と「西洋文化」

21 世紀に向けて大型学術研究をどう進めて行くか、ということですが、結論がもう出ているようでして「文化としての学術」。たしかに、そういうことで、われわれも考えて居ります。先ほど中井先生にいただいた「文化としての学術」という刷りものの裏のところにワイスコップ教授の、学術の精神的、文化的な面を強調された文章がございます。これが私の申し上げたいことを完全に要約しておりますので、これさえ読み上げれば私はもう帰ってもいいようなものだと思いますが、下のところだけでも読ませていただきたいと思います。

「人類を精神的汚染から守るものは、「学術」と「芸術」である。  
人類が他の動物と異なる点は、自己の昂揚を求める気持ちである。  
これを失っては、個人も、家庭も、社会も、全てが乱れてしまう。  
若者が憧れ、人々に夢を与える知的な世界を築くことが「学術」  
の最も大切な社会貢献である。」

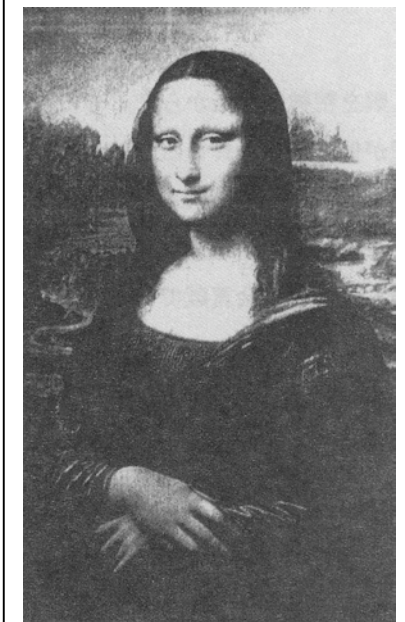
大型学術研究であろうが、分散的大型計画であろうが、小型研究であろうが、そういう点では何の変わりもないんだろうと思います。小平先生のお話、時々所長として

のいろいろなご苦勞をにじませながらお話をいただいたんですが、私はもう所長でもございませんので、苦勞話はいっさいなしに、文化の話をさせていただきたいと思います。



### 北斎とダヴィンチの絵

絵画に見られる西洋文化と東洋文化の違い。西洋では、人間が前に出て自然は背景として描かれる。東洋では、自然の中に人間が小さく描かれてきた。



学術の話ということですが、芸術もまた文化で、これが学術とともに精神の荒廃を防いでいくということですが、ここで代表的な芸術作品のコピーをお見せします。「文化」と言ったときにどうしても「東洋文化」、「西洋文化」といったものを考えざるを得ない、芸術の世界では実にそれがはっきりしております。

北斎の有名な絵ですが、当然、彼は自然を描いております。これは単に自然じゃなくて、その中に人間がおるんですね。いかに人間が、自然の中でつまらないものかということが非常によく分かります。北斎は私に言わせれば、世界最高の芸術家じゃないかという気がします、彼は終生、自然の中の人間、あるいはまあ動物としての人間と言ってもいいようなものを描き続けた人かと思います。

下の絵は、ダビンチですが、この場合は自然がバックグラウンドに追いやられております。これは皆さんもうよくご存じで釈迦に説法ということですが、こういうことを非常にはっきり述べておる人がおります。日本に長く滞在した西洋人ラフカディオ・ハーンです。「東の国から」という本(平井呈一訳・岩波文庫)の、上巻 128 ページに書かれているものですが、簡単に読みますと、

「おそらく、われわれ西洋人の美的感受性の資源ともいべきものは、そもそもの大初からして、人間美の認識にあったのだろう。われわれの比例という概念なども、やはりその源流は、同じくそこから発したものなのだろうし、調和というものに対するあの度はずれた偏重、また、平行線とか、曲線とか、その他幾何学的な均斉をもったものに対する嗜好なども、やはりそこから出ているのだろう。こんな具合にして美感発達の長い道中をへてくるうちに女性美の理想というものが、ついにわれわれの審美上の抽象観念となったものなのだ。じつはわれわれは、この抽象観念のまぼろしを通して、わずかに現世ノア絵かなるものをみているのである。」

こういうことをはっきりと断言しておるわけです。まさにダビンチは女性像の極限の美を描いた。ダビンチの後に彼ほどの西洋美術のエキスパートは出なかったと言って過言ではないと思います。その次のページ、131 ページから始まるところでは、

「あまり細目にわたることは、むずかしいことでもあるし、また危険なことでもあるから、ここではほんの概括的な観察を二、三述べて、お茶をにごすことにするが、わたしの考えるところによると、いったい、日本の国の優れた芸術は、「自然」の無限につきせぬ種々雑多なすがたのなかから、われわれ西洋人にはなんらそれが性的特質を呈示しないもの、擬人法的にそれを眺めることのできないもの、男性でもなければ女性でもないもの、つまり中性か、でなければ、何性とも名のつけようのないもの——そういうものが、とくに日本人には深く愛好され、理解されているということを、はっきりと名のっているようにおもわれる。云々」

芸術の世界では、東洋文化と西洋文化というものは違っているわけです。基本から違っています。こういう姿勢は、本日の議題であります学術の世界でも見られます。これは多分どなたも一度はお読みになった本かと思いますが、アインシュタイン、インフェルトの「物理学はいかに作られたか」石原純訳の岩波文庫の本です。若いときに読んで、私の頭の一角にずーっと残ってきた学問そのものに対する考え方ですが、

「物理学の概念は人間の心の自由な創作です。そしてそれは外界によって一義的に決定せられるように見えても、実はそうではないのです。真実を理解しようとするのは、云々」

時間の都合で全体を読み上げませんが、最後のところは次のように書かれています。「知識には理想的な極限があり、これは人間の頭脳によって近づくことのできるのを信じてよいでしょう。この極限を客観的真理と呼んでもよいのです。」

「近づく」と言っているわけです。「この極限を客観的真理と呼んでもよいのです」。プラトンの言っていることと非常に似ているわけです。真理というものは、人間の理解の極限のものとして存在するんだと、こういうことを言っておるわけです。つまり、先ほどと同じようにある意味で、非常に人間中心主義と言いますか、そういうものが西洋文化の伝統の中にございます。

一方、日本でございます。適当なものがたくさんあるだろうと思いますけれども、昔、それほど昔でもありませんが、小平邦彦先生が—これは数学者の小平先生でございます—ラジオ対談でやっていたお話を聞いていて「まさにこれだな」という印象を持ちましたので、そのときの文章そのものではありませんが、取り出してあります。

「ベートーベンの音楽はベートーベンしか作れなかっただろうが、数学の場合はそれと違って誰が考えても同じ結論を出すはずです。したがって、数学は人間が勝手に作り出したものではなく自然に存在するものということになります。」

芸術における北斎とダビンチの違いに通じるものを、私は感じざるを得ません。学術の世界での西洋文明の、ある意味での極限と言いますか、到達点が量子力学におけるコペンハーゲン解釈かと思います。昔の量子力学の本は、そういうところを非常に強調しながら書かれております。それは何であったかと言うと、人間の観測する量の間の数学的関係を記述する、まあそういうものが基本であったわけです。いずれ、西洋的なそういう考え方は破綻するだろうということを申し上げたいわけでありませう。

それはどういうときに起こってくるかといえ、われわれが最後に到達するであろう重力場と量子力学、重力理論 — 一般相対論と言ってもいいわけですが — それと量子力学の合流した点です。西欧的な考え方は多分破綻するだろうことは、非常にはっきりしております。宇宙の創造：ビッグバン、それを記述するのが最終の目標ですから、コペンハーゲン解釈に立てば、だれかが宇宙が創造されるところを観測しなけ

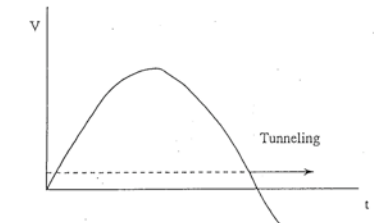
ればこの議論は成り立ちません。量子力学の解釈を続ける限り、われわれは宇宙の創造を理解できない、ということになります。

この話は非常に長い歴史があるわけですが、どうやるか。一つの解釈の例を図に書いてあるのですが、われわれの空間の各点で常々起こっている無からの創造、宇宙の創造というものを何らかの形で観測することで、そういうものを記述するものを「量子重力」と呼ぶというような解釈をするのが、一つの方向です。そういうことをすれば先ほどの、アインシュタインの話でもいいんですが、極限として理解しているという可能性は残るけれども、宇宙の創造そのものは理解できません。

一方、われわれの東洋文化の伝統に従えば、人間が観測するのは一つの人間の行動であって、数学すらわれわれが自然から与えられたものであるということであれば、最初からこういう問題は起こってすらないという点があるかと思います。この問題はもちろん、いまだに解決されない、今後 21 世紀に向けて、あるいは 21 世紀の中であるいは解決されない問題なのかもしれません。

#### Problem of the Interpretation of Quantum Theory

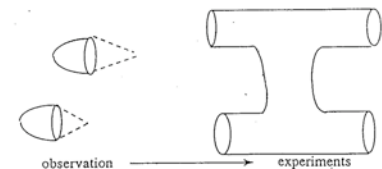
Creation of the universe: big bang



"Nothing is everything"  $MC^2 - \frac{GM^2}{R} = 10^{81} - 10^{81} \approx 0$

interpretation of quantum gravity(quantized W-deWit)

- probability of creation of something from nothing per unit volume per unit time, Who observes it?
- scattering, branching of something

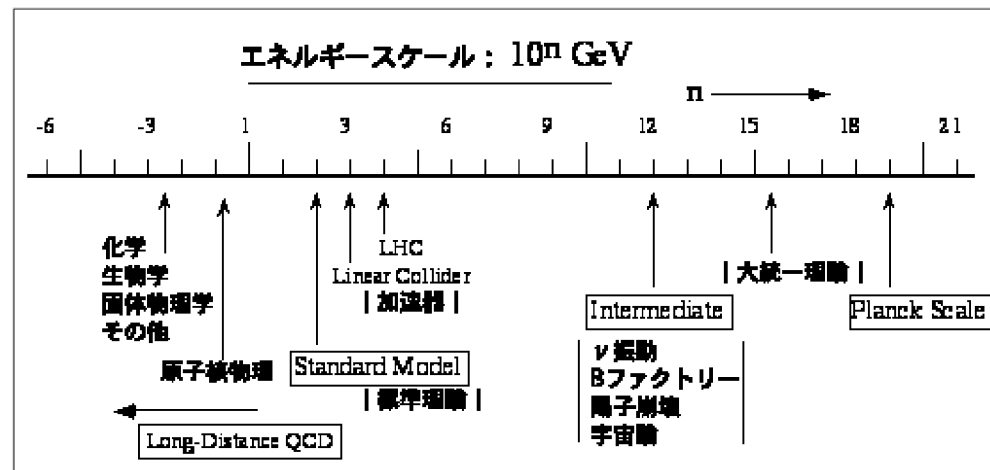




## 素粒子物理学の現状

さて、われわれの素粒子物理学の現状を少し考えてみたいと思います。図は、われわれが学ぶエネルギーのスケールを GeV (ギガ電子ボルト) 単位で表わし  $10^n$  の  $n$  を横軸にとって -- 各エネルギースケールのところでどういう理論があり、どういう実験があるかということを書いてみたものです。「Standard Model (標準模型)」と書いたところをご覧いただきたいと思います。100GeV というエネルギー領域、この辺が現在の素粒子物理学の実験的な分野での対象になっておるわけです。エネルギーが下がるにつれて現象は非常に複雑になって参ります。「Long-Distance QCD」 -- これはわれわれが「ハドロン物理」と言っている領域。あるいはさらに原子核物理 -- 非常に複雑になってきます。エネルギーが下がれば下がるほど非常に複雑になり、その理解も物理学の分野から化学、あるいは生物学の分野へと展開して行くわけです。このリミットというのは多分 21 世紀が終わろうが、22 世紀に入ろうが、ますます多くの事実が出てくる分野だろうと思います。

いま、素粒子物理学では、 $10^2$  から上を考えておるわけですが、 $10^3$ 、あるいは  $10^4$ 、この辺が、われわれがいま実験的に何とか到達できる領域であります。LHC 計画というのは、ヨーロッパにある素粒子物理の研究所 (CERN) で建設中の計画で、



標準理論をほんとうにチェックするための設備でございます。

われわれは、理論的に宇宙の創造まで行きたいということを先ほど申しましたが、そのためのエネルギーは  $10^{19}$  GeV、はるかに上の方になるわけです。その前に多分、 $10^{12}$  とか  $10^{15}$  GeV、この辺を私は「Intermediate Scale」と言っていますが、この辺にいろいろな新しい現象があるように思われます。理論的にも実験的にも。実験的と言っても、これは非常に高いエネルギーですから、直接このエネルギーに上がることはできません。そのためにいろいろな間接的な証拠を、われわれは追求して行く必要がございます。ニュートリノの振動実験、これはいずれ来年中にでも筑波から神岡にニュートリノが届くと思いますが、途中でどういう振動をするかということが、非常に高いスケールの物理学に関係して参ります。ある意味で B ファクトリー実験もそうです。それから陽子の崩壊、宇宙論からくるいろいろな証拠、そういったものが、加速器によらない実験的な証拠を与えることになります。

ところが  $10^{19}$  GeV まで参りますと、われわれが知っている実験的事実というのはまったくございません。そこで、どうするかというと、先ほどの小平先生のプリンシプル。数学ですら自然が与えたものである。したがって宇宙を記述する数学はユニークになる。数学の首尾一貫性、無矛盾性、そういったものから  $10^{19}$  GeV 領域の、宇宙の創造の理解というものを考えることができるだろうというのが、われわれの現在の信念です。ヨーロッパ人がどういう信念をもってやっておるか、私には分かりませんが、私はそういう信念でやっております。

もう少し具体的な話に入ります。実験的な検証ということで、 $10^2$  あるいは  $10^3$  GeV レベルの話に戻らしていただきます。先ほどの Standard Model (標準模型) というのは、いわゆる「ゲージ理論」でございます。この理論の中に一つ、いままでどうしてもチェックできていないものがあります。それが「ヒッグス・メカニズム」と言われているもので、これはふつうプラズマの中で観測される、いわゆる「プラズマ・オシレ

ーション」という現象と非常に密接な関係がございます。プラズマの中で光が伝わって行くときにスピードが真空中より遅くなります。それは実効的に光が質量を持つということなのですが、そういった、ある意味で日常的な物理学の現象と同じような現象が、非常にエネルギーの高い、ヒッグスの粒子という素粒子の世界でも起こっています。そういうことをチェックするために、現在 LHC であるとか、JLC（これは日本が何とか 21 世紀初頭に実現したいと考えている計画です）であるとか、実験設備建設のための計画を進めております。

このヒッグス・メカニズムが実際に起こっているということを見つけるのが、21 世紀初頭の素粒子実験の最大の課題の一つと言っていいかと思いますが、これには JLC で数千億円、LHC も存在するトンネルを入れれば数千億という高いコストがかかるわけです。

しかし、われわれとしては何とかやっけて行かなくちゃいけない。こういうおかねを使うことになると、どうしても政治問題化してくるということがございまして、少し生臭い話にならざるを得ません。

アメリカで SSC という計画がございました。同じような目的の計画でしたが、アメリカですら、1 国でそれができないような事情がございました。もうこれは時効なんでしょうから、お見せしても何の差し支えもないかと思いますが、ここにあるのは、当時の米大統領ブッシュさんから「ディア トシキ」とありますから、当時の日本の首相あての手紙のコピーでございます。日本政府に対し、日本は世界第二の経済大国である以上、ぜひ参加していっしょに自然の探求に進もうじゃないかという手紙でございます。

私のところにどうしてこういう手紙があるのかよく知りませんが、それに対する返事があります。「ディア ジョージ」とありますから、確かにブッシュ大統領でありましょう。「サンキュー ベリーマッチ」とありますが、ちゃんとしたお答えはして

おりません。

まあ、いろいろなことがあったという記憶はございますが、最終的に高エネルギーコミュニティは参加することをお断りした覚えがございます。当時の局長であった方と私は科学技術会議に出席いたしまして、「われわれ高エネルギーコミュニティとしては、国内計画としての B ファクトリー建設を進めていきたい。したがって SSC には参加しない。文部省としてもコントリビュートしない」ということを明確に申し上げた記憶がございます。他の省庁がどういうことをやったのかということは、私は、それほど把握しているわけではございません。

## 10<sup>19</sup>GeV 領域の物理 -- 素粒子論の最前線

実験はそういう段階にございますけれど、理論の世界では先ほど申し上げましたように、「Intermediate Scale」の 10<sup>15</sup>、10<sup>16</sup> GeV、それから最近では、われわれ多くの理論家は、ほとんど 10<sup>19</sup>GeV というレベルにかかりきりで、スタディしております。先ほど申しましたように、その世界には実験的証拠はまったくありません。したがってわれわれが頼みにするものは数学的なコンシステンシーです。発散がないとか、いろいろな形のアノマリーというものがありますが、そういうものもないとか、いろいろなことを言っておるわけですが、そういうことで現在の理論は進んでおります。最近はその理論が非常に発展して参りまして、昔のストリング理論とはだいぶ様相が違っております。基本的な構成要素というのは、単にストリングじゃなくて 1 次元、あるいは 2 次元、3 次元的な広がりをもったもの、最終的には 11 次元的な広がりをもったものまでわれわれの宇宙に存在して、10<sup>19</sup>GeV のレベルではそういう世界が実現していたはずである、いまでも実現しているはずである、と考えます。これはほとんどの場合、数学的なコンシステンシーといったものを足掛かりにして進めている、そういう世界でございます。

最後に、一枚の図があります。これを理解していただこうと思って持って来たわけではございませんが、われわれのやっている現在の「量子重力理論」というものがどんなものになっているかという

ことをお目にかけたくてもってきたわけです。最近「Mセオリー」とか「Fセオリー」とか言っていますが、われわれこういうことをやっている者は、世の中はだいたい 11 次元か 12 次元だろうと信じているわけです。そういう場合にしか首尾一貫した理論ができません。

初期の、まあ 5、6 年前のストリングの理論では、ストリングからゲージ理論、電磁気もその一種ですが、そういうものがでてくるということになっていたんですが、最近それが逆転しまして、ある種のとんでもない一般化されたゲージ理論のようなものから、ストリングであるとか、メンブレンとか、スリープレンとか、一般にいろんな構造をもったものがでてくるというふうに言っております。

### Modern String Theory

- No experimental evidence
- Mathematical consistency

- no divergence
- no anomaly

→ supersymmetric gauge theory as the low energy theory  
 $\Leftrightarrow$  ten dimensional string theory

perhaps  
 11-dimensional membrane, M-theory  
 12-dimensional 3-brane theory, F-theory

D-branes are all equally fundamental

(B) for Type IIB

Ishibashi, Kawai, Kitazawa, Tsuchiya

hep-th/96/2/15

$$\text{Schild} = \int d^2\sigma \left[ \frac{1}{2} g_{\mu\nu} \dot{X}^\mu \dot{X}^\nu - \frac{1}{2} \psi \Gamma^\mu \dot{X}^\mu \psi \right] + \beta \int d\tau \sqrt{-g}$$

This can be obtained from

$$Z = \int dA d\psi \exp(-S)$$

$$S = \alpha \left( -\frac{1}{4} \text{Tr}[A_\mu A_\nu]^2 - \frac{1}{2} \text{Tr}[\psi \Gamma^\mu A_\mu \psi] \right) + \beta \text{Tr} |$$

- 1 Brane (Instanton) theory

Remaining outstanding problem

F-theory "matrix model"

= " ? ? " : quaternion theory

→ 12 → 11 M-theory

→ 12 → 10 type IIB

(Unification of BFSS and IKKT)

最後のトランスペアレンシーは、ますます訳が分からなくなってくるんですが、日本人たちががんばってこういうことをやっております。先ほどの論文のレファレンスはドイツおよびアメリカだったんですが、日本でも盛んに、非常に重要なコントリビューションをしております。最後に「Fセオリー マトリックスモデル」と、こう書いてあります。「Mセオリー」というのは「マザーセオリー」、「Fセオリー」というのは「ファーザーセオリー」か、最近「ファイナルセオリー」というような言い方をしています。たぶん、これは私の予想ですが、こんなことが必要とされるだろうと。最近2、3日、これができるような気がして、非常に興奮しておるんですが、まだ若い人たちに伍してやれるなあと、自信をつけています。だんだん話が訳が分かんなくなってきましたので、このへんで終わりにさせていただきます。

### 小沼

菅原先生ありがとうございました。最後のところは、おそらく質問は出ないと期待しますが、なにかございますか。

それじゃ、続けて、日本学術会議の会長をしておられる理化学研究所の伊藤正男先生に、生物科学からのお話をお願いいたします。

## 生物科学 - 脳の科学

**伊藤正男**（日本学術会議会長、理化学研究所・国際フロンティア研究システム長）

ご紹介いただきました伊藤でございます。

私は医学畑の出でございまして、物理畑の先生方とあまりお近づきがないのですが、第八高等学校におりました高校生のころはずいぶん物理学に憧れました。そのうちに結核になりまして半年ほど療養所に入っているうちにすっかり医学というのがおもしろくなって、どうもそっちの方に行ってしまったんですけども、とても私は物理学では生きていけなかったと最近、つくづく思いまして、なんとか医学畑でサバイブしたなという感じを強めております。いや、余計なことを申し上げましたが……、そんなことでちょっと私の申し上げることは、ここに多数お集りの物理畑の先生方とちょっと異質なところがあるかもしれません、お気にさわるようなことがあるかもしれませんが、ご容赦いただきたいと思います。

### 科学技術基本法 ー 日本を見る世界の目

先ほど伏見先生から、科学技術基本法と基本計画の話がございました。基本法というのはいろんなことを言っていますが、一番実質的に意味があるのは政府に基本計画を5年ごとに作定せよと言っているところであります。基本計画を作る義務が政府に生じた、それを公表しなくてはならない、議会にも検討してもらわなくてはならない。これは一番大きなことだと思います。それで早速、昨年はその第1回目を作るということで、前半1月から6月ごろまで忙しい目をさせられました。その中で学術会議としましては、研究者の

集中型巨大科学  
核物理学  
宇宙科学

分布型巨大科学  
生命科学  
情報科学  
環境科学

願いを盛り込むということに努力しました。

基本計画には、いくつか目玉があります。いま世界中で喧伝されてますのは、研究費のいわゆる倍増計画であります。正確には5年間で60%伸ばすということですが、それが世界的に非常に興味を持たれまして、なぜ日本はそんなことをやるのか、経済情勢は必ずしもよくないではないか、ほかの国はみんな研究費を減らしたがつっているのに財政上の赤字が世界で一番悪いと言われている日本はどうして逆を行くのか、と問われます。

実にいろんなところで、私もいろんなことを聞かれますが、一番最近ショックだったのは、カナダの新聞社がきまして、「どうしてそんなことをやるのか、日本でそんなことをする意味があるのか」とまで言います。「日本は仏教や儒教の影響の非常に強い国で、西欧的な科学技術が西欧並に進んでいるとは思えない」と、ずいぶん失礼なことを言うものです。「お前、100年前のことを言ってるのか」と言いたくなりましたが、そんなときになぜそんな無理をするのか、そんなおかねがあれば外国の、例えば「アメリカやヨーロッパの研究に出してやったら、もっといいんじゃないか」とまで言いました。ほんとに腹が立ちまして「あんた、何を言ってるんだ」と、だいぶん、陰悪な論争になりました。

どうも外国人はそういう目で見ていますよね。ですから、どうだ日本は偉だろう、こんなに困っているのに、われわれの政府は研究費を倍増すると言っているとか威張りますと、とんでもない、これは何か必ず魂胆がある、日本はまたよくないことを考えている。それでそれは何だろうって根掘り葉掘り聞いてくるわけです。そして、そんなものは何もないということが分かると、今度はがっかりしまして、そんなことをやって日本でやれるのかと言います。たいへん私も腹が立ちまして、いや、そんなことはない。日本人が何を願っているのかを少し考えてくれ、日本はいろんな意味で世界に貢献しようと考えているけれども、やはり科学技術とか学術とか、そういつ

た面で貢献することが非常に大事だと思っている、そういう意味でうんと力を入れているんだ、と説明しました。最後の結論、それが今日の主題の「文化としての学術」という精神であると思います。

### 分布型巨大科学

基本計画では、倍増計画と同時にいろんなことを謳っていますが、そのひとつが「ディストリビューテッド・メガサイエンス」分布型巨大科学という考え方であります。これは、学術会議の方の医学系とか、農学系とか、あるいは工学系の方からのかなり強い突っ込みで、こういう概念が基本計画の中に入ったと私は理解しております。従来は、今日の前の二つのお話にありましたように、大きな加速器を使うとか、天体望遠鏡を使うとかいう、集中型の巨大科学が非常に目立ったわけですが、それだけではなく、生命科学、情報科学、環境科学という分野は、小さな研究体が沢山ネットワークを使ってやるところに特徴があって、しかしそれでも、総体的に見ると非常に大きな「メガサイエンス」の規模になります。そういうものを日本の研究システムはこれまでうまく扱えませんでした。ですから、今になって考えると、西欧に比べて日本は格段に遅れています。生命科学では、非常にいい研究をしている研究者がずいぶんいるにもかかわらず、特段に遅れをとったという、くやしさが研究者の中にあります。

情報科学もそうでありまして「情報ハイウェイ」なんていうアメリカの政治的なスローガンは、かなり発想が違い、迫力が違ってきます。環境科学もそうで、これは異質のものをいっぱい含んでいるものですから「そんなもの科学じゃない」と日本の科学者はすぐに捨ててしまいます。ところが、やっぱりそうではなく、そういう異質のものを合成して築いて行くところに、むしろ近代的な科学の特徴があります。「こういうものも、これからは大事にしてください」という、そういう一つの主張が入っているわけであります。

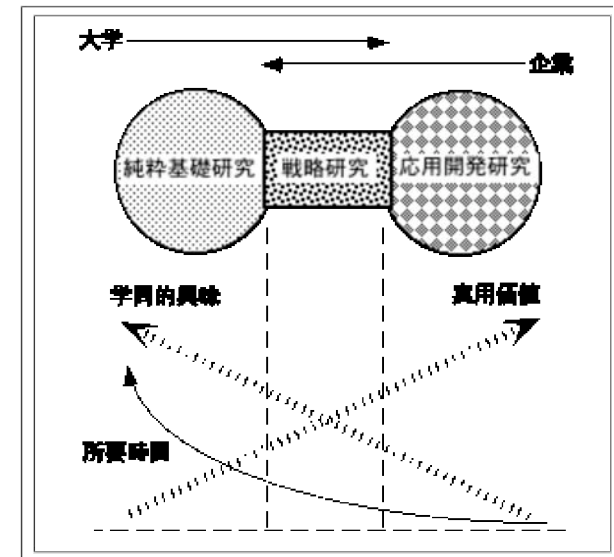
### 純粋基礎研究—戦略研究—応用開発研究

それからもう一つ、これは今日の主題と大変関係あると思いますが、純粋基礎研究と応用開発研究との考え方の調整です。

図をご覧ください。ここに「大学」が書いてあり、こっちに「企業」が書いてあります。これは、模式的に対比してありますので、いろいろとおかしいことがあるかもしれませんが、こういうふうに考えますと、ものごとが分かりやすくなるというので整理したわけであります。

肝心なのは学問的な興味です。これは明らかにこういうグラジエントをもってまして、大学でやってる研究はおもしろく、夢中でみんなやっているわけです。ところが企業の方は必ずしもそうでない。そう言うと、また企業の方は怒られますが、やっぱり何となく学問的な興味は落ちています。

ところが実用価値になりますと、応用開発研究がうんと高くて、純粋基礎研究はどうしても低い、全然役に立たないと公言する分野もいっぱいある。ですから、この二つの食い違いをどう考えるかで、ずいぶん基本的な考えが変わってきます。もうひとつ、ここにプロットしてありますのは研究に要する時間でありまして、企業ですと3年とか4年が限度で、その間にめどがつかないような研究はだいたい重役会で取り上げてくれないわけです。ところが大学では、何十年というのはふつうで、100年だか200年だかと標榜されるものがいくらかもあるわけです。そういう違いがあるのに、産学共同を進めるという考えから、いきなり両方を繋ごうとするから、そもそも無理



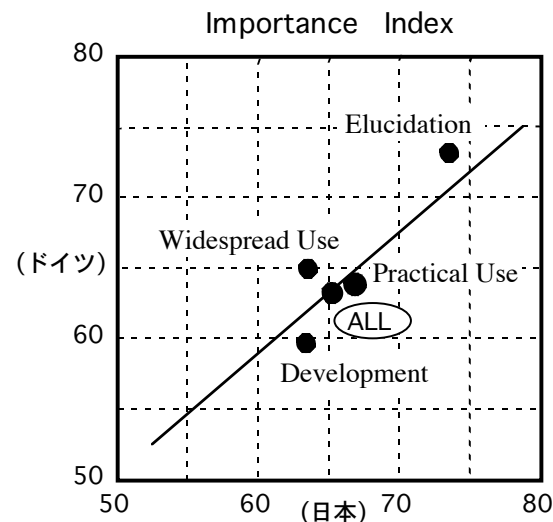
があります。これは文化が違うんです。違う文化をいきなりドッキングさせて歪を起こし、お互いに気まずい思いをしてました。そこで、「戦略研究」という中間ゾーンを置くという提案を学術会議で議論しました。

このゾーンをうまく取りますと、学問的興味も実用価値も所要時間も、うまく調整する領域ができます。2つだけでやろうと思うと、どうしてもケンカになるし、真空地帯ができてしまっとうまく行かない、だから3つめを置いて、全部整合性を取った格好でやったらどうでしょうか。とくに医学畑とか、農学畑、工学畑というのは、もともとこの領域が大きいんです。私も医学部になぜ行ったかと考えをたどって行きますと、やっぱり何となく病気を直したいなという気持ちがどっかにあるんですね。おもしろいからやるんですけれども、どっかで自分の研究したことが病気の治療に解決に役立ってくれるといいなという気持ちがあります。農学系や工学系の方もみんなそ

ういう気持ちがどこかにありまして、この領域に身を置くということにあまり抵抗がありません。産学共同の問題は下手に扱いますと非常に妙なこじれ方をしてしましますが、そういうことはないように、うまくやりましょうという主張であります。

それから、こういう議論をやっているうちに、私が非常におもしろいと思いましたのは、ドイツと

日本の共同で行ったミニ・デルフィ法による調査の結果であります。ドイツと日本のいろんな分野の人をサンプルしてきて作った母集団に対し、「科学技術の世界でどう



日独の科学における重要性の意識調査

いうことを大事だと思うか」と質問しインポートランス・インデックスを取ったものがありますが、どちらも「説明(Elucidation)」というのが一番人気があります。一方「非常に広く使われる(Widespread Use)」とか「実用価値が高い(Practical Use)」とか、あるいは「開発につながる(Development)」といったことは案外人気がありません。これは日本もドイツもまったく同じなので、私は驚きました。やっぱり学問的な興味は人類の共通の願いでありどこの国の人ももっているわけです。われわれは自信をもっていいんだということを大いに感じたわけであります。

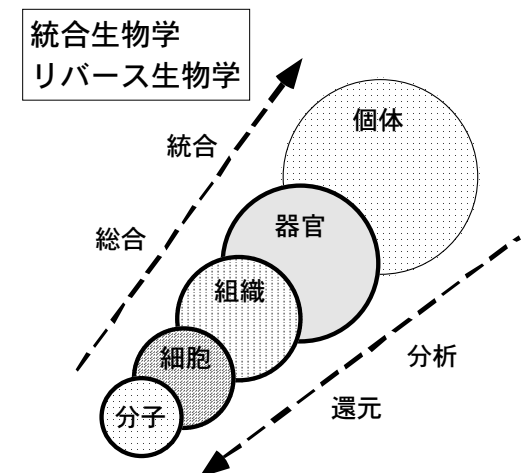
基本計画、基本法に関しまして申し上げたいのは以上であります、続きまして今日は、生物科学について、これを代弁するような立場で話をしろというご注文ですから、そちらの話をさせていただきたいと思います。

### 生物科学の新しい流れ—統合生物学

生物科学といっても広うございます。私の話は、やはり生理学とか脳科学が中心になりますが、現在「統合生物学」という考え方が強くなって、おもしろい局面になってきていると思いますので、そのお話をします。

従来は、個体を器官に分解し、器官を組織に分け、組織を細胞に分け、それを分子に分け……

という「還元分析型」の研究でどんどん来たわけであります。生物の場合、素粒子まではなかなか行かないんですけれども、タンパク質とか遺伝子までには、十分達して





いるわけでありまして。ところが、この傾向はいまどんどん加速されておりまして、どんどん進んでいますが、その一方で、逆の方向が出てきているわけです。これは「総合」とか「統合」とかいう言葉が使われます。英米では「インテグラル・バイオロジー（統合生物学）」という言葉が非常にはやっております、たとえばアメリカの国立科学財団（NSF）の研究分野の項目にもちゃんと大きく上がっております。私はときどき、逆向きだから「リバース生物学」なんて言ったりするんですが、とにかく従来の逆向きに行く生物学です。遺伝子から出発しますと、遺伝子の設計図をもとにして、どうしてこういう個体まででき、様相が決まり、行動し、人間の場合ですと心を持つのかといったところまで、今度は逆方向につないで行こうという動きであります。

これは言うは易くして、なかなか困難なことでもあります。物理畑の先生方にもぜひ知恵を絞っていただきたいのでありますが、私が昔習った物理学では、細かく素粒子までもってくる方向は簡単だけれども、合成しようと思うと、とてもできない。「多体問題」というのは、いちばん物理学者が嫌う問題だと聞いたことがあります、ほんとに個体ですと「多体中の多体」という存在になってくるわけであります。それでこういう研究の現状を、こっちを中心に最初お話ししまして、どうやってこっちへ持っていくかという筋道を説明して、私の話とさせていただきたいと思います。

## 還元・分析の方向

個体を作っているのは細胞ですが、とくに脳の中には非常にきれいな形をした細胞がたくさんあります。「神経細胞」と呼ばれるものですが、たくさん突起を出していて、それでたくさんつながり合う。その「つながり合う」というところが特徴でありまして、普通われわれ人間の脳には 100 億細胞があるとよく言いますが、100 億あるというだけでなく、100 億がもうぐちゃぐちゃにつながっていて相互作用をする。それで新しい性質がエマージしてくる。複雑系の科学の考え方とまったく同じ

事情が当てはまるわけです。

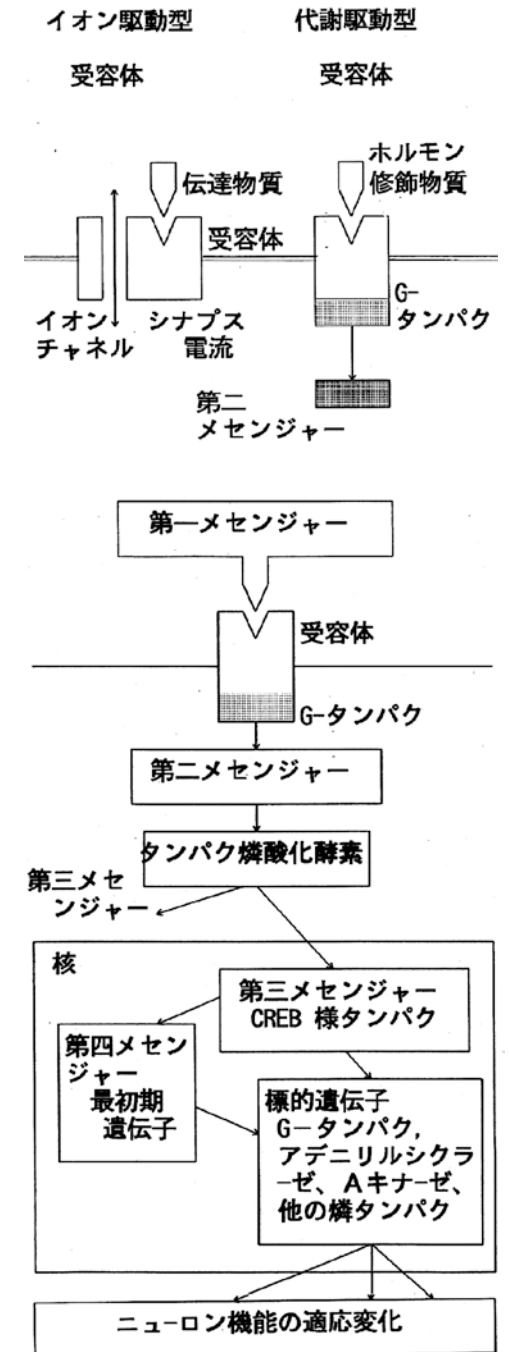
ひとつひとつの細胞の構造とか働

というのは、この 2、30 年の間によく分かってきました。目で見ると、

さっきのきれいなオブジェみたいなものですが、その部分がどういう構造をしているか、どういう働きをもっているか、たいへんよく分かって

きました。いちばん大事なのは「シナプス」と呼ばれる、細胞と細胞のつなぎめでありまして、ここで伝達物質という物質が出て、受容体と働いて、内部の働きに、「メッセンジャー」と呼ばれる反応系に移行して行って、中でいろんなことをやる。まあそれに尽きるわけであります。

それから、こういうものができてくる過程でいろんな物質が動く。成長因子とか栄養因子、ホルモンといった物質が絡み合っていて、複雑な脳を作り上げている、こういう事情がずいぶんよく分かってきたわけがあります。私自身が、実感しました大きな研究の変化は、このシナプ



スのところ、つなぎめで二種類のつながり方、物質的な意味でのつながり方が分かってきたということでもあります。伝達物質が出てきて受容体と反応しますと、パッと穴が開いてイオンがサッと流れるというのが「イオン駆動型」の受容体です。これは化学反応が電気信号に変換されるプロセスでありまして、脳の中では電気信号がバツと飛び交っていわけですが、そういう電気信号を作るもとの化学反応がこれです。

これは電気と化学を切り替えている、一番基本的な機構であります。

ところが、こういうものが受容体と働いて、電気信号を起こさないで、非常に複雑な化学反応につながってくる場合があります。この知見が割に新しく、この 20 年ぐらいだと思います。サザーランドが「セカンドメッセンジャー」でノーベル賞をもらって以来、この方の知見がずっと伸びてきました。ここで受容体が働きますと、G タンパクを通してセカンドメッセンジャーと呼ばれるいろんな物質が動き出します。これは、非常に雑多でありまして、サイクリック AMP とか、GMP とか、カルシウムイオンとか、それから一酸化窒素みたいなガス状の化合物まで、ここのランクに入ってきます。こういうものが作られて出てきて、それがタンパク質のリン酸化酵素に働き、タンパク質をリン酸化します。

3 番目のサードメッセンジャーの位置にありますタンパク分子がリン酸化され、また逆にこれを引き戻す脱リン酸のための酵素もありまして、タンパク質の状態がリン酸化と脱リン酸化の間をスイッチオン・オフされるというのが、一番のキーのプロセスになります。リン酸化されますと、脱リン酸化された状態とまったく性質が変わって、パンとここでスイッチが入ったような状態になり、そのままずっと長続きする、といったことで、いろんな生物反応が起こってきます。

さらにそれが核の中に波及しまして、細胞質の中の化学反応でなく、核の中へ入ってきて遺伝子に働きかけます。これには 2 つのルートがありまして、CREB 様タンパクを通すルートと、第 4 メッセンジャー、細胞が刺激されるとパーッと 2、30 分で発

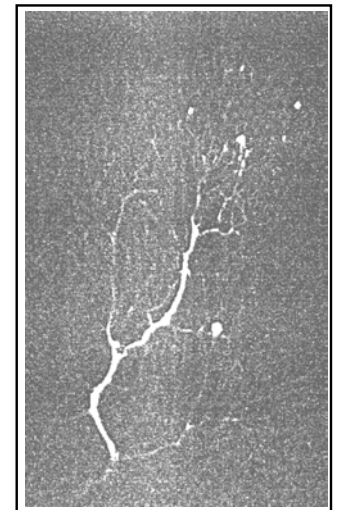
現してくる一群の遺伝子、いまでは 10 くらい知られておりまして、「最初期遺伝子」と呼ばれますが、そういうものを通して細胞の中で働くいろんな物質を作る情報を持っている遺伝子に働きかけて、これを変えるわけでもあります。

脳だけでなく、いろんな細胞の働き、たとえば免疫系の細胞とか、そのほか体中の細胞の働きが、だいたいこういった共通のスキームに乗ったプロセスで制御されているということがよく分かってきました。これはほんとにこの 20 年ぐらいの大きな進歩だと思います。

例えば、コカイン中毒というのがあって、何故 2、3 回注射されると、あんなにおかしくなって、コカインが欲しくて欲しくて気違いみたいになってしまうのか？ 社会ではよく見うける現象であるのに、なかなかよく分からなかったのですが、やっぱりこのルートに乗っています。コカインが働くと、ずっとルートに乗って反応が進み、脳のあるところの神経細胞の遺伝子がいじられてしまいます。ですから、この細胞の反応が変わってしまい、二、三回コカインを投与されますと、あとずっと脳の反応に長期的な変化が出てしまうということが分かってきております。記憶とか学習というものも結局、プロセスがそこにあります。記憶を起こした場合、われわれが何か刺

激を受けてそれを頭の中に留めている場合に、何か書かれているはずで、心理学者が「記憶痕跡」と呼んでいましたが、こういう筋道で考えますと、タンパク質のリン酸化酵素が働いて遺伝子が変わる、あるいはさっきの燐タンパクが性質を変えるといったことが記憶の根底にあるということが分かってきました。それなら、それを視覚で、目で捉えたらどうだということで、いろいろな試みがされるようになってきました。

この写真はごく最近ですが、理化学研究所で得られ

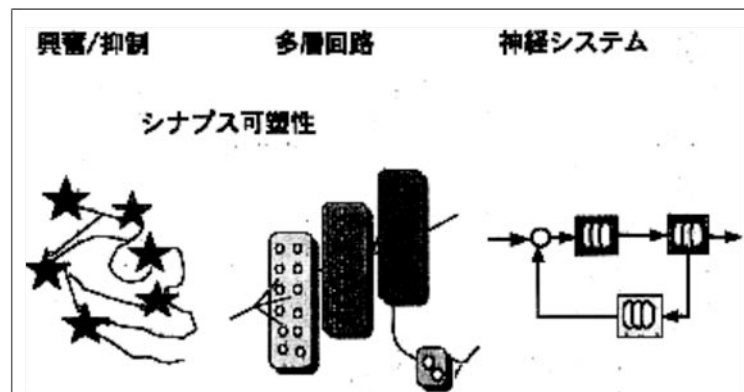




た像です。例えば、細胞の樹状突起にポツ、ポツ、とたくさんありますが、ここにシナプスができています。1 ミクロンぐらいの大きさで、ひとつの細胞に 1 万から 10 万個のシナプスがついています。こういうシナプスのところで、伝達の通り方が変わるということで記憶が起こるわけですが、伝達が変わるときにリン酸化が起こっています。そのリン酸化を起した状態を、免疫抗体を使って染め分けたものです。皆さんが頭の中で何か覚えたという、とっかの細胞でこういうことが起こっていると、考えればいいでしょう。だいたい間違っていないと思います。少しホラを吹いていますが、そういったことが最近、ずいぶん進んできました。

### 統合・総合の方向

次に、システムの方に話を進めたいのですが、こういう細胞が沢山あるとして、では、どうして脳ができるのか、どうして感情がうまれたり、ものを考えたり、いいとか悪いとか、真善美の判断をしたり、そんなことができるのか。こういう問題はいくら細胞をつついても分からないことです。沢山の細胞が集まって作っているシステムというものを理解しないと結局はできません。私もこの道約 40 年ですけど、40 年間にどういうふうに変え方が発展してきたかということを見ますと、こんなふうにな



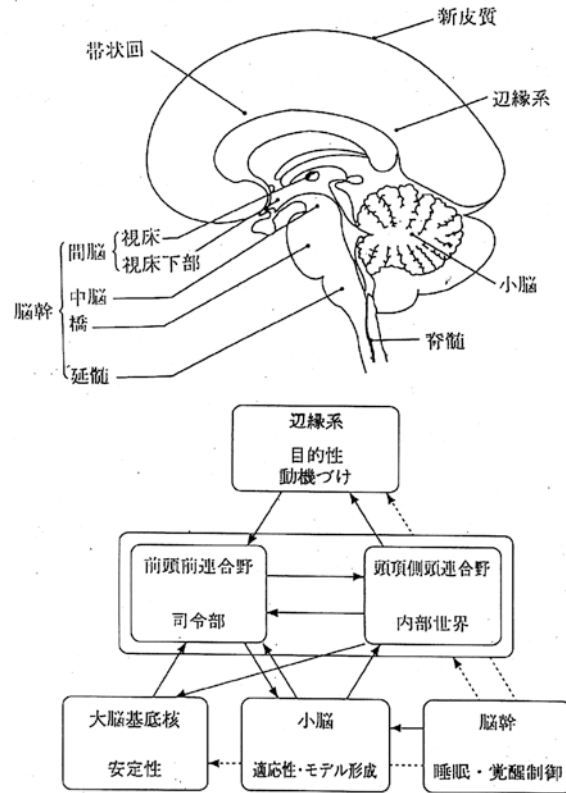
ります。

1960 年代というのは、まだ 30 代でございましたが、まだプリミティブな時代で、要するに細胞と細胞が興奮と抑制でつながっている、つながり方に興奮性と抑制性と 2 種類あるということが 1950 年ごろに分かりました。抑制性の結合を見つけたのがスタジョン・エックルスでありまして、私の先生ですが、5 月 2 日に残念ながら 94 歳で亡くなりました。これを見つけてノーベル賞をもらったという時代であります。

こういうふうにした沢山つながっているのだが、しかし、つながっているだけではどうしようもありません。その中に働きによってつながり方を変えるやつがあります。シナプス可塑性というのが脳の回路には含まれております。これが記憶装置として働くということが分かったのが、1970 年代から 80 年代にかけてであります。それからこうグジャグジャになっているのではなくて、平面上に層をなして配列し多層構造をもっています。そういう興奮と抑制でシナプス可塑性をもっている結合を多層に並べてつなぐと、たいへんな計算能力が出てきます。これは 1960 年代から 80 年ごろにかけて理論的な神経回路網理論がうまく解明してきたところでありまして。たいへんな計算能力を出して、極端なことをいいますと、どんな数式でもこれに覚え込ませることが出来ます。こういった回路網が脳の至る所にあり、今度はそれをつないで、いろいろなシステムができあがっています。そういう、いろいろな種類のシステムが脳の中に作られていまして、そういうシステムが脳の働きを発揮しています。あるシステムが働くと、感情という現象が起こるし、あるシステムが働くと意志が出てくるのだらうという、そういうシステムの問題になってくるわけでありまして。簡単に脳の中のシステム構造をちょっとお話しますと、脳はとってもでっかい代物で、ひと言で説明するのはなかなかたいへんですけれども、こんなふうにお考えいただければ、物理の先生といえどもお分かりいただけるのではないかと思います。

これは人間の脳です。ここに、マツタケの絵みたいなのところがありまして「脳幹」といいます。その上に小脳という傘が開き、大脳という大きな傘が開いていると考え、だいたい理屈が分かります。脳幹というのが脳の一番古い部分でありまして、下等な動物は脳幹でほとんどもっています。例えば、恐竜の脳です。私は見たことがないんですが、は虫類の一種であると考えれば、まあだいたい、ここで生きています。では脳幹で何をやってるのかというと、3種類の働きをやってることが分かっています。まず「反射」、刺激がくるとポンとすぐ反応する「反射」があります。次に、歩いたり、走ったり、飛んだり、泳いだりというもっと複雑なメカニズムをもった機能系がもう一つあります。それから餌を食べたり、水を飲んだり、異性を捕まえて交尾するといった生物的な行動というのがありまして、この3種類の機能が脳幹に全部そろっています。これだけで基本的な働きはできます。だから恐竜はこれだけで生きて行けるわけです。

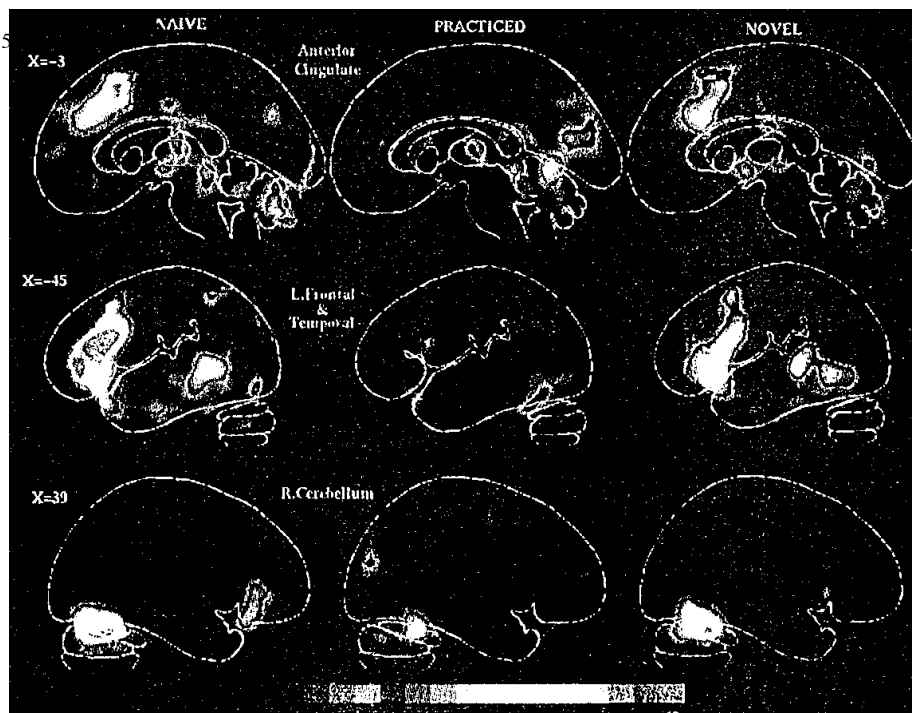
しかしこれだけですと、あまりにも機械的すぎて、ちょっとやっぱり生きて行けないだろうと。で、その上に4つおもしろな構造がついてまして、小脳、大脳辺縁系、大脳基底核、睡眠覚醒中枢、という4つの構造が上の方にくっついていてうまくやってく



れます。例えば、環境が変わったときに、同じパターンで行動すると死んでしまうから、なんとかうまく変えて行かなくちゃいけないという、そうときには小脳が働きます。例えば、アスファルトの道を走ってきた猫が砂利道に突っ込んだとき、同じ走り方をするとひっくり返ってしまうので、パッと切り替えてくれるのが小脳です。

それから大脳辺縁系は目的に合わせる働きをします。結果が目的に合わないとき修正して、目的に合わせるようには行動を変えます。例えば、同じ水を飲むのでも、砂糖が入っていると、ネズミは飛んで行っては飲み、飛んで行っては飲み、おなかがガバガバになるまで飲んでしまいます。ところが塩を入れておきますと、1回か2回飲むと、もう絶対に近づかなくなります。同じ水を見てもそれだけ行動が違う、そういう切り替えをやるのが大脳辺縁系であります。ですから、恐竜の脳でもずいぶん高級なことができる。それが、鳥を過ぎて、ほ乳類になってきますと、ここに「大脳感覚機能」というのが出てきて、もうちょっと高級なことができます。イヌやネコの知能というのは、だいたいこの大脳皮質ができてきたからによります。

ところが霊長類になると、この上にもう一つ「大脳連合野」ができてきます。ここまでの機能は、みんな刺激が入ってきて出ていくというふうに、外の世界とつながっているんですけども、大脳連合野というのは、外の世界と切り離されて動くような構造にできあがってきました。それが、霊長類に独特な大脳連合野機能でありまして、この真ん中のところなんですけれども、頭の前の「前連合野」と後ろの方にある「頭頂側頭連合野」との、2つの部分が相互干渉していろんなことをやるようになっています。ただやはり、大脳基底核とか小脳とか脳幹が、これをバックアップしています。例えば、辺縁系は目的性、「しっかりやれ」なんていうのは辺縁系の方の働きです。ここが弱いと学生はダメなんです。脳の各部のそれぞれが、どういうことをやっているかというのが分かっています。互いにバックアップして、うまく働かせるようにしているわけでありまして。



これは霊長類の特徴でありまして、やはり人間が最高に発達しています。将来の脳科学は、ここのレベルに挑戦しないといけないんですが、最近の進歩として「ポジトロン・エミッション・トモグラフィー」なんか使いますと、そういう活動が分かるようになってきました。これは言語を使いまして、一生懸命考えている人の脳からとったポジトロン・エミッション・トモグラフィーの像です。脳の横から見ますと、さっきの「前頭前連合野」ですね、それから「頭頂側頭連合野」の中の一部、これは言語野になります。この両方で猛烈に血液の流れがよくなりまして、昂進しています。この人は名詞を次々と聞かされて、それに対応する動詞を次々と言わされているわけです。「アップル」というと「イート」、「デスク」というと「シット」とかです。そういうふうに変換を「早くやれ、早くやれ」とせつつかれているわけで、両方が猛烈に交信しています。それをせつつくために大脳辺縁系の一部が猛烈に活動している。それを助けるために小脳の一部が猛烈に活動しているというのが、非常に見事に出て

います。これはアメリカのセントルイスのグループが発表した図があります。

どうもこの調子で話していると、きりがいいんですけど時間がまいりましたので、ちょっと中途半端になりましたが、話を終わります。現代の生物科学というのはこういうミクロの細胞分子レベルの研究がワッと進むと同時に、それをもとにしてどうやって個体レベルの行動とか心の問題に挑戦できるかということを考える非常に重要な転機になってきているということが出来ます。

ご静聴ありがとうございました。

## 小沼

伊藤先生、どうもありがとうございました。お時間があればまた、いろいろ勉強させていただきたいという感じがいたしますけれども……。先ほどと同じように、直接いまのお話に関係してご発言、ご質問のある方、おられますか。

それでは、続けて第一部の最後のお話をお願いしたいんですが、核融合科学研究所長の飯吉厚夫先生、お願いいたします。

## 核融合科学

飯吉厚夫（核融合科学研究所長）

ご紹介いただきました飯吉でございます。私の話は核融合研究の現状のようなことと、かなり主観を交えさせていただいて、核融合研究の今後の進め方といえますか、その辺のところ。また大学の研究者がどういうふうにいま、いっしょに協力し合って研究をしようとしているかというようなところをお話できればと思います。それと私ども岐阜県土岐市に研究所を作っておりますので、その若干のご紹介をさせていただきたいと思います。私の話もちょうど飛んだりいたしまして最後は時間がなくなるおそれがございますので、私の話の要点を先に簡単にご説明しておいた方がよろしいかと思います。

### 核融合研究の2つの側面と3つの要素

核融合の研究には、① 新しいエネルギー源の開発、という至上命令がありますが、それと同時に、② 新しい学問分野の開拓、という側面があり、この2つがお互いに密接にインターリンクしながら発展をしてきました、またこれからもそういうことになるだろうという分野でございます。

① 新しいエネルギー源の開発を強く意識した研究としては、原子力研究所を中心とするトカマク路線—これはソビエトで開発された方式です—があり、ステップ・バイ・ステップで計画的、段階的に、計画を進めています。一方、② 新しい学問分野の開拓をめざす大学では、多岐路線で、学術的視点を十分、加味しながら研究を推進しています。

これを、いまの行政のタテ割りの話で言いますと、科学技術庁と文部省という形で

進められてきている面もちろんあるわけで、メリット、デメリットがありますけれども、少なくとも核融合に関してはメリットの方が大きかったのではないかと考えます。と、言いますのは、①のエネルギー開発に力をいれた路線を非常に強く志向しておりましたアメリカやヨーロッパにおいて、最近反省が出てきてまして、フュージョンもテクノロジーだけでなく、エナジー・デベロップメントと共に、サイエンスとしてやるべきだ、そういうことを忘れてはいけないということになってきました。例え

ば、アメリカエネルギー省(DOE)の核融合のディビジョンは、いままで「Fusion Energy Division」でありま

したが、去年から「Fusion Energy Science Division」という名前に変わりました。

「核融合学」というのは今日のテーマですが、これを大きく分ければ、炉心のプラズマの部分を中心とした核融合科学(Fusion Science) それに対して炉心を取り巻いてエネルギーを変換しようという、いわゆる核融合炉工学(Fusion Engineering)、それからその両方のベースになるプラズマ科学(Plasma Science)、この3つの分野から成り、バランスを取りながら発展していくことが大切であります。

それで、大学のグループは、近年「核融合ネット」と構想を立てまして、共同研究とか共同企画というような形の新しい展開を始めております。このへんのところをご紹介したいと思います。最後に時間があれば、核融合研究のビッグプロジェクトとして、最近話題になっております ITER について話します—これは、後で吉川先生からコメントがあると思いますけれど—。ITER のようなビッグプロジェクトは、国際共同で推進されているわけですが、いままでのプロセス、やり方等を見ておきますと、競争原理の導入、全体的戦略の確立、研究者レベルからのボトムアップの展開、国際プロジェクトにおけるリーダーシップの尊重、といったような問題が重要であると思います。以上が要点でございます。

<p><b>核融合学</b>  <b>核融合科学 (Fusion Science)</b>  <b>核融合炉工学 (Fusion Engineering)</b>  <b>プラズマ科学 (Plasma Science)</b></p>
---

## 核融合研究の目標

核融合研究はいま申しましたように、21 世紀のエネルギー源としての開発が期待されているわけで、中心は制御された核融合エネルギーの実用化という課題でございます。それを取り巻いて、核融合科学、核融合炉工学、プラズマ科学があり、相互に関連しながら発展しているということを先に述べました。

新エネルギー源としての開発は、段階的に進んできたということを申しました。核融合開発の目標を考えるには、Q 値というものを定義します。核融合反応を起こすにはプラズマを加熱しなければならない。そのときの加熱に要する入力と核融合による出力との比が Q 値です。Q 値は、ほぼ  $nT\tau$  に比例した式で与えられます。したがって  $nT$  というプラズマのプレッシャーと、閉じ込め時間  $\tau$  との積を大きくしていくことが必要です。

Q=1 が、ちょうど入力と出力が等しいケースで、「ブレイクイーブン」という条件です。それから、Q が 10 以上になると、この値は若干あいまいな点もありますが、燃料を入れるだけで燃え続けるという点火条件を満たします。この  $nT\tau$  のうち、 $nT$  というのは加熱の技術が開発されて参りまして、いまそれほど問題はないんですが、問題は  $\tau$  です。経験的に、閉じ込め時間  $\tau$  は  $\alpha a^2$  になります。a のスクエアというのはプラズマの太さを表わすものでまして、 $\alpha$  はいろいろなプラズマの性質によって決まってくる値です。残

$$Q = \frac{\text{核融合出力}}{\text{加熱入力}} \propto nT\tau$$

n : 密度 ( $\text{m}^{-3}$ )

T : 温度 (keV)

$\tau = \alpha a^2$  :

閉じ込め時間 (sec)

a : プラズマ小半径

$\alpha$  : 配位

成立条件 (DT 反応)

$$Q = 1 \quad nT\tau = 10^{21} \text{ m}^{-3} \cdot \text{sec} \cdot \text{keV}$$

臨界プラズマ条件 (break-even)

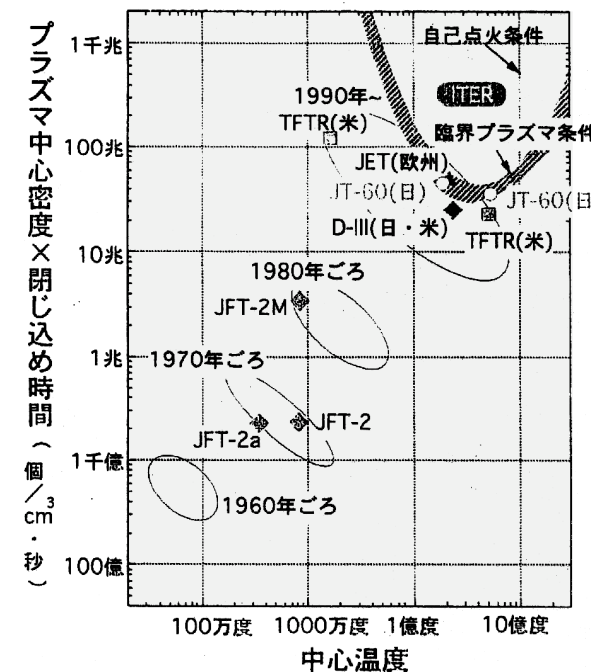
$$Q > 10 \quad nT\tau > 10^{22} \text{ m}^{-3} \cdot \text{sec} \cdot \text{keV}$$

点火条件 (ignition)

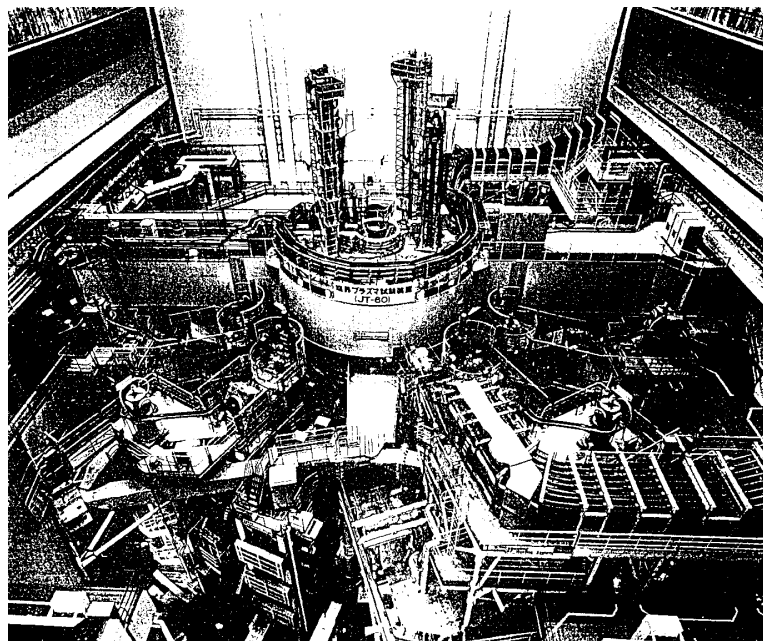
念ながらこの  $\alpha$  がなかなか法則的に決まらない。後でお話しますが、プラズマが非常に乱れた状態になっておりまして、その乱流状態によって、いろいろな  $\alpha$  の関数ができます。ただ、この  $a^2$  に比例するという関係だけは、実験的にも、経験的にも、おさえられておりますので、Q 値を上げていくためには、この  $a^2$  を大きく、つまり装置の規模を大きくしていくことが、一番簡単な方法であります。それは必然的なことです。別の表現をしますと、核融合反応による熱は内部でボリュームに比例して出てくるわけですが、外に出てくるエネルギーは、ロスも含めて表面から出てくるわけですから、体積と表面積の積を大きくしようとしますと、どうしてもボリュームを大きくせざるを得ないということになります。

そこで、各国は 1970 年頃からトカマク路線に取り組み、80 年、90 年というふうに段階的に Q 値を上げてきました。これは、よく知られたローソンダイアグラムで、装置の ( $n\tau$ ) と T を示します。現在、日本の原研の JT-60、アメリカのプリンストンの

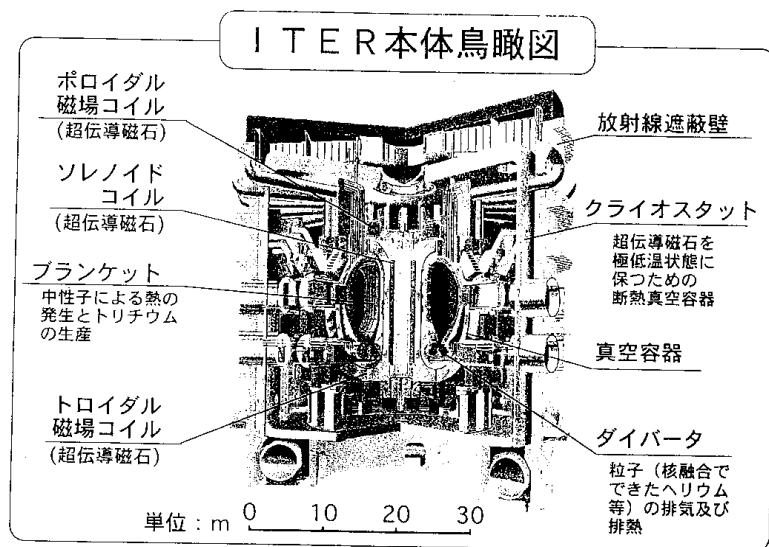
TFTR、ヨーロッパで共同して作った JET という装置がこの臨界プラズマの条件に到達しています。次のステップは、実際に自己点火の条件に持っていくことであると考えられておりまして、国際共同の ITER の計画が現在進んでいるところでございます。







日本原子力研究所の大型トカマク装置「JT-60」



## 「ITER」国際共同計画の本体予想図

### 核融合研究の現状

核融合の研究というのは、いままでの先生方のお話の中でいちばんテクノロジーと密接に関係している分野でございます。これは、原研でお借りしてきた JT-60 の全体像です。プラズマの直径が 7、8m、これがドーナツの部分、これがマグネットの磁場の閉じこめの部分です。そのほかにも、いろんな加熱のシステムであるとか、計測のシステムであるとか、制御系であるとか先進技術の粋を集めた装置でございます。

次に、これがいま話題の ITER 計画です。細かいことは申し上げませんが、ここに人が立っておりますので、大きさのスケールがお分かりいただけると思います。約 1.5 ギガワットのエネルギーを発生するシステムになっています。設計が 4 極の共同で進められておりまして、来年の夏ごろには設計が終わるという計画になっています。その建設サイトをどこにするかということで、いまいろいろと議論がありますが、これについてはたぶん吉川さんからお話があるかと思います。

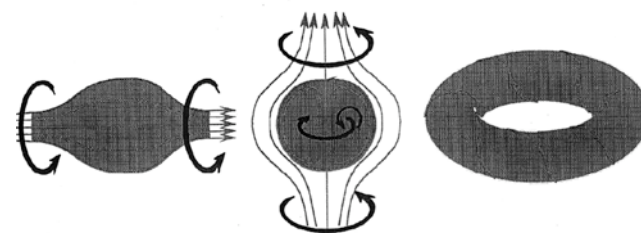
以上がいまの開発路線ですが、それに対して大学の方は、先ほど申し上げましたようにマルチ路線でございます。核融合の開発というのはテクノロジーでございますから、ユニークソリューションというのはないわけですし、いろんな用途に応じた、いろんな性能をもったリアクターが考えられるわけです。そういう意味で、ずっと将来までトカマク路線が 1 本道だということは言えないわけでございます。したがって、

いろいろな方式が検討

されております。

これがドーナツ型です。これには、トカマクと、私どもの核融合科学研究所でやってお

### 磁場によるプラズマ閉じ込め



ミラー型

球状

ドーナツ型

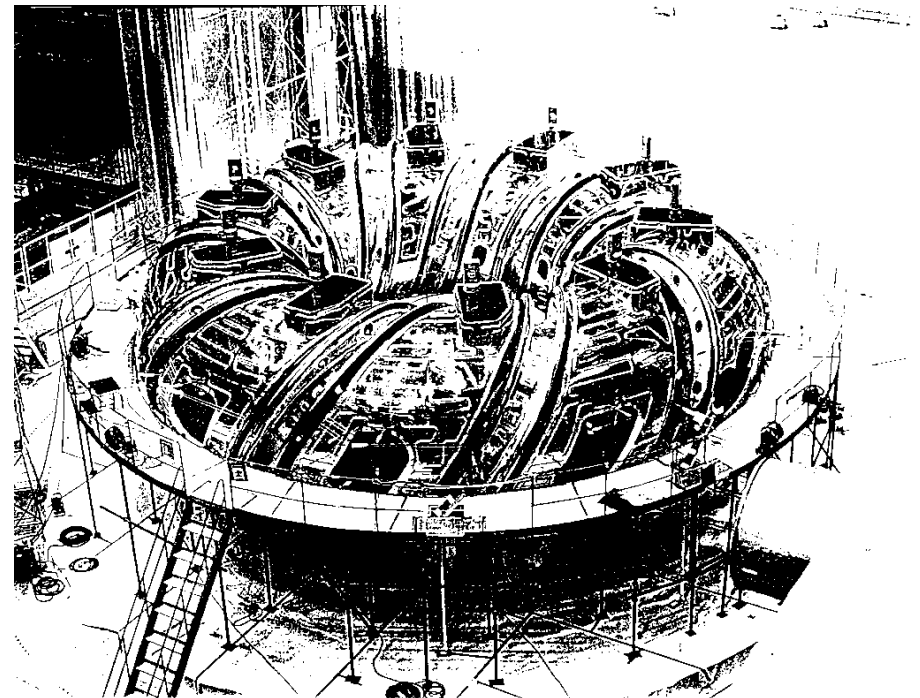
りますヘリオトロン、ヘリカルシステムがあります。そのほかに球状、できるだけ球に近いコンパクトなシステムを考えた、球状の「スフェロマック」という方式もあります。これは比較的簡単にプラズマができますので、大学ではいろんなところで、実験室レベルの研究をやっております。それから「ミラー型」とはこういう割合とシンプルな構造ですが、ここにプラズマを閉じ込める部分ができているということで、直線型とも言っております。このように、それぞれ特徴のあるコンファイメントの研究をやっているわけですし、現在も大学の中にはこういう大きなセンターとして研究が進んでおります。先ほど言いましたミラー型というのは筑波大学でやっていますし、私どものところと京都大学ではヘリカル型をやっております。それから、大阪大学では、磁場を使わないレーザーによる慣性核融合というのをやっております。九州大学の応用力学研究所では、トカマクをできるだけ磁場の強い状態で、コンパクトな形でやろうという超伝導トカマクの研究もやっています。

もうすでに 10 年ほど前になりますが、大学の各センターで、それぞれの成果を上げてきたところで、大学それぞれのセンターから、次のステップのもっと大きな研究をやりたいという希望が出てました。早川先生が中心になられまして、西川先生、詫間先生などが、それじゃ一度大学全体の動向調査をして、その中で次にステップアップするとすれば、どの方式がよいか決めていこうといういうことになりました。、かなりホットな議論が 2、3 年続きまして、その結果、ヘリカル型 LHD (Large Helical Device) という装置に決まりました。ちょっと、説明させていただきます。

これが、その大きさでございます。二重らせんというか、らせんの構造になっております。トカマクと違うところは、トカマクの場合は磁場を作るのに大きな電流を流すわけですが、このヘリカルシステムではらせんのコイルに電流を流すことによって、プラズマの中には電流を流しません。無電流のプラズマですので、将来、超伝導マグネットをリアクターとして採用することになれば、定常運転が実現できるという特徴

がございます。これは京都大学で独自に開発されてきたシステムでございます。すでに 8 年ぐらいの建設日が続いておりまして、現在最後の年を迎えております。これが、今年の始めに完成しました超伝導のマグネットでございます。このらせんの部分が超伝導になっているわけですし、超伝導の核融合システムとしては世界で最大のシステムになっているわけでございます。

ここに達するまでにいろいろな技術開発が必要であったわけですが、さきほども申し上げましたように、核融合では、いろんな意味の技術の開発が研究の核を決める、質を決める大事なファクターになっております。これが大型ヘリカルの全体像ですけれども、本体の周りにさきほどの JT-60 のように、いろいろな加熱のシステム



核融合科学研究所のヘリカル装置「LHD」

か計測のシステムがついているわけでありまして、今年中に完成いたしまして、来年の春ごろから実験を開始するとそういう段階にきております。研究所の建屋も、現在岐阜県の土岐市にほぼ完成しまして、先週、名古屋大学で間借りをしておりました研究者が全部こちらに移りました。旧プラズマ研究所からもこちらに移ってまいりました。来月から本格的に全面移転して、研究を開始することになっております。

ここまでお話したのは、磁場による閉じ込めを用いた主プロジェクトでございますが、このほかにレーザーを用いる研究もございまして、大阪大学を中心に慣性核融合の研究が進んでおります。固体の 600 倍ぐらいの高密度プラズマの生成に成功しています。

## 大学の「核融合ネットワーク」

大学の研究者がこの 2、3 年前からいろいろと集まって議論をいたしまして、共同研究をもっとアクティブに進めるため、核融合のネットワークを形成することにしました。

いままでの研究というのは、どちらかと言いますと、慣性核融合、トカマク、ヘリカル、ミラー、コンパクトというような、要するに方式オリエンテッドな、閉じこめ方式の研究をどんどん進めて行くという方向に研究の中心がありました。それぞれのコンファイメントに、それぞれの問題があるわけですが、かなり共通した課題があります。安定性の問題とか、輸送の問題はその例です。とくにプラズマの場合は、先ほど申し上げましたように、非線形の輸送現象というのがかなり大きな問題になっておりまして、どの方式にも現れています。それから、最終的には核燃焼プラズマの定常化の問題とか、自己組織化の問題があります。実は、まだ地球上に核燃焼を激しく起こしている状態を実現していないわけでありまして、ITER が実現すれば、初めて核燃焼プラズマがわれわれの手になるわけです。核燃焼したプラズマと、そうでない、い

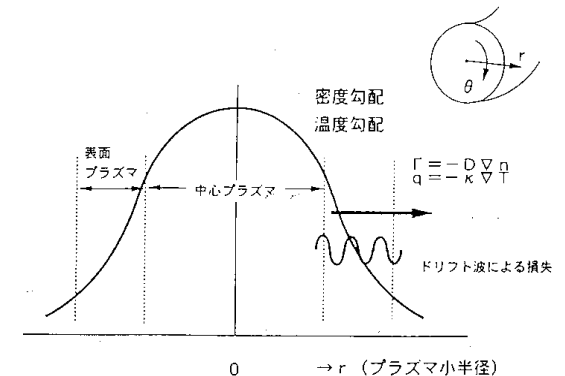
まわれわれが研究しているプラズマとは、たぶん性質が相当違うであろう、ふつうのガスと燃焼ガスのような違いが出てくるかもしれないと考えられます。研究テーマとしてはたいへんおもしろい、研究者としてはできるだけ早く研究に取り組みたいという分野になってくるわけでございます。

これを直接研究できないにしても、シミュレーション実験は、いくつかアイデアがあります。いずれにしても、こういう横の共通した課題を拾い出して、それを中心に、方式を超えた共同研究をやっているのではないかと、それがプラズマ科学の全体をさらに発展させて行くのではないかと、という考えでございまして。最近とくに研究が進んでいるところでございます。

## 最近のトピックス

物理的な最近の進歩のいくつかの例についても、トピックス的なお話ができればと思つて用意はしてきましたが、時間もありませんので、核融合の始めから終わりまでつきまとうであろうプラズマ閉じこめの研究についてひとつだけお話しします。核融合のプラズマというのは、閉じこめられたプラズマですので、有限のところに、こういう密度や温度のプロファイルをもった、真空状態があるわけですが、そういう状態でいかにトランスポートを少なくするかという研究です。ここにグラディエント P とかグラディエント T という温度勾配や密度勾配があるために、プラズマの中にはいろんな不安定の波がエキサイトされます。

とくにドリフト波と呼ばれる、一種の静電波ですが、そういうものがプラズマの中で簡単に誘起されて、それがいろんな磁場配位の条





件によって成長し、タービュランスのもとになります。

これを「異常輸送」と言っていますが、これを何とか抑え込まないといけないということになります。普通こういう拡散現象というのは、古典的に衝突で説明できる「新古典輸送」というのがありますが、実際の実験はいずれも 100 倍とか、場合によっては 500 倍くらいの異常輸送を示します。それで、できるだけ装置を大きくしていくという方向に行くわけですが、最近、乱流の中にも遷移が起こり得て、それがある程度コントロールできるというような実験結果が見つかりました。それが「Hモード」と、われわれは呼んでいるわけですが、閉じこめの状態が不連続的によくなる、瞬間的に閉じこめ状態が変わるというようなものが見つかり始めております。これは理論的にも、とくに我が国の理論屋の中で伊藤君たちがやっている話ですが、非線形の輸送です。普通、こういう輸送現象では、流速と勾配は線形で近似されるわけですが、本質的に非線形でないこういった現象は説明できない、とくに電場が非常に大きなプラズマの中のポテンシャルが非常に大きな影響をもっているといことでございます。この辺のところはスペースプラズマとかほかのいろいろな分野にも関連があるのではないかと考えております。

レーザー核融合の方も同じような現象になっておりまして、爆縮されたプラズマがかなり乱れた状態になっている、そういうものを、できるだけユニホームな状態にするためにどうしてもビームの本数を増やしていかなければいけないということが言われているわけですが。最近、大阪大学では……。

レーザーの場合は、密度はたしかに固体の 600 倍ぐらいに上がったわけですが、温度が中心でさっきの乱流の乱れのために上がらないという現象が実験結果に見えています。この場合の不安定性というのは磁場がありませんので、「レーリー・テラーの不安定性」で乱れができるわけですが、レーザーの研究者たちはこれを瞬間的に、ここにペタワットぐらいの、非常に瞬間的な大きなエネルギーのパルスを送り込んで、

温度を上げよう、そうすれば大きなシステムを、こういうビームをいっぱい使わなくてもイグニッションに近い状態を作れるのではないかと、そんな研究も進んでいるわけでございます。

フュージョンサイエンスの話でほとんど終わってしまいそうですが、このほかに核融合の炉工学の方も、大学の研究者たちが3つの大きなグループ、炉材料燃料グループ、電磁マグネットグループ、炉システム安全性のグループ、それから慣性核融合のグループというような形でネットワークを組んで、その間の共通の課題を研究するという、そのような動きが進んでおります。

プラズマサイエンスの方は、もう少し広い視野で研究が進められているわけでありまして、核融合に限らず、天体プラズマであるとか、最近ではプラズマプロセス、温度の低いプラズマに対しては、半導体に対してプラズマ技術の応用が進んでいます。いろいろな課題、トピックスがございますけれども裾野を広げて行こうとしています。それからプラズマというのは、複雑多岐な、相互作用の入り組んだ、第4の物質の状態でございます、これはある意味では複雑系の物理のひとつのたいへん興味ある研究対象になるというようなことで、私どもの研究所のシミュレーショングループが中心になりまして、シミュレーションの研究を進めております。自己組織化の問題であるとか、リコネクションの話であるとか、いろいろ、これは天体プラズマにも共通した話題であらうかと思えます。

だいたい時間がきたようでございますが、最後に、いま私どもの研究の主流は DT 反応を指向した研究になっているわけですが、その最大の理由は反応断面積が大きくて、反応率が大きいということです。最近、原研の JT-60 の実験などで、すでに4億度とか5億度というような温度が達成されているわけですし、D3He とか、DD 反応も射程に入ってきていますので、そろそろさらに進んだ燃料も考えるときであります。こういう D3He のような反応は、ほとんどニュートロンが出ませんし、直接発電によって、

核融合反応エネルギーを、直接電氣的なエネルギーに変換できるという可能性も秘めているわけでございます。いまの段階では、かなり基礎データの少ない分野でございますが、大学としてはこういう研究も将来に向かって進めて行く必要があるだろうと考えております。

最後に、本日はリンクスリセウムに初めて出席させていただきまして、それが最後ということで残念でございます。私は常日頃、伏見先生のプラ研時代におられた所長室に8年間ずっとおりまして、この6月にいよいよ新しい研究所に移るわけでございますが、いつも先生の無言のプレッシャーを感じて、今日まで一生懸命やってまいりました。今後ともまた先生方には新しいサイトで、新しい気持ちで所員一同がんばってやっていこうと思っております。またよろしく、ご指導、ご鞭撻のほどをお願いいたします。私の話を終わらせていただきます。

## 小沼

飯吉先生、どうもありがとうございました。それじゃ、さきほどと同じように、ご質問、ご発言の方、いらっしゃいますか。いままでの4人の先生方のお話全体を見回して、ご質問なり、ご意見なりおありの方がいらっしゃいましたら、1、2お聞きする時間があることはあるんですが……。第一部の先生方、お互いの間でご発言がありますか。

## 小平

数学の美しさとか、整合性とか、そういうところに行き着くというお話をされましたが、そういうものは伊藤先生のお話にあった脳の機能としてもっているものなのでしょうか、そういう数学的な……。われわれ人間の思考性というものです。いやそりゃ、答えがパッと出るようなものではないと思いますが、伊藤先生はどうお考えに

なりますか。

## 伊藤

そこが一番、難しい問題で……。よく真善美と言いますけれども、どうやって直感的にああいう規範が頭の中にあるのか非常に難しい問題です。私が先生のお話をうかがって気になったのは、先生でしたね、数学が頭から出たものか。菅原先生でしたっけ。あれはですね、私もよくそういう議論することがあるんですけども、数学というのは存在していて人間が発見するだけのものなのか、あるいは人間の頭脳が生み出すものなのか。そこのところの見解の違いが非常にいろんな人が提起するんですけども。発見するものだというふうにお話だったんですけども、どうも脳が生み出してもいいような気もするんですけどもね。連合野の話を言い出しますと、これはもうたいへんですから。もう全部そこに、われわれの考えですと、大脳の連合野に外の世界というのが全部投影されて、全部できている。だから一種のバーチャルリアリティみたいものが脳の中にできていて、われわれものを考えたり感ずるときは外界を直接やってないで、脳の中でみなやっている。だから数学というのも、もともと外に存在していたのが中に投影されて中にあるものをわれわれが解いているのか、外にないのをわれわれの頭の中で作り出して解いているのか、そういう問題になってきて、ずいぶん問題きわどくはなるんです。

## 菅原

そういう議論はわれわれはしょっちゅうやっておるわけなんです、まあ数学に行かなくてもいいと思うんですが、たとえば物理の概念で「エントロピー」というのがあります。エントロピーと言われたときに、いったいあなたは頭の中に何を思い浮かべるかと、こういう質問を受けるわけです。正直、みなさんこう考えておられると思うんですが、人によっては熱機関、なかなか効率が上がらない熱機関を思える人

もあるんだろうと思うんです。たぶん、だいたいの方は複雑な状況でもって、混沌とした状況のことを思い浮かべる可能性があるわけです。人によってまちまちなわけですね。

そういうものが、もっと数学的なことで言えば、たとえばゲージ変換。これ、自然の対称でもっとも基本的な考え方だろうと思うんですが、それを（言われたときに）いったいあなたは頭の中に何を浮かべるか。私はどうがんばっても、いわゆるゲージ変換という数式は浮かんで来ないわけなので、まずは回転なんですね。回転というのは、どうも脳の先生におうかがいすると——物理で脳をやっている武田先生という先生がおって——脳の中には「並進」とか「回転」とかいう、そういう基本的な空間の対称性は理解できる層構造があるという。層構造のひとつの分野があるとうかがいました。たぶん、私は「ゲージ変換」と言われると、そのところが少し電流が流れるんじゃないかと思うんですが、そういうものに焼き直して行くと。そういう回転と、ものがローカルに存在するという、そういうたぶん存在の認識をする脳の分野もあるというふうにうかがいました。それとそれがカチ合うと、ゲージ変換というものがなんとなく、このメッセージとしては出てくるわけですね。そういうものをコンバインして行っったときに、クリエーションといったものがどっかで起こるのかどうか。それはたぶん数学者の小平先生と、アインシュタインとかプラトンとか西欧流の考え方との非常に違って、それをどう認識するかというところで違って来るんだろうというふうに思います。

日本の和算の歴史をちょっと読んだことがあるんですが、あそこの中でも日本の数学というのは非常に小平先生がおっしゃったような形で、自然から自分たちがこう受けて、見つけだしていくんだという、そういう認識が非常に強かったというような印象を受けます。たとえばユークリッドの原本が日本に届いても、あれは人間がこういうものがアクシマムだということをきちっとこう定式化するわけですが、そう

いうものに日本の和算の人たちは一顧だに顧慮しなかった。「あんなものはつまらん」とはっきり言っているわけですね。それは、まさに考え方の違いが出ているんだろうと思います。その最後の答えがいったいどっちが正しいかというようなことについては、とても私がいま答えができるような問題ではないと思います。ただそういう感想だけ。

## 小沼

異なる分野の人たちの討論というのは非常に深まるというか、あるいはたいへん面倒なところへ行っちゃうというか、両方ありえると思うんですけれども。伊藤先生、何かございましたら、あれですが、そうでなければ、これで終わりたいと思います。

## リンクス・リセウム・シンポジウム

### 第2部 パネル討論会

## 20 世紀の科学の発展とその基礎

中井浩二（司会、東京理科大学教授）

第2部はパネル討論会でございます。さきほど申し上げましたように、このシンポジウムでは、主に3つのテーマを考えておりますが、特にこの第2部では、「20世紀における発展の総括」と、それから「文化としての学術の推進」に視点を置いて議論をさせていただきたいと思います。

パネリストは、みなさんよくご存じの先生方として、いまさらご紹介申し上げるまでもないと思いますが、皆様からご覧になって右から順にご紹介させていただきます。

まず和田昭允先生でございます。現在、相模中央化学研究所理事をしていらっしゃいます。生物物理学のリーダーとして新しい分野を開き今日の発軀の基礎をお築きになりました。現在、学術会議第4部の会員でいらっしゃいます。

次は日本原子力研究所の吉川允二理事長でいらっしゃいます。核融合科学をはじめ、基礎研究から応用研究まで原子力研究所の幅広い研究を指導しておられます。

それから山崎敏光先生。山崎先生を原子核物理のリーダーとして紹介してよいのかどうかという気がします。それほど幅広く素粒子、原子核、原子物理、物性物理の各分野を開拓し、活躍してこられました。前原子核研究所長でいらっしゃいます。

その次に中嶋貞雄先生でございます。現在は超伝導工学研究所顧問でいらっしゃいます。低温物理学をはじめとして、物性物理学のリーダーでいらっしゃいます。第15期学術会議第4部の部会長をなさいました。そのときにまさに今日のテーマである「文化としての学術」という問題が提起されました。

それから小田稔先生。現在、東京情報大学の学長でいらっしゃいますが、これま

で宇宙科学研究所の所長、理研の理事長を歴任されました。X線天文学の創始者でありまして、この分野のリーダーとして、われわれを導いてくださった先生でございます。

壇上左側のテーブルには第一部のスピーカーの先生方、小平桂一先生、菅原寛孝先生、伊藤正男先生、飯吉厚夫先生にお座りいただきました。以上の10人の先生方でパネル討論会を進めたいと思いますが、機会を捉えて会場からのご意見、ご発言をいただきたいと存じております。

それでは、小田稔先生にこのパネル討論会の口火を切っていただきます。第一部で、私が拙い紹介をいたしました、もっと広い視点から伏見先生を中心とした学術研究の20世紀後半の発展のお話をしていただきたいと存じます。小田先生、よろしく願いいたします。

#### 小田稔（東京情報大学長）

今日は、伏見先生が「リンクス・リセウム」を閉じられる記念— というのもおかしいんですけども — のシンポジウムであると私は理解して来ました。

伏見先生の足跡について、先ほど中井さんからご紹介がありましたけれども、今度は私から見た伏見先生を紹介します。

「伏見先生と私」 伏見先生のほんとのルーツまでは私は存じませんが、伏見先生と私とがかかわったという、一番のルーツは1942、3年ごろ、私が阪大の学生であったころでございます。中井さんが話された原子核関係の先生方のほかに、当時の阪大には八木秀次先生や、浅田常三郎先生がおられました。浅田先生は「物理の応用」ということをやっておられたと思います。実は、物理の応用は応用物理ではないんだということを木下是雄先生からかなり厳しく言われましたので、ここでは「物理の応用」ということにします。

もう一つ、声を大にして言わなければならないと思うのは、当時、戦争が終わるちょっと前の阪大で、岡部金二郎先生がマグネトロンを発明されたということであり、これは後でまた出てまいります。ほかに、質量分析の奥田先生、X線の沢田先生がおられました。理論では、岡谷先生、友近先生です。伏見先生は、もともと友近先生のところに來られたんだという話をさっきうかがいました。

おもしろいことには、原子核、宇宙線、素粒子、そういうことをやっておられた先生方の集団と、それから「物理の応用」をしておられた先生方の集団とが同居している物理教室でして、当時そのようなのはザラにはなかったと思います。

伏見先生の歴史を2、3分でやっつけるのは失礼でありますけど、一応そこで勘弁していただきまして、恐縮でございますが、自分のことを申し上げます。私もこの菊池研究室の熱気に憧れて、台湾の高等学校から來たわけであり、当然、このころ伏見先生にとって、私の存在は目にもとまらないわけでもございました。

戦争が終わりまして、私は原子核をやり、宇宙線をやり、電波をやり、それから今度は宇宙物理と、約30年間遍歴しております。この30年間に、先生は、原子力、プラズマというふうに通歴されました。とくに、原子力については茅先生とご一緒にずいぶん尽力されたということを覚えておりますが、私には、そうしておられる先生を横目で眺めながら、具体的な接触は何もない空白の時代が何十年が経きました。阪大に私が憧れて入ったころには、伏見先生は若い先生として颯爽としておられ、輝いて見えたものでございます。なんとか、ああなりたいと思ったけれども、あっという間に先生から破門されました。先生は、覚えておられないようだけれども、破門された記憶がございます。

戦争が終わって数年経ちますと、先生は再び颯爽として、今度は本格的な科学行政の担い手として、原子力とプラズマという二つの分野の推進者として、登場して來られます。私は、ビッグサイエンス — 先生は「巨費科学」という言葉をよくお

使いになりました。ー に関して、再びいろいろ教えていただくというような羽目になりました。それから、さらに年を重ねまして、私は宇宙科学をやっておりましたが、伏見先生のおかげといえますか、伏見先生のお薦めで理化学研究研にまいりました。それから再び、ちょっとご縁がなくなったかと思いましたが、また年を重ねまして、いまは、私にとっても私の家内にとっても人生のお手本として、しょっちゅう仰ぎ見ているといういきさつがございます。

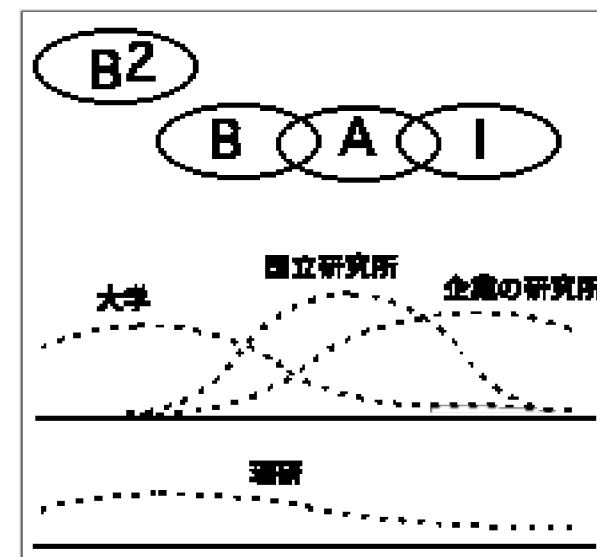
「ベーシックの二乗： $B^2$ 」 さて、このシンポジウムは、大型研究あるいは学術研究というものを軸として据えておられますので、ちょっとひとことだけ言っておきたいと思います。

洋の東西を問わず、日本でもアメリカでもヨーロッパでも、学術行政あるいは学術研究の在り方について、次のような勘違いがあるのではないかと、私は考えております。科学研究を、ベーシック「B」、アプライド「A」、それからインダストリーに絡むあるいは直結する研究「I」、という3つに分類して考え、ベーシックすなわち基礎研究「B」は、「A」とオーバーラップしながら「I」まで連続的に続いているものだと思っているところに、どうもいろんな誤りがあるんじゃないか、という気がいつもしております。

私は、むしろこれに第4の categorie をつけまして、それを「B の二乗・ $B^2$ 」と呼びます。このベーシックの二乗の研究「 $B^2$ 」というのは、そこにあります「A」あるいは「I」とはオーバーラップしておりませんで、先ほどから出ておりますたとえば「文化としての学術」というか、そういうものである、つまりアプライドリサーチ、あるいはエンジニアリング、インダストリーとはオーバーラップしないものを「 $B^2$ 」と、そこに置くことによって、いろんなことが分かりやすくなってくると感じております。これも詳しく分析しますと問題がありますが、そう考えますと、いろいろなことがもっと明快になってくるなと感じております。

この図は、外国で理化学研究所について説明するときに用いたもので、研究の重点の置方を示すものです。

「 $B^2$ 」、「B」、「A」、「I」というスケールに対して、努力量をグラフに書くと、たとえば大学



はもちろん「 $B^2$ 」、「B」で、「A」に少し広がっています。国立研究所は「A」付近にピークがあつて裾を引いています。それからインダストリーの研究所につきましては当然のことながらインダストリー「I」に重点があります。近頃はインダストリーの研究所にもまったく「 $B^2$ 」まで強烈にしっぽを引いている研究も出てきたということでもあります。

さて、「理化学研究所って何だ」と問われると、それは大学、国立研究所、企業の研究所に対比して考えると、それはずーっと連続的にー 多少、「 $B^2$ 」と「B」にピークはありますがー 存在しているものである、と説明します。

「日本とドイツの学問に対する姿勢」 しばしば、日本のジャーナリズム、あるいは、文化人といわれる人は、自虐的に、日本人は偉いはずがない、日本にいい研究が出てくるはずがないという堅い信念を持っておられるようでして、そういうことからいろんな議論をスタートされる方があります。それは傾聴に値するような話もなくはないんですが、ちょっとそれが極端に走っているようであります。

私は、むしろ日本には江戸時代の中ごろから、学問に対する敬意というものが、かなり強くあったのではないかと、そんなふうに思っております。



実は、おもしろいことを経験しました。この3月の中旬に、ドイツで日独シンポジウムというのをやりました。ドイツのある人が言い出したことですが、ドイツがいま基礎研究をやろうとするとうまくゆかない、一方、日本は経済状態が悪くなると基礎研究にお金が行くようだ — これには誤解があると思いますが — どういうわけだろうか、そういう分析を日独共同で議論をしようではないかという話がありまして、双方から数人ずつ人を出し、2、30 人のフロアーの人達にも参加してもらって議論をしました。日本からは、伊藤正男先生にもおいでいただきましたし、科学技術会議の森亘先生、それから元ソニーにおられた菊池誠さん、そういう方々においでいただきました。

私は、もともと基礎科学が大事だという価値観はドイツに教わったと思っていました。ところが、それは違うんだとドイツ人は言います。そういうことがあったのは、ほんの 10 年ぐらいの間で、ドイツはもともと I G (イーゲー) 染料から始まって「実学としての科学」をやってきた。そう聞いてもちょっと信じられませんが、そういうことをしきりに言うわけです。それに対してこれも誤解でありますけれども、日本は近頃、奇妙に基礎研究に沢山お金をだしているのは何故かと訊かれます。

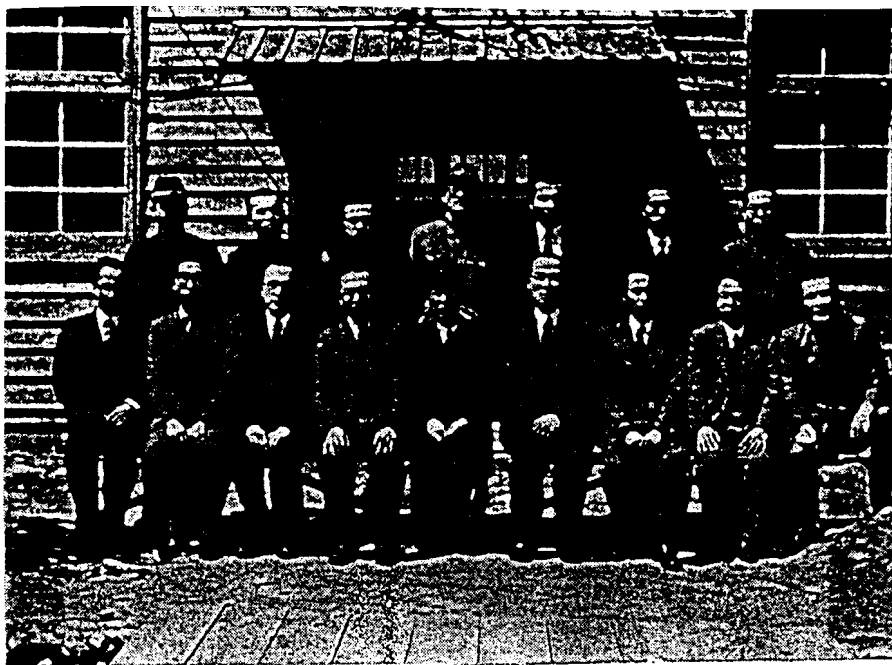
そこへもってきて、森先生が 17 兆円なんて話をされるものだから、ドイツの人はびっくりして、なぜ日本は基礎研究をそんなに大事にするのかと、われわれが昔、彼らに聞きたかったようなことをしきりに言うわけです。

「わが国の電波天文学の発展」 さて、再び伏見先生の話に戻ります。戦後まもなくの阪大理学部物理教室で何があったか、大人が何をしておられたか、私ども子どもたちには分からなかったことですが、たぶん菊池正士先生も八木秀次先生も、戦争のアフターエフェクトの火の粉を払うのでたいへんな思いをしておられたと思います。その中で、私ども若い学生が見ておりますと、伏見先生と渡瀬譲先生が割に醒めた目で、さあどうしようということを考えておられたように思います。そのこ

ろは当然のことながら、原子核研究は禁止でありましたし、実験物理そのものがとてもできないような状態、まったく絶望的な状態であったわけです。

さっきの中井さんの分析によると、菊池先生はまず自分たちが先輩として立派な研究をやるのが先決だと、それから伏見先生は研究の条件を整えろと、ちょっと簡単すぎるかもしれませんが、そんなふうにお考えになって、それぞれの方向で、菊池先生も伏見先生もご立派に奮闘なさったと思います。ところがですね、その頃、つまり 1945 年から 50 年頃には、想像もできなかったような恵まれた事態が、50 年の間に実現しました。これは、先生方だけでなしに、科学者みんなが頑張ったからではありますけれども、いまや欧米の科学者たちが日本の科学者たちに、熱い視線を向けるって言うんでしょうか、色目を使う時代になってきました。そのころのことを知らない方にとっては、今そんなにいいのだろうか、不思議に思われる方もあるかもしれませんが、これは想像もできなかったことであります。その中で成功したビッグサイエンス、あるいはメガサイエンス、の一つの例として、電波天文学の発展をずっと追ってみようかと思います。

それには、いくつかの写真をお目にかけます。先ほだ少し触れましたように、阪大の物理では岡部先生によりマグネトロンが発明されていました。それから八木先生の発明は阪大ではありませんが、八木先生がおられて、電波やマイクロ波の研究が重点テーマとなっていたわけです。それが、私の記憶によれば、海軍に移されていました。写真は、戦争末期のものでありますが、伏見先生、永宮先生、渡瀬先生、それから萩原先生、湯川先生、朝永先生、小谷先生がおられます。この先生方がみんなマグネトロンの理論を集中的に進められていた時代であります。したがって当時、阪大でも海軍でもマグネトロンというものの研究はかなり進んでいたと思います。一方、レーダーの研究はかなり立ち遅れていました。それに対してご存じの



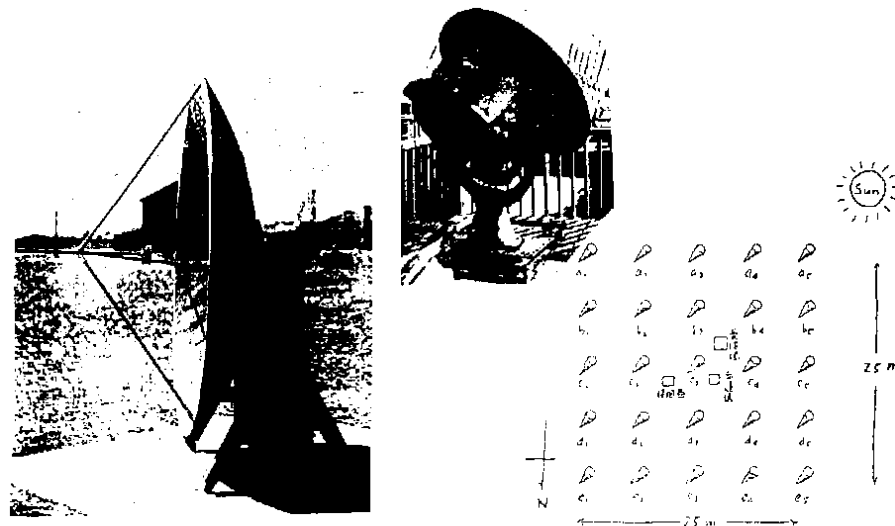
## 海軍技術研究所島田分室セミナー記念写真

荷口 中尉	蜂 谷	小 田	小塩 高文大尉	水間正 一郎技師	小 林	牧 野	
渡瀬 譲	宮島 竜興	水宮 健夫	伏見 康治	萩原 雄祐	湯川 秀樹	朝水 振一郎	小谷 正雄
							高尾 磐夫

ように、アメリカではMITのレディエーション・ラボというところがありまして、そこがレーダーをかなり本格的に研究を進めていました。それから日本では海軍の三鷹分室というところがありましてそこがレーダーの研究をやっておりました。そこには、嶋山道夫先生、伊藤順吉先生、菊池正士先生が、常駐して仕事を進められ

ておられました。

それが、1945年までのマイクロ波、レーダーの研究の歴史でございます。さて、戦争が終わりますと、オランダ、英国、それからオーストラリアで、マイクロ波の研究をしていた人たちが、もう軍の仕事がなくなり失業しましたので、電波天文学を始めたわけです。日本では、そのころマイクロ波の研究をやっていた大学の学生 — 霜田さんと私と、もうひとり蜂谷という学生がいました — の中で、霜田さんが、もう何にもないころでパラボラアンテナというのを作ることもできなかった時代ですが、陸軍の聴音機って言うんですかね、聴音機に銅板か何かを張ってパラボラを作り、実際に太陽の部分日食時の電波の変化を測られました。これが、日本の電波天文学の草分けといえるでしょう。



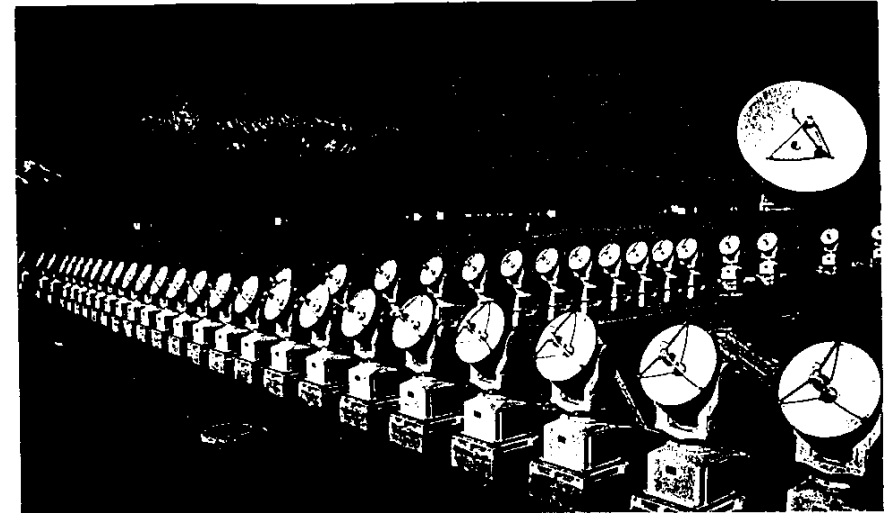
部分日食の時の電波の変化を測った  
パラボラアンテナ(東京：霜田による)

5X5の「ラッパ」による初期の  
原始的干渉計(大阪：小田による)

それから間もなく、パラボラを作るお金がないので、八木アンテナを使って太陽電波をやろうという畑中先生たちのアイデアなど、いろいろありました。阪大でもやはりお金がかかりパラボラが作れませんから、「ラッパ」と言っておりましたが、ラッパを作ってそれで太陽電波の観測をしました。これが 3,000 メガヘルツであります。それは、まだ 1950 年になっていないころであります、そのうちにだんだん、もうちょっとましなことをやろうかというわけで出てきましたのが干渉計であります。たくさんのラッパの干渉を使って、それで電波の分解能を上げていこうという考え方でした。そのころ、オーストラリアの人たちは、直接来る電波と海面反射波との干渉を使ったり、あるいはパラボラをたくさん並べてその干渉をやったりしていましたが、阪大では、5 行 5 列のラッパととっておりましたが、そういうものを使ってはどうかという考えであります。

そういうふうにしておきますと、日本の科学者たちはやっぱりたいしたものだと思いますが、ほんとに何にもなかった時ですけれども、数年もたちますと、例えば名古屋大学の田中春夫さんが、10 個足らずのパラボラを作って、太陽電波の観測をやります。それがさらに、あれよあれよと言う間に発展し、ちょっと、これ急ぎますけれども、野辺山の天文台の観測所で、こういう干渉計ができてまいります。

このところでちょっと余談になるんですが申し上げておきたいのは、この野辺山の干渉計を作るというプロポーザルを文部省に出した年と、さっき小平先生からご紹介がありましたハワイの大型望遠鏡を作るためのプロポーザルを出した年とは同じ年度であります。当然ながら、文部省は「どっちがほんとにほしいんだ」と訊きます。「両方です」と答えると、「いや、ひとつしか許せない」、それでは「どっちだ」と、そういうやりとりが何回も何回もありましたが、結局、同じ年度に先程の小平先生のハワイの望遠鏡と、この写真にあります電波望遠鏡との予算が成立しました。それ以来、別に私は文部省に義理があるわけでもありませんけれども、



野辺山太陽電波観測所の電波干渉計

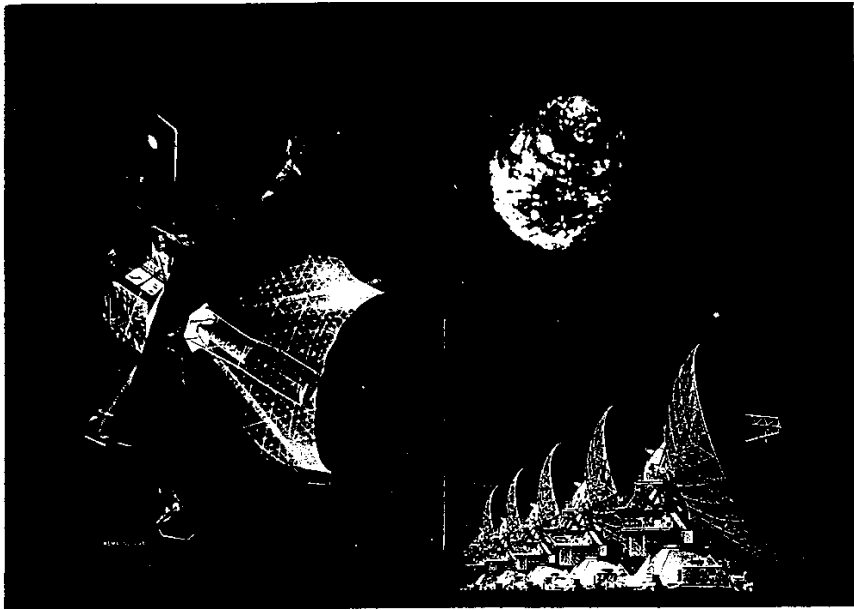
ほんとうにどうしてもやりたいんならば、役人は聞いてくれるんだという、そういう感じを抱くようになりました。

さて、次に VLBI (Very Long Baseline Interferometer) という干渉計が出てまいります。世界中の、例えば日本とヨーロッパ、例えばボン、それからアメリカ大陸、に大きなパラボラを作って、これで宇宙を眺めその干渉をとりますと、干渉のベースラインが非常に長いですから分解能が桁違いによくなります。そういうことができるようになります。

そうすると、当然、だれでも考えることですが、いっそヨーロッパとアメリカ、あるいは日本などと言わず、宇宙にパラボラを飛ばしたらどうかという考え方になります。つまり、地球にあるたくさんのパラボラと宇宙にあるパラボラの干渉を見ます。地球をずっと回っているスペースパラボラといいましょうか、スペースオービットにあるパラボラとの干渉を取る、ということを当然、だれでも考えるところ

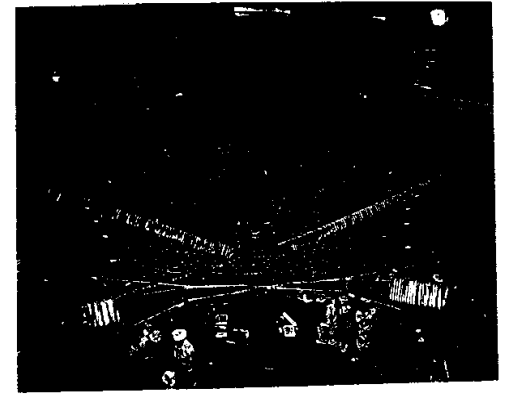
ですが、結局、現実に実現しましたのが宇宙研のパラボラであります。計画全体の、オーガナイザーである森本雅樹さんが、世界で有名な酒飲みでありますので、それを知っているアメリカの JPL の人たちが「モリモトの記念のために、ぜひ『VSOP』という名前をつけてほしい」といっています。

それじゃ、ほんとにそんなにうまく行くものかなということで、宇宙に飛ばした小さなパラボラと、それから臼田という町に建設しました大きなパラボラとで、干渉計を作るということをやったわけであります。



『VSOP』計画

今年の2月12日に、宇宙科学研究所が直径10メートルのパラボラを打ち上げました。それはでっかいもので、そのまま打ち上げることはできません。そこで、コウモリガサのように畳みまして、それを打ち上げ軌道に乗せた後、それをグルグ

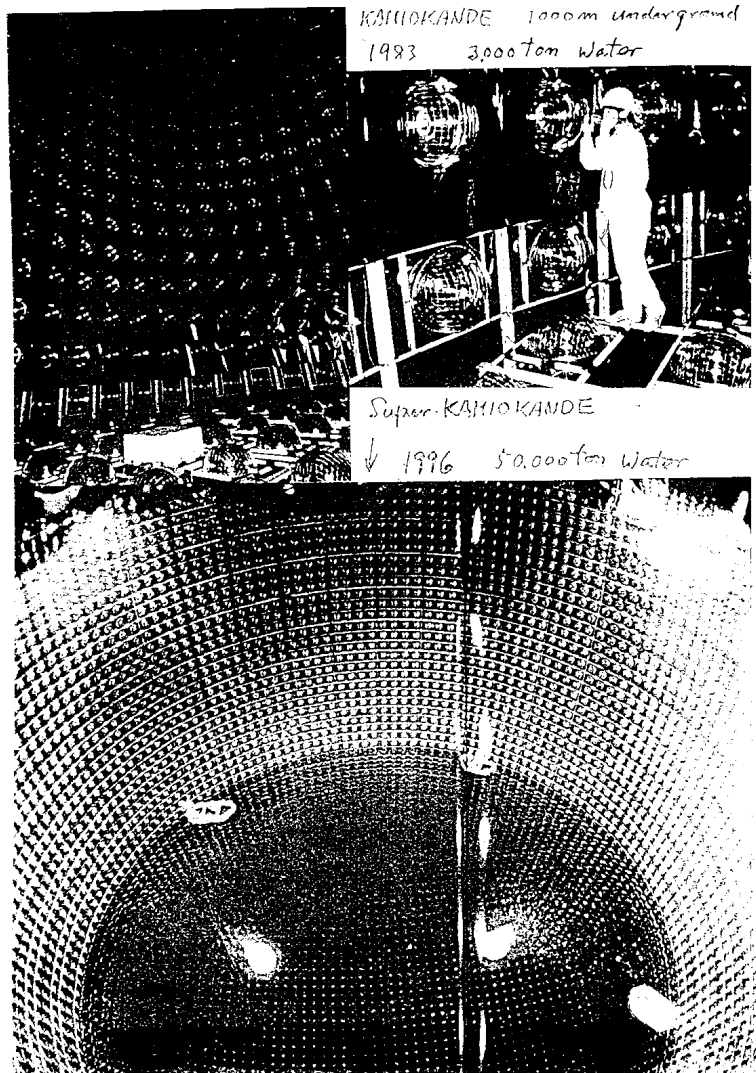


宇宙に生きる折り紙の技術

ルツと伸ばします。それがちょうど2月28日かと思いますが、ただそんなものを畳んでおいて、そんなにうまくいくかどうかについては、これは伏見先生の三浦折りですね、三浦さんという人がそういう折り紙を畳みまして、それをどうすればきちんと伸びるかと考えました。伏見先生が、それに与っておられたのかどうか、ちょっと記憶がないんですが、たぶんそういうことがあったと思います。

私が言いたかったことは要するに、そんなふうにして結局、地球を回わる軌道にある10メートル直径のパラボラと、地球の上にあるパラボラとの干渉観測がよいよ始まります。まだ具体的に干渉を始めたばかりですが、そういうことが始まります。昔は、想像もつかなかったことですが、アメリカもヨーロッパも結局できなかったことを、日本でできてしまったということは、まことに感無量という感じがいたします。もう、日本でもでっかいことができるような時代になったということです。

「大型化が拓いた新分野」 もう一つでっかいことは、小柴昌俊先生が始められたニュートリノの観測です。小柴さんが定年の1, 2週間前に、大マゼラン星雲で爆発したスーパーノバから来たニュートリノを、神岡の地下に建設された大きな水タンクのチェレンコフ検出器で見事に捕えました。



#### 建設中の超大型水チェレンコフ検出器：スーパーカミオカンデ

大型だけが取り柄じゃないんで、大型検出器を使って、まったくどこでもやっていなかったニュートリノ物理学、ニュートリノ天文学っていうのを、小柴さんが始めたわけです。そういうことがあんまりよく知られていないので、ちょっと宣伝をしました。

#### 中井

どうもありがとうございました。最後の話は、実は小柴先生に一言お願いしようかと思っていたところでございます。実は、なぜ大型研究が必要かということを考えております時に、昔のことを思い出しました。1977年の高エネルギー国際会議の後で、中国の研究者集団が東大のに来て懇談会をしたことがございます。その時、小柴先生が「宇宙線研究は安くつくからいいと思ってやっちゃダメだ。宇宙線研究だってカネをかければいいことができるはずだ。」というお話をなさいまして、私は強い印象を受けたことがありました。そのころは、神岡実験のお考えを小柴先生がお持ちであったかどうか、まだその前のことであったかと思います。

さて、いまの小田先生のお話には、4つの話題があったかと思います。

まず、大阪大学時代以来の伏見先生とその周辺のお話をなさいました。次に、いわゆる基礎研究のなかで「ベーシックの二乗： $B^2$ 」というカテゴリーがある、というお話をなさいました。それからドイツにおける日独シンポジウムに出られて、基礎研究についての日本とドイツの考えの違いを知らされたというお話。そして最後に、日本の電波天文学の発展についてお話をいただいたわけですが、この4つ全てを議論しては、時間がなくなりますので、少しフォーカスして討論を進めたいと思います。

4つのお話の中に、ドイツで開かれたシンポジウムの話で、ドイツの人がなぜ日

本が基礎研究にお金をだすのかと不思議がった、という点につきましては、私はやはり、それこそが伏見先生の一連のご努力の結果だと思います。

「共同利用研究所について」 日本では、原子核研究所が創立されたとき、大学共同利用研究所が大型計画を進めて行く体制ができました。次に、大学の規模でおさまらなくなれば、文部省直轄の大学共同利用機関を作る、こういう道筋をずっと歩んで来たと思いますが。そのときに、一貫してあった理念は、やはり研究者集団の意見を集約して進めるということだったと思います。その理念に基づく活動の中心には、いつも、伏見先生がいらっしゃいました。この共同利用研究体制のあり方について、少しみなさんのご意見をいただきたいと思います。いかがなものでしょう。

#### 小平桂一（国立天文台長）

共同利用研究体制を振り返ってみますと、国立天文台もその一つですが、共同利用研究所、あるいは共同利用機関というものができたことで、天文学の場合、分野が非常に活性化されてきたと思います。これは、他の国と比較しますと、やっぱり日本独特の優れた体制であります。ただ、いい面ばかりではなくて、議論していくという問題も出てくると思います。とくに、共同利用機関の研究者というのはユーザーに対するサービスというデューティがつきますから、大学との交流という面でよほど注意を払わないと、二極化するおそれがあると思います。これまでは、日本の科学者みんなが頑張って必死になってやってるから、小田先生がおっしゃられたようなレベルに達しているわけです。まだまだ層が薄く、共同利用をやってもたいへんだなという実感は持っております。

#### 菅原寛孝（高エネルギー加速器研究機構長）

研究体制を固めるということで、伏見先生はじめここにおられる先生方、いろい

ろ過去ご苦勞になったわけでございます。われわれの機関も、いわゆる大学共同利用機関の一環でございますが、大学との密接な関係を保ちながら、大型の基礎科学を進めて行くうえで非常にいいシステムであると思います。ただ所長を何年かやっております、非常に大きな問題点を抱えているなど感じていることを一つ申し上げたいと思います。それは、小平先生もおっしゃったように、大学との関係です。

とくに、大学共同利用機関というものに対する行政官の認識と、われわれサイエンティストの認識が、違うということです。これは、非常にはっきりしておるんですが、行政官の考え方の基本には行政の効率化とか、そういう観点があります。われわれから見れば、あくまでも大学共同利用機関は、大学が共同で利用する機関だと、文字通りとるわけですが、行政官からしてみるとですね、大学でバラバラにできない研究を集約したんだと、だから天文学なら天文学、宇宙科学なら宇宙科学をやりたいという人はそういう集約されたところに来てやるべきだ、ということになります。大学にいて、大学がそれぞれ装置を持って、大学の研究を発展させながら共同利用研を利用する。われわれはそういう認識を持っておるんですが、行政官は必ずしもそういう認識は持たないんです。人材は大学で、その分野の人材を教育する。そして、天文学でも高エネルギーでもいいんですが、そういう研究をする場合には、共同利用研究所に集中して、大学共同利用機関に集中してやるべきだという認識です。したがって大学の方にはそういう関連の装置というのは最低限だけあればよい — 最低限すら確保できないような状況まで追い込まれている状況があると思いますが — そういう認識がどうしても行政官の中には出てくる。これ、自然なわけですが、その問題点を来世紀初頭までには解決していかないといけない、そうでないと、大学と共同利用機関が、小平先生が言っておられたように、乖離して行く可能性がなきにしもあらずです。それは今後、いちばん重要な問題だと私は思っております。



## 中井

もうお一人、この問題についてコメントをお願いしたい方がいらっしゃいます。前原子核研究所長の山崎先生です。原子核研究所というのは大先輩の共同利用研究所でありまして、その所長としていろいろご苦労になったと思います。

## 山崎敏光（日本学術振興会監事）

後で話そうと思ってることも関係するので、その時にしますけど、いま菅原さんが言われたことは、ほんとに重要な問題です。私は、共同利用研で生まれて、大学にも長くおりまして、最後に共同利用研の所長も務めましたので、いろんな問題をひしひしと感じております。例えば、世の中で共同利用研の評価をするいうときにですね、共同利用研のいろんなファシリティを使って大学の研究者が得た成果が非常に重要で、それが、共同利用研の目的、使命そのものなんです、そういうふうには記録されておらず、共同利用研から出た論文というと、共同利用研の固有スタッフが書いた論文ということになってしまいます。非常に大きな矛盾を感じます。私はその問題について、実状を書いたりしたことがありますけれども…。いずれにしても、大学の共同利用研は大学のためにあるわけであって、大学と密接な関係にあることがいちばん大切なことです。それはもう最初からの理念であります、これが今後もうまく行くように私は願っております。

## 中井

どうもありがとうございました。この他にも、小田先生はたくさんのご指摘になりましたが、また後ほどその問題に戻って来たいと思います。時間が限られておりますので、次のテーマに移りたいと存じます。そこで、和田先生にお話を

願います。

## 和田昭允（学術会議会員、相模中央化学研究所理事）

和田でございます。私、40 年近く大学の理学部におりまして、それから、定年後に大学と企業の間に入っていろいろ知恵を出すというようなことを使命にしている小さな財団法人の研究所に、現在で7年おります。大学の理学部の中にいて、かつその後、外にいて、いろいろと反省すべきものが多くあるように思います。大学では、私は化学の出身でございますが、物理教室に30年近くおりまして、それで生物物理をやったという、まあ広く浅く見てきました。さきほど、伊藤先生のお話をうかがって、どうも私は脳幹だけしかなくて大脳も小脳もなくていままで来たんじゃないかというような感じを持っていたわけではありますが、そういう単純な人間でも伏見先生のお書きになったものを拝見しいつも感心いたしております。実は私、かなりの伏見先生のお書きになったものについてはファンでありまして、もちろんその中の全部をご紹介するわけには行きませんが、「なるほどなあ」と思ったことを二、三お話したうえで、いまこんなことが問題ではないかというお話を与えられた時間内にいたしたいと思います。

「伏見語録」 伏見先生がお書きになったものを二、三であります、ご紹介しますと、

「第一線のすぐ後ろに迫るということと、第一線を跳び越すということはまるで違う課題である。そこではムダが急速に増える」。要するに世界のトップというよりは世界を抜くには大きなムダを覚悟しなけりやいかんよということでもあります。

それからまた別な問題では先ほどから話が出ていることでありますけれども、「研究者は役人的になってはならない」。「何が役人か」と予算の獲得、これが人生の第一義であり、最高の倫理道德である。元来、予算の獲得は仕事をするための手段であつたのが、手段がやがて目的化し、予算がすべてであるようになった。



よりは、むしろ創意工夫あたりの水準でかなりの金銭的価値を生み出せるという、こういう領域がありまして、Y-X 面にへばりついたような領域（[X-Z 相関]）が意味を持って来るという、そういう世界であろうと思います。

もしも創造性、オリジナリティが増せば金銭的価値も増えるという、相関が生まれれば、X-Z 面に立派な強い正の相関の領域ができるわけですが、そうでないというところに問題があります。

その結果としまして、純粋研究とそれからオリジナリティの強いシャープな相関領域が、費用が要するというようなことのために、金銭的価値との相互作用を受けまして、ブロードになってしまう。これが現在、研究者社会で起こっていることであろうと思います。特に、基礎研究という言葉がよく言われますが、基礎研究というのは企業研究所、企業も使っておりますし、純粋研究の方も使っています。また、純粋研究を基礎研究と表現しているという場合もあって、はなはだこの基礎研究というのは曖昧なものであるというように思えます。

本来、こちらの知的な純粋研究のブレークスルーは金銭的な価値に結びつくものです。ほんとうのオリジナリティ、創造性はかなりの金銭的価値を生むんだという領域（[A]）があるわけですが、日本ではこの領域が薄くなってしまっているというのが残念な点であります。ほんとにほしいのは Y-Z 面のブレークスルーと X-Z 面のブレークスルーがうまくカップルして、ここに研究が、そして多くの研究者が集められるといいなと思われるわけです。

しかし、現在起こっていることは円 [R] で示した辺りで、これはちょっと下に書きすぎたかもしれませんが、研究費バブルの結果、はっきり申しますと、純粋研究であるけれども基礎研究を標榜してある程度、金銭的価値を増すっていうような、このへんで何か多くの研究がウロウロしてるんじゃないかと、そういうことを心配しているわけです。

「戦略研究」 時間が迫ってきましたが、簡単にもう一言申します。伊藤学術会議会長が非常な御努力をなさって戦略研究という領域を設定されたわけであります。これは大いに評価されるものでありますが、しかしその「戦略研究」という言葉が霞が関のビルディングを方々歩き回っているうちに、だんだん話が変わってきているんじゃないかというように思います。

そのことを一言だけ申しますと、本来、戦略研究というのは、国家戦略の上で明確に定義づけられる研究を、戦略研究と呼ぶべきであろうと思います。しかし問題は、まず国家戦略がはっきりしない。国家戦略がはっきりしないから、戦略研究というのが、宙に浮いて、さっき私がお示ししたような、ある程度は金銭的価値を生み、ある程度の知的資産を生むような、そのへんをうろついているという状況ではないかと思います。国家が、ほんとにサイエンスあるいは科学技術の国家戦略を明確に出せるかどうか分かりませんが、私がぜひ皆様をお願いしたいのは、国家が出せなければ科学者がですね、ソーシャルなアカウンタビリティを十分考えたうえで、国家の科学技術戦略を明確に出す、少なくとも提言すべきではないか、と考えております。

## 中井

どうもありがとうございました。たいへん興味深い分析をお話し下さったわけですが、この点について、どなたかコメントございましょうか。まず、伊藤先生をお願いしたいと存じます。

## 伊藤正男（学術会議会長、理化学研究所・国際フロンティア研究システム長）

「戦略研究」という言葉は学術会議でもだいぶ議論になりました。人文系の方からかなり嫌われたことは事実なんで、いまでもまあ、これは自然科学系の言葉とし

てはいいけども、人文科学系はそんなことを言ったら全部はずれちゃうから、そんなことあんまり強調しないでくれっていう意見が多いですね。しかし科学技術の政策を考えるとときにはやっぱり便利な考え方ようで、非常にはやったのは事実です。

ただ、これは政策的な概念だから、研究する方がですね、オレはこっちだ、オレはあっちだと言って、そんなに力まないでくれと私は言うんです。同じ人でもあるときにはこっち、あるときにはこっちということがあり得るんだから、これやばり政策的な概念として割り切ってほしいということを言ってたんですが、実際に最近また、かなりそういう考え方が変わってきたんですね。これは、やっぱり変わってこざるを得ない。

あるところで線を引きますと、そのときにはきちっと分かれているんですけども、ワアワアやってるうちに、だんだん境界がまた曖昧になってきます、いま霞が関の方で、通じるようになってきた分け方は、自由発想型と目的達成型という考え方なんです。そこで「目的達成」の目的というのが、実は非常に曲者でして、いろんな意味がある。産業に役立つという目的もあるし、社会のために役立つという目的もあるし、人類・地球のために役立つという目的もあるし、それから科学者のために、要するに科学そのものの進歩をすることが目的だと言ってがんばることもできるわけです。そうでなくて、自由発想型というのは、まったく何もなくて、ただ自発的に、科学者の内在的な欲求に基づいて、おもしろいから、好きだからというんで出てくるのを、自由発想型というふうに呼んでいます。それもたぶん私は、かなり苦しくてどっかでまた破綻するんでないかと思うんですけども、いまのどこ、そうなってるんですね。

戦略研究ということを言ったときに非常によかったのは、いままでの日本の文部省の科学研究費なんか全部、経常経費から出ていた。ですから省庁のシーリングの枠の中にガッチリ抑え込まれていまして、非常に研究費が伸びない。ところが自民

党の方から、投資経費、道路を造るのと同じような感覚の投資経費を科学研究費に使ってもいいんでないかと、道路を造るときと同じように建設公債みたいなものを使うやり方もあるんじゃないかという意見が出てきたところと、パッとマッチしたもんですから、戦略研究という領域を置くと、経常経費でなくて投資経費という特別な予算が組めるという線が出まして、アッという間に 300 億、それで組んじやったわけです。それで今年は 600 億になった。

というふうに、ずっと来たんですけども、そこまで非常にうまく来たんですけど、その基本概念がいろんなところで叩かれているうちに、ちょっとバウンダリーが出てきました。自由発想型、目的達成型っていうと、これどっちがどっちなのか、これはだれに聞いても分からないんです。みんな非常に適当なこと言ってまして。文部省の未来開拓研究というのは投資経費を使ってるんですけども、あれは自分のところは自由発想型だと言ってがんばってるんです、目的はないと。科学技術庁の戦略基礎はこれは完全な、典型的な目的達成型で、投資経費を使ってる。だから投資経費を使うからこっちという分け方ももうできなくなる。

このへんの概念整理っていうのは、学術会議はやっぱりそういう概念整理をしょっちゅうやってるとこだと思います。ブレインストーミングをやりまして、しょっちゅうそういう概念整理をやって、政策の形成を助けていかないといけない。ほつとくと、グジャグジャになってしまうので、そういう点でも科学者はやっぱり気をつけて、いつも頭を使っていないといけない。そう思います。どうも。伏見先生は、私が大学に入った年に、学術会議の会員になられたようでございまして、そのころからそういうことを一生懸命にやられたということで、たいへん敬服いたしております。どうもありがとうございます。

## 中井

なにごとでも2つの極に分けた極論をすると、おかしいことになることがよくあります。ただいまのお話につきましては、目的達成型の中にも、自由発想を刺激する要素が大切であると思います。和田先生のダイアグラムを拝見しまして、印象的なのは現実性の軸と理想性の軸が直交しているところでございます。ふつう、われわれは理想と現実と2つの極に分けて考えるわけでございますが、実際にわれわれはこういう多次元の空間の中で動き回っているんだと思います。

和田先生がもう一つおっしゃっていたことは、この理想性の軸と現実性の軸によるX-Y平面の中で右上の方に引っ張って行く、そういう努力を伏見先生がしてくださったということでした。伏見先生は、いつも理想を語りながら、理想だけ語らないで、現実的な解決を示してこられました。ときには、そのやり方を逆恨みした者もございましたが、そういう現実的な解決が大切であったんだと思います。

和田先生のお話について、ご議論がございましたら、いただきたいと思います。

## 小平桂一（国立天文台長）

「研究を見るタイムスケール」 和田先生のダイアグラムの中で、相関がいい悪いという話がありましたが、やはり、実利とどれぐらい結びつくかとかいう考え方の中に、タイムスケールを考える必要があると思います。いま科学技術基本計画その他の議論で、相関があるか、ないかっていうときのタイムスケールは、5年とか、ふつうの企業で考える3年から5年というタイムスケールでの相関が議論されています。いまお話がありましたように、これは、投資経費という格好で国家予算を動かす場合の基本的な考え方だと思いますが、たとえば天文学を考えると、私は、天文学というものが文化という形で思想形成、あるいは世界観、そういうものの影響を通して人間の経済活動に跳ね返って行くタイムスケールというのは50年とか

100年だという気がしています。

そういう仕事を日本がやるということで、尊敬され、友だちが増える、あるいはそれを担う国民が尊敬を得るというのは、やはり、経済的にある程度、安定性がないと、長期投資ができないわけです。たしかに、いまの日本経済というのはそんなに安定してないよ、というのが背景にあるかと思いますが、もっと長いタイムスケールで相関ということを考えると、意外に経済という軸と、理想を追求する軸との間に相関があると思います。

われわれが、たとえばスペインのパルセロナのオリンピックを見て、やはりアトラクタとひと味違うなと思うのは、スペインがある時代、植民地経済でしたけれど非常に栄えた時代に、やはり世界に尊敬されるものを何か残してきた、そういうものがあると思うんですね。ギリシャもそうだと思います。ですから、もう少しタイムスケールを長くにとって、考えられるように早くなりたいなと思います。

## 伊藤

ちょっと、いまの投資経費の時間スパンですけれども、従来の投資って言いますと、やっぱりベネフィットがないとだめで、ベネフィットのリターンにだいたい3年とか4年とかを考えてきたのは事実です。今度、科学研究費に投資するという考えを持ち込んだときには孫、子の時代でもいい、今の世代に戻ってこなくてもいい、だから10年、20年、30年。30年まで、それぐらいまでは有効な期間として考えるというのが、戦略研究の考え方にくっついてありました。それで認められたので、いまの戦略基礎の投資経費についての考えは非常に画期的だと思っています。ただ、いま天文学は100年と言われましたが、100年だとかなり難しい。これは国会でもなかなか通らないと思います。

中井

どうもありがとうございました。ほかに。はい、吉川先生お願いいたします。

吉川允二（原子力研究所理事長）

私もその原子力をやってるものですから、国会の先生にお会いしたりするとですね、50 年、100 年という、まあ国会の論議があるのかもしれませんが、決してそんなにゆっくり見てくださってない方も、結構おられるんですね。ですから、そこが難しいところですよ。あるいは国民も 100 年待って……待ってやると国民が言ったかどうか分かりませんから、現実の問題としては何らかの格好で、政治家なり国民を引っ張っていく必要があります。そういう意味で、私は基礎研究と言いつつもやっぱり、同じものを大きなテーマとしては何 10 年、個々の、小さい、あるいは中程度の概念の革新とかいうのは 5 年、10 年を目標にしてもいいんじゃないかなろうか、私は基礎研究の分野ではありませんが、そのように思います。そういうふうにやっていって、よく国民に理解してもらうということが科学技術の何兆円というおカネを長い間引っ張って行くことの基本ではないかなという印象を持っております。ちょっと違う角度かもしれませんが、申し上げておきたいと思いました。

中井

ありがとうございました。小田先生の先ほどの「B<sup>2</sup>」というのは、和田先生の図で言いますと「純粋研究」のことで、小田先生がお書きになった図の横軸は、この図では、X-Y 面で左上の「知的資産価値」から右下の「金銭的価値」に向かう断面を示していると理解してよろしいかと思います、小田先生いかがでしょうか。

小田

「B<sup>2</sup>」というのは、和田先生のチャートでいうと、まさに「純粋研究」です。



## 21 世紀への期待：「文化としての学術」

中井浩二（司会）

次に「文化としての学術」に話題を移したいと思います。

このテーマの問題提起者である第 15 期学術会議第 4 部会の部会長をなさっておられた中嶋先生に話を始めていただきたいと存じますが、いかがでございましょうか。

中嶋貞雄（超伝導工学研究所顧問）

実は、私、そんな大問題について発言を求められるというように覚悟して参ったわけではありませんので、困ってるところです。その前に、物性物理分野における伏見先生について一言申します。

「物性物理における伏見先生」 私は物性物理学が専門でございますが、物性物理学の分野でも、伏見先生はたいへん大きな影響を与えてくれました。私にとっては、先生のデンシティ・マトリックスに関する古典的な論文がございますが、その勉強が統計力学の第一歩でございました。その後も、もちろん、結晶・統計等について非常にたくさんの仕事をご指導になったわけでございます。

それから、共同利用研についても、いままでは高エネルギーとかそういう関係の話が主でございましたが、物性分野にも物性研究所等の共同利用研究所がございます。その物性研究所のようなものを作ったらどうかと、物性関係の若い人たちを扇動なさったのも伏見先生だったと思います。そのことをちょっとつけ加えさせていただきます。

もうひとつ、伏見先生について、これは非常に個人的な思い出で申しわけないんですが、超伝導の理論に「ギンツブルグ・ランダウの理論」というのがございます。こ

れは、いまの言葉で言えばゲージ理論でございまして、超伝導状態というのはゲージのシンメトリーが破れた非常に簡単なシステムです。それをゲージ理論で扱うということは、いまから考えればごく自然なことですが、この論文がある研究会で紹介されましたときに、熱力学の理論なのに波動関数が出てくるというので、いったいどういうことを考えているのかと、私どもみんなびっくりしたわけでございます。そのとき、伏見先生の漏らされた感想をいまだに覚えております。あの頃はスターリンの政策で「鉄のカーテン」が東西を隔てていた時代でしたが、伏見先生は、「鉄のカーテンの向こう側とこちら側では、物理の論理が違うんじゃないか」という感想を漏らされました。そのことがいまだに強く印象に残っております。

「文化としての学術特別委員会」 さて、いまの「文化としての学術」について、私が学術会議の第 4 部長をしておりまして、そういう名前の特別委員会が作られて、物理の宅間さんが委員長になり、3 年間にわたって議論されました。活発にご議論になったようですが、結局、最終的には自己崩壊と言うとたいへん失礼かもしれませんが、まとまった結論が得られないで終わったと思います。

いちばんの問題は何だったかと言いますと、「文化とは何か」ということについて委員の先生方の共通のイメージが作れなかったということだったようでございます。ご承知のように学術会議は 1 部から 7 部まで、つまり文学、法律から始まって医学部まで、その各部から代表が出てきて委員会を構成するわけでございますが、それに共通の文化というコンセプトはまあなかったということのようでございます。ですから「文化としての学術」というのは非常に重要な問題だと思いますけれども、これはかなり大問題で、今日の討論だけではとてもすまない問題ではないかというのが私の印象でございます。

「SSC 問題」 それからもうひとつ、学術会議におりましたときに例の SSC の問題にぶつかりました。これに対する学術会議の見解は、ヒッグス・メカニズムを探索するという研究の目的は、文化としての学術で、非常に評価できる。しかし、それに日本が協力することによって、日本の基礎研究がマイナスの効果を受けるのは困る。こういう2つの結論を並列して学術会議の結論としたんだと思いますが、さきほどの菅原先生のご説明ですと、結局高エネルギーグループは、後者の方、つまり日本の基礎研究を第一義的に考えて行くという線で最終的な結論を出されたようでございます。あの場合のように、ブッシュ大統領から日本の首相あてに手紙が来るというような政治問題化した場合は、非常に難しいわけでございまして、曖昧な判断はやっぱりできない。右か左かはっきり選択を迫られるという、まれなケースであったと思います。

あの時には、日本のみならず、アメリカでもそうだったと思うんですが、問題をビッグサイエンス対スモールサイエンスの対立というような格好で捉えて、いろいろな議論があったわけですが、結果から見ますと、SSC が中止になって、その予算がスモールサイエンスに回ったかという、そういうことはまったくございません。あれは、やはりアメリカという国の進路変更といいましょうか、社会の変化、その変化を象徴する事件だったんじゃないかというのが私の印象でございます。ですから、そういう意味ではやっぱり、たしかに学術研究は文化っていいですか、歴史とか人類の活動全体にかかわっているわけでございます。これからの日本の研究の進路を考える場合にも、相当踏み込んだ議論をして、かなりはっきりした覚悟をしておく必要があるんじゃないかというのが個人的な見解でございます。

この間、人間というのは本能を失った生物だという話を聞きました。ほんとうかどうかは伊藤先生にうかがわないと分からないんですが、とにかく何を作ろうとしても、あるいは何を考えようとしても、本能とか生物学的な必然性みたいなものに頼ってやることができないのが人間で、いちいち集まって、こういうふうに議論し、ああでもな

い、こうでもない、やらざるを得ないところがわれわれの特徴なわけですから、文化ってというのは、なにかそういう人間に必然的なものなんじゃないかという気がします。

ただ、それが歴史がそうだったからとか、ヨーロッパはそうだったからとか、日本には別な文化があったとかいう形だけじゃなくて、もうちょっと、脳の構造とどういう関係があるか分かりませんが、人間に必然的なものだ、というくらいに思っただけでやめないと、さきほどのように、学術会議の委員会が3年間議論しても文化とは何か分からなくて終わってしまうというような結果になるんじゃないでしょうか。

たいへんネガティブなことを申し上げて申し訳ないんですが、まあ皮切りに。

## 中井

どなたかご発言、ございましょうか。

なければ、山崎先生にお願いいたします。私事の紹介で恐縮ですが、私が山崎さんに招んでいただいて大阪大学から東京大学に移りました時に、伏見先生から、山崎さんとは絶対喧嘩するなよといわれました。それ以来、ずっとご一緒させていただいてきましたが、山崎さんは、すごい情熱家で何事にも情熱をかけてとび込んで行かれる、これこそ文化を進める姿勢だなという気がいたします。果たせるかな、いろんな分野を開拓なさって、境界分野をどんどん広げられました。その実行力に対し、私はずっと尊敬して参りました。

## 山崎敏光（日本学術振興会監事）

「日本人と西洋人」先ほど、菅原さんが、日本人と西洋人と、いう捉え方の話をなさいました。「学術と文化」とか、「学術と人間」というテーマについて、私がどうこう言う特別の立

西欧人	と	日本人
狩		農
わが道をゆく		みんなで仲よく
個性		調和
開拓・探索		拡大・共同・改良
異端		正統

場にいるわけでもないんですが、先ほどから、いろいろお話がありましたように、人間の尊厳とか、人の尊敬を受けるとか、人に夢を与えるとか、喜びを与えるという意味で科学が果たしている役割というのはずいぶん大きいものであると思います。これは科学ジャーナリズムにおいても、新聞に科学欄というのがずいぶんたくさんありますし、そこでおもしろいことはたくさん取り上げられています。すぐには役に立たないことでも、新聞ダネになるものがずいぶんあります。これは非常に重要な学術の側面だろうと思います。

だけどいずれにしても、これは、研究の成果というのが、思いがけない方向へ進展したとか、常識を超えた発見があったとか、人間に驚きと興奮をもたらす、そういうことがありまして、それが積み上がって文化的な遺産になるとか、知的な資産になるということがあるからだと思います。

ずいぶん昔になりますが、カルロ・ルビアがノーベル賞をもらいましてから、仁科財団の招きで東京に来て、東大で講演を行いました。そのとき最初に彼が言った言葉は「山へキノコを採りに行くとき、みんなはあっちの方へ探しに行くけど、オレは逆の方に行くんだ」ということでした。

私はこの精神に、非常に大きな感銘を受けました。その後、カルロ・ルビアさんとは時々いろんなところで接してますけれども、彼は一貫してそういう考え方です。最近では、原子力問題などに彼なりの情熱をもって対処しています。これは狩りの思想、狩猟の思想であって、それに対して日本人が多く持っているのは農耕民族としてのパターンである。そういう言い方は、私のオリジナリティではまったくありませんで、私は世の中で言われていることを、なるほどなるほどと思いながら言っているだけです。要するに西洋型は、われはわが道を行くということで、日本型はみんなで仲良くやる。西洋は個性というものを非常に大切にします。日本は調和的なハーモニーのある社会を大切にします。西洋型の狩りの思想というのは、開拓する、探索する、何か

新しいものを見つけるということでありますが、日本型の思想は、拡大するとか、改良するとか、共同で何かに当たるということであります。

もっと極端に煮詰めますと、最近、ルビアは現在の原子力のコミュニティに対して、それを正統派と呼んでいて、私は異端の道を行くというような宣言をしているんですが、それほどに彼はこだわります。私がどうしてこういうことを言い出したかという、知的資産とか、将来にわたる文化遺産というときに、何をもってそう言えるか、考える必要があると思うからです。やはり広い意味の研究の成果だと思いますが、このところいろんなサイエンスの雑誌に、日本の学術論文の量は非常に目を見張るものがある、いろんな分野で G7 の中のトップクラスに並んでいる、と言うんですが、その質となると、20 番目ぐらいの分野もたくさんありますし、G7 のトップの方に位しているわけじゃありません。

今後、科学技術関連予算の拡大が期待され政府でも施策を作っているわけですが、しかし、それをほんとうに将来に残るような形で活かせるかどうかは、やはり研究のアプローチの問題にかかっていると思います。日本に優れた研究がないと言っているではありませんで、私自身も含めて反省を言っているわけです。優れた研究もたくさんありますが、しかし全体としては質的に見劣りがする。いま予算倍増という時代で、将来、どこへフォーカスして行くかというのは、先ほど和田さんが示されました 3 次元のチャートの中で自ずから明らかだと思いますが、原点あたりに低迷していたのでは、まったくまずいわけであります。

ところで、私には分からないことがあります。西欧人はわが道を行くと言いながら、作っている芸術美は調和性の高いもの、それから対称性に富んだものであって、調和を重んじる日本では、美の感覚というのは乱れたところにある、乱調にあると言われています。音楽でも、日本の音楽はちょっと狂わないと美にならないのです。西洋人と日本人の違いを考えると、学術研究の姿勢と芸術美のそれぞれに見られる逆転は、

一体どこから生じているのか、前から疑問に思っていたところです。

「研究分野を結ぶ横糸」 私は物理の分野にいるわけですが、この分野は物質で分類されたタテ社会であります。物理学会のセッションはみんなそうですし、物理学の雑誌の分類も全部物質による分類になっています。ところが、いまはボーダーレスの時代になりつつあって、物性の例で云うと、昔は磁性と超伝導は全く別のものでしたが、いまでは同じ物質が両方の特性をもっています。たいへんボーダーレスになっています。それなのに、学界はタテ社会のままになっていることは確かです。

私は、大切なのは横糸、すなわちもろもろの分野にわたる研究手段の開拓、あるいはこの分野に生まれ出てきたものがあちらの分野へ飛んで行くとか、そういう横へのジャンピング。それから新しい目でものをのぞく、それは「プローブ」と言ってもいいんですけども、それが必要なのではないかと思います。

小田先生の  $B^2$  というのは非常におもしろいと前から思っていたましたが、別の軸でベーシックサイエンスのための、さらにベーシックなドメインというのはこういう横糸をなしているという面もあると思います。B3 と云えましょうか。実際、これまで永年にわたって、ノーベル賞の対象になってきた多くの業績のなかで、例を上げて見るだけでもたくさんあります。NMRは、そのよい例です。現在、これは、生物、医学の手段にすらなっているわけですが、そういうものを最初に作り出した人というのは、最も優れた、尊敬すべき方々であって、そういう方々がノーベル賞を受けているのは本当にすばらしいことだと思います。

「共同利用研究体制の正規軍と遊撃隊」 次に共同利用研の話になります。共同利用研は共同利用研究体制を作ってやってるんですが、それは、要するに大きな体制とか正規軍というものであります。しかし、それから離れた横っ飛びの研究者というも

のもいなければならないと思います。そればかりでいいと言ってるわけではありません。こういうものがうまく組み合わさったものが非常に大切であります。日本では、こういう横の視点というのが足りないんじゃないかという気がしております。それは大学の研究室などの体制がすでにそうであって、もっと横につなぐようなものができたらいいいな、特に新しい研究機関とか新しい大学なんかでそういうことができたらすばらしいなと思っております。とにかく、通常なるものを越えることこそが知的関心と呼ぶわけでありまして、私は文化としても非常に大きな価値があると思います。それは、すなわち異常な現象を見つけるとか、異常な物質を創造するとか、そういうものであります。一方、常なるものっていうのは、われわれの周りにあるものはだいたいみなそうですが、それ自身、完全に理解されているわけじゃありません。

先ほど、菅原さんは素粒子の話をされましたけど、30 年前に私が菅原さんと初めてお会いしたとき、菅原さんは、どうして中性子が陽子より重くなるのか理解できない、それを研究しているんだと言われたました。私はびっくりしました。そういう目で見ると、われわれの世界は不思議だらけであって、それを説明する理論として、標準理論などがあります。これは、だけど、後を追って説明しているだけであって、ほんとにそもそも陽子、中性子や、その他のものが、本来、どうしてそういう質量を持つかということは、ほんとのところ分かっていないんです。そうすると、宇宙の成り立ちに至るまで、生物はもちろん、すべてのことはわからなくなってしまう。その問題にできるだけ迫るためには、異常なものを人工的に作り出して行くということが非常に重要です。加速器の分野は巨大科学と呼んでいますけども、単一の目標をやるだけじゃなくて、いろんな種類の人工粒子を使った人工物質の創生とか、物質を見る新しい眼、そういうような視点で見えていくと、広い意味でサイエンスが、将来、非常に重要なところにつながるんじゃないかと思っています。

## 中井

ありがとうございました。このあたりで、フロアからの御発言をいただきたいと存じます。どなたかご発言下さいましょうか。はいどうぞ、小川先生。

## 小川岩雄（立教大学名誉教授）

「はみ出し人間礼賛」 山崎さんがおっしゃらなければ私が発言しようと思っていたんですが、はみ出し人間礼賛をしたいと思います。

壮大で統制のとれた大型研究であるとか、多彩な研究者の分散型ネットワークは、たいへん結構なことで、その重要性を否定するわけではありません。ただ、その一方で、孤立した、あるいは零細な小グループ、ゲリラというか、あるいは文学的なたとえばを持ちますと、たった独りでもって花を愛でながら、俳句を詠んでいる俳人、詩人とか、そういう存在はいったい科学にとってどういうことなるだろうかと思うときがあります。自然の前にただ独り立って恐れおののき、その美に打たれるという、孤独だが、自分の目で自然を見る異色な研究者、そういうものがないと、科学というのは、まあ一種の企業みたいなものになってしまいます。そういう孤独あるいは零細なグループの独自の役割を不当に軽視するような風潮が出てきていなければ幸いであると思います。戦略研究も結構ですけど、ちょっとそれが心配です。

何でもみんなでいっしょにやろうという社会的風潮、散歩するのも自然を愛でるのも、歩こう会といってみんなでワッショイワッショイ歩く、あるいは野鳥を眺める会でみんなで行きましょう、ということになってしまう。なぜ一人で行って野鳥の声を静かなところで一人で聞かないのかと思う時があるんですが、そういうふうな集団でものをやる傾向の病理的な側面に注意が必要です。

もちろん、科学者コミュニティというのは、お互いに励まし合う、情報を交換し合う場であって、非常に結構なことですが、さっきの目的共有みたいなことになってき

ますと、いい面と、その目的に沿ってしょっちゅう考えるってことが桎梏になるという悪い面がでてきます。何を考えているんだろうあの人はと、変人だという、そこに貴重なものが、あるんだという考え方を尊重しませんが、オーバーに言えば日本にもうノーベル賞受賞者は出なくなるんじゃないかという気がします。それを思っていましたら、山崎さんが、なんか私の代弁をしてくれてるんじゃないかと思うような話されたので、賛成演説をひとつ打ちました。

## 小島英夫（静岡大学教授）

静岡大学の小島でございます。私は、いま常温核融合の勉強をしています。1991年でしたか、名古屋で常温核融合の国際会議がありましたときに、伏見先生がスピーチをなさしまして、ここに集まってる人々はほんとに科学者精神にあふれた人であるというような趣旨のことをいわれました。ところがその後、常温核融合はどうもインチキじゃないかという話が広まりました。一度抹殺されると、もう論文は出せない、科研費の申請も通らない、科研費が通らないから校費でやるほかない、そうすると実験はほとんどできないわけで、非常に研究がやりにくくなります。

さきほどの山崎さんの話の中の「異常な現象」という意味では、まだ実証されてない、万人が受け入れてないという意味で、常温核融合というのはプラズマ核融合に比べると異常な現象であります。「ビッグサイエンス」をどう進めていくか、これは大切なテーマだと思いますが、異常な現象とか、萌芽的な研究、をいかにすくいあげていくか、これから注意しなくちゃいけないことではないかと思います。

もう一点、「文化としての学術」に関連して、とくに教育は重要な問題であると思います。物理を学ぶ高校生がどんどん減ってきて、理科を取る学生のうち、物理を取ってこない学生が多数を占めている。こういう状態で果たして将来日本が科学技術立国をほんとに進められるのか、心配があります。やはり「文化としての学術」という

場合、教育まで含め、国民の素養として基礎的な自然科学、物理学を広めて行くということが必要ではないかと思います。

中井

ありがとうございます。この 20 世紀の後半に、われわれが駆け昇ってきた道として、やはり共同利用研究体制というのは大切でした。研究者の意見を集約することを基本理念として進めてきたわけでございます。その理念の導くものは、大型装置ばかりではありません。最近では原子核の分野以外にも広がり、生物学者も、物性研究者も、ネットワークを作ろうとおっしゃっています。大きな装置を持つ、あるいは、組織を作る、いずれにしても共同研究体制を進めるときの、ひとつの問題点は、いまのお二人がおっしゃったことかと思えます。つまりその体制の中に入った人にはいいけれども、その外にいる人はアンハッピーになるということは起こり得ます。常に、細かい配慮が必要でありましょう。

共同研究体制のもう一つの問題点は、研究所の個性の育て方です。個人的経験を話して恐縮でございますが、私は高エネルギー研究所で陽子シンクロトロンの実験責任者をやっておりましたが、同時に理化学研究所のサイクロトロンの実験審査委員になったときに、たいへん羨ましく思いました。それは、共同利用研究所でないので思い切った特徴のあるプロジェクトを進めることができることです。これは科学技術庁傘下の研究所の特徴として伸ばすべき点ではないかと思えます。最近、原子力研究所も、先端基礎研究センターというのをお作りになって、かなり強引だなと感じるくらい特定のプロジェクトをどんどん推進しておられます。研究者の意見の集約を尊重する共同利用研のやり方と対照的に、むしろ、研究所の個性を作り出しながら進めて行く、というやり方も大切だなと感じています。

このあたりで、吉川先生にお話しをお願いしたいと存じます。

吉川允二（原子力研究所理事長）




核融合というのは、伏見先生の大きなポケットの中では小さなコインだと思いますが、プラズマ研究所、それから、科学技術庁の中の融特委、核融合特別委員会、核融合会議、JT-60 分科会、などいろいろな場面でご指導いただきました。

私は、もともとは基礎研究をやりたくて、原子核実験をやろうと思ったんですが、加速器に入り込むうちに、どうもプラズマの方がやさしそうだというので、そっちへ移りだんだん核融合にのめりこんでいったわけです。プラズマの理論は、非常に単純なクーロン相互作用をする粒子だけの話でありますけれども、きわめて難しいものです。今日、飯吉先生がおっしゃったように、閉じこめだけでも相当な時間、40 年をかけてまだなお経験不足で、反理論的な一ある分野では理論がはっきりしているんですが—進め方をしているというのが現状であります。




「プラズマ・核融合科学の特質」 核融合研究と原子核実験の違った点を、目標と手段について図にしてみました。目標としては、さきほど和田先生がお話しになった縦軸（Y 軸）と横軸（X 軸）に対応して、今日の主題である“文化性”つまり「Curiosity-driven」な目標と、“実利性”「Exploitability」を求めるものがあります。一方、手段としては、いい名前かどうか分かりませんが、“科学”・“工学”という分け方があると思います。

おそらく、原子核実験は、かなり分化し進歩した歴史を持っていますので、原子核実験をする人と、加速器を作る人とは分化しており、それぞれ科学と工学のところに○で書いてあります。もちろん、いっしょにやることもあるので、点線でこう広

原子核実験

目 標 手 段	"文化性"	"実利性"
科学		
工学		

プラズマ・核融合

目 標 手 段	"文化性"	"実利性"
科学		
工学		

核



がっているだろうということも示してあります。おそらく天文学も、現在の段階ではいっしょにやっておられることはよく分かりますが、望遠鏡ができあがれば、運転する人・望遠鏡を動かす人と、研究する人が分化するでしょう。

一方、核融合はさっきも言いましたようにプラズマ理論が難しいし、実験もなかなか理論と合わないものですから、プラズマ科学と核融合工学がいっしょにつながっています。また、実利的なものもあります。核融合は、エネルギーを取り出すという実利もありますし、最近では、例えば半導体に使うプラズマ・クリーニングとかあるいはプラズマ・デポジションとか、そういうのがかなり理論に乗ってきたので、プラズマ物理それ自身が実利的なものになってきました。という意味で、プラズマ・核融合の発展段階をどういうふうに捉えるかというのはなかなか難しく、あまりいい例ではありませんが、原爆を作るときに物理と技術がいっしょにやっていた、そういう時期に、ある意味では似ているんじゃないだろうかという気がします。核融合研究も早く分化すればいいのかなとも思います。しかし、それは進歩でありますけども、それと同時に大学でいろんな新しい方式もやっておりますし、こういうようなサイクルを繰り返しながら行くのかなということでもあります。

プラズマ・核融合は、学術会議の第4部と第5部の両方にまたがっています。学会がだいたい、物理学会、プラズマ核融合学会と原子力学会の3つに分かれておるわけであります。そういう核融合なので、なかなか純粋研究あるいは基礎研究という意味で皆様と完全にオーバーラップはできないと思いますが、このプラズマ物理というのは非常におもしろい分野であり、応用面も大いにあると思います。宇宙でも、あるいは星でも、当然プラズマがありますし、さきほど、菅原先生がヒッグス・メカニズムをプラズマ振動というところから説明されたので、急に分かったような気がしたんですが、そういうこともあろうという意味で、広い分野に広がって、概念的な考え方は通用するんじゃないだろうかというふうに思っております。

学術会議の先生方、科学技術会議の先生方のご努力によって、科学技術基本法が制定され国の予算がつき始めたということは、たいへん喜ばしいことであって、国民なり政府の理解を引き続き維持するということを、私どもも含めまして大いに努力し、これから日本の文化としての学術、文化としての科学という意味で、貢献できればと思っております。

さきほど、西欧と日本・アジアとで対応が違うというお話があったわけですが、文化の地域性は大切であります。司馬遼太郎の書き物を読んでおりましたら、文化が戦後ツルツとしてきたっていうんですね。昔、日本は、東北地方に行けば東北、関西に行けば関西、九州には九州、東京には東京……と違う文化があって、みんなそれぞれの顔を持っていた、だけど、戦後はみんなのつべりしてしまって、つまんなくなったということであります。さきほどお話をうかがっておりましたら、バルセロナにはバルセロナの顔があるという、そういう意味で日本には日本の地域の顔を持った科学というのが、ぜひ、できればいいなと考えます。もちろん、科学というものは、どこでやろうと同じ結論にはなるはずですが、取り組み方は違ってよいはずです。そして、取り組み方というのは本来、人間でありますから、人間の文化を必ず反映してくる、いやむしろ、してほしいというふうに思います。世界の文化が、みんなおしなべて共通の文化になるということはせひとも避けたいと、思います。同じような意味で科学も、日本には日本の切り口、重点の置き方、そういうものを持ってやるのが非常に大事じゃないかと思います。アメリカ全体、EU全体のR&D費に比べれば、日本はやっぱ少ないわけですから、日本はこう進めるんだという戦略を持って進めるということが大事じゃないかと申し上げたいと思います。

## 中井

どうもありがとうございました。ここまでは、パネルの諸先生方のお話しを中心に

進めてきました。この後は、フロアからの御発言をいただきたいと存じます。

**伊藤順吉**（大阪大学名誉教授・元甲南大学長）

「阪大時代の伏見先生」 伏見先生の昔のことは、おそらく私が一番よく知ってると思うので、2・3ご紹介させていただきます。

一つは、学問的なことです。ローレンスが日本へ来まして、原子核研究の禁止を解除すべきだということになり、原子核の研究が再開できるようになりました。その直後に、上野の学士院の会場で原子核研究者の集まりがありました。原子核研究連絡委員会としてオーガナイズされていたのかどうか知りませんし、少なくとも私はその委員ではありませんでしたが、私は伏見先生から「お前も出ろ」といわれました。議題は、日本で原子核施設の再興が許されたので、サイクロトロンをどうするかという議論なんだ。お前、大阪の前のサイクロトロンをやったんだから出て来いということで、出ました。そのときに、もちろん朝永先生もおられましたけれども、私が出たくらいですから、一私、35歳ぐらいじゃなかったかと思いますが—各大学から私に準じた若い方も出ておられたと思います。そのときに伏見先生もずいぶん発言されましたが、日本でサイクロトロンを復活しようということを大勢の原子核に関心のある人達で議論をしました。結論は、どうしても日本で作りたい。日本にいったん3つも4つも作れるわけじゃないから、日本でまず一つ作ろうということになりました。そのときに大阪大学には作った経験があるから、まず大阪大学に復興させようと、そういう結論になったんです。それをまあ各大学から来ている人がいながら、会議の前にいろいろ根回しがあったんかもしれませんが、そこで、その1回の会議で決まりました。京大にも計画がありましたし、他の大学にも計画がありましたけども、とにかく大阪大学にいちばん最初に予算がつき、そして若槻先生が主任になって作られました。日本の学者のみんなの討論の結果、ベクトルがひとつに向いたか向けたか知りませんが、

そういうことに伏見先生が非常に尽力されたことに、私、たいへん強い印象を受けました。

もう一つ、これは学問とはまったく違います。たしか、伏見先生が名古屋のプラ研へお移りになる少し前だったと思うんですが、60年安保の時です。伏見先生は理学部長だったと思うんですが、学生のいろいろな動向、教員のいろんな動向を見ておられました。そのとき、理学部のほとんど全部の有志がデモに参加したわけですが、それを伏見部長が後ろから手を振って送られたのを記憶しています。私はデモの中の一員として学生といっしょに歩いて、中之島にありました阪大から大阪駅の向こうにある扇町公園までデモしました。

私は、デモは後にも先にも1回しかしたことがないんですが。そのとき、非常に強い印象を持ったのは、ほうぼうのビルディングからサラリーマンが手を振って、「がんばれよーッ」という声をかけてくれる人がたくさんいるわけです。ちょうどそういういいタイミングになったときに、これは伏見先生を買いかぶりすぎるのかもしれませんが、理学部長の判断で今度はデモに参加してもよかろうと、そういうふうに言われたんじゃないかと思うんですが。それが、私のずっと昔から持っている非常に強い伏見先生についての印象でございます。

「ノーベル賞級の業績と実用化の努力」 先ほど山崎さんが言われましたNMRについて、私、NMRを日本で最初に始めたわけですから、それについてちょっと一言。ブロッホ教授の話をさせていただきたいと思います。ブロッホは「ブロッホ・ウエーブ」「ブロッホ・ウォール」という理論の大きな仕事をした後、アメリカにやって来て、アルバレといっしょに中性子の磁気能率をラビの方法で測定します。そのときから理論と実験の二足のワラジをはいていたわけですが、それが、NMRをパーセルと独立に発見します。

そこまでもたいへん優れた業績です。もちろんノーベル賞をもらったわけですが、そのときにブロッホは高分解能のNMRを開発して、これが化学分析に役立つと気づき、これの一つちゃんと完成した装置に作ろうじゃないか考え、高分解能のNMRの装置を作ったらどうかと、バリアン・アソシエートに話をもちかけます。

スタンフォード大学というのは非常におもしろい大学で、バリアンという、たしか兄弟だと思うんですが、それがバリアン・アソシエートという会社を作りました。その会社は、クライストロンを製造した会社で、軍部の仕事で戦争中に大きくもうけたんだと思います。そのクライストロンも、スタンフォード大学で技術的に開発されたものだと聞いております。

NMR 装置の日本での第一号機は東北大学に入りまして、第二号機を大阪大学に入れたんですが、それを入れるためにブロッホのどこにも教えを乞いに参りました。バリアンにも行って製造しているところを見たわけですが、まさにマグネットの表面を熟練工がヤスリで磨くということで均一性を上げるという、そういうような時代だったわけです。ところが、みなさんもよくご承知と思いますが、ほとんど世界中の高分解能NMR装置のいちばん最初がバリアンの製品です。

それで私、思うんですが、ノーベル賞受賞者というような大きな仕事をした人が、科学のために使えるものだと思うと、これをひとつ、そこで作らす。それがもとなって現在、医学に使われているMRIに発展してきたわけですね。ブロッホのものは、最初はステディ・ステートでしたけど、それをパルスでもって、結局フーリエ変換を使うという方法を開発し、磁場を不均一にして、1点だけ測定する、そういうことをすればMRIになるわけです。このように、ノーベル賞に値するような仕事をして、それを人間のために役立つようなものに仕上げて行くという、そういうプロセスを推す能力が、実は日本でいちばん欠けているところではないかと思います。私自身がその能力はゼロです。欧米人はどこにそういう能力をもってるんですか。やっぱりブロッ

ホが偉いんでしょうか。これから将来、オリジナリティのある仕事をしたときに、それがほんとに人間の幸せに使えるもんだということを見極め、その道をやっぱり最初の原理を発見した者がすべきじゃないかと思うんですが、どうでしょうか。

## 中嶋

いま伊藤先生のお話がございましたんで、似たような例を申し上げます。トランジスタと超伝導のBCS理論でノーベル賞を2回受たバーディーンについてです。あるときアメリカの友人と話していましたら、ジョン・バーディーンは非常にアイデアディアマンであって、ゼロックス複写機の大きな改良をやったんだということを話してくれました。私、びっくりいたしましてですね、そんなこと何も知らなかったんです。で、どうしてゼロックス・マシンとバーディーンが結びつくのかと思ひまして、ご本人に、直接、こういう話聞いたけどいったいどういうことかと説明を求めましたら、彼はたった一言「静電気学の応用だよ」とそれだけ、後は何も説明してくれませんでした。彼らのそういうセンスっていうか、興味の持ち方はまあ一種のカルチャーなのかもしれないと思うんです。

## 玉野輝男（筑波大学プラズマ研究センター教授）

筑波大学の玉野です。先ほど山崎先生や和田先生のお話を、ほとんど共鳴しながら聞いていたんですけれども、いまのお話にも関係しまして、ちょっと共鳴しなかった点がございますので、その点について言わせていただきたいと思います。

さきほど、和田先生はお話の最後に、必ずしも和田先生の意図ではなかったかもしれませんが、実用の軸とそれから理想の軸の45度付近を指して、そこの研究が発展するとよかったんだと、そういうような話をされ、山崎先生は日本人には調和があつて、西洋人には独創性といいますか異端性といいますか、そういうふうにお話をされ

たんですが、私は西洋では、といってもよく知っているのはアメリカですが、いずれの軸であっても原点から遠いものに対して価値を認める、それがむしろアメリカ人の価値観だと思います。

そういう意味では、むしろ日本人よりも価値観においてはアメリカの方が調和がとれている。つまり自分が必ずしもやってないものに対しても、他の軸でもって優れているものであれば、それを優れていると認める、そういう社会性といいますか、そういうところがあるんじゃないかと思います。そういうふうにあった方がいいんじゃないか、必ずしも一番遠い球の全面を覆う必要はないと思いますけれども、やはり原点から遠いものに対しては、どのベクトル方向であっても価値観を認める、そういうところが大切ではないかと思います。

## 中井

ありがとうございます。パネリストからなにかコメント、ございましょうか。

## 山崎

伊藤先生が最後に言われたこと、私も、いつもいつもそう思っているんですが。向こうの人は何か自分の関心で、あるやり方を見つけると、とことんそれを追求しとんでもないところまでジャンプする。そういう姿勢と精神がきわだっていますね。NMRのアプリケーションなんか、まさにそういう方向に行ったと思います。

そのような例は非常にたくさんあって、そのご本人がもう自分の商売やめても新しい天地へ行ってしまうくらい、すごい発想の転換とか、モビリティがあります。それは非常に優れたところで、日本ではなかなか薄いところじゃなんでしょうか。それに対して、大学なり研究所なりの体制・やり方が悪いんだったら、私ども自身がおおいに反省しなきゃならないところじゃないかなと思っております。

それから和田先生の先ほどの3次元プロットの中で、私がいちばん関心あるのは革新性の軸の上のきわめて革新的なところであって、それが、基礎の軸に向いているか、知的な方へ向いているか、応用といいますか、おカネが生み出されるというところに向いているか、それはどちらでもいいことであって、とにかく革新性というのが非常に大事です。たぶん優れたものは10年も20年もたてば、非常にプロフィットがあるようになると思いますけども、とにかく革新性のあることがいちばん大事で、必要条件だと思います。

## 和田

いまおっしゃったこととほとんど同じですが、ひとこと付け加えれば、私が申し上げたかったことは本来、理想の軸と現実の軸と直交してるんだけど、それが現在、いろいろな研究費等々が必要になるにつれて妙な干渉を始めた。その干渉をはずすにはやはり納税者の理解と言いますか、つまり国家利益というようなもっと大きな枠の中で価値というものを、科学者が自分で出して行かなければだめなんじゃないかと、まあそういうことを申し上げたかったわけです。

## 吉川

お二人の意見の延長なんですが、日本人がもともとそういう革新性や独創性がなかったと私は必ずしも思えません。どなたかが言ってらしたように、やっぱり江戸時代の芸術とか、科学者でもむしろ明治時代の方が新しいアイデアを出してきたということで、なにかそれからおかしくなってきたんじゃないかなという気がしなくはないんですね。ですから国ということも、国の枠組みがおかしいのか、その中で自由闊達に動けない科学者に責任があるのか分かりませんが、そういう意味では時代をひっくり返して、昔の日本という、独自の文化というのをなんとか復活したいなと思って

おります。

## 小田

たぶん時間がないと思いますので、簡単に言いっぱなしで1つ、2つ。

ひとつめはですね、さきほどお話が出ましたが、文化に地域性があるかという話。たとえば日本の物理学とかドイツの物理学というものは、本来ないと言いますが、それはやっぱり結論、結果そのものには違いはなく、ドイツの物理も日本の物理も共通のものであると思いますけれども、その物理をつくる時、それにはやっぱり東洋、東洋というより日本でしょうか、日本と西洋の違いがあるんだと思います。それが先ほど菅原さんが、浮世絵を出されました。たとえば、ああいう発想を科学の、あるいは文化としての科学、物理の世界に持ってくれば独特なブレークスルーがあるはずであると思っております。それがどうかっているのは、まあちょっといずれ別にして。

それからもうひとつはですね、先ほど来、出ているビッグサイエンスの話です。ビッグサイエンスっていうと、戦後、もはやダメかと思っていたのが、結局、共同利用研究所という形でビッグサイエンスがやれるようになってきた。ビッグサイエンスに対していろいろ反論というか、批判もあるわけです。そのひとつはおカネがかかりすぎる。それからもうひとつは、それをやるのにどうしてもチームワークでやりますから、個人の創意性が失われるのではないかという批判があり得ます。これもよく考えてみますとですね、よく分析してみれば、必ずしもそういったものではないと。その2点、言いっぱなしで、結論は言いませんが。

## 中井

どうもありがとうございます。残り時間がなくなってきましたが、霜田先生 お願いいたします。

## 霜田光一（東京大学名誉教授）

西欧の科学と日本の科学の違いということに関して、農耕的な文化と、それから狩猟的文化の違いだということで、日本では調和を重んじるのに、芸術、あるいは音楽の面ではあまり調和がなく、西欧の芸術の方がシンメトリーであるとか、調和であるとか、それからオーダーというようなことが重要視されているのはなぜだろうということがありましたが、それは、やはり、精神文化と科学技術とは違うんだと思うんです。伊藤(正男)先生が、先ほど戦略的研究ということに対して、人文系の方からは理解がないといいますが、必ずしも賛成されてないというお話がありましたけれども、それは、やはりそういう人文的なサイエンスの違いだと思います。そういう素質の違いで、やはり芸術やなんかを、日本人が調和的というんじゃないで、やはり自然科学の研究態度に対して、そういう文化である。あるいは、また逆に、何故違うかって言いますと、芸術や音楽は、あまり実利性ということを考えないわけです。和田さんの図のインダストリーの軸はないわけです。— もちろんインダストリアル・デザインなんてものがありますけれども — 本質的にはそういうことはないわけで、それが違いを決してるところだと思います。したがってまた、向こうでは、異説があるということは非常にアクティビティを高める要素であるというふうな価値判断が出てくる。日本ではそれは逆に捉えているということだと思います。

## 中井

どうもありがとうございました。そろそろ、時間がききましたので、伏見先生にお話をお願いしようと思っていたところなんです、にわかに手がたくさん上がりました。申し訳ございませんが、懇親会で議論を続けていただくことにさせていただきたいと思います。そこで、先ほどから手を挙げてらした鎮目さんに、最後の御発言をお願い

します。

## 鎮目

伏見先生からさっき「変な質問をするなよ」と言われたんで質問はしませんが、物理学者以外の者として今日の会議を聞いていて、21 世紀ってのが出てくるのに、この物理学者たちは何を論じているのかと思います。一つは、伏見先生は国家主義者じゃない、ところが、日本の科学とヨーロッパの科学とか、アメリカがどう違うとか、世界の科学ってことをもう少し考えたらどうか。それから、芸術だとか何とかってんだって、ヒトという動物がやる行動なんです。ヒトという動物は、科学の研究もするし、芸術もやる。そういう動物なんだっていうことをもう一回見直すのが、新しい視野だと思うんです。

## 中井

ありがとうございました。ほかに、パネリストの方で何かお話が残っておりますでしょうか。

では、時間がもう 6 時半になりまして、終わりの予定時間でございます。最後に、伏見先生のお話をお願いしたいと存じます。ちょっと、われわれの方から注文が出ておりまして、伏見先生の反省を聞きたいという話がございましたけれども、よろしく願いいたします。

## 伏見康治（リンクス・リセウム）

どうも今日は思いがけず多数の方々にお集まりを願ひまして、私、この会を、シンポジウムを催すようにイニシアティブを取った者としてはたいへんありがたいことで、心からお礼を申し上げたいと思います。この難壇に並べられた先生方には、実は、前から会合していただいて、準備を重ねていただいたんですが、その割には、どうも

話がかみ合わなかったような感じもいたしますけれども。ほんとうにみなさん、ありがとうございました。

今日、司会をずっとやっていただいた中井さんは阪大の物理の卒業生で、私が何か物理を教えたお弟子さんの一人なんだそうですが、それで中井さんを育てた先生、ほかにもたくさんおられると思うんですが、私だけが中井さんのサービスを受けてしまったような感じで、お礼をとくに中井さんに対して申し上げたいと思います。ただ、中井さんが、私がつぶしてしまったリンクス・リセウムをなんとか蘇生させようという、なにかインテンションを持っておられるようなんですが、やっぱりいっぺんとにかくつぶしてしまって、まったく新たに何かを発足させるというお考えの方がいいんじゃないかと思いますので、後の懇談会でもどうぞご議論を進めていただきたいと思います。

私として何か反省をしないといけないんですが、さきほどから皆様、私が昔、何をしたかということの、いろいろなことをおっしゃっていただいて、年寄といたしましたでは非常に皆様から愛されているという感じで非常にありがたく思っております。ただそのお礼だけ申し上げて、あとは勘弁さしていただきたいと思います。

ありがとうございました。

## 中井

どうも拙い司会で、もともと企画が下手であつたのかもしれませんが、鎮目さんにはかなりきついことを言われました。今後、こういう議論がさらにみなさんのお考えの中につながっていけば、ありがたいと思います。司会のまずさをお詫び申し上げます。パネリスト、および第一部の講演者の先生方、どうもありがとうございました。会場のみなさん方、お集まりいただきまして、ほんとうにありがとうございました。



## 「文化としての学術」

### ―第 15 期日本学術会議における審議の経過―

近藤 次郎（第 15 期日本学術会議会長）

## リンクス・リセウム・シンポジウム

### 第 3 部 アンケート回答

日本学術会議の第 15 期では文化としての学術特別委員会を組織した。この委員会の委員長には宅間宏第 4 部会員、幹事に田口第 3 部会員、光岡第 6 部会員を当てて、1 部から 7 部までそれぞれ 2 名ずつの構成であった。ところがこの特別委員会は 3 年間に 13 回の会合を持ったにも係わらず、結局結論を得るに至らず、更に報告書すらも全員のコンセンサスが得られなかった。そのため報告書を公表することができなくなってしまい、わずかに内部資料として 21 世紀の文化における学術の役割を平成 6 年 7 月 19 日付けで発表したに過ぎない。従ってその内容は一般には公表されずに終わってしまった。

このような結果になったのは結局文化という用語の定義とか、学術に対する委員のバックグラウンドが哲学、史学、文学、法学、経済学などの人文社会科学から理学、工学、農学、医学などの自然科学に至るまで広い範囲に及んだ為に、文化という言葉の理解がそれぞれ異なっていた上、各自の携わる学術そのものも違うためでもある。委員長の総括では、第一に人類の知的好奇心を満たす欲求に基づくすべての活動を学術と定義し、その均整のとれた発達を計る点が必要である。この必要性を社会に納得させるために学術会が努力をすべきであると述べている。またその中で創造性が大切であるとする一方で、現在の学術の動向としては環境問題、エネルギー問題、人口問題など人類の存亡に係わる深刻な問題に対して、パラダイムの転換の時期にある。学術がここで大きな役割を果たさなければならない、と主張している。

これに対して各委員の中には、これは結局第 4 部（理学）の主張を全委員に強引に納得させようとするものであるといった意見や、とにかく委員会を横成して 3 年間に討議した以上その成果は公表すべきで、公表する一歩手前で、反対意見を述べてもそれは必ずしも建設的でない、という反省の弁など各委員がそれぞれの立場で、妥協の困難ないろいろな意見を述べた。

そもそものこの委員会は渡辺副会長の発議によって創設されたものである。渡辺氏は第 14 期では「人間の科学」特別委員会を作って議論し、学術のあり方を審議したが、それは成功したとは言えない。そこで、学術そのものが文化である、この場合の文化はカルチュアとでも言うべきものであろうが、学術というのは人文社会科学および自然科学の如何を問わず、また応用と純粋の区別もなく、それ自体が文化であり、その結果人類が今日の繁栄を遂げたものであるという認識で、会長もその意見に同意したのである。

即ち現在は独創性ということが叫ばれ、日本は世界に対して学術的に貢献すべきである、それは基礎科学ただのり（フリーライダー）と言うのではなくて、もう少し人類の知的財産の拡大に貢献すべきであるという意見とか、世界に貢献するように日本から学術の発信を行う必要があるという意見などもよく云われている。当時は、そして現在でも文部省の学術審議会、或いは科学技術会議において基礎科学の重要性が叫ばれている。この点は企業においても同じである。しかし、ここで基礎科学尊重と言うのは、いわゆる利益追従という立場ではなく、純粋に利益に無関係なものを尊しとする考え方である。

確かに科学の発達の事例を調べてみるまでもなく、科学者は純粋に自然の法則を探求し、それを解明することを目的とした。その後近來では、これを応用して巨大な産業が成立したという事実が多い。しかしながらもしそうならば、錬金術から化学が発達してきたという事実や、純金と合金と判別するためにアルキメデスが浮力

の原理を発見したという

物理学などはその動機が不純で科学ではないとでも言うのであろうか。確かに中世の暗黒時代の星占いに代わるものとして、天体の運行を説明する天文学の発達などは、利益を追及するものではなく、純粋的な知的好奇心に基づくものであるということが出来るかも知れないが、これも天文学や暦の発達などは農耕や迷信を避ける目的で研究された面も見過ぐす訳にはいかないであろう。

近ごろは新しい発明発見が直ちに企業の利益、新製品につながる。従ってその利益の拡大につながることは広く認められるところである。しかしながら、学問をすることが、直接利益につながっている人は、企業の経営者の一部を除いては極めて少ないのではないだろうか。また、学問をすることの中に生きがいを見だし、その中に尽きぬ喜びを感じる人も多いはずである。そしてこの「学問をする」という言葉そのものが死語になっている。ここであえて「科学」とか「学術」とかという言葉を使わずに、「学問」といったのは、それだけで一般の人が心に思い浮かべるものを指していて、決して特定の自然科学や、或いは哲学のみを指しているのではない。

また必ずしも創造性ということのみを重視するのではない。もしそれならば例えばノーベル賞につながらなかった学術研究は果たして無価値、無意味なものであろうか。人間は食事をしたり、寝たり、夢を見たり、スポーツや碁・将棋などに凝ったり、絵や音楽を聞いて楽しんだりいろいろなことをやっている。しかしその中でいわゆる「学問をする」、言葉を変えれば「勉強する」ことに意義を感じ、楽しいと思う心が今は失われているのではないであろうか。

学術会議が 15 期に世の中にアピールしたかったことは、「学問をする」、その言葉自体が今や死語になってしまっているが、学問をするということに生甲斐を感じる、或いは学問をするということが「粹な」ことであるという風潮を世の人に理解

してもらいたかったからである。それは必ずしも経済的利益につながるものではない。例えば紫式部の源氏物語を勉強してそこに出てくる言葉の意味を解釈してみたところで、それが必ずしも独創にはつながらず、また多少の国文学研究上の進歩はあったとしても全巻を著した原著者には遠く及ばないであろう。それにも係わらず多くの人たちが源氏物語を読んで、それぞれに、ここで使っている「いとかなし」という文句はどのような文脈であり、また情景を表しているのかと想像を逞しくして議論している。それはなんら生産的なことではなく、一つの遊びである。文学ではなくて一種の雅（みやび）と言うべきであろう。

この雅の心のようなものが学問をするという時の心意気でなければならない。これは古典だけではなく自然科学の研究についても同じである。即ち学問研究というものは、ある意味では極めてリスクの高いものである。多くの楽しみを犠牲にしてこれに一生を捧げても、自己満足だけで客観的に見れば、結果として何も創造できていない場合もある。学問に身を捧げそれに没頭することは、農業や工業の生産に励んだり、商売に努力したりすることとは違って、物質的な豊かさとは直接的につながらない。のみならず多くの場合は間接的にも物質的豊かさすら満足できないことも普通である。しかしながらそういった人生もあっていいのではないかと考える風潮を、今少し世の中に広めたいものである。日本からノーベル賞が出ないといって悔しがめる人は少なくない。しかしそれは大勢の科学者がいて初めてその中に、いわゆるアタル、またはアテル人が生まれるのであって、ノーベル賞受賞者といえども誰も最初からノーベル賞をとろうと思って学問研究に勤しんでいるわけではないであろう。大事なことは学問をするという生き方についてもそれはそれで意味があることであると多くの人が思い、且つまたそのような人を尊敬する風潮が世の中にあることがいちばん大切である。

明治時代には夏目漱石が東大教授の席を擲って朝日新聞社に入り、小説をもって

身を立てる決意した。これは大きな出来事であった。しかし現在は大学数が明治時代の何十倍にもなり、また大学生の数にしても日本中で約 40% 近くの若者が短大も含めて大学教育を受けている。大学の地位が相対的に低くなったことは否めない。大学教授のポストを投げ捨ててテレビのタレントになる人も出てくる。私はここでどちらがランクが上であるということを述べているのでもなければ、大学教授をもう少し尊敬すべきであると訴えているわけでもない。そのような人生もあるのだということ、そしてそれはそれとして意義があるということをどのようにすれば一般の人の理解を得るかということを日本学術会議として審議して欲しかったのである。

しかしながらいずれにしても会長があまり指導力を発揮すると返って結果はよくない。このことは 13 期以来の経験によりよく知っているので、ある種の期待を持っていた。その解答は用意していたものの、これを押しつけるようなことはあえてしなかった。それにしても 3 年間の審議の後何等の対外報告も出せなかったというのは、最終的にはやはりこのような特別委員会を設置する提案を行った会長の責任であると考えている。

多様な会員から構成される学術会議で、しかも委員の選定すら各部のそれぞれの協議に任せているという現在の体制ではやむを得ないことであったのかもしれない。

(1994 年 10 月 4 日)

## 「文化としての学術」 — SSC 問題の意味 —

中嶋 貞雄 (超電導工学研究所)

「文化としての学術」について一言とのご注文を受けたが、課題が大きすぎて一般論の展開は私の能力にあまる。第 15 期日本学術会議でもこのテーマに関する特別委員会が設置されたが、「そもそも文化とは何か」の定義からして議論は沸騰した由である。課題を矮小化することにはなるが、ここでは例の SSC を case study の対象にえらばせて頂く。当時、私は日本学術会議の第 4 部長および物理学研究連絡委員長として研究者側の意見を集約すべき立場にあった。あのときの個人的体験をふりかえり、しかし現在のもっと自由な視点から、SSC 問題をもう一度考えてみたい。

当時(1991)、学術会議は第 1 部(文学)から第 7 部(医学)までの全会員が参加した討論の結論として、「質量の根源を探ろうとする SSC 計画の意義は評価するが、SSC 日米協力が日本の基礎研究に負の影響をもたらしてはならない」との見解を公表した。その前後に、物理学研究連絡委員会は、日米合同シンポジウムを開いて高エネルギー物理の現況を展望し、学術会議は近藤会長を団長とし、各部 1 名の団員から成る訪米視察団を派遣している。しかし、結局のところ高エネルギー物理研究者達はわが国独自の B ファクトリー計画を選択することになり、一方、“変化”を標榜して登場したクリントン新政権は、SSC 計画の中止を決定してこの American dream in science を放棄してしまった。

ところで、あの頃、私たちは（そして米国の研究者たちや米議会の調査資料も）

Big vs Small Sciences の観点から SSC を論じていたとおもうが、問題の本質はそこにはなかったというのが、現在私の抱いている感想である。世紀末を迎えて、私たちはいまさまざまな “変化” を体験しつつあるわけだが、SSC の挫折は、“変化” の時代を象徴する事件のひとつに過ぎなかったのだと考えている。それどころか、私がもう少し注意深く自分自身の体験を吟味していたなら、’91 年の時点ですでに同じ結論を得ていたはずだとおもう。

たとえば、上記の学術会議訪米視察団と米国下院科学技術委員会幹部との朝食会があり、そこでの会話を通じて強く感じたのは、産業技術競争力強化への傾斜であった。NSF のオフィスで再会した友人も、基礎研究に対する同様の圧迫を慨嘆していた。さらに、これは訪米視察団とは関係のない、しかし同じ時期の学術的会合での体験だが、AT&T Bell および IBM の基礎研究部門で活躍している 2 人の研究者から「われわれのマネージメントは 3 カ月先の株価にしか興味がないのだ」と訴えられたことがある。2 人のうちの 1 人はヨーロッパ人であり、ノーベル賞受賞者であるが、初対面の私が学術会議の第 4 部長であり、第 4 部の担当が基礎科学であると聞くと、すかさず “what is your philosophy of basic science? …と尋ねた。英語でどう表現したか正確には覚えていないが、basic science は culture だという意味の答えをしたと記憶している。

そして現在、基礎研究部門に関するかぎり、Bell も IBM も昔日の輝きを失っているというのが私の印象である。少なくとも、物性分野で私の知っている多数の素晴らしい人材が、大学その他に四散してしまった。挫折したのは、なにも SSC 計画だけではなかったのではないか？

さらにいえば、SSC 計画の挫折と米国経済の最近のブームとの間には、どんな因果関係があるというのだろうか？ かつて、経済的停滞に悩む欧米から繁栄を誇示する日本に対し、“基礎研究ただ乗り” という非難の声が上がったことがあるが、

もしかしたら米国は日本の経済戦略をひそかに換骨奪胎したのではないだろうか？  
 一方、いま経済必ずしも順調ならざる日本が、科学技術基本法に基づいて前例をみない多額の基礎研究投資を試みようとしている事実は、どう理解すべきだろうか？  
 そして最後に、こうした数々の世俗的な疑問は、“文化としての学術”という美しいキャッチフレーズとどう関連するのだろうか？ 疑問はあとを断たないが、専門的知識を欠いた私には答えるすべがないのである。

## 「文化としての学術」 — シンポジウム参加者のアンケート回答 —

### 西島和彦

文化の代表としての芸術は、その作品から作者をある程度推定しうるという意味で個性的である。

学術の場合にも、その結論は普遍的であるとしても結論に到る道程から誰の研究結果であるか見当が付くぐらい個性的になれば文化に属することになるであろう。

### 伊達宗行

アルスへの回帰 — 18 世紀初頭までは、サイエンスもアートも無かった。これらは、全体としてアルスと呼ばれていた。しかし、科学が専門化して異常な成功を収め、産業革命によって社会構造までが、変わった時、アンチテーゼとしてアートが生まれたのである。(伊達宗行：アルスの崩壊、東北大出版会会報 1997 年 3 月号)

科学が地球をも変えられる、となった今日、“科学者による自己最適化”はもはや許されなくなりました。科学全体がアルスへの回帰を考えるべき時期に来ていると思います。それが「文化としての学術」という、すわりの悪い言葉に対する提言です。

### 林 雄二郎

文化と文明という言葉に対置する言葉として科学と技術をあげたい。文化に対して科学、文明に対して技術ということである。更に、より明確なイメージとして文化はアイデンティティ、文明は便益ということになるだろうか。

現代社会は文明に偏して文化を忘れてしまっているようである。

## 西川恭治

まず「文化」という以上、次の三つの点を考慮する必要があると思います。

① Popularity（普及性）：専門家以外の一般の人々にも親しまれ、心の豊かさ、喜びを与えるものであること。

② 遺産性：時代を超えた知的遺産として、いつの時代でも評価・鑑賞されるものであること。Newton とか Einstein の業績。一過性の泡沫的な研究は「先端科学技術」とはいえ、これに含まれない。

③ 創造性：学術文化の最高峰と共に、それぞれの時代に、それぞれのレベル（一般人のレベルも含む）での創造性が評価鑑賞される仕組になっていること。当然、地域性とか、Personality が文化として認知される必要があると思います。

大型科学は、未知の世界への挑戦の夢を与えてくれるので、文化を生み出す原動力になると思いますが、特定の研究集団の自己増殖の手段になると、文化の域を逸脱すると考えます。②、③はよいとして、①が一番大変で、その点で、最近子供達に自然への関心を高め、考えることの喜びを与える試みがなされていることには、深い敬意を感じています。それと共に「科学リテラシー」の普及も必要と思います。科学用語は、概して分かりにくく難しいという印象を与えます。私自身、少し専門の異なるところで、科学用語の壁にぶつかり悩んでいます。科学者の責任において平易な言葉で説明し、科学用語を分かり易くするというキャンペーンをする必要があるように思います。

まだいろいろ感じるところはありますが、これまでにします。

## 上田伸夫

低次元のコメントで恐縮ですが「文化としての学術」推進の方策につき、2点を提案申し上げたい。

1. 科学(学術)を進めるのはしよせん“人”なので、それを進める人を尊敬する様な

社会であることが必要条件と思います。30年前に思いをおこすと昔(30年前)はもっと学者・研究者を尊敬していた様に思います。当人の努力は勿論社会としてかかる風潮をもっと強めないと、学術が文化として認められにくいのではないでしようか。

2. 1と関連しますが、これからの問題として上記を実現する具体策として“若いスター”を作り上げて行く必要があると思います。野球の“イチロー”・“野茂”、サッカーの“前園”に相当する科学学術分野のスターをどうみつけ、どう育てるかこれが実現すれば学術も文化としてより社会一般に認知されるのではないでしようか。

## 外村 彰

「文化としての学術」への道は未だしだと思う。17兆円の科学技術予算も、国民（政府も官庁も）は経済的視点でしか見ておらず、我々研究者だけが集まる会で合意がとれても国民の合意はとれていないと見るのが正しいと思う。

「科学が文化である」という認識は科学者しかもっていないとすれば、日本がそう考えるように努力し、説得するのは科学者自身しかないと思う。勿論、口先だけでなく、面白い成果を挙げて示さねばならない。企業で基礎研究をやるには「製品を作り利潤をあげるのが本業だが、基礎研究はそれ以上の価値がある」ことを納得してもらう必要がある。相手が国であっても大金を使う時には事情は同じだと思う。

17兆円を使ったあとで、日本が経済繁栄を終えた後で、何も遺産が残らぬ(17兆円にふさわしい)としたら、この時代にいわせた我々の世代の責任である。環境や金がないといって他を批判するのではなく、是非とも科学者自身が動き、説得した

い。

## 中根良平

昭和 18 年、理研に入所した時、仁科先生から理研紹介の小冊子をいただいた。その巻頭言に「日本の産業を振興するために、科学技術の研究を行う必要がある。しかし、応用研究のみを行うと退廃する。純正研究を同時に行わねばならない」という大河内先生の言葉がのっていた。私はこれを理研精神と称して後に役人や財界の方々に度々説明したが、その時朝永先生やその他素晴らしい実績を挙げられた例を述べると、すべての方々はすぐわかったという顔をされた。

## 渡部潤一

私は天文学者として宇宙と向き合い、その自然を理解しようとしています。以前は、洋の東西を問わず、その最終目標である理解の到達点は同じものになるはずだ、と考えていました。数学での答えが一つであるように、です。しかしながら、研究生活を続けていくうち、どうも天文学に関しては手法や最終目標に近づく原動力が違っているような気がしはじめています。それどころか、最終目標の宇宙の理解に対する根本的な発想法さえ違っているような気がしてなりません。

唯一絶対神の作った宇宙を、その神の視点あるいは立場へ近づこうとするのが西洋の天文学研究の欲求のつまるところならば、われわれは宇宙との一体感を求め、あるいは宇宙へ溶け込むための理解への欲求が研究の原動力になつていてはいないか、とさえ思えるのです。これほど明確に分別できるものでもないのですが、もしもそういった傾向があるのであれば、総合的な手法で宇宙を理解するという日本独自の学問文化の創造による世界への寄与は、可能なのではないのでしょうか？

## 大西直毅

文化を、ある社会が精神生活を含めた生活様式または水準を向上させるための、自己発展する体系またはネットワークとすれば、学術は客観的な、知識体系をその社会の要求に応じて獲得する一つの、機能または機構と考えられる。したがって、学術は文化の主要な骨格になっている。

この際、社会の要求の中に構成員である個人または団体の要求もある。例えば、学問独自の論理的発展を考えると、その社会の構成員である研究者の思想や予想として現れ、研究意欲としてある研究計画に駆り立てられる。これには教育の効果、知的雰囲気など相互作用が大きい。

また、社会的要求には、政治的要求（外交、国家の威信、軍事的）、経済的要求（生産基盤、経済の安定、企業の利潤、市民生活、ハイテク、技術）、個人的要求（生命維持（医療、薬、環境）、家庭生活）知的要求とその再生産（教育、好奇心、趣味）等などがあることはいうまでもない。

したがって、学術は当然その社会によって規定され、学術の形態や内容は、その社会によって特徴づけられている。例えば、歴史的遺構（伝統など）がそうである。普遍的なものは、常に個別的なものを介してのみ実現することを表している。

## 小寺正俊

1. 学術研究はこれまで文化の一端とは言い乍ら、どの国の人間がどの国の施設で成果を上げたかが関心の中心であった。これにはプラスの面(学術研究への大衆の理解を容易とする)と、マイナスの面(国家主義の養成)がある。21 世紀の研究のグローバル化の中で、学術研究の評価の風土は 20 世紀とは異なる筈であ



る。特にアジアで。

2. 国としての研究目標設定の機構を確立しなければ科学技術基本法は有名無実となる。その機構は得られた成果の評価も行う、専門知識と見識を持つメンバーで構成されるべきである。学術会議が推薦し、議会の調査機関(常設)とするのが良い。
3. 自然科学の進歩は加速しつつあり、特に物理科学は 21 世紀には 20 世紀と全く異なるのではないか。Natural Philosophy の面影は見出されなくなるかも知れない。

#### 国府雄次郎

外国よりの留学生(企業研修生ではない)を引きつける力がとぼしい限り、我国の文化力は一人前ではないと考える。最近、この吸引力はおとろえを見せているとのこと、そこで次の提案をしたい。

現在と近い過去に於いて我国のどの大学(指導者)の所へ何人の留学生が集まり、その留学生のその後の主要な仕事は何かを調査する。これは教育力と世界への長期の影響力の客観的評価であると考え。勿論各人の研究能力はこれとは別のものではあることは留意されねばならぬが。されねばならぬが。

#### 岡本浩一

今後の自然科学のすすむ方向は、社会人文科学と共に進んでいくことが必要である。欧米における自然科学の発展は、正にこのようにしてきたのに日本では明治維新後の急いだ欧米への追いつけのかけ声のため、このこの大事な点が軽視又は無視されてきたのは本当に残念である。

おくれればながら今後はこの点を大切にしていきたいと念じます。正に「文化としての学術」の中に自然科学ががあることを認めていくことで、自分自身すでに微力ながらその方向でがんばっています。

#### 赤井逸

「文化」という言葉で C. P. Snow (1959) の「二つの文化」を思い出しました。所謂「理系の文化」と「文系の文化」の相違です。現在「都市情報学部(名城大学)」という理系・文系混合の学部で、学生も高校で物理・数学を学んだものと学んでいないものの混在クラスに数学・自然科学を教えているためか「文化としての学術」推進のためには、自称文系の、数学を毛嫌いする人向けの自然科学教育を地道に行うのが出発点かと愚考します。具体例に「自然科学外編」をお見せしたいのですが、講義 2 年を経て未だ定稿に至らず、目下苦闘中で相済みません。

#### 小島英夫

会場でも意見を述べましたが、文化の一要因に教育があると思います。理科教育の現状は拙著「常温核融合の発見一固体・核物理学の展開と 21 世紀のエネルギー」(大竹出版 1997 年 3 月)の 14 章にまとめて述べたように寒心に耐えないものがあります。前線が伸びればそれに応じて補給路は確実にしなければならない道理です。

福沢諭吉が「福翁有余話」で物理学(自然科学と言うべきか)がすべての人の必修学問であると喝破してして百年、日本の社会は未だというか、既にというか、本末を見失っていると言わざるを得ない状態ではないでしょうか。

基礎から先端までの配慮をしたいものです。

#### 鎮目恭夫

シンポ趣旨末尾の「21 世紀の課題は文化の薫り高い日本の建設にある。学術研

究の一層の充実により世界をリードする日本をめざしたい」という旗は、八紘一宇の大東亜共栄圏の盟主の旗を想起させる。今日のシンポは、この旗の下で巨費研究に予算を獲得しようとする職業物理学者たちの運動の弁明の会みたいなものだった。

今日は「文化としての学術」の話は、モナリザと富岳三十六景の皮相な対比くらいで、司馬遼太郎はちよっと出てきたが藤沢周平の出る幕はなかった。

文化としての科学を問題にするなら、文化の広い定義である「生物の個体の学習と社会的通信に依存するもの」に立ち戻るべきだ（もちろんこの意味の文化も結局はDNAとその環境との相互作用に依存するが）。ヒトに特有な文化には戦争も政治経済的支配・従属も含まれる。オウム教団も Heaven's Gate 教団も「和牛商法」も文化の一部である。古来今日に至るまで世界では、科学技術の遅れた種族や民族は、それが進んだ種族や民族によって武力 and/or 経済力により支配・征服されてきた。文化の薫りは生物学的環境汚染以外にも、しばしば悪臭を放つ。

せめて伏見先生が懇親会末尾に述べられた提言を反芻して戴きたい。

## 砂川一郎

☆ 文化としての学術という目で第一級の貢献は、概念の変革である。相対性理論、プレートテクトニクス理論のような概念の提示で、これは個人の頭脳からのみ生まれるものだと私は理解している。大型学術研究は副次的な貢献しかできないのではなかろうか、微細科学に十分な栄養を与えることを忘れないよう願う。

☆ 分析的、要素還元的 20 世紀型サイエンスの時代は終わった。あるいはゆきづまっている。抜け出る道は総合化の方向ではないだろうか、その道なら科学(真)技術(善)芸術(美)の幸運な合体意識を復活できていると思っている。

## 亀淵迪

シンポジウムの発言の多くは、科学が今のままの形で来世紀も存続する、あるいは存続すべきである、との前提に立っていたように思う。しかしこの事を正当化するものは、科学自体の枠組みの中にはない。

時代には時代の好み、傾向、… があり、これが文化の基礎となる。例えば中世では宗教が中心となっていた。しかし近世に入ると、その役割は弱まり、合理性そして科学にとって代わられた。しかし、この状況は将来もずっと続くとは思えない。

最近の統計によると、科学に最も興味をもつのは 50～60 代であり、その曲線は青年、少年に到ると、ぐっと下降しているという。子供たちの理科離れという事が指摘されているが、これは理科教育が悪いといった技術的問題ではない、と私は思う。彼等が、感覚的にもはや興味をそこに感じなくなっているのではないか。

現代においても、勿論宗教は必要である。これと同じ意味、同じ程度にしか将来の科学は存在し得ないのではないか、…… 例えば人間の生存、生命、環境の改善に関わる科学は存続するであろう、総合的な科学はよからうが、専門的、個別的な科学は支持を失うであろう。それが時代の流れではないか、と私は感じている。