

阪大理学部→東大原子核研究所の思い出

医用原子力財団・平尾泰男

1966 年 1 月に父は急逝したが、我が家としては三人の子供に囲まれて、岡本の新居の生活は淡々と順調に進行していた。だが、私の大学生活は大きな曲がり角にあった。長男の生まれる 4 カ月前、1961 年 8 月岡本の新築工事の最中に第二室戸台風で中之島の阪大理学部の研究施設は壊滅、それを再度水没の可能性のない待兼山(教養学部隣接・旧浪速高校跡)に移転・復旧する仕事が急遽発生した。その際、中之島サイクロトロンを大改造する計画を立てた。メンバーは私、三浦岩助手、高橋憲明助手、斎藤亨&鈴木一道大学院修士コース学生達であった。その大改造が極めて成功裏に進行したことが種々の課題を齎した。この時点で私自身は外国留学を計画し、永宮健夫先生の紹介でカリフォルニア大学理学部長 Prof.モイヤーに手紙を書いた。一方東大原子核研究所では同所の初期の成功に加える一層の発展を期待して、それを担う人材を求めている。また、全国の研究者は核研の成功を更に発展させるべく、第二核研設立を目指して大阪大学を推進の軸として期待した。その中心施設は世界最大の AVF サイクロトロンと想



核研テスト共同利用に参加した阪大チーム・若槻、杉本、平尾、三浦、岩田

定し、その準備研究部隊(責任者：若槻哲雄教授

→山部将太郎教授)を新キャンパス移転に続けて発足させ、電磁石グループは近藤道也助教授、高周波グループは私が責任者となった。後者の第一段階の技術開発は移転の大改造の成功が基礎となっていた。かくて、外国出張、東大核研からの勧誘、阪大の第二核研計画推進、三者が錯綜していた。自分としてはバークレー行きを第一優先順位としたが、核研への勧誘も多数の先輩・友人達によって水面下で行われていた。だから現在、「自分が平尾を核研に誘った」と言う人が多数存在している。直接的には石崎可秀助教授と演習林で話し合った半日間であるが、水面下では坂井光夫、有馬朗人、山口嘉夫諸先生の名が挙げられよう。私の核研転勤人事に猛反対したのは阪大からの核研小委員、若槻、山部両教授だった。賛成したのは杉本健三教授唯一人「一度他所の飯を食って

こい！」だった。人事の小委員会の前夜、先輩山口省太郎核研教授から電話あり、「明日の会議で君を落としてもいいか？」「どうぞ」。それでも核研低エネルギー核物理研究部・教授人事は決まってしまった。私はバークレーからの招待状が来春までに来なければ核研に転勤すると約束し、バークレーからの吉報を待った。後に判ったことだが、バークレーからの招待状を差し止め遅らせることは簡単なことであった。バークレーからの吉報はいつまで待っても来なかったのも、次第に核研転勤を第一に考えるようになった。そして、若槻先生が「ぼつぼつ平尾君の勸送会をしよう」と言ってくれた翌年秋(1967 年 10 月、37 歳～)まで東大教授の身分(1967 年 4 月、36 歳～)で阪大に留まっていた(学生時代を含めて 1950 年～1967 年、18 年間)。そこまで引き留めて下さった阪大の諸先生には感謝している。

＊阪大核物理研究センターの設立

東大核研に転勤したが、第二核研の設立は遅々として進展しなかった。私は科研費を獲て、FM サイクロトロンに替わる核研 AVF サイクロトロンの電磁石設計研究を開始した。その頃になって漸く文部省は第二核研を阪大附置・全国共同利用・核物理研究センターと名称変更して新設し、その中心施設として日本独自の設計による AVF サイクロトロン建設予算を内示した。その実現の障害にならぬよう急遽核研の計画の名称を核研 AVF サイクロトロンから核研 SF サイクロトロンと改名した。(人々はサイエンス・フィクションの略かと皮肉った。)しかし内示された予算では対応する国内企業はなかった。当時の核研所長坂井光夫氏は当局に一週間の期限で国内メーカーを見付けると約束し、その仕事を私に期待した。私は先ず森亮 IDX 社長を介して日本製鋼所と交渉したが対応した同社の役員が「わが社は鉄専門なのでコイルも鉄で造りたい。」等と訳のわからないことを言うので交渉を打ち切った。当時、日立は全く関心を示さず、東芝(土光社長)、三菱電機(大久保社長)はお互いに話し合ったかのごとく予算内示の倍額を概算見積もりとして提示した。背景の理由は判らないながら、当時は原子力開発で忙しかったからと言い、或いは当時「主婦連」の家電製品不当価格に対する「不買運動」で痛手を受けたためと言い、本当の理由は判らなかった。解決の糸口が見出せないままに、偶々祖父・荻田浩久が死亡し、その通夜が播磨新宮の実家で行われた。私は炬燵にあたりながら通夜の酒を飲んでいて、前に座っていたのは岸原林太(従姉・博予の主人、当時住友商事人事部長)だった。「やっちゃん！(と呼ばれていた)東京ではこの頃どうしてるの？」の問い掛けに阪大核物理研究センターの生みの苦しみの話をしたら突然「それを住友商事で進めたい！」と言い出した。東京に帰って直ぐ、住友商事から有坂営業部長が私の部屋に現れた。数日後、住友重機で製作したいと同社営業部長八頭司英博氏か

ら返事があった。これで問題解決かと思ったら、翌日、有坂部長の代理が私の部屋にやってきて、先日の話は無かったことにして欲しいという申し入れ、住友グループに住友重機という重機械メーカーあり、その主要製品にサイクロ減速機という製品あり、サイクロトロン加速器とはその類似品と誤解していた。よく聴くと全く異なる機械で、住友重機に製作する能力なしということが判ったので、辞退したいとのこと。そして帰り際、扉を閉めながら「チョッと独り言を呟きますが、住友グループは妙なところがありまして、グループの中の重要な三人、住友銀行・堀田頭取、住友化学・長谷川周重社長、住友金属・日向方哉社長の内の誰かが「やれ！」と言えば引き受けるという妙なグループなんですよ、これは独り言ですから忘れて下さい。」と言い置いて去って行った。それ以来その三人の名を寝ても覚めても反復していたが、フッと日向社長は伏見康治先生の東京高校同級生だったということを寢床の中で思い出して、早速、早朝ながら、当時の先生の現職・名古屋大学プラズマ研究所所長室に電話を掛けた。返事は「いやだよ！資本主義的な男なんだから、私は彼が嫌いなんだよ、」ということなので、古巣の大阪大学の危機等を話したら、「よし、解った！アポイントの電話してあげよう。しかし彼は地域社会的な傾向も強いから、大阪弁で喋る連中で訪ねろよ！」という忠告まで頂いた。日向社長を訪ねたら「大阪に世界が注目するセンターを創るのは大賛成だ。なお、その際、関西には住友があることを忘れるな！」と逆に説教された。それから後の交渉はトントン拍子で、住友重機・営業部長八頭司英博氏の洒脱な取り扱い(形状が似ているから、プレス機設計の豊田英二郎氏担当とする)で新居浜工場を中心に話は纏まった。その直後、日本製鋼所小野社長(甲南高校先輩)から電話あり「うちの間拔けな役員が対応したが、それを我が社で引き受けたい。」「今となつては、それは無理ですよ。その代わり世界一小型のサイクロトロン開発をやりませんか？」というやり取りの後、日本製鋼所はベイベーサイクロトロン開発を同社室蘭製作所(檀原所長、後に専務取締役→日本シンガーマシン社長、大の麻雀好きで麻雀自動セッターは同所開発室の試作品が始まり)で実施することになり、新しい加速器メーカーが二社誕生することとなった。後者は理研・唐澤孝氏が直接指導することとなり、自己遮蔽型試作機は国立中野病院に設置され、自己遮蔽型実用機はアメリカ・ブルックヘヴン国立研究所・BNL に納入されるという成果に結実した。この二社は世界最大、世界最小から出発したが、ユーザー層を広げるために開発目標を、共に中型に向けたため共存できなくなり、現在残っているのは住友重機一社となっている。止むを得ないことかもしれないが、残念である。

*R.ウイルソン先生の思い出



1954 年阪大サイクロトロンを訪問した R. ウイルソン

ここで阪大サイクロトロン加速成功の後暫くして、アメリカから菊池教授の親友ロバート・ウイルソン教授(当時コーネル大学教授、のちにアメリカ最大の加速器研究所・FNAL を創設して初代所長となった)が祝賀の意で来訪した際のことに触れたい。参考になると思うので、1997 年出版の「粒子線治療の進歩」と題する書籍の巻頭言として

彼自身が記述した文章の一部分を引用したい。「-----バークレーでの大学院生時代、将来は何処かの大学で静かに学究的生活を送るものと思っていた。残念ながら 1938 年の核分裂の発見(ハーン、シュトラスマン)がその考えを滅茶苦茶に壊してしまった。私は初期の原子炉開発をするエンリコ・フェルミを手伝って核分裂の仕事をした後、ニューメキシコの山中に創設されたロス・アラモス研究所に参加し(マンハッタン計画)、その最初の仕事として、目的を報せずサイクロトロンを盗み出すべくハーバード大学に赴いた。そして第二次大戦が終われば返すという約束をした。...やがて、その時が来た時私はハーバードの助教授になっていた。ロス・アラモスに残した仲間達はそのサイクロトロンを残すことを主張して譲らなかった。その議論に終止符を打ったのはグローブス将軍(マンハッタン計画の責任者)の発言:十倍のサイクロトロン建設予算をハーバードに付ける、であった。その装置の設計協力に古巣のバークレーに赴いたが、大気中の飛程が 150m もある陽子線を取り出すのは危険である、体内の一定の所を照射すると言うが内臓は動いている、等々の理由で医学者も物理学者も建設に反対した。しかし私にはそれらの議論とは別に仕事を続ける理由があった。どんなに正当化しようとも、私は過去五年間人々を殺すための仕事をしてきた。広島に原子爆弾が用いられた時に私の心の中にはっきりしたこと、それは今後人々を殺すのではなく、人々を救うことを考えるということ、これが仕事を続ける主たる理由だった。」そして、彼は反論として「高速陽子線の放射線医学応用」と題する短い論文を書いてラヂオロジー誌に投稿した。表題はそうになっているが、その中でウイルソン先生は「炭素のような重イオンが将来高エネルギーに加速できるようになれば、結局それが臨床に役立つことになるだろう。」と予言している。まさに半世紀前の物理学者の予言であった。

私は菊池教授の命によりウイルソン先生の大阪案内役をしたが、妻の京都美術大学同級生だった生駒さんが在職していた大阪南の中座へ文楽人形を観せに行こうとしたら、「文楽人形には興味ないがこの論文を読みなさい！」と手渡し

れたのがラヂオロジー誌に投稿した上記の数ページの論文の別刷りだった。それから四十年間、私は時折その論文を思い出していたが、やがて 1993 年、高エネルギー重イオン加速器 HIMAC を放射線医学総合研究所において完成し、高エネルギー炭素線を用いた重粒子線がん治療に画期的な成果を残し、60 年前の彼の予言を実証した。一方彼はアメリカの高エネルギー素粒子物理学のリーダーとして大成し、粒子線がん治療の分野では何もしなかった。しかし、アメリカ物理学会での HIMAC 建設経過の報告講演の際、何時も最前列真ん中で私の講演を聴いていたウイルソン先生は、遂に HIMAC を訪れること無く数年前に心臓疾患で他界されてしまった。誠に残念と言うほかない。

*アルパ A.ギャランの思い出

前述の R.ウイルソンと並んで忘れ得ない人は加速器理論物理学者 A.ギャランのことである。彼と最初に会ったのは 1973 年 2 月末、私の最初の長期外国出張中、バークレーに立ち寄った時である。彼は友人達を集めて西海岸の砂浜で歓迎バーベキューパーティを開いてくれた。そして、「これから君と友人になるために、はっきりして置きたいことがある。私はアメリカが広島に原爆を落としたのは許せと言いたい。しかし、長崎は許せるのかどうか？ 許してくれないのなら今後仲良く付き合ってゆけない。」夕焼け空の遥か西の彼方には日本がある！と感慨に浸っていた耳には驚きの質問であった。英語でどう答えたかは忘れたが、それ以来無二の親友として付き合っている。私を含めて仲間達がバークレーを訪問した際は必ず空港に出迎えて、オークランドの丘の自宅に宿を提供し、1979 年には核研に長期滞在して HIMETRON 計画の論文の共著者になった。これが HIMAC 計画の最初の論文であるのは言うまでもないが、彼の著作であるシンチ・プログラムを無償で HIMAC 建設に協力する日本の産業界に移してくれたことの意義は大きかった。私の研究グループに参加したばかりの野田章(現在京大化学研究所教授)は彼との仕事で立派な加速器物理学者に成長した。東大医科学研究所病院に十二指腸潰瘍で入院中の私を見舞って、買ったばかりのソニーの携帯ラヂオを病室に置いた。私の入院が自分の滞在の世話の心労ではなかろうかと心配してくれていたのだ。また、彼は日本の文化を深く理解し、その後の訪日の際には奈良、京都を訪れ、奈良の禅寺を宿として寺の早朝行事を楽しんだ。彼は現在も先輩学者としてローレンス・バークレー研究所で健在である。

*日米協同研究-高エネルギー重イオン核物理研究

やがて、1978 年から杉本健三教授が核研所長に赴任した頃、文部省は標記の研究予算を核研に付けた。相手方は LBL の核物理グループであった。当方

の研究グループの現地リーダー格は中井浩二、永宮正治の諸氏であった。私も核研からこのプロジェクトに参加して LBL にしばしば滞在した。そこで目にしたのは様々の加速器開発研究 R&D であった。R. メインの Omnitron 計画の提案(速い繰り返しシンクロトロン・蓄積リング複合系で NUMATRON 計画の下敷きとなった内容)とその R&D で様々な協力は H. グルンダー、A. ギャラン、永宮正治によって与えられた。特に H. グルンダーとは気が合って「ヤズオ!、ヤズオ!」、と私を呼んでいた(彼はやがて CEBAF・大強度連続電子ビーム加速器施設所長となってアメリカ東海岸ニューポートニュースに移って行き、その後シカゴ国立研究所所長となった人物である)。MSU の H. ブロッサーもサイクロトロンを主唱すると思いきや、3 リングシンクロトロン複合系を支持していたのは意外だった。熱心に見学したのはベバラック(スーパーハイラック・ベバトロン複合系)のネオンビームを用いて行う J. カストロ達のがん診断・治療研究であった。その効果の素晴らしさと同時に、痛感したのは弱収束ベバトロンビームの質の悪さであった。近年進化した技術による強収束シンクロトロンを主加速器とする案が次第に固まって行った。この経験がニューマトロン計画→ヒメトロン計画→ハイマック計画の変遷の経緯に大いに影響している。主加速器の R&D として核研で TARN と TARN II を建設し、高周波加速、超高真空、微弱ビーム観測・多重入射・高周波ビーム蓄積、ビーム冷却等の技術確立を図った。入射加速器としては、在 FNAL の大沼昭六氏に紹介され、当時急速に話題となった RFQ 型を重イオン加速に有力な方式として注目し、核研で R&D (LITL と TALL の建設) を成功裏に推進した。

＊核物理将来計画(東大核研・高エネルギー重イオン加速器計画・ニューマトロン計画)

→次世代がん治療用重粒子線開発計画(放射線医学総合研究所・ハイマック計画)

1950 年台に始まった大学附置・全国共同利用の計画は東大・核研(INS・低エネルギー、高エネルギー、宇宙線、理論：四研究部構成)で実現し、その成果は 1967 年核構造国際会議・東京(大会長・菊池正士)で集約されたが、それぞれの研究部が日進月歩の世界の研究に伍して行くために、1960 年代後半にはそれぞれが将来計画の検討を開始した。そして、紆余曲折の後漸く、阪大附置・核物理研究センター(RCNP)、全国国立大学附置・高エネルギー物理学研究所(KEK)、東大附置・宇宙線研究所の形に収まった。しかし出発拠点の核研はどうするのかという問題を残していた。その時に坂井光夫先生、杉本健三先生達の建てたのが核研将来計画・高エネルギー重イオン核物理研究計画(Numatron 計画、1977 年核構造国際会

議・東京、大会長・朝永振一郎で平尾が提案)であった。しかし、この計画は KEK の TRISTAN 計画と競合・対立して実現は難しかった。

一方、放射線医学の分野では、次世代放射線として何を選ぶか？を放医研・梅垣洋一郎先生を中心とするグループが検討を重ねた。私はその検討グループに高エネルギー重イオン線のがん治療への応用を提案し(日米がん治療協同研究・高 LET 京都部会に 1979 年提案)、結論として核物理将来計画実現の後医学専用として採り上げることとなった。二年後、本音で支持した梅垣洋一郎先生は「平尾先生の言うことは正しくとも、実現しなければ医学のためには何の意味もない！」と早くも業を煮やされて、「せめて物理のために実現している陽子線からでも医学に使わせよ！」と主張して、やがて KEK-ブースターの 500MeV 陽子の余剰ビームの医学利用が 10 年時限で筑波大学に認められた(1983 年)。丁度同年、中曽根内閣は閣議に於いて対がん 10 カ年総合戦略を策定した。その過程で、科学技術庁は「新治療法の開発」の項目を追加、医療用高エネルギー重イオン開発計画を放医研で実施させることにした。放医研では「言出し兵衛」の平尾に責任を取らせようとして東大核研(文部省)→放医研(科学技術庁)の転勤人事が始まった。計画が重イオン線と言う名称は公害の誤解を生むので重粒子線と変更して 1984 年から開発研究は開始されたが、Heavy・Ion・Medical・Accel. in Chiba の建設は 1987 年から始まり、その年の 5 月 20 日、87 年度予算の国会通過の日に合わせて東大から放医研に転勤した。一方、その当時の核研を巡る研究者達は種々の思惑で動いている人達ばかりが目立ち、核研存続の正論を主張する杉本健三所長や私を邪魔者と思う人達も多かった(具体的に記述するのも気が進まない次元の話なので省略するが)、私に協力的だった仲間達に救命ボートでも創る気持で一人放医研へ転勤した。HIMAC 建設のための R&D はすでに核研で完成していて技術的には問題が無く、1970 年台後半に核研留学生として私の研究部に滞在していた H.アイコフ氏等を中心メンバーとしてドイツ・GSI(ダルムシュタット・重イオン科学研究機構)では SIS-ESR(重イオンシンクロトロン・電子ビーム冷却蓄積リング複合系)を基礎科学研究用として先に実現していた。ただし HIMAC 建設に際しては、瞬間最大風速を期待する基礎研究施設と、同じ条件を繰り返し期待する医療施設との相違を常に意識し念頭に置くことが重要であった。また、予算年次計画としては、対がん 10 カ年総合戦略に特別の大型予算が用意されていた訳ではなく、国(国家予算)、政府各機関(科学技術庁予算)、国立各施設(放医研予算)それぞれの予算シーリングとの整合を配慮して年次計画を立てねばならなかった(注)ので、庁としては短距離離着陸飛行機開発予算要求の漸減に合わせて HIMAC 建設は 1987 年から、その完成は 1993 年末(対がん 10 カ年総合戦略の最終年度)となった。そして放射線発生装置としての許認可は 1994 年 3 月となった。

臨床試験は 1994 年 6 月から開始された。開始に先立って全国のがん治療専門家を網羅したネットワーク会議、計画部会、倫理委員会を発足させ、全て所外の専門家で構成した。個別症例の治療計画は計画部会で策定し、ネットワーク会議で承認の上、治療計画に沿った個別症例の臨床試験が開始された。また、臨床試験開始に当たっては書面によるインフォームドコンセントが確実に実行されていることが倫理委員会から要求された。当初は効果、副作用が全く解らないという前提で開始した、言い換えれば、従来の有効な治療法のない患者で、この治療法の有効性がある程度期待され、かつ結果のフォローが可能と期待できる（数年は生存する）患者を対象とする、という難しい条件でスタートしたが、以来 18 年間装置の重大な(治療スケジュールに影響を与える)故障は一切なく、如何なる医療上のトラブルもなく、症例全体で約 95%の治療成功率で約 7000 治療患者数を積み上げている。途中 2003 年 10 月には、[固形がんの重粒子線治療]を高度先進医療として厚生労働省から承認された。現在、(高度)先進医療に組み込んだ症例と、未だ治療試験中の症例の併列で、年間約 800 患者数の治療が行われている。日本のオリジナル治療技術である呼吸同期照射法（当初医療サイドは装置が安定に稼働することを信じていなかったから「物理屋の遊びには反対！」であったので、コッソリ試作したが、今では此の照射法なしには治療しないという程信頼されている。）や超短期分割照射(1~2 回分割、一番長い分割照射でも 12~16 回、世界の標準分割照射回数は 30~40 回)はこの治療法の価値を一層高めている。ここで思い出すのは半世紀昔の東海道新幹線開発（私の大学卒業直後）とのアナロジーである。日本社会の体質として思い当たる共通点が多い。

* 半世紀前の東海道新幹線建設の歴史

(重粒子線がん治療開発とのアナロジー)

十河^{そごう}信二氏は 1955 年(昭和 30 年)5 月、前総裁が青函連絡船・洞爺丸の台風・沈没による死者 1155 人、宇高連絡船・紫雲丸の濃霧・衝突沈没による死者 168 人の引責辞職の後、第四代国鉄総裁を要請され、同じ四国出身の三木武吉氏の説得で、病気を押して線路に討ち死にする覚悟で引き受けた。就任の年の暮れ、東海道新幹線建設を鳩山一郎総理に直談判して、建設の同意と初年度予算百億円(現在千億円等価)の承諾を得た。その初年度予算で国立鉄道技術研究所を創設した。政府が正式に東海道新幹線建設を決定したのは、1958 年(昭和 33 年)12 月であった。

島秀雄氏は東大工学部卒業後国鉄に技師として入り、十河氏と共に、日本に広軌鉄道を敷き弾丸列車を走らせるという夢を抱いた技師であったが、桜木町車輛火災事故(昭和 26 年)の責任をとって辞任、住友金属に転勤していたが、十

河氏の度重なる説得で上記の鉄道技術研究所に技師長(副総裁相当)として復帰、加えて旧陸海軍の技術者達を結集させて新幹線の開発設計は進められた。重要な技術開発の一つは、フランスより交流電気機関車を購入して、従来の直流電気機関車技術に対して、交流電気機関車の技術を新しく導入開発したことである。そして三年後 250km/h の車輛を完成した。

一方、国鉄総裁の任期は 4 年、新幹線開発の大事業を完成させるには余人をもって代えがたいという吉田茂元総理、佐藤栄作総理達の英断で十河氏が再選された。しかし 1964 年(昭和 39 年)10 月 1 日(3 期総裁選に際しては東海道新幹線建設の赤字、常磐線三河島駅二重衝突事故の責任等の理由で反対意見が強硬で十河総裁は辞任し、島技師長も総裁辞任の後を追って辞任)東京駅 9 番ホームに走り込む [ひかり 1 号] のテープカットが天皇・皇后両陛下のご臨席で行われた時、十河氏も島氏も招かれていなかった。

新幹線開発の当初、私は大学を卒業したばかりの頃だったが、その頃大阪～東京夜行三等寝台特急の切符を買って 8 時間掛かって早朝東京駅に着き、八重洲地下の東京温泉で夜行列車の疲れを洗い流すというのが習慣になっていた。そんな私に「2 時間半で東京に着きたいか？」と訊かれても「はい」とは言えなかったと思う。事実、時速 250km は危険極まりなし、広軌は在来線の車輛が走れないから不経済極まりなし、期待される乗客数予測から考えて採算性の目処なし、等々の理由で、殆ど全ての人々は反対であった。そして結局、第二東海道本線を建設するほうがずっと良いというのが多数意見であった。しかしその後約 60 年を経て、新幹線は半世紀近く人身事故皆無で安全に稼働し、そして採算性の議論皆無で全国に普及しつつある。今や、新幹線技術は我が国が世界に誇るべき高速鉄道技術(単に高速で走らせる機械技術のみならず、安全高密度運行のトータル・システム)となっている。

阪大理学部の実験室では、上述のひかり 1 号の儀式的試運転の前に、新大阪～大津辺り？を往復する試運転列車に試乗する機会があり、私も妻・長男を連れて試乗した。グリーン車の乗り心地も試したいと思ってグリーン車に移ったら、熱風が出てきて追い出された。それは兎も角、新設の新大阪駅は草叢の中にあって驚いたが、しかし新幹線が稼働したら瞬く間にその辺りはビル群で埋まってしまって、大都会の一隅になってしまった。また初列車が新大阪を出発して快調に速度を上げて東京駅に近付いた時予定より若干早く、慌てて速度を落としたら並行して走る山手線各駅停車の電車に追い越されたという笑い話がでるほど、その車輛性能は抜群だった。