

歴史シリーズ

理研の加速器 —1910年代から現在まで—(その2)

上坪 宏道*

Accelerators in RIKEN —from 1910's to the present—(Part Two)

Hiromichi KAMITSUBO*

3. 仁科研究室の発足

1998年秋、ニールスボア研究所を訪ねた理研の関理夫は、アーカイブ館長F・アーセルドから「これは仁科博士がN・ボアに宛てて書いた最初の手紙」として一通の手紙のコピーを手渡された。それはゲッテンゲンからボア宛に書いた1923年3月25日付の手紙で、仁科は1年前にケンブリッジ（キャベンディッシュ研究所）をN・ボアが訪れたとき、ガンマ線で励起されたベータ線をガイガーカウンターで測定していて、ボアに説明する光栄に浴したことを述べた後、「As I spoke to you in Cambridge, I have a great desire of studying in Copenhagen under your guidance, and I should be gratefully obliged to you if you could accept me. As my Institute in Tokio does not allow me to stay in Europe longer than two more terms, I do not know whether it is wise to set up new work. My chief wish is to study your theory of spectra and atomic constitution in details. But if any one wants assistance in the experiment or the calculation, I should do it with pleasure.」と書いている¹⁾。

この手紙を受け取ったN・ボアは、滞在費にエルステッド財団の奨学金を確保して仁科を招聘した。こうして仁科は1923年4月からコペンハーゲン大学のボアの下で研究生活を始めたのである。この留学は1928年9月までの5年を超える長期に亘ることになり、仁科はG・ヘヴェシーの下でX線分光学の研究に従事し、その後X線スペクトルによる定量化学分析ではボアグループで中心的役割を果たした。さらに帰国直前には理論的研究にも従事して、O・クラインとともにX線の自由電子による散乱の理論を発表している。一通の手紙で仁科を受け入れた偉大な科

学者の心遣いが、その後の日本の科学に大きな影響を残したのである。仁科は1928年10月にコペンハーゲンを去り、アメリカを回って年末に帰国した。帰国後は長岡研究室に所属して量子論とX線分光学の研究を始めるが、1931年（昭和6年）に主任研究員になり仁科研究室を創設した。

その才能を認めたN・ボアの配慮で異例の長期滞在を終えた仁科は、帰国後に日本の科学の発展に大きな足跡を残した。本稿はその足跡を加速器科学の面から辿ったものである。

理研は毎年評議員会への説明資料として予算や研究項目とその担当者を記した「理化学研究所案内」を作成していた。それによると、1930年（昭和5年）度の長岡研究室の研究項目に「量子力学と其応用」があり、仁科が担当している。1931年（昭和6年）度には仁科研究室が新設されているが、その後の仁科研究室と西川研究室の研究項目の変遷を図1と図2に示した。なお、両図とも担当者名は省略してある。

昭和6年度の研究項目のうち、仁科研究室の「原子核の研究」は仁科と嵯峨根遼吉が担当している。一方、西川研究室では矢崎為一が担当する「陽極線に関する研究」が登場し、長岡研究室には「プロトンの化学反応」を杉浦義勝が担当していて、原子核に関わる研究がこの年に理研で一斉に始まったことを示している。

1932年（昭和7年）になると、仁科研究室の研究課題に「高速度陽極線の発生」が加わり（仁科、竹内 証が担当）加速器の研究開発が始まっている。ところが、翌1933年の仁科研究室の研究項目には「高速度陽極線の発生」が消えて、「原子核の研究」の担当者が大幅に増加していて、研究グループの強化と再編成が行われたことを示している。また、西川研究室の研

* 理化学研究所 RIKEN
(E-mail: nkamitsubo@riken.jp)

昭和六年度 量子論 原子核の研究 X線分光学による原始および分子の研究 分光学による化学分析と其応用 昭和七年度 量子論 宇宙線の研究 原子核の研究 高速度陽極線の発生 昭和八年度 量子論 宇宙線の研究 原子核の研究 昭和九年度 量子論 宇宙線の研究 原子核の研究 中性子の研究 陽電子の研究 昭和十年度 量子論 宇宙線の研究 原子核の変換並に人口放射能の研究 中性子の研究 陽電子の研究	昭和十一年度 量子論 宇宙線の研究 原子核の変換並に人口放射能の研究 中性子の研究 昭和十二年度 量子論 宇宙線の研究 原子核の変換並に人口放射能の研究 中性子の研究 サイクロトロンによる元素の人工変換並に其応用 昭和十三年度 量子論 宇宙線の研究 元素の変換並に人工放射能の研究 大サイクロトロン建設 中性子の研究 人工放射能の生物に対する応用 昭和十四年度 宇宙線、原子核並に中間子の理論 固体の量子論 宇宙線の研究 原子核の変換並に人口放射能の研究 大サイクロトロン建設 中性子の研究 人工放射能の生物に対する応用 中性子、宇宙線の遺伝学的研究
---	---

図1 仁科研究室の研究項目

究項目には、X線、電子（陰極線）に関する研究以外に「高速度プロトンに関する研究(担当：西川正治、篠原健一)」が加わり、また、「陰極線による原子構造の研究(同 西川正治、鳩山道夫)」が始まっている。長岡研究室では、「プロトンの化学反応」が「プロトン並に陽イオンと原子核との相互作用の研究(同 杉浦義勝、町田岩次郎)」に変わっている。更に1934年には、仁科研究室に「原子核の変換」と「中性子の研究」が加わり、西川研究室に「高速度陰極線並に硬X線に関する研究(担当：鳩山道夫、木村一治)」、「ガンマ線による原子核壊変に関する研究(担当：菊池正士、中川重雄)」、「高速度プロトン発生法に関する研究(担当：矢崎為一)」が加わっている。なお、西川研究室の菊池正士、中川重雄の研究は実際には大阪大学で行っているものであり、正確には理研の研究ではない。ただ、毎年春と秋に開催される理研の「学術講演会」²⁾にも発表しており、兼務などの形で西川研究室と関係があったのであろう。

4. 新しい研究の息吹を齎したもの

前号の原稿³⁾を書き終わった後で、今回の原稿を書くために当時の加速器関連の資料を探していたら、理

昭和六年度 X線に関する三研究事項 陰極線に関する三研究事項 陽極線に関する研究 昭和七年度 X線に関する三研究事項 電子及び陰極線に関する四研究事項 昭和八年度 X線に関する三研究事項 電子及び陰極線に関する四研究事項 昭和九年度 電子及び陰極線に関する四研究事項 高速度プロトンに関する研究 昭和十年度 X線に関する五研究事項 単結晶による陰極線の回折 高速度陰極線並に硬X線に関する研究 ガンマ線による原子核壊変に関する研究 高速度プロトン発生法に関する研究 昭和十一年度 X線に関する六研究事項 高速度陰極線並に硬X線に関する研究 人工放射能に関する研究 高速度イオン発生法に関する研究 重水素と重水素の衝撃により発生する中性子に関する研究 計数管の同時放電による宇宙線の研究 昭和十一年度 中性子の研究 中性子によるガンマ線の研究 高速度陰極線及硬X線に関する研究 陰極線又は真空放電によつて金属表面に生じる残効果 サイクロトロンによる元素の人工変換についてX線に関する四研究項目	昭和十二年度 中性子の研究(其の一) 中性子の研究(其の二) 中性子によるガンマ線の励起に関する研究 中性子と原子の相互作用に関する新現象の研究 励起ガンマ線による緩中性子群の研究 人工放射性原子の研究 中性子の生物学的作用 人工放射能の医学的応用 高圧電源によるイオン加速の研究 サイクロトロンを利用しての中性子による原子核の研究 サイクロトロンによる原子変換の研究 大サイクロトロン設計及び其操作に関する準備実験 X線に関する五研究項目 昭和十三年度 人工放射能の研究 中性子の研究 高圧電源によるイオン加速の研究 中性子の生物学的作用の研究 人工放射能の医学的応用に関する研究 大サイクロトロン設計及其操作に関する準備実験 サイクロトロンによる元素の人工変換 人工放射性元素より出づるベータ線スペクトルの研究 X線に関する四研究項目 昭和十四年度 人工放射能の研究 中性子の研究 原子核の人工変換 ベータ崩壊の研究 人工放射能の医学的応用に関する研究 大サイクロトロン建設 サイクロトロンによる元素の人工変換 人工放射性元素より出づるベータ線スペクトルの研究 元素の人工変換 X線に関する四研究項目
--	--

図2 西川研究室の研究項目

表1 日本学術振興会研究支援補助金の申請状況

	申請者	研究事項	申請額		確定額	
			期間	申請金額	期間	確定金額
八年度	杉浦義勝	プロトンに関する研究	1カ年	5,000	1カ年	5,000
	西川正治	高速度陰極線並に硬X線の原子による散乱及び吸収の研究	1カ年	3,600	1カ年	3,600
	仁科芳雄	原子核の破壊並びに合成に関する研究	2カ年	20,000	1カ年	10,000
九年度	杉浦義勝	プロトンに関する研究	1カ年	2,000	1カ年	2,500
	仁科芳雄	原子核の破壊並に合成に関する研究	1カ年	10,800	1カ年	7,000
十年度	仁科芳雄	原子核の人工変換並に其放射能の研究	2カ年	75,000 75,000	2カ年	75,000 75,000
十一年度	仁科芳雄	原子核並に宇宙線の理論的研究	1カ年	1,680	1カ年	840
十三年度	杉浦義勝	プロトンに関する研究	1カ年		1カ年	2,500
十四年度	杉浦義勝	プロトンに関する研究	1カ年		1カ年	2,280

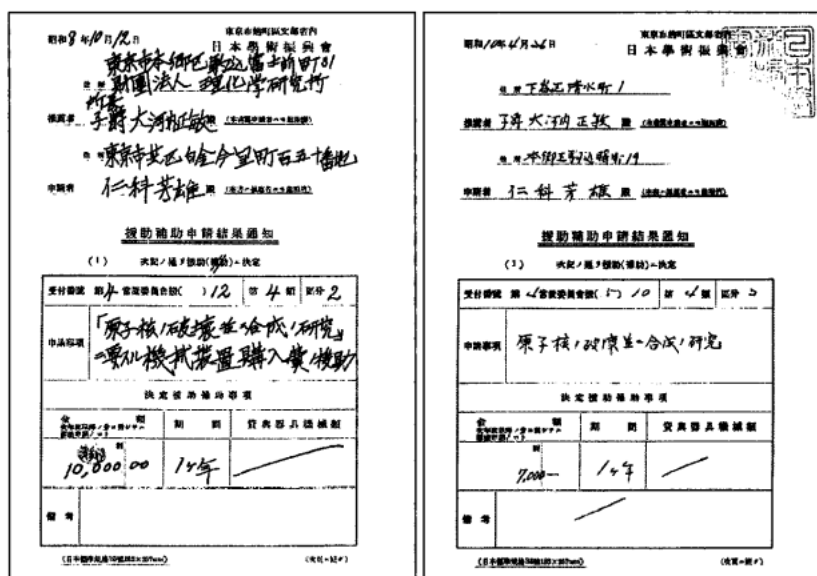


図3 日本学術振興会援助補助申請結果通知

研の記念史料室で加速器建設が始まった頃の建設予算に関する資料を見出した。その一つが、昭和8, 9, 10年度の日本学術振興会（学振）の補助金の申請書と決定通知書であり、他が昭和8, 9年度に各研究

室が購入した主な物品のリストである。

財団法人日本学術振興会は、日本の学術振興を図るため1932年12月に設立され、翌1933年（昭和8年）から研究援助事業を始めた。学術振興会がその後のわ

が国の学術振興に果たした役割はきわめて大きい、その一端を理研の例から窺うことができる。

学振への申請書関係資料から、加速器に関する研究費支援の申請書と決定通知書をだけを抜き出して纏めたのが表1である。参考までに決定通知書の一部を図3に示した。これを見ると、理研では学振の資金援助を受けて、加速器の整備が一斉に始まっている。

なお、理研の研究室は毎年研究費の配分を受け、さらに補助金や寄付金などの収入がある。仁科、西川両研究室は学振の補助金のほか、服部報公会の援助も受けている。

この資料から、杉浦は1933年度の第1回申請受付に「プロトンに関する研究」を申請し、仁科と西川はそれぞれ「原子核の破壊並びに合成の研究」と「高速陰極線並びに硬X線の原子による散乱及吸収の研究」を第二回募集に応募している。なお、仁科は当初2ヵ年計画で2万円の金額を申請したが、1年分として1万円(2年に分けて交付)しか認められず、翌1934年に改めて1万円余りを申請している。その申請が認められて、杉浦はコッククロフト型加速器を、また、仁科は直流加速器とコッククロフト型加速器を建設したが、西川はグライナッヘル型加速器を建設している。仁科の場合、最終的に計1万7千円が認められているが、表2に挙げたその内容をみると、この申請は大型のコッククロフト型加速器の建設を目指したものであったと推測される。しかし実際には、1933, 1934, 1935年の3年にわたる研究費支援で2基の直流加速器を作っている。さらに昭和10年度(1935年)には2ヵ年計画で「元素の人工変換並びに其放射能の研究」に対する合計15万円の補助を申請して認められている。しかし、決定通知書の宛先は長与又郎殿、中泉正徳殿、仁科芳雄殿の連名になっていて、大サイクロトロン建設として申請したものであろう。その後、宇宙線研究についても仁科の申請が認められており、他の分野への研究費支援も合わせて考えると、学術振興会の研究資金補助が当時の理研にとって新しい研究を始める原動力になっていたことが分かる。

なお、杉浦は補助金の使用明細書として、コッククロフト型加速装置部品の詳細な金額を残している。当時の加速器建設に要する金額の資料として興味があり、仁科の分と合わせて表2に纏めておく。

これらの価格を現代の金額に直すのに、標準米価の比率を用いることが多い。標準米価表によると、1935年と2000年の標準米価は60kg当たりそれぞれ10円90銭と15,104円であり、現在の物価は当時の物

表2-1 600 kV コッククロフト・ウォルトン加速装置の建設予算内訳(杉浦)

購入年月日	品目	個数	払高
昭和8年度予算			
昭和8年			円
12	19	明電舎製 10 k.V.A 単相油入 150 kV 変圧器	1 616
12	19	明電舎製 1 k.V.A. 単相油入 30 kV 変圧器	1 143
12	19	精電舎製 1 kVA 単相交流発電機	1 260
12	19	芝浦製作所製 3HP 三相交流誘導電動機	1 70
12	19	島村電気製作所製 5 kVA 単極単捲変圧器	1 120
昭和9年			
3	20	住友電線製作所製 OF 式コンデンサー 300 kV, 0.008 μ F)	4 2,744
3	20	日本碍子製懸垂ピラー碍子六連	5組 152.5
3	20	島村電気製作所製 30 kV 変圧器	1 118
3	20	器械取り付け人夫賃	5.5
4	28	日本蓄電池製 16 V. 60AH 蓄電池	4組 444
5	21	岩淵電気工業製磁器プーレー	2 24
5	21	岩淵電気工業製サポート碍子	3 60
5	21	岩淵電気工業製特許ピラー碍子 600 kV	3 210
5	21	岩淵電気工業製特許ピラー碍子 300 kV	1 43
昭和9年年度予算			
		整流装置	1式 1,345
		油拡散ポンプ及び回転ポンプ	1組 200
		テレックスガラス管その他	360
総計			4,915

表2-2 1 MV コッククロフト・ウォルトン加速装置の建設経費内訳(仁科)

申請年月日	品目	個数	払高
昭和10年1月31日	300 kV 用 0.008 μ F コンデンサー	10	8,000
昭和10年1月31日	絶縁用碍子, 発注と組み立て		800
昭和10年1月31日	300 kV 耐圧ケノトロン整備費	10	2,000
	決定額		7,000

流にはケノトロンを用いているが、100 kV 回路のヒーター電源は蓄電池である。ケノトロンは1915年に発明され1920年代半ばには市販されていたが、わが国でも1929年に東京電気(現東芝)が製造を開始しており⁸⁾、比較的小型で耐圧の低いものは市販されていたようである。なお余談であるが、コッククロフトとウォルトンが最初の原子核壊変の実験を行った装置⁹⁾では、多段式の整流管を自作して用いている。

一方、右側の部分がイオン発生・加速部である。報告⁶⁾には、「直径約30 cm、長さ約1 mのテレックス硝子管内に、Rutherford-Oliphant型の鉄電極を入れ、上よりH₂ガスを微量宛流入させ、下より油拡散ポンプを用いて排気している」とある。なお、テレックスガラスは東京電気が開発したパイレックスガラスに相当する品質のガラスである。図4で、ガラス管Nは加速シリンダーで、イオン発生部と加速部が収納されている。中にある鉄製2重同心円筒のAが陽極、Bとその下端にあるCは陰極である。陽イオン発生部は基本的にはcanal ray tubeと呼ばれる陽イオン発生装置であり、A、B間に約30 kVの直流電圧をかけると放電を起こし、陰極線によって水素ガスをイオン化する。なお、電極Bは磁気遮蔽をかねて鉄製であり、Dはアンチカソードで陰極線の熱を拡散する。また、AとBの隙間は狭く、放電は陰極Cの中央にあけた小孔に集中するので、生成されたH⁺イオンは小孔を通して加速部に出る。一方、加速部では、CとEとの間には加速電圧として約100 kVの直流電圧がかかっており、H⁺イオンは加速されて下方に進み、ウィルソン霧箱W-Cの上部にあるLi標的に衝突する。標的はLiを燃やしてアルミ箔に酸化リチウムを付着させたもので、⁷Li+p→2α反応で生じたα粒子をウィルソン霧箱で測定した。この実験は第26回学術講演会¹⁰⁾でも報告され、文献6)にはウィルソン霧箱で観測されたα粒子の軌跡の写真が載っている。一方、菊池らも同じ実験を大阪大学のコッククロフト・ウォルトン加速器の200 keVの陽子で行っているが、α粒子の検出はウィン・ウィリアムス計数装置¹¹⁾を組み合わせて検出している¹²⁾。なお、理研では1935年に嵯峨根がウィン・ウィリアムス型の増幅器を試作した¹³⁾。

菊池らの実験はオリファントらの実験¹⁴⁾の追試であり、標的(LiとB)との検出器(イオン函)の距離を変えてα粒子を測定し、エネルギーの異なるα粒子を分離計測している。この実験は第26回学術講演会(昭和9年11月)に「プロトンによる原子の人工壊変について」を報告され、また、Scientific

Papers of IPCRに発表¹²⁾されたので、阪大のコッククロフト型加速装置も1934年夏には完成し、実験が始まっていたのであろう。

なお、仁科らの直流加速器は、イオン発生・加速部の放電管の設計不良のため、イオン電流が1マイクロアンペア以下に留まった。オリファントの装置は陰極やアンチカソードの冷却に十分配慮して大電流を実現したが、仁科らの装置はこの点に配慮した形跡が見えない。この例は経験の少ない場合に類似装置をつくるのが如何に難しいかを示している。この装置を使って最初の原子核反応が行われ、その後は(D+D)中性子源として用いられていたが¹⁵⁾、小サイクロトロンの完成とともに使われなくなった。文献3)ではこの加速器と次に述べる300 kV加速装置と取り違えていたので、ここで訂正しておく。

5.2 グライナッヘル型加速器

前号で述べたとおり、西川研究室では鳩山道夫がグライナッヘル(Greinacher)回路の高圧電源を建設している。「理化学研究所案内」によると、西川研究室は昭和8年に「陰極線による原子構造の研究」を開始している。1933年理研に入所した鳩山はそのため採用されたのであろう。更にこの年、西川は学術振興会に研究費の援助補助申請を行い、3,600円の研究支援補助金を受けることになった。昭和8年度の購入機器として機器機械類調書(表3)には、この補助金で購入したと思われる物件もリストアップされている。その中に160 V.A. フィラメント変圧器2台、10 k.V.A. 単相油入自冷変圧器1台、ケノトロン管球2個、絶縁架台1基、油拡散ポンプ2種類各1台がある。また、陰極線装置とあるのは理研工作製で、canal ray tubeのような水素イオン源と思われる。一方、杉浦の資料(表2)には「明電舎製10 kV.V.A 単相油入15万ボルト変圧器」とあるので、変圧器は2次側が15万ボルトであらう。

グライナッヘル回路(図5)は1921年にグライナッヘルによって発明された電圧増倍回路で、コッククロフト・ウォルトン回路の原型である。図では出力の両端が+150 kVと-150 kVになっているが、マイナス端を接地して使用すれば、変圧器は150 kVになり絶縁架台の上に載せなければならない。実際の回路では、図4の1:1 Tのような絶縁トランスや誘導電圧調整器なども取り付けたと思えるが、具体的な回路の記録が残っていないので詳細は不明である。この装置の最初の実験は電子偏極の実験で、その結果は1935年の日本数学物理学学会年会や第27回学術講演会(1935年5月)で報告され、Nature¹⁶⁾に発表されて

表 3-1 西川研究室購入物品リスト

年度	品名	個数	価格	購入先
昭和八年度	主変圧器	1	240	明電舎
	フィラメント用変圧器	1	29	明電舎
	AC 5A メーター	1	14	鈴木栄一商店
	ウェストンサーモアンメーター	1	30	鈴木栄一商店
	5A	1	30	鈴木栄一商店
	サーモミアメーター 100 mA	1	27	東洋計器製作所
	インダクションコイル 3 cm 発生器用	1	30	鈴木栄一商店
	サーモアンメーター 100 mA	1	27	東洋計器製作所
	サーモアンメーター 50 mA	1	27	東洋計器製作所
	160 VA フィラメント変圧器	2	560	明電舎
	10 kVA 単相油入自冷変圧器	1	325	明電舎
	東洋 67 型熱電対電流計 50 A 分流器付	1	42	東洋計器製作所
	ケノトロン管球	2	240	鈴木栄一商店
	ボルトメーター 300 V 7 インチ	1	19	鈴木栄一商店
	絶縁架台	1	139	工作係
	オイルディフュージョンポンプ	1	358	鈴木栄一商店
	オイルディフュージョンポンプ	1	325	鈴木栄一商店
陰極線装置		245	工作係	
昭和九年度	OF 式蓄電器 0.016 μ F, 150 kV 使用, 200 kV 試験	2	964	住友合資会社
	東洋 180 型直流電流計 0.25/25/5A	1	30	東洋計器製作所
	インダクションコイル 3 cm	1	27	鈴木栄一商店
	単相変圧器 200 VA	1	20	日本電気応用製作所
	単相変圧器 15 VA	2	26	日本電気応用製作所
	センコハイバックポンプ 日立 1/8HP 付	1	200	鈴木栄一商店
	10 kVA 単相油入自冷変圧器	1	150	明電舎
250 m/m スパークギャップ	1	22	森幸電機製作所	
Glass Grating R=1 m, 576 lines/mm	1	629	西川正治	

表 3-2 仁科研究室購入物品リスト

年度	品名	個数	価格	購入先
昭和八年度	変圧器 72 VA	1	10	日本電気応用製作所
	暗箱さくら 1 号 名詞用中枠付	2	48	鈴木栄一商店
	摺動抵抗器 ss 0.4 A, 330 W	1	14	鈴木栄一商店
	スライド抵抗器 DS 0.6, 1.2 A, 3.36 8.25 W	1	17	鈴木栄一商店
	STO ユニット油壺 A 型ハイプレータ付	1	180	鈴木栄一商店
	円筒型高圧蓄電器	4	772	芝浦製作所
	角型抵抗器 BR 型 3~10 A 59 W	1	50	松浦電機製作所
	ケノトロン管球	1	200	鈴木栄一商店
	過負荷自動遮断器 AC 100 A	1	30	鎌光製作所
	過負荷自動遮断器 DC 100 A	1	30	鎌光製作所
	フィラメント変圧器 200 VA	1	18	日本電気応用製作所
	単相油入変圧器 5 kVA	1	80	日本電気応用製作所
	ウィルソンチェンバー		465	工作係
	ライカカメラ C 型 エルマー f3.5	1	160	鈴木栄一商店
	ライカカメラ C 型 エルマー f3.5	1	190	三栄堂本店
	ライカ用ステレラ撮影器	1	55	鈴木栄一商店
	単相変圧器 5 kVA	1	80	日本電気応用製作所
	単相変圧器 (単巻) 5 kVA	1	35	日本電気応用製作所
	ライカ A 型	1	155	鈴木栄一商店
	単極過負荷自動遮断器	1	30	鈴木栄一商店
単相油入変圧器 10 kV 10 kVA	1	145	日本電気応用製作所	
単相油入変圧器 30 kV 2 kVA	1	165	日本電気応用製作所	
堅型ウィルソン管		600	工作係	
昭和九年度	オイルディフュージョンポンプ アグリガット	1	1,370	鈴木栄一商店
	交流用単極過負荷遮断機 200 V 100 A	2	60	鎌光製作所
	単相油入変圧器 5 kVA	2	240	日本電気応用製作所
	ライカ A 型	1	168	鈴木栄一商店
	ロータリーポンプ 日立 1/4 HP	1	160	鈴木栄一商店
	横河製暗メーター 20 mA MPA 型	1	63	鈴木栄一商店
	電圧調整用単相単巻変圧器 2 kVA	1	75	日本電気応用製作所
	単相油入自冷変圧器 10 kVA	1	700	林商会
	タイガー計算機	1	585	タイガー計算器
	千野センコハイバックポンプ移動台モーター付	1	202	入江照一
	単相単巻変圧器 10 kVA	1	60	日本電気応用製作所
	双芯摺動抵抗器 5 A 24 W, 10 A 6 W	1	38	松浦電機製作所
	千野ロータリーポンプ 日立モーター台付	1	150	入江照一
	横河製携帯用ボルトメーター	1	58	鈴木栄一商店
	ネオントランス 1500 V 200 VA	1	20	鈴木栄一商店
ストップウォッチ	1	26	鈴木栄一商店	

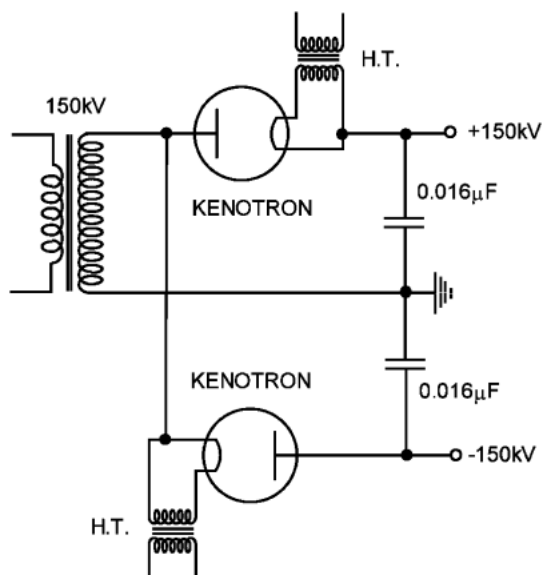


図 5 グライナッヘル回路

いるので、加速装置として完成したのは 1934 年後半と考えられる。その後も 300 kV 加速装置と呼ばれて西川研究室の主要な装置になっている。

この装置を用いた研究は、文献3)にも引用した「当所 既往における研究成績の梗概」の西川研究室の項¹⁷⁾に簡潔に纏められているので、それを引用する。「回折現象以外には、電子の偏りと、陰極線で金属面を衝撃する時の残効果について実験を行っている。この中偏りの方は、速い電子を金で二度散乱させる時に 光の場合に於ける偏光の如く、方向によって差異が生じるかどうかを検す実験であって、(中略)、19万ボルトまでの電子を用いて実験を行い、差異を認めなかった¹⁶⁾。残効果については低圧の空気又は水素ガス中で高速度電子を用いて衝撃した金属板、又は低圧ガス中でガイスレル放電を行う時に用いる陽極板とともに電子を放出する残効果があることを知り、それに就いて二三研究を行った¹⁸⁾」。その後、鳩山は木村一治と共にこの装置を(D+D)中性子源として、中性子による物性研究にも使用している。なお、中性子を用いた研究については、次号でまとめて述べる予定である。

5.3 コッククロフト・ウォルトン型加速器

既に述べたように、理研では杉浦と仁科が独立に学術振興会の研究支援補助金を得ており、杉浦は600 kVのコッククロフト・ウォルトン装置を建設した(図6)。表2から主変圧器が150 kVで、2段の電圧増倍回路を用いるので600 kVの高圧電源を製作したことが分かる。なお、昭和9年度に整流管一式を購入しているが、ヒーター電源に使用したと見られる特殊蓄電器4組を購入しているので、4セット購入したのであろう。また、30 kVの変圧器やテレックスガラス管なども購入しているので、イオン発生部と加速部は仁科らと同様の設計のものを計画したのであろう。ところが杉浦はこれまでに、タングステンフィラメントの熱電子による低圧アークで大電流水素イオンを発生させるイオン源¹⁷⁾を研究し、また、低圧アークのLiイオン発生装置を開発し加速を行っている¹⁹⁾。また、1936年5月の第29回学術講演会²⁰⁾に杉浦が「Li-核とLi-核の反応は500 kV以下で起こるか」の発表を行い、イオンの電流約100~500 μA のLiイオンをLi標的に衝突させる実験を試みたことを報告している。従ってこのコッククロフト加速装置は1935年(昭和10年)後半には完成し、加速器開発に係わる色々な試みを行ったものと思われる。その後1937年以降は(D+D)中性子のパラフィン層による減速過程や緩中性子の中重核による共鳴捕獲の実験などにも使われている。

一方、仁科が学振の補助金を得て建設したコッククロフト・ウォルトン装置は、3段の電圧増倍回路を用

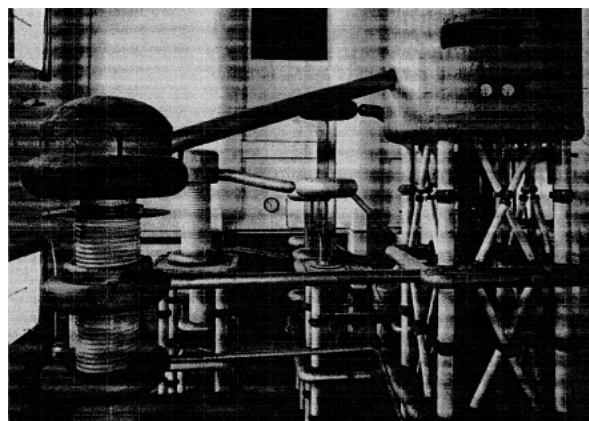


図6 600 kV コッククロフト・ウォルトン加速装置

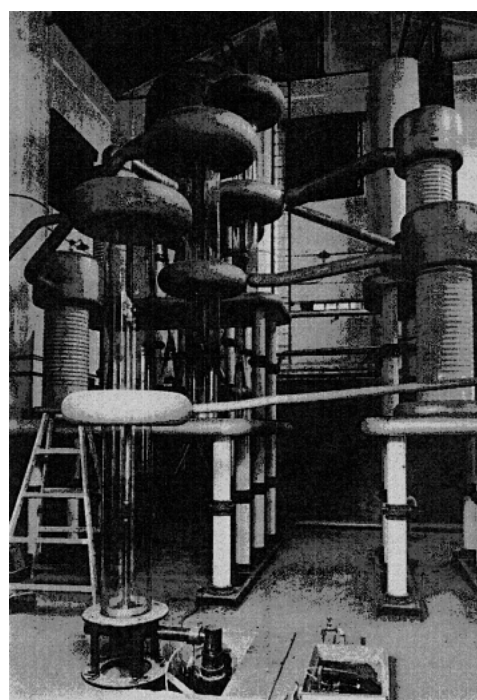


図7 1 MV コッククロフト・ウォルトン加速装置

いた最高電圧120万ボルトの加速装置であった。当初、その建設は仁科研究室の山崎文男と新間啓三が担当していたが、1936年頃から西川研究室の篠原健一、鳩山道夫と前川高行がその仕事を引き継いでいる。この加速器については「仁科研究室の黄金時代」という座談会²²⁾で関係者が回顧しているが、数10万ボルト以上という高電圧に対する理解が足りず、また、大容量の真空技術力が欠けていたので、結局は目標電圧よりかなり低い加速電圧でしか運転できなかった。仁科が100 kVの衝撃電圧直流加速器で積んだ経験や知見は役に立たなかったことになる。

しかしこの加速器は1939年(昭和14年)ごろに

は完成し、翌年には 500 kV から 600 kV で陽子を加速して実験を開始している。この装置を用いた主な実験は、篠原らが行ったガンマ線による電子対創成の実験である。フッ素に陽子を衝突させ、 (p, γ) 反応で発生する 6 MeV のガンマ線を鉛に照射して生じた電子対のエネルギー分布などを測り、また、気体中でも電子対が発生することを見出している²³⁾。

先に述べたように、大阪大学に移った菊地は理研学術講演会では毎回報告しており、その記録を見れば大阪大学の加速器の研究経過をたどることができるので、大阪大学の加速器にも触れておくことにする。阪大の Cockcroft-Walton 型加速装置は 1934 年に完成し、200 keV の陽子で行った $(Li+P \rightarrow 2\alpha)$ の研究が最初の実験である。続いてその 4 ヶ月後からは、300 から 350 kV の $(D+D)$ 中性子源として用いた実験が発表されている。

この装置は東京電気が製作したもので、ビーム電流を増やすと電圧が大きく降下するなど欠陥²⁴⁾も見られたが、高電圧回路のコンデンサーの容量を 0.002 μF から 0.022 μF に増やすなどの改善を施して、350 keV の重陽子がターゲット上で数十マイクロアンペアのビーム電流で得られるようになった²⁵⁾。

大阪大学では 1935 年から 1938 年にかけて、この Cockcroft-Walton 加速装置を用いた中性子の散乱/吸収の実験が精力的に進められていて、日本数学物理学会年会や理研学術講演会でその成果が毎回発表されている。また、1935 年に大阪帝国大学内に日本数物学会の大阪支部が設けられると、たびたび開催される大阪支部の常会でも毎回発表されていて、どのような研究が行われていたかを窺い知ることができる。しかし、サイクロトロンが稼動し始めると使われなくなった。

次号ではサイクロトロンについて述べる予定である。

参考文献

- 1) 理研精神八十八年：104 ページ
- 2) 毎年 5 月と 11 月に行われており、報告あるいは発表論文のタイトルと概要が理化学研究所彙報(以下 彙報という)に載せられている。所長の主宰であり、理研では研究室の研究活動を公にする機会として重要視されていた。従ってこの報告を見ると、当時の研究室の研究活動を知ることができる。なお、大阪大学の菊池研究室も毎回「学術講演会」に発表している。
- 3) 上坪宏道, 理研の加速器：加速器 **2** (2005) 233
- 4) 当所既往に於ける研究成績の概要, 仁科研究室：彙報 **17** (1939) 954
- 5) 仁科芳雄, 嵯峨根遼吉, 新聞啓三, 皆川 理, 原子核の人工変換, 彙報 **13** (1934)
- 6) 仁科芳雄, 嵯峨根遼吉, 新聞啓三, 皆川 理, 原子核の人工変換, 日本学術協会報告 **10** (1935) 169
- 7) M. L. E. Oliphant and Lord Rutherford, Experiments on the Transmutation of Elements by Protons: Proc. Roy. Soc. **141** (1933) 259
- 8) 館野之男, X 線装置年表, 医用画像電子博物館 <http://www.jira-net.or.jp/vm/various.html>
- 9) J. D. Cockcroft and E. T. S. Walton, Experiments with High Velocity Positive Ions.-(I) Further Developments in the methods of obtaining High Velocity Ions. Proc. Roy. Soc. **136** (1932) 619
- 10) 仁科芳雄, 嵯峨根遼吉, 新聞啓三, 皆川 理, 原子核の人工変換(続報): 第 26 回学術講演会, 彙報 **13** (1934) 1579
- 11) C. E. Wynn-Williams, The Use of Thyratrons for High Speed Automatic Counting of Physical Phenomena: Proc. Roy. Soc. **131** (1931) 391
- 12) S. Kikuchi, S. Nakagawa and H. Aoki, A Note on the Range of Disintegration Particles from Lithium and Boron by Bombardment of Protons: Sci. Papers I.P.C.R. **26** (1935) 33
- 13) R. Sagane, Linear Amplifier of Wynn-Williams Type: Sci. Papers I.P.C.R. **27** (1935) 93
- 14) M. L. E. Oliphant, B. B. Kinsey and Lord Rutherford, The Transmutation of Lithium by Protons and by Ions of the Heavy Isotope of Hydrogen: Proc. Roy. Soc. **141** (1934) 722
- 15) 仁科芳雄, 新聞啓三, 山崎文男, 中性子の発生する γ 線の研究: 第 28 回学術講演会, 彙報 **14** (1935) 1292, 第 29 回学術講演会, 彙報 **15** (1936) 399
- 16) M. Hatoyama and M. Kimura, Suggested Polarisation of Electrons, Nature **135** (1935) 914
- 17) 「西川研究室」: 彙報 **17** (1938) 950
- 18) 鳩山道夫, 木村一治, 彙報 **15** (1936) 681
- 19) 杉浦義勝, 強力なるプロトン現に就いて: 第 23 回学術講演会, 彙報 **12** (1933) 622
- 20) 杉浦義勝, 皆川 理, 強力高速度 Li イオン発生装置について: 第 28 回学術講演会, 彙報 **14** (1935) 1291
- 21) 杉浦義勝, 皆川 理, Li 核と Li 核との反応が 500 kV 以下のエネルギーで可能か: 第 29 回学術講演会, 彙報 **15** (1936) 400
- 22) 特集・理化学研究所 60 年のあゆみ, 科学雑誌「自然」'78-12 増刊(中央公論社) [1978]
- 23) K. Shinohara and M. Hatoyama: Sci.Papers I.P.C.R. **38** (1941) 253, Phys. Rev. **59** (1941) 461
- 24) 伏見康治: 個人的な聞きとり調査
- 25) S. Kikuchi, K. Husimi and H. Aoki, Excitation of γ -rays by Neutron, II: Proc. Phys.-Math. Soc. Japan **18** (1935) 35