原子力技術者・研究者を育成

武蔵工大炉

前 東京都市大学原子力研究所 所長 堀内 則量

武蔵工大炉の誕生

昭和30年、五島慶太氏が学校法人五島育英会を設立して初代の理事長に就任し、傘下の武蔵工業大学(現 東京都市大学)の荒廃していた校舎の整備と充実を手始めに、日本の原子力利用の立ち後れを憂いて、付属の原子力研究所の設立を計画した。当時、同理事長は東京急行電鉄社長でもあり、やがて原子力発電によって得た電気によって電車を動かす時代が来ることを予見していたのかも知れない。昭和34年6月、当時の岸信介内閣総理大臣宛に原子炉設置許可申請書を提出し、同年10月には設置許可が下り、原子炉室やRI実験室建屋に続き、米国ジェネラルアトミック社からTRIGA-II型研究用原子炉を購入し建設を始めた。

昭和35年4月1日、武蔵工業大学付属の原子力研究所が正式に発足し、アンテナ発明でよく知られる八木秀次学長が研究所長を兼任した。科学技術庁(現 文部科学省)の最終施設検査を受けた翌日、昭和38年1月30日に原子炉は初臨界に成功し、武蔵工大炉(MITRR)が誕生した。2月4日には熱出力100 kW(定格出力)に到達した。我が国の原子力利用の黎明期にいち早く原子力研究所を設置し、原子炉を導入して原子力技術者・研究者の育成を開始したことは画期的なことで、設立当初は約50名の職員を擁し、一私学の研究機関としては華々しい門出であった。

原子力研究所の運営管理、原子炉の維持は、組織上、大学上部の五島育英会によって行われていた。国内には原子炉も数少なく、都心に近い大学の原子炉ということもあって、企業や他大学にも原子炉実験・実習にたびたび利用されていた。しかし、原子力利用の機が未熟であった当時の社会情勢にあって、原子炉施設の運営管理は、経理上、大きな負担であり、研究所は程なく組織の縮小経過をたどる破目になった。昭和48年4月、本学電気工学科の佐藤禎主任教授が山田良之助学長(当時所長)の後を継いで所長(兼任)に就任し、研究所の再生を図ることになった。当時の職員数は10数名程度まで整理され、研究所の機能はほとんど停止していた。佐藤教授を師とし

Musashi Institute of Technology Research Reactor :
Norikazu HORIUCHI.

(2010年 9月22日 受理)

た小職も、このとき大学から原子力研究所に異動し、武蔵工大炉と共に歩むことになった。

研究所の再生

学外から原子力専門の若手研究者を補充し、研究用原子炉の希少性と最も都会地に近接した立地条件を生かして、3つの研究所再生プロジェクトを立ち上げた。(1)放射化分析システムを開発し、原子炉をこれと関連する研究に有効に活用すること、(2)医療および生物治療研究を中心に、全国の大学の共同利用施設として原子炉を活用すること、(3)更なる原子力技術者の育成のため研究所を基盤に大学院を設置すること、に全所をあげて取り組むこととなった。

1. 微量元素の放射化分析システムの開発と利用

昭和49年には、市販のGe放射線検出器とワンチップCPU内蔵の手づくりのデータ処理システムから構成される独自の放射化分析システムを開発した。このシステムは、微量元素の分析、環境の保全(公害)研究、農業の研究および工業製品の生産管理等々の分野で、公・民間人・共同利用者に広く活用された。

2. 生物・医療照射中心の共同利用の開始

原子力研究所に隣接する(株)東京原子力産業研究所(現(株)日立製作所原子力事業統括本部王禅寺センター)の原子炉で帝京大学畠中坦教授によって脳腫瘍中性子照射治療が行われていたが、原子炉が廃止されるから武蔵工大炉がその肩代わりすることになった。昭和50年には、原子炉工学・医学の専門家の協力によって原子炉のサーマルコラム設備を中性子照射治療用の照射室に改造し、文部省(現 文部科学省)の支援のもと東京工業大学原子炉工学研究所を窓口生物・医療照射を柱とする全国国公立大学の共同利用施設として門戸を開いた。昭和52年3月1日、初の脳腫瘍患者の治療照射が行われた。その後、神戸大学三島豊教授による悪性黒色腫(皮膚がん)の照射治療も加わり、平成元年に原子炉が停止するまで、99件の脳腫瘍と9件の悪性黒色腫(皮膚がん)の治療照射が行われた(第1図、第1表)。脳腫瘍の治療照射件数の約20%は国外から訪れた患者に施されたもので、武蔵工大炉の名前を世界に知らしめた。このほか共同利用として、患畜類の生物照射、炉物理・材料照射実験、放射化分析などに利用され、昭和51年からの14年間で、延べ5、

626人の共同利用者(採択件数526件)が武蔵工大炉の利用に訪れた(第2表)。

第1図 中性子照射治療

第1表 脳腫瘍・皮膚がん治療照射の実績

(a)脳腫瘍および悪性黒色腫照射件数			(b)脳腫瘍患者国籍	
年度	照射件数		国籍	件数
	脳腫瘍	悪性黒色腫		
昭和51	2		日本	79
52	12		米国	8
53	12		ドイツ	7
54	7		ブラジル	2
55	5		ギリシャ	1
56	5		オーストリア	1
57	7		オランダ	1
58	13		計	99
59	9		(c)脳腫瘍患者年齢(歳)	
60	1		最年少	3
61	5		最年長	73
62	9	2	(d)悪性黒色腫患者年齢(歳)	
63	7	2	最年少	50
平成元	5	5	最年長	85
計	99	9		

3. 大学院原子力工学専攻の設置

昭和56年4月、当時としては珍しい形態であったが、研究所の上に大学院原子力工学専攻(修士課程)を設置した。昭和40年代から原子力工学科設置の願望はあったが、卒業後の就職状況、これはすぐに入学志願者数に反映するが、当時の原子力に対する社会状況から時期尚早との見解で、原子力に関連した授業は、主に学部で電気工学科で行われていた。これに代わる原子力系、エネルギー系の学科もなかったため、原子力専攻への進学は、原子力研究所を希望して卒業研究を行っていた、主に電気系学科(電気工学科・電子通信工学科)、機械工学科所属の学生であった。原子力専攻新設当初は1名から始まったが、他大学からの進学者も出てきて、徐々に増え、10数名にまで届くようになった。また、インドネシア、中国からの留学生の受入れもあって、原子力専攻として百数十名を超える修了生を原子力研究機関、電力会社、原子力関連企業に送り出した。その後、原子力専攻は、平成9年に本学学部でエネルギー・材料系のエネルギー基礎工学科(環境エネルギー工学科を経て、現エネルギー化学科・原子力安全工学科)が設立されたことから、教員と一緒にして、原子力専攻はエネルギー量子工学専攻(現エネルギー化学専攻・共同原子力専攻)に変更され、平成15年に博士課程も増設された。

原子炉の停止から廃止へ

順調に見えた研究所の発展も思わぬ事態に進むことになった。平成元年12月21日、原子炉停止後に照射室内の熱中性子取出し口下部台上に水溜りが発見された。原因究明の調査から、原子炉タンク水の漏洩(20~40ℓ/日)が明確になり、平成2年1月4日、この事態について科学技術庁および地元自治体の川崎市に報告された。テレビおよび新聞報道によって、近隣住民など30数名が研究所に事態の説明を求めて集まった。このとき以来、地元

第2表 共同利用による区分別利用実績

年度	利用区分									
	医療照射		生物照射		炉物理等実験等		放射化分析等		合計	
	採択件数	利用者延人数	採択件数	利用者延人数	採択件数	利用者延人数	採択件数	利用者延人数	採択件数	利用者延人数
昭和51	1	42	4	16	2	32	13	27	20	117
52	1	181	3	13	7	63	23	86	34	299
53	1	197	3	27	6	96	20	38	30	306
54	1	91	2	36	8	11	24	275	35	413
55	1	70	3	22	10	22	22	176	36	290
56	1	50	2	6	6	50	24	181	33	287
57	1	118	11	174	5	24	22	127	39	443
58	1	143	3	304	5	11	29	170	38	628
59	1	99	3	52	5	4	33	309	42	406
60	1	5	3	143	5	37	34	349	43	534
61	1	31	2	132	7	9	34	175	44	347
62	2	60	3	253	5	7	32	215	42	535
63	2	254	2	9	7	30	30	164	41	457
平成元	2	85	3	198	8	17	36	107	49	407
合計	17	1,426	47	1,385	86	413	376	2,399	526	5,623

利用者人数=人数×日数

第2図 原子炉運転実績

自治会や市民グループに対する説明会が行われ、原子炉の再開か、廃止かが、常に議論の中心になった。原子炉の全燃料を一時保管容器に安全に移動した後の探傷試験から、使用済燃料貯蔵プールからの漏水によって原子炉タンクの低側部に小さな傷(細線状の孔食)を生じ、原子炉タンク水が漏洩したことが判明した。平成4年3月末日、故障箇所の修復調査と核燃料の貯蔵容器を設計・製作を骨子とする基本方針について科学技術庁および川崎市に報告された。科学技術庁より核燃料貯蔵施設の設置変更が許可され、一時保管されていた全燃料が貯蔵容器に移され安全に保管されるようになった。再開か、廃止かの議論は平成15年まで続き、研究所教職員にとって最も苦難の時期であった。

学内では、財政的インパクトを中心に、技術的および社会的面から詳細に検討された。原子炉の停止以来、研究所所員、利用者等からは原子炉を修復して運転を再開してほしいとの要望もあったが、平成15年5月20日、五島育英会理事会において原子炉の廃止が決定された。翌年1月、原子炉の「解体届」を文部科学省に提出し、平成18年8月、使用済燃料が米国エネルギー省に搬出された(第2図)。

原子力人材育成の新たな展開

平成17年秋、中村英夫学長の強い原子力の教育理念によって、工学部に「原子力安全工学科」の設置案が教授会に提案された。これは長年、武蔵工大炉で培ってきた原子力の研究・教育の実績を基盤に、「原子力」と「安全」のキーワードを結びつけた学科の新設である。原子力発電によって国内の総発電電力量の約1/3が賄われる現実がありながら、原子力に対する一般社会の批判、入学志願者の数、就職先などの心配から、教授会では設置賛否の激論が交わされた。結局、2度の教授会審議で、1学年定員数を30名に設定する縮小案で承認された。その後、

地球温暖化、原油価格の高騰など、環境、経済性の問題から、世界中で原子力の利用が見直され、既存の原発の運転継続、新規原発の建設計画が発表されたことから、学内雰囲気も変わってきた。新学科設置の準備が進められ、平成20年4月、原子力安全工学科が開設され、34名の学生が入学した。この間、新潟県中越沖地震発生もあって心配の種は尽きなかったが、逆に社会の関心の的となり、思いのほか追い風となったようである。

平成20年11月には、約300名の原子力関係者にご出席いただいて、近藤駿介原子力委員会委員長、大畠章宏衆議院議員(本学出身)、辻倉米蔵電気事業連合会顧問(現日本原子力学会会長)の諸先生方に講演をお願いして、新学科開設記念のシンポジウムが経団連ホールで盛大に開催された。初年度の入学志願者は140数名であったが、平成21年度は220数名、平成22年度は340数名と、幸い入学志願者は順調に伸びている。さらには早稲田大学からの呼びかけで、日本原子力研究開発機構との連携協力のもとに、平成22年度には本学と早稲田大学による共同大学院共同原子力専攻(1学年定員30名)が開設された。現在、両校合わせて25名の院生が、本学の「渋谷サテライトクラス」の学び舎で席を並べて学習している。

武蔵工大炉の設備・機器の再活用

平成19年から始まった文科省・経産省による原子力人材育成事業の支援を受けて、武蔵工大炉で使用されてきた設備・機器が活かされ、原子力安全工学科と共同大学院共同原子力専攻の実験、教育機器として、実体感型の原子炉シミュレータが構築された。原子炉の模擬炉心を製作し、実物の原子炉制御操作盤や制御棒駆動装置を使い、コンピュータと連結した、武蔵工大炉に代わる実験・実習装置である。武蔵工大炉の設備・機器は、新たな人材育成に再び活用され、武蔵工大炉による教育・研究の精神が、今後も受け継がれることになった(第3図)。

第3図 武蔵工大炉の再活用

このように、武蔵工大炉は日本の原子力利用の黎明期から多くの人々によって利用され、多数の原子力技術者・研究者を育成し社会に輩出するなど、原子力の教育・研究で貴重な経験と実績を残してきた。さらには原子炉の機能を失った今日においても、武蔵工大炉の設備・機器が再活用され、新たな原子力技術・研究者の育成に貢献しつつある。

東京都市大学(旧武蔵工業大学)原子力研究所は開設以来、今年で50年に到達する。日本原子力学会より、原子力の平和利用の技術開発・研究実績、原子力技術者・研究者の人材育成への社会貢献が認められ、原子力歴史構築賞をいただいたことに、50年という武蔵工大炉の歴史の重さを痛感すると共に、これを維持管理して下さった諸先輩および支援していただいた関係者に深く感謝したい。今後も、残された武蔵工大炉の設備・機器を活用し、若い原子力技術者・研究者の育成のために一層努力する所存である。末永く変わらぬ、皆様の温かなご支援をお願いしたい。

〔付 記〕

(1) 武蔵工大炉の構造と性能

武蔵工大炉はトリガ(TRIGA)Ⅱ型と呼称される定格出力100 kWの研究用原子炉である(第4図)。燃料は20%の濃縮ウランと減速材の水素化ジルコニウムの合金で、建設当時の燃料は棒状でアルミニウム(Al)で被覆されていたが、100 kWから250 kWへの定格出力の変更による医療照射時間の短縮および燃料追加による長期運転の計画から、昭和60年、ステンレス鋼の金属管の燃料に全交換された。原子炉本体は深さ約6.5 m、直径約2 mの水槽の底に燃料とグラファイトからなる炉心を沈めた構造で、水槽に満たされている純水は冷却材と遮へい材を兼ねている。水槽の周囲は厚さ1 mを越えるコンクリートで作られ、十分な放射線の遮へいと強度を保持している。

(2) 武蔵工大炉の運転・利用の実績

武蔵工大炉は、昭和38年1月30日に初臨界に成功し、以来、平成元年12月までの運転で終わった。武蔵工

第4図 武蔵工大炉

大炉を利用した医療生物照射、放射化分析、運転訓練、教育研究によって、本学の教職員・学生だけでなく、学外の多数の研究者・技術者にも利用された。1日平均5時間、週5日間のペースで定常運転され、昭和59年1月には積算出力100万 kWhに到達した。昭和60年7月には当初からのAl被覆燃料はステンレス鋼被覆燃料に全交換された。Al被覆の旧炉心で16,905時間、積算出力1,107,450 kWh、またステンレス鋼被覆の新炉心で4,272時間、積算出力375,773 kWhの原子炉運転が行われた(第2図)。原子炉停止前のほぼ定常運転状態での原子炉の実験設備(中央実験管、気送管、水平実験孔、照射室等)別の利用割合では、約75%が教職員および学生による所内利用、約15%が放射化分析等の受託による一般利用、残りの10%が文部省の共同利用であった。

—参考文献—

- 1) 学校法人五島育英会、武蔵工業大学75年史、p.284～286(2005)。
- 2) 武蔵工業大学原子力研究所、25年のあゆみ、p. 1～42(1985)。
- 3) 堀内則量、“ありがとう武蔵工大炉—武蔵工大炉のあゆみと廃止措置計画”，Isotope News, 10月号, 日本アイソトープ協会, p.11～14(2004)。
- 4) 堀内則量, “武蔵工大の原子力人材育成プログラムへの取組み—原子力安全工学科の新設に向けて”, 月間エネルギー, 9月号, 日本工業新聞社, p.27～30(2007)。
- 5) 堀内則量, “原子力利用の安全をめざして新学科を創設—武蔵工業大学の挑戦”, 原子力eye, 6月号, 日刊工業新聞社, p.46～48(2008)。
- 6) 東京工業大学原子炉工学研究所, 武蔵工業大学原子炉等利用共同研究成果報告書, 武蔵工業大学原子炉共同利用委員会(幹事会)編集, Vol.1～14, (1976～89)。