

原子力に携わって 50 年、 そしてこれから



数土 幸夫
Sudo Yukio

1. はじめに一学部卒業まで

1.1 田舎での小中高校生活

筆者は、終戦直後の昭和 20 年 8 月 28 日 7 人兄弟の末弟として、富山市（旧婦負郡）婦中町安田に生まれました。男が 6 人、女が 1 人の構成だったので、七福神の兄弟と言われたそうです。丁度 2 歳ずつ離れていたので兄弟同士で遊んだり喧嘩することもなく、また、順次高卒後は上京して行ったので、末っ子としては気楽に過ごしました。中学までは、放課後は家の裏手にあった八幡社の境内や近くの安田城址等山野を駆け巡り、お腹が空くと桑の実やグミを食べ遊んでいました。夏は、家の脇を流れている四万石用水で泳いだり魚を捕ったりし、秋は 12 本あった庭の柿の木に上り、夕暮れまで降りないで柿を食べていました。

生地は安田は、東京大学の安田講堂を寄付した明治の財閥創立者安田善次郎ゆかりの地で、現在も近くに菩提寺があります。古くは、万葉集の選者の大伴家持が、越中の国司として赴任していた時、風光明媚な婦負（ネイと呼ぶ）の川瀬を歌に詠んだ場所であり、晴れた日には庭から聳え立つ立山連峰が見渡せる神通川と呉羽丘陵に挟まれた平坦で長閑な田園地帯です。

1.2 大学生活と井上育英会

昭和 39 年東大理科 I 類に入り、すぐに駒場寮生活を始めました。駒場寮生は必ず部やサークルに入る規則になっており、次兄直方が東大赤門合気道部初代主将だった縁もあり合気道部に入りました。しかし、当時の寮は自治制で、昼夜の別なく人の出入りが放置されている状況でした。なかなか落ち着いて勉強できる状態ではなくなってきたので、駒場寮を出ることを決心しました。幸い、当時世田谷弦巻

に学生寮「霞芳寮」を有していた民間の井上育英会の奨学生に採用してもらいました。これは三兄直身が 7 年前育英会の寮生で、その話を聞いていたからです。お陰でその後学部卒業まで 2 年 9 か月、勉学に熱中することができました。

昭和 43 年機械工学科を卒業しました。この年は大学紛争が激しい頃で、東大では卒業式はありませんでした。その時の状況から、勉強が全く不足しているという意識が極めて強かったこと、また無試験の推薦枠に入っていたこともあり、大学院に進むことにしました。当時は、機械工学科、産業機械工学科、船用機械工学科の機械系 3 学科一学年の学生総数は約 120 名、修士課程に進学した者約 60 名、2 年後博士課程に進学した者約 10 名でした。学部の同級生 120 名の内、学部卒業後大学院最短 5 年間で博士課程を修了し博士号を取得したのは、私 1 人であったと思います。これも当時の世情を反映していたのでは、と思います。

2. 原子力研究と技術開発

2.1 大学院時代

昭和 43 年修士課程在学中、当時世界的に議論が沸騰しており、かつ、未解明であった原子力安全研究上の喫緊の研究課題「圧縮性二相臨界流の発生機構の解明」を、甲藤好郎教授から頂き、研究に着手しました。工学部八号館の地下 2 階の実験室で、空気圧縮機 3 台と 200 m 揚程のポンプをフル回転して臨界二相流実験を夜 8 時ごろまで毎日続けました。実験の騒音は、装置直近で 120 フォンにのぼり、足掛け 3 年八号館周辺の関係者に多大な迷惑をかけました。当時は、ラジオで由紀さおりの夜明けのスクヤットが真夜中 12 時頃毎晩流れ、下宿でイヤホンで聞きながら寝付いたことを思い出します。

修士課程及び博士課程の5年間の内、ほぼ3年半で、原子炉システムの破断流路から流出する気液二相流の流量が極大値をとるいわゆる臨界流の発生機構を、理論的に初めて明快に解明¹⁾すると共に実験を行い、提案した発生機構を実証しました。この研究成果で、昭和48年3月博士課程を修了し工学博士号を取得しました。

昭和48年当時は、大学の先生の就職口が無いわけではなかったのですが、教授の講演について行った途中の水戸市の千波湖の環境について惹かれたこともあり、博士論文の研究テーマに関連した水戸市に近い東海村の日本原子力研究所に就職しました。

2.2 日米独三国大型再冠水研究協力

大学での研究課題との関連から、日本原子力研究所研究員として安全性研究に従事しました。日本原子力研究所に入った昭和48年の2年前、米国で非常用炉心冷却装置の欠陥問題が起こり、この安全論争を解決するため、我が国でも安全性研究が始まった時期であります。加圧水型発電炉で主要配管が地震等で破断した時、炉心から冷却水が流出します。その時もう一度炉心に冷却水を供給し、炉心を再冠水させ炉心が冷却されるか、各種の実験と解析を実施²⁻⁴⁾しました。

日米独三国の協力による大型再冠水効果実証試験を強力に推進し、体系的に実規模実験と大規模解析を行い、原子炉の安全が確保できることを実証するものでした。協力推進のため、各国の研究所を何度も訪問しました。忘れられないのは、東海研究所で日米独研究協力会議を開催していた最中に発生したTMI事故です。国からの委託調査として米国エネルギー省や規制委員会等を訪問し担当者と議論し、米国が日本に特段の協力を求めていることを国に報告しました。また、炉心が損傷し、デブリが形成された時の冷却限界を実験で明らかにしました。

2.3 米国MIT留学

その間、科学技術庁の海外原子力留学制度に合格し、昭和54年から55年にかけて1年間、客員研究員として、米国マサチューセッツ工科大学(MIT)機械工学科で米国原子力規制委員会からの受託研究を実施しました。当時MITには日本から沢山の留学生がきており、学生の身分ならともかく、只で客

員研究員を受け入れる余地はないとのことでした。研究協力の相手であった米国原子力規制委員会の担当者に相談し、受入先のGriffith教授への委託研究を担当することでようやく引き受けてもらいました。教授は毎月1回、米国規制委員会に提出する報告書について議論してくれました。

お陰で、今さらながらこれぞ英論文の書き方が体得できた感がし、本当に感謝しています。この成果は、規制委員会の報告書として刊行されると共に、教授との連名で原子力学会英文誌に掲載されています⁵⁾。家内と4歳の双子の家族4人でボストン郊外の閑静なEdgewater Parkに一軒家を借りて過ごしました。ケープコッド1周ドライブや、コチチュエット湖畔での湖水浴、レッドソックス観戦、美術館巡り等、楽しいあつという間の1年間でした。

2.4 JRR-3M, HTTR

昭和56年副主任研究員になり、世界最高レベルの中性子源である研究炉JRR-3Mの炉心設計、安全設計を担当しました。板状燃料炉心での熱伝達特性を実験で明らかにし、事故時に想定すべき下向流、停滞流、上昇流すべての流動形態における熱伝達率特性を熱伝達パッケージとして整備しました。これを用い、炉心設計と安全解析を実施しました⁶⁾。内容は、限界熱流束^{7,8)}、沸騰開始点、自然/強制対流の共存場の熱伝達特性、対向二相流特性等極めて広い領域を対象としています。

昭和61年主任研究員になり、我が国初の高温ガス炉であり、かつ、世界で初めて原子炉の外に950℃の高温熱を取り出し、クリーンエネルギーである水素の製造等、多様な熱利用が可能な高温工学試験研究炉(HTTR)の設計を担当しました。

3. 原子力利用の普及

平成11年企画室長を経て13年大洗研究所長となり、核熱を利用してクリーンエネルギーである水素を製造する核熱利用技術研究を推進しました。同年HTTRの850℃定格運転、次いで950℃高温運転に成功しています。これまでの研究活動を通し蓄積した知見を基に、かつ、平成14年高崎研究所長に就任したことから、原子力はエネルギー利用だけでなく放射線利用とあわせ、極めて国民生活に密着した

有用なものであり、無限の可能性と多様性を有することを、大学、学協会、各種委員会、ロータリークラブ等の市民団体で説明し、研究成果の技術移転や科学技術の普及に努めました。研究活動は、70歳まで続けたいと思っていましたが、丁度その頃財団法人原子力安全技術センターからお誘いがありました。取敢えず、3、4年お世話になればと思い決断しました。1つは、センターの本部が文京区白山の東京富山会館にあり、富山が出身地であったのでこれも何かの縁と思ったこと、もう1つは企画室長、高崎研究所長を経験していましたので業務内容に違和感が全くなかったからです。日本原子力研究所には、31年間お世話になったことになります。今考えてみますと期間としては大変長かったのですが、実感としては、あっという間の31年間でした。研究者として、次々に最先端の研究・技術開発課題に取り組むことができましたし、海外の研究者と協力し、あるいは競争し合えたのは、本当に楽しいことでした。また、成果が直接的に、具体的な新装置や新技術となっていくためのものであったことは、極めて感慨深いものがありました。特に、常に的確な方針とご指導をくださった上司の方々、ご協力、ご支援を惜しまれなかった同僚、後輩の方々に深甚なる感謝の意を表するものであります。

平成16年4月から財団法人原子力安全技術センターの原子力防災事業担当の理事に就任し、平成22年理事長に就任しました。原子力安全技術センターは、現在創立38周年を迎えています。この間、原子力利用の推進に不可欠な安全技術分野、特に放射線発生施設の安全確保、原子力施設の安全に関する調査研究、原子力施設の防災対策の3つの分野で、国や地方自治体等を支援し、国民生活の向上に尽力して参りました。振り返ってみますと、センターを取り巻く環境は激変しました。その1つの原因は、何と言っても平成23年3月11日に発生した東日本大震災とこれに起因した東京電力福島第一原子力発電所事故です。センターは、この未曾有の事態に対し、役職員一丸となって全力で対応しました。もう1つは、センターが平成24年4月1日公益財団法人に移行したことであります。公益財団法人として確固たる組織基盤を構築するため、中期展望を改定し平成26年度から向こう5年間の第3期中期展望を定めると共に、「改革プロジェクト」チームを設

置し、組織横断的に喫緊の課題解決に当たることにしました。筆者にとって福島原発事故に関し、全く予期しなかった大きなことが2つありました。平成23年5、6月に、SPEEDIの有効性等に関し参議院の委員会に参考人として計3回出席したことと、四兄文夫が平成26年4月から3年余東電会長を務めたことです。

平成30年6月任期満了により、四期8年3か月の理事長の職を退任いたしました。在任中に頂いた関係各位、特に国及び自治体の担当者の方々、日本アイソトープ協会、原産協会、日本電工会、電事連からの絶大なるご支援、並びに、センター役職員の方々のご協力に、心より感謝申し上げます。

4. 人生100年時代—これから

4.1 座右の銘

これまでの研究生活で、筆者の心の支えとなってきた格言があります。下記の3つです。

- (1) Be ambitious like this old man.
- (2) Where there is a will, there is a way.
- (3) Heaven helps those who help themselves.

(1)は、皆さんよくご存じの明治維新に札幌農学校を去る時、クラーク博士が残した「少年よ、大志を抱け」と言ったといわれる言葉です。実際は、平均寿命が5、60歳だった当時55歳の自分が頑張っているように諸君も頑張してほしいという意味と考えられています。(2)は古く、成り立ちが定かではありません。精神一到、何事か成らざらんと訳されていますが、素直に考えると、やる意志があれば、きっと良い方法が見つかるということだと思います。南北戦争(1861-65)の時代米国のA.Lincoln大統領が奴隷解放の意義を説くために引用しています。(3)は、英国の作家S.Smilesの自助論(1859)の序文に出てくる言葉で、産業革命(1760-1830)時の欧米300人以上の成功者を紹介した著作に記載されています。成功は、他人のお蔭でなくすべて本人の実力によるもので、天は自らを助ける者を助けるのだと看破しています。

4.2 人生100年時代

人生100年時代が到来しているといわれる今、今後の筆者の生き方に極めて参考になると考えられる

体験がありました。土日曜を利用した東京からの1泊バス旅行で、NHK大河ドラマ「八重の桜」の舞台となった会津若松を学生と一緒に訪ねる機会がありました。これは、53年前学生の時お世話になった前述の井上育英会が行っている奨学生支援行事の1つで、鶴ヶ城、白虎隊自刃の地飯盛山、藩校日新館等を巡り、幕末の戊辰戦争から明治維新までの状況を尋ねた旅でした。この時、初めて会津藩の「山川三兄妹」を知ると共に、お世話になった育英会との関係もわかり、意義深いものになりました。その成果の核心的一端を、ご紹介しましょう。

会津藩国家老山川重固の子供に、会津藩の悲劇と逆境をものともせず、幕末から明治維新にかけ力強く生きた3人の子供がいました。浩、健次郎、捨松の三兄妹です。戊辰戦争では、大山巖（後に海軍大将）らが率いる新政府軍と会津藩兵との壮絶な白兵戦があり、新政府軍が放つ大砲の弾から類焼を抑える為、山川浩の妻やまだ僅か5歳の捨松、山本八重等女性陣の大奮闘がありました。

浩は、会津藩26万石から斗南藩3万石に改易させられた際、家老として苦渋の大決断をしています。健次郎は浩の弟で、黒田清隆（後の首相）が計画した若い男女のアメリカ留学に選ばれ、17歳で岩倉具視使節団に随行し、エール大学に留学します。4年後日本初の物理学の理学士として帰国し、日本人初の東京大学物理学教授を経て、2度東京大学総長に就任しています。更に京都大学総長を兼務したり九州大学初代総長、九州工業大学総裁、武蔵高校長等を務めました。

捨松は妹で幼名をさきと言い、11歳の時前述の黒田清隆が計画した女性だけのアメリカ留学に僅か6歳の津田梅子（後の津田塾創立者）ら4人と共に選ばれました。母親は、さきを「一度捨てたと思って帰国を待つ（松）」気持ちから、捨松と改名させています。ニューヨーク州バッサー大学を最優秀の成績で卒業し、日本初の看護婦資格を取得しています。22歳で帰国後、鹿鳴館の華としてその才媛を示す一方、山川一族が戊辰戦争で仇敵と考えていた大山巖と劇的な結婚をします。鹿鳴館は、明治の元勳で当時の外務卿（今の外務大臣）井上馨侯が、欧米との不平等条約を改定すべく、日本がいかに洋風化されているかを欧米に示す為、現在の日比谷に建設した社交場です。侯が所蔵していた骨董品の一部

を基金として、お世話になった井上育英会が設立されて今や90年、感慨深いものがあります。侯は、幕末（1863年）伊藤博文（後に首相）ら4人と共に長州藩命により英国へ密航し、最先端技術を習得しています。当時五人が留学したロンドン大学は留学150周年に当たる平成25年、海外留学の意義の観点から Choushu Five（長州五人組）として讃え、9月26日六本木で記念講演会を開催しています。

4.3 これから

以上の歴史的事実が、欧米を含む空間的広がりと幕末から現在に至る時間的深さの中で織りなされているのを知った時、前述の3つの格言を思い出しました。これらの格言は、若人に今こそ心に留めていただきたい言葉であります。原子力は、その構造上の特徴から無限の可能性と多様性を有しています。これからも、引続きこのことを広く一般に周知して行きたいと思っています。

学生もまた、無限の可能性と多様性を有しています。平成30年6月公益財団法人井上育英会の理事長に選任されましたので、これまで原子力に携わってきた経験を踏まえ、今後、学生の育英事業にも注力していきたいと思っています。

安田善次郎が言っています。“50歳、60歳は鼻タレ小僧、男盛りは、80歳、90歳”。明治に既にこのような認識があったことは驚きです。これからは、一層健康に留意し頑張りたいと、願うばかりであります。

参考文献

- 1) 数土, 他, 日本機械学会論文集 (第2部), **41**-342, 624-635 (昭58-2)
- 2) Sudo, *J. of Nucl. Sci. & Technol.*, **17** (1), 1-15 (1980)
- 3) Sudo, *J. of Nucl. Sci. & Technol.*, **17** (7), 516-530 (1980)
- 4) Sudo, *Trans. ASME, J. of Heat Transfer*, **118**, 715-724 (1996)
- 5) Sudo, *et al.*, *J. of Nucl. Sci. & Technol.*, **18** (7), 487-500 (1981)
- 6) Sudo, *et al.*, *J. of Nucl. Sci. & Technol.*, **22** (7), 551-564 (1985)
- 7) Sudo, *et al.*, *J. of Nucl. Sci. & Technol.*, **22** (8), 604-612 (1985)
- 8) Sudo, *et al.*, *Nuclear Engineering and Design*, **187**, 215-227 (1999)

((公財) 原子力安全技術センター特別顧問)