



培養工学の研究と国際学术交流の推進

吉田 敏臣

1. 空襲をさけて疎開

1939 (昭和14) 年生まれである。戦時中に大阪で生まれたが、5歳のころ父親が招集され空襲が激しくなったため、祖母のもとに疎開し、6年ほどそちらで過ごした。疎開先は、石見銀山の積出し港であった島根県彦根郡 (現在大田市) 温泉津町の外れにある山村で、終戦の翌年旧制の国民学校に入学し、村の分教場に通学していた。疎開先は、自然豊かな、今思い返せば、ある意味環境の良いところであった。いつも山の中を走り回って、ヤマモモの木に登り、口の中を紫にしながらかき取り、ヤマモモの実をほおぼり、グミをつまみ、アケビを求めて山を巡り、カップが出るといわれた淀みで泳ぎ、浅瀬ではハヤを手づかみでとらえ、時には生の蜂の子の丸のみに挑戦する、文字通りワイルドな自然児の生活であった。

そのようなある日、本屋を営んでいる親戚のおじから一冊の本をもらった。当時、教科書以外に本というものを手にすることはなかった。その本に未来の社会というようなことが書いてあって、科学の進歩により、その上で飛んでも跳ねても割れないガラスができるというようなことが書かれていた。そこで大いに感激して将来はそのようなものを発明できる科学者になりたいものだと考えた。山猿が科学者を志そうと考えたわけである。このような子供の時の体験がその後の生き方に何らかの影響を及ぼしたのであろう。

戦後もしばらく疎開をつづけ、小学校5年の時に町にもどってきた。小学校と中学校のときは特に勉強の思い出はなく、作文でほめられたのを思い出すぐらいである。

2. 醗酵工学科へ

高等学校のころの勉強では数学が好きであったが、英語は不得手であった。大学は工学部への進学を考えていたが、当時の皇太子殿下すなわち現在の天皇陛下と美智子さまのご婚約のお話があって生物の研究が話題になったこともあり、大阪大学の醗酵工学科に進むことにした。大学入学後教養部の1年半は、モラトリアム人間の状態で、授業への出席は適当、ほぼ朝から晩までテニスコー

トで過ごす状態であった。専門課程へ進学後、一念発起して授業もまじめに出て勉強に専念した。そして根が数学好きということもあり、卒業研究の研究室の配属を考えると、醗酵装置設計の講義、抗生物質生産の化学工学的研究をされていた助教授の田口久治先生にご相談申し上げ、ご指導をお願いした。当時、第二講座担当の寺本四郎教授は体調を崩され日赤病院に入院されており、我々配属予定の学生はお見舞いと配属のご挨拶に病室に出向いたことを覚えている。

このようにして私の大学での研究生生活が始まり、まず生物化学工学の勉強に励んだ。卒業研究では、グルタミン酸醗酵の連続培養について細胞増殖と生産の速度論的研究を行った。大学院では、寺本教授から担子菌を大量培養する方法の研究というテーマをいただいた。それと並行して、田口先生が研究テーマにされていた醗酵槽における攪拌や酸素移動の研究に参加し、いわゆる化学工学的研究に足を踏み入れることになった。当時、大学院の学生が集い勉強会をしており、BirdのTransport PhenomenaやLevenspielのChemical Reaction Engineeringなどを輪講するなどして、一所懸命、化学工学やプロセス工学の勉強をしたことが懐かしく思い出される。大学院の特別研究の論文は「担子菌の液体深部培養に関する研究」であった。博士課程を終えて1年間の研究生生活の後、大学院終了後の充電期間としての2年間、大阪府立大学工学部化学工学科助手として、新しく醗酵プロセスの同定と制御の勉強をさせていただいた。この間、東芝の大型アナログ計算機を用いて生物プロセスの動的過程をシミュレーションする研究を行った。また、独学でデジタル計算機の利用法も習得することができた。このように計算機利用という新分野の勉強ができる機会が与えられ、自分の研究の幅を広げることができたのは大変ありがたいことであった。私のバイオプロセス工学研究の素地はこうして得られた。この時が私にとって将来の研究テーマを考えるよい機会であったと思っている。このような経験から、後輩と話をするとき、博士論文の研究をそのまま続けるかどうかは考えることも重要であると話していた。

3. 培養工学の研究

大阪大学在任中、研究室の先生方、学生諸君と協力して行った、いわゆる培養工学に関わる主な研究テーマは、実施年を追って列挙すると次のようになる。

清酒プロセスの生物化学工学的研究、石油発酵における酸素移動、廃液処理におけるバルキング現象の解析、高粘性多糖生産における攪拌の研究、麴生産や固体廃棄物コンポスティングの制御、ステロイド発酵生産菌スクリーニングとプロセスシミュレーション、セファロsporin発酵のモデル化とシミュレーション、アナログ計算機を用いた k_La のオンライン自動測定法、ファジイ推論を応用したアルコール発酵プロセスシミュレーション、耐熱性酵母によるエタノール発酵、遺伝子組換え大腸菌によるフェニルアラニン生産、知識工学的手法を応用したオンライン診断と適応制御、ハイブリドーマ培養のニューラルネットワークと遺伝子アルゴリズムを利用したオンライン最適制御系の開発、マススペクトメトリーを応用した膜センサーによるオンラインモニタリング、シソの深部培養によるアントシアニン生産、乳酸発酵の新規培養槽、遺伝子組換えによるキシロース資化性酵母の育種、動物細胞培養における浸透圧の影響、動物細胞培養における加圧の影響、CHO細胞培養におけるアポトーシス制御によるtPa生産の向上、ハイブリド人工肺の工学的解析、表皮細胞の中空糸膜への安定接着と増殖、骨髄系幹細胞の再生と分化の制御、軟骨細胞の*in vitro*調製と自己再生制御、不織布担体を用いる三次元培養による骨髄幹細胞系の再生。

以上のように、私の研究分野は年代が進むにつれて変遷し、1) 醸造・発酵の化学工学、2) 微生物・発酵生産の開発、3) バイオプロセスシステム工学、4) 動植物細胞・組織の培養工学に大別される。これらを総括すると、それぞれの分野の研究テーマの数は年代とともに消長があり、なかでも「バイオプロセスシステム工学」の研究は、はじめに従来の決定論的モデルによるシミュレーション研究の発展があり、その後知識工学的手法を利用したシミュレーションや診断、管理型制御・生理状態制御システムの研究というように展開し、第2のピークとなっている。「動植物細胞・組織の培養工学」の研究分野は教授時代に急激に発展したものである。

4. 国際活動

1971年に母校に戻って、田口教授のもとで本格的に大学人としての生活が始まった。その翌年1972年に照井堯造教授を組織委員長として第4回国際醗酵会議が京都で開催された。これは日本学術会議主催であるが、日本化学会や日本農芸化学会の協力のもと、日本醗酵工学



第4回国際醗酵会議（1972）組織委員長照井堯造教授

会と大阪大学醗酵工学教室が総力をあげて運営にあたった。京都国際会議場で開催されたが、同時通訳なるものを経験し、本格的な国際会議に参加することになり、大変高揚した気分になったことが懐かしく思い出される。

4.1 留学生活 その後1972年8月に渡米し、フィラデルフィアにあるペンシルバニア大学の酵素工学の研究プロジェクトに参加するため、化学工学科Arthur Humphrey教授のもとでポスドクとして1年余の研究留学を経験した。この時、田口研究室の後輩である播磨武君が同大学Graduate SchoolのDepartment of Chemical Engineeringに入学してくることになった。当時いろいろな大学の理工学系から人文社会系さらに芸術系まで種々の専門分野の日本人留学生在が集まっており、それぞれ留学生生活を謳歌していた。また、当時、ボストンのMITに阪大の醗酵工学教室の若手教官などが何人か留学していて、ボストンからワシントンDCの間を車やアムトラックで行き来していた。思い返すと大変懐かしいアメリカ東海岸の生活が良い思い出となっている。

帰国後、醗酵工学科田口研究室に戻り、その後1978年より微生物工学国際交流センター（後述のように生物工学国際交流センターに改組）に移ったが、いずれも培養工学に関する研究を行うとともに本科の応用生物学専攻および応用自然学科応用生物学コースの教育

に参加し、ユネスコの研修講座や日本学術振興会（JSPS: Japan Society for the Promotion of Science）の拠点大学方式による東南アジアとの学術交流活動に参加した。

4.2 ユネスコ微生物学国際大学院講座 UNESCO（国際連合教育科学文化機関：United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization）の要請により大阪大学工学部醗酵工学教室の照井堯造先生が1972年に組織し、1973年に一期生が14名入講して当時新設のサントリー記念館で講義が行われた。実施に当たっては、田口久治教授が中心となり、関係者が一致協力して本邦初の英語による研修事業を始めた。本事業は日本政府がユネスコに対して提供した信託基金(Funds in Trust)をもって日本の大学が実施する援助事業である。本講座は、大阪大学が主管し、東北大学、東京大学、九州大学が参加する共同事業で、アジア諸国の大学教官など若手研究者を対象として応用微生物学に関する1年間の研修を行うものであった。応用微生物は、アジアで豊富な農産資源の活用に必要な学術分野で開発途上国の農業ならびに産業振興に不可欠であり、研修の成果がこれら地域における当該分野の教育・研究能力の向上に資すると期待されていた。過去40年間でユネスコ研修講座の修了生は合計459名に上る。

本事業において基本テーマとされた「アジアなどに豊富に存在する生物資源の利用」は、今なお重要な課題である。1992年に採択された「生物多様性条約」では生物資源の保存の緊急性と重要性を強調するとともにそれら資源の持続的利用をもって人類の福祉に貢献することが期待されている。また、我が国の科学技術基本法およびバイオ戦略会議答申でも生物資源の利用開発が強く謳われている。生物学の進歩は目覚ましく、高度に展開されてきたことから対象分野を広くバイオテクノロジーとし、微生物のみならず、植物、動物などの生物資源の工業的利用を図ることになった。

4.3 東南アジア微生物学ネットワーク ユネスコの東南アジア基礎科学地域協力事業の一つとして東南アジア微生物学ネットワークが日本政府の信託基金を得て1974年に創設された。参加国は、東南アジアのインドネシア、マレーシア、フィリピン、シンガポール、タイ、そして周辺国であるオーストラリア、香港、日本、大韓民国、ニュージーランドであった。のちに中国とベトナムが参加した。主たる事業は、域内における微生物資源の探索と保全に関するもので、微生物資源センター(MIRCEN: Microbial Resources Center)のネットワーク形成と人材育成であった。大阪大学の醗酵工学科はMIRCEN (Fermentation)として日本の拠点となっている。現在は後述(4.5)の国際交流センターが担当している。後者の事業として、研究者の交流、域内研究者

に対する奨学金授与、トレーニングコース、ワークショップ、セミナー、シンポジウムの開催などがある。若手研究者を対象に3か月未満の研究室訪問による共同研究と研究手法の会得のための援助がおこなわれた。このようにして人材育成を中心として東南アジア諸国の微生物学およびバイオテクノロジーの発展に大きく貢献したといわれている。

4.4 日本学術振興会の拠点大学方式による学術交流

1977年6月に発展途上国との学術交流について文部省学術審議会の建議があった。その特徴は、

- 1) 学術交流の永続的なシステム確立に対する国内体制の整備
- 2) 学会間の協力を含む学術情報交換の促進
- 3) 発展途上国若手研究者の学位取得に対するわが国の大学の協力

大事なことは、我が国の大学が拠点大学を中心とする学術交流の永続的システムを確立することである。この拠点大学方式の学術交流の第1陣として1978年タイ国との2国間協定として「Agro-industryにおける微生物工学」分野の学術交流が始まった。

このプログラムは、建議の特徴の1)を実現するものとして、大阪大学が日本側の拠点大学となり、大阪大学工学部に設けられた附属微生物学国際交流センター（後述：4.5）と醗酵工学科が一体となって拠点大学としての役目を務め、東京大学、東北大学、名古屋大学、京都大学、広島大学、九州大学の各大学の関連学部の研究者が協力する国内体制の整備が行われることになった。タイ国ではカセサート大学理学部微生物学科が拠点となり、マヒドン大学、チュラロンコン大学および国立応用科学研究所が協力事業に参加した。その後、分野が微生物からバイオテクノロジーに拡大され、対象国もシンガポール、フィリピン、インドネシア、マレーシアが参加する多国間共同研究となった。

さらに上述の学術審議会建議の3)の事項を推進するため、サンドウィッチ方式といわれる論文博士号取得支援プログラムを始めた。そこで、ユネスコ研修講座や拠点大学方式による研究者交流に参加していた研究者は、日本の教授と巡り合い論博プログラムの指導教官になってもらうことができ、東南アジア諸国の大学の若手教官の学位取得が進められ、世界的にもユニークなプログラムとして高く評価されていた。

2)については、タイ国のバイオテクノロジー学会の創設など(後述：4.6)があり、大学などの教育・研究機関として、マヒドン大学のバイオテクノロジー学科、インドネシアのLIPIバイオテクノロジー研究開発センター、ガジャマダ大学バイオテクノロジー研究所、マレーシアのマレーシアプトラ大学発酵工学研究センター、フィリ

ピンの診断薬研究所の創設などがある。

4.5 国際交流センターの設置 1978年4月に大阪大学工学部附属生物工学国際交流センター (The International Center of Cooperative Research and Development in Microbial Engineering, Japan) が設置された。

このセンターは、微生物の工学的利用に関する基礎と応用について研究を行うとともに微生物学の関連領域における国際協力研究、人物交流、セミナーを通して発展途上国との学術交流に貢献することを目的としており、醗酵工学科の教官とともに微生物工学の分野において諸外国との交流を推進してきた。このセンターは、2回の改組拡充があって1995年に工学部より出て全学共同利用施設である大阪大学生物工学国際交流センター (International Center for Biotechnology, Osaka University) に発展した。

さらに、センターは、2002年にタイ国マヒドン大学の好意により同大学内に東南アジア共同研究拠点 (CRC: Cooperative Research Station) を設置した。CRCは450 m²の研究室を有し、日本ならびに東南アジア地域の研究者が共同利用する拠点研究施設として大いに貢献している。

4.6 国際的リーダーシップの確保 2001年には、新設の科学技術振興調整費「国際的リーダーシップの確保」に応募し、研究課題「熱帯生物資源とグリーンケミストリー戦略」が採択された。この課題は、食糧供給、新規産業創生、環境保全の諸問題の解決を目指して、国際協力活動を展開し、アジアでの当該分野の学術社会における国際的リーダーシップを確保しようとするものであった。人類が直面している食糧、環境の諸問題を解決するためにはバイオテクノロジーの援用による生物資源の持続的開発と有効利用を図ることが必要である。我が国は、発酵工業では世界的に高い評価を受ける実績を上げており、産業バイオテクノロジーの分野では世界をリードできる力を有している。そこで、資源供給者の立場にあるアジア諸国と協力関係を堅持し、人的資源の充実や社会経済の発展により世界的にももっとも強力な勢力になるアジア諸国とのパートナーシップを強化すべきである。そして、この分野で日本がリーダーシップを発揮することで国際的協調関係が促進され、アジア地域でバランスの取れた学術レベルの向上と科学技術の発展が可能となる。そこで、参加する内外の研究者が協力して、生物資源の開発と利用について、1) 調査研究を行い、2) 国際会議を開催し生物資源の開発とグリーンケミストリーの将来的発展に必要な方策を議論するとともに、3) 資源バイオテクノロジー分野の学協会の協力関係を育成することにした。この課題の実施体制として大阪大学生

物工学国際交流センターを中核機関とし(社)日本生物工学会(現・(公社)日本生物工学会)の協力を得て事業を行った。

現地調査は、1) フィリピン、タイ、ラオスとミャンマー、2) マレーシアとインドネシア、3) カンボジアとベトナムを対象とし、各国の代表的な研究機関を訪問し調査を行うとともにワークショップを開催した。国際会議は、日本生物工学会の80周年記念大会と共催し、「熱帯生物資源とグリーンケミストリー戦略」なるテーマで研究現状調査と現地調査結果を発表し、現状分析と将来展望に関する議論を行った。さらに、国際会議に国内外の先導的研究者を招待して、資源バイオテクノロジー分野発展のための国際協力について協議し、学協会の連合組織の形成について討論した。その結果、2002年に、日本、韓国、フィリピン、ベトナム、タイ、マレーシア、インドネシアの微生物・バイオテクノロジー学協会のネットワーク (SMBnet: The Network of the Societies for Microbiology and Biotechnology in Southeast Asia) が形成された。この事業は、私の大阪大学定年退職を機に、私の半生にわたる同僚である生物工学国際交流センターの関達治教授に引き継がれた。

4.7 アジアバイオテクノロジー学会連合 (AFOB) 韓国生物工学会 (The Korean Society for Biotechnology and Bioengineering) の尽力によって、2009年 Asian Federation of Biotechnology (AFOB) が組織され、初代のPresidentに就任した。2011年にAFOB主催の第1回 Asian Congress on Biotechnology (ACB) が大阪大学の応用生物学専攻出身の鍾建江教授 (上海交通大学) が組織委員長となって上海で開催された。この国際会議は、1990年に始まった日本と韓国が主導するアジア太平洋生物工学会議 (APBioChEC) の後継国際会議である。APBioChECの開催地は、慶州、横浜、シンガポール、北京、プーケット、ブリスベン、済州、台北、神戸であった。第2回ACBはAPBioChECからの回数の継続数を採用して、第11回ACBとして2013年New Delhiで開催された。次の第12回ACBは2015年11月にKuala Lumpurで開催される (<http://www.acb2015.my/web>)。

4.8 (公社) 日本生物工学会の国際展開会長諮問委員会 2012年原島俊会長の諮問を受けて、日本生物工学会の活動における国際展開について情報を収集し、とるべき戦略について議論し、会長への提言をまとめた。(A) 日本生物工学会の100周年に向けての「アジア戦略」、そしてゴール達成のための実施策

「アジア戦略」について検討した結果、以下の3領域に分けて、とるべき戦略および戦略に含めるべき重要な施策・企画をあげ、それぞれ実施内容と方法をまとめた。

I) 組織・活動強化の領域 戦略「国際科学会議

(ICSU)で組織活動強化」が、今後学会が国際的に確固たる位置を占めるための重要な戦略である。なお、ICSU: The International Council for Scienceは、世界の142か国の代表メンバーからなる国際NGOで、日本では日本学術会議がメンバーである。

II) 人材育成の領域 アジア技術者教育認定機関ネットワークの中で、生物工学分野の技術者教育認定における国際連携活動を推進し、「**国際的に通用する技術者の育成**」を推進する戦略が重要である。

III) アジアにおけるバイオ産業発展の領域 技術情報の効果的な利用と産学官連携の推進が重要であり、学会の産業界会員の協力のもと推進する戦略「**技術情報データベースの整備と利用**」と戦略「**アジアの新興国におけるバイオ産業発展への支援**」が重要である。

(B) 100周年に向けて必要なその他の戦略

公益法人として社会貢献を促進することは重要な戦略である。また、産業界の会員が重要な役割を果たしていることから、技術者へのサービスを提供するとともに、さらに、産業界技術者の積極的な活動を誘引する戦略的企画を練るよう努める必要がある。

(C) 日本生物工学会がアジアでリーダーシップを発揮する

研究の高度化が必要であり、シンポジウム、研究部会などの活動を充実させ、学術のレベルアップを促進する企画の推進を図るべきである。まず、JBB事業の活性化をはかりインパクトファクターを向上させるため、優れた論文を集める方法を企画する。特に産学連携イノベーションを志向するレビュー・原著論文を世界に発信することでJBB誌を特徴づける。また、日本生物工学会が世界で正当に評価されるため、あらゆる機会をとらえて国際的機関に参加し積極的に活躍するべきである。

(公社) 日本生物工学会国際展開会長諮問委員会

委員長：吉田敏臣（大阪大学名誉教授）、委員：加藤純一（広島大学教授）、鈴木市郎（横浜国立大学

特別研究教員）、高部英明（大阪大学教授）、長棟輝行（東京大学教授）、古川憲治（熊本大学名誉教授）、三輪治文（元味の素（株）発酵研究所）

平成24年10月15日

この会長諮問委員会の報告書の全文は学会のアーカイブとして残されており（日本生物工学会ホームページ＞学会について＞国際展開会長諮問委員会報告*）、今後これに関連する活動は学会の理事会の活動としてさらに展開されることになっている（*https://www.sbj.or.jp/wp-content/uploads/file/about/international_strategy_report_2012.pdf）。

5. さいごに

子供のころに感じたことが私のキャリアパスの原点になっていると考えている。しかしながら、もちろん初めの考えが変わらず続いているわけではない。時には化学、また法学など、いろいろと考えた。年を経るにつれて自分のまわりの変化とともにどんどん変化していく。私にとっては、大学進学について考えたことが重要な方向付けになっている。大学での研究課題を考えた時も自分自身で選択をしていたし、その後社会の要請に応じて変化する学術社会の方向を見ながら関心が移っており、そのようにしてキャリアパスを織り込んできたのであろう。私の場合、東南アジアとの学術交流活動に踏み込んだことは、特徴的であり、私のキャリアパスの大きな転換点である。結果的には、半生を決めた選択であったといえる。このような経過を総括してみると、大学人として多数派ではなく、どちらかといえば毛色の変ったキャリアパスを形成してきた。

私の大学人としての活動の結果得られたものは不十分なものであるが、このような私にとって恩師である田口久治先生のご薫陶はまことにもってありがたいことであり深く感謝している。

<略歴> 1963年 大阪大学工学部醱酵工学科卒業、1968年 同大学院工学研究科醱酵工学専攻博士課程修了・学位取得

1969-1971年 大阪府立大学工学部化学工学科・助手、1971-1978年 大阪大学工学部醱酵工学科・助手、

1972-1973年 米国ペンシルバニア大学工学部化学工学科・博士研究員、1978-1988年 同工学部附属微生物工学国際交流センター・助教授、1988-2001年 同センター教授（1995年設置の大阪大学生物工学国際交流センター）、1995-1999年（同センター長）、2001-2003年 大阪大学大学院情報科学研究科・教授、

2003-2007年 日本学術振興会バンコク研究連絡センター・センター長、2007-2012年 大阪府環境農林水産総合研究所・所長、2012年～ 日本工学国際交流センター・大阪大学招へい教授

1999-2001年 日本生物工学会会長、2009-2013年 President of “Asian Federation of Biotechnology”

2001年「日本生物工学会賞」、2005年「APBioChEC-05賞」（アジア太平洋生物化学工学会賞）

2005年「タイ国マヒドン大学名誉理学博士学位授与」