特集

外国人研究者が語る諸外国の工学研究・教育事情

第II部 若手研究者による各国の経緯・現況の概観

エジプトにおける工学研究・教育事情*

アハメド カディール サード**

The Comparison of Research and Education Activities for Welding Engineering between Egypt and Japan*

by Ahmed Khodir Saad**

キーワード エジプト, 溶接, 工学, 研究環境, 研究資金, 研究の質, 設備, 学術, 産業

1. はじめに

アハメド・カディール・サードと申します。私は1992年の5月にスエズ運河大学（石油鉱山工学部・冶金工学科）を卒業して冶金工学の学士号を取得しました。1997年の4月、私は中央冶金研究所（CMRDI: Central Metallurgical Research & Development Institute）の溶接冶金部門に研究助手として職に就きました。CMRDIはエジプトの高等教育・科学研究省（HESR: Ministry of Higher Education and Scientific Research）に所属する研究センターです。その後2002年の3月にカイロ大学（工学部・石油鉱山工学科）より溶接工学の分野で理学修士号を、さらに2007年9月に大阪大学大学院（機械工学科・複合化機構学分野）より博士号（工学）を取得しました。2008年の6月から現在まで、私は大阪大学接合科学研究所で特任研究員として勤務し、高級高張力鋼の水素脆化感受性に関連した研究を行っています。

以上の自己紹介に示しましたように、私はエジプトと日本において両国の研究者と直接つきあい、学ぶ機会に恵まれてきました。そこでじかに働いて得た知識と経験をもとに、エジプトの研究活動についてと日本の状況と照らし合わせて概観してみたいと思います。

2. エジプトの工業と工学研究・教育の概況

2.1 溶接関連工業：

エジプトは、アフリカにおける主要な産業国です。石油

精製、化学、石油化学プラントや発電所などの様々な産業分野に多くの企業が存在します。これらの多くの企業が、20世紀の中頃にエジプト政府により設立され、欧米の経験・実績を招致して立ち上げられただけでなく、製造ラインに使用する様々な品種の鋼管、鋼板などの材料に至るまで西側企業から輸入しました。これらの設備は、溶接によって組み立てられておりますが、それぞれの企業が、小規模な溶接・検査の部署を持ち、操業中の鋼管からの漏れの修理や部品の交換といった補修保全を担当しております。過去には、もし大きな問題が発生した場合には、現場責任者は外国に解決策を求めることをしましたが、15年前から、いくつかの企業と我々のCMRDIの溶接技術・検査部門との協力体制が開始し、現在に至るまで溶接工学に関する技術的課題の解決に取り組んでいます。将来的には、この協力体制が、溶接研究活動に発展することを願っています。

2.2 溶接関連研究・教育機関：歴史的経緯と現状、主要な研究分野

CMRDIは、エジプトにおける材料研究開発の主要な機関です。30年以上前にカイロのEl-Tebbin工業地域に設立されました。CMRDIの主要な目的は以下になります。

- ・製品と製造工程の開発
- ・輸入品の国産品への代替
- ・鉱物資源と副産物の最大利用
- ・材料科学・技術の見識の蓄積

25年前、溶接研究部門（Welding Research Department）は、Bahaa Zaghloul教授により設立されました。2002年のCMRDIの再編の際に、溶接研究部門は、現在の名称である溶接技術・検査部門（Welding Technology and Inspection Department: WTID）へ変更されました。WTIDの目標は、科学的な溶接研究を行うことだけでなく、エジプトの産業界の技術的課題を解決することにも含まれます。1990年から2005年までの主な研究テーマは

*原稿受付 平成22年2月12日

**正 員 大阪大学 Member, Osaka University

次のものがあげられます。

- ・アルミニウム合金の高温割れ
- ・鉄と炭素鋼、炭素鋼とニッケル合金、炭素鋼とステンレス鋼の異材溶接
- ・溶接、溶射プロセスによる炭素鋼の表面硬化処理
- ・鉄、工具鋼の補修溶接
- ・めっき鋼板の抵抗溶接

最近では、WTID はエジプト企業だけでなく、ドイツ、日本、米国の国際的な機関とも協力しています。WTID とエジプト企業との協力の例としては、WTID は、El-Nasr 肥料会社（二次改質炉）、石油化学会社（ポリ塩化ビニール製造設備）、Asuit 精製会社（精留塔）などの化学・石油化学産業の補修溶接を請け負っています。国際協力の例としては、2008～2010年の期間にWTID と米国・ペンシルバニア州立大との間で実施された“チタン合金の溶融溶接に関するモデリング”の分野での協力があげられます。

3. エジプトの工学研究・教育の事情と課題

3.1 世界におけるエジプトの役割と立場

エジプトは、アラブ・アフリカ諸国では、研究活動において先導的な立場にあります。例えば、アラブ全体の研究者数に対するエジプトの研究者の割合は、1996年では約57%でありました¹⁾。また、他のアラブ諸国と比較して、研究開発への資金の比率も高くなっています。溶接技術への取り組みに関しては、国際協力機構（JICA）は、我々 CMRDI をアラブ・アフリカ諸国への溶接技術伝承の拠点として選択し、アラブ人、アフリカ人技師への訓練課程の維持・支援を行っています。しかし、アラブ・アフリカ地域外に目を向け、エジプトと先進国を比較した場合では様相は大きく異なります。

エジプトにも、溶接技術だけでなく科学の全ての領域において良い教育を受けた、日本の科学者や研究者と同様に高い資質を持った科学者や研究者がいるにもかかわらず、エジプトや北アフリカで生み出される研究成果は研究資金の調達においても社会的認知においても日本の科学研究と比べて徐々にその競争力を失いつつあります。エジプトや北アフリカにおける科学研究の衰退を示す一つの指標は、上海交通大学の高等教育研究所が作成している世界研究大学ランキングの世界トップ500研究大学リストに、2003年から2005年の間、一つの大学も入らなかったということです。一方、日本の多くの大学はトップ500リストに含まれており、そのうちのいくつかは高い順位にあって、日本では質の高い研究が行われていることを示しています。

3.2 工学研究・教育現場の事情と課題

- ・資金面：

エジプトにおける大部分の科学研究活動は、公的資金によってまかなわれています。およそ90%の研究活動が政府によってまかなわれ、残りの10%の資金が民間または海外の資金源から来ています。一方、日本での研究活動の大半は民間企業の資金によってまかなわれていま

す。1998年のユネスコの報告²⁾によると、日本では研究による全支出の81%を民間企業および民間財団でまかなっており、政府の資金はわずか18%にしかありません。日本のような先進国とは対照的に、エジプトにおいては民間企業および民間財団の資金は、研究支援に対して果たす役割は小さいものとなっています。民間企業が研究活動をなおざりにするのはエジプトだけでなく、大半の発展途上国において一般的なことです。自国での研究開発（R&D）は生産性の向上と経済発展の加速のために重要であるにもかかわらず、国立研究機関は支援・活用するにふさわしいと思わせるのに十分な信頼を得られていないように感じられます。例えば、エジプトや他の北アフリカの経営者は、彼らが抱えた技術的問題への答えを国外に求めます³⁾。実のところ、これは発展途上国には一般的に当てはまることです。政府資金への強い依存は、当然ながら国家予算に対して重荷となるため、結果的に自国の研究体制の発展を妨げることになっています。

研究成果は、研究者の科学的素養と教育のみで決まるものではなく、研究環境にも依存しています。溶接工学や他の科学分野のエジプトの研究者たちは、もし良い機会が与えられたなら高い研究成果をあげることができるでしょう。我々は、エジプトにおける研究の衰退の主な理由は研究環境の悪化によるものだと考えることができるかもしれませんが、エジプトでの科学と教育のための予算配分は増加傾向にありますが、それでも日本や他の先進国における研究のための支出と比べればとても限られたものであり、また科学研究費の個人への割り当てでもとても限られています。ある年においては、我々の研究所内の溶接研究プロジェクトを支援するために個人に割り当てられた予算で最大のものがおよそ\$600に達する程度でした。研究プロジェクトのための予算がこうも少ないのでは、生み出される研究成果について多くは期待できません。同時に、研究者の数が増えるに従って、学会参加や旅費、研究備品、書籍や学術雑誌に割り当てられる資金も相対的に減り続けています。

いろいろなエジプトの統計データの情報源を調べると、研究開発のための支出として様々な数字が示されています。例えば、2005年の人材開発レポート（Human Development Report）⁴⁾は、エジプトの研究開発支出は国内総所得の0.2%だとしていますが、2004年の、Korayem による国際開発研究センター（IDRC: International Development Research Centre）の報告⁵⁾は、1996年において国内総生産の0.6%としています。しかしながら、得られる全ての情報は、エジプトにおける研究費はとても少ないことを示しています。一方、日本における研究支出の割合は国内総所得の2.9%を超えます。日本の国内総所得はエジプトのそれよりもはるかに大きいことも考慮に入れなくてはなりません。国内総所得に対する研究支出の割合は1%の臨界閾値を下回ってはならない、さもなくば研究開発への投資は無駄であると主張する人もいます⁶⁾。

- ・個人・組織面：

エジプトの研究者の給与は日本やその他の先進国と比較して低いですが、残念なことに、エジプトの研究・教育の発展に寄与するのではなく、個人的な収入を増やすことに

Fig. 1 Nd:YAG 2.2 KW laser cutting machine.

地位や能力を利用しがちな人たちがいます。大学の教授の中には、学生たちに本や講義内容のコピー、あるいはノートを買って稼ごの足しにしている人達があります。彼らは、よりお金になるので大人数の授業を好みます。研究所で働く研究者では、空き時間を私立大学で教えたり、投資会社での高収入のコンサルタント業についたりする人達もいます。そのため学術的な研究をするための時間の余裕がありません。加えて、アラブの石油で潤った国々は、高給与に惹きつけられるエジプトの教官に依存する大学を開設しました。ペルシア湾岸のアラブ諸国はエジプトから最も優れた資質を持つ教官を採用していきます。

私の見るところ、エジプトでの研究の衰退の要因になっているものには資金の欠乏と並んで、例えば動機付け、科学研究のための戦略的プランの欠如、それに専門家から若い研究者へ技術を伝えるに当たっての狭量さがあります。特に科学知識の継承、ベテランの若手との協力における狭量さは、エジプトにおいては溶接工学の研究者の中だけでなく、他の科学分野においても一般的な問題です。皆ではないにせよ、ある先達たちは彼らの経験を後輩に伝えようとしません。その結果、世代間での経験の継承や技術の伝達の欠如により、科学研究において国家が前進しないようにしてしまいます。一方、日本の溶接技術の経験ある研究者たちは、彼らの経験を若手に伝えようと努力しています。すなわち、日本では世代間での経験の継承があります。新しい結果を議論するための（研究室）ミーティングが毎月行われます。若手研究者は新しい発見を指導者、先輩の研究者（教授、准教授、助教）や同僚の学生たちの前で披露します。このディスカッションを通じて若手研究者は、研究を進めていく上で正しい道に進むための新しいアイデアを得るのです。エジプトにおいて学部や大学院で存在する「どのように研究を行い、科学論文を書くか」を教える上でのギャップは日本では見あたりません。また、日本では同じ学科だけでなく、別々の大学で働いている研究スタッフの間での協力もあります。対してエジプトでは、別々の大学どころか同じ学科の研究スタッフの間での協力もありません。

・設備面：

上述のように、少ない研究資金のために、エジプトにおける先端科学研究は最先端の機材の不足に悩まされており、それが先端技術の研究を続けることを難しくしています。例えば、我々は最新の摩擦圧接機、摩擦攪拌接合装置、電子ビーム溶接機、それにレーザ溶接機を買う

Fig. 2 Laser metal powder cladding machine.

ことができません。Fig. 1 に示したレーザ切断機は、2002年に日本の国際協力機構（JICA）から供与いただいたものです。昨年には Fig. 2 に示した、異なる合金同士をクラッドするためのレーザクラッド装置も入手しました。残念ながら、高倍率での微細構造の観察などに必要な透過型電子顕微鏡は、今のところエジプトのどの研究所でも利用できません。これらの先端機器を用いる工学研究は極めて高くつき、エジプトで研究に割り当てられた財源をはるかに上回ります。

4. 学術界と産業界の関係

4.1 エジプト中央冶金研究所での取組み

我々エジプト中央冶金研究所・溶接技術・検査研究室（WTID：Welding Technology and Inspection Department）の状況は、大学の研究室と比べると少しは良好です。WTID は、エジプトの産業における多くのもの、例えば産業プロジェクトについての相談や監督、工業試験や材料、溶接材料、溶接製品の評価、非破壊検査、第三者検査、溶接技術者、溶接工・溶接検査員の訓練と認定、溶接工法の認定と検定（WPS：溶接施工要領書、PQR：溶接施工試験記録、WPR：施工者試験記録）、故障解析や問題解決に伴うさまざまな計画や技術サービスについての責任を負っています。これらの計画の多くは、肥料プラントや石油精製所、油田、化学プラントや石油化学プラントおよび発電所で用いられる特殊鋼や球状黒鉛鉄、アルミ

合金の溶接や非破壊検査の技術を伝えることを目的としています。しかしこれらの計画の多くは、溶接研究における研究開発活動よりは、操業中に直面した問題解決のための技術サービスになっています。

4.2 産学連携に向けた課題

エジプトでは、科学研究と産業の間にはとても大きな溝がありますが、日本ではその溝は日に日に狭まりつつあります。日本の大学や研究所は、委託研究と社会人教育によって産業との強い絆を築く道を速やかにたどりつつあります。日本などの高度に工業化された国々は、もし科学研究と産業の間の溝が埋められなかったならその結果は両方の側にとって、ひいては国全体にとって有害であることを理解しています。エジプトや北アフリカではこの溝は実にとても広く、また溝を埋めることの重要性も全く理解されていません。科学研究と産業界の間の溝を縮めるためには、産業界が学生のプロジェクトを支援し、長期的な研究に出資するなどの必要があるかもしれません。科学技術情報の増加の勢いは3、4年で倍増するほどであり、経営者も技術者も急速に変わっていく技術とともに働かなくてはならないでしょう。

エジプトの学术界と産業界それぞれの研究開発への視点は次のように要約され、これにより、双方の溝を明示することができます。と思います。

学术界からの視点：

- ・研究機関の役割：学術機関は、第一に学生の指導と教育を行い、純粋で基礎的な研究を担うために存在する「非営利」団体です。
- ・研究の目標：研究の主な目的は、独立した視点から新しい知識を探索し拡張することです。知識を得ることそれ自体が有意義です。
- ・研究期間：大学では緊急性が全く重視されません。そのため研究者たちはよりのんびりしており、学究的です。
- ・人材育成：大学教育の主要な目標は、独立した思考と成熟した判断ができる創造的な人格を作り出すために、学生の自信、知的能力、潜在的能力を育てることです。職業訓練を行うことは大学の機能ではありません。

産業界からの視点では：

- ・研究機関の役割：産業のほぼ唯一の目標は、市場性のある製品を作り、あるいは有用なサービスを提供することで収益を上げることです。
- ・研究の目標：知識はそれが製品に生かせるときのみ価値があります。同様に、研究は投資による発見が製品に転化されることで正当化されない限り意味がありません。
- ・研究期間：通常、産業の目標は短期的です。
- ・人材育成：産業界は、大学に対して科学・工学の基礎的な知識だけでなく実践的な能力を身につけた人材の提供を期待しています。

5. 将来の展望

技術発展と生産拡大とは強く関わっていることから、

ことに製造業において、研究開発への民間部門の要求が増えていくことが望ましい形です。一般的に言って、発展途上国において国内での経済改革の導入およびグローバル化と貿易の自由化によって現在起きている経済発展は、自国での研究開発に対する民間からの要求を増大させるでしょう。エジプトは、国営企業の民営化プログラムを導入しています。また、ヨーロッパや他の国々との自由貿易の合意に向けて交渉も進めています。国際市場での厳しい競争のことを考えれば、これらの進展によってエジプトでは、輸出量を伸ばせるように自国工業発展のための研究開発に対する民間の要求が増していくだろうと予想されます。

近年、エジプト政府は、エジプトの大学における高等教育と科学研究の質の改善のための緊急対策を求めています。政府は賃上げや研究施設の改善、それに「教育と研究能力」の向上を含む対策を採用しつつあります。また、前述しましたようにエジプト政府は国営企業の民営化プログラムを導入しつつあります。この点において、研究開発への民間部門の需要の増加が見込まれます。大学での研究は、研究資金供給元として民間部門をも巻き込んで、経済成長と研究開発のために国全体が求めるものに目を向けて方向づけられるでしょう。加えて、2007年の2月に二つの大統領命令が通過したことで、研究開発部門の構造改革が行われています。最初のものは、首相が議長を務める科学技術最高評議会の設立に係わるものです。二つめは、エジプト人の革新能力を支える、科学技術開発基金（STDF: Science and Technology Development Fund）の設立を命じています。加えて、エジプトの研究開発システムの強化と、革新システムを育てる土台作りを目指すいくつかの試みに先鞭がつけられています。これらには、サイエンスパーク、インキュベーター、テクノロジー・パレーの創設が含まれています。エジプトの高等教育・科学研究省（HESR: Ministry of Higher Education and Scientific Research）は、続く5年間（2007～2012年）に改革戦略を用意しています。これは科学技術行政と国家プロジェクトの優先付けの再構築に係わるものです。高等教育・科学研究省と産業貿易省の支援を受ける、国営の共同研究産業基金が設立され、いよいよ、エジプトの産業と研究コミュニティの連携の促進を目的として多くのプロジェクトへの資金提供が行われることになります。

参考文献

- 1) E. Rached and D. Craissati, Karima Korayem in Research and Envelopment in the Middle East and North Africa, Chapter 4, 2000.
- 2) UNESCO. 1998. World Science Report 1998, Oxford University Press.
- 3) Human Rights Watch Vol. 17, No. 6 June, 2005.
- 4) Mohamed Aboulghar, Egyptian Educational Decline: is there a way out? Published in Cairo by AL-AHRAM, 2-8 February 2006, Issue No. 780.