

現業実習

——次世代型燃料電池の研究

東工大では、多くの学科で「現業実習」を授業科目として実施していますが、学部生への知名度はそれほど高くありません。夏休みなど長期休暇を利用し、企業の研究所など学外で行われるこの授業、一体何をするのでしょうか。実習に行くまでは、なかなか知ることができないのが実状です。LANDFALL編集部内でも「現業実習についてもっと知りたい！」という意見が多く、今回の特別企画を実現するにいたりました。

そこで、昨年現業実習を受けた化学工学科4年の先輩に体験談を披露していただきましょう。現業実習を受けた動機、数週間にわたる実習内容など、これから授業を希望する人の参考になることも数多いと思います。

毎日朝早く起きて満員電車に揺られ、2週間から1ヶ月かかって取得する単位がたった1単位。辛そうだし効率も悪そうですね。どちらかといえば、あまり聞こえのよくない現業実習ですが、実は非常に効率の良い単位だったのです。勉強させてくれるし、単位もきます。手当までもらってしまって、おまけに企業の人と仲良しになれるから、就職にも有利なのです。私は、今までなぜ現業実習をとらなかったのだろうと後悔しきりでした。

今回私が実習で入った企業は、東京電力です。私がこの単位を申し込んだときには、募集は東京電力からしか来ていなかったので、必然的にこの会社を選ぶことになりました。電気系の会社なのに、化学工学科の学生が実習に入って役に立つのだろうかと思われる方もいらっしゃるかもしれませんので、軽く説明をしておきます。

どんな大企業でも、利潤の一部を開発に再投資

しなければ社会の発展から取り残されてしまいます。寡占である電力会社も例外ではありません。そこで東京電力は、だた単に発電・送電を行っているだけでなく、病院・ホテルといった安定した電力供給の必要な場所への無停電システムの設置や、次世代の新発電システム・エネルギー効率を重視した新しい電力供給システムおよびそれに伴うコンピュータ技術の開発を進めています。

では、実際の実習の話に入りましょう。

はじめの数日は、ガイダンスと東京電力の各施設の見学が主体でした。東京電力には、技術研究所・開発研究所・システム研究所の3つの研究所があります。スケジュールの都合上、私が見学できたのは、技術研究所とシステム研究所です。

技術研究所は、主に基礎技術の研究をしている部門です。落雷による電力供給の停止を減らすための落雷予測のシミュレーション、家庭用の温排水・温排気等を利用した地下蓄熱システム、空調の効率を高めるため換気時に外気と内気の熱交換を行うモデルハウス、送電線による電力のロスを少なくするための超伝導の導入などを研究していました。

システム研究所では、コンピュータ関連の技術について研究しています。送配電線の管理のため土地利用図を処理できるスキャニングシステム、建築物が景観に与える影響をシミュレートする画像処理、新しい警備システムなどの研究を行っていました。

また、実際の現場として、柏崎の原子力発電所と利根川上流の水力発電所群も見学しました。もちろん、渋谷にある電力館も見学させていただきました。

話は変わりますが、私はここ2～3年、環境問題や人間の在り方についてよく考えることがあります。果たして、人間はこのまま科学技術の進歩を猛追していいのであろうか。かけがえのない地球をこのまま人間の手で汚していくことは許されるのだろうか。地球上には何億という種が、そして何兆という個体が存在するのに、人間だけがあまりにも広い面積を使っているのは不公平ではないのか。

自然破壊という概念自体人間の考えだしたものである以上、こういった議論は無意味なものになりますが、私個人では、すべての生物が気持ち良く住める世界が理想の世界ではないかと考えています。そして、少なくとも今の地球はその条件を満たしていないというのが、私の結論です。

そこで、実習では環境問題との関係から、エネルギー効率の高い燃料電池の開発を実験することにしました。ここで、「燃料電池とは何か」とか「なぜ効率がいいのか」とか「どこが環境問題にいいのか」と疑問をもたれる方のために説明をしておきましょう。

現在、日本の電力需要の約半分が火力発電所において発電されています。火力発電所では、次のようにして発電が行われています。まず、重油などの燃料を燃やし、大量の熱を発生させます。発生した熱で水を沸騰させて水蒸気にし、タービン

に導きます。タービンが高圧の水蒸気に回されると、直結している発電機がまわって電気が生じるのです。

ここで、「燃料を燃やして」いるのがポイントです。どんな分子も固有のエネルギー量を持っているので、燃料と酸素のエネルギー量に対する二酸化炭素と水のエネルギー量の差が、取り出せるエネルギーの最大値になります。火力発電では、このエネルギーを「熱」にして取り出しているので、カルノー効率という熱力学の法則が邪魔をして、理論上最大でも約67パーセントしか回収できないのです。

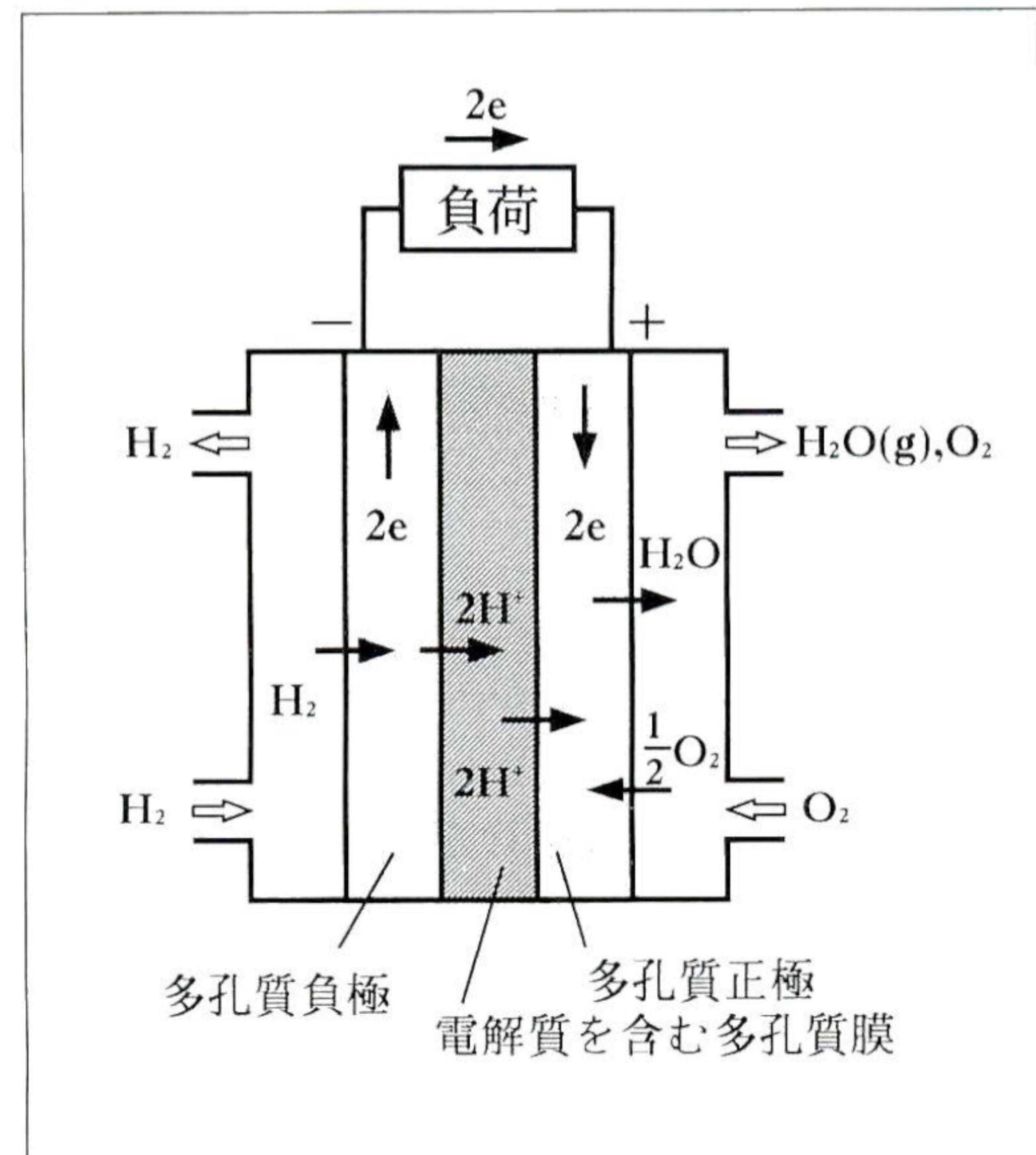
それでは、「熱エネルギーにしない」で「燃料を燃やし」たら、エネルギーは全部回収できるのではないか、と考えたのが燃料電池です。結局、燃焼という現象も酸化還元反応の一種ですから、電子の移動が伴います。その電子を直接電気として取り出せば、理論上効率が100パーセントになります。つまり、電池の中で起こっている反応と似た方法で燃料から発電する、というのが燃料電池の燃料電池たる由縁なのです。

燃料電池には、現在3種類（3世代）のものが考えられています。リン酸型（PAFC）・溶融炭酸塩型（MCFC）・固体電解質型（SOFC）の3種類です。私が実習を行ったテーマが、次世代型燃料電池の研究ということだったので、現在既に実用段階にあるPAFCの実験は行わずに、MCFCとSOFCについて学ぶことになりました。

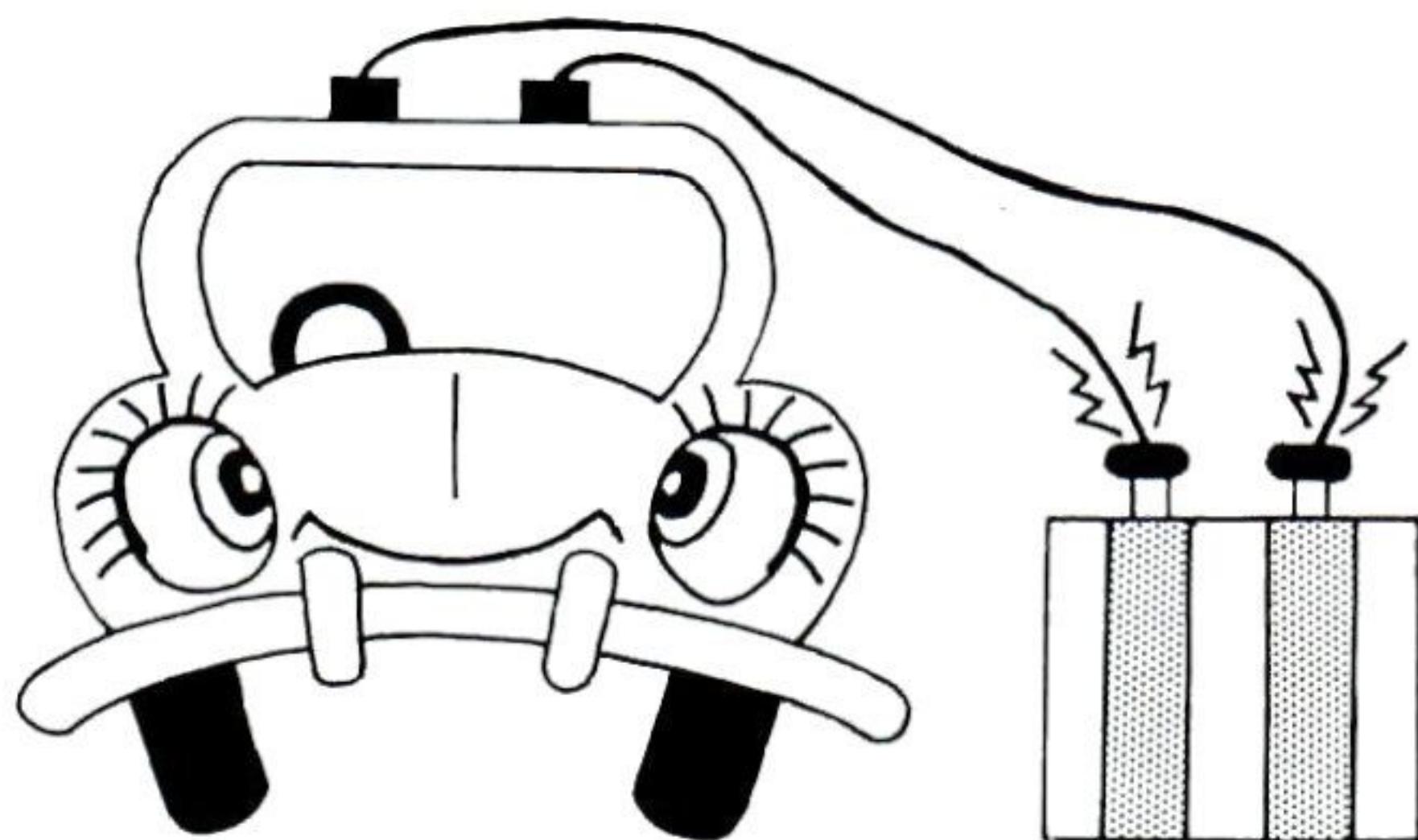
これまで主に研究されてきたPAFCは、リン酸塩の水溶液に2つの電極を入れ、一方の電極側に燃料を、もう一方の電極側に酸素を導いて反応させて、電流を得るものです。水溶液を使うため、温度はせいぜい200度にしか上げられないで、燃料には水素しか使えず、電極も白金を用いる必要がありました。

これに対して、MCFCとSOFCは、PAFCに比べて高い温度で反応を行うため、燃料に様々な有機化合物を使えるという利点があるものの、水が使えないため別な電解質を用いなくてはならないという欠点があります。その電解質として、炭酸塩の液体を使うのがMCFC、固体の電解質を使うのがSOFCというわけです。

まず、MCFCの実験について述べましょう。



リン酸電解液型H₂/O₂燃料電池の原理



電解質として炭酸塩を用いるのですが、水溶液にするのではなく高温で液体にして用いるため、常温では固体です。これを何かの入れ物に入れておいて使うのは不便ですから、あらかじめスポンジ状のアルミニウム酸リチウムの多孔質体と一体成形しておきます。

実際には、アルミニウム酸リチウムとアルカリ金属炭酸塩をある比率である液体に溶かして混合し、2mmほどの厚さに延ばして乾燥させてから焼いて作ります。電池反応は650度もの高温で行いますから、炭酸塩の部分が溶けて、ちょうどスポンジにしみこませた水のようになります。この溶けた炭酸塩が、電子だけでなく、燃料を燃やすのに必要な酸素イオンも伝える役割を果たすのがポイントです。

電極は、燃料や反応後のガスが通れなくてはならないので、これも多孔質体のものになります。実験では、酸化ニッケルとある有機纖維のある液体で溶液にして延ばし、乾燥させてから焼いて作ります。焼くときに有機纖維の部分は燃えてなくなるので、スポンジ状の酸化ニッケルができるというわけです。

後は、電解質を電極で挟んで、電流を取り出すリード線とガスを流す管を付け、封じてやればおしまいです。反応器にセットして温度を上げてやり、650度になった頃にガスを流してやると電流が生じます。電池1つで、1ボルト近い電圧が得られました。

次に、SOFCの燃料電池の実験について説明しましょう。

PAFCやMCFCの場合は電解質が液体であるため、燃料を燃やすのに必要な酸素イオンの伝導について、特に問題はありませんでしたが、SOFCの場合は電解質が固体であるため、電気のほかに酸素イオンも通すようなものを選ばなくてはなりま

せん。現在よく用いられているのが、酸化ジルコニア（ジルコニア）なので、私もこれを使うことになりました。電極の方は白金を用いることになりました。

市販のジルコニアの板に、白金のペーストを目の細かい網の上から塗り、乾燥させてから10時間ほど焼きます。網の上から塗るのは、燃料や酸素などのガスを通りやすくするためです。これだけで、電池の出来上がりです。後は、MCFCと同様に反応器にセットして昇温してやり、ガスを流すだけでおしまいです。こちらの方は1.2ボルト近い電圧が得られました。

実習を通じて、諸先輩方にはいろいろ親切にしていただきました。もちろん、東工大出身の方も多く、当時のキャンパスの様子や最近の学校の話など酒の肴に話題の花が咲いたこともありました。

大学の研究室と企業の研究所の大きな違いといえば、研究期間の長さでしょう。企業の場合は総じて、経営の問題がありますから、どちらかといえば期間が短めのように感じました。また、確実に結果を出してくるところが企業の強みでもあります。その面から考えると、技術に直結した研究を行っていると結論できるのではないかでしょうか。その反面、大学の研究室などでは、泥沼の中を暗中模索するような研究でも許される傾向があって、それぞれに一長一短があるといったところでしょう。

私の場合、実習の実験自体が時間のかかるものが多く、2週間という期間は短かったように感じます。それでも、充実した設備を使っての実験や企業の研究に取り組む姿勢など、様々なことを身を持って経験することで、大変勉強になりました。少なくとも現業実習だけは、私が自信を持っておすすめできる単位です。

皆さん、いかがでしたか。実際には学科によって企業も違えば、実習内容も変わるようです。現業実習を希望する人は、そういった情報をしっかりと集めておいたほうがよいでしょう。これを機会に読者の皆さんも現業実習を受けてみてはいかがですか。