

# サステナブルライフスタイル (2026年8月号)

## 2025年, 家庭と社会のすがた

### “留学生が伝える海外の環境・エネルギー技術”

---

#### あらすじ:

自家用車はディーゼルハイブリッドになり、燃費はリッターあたり 40 キロメートルを越えている。市街地と集合住宅地区ではカーシェアリングが普及し、車の利用率が向上して駐車場が余ってきている。新築住宅には外張り断熱が普及し、窓には複層ガラスが使われて、結露やカビの発生がなくなっている。断熱効果が高いので冷暖房のエネルギーが半減している。屋根材型の太陽電池パネルが普及し、余剰電力を売電する家が増えている。

---

#### 大学の研究も付加価値が必要

8月に入って暑い日が続いている。学校が夏休みに入り、山川さんの近所でもビーチサンダルで海水浴に出かける親子連れを見るようになった。街中のプールも盛況で、周辺に近づくと子供たちの嬌声が聞こえてくる。山川さん一家も夏休みの計画が進んでいるが、清子さんは脇目もふらずに大学に通っている。8月の下旬から修士論文の予備発表会が始まるからで、その資料作成に追われているのである。最終発表は来年の2月だが、秋になると就職活動に時間を割かれるので、今の段階で基本構想と成果の見通しをつけておきたいのだ。清子さんの研究室では、今年の6月に最初の発表会があった。

全員が研究の進捗状況を30分程度で紹介したのだが、清子さんはこのとき教授から思いがけない質問をされ、非常にとまどったことが身にしみている。清子さんは関連性のある多くの外国文献を読んで紹介したのだが、説明が終わると教授から「君は何をしたの?」と聞かれたのである。清子さんはとっさに質問の意味がわからずに、「ですから、この分野で先人たちがどんな研究をしてきたか調べたのです。」と答えた。ところが教授は、「私の質問は他人の研究を聞いているのではない。それだけならどんなに時間をかけて努力しても、ただの翻訳と紹介にすぎない。君はその結果をどう評価し、自分はどう考えているのかを聞いているのだ」と鋭く突いてきた。清子さんはこの質問に愕然とし、準備と認識の甘さを思い知らされた。研究は事実を確認して積み重ねることではなく、自分で独自性のある付加価値を創出することだと教授は指摘したのである。だが知見の乏しい若い学生にとって、独自の見解を創るのは容易ではない。それでも今回の発表で説得力のある自分の考えと建設的な提案をしないと、低い評価しか得られないだろう。だから必死に準備しているのである。

#### 中国の環境は石炭の高度利用に期待

清子さんの研究室には留学生が多いこともあって、一人約 60 分の発表も質疑応答も英語で行われる。発表者の順番は、くじ引きで 1 番手が中国から来ている劉君に決まった。修士 2 年の 8 人が 1 日に 2 人ずつ発表するから、くじ運が悪くて最後になった清子さんは 4 日目の発表になる。劉君は産炭地である遼寧省の出身で、瀋陽工科大学に在籍のまま日本の大学院に来ている。研究テーマは「石炭灰と硫黄の混合物強度特性」で、粒度分布と配合比率、および熱処理による建材としての強度への影響を研究している。中国では急激な経済成長にともなってエネルギー需要が増大し、2025 年の石炭消費量は年間 40 億トンに達している。このため、石炭の燃焼にともなう硫黄酸化物が各地で酸性雨の原因になり、森林と建造物に大きな被害を与えている。また、年間 3 億トンにも達する石炭灰が火力発電所の近郊に捨てられ、随所に白い不毛の埋立地ができていく。中国は液化天然ガスと硫黄分の少ない石油の輸入を増やしているが、増大する需要には全く追いつかない。それに輸入エネルギーは国際市況が逼迫して価格が高騰しているから、どうしても国産エネルギーである石炭に大きく依存せざるを得ないのである。

劉君は石炭を直接ボイラーの燃料に使うのではなく、ガス化して硫黄分と未燃の灰分を除去し、ガスはディメチルエーテル (DME) に変換して使用することを考えている。DME は LPG によく似た燃料で、液体だから扱いやすく長距離輸送が容易である。硫黄分を含まないから、発電所や工場のボイラーで使っても脱硫設備は不要である。自動車燃料にも使えるし、家庭やオフィスでは LPG と同様に使える。一方、石炭から DME を製造する工場には大量の石炭灰と硫黄が残る。劉君の研究は、この石炭灰と硫黄をレンガのような建築材料に加工しようとするもので、すでに硫黄は熱して成型すれば強固なブロックになることがわかっている。石炭灰もセメントの成分に近いから、硫黄が凝固剤の役割を果たしてくれれば、優れた建築材料に加工できるはずである。問題はどのような処理をすれば、レンガと同等、あるいはもっと強度の高い建材が得られるかにかかっているのだ。

中国ではいまだに粘土から造る赤レンガが広く使われており、その焼成に大量のエネルギーが消費されている。だから石炭灰と硫黄からレンガ代替品を製造できれば、環境保全と省エネルギーの一石二鳥になる。清子さんは劉君の壮大な展望と研究テーマの着想に感嘆していた。もちろん劉君の展望にはいくつもの困難な課題がある。石炭のガス化には高度の技術と巨額の設備投資が必要だし、DME 製造装置だって安価ではない。建材としての用途開発にも明確な見通しは立っていない。それでも劉君のキラキラした目の輝きには、強い使命感と意欲が満ち溢れており、聞いていた参加者はすっかり圧倒されてしまった。いつもは辛口のコメントをする教授も、表現方法に多少の注意をただけで、後はいくつかの助言とともに研究の継続を薦めていた。劉君は秋には帰国するが、その後は瀋陽で研究を続けるだろう。なお、劉君の話によると中国の水質汚染は大幅に改善されているという。中国では未処理の生活排水が河川の主な汚染原因だったが、地域単位で整備した合併浄化槽が水質改善に大きく寄与しているとのこと。工場廃水も排出基準が守られるようになり、環境モニタリングセンターも普及している。劉君の見解では、上海万博と北京オリンピックを契機に市民の環境意識が高まり、行政部門も企業も環境汚染を放置できなくなったそうである。

## 東南アジアは生物資源の有効活用

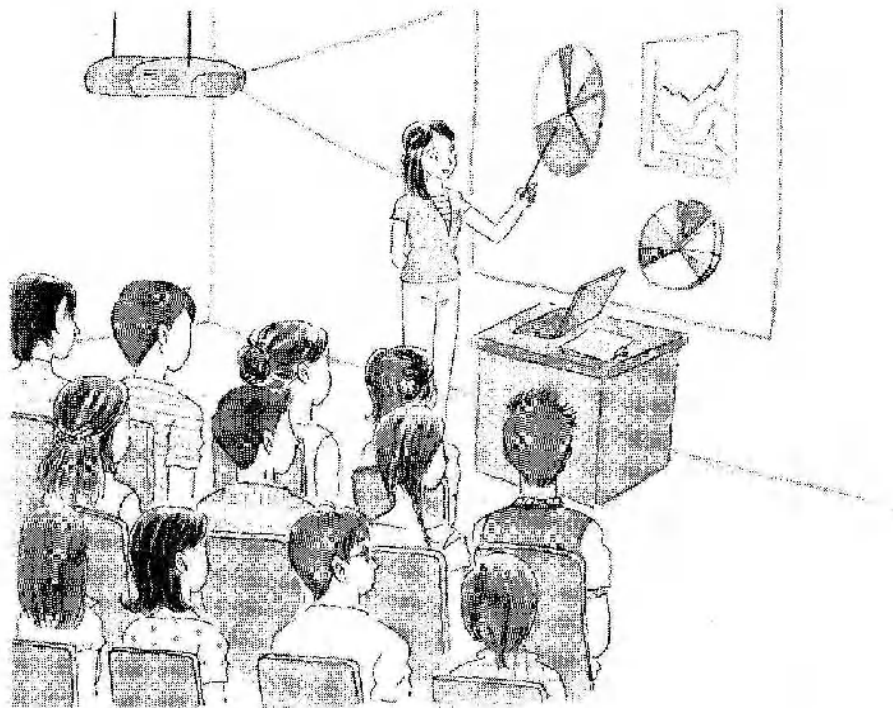
次の発表も留学生で、タイからバイオマスの研究に来ているクエンヤン君である。バイオマス資源の利用形態にはいくつかの種類がある。一つは伐採した樹木や間伐材のエネルギー利用で、北欧では商業規模の発電所が燃料に使っている。排水処理の汚泥や畜産廃棄物を利用する廃棄物系も一つの分野である。日本でも廃棄物系は実用化が進んでいるが、規模が小さいので自家発電や熱源としての利用が多い。一方、ブラジルは自動車燃料用にサトウキビを栽培し、農場に併設するプラントでエチルアルコール(エタノール)を製造している。ブラジルのガソリンスタンドには、ガソリンとエタノールの 2 種類の給油設備があり、両方使える車種もあればガソリンだけの車もある。アメリカやヨーロッパでもガソリンにエタノールを混ぜて使う。パーム椰子やアブラギリ (ジャトロファ) のような油性植物を原料に、ジゼル燃料を生産するバイオディーゼルの生産も伸びている。

クエンヤン君は東南アジアでもバイオマスを大規模に栽培し、エタノールを生産して自動車燃料に使うことを考えている。東南アジアは多様な生物資源に恵まれているし、雨量が多いので生育が早い。しかも山地が少なく平坦地が広いから、組織的にバイオマスを栽培すればブラジルに匹敵する生産量を期待できるのである。すでに広範な調査とシミュレーションにより、栽培に適した数種類のバイオマスを選定した。マレーシアにはパーム椰子があるし、インドネシアでもベトナムでもサトウキビを栽培できる。タイで大量に発生するモミガラもエタノールの原料になる。しかしエタノール生産用の大規模栽培に適しているのは、やはりサトウキビである。1 トンのサトウキビから 350 キログラムの砂糖ジュースが採れ、そこから 150 キログラムの砂糖と 110 キログラムのエタノールを生産できる。タイのサトウキビは製糖用に栽培されてきたから、これまでは農産物として扱われており、大規模な農場はなかった。クエンヤン君が考えているのは、工業規模のエタノール生産に直結する数百ヘクタールのサトウキビ栽培である。

彼はこの規模でのエタノール生産設備、貯蔵設備、輸送設備の基本設計を進め、生産原価が国際競争力を発揮できることを立証しようとしている。クエンヤン君の研究は、物理化学的な実験研究よりも調査と設計とシミュレーションが中心で、スケールの大きい興味ある研究発表だった。教授はエコロジー工学の視点から、栽培農家へのインセンティブや政策的な支援体制についても検討するように助言していた。クエンヤン君の英語はたどたどしかったが、母国の資源を有効に使って環境に貢献しようとする意欲が感じられ、清子さんは感心して聞いていた。クエンヤン君の話によると、タイでは環境マネジメントシステムの認証がない工場は取引ができないので、産業公害はほとんど解決しているという。一方、人口集中が激しい都市部は生活廃水による河川の汚染と、自動車の排気ガスが問題だった。しかし 2025 年には汚染源だった古い車がなくなり、下水処理施設が整備されて河川の環境基準は守られるようになっている。

## 中央アジアは油田の炭化水素回収

もう一人の留学生は、中央アジアのアゼルバイジャンから来ているサーロフ君で、研究テーマは油田地帯の炭化水素回収である。首都バクーはカスピ海の西側にあり、カスピ海に面した海辺と郊外に約 2 万基の石油採掘リグがある。リグの周辺はポンプから漏れた黒い原油で汚れているが、もともと石油が地下から染み出していた場所が多く、見た目は汚くても環境影響は大きくない。リグで採掘された原油は地区ごとに作られた集積池に集められ、そこからパイプラインで製油所に運ばれている。集積池は土を掘っただけの池なので、原油が貯蔵されている間にエタン、プロパン、ブタンなど揮発性の高い炭化水素が大気に放散されている。LPG を大気に捨てているようでものだが、炭化水素ガスは炭酸ガスよりはるかに温室効果が大きく、地球温暖化に悪影響がある。サーロフ君の研究は「石油採掘にともなう揮発性炭化水素の回収」で、集積池にどんな装置を設置すれば効果的に炭化水素ガスを回収できるか研究しているのである。このため石油会社から原油をわけてもらい、温めたり攪拌したりして、適切な回収装置の構成と操作条件を見極めようとしている。サーロフ君が試作した簡単な回収装置でも、原油の 4% 分程度を回収することができた。世界中には百万基以上の石油掘削井があり、どこも同じような集積地を経て製油所に運ばれている。だから効率がよく経済性に優れた回収装置ができれば、省資源と揮発性炭化水素による大気汚染の軽減に大きく寄与するだろう。清子さんは留学生たちが自分の国情に適した研究課題を選択し、現実問題の改善に挑戦しようとしていることに感心していた。どの研究も未解決の課題が残されているが、明らかに実用化を想定している点が羨ましく思えた。論文のための研究ではなく、実用化を重視する教授の指導がよく理解できた。



(イラスト：海老原ケイ)