

2025 年 11 月校長メッセージ「カーボンリサイクル」

10 月 13 日に大阪・関西万博は閉幕しました。開幕前は、パビリオンの建設の遅れや、前売り券の販売数が当初目標に届かないことによる赤字予想があり、成功が危ぶまれる状況でした。しかし、2 千 5 百万人を超える入場者を迎え、多くの人たちに閉幕を惜しまれる、コロナ後の日本で最大級の催し物となりました。

私も夏休み中に大阪・関西万博に行きました。人気パビリオンの予約は取れませんでした、35 度を超える酷暑の中、人混みに揉まれながら万博会場を歩き回ったり、列に並んだりしました。大屋根リングに登って眺めを楽しみ、ミャクミャクの像と記念写真を撮るなど、良い思い出となりました。

実は、このときに現在の大阪・関西万博の会場だけでなく、1970 年の万博会場であった万博記念公園にも行きました。巨大な太陽の塔を仰ぎ見ながら、小学生だった頃のことを思い出しました。私の通っていた東京の小学校では、同じクラスに大阪万博に行った子供が 1 人か 2 人いて、そのことだけでクラスの人気者になっていました。「大阪万博に行った」と自慢する子供の周りには人垣ができ、「月の石はどうだった」など、矢継ぎ早に質問が出たものです。

万博記念公園には、1970 年の大阪万博を振り返る「EXPO'70 パビリオン」という施設があります。そこでは、当時の万博会場の模型図や映像資料、各国パビリオンの説明、太陽の塔の「黄金の顔」原寸復元、パビリオンの制服などを見ることができました。当時の日本は高度成長期にあったためか、底抜けに明るい万博の様子を感じました。また、大阪万博のテーマであった「人類の進歩と調和」もストレートに伝わってきて、人々が人類の明るい未来を何の疑いもなく思い描いていたことが、とてもよく分かりました。

1970 年の大阪万博と比べると、今回の万博のいくつかのパビリオンからは、人類の明るい未来を無条件には肯定していないことが伝わってくるように感じました。人類が明るい未来を描くためには、エネルギーや食料、二酸化炭素の排出、環境改善など、いくつかの課題を解決することが条件であると、こうしたパビリオンは問題提起しているように思えます。

その中でも、特に気候変動を抑えるためには、二酸化炭素の排出を抑え、空気中の二酸化炭素中の炭素を、他の別の物質として利用しようとする技術を提案しているパビリオンが気になりました。私が入場することができたパビリオンの中では、飯田ホールディンググループと大阪公立大学とがコラボをしたパビリオンです。この二者が共同研究をしている技術は、人工光合成技術によりギ酸を生成するというものです。

そもそもギ酸 (CH_2O_2) は、アリやハチの毒腺内にある刺激性の酸で、アリが他の生き物から捕食されないためや、アリ同士でコミュニケーションをするための役割があるとされています。人の皮膚に付くと痛みや火傷を引き起こす毒性のある物質ですが、人工的につくることが可能で、しかも、ギ酸は常温で液体であるとともに、二酸化炭素と水素から

なる有機物であることから、水素の貯蔵物質として有効ではないかと注目されるようになっていきます。この、飯田ホールディンググループと大阪公立大学のパビリオンでは、二酸化炭素と水から太陽光のエネルギーを使ってギ酸をつくり、ギ酸に蓄積される水素を住宅のエネルギーに活用すると同時に、二酸化炭素を循環利用するシステムが提案されていました。

こうした二酸化炭素を利用する考え方は「カーボンリサイクル」と呼ばれています。この「カーボンリサイクル」について、2023年に経済産業省が「カーボンリサイクルロードマップ」という資料を作成し、公表しています。それによると、「CO₂を有価物（資源）として捉え、これを分離・回収し、鉱物化によりコンクリート等、人工光合成等により化学品、メタネーション等により燃料へ再利用することで、従来どおり化石燃料を利用した場合と比較して大気中へのCO₂排出を抑制し、カーボンニュートラル社会の実現に貢献する」ことを目的として、技術開発を推進していくとしています。大気中から直接、あるいは産業排気中から分離して二酸化炭素を回収し、カーボンリサイクル技術によりメタノールやエタノールといった燃料に化学変化させて利用していくという壮大な計画が「カーボンリサイクルロードマップ」には示されています。ただ、この計画を推進していくための留意点として、安価な水素が必要となること、安定物質である二酸化炭素を有用物質に転換するためには、多大なエネルギー投入も必要で、ゼロ・エミッション電源の活用が必要であることが記述されていて、水素の必要ない技術開発を進めるとともに、水素供給ができるのを待つことなく、研究開発や天然ガスを利用した取り組みを進めるとしています。したがって、今回の大阪・関西万博で私が見た技術は、こうした経済産業省の示したカーボンリサイクルの技術開発の一連の流れに沿ったものと考えてよいと思われます。

最も効率よく二酸化炭素を分解し、炭素を取り出すことができるのは、植物が行う光合成であることは言うまでもありません。この光合成を人工的に行うことができないかという人工光合成の研究は、日本でも進められています。

もともとの人工光合成の研究は、1967年に本多 健一氏（東京大学名誉教授）と藤嶋 昭氏（東京大学特別栄誉教授、東京理科大学栄誉教授）が発見した「本多・藤嶋効果」をきっかけに始まったとされています。「本多・藤嶋効果」とはどういう研究成果であるかをAIで調べてみると、酸化チタンに紫外線を照射すると、光のエネルギーによって、水が水素と酸素に分解される「光触媒反応」を発見したことを指します。これは、酸化チタンが光を吸収して「励起電子」と「正孔」を生成し、それぞれが水の還元と酸化を引き起こすことで実現します。この発見は、将来のエネルギー源として期待される水から水素を取り出すための方法を提示したもので、現在広く応用されている光触媒技術の基礎となっています。

人工光合成は、光触媒によって生み出された水素を二酸化炭素と反応させ、有機化合物をつくり出すことでエネルギーを生み出し、かつ二酸化炭素の排出量を抑えるという技術です。現在では紫外線だけでなく、太陽光で水を分解することができるよう技術が進歩

していて、採算が取れるよう、分解効率をいかに上げていくかが研究の焦点となっています。

環境省からは 2025 年 9 月に「人工光合成の社会実装ロードマップ」が発表され、人工光合成による各家庭、地域社会へのエネルギー供給のイメージが示されています。インターネットを検索し、AI で調べてみると、カーボンリサイクルに関する話題や光触媒、人工光合成の話題はたくさん出てきて、今にも二酸化炭素の削減が達成できるような気がしてきます。しかし、実際に空気中の二酸化炭素はおそらく増え続けていて、期待したようには改善が進んでいません。二酸化炭素を削減し、炭素を水素などの他の物質と化学変化させて固定化する技術がなかなか進んでいかないのは、炭素を固定化して他の化学物質を作り出したとしても、それに伴う費用対効果が得られないことが最大の課題であるからでしょう。人工光合成によって得られた水素を安価に活用できる技術が進めば、水素活用は化石燃料に取って代わることができるかもしれません。けれども、現状としてそれがビジネスとして成り立つかという、解決すべき課題があまりにも大きいことが問題となっています。二酸化炭素を減らすことが、気候変動にとって喫緊の課題であるにもかかわらず、ビジネスモデルにならないから研究が進んでいかないという現実があるということです。

今年の 9 月のことですが、環境省は人工光合成の研究に 8 億円の予算を令和 8 年度に計上すると発表しました。設備導入や産学連携体制の強化への補助事業のためとしています。環境省の計画では、人工光合成の代表的な技術である電解系は 2030 年、光触媒系は 2035 年の実用化を目標としていて、さらに 2040 年には量産化や生成物を用いた製品の製造を目指しています。令和 8 年度予算として、環境省が財務省に予算として要求するさまざまな事業の中で、人工光合成の予算 8 億円という額が多いのか、少ないのかの判断は簡単にはできません。しかし、スタンフォード HAI (Stanford Human-Centered Artificial Intelligence Institute) の『2025 AI Index Report』によると、2024 年に AI 研究・開発に投資された民間、M&A、少数株主持分投資を合算した総額は 2,523 億ドル (約 37 兆 8,750 億円) であることからすると、どちらも人類の未来に影響が大きい技術であるにもかかわらず、その額の差に大きな驚きを感じます。

9 月 23 日、アメリカのトランプ大統領が国連総会で演説し、国連批判を展開するとともに、気候変動を「the greatest con job ever perpetrated on the world」(世界に対して行われた史上最大の詐欺) と呼び、大きな波紋を呼びました。以前からトランプ大統領は、二酸化炭素の増加による地球の温暖化は問題として存在しないという立場を取っていて、今回の演説でもこれまでの主張を繰り返したと理解できますが、おそらく多くの世界中の科学者が、世界で最も政治的影響力の大きいアメリカの大統領の発言として、このスピーチを大きな失望をもって聞いたものと思います。極東の、地球で一番大きな海洋に面した島国に暮らしている私たちの気候変動に対する肌感覚は、年々耐えられないほどの暑さになっていくだけでなく、やむことがない土砂降りの雨が突然やってくる状況下で、どうやって家族の安全と健康を維持すればいいのかというレベルになりつつあると感じます。

大阪・関西万博が成功して本当によかったと思います。各パビリオンから出された問題提起は、私たちが暮らしているこれからの地球、人々が平和に共存していかなければならない世界に対しての認識を大きく変える可能性を秘めています。純粋に私たちの生存と環境の改善に資する研究が世界中で行われ、その成果が実行されることを心から願っています。

リンク

[2025 年 10 月校長メッセージ 「辞書を食べる話」](#)

[2025 年 9 月校長メッセージ 「恐竜の死体が化石化するプロセス」](#)

[2025 年 8 月校長メッセージ 「グラフを発明したのは誰か」](#)

[2025 年 7 月校長メッセージ 「早朝の両国にいるオナガは一体どこから来るのか」](#)

[2025 年 6 月校長メッセージ 「現代社会における霸道と王道」](#)

[2025 年 5 月校長メッセージ 「おいしいラッシーの作り方」](#)

[2025 年 4 月校長メッセージ 「『NEXUS 情報の人類史』を読んで考えたこと」](#)