

随時連載 街場のサイエンスカフェ

日本の宇宙開発史と電気ロケットの話

島田久美子（市民科学研究室会員）

概要

3月10日（日）、午後1時30分から午後3時30分まで、静岡市七間町のコミュニティーホールミライエリアン2階会議室で、街場のサイエンスカフェを実施した。実施主体は、静岡サイエンスラボという静岡市科学館「る・く・る」の科学コミュニケーター養成講座の修了生有志が組織する親睦団体だ。静岡サイエンスラボは、る・く・るでボランティアをしている食品会社のOB、静岡大学博士号を持つバングラディッシュ人女性、静岡環境史ミュージアムでボランティアをしながらサイエンスコミュニケーターを目指す青年、科学技術政策などを研究している市民科学研究室会員の私の4人で構成されており、科学技術をメインにサイエンスカフェをやっていこうということで、第一回はトヨタの福祉車両の設計者を招いて、双方向でカフェを実施、今回が第二回となる。今回は、浜松北高出身で東京大学名誉教授の荒川義博先生を招き、電気ロケットの研究についてと、荒川先生が現在取り組んでいる太陽光発電の電力の酸化アルミニウムを用いた電池の話をして頂いた。

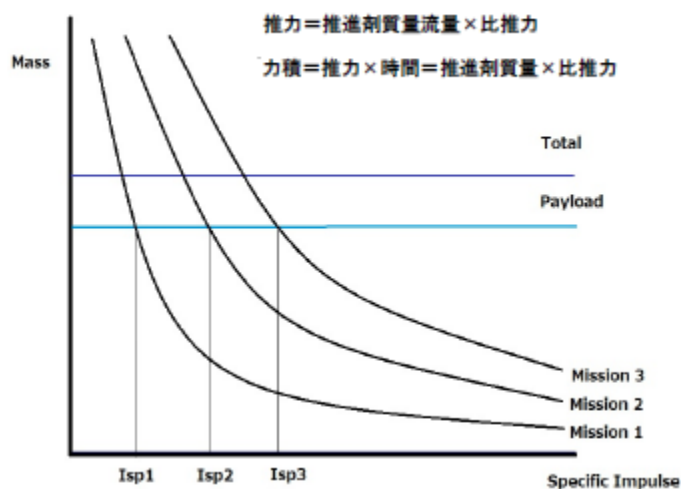
当日は、大学生から静岡県のオープンデータ開発の担当者、主婦やリタイヤー組まで計23人参加で、ロケット開発の第一人者からの研究のレクチャーを聞いた後、お茶を飲み、クッキーや煎餅を食べながら科学研究者との対話を楽しんだ。参加者の感想の中には、「難しいグラフでの理論の説明もあって、久しぶりに刺激になった」「ロケットの仕組みが詳しく分って、宇宙の興味が増した」「元々宇宙やロケットは好きで興味があったが、楽しい一日となり、更に科学への興味が膨らんだ」「先生の話とは外れた質問をして恥ずかしかったが、先生が丁寧に答えてくれて安心した」「未来の宇宙に夢が広がった。こんな夢みたいな研究も実際されているのを知って楽しかった」などがあり、概ね好評だった。



ロケットの基礎知識と先生が研究を始めた理由

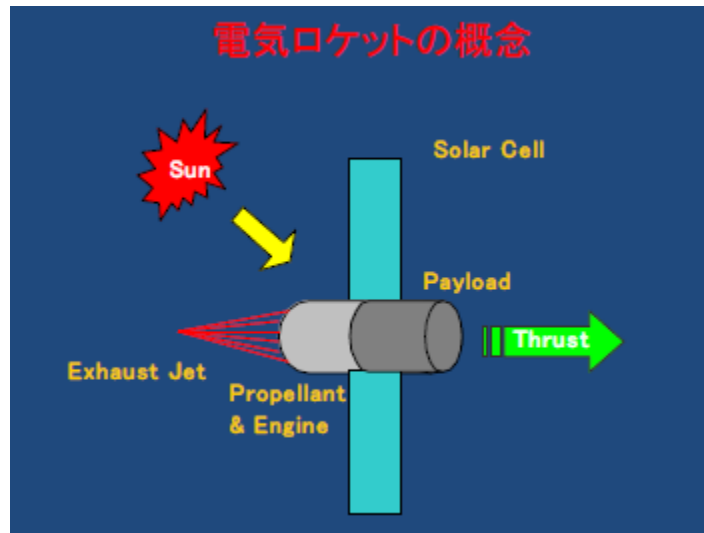
ロケットの種類を大別すると、化学ロケットと電気ロケット、原子力ロケットがあり、化学ロケットは打ち上げなどの際に見られる推進力の大きなもの、電気ロケットは宇宙空間などで使われる持続力の高いもの、原子力ロケットは実用化されていない。化学ロケットを推進剤で大別すると、固体燃料型、液体燃料型、ハイブリッド型に分けられ、形態では単段式、多段式のものになる。第一宇宙速度を得るために人工衛星の打ち上げは全て多段式ロケットとなっている。冒頭で、これらの基礎知識を主催団体がレクチャーするとともに、戦後の日本の宇宙開発史を概観した。宇宙開発史に関しては、東大の糸川教授のペンシルロケットから、ラムダロケット、イプシロンロケット、H I ロケット、H II ロケット、はやぶさの帰還までを写真とともに概略、研究機関についても、日米貿易摩擦で発動したスーパー301条後の混乱、3機関の統合で生まれた現在のJAXAに至るまでの経緯を説明した。

荒川先生がロケットに興味を持ったのは中学生時代で、疲労から腎炎になって数ヶ月療養生活を送っていた際に、ロケットの本を読んだのがきっかけだという。糸川教授のペンシルロケットが開発されたニュースにも影響され鉛筆大のロケット、水道管大のロケットなどを自作するようになり、ロケット研究には物理と数学が必要だということを知り、一生懸命に勉強するようになったという。大学は東京大学理科I類に進学し、進学振り分けで工学部に進み、ロケット研究に従事することになった。ロケット研究は、ミサイル開発技術にもつながる化学ロケットは研究予算規模の大きいアメリカやソ連にはかなわないため、予算規模が10倍程度しか差がない電気ロケットの研究を選択することにしたという。現在では、電気ロケット研究も、軍事衛星技術などにも応用可能なため、全く軍事利用されないということではないが、荒川先生が研究を始めた頃は、軍事目的とは違った研究分野という印象が強かったという。対照的に、アメリカのロケット開発の予算は、多くは空軍からのものであり、ミサイル開発や軍事衛星の開発の性格が強いのだという。



電気ロケットの系譜

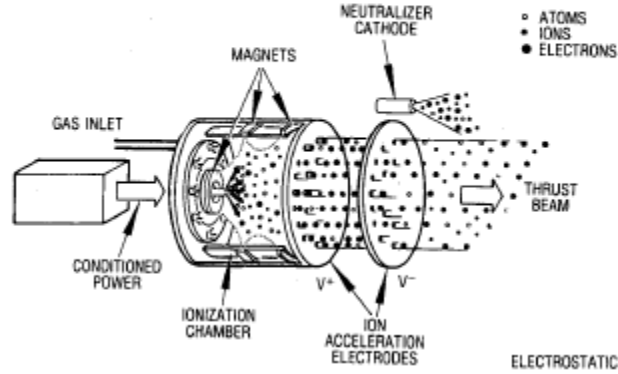
荒川先生は、まず、米国科学者ストリンガーのイオンロケットの概念図について説明。1960年代のもので、原子炉と百メートル離れた居住区を持つものだった。次に、荒川先生はペイロード比について聴衆に理解させることに努めた。ペイロード比とは、ペイロードの質量をロケット全体の質量で割ったもので、推進力（噴出速度）が増大すれば、推進剤質量が低下し、ペイロード比が高くなるという関係になっている。ロケットの質量の大半は、推進剤の質量であり、推進剤の質量が少なくて済めば、人工衛星などを積み込む余裕が生まれやすいという。トータルの質量と、推進剤の質量、そしてどこまで飛ばすかと言うミッションによって、ロケットが開発可能かどうか判断するのだという。推力は、推進剤質量流量×推進力として近似され、力積は推力×時間＝推進剤質量×推進力で計算される。宇宙輸送エネルギーの効率は、ペイロードの運動エネルギーを推進剤の科学エネルギーで割ったもので、低効率・高コストとなってしまう。輸送効率を向上させるには、推進力（噴出速度）を高めることが重要であり、従って噴出速度を出せる電気ロケットの利用が考えられるようになったという。イオンロケットやプラズマ推進、レーザー推進などを例示した。



電気ロケットの基本概念は、太陽光を太陽電池が受け、ペイロードのプロペラントエンジンからジェット噴出を行い、作用反作用の法則で推進力を得るというものだ。ここで、話は科学研究についての問題提起となり、大学での研究は、基礎的・独創的なものが必要で、論文発表と学位取得が必要であり、乏しい研究設備と乏しい研究予算の中で、研究予算不足が劣った研究設備・研究環境を招き、研究結果のスピード不足を招き、その結果迅速な研究発表や研究実績を上げられず、研究予算を招くという研究上の負のスパイラルが存在していることを指摘した。この負のスパイラルからの脱出策としては、新しい研究テーマと視点の模索、理論・数値モデルの構築、簡単な実験装置の試作、失敗の原因を追究、新規モデルの構築、研究発表・研究成果というプロセスを経ることだと説明した。

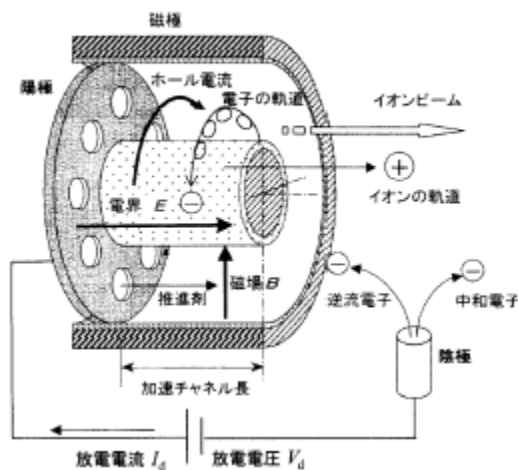
ロケット開発の話に戻り、代表的な電気ロケット推進の排気プルームを4タイプ示し、東京大学の電気ロケットの実験設備について NASA と比較しながら説明した。イオンエンジンの推進原理についての図を説明、ガスをイオン化し、電磁気で加速、電氣的に中和させつつ、ビーム噴出するという仕組みになっているという。JAXA の高出力イオンエンジンの設計図を示し、マイクロ派放電型イオンエンジンについて説明した後、小惑星探査機を教科書に掲載した際のイラストについて説明、エンジンが4つある設計の意味をはやぶさも一つしか動かなかったという事実から解説した。

イオンエンジンの推進原理



次に電磁加速推進について図を使って説明、ハイブリッドプラズマ加速推進のホールスラスタが、電解と磁場の相乗効果で高速のイオンビームを放出する仕組みについて触れた。推進剤は電離されてプラズマとなり、サイクロトロンでエネルギーを付加され、さらに磁場で電磁気的な推力を発生して、高速を獲得することができる仕組みになっている。実際の NASA でのプラズマ加速装置の写真を挙げ、加えてレーザー推進について概念図を説明した。太陽光のエネルギーで得たレーザービームを地上から宇宙空間へと放射、そのエネルギーで推力を得る仕組みになっている。CW レーザー推進機の仕組みを図解し、レーザージェット放射の写真を示して、一連の電気推進の研究を概観した。ここまでの話が、電気ロケットに関するものであり、普段なかなか説明を受けることがない、高速噴出での推力獲得方法のバリエーションが理解できた。

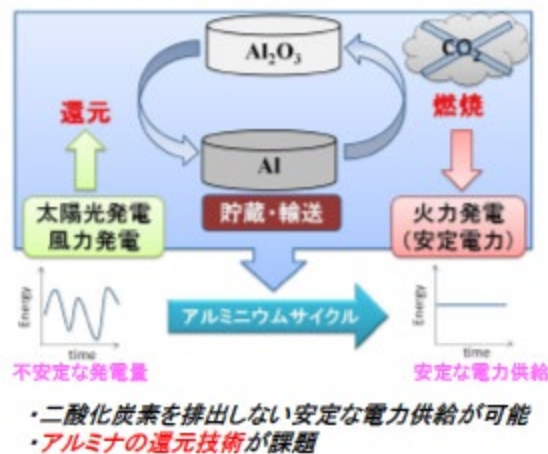
Hall Thruster(ハイブリッドプラズマ加速推進)



アルミニウムへの蓄電技術開発

荒川先生は、現在民間企業で環境技術の開発に従事していて、それは酸化アルミニウムを電池にして太陽光発電の電力を蓄え、利活用するというもので、サハラ砂漠などにソーラーパネルを多数設置し、そこでの蓄電でアルミニウムに電力を蓄え、船で全世界に運んで利活用するというもので、アルミニウムの安定度や、カーボンフリーでの酸化還元サイクルの発案など、人類の未来を見据えた研究活動の概要を説明した。ミサイルに活用される心配がない電気ロケットの研究開発、化石燃料後の人類の電力需要の研究など、科学技術を使って人類の未来を切り開こうとしている志の高さは流石だと感心した。

AIを用いた再生エネルギーシステム



会場からの質問には、「軍需産業がない日本でロケット開発をする難しさはあるのか」、「宇宙空間で推力を得る仕組みについて」、「なぜロケット研究をしようと思ったのか」などが挙がり、荒川先生は丁寧に答えていた。また、現在の大学での科学研究について、劣化している状況を指摘、自分は予算が少なくても長期間同じ研究を継続できたために、成果を上げられたとして、日本の研究環境の変化に言及された。最後に挨拶すると、会場からは大きな拍手が沸き起こった。終了後に、県の職員が県内の中小企業でロケット開発に参加している企業がどのくらいあるのかについて質問、荒川先生は、浜松市でイベントをした際、浜松市内の中小企業で部品を作っている企業があったはずと答えていた。また、終了後に荒川先生からは「サイエンスカフェはよい企画なので、大変でしょうが頑張ってください」と激励を受けた。

終了後の反省会で、「これだけ参加者に喜んでもらえるなら、市の補助金を申請してもっと大きな規模で出来ないだろうか」という意見が出たほか、「学者はもう少し、サイエンスコミュニケーションの技術を持つべきだと感じた。科学コミュニケーターの私たちが、科学者にも講習をしていくべきでは」などの意見もあった。次回は、バングラディッシュからの女性留学生の企画を実施しようという提案がなされた。