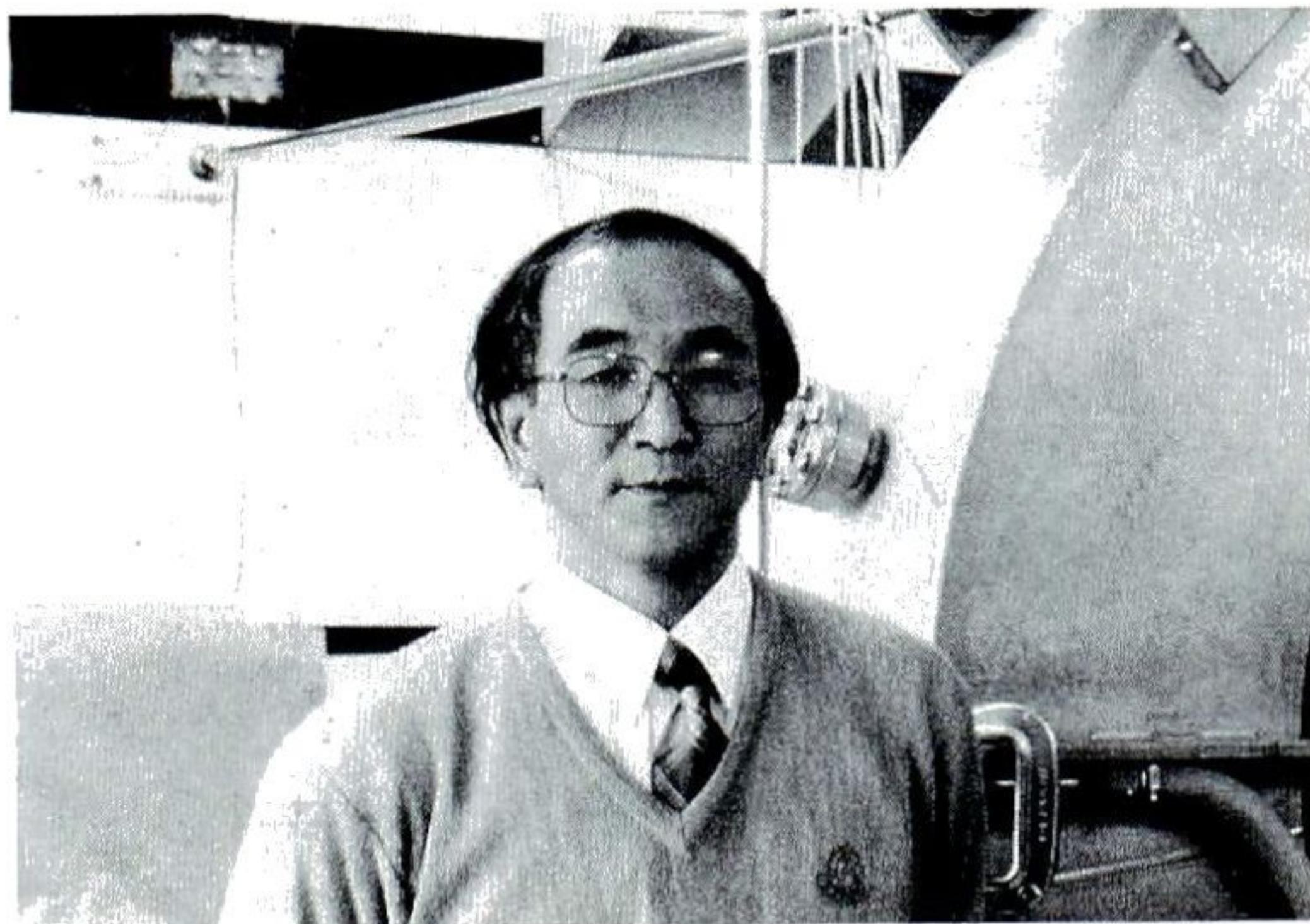




MHDにより高い発電効率をめざす

——山岬研究室～原子炉工学研究所——



山岬 裕之 教授

私たちの生活を支えてくれる電気エネルギー。生活が便利になるにつれて、電力の需要はますます増え続ける。しかし、火力発電から多くの電力を生み出している今日では資源の枯渇が問題となる。少ない資源から多くの電力を生み出す発電装置については世界中で研究が行われているが、どのようなものがあるのだろうか。その中のひとつにMHD発電装置がある。東工大でのMHD発電の研究は25年以上も続いている、世界に先駆ける研究がなされているという。

今回はMHD発電の研究を20年以上も続いている山岬先生にお話をうかがった。



すこしの資源で多くの電力

少ない資源で多くの電力を生み出すには、発電効率を上げることが必要である。今日使われている発電所の効率は35%程度で資源を有効に利用していない。

原理的に発電効率を100%にすることはできないが、効率を10%上げることによって20%の資源を節約できる。例えば発電効率が40%の場合、100の資源を使って40の電力が得られる。この発電効率を50%にまで上げることができたら、80の資源で40の電力が得られるだろう。MHD発電は発電効率が高く、これを利用することによって発電効率を50%以上に上げることが可能だ。このために、MHD発電は次世代発電と期待され多くの研究が行われている。

なぜMHD発電は高い効率で発電ができるのだろうか。その理由を簡単に説明しよう。現在の発電装置にはタービンという部分が必要不可欠である。例えば、火力発電所では化石燃料を燃やして水を沸騰させ、その蒸気がタービンを回して電力を発生させるしくみになっている。これでは燃焼による熱によってタービンを回転させてから、電

気を生み出していることになる。いくつもの過程を経ることで無駄に消費されるエネルギーが多く効率が低くなってしまう。

一方、MHD発電ではタービンを利用しないで電力を生み出すことができる。MHD発電では燃焼による熱で水を沸騰させるのではなく、気体を加熱してプラズマに変化させる。プラズマとは電子と陽イオンが電離した状態をいう。このプラズマを磁場の中に高速で送り込む。するとフレミングの右手の法則により起電力が生じる。つまり、熱エネルギーを電気エネルギーに直接変えることができるため、発電効率が高いのだ。

発電に使われたプラズマは磁場の中を通り過ぎると速度が落ち、気体の状態に戻る。だが、気体の温度は高温に保たれている。この熱を再度利用し、タービンを利用する発電を行えば発電効率はさらに高くなるわけだ。つまり、熱エネルギーを無駄なく使うことによって、多くの電力を得ることができるのである。このようなMHDと従来の発電方式を組み合わせた発電所が開発されると効率が飛躍的に上がり、50%以上も夢ではない。



発電効率がどんどん上がる

それでは、山岬先生が行っている研究を具体的に紹介しよう。先生は「MHDの発電効率をどこまで上げられるか」をテーマに研究を続けている。

発電効率を上げるために先生がどのような研究をしているのかを2つのテーマに絞り、詳しく説明しよう。

1つめのテーマは「プラズマの最適化」である。生み出される電力は磁場の中に送り込むプラズマの状態によって大きく変わっていく。プラズマは気体の成分や温度などによって変化する。より大きな電力を生み出すプラズマを探し出せば発電効率を上げていくことができる。

特に気体がどのくらいプラズマになっているかによって発電効率は大きく変わってくるという。加熱された気体は電子と陽イオンに電離し、プラズマになる。このとき、加熱された気体の電離を促進させるために電離しやすいセシウムを微量加える。このように電離を促進させる働きをする気体はシードと呼ばれる。このシードを加える量を調節することで、気体の電離状態を変化させることができる。

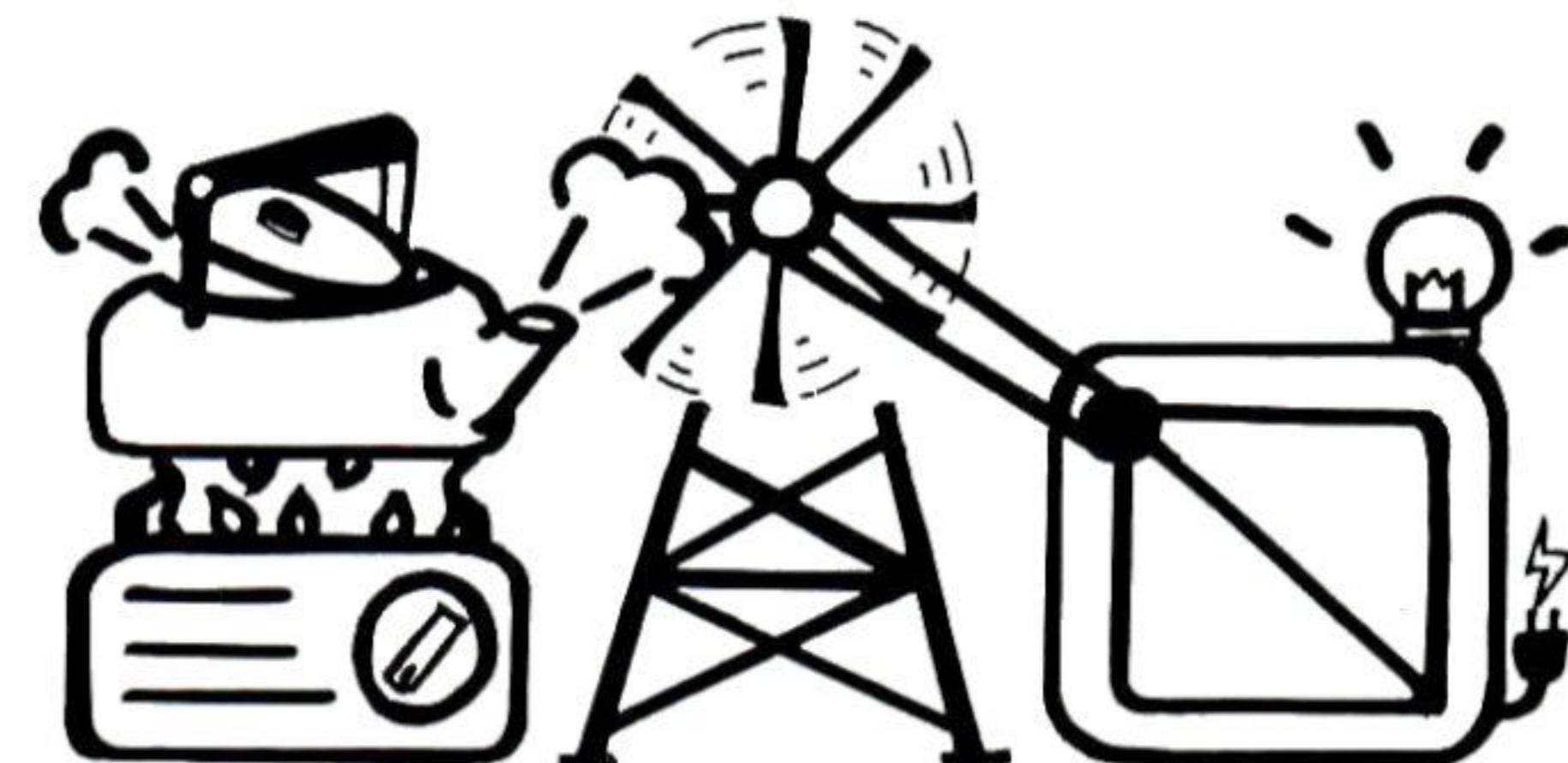
先生はセシウムの加える量を気体の全量で割ったシード率を変化させ、多くの実験を行った。実験結果から、あるシード率になるとセシウムが完全に電離し大きな電力が生じることがわかった。さらに先生は気体の成分や温度を変化させ、生み

出される電力を最大限にまで引き上げる研究を続けている。

2つめのテーマとして装置の改良について説明しよう。MHD発電はプラズマになった気体を強い磁場の中で高速に移動させ、発電を行う。このときに生じる電力は気体の速さの二乗に比例することがわかっている。大きな電力を生み出すためには気体の速さを高速に保つことが重要だ。だが装置の構造によって気体の速度が落ちてしまえば得られる電力は小さくなってしまう。

このような問題を解決するために数値計算を利用して装置を改良している。多くの実験からデータを取りだし、数値計算によって最適な設計を算出する。装置をその結果に基づいて改良し、さらに実験を行う。このようなことを繰り返すことで得られる電力は着実に上がっていく。

今まで述べてきたように装置を再設計したり、プラズマの状態を変化させたりして、効率を上げていく研究が今もなされている。



プラズマが綺麗になったとき

山岬先生は20年以上もMHDの研究を続けている。この20年間の研究はどのようなものだったのだろうか、今日に至る経緯をうかがった。

山岬先生は東工大の機械工学専攻を卒業した。MHDの研究を始めたのは助手になってからだったという。研究は磁場の中でプラズマがどのような状態になるかを調べることから始まった。石川台の施設で実験を繰り返していくうち、磁場の中のプラズマが均一にひろがることがあった。その要因を調べていくとシード率が深く関わっていることがわかった。あるシード率にすることによって、プラズマは均一にひろがっていく。この事実

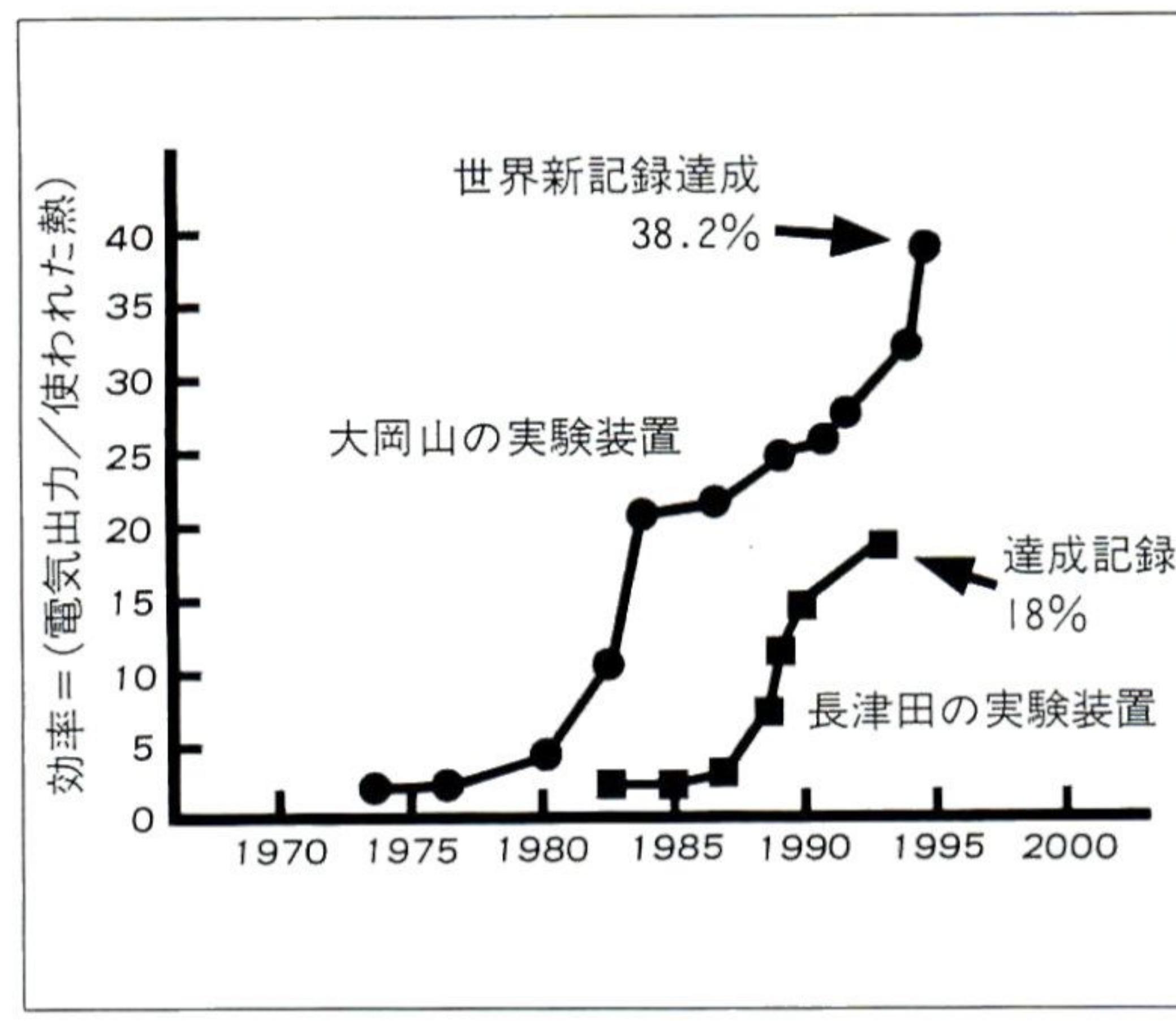
を実験的に確かめたのは世界で初めてであり、新聞にも紹介された。

しかし、ここで疑問が生じた。確かにプラズマは均一にひろがっていることがわかった。だが、大きな電力を生む条件下でプラズマが均一にひろがっていくのだろうか。

この疑問を抱えたまま、実験施設は石川台から長津田に移り、装置は大型化した。最初は発電効率が極端に低く、満足な実験結果は得られなかつた。苦しい状況が10年以上も続いた。なんども装置の改良をかさね、ついに発電効率で世界記録を獲得できるまでになったという。だが、実験装置

が大型化したために装置の中での現象が計測できない。また、装置上の制約から発電効率の上昇は頭打ちになってしまった。山岬先生は実験中に起こる現象をもっと詳しく知りたかったという。このようなときに原子炉工学研究所に異動することになり、新しく実験装置を製作することができた。この装置は様々な実験現象を観察、計測することができる。

原子炉研での研究ではシード率を変えることによって起電力の大きさがどのように変化するかを確かめていった。そして、電力が多く取り出せるときのシード率を求めることができた。しかも、プラズマは磁場中を均一にひろがっていく。



今回の取材ではMHD発電について多くのお話をうかがったが、その全てを掲載できないことが残念である。その中でも私が特に興味を持った話題について簡単に紹介しよう。

将来的に人類が宇宙に移住を始めるとき、電力の供給源としてMHDが利用できる。核融合型原子炉と組み合わせることによって大きな電力を生み出すことができるのだ。山岬研究室でも、この計画についての研究がされており、数値計算上では高い発電効率を期待することができる。

つぎにMHDは高い効率で発電できるだけではなく、発電装置自体を小さくすることができる。大岡山の発電装置では1ccのプラズマから98Wの電力を得ることができる。例えば、コップ一杯の

この発見は石川台での実験により生じた疑問を解決する結果となる。先生は「人生で一番うれしかった瞬間」と、このときを振り返る。

このような山岬先生にとって研究の楽しさとはどのようなものか、お話をうかがった。

「実験をやっているので、いい結果が出たときは本当にうれしい。研究を続けていて良かったなと思うよ。でも実験に失敗したときは悲しくてね、ほんと落ち込みますよ。しかし、そういうことがあるから研究は楽しくも苦しくもあるんですけどね。大学での研究は若い人と一緒にいられるのが楽しいですね。それから、自分の時間で自分の好きなことができる。大きな魅力ですよ」と山岬先生は笑った。

これから研究には、どのような目標をかかげているのだろうか。

「今後は実験規模を大きくしたいね。百時間連続運転をして、装置の耐久性を実証しなくてはいけない。それが成功すれば、次は商用化という段階になる」

MHD発電の実用化には、多くの研究期間と多額のお金がかかる。だからこそ、今の段階で数多くの実験データを集め、完璧な数値計算モデルを作っていく必要があるだろう。さらに、経済性など実証しなくてはいけないことは数多くある。しかし、明確な目的を持って研究を続けていく活力が山岬先生にはあった。

プラズマで、およそ2万Wもの電力を生み出すことができるのだ。

また、今回の取材ではMHDの研究のお話ばかりではなく、大学で研究を続けていく楽しさについて多く語ってもらった。研究を続けていく過程で出会いを大切にすることが重要だという。研究室の中にもいろいろな人がいる。そんなみんなが集まって、研究を進めていくことが楽しいと山岬先生は笑った。

最後になったが不勉強な私達に基本的なことから詳しく説明してくださった山岬先生に感謝するとともに、研究の発展をお祈りしたい。

(橋本 茂)