

見てきたよ！

スーパーカミオカンデ & カムランド見学ツアー

2019年8月26日、中学生49名の皆さんとニュートリノの観測・研究施設、東京大学スーパーカミオカンデと東北大学カムランドを見学してきました。どちらも、岐阜県にある神岡鉱山、地下1000メートルの坑内にタンクを作り、ニュートリノをはじめ宇宙から飛んでくる粒子（宇宙線）をつかまえる（観測する）施設です。私たちは2グループに分かれて、順に見学しました。

ニュートリノは、「素粒子（そりゅうし）」－自然界で物質を構成する最小単位－の1つです。ニュートリノの存在は理論的には予想されていたのですが、近年までなかなか観測できませんでした。

<東北大学 カムランド>



東北大学カムランドは、1987年に小柴昌俊さん（東京大学 当時）が世界で初めて超新星ニュートリノを観測したカミオカンデを観測施設として使っています。カムランドのタンクの中には「シンチレータ」と呼ばれる液体が入っており、日本国内の原子力発電所から発生しているエネルギーの弱いニュートリノ等「反ニュートリノ」と呼ぶ物質を調査しています。カムランドはスーパーカミオカンデよりエネルギーの弱いニュートリノを観測できる一方、どの方向からニュートリノが来たかはわかりません。スーパーカミオカンデとうまく役割分担をしています。カムランドでは超新星爆発の直前の微量なニュートリノの増加を検出できるので、超新星爆発が起きる予想ができます。近い将来、オリオン座のペテルギウス（星座の左上）が超新星爆発を起こすことが予想されていますが、カムランドはペテルギウスのような地球に近い星の超新星爆発の予兆を予測することが期待されています。

また、カムランドは、2015年にニュートリノに関して2度目のノーベル賞を受賞するできごととなった「ニュートリノ振動」を世界で初めて観測した施設の一つです。ニュートリノ振動というのは、3種類あるニュートリノが空間を移動しているとき、他のニュートリノに変化するという現象です。



（私たちはカムランドのタンクの上に立っています）

続いて、東京大学スーパーカミオカンデを見学しました。最初に、東京大学の中島さんからスーパーカミオカンデの構造とニュートリノ振動について詳しくお話を聞きました。ニュートリノ振動

の発見は、地球の大気中で作られるミュニュートリノの量は地球の表側と裏側で同じはずなのに、裏側から長い距離を飛んでくるほうが少ないという観測結果から予想されました。ミュニュートリノからタウニュートリノへの変化(ニュートリノ振動)が地球の裏側から長い距離を飛んでくるほうのニュートリノで起きるのはニュートリノに質量があるからだそうです。

<東京大学 スーパーカミオカンデ>



(スーパーカミオカンデのタンクへの通路で東京大学の中島さんからお話を聞いています)

東京大学は、超新星背景ニュートリノを見つけるために昨年からはスーパーカミオカンデの改修工事を進めてきました。ニュートリノの観測には純度の高い水、超純水が必要です。ニュートリノが水中の電子と反応して発生したチェレンコフ光という光を観測しているからです。これまでスーパーカミオカンデのタンクには超純水が貯められていて、透明度は100メートルくらいです。しかし、超新星背景ニュートリノは他のニュートリノに比べると手のひらを1秒間に数百個通るくらいと少なく、超純水では感度が不十分なので、性能をグレードアップするための工事を行っていたのです。この工事では、タンク内部の修理とともに硫酸ガドリニウムという物質を超純水に混ぜます。来年、硫酸ガドリニウムを溶かす予定です。



今回の見学では、東京大学、東北大学の皆様のご厚意で本校では初めて両方の施設を見学することができました。中学生の皆さんには研究内容の理解は難しかったと思いますが、研究者の皆さんと直接触れ合った経験をこれからの学びに活かしてもらえると嬉しいです。

東京大学の皆さん、東北大学の皆さん、ほんとうにありがとうございました！

(文責 園田毅)

左：光電子増倍管という装置です。ニュートリノが水に衝突したときに出る「チェレンコフ光」を検出します。スーパーカミオカンデのタンク内に11000個設置されています。

下：民家の一室で、スーパーカミオカンデ、ニュートリノについて、東京大学の池田さんから説明を聞きました。



＜参加者の感想（抜粋）＞

- スーパーカミオカンデの中は、宇宙で超新星爆発を起こし、散ったニュートリノが来た方向や時間が分かるための金色の電球のような形のものがたくさん集まっています。また、カムランドも見ることができました。また、東京大学の教授のお話をお聞きすることができてうれしかったです。カミオカンデは純水を使っているけれど、カムランドは光る油を使っています。実際に油が光っているのを見たときは驚きました。今回のプログラムで、宇宙について理解が深まったのでよかったです。
- 私は、スーパーカミオカンデでは純粋な水を使っているけどカムランドではきれいな油を使っていてスーパーカミオカンデでは光のくる方向や光の強さが分かるけれどカムランドでは光の来る方向や光の強さは分からないかわりにスーパーカミオカンデよりも光を察知しやすくなっているということが純粋な水と油の性質を上手く使い分けているなと思って感動しました。カムランドは地下にある意味は外からの人工的な影響を受けないためという意味があって全てがしっかり考えてあったのですごくいいと思いました。
- 1日の中で、1番驚いたのは、光電子増倍管の数です。1万本以上もあるなんて想像もつきません。また、スーパーカミオカンデは「純水」を使用してニュートリノを捕まえていたけれど、東北大学は「光る油」を使っています。捕まえるのは、同じニュートリノなのに方法はいくつかあるのだなと思いました。この学びプロジェクトに参加するまで、宇宙についてあまり興味がなかったけど、スーパーカミオカンデについて、また東北大学（KamLAND）について分かり、超新星爆発のことなどについてもっと詳しく知りたいと思いました。私にとって、とても良い経験になったと思います。
- 今回、この学びプロジェクトに参加してみて、ノーベル賞を受賞したとても素晴らしいところに実際に行くことが出来てとてもうれしかったし、またカミオカンデについて詳しく学ぶことが出来て良かったです。そして、いかにニュートリノを観測することが難しいのかを身にしみて感じる事が出来ました。あんなにたくさんの光電子増倍管を設置していても、1日に観測できる数はとても少なく驚きました。また、カミオカンデで働く人たちは、どうしたらよりたくさんのニュートリノを観測できるのかを研究していて、どこを変えたらより良いカミオカンデを作れるのかをとても考えていました。私はそこからニュートリノを作っている人・そして作ってきた人たちの努力を知ることが出来ました。だから、今度作られるハイパーニュートリノが新たな事実・結果を発見できることを楽しみにしています。
- ニュートリノやスーパーカミオカンデの意味がよくわかった。
- 今まで、宇宙のことや原子や分子を学んでいて、なんの役に立つのか？とっていたのですが、今回参加して、今すぐお金を儲けたり、生活の役に立たないことでも「私達が住む世界の謎」を私達が知る、という事に役立つと知り、またその「私たちの住む世界の謎」の解明のために必死



になっている人を見て、たとえ科学ではなくても自分の必死になれるものを見つけたいと強く思いました。

- ニュートリノの小ささに驚きました。海外の研究者もおられました。超純水が美味しくないことを知りました。
- すごかった。僕も世界で注目されるような研究をしたいと思いました。
- スーパーカミオカンデの実験については全く知らなかったけれど偉業を成し遂げたところなんだとびっくりしました。最初はなんでそんなに遠いところにあるんだろうと思ったけど、神岡鉱山が一番適した土地なんだと知り、場所にも意味があるんだと思いました。カミオカンデについて詳しく知ることができてよかったと思いました。特に驚いたのがニュートリノを観測するための機械です。光センサーが本当にたくさんつけられているのを写真で見て実物を見てみたいと思いました。知らないことをたくさん知ることができて本当によかったです。
- スーパーカミオカンデについて触れることができてよかった。
- スーパーカミオカンデに行って、初めてわかったことがあります。一つ目は、太陽に 1 秒間手をかざすだけで、ニュートリノが、何百兆個も手をすり抜けるという事です。二つ目は、前のカミオカンデ実験の時に起こった、超新星爆発の時でも、1 平方センチあたり約 1 億個通過したのに関わらず、カミオカンデで発見されたのは、1 日でたったの 10 個~11 個ほどで、そんなに発見されることができないという事です。他にも、1 秒間で 2GB (2 ギガベース) の容量を一瞬にして使っている事や、新月の時に、月から懐中電灯をつけて、その光を捉えることが出来るスーパーカミオカンデの光センサーはとてもすごいと思います。この学びプロジェクトに参加して、「スーパーカミオカンデは世界中の研究者の意見や技術が集まってできているのかなあ」と思います。
- 資料を見て得た知識だけでは分からないことを体感できました。ニュートリノの観測を 2 つのタンクで行っていることも初めて知りました。これからどんな発見がされるのか楽しみになったし、自分でも調べていきたいと思いました。
- ニュートリノが何かをよく知ることができた。ノーベル賞をもらうということは、世界の中で認められた本物の証であり、そんな施設を見学できることはとても幸せなことだと思いました。
- スーパーカミオカンデはずっと行きたいと思っていました。ノーベル賞を取った年は特にテレビで紹介されていて、あの金色に光る巨大なタンクはとても魅力的でした。今回行けることに決まったときはとてもうれしかったです。ニュートリノというものについて、あまり知識はありませんでしたが、事前に冊子をもらって少し勉強することができました。今回はカミオカンデの他にもカムランドにも入れて、とてもワクワクしました。施設の中には著名人の直筆メッセージがたくさんあり驚きました。カムランドの案内をしてくれた東北大学の方は、模型を使って分かりやすく説明してくれたり、重要な機械を見せてくれたりして、とても親切でした。カミオカンデでは、巨大タンクの真上に入れて嬉しかったです。中にはたくさんの機械があったり、ケーブルがあったりして少し緊張しました。外国人のスタッフもいて、研究にはたくさんの人が関わっているんだなと思いました。今後はタンクの中にガドリニウムを大量に溶かす予定だということは初めて知ったので、驚きでした。それにニュートリノは今この瞬間も私たちの体をたくさん通り抜けているのに、カミオカンデでは 1 日に 30 個ぐらいしか観測できないのは、地道な作業の積み重ねなんだと思いました。ニュースで、今後ハイパーカミオカンデというものを作る計画がある

と聞きました。これらの施設で近い将来、多くの謎や疑問がとけるきっかけが生まれることを期待したいと思います。カミオカンデに入るなんてなかなかできない経験なので、行けてよかったです。

- スーパーカミオカンデ、カムランド、それぞれに凄いところがあった。色々なところに工夫がされていて、面白かった。
- ニュートリノは観測するのも大変だと思いました
- カミオカンデ内部がとても寒かったのを覚えています。外国人の研究者もいてカミオカンデは世界でも有名なニュートリノの研究所であることが実感することができました。光電子増倍管が意外にも大きかったので驚きました。また、検出器を管理しているコンピュータには検出器の展開図が映されている工夫が見られました。山の中にどのようにしてスーパーカミオカンデを作ったのかということが気になりました。検出器の内部が直接見られなかったことが残念でしたがなかなか見られない施設を拝見できたので満足しています。
- 日本が今後このような施設を増やして行って研究が進むことが楽しみです。ニュートリノを観測する装置の仕組みを聞いた時は驚きました。その装置の上に行った時も日本人だけでなくいろんな国の人が出てすごい環境だなと思いました。僕が大人になった頃にニュートリノがなんらかの形で活躍していることはほぼ確実だと思ったので、期待が膨らみました。僕の知らないことの連続だったのでとてもいい体験になりました。
- スーパーカミオカンデ、東北大学の研究所で、実物を見て、より詳しくニュートリノについてわかった。ニュートリノは、いろいろなところから生まれていて、人間の体をすり抜けていることがわかった。また、スーパーカミオカンデが地下にあるのは、他の物質が入ってこないようにするためだと知り、驚いた。そして、スーパーカミオカンデの中の様子がリアルタイムで送られてくるのはすごいなと思った。今回の見学ツアーに参加して、ニュートリノのことをもっと知りたいと思った。
- ノーベル賞を獲った研究施設を見学できた興奮がおさまらなかったです。とてもためになりました。
- スーパーカミオカンデの仕組みを知らなかったが詳しく知ることができた。ニュートリノを捕まえるということがすごく難しいと思うことや光や最近わかったことが聞けてよかったです。
- これだけ山の中であれば、ニュートリノを観測しやすいと思った
- ニュートリノの性質がわかった。宇宙線との見分け方がすごいと思った。
- スーパーカミオカンデの仕組みや、いろいろな機械に、興味を持てた。管のようなものもあった。スーパーカミオカンデ内にある検出器の数が思っていたよりかなり多かった。実際にノーベル賞を取っているところに来ることができて良かった。実際に行って、説明を聞いた時などに、あらためてカミオカンデの技術はすごいと実感できた。また行ってみたいと思った。
- スーパーカミオカンデのことは星が好きだった小学校低学年の頃から天文の本で知っていました。今回、行くことに決まり嬉しかったです。いろいろ説明を受けましたが、素粒子が1秒間に手のひらに1万個通り抜けていると知り、驚きました。研究者に外国の方もいて、この研究がとても国際的なことを実感しました。ハイパーカミオカンデがますます楽しみになりました。
- ハイパーカミオカンデが楽しみ。