

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ことが出来ました。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て驚きました。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いった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いてよかったです。
- 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。



# 京都大学医学部法医学講座訪問ツアー

同志社中学校数学科

2018年12月21日(金)午後、京都大学医学研究科法医学講座 玉木敬二研究室を中学生20名と訪問しました。

今回は、玉木研究室の院生の森本千恵さんが、新たな発見をされたとのニュースを聞いたことが訪問するきっかけとなりました。



前半は、玉木さんと森本さんから研究内容の紹介を聞きました。皆さんは刑事ドラマなどで、「DNA鑑定」という言葉を聞いたことがあるでしょうか。DNAの種類(アミノ酸の配列の違い)は指紋と同様、ほぼ世界中の1人1人が違う型を持っていて、皮膚や髪の毛1本から調べることができます。自分のDNAが他人と同じになる確率は1560京人に1人(1京は1億の1億倍)だということですから、約80億人の人類で同じDNAを持つ人はまずいないと言えます。



森本さんは、今までの DNA 鑑定では親子 (1 親等) と兄弟 (2 親等) の関係しか判定できなかったのを、なんとまたいとこ (祖父母が兄弟 6 親等) まで判定できるように改善する研究をされ、京都大学から女性若手研究者に与えられている「京都大学たちばな賞」(優秀女性研究者賞) を受賞されました。2011 年 3 月に発生した東日本大震災でご遺体の関係者がわからないというニュースを知り、DNA 鑑定で遠い親戚がわかるようになればいいと思ったのが、森本さんが研究を始められたきっかけのことでした。



玉木さんのご説明にもありましたが、まさにテレビ番組の「科捜研の女」が思い浮かぶ研究室訪問でした。

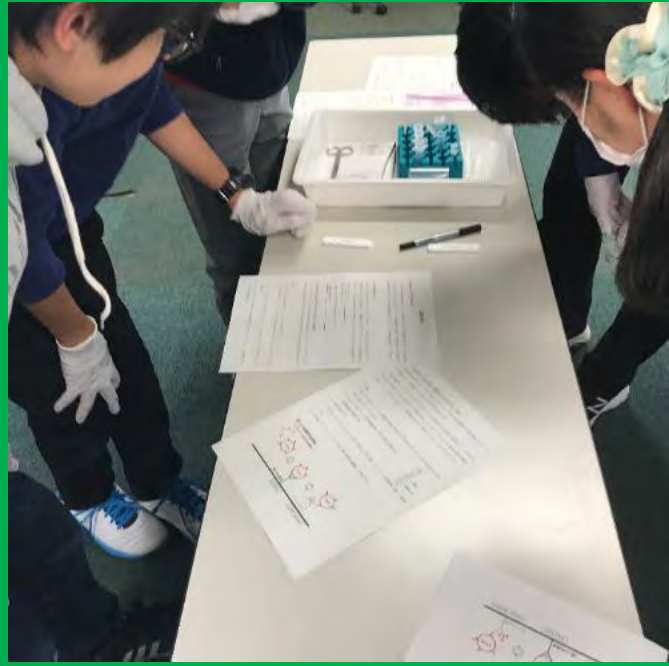
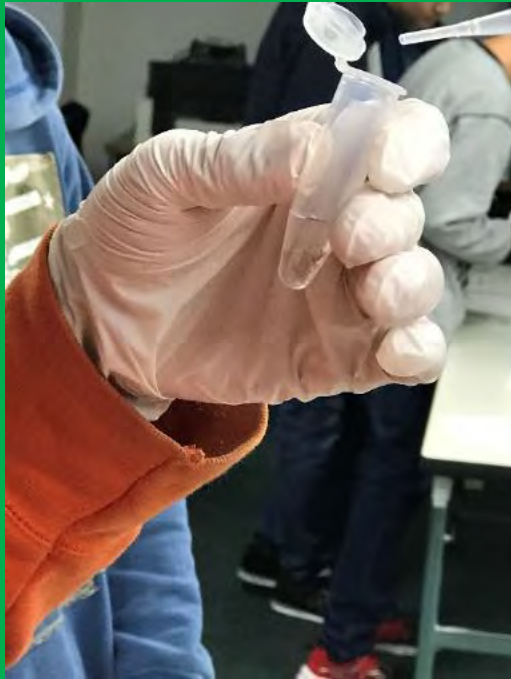
今回、参加者の DNA を取り出してもらえるということで、代表して 4 名の中学生がほぼの粘膜を取ってもらい、見学の最後に DNA に紫外線をあてて顕微鏡で全員が見ました。ヒトには 37 兆個の細胞があります。血痕 1 マイクログラム、細胞 1 個 6 ピコグラムという単位で表される重さになります。血痕 1 滴で DNA 検査が 2000 回

できるそうです。

後半、実験を体験させていただきました。準備していただいた 4 つの資料からヒトの血液を見つける実験です。2 つの試薬を使って、何かがしみ込んだ 4 つの布片から 1 つだけあるヒトの血液を決定していきます。1 つ目の検査はロイコマラカイトグリーン試薬を使って、4 つの布片のうち、緑色に光った 2 つに血液がしみ込んでいるとわかります。次に、免疫クロマトグラフィー法という実験を行います。検査キットに試薬を混ぜた液体を加えるとヒトの血液にあるヘモグロビンと反応して、赤い線が出てきます。参加者の皆さんが実験結果のキットを、反応が出るまでじっと見つめていたのが印象的でした。

研究施設も見学することができました。解剖室は実際に司法解剖が行われる場所ですが、今回は写真で紹介させていただきました。





今回は、普段見ることのできない研究施設を見せていただいたり、貴重なお話を玉木さん、森本さん、研究室の皆さんから聞くことができました。研究室の皆さんのおかげで、少人数で実験も体験することができました。ほんとうにありがとうございました。  
(文責 園田毅)



(上の写真は、パソコンの画面に出ているヒトの DNA を見ているところです。)



### <参加者の感想>

●法医学と聞いたときに、僕はどんな研究をやっているのか疑問に思いました。なぜなら、普通の医学と何が違うのだろう、と思ったからです。法医学は事故などで亡くなった人の死因を解明して、出た結果に対してどのような予防ができるかを研究していて、医学部法医学科で得た結果を利用して新たな研究を進めているということがわかりました。実験では、血のように見えるシミからヒトの血痕はどれかを当てる作業が楽しかったです。また、同じ班の人の遺伝子を見ました。遺伝子と言っても二重らせんを見たわけではなく赤い線でしたが、頬の内側の粘膜だけでこんなにきれいに見ることができるのか、と驚きました。このような体験はなかなかすることができないことなのでとてもよい経験になりました。

●今回、京都大学医学部に行かせていただいてありがとうございます。僕は、初めて行ってまず感じたのはすごいという言葉でした。お話を聞いて、自分が思っているのとは全然違って、大学がこんなに自由なのかと驚きました。いろいろなことを学ばせていただいてとくに血を区別することがあんな風にやられているのかとびっくりしました。今回はありがとうございました。

●DNA のことについて詳しく知ることができました!! 人の DNA も初めて見たのでとても興味深かったです! 本物の科捜研を見ることができました! 誰の血痕なのか調べるのはとても印象深かったです。また参加したいです。

