

# きばなのあまな



## 「みんなの低温科学」 (復刻版)

一九八〇年代前半、低温研内に「きばなのあまな」というミニコミ誌が回覧されました。その中に、「みんなの低温かがく」というコーナーがありました。それは、普段不思議に思っていること、知りたいことについて、女子事務職員の方が低温科学研究所の先生方にインタビューしてお話をうかがうという企画でした。今から読み返しても、一枚も図を使っていないにも拘わらず、大変分かりやすく面白い読み物になっています。

低温研の先生方が個々に出された専門書や啓蒙書は数多くありますが、低温研の概要をこのように分かりやすく紹介したものは、いまだにありません。このまま埋もれさせるには大変惜しいということで、此の度復刻版を出すことにしました。

これによって、より多くの方々に低温研を知ってもらい、更にこの続編が誕生することを、旧編集委員一同、願って止みません。

二十一世紀、低温研の六十周年を記念して

“きばなのあまな”編集委員会

**第一話 「雪が融ける話」**

今年は何常気象？

雪を融かす熱

赤外線と紫外線

情熱家と冷血漢

雪えくぼ

山の上は何故寒い？

人工融雪

母子里の観測室

**第二話 「シヨウジョウバエの話」**

ハエが好む場所

シヨウジョウバエはかわいい？

ハエの生態

寒さとハエ

人間にとつてハエとは何か

**第三話 「氷の不思議」**

氷の不思議な性質

ホットアイス

滑る氷

灼熱状態の氷

日本を沈没させる氷

雪は白いダイヤ

**第四話 「サンシヨウウオの話」**

高等なサンシヨウウオ

冬はどこに居る？

泳げないサンシヨウウオ

子供のまま大人になる

**第五話 「凍上と凍土の話」**

水は下から上へ“流れる”

土も凍れば怪力

役に立つ凍土と凍上

**第六話 「植物の耐寒性の話」**

凍つても生き返る植物

植物の冬支度とは

凍害とその防止策

**第七話 「雪の結晶のできるまで」**

雪は天からの手紙

雪はなぜ六角形？

結晶成長のメカニズム

**第八話 「生物細胞の凍結」**

凍結細胞の生死の境

ヒトの精子は強い

電子顕微鏡では何が見える

**第九話 「流水を見眺めて」**

流水は流れ者？

海水のでき方

これからの海水研究

第十話 「ミツバチの社会」

働き蜂は雄？雌？

女王蜂は誰が決める？

働き蜂の労働時間

蜂は一度刺したら死ぬ？

蜂の巣

蟻と蜂は利口虫

第十一話 「雪崩と雪害の話」

雪崩はどこで起きる？

雪崩を防ぐ方法

問寒別のなだれ研究施設

交通の雪害

第十二話 「雲と雪を探る」

いろいろな雪結晶を降らせる雲

降雪レーダーで何が見える？

成功した人工降雪実験

第十三話 「吹雪とコンピューター」

風と吹雪

雪粒子に働くいろいろな力

南極の雪の積もり方

雪は優れた吸音材

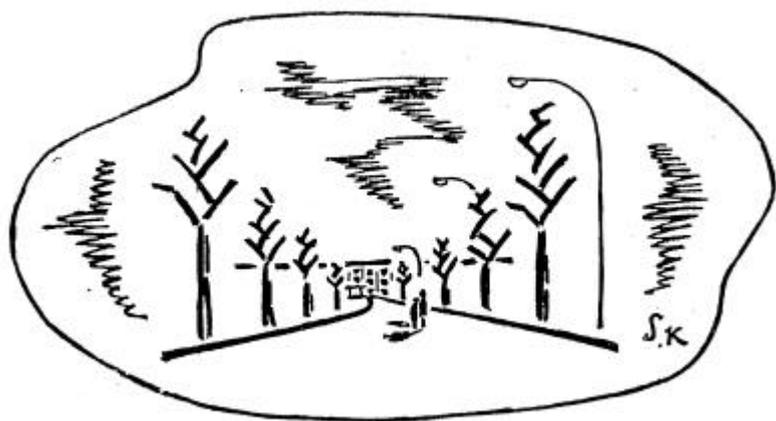
幻のハイブリッドコンピューター

第十四話 「雪の力学実験から所長職まで」

木下式硬度計

雪から土へ

所長職の楽しさと苦勞



## 第一話「雪が融けるはなし」

今回は雪だけのシーズンでもありますので、雪が融けることについて小島賢治先生にお聞きしようとお伺いしました。

「えっと。解説といったようなものを話せばよいので？」

いいえ。こちらから質問を用意してきましたので、私達素人にもよくわかるように答えていただければ結構です。

「それが大変むずかしいんですね。うまく答えられるかどうかかわりませんが……。」

### 今年が異常気象？

ではまず最初に。今年の冬は雪が少ないなんて最初の頃は言われていましたが、例年雪が融け始める頃になって沢山積まりましたし、四月になってからも時々降っていますね。今年の気象は異常なのでしょうか？

「異常気象というほどではないと思います。」

「こうおそくまで雪が残っているということは？」

「少しはおかしいですね。でも、吉田先生が前にある委員会で言ったことがあるんですが、雪に関しては毎年異常である、と。つまり一定していませんね。今年の特徴は、二月半ばまでは非常に雪が少なかつたですね、確かに。」

一月末に雨が降ったりしましたが……。

「それは別に異常ではないんです。一月に庭の草が見えるようなこともあるし、十二月に1メートル以上になることもある。毎年いろいろあるわけです。この数年の傾向としては、はじめにどっと降らないで後半に降っていますね。」

こういう気象の変化は、小氷河期とか、そういうものに関係はないのですか？

「私はないと思います。というのはね、寒さという点からいうと、むしろ今年も去年も暖冬といえるんじゃないでしょうかね。」

じゃあ、元に戻るといふことも考えられるんですか？  
「いずれ、また……。」

### 雪を融かす熱

それでは今日のテーマの雪が融けることについての質問に移ります。気温がだんだん高くなると雪が融けるといふことは誰でも知っているのですが、雪が融けるのには気温が一番効くのですか？

「あのね、ちゃんと測ってみますと、時期によって違うんですけれども、三月から四月にかけて、いわゆる融雪期では、雪を融かすには放射エネルギーが一番役割としては大きいんです。」

「いや。その太陽放射と大気放射と両方一緒にして放射と呼んでいるのです。」

大気放射というのはどういうものですか？

「雪の温度は0度以上になりませんよ。氷ですから。ところが上空が暖かければ水蒸気を含んだ大気自体が赤外線を出しているわけです。」

じゃあ、太陽放射の一部ではないんですね。

「全然違うものなんです。勿論、空気の暖まる源は太陽放射ですがね。それからですね、一日の量を調べてみると気温が一番効いていることはあります。冬のはじめのように日が弱いときなど。」

風が強いと沢山融けるっていう話も聞いたことがあるんですけど……。

「それは結局、空気が持っている暖かさを風の乱れが雪にぶつけ、それで熱交換が大きくなるのです。融けるときは逆ですけど、風が吹いているときは寒いですよ、同じ温度でも。それは風が吹いていけば人間の体温が奪われるから。」

雪にとつては暖かいけど、人間にとつては寒い……。  
「ええ、ええ。人間の体温は三十六度前後ですし、雪の温度は0度

以下。そこへ十度の風が吹くとすると、暖かい方から冷たい方へ熱が奪われる。風速が2倍になれば奪われる熱の量も2倍になる。」

### 赤外線と紫外線

赤外線というお話がありました。紫外線というのがありますね。紫外線は雪を融かすのに何も役に立たないんですか？

「いや、役立ちます。太陽放射には紫外線が沢山はいつていますが、地上に達するまでに途中の雲とか水蒸気に吸収されて少なくなっているんです。けれどもその紫外線だって、吸収されれば熱線ということもありますので、赤外線だけが熱に関与するわけではありません。」

赤外線と紫外線の違いをわかりやすく説明して下さい。

「太陽放射に含まれている波長の短い方が紫外線、それよりも波長が少し長いものが可視光線です。もっと長いと赤外線、さらに長くなったものを電波とよんでいるのです。赤外線は美容整形に利用していますし、紫外線は陽焼けの原因ですね。」

### 情熱家と冷血漢

花とか野菜の栽培にビニールハウスが使われていますが、温室の中はどうして暖かくなるのですか？

「昔は温室にガラスを使っていましたね。ガラスでもビニールでも太陽放射を透しますから、温室の中は暖まる。暖まったものは赤外線を出して冷える。しかしガラスは赤外線を透さない。熱をもらうだけ貰って逃がさないから暖まる。昔はこう説明されていました。原因はそれだけではないんですね。」

「外の冷たい空気と熱交換をさせない役目もしているのです。」  
他の研究部門でビニールハウスを使っていますが、毎日、最高、最低温度を測っています。ところが、日最高気温は温室の内の方が高いのですが、最低気温は内の方が低いことが何度あったのです。

最初は、温度計が壊れているのかと思ったりしたんですが……。

「それはですね、温室の中に植物がいっぱいはいつていると、水蒸気が多くなります。そうすると、ビニールも多少赤外線を透しますから、赤外線による放射冷却が多くなるから冷える。そのせいでろうと思えます。」

放射冷却という言葉は、天気予報の解説などでよく聞きますが、どういうことですか？

「えーっと、温度の違う物体が向かいあっていますと、どっちもその温度に応じて赤外線を出し合っています。その結果、さしひき温度が高い方が失う熱は多いのです。たとえば、貴女が非常に情熱家だとします。僕は冷血漢とします。そうすると、貴女が私に向かいあっていると、貴女はソツとします。これが放射冷却です。」

### 雪えくぼ

雪どけの頃、雪面には色んな模様が見られますが、こういうのはどうしてできるのですか？

「色々な模様がありますね。冬にも新雪が降った後、急に暖気が来たときには、“雪えくぼ”というのができます。これは融け水が一樣にしみこまないで、なんらかの原因のためにあるところに集まる。するとそこは雪が濡れてへこむ。そこへ水がまた集まる。」

「何故そういう“えくぼ”がある間隔で沢山できるのですか？」  
「それがわからないんです。新雪が積もったとき、場所によって密度が変化しているのではないかと細かく調べてみたんですが、全然でてこなかった。(笑)。」

他にも、成因の違う模様もあるのですか？

「気温が0度前後の低いとき、風が強くて日射が非常に強く、また蒸発が盛んなときノコギリ状のギザギザ雪ができます。また、山の雪渓では、多角形の模様がよく見られます。」  
こういうのはみんな、融けることによってできているわけですね。

「そうです。」

### 山の上は何故寒い

下界では雪だけでピチャピチャになる頃、山の上では霽融けずに凍っていることがありますね。何故高いところは寒いのですか？

「それは一寸むずかしいんですけどもね……、さて……、簡単に説明するにはどうしたらいいかな……。うーん……。高い所ほど気温が低い方が物理的に安定なんです。例えばね、ある空気のかたまりを何百メートルか下の方へ下げると気圧が高いわけですから断熱圧縮されて、温度が高くなります。こつこつうふうに、百メートル高くなるにつれて約〇・六温度が低くなるような状態が安定なんです。」

安定……？

「そうです。物理的に安定なんです。」

上空では気圧が低いから温度が低い？

「気圧が低いと温度が低いわけではありませんが、まあ、気圧が低いから結局温度が低くなる、と言ってもいいでしょう。」

### 人工融雪

その他、私達の生活と関わりのある研究内容を少しご紹介下さい。前に人に頼まれて、屋根の雪がどう融けるか調べたことがあるのですが……。」

無落雪屋根？

「そうです。広告では、屋根の勾配を逆にして雪を落とさないようにして、太陽熱で雪を自然に融かすと書いてありましたが、測定してみますと、家の中の暖房熱で融けているんですね。」

春先になると雪だけが待ち遠しいですね。早く融かす方法はないのですか？

「太陽エネルギーを有効に安く利用しているのは農家です。雪の表面に炭の粉をまいて一面をうす黒くするわけです。そうすると確か

に早く融けます。」

外国では道路の除雪をするのに塩をまくという話を聞きましたが……。塩は雪にどんな作用をするのですか？

「あのですね。塩と雪が共存できる温度は低いですから、塩に接した雪は融けるのです。」

……？

「雪と塩をある割合で混ぜると……、塩が二十%だったか正確には忘れましたが……、雪の温度がマイナス二十度くらいまで下がるのです。ということは塩が雪を融かすわけです。」

どんな雪でも塩を混ぜれば融ける？

「0度に近い温度の雪は融ける。アメリカに私が住んでいたときは、雪が降る度に、トラックに岩塩を積んで、ばーっとまいて全部融かしてしまっんですね。」

札幌は雪が多すぎて、この方法は使えないのですか？

「植物に害はあるし、車はサビるし、日本では人が沢山住んでいる、下水が不完全、雪が多い、塩が高いからダメですね。」

### 母子里の観測室

それでは最後に、母子里というところに立派な観測施設ができたのですが、何か観測をやっているのですか？

「あの位雪が深くなると、日本一寒い所でも冬中地面から地熱で融けているんです。私はこれを観測しています。この他色々なことをやっていますが、みんなで大勢行って観測するのはこれからです。将来は紋別の流水研みたいに大きくしていきたいとかのお考えは？」

「あれ程までに大きくしたいという考えはありません。現在、車庫を含めて百平米なんです。私は百三十平米以上には大きくしたいくない。というのはですね、建物が大きくなると微気象観測をするとき、建物の影響が出ますから。」

どうもお忙しいところありがとうございます。

「不完全な説明ですみません。」  
いいえ。」

## 第二話「シヨウジヨウバエの話」

今回は、夏になるとどこでも目につく「ハエ」をとりあげることになりました。ハエというと、きたない、うるさい、いなくなれば良い、なんて思ったりしますが、そんなハエの研究をなさっている方が低温研にいました。ハエとはいったいどんな虫なのだろうか、そしてそのハエの何を、どんな目的で研究しているのだろうか、そんな質問をたずさえて戸田正憲さんをおたずねしました。

### ハエが好む場所

さっそくですが、ハエにはいったいどの位種類があるのですか？  
「ハエというのはいくらでもアブとかカとか羽が2枚しかない双翅目の中にあります。僕が扱っているハエはふつ々の家の中やその辺でよく目につくようなイエバエではなくて、シヨウジヨウバエ科のハエなんです。シヨウジヨウバエ科のハエだけで、北海道で百二十種、日本全体で二百五十種、ハワイのみで八百種位存在しているんです。」  
「ええ。ほかの種類はハエのことは僕はよく知りませんから、これからの話はすべてシヨウジヨウバエのことだと思っていて下さい。」  
北海道の家庭にはどれ位いるのですか？  
「遺伝学の実験によく使われるキイロシヨウジヨウバエ、主にビー

ル工場などに多いクロシヨウジヨウバエ、体にシマがあり強くて便所に多いヒヨウモンシヨウジヨウバエなど六種類は人家でとれます。」

卵を産みつけるのはどんなところですか？

「えーっと、目につきやすい所としては台所の生ゴミのところとか、かすづけやぬかづけ、果物の腐ったところ。以上は人家性のものです。野生のものは、きのこ、樹液、植物の葉や茎の腐ったところ。」

北海道ではそういうところが多いんですが、果物食は南の方のハエに多いんです。また世界的にみると、花やカニの口のまわり、あぶくのところアワフキムシの中にも産みつけます。」

ところで生ゴミ特に果物を出しておく、どこからともなくすぐハエが集まってくるのはなぜですか？

「よくあるんですが、それは発酵したアルコールに誘因されてくるのです。一時間以内には集まってくるのは前からその部屋にいたもの。誘因半径は二十メートル位あります。」

### シヨウジヨウバエはかわいい！？

シヨウジヨウバエはきたないですか？

「いわゆる病原菌はほとんど媒介しません。腐敗菌、発酵菌を媒介して腐りやすくはなりますが、それを食べたからといって病気になることはまずない。酒なんかみんな発酵させ作るんだし。便所にはわかないし、腐った肉や魚を嗜好しないし……」

それでも何となくまだ「きたない」というイメージありますね。

「イエバエにくらべればうんときれいですよ。衛生的にみて。それに見た目もきれいですよ（なんとおどろき！）。目が真っ赤で、それにイエバエのように毛がいつぱいはえていないし、体は丸くくてなんとなく足が短いし。」

「かわいい」「かわいい」という感じですか？

「そうですね。その中でも、研究者によってこれがいいとか、あれがいいとか、人それぞれの好みがあったりして……。」

## 八工の生態

八工の天敵はなんでしょう？

「捕食するものとしては、クモ、スズメバチの類。クモなんかパツと食べますよ。寄生するものとしては、センチュウ類、ダニの類です。センチュウというのは回虫の類ですが、お腹の中にびっしりはいつて、そうすると卵は産めなくなりませんが。」

八工が絶滅する可能性はありますか？

「ありません。ただ、ある地域のある種の八工が絶滅することはしよつちゅうあります。ある島の八工が、ある時他からやってきた強い八工と競争が起こり前からいた種類がいなくなり、あたらしい八工と入れかわるといふように……。」

八工は集団では動かないのですか？

「鳥の群とかミツバチの群のようにには行動しないが、一匹一匹が単独に生活しやすい環境に集まるということはありません。その結果、あるところにとつといるということになるが、けっして集団では行動しません。」

家族とは暮らさないのですか？

「親も自分の産んだ子であるかどうかもわからず、育てもしないんですよ。」

## 寒さと八工

「みんなの低温ががく」のシリーズですので、八工の研究と“低温科学”との関係についてどのようにお考えになっているのかお聞かせ下さい。

「えーとですね。ぼくは全生活史の中で“冬の現象としてとらえているので、特別には考えていません。むしろ、冬の状態の研究はしています。八工は冬は全く活動しない。冬が来るかなり前から卵を産むのをやめてしまふ。北海道では早いものだと7月初めから卵巣が発達しなくなり大部分のもので9月中旬には全面ストップ

してしまうんです。ほとんどの八工は成虫のまま冬越して、春になると活動し始め卵を産みだす。なぜ非常に早い時期から活動を停止するかというところ、それは光周期に関係し、同時に温度も関係しているんです。こういうのを休眠生理の研究というんですが、これとか低い温度でどの程度生きるかとかを関連させて仕事を始めています。」

北海道は全体的にみたら研究はしやすいんですか？

「どこでも同じだと思いますが、冬の間は活動しないものだからやりやすいかも。また南の方より種類は少ないので全体像を早くつかみやすい。南の方ではとても多いので、とってきたものを調べるのにそれだけ時間がかかりますから。そういう意味ではやりやすいですね。又、自然も多少残っているので野生種の生態を調べるのには、環境的には比較的いいですね。」

では八工にとっては住みやすいところですか？

「いいえ、八工にとっては住みやすくないですね。冬越しなければならぬし、住みやすさの点では南の方がいいですね。」

湿度にも関係あるんですか？

「ええ。湿度はあった方がいいんです。特にシヨウジョウバ工は湿度に弱くて、乾燥するとすぐ死んでしまいます。」

## 人間にとって八工とは何か

八工は人間にどんな影響を与えているんでしょうか？

「野生のものでは一つの自然のバランスとして何らかの役割はもっています。すべての生物がそうであるように、人間にとって直接どうのこうのはないが、地球全体としてみたときには何らかの役割を果たしています。」

このような八工を研究することによって何に役立つのでしょうか？

「八工の社会構造を研究して、それをみた社会学者が何らかの点で人間社会に活用できるものであれば、と思いますかね。」

「ハ工と他の虫（いわゆる害虫）との関係はどうなんですか？」

「人間に害のある吸血性の昆虫とは、直接的な関係は全くないでしょうね。」

「シヨウジョウバエに関しては“害虫”とも言えないわけですか？」

「害虫とは人間が生産活動を行う上でマイナスの影響を与える生物をいい、しかもマイナスの最も強い影響がもつとも強い影響が目立つものをとりあげて言うんです。シヨウジョウバエを害虫が害虫でないかと言ったら、そういう点から分けたとしても害虫ではない。特に野生のものは。」

最後に戸田さんがハ工の中でも特にシヨウジョウバエを選ばれた理由は何か？」

「まず、生態学の研究をしようと思つて材料に何を選ぼうかと考えたとき、シヨウジョウバエは分類がよく整理されている点、また遺伝学の材料として有名で研究によく活用され、遺伝学的情報が豊富で、生態的とそれらをミックスして考えると、一方だけで考えるより巾の広い考えができるのではないかと思つて……。」

今日は渡航準備でお忙しいところをありがとうございます。」

「まず、生態学の研究をしようと思つて材料に何を選ぼうかと考えたとき、シヨウジョウバエは分類がよく整理されている点、また遺伝学の材料として有名で研究によく活用され、遺伝学的情報が豊富で、生態的とそれらをミックスして考えると、一方だけで考えるより巾の広い考えができるのではないかと思つて……。」

今日は渡航準備でお忙しいところをありがとうございます。」

### 第三話「氷の不思議」

今回は、氷の不思議というテーマで、若浜五郎先生にいろいろお聞きしました。

#### 氷の不思議な性質

まず氷と雪の違いについてお話しただけですか？」

「水が凍結したものが氷であることは言うまでもないことですが、

雪は水が凍結したのではなく、雲の中で水蒸気からいきなり氷になったものと考えればよいでしょう。雪も氷も結果としては同じものですが、でき方、形がちがうということです。降ってくるのも雪、積もったものも雪ですが、大気中でできた氷の結晶を雪というわけです。」

氷が結晶であるということは鉱物と考えても良いですか？」

「そうですね。岩石の一種でしょうね。地球上にたくさんの岩石があります。氷河などのような氷の塊も岩石の一種であると考えています。他の岩石は普通いろんな鉱物から成りたつていて複雑な組成をしています。氷は一種類の分子から成りたつていて、単純で特殊な岩石と言えるでしょう。融点が非常に低いのが他の岩石とちがう点で、融けやすい岩石と言えるでしょうか。」

氷の不思議な性質についてお話を聞かせて下さい。」

「身近なありふれた物質なのに性質の非常にかわつた物質なんです。よく知られているように、氷は摂氏四度で密度が最大、つまり一番重くなるわけですね。また比熱が他の物質に比べて大きい。つまり、暖まりにくく、冷えにくい物質ですね。この性質が気候と関係があるわけです。海に囲まれた地域では、内陸に比べ気候の変動があまり激しくないわけです。また、氷は凍ると膨張しますね。日常生活で経験することですが、バケツなどに入れておいた水が凍結すると底などが破れます。一般に金属など他の物質では固体になると収縮しますが、氷では反対の現象が起きるわけです。体積の増加は、ほぼ一割もあります。」

それはどうしてですか？」

「氷は水分子が三角形の形をした頂点の位置にあり、分子自体はかなり自由度があるわけですが、凍るとそれがきちんと配列し、つまり結晶になるわけです。余談ですが、結晶のことをクリスタルといいますが、これはギリシャ語のクリスタラから来た言葉で氷とか水晶とかを意味しているわけです。現在では結晶とは、物質を構成している原子が空間的に規則性をもって配列している物質のこと」



結論は、氷という物質は、固体的な性質を持っていると同時に液体的な性質も両方持っています。氷を急激に変形させた時、すなわち、氷の棒をもってきてぎゅっと曲げたり、カナヅチでたたいたりすると、すぐこわれてしまうでしょう。この破壊というのは、弾性体あるいは固体の代表的性質なのです。それに対して、液体は流れるという性質があります。例えば、非常にゆっくり小さな力を加えてゆけば氷の棒は曲がってしまいます。いつまでたっても変形を続けて、破壊しない、つまり流れる性質を示すわけです。

「融げるのは融げるためと考えるはいけないのですか？」  
「融ける現象とは違います。曲がる現象は簡単にいうならば、氷の結晶に原因があるわけです。氷の結晶はちょうどランプを積み重ねたように水分子がとびとびに配列しているわけですね。そのランプを重ねておいて、ギューッと変形させると簡単にすべってひし形のような形になってしまいますね。このような変形が非常に生じやすいのが氷なのです。氷河内部ではこのようにして流れているわけです。」

### 灼熱状態の氷

雪はもともとは降っている時はバラバラですが、地上に積もるとスツツで切っても四角に切れませんがどうしてなのでしょう？」

「氷自身が焼結現象を起こして、つまりかきく接触していたものが太い結合部をつくってしまうんです。もって時間がたつとさらにかたい雪になります、これも氷のかわった性質です。」

「どうしてくつつくのですか？」  
「それは陶磁器などの原理と同じなんです。粘土で形を作っておいて、それを炉に入れ、とける直前の温度まであげていく。ある程度時間置いておくと粘土粒子の間に、さっき言ったような結合部ができてしまいます。それを炉から出して普通の温度にしてやりますとがっちりつながっているの形をちゃんと保つわけです。これと同じことが氷や雪でも起こっているわけです。」

雪みたいな冷たいものでもそれがなぜ起きるのですか？」

「低温とはいってもそれは人間から見ただけで、自分が氷の身になってみるとマイナス五度とかマイナス十度とかはものすごく高い温度なのです。もう少しで融けてしまうわけですから。つまりさっきの粘土で作ったものを炉に入れたときの状態と同じことになっているわけです。実はよくすべるとか流れるとかいうことは、高温の問題なのです。つまり低温とか高温とかは、自分の持っている融点で決めなければならぬことです。鉄で例えて言えば、日本刀などを作るときに見られるような真っ赤にやけた状態だと思えば良いわけです。鉄だってそんな状態では簡単に曲がるでしょう。つまり液体的な性質が出てくるわけです。」

「本当に低温度というのは、氷にとってはマイナス百度とか二百度とかいう温度で、その状態ではもはやすべらないわけです。ほとんど流れなくなり、焼結など起こらなくなります。これと非常に関連した問題で、付着という現象があります。物にくつつくという性質です。」

「水に濡れている氷は手にくつつきませんが、冷凍庫の冷凍食品などふれると手にくつついたりする現象のことですか？」

「手が濡れていて急激にくつつくのは水が瞬間的に凍結するからです。今言っているのは、そのこととは違い私達が日常経験すること、例えば車で走っているときと雪がいたる所にくつついてしまうでしょう。ほっておくと、どんどん団子になってしまふ。列車などでも着雪が起る。電線にも着雪が起り、事故が発生します。」  
「雪が濡れていると、スキーなどにベタベタくつついてしまいますね。」  
「それは雪に含まれている水の表面張力でくつついた状態になるわけです。一方、乾いた雪でもかなりくつつきます。冷えた日でも車などに降ってきた雪がくつついてしまうことがあります。とけななくてもくつついています。これも氷が自分自身の高温度にあるからです。マイナス百度とか二百度とかでは起こらないわけです。砂み

昔、南極観測に行き遭難したスコットが、その記述にマイナス四十度以下になると急にすべらなくなると言っています。南極の雪原を例えて白い砂漠などという表現をしますが、実際に砂漠みたいになっちゃったわけです。このように氷の変わった性質というのは本来持っている体積の膨張などの性質に加えて、融点に近い高い温度であるために現れる性質が両方重なって現れてくるというのが自然の現象でしょう。ふだんあんまり見慣れていることもかなり変わった性質なのです。

諏訪湖の御神渡りなども氷の不思議な性質なのでしょうか？あれは諏訪湖だけにしかできないのですか？

「北海道にもあります。屈斜路湖にも非常に立派なものができます。すばらしいものです。信仰では男の神様と女の神様が会いに行つた通り路とかですが、人がまわりに住んでいますからお神渡りができるのが毎年見えるわけですし、音も聞こえます。何本もでき、出来方によつて豊凶を占つたりしていますね。千五百年代から記録が残っています。何月何日どちらの方向に起こつたという記録が諏訪大社に奉納してあつたわけですが、明治になつて迷信をやめさせるといふことになり貴重な記録が絶えてしまいましたね。これらの記録は利用できるわけです。御神渡りは氷が湖に張らないとできない。寒い年程早くお神渡りができるということですから、長い記録から気候変動を知ることができるわけです。それが世界でも非常にいい記録になつていっているのです。ヨーロッパでも、気象台ができる以前からですからね。」

## 日本を沈没させる氷

ところで氷河のお話に戻りますが、氷河時代になつたら日本はどうなりますか？

「氷河時代が来て一番困るのはアメリカとヨーロッパ、カナダ、ソビエトではないでしょうか。氷におおわれて国がなくなつてしまつから。日本は大丈夫です。大氷河時代が来ると逆に海岸線がしりぞ

いて、国土が広がるわけですよ。勿論気温が下がつて農業生産物が低下したりしますが、逆に融けたら大変ですね。

しかし、今世界の気象学者が心配しているのは、寒冷化もそうですが温暖化も心配しています。炭酸ガスによる温室効果で、地球がどんどん暖かくなつてしまつ。南極大陸の氷が全部とけたら海が六十メートルも上昇するといわれています。こんなに上昇したら札幌、東京、大阪は全滅、大都市はほとんど海の底になります。全部ではないにしてもその一割が融けたとして、六メートルとしても日本では海抜ゼロメートル地帯がたくさんあるんですから、かなりの国土が沈みますよ。「日本沈没」ではありませんが気候の温暖化による半沈没はあり得ることです。現に今から四千年から七千年前までは地球の大氷河時代が終わり今より暖かで、その当時は現在よりも海面が二メートルほど高かつたといわれていますが、東京の浅草あたりは海だつたわけですね。」

## 雪は白いダイヤ

私達の暮らしとこのような氷の問題や雪や氷の研究との関連についてはどのようにお考えでしょうか？

「先程の高圧の氷については、高圧高温物理学の基礎として氷の研究は役立つと思います。さらに範囲を広げて、雪氷の研究をなぜするかという問いに関しては、人によつて違つてしまうが、私はこう考えます。人間に限らず、生物全般が地上に棲んでいます。これらは水の中に住んでいると言つても良いと思うのです。金魚鉢の金魚のように。」

つまり私達は大気の下に住んでいるわけで、大気は酸素や窒素の他に水蒸気を含み、まわりは湖、川、冬は積雪などで、実に水だらけです。私達人間の体も男性は五十五%、女性は少し多くて六十%が水で占められているといわれている位ですから。もともと生物と云うのは、海から発生してきたと言われていますが、血液の塩分濃度が海水と同程度であることなど、海から発生したことはまちがい

ないですね。植物などは九十%以上も水ですね。このように生物と水との関連は極めて密接なわけです。

この水の世界、つまり水圏の中に生物は棲んでいるわけです。

北海道などでは、冬は水は凍り、雪が積もり、土は凍ってしまい、その中で私達は生活をしているわけです。ですから、これらの性質を知らなければ私達は、それらと調和して生きてゆけないと思うわけです。だから、氷や雪や凍土について、どのように分布しているのか、状態や形態はどうか、そしてその性質は、などを研究してゆくことが大切であると考えているわけです。

また雪や氷におおわれた南極とか北極とかは日射を良く反射してしまふ。ということは、太陽からきたエネルギーの大半を反射してしまふわけです。それから気象や気候と関係があるわけです。氷は赤外線をものごく吸収し、また放射をする。放射冷却が強く起こるわけです。ですから、南極、北極、海水、氷河などは気象、気候変動の立場からも雪氷学のテーマがあるわけです。さらに災害という問題があります。雪が大量に降って交通が止まったとか、雪崩で人が死んだとか、鉄道、道路が埋まったとかありますが、陸上、海上、空の交通もとだえてしまいます。凍上害などで、線路、建物、道路が破壊したりします。これは雪や氷の世界に人間が住んでいるためですが、少しでもこの災害を減らしたいという人間の自然に対する本能的な働きがあるわけです。そして災害を防ぐための基礎研究がなされているわけです。大学の研究者として応用的な面を考えたと上の基礎的研究の必要性があります。また例えば、新幹線に関連して、列車着雪の問題などがあり、それらに取り組み実用研究の分野もあります。

実は雪の害ということばかり言ってきましたが、益もあるわけです。最も自然界に対して害とか益とか言うのは、人間中心の発想ですが、益としては雪が水資源であるということです。北海道では雪が毎年百億トン程積りますが、それが全部水として使える。これが本州などの梅雨による水に相当し、北海道の稲作などに有効に働

いているわけです。本州の山岳部では雪が多く積もり、東京の水までまかなっているわけです。雨の方が量としては多く降るのですが、これは一時に流れてしまいます。しかし、積雪は二、四ヶ月もかかってじわじわ融け、実に効率の良いわけです。水力発電の関係者は昔は「白いダイヤ」と呼んでいた位です。

また積雪の下に埋まった植物は引きさかれたり、曲げられたりしますが、樹林などの温度と水分をほどよく保ってくれる働きが積雪にあるんです。ちょうど、ふとんをかぶった状態にあり、熱が逃げない。寒さが入ってこないわけです。植物はそれで越冬できるわけです。さらに雪があれば水分は補給されますから、植物にとつて雪は非常に大切なわけです。大雪山系の原始林も積雪によつて育てられたといつても良いと思います。このような水資源に関連する研究が大切ですがさらにこれからは、重要な研究課題になると思います。現に国連のユネスコが中心になり一九五五年から世界的組織を作つて世界中の水資源を調査することが行われています。もちろん海水を除いた真水としての水のことですが。」

#### 第四話 「サンショウウオの話」

サンショウウオと聞くと、何となく神秘的な雰囲気を感じました。いったいどんな生き物なのだろう。夏の暑いある日、サンショウオについて研究されている森谷常生さんをお訪ねしました。

##### 高等なサンショウウオ

サンショウウオは魚ですか？

「魚じゃないんです。進化的に見れば、魚よりもちょっと高等な

動物と言われています。脊椎動物を進化の過程からいうと、魚類両生類は虫類という流れがあり、サンショウウオはこのうち両生類に分類されます。両生類は生物が水の中から陸上へ上がって進化していった中間に位置する、いわば過渡期の動物なんです。両生類はこの進化の過程を、卵からかえって成長していく一生のうちに見せているわけです。また、その発生の過程では変化が激しくいろいろと面白いことがあります。」

北海道に生息する両生類はサンショウウオの他にいますか？

「これは僕も非常に面白いと思ってることなんですが、日本には三十種類の両生類が生息しているのに北海道ではそのうちわずか四種類しかないんです。北海道が両生類にとってどういう意味をもつ土地なのか、僕はちょっと興味をもっているんです。」

「そうです。今、世界に現存する両生類はカエルのようにしっぽのない無尾類、サンショウウオのようにしっぽのある有尾類、そして足なしイモリのようなへびみみたいなかっこをした無足類と大きく三つに分けられます。」

### 冬はどこに居る？

冬はどんなふうに過ごしているのですか？

「北海道のように雪が多く寒冷な土地でどうやってすごしているのかは大きな問題なんです。この点に関してはまだはっきりとは調べられてはいないようです。理科の教科書なんかには両生類は冬に必ず冬眠すると書いてありますが、北海道の両生類はどうもそうではないらしいんです。エゾサンショウウオは冬に雪の下の下草のところで、ミミズやワラジ虫をえさとして食べているらしいんです。また、苫小牧付近の凍土地帯でエゾアカガエルが生息しているらしいんですが、凍土地帯では冬三ヶ月四ヶ月くらいまで凍ってしまうわけで、一般に言われているように土にもぐって冬眠するのであれば、エゾアカガエルは凍って死んでしまいます。しかし実際

は非常にたくさん生息しています。これはどうもエゾアカガエルは土の中ではなくて積極的に水のあるところ（そこでは0度以上です）、たとえば湧き水の流れているような所にもぐって冬を越しているらしいんです。一般に、両生類は土にもぐって冬眠すると画的に考えられてきたんですけど、実際はもともと多種多様な面白い冬眠のしかたがあると思います。」

サンショウウオは札幌の近くでもみられますか？

「札幌付近は盤溪で見られます。でも僕らの目にふれるのは産卵期だけです。普段は陸の上において水にはいることはありませんが、産卵期に水のあるところにやってきて卵を産むのです。」

### 泳げないサンショウウオ

産卵はどのようにするのですか？

「四月の終わりから五月の上旬にかけて卵を水の中に産みつけます。夏にはそれがかえって、八月ころには変態します。ただ、これは温度の条件などによって異なります。」

どうして産卵期にだけ水のあるところにやってくるのですか？

「これにはとても面白いことがあるんです。カエルは産卵期以外でも水に入ったり出たりしていますが、サンショウウオは産卵期にしか水に入らないんです。ではどうして水に入りたくなるのかというのですが、鳥には渡りという行動がありますが、これはプロラクチンという人間で言えば泌乳ホルモンで乳を分泌させるんですが、そのホルモンの働きによるものです。だから鳥にプロラクチンを打ってやれば渡りを起こすようになります。ところがこれをおたまじゃくしに打ってやると渡りをするわけでもなくもちらん乳を出すわけでもないんですが、どんどん成長していくんです。このようにプロラクチンは両生類に対しては成長を促すという働きがあることが最近知られるようになったのですが、それだけでなくこれをエゾサンショウウオの親に打ってやると水に入るようにな

るんです。

ふつう陸上にいるサンシヨウウオを、まあ両生類だから水が好きだろうと水に入れようとするといやがって逃げちゃうんです。どうもみていると水に潜れないであっぴあぷしているんです。ところがプロラクチンをうったサンシヨウウオは逃げないですと水に入っていくんです。それを見ていてはてなと思って、これは単に水が好きだと言うのではなくて、水にうまく入れると言うことはサンシヨウウオの比重が違っていているんではないかと考え調べてみると、打つてないものは比重が一より小さかったのに対して、打つたのは一よりも大きく確かに重くなっていました。このように陸上にいるサンシヨウウオはおそらく日周とか温度の変化などによって産卵の時期になるとプロラクチンが脳下垂体から分泌されて水に入りたくなり、また比重も大きくなって水の中に入って産卵できるようになるわけです。」

サンシヨウウオの寿命はどれくらいですか？

「よくわかっていないんです。ただ、一番長生きするといわれているオオサンシヨウウオについてはあの有名なシーボルトが日本からオランダに持ち帰ったもので五十数年後に死んでその時一メートル三十七センチほどになっていたという記録が残っています。このことから寿命は六十年くらいだろうと思われれます。」

### 子供のまま大人になる

サンシヨウウオのどんなところに興味があつて研究しているのですか？

「一番面白いと思ったことは、クッタラ湖にいたエゾサンシヨウウオなんです、一生変態できずに幼形のまま、だからおたまじゃくしのまま水の中で成熟し卵を産んだという例が見つけれませんでした。一九二四年佐々木先生が初めて発見して発表しましたが、その後一九三三年に牧野佐二郎先生が見つけた一匹が最後で、以後採集されていません。というのはそのころから湖でチップの養殖がはじ

まり、エゾサンシヨウウオはその餌として食われてしまった可能性があるわけです。もしそのようなことがなければ変態をしないサンシヨウウオが世代交代をしながら生き延びていったらどうと思われれるのですが、たまたま不幸なことに絶滅してしまつたわけです。なぜクッタラ湖で変態できないまま成熟し卵を産んだサンシヨウオが息息していたのかは興味のあることです。クッタラ湖というのは火口湖で湖に流れこむ川もありません。だから湖が出来た当時は魚はまったく住んでいなかったわけが一番最初に湖に入れたのは陸から歩いて入れる陸上の両生類のようなものだったはずだと思われれます。」

そこで陸上を歩けるエゾサンシヨウウオがやってきたわけですね。そうですね。エゾサンシヨウウオは湖に入って卵を産みつけたのですが、湖の水があまりに冷たかつたので生まれてきたサンシヨウオは変態できず、『おたまじゃくし』のまま成熟した卵を産み次々に代をふやしてきたというのが、湖が開発される前の姿だったわけです。このようにエゾサンシヨウウオには外界の環境の変化に適応できるような力があつて異なつた環境ではそれまでとはまつたく違つた形で生きていくことができるという内部適応力をもつているわけですが、それを駆逐するような害敵が現れた場合はその適応力の発現がおさえられてしまつたという例がクッタラ湖でみられたわけです。」

そのような変化が温度条件だけによるものであるなら、実際に実験室で検証できるのではないのでしょうか。そうですね。低い温度ではどうして変態できないのか。なぜ幼形のまま大きくなつて成熟し卵を産めるようになるのか、ということを実験室の中でやつて明らかにしたいということが今一番興味をもつてやつていっていることです。例えば二〇度では五十日ほどで変態するのに、低い温度では二年近く変態しないでほとんど大きくなっていきます。僕は一番大きしたのは八〜九センチのものですが、普通は五センチくらいで変態してしまいます。こういう変態を促し

たり成長させたり生殖腺を刺激するのは、ホルモンの働きによるものです。そこで、これまで色々なホルモンを注射して色々な温度で飼ってみて、変態がおきたか、成長がうながされたのか、生殖腺が刺激されたかをみてきたわけです。

また、例えば、おたまじゃくしが変態すると尻尾がなくなるわけですが、これは変態ホルモンの作用によって尻尾が吸収されて消えるからです。このホルモンは尻尾にだけ作用しそれを吸収し決して全部の組織に作用するではありません。それでないとカエルは全部なくなってしまうから。これはホルモンに尻尾の細胞にだけ結合できる受容体があつて、それが結合すると細胞の中から分解酵素がでて尻尾の組織をくずして消化してしまつわけです。」

「ヒトの生命の研究とどのような関係がありますか？」  
「無理して関係づけようとすればないことはないけれど、強いて人間の生活とか人間の生命を大事にするためにどう役立つかなどとは思つていないのです。でも、こういう研究が役立つ可能性はあると思います。たとえば、尻尾というのはほとんどが筋肉からできているんですが、そういうのが消えていくということは、今話題となつている筋ジストロフィーがどうして起こるのかという問題などともつながつていくと思います。」

## 第五話「凍上と凍土の謎」

凍上と凍土の謎というテーマでお話をつかがいたいと、アラスカ行きの準備でお忙しい堀口薫さんをお訪ねしました。

水は下から上へ“流れる”

まず凍上というのは簡単にいうとどういうことなのでしょうか？

「凍上というのは、冬寒くなると土の中にある水が凍りますね。そして地面が持ち上がる現象のことなんですよ。」

「どこに氷ができるんですか？」  
「地面の中に。簡単にいえば冬季北海道では気温が0 以下になつてくると地表面から凍りますね。この凍る時に潜熱を出しますからその場所の温度が少し上がるんです。あまり寒くない時は、もう氷化はその場所からそれ以上土の中には進行しないで止まつてしまふんです。これを凍結面と呼んでいます。そしてそういう温度が続いていきますと、この静止した凍結面で氷ができ、霜柱みたいに氷の層が成長していくんです。ところが気温がもっと低くなると、止まつていた凍結面はもつと地中深くまで進んで、凍るときに出す潜熱が土壌の伝導による熱にみあうようになるとまたそこで静止して、霜柱のような氷の層ができるわけです。」

「そうすると土の中にいくつもの氷の層ができるわけですか？」

「そうです。水が凍る時体積が9%ほど増えますよね。それで地面が持ち上がるんです。ただ、もともとその場所の土の中にあつた水が凍るだけなら、たとえば、地面から四十センチ凍つたとしても四センチ位しか地面は上がらないんですよ。ところが実際はもつと上がることもあるんです。何十センチもね。というところは、その分に見あうだけの水分が凍結面に向かって下の方から移動してこなければならぬことになるわけです。」

「それは、吸い寄せられて来るんですか？」  
「そう、吸い寄せられて。だからこの凍上という現象が起こるには、こういう水分の補給が十分にあるということが重要なわけですね。」

「こうして地面が持ち上がる現象を凍上というんですね。」

## 土も凍れば怪力

ところで、北海道ではどのくらいの深さまで凍るんですか？

「そうね、札幌では四十〜五十センチ、旭川では九十センチ位、大変寒い陸別では一メートル二十センチ位かな。」

やはり寒い地方ほど深くまで凍るんですね。そういう地方では凍上による被害も多いでしょうね。

「そうですね。たとえば汽車の線路で凍上が起きると、列車の運行上障害になりますね。ただ、凍上といっても線路全体が一樣に持ち上がってくればいいんですけど、たとえば片方だけが持ち上がり、一様には起きてくれないんですね。このことを不整凍上と言います。」

それは土に含まれている水の量が場所によって違うからですか？

「そう。札幌近郊ではそういうことはないでしょうが、雪の少ない道東の方では、保線の人達が線路を歩いて、凍上で線路の傾いている所を見つけては“はさみ木”といって線路と枕木の間に木の板を挟み込んでやるわけです。ところが、これはひと冬に一回入れればいいというものじゃないのね。凍上が進む度にだんだん厚いはさみ木を入れていって、それで春になって融け出すと、今度は逆にだんだん薄いのを入れてやるわけです。」

札幌の近郊ではそういう凍上の被害はあるんですか？

「ありますけど、対策がしっかりしているから……。例えば道路がひび割れしているのを見かけたことがあると思いますが、これも凍上による被害なんですね。春になるとちゃんとかくっついてしまっんですよ。そういう被害が出ないように道路の進行をおさえる改良をしてやるんです。下の方を掘り起こして凍上しづらいもの、例えば砂を入れたり、前は断熱材も入れたりしました。」

砂はどうして凍上しないんですか？

「それは、砂というものは水を吸い上げる力があまりないからなんです。前にも言ったように凍上が起こるには、その土の中に含まれている水分以上に、より多くの水を吸い上げて補給してやらな

ければならないわけです。こうして凍上に対する対策も進んできているから道路もとてもよくなってきましたね。そんな例は道路以外でもたくさんありますよ。玄関が開かなくなるとかね。」

そうですね。シベリアの方でしたかビルが傾いたりすることもあるそうですね。どうしてそんな大きな力がでるんでしょうか？

「いろいろの人が調べているけど、まだはっきりと解明されてはいないんです。でもだいたい言われているのは、凍上の力は、前にも言ったように、凍結面で霜柱のような氷の層が作られそれが成長していくわけですが、そのときに生じる力だということですね。この凍結面で氷と水が土のつぶつぶのすきまを通じていっしょに存在しているということが凍上の力を生み出すのに重要であるようなのです。だからたとえば、瓶に水を入れて凍らせると瓶が割れますが、その時生じる力とは本質的に違うんです。」

土というか粉体に関係している力なんですね。そしてこの土つぶのすきまが小さいほど“力”がたくさん出るといわれているわけです。だからさつき道路が凍上しないように砂を入れるといったのは、砂はこのすきまが大きいんですね。そういうものはあまり“力”が出ないからなんですね。」

## 役にたつ凍土と凍上

ところで凍上という我々には被害をもたらす悪者というイメージが強いんですけど、我々の役にたつようなことはないのでしょうか？

「そうですね。たとえばビルディングが建っていたり、川が流れている所で地下鉄の工事をするとしますね。もしそのまま地下にトンネルを掘り進んでいったとすると、ビルが傾いたり、川の水が流れ込んでくるかもしれないですね。だからそうならないようにビルや川の下のを凍らせてしまっんです。そうして工事を進めて、その場所をコンクリートで補強してから土を融かしてやるんです。実際東京の地下鉄工事でもやられたんですよ。もちろんまわりから水が補

給されないようにして、よけいな凍上が起きないようにしているんですね。」

凍上という問題については、民間の会社でもさかんに研究が行われていますね。企業においても必要とされる研究テーマなんですか？「そうですね。たとえば、天然ガスやプロパンなんかを日本に運んできてそれを貯蔵する場合ですよ。気体のままだと場所をとりまですから液体にして容積を小さくして貯蔵するんですけど、そうするとマイナス百八十度以下の非常に低い温度にしてやらないとならないわけです。地上に冷凍タンクを作って貯蔵しておいて、もし地震なりそういう災害があった時、それが壊れて流れ出す可能性がありますね。それで地下に穴を掘ってその中に低温の液化天然ガスあるいは液化プロパンガスを入れるわけです。そうすれば地震が起きても流れ出す心配もなく住民に迷惑をかけることもないでしょう。ただこうしておくともわりの土が凍るわけですよ。そうするとさつき話したような凍土の力が地下タンクに及ぼされるので、あまり強くないタンクではだめなわけです。このような問題については企業にとっても貴重な研究テーマとなっているんじゃないでしょうか。」

## 第六話「植物の耐寒性のしくみ」

今回は『寒い地域に育っている植物はどうして凍らないのか？いや、凍るけど生きかえるのか？そのしくみはどうなっているのでしょうか？』との疑問をたずさえて、酒井昭先生をお訪ねしました。

まず最初に植物はどのように越冬するかということをお聞きしたいと思います。

「むずかしいですね。」

たとえば庭木に冬囲いをしますが、あれは寒さを防ぐためですか？

「いやあれは、寒さというより雪折れを防ぐためなんです。あれで寒さを防ぐことはできないんですよ。」

寒くても木とかは平気なのですか？

「そうですね。この辺でエルムの木などは直径一八〇cmあります。中が凍っているんですけど、外と接している葉とかはもつと外気温に近いんですけど。」

### 凍っても生きかえる植物

それでも死なないのですか？

「生きています。冬になって霜が降りますと、道端の雑草がみんな地表面にひれふしているでしょ。そしてとけると又ピンと立ってくる。例えばダリアはいったん凍ってしまうともう立ち上がれない。葉も緑にもどらない。タンポポの葉っぱは凍ったり融けたりを繰り返して冬を越しているのです。」

ダリアはだめです。タンポポはいい？

「それはどなたもご存知ないでしょう。わからないんです。まだ。非常に難しい問題です。」

生き帰ると死ぬのがあるのですか？

「そうですね。要するに、中が凍ったらもうだめなんです。中とはどこに氷ができるんですか？」

「生き物は、すべて細胞からできているでしょ。細胞の中に氷ができたら死んでしまうんです。普通は細胞の外側に氷ができるんです。そうすると霜柱と同じように温度が下がると、細胞の中の氷は外に出てだんだん凍っていくと、その中が濃くなる。塩水の中で凍るのは水だけで、中の塩は濃くなってきますね。細胞の場合だと、細胞

の外に水が出て凍るといふことなんです。中が濃縮されましょ。」  
「それで生きていますか？」

「そうです。これを細胞外凍結といっているわけです。」  
「もつと温度が下がっていくと中も凍っていくのですか？」

「いや、いや、強いやつは凍らないんですよ。マイナス二百六十度位までいっても生きています。」  
「どうして凍らないんですか？」

「ある限界まで水がどんどん外へとられていくと、中に残っているのはもう凍らない水なんですよ。」  
「どうしてですか？」

「いや、どうしてかは、それは、専門的にいえばね、いろんなタンパク質についているいわゆる結合水とか。だから大豆の場合でもね、かなり乾かしても数%は水は残るんですよ。」

動物とかは、凍ったら生き返りませんよ。植物はどうして大丈夫なのですか？」

「植物はだつてマントも何も着ないでむき出しになって突っ立っているわけですよ。動物は、逃げていけますでしょ。植物は、凍った状態で温度が下がっていきま。風にあたるし、やつぱり自分でそういう寒さに耐える能力をもっていなければ、こういう氷点下の所で生きられないでしょ。なぜかと言われても分かりませんけどね。逃げるのができないわけですよ。だから色々な方法で生きる知恵を獲得しているわけです。」

### 植物の冬支度とは

「夏に急に気温が冬のように下がったら植物はどうなりますか？」

「それは非常に良い質問であつてね。あの全部死にましょ。植物はマイナス五度の気温がある時間続いたら……。」  
「どうしてですか？」

「凍結に耐える能力がないから全部死んじゃいますよ。」  
「でも冬はあるわけですね。」

「冬はあるけど夏はないんですよ。」  
「なぜ無くなるんですか？」

「いや、なぜなくなるかは知らないけど。要するに夏の間、どんどん成長している時は、全く凍結に耐えられないんですよ。」  
「成長に力を使うからということですか？」

「いやそうじゃなくて、だからね。体の状態が違うわけですよ。要するに、どんどん成長している時はね、凍結させちゃうとみんな死んでしまいますよ。だから冬は耐えられるように、ある時期に切り変わるわけですね。いわゆる冬支度をするわけですよ。」  
「葉を落としてですか？」

「いや。その前に、まず成長を止めるということをしましょ。」  
「それも冬支度の一つなのですか？」

「ええ。ですからこういう多年生の植物は、こういう季節にうまく対応して生きているわけですよ。熱帯性植物はそういうことないからいいんですけど。ですから、一番大事なことはね、夏の成長というの、例えて言えば、浴衣がけられているわけです。皆さん、やつぱり冬支度という、植物自身が温度が下がってくると、夏の浴衣着たままでジューとして動かない状態で、耐えているのが休眠だと思つていてと思うんです。そうじゃなくて、植物というのは、成長を止めて物をため込むわけです。冬越しのため、夏の状態から冬の状態に、体中、全部衣替えしてしまつたんですよ。」  
「たとえば葉を落とすというの、一つなのですか？」

「葉を落とすのは、単なる一つの過程ですね。そういう状態で夏型から冬型にその体の状態を変えてしまつたんです。これはうちの研究室の一番大きな問題がそれですね。十二月の初め頃になつてくるとマイナス三十度の凍結に耐えます。つまり、成長が止まりますとマイナス五度の凍結に耐えるようになって、だんだん、だんだん、凍結に耐える能力を獲得していくわけです。そして冬の間、それを維持していて、三月頃から、また弱くなつて春、芽を出す頃になつてくると、冬の状態から夏の状態に体を切り替え、成長の段階に

入るわけですよ。」

寒さに強いということは暑さに弱いということなのでしょうが？

「そうはならないですよ。道産子はね、東京で弱いですよ。でも木の

場合、両方強いやつもいるんですよ……。でも植物というのはそれ

ぞれ好みの温度があるわけです。一つは、北の来るほど、夏が涼し

く同時に短くなるでしょ。それから冬が長く寒くなって来ますね。

それともう一つは、南に行けば当然暑くなって、それから冬は暖か

くなりますけど、そういう気候帯をモンスーン気候と言っています。

要するに夏雨気候です。札幌には常緑樹が一本もないし針葉樹もあ

りません。植えたもの以外は……。気候帯がまったく違う、例えば、

地中海性気候のようなカラカラの半砂漠地帯の所にはシレとか落

葉樹がないわけです。こういう木というのは夏の乾燥に弱いわけ

ですよ。ですから、夏雨の地帯にしか落葉樹はないんですよ。」

### 凍害とその防止対策

北海道では植物の凍害はどの位あるのですか？

「北海道では寒さに弱いものは植えていない。だから、凍害はない。

霜の害は、トドマツとかリンドゴの花とかによくあります。凍害は暖

かい地方に多いんです。」

凍害はどうやって防いでいるのですか？

「それはひとくちでは言えませんね。えーと、たとえば、東海道線

から見るとみかん畑は山の斜面にありますでしょ。外国人はそれを

見て、日本はとにかく土地がないからこんなところに植えて……。私

もそう思っていました。」

「でしよう。これは生活の知恵。あそこしか育たないの。それはね、

寒い時期、空気が冷えると重くなり盆地の底の方に冷たい空気がた

まりますね。だから山の斜面の方がわりあいあつたかい。山の上の

方ではまだ気温が低いですから、寒さの程度に応じて種類を変えて

植えています。静岡県では、下からミカン、お茶、杉とか松とかの

順になっています。アメリカでは、グレープフルーツとかオレンジ

とかの凍害が問題になっています。苦いのや、中がスポンジのよう

になったのは一度凍ったものです。オレンジは熟すためには冬を越

さないため。年内に収穫ができないんです。果物の凍結が国際的

に問題になっています。また、どんな農作物も、収量の良いものが

選抜されて、収量の悪いものは淘汰されてますね。それも肥料を与

えて、人工的に良い条件を作って収量を高めるようにしている。し

かし、長い将来のことを考えると、収量は良くないが、病気に強い、

寒さに強いという能力をもったものを地球上から絶えないように

保存しなければならぬ。特に、稲、大豆等の穀類が世界的に大き

な問題になっています。タネで貯蔵したり、茎の先端一ミリ位切

って特殊な方法で保存したり、いろいろやられています。私も長い

間、このような優良な遺伝子を保存するための基礎研究をやってき

ました。」

冷凍保存の方法も進歩してきましたよね。

「ええ、以前妊産婦の方を冷凍処理して、あとで融かしたら赤ん坊

がフニャフニャと言って生まれてきましたしね。」

え？！本当ですか？

「いやいや、これは作り話ですけど。血液や皮膚や精液などは冷凍

できますが、動物はダメですね。」

長い時間ありがとございました。」

### 第七話「雪の結晶のできるまで」

札幌にも初雪がおとすれ、周囲に見える山々の頂きが白い雪でお  
おわれる季節となりました。今号は『どうして色々な形の雪の結晶  
ができるのだろうか』との質問を用意して、古川義純さんをお訪ね

しました。

雪とはいった一言で言うとは何ですか？

「エーあのー、雪って言うっても、空から降ってくる雪と積もった雪と両方あります。今日は降ってくる雪ということですから、雪の結晶のことですね。家庭の冷蔵庫で作る氷というのは、水が凍って氷になるんですが、雪の結晶というのは、水蒸気が直接氷になった、というものなんです。それともう一つ、大気中でできて、降ってくるということも雪の定義としては言えるかもしれないんですけど……。」

### 雪は天からの手紙

中谷先生の有名な言葉に「雪は天から贈られた手紙である。」というのがあります。これはどういうことなのでしょう？

「エーとあのー、雪の結晶の形というのは、温度と水蒸気の量で決まるわけですね。たとえば、温度がマイナス十五度位で水蒸気が多い状態ですと、よく一般的に知られている樹の枝の形をした樹枝状結晶というのできるわけですね。だから地上であのー雪の結晶を観測している樹枝状結晶が降ってきたとしますね。すると、その結晶ができた雲の中の温度はマイナス十五度位で水蒸気の量も多いだろう、というように上空の温度と水蒸気の量もだいたい推定できるわけです。」

「ただ地上の温度がわかれば上空が何度位なのかわからないんですか？」

「ウン、それは、気温減率というのがあるって、例えば百メートル上空に行くと温度は何度下がるという法則性があるってほしい推定できますけども、雪の結晶は、どこの高さで出来たのかわからないわけですよ。」

中谷先生が初めて人工雪の実験に成功したとき兎の毛で作ったそうですけど、これはどうしてなのですか？

「厳密には、どうして兎の毛がいいのかという事は、本当はよくわ

からないんですけど、あのー普通雪の結晶ができるためには核になるものが必要なんです。普通は、土の小さな粒子とか、海から出てきた塩粒子とかそういうものが核となるわけですが、実験室で作るときはそういうものがないわけですよ。それでそのー、何か核になる様な代用品を持ってこないといけないわけです。で、兎の毛というのは、電子顕微鏡でよく見ますとね、ちょうど一ミリか数ミリの間隔で、小さなでっぱりがあるんです。そのでっぱりが核になって雪の結晶が出来る。で、それがちょうどいい間隔にでっぱりがあるものだから、うまく雪が出来るんです。そういうのじゃなく、例えばのつべらぼうのグラスファイバーの様な糸だと、いたるところに霜の結晶みたいのができちゃって、きれいな六角の結晶を作らないのです。」

「それじゃ、核になるような物のないきれいな大気の中では雪はできないんですか？」

「そうですね。できないんです。」

「エー、ものすごく温度が下がると別ですけど、普通、地球上であらわれてくる程度の気温では、できません。」

「青少年科学館で、人工雪を作りましたね。あれは、昔中谷先生が作ったのとどういふ所が違ってますか？」

「エーと、兎の毛などでつり下げてやれば、一見雪の結晶に似たものになります。結晶ができる時の条件というのは、厳密な意味で天然の結晶とは違うわけですね。例えば水蒸気が供給されるときに、天然の結晶はあらゆる方向から供給されるわけですね。ところが、うさぎの毛の方法だと一方向からしか水蒸気が供給されません。それで必ずしも天然の結晶とはイコールではない。ところが風洞を使ってやれば、結晶は空中に浮いているわけですから、まったく天然と同じ条件で雪の結晶が作れるというわけですね。直径が一ミリ以上の結晶を空中に浮遊している状態では作ったのは他には例がなく、あれが最初ですね。」

どういふ点がうまくいった原因ですか？

「天然の雪の結晶は何メートルも落下してあのようになくなるわけです。しかし、科学館の風洞はせいぜい十五メートルしかないわけですから、ただそのまま結晶を落とすたんじゃ、せいぜい直径で0.5ミリくらいにしかならない……。そこで下から上に向かって風を吹かせてやるわけです。結晶は落ちようとするんだけど、下から風が吹いているから逆に持ち上げられるわけです。そうすると、風がないとすぐに落下してしまふ結晶が数分以上空中に浮いていることができるわけですね。それで十分成長する時間がかせいでるので大きくなるんです。今、約二ミリ弱の結晶ができています。十分肉眼で見える大きさの結晶ですね。」

雲の中にある水蒸気は凍ってはいないのですか？

「エー、雲というのは、普通、過冷却した水でできています。普通水というのは0度になつたら凍りますけど、非常に小さな雲粒みたいなものになつて来ると0度以下になつても凍らないんです。水のままでいるんです。」

それはどうしてなんでしょう？

「それは非常にむずかしいんですけど、水が凍るためには温度が下がって来てもですね、何か核になるようなものがないといけないんです。たとえば、コップに水を入れて冷蔵庫で冷やすと、コップの壁についている傷だとか、水に含まれる不純物だとかが原因で、そこから0度になると氷ができてちやうど。ところが上空にある非常に小さな雲粒みたいなのは、なかなか凍らない。雲ってというのはそういう状態になつて、その中で何か氷の結晶ができると、それがどんどん雪の結晶として大きくなっていきます。」

雪はなぜ六角形？

あの、雪というと、普通雪印マークのような六角形をすぐ連想しますけど、どうして六角形になるんでしょう？

「これは、絶対こういう質問が出るからと、さつき勉強したんです

けど……。エーそれは、非常に難しい問題があつて一概には言えないのですが……。一般的には、氷の結晶というのは、水分子でできているんですけど、氷の構造が六方対称の形をしているというのが、結晶の外形にも反映しているということなんです。難しいな。図に書けばもう少しよく説明できるんですけど……。」

でも、六角でない雪もあるんですか？

「エーあるんです。普通知られているのは針状のがあります。細長い様なんですけど。しかし一見、六角じゃぬですけど、あれはよく見ると、六角の長い柱が基本とみられます。六角の柱じゃなくて六角の板になつたのが、一般に雪の結晶として知られている雪印のマークの結晶なんですね。だから基本は、みんな六角なのです。だけれども、最近、三角の結晶とか色々あつて、そういうのはどうしてそうなるのか、よくわかりません……。」

今の所見つかつている結晶の種類というのは何種類位あるんですか？

「それもさつき、勉強したんですが、中谷先生は、確か四十一種類だつたかな、分類しているんですよ。その後、八十何種類に分類した人もいるし、そんなに細かく分類していても実際がないので、あんまり意味がないと思うんです。だいたい六角の板か、六角の柱かという分け方でいけば、せいぜい十種類位に分けられると思います。」

霰とか雹とかは何なのでしょう？

「エーと、霰は、雪の結晶に水滴がたくさんくっついて凍りついたものですね。雪の結晶が落ちて来る途中には、さつき言つた過冷却した水滴がたくさんあるわけですから、それが結晶にばんばんぶつかるわけですね。で、そういう風にぶつかりながら落ちてくると、だんだんまるい形になつてきて直径数ミリくらいの霰になるんですね。で、雹というのは大きいのだと、直径数十センチ位のがあ

るんですけど、非常に強い上昇気流があると、上へ持ち上げられるというプロセスを何回もくりかえして、だんだん過冷却した水滴

を集めて大きくなります。」  
「霰が大きいのを霰と言うんですか？」  
「ウーン、どうかな……。」

### 結晶成長のメカニズム

ところで結晶の形を決定するものは何ですか？  
「そうですね。温度と水蒸気の状態が決めればこつこつという形の結晶になるという事はわかります。何故かという理由を言えというつと、これはわからない部分もたくさんあるんですね。それは、僕らが今生懸命やっている研究テーマのひとつです。」  
「雪の他に結晶を作っている塩とかダイヤモンドとかも、条件によっていろんな形になるんですか？」  
「エーそうですね。雪の結晶ほど典型的なのはあまり他にはないんですけど。例えば、食塩の結晶なんかでも、結晶を作る時の条件なんかで形が変わってくる、ということはありませんね。ダイヤモンドでもそうですね。指輪はカットしてあるから元の形はわからないけど、原石というのは正八面体でしてそれもその生成する時の条件の違いで結晶の形が変わってくるということがあつて、それは結晶のモルフォロジー、形という意味なんですけど、という分野で、非常に難しい問題が沢山あります。最近たくさんの方が研究をやっていますけどまだまだよくわからない部分が多いですね。」  
「低温室の外の廊下でテレビを見てなにかやってみようかしらね。」  
「あれはですね。ネガティブクリスタルと言ってますね、日本語でいうと負の結晶です。つまり氷の結晶の中に作った穴を観察しているんです。結晶に注射針をさして、真空ポンプでどんどん空気を引いてやると針を通して氷が蒸発するわけですね。蒸発すると、中に六角の穴ができます。あのビデオでは蒸発しつつある表面の状態がどういふ風に変化していくかというのを観察しているんです。何故蒸発を観察するかというと、蒸発というのは結晶が成長するのとまったく逆の現象なわけです。蒸発の過程を観察することで、結晶が

蒸発したり、成長したりするメカニズムを調べようというのがないですね。」  
「どうもありがとうございます。」

### 第八話「生物細胞の凍結」

生物細胞の凍結保存とか、凍った生き物を生き返る、なんて話とはとても好奇心がわいてきます。今回は藤川清三さんをお訪ねしました。

#### 凍結細胞の生死の境

先生は、やはり細胞の凍結とかそういう問題を研究されているのですか？

「ええ、僕の場合は凍結と温度が低くなったところで細胞の機能維持に最も重要な生体膜の構造がどうなるかということですね。あの、赤血球の膜というのはものすごく簡単な膜で、調整なんかも簡単だからそれをモデルにして、膜の変化を電子顕微鏡で見て、どういった変化が機能とどういった関わりがあるかというようなことを調べています。」

細胞が凍るってどういうことなんですか？

「えーっとね、やっぱり水が凍るとまったく同じことなんです。ただし、凍結速度というのがものすごく効いてくるんです。例えばゆっくりものを凍らしたら、細胞膜の外側の氷が凍ってしまいい、細胞外の塩濃度が上がり、細胞内は脱水されて凍らないんですね。ところが凍結速度が速くなると、細胞膜を介した内と外での物理・化学的な平衡に達する前に、細胞の中が凍ってしまうから外側

にも氷ができるし、内側にも氷ができてしまつて。」  
一度凍ってしまったら、また暖めて元に戻したらどうなるんでしょ  
うか？

「生き返ることもあれば生き返らないこともあります。それには、  
二つのファクターがあり、凍らせる時に害がおこらないようにする  
ことと、解かしていく時に害がおこらないよ位すること。例えば  
僕達が使っている赤血球だとか精子だとかの細胞では、凍結速度と  
いうのに細胞の生き死にが関係してくるわけですよ。速い速度で  
凍らして、細胞の中に氷ができちゃったら、中の氷が物理的に細胞  
膜を壊してしまうわけですよ。だから解かした後も生き返らない  
だけどもあんまりゆっくり凍らしすぎると、膜が高濃度の塩(えん)  
にさらされる時間が長いので、これもまた元に戻らない変化を起  
しちゃうわけですよ。」

色んな速度というのとはちようど中間ぐらいの速度なわけですよ。  
色んな速度で凍らせていくと、一番生き残りやすい凍結速度とい  
うのはちようど中間ぐらいの速度なわけですよ。それは細胞の中  
に氷ができない限界で、しかもできるだけ速く凍らせた微妙な速度  
なんです。ところが、細胞によってはただ凍らせただけでは生き  
残れないものが大半で、そういう場合には、凍害防止剤っていわれ  
ているグリセリンだとかDMSOとかまあ色んなものを使うと、凍  
結保存が楽にできるわけですよ。」

「適切な凍結速度というのは細胞によって違うんですか？」  
「まったく違うんです。細胞内凍結がどの位の凍結速度でおこるか  
は、その細胞膜の水に対する透過性の違いによるものなんです。よ  
だから、例えばヒトの赤血球なんかの場合は、一分間に三千度ぐら  
いの速度のところ凍らすのが凍害防止剤を使わない場合に、生き  
返るために適当な速度のわけだけれども、イーストみたいなもんだ  
つたらこれもイーストの種によって違うけれど、一分間に五十度ぐ  
らいのところとか、それぞれの種によってものすごく変化するわけ  
ですよ。」

それで、今度解凍のところでは？

「凍結する時と全く逆のことが融解の時にもおこるわけなんだけ  
れども、一般的には融解速度というのはできるだけ速いほうがいい  
ということになっています。というのは、あまりゆっくりやると  
凍った氷が再結晶化して、これがまた害の要因になるわけです。」  
「一般的にはゆっくり凍らせて速く解かすということですよ。」  
「そうですね。ただし、ゆっくりというのは中間ということ。」

### ヒトの精子は強い

ヒトの赤血球は？

「赤血球は最も凍結保存しやすいものの一つです。精子なんかもそう  
ですよ。一番強い精子、例えば凍害防止剤をいれなくても生き返る  
精子っていうのは、人間の精子なんです。」

「あー、そうですね。たくましいんですね。(笑)」

「馬のは凍結防止剤をつかってもものすごくむずかしいとか、牛の  
はこういう速度でこういう凍害防止剤濃度でやったらいいだとか、  
やっぱり同じ精子っていうても種によっていろんな違いがあるわ  
けですよ。」

精子バンクっていうのは、やっぱり凍結して保存しておくんでしょ  
う？

「ええ。」

「ノーベル賞をとった人の精子を保存するとか……。」

「実際にそういうことをやっているらしいですね。」

「卵細胞の方は凍結に対してどうなんですか？」  
「受精卵は非受精卵よりも一般に凍結に強いといわれていますが、  
いずれも凍害防止剤なしで凍結保存できる種もあり、比較的保存し  
やすいものといえます。」

人間をまるごと凍結保存するのは大きすぎるからダメなんです  
か？それなら、小さい生き物ならどうなんですか？  
「小さい生き物でも、例えば小型の昆虫みたいなものでも、成虫に

なつちやうと保存できるのは数種類の特例を除いてはないはずだ。人間のいろんな臓器も医者さん達が一生懸命凍結保存しようとしてやっていて、人によっては心臓の保存ができたとか書いてますけども、他の人がやってみたらだめだったとか。大きなものの冷凍保存はいろいろの要素があつて、まだむずかしいらしいです。」

「あー、話は変わりますが、献血した血はどれくらいの間保存できるんでしょうか？」

「あれはね、日本では凍結保存はしていません。冷蔵保存ですね。」

「冷たくするんですね」

「ええ。凍らせなくて四度から六度で、えーと三週間までストックしたやつを使っているんです。」

「輸血の時に使う濃縮血液とかってというのは？」

「とってすぐの血っていうのは、赤血球もあるし、白血球もあるし、血小板もある状態ですよ。ところがそれを血しようは血しようで使う道があるからっていうんで、それぞれ分離しちゃつてね、赤血球だけにして濃縮して輸血に使うわけです。これを濃縮血液って言ってます。」

### 電子顕微鏡では何が見える

具体的には、電子顕微鏡を使ってどんなものを見ているんですか？

「そのー、まあ電子顕微鏡ってのは色々な方法があるわけですけども。僕が今、主に使っているのは、フリーズエッチング法というのですけれど、それで見ると、ちょうど膜の内部構造が見えて、まあ膜は主に脂質とタンパク質とからできていてるわけだけども、この両方が直接目で見える。しかも、こういった電子顕微鏡で見た構造の変化と、凍結後に生きてるとか死んでいるっていうことと良く対応して出てくるわけですよ。だから、もっとこういったかかわりあいが見つからないかということ調べているわけです。」

細胞の表面の状態がわかっちゃう……。

「表面の凹凸がわかるわけですけど、走査型電子顕微鏡の場合は表面形状を見るわけで、虫メガネで物を見ているような像が見えますね。だから非常に立体的な感じですが、分解能は悪い。透過型電子顕微鏡の場合は非常に薄っぺらい試料の透過像しか見えないけれど、分解能が高い。それで、まあ超薄切片法っていう方法で試料を作る方法もあるし、フリーズエッチングという方法もあるし、まあそれぞれで見え方は全部違うわけですよ。」

じゃあ例えば、同じ物を両方にかけてみると、どのくらいのことがわかるんですか？

「僕の使っている赤血球の膜について言えば、走査電顕では膜表面が平らで特別な構造がないということだけ、透過性電顕で超薄切片法で見た場合には、赤血球の断面がでるわけですよ。膜がだいたい七十オングストロームの三層構造をなしているということがわかるんです。一方、フリーズエッチング法は、赤血球をまず凍らして、真空の中でパンと割るわけですよ。そうすると、さつきいった超薄切片法で見た七十オングストロームの膜っていうのはちょうど脂質の二重層から成っていて、外側と内側は親水性なんだけれども、この二重膜の間は疎水性なんです。だから凍らした状態で割ると、その膜のまん中の疎水性の部分が物理的に一番弱くなるわけで、この膜の中層に沿って破断がスーッとできて、膜の内部表面構造が見えるようになるわけです。」

どのくらい小さい部分まで見えるんですか？

「うちの透過型電子顕微鏡の分解能は二・三オングストロームくらいなんです。分子の中の原子の構造が分かるわけなんです。ところが、生物材料の場合はどの方法でも試料をそのまま見るんじやなくて、例えばフリーズエッチングの場合は、二十オングストロームの大きさの重金属で形を写しとって、それを電子顕微鏡で間接的に見るわけで、結局分解能もまあ二十オングストロームとかそこいらです。」

すごく細かい仕事のようにですね。

「いやー生化学屋さんに比べたら、細かい仕事じゃないんだろ？な膜を構成している脂質がどんな種類の脂質でできているのかなんて見たい場合にはね、生化学的な方法ではわかるわけですよね。ところが電子顕微鏡じゃ膜は脂質の二重層からできているというところとはわかるんだけど、それがどんな分子種の脂質からできているのかということまでは、残念ながら直接はわからないわけです。細胞化学的手法を使えば今後これがわかる可能性はありますけどね。ものの形はそれこそ我々の体から細胞のレベルから、分子からそれから代謝の中間産物にしても、まあ形って言うのは機能を表しているんであつて、見えさえすれば、形から機能っていうのは推定できるし、絶対に形と機能っていうのは相関関係があるわけで、なるべく細かい構造まで知りたいと、そういう立場で仕事をしているんです。」

### 最後にこぼれ話をひとつ

ヒトの精子は凍結に対してとても強いというお話でしたが、「年」にも強いとか。老人のだからといってヨボヨボのシワシワということはないんだそうです。どうです、元氣が出てきましたか。今すぐ、凍結保存しようなんて急ぐ必要はありません。時間をかけて、ヨーク考えてみましょう。自分が死んでからも、自分の子孫が生まれ続けるなんて、恐ろしいことだと思いませんか。

## 第九話「流水を見眺めて」

オホーツク海の流水という歌になり、小説になり最近では冬の間光客寄せにも利用されていますが、実は意外に知られていません。そこで今回は、小野延雄先生をお訪ねし、流水とオホーツク海の関係、そして流水研究の将来などをつかがいたいと思います。

### 流水は流れ者？

オホーツク海の流水はどこから来るのですか？

「オホーツク海の中で生まれるのです。八十%位の流水はオホーツク海で生まれ、オホーツク海で融けるんです。」

「北海道に来るのは、樺太の東を北から南に流れてやってくるのですが、それは海流もそうだし、いわゆる季節風が動かす方向も、両方なんです。」

流水の生まれる所はどこでしょう。

「オホーツクの中だったら、もうどこでも生まれるんです。ですから、北海道の沿岸でも港でも凍るし、岸近くの海水がほとんど凍っていく訳です。年によって、北海道の方が、十二月とか一月頃うんと寒い年は岸近くの海水がほとんど凍っていくと、北から来る氷が接岸できないんです。ですから、北海道沿岸の地元の氷と、北からやってくる舶来の氷と二種類あるのです。」

春になると流水はどこに行くのですか？

「オホーツク全体の流水をみつめていけばごく一部ですけど、北海道の近くにはやってきた流水のうち、ある程度の量は太平洋に流れていくのです。ですから年によって国後、択捉の間から太平洋に流れ出たものが、こんどは釧路か厚岸、あのあたりの海岸に接岸することがあるんです。昭和二十七年三月四日、十勝沖地震が起こり、根室から釧路、厚岸までに接岸していた流水を津波が持ち上げて民家まで運んだんです。それで民家の玄関に流水が入り込んだということがあったのです。」

流水と冰山とはどう違うのでしょうか？

「流水というものは流れ動いている海水のことですが、冰山なんかも流水というし、川の氷なんかも流水と呼ぶことがあります。塩水、海水の凍ったものに限れば、流れているものを海水、流水といい、それで接岸してしまっただけは定着氷、定着氷が割れてまた出ていく時、それも流水ですよ。その流水のひとかたまりというのは、ビルどこの騒ぎではなくて面積で言えば例えば、北海道の沿岸でも、札幌位の大きさの氷です。それは、風や、うねりや波でどんどん細かく割れていきます。流れ始めたときの氷は非常に大きな一枚物です。冰山というのは、その、南極大陸とか、グリーンランド、それからカナダの北の方にエルズミアという島があるんですが、そういう所に氷河があるんですね。それが軟らかいお餅みたいに海に流れて、割れて、浮かんだもので、冰山は雪が氷に変わったものから、塩気は含んでいない。オホーツク海に流れ込んでいますから、塩気は含んでいない。オホーツク海では冰山というものは無いということになります。オホーツク海では、一部、川の氷が出てきたりすることがありますが、大部分は塩水の氷です。」

「それはしょっぱいです。できたての海水を融かせば海水の三分の一位の塩辛さです。その位は凍るときに逃げるんです。それでも三分の一位の塩辛さというのはまだ飲めない辛さですね。もし、融かさないで、そのままじゃぶつたら、もっと塩辛い。というのはね、海水の間に塩水が入り込んでいますね。例えば、ぶっかけ氷にシロップをかけて吸えば、甘いところだけが入ってきて、全部吸っちゃえば、後は味の無い氷が残る。それと同じように全部融かせば海水の三分の一の塩辛さだけど、海水を口に入れて吸えば、非常に濃い塩水だけを吸うことになる。そうするとすれば、海水の何倍も濃い塩水を飲むことになりますね。」

海氷のでき方は？

海の水がそのまま凍るんじゃないんですか？

「海水が凍るときにできた氷というのは、氷そのものに塩分を含んでないんです。海水は薄い板みたいになって、板の隙間に塩水が挟まれているんです。ですから海水を取り上げてきて、ほぐして、氷の一枚一枚を洗ってしゃぶつたらほとんど塩辛くない。」

「それは水のかなり特殊な性質とっていいんです。要するに、氷の結晶の分子配列の中に他のものは手をつなげないんです。海水が凍るとき、塩分を外に出すと、流水のできる時は、海はもとより塩分が濃くなるんですね。」

「ええ、そうです。ただ吐き出した塩水は、もとの海水より重たいから、どんどん沈んでいくわけです。かわりに、もうちょっと薄い、もとの海水が上にあがってくるというわけで、対流が起こり、海の水がかき混ぜられるんです。オホーツク海なんかだと、冷たい塩水が下に沈んでいて、それで、上に氷ができていくわけで、春先になってそれが融けると、今度は融けた塩水は塩分が少ないし、軽いから上に浮かぶわけです。それであつたまるともつと軽くなるから、下に重たい冷たい塩水、上に軽い薄い塩水という具合に、長い年月がかかって、オホーツク海は、二層構造になっているんです。上の方には、アムール川の融け水が流れ込んでいて、これも上を軽くする要素となっています。で、オホーツク海というのはまわりを囲まれ、よその海とあまりまざり合わない海だから、二層構造は、夏を過ぎても解消されない。真夏に、オホーツク海で海洋観測をやると五十〜六十メートルの辺りにまだマイナス一度とかね、そういう温度の水が残っているんです。秋から冬にかけて海が冷えてくると、温度が下がって重くなっても、下の層の冷たい水よりは重くなくて、上の層の中が混ざるだけで、二層構造は解消できない。それで海水の凍る温度、それは0度でなくてマイナス一・八度なんです。表面がその位まで冷えると氷が出来始めます。しかし、千島列島の外側では、そういうに層構造うまく仕上がらないから、表面が

どんどん冷えても、もつと深いところまで混ざっちゃう。オホーツク海の場合は上の軽い所だけで混ざりきると、もう凍り始めるのです。」

蓮葉氷とかいうのはどうしてできるのですか？

「湖の水だと一番上に冷えたごく薄い層というのがあり、その薄皮から凍り始める。ところが海の場合には、その、冷えて重くなっても凍る温度までいった水が重いので沈んでいく。混ざりながら凍っていくもんですから、中にも氷がたくさんあるわけです。そういう氷も浮かび上がってくる。それでそのシャーベットみたいなものが、絡みながらくっつきあつた姿というのが一番最初の皮張るところ。水面にある量浮かび上がると、水に油をたらしした時のようにさざ波はその氷のために消えて行くわけです。そうするともう少し大きな波、うねりという形でゆれていくわけです。その波とうねりの周期で決まるある大きさには一緒に動けるけど、もっと大きなものには一緒に動けなくなる。そうすると、一緒に動けるサイズが決まる。で、お互いにぶつかりあつたりすると、縁がまくれたり、挟まった水が飛び出してそこで凍つたりして、縁取りができるわけです。その同じ大きさの丸い円板がたくさならんで、蓮葉の様な形なので蓮の葉氷と呼んでいるのです。」

最初はシャーベット状のものが重なって、あとただひたすら下に伸びるといふ形で流氷になるのですか？

「それは静かな海での凍り方で、風の強いときには浮かび上がってきたものが、くっつくなんていうものではなくて、お粥というか重湯のように粘々とした状態になってくるわけね。それが風下へどんどん運ばれて、ドロドロとした状態のものが何メートルという厚みをもって動いているわけ。」

これからの海氷研究は？

先生が海洋の研究をしてみようとしたきっかけは？何かロマンみたいなものとか？

「あまりないですね……。ただ、そのうまく泳げないんだよね。いや、泳げないわけではないが得意ではない。ところが、冬の海ならば泳げても水温は冷たいし、泳げなくても関係ない。」

えー、それがきっかけなんですか？

「それはないしよの話。」（笑）

流氷研のレーダー情報はどういう人達に役だっているのですか？

「毎朝九時の観測結果というのは、気象庁と海上保安庁に送っているのです。気象庁の方はそれと衛星情報とそれから一週間とか十日にいったんくらい飛んでいる航空情報と合わせて流氷予報を出していますし、海上保安庁は、流氷情報センサーを冬の間だけ設けて、流氷が今どういう状態なのか流氷研のデータを見ながら民間に知らせているのです。」

大学以外でもいろんな会社が大きく流氷の研究を手がけていますが、今何が一番問題になっているのですか？

「北極海の大陸棚とその辺の地下資源として石油とか天然ガスのかなりの埋蔵量があるというのが分かっていて、で、そういう所から石油を採ろうとすると、その海は凍っているから……。掘り出す技術もあるし、とれた石油をどうやって運ぶかということ、一つは、そういう流氷の動き回る海では、今までの氷のない海のボーリング設備ではだめだろうということから始めた。これからは、やっぱり、積み出し技術といふか氷海工学といふ分野に関して民間もかなり先行投資をやっているわけです。」

暖冬と寒い冬で、流氷が多い少ないとか関連ありますか？

「極東あたりが寒くないという年には流氷の量も少ないですが、北海道の気候と、オホーツク全体の流氷の量とはあまり関係ないですね。南極あたりだと、真冬には氷の面積が広がるわけで、夏になると氷の面積は小さくなる。それは、季節変化が海水域の広がりに影響を与えている。逆に海から氷に変わると、太陽エネルギーを反射するか吸収するかみたいな違いがあるわけで、そうすると今度は、海水域の変化が気候の方に影響を与える。地球全体の気候の研究と

いうのが、大きなテーマになってくると、海水に関することは力を入れなくてはならないと思っています。」  
「どうもありがとうございます。」

## 第十話「ミツバチの社会」

今回は、人間の社会と似ているようなミツバチの社会構造は？ハチは一度射したら死ぬのはなぜ？等の質問をかかえて坂上昭一先生をお訪ねしました。

**働きバチはオス？メス？**

私達はハチと人間の社会を比較しちゃうんですけど。いわゆる女王バチと働きバチがいますが、単純に女王バチは女王っていうかにもしないで、働きバチは働いているっていうか、家来って考えていいのですか？

「それはぜんぜん違っています。」  
「あー違うんですか。」

「卵を産むつてのは女王にしかできないわけだから、そのかわり他の仕事は女王はいつさいしないと、非常な分業になっているわけですよ。」

**単なる分業……？**

「単なる分業じゃなくて、例えば人間の世界でも分業があんまり進むとどうにもならなくなってしまう。生きがいがなくなる。それどころじゃなくて、ぜんぜん違う型の動物になっちゃってるわけ。女王は自分ではエサも食べないし、身も守れないし。」  
「じゃあ、ただ卵を産んでるだけ……。」

「その代わり一日に多い時には千五百かその位産みますよね。」  
「あーそうなんですか。それじゃあ女王の寿命は？」

「一番長いんで七、八年つてのがあるんですけどね。これは昆虫としてはものすごく長いんですよ。普通昆虫つてのは一年以上生きるつてのはまずないから。」

「毎日毎日七、八年産み続けるんですか？」

「そうじゃなくて、例えば、北海道だったら冬の間は産まなくなる。」

「産まないときは女王バチつていつのは何をしているわけですか？」

「その時はだいたい、冬だと働きバチも働かないからどっちも何もしてないということですね。」

「働きバチの話に戻りますけれど、女王バチはもちろんメスですよ。卵を産むんだから。働きバチはオスだけ……？」

「全部メスです。」

「えー！働きバチもメスなんですか？」

「えー、全部メスです。要するにねハチにはオスとメスがいるけれど、メスのうちね、幼虫のうちね、充分な量つていうんじゃなくて、ある特殊なエサを与えられたら女王になる、そうでなければ働きバチになる。」

**女王蜂は世襲制？**

「女王になるか、働きバチになるかつてのは、世襲制じゃない……？」

「遺伝じゃなくて、どっちかになるといことはね、栄養で決まってるわけ。」

「じゃあ、その特殊な栄養をあるハチを選んで与えていくと女王バチになる……。」

「えー、例えばね、ミツバチの巣に、ある時期になると女王の部屋つてのを作りますよね。そこから女王をとってしまうとする。働きバチの部屋つてのは小さいんですよ。そこにいる小さい幼虫や卵

をとって女王の部屋に移し、たっぷりエサを与えると、若いもんだつたらそれが女王になっちゃうんですよ。」

「働きバチとして生まれるべきだったヤツがね。」

「そしたら、八チの世界ではどの八チを女王にしようかっていうのはどういふ風にして決まってるわけですか？」

「ふだんはだいたい働きバチになっちゃうわけですよ。ある時期に非常に大きな部屋を作って、それができると女王はそこへ行って産むわけですよ。」

「ある時期に特殊な栄養を与えられたのが女王になるとおっしゃいましたか……」

「ある時期ってのは、一年のという意味でなくて生まれてからの卵が三日間、幼虫が養われるのが五・五日っていうんだけど、その前半、生まれてから二・三日の間はどっちでもなるんです。」

「その間に八チとしては運命が決まってしまうわけですか？」

「その後だつたらね、いくら栄養を与えてもダメなんです。」

「ですから決まってしまうわけですね。何日間か、どの八チを女王にしようかというのはどうやって？」

「ほとんどの場合、働きバチになっちゃう。初夏の頃に大きな部屋を作るんですよ。巢の下の方にね。まず産卵するわけね、女王が。」

「そしてたっぷりエサが与えられるわけ。」

「働きバチも卵を産むんですか？」

「いやいや。」

「女王バチの部屋でたくさん卵を産むんですね。」

「いやいや。女王バチの部屋には一つ、どの部屋も一つずつ。」

「あーそうなんですか。色々な部屋を移動して歩いて女王バチが産むわけなんですか？じゃあ、偶然なんですね、女王バチに生まれてくるのは。」

「あーその卵にとつてはね。」

「へー、そんなもんで決まるんですか、一生って。」

「だいたいは三つか四つ、多い時には十二ぐらいの女王室ができていて、そのうちたった一つが跡継ぎになる。新しい女王ができる前に母親の女王は自分の八チと一緒に外へ行ってっちゃうわけですよ。」

「それは自発的に行くんですか？」

「うーん、まあ自発的ですね。それが何か天候の加減で出ていかなかったとしたら、母親女王と娘女王が出会うでしょ。そしたら死ぬまで戦うわけです。だいたい母親が殺される。」

「へー若いからエネルギーがあつて？」

「そうねー、そうかもね。処女王っていうんだけど、処女王は活発だからどうしても強いし。つまり一つの巢には女王は一匹しか入れないというのがミツバチの原則なんですよね。他のアリなんかの場合は複数女王が認められる場合もある。それは種類によって決まってる。」

「じゃ、オスっていうのは何をしてるんですか？」

「まあ、何もしてないわけですよ（笑）。唯一の目的は女王を受精させること。」

「じゃあ、あんまりないわけですか？」

「いや、それでも例えば大きな巣だと働きバチは二万ぐらいいるとしますよ。そうすると千ぐらいはいるかな？」

「へー、だいたい生まれてくるのはメスの方が多いわけですか？」

「八チの類はね、オスとメスと自由に産み分けられるんですよ。」

「へー！」

「オスの部屋ってちよつと大きめなんですよ。大きい部屋に行ったら、オスの卵を産む。」

「へー、オスの部屋は個室ではないわけですか？」

「いや、オスの部屋も個室ですよ。結局ね女王が産卵する時に、ちよつと前足を入れるわけね。それでも測ってるんだらうと、大きさを。八チの場合の性の決定は大変特殊で、普通ニワトリなんかで、メスが卵を産むけど、未受精卵について育ちませんよね。八チの場合はいわゆる無受精卵だったらオスになる。受精されたらメス

になる。女王は一生に一回しか受精しませんから、その時の精子だね。それを体内に蓄えておくんですよ。卵が産み込まれるときにオスの部屋に対しては受精されない。そうすればオスになると。メスのときは蓄えたものを開けて受精すると。」

「じゃあ、一つの巣の中にだいたいオスとメスの割合ってというのは決まっているんですか？」

「八手全体の場合は色々複雑ですが、ミツバの場合だったらおそらくオスは一割には達しないでしょう。というのは普通の動物だと産みわけなんてできないからだいたオスメスとんになる。産み分けられるんだっいたらいくらでも調節はきくんです。」

「じゃメスが二万くらいいたらオスは千しか必要ないと。」

「そうね、干っていても本当に交尾できるのはたった一匹でしょ。」

「だから、本当はいらないけれど、まあ念のために千ぐらい(笑)。」

「ずいぶん競争率が厳しいこと……。」

「まあ、そんなもんですね。というのは、オスは色んな巣からできて、空で大きな集団を作ってるんですよ。そこに女王が行って交尾するんです。その集団が成立するためには、ある程度数がないと。」

女王の即位期間ってというのはどのくらい？

「まずサ、女王が生まれるでしょ。生まれた段階ですすでに母親女王はいなくなっちゃってると。ですからいっぺん交尾に出て、帰ってきたらもうあとはずーっと巣の中で過ごす。ただこんど、自分の娘が生まれますね。そんな時は外に行くわけ。必ず母親が出ていく。外へ出ていって新しい巣を見つづけるんです。自分一人じゃなくて働きバチと一緒にだからね。」

で、またそこで女王になるわけですか？

「えー、新しい女王ができる少し前から産卵しなくなるんですね。すつとね腹が縮んで、女王は飛べるようになってくるんです。そして新しい巣に行ったら又そこで産卵すると。」

それで長ければ七年くらい生きていますよ。」

「うん、でもたいていね。二年か三年ぐらいじゃないですかね。まあ、養蜂屋さんはね、一年ごとにかえちやいます。というのは産卵率が低下するってんで。」

### 働きバチの労働時間

人間の社会とはずいぶん違いますね。働きバチというのは、女王に食べさせたりとか、どういう仕事をしているんですか？

「働きバチの寿命は短いですからね。夏になって同じ日産卵生まされたとするでしょ、一ヶ月たったら半分はもう死んでる。最初は巣の中でね幼虫にエサをやるんですよ。それから巣の中の色々な仕事、巣を作ったりゴミを捨てたり、最後に外へエサを取りに行く。はじめは巣の中の仕事をして、あとで外の仕事と、生まれてからの日にちにしたがって少しずつ仕事を変えていく。一つの巣に次々と生まれるから、ある時期に色んな年齢っていうより僕ら日齢っていつてるとすけどね、の働きバチがいるわけですよ。だから全体としての仕事はまかなわれていると。」

人間社会のサラリーマンと、どちらが勤勉でしょうね。

「日本人の方がやっぱり勤勉じゃないですか(笑)。ただそれは難しい問題なんでね。ミツバチの場合じーっとしているのと、ブラブラ歩いているのが七十五%っていうんですよ。動いている八手が二十五%っていうと結局八時間労働にならんですよ。二十四時間の二十五%だと六時間労働が。」

あとはブラブラしているわけですか？

「それが難しいんですよ。そのブラブラしてる間にね、体内でいるいるなことが起こってそれが必要かもしれないしね。それと、時間でさういつていいものか。例えば、八時間労働っていつたつて本当に八時間働いている人はいないでしょ(笑)。」

「じゃあ働きバチも一日のうちで、この時間は働いてこの時間は寝てつていう……。」

「そういうよりは、外へ行ってエサを集めてくる、これは夜働かないから日中だけですよね。でも中のヤツはそんなことはないようですね。ジイッとしていて何かあると働いて、それが終わると又ジイッとしているというような。」

「ジイッとしているっていうのは、いわゆる睡眠をとっているという……？ 八手でもやっぱり睡眠はとるんですよ。」

「うーん、睡眠ってあてはめていいかどうか分からん。休んでるっていうのは言えるでしょうがね。休んでるのが少したつとブラブラと歩き出して、その時仕事があるとそれをやって、又休むという型になっている。」

「じゃ、夜っていう感覚はないわけですね。」

「ただそれ難しいのね。八手見るためには電気つけてみるからね。」

「ただ赤外線とかで見ても、だいたい働いてますよ。ただ外働きの連中は周りでジイッとしている。」

「個室だっておっしゃいましたね。」

「あーそれは幼虫が育つのがね、個室で、親はその辺ぐるぐる回ってるわけです。部屋ってのは幼虫に対してだけです。」

「じゃあ、オスバチは何をしているのですか？」

「オスの唯一の使命っていうのは遺伝的に……。」

「その仕事が終われば死んじゃうんですか？」  
「交尾によつて死ぬんです。交尾した時にねペニスがパツと広がるでしょ、それでどうしようもなくなつて死んじゃうんです。たつた一匹しか女王と交尾しないけど、その代償っていうのは死なんですよ。他の連中つても交尾するまでは巣から行っては帰ってきて、行っては帰ってきてそれを繰り返して行くわけですね。だけど非常に多いから成功率は非常に少ないでしょ。女王が交尾するのは夏の前ぐらいかな、秋くらいになつて、もういらなくなつたら追い出されちゃう。自分ではエサをとれないから、すぐ死んじゃう。厳しいんですよ。」

「どうして自分でエサをとれないんですか？」

「どういうわけか、知らんけど。とにかくね、オスが花の上でエサとってるの一切見られていない。」

「エサとるのは働きのバチ、メスバチだけなんですか？」

「えー。」

「八手は一度刺したら死ぬ！？」

「この有名な（笑）言葉がありますが、あれは刺せるのは？」

「オスは刺さらないですよ。働きバチもメスだっていう一番簡単な根拠はね、働きバチっていうのは刺すでしょ、あれはメスしか刺せないんですよ、八手っていうのは何っていうかな、針に逆向きの鉤がついているんですよ。釣り針みたいに、これで刺しちゃうとね。」

「ひっかかっちゃうわけですよ。これでぐーっと向こうへ飛ぶとちぎれちゃうから。」

「どういう時に刺すのですか？」

「他の昆虫を刺したような時にはちぎれない。ですから脊椎動物、我々ですよ、我々の皮膚は非常に強靱でしょ。そういうのを刺した場合にちぎれちゃうんです。というのはそれを刺した場合にね、他の虫なんかは一對一で戦える。脊椎動物ってのは刺した場合、一匹だけだつたらしょうがない。ちぎれるとね、後がちよつと露出するんですよ。その露出面からね、アイソアミルアセートっていう分泌物がパツと出るわけ、そうすると他の八手が興奮して又刺すんですよ。だから一匹が刺すと次々々と刺して……。むこうは一つずつ死んじゃうけど。」

「攻撃するために刺すんですか？ じゃあ自分の命を守るためにじゃなくて……。」

「一つの巣に二万ぐらいのがいて、かなり年をとつて刺す状態のが千〜五千いたとするでしょ、百匹や二百匹死んだつてどうってことないという戦略をとっているわけ。」

「じゃあ、もう種族のために刺すって感じ……。」

「だから人間のよう個人つてのは一切認められないというか、ま

あそういう意識もないだろうは？」

「自分が死ぬのに刺すっていうのは、人間からみればおかしいですよ。他の昆虫でもそうなんですか？ 集団のためにとか……。」

「他の昆虫はそういうことはないです。集団のためにあれするってのはやはり集団生活するものだけでしょうね、当然。子供のために親が犠牲になるとか、そういったのはいろいろありますよ。例えばカマキリの場合はオスは食われちゃうつてのがあつて、例え種族のためっていうのはミツバチの特殊な世界？」

「人間はとかく、それを価値判断するんですが、そうじゃなくて。個体の生と種族の生の存続ってのどっちかバランスに欠けるといった場合に、種族の方を残した方がいいとなつた時には個体はどうせ死ぬんだから、ネ、そういう型に進化したと……。」

「えー、まあそうですね、それで生き残つてきたということになるのでしょうか。」

「えー、そりやそうですね。さつき言つたように針がちぎれても、針に毒の精がついているわけですよ。その毒の精を動かす筋肉も付着して、筋肉に指令を与える最後の神経球がくつついて残るんですから。神経球が乾燥して死ぬまでは毒は針だけが入つてるわけです。だからスツとすぐとれればいい。」

「その針ってどのくらいの大きさなんですか？」

「五ミリくらいじゃないですか。太さはごく細いですよ。手でひゅつと取るんです。」

「八手が近寄ってきたらどうしたらいいんですか？」

「まずあんまりあわてないことですね。ゆっくり逃げると。それで刺されたらあきらめると。ことに巣の近くでない限りまず刺されないうですから。よくこうブンブンブンブンやつてるのあるですよ。ああいう時は無視して、ただ巣の近くでは危ないですから。結局あの連中は自分を守るんじゃないやなくて巣を守るんだから。」

「ちょっと聞いたんですが、茅野先生がアルコールのアレルギーが八手に刺されて治つたという説なんですか……。」

「（笑）彼の命の恩人だつて言つてるんですけどね。」

「要するに私がこつち来た時に、茅野さんと飲むとね。ジンマシンになつて。彼それからカナダへいったですよ、その時にカナダでよく刺す八手をちよつと見て来てつて頼んだわけ。そしたら彼、自分の知つてる生化学者のところへ行つたらちよつと飼つてたんで見に行つたらね、パツと刺されたつていうわけ。その時、その手紙見てこれは悪いことしなつて思つたら、後で聞いたらそのおかげでジンマシンがケロリと治つちやつたつていうんですよ。」

「あるらしいね、要するにアレルギーのショック療法じゃないですか。リユーマチなんかに対して八手に刺させるつてのがあつたから。それ以後彼、酒が飲めるようになったとか。酒が飲めなきゃ何の人生かつて（笑）」

### 蜂の越冬

「八手の冬の過ごし方っていう方はどうなのですか？」

「秋口あたりからもう子供作らなくなる。そうすつと、巣の中にさつき言つたようにオスもいなくなつちやつて、女王と働きバチだけになる。その頃になるともうエサもあんまり集めに行かなくなつて。それまでに集めた蓄えで過ごす。そうすると寿命がのびだすんです。働きバチの夏の寿命は一ヶ月位だけど、最後の九月生まれくらの八手は翌年まですつと生きるわけ。」

「エー、要するに貯つてあるエサ、蜜がありますね。それでもつて生きてると。他の昆虫も冬になると、いわゆる冬眠といつてますが、寒くても耐えているわけですね。ミツバチはそうじゃなくて寒くないようにしてつてるわけ。冬でも三十度以上に巣の中の温度は絶え

ず保っているわけ。逆に下がったら死んじゃうわけ。」

「結局、筋肉をね、蜜を食うと蜜は熱源として非常にいいでしょ。収縮して保っている。」

「まあ人間に限らず糖分だから。」

「結晶、動物が生きていく場合に糖類ってのはガソリンですよ。エネルギー源がないと。もう一つはタンパクがあると。ミツバチは花に完全に依存しているからタンパク源は花粉。これは成長のためにいるんで、親になっちゃうと羽がはえてくる。そうするともう成長しなくていいわけですよ。そして今度はエネルギー源さえあればいい。」

「じゃあ、貯えた蜂蜜を女王バチだけじゃなくて働きバチも……。」

「女王の場合はいわゆるロイヤルゼリーという非常に高成分だと言われてますよね。それでもってあてがうということですよ。」

「じゃあ蜂蜜の成分はタンパクと……。」

「いや、蜂蜜は糖だけです。花の蜜はね、だいたいシヨ糖っていう普通のお砂糖なんです。それが二つに分けるとブドウ糖と果糖に分けられて、ミツバチはブドウ糖と果糖に分けていっしょにして貯めておく。」

「お花からとってくるわけで、それはどんな花でも同じ成分なんですか？」

「だいたいそうですよ。シヨ糖が大半です。ただ、彼らはあんまり濃度が低い花からは集めない。」

「じゃ、選んで集めてくるわけですか？」

「低い濃度から集めてきますと効率が悪いわけですよ。」

「働きバチっていうのは、一番はじめ巣の中の掃除とかして、だんだん……。」

「一日か二日は何もしませんが、最初は幼虫にエサをやるのが主です。それから巣の中の修理とか巣を作るとかさついたこと。」

「エサをやるというのは、働きバチが持ってきたヤツを口移しにやるんですか？」

「それもありませんけど、働きバチは貯めてるのからとっているものもある。貯めているからこそ養蜂業ってのは成立するんで。」

「女王バチは卵を産みますけど、その他に集団をまとめるとかさいうことは？」

「それはあります。つまり働きバチはメスなので、卵巣を持っていくけど発達しない。っていうのは女王がね、ややこしい一種の物質を出して卵巣の発達を抑制しているわけです。だから女王をとっちゃうと働きバチの卵巣は発達してくる。でもその場合、働きバチは交尾してないですから、生まれるのは全部オスで結局その集団は壊れちゃう。一ヶ月たてばね。」

「交尾にいく働きバチなんかはいないんですか？」

「働きバチはもう交尾できないです。交尾するっていう性質がないし。」

「八チの巣っていうのは一回できたら、女王がいる限りもつわけですね、世代交代して。」

「巣のつて、その建物？」

「えー、そうです。」

「口ウですからね。絶えず直していくから。古いやつはどんどん更新するから、ずーっと続いて。」

### 蜂の巣

突然ですが、スペースシャトル内でミツバチの実験をやったのだそうですけど、どんなことが……？

「あれは定義の問題じゃないですか、巣が作れたっていうんでしょ。巣を作っていく場合、重力がなかったらどうなんだろうと。」

「八チの巣ってどうして六角形なんですか？」

「あれはわからないですね。六角形ってのは詰め込めるといった点では一番材料の点では経済的でしょ。四角と三角と六角だけじゃないかな、隙間ができないのは。」

「あーそうですか、それじゃ、間取りはどの巣でも同じですか？全部同じです。」

「どこにどういふ部屋があつてというのが？」

「ただほとんどが六角形のがずーとあるでしょ。ただ下の方だけがちよつと大きくなつて、それがさつきいつたオスの部屋なんです。」

女王の部屋は、これは全然違う型で垂れ下がつて下方に。」

ミツバチの巣の中つて切つて見たことないんですけど、かなり複雑になつてゐるんですよ？」

「いや、非常に単純ですよ。巣板つてのが両面に、こういう型でついているわけですよ。プランとしては単純なんですよ。」

## アリとハチは利口虫

ハチを研究テーマに選ばれた動機は？

私、昔から昆虫好きだったんで、昆虫採集して集めてただけで、そのうちファール読んだのね。それから日本だと岩田久二雄先生なんかが、ずいぶん観察しておもしろいなつて思つて次第にそんなになつて、中学くらいの時からかな。」

中でもミツバチが？

「ミツバチはね、私、農学部出たんですよ。理学部で桑原先生がミツバチやつてたから。私今ミツバチはほとんどやつてないんですよ。ミツバチ以外のハチやつてゐるんです。」

「あー、ミツバチのことばかり聞いてちやつて……。」

「えー、でもミツバチと一番長くつきあつてたから。」

「どのハチが一番好きですか？」

「色んなハチそれぞれにかわいいけれどね。」

「ミツバチに関してはどういふところが興味ありますか？」

「ありとあらゆる所おもしろいですけどね。ミツバチは社会構造の

頂点に達しているわけですよ。あんなのは必ず後からできてきたんで、普通単独に暮らしていたものから進化したものに決まつていると。そのところを押さえないということ、今はあれほど発達していないハチつていうものに興味をもつてゐる。」

「発達してゐなかつたつていふのはどのくらい前のこと、単独で生活してゐたのは？」

「難しいけれど、例えばアリは一億年前はすでに社会生活してゐたでしょうね。アリつてのはハチなんですからね、あれ。」

「あー、やつぱりそうなんですか？似てますもんね。アリつてのはハチ？」

「えー、ハチの一種。ミツバチ以外のハチつていふのは非常に多いわけですよ。昆虫つてのは動物の中で種類が一番多いんだけど、一番多いとされているのは甲虫の類といわれているけど、ほんとうはハチの方が多いいんじゃないかという気がします。」

「ハチとつきあつていて何が一番楽しいですか？」

「他の虫よりやるのが複雑でしょ。僕んとこにいた伊藤誠夫君が、りこう虫とバカ虫という分類をしてね、ハチとアリはりこう虫で、あとはバカ虫だと（笑）。要するに、他の虫だと生理的なプロセスとかでやるものを、行動でもつて示すからそういう風に見えるんじゃないかと思ひますね。」

「お忙しいところをどうもありがとうございます。」

## 第十一話「なだれと雪害の話」

今回は、雪害のお話をうかがいに、藤岡敏夫先生のお部屋にお邪魔しました。

なだれはどういう所で起こる？

「雪害にはどういう種類がありますか？」

「まあ雪害といえば、雪による害はみんなそうですわね。一つの部門でなんでもかんでもということとはとてできないからね。そのうちで一番被害が、非常に目につきやすいといいますが、ドラマティックといえますか、そういう意味でまずなだれを始めたわけです。今年はスキー場とか、奥手稲とか、生き埋めになったり、亡くなったりとかした方がいらつしやいますけれど。」

「まあ、新聞に出るつてのは、事故があつたとか、それも大都会の近くであつたとか有名なスキー場だつたとか、というニュースバリエーのあるものが出るわけです。だから、自然のなだれがどのくらい起こっているかつてのは日本じゃほとんど調べられていない。被害を受けた人が多かつたとか、そういうことがわかるわけ。」

「自然のなだれはどういう場所でおこるのですか？」

「まあ山だね（笑）。平地では起こらないわけね（笑）。」

「斜面が急なところとか、物理的な点では？」

「まあ、雪の性質というのはいくらも変りますから。」

「一概に気象台がなだれ注意報をだしたから、どこでもみんななだれが起こりそうだとはいえないです。なだれが起きやすい所もあるし、起きにくい所もあるのが普通です。」

「それには、雪の性質の方が大きいんですか？ 斜面の状況や木が少ない所とかいうより……。」

「ある一定の角度の斜面があつても、絶え間なくなだれが起こつていくわけじゃないですよ。ある時に起こる。」

「どういつ時？」

「ほかの時には起こらない。」

「同じ場所と同じ雪の質でもということですか？」

「まあ同じ雪の質かどうかつてのはわからないわけですよ。人間は上つ面しか見ない、下まで掘つて見るなんてこと普通しません。」

すからね。雪の中でどんなことが起こつているかということが大事なわけです。なだれつてのは、雪が切れておちてくるわけですね。」

「まわりの雪から切れて、そういうのは破壊つていきますけど。破壊がなぜ起こるかつていうと、もの強さと、そこに加わつてくる力がありますね。この二つのことを調べなきゃいけないわけです。普通はそんなこと調べないですよ。雨が降つたからなだれが起こつたつて、どこもなだれが起こるわけじゃなくて、ある特定の所で起こるわけですね。その所で雨がどう雪に作用したか、雪を弱らしたのか、ある面に働く力が多かつたのか、それをきちんと言わないと、どういつ時になだれが起こるかつて言えないし、それを防ぐためにどうすればいいのかつてこともわからない。それが量的にわかれば、補強する手段もできるでしょ。そういうことは世界中どこでもやらないですよ。」

「どうしてですか？」

「はつきり言つたら難しいからです。」

「なだれを防ぐ方法」

「それじゃあなだれの研究をなさつている人達はどつていうことを……。」

「普通はね、道路やね鉄道の保守という現場があるわけですよ。理由はね考えなくても、もしなだれが起こつても自分の所はいいよつと頑丈な屋根かけたりといつてことを対処療法としてやるわけです。」

「自然科学がいろいろやられていて、これでみんな解決しちゃつたといつては一つもないんです。病気がつてみんな対処療法なんです。もうひとつの立場として、なぜそうなるかといつてのが問題として残るわけです。大学はこつちの方をやる。現場をもつて居る人は理由はどうあるつと被害のないようにすると。そういう立場つてのはいつてもあるわけですね。対処療法はけしからん、いい加減だなどとはいつてはいけません。ただその理由はどうあれつてやつてると、だんだん金がかかってくるんですよ。鉄道に」

しろ、道路にしる、スノーシェルターは鉄骨をものすごい量使った頑丈なものです。」

「どのくらい丈夫な鉄骨にしたらいいかというのは、基礎的なだれの力をもとにして決めているのですか？」

「そういうことはあまりやらない。どこかでこわれたらね、それよりは丈夫にすればいいと。」

「はい(笑)。だいたいそうですよ。たまにはね、どのくらいの力がかかったかって測る場合もありますけどね。毎年の雪の状態のは違うわけでしょ。去年のなだれと今年の雫れと比べようがないんですね。ほんとの話。最大でどのくらいかかるかということだけが意味がある。おそらく日本で作られているスノーシェルターは世界で一番じゃないかと思われるくらい頑丈です。もう一つの立場として、なだれを起こさなければそれで済むわけですよ。」

「雪の中でどういうことが起こってるかを調べればね、雪が破壊されるのを防ぐようなことを考えていけばいいわけですよ。今問寒別でやっているのは、クイを打てと。北海道にはカラ松がいっぱい植えてあるから。」

「木が生えているとなだれが起きづらい……？」

「完全に起きないとも言えないけれど、大きななだれは起こらない。起こっても木の間に縫うような小さななだれ。あんまりなだれが続くと木が育たなくなっちゃうんですよ。問寒なんて見ると昔山火事で木が燃えちゃったところなんかは、ハゲ山かササ山で、木が育たないですよ。」

「大学と現場の接点ということで大学側として何かご意見は？」

「あんまり大学は基礎的なことをやっていて他のことは知りませんっていうのも困るからね。役に立つことは実際のことにも反映されたほうがいい。大学はお金使っちゃってやっているわけだからね。そうすれば国民のためにもなるというので、以前、道内をまわり、狩勝

ではこういう風にした方がいいとか、日勝峠ではこう……と、けどそれ実行できないんですよ。道路は建設省がやるわけ。国有林ではなだれ止めなんか金かけたがらない。そうするともう大学の出る幕じゃないんだよね。国有林と道路とが話し合っただけでいいよというのにならなくて大学から意見言っただけというの。きには役に立つわけですよ。けどどこうが背中合わせになっていて、こつちが何かいってもどつにもならない。問寒別は大学の演習林だから、こういう風に扱ばなだれは止まりますよと実際にやるわけですよ。」

「それは、実験的な意味があつてそういうことやってる？」

「雪の測定をやつて、だいたいこうすればいいんだってのがわかつて、カラ松のクイを打ちなさい、クイの太さはだいたい十センチ以上ですよとか、間隔はこれくらいにしないとかね。打つ場所を教えて演習林でやつたわけです。やつた所はぜんぜんなだれが出ない。大きな斜面で上の方だけやつたんですよ。それでぜんぜんないんですよ。そんなに金かからなくて林はできるっていう風になればね、国有林だつて、それならやるうかつて気にはなるでしょうね。」

「気象台でなだれ注意報を出しますよね。どのくらい予知できるので

すか？」

「うーん、あれはね、かなり対社会的なもんだからね。以前、なだれが日高で起きて、三十何人亡くなつたんですよ。その時は浦河の測候所は注意報を出してなかつたんです。その後はあんなつちやうと、山に雪がありますよっていうのとほとんど同じになつちやう。」

「なだれは大雪のときに起きやすいんですか？」

「とも限らないんですけどね。北海道で雪の多いところは倶知安町や母子里なんかですね。なだれが多い所は中央山脈なんです。なだれの多い所と雪の多い所は必ずしも一致しないんです。中央山脈

つてね、日高なんかでは、雪は一メートルくらい。その時になだれ

にあったのは大手の建設業者でね、本州の黒部とか雪の深い所を仕事した連中なんですよ。家が埋まるくらいの雪を経験したら、一メートル位の雪なんてぜんぜん問題にしないわけですよ。ところが北海道の雪は一メートル位だと寒さでポロポロになっちゃうんです。非常に崩れやすい雪になる。本州ではそういうことないです。雪の性質をみるというのは大事なことです。」

「じゃあサラサラしてくっつきにくい雪の方がなだれやすいのですか？」

「窓に霜ができるでしょ。あれがもつと発達したものが雪の中にすーっとできちゃう。切るとねバーツと流れる。雪が一メートルあるとしますね、地面はその時だいたい0度なんです。上の方がマイナス十度からマイナス十五でしょ。一メートルにつき十度の温度降下がある。すると水蒸気は暖かい所から、冷たい所へ移動するでしょ。窓霜と同じように。そしてそこで結晶になる。寒さがひどい所になるとその結晶作用がどんどん進んでいく。本州は暖かいからそういうことは起こらない。また雪がうんと多いと温度勾配が半分になっちゃうでしょ。だから、母子里は非常に寒いところですけど、雪の中はそんなにならないの。山スキーに行つて、ここの斜面横切つていきたいのだけどいいだろうかという時、この雪は大丈夫か確かめなさいと言っているの……。」

「どういう風にして確かめるんですか？」

「まずスコップかなにかで雪を切つて、指でつついてみるとね、もろい所はすぐわかるんですよ。スコップで切つた時にもろい所はスツと動いちゃうんですよ。そうではなくて、下がかたくてずつと連続的に上がやわらかくなつていたんなら心配ないですよ。五分もあればできることなだからね、自分の命がかかつていざとなんだから。」

「でも実際なだれ注意報とか、なだれが起きたつていうのは、春先とか暖かいときに多いように思いますけど……。」

「新聞に出るなだれで死んだというのは冬中通してなんですよ、一

番多いのが二月なんです。」

「あーそうなんですか……。大雪が降つて急に暖かくなつた時に、なだれが起きやすいのかなつて気持ちがあつたんですけど、それは誤解ですか？」

「そういうなだれもある。真冬には真冬のなだれがある。色んな雪の性質があるんですよ。京大名誉教授で林業の四手井先生が、京大にいったら山岳部長をやらされた。そこで、冬山に行つて雪を調べたことを義務つけたわけですよ。行つたら必ずこういう雪だつてことを調べなさいと。それやらしたらなだれ遭難一件も起きなくなつた。雪に対して少しは関心を持つようになればいいんですよ。」

### 問寒別のなだれ研究施設

問寒別の施設をあそこに選んだ理由は？

「それはね、昔問寒別になだれがあつて、国鉄の鉄橋が吹き飛ばされちゃつた。それを調査にいっただんですよ。山がね、一樣な斜面でずつと木がほとんどない。なだれの実験するにはもつてこいの山なんです。同じ年に日高で遭難があつて、低温でもなだれをやらなきゃしょうがないんじゃないかといふことで部門申請をやつたわけです。普通はね、部門申請をやつたつて一二年はかかるんですよ。四月に出したら九月に通つちゃつた。もう異例の早さでね、北大でこんなに早く通つたのはいないように憶えています。」

「その前までは、僕は応用物理にいてね、母子里の雪を調べてた。なだれとは関係なしにね。母子里も演習林で具合がいいんだけど、なだれなんかを調べる斜面としては適当なのがない。非常に緩い斜面とかね、少し急だと全部木がはえてる。それで問寒別がいいなつて思つてそこに入るようになった。小屋なんか全然なかつた頃ですからね。毎日、下の宿舎を出て、山の上までスキーで行くとだいたいお昼になつてね。あわててそこで飯を食つて、仕事をやつて、三時頃になると止めて降りて、帰ってきて宿舎へ着くと六時頃になる。」

三日くらいやると皆フラフラになっちゃってね。それやってたら、ちよつと事務局長が、今でいえば経理部長が問寒別の演習林に来て、あー低温の連中は大変だな、今度作ってやるうってんでサ、あの小屋は（笑）。」

### 交通の雪害

「なだれの他に雪害にはどういったものが？交通は雪害じゃないのかな……（？）」

「雪害部門ができた頃に比べると、交通の問題てのはずいぶん変わってきてますね。例えば昔だとね、北陸地方なんか三八豪雪なんかもそうですけども、町が全部孤立しちゃうんですよ。食料も何も入ってこなくなっちゃう。国鉄も止まるし道路も止まると。今はね、北陸高速道路がでちやうてるから、大雪で大変だったことになる、入り口を全部止めちゃうんですよ。それで除雪をやるわけ。普通の国道はそれができないんですよ。入り口がいたるところにあるわけですよ。だから高速道路ができてからは交通の問題はかたずいちゃった。」

車の運転は大ベテランだと思いますが、冬の交通事故を減らすために……。

「（笑）第一にスピードを落とさない。轍なんてスピードを落とす以外に方法はない。セカンドぐらいでね、ノロノロと行くのがいい。慣れている人はね、ゆっくり走ってるでしょ。雪道ではどういふことが起こるかかわからない。いつ人が飛び出してくるかわかんない。そういうことを考えたらとつてもスピード出せたもんじゃない。」

「じゃ最後に先生が雪の研究に入られた動機は？」

「僕はね、生まれは石川県なんです。小松中学から金沢の四高へ行ったわけです。ある時中谷先生が四高に講演に来たことがあるんですよ。中谷先生は小松中学の先輩ですからね。歓迎会をやった

わけで、僕はちよつと卒業の年だったんです。で、中谷先生が「君、どっかいくのか決めたか」って言うからサ、「いえ、まだどこも決めておりません、どうせ兵隊へ行くんだから」、「それじゃ北大来ないか」ってことになって、試験もなく大学に入れてくれて。」

「まあ、若い人には感じることはありませんか？」

「ま、若い人は限りませんがね。よその人がやってるマネはするなつてことでしょうかね。」

「これ難しいんでね。その人の性質によるんですよ。真似をするのは嫌な人とね、真似をしないと不安でしょうがないって人がいるんです。近頃やつとそういうことがわかってきましたけど。だから、真似をしないと不安でしょうがない人には真似をするな、と言ったつてしようがないように思ってますよ。自分の独自のことをやっていける人は、おもしろいし、キョロキョロしなくて済むんですよ。他の人がどういふことをやってのをしようつちゆう気にかけてないと不安でしょうがないという人は、人間の性格としては損だと思いますね。」

では最後に、科学とばかり関係ないんですけど、最近の若い女性について一言……。

「（笑）若い女性はよくわからない……。そのー女性とは限りませんけど。若い人全体に、しっかりしてるやつはしっかりしてるしね。そうじゃないのはいい加減だしサ。それはね昔だつて同じことなんです。何も今にはじまったことじゃないんで……。」

### 第十二話「雲と雪を探る」

今日は、雲と雪について色々伺いたいと思い、遠藤辰雄さんをおたずねしました。

先生、まず、雲はどうやってできるのですか？

「空気が上昇し、上に行くとき気圧が低いので断熱膨張し、温度が下がる。すると、空気が含み得る水蒸気の容量が減ってくるんですね。だから、相対的には、水蒸気の占める割合が多いということになるわけです。」

「ちょっと待ってください。もっと、簡単に。雲がどうしてできるのかという質問です。」

「ええ…。それで、やがてもうこれ以上、水蒸気を含められないという状態になります。そうになると、水蒸気という気体の状態じゃなくて、次の液体の状態になるわけです。それが、空気中の塵とかを中心にして、雲粒という十ミクロン位の、いわゆる湯気のようなものになるんです。これが、沢山集まった状態を我々は雲というわけです。」

### 重い雪と軽い雪

雨雲とか雪雲の違いはなんですか？

「そうですね。雨を降らせる雲と、雪を降らせる雲と、なんとなくそれが別の物のようにイメージしてる場合が多いんですけど、実際は同じで、地上の気温がプラスであれば雨だし、地上までマイナスであれば雨にはならないわけです。」

「どんな雲からどんな雪が降るといって、そういうことはありますか？」

「はい、ありますね。例えば、日本海では層状の雲が多いのですが、海岸では、その雲の頂上付近は、モクモクと、泡のような、カリッラワーと言ったりするんですが、対流の活動が感じられる雲がありますね。こういう雲は、海上で非常に水分を含んで、雲の濃度とし

ても濃い雲で来ていますから、雪結晶に雲粒がそのままくっついて凍っている形ですね。そういう結晶が成長した最たるものが、霰なんです。だから、海岸付近にくる雲では、あられとか、雲粒（うんりゅう）つきのような結晶が多い。単結晶のようになった美しいのは少ないですね。これが海岸地方の特色です。」

「ええ、ところが、海岸を超えて、もう少し内陸に入ると、水蒸気を落としてしまったやつが山あいに入ってもう一度登り出すと、更に今まで持っていた水分を雪として落とすわけです。その時に発生する雪は、穏やかにゆっくり成長しますので、非常に大きな六華の樹枝状結晶となります。大雪山の勇駒別のような所へ行くと、雪を観察する時に、比較的そういうのが多くみられるのがその特徴です。それから低気圧性の雲が、たまに北海道に南の方から入ってくることもありますが、この雲は、季節風の雲に比べると背が高いから、雲全体の中で占める温度の中が、だいたい零度からマイナス二十度くらいよりもっと低い温度まである。そうやって来ると、低い温度領域の結晶、例えば、あまり普通には見られない砲弾集合だとか、そういう別の雪が降ってくる人が多いですね。まあ、低気圧性の雲の方が雪の結晶としてはバラエティーにとんでる。それから、南の方から水蒸気を沢山運んでくるし、しかも暖かいので、湿っぽい雪なんですね。だから、さっきの季節風の雪と低気圧性の雲とを、対照的に雪の質でいうならば、季節風の雪はさらさらしたドライスノウ、南からくる低気圧性のは湿った重い雪です。これは、スキーをよくやる北海道の人には、この二つの雪の違いは、実によくわかってるわけです。湿った雪は、やっぱり滑りづらいとか、曲げづらいですね。」

「本州の雪は、湿っていても重たいですよね。」「そうですね。本州の新潟県とか石川県とかあちらの方は空気自体が暖かいですから、北海道では粉雪になる季節風による雪でも、湿った雪になるわけです。だから、全部湿っています。」

本州の雪と北海道の雪の違いの理由は地上の気温が違つて、三センチくらいとだけですか？

「えー、それが、まず第一なんですけど、暖かい方の雪の量が多いんですね。気温が高いと含まれる水分が多いので、雪としてはき出される時の絶対量はるかに多い。もう一つ大事なことは、もともと大陸から冷たい空気が流れて来て到達するわけですから、大陸からの距離が、本州の方が北海道に比べて長いので、雲が高く厚くなるわけです。高いものでは、八千メートルくらいになるわけです。それで、降つて来る量が、今までの統計で、北海道に比べ水の量に換算して、十倍くらいになるといふのが本州の雪の特徴ですね。」

### 降雪レーダーで何が見える

冬になると、屋上でレーダーがよく回っていますけど、あのレーダーでいったい何をみているんですか？

「あれは、波長が三センチくらいの電波を出してはね返つてくるものを映像としてとらえるレーダーです。うちのレーダーの場合は、雲の中の構造を調べたいわけですから、三センチくらいの波長にして、感度をできるだけ良くして、立体的な断面を得るための、うーん、走査といいますが、非常に速く回転させるようにしています。気象台にあるレーダーとは、性能が違つたんですか？」

「もう一つの特徴は、ドップラーレーダーになつていてということ、それは、ぶつかつてくる物体に、ある移動速度がありますと、その速度が検知できます。簡単に言いますと、雪粒が流されている速度がわかりますから、雲の中で、風がどの辺でどの方向に、どこ向きに流れているかという事がわかります。ですから、雲の中の雪の量がわかると同時に、その中の動きがわかります。」

「えー、大事な事言い忘れましたが、雲粒は測れません。だから、雲は、分からないんですね。」

雲の中の雪だけを見ている…。

「ええ、そうです。雪粒の大きさになつて初めて、三センチくらいの電波が衝突して返つて来るんです。」

「じゃー、降雪とか降雨の予測ができるんですか？」

「予測という事は、我々も含めて皆さん関心があることですが、あの短い予測は、やりやすいというか、できますね。」

「どのくらい？ 何時間前の予測ができるんですか？」

「うちのレーダーは、四十キロ先まで見えますから、仮に。時速四十キロで来るなら、一時間の予測はだいたい当ててあげられます。あら、たつた一時間前ですか？」

「そうですね。気象台とか、予測を出す専門の所、これは、行政的な問題もありますが、そういうところの予測という仕事に役立つような、基礎的な研究をしたいということです。」

### “成功した”人工降雪実験

人工的に雪を降らすという事って本当にできるんですか？

「人工的に雪を降らすという事は、日本では昔から、水資源の確保という点から考えられてきたわけです。しかし、これは、人工降雨という雨の方でやられた事が多いんですけど、あまり成果が上がつたとは聞いていませんね。それはひとつには、どういう風にするかという原理はわかっているんですけど、それが大気中で、どの程度効果が上がっているかを検出する方法がなかったんです。」

「ね。その点うちでは、先ほどお話ししました、非常に感度の良いレーダーがあるので、効果を検出しやすいわけですね。それで、うちでは、一度だけ非常に小規模に、人工的に降らした降雪を検出したことがあります。」

「成功したんですか？ 本当に？」

「成功しました。ラジオゾンデに使う気球にドライアイスをつけて、雲の中に飛ばしたわけです。それをレーダーで検出したというだけの事なんですけど。ラジオゾンデを今、札幌で飛ばす場合は、飛行機との関係があつて、日中は難しいのです。ところが夜間になりま

すと、民間航空路が閉鎖しますので、比較的楽になります。そういうわけで夜にやったという事。しかも三月くらいの札幌付近では、雪になれてしまつて、仮に多少雪が降つてもさほど問題がないという時期を選んだということ。それから、雪の降る位置をだいたい考えて、郊外とか山に降るような風向きの時を選びました。それから、加えて大事なことは、地上の気温がプラスになっている時を選びました。」

どうしてそんな時じゃなければダメなのですか？

「あの時の実験では、プラス四度か五度でした。ですから、仮に雪のようなものが雲の中で発生して降つて来ても、地上に達する途中で融けて雨になつちゃう。ですと、ま、ちょっとした、おしめりがチラチラと来るくらいですね。ま、そういう様な安全の事を考慮して、昨年の三月の末に札幌の上空で行いました。それでほしい、レーダーで検出された雪の足が札幌の上空に出現したわけですが、その足の水の量は全部合計すると概算で約十トンくらいになる。だけどそれは一箇所じゃなくて、高さにして三千メートルくらいの空間ですから、全部あわせると十トンくらいということですよ。人工的に降らせるといことは、人工的に雲を作つたということですか？」

「あーあー、これはね、まず雲がないと駄目ですね。雲があつてもそれが先ほどのように雪になる条件がない時に、それを人工的に人間が条件を与えてやつたと、それだけなんです。ま、僕達としては雲の中で雪が発生して地上に降るとこまでの事を研究したいわけですよけど、それを人為的にやつたという風に考えていいわけですね。」

あー、雲がない時は駄目なんですか？

「えー、そうです。」

最後に、遠藤先生がこの様な研究をなさるきっかけは、何だったんですか？

「そうですね。やっぱり北海道に住んでいて、雪結晶とかそういう

ものに小さい頃から親しんでいるから、低温研で、色々やっているもの全般には関心があったわけですね。例えば、雪まつりが発生した時分と同じ位に生まれていますから。私達子供の頃というのは他に娯楽がないので、雪と戯れることしかなかったんで、雪の性質なんかも体感的によく身に付いているわけですよ。で、そういう中で、雪はどうして降るのかという素朴な疑問とか、絶えずありましたから、やはり、大学に入って、あのー物理とかなんかを勉強していく過程ですね、そういう興味に満たされるような分野に来たのが、今の道筋ですね。」

これからの研究の夢みたいなのは？

「えーと、そうですね、やはり今の雪をかなり人間が、あのーその降雪のしくみというものをですね、知り尽くすまでには、まだまだ先がありますのでね、この道を辿るだけで、だいたい十分なのではないかと。私が生きている間に全部わかるとは、ちょっと思えない。それから一つは、あのーそういう現象を、観測して見極めるという手段が、今、どんどん先端技術によって開発されてきていますから、次々と、新しい局面が見えてくるという、ま、それが、非常におもしろいということですね。で、まあ、そういう事から得られた知識というものは、広くいえば、人類の宝というか、我々人間全部の役に立てばいいと思つてますけどね。」

どうも、お忙しいところをありがとうございました。

夏の暑い日につながつたお話です。扇風機をまわして待つていてくださいました。降雪、降雨の源の「くも」をみているといろんな事が頭に浮かんできて、楽しいのですが、物理という難しい学問から眺めると、「雲」に見えてきました。

### 第十三話「吹雪からコンピュータまで」

今日は主に吹雪のことを石田 完先生に聞きに伺いました。

「あー吹雪ですか、やっぱり。(笑)」

#### 風と吹雪

まず、低温研の周囲は特にひどく吹雪くように思うのですが。馬場を越えて街の中に入るともつ何もなかったりすることがよくあります。やはり風の強い所が吹雪になりやすいんでしょうか？

「そうですね。雪は何か原動力がなければ飛びません。その原動力になるのは風以外ちょっと考えられない。だからまあ風が強い所は、吹雪がちゅうことになるとは思いますが。風が強いのは目に見えないもんでね。きわめてその、困ったもんなんですよ。だから風がどうして、地面にあるものを吹き飛ばすのかについては、本当のところよくわかってないんですよ。」

あの一、素人考えでは風が吹くと雪が舞って吹雪になるということは全然不思議に思わないですが、先生が興味をお持ちになつていらっしゃるどころはどういうところなんですか？

「まず第一に風についていうのは、気温と同じ様に一番身近に感ずるものだから、風の研究については多いわけですよ。そういう研究によるとね、風が高さと共にどう強くなつていくかというところ、これが対数的に上昇していく。だから、高さの方をログスケールで目盛つてやると、風の強さは直線的に上がっていつちやう。だけど、直線に乗るっていうことは、グラフの上で下の方へひっぱっていくと、ある高さの所で風速0のところが出てきちゃうわけ。非常に小さい値だけれど、その高さを表面の粗さで言ってるんだ。」

実際それは地面の状態でいろいろ違うんですけどね。例えば雪が平らに積もっているような所では、0.1ミリとかいう数字になつてくるんですよ。だからそれが本当だとしますとね、本当の地面の所

じやなくて、それから0.1ミリぐらい上がった所が風速0のところだということになるんですよ。そうすると雪粒があるあたりでは、ほとんど風の速さなんてのは0に近いわけで、1秒間に何センチも吹いていない。そんな風じゃね、雪が動きようがないんですよ。だけど、1メートルの高さで五から六メートル毎秒ぐらいの風が吹くとね、ワァーツと舞い上がるわけだ。どうして、どこからそういう力がでてくるのかということがね、非常に尠議な話でね。」

それはまだこれからの研究？

「まあ結局、なんでそういう力があるのかっていうのは風の乱れなんです。いわゆる乱流をね、詳しく調べなきゃならないということになるわけで、私はそういう所が非常に興味あるわけですよ。」

吹雪で雪の粒子はどの位の高さまで舞い上がるんでしょうか？

「それはね、いろんな観測があるんだけど、接地気層について、たかだか三十メートルとか百メートルとか場合によっては、もつと三百メートルとか、そういう高さ位までの範囲を言っていて、その辺までは舞い上がってもいいわけですよ。」

三百メートルまで……。

「うーんまあ。マキシマムで考えたらね。だけれどもそんな所まで地面から舞い上がっていく粒子なんてのは非常に少なくて、地吹雪と区別してるんですよ。僕らが考えてるのは地吹雪についていうやつで、いつぱい地面に降りてからの粒が、上がつてくのを言うわけですよ。地吹雪で飛んでる雪粒の数を勘定してみると、たかだか地面から一センチとか二センチとかの所が一番多くて、上にいくともうぐーと減つちやうんです。」

地吹雪については、一つの飛び方として、ピョンピョンと飛び跳ねてくんですよ。それはサルテーションって言うんだけど、いつぱいんポーンと跳び上がったやつが、また落ちてくるんですよ。落ちた時にこんだ、下にある粒を又、はねとばすんです。これが大事なんですよ。その時に一つだけ跳ね飛ばすんだしたら、一個飛んでりや、いつまでたっても一個しか飛ばないんだけど、落ちてきた時

に二つくらい跳ね飛ばすとね、倍々と増えていくわけですよ。それできっかけはチラチラッと雪が動いたとしてもそれから、ワーツと増えてくるっていうことがあるんですよ。」

### 雪粒子に働く色々な力

地吹雪粒子はみんなこうやって飛んでいるのですか？

「それはまあ一つ。大ざっぱに三つにわけているんだけどね。ピジョンピョン飛び跳ねていくやつと、表面をコロコロころがっていくやつと、もっぴとっ浮かんでいるやつですね、空気中に。」

一度も地面に落ちないで……

「跳び上がったらそのまんま、浮いたまま。まあやがては落ちるんだけどもね。何メートルも流れているのは小さい粒なんです。高い所へ行くと風は強いし小さい粒だと下へ落ちきらないでね。いつまでも漂っていると言っている。」

いわゆるメカニズムっていうかな、どうやって吹雪が起こっているかという機構は本当に私が知りたい所なんだけれども、なかなか難しい。それはなぜかっていったら重力があるから地面の下に向かって引つ張られてるわけですね。もちろん空気の抵抗を勘定に入れて計算すると、粒はどの位の高さまでしか上がれないってのは見当がつく。ところが吹雪の場合はね、とてもそんな高さまではいかないんですよ。それはなんかね、おさえつけている別の力があるわけですよ。空気の抵抗とか重力とかそういうもの以外に何かこう、粒をあんまり跳び上がらせないように別の力が働いてんじゃないかとね。

一つにはマグヌス効果という力があるわけです。野球のボールがね、カーブするってのは、要するに風が吹いてて曲がるわけじゃないくて、ボールが回転してるとね、その回転が別の力と呼んで、まっすぐ飛ばさないでまがっていくような仕掛けになるんですね。雪粒が跳び上がる時にクルッとまわることによってね、そういうよけいな力ができて、思ったほど上がらなくて下に落ちちゃうんだという

説明もあるにはあるんだけど。そのためにはね、勘定してみるとものすごいスピードで回らないとだめなんです。なにしろ雪粒は小さいから。

次に、付随した力だけど圧力差があるんだ。細かく測ってみると風が吹いていると、気圧の乱れつてのが非常にあるんですよ。実は上から下へおさえつけるような、気圧の変動があるんじゃないかと思ってみてね、そういう実験を僕は実際やっているわけです。それでやってみると確かに地吹雪が起こった時に上から下へ押さえつけるような気圧の変動があるんですよ。しかしその圧力差つてのは非常にわずかなもので、とてもそれでは説明できない。なんかまだ色んな、不思議な現象がね、解き明かせば、あーそういうことかかっていうことがまだ隠れてると思います。ね。」

### 南極の雪の積もり方

積雪量つてのは吹雪の力でだんだん少なくなってくるんですか？

「そうですね。ひどい吹雪になると、今まで積もっていた雪がなくなっちゃうて所が出てくるわけですよ。それから今まで全く平らだった所が、ものすごく積もっちゃうと、そういう所はいわゆる吹きだまりって言うわけだね。だけれどもね、南極なんていくところは又条件が違うんだよね。毎年毎年雪が降るわけで、いわゆる年層というのがでてくるわけ。ところが風の強いところの領域へ行くと、どう考えてもね、おかし、年層が連ならない。結局、ある年、一年とか二年とか全然積もつてない時期つてのがあるんですね。」

でも、一年二年全然そこに雪が降らなかったのかということは何、ありえないわけだね、それがなくなっちゃうんですよ。ハイエータスなんて言ってるんだけど、欠けてなくなっちゃう。なんでなくなるかってと、融けたんじゃないかと、もちろん昇華することもあるけど、風で飛ばされちゃったに違いない。この頃同位元素で夏の雪、冬の雪つて区別できるんですけどね、同位元素で調べてみるといわ

ゆる夏冬夏冬で、同位元素の比率の高い所、低い所が出てくるんですね、順序よく。そうすると、ここは一年ここは二年ってやっていけるんだけど、一年も二年も欠けちゃうような所が出てくるとそれがもうめっちゃくちゃになっちゃう。きれいに周期的に変化しなくなっちゃうんですよね。だから南極なんかは、そういう所が場所によってはあるわけだね。本当のところはどうしてそういう、せつかく積もったものがなくなっちゃうのか、というところはわからないんですよ。本当に風で飛ばされちゃたのかどうかっていうのはね。

サスツルギって話を聞いたことがあるかもしれないけれど、いっぺん積もったやつが、風で吹き飛ばされてね、周りが削られて、一つのコブができるわけですね。もともとは平らに積もったんだけど風が吹くってと、部分的に削られるとが起るんですね。コブコブが残ってる。大きいやつになるとね、人の背丈くらい。何も遮蔽物のない所にできるんですね。

「どうしてそんなきれいに平らに吹き飛ばないかってのはこれはまた難しい所だけでも一つには風の乱れでしょうね。道路なんかでよく見かけると思うけど、雪がサーッと流れることがありますね。あれみてるみたいがい筋状になって流れているでしょ。ウネウネとね。結局ね一面にサーッと飛ぶんじゃないんですよ。筋状になってるってことはどうも発生源ってのは、線っていうか面っていうか、そういう所からワツと発生するんじゃないかな。あつちの点、こつちの点、そういう所からワツとはじまる。それが続いてくもんだから筋状になっていく。」

### 雪は優れた吸音材

雪が降っている時は音が吸収されて静かだとよく言われていますね。積雪の中でも音は伝わりにくいんじゃないでしょうか？

「えー、もちろんね。防音、遮音、ってのはどうして起こるかかってと、いわゆる多孔性ってのが非常に音を吸収するんですね。昔、理学部の講義室の天井はコンクリートの打ちっぱなしで、話をすると

反響して、よく話が聞き取れない。それで天井に幕をはったんですよ。波形に幕をつり上げて、それで反響が少なくなっただけですよ。その頃吸音材はあんまりなかったもんだからそういうことですよ

てただだけれども、いい吸音材ができないかって話で、雪は吸音性がいいってことがわかってたからね。それをまねして木の繊維をほぐして、板状にしてね、これにいっぱい穴をあけるってんでね。

そういうように雪ってのは非常に吸音性はいいんですよ。ただ、うんと固まってしまったり雪も密度が高くなるとね、スコップでも歯がたたないようになってくるとあまり吸音性はよくないんですよ。イグルーっての作るでしょ。厚さはまあ高々三十センチ位、その中に入ってみると実に静かなんだな。音の実験をする時に他の雑音が入らないように、防音室みたいな作るんだけど、そういう所に入ると音が全然聞こえないもんだから、普通の人はかえって耳鳴りみたいな感じになるのね。キーンって音が聞こえるような気がしちゃう。人と話をする時もね、横向いて話していると全然聞こえない。まともに真正面向いていないと聞こえないとかね。そのイグルーへ入るとね全く防音室へ入ったような感じになっちゃうんですよ。」

### 幻のハイブリッドコンピューター

今度はコンピューターのお話なんですけど、先生はどういったきつかけでコンピューターに興味を……。

「うーん。それはね、一番最初、音の分析だとかね、音声タイプライターなんてことが、しゃべればそれが字になってタイプライターが働いてくれるとかね、そういうものの基礎的なことをやってたわけですよ。風の乱れなんてのも非常にゴチャゴチャ、何がなんだかわからない。気温の変動なんていうのもそうだけど、周期的に夜と昼とで規則正しく上がったたり下がったりしているけれど、詳しく見ると非常にグシャグシャしてるわけですね。そういうものの中から、何か規則的なものを見つけたぞうとするためにはフリー工解

析なんていうことをやらなきゃなんない。それで皆、タイガー計算機なんて手まわしものをガラガラまわしてやってたり、ソロバンを使ったり、表みたいなのを作ってたね、それに書き込んでみたりとかくいろんな工夫してみたけど、手間のかかる仕事だったんですよ。何とかこれを簡単にやる方法はないかということ、計算機作るうって話になって、実際に作り始めたんですよ。

その頃すでにリレー計算機なんのでが出てきて、二進法で計算する仕かけがあることはあったんですけど、リレーってのはやっぱり機械的なところがあるもんだから速くないんですね。それを真空管でやればもつと速いってわけだね、それを使って二進法の計算をやるうという話になってね。真空管を何百本もつないで(笑)。その頃使ったあまりがいっぱいあるんですよ。」「何年前頃ですか？

「えーとね。低温にきてすぐの話だからね、霧の研究なんてやってた頃なんですよ。だけど、これはとうとう目の見なかつた。何故かっていうとね、こつちの努力が足りなかつたせいもあるけど、データをインプットするところの仕掛けがね、どうしてもうまくいかなかつた。テレタイプのを電電公社にだって払い下げてもらつてきた。それを改造して。紙テープつたつて巾三十センチくらいで古い機械だから、それに穴をあけて読み込ませて、電気信号に直すつてところがとうとううまくいかなかつて、挫折したつてところかな。その間に本当の真空管計算機なんてのが出てきちゃつたから……。」

「じゃあ、今みたいに機械を入れて使う前の、作る時点から興味をもつてたことなんですね。」

「ウーン、その頃はね、考え方として非常に斬新だったんですよ。すべての計算をね、いわゆるデジタルという二進法の計算ばかりじゃなくて途中でアナログ計算も含めてできる。ハイブリット計算機合の子計算機、そういう考え方をすでに持っていて、一つの計算機を作り上げようとしていたわけですよ。」「

「じゃあ完成していたら特許ものでしたね。今頃先生左うちわで……(笑)」

「そのうち大学にもセンターができて、最初の頃はそれを動かすにも機械語でしか動かせなかつたんでね。その講習会に一週間ほど鈴木先生と行ったわけですよ。卒業の免状までもらつたんですよ。機械語、アセンブラっていつているけど、ああいうものを一度やつてみるとなかなかおもしろいですよ。フォートランやベーシックでプログラム組むとね、ブラックボックスが計算してくれるようなもんですよ。アセンブラでプログラム組むとね、好き好きだけど、本

当に計算機を動かしているって実感はしますね。昔の簡単な機械は、命令数が少ないんで覚えるのも簡単だったけど、今はマクロ命令なんていうのができてきてね。色々命令数が増えて覚えるのも容易じゃないですよ。」「最後に、後輩に何か助言というか、学生とかこれからの研究に何かありましたら一言。」

「ともかく、研究をスピーディーにスマートにするためには測定器なり測定系ですね。マイコンを使って仕掛けをコントロールしてとか、そういうことでやればスマートにいくわけですけどね。機械を組み合わせるつてことは、中身を信用してかかつてるわけだな。中身のことは、ほんとのことはよくわかつていない。みんながそれを使っているからまちがいないんだらうつてことでやってるわけ。」

「ところが僕らの頃はそうじゃなくてね、こういうことやりたいと思つた時に、現象をどう取り込んで、それをどういうふうに処置するかつてこと、それにはそこに仕掛けを作らなくちゃいけない。その仕掛けつてのはすべて、手作りではじまつたわけですね。入つてくるものが出てきて自分で受け取る結果つてものの仕組みがすべて自身でわかつていた。そんなことをやつてると手間も時間もかかるんですよ。」

「今は機械だけ寄せ集めてくれば、仕事が半分ぐらいできる。非常に能率が上がつてきていると思うんだけど、あまりはかどらない。機械

づくりなんてやってると、観測や測定が開始されるまで無駄な時間がかかる。よけいなことにも思えるけど、しょうがない、徹夜仕事でやったわけですね。それこそ朝から晩まで寝食忘れて。仕掛けができるともうぐったりしちゃって(笑)。肝心の測定の頃にはくたびれちゃうということもありましたけどね。この頃のやり方であったら充分仕事はできる時間はいくらでもあるよっただけど、それほどでもないような気がしますね。

昔は測定系を組み上げて、そこへ時間を相当使うもんだから測定というものが始まったら非常に大事にするわけだな。一つも逃がさない、得られた結果から、なんとかそれから情報を引き出そうと工夫をめぐらせて頭を使うわけです。今のように、パツと既製品を集めて組み上げちゃうとね、そこら辺の手間がかからないから、測定、いっくらでもできるわけです。ほとんどやる。だけどその測定の一つ一つを大事にしないんですよ。ちょっと条件悪いと、アツこれだめってなっちゃって、都合のいい結果だけをひろってきて組み立てたりする。そういうことによつて、かえって本当の実験、測定を少しおろそかにしてるんじゃないですか。これは僕の感じです。まあそうじゃない人だってもちろんいるでしょうけど。その辺考えてね、手間を省けたんだから、測定自体をどんな所でも大事にして得られた結果ってのは決してもうそれをおしゃりにしないで何とか。これは望んでた方向じゃない逆の結果だつてあり得るんだけど、こうでなかったらだつて大事なんだから捨てないで残して欲しいと、そういうことですかね。長い間どうもありがとうございました。

## 第十四話「雪の力学実験から所長職まで」

今回は、木下誠一先生をおたずねし、若い頃の研究の回想、それに所長を終え今どんな感想をお持ちかといったことを伺いました。

### 木下式硬度計

先生は今凍った土の研究がご専門だと思いますが、若い頃は雪をやつてらしたそうですね。

「うん、そうそう。雪の力学的なことを最初ね。昭和二十年代から三十年代の前半位まで。」

「雪の圧縮をやつてたんですよ。雪を押しでどうい風で壊れるとか、どうい風で縮んでいくかということですよ。雪を早く押すと小さい力で壊れてしまふけど、ゆっくり押すとね、そのまんま縮んでいくわけさ。縮んで縮んで最後は氷になっちゃう。氷河なんちゅうのはね、その延長だけ。それから木下式硬度計を作ったから。その基礎になる実験をずーっとしてたんですよ。」

「いや、作るためじゃなく…。雪の中に錘りを落とすときにどういような抵抗を受けるかとかね。その力の記録データをね、整理していく段階で硬度計というのを考えたんですよ。最初から作るつもりじゃなかったからね。」

「具体的にどんな実験だったんですか？錘りを？そこら辺の雪に？」

「いや、低温研の庭から雪の塊をとつてきて、低温室で十から二十センチ上から五キログラム位の錘りをポンと落とすんです。すると雪の中に沈んで行くでしょ。その沈んで行く途中でどうい力を錘りが受けるかというのを調べたんですよ。」

「いや、同じなんです。作用、反作用。」

「あ、そうかっ。」

「錘りが落ちる時、どうい速度で雪の中に落ちていくかというの

を計れるようにしたんですよ。硬い層があればそこで大きな力が出るし、弱い層があれば途中で力がふっと減るしね。で、雪質の違いとか雪の構造の違いとかに関連させたわけですよ。木下式硬度計というのは、錘りがずーっと落ちる時の平均の力で表しているのね。硬度の違いによって“しまり雪”だのなんだのって名前がついてるんですか？

「いや、それは雪の構造から“新雪”とか“ざらめ雪”とか分けているのさ。そういうものの硬度はいくらかっていうのは附属的に出てくるけどね。」

「じゃあ構造と硬度についての関係ははっきりしているんですか？」

「うん。式にはなっていないけど、雪粒のつながりがきっちり多い方がね、当然硬いでしょ。そういうようなのを調べるちゅうんで、雪の内部の構造を顕微鏡で見るために薄片を作る方法を開発した訳ですよ。」

## 雪から土へ

木下先生は雪のことを研究していた期間の方が長かったんですか？

「二十五年に入ってから三十九年に凍上部門ができるまでの十五年くらいかな？まあ、半分くらいだね。雪やっていた時の方が若かったけど、凍上やりだした時はもう大分年とってボケてきてたからね（笑）。」

ええ、じゃあ雪の方が情熱的に？

「うん、若い精力のある時にやったからね（笑）。」

雪から土へ移ったきっかけは？

「電柱とか地下ケーブルが地上へ上がるとき凍上で線が切れたりするでしょ、どの強さで切れるのかを電電公社から委託されてやっていたわけですよ。はじめは大浦さんの手伝いをしていたんですが、大浦さんが南極へ行つたのを機会に僕が専任になったのさ。主に釧路の現場でやったけどね。そのうちに部門を作って積極的にやんな

いと、ちゅうことだね、理由に迫れないね」（笑）。まあ、世の中の情勢だったな。」

どういふ実験を？

「北見工大には大野先生がおられたし、構内が凄く凍上するんでね、釧路は場所が悪いんで北見に変えたんです。土の上に円盤置いてさ、周りが盛り上がってくるでしょ、これを押さえとくわけ、その力を測った。凍上力の現場調査をやりだしたんですよ。野外でも実験室でも模型を作ってたね。」

温度が低い方が地面が盛り上がる速度は速いんですか？

「まあ一般的にね。寒波が来ればぐっと上がっていったって、力が大きくなる。冬でも暖かい時は力は減ってしまう。どういふ力がでるか調べてそれに対応する強い工作物をつくれればいいでしょ。」

昔と今と、実験や調査のやり方に違いを感じますか？

「今は機械に頼りすぎる気するけどね。昔は雪とか土の中に出ていってやったけど今はみんな機械でするでしょ。昔は水が凍り出してきたぞ、って言えばそこへ行ってみたわけですよ。実際水が凍っているか土が凍っているか。今はね、実際見なくても機械見れば0度より下がったんだから凍ってるなって現場行かなくても。チャップリンでないけど機械に追われている感じはするね。物を見ないで測定機の記録ばかり見てね。」

現場で実際に見ると違いますか？

「見た方がいいんじゃないかな。印象に残るし、身に付くんでないかい。記録のカーブ見たって、すぐ忘れちゃうからね。今、機械とコンピュータの時代になっちゃったけどね（笑）。コンピュータに追われてる気もするけどね。」

そうですね。

「論文書くとか図描くちゅうのは格段楽になったよな。清書するのはワープロだからね。昔の方が物を覚えたような気がするな。身に付いた感じするけどね。」

海外調査にも行かれましたね。

「あれは、永久凍土調査ちゅうの。低温研の二十五周年記念やった年にね、太平洋学術会議というのにソ連の凍土研究者が来たんですよ。その人が来てみないかちゅうんで、昭和四十二年に短期の在研でソ連のヤクーツクへ行つた時、永久凍土調査の申請したわけですよ。」

「何回いらつしやつたんですか？」

「四回ね、昭和四十三年に申請して通つたのが昭和四十七年度さ。

なかなか通らなくて四十六年の時には採択されたんだけどソ連側の許可が出なかつたので返上したのさ。四十七年は落ちちやつたんだけど、今度は向こうから許可が来たのさ。向こうからの手紙を持つて文部省へ行つて説明したら追加で当ててくれたの。それで رفتんだけど、ソ連はとつても許可を取るのが大変だから、次はアラス力、カナダの方に変えたわけです。」

「永久凍土のどんなことを調べたんですか？」

「いや、いろいろさ。生物系の人と一緒にアラス力で三回やつたからね。酒井さんとか戸田君とか吉江君とかね。今は引続き藤野君が地下にある氷をとつてきて調べているんです。それが植生とか小さい土壌動物とかにどう効いてくるか、もちろん冬の間は凍るけど、夏は表面融けちやうからね、融けた水分を栄養にして植物とか小さい動物がいるわけです。数十センチ夏は融けて永久凍土はその下なの。」

### 所長職の楽しさ・苦勞

「所長をされたのは六年でしたな。楽しかったことは？」

「楽しいちゆうか…まあ、色々と勉強になつたけどな。人と話す機会が増えて視野が広がつたかな？」

「じゃあやつぱり良かった？」

「いや、よかつたちゆうか、やつぱり責任感じるから。」

「一番印象に残つたのは？」

「前、“きばなのあまな”に書いたけど、やつぱり中曾根さんが来たときが警備から何から一番大変だったな。あとはIGSとかISGFとか国際シンポジウムやつたでしょ、ああいうのは非常に良かったと思うね。国際学会が一番良かったんじゃないかな。所内では降雪部門ができたし、リーダーもついたり、紋別にも機械ついたり。窮屈な時代にしては割合恵まれてたんじゃなかったかな。」

「所長として一番困つたことは？」

「困つたことは色々あるけどさ。言つた差し障りがあつてもね。」

「(笑)。」

「だいたい解決されたんですか？」

「いや、解決されてない所たくさん残つてるしよ(笑)。部門間で差が出てきたでしょ。それをどうするかつていうんでやるうと思つたけど、どうしようもなかつたもんね。」

「そうですね。人がいるから。平等にということをや心がけていたんですか？」

「各部門に差があるとうまくないからね。差のないように心掛けたんだけど、現実にはなかなかね。」

「最後の一年は？」

「いや、ゆつくり休もうかと思つたけど、論文の主査でさつぱり休む暇ないもん。有給休暇たくさんとろうかと思つたけど、ほとんど取らないで。」

「ご退官を間近にひかえて後進へ一言。」

「研究所の見直しとか来てるけど、頑張つて業績上げてれば、いいんでないかなと思つてね。あんまり、じたばたしないです、まどわされずに自分のペースで勉強していつてもらいたいと思うね。自分でどういうことやるか皆分かつてるからね。」

「世間受けしない学問つていふのは肩身が狭そうな感じがしますけど。」

「皆ほとんど学位とつている人達だから、研究の方面は自分で判るんでないかな。学生なら指導しなきゃいけないけど。」

「じゃあ、自分のしたいことをやっていけばいいと？」

「うんまあ、したいことになるかもしれないけど、自分がどういうのが得意かね。あんまり狭くなくても困るけどね。」

「よく木下先生は雪氷の一般的なことは勉強しておくようにとおっしゃってますが。」

「常識としてさ、低温研にいながらね、流氷を全然見たことがないとか、土の凍ったのを見たことがないんじゃ困るな。基礎知識は全般に持つてないとね。一般的な常識を踏まえた上で自分の得意な分野を伸ばしていくと。一般的なことを知ってないとどうしても知識が狭くなるからね。今、学生なんかも狭くなっちゃったでしょ。どうしてでしょう？」

「若い人がめんどくさがり屋なのかな。せつかく低温研に来たんだからね、低温科学の中の一般知識を広げてもらいたいからね。自分の本のこと言うのはあれなんだけど、三丁四年位前に書いた理科年表の副読本の『雪の話、氷の話』に全部書いてあるからね。」

「いやあ(笑)。これは氷河から永久凍土から海氷、積雪、吹雪、雪崩、除雪、凍上、みんな書いてある。易しく文系の学生向きに書いたんだから、このくらいの知識は持つてもらいたい。あんまりかたよらないでね。」

現代の若者、女性については？

「女性たつて…(笑)。まあ、怒らないようにしてる。血圧もあれだし、色々まずいでしょ。所長時代も怒ったことないもの。自分で心掛けたもの。もともと怒ったり興奮したりしない方だけど、特に気をつけて。僕は年取ってるからかもしれないけれど。」

お酒の飲み方について、哲学みたいなものは？

「酒では失敗してるでしょ…(笑)。若いときは寝てしまっ忘れてることなんてなかったけど、五十歳位からは翌日記憶がない。楽しくなかったり、話しやすくなったりすることもあるし…、時にはたくさん飲んでもいいけど(笑)、酒に飲まれないようにすれば。その

日だけで、二日酔いで仕事できないよつじゃ困る。」

最後になります、木下先生が雪氷の研究をするに至ったきっかけというか、動機みたいなものは？」

「最初かい？最初は、ウーン僕は中谷教室じゃないからね。僕の先生は池田先生という数理物理の専門なんです。そこにいて、そのあと、(小樽)潮陵でね先生してたんですよ。そしたら小島さんから話がきて、黒岩さんが講師になったんでないかな、それで、助手の枠が空いたから来ないかっていうんで、それじゃまあ雪でもやってみようかな」と。あまり褒めた動機でもないな。ちよつと研究的なことね、やってみようかなと思っただけですよ。」

「うーん。学生時代ちよつと成績良かったわけさ。僕らの同僚もね。」

「やってみていかがでした？」

「うん、いや、結局まー、こつなつちやつた(笑)。最初は応用物理部門に入つて、吉田先生が教授で、大浦先生が助教授でしょ。黒岩さんが講師で藤岡さん小島さんと助手がいて、僕が第三番目の助手で入つたわけさ。だから最後までずーつと研究者でいられると思わなかったものね。」

「ああ、そうですね。」

「できるだけ技術的なことをやってね、理屈より野外でね物を覚えたり技術的なことをやったんですよ。で、そのうち、どこかへ行かなければならないなと思っただけで、そのうち、拡張期になつちやつたでしょ。部門が増えるとかね、それでそのまま居ちゃつた。ま、運が良かったというかね、僕らの時代そういう人が多いのね。」

そのちよつと拡張期に乗つたから教授になる人も多いしね、今はひどくなつちやつたけどね、勉強を続けたくてもなかなかね。我々の時代はあまり執念なくてもまあこう…。学生時代、中谷先生は我々のグループでは、あまり評判良くなかつたの。ほとんど講義やつてなくて随筆なんか書いていたでしょ。で、よく勉強する人は他の教

室へ行ったんだよね（笑）。」

中谷教室へは勉強しない人が行ったんですか？

「いや、本当に雪が好きで情熱のある人が行ったんでないかな。」

ああ、そうですね。今日はお忙しいところをどうもありがとうございます。

「いやー、なんだかまとまらない話で…。」

いえいえ、こちらこそまとまらない質問で…（笑）。

ざつくばらんな先生のお人柄に甘え、不躰な質問もありましたが、快く答えて下さいました。機械に頼るよりも現場を見た方がよいという言葉に科学の原点を見た気がしました。