

私のプロジェクト X

板 谷 利 久

Study nature, not books

1. はじめに

「Study nature, not books」は、カナダウッズホール海洋研究所入口に書かれているアガシー博士の言葉です。大学時代の恩師に教えられました。またその恩師から「地球化学、殊に海洋化学は生物学、物理学、地質学、気象学、そして化学を持ち寄った Holistic (包括的) な学問である」と教育されて、地球化学に関わる仕事に就くことになりました。だいたいの事象は地球化学的に考えれば、何かしら答えに辿り着く感じがしています。そのためには本や教科書から詰め込みで学ぶのではなく、まずは自然と向き合い、自身の目で見て、それからでも本で調べるのは遅くないでしょう。

自分で言うのも何ですが、私は幼少期には年上の授業を窓から覗き見しているような好奇心旺盛な子どもでした。その頃からベールに包まれているものを覗きたくなるそんな「好奇心」が、知りたいという欲求の原動力となっています。しかも欲張りなので、私のプロジェクト X は 3 つあります。それらをご紹介します。

2. プロジェクト A：支笏湖の奥深さ

支笏湖周辺は現在も釣りや山登りの遊びのフィールドです。就職したときは、丁度フライフィッシングが流行りだした頃でした。鳥の羽やミシン糸を駆使してフライ (疑似餌) を作り、18 時の終業の合図とともに支笏湖に通ったものです。それから数年して「支笏湖とチップの会」に入会し、2007 年 3 月には多くの技術士や科学者の方々と支笏湖の自然や社会環境の変遷をまとめ「支笏湖の人と自然」を上梓しました。

その中で、湖水の成因を考えたとき、流入河川だけで説明できず、恵庭岳の温泉水や湖面に降る雨を疑い、当時営業していた旧伊藤温泉に入り、温泉水をポリビンに詰め水質分析してみました。せっかく

なので、温泉成分やあらゆる金属を分析してみると、温泉水にはもちろんのこと、湖水にもわずかに砒素が含まれ、天然水には見られないリチウムも比較的高濃度で含まれていることがわかりました。やはり、「温泉水は無視できない」、「そうすると雨もそうだろう」、「それでは支笏湖に入ってくる水を全て調べてみよう」と、またまた「好奇心」が湧いてきました。

支笏湖とチップの会員といっしょに河川水や沢水、温泉水など、湖岸に流入するあらゆる水を集めました。湖水の深度方向ではバンドーン採水器 (目的水深で閉じることができる筒状の採水器)、タラ用の釣り竿、電動リールを用いて 50m ごとに採水しました。最深部 350m では採水器があがってくるまでに電動リールがフル回転でも大凡 10 分ほどかかります。深海魚を釣るかのようで、これを会員同士で「シッシー釣り」と呼んでおりました。



写真-1 バンドーン採水器(シッシー)

(1) 温泉の寄与率

イオン成分では湖水の平面方向、鉛直方向とも水質に全く違いがないことがわかり、完全混合型の湖に分類されます。表層、中層、深層の放射性水素トリチウムを用いてモデル計算すると、支笏湖の水の滞留時間(水が入れ替わるに要する時間)は約 60 年となりました。4 万年前にできたカルデラに水が溜まり、恵庭岳、樽前岳の噴火を通じても先の 60 年よりは遙かに長いことから、逐次的な混合を考慮せず、定常的に水が溜まってできたと考えることができます。そこであらゆる水が一瞬で混じったとして寄与率を重回帰分析で単純計算すると温泉水は 9%、雨が 50%ほど関わる可能性があります。

札幌(我が家)の水道水の電気伝導度(溶存成分の指標)は浄水場で塩素滅菌されて約 10 数 mS/m ですが、支笏湖の水は 20mS/m ほどありやや溶存成分の多い水です。なお、旧伊藤温泉源水は 100mS/m、北海道の雨は概ね 1 ~ 3mS/m 程度です。

(2) 支笏湖の水は動く？

先ほど、水質が一様であることから支笏湖は完全混合型の湖と述べましたが、どう動くのか？の問いには簡単に答えることができません。

水の最大密度は 4℃(正確には 3.94℃)と学生時代に習ったことでしょう。1994 年から 1 年間ほど支笏湖の数カ所で水温分布を調べたところ、最大水深 360m の位置で、270m からそれ以深では年間を通じて 3.6℃の様な水温が存在することを確認しました。しかも 4 月と 12 月初旬には表層に 4℃の水ができ、重たい水があたかも浮かんでいるような逆転現象があるのです。

水の重量が変わらないので、密度が大きくなるには分母である体積が小さくなったことしか考えられません。文献を調べると、やはり、水圧によって体積が若干圧縮されたため逆転現象ではないのです。水圧と最大密度になる水温との関係は Ström (1945)によって表-1 にまとめられています。

この表から、
水温(℃) = 3.8921 - 0.0009 × 水深(R² = 0.996)
の回帰式が得られます。支笏湖の水深 270m と最大水深 360m を代入すると底層の水温は 3.65 ~

3.57℃であると導かれます。観測機器の測定誤差を考慮すれば、3.6℃の様な鉛直分布が説明できます。しかし、同時に採水した 350m の深層水の溶存酸素量はほぼ飽和状態であり、会員から「支笏湖の水がきれいだから?」、「いくら何でも飽和状態とは信じられない」との意見が出ました。酸素の供給は表層からというのは紛れもない事実で、これが底層水まで運ばれているのですから、密度分布に逆らって何らかの混合システムがはたらいっているとした考えられない。それが謎なのです。

湖は海と違って潮汐の影響を受けるはずがないのですが、30 数年前の 4 月の初めのことです。支笏湖南岸でフライフィッシングをしていたときに、餌釣り師のものと思われる浮きが水中に沈んでいるのを見つけました。何も釣れず見ていると、無風なのに左(西)から右(東)に傾いて揺れていたのです。当時、「支笏湖の表層水も流れるんだぁー」と驚いたことを思い出しました。

表-1 Temperature of maximum density as a function of pressure depth by Ström (1945)

Pressure		Temperature (°C)
Kg · cm ⁻²	Meters	
1	0	3.94
11	100	3.82
21	200	3.71
31	300	3.60
41	400	3.49
51	500	3.39
61	600	3.29
101	1000	2.91
171	1700	2.32

※バイカル湖の深さ 1,642m を想定した計算表

(3) 支笏湖といえば、もう一つ

まず、北海道の中で支笏湖の位置を地図から探してください。支笏湖とその西南西方向には洞爺湖、そして噴火湾(内浦湾)が概ね一直線に並びます。洞爺湖は支笏湖と同じカルデラ湖で、中島という円頂丘が存在します。一方の噴火湾(内浦湾)は円形をしています。噴出物がなく、重力構造などでは噴火口ということではありません。

ここで水深に注目して下さい。支笏湖は水面標高 248m、最大水深が 360.1m、洞爺湖は水面標高 83.9m、最大水深 179.7m、内浦湾の最大水深は 107m です。標高から最大水深を引いた湖底または海底の標高は、それぞれ -112m、-96m、-107m と概ね -100m なのです。これは神のみぞ成せる技?なのかと!



図-1 支笏湖-洞爺湖-噴火湾?

以上のように、支笏湖は本当に奥深くで謎めいた湖です。若い頃から支笏湖通いし、湖岸を歩いて釣りをしたり、写真を撮ったりしていますが、まだわからないことが多く、まだ歩いていない区間もあります。それは美笛トンネル区間と丸駒温泉より先にあるオコタン岬から旧オコタン野営場までの間です。前者の湖岸は、ヒグマの出没が多く、断崖絶壁なので冬場に稜線を歩くとして、後者は、H26 年 9 月 11 日に支笏湖畔を襲った豪雨(日総雨量 379mm、最大時間雨量 70mm)で恵庭岳から土石流が流れた場所です。真駒内から支笏湖幌美内までの道路も寸断されましたが、何とかカヌーで当時の

悲惨な状況を写真に収めました。いつもは透明度が 15m 以上もある湖が 2m もないほど濁ったのを初めて見た区間です。あの土石流跡がどの様になったか、今一度歩いて支笏湖岸周回をコンプリートしたいです。



写真-2 白濁した支笏湖(2014.10.5 撮影)

3. プロジェクト B: 可憐な花たちの戦略

二つ目は「花探し」です。綺麗な花には棘があっても、毒があっても、あの色合い、造り、また偏狭な場所や高山に咲いたり多くの謎があります。中学校の授業では光合成には二酸化炭素と水と日射が必須と習いましたが、植物であっても日陰を好むような種もあります。植物の専門家もいらっしゃる技術士会では当たり前だとお叱りやご意見があることは承知で書かせて頂きます。

(1) ツクモグサ(九十九草)

ツクモグサはキンポウゲ科で、残雪期の高山に咲く産毛を纏ったクリーム色の花です。キンポウゲ科ということもあって、そばにクマ糞があってもツクモグサの花畑が掘り返され、シカなどに食べられた形跡はありません。もしかすると、毒をもった花かもしれません。この花は、北海道では 6 箇所に咲くことが知られていて、私は 4 箇所まで確認しています。咲いている場所は熔岩や堆積岩など地質的共通点がないこと、ジュラ紀から第四紀更新世と地質年代に大きな幅があるなど、考えられるのは最終氷期に残存した場所が現在の生育場所になっているのかもしれない。

残り 2 箇所は道北の石灰岩山地と日高山脈南東部です。道北の石灰岩山地は一度トライしましたが、残雪期にもかかわらず途中で吹雪に遭いホワイトアウト状態で引き返してきました。山の雪が融ける頃には、登山口から頂上までササ藪とダニとの闘いのようなので、このリベンジは遠慮しておこうと思います。日高山脈南東部は、平成 28 年の出水で連絡する林道が決壊し、車で行けなくなりました。2 時間歩いてようやく登山口に辿り着きます。道のりは遠くなりましたが、時間を作ってテント泊しながら見に行こうと思います。近年、トムラウシ山付近にもあるようですので、こちらにも探しに出かけようと思います。



写真-3 ツクモグサ(芦別岳)

(2) サクラソウモドキ(桜草擬)

サクラソウモドキのように石灰岩植物といわれるものがあります。サクラソウモドキは名前の通りサクラソウの仲間ですが、他のサクラソウに比べて花冠は下向きに咲く赤色の花です。これほどきれいな花なのに「モドキ」とは、ちょっとかわいそうです。母種はアルプスのベル (Alpine Bells) と呼ばれますが、この種は北海道と樺太にのみ分布し、礼文島、石灰岩地域である道南大平山や登山が一部規制されている峠山(きりぎしやま)にも咲きます。奇妙なのが石灰岩というアルカリ性で風化しづらい地質に分布し、岩の割れ目に根を下ろして咲いていることです。



写真-4 サクラソウモドキ(道央)

この花は、ほかに色々な場所に咲くことがわかりました。そのうち札幌南西部の山岳はハイアロクラスタイトという水中火山噴出物で構成され、頁岩も含まれています。ここでは主に日陰ですが日向にも咲きます。しかし支笏湖近傍では、新第三紀の頁岩や集塊質凝灰岩の分布する標高 250m ~ 600m くらいの岩などで見られます。そして同じ地質が胚胎しても決して日向ではなく、日陰でしか見つからないのです。また道央の石灰岩に咲くこの花も針広混交林の中でやはり日向には咲いていないのです。このお淑やかというのか、慎ましいというのか、他の植物がこぞって日射を求める中、日射からわざと避けて咲いているかのようです。植物なのに太陽が嫌いなのか？ 光合成をしないのか？ と心配してしまいます。この花は札幌市内にもあり、何かヒントがあるかもしれませんので、分布図を作ろうと歩いています。

(3) 苦い水が好きな花？

学生時代、ピペットで薄い塩酸水を間違えて飲んだことがあります。確かに酸性ということがあって酸っぱく、片や、アルカリ性はマグネシウムを苦土というようにやや苦みのある味でした(確かめないでください)。

紫陽花の花の色はアントシアニンによるものですが、土壌中の pH が低いと青色に、pH が高いと赤紫色になります。一方の水に溶けた色素アントシアニンは逆に発色します。この違いは、土壌中のアルミニウムが酸性でイオンとなり、紫陽花のアントシアニンとアルミニウムイオンと結びつくことが原因

のようです。これから紹介する花も、代謝など詳細はわかりませんが、どうも pH など化学的な反応が疑われる花のようです。

夕張岳をめざすと、その頂上には最後の急登が待ち構えています。その手前に「吹き通し」と呼ばれる砂礫の台地があります。そこにはユウバリソウが強風に負けないように這いつくばって咲いています。ユウバリソウは、ゴマノハグサ科でハヶ岳硫黄岳や飛騨白馬岳、礼文島に分布するウルップソウ(他に類縁種ホソバウルップソウは大雪山に分布し、花の色は青)の変種で、ウルップソウの花が青色に対してユウバリソウは白色です。



写真-5 ユウバリソウ(夕張岳)

幌延町の丘陵崩壊地ではテシオコザクラが知られています。テシオコザクラはサクラソウ科で、その多くが赤紫色の花を付けますが、この花も白色です。これらの共通点は白い花と蛇紋岩地域であることです。

蛇紋岩はマントル上部の超塩基性岩である橄欖岩が水と反応して生成されるもので、新鮮な蛇紋岩は名前の通り蛇の模様に似ています。これが風化すると、マグネシウムイオンが遊離し弱アルカリ性を呈します。蛇紋岩はニッケルなどの鉄族金属を多く含み、一般の植物には有害成分です。

二酸化炭素を含んだ雨水で洗い流されて酸性側へと傾いたときにニッケルはイオンとなります。ニッケルは光合成に必要な鉄と同族金属に当たるため、植物内に吸収されたニッケルはあたかも鉄のような振る舞いをするらしく、葉がまず黄化し、次いで白

化し枯死するそうです(ニッケル過剰症)。一方の蛇紋岩植物といわれるものは、一般土壌よりもニッケル濃度が高い土壌中にあってもニッケルの吸収を制限し、光合成に必要な鉄をことさら余計に吸収して植物内の正常なニッケルと鉄の比を維持しようとするらしいのです。鉄とニッケルの違いは、鉄の方がわずかだけイオンになりやすいだけで、ともに磁性金属です。蛇紋岩植物はどのようにしてニッケルと鉄を区別できるのでしょうか？白花とはどのような関係なのでしょうか。まるでわざと他の植物が侵入できない場として有害土壌を選んだかのように不思議です。

テシオコザクラにはもう一つ特徴があります。この花の生育場所は必ずといって崩壊地北斜面で、南斜面には咲いていないのです(例外はあると思います)。ここにも日向よりも日陰を好む花があるのです。



写真-6 テシオコザクラ(幌延町)

4. プロジェクト C：子ども達の未来に

私は、日本技術士会北海道本部社会活動委員会エンジョイ・サイエンス研究委員会(長いので ES 研と呼ばれています)に所属しております。この会的前身である日本技術士会北海道支部リージョナルステート研究会自然科学教育分科会(これも長いので覚えられないと不評でした)から寿都町や白石区月寒川などで、海や川を題材に子ども達と楽しんでおります。ここでは、学校の「理科」の授業で取り扱わない屋外での自然観察や科学実験を通じて、自然や

科学などの面白さや不思議さを体験してできるだけ多くの子供たちに「理科好き」になってもらいたいと思いを込めて行っております。

(1)黒松内町添別川化石掘りと魚採り

十数年前、地域の題材を使った学習をしてもらいたいと寿都町から依頼がありました。寿都町によれば、地元の子ども達も目の前の海で遊ぶ機会が無くなり、何か海に関する事を考えて欲しいとあり、漁組から許可をもらって、夏休みに海岸でウニやアワビなど海産物を採取する学習を行いました。ただ、終了後は放流することが条件でしたので、子ども達は少し寂しい気持ちになったようです。それではと、翌年、隣町の黒松内町添別川で貝化石採取を考えました。そこには概ね 100 万年前、黒松内低地が海だった頃の堆積物が露岩しており、浅海性の貝殻化石が見えています。軍手と 5 寸釘で壊さないように丁寧に掘り出します。子ども達から「ここは川なのにホタテの貝の化石ができるはどうして？」と質問が出ます。夏休みの自由研究に「持って行って良いの？」の問いに「良いよ」と答えると喜んでいた様子を思い出します。

化石掘りに飽きたら目の前に川があります。そこにはヤマメやウグイなど、清流に生息する魚がおります。水深もほどほどにあるので泳ぎながら魚を追いかけて、タモ網で捕まえては喜んでおりました。今は川や陸地なのに昔は海だったことに疑問を持ってくればこっちのものです。この貝化石学習は R7 年度も依頼されております。

(2)川探検

20 年ほど前に遡ります。当時子どもが通っていた学校から依頼されて川探検を始めたのがきっかけです。学校のそばの川に入って、下流から上流に向かって歩きます。川の流に足を取られそうになりながら水の冷たさや流速を感じたり、水の色や臭いなど五感で自然の川を知ってもらおうと続けております。

近年は、月寒川に近い小学校から依頼があります。4 年生の総合学習で川の水温・流速・水質・生き物を調べて、身近な川がどのような環境なのかを考えてもらう授業です。写真や調べたことはグループごと

に壁新聞にまとめ地下歩行空間に貼られます。嬉しいことに、下のようなお礼の手紙が届くと「また来年も頑張っちゃおうかな！」と奮起してしまいます。

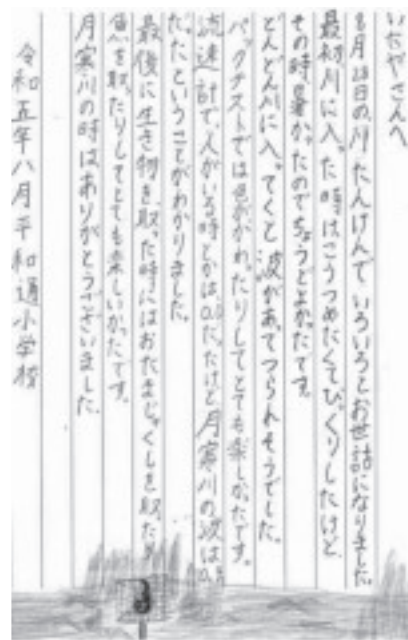


写真-7 お礼の手紙

5. おわりに

長々と、私の好奇心から始まり、これからも続ける 3 つのプロジェクト X を書かせていただきました。その中でも、最後のプロジェクト C はエンジョイ・サイエンス研究委員会 (ES 研) と協働する夢のプロジェクトです。一人でも多くの子ども達に「自然」や「科学」に興味を持ってもらい、将来、技術士二次試験に合格し祝賀会で再会する、それまでが挑戦です。

板谷利久 (いたや としひさ)

技術士(建設部門)

日本技術士会北海道本部 社会活動委員会
エンジョイ・サイエンス研究委員会 会員
株式会社シン技術コンサル 技術第 2 部

