自然に触れ、自然を感じ、自然から学び、自然との関係を築く教育

ICU 名誉教授（元理学科化学教授）　　吉野輝雄

１．はじめに
２．私の教育経験との関係
３．私の自然観と自然科学の教育方法
４．一般教育「水を通して人間と自然環境について考える」の経験から
５．一般教育「環境研究」の経験から
６．これからのビジョン

１．はじめに

この講演主題は、私が定年を迎えようとしていた今年の冬学期、それまで 20 年以上 ICU で一般教育科目「水を通して人間と自然について考える」を担当していた最中に自然に頭に浮かび、町田先生にお知らせしたものだ。クラスの目標、方法をそのまま表現したもので、私の自然科学教育観そのものである。 ICU の学生に伝え、学生からの反応を反芻しながら作り上げ、同時にリベラルアーツの教育理念と対峙させながら具体化したものがここに表現されている。

２．私の教育経験との関係

私の専門は化学で、その中でも糖質の有機化学研究と化学教育を専門として来た。化学は、自然を物質の構造、性質、相互作用（反応＝物質変化）とエネルギー変化という視点から探求する自然科学の一分野である。実験科学を基本的方法としているので、物質に触り、臭いを嗅ぎ、量り取り、混ぜ合わせ、反応させて変化の結果を解析し、新たな自然観を築き上げるという作業が日常の行為である。私は実験が好きで楽しかったので、化学は大好きな学問となった。しかし、化学の学習には、化学構造式・反応式の理解や化学量論の計算が伴うので学生に嫌われているのも事実だ。また、日常生活との関係が見えない分子について学ぶのが苦痛だとか、化学は自然界にない物を勝手に合成しては環境汚染物質（公害）として拡げたり、爆発物を造る危険な学問だという非難を浴びることもある。

こんな魅力と社会悪とが共存しているような化学を、どのように ICU 生に教えるのかが私の大きな教育課題であった。専門を目指す学生には、化学の本質と役割について、基礎から各専門科目の講義・実験を通じて伝えるので問題はないのだが、リベラルアーツの学生には文系理系に関わらず自然科学の考え方をきちんと伝えなければ、自分を含む自然との関わり方について未熟なまま一生を過ごすことになると考え、頭をひねり試行錯誤を繰り返して来た ICU 在職 30 余年間の教育の営みであった。

今回の主題に直接関係する科目としては、一般教育 NSIII・自然の化学的基礎「水を通して人間と自然について考える」と一般教育 ES「環境研究」がある。どちらも理系よりも非理系の受講生が大部分であった。実は、私は理系文系の区別をせず、リベラルアーツ生を対象として講義内容、方法を組み立てて来た。すなわち、知識の伝達で

はなく人間（地球市民）としての生き方を問い、課題と主体的に向かい合うタイプのレポートと発表、そして、学生との双方向のクラスを心がけて来た。今回、その具体的な取り組みについてお話し、皆さまからのご批判を頂きたいと思う。

３．私の自然観と自然科学の教育方法

私は自分の自然観を、NSIII の最初のクラスで学生に明確に伝えることにしている。すなわち、「人間は宇宙（自然）の中に置かれた存在である。自然の中で自分を取り囲む環境（人、動物、植物、物質＜大気、水、固体物質＞）との関わりの中で生きていくよう定められている。」と述べ、自然という相手を知る人間の営みが自然科学であり、その成果を利用して人間生活と命を守り、豊かにする営みが科学技術である、という持論を述べる。さらに、自然を創造した神の存在を信じる者として、「神を畏れることは、知識（自然科学）の始めである」（聖書・箴言 2：8）とパスカルの「人間は考える葦である」の２つが座右の言葉であることを紹介する。

この自然観をどこで得たのかと問われれば、20 歳の時に信じたキリスト教信仰と、大学時代に自然科学を専攻することを決めて以来自分の依って立つ場を自問し続けた中で確信した答だ、と言えるが、実は、私の幼少期の体験も背景にあることに 60 歳を過ぎてから気がついた。私は、浦和の三室という畑と田圃、小川、林（今でいう里山）の中で育った。常に自然の怖さも楽しみも学び、自然（虫、魚、鳥、木の実、草花、木々、川）を相手にして遊び回り、自然の中にある材料を使って何かを作っていた。近所の農家の人々は米や野菜を作り、新鮮で旬の味を知っていた。そのような生活の中で自然についての感性が、自分の中にまさに自然に培われていたのだ。自然は偉大な教師だ、と思う。そこで学んだ事が、その後の自然科学者としての原点になっていた、と今はっきりと言える。

しかし、自然と戯れているだけでは、自然の不思議さを正しく認識し、自然の仕組みを解明する力は身につかない。自然科学の方法（考え方）を体得する必要がある。すなわち、自然を知りたいという強い思い（知的好奇心）がまず必要で、その上で自然の中の事実を注意深く観察し、その事実と事実の関係を説明する仮説を立て、思考実験と実際の実験によって再現性のある説明へと導き、自然現象を理解する法則を確立するプロセスを体験的に学ぶことにより、自然の深さ、緻密さ、見事さを知性と感性によって実感することができるのだ。その営みに参加する訓練を受け、意識的に自然に向かい合っているのが自然科学者である。

しかし、自然は誰にも開かれており、自然と関わりのない人はいない。誰でも自然の不思議さを感じることができ、自然と関係をもって生きているという喜びを味わうことができる。自然にどう向き合うかが大事で、必ずしも自然科学者としての訓練を必要としない。そのような万人のための自然科学の原点があるハズだと私は考える。

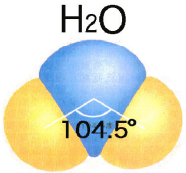
人間の歴史をたどると、「万物の根源は何か？」という問いを立て、自然界の全てに関わりをもっていると思われた水に注目した古代ギリシャのターレスは、「水こそが根源（アルケー）だ」と唱えた。ここから人間の自然を知る営みが始まったと言われている。そして、17 世紀ヨーロッパで、経験哲学を基礎として「自然科学の方法論」が確立し、その後、急速に自然科学と科学技術が発展したことは周知の事だが、その方法論（合理的考え方）そのものが人間の知的共有財産と言えないだろうか。

ここで小さなまとめをしておく。「自然科学は理系人間のためのものではなく万人のためのものであり、人間が人間らしく生きるための考え方、人間生活を豊かにする力

である。人間の知的欲求と豊かな生活への願望がその原動力となっているが、欲求の方向と限度は科学者だけでなく一人ひとりの人間が決めるものだ。20〜21 世紀の人間は、自然環境を破壊し、人間が生きるための生存条件を脅かす程の力を持ってしまった以上、自然を管理する責任も免れない。これが現代の自然科学教育の課題である」と私は考える。

４．一般教育「水を通して人間と自然環境について考える」の経験から

a. なぜ「水」なのか？

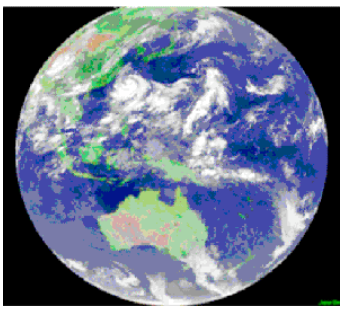


一般教育科目でなぜ「水」をテーマに取り上げたのか？としばしば問われる。「リベラルアーツ教育の目標を実現するため」という正解が言えるまで、実は 20 数年間の経験が必要であった。初めは、実に単純な理由からであった。初めは「生活の中の化学」というテーマで様々な化学物質を取り上げて役割、功罪などを語っていた。現実生活に関わる数多くの物質を取り上げ、時に構造式を書き、構造に基づいて性質を説明していた。構造式は特定された物質であることを示し、その性質、反応性を理解する基本情報源を提供しようと考えたのだが、学生たちには逆作用し、理解しようとする意欲を削いでいることが分かったのだ。この構造式アレルギー反応の解決法に悩み、1985 年頃から中学生でも知っている身近な物質「水 H_2O」だけに限定し、私の一般教育は化学と人間との関係を講義することにした。このアイデアは成功し、今では、「水」ほど専門分野を横断し、人間と自然に深く関わる面白いテーマはないと確信している。すなわち、人間の存在（生命活動、生活）と社会の営みにも深く関わっているために必然的に多角的な視点が要求され、知れば知るほど魅力的でかつ重要な問題はないのではないかと私は思っている（これは、“水浸し現象”という異常な姿で、水は元々瑞々しくユニークな存在であることを皆さんに知って頂きたいと思っている）。

b. 講義の概要

講義の内容（骨格）は、

1）自然とは？自然科学とは？化学とは？（水に結びつけて考える）。
2）水の科学史（水を通して物質の本性を探り続けた人間の歴史を概観）、
3）水（水の特異性、生命を支える水）を自然科学の目（仮説実験授業方式）で見る、
4）自然環境をつくり、自然を司る水の役割をマクロな視点から考える。水を利用し，汚しながら留まるところを知らない人間活動の影響で生存，生活，生命が脅かされている地球環境を見つめ，今なすべきことをグローバルに、そして自分の問題として考える。環境データ/情報を調査し、発表討論を行う。野川に出かけ、自然に触れ、水質検査を行う。
5）水の起源（なぜ地球上に水と生命が存在するのか）を考える。



水と生命の惑星：地球

この基本的骨組みは変えないで、毎年新しい情報を加え、クラスの方法を変えながら、学生との双方向性 (interactive)、今の問題 (current issues)、科学的思考 (scientific thinking) 意見の共有 (shareing)をモットーにしてクラス運営して来た。

c. クラスのスタイル（方法）

クラスの予定と講義資料（Power point など）、課題と学生の提出レポート（share を承諾したもの）を公開ウエブサイト（http://subsite.icu.ac.jp/people/yoshino/waterstage.html）と学内クラスウエブ Moodle に掲載し、情報の共有と意見交換の場としている。毎回コメントシートの提出を求め、質問には次回のクラスで回答し、共有したいコメントは選択して Moodle に掲載。また、時々、厳選した VTR を見せ、必ずコメントを書かせる。講義内容に関連したデモ実験をほとんど毎回挟み、事実の重みを伝え、意外な事実に驚きと興味を引き起こすよう努力した。

学期中 3 つの課題レポートを出す。どの場合も、知識を問う課題や本やウエブサイトを調べてまとめるだけの課題ではなく、自分の目で見て、自分の立場を表明するレポートを課した。「川と人間生活」という最初の課題では、幼少期に近くに流れていた川に行って現状を見た上で、親や近所の人に 20-30 年前の川の様子を聴き取らせる。さらに、その川についての客観データを得るためにウエブサイトを調べ、最後に、その川が幸せか、泣いているか、どうなってほしいか、あなたができることは何かを書いてまとめる。この課題は、20 歳前後の青年が自分の育った（育てられた）自然環境をもう一度自分の目で確かめ、人間生活が水（川）環境に与える結果を現実的に考える格好のテーマである。お正月に家族がそろった時の話題となり盛り上がったという報告もあった。公開を OK した学生のレポートはウエブ上で共有した。このレポートを読むと、最近数十年間で川環境が大きく変わったことがよく分かる。魚の棲むきれいな川で子どもたちが泳いでいた 1960 年代、ゴミや農薬で汚染されていった 70-90 年代は、また時々起こる洪水対策（公共事業）として両岸（＋川底）をコンクリートで固めていった時代であり、臭く危険な川に子供たちが近寄らなくなった時代でもある。しかし、20 世紀末の頃から川環境の重要性が再認識され、人間が近づける川へと少しずつ変わって来ていることが読み取れる。同じ課題を毎年出すことの意義と言える。

第２課題では、湧水が出ている近くの野川にクラス全員で出かけ、水質検査を行い、国分寺崖線によって保たれている豊かな自然を観て、感じたことを書く。

第３課題では、「『水』に関わる新聞記事や TV 番組を情報源として、今起こっている水問題に目を向け、何が問題なのかをできるだけ広い視野から多角的に見て (Think globally)、今いる所で何ができるか(Act locally)を書く。「水」を通して 21 世紀の地球市民としての自覚をもつことが狙いである。時間に余裕がある時には、優れたレポートを書いた学生が皆の前で発表する機会をつくった。

最終試験は、1 学期間水について学んで来た学生が、今度は「水」についてのメッセージを伝える側に立ち、そのメッセージ（提案、実施計画、絵本制作、作曲など）を提出するというものだ。独自性、具体性、論理性などをものさしにして評価するが、根本の狙いは、学生たちが学習者という受け身の姿勢から、発信し実行に踏み出す能動的人間に変わることにある。多くの学生がこの課題に真剣に取り組み、楽しみながら仕上げたものを提出する。毎年これもウエブサイトに公開 OK したものを載せている。

そして、20 数回におよぶクラスの最後に私からのメッセージを学生に伝える。ここでは、なぜ私が「水」にこだわっているのか？「水」と無関係に生きることは不可能な存在である人間と地球上に生きる生命に目を向け、水が時と空間を越えて巡り、生命をつないでいる事実を知り、宇宙船地球号で運命を共にしている自分自身と隣人、動植物との関係を大切にしながら生きていってほしい、という主旨のメッセージを言葉とエッセイで伝える。さらに、私自身が天地創造の神を信じている者として、「自然科学と信仰」についてどう考えているのかを表明する。これはクラスの枠を越えたメ

ッセージである。その事は ICU の学生たちも承知しているので、むしろ明確にキリスト者としての見解を述べることにしている。

d. 受講生のコメントから

毎回のクラスコメントだけでなく、最終試験と同時に「総合コメント」（5 行以上であれば内容如何に関わらず 5 点配点）を提出してもらっている。毎回 150 人の意見を読むと、人間の多様性を実感し、自分の固い殻が軋む。概ね好評意見を頂くのだが、厳しい批判、要望も記されている。どちらにも正当なスタンスで向かえるか問われ続けて来た 20 数年であった。正直な気持ち、毎年 1 学期間の苦労が報われる感じであり、一種のラブレターを読む幸いを思う。しかし、そんな思いに浸る間もなく、最終試験と 1 学期間に集積した成績要素を EXCEL で処理することに約 1 週間かけて成績を提出する。受講生からの具体的なコメント例は講演の中で紹介するが、結局、自分が（仮に）全力で取り組むと、異なる人間（学生）、新しい時代に生きている人間との間にも共感が生まれることが分かる喜びと同時に、講義者の意思が伝わらず、主観的には力不足を感じ、客観的には多様な人間がいる現実を受容するよう促される経験を繰り返して来た。講義は繰り返しではなく、まさに“生もの”であって毎年新しい思いと、新しい人間との関係を築く営みであるのだと思う。

５．一般教育「環境研究」の経験から

a. 「環境研究」メジャーの発足

ICU は 2008 年からの教学改革によってアーツサイエンス学科一学科に 31 のメジャーをつくった。そして、32 番目の「環境研究」メジャーの新設が検討され、2010 年 4 月から正式に発足した。その設置準備委員会に 2008 年から加わり、2009 年度にカリキュラムなどを決める過程に行政部、分野を越えた教員と共にこの意義ある課題に取り組むことができたことは、とても幸いなことであった。環境問題は 21 世紀の世界のそして自分の足元の重要課題であり、誰もが無関心では済まされない。しかも、専門を越えた多角的視野と、協力して取り組むことが求められる課題である。この課題こそリベラルアーツの見識と人間力が求められ、21 世紀市民のモデルとなってほしい ICU 生に期待したいものであった。当初は 2009 年度からの発足を目指していたのだが、学内で慎重に検討する事を優先させる道を選びつつ、「環境研究」を志す学生には、メジャー選択に必要な科目を実質的に取り始めることができるよう説明会、ウエブサイトを通して履修ガイドを行った。

b. 「一般教育・環境研究」科目の新設

「一般教育・環境研究」科目また、特別措置として「環境研究」メジャー用に新設する科目の一つ「一般教育・環境研究」科目だけは、2009 年春学期から開講することを決定し、準備委員会のメンバーであった山口富子先生、D.Rackham 先生と私の共同担当となった。初年度のクラスは、136 人の受講生があり、まさに試行錯誤の連続であった。そのすべては、ウエブサイト(http://subsite.icu.ac.jp/env/)と学内クラスウエブ Moodle に記録されている。

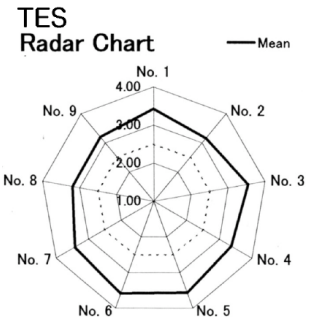
内容的には、1）3 人の担当教員が自然科学、社会学、環境心理学の立場から環境問題に対する見解を講義、2）3 人の外来講師による公開講義、3）6 種の Field Study（三

鷹環境センター、三園浄水場、小平下水道館、野川訪問、ICU キャンパス生物観察ツアー、ICU キャンパスアセスメント）、4）学内公開ポスター発表などである。

この中の「ポスター発表」とは何かを説明する。受講生が関心をもっている環境問題を事前アンケートで聞き、16 のトピックスについてグループに分かれ、調査、クラス内での中間発表、そして、学期末の 3 日間、大きなポスターに印刷して本館ラウンジに掲示し、受講生同士の議論と評価、そして、一般訪問者との質疑を行うというもの。初めての試みに戸惑いながらも、協力して仕上げたポスターに満足しているグループと非協力的な仲間に悩まされたグループもあったようだ。

c.　2010 年「一般教育・環境研究」2 年目

今年の春学期は、環境会計学の宮崎修行先生、歴史学の Steele 先生と非常勤講師の私の共同担当で、2009 年度と同様の形で行った。やはり、２年目の余裕があり、Moodle の活用、より緻密な学生指導ができたのではないかと思っている。前年度との違いは、5 月末に東大駒場キャンパスで開かれた「環境経営学会」に全受講生を出席するよう促し、そのレポートを書かせたことである。宮崎先生が副会長をされていたこともあり、レポートの一部を学会メンバーに見せたところ、視点、論点が優れていると褒められたというエピソードがある。また、外来講演者として、ICU 卒業後キャリーアアップを重ね、遂に念願の環境関係の仕事に就いたという体験談を聞く機会があり、後日、学生からの質問にていねいに回答頂いたことは、環境問題に関わる仕事を目指す学生への良いメッセージとなり、とても感謝なことであった。



反省点として、共同担当の意味（総合/ integration）を実現することの難しさ、学生参加を前面に打ち出すと、講義回数が少なくなり伝えるべき情報が不足するという難点、Field Study やポスター発表のための時間探し､指導の手間、コメントシートへの有効な回答などが挙げられる。新規の科目を立ち上げるのだと意気込んで様々な試みを行ったが、教育の質を保ち、適切な教授負担量で継続開講できるかたちは未だ見えていない。授業効果調査表(TES)のデータも安定していない。改善の鍵は、一般教育科目としての使命を確保した上で、環境研究と関連する基礎科目、専門科目との連動にあると個人的には考えている。

No. 1	The course goals were clearly presented. コースの目標は明確に示された。
No. 2	The grading policy was clearly presented. 成績の評価基準は明確に示された。
No. 3	The course stimulated my interest. このコースを受講して触発された。
No. 4	The lecture portion of the course was appropriate. 一学期を通しての講義の割合は適切だった。
No. 5	There were sufficient opportunities for student participation. 学生参加の機会が十分であった。
No. 6	The instructor conducted the class with enthusiasm. 熱意を持って授業を行った。
No. 7	The instructor taught in a way that helped my understanding. あなたの理解を助ける授業を行った。
No. 8	The instructor responded appropriately to questions and assignments. 質問や提出物に適切に対応した。
No. 9	The instructor managed class time appropriately. 適切に時間配分を行った。

出席率≧90%: 73%
89-80%: 11.5%

６．これからのビジョン

3 月に定年退職し、これまで追求して来た教育の使命をどうするのか？教育対象の大学生がいないところで使命と言っても空論に陥るが、私の場合、幸いというべきか、対象を市民、小中高校生に変えて、これまでの教育課題と材料を活かす道が開かれそうな状況にある。そう言える根拠の一つは、在職中の 2005 年から今日まで「21 世紀の科学技術リテラシー像（通称：科学技術の智）プロジェクト」（代表：北原和夫教授）

の物質科学部門に参加させて頂き、2008 年にまとめられた「総合報告書」(http://www.science-for-all.jp/)の中の「水の自然科学・利用技術・人間との関わり」を執筆する責任を任されたことだ。また、もう一つの根拠は、JST（科学技術振興機構）が理科教育指導者向けに発行している Science Window の 2010 年春号（増刊号）で「水を知る旅に出よう」が特集され、その制作に協力し、冊子の中で「水先き案内人」の役を務めさせて頂いたことだ。この冊子は全国の国公立の中高等学校に 2 部ずつ配布され、さらに、WEB 版(http://sciencewindow.jp/mizu/)で動画付きでサイエンスへの招きと水に関連する質問に回答する内容のものが 5 月にできた。もしも出前授業や講演の依頼があればどこへでも出かけるつもりであるが、今はまだ何の音沙汰もない。9 月に三鷹ネットワーク大学の研修講座で話すことだけは決まっているが、依頼の有無に関係なく、「水」は私にとってのライフテーマであり、水に思いを巡らし、川や水辺を訪ねる旅行を楽しみ、新聞・雑誌の記事を集め、TV 番組を録画する日々が続いている。簡単にできるデモ実験も考案中で、どれも楽しい作業である。

私の中では水が熱く沸き立っている。エネルギーに充ち満ちているが、カオスにならないよう適度に冷し、暑い夏は氷が浮くコップの水を飲みながら水の不思議な性質について考えている。今年の夏のように、豪雨が人間の生活を一瞬の中に破壊するほどの荒々しい力を見ながら、水の恐ろしさを畏怖の心で受け止めている。水は永遠の物質だ。三重苦のヘレンケラーは、庭にあった井戸の水("*water*")との出会いによって一人の人間として目覚めた。自然における働きだけでなく、生命の本質、文明社会の発生と発展、文化、芸術と深く関わっている。水と生命の惑星である地球は、これからどうなるのか？人間はこの地球の力と仕組みを知り、水とのつき合い方を真剣に考えていかないと、いつの間にか水に呑まれ滅びてしまうことにならないか？瑞々しい感性を持っている青少年や成熟した地球市民であれば、水が伝えるメッセージに耳を傾けてくれるのではないかと思っている。

参考文献

1) 吉野 輝雄, 水を通して人間を考える一般教育, *一般教育学会誌*, **1988**, *10*, 71-74.
2) 吉野 輝雄, 一般教育（化学）科目への「仮説実験授業」方式の導入, *一般教育学会誌*, **1991**, *13*, 94-102.
3) 吉野 輝雄,「水と人間」に関する情報収集を課題とする一般教育授業, *大学教育学会誌*, **1997**, *19*, 138-142.
4) 「水の性質と役割」(「地球上の生命を育む水のすばらしさの更なる認識と新たな発見を目指して」第 1 章), 科学技術・学術審議会・資源調査分科会報告書,**2003**,文部科学省.
5)「水、その不思議なるもの」『水が映し出す山形』, **2005**, 7-40,山形県生涯学習文化財団.
6) a.「水」生命を育む物質（制作協力）, Newton, 10 月号, **2005**, 28-55,　ニュートンプレス.
b. Newton 別冊『水のサイエンス』, 『地球外に生命を探る』,「水」生命を育む物質（制作協力）, **2006**, ニュートンプレス.
7) 「水の自然科学・利用技術・人間との関わり」, 21 世紀の科学技術リテラシー像ー豊かに生きるための智ープロジェクト「総合報告書」, 科学技術の智プロジェクト, **2007**.
8) Nikon Today,「水の力」, No. 68, **2007**. http://www.nikon.co.jp/main/jpn/profile/about/today/vol68/3.
9)「水を知る旅に出よう」, Science Window **2010** 年春号（増刊号）制作に協力.
WEB版 http://sciencewindow.jp/mizu/