

2021年度
地球環境『自然学』講座
第19回

テーマ

豊かさとは
—世界の水問題を通じて考える

講 師

神戸女学院大学名誉教授
川合 真一郎 先生

2022年2月5日
認定NPO法人・シニア自然大学校

講師プロフィール

川合 真一郎（かわい しんいちろう）



1. 経歴

- 1966 年 3 月 京都大学農学部水産学科卒業
- 1971 年 3 月 京都大学大学院農学研究科水産学専攻博士課程終了
- 1971 年 8 月 大阪大学蛋白質研究所共同研究員（～1972 年 3 月）
- 1972 年 7 月 京都大学農学博士学位取得
- 1973 年 4 月 大阪市立環境科学研究所研究員
- 1988 年 4 月 神戸女学院大学家政学部（1993 年に改組人間科学部）教授
- 1997 年 4 月 ドイツ国立環境健康研究センター生態化学研究所（ミュンヘン）客員研究員（～1998 年 3 月）
- 2006 年 4 月 神戸女学院大学学長（～2009 年 3 月）
- 2009 年 4 月 甲子園大学栄養学部教授
- 2014 年 4 月 甲子園大学学長（～2017 年 3 月）
- 2018 年 3 月 同 退職

2. 現職

神戸女学院大学名誉教授、舞根森里海研究所客員研究員

3. 著書

- 稚魚の摂餌と発育（共著）、恒星社厚生閣（1975）.
- 明日の環境と人間－地球を守る科学の知恵（共著）、化学同人（1993）.
- 都市河川の環境科学（共著）、環境技術研究協会（1994）.
- 日本の希少淡水魚の現状と系統保存（共著）、緑書房（1997）.
- 水産環境における内分泌攪乱物質（共著）、恒星社厚生閣（2001）.
- 内分泌かく乱物質研究の最前線（共著）、学会出版センター（2001）.
- 環境ホルモンと水生生物、成山堂（2004）.
- 微生物の利用と制御－食の安全から環境保全まで（共著）、恒星社厚生閣（2007）.
- 生物機能による環境修復（共著）、恒星社厚生閣（2008）.
- Ecotoxicology of Antifouling Biocides（共著）、Springer（2009）.
- 水産の 21 世紀－海から開く食料自給（共著）、京大学術出版会（2010）.
- 環境科学入門－地球と人類の未来のために（共著）、化学同人（2011）.

豊かさとは－世界の水問題を通して考える

神戸女学院大学名誉教授

川合真一郎

1. 世界の水事情、水不足の 21 世紀、日本の水事情

1) 水不足が深刻な地域は年間降水量が少ないアフリカ北部、アラビア半島、中国北東部、米国コロラド州である。米国中西部の地下大貯水層であるオガララ帯水層(化石水)は農業用水として大量に汲み上げられたため、地下水位の低下が深刻な状況に陥っている。カザフスタンのアラル海はかつて世界第 4 位の面積を持っていたが、湖に流入する 2 つの河川において無数の運河を掘削する大規模な灌漑事業のため、1960 年以後の 50 年間で、湖面積は 1/10 に減少し、湖水の塩分濃度が上昇して、漁業は壊滅的に衰退した。

世界的にみると、今もなお、清浄な水が飲めないために、健康を害し、多くの命が奪われており、とくに乳幼児の死亡率が高い途上国は多い。また、安全な水を求めて毎日 10km 離れた村まで往復する生活をしている地域もある。ユニセフの調べによると、新型コロナウイルスによる肺炎のパンデミックの中で基本的な手洗い設備が自宅にあるのは 60%に限られているという。

上水道の普及率は上昇しているが、水道の水がそのまま飲める国・地域は 15 ケ国程度である。そのため、ミネラルウォーターの生産・消費量が増加している。

2) 国際的な水不足の結果、国同士の水争いが絶えない。ライバル(rival)の語源は小川を意味する rivalis で、rivalis は同じ川の水利用を巡って争うことを意味しており、河川は大昔から争いのもとなのである。国際河川の上流国と下流国、たとえばメコン川(タイ、カンボジア、ベトナム、中国、ミャンマー)、ヨルダン川(イスラエル、パレスチナ)、ナイル川(エジプト、上流の国々)で水争いが生じている。

アフガニスタンで医療活動の傍ら、「100 の診療所よりも 1 本の用水路を」と叫びつつ砂漠に水路を掘削し、緑の地に変え、現地の農業に多大な貢献をされながら、作業中に凶弾に倒れられた中村哲医師の偉業は日本の誇りである。

3) 日本では昔から「水に流す」、「湯水のごとく使う」という言い回しがあるように、水がなくなるという危機意識は持っていない。日本の年間の降水量は世界第 4 位で水は潤沢にあるように思うが、一人当たりの水資源量でみると、世界では 14 位である。

江戸時代の初め、急激な人口集中のため、江戸は水不足となり、多摩川から江戸の中心部まで水をひいたのが玉川上水である。多摩川の羽村から江戸の四谷大木戸までの 43 km は高低差が僅か 92m に過ぎず、水路を開くのは大変な土木工事であったと思われる。

2018 年における日本の水使用量は 791 億トン(琵琶湖の水量 275 億トンの約 3 倍)でこのうち河川水は 702 億トン(89%)、地下水が 88 億トン(11%)を占めている。2018 年における水使用量の 68%は農業用水、13%が工業用水、19%が生活用水等に使われている。農業用水に関しては日本の食料自給率が低いことを抜きには語れない。2020 年度におけるカロリーベースでの食料自給率は先進国の中で最低の 37%である。自給率を上げることはもちろん大切であるが、自給率が低いことは海外からの食糧の輸入に頼っており、食糧の輸入は海外での穀物や家畜の生産に必要な水を消費していることになり、これを仮想水(ヴァーチャルウォーター)というが、合計すると 600 億トンを超える。食糧の輸入により海外の貴重な水を消費していることを忘れてはならない。

近年、清浄でおいしい水が豊富な日本の水源林を海外資本が狙っていることが問題となっている。北海道や離島でグローバル資本による森林買収が進みつつある。

2. 河川、湖沼、海域における汚濁の過去と現在

大阪の井戸水は鉄分が多く、飲用には適さなかったため、飲み水は大川(旧淀川)の水が利用され、上水道が完成する 1895 年まで『水屋』という水売り業者が活躍した。当時の淀川の水は清浄であったということでもある。

わが国の河川、湖沼、沿岸域の水質汚濁は BOD や COD などの有機汚濁指標でみると、1970 年代の初めをピークに以後は浄化傾向にあるといつてよい。しかし、化学物質汚染についていえば、単純ではない。我々の身の回りには人間生活のために作りだされた化学物質が約 7 万種あるといわれている。これらは多種多様な用途で使用され、我々の豊かな生活を支えてきたが、その一方で、ヒトも含めた地球上のいろいろな生物の生存を脅かしている物質が少なくない。また、最近の報告では人間が作り出したいわゆる人工物は地球上のすべての生きものの総量を上回るようである。

ヒトや野生生物に悪影響を及ぼす化学物質については生産中止や使用の禁止などの措置が取られてきたが、生物への影響が分からないものが大部分である。過去に使用された農薬類や工業薬剤などの中には現在も微量ではあるが、河川水や海水および底泥に残留し、いろいろな生物に蓄積されていることが分かっている。

人間が造り出した化学物質のうち、農薬は人間にとって不都合な害虫や微生物、そして雑草などを除去するために使用されてきたが、農薬の作用機作からすると標的生物以外の生物にも何らかの有害作用を示すことは当然であろう。多くの人工化学物質に関して、生物への影響を予測できなかった、あるいはリスク評価が不十分であった物質の存在が次々と明らかになってきた。

ここでは 1970 年代から現在までの農薬、難燃剤、可塑剤、消泡剤、環境ホルモン、プラスチック類、医薬品類などによる水環境の汚染について筆者らの研究成果も含め、既往の知見を紹介する。

1) 人工の化学物質による水環境の汚染

殺虫剤、殺菌剤、除草剤などの農薬の使用量は 1974 年の 75 万トン/年から 2017 年の 23 万トン/年に大きく減少している。残留性、蓄積性、毒性などの面から使用禁止又規制措置がとられてきた有機塩素系農薬の河川水中濃度は減少しているが、殺虫剤の HCH の例でみると、検出限界以下にはなかなか至らない。有機塩素系農薬に代わって、現在多目的に使用されているのが有機リン系農薬で、河川水中の濃度は数 ng/L ~ 100ng/L のレベルで常時検出される。農業用だけでなく、衛生害虫(蚊やユスリカなど)の駆除にも使用されている。また、農薬ではないが、難燃性可塑剤として多目的に使用されている有機リン酸トリエステル類(OPE)も河川水や沿岸域の海水で検出される。OPE の中には培養細胞による毒性評価で農薬類よりも毒性が強いものもある。

近年、世界的にミツバチの群崩壊症候に関わっているといわれるネオニコチノイド系の殺虫剤が注目されており、昆虫類だけでなく、マウスではこの殺虫剤に曝露されると行動の異常が見られることや、ヒトの子どもの脳の発達異常との関連も懸念されている。

2) プラスチック類による海洋の汚染

現代社会ではプラスチックが大量、かつ広範囲に使用されているが、近年、プラスチックが世界中の海を汚染していることが明らかとなり、魚類、鯨類、ウミガメ類、海鳥などによる誤食や体に絡みつくと、これらの生物の生存が脅かされている。諸外国ではプラスチックの使用を制限する施策が進みつつあり、我が国も 2020 年 7 月 1 日からレジ袋の有料化が実施されている。また、海洋に流入したプ

プラスチックが波浪や紫外線で細粒化され、マイクロプラスチック(5mm以下のもの)となり、このマイクロプラスチックには海水中の合成化学物質が吸着しやすいので、魚類をはじめとした水生生物への影響が危惧されている。レジ袋や食品の容器・包装だけでなく、繊維製品、人工芝のほか、近年、農業用の肥料の被覆に使用されているプラスチックもマイクロプラスチックの生成に関わっていることがわかっていて、プラスチックの再利用や生分解性プラスチックの開発などを含め、プラスチック社会を今後どうすればよいかを考えなければならない。

3) 環境ホルモン(内分泌かく乱物質)問題その後

1990年代初めから2000年代初めまでの10数年間、環境ホルモン問題は連日、パニック状態ともいえるほどマスコミに取り上げられ、大きな社会問題として注目されたが、近年は環境ホルモンという言葉が死語のようにになっている。しかし、EU諸国や米国では基礎的研究が着実に続けられている。その中で、農薬や多種多様な化学物質を母体内で曝露を受けた胎児は、出生後、自閉症や知的障害を発症しやすいことなどが報告されている。わが国において環境ホルモン問題は2010年から環境省が主導する「エコチル調査」に引き継がれ、10万組の母子を対象に先天性異常、アレルギー疾患、発達異常などと環境中の化学物質の関係を明らかにしようとする大型の長期プロジェクトが進行中である。ここでは環境ホルモン問題でこれまでに筆者らが取り組んできたことを述べ、エコチル調査の現状について紹介したい。

4) 医薬品および生活関連物質による水環境の汚染

1990年代の終わりごろから人間や家畜などで使用されてきた多種類の医薬品や化粧品(PPCPs: Pharmaceutical and Personal Care Products)が水環境中で広範囲に検出され、曝露されたヨコエビの類や数種の魚類において行動に異常をもたらすことなどが報告されているが、病気の治療に欠かせない医薬品が下水処理場を介して河川に流入し、野生生物等に及ぼす影響、とくに行動生態毒性学的な視点からの環境リスクに関する取り組みは今後の課題である。欧米ではPPCPsの環境リスクに関する取り組みが進行中である。

3. 水中の生物による化学物質の取り込みと蓄積

水環境中に流入した化学物質は水から直接、または食物連鎖を介して水生生物に取り込まれ、魚類をはじめとした水生生物や海鳥の生存を脅かすだけでなく、水産物として食卓に上がり、人間の健康に大きな影響を及ぼしてきたことはよく知られており、水俣病はその代表例である。ここでは水界の食物連鎖の低次に位置するプランクトンと高次の栄養段階に位置する海産哺乳類のイルカ類による人工の有機化合物(PCBや農薬類)の取り込みと蓄積に関する研究の成果を紹介する。

4. 水中の微生物による化学物質の分解

陸上で使用された化学物質は最終的に河川や沿岸域に流入し、その後、沖合へと拡散していく。水環境に流入した化学物質の運命や挙動を把握する上で、光による分解や水中の細菌による化学物質の分解を明らかにすることは重要である。筆者らがこれまでに取り組んできた以下の化学物質の細菌による分解について述べる。

- 1) 有機リン系の難燃性可塑剤で神経毒性を示すリン酸トリクレジル(TCP)の分解
- 2) ラン藻類や放線菌がつくりだし、水道水のカビ臭の原因となる物質の分解
- 3) 船底防汚塗料に使用され、海産巻貝にインポセックスを引き起こすトリブチルスズの分解

5. 福島第1原発事故から10年11ヵ月

環境経済学者の宮本憲一氏は「戦後日本公害史論、岩波書店(2014)」の中で「東京電力福島第

一原発事故はこの半世紀の中で最大の環境汚染である。危険が予知され、代替の方法を提言しているにも関わらず、大事故・公害を防げなかった。科学に力はあるても科学者に力がなかった」と述べている。原発事故から10年11ヵ月が経過したが、生活の基盤を奪われた福島第一原発周辺の方住民の辛苦は想像を絶する。子どもの甲状腺がんの多発(原発事故との因果関係については議論が分かれている)、メルトダウンした原子炉の廃炉の問題、汚染水の処理など問題・課題は山積みしている。わが国のエネルギー政策はどうあるべきか、再稼働の動きをどうとらえるべきか、使用済み核燃料の最終処分地が未定で、子孫に途方もない負の遺産を託すことがないように、我々は何をすべきか、世界的に再生可能エネルギー(再エネ)の導入が大きく進展する中で、我が国の再エネの展望などについて考えたい。

6. 豊かさとは何か

2021年3月に国連の世界幸福度ランキングが発表され、フィンランドが4年連続で1位となり、10位までのほとんどを北欧の国々が占め、日本は昨年より4つ順位を上げ56位であった。フィンランドは人命と生活を守るのに役立つ「他者との相互の信頼関係に関する複数の指標で非常に高い順位を示した」そうである。また、フィンランドの教育の基本は批判的思考を身につけることであるという。

国の豊かさは通常GNP(国民総生産)やGDP(国内総生産)を指標とされているが、1968年ロバート・ケネディが大統領候補指名のためのキャンペーンの中で以下のように語っている。『アメリカは世界一のGNPを誇っている。でも、そのGNPの中にはたばこや酒や薬、環境汚染、環境破壊に関わる一切が含まれている。戦争で使われるナパーム弾も、核弾頭、警察の装甲車もライフルもナイフも。GNPに勘定されないものは子どもたちの健康、教育の質の高さ、遊びの楽しさ、詩の美しさ、市民の知恵や勇気、誠実さや慈悲深さなどである』と。

また、1976年、21歳のブータン国王ジグメ・シンゲ・ワンチュクがスリランカのコロンボで開かれた第5回非同盟諸国会議後の記者会見で「国民総幸福(GNH: Gross National Happiness)はGNPよりも一層大切である。経済発展はブータンの究極目標ではなく国民総幸福の向上こそがブータンの目指すところである。ブータン国民のひとりひとりがブータン人として生きることを誇りに思い、自分の人生に充足感を持つことが最も大切である。」と語った。

近年、従来の国の豊かさの指標とされてきたGNPやGDPに代わって(Beyond GDP)、GPI(Genuine Progress Indicator 真の進歩指標)が注目されている。GPIにおいてプラスに加算されるのは、家事、育児などの家庭内サービス、ボランティア活動などであり、マイナスの評価は環境汚染、交通事故、犯罪被害などである。GDPとGPIの相関を見ると、あるところまでは比例関係にあるが、GDPが増加しすぎるとGPIは低下する。

アメリカインディアンやケニアの人たちの間で古くから伝えられている諺「地球や自然は祖先や親から授かったものではなく、子どもや子孫から預かっているものなのだ」も含蓄がある。

豊かさに関して諸外国の捉え方のいくつか取り上げてきたが、共通しているのは物質的な豊かさだけでなく、精神的な豊かさを大切にしろということであろうか。

「豊かさとは何か」が問われ始めて四半世紀以上が経過した今、便利さや快適さを追い求めるあまり、何か大切なものを失っていないであろうか。

ふと立ち止まって、便利さとは何かを考える習慣を身に着けること！