

■研究調査レビュー

沖永良部島、与論島、喜界島の水事情調査 瀬戸 昌之（東京農工大学）

鹿児島大学の奄美プロジェクトは、活動を狭義の研究に限定せず、経済面を含めて奄美の人々の生活改善・向上に寄与することも目標に掲げている。とはいえ、これまでの事業活動で、経済活動や生活に即して安全性を点検する取り組みはなかった。一方、現地調査では、隆起サンゴ礁でできた島々において時おり、水の量や質に対する不安が聞こえてきた。そこで、地表水等の「安価で確実な三次処理法」を開発している東京農工大学の瀬戸昌之先生に、喜界島、与論島、沖永良部島の3島で水質調査を実施してもらった。現地調査終了の時点で、瀬戸先生は飲み水、地下水の量や質に根本的な問題はないとの判断を表明しておられたが、今回、調査レポートを寄稿して下さった。

一般に中小離島の敏感な生態系において、農業分野を中心にした地域開発は環境に配慮しつつ慎重に進める必要がある。今回の調査は、3島において十分に工夫を加えるならば、今後も農業分野を柱にした地域開発も可能だと、現在の検査技術から判断できることを意味している。今後の島嶼開発を構想する際にベースになる貴重な検査データを1つ蓄積できたことになろう。

（鹿児島大学法文学部 山田 誠）

1. はじめに

地域開発には十分な水量と高い水質の確保が不可欠である。とりわけ、奄美諸島には河川の無い島が多い。このため水量の確保が懸念される。また、たとえば沖永良部島では肥料や農薬を多用する花卉栽培などがさかんである。このため、硝酸、農薬などによる水質汚染も懸念される。さらには島そのものが巨大な石灰岩からなる。このため水のカルシウム含量が高く、水の用途が制限されることがある。

以下に、奄美の水事情について、水量と水質の順に二、三の考察を行った。

2. 奄美の水量は充分か

調査を実施した3島のうち最も大きな沖永良部島を例にとって具体的に考察してみよう。島の面積は94km²、年当りの降水量は約2000mmである。この2000mmのうち、約1/3は蒸発散し、2/3の約1300mmが地下に入り、最終的には海に流出する。地下に

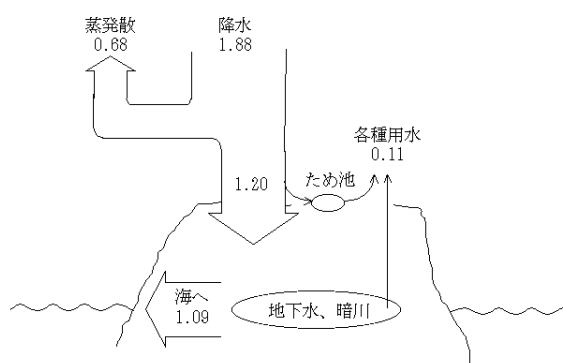


図1. 沖永良部島の水収支 (億t/year)

入る水量は1.2億t (トン) と計算される (図1)。この量は、また、人が利用し得る最大の水量、水資源賦存量、である。これには川を下っていききに海に流出する量と地表面を走って海に流出する量が含まれる。これらの量は水資源として利用し難いが、沖永良部島の唯一の川「余多川」は集水域が狭く流量も少ない。また、この島は透水性の高い琉球石灰岩が覆い、かつ平坦な地形であるから地表面を走って海に流出する量も少ないと考えられる。そこで上記の1.2億t

を人が利用し得る最大の水量と考えた。

いっぽう、沖永良部島の総人口は1万5千人である。日本における1人、1年当りの水使用量は約740tである。これには生活、工業、そして農業の全用水量が含まれる。なお、1人、1年当りの生活用水量は140t程度である。これらの数字が沖永良部島にも適用できるとすると、この島の1年当りの水使用量は、740t×1万5千（人）で、約1100万tとなる（図1）。すなわち、この島では地下に入る水量、1.2億t、の約1割が利用できればすべての用水は確保できることになる。この1割の確保のために奄美の島の人々はため池、地下の川「暗川」、そして地下の水を利用してきたのである。また、近年は海に流出する地下水を貯留する地下ダムの建設あるいは計画も行われている。

さて、用水の安定確保さらには水需要の拡大がもくろまれたとき、どのような対応が必要であろうか。たとえば、沖永良部島に計画されている地下ダムの貯水量は60万tである。この島の年当りの水使用量1100万tを考えると、この60万tは、新たな水補給がなければわずか3週間で使いきる量である。地下ダムにのみ依存して用水の安定確保や水需要の拡大に対応できるであろうか。

ところで、地下水量は巨大である。たとえば、関東平野の地下水量は4000億tとされている（山本、1992）。日本の全ダムを満杯にしても総貯水量は200億tである。日本における1年当りの全用水量は約900億t（瀬戸、2002）であるから、地下水を利用すればどんなに日照りが続いても水不足はありえない。なお、地下水を汲みあげると地盤沈下をもたらすと短絡的に主張する人が多い。地盤沈下は地下水の汲みあげを大量かつ局所的に行うとおきやすい。地下水を涵養し

ながら、汲みあげを少量かつ分散的に行えば、地盤沈下は限りなく最小化できる。むしろ、地下水を汲みあげなくなって、奇妙な対策が必要になってきた。たとえば、地下水位が上昇し、東京の地下鉄のプラットホームなどに浮力がかかり始めた。この浮力に対抗するために重いプラットホームなどで押さえつけているのである。

沖永良部島の地下水量について、私は十分な情報を持っていない。ただし、いくつかの地下水汲みあげ場の地下水位が、降水の多寡の時期にかかわらずほぼ一定であることは地下水量が豊富であることを窺わせる。たとえば、後蘭水源地では80mの深さのボーリング井戸で60mの深さにポンプが設置してあるが、毎日2700tの水を汲みあげても、15mの地下水位の変動はわずかに±0.5mであるからである。けっきょく我々が取りくむべきことは、山地においては森林などの植生を豊かに育み、中山間地においては、ため池や水田を保全し、住宅地においては雨水の浸透施設や貯留槽の設置・普及を行うことである。これらによって、降水の流出を平準化すれば用水の安定確保と水需要の拡大を限りなく可能にすることができる。また、この流出の平準化は計画されている地下ダムの能力を最大に発揮させるためにも不可欠である。

3. 奄美の水質—硝酸と農薬汚染

世界は硝酸汚染（硝酸蓄積）の方向にむかっている。硝酸汚染とは何であろうか。その背景に何があるのか。どのような対応が必要であろうか。まず、図2から窒素循環の概略を理解しよう。窒素肥料の大部分は NH_4^+ である。これは農作物などの植物に取りこまれ、つづいて人や家畜そして微生物体を経て再び NH_4^+ になる。これは最終的には NO_3^- となって地下水などに安定的に蓄積

する。

私は奄美諸島の約30カ所の地下水などの無機窒素を、2006年11月に調べた。予想どおり、 NH_4^+ や NO_2^- は検出されず、 NO_3^- のみが検出された(表1)。その濃度はN量で0.4~10.1mg/ℓ (ppmと同じ)の範囲にあった。

さて、硝酸(NO_3^-)汚染とは何であろうか。

たとえば、水道法による水質基準では NO_3^- と NO_2^- の合計はN量で10mg/ℓ以下とされている。この基準値を超えている水は

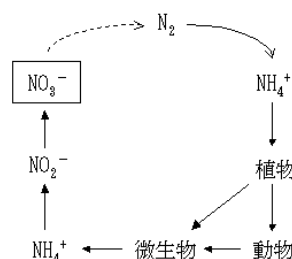


図2. 自然界における窒素(N)の循環

N_2 (窒素ガス)は NH_4^+ (アンモニウムイオン)になり、植物や動物体のNを経て、微生物体のNになる。これらの生物体のNは NH_4^+ 、 NO_2^- (亜硝酸イオン)を経て NO_3^- (硝酸イオン)になる。自然界では $\text{NH}_4^+ \rightarrow \text{NO}_2^- \rightarrow \text{NO}_3^-$ の反応はすみやかに進行する。しかしながら $\text{NO}_3^- \rightarrow \text{N}_2$ への反応は遅い。そのため、 NH_4^+ や NO_2^- は蓄積し難いが、 NO_3^- は蓄積しやすい。図の $\text{N}_2 \rightarrow \text{NH}_4^+$ 反応は自然界で生物学的に行われてきた。100年前から、工業的にも行われるようになった。そのため、 NO_3^- の蓄積はさらに加速されることになった。

表1. 奄美のいくつかの試水の物質濃度 (mg/ℓ)

試水	NO_3^- - N	NO_2^- - N	NH_4^+ - N	K^+	SO_4^- - S	PO_4^- - P	Na^+	Cl^-
湧水 (滝川、喜界島)	0.4	n.d.	n.d.	0.6	2	—	22	48
地下ダム水(水 天宮、喜界島)	5.2	n.d.	n.d.	0.6	15	—	19	58
地下水(後蘭、 沖永良部島)	3.3	n.d.	n.d.	0.8	7	0.01	20	39
湧水(瀬利覚、 沖永良部島)	2.2	n.d.	n.d.	0.7	3	—	25	70
地下水(国頭、 沖永良部島)	10.1	n.d.	n.d.	1.2	18	0.04	39	104
電気透析,原水 (古理,与論島)	4.0	n.d.	n.d.	0.9	14	—	22	70
電気透析,処理水 (古理,与論島)	1.6	n.d.	n.d.	1.1	4	—	38	24

n.d.: 検出されず

硝酸汚染の水といわれる。 NO_3^- と NO_2^- は体内で酸素運搬を阻害して呼吸障害をおこしたり、アミンと結合して発ガン性のN-ニトロソジメチルアミンを生成する。そのため飲料水はこの基準値以下であることがきびしく要求されている。表1では国頭の地下水が基準値をこえている。なお、農業活動などの影響がない滝川の湧水(表1)は0.4mg/ℓ程度と低い値である。この値は人間活動の

少ない地域の一般的な値である。

奄美の硝酸汚染は主に窒素肥料と家畜の糞尿によってもたらされている。窒素肥料の主成分である NH_4^+ は、一部は作物に吸収されるが、他は最終的には NO_3^- となって地下水などに安定的に蓄積する。家畜の糞尿に含まれるさまざまな窒素も土壌や水界の微生物の代謝の結果、最終的には NO_3^- となって地下水などに安定的に蓄積する。

硝酸汚染を回避するために、どのような対応が必要であるか。窒素肥料の散布は散布した窒素の大部分が作物に吸収されるように、その量と時期を工夫しなければならない。このとき、化学肥料よりは堆肥などの特殊肥料のほうが地下水などの硝酸汚染を回避しやすい。家畜は屋外で飼育するときは野外の土壌の窒素受容量を考慮して低密度でなければならない。屋内で高密度に飼育するとき、糞尿の処理施設が必要となる。糞尿を堆肥化して、畑地などへ還元することは、窒素循環を完結させ、硝酸汚染を回避するためにきわめて有効である。なお、生活排水や工業排水もさまざまな窒素化合物を含むから、これらが地下水へ混入することがないように、従来BOD（生物化学的酸素要求量）の除去を中心とした二次処理のみならず、窒素やリンの除去も行う三次処理の導入が急がねばならない。なお、安価で確実な三次処理法もすでに提案されている（瀬戸、2006）。

現代農業においては農薬の使用は不可欠とされている。いっぽう、農薬による環境や人体の汚染は広く認められている（瀬戸、1992）。奄美においても農薬汚染は例外ではない。たとえば、沖永良部島では農薬を多用する花卉栽培がさかんであり、環境に農薬の残留が認められている（三重大学沖永良部島環境調査班、1994）。

農薬汚染に我々はどのように対応すべきであろうか。いわゆるリスク（危険）－ベネフィット（利便）論議は平行線をたどりやすく、実りが少ない。ここでは農薬のメーカーと使用者、そして農作物の消費者の立場の主張が強く出されるからである。また、安全性の評価はそれぞれの立場のみならず、立場を超えて共有すべき生態系に対する安全性の評価が不可欠であるにもかかわらずほとんど行われなからである。

現時点で重要なことは安全性の高い農薬の開発と同時に、安全性が高いとされた農薬であってもその使用を極力減らすことにつぎ。このとき、農薬のメーカーと使用者、そして農作物の消費者がともに情報と責任を共有しながら、合意点を探らねばならない。

表1の奄美の水質は、たとえば関東地方のそれと大きな違いはない。ただし、塩化物イオン（塩素イオン Cl^- ）濃度は高い傾向にある。その理由としていくつか考えられるが、台風時の海水飛沫によってもたらされた Cl^- が検出されているためと思われる。

奄美の島はCa（カルシウム）を多く含む石灰岩からなる。そのため、奄美の水はCaO（酸化カルシウム）含量の高い硬水である。硬水は不溶性のカルシウム塩などを生成して沈殿物をつくり、配水パイプを詰まらせ、水の用途を著しく制限することがある。

奄美の多くの島では電気透析などによってカルシウム塩などの濃度を1/3程度に下げている。この方法は NO_3^- や Cl^- 濃度も下げる。表1も与論島の電気透析により、処理水の NO_3^- や Cl^- 濃度が廃水の1/3程度に下がっていることを示している。

4. おわりに

私の管見ではあるが、降水量と水需要の関係から、沖永良部島、与論島、喜界島において十分な水量は確保できていると思う。今後は降水の流出を平準化するための集水域の保全・管理、そして地下水の動きと水量をつうじて、より十分な水量の確保にむけた調査を期待する。また、硝酸や農薬汚染を最小にするための工夫と情報を共有しながらより高い水質の確保も期待する。

旅の醍醐味は地域の人々がその地域に融

和しながら生きる工夫に接するときこそ味わうことができる。したがって、私は多くの観光地には興味がないし、訪問したいたとも思わない。多くの観光地は石油などの化石燃料と地域の資源を消耗しながら力づくで画一化し、独自の工夫がないからである。

私が訪問したい地域は各々の地域の気候風土に融和した生活様式をつうじて、多様で質の高い環境を創造し、独自の文化を育む地域に限られる。これは「島」コスモス創出事業、すなわち、奄美の自然と文化的資源を活用した自立的な循環型社会の構築(山田、2006)のめざす地域と、全く一致するのである。

[引用文献]

- 三重大学沖永良部島環境調査班(1994), 沖永良部島・和泊町における農薬及び化学肥料施用の環境影響調査報告書
- 瀬戸昌之(1992), 生態系—人間存在を支える生物システム—, 有斐閣
- 瀬戸昌之(2002), 環境学講義—環境対策の光と影—, 岩波書店
- 瀬戸昌之(2006), 環境微生物学入門—人間を支えるミクロの生物—, 朝倉書店
- 山田誠(2006), 世界自然遺産と持続可能な発展, 奄美ニューズレターNo.28, 鹿児島大学
- 山本荘毅(1992), 地下水水文学, 共立出版