

# 島の地下水と建設技術

～ 沖縄県宮古諸島から ～

黒沼 善博\*

### はじめに

筆者が建設事業に従事して最初の工事現場に赴任したのは、沖縄県宮古島の砂川地下ダム建設工事であった。福岡市の常設部門から着任するものにとって、食文化から異なる離島での現場実務は、すべてが初めて見聞きすることばかりだ。驚きや戸惑いのなかにも、島という恵まれた自然環境の中で新鮮な日々が始まった。1991年5月のことである。

沖縄では、沖縄県以外の国内のことを内地という。現場に赴任して間もない頃、「内地からか?」「ヤマトか?」という親しみが込められた島のひとびととのふれあいに支えられ、現場勤務の傍ら、生活面では宮古島の文化や習慣を学ぶことしきりである。日中は灼熱の太陽と闘いながら、時には激しいスコールや強い海風によって現場の稼働が一時中断するような日常も、内地の現場にはない一幕であった。

筆者は宮古島の地下ダム工事現場とともに、1993年には沖縄本島糸満市で米須地下ダムなど複数の現場を兼務することになった。当時、沖縄本島および宮古諸島の離島では、国営や公団営による農用地・農業用水の緊急保全整備事業が展開されていた。整備事業の主体となっていたのが、農業用の地下水を安定的に確保するための地下ダム建設であったのである。

宮古島では降水量が多いにもかかわらず、島の地質ゆえに農業用水が不足するという、いわゆる「水なし農業」からの脱却を目指して、長年にわたって地下ダムの建設が要請されてきた。地下ダムの工事現場では、宮古島農業と地下水の関わりについて考察する機会が多かったが、地下ダムが完成してからの島嶼圏を俯瞰すると、地下水を確保することはやがては観光振興にも役立つことがわかってきた。

宮古諸島には、宮古島本島以外の周辺の島々、さらには宮古島と石垣島の間位置する多良間島と水納島がある。これらの島々では従来から農業の水不足に悩まされているが、すべての島で地下ダムが建設できるわけではない。宮古島の地下ダムで貯蓄される地下水を送水しなければならない周辺の島々、あるいは島単体での地下ダムの建設方法を考えていかなければならない、完全に孤立した島の地質事情があるのである。

筆者はこれまでに島嶼関連学会を中心に、地下ダム技術が影響を及ぼす島嶼農業と島民との関係について研究を重ねてきた。本稿では、宮古島砂川地下ダム建設現場での実務をもとに、宮古諸島の地下水と建設技術との関わりを総括したいと思う。産学連携の観点からもこの小稿が、島嶼圏の建設現場を理解してもらえる一助となるならば、望外の喜びとするところである。日本国内のみならず、地下水資源の保全を望むすべての地域にとって、地下ダム技術が定着し進化し続けることを願いたい。

---

キーワード：地下ダム、島嶼農業、地下水、有限資源、淡水レンズ、建設現場、オトーリ、観光資源

---

\* (株)大林組 開発事業本部大阪開発推進部 副部長

## 1. 命の水

沖縄県宮古島は、沖縄本島から南西に約300km 離れ、太平洋と東シナ海の間位置している。

宮古島は、宮古島本島の周辺に伊良部島、下地島、池間島、大神島、来間島があり、これら6つの島でひとつの行政区、宮古島市を構成している。宮古島市の人口はおよそ55,000人である(2013年10月末現在)。

これらの島に加えて、宮古島からさらに西へ約67km に多良間島、その北部に水納島があり、この二島でひとつの行政区、宮古郡多良間村を構成している。8つの島を総称して宮古諸島、または宮古列島と呼ばれる。

気候は温暖で亜熱帯性に属するが、月別の平均気温に基づけば熱帯雨林気候にあたる。年平均気温は23度、湿度80%、雨量2,200mm と高温多湿である。

宮古島といえば、プロ野球オリックス球団の春のキャンプ地、さらにトライアスロン大会の開催地としてすっかり有名になった。

トライアスロン大会は、1985年4月に第1回大会が開かれて以来毎年開催され、2014年には30回目を数える。スイム3km、バイク(自転車)155km、ラン(マラソン)42.195km の非常に過酷な耐久レースだ。与那覇湾のスイムから始まるレースは、海開きが行われたコバルトブルーの四月の海に、トライアスリートたちが一斉に水しぶきを上げて泳ぎだす。こうした水の競技が行われる風景を世界的に知らしめるにはふさわしい、宮古島の海の美しさがある。スポーツを中心とした島のイメージから、宮古島は近年スポーツアイランドとも呼ばれるようになった。

観光ではスキューバダイビングのポイントも豊富で、特に海中の洞窟を通り抜ける洞窟潜水は有名だ。海洋部と島側の池が底でつながった下地島の「通り池」は、ほとんどのダイバーが知っている有名なポイントであろう。

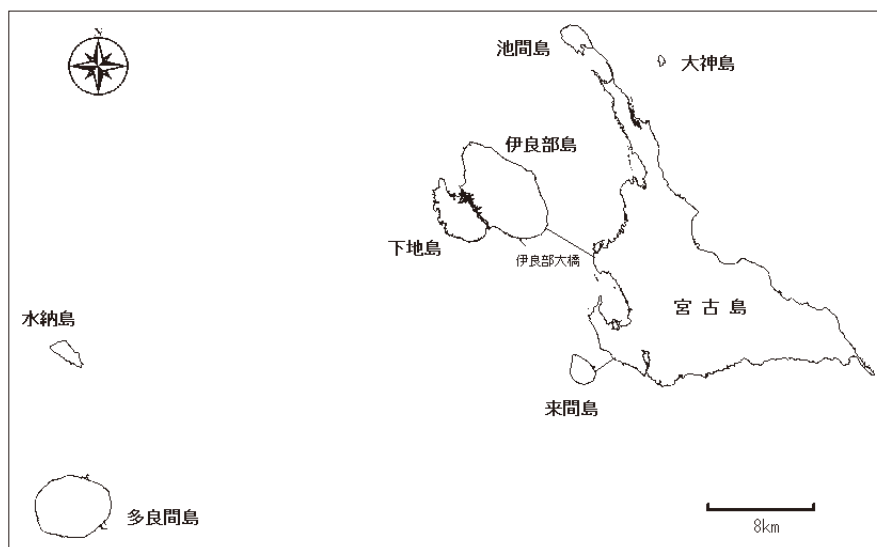
また、今世紀に入ってリゾートホテルが多く開業し、ダイバーのみならず東京からの直行便を利用した観光客や、海外からの観光客も多く訪れるようになった。観光ガイドに掲載される島内の景勝地は、「東平安名崎」、「砂山ビーチ」、「島尻マングローブ」、「イムギャーマリンガーデン」、「八重干瀬」など海や水辺の景観が多い。そんななかで、最近、海岸沿いの鍾乳洞探検が、ツアープランやリゾートホテルのマリンレジャーなどに加えられるようになった。鍾乳洞探検の対象となるツアーポイントは複数あるが、宮古島南東にある保良(ぼら)ガービーチでは、シュノーケリングやカヤックを利用して海側から鍾乳洞の中へ入っていくツアーを組んでいる。洞窟内に差し込む光と水面に反射した光で照らし出される鍾乳石の幻想的な風景が、海辺の鍾乳洞を初めて体験する観光客には人気のものである。

宮古島の海岸沿いにはこうした洞穴が多く、地下水が音を立てて川のように流れ出している場所や、緩やかに湧水となって溢れ出している場所など様々だ。鍾乳洞を形づくっている大きな洞穴の中に入ってみると、岩盤が穴だらけでところどころ頭上から水が滴り落ちてくる。宮古島はサンゴ礁が隆起してできた島で、空隙が多い岩盤によって成り立っていることがよくわかる。

この宮古島の地質が、地下水と密接に関連しており、これまでの宮古島の歴史が「水」と不可分な関係にあったゆえんである。宮古島の地層は大きく三層に分かれ、上層から表土に当たる島尻マージ、続いて琉球石灰岩層、最下層が不透水性粘土層の島尻層となっている。降水量のおよそ四割は空隙の多い琉球石



宮古島は東京からおよそ2,000km 南西に位置する。



宮古諸島位置図

灰岩層を伝って地下水となり、不透水層の島尻層に達して地下の谷を通して海洋部へと流れ出てしまう。宮古島では、よく雨量が多いわりに水源に乏しい島であるといわれる理由は、この地質構造に由来しているのである。

宮古島は、このように島全体が琉球石灰岩で覆われており、地上の丘陵部が少なく平坦で川がない。また、湖や池もなく湖沼による貯水ができないため地上ダムも存在しない。したがって、これまでの宮古島の生活用水のすべては、地下水に依存してきた。いわば、地下水の貯水量によって生活用水とともに農業などさまざまな産業用水の取水量が制約を受けてきたのである。

上水道設備が発達するまでの宮古島では、生活用水はどのように確保されてきたのか。

宮古島では海岸近くに、琉球石灰岩の層から地下水が湧き水となって出ている洞井がある。この洞井のことを沖縄では「ガー」と呼ぶ。宮古島のひとびとは、いにしえよりガーから水を汲み上げ、生活用水や農業用水、また家畜への給水に利用してきた。たいていのガーは、地上面よりかなり深い位置にあり、湧き水を汲み上げるには何段もある階段を下って水瓶に掬い、その水瓶を頭上に載せて再び階段を上ってこなければならない。この水汲みは主婦や子どもたちの仕事であったという。

宮古島南部の旧・城辺（ぐすくべ）町に所在し、有形民俗文化財にも指定されている「友利あま井」の現地の説明案内板には次のように記されている。

「昭和40年に城辺町の上水道が全面的に普及する以前は、この湧水が飲料水をはじめ、生活用水として貴重であった。水を運ぶのは婦女子の日課で、あま井に降りる石段の側壁の岩には、手で支え登ったために、摩滅してしまったところが数ヶ所あり、当時の苦労がしのばれる。

昭和56年3月30日 沖縄県指定有形民俗文化財」

また、旧平良市内にある大和井（ヤマトガー）は、1720年頃にかなり手を凝らして造られたという。当時琉球を支配していた薩摩藩の役人が使用したとされ、地元庶民は使用できなかったためにこの名がついたとされる。大和井の手前に島民が使用したプトゥラガー、家畜用のウブラガーが掘られており、水を汲む場所の区別にも先島統治の歴史



トライアスロン大会が行われる与那覇前浜ビーチ。東洋一の美しさといわれる。

があらわれている。

宮古島からの海底送水の整備が実現するまでは、宮古島周辺の島々においてもガーの活用は行われていた。宮古島の南西部に位置する来間島においても例外ではない。

海底送水が行われるまで、来間島の島民は生活用水はもとより、農業用水も島内で賄わなければならなかった。島で唯一のガーであった来間ガーの案内板には次のように記載されている。



琉球石灰岩は多孔質で、地下水が浸透しやすい。

「来間集落北側の断崖絶壁の百段よりなる道を幾十尺の絶壁下から、こんこんと湧き出る島唯一の泉こそ来間住民の生活に密着する命の綱である。

何時の頃からか、泉の中に樫の木がある。かつて、それを取り除いたら水が出なくなって大騒ぎしたという。早速ユタに頼んで神に御伺い立ててもらったら、神木樫の木を取り除いたためだとの神託であった。早速神意に従い、元通りに樫の木を入れたら、不思議や再び水がこんこんと流れ出て今日に至っているといわれている。

かくして来間川は、来間の社会生活の、動かすべからざる重点をなしている。

昭和五十年に宮古本島より海底送水が行なわれ、今日では、この泉の水を使用することはないけれど、何百年か島の暮しに欠くことができなかった。

水運搬の不便さの節水等、昔をしのぶ遺跡として後世まで保存することが望ましい。

昭和五十一年十一月一日指定

下地町文化財」

この説明文に登場するユタについては、後ほど詳しく触れたい。神がかり的な逸話であるが、いずれにせよ今日のように上水道網が発達するまでは、ガーが存在する箇所への水運搬のための上下移動は並々ならぬ苦労が伴った。地下水脈としてのガーの存在を記録するための遺跡の指定もさることながら、生活用水の確保・運搬が困難であった島の歴史を伝えるためにも、行政は文化財として保存することがふさわしいと考えたのである。地下水は宮古島や周辺の島々の島民にとってはかけがえのない資源であると、ガーの遺跡は伝えている。

ガーは集落の中で神聖な場所であり、また生活上最も重要な場所であった。ガーが存在する場所にひとびとが集まり、ガーの周りに集落が形成されていった。宮古島のガーには、友利あま井や来間ガーなどのように有形文化財に登録されているものもいくつかあり、ガーに至る石段や手摺は磨り減ったものが多く、当時の水汲みという重労働の厳しさが見てとれる。水汲みの過酷さを知る島の人々にとっては、「水」はまさに「命の水」であったのである。

## 2. 島の有限資源

植物学者のガレット・ハーディン (Hardin, Garrett) は、1968年に「共有地の悲劇」(The Tragedy of Commons) を発表した。主体の利己的な利益追求によって、限りある資源が浪費されると社会全体の悲劇が引き起こされるとする警鐘が大きな話題を呼んだ。

ハーディンは、利益追求と有限資源の消費の関係について、共有の牧草地で牧畜を営む複数の牛飼いを例示する。

「誰にでも解放されている牧草地を想像してみるが良い。牧畜をしている人は誰も、共有地にて

きるだけ自分の家畜を放牧しようとするであろう。……牧畜を営む人は誰も、合理的な人間として当然のことながら、自分の所得を最大にしようとする。公然と、また暗黙のうちに、多少とも意識して、彼は問いを發する。「自分の家畜をもう一頭増やしたら、自分の利益はどうなるだろうか。」そうすることによる効用は、ひとつの利点とひとつの不利な点を持っている。』（『地球に生きる倫理—宇宙船ビーグル号の旅から』）

プラスの効用とは、増えた家畜を売った利益を、その牛飼いがまるまる手にすることができることである。

一方、マイナスの効用とは、一頭過度に放牧した影響は、その共有地の牛飼いに全部に分担されるため、この牛飼いに対するマイナスの影響は全体の何十分の一にすぎないことである。それに気づいた牛飼いはさらにもう一頭もう一頭と家畜を殖やしていく。やがては他の牛飼いや同じ結論に気づき暗黙裡に同じ行動に出る…。ここに悲劇がある。

ひとつの環境で限られた資源を共有することを考えるときに、極限にある環境を想定してみるとわかりやすい。ハーディンの共有地を牧草地から、絶海にあるひとつの島に置き換えてみよう。水道代が課金されていない共同体を前提とする。

その島では農業が営まれ、島民の生活用水も農業用水も、自然降雨によって貯水される地下水を汲み上げることで賄っている。潤沢に地下水がある間は農業の生産にも生活の用水にも支障はない。ところが、ひとたびこの島に何日も雨が降らない干ばつが起きるとどうだろうか。

島では家庭にも農業にも取水制限がかけられる。畑に給水できない農作物の生産量はどんどん減っていく。生計への影響が著しくなったある農家では、これ以上取水制限に従うことはできない、一軒分の農家の給水ならば少々構わないだろうと考え始めた。この農家は自分の農作物の生産量を増やすため、夜陰に乗じて地下水を引き込み、自ら畑に給水し始めた。理性を別とすれば、この農家の行動は利益を最大化するために合理的な選択であるかのように思える。そのうち別の農家も同じ行動をとる。やがて一時的に農作物の生産量が増えた農家では、家庭の生活用水すら賄えないほど地下水が減り、島の地下水はとうとう枯渇してしまう。

経済学では、利用者の選別や制限をかけることができない財に対し、代価を支払わずに利用する者をフリーライダー（ただ乗り）とよぶ。共同体の誰もが取水することが可能な、オープンアクセスである環境の地下水を汲み上げるには、表向きには理性や倫理が垂範する。共同の井戸では規律を守り取水していても、暗黙のうちに別途井戸を掘ることによって自らの畑へ地下水を引き込むことが可能となる。農業生産向上のために、誰彼に相談することなく地下水を引き込むことで、無償の農業用水が確保できるのである。フリーライダーは、自己の利益を最大化するために最も合理的な方法を選択する。やがては自らの生産量の拡大によって、島の農業生産に寄与できるはずであった。

この共同体のモデルを、かつて宮古島や周辺の島々においてガーが日常的に利用されていた頃の状況に反映させてみよう。

島民たちにとって、ガーは共同体の核としての存在であった。ガーには必ずといっていいほど、大小にかかわらず祭壇が備えられていた。ガーを守る神々への畏敬の念を忘れることなく天の恵みに感謝し、そこに集う島民たちのコミュニケーションが図られる場でもあった。いわゆる井戸端会議が行われるような役目を果たしていたことになるのであろうか。

さらに、命の水は生活のために不可欠であるとともに、島の人々の経済活動に大きく影響を及ぼしてきた。宮古島の主たる経済活動とは、これまでは農業の営みであった。かつて島の生計は、ほとんどが農業によって成り立っていたため、農業を支える地下水の貯水量は同時に家計への配分量を考慮する必要があった。ある農家が地下水を汲み上げるための井戸を暗黙裡に掘ることは物理的に可能となるが、いにし

えより共同で使用されてきたガーを通して地下水が配分されたために、フリーライダーの出現に伴う倫理の瓦解もなく、共同体の崩壊につながるような歴史はおこらなかったのである。

ところが、大きな干ばつの発生は離農による島外への移動という別の悲劇をもたらした。

宮古島では、有史以来、農業と地下水の関わりは深い。多雨な環境にあるにもかかわらず、空隙が多く透水性が高い地質は、農業用水の貯蓄にも困難を極める要因となってきた。そのため、農業用水は不足しがちであり、水なし農業からの脱却は、いつの時代でも島の人々の悲願であった。

1971年、宮古島におよそ半年間での降雨量がわずか162mmという大干ばつが襲った。この大干ばつによって宮古島をはじめ、宮古諸島の島々では農業に壊滅的な被害がもたらされた。宮古島では基幹作物であるサトウキビの年平均の反収が約7トンあったものが、大干ばつに見舞われた年は1.25トンまで落ち込んだ。離農者の増加とともに、職を求めて島を離れるひとびとが増え、抜本的なかんがい対策を求める声は一層強くなった。大干ばつを経験したことで、宮古島では農業用水の恒常的な確保が喫緊の課題となったのである。

宮古島では年間2,200mmとなる降水量のおよそ四割は、地下谷を通して海へと流れ出してしまう。地下谷は地域的に大きく三つに大別される。城辺地下水盆群、平良地下水盆群、白河地下水盆群である。地下水はそれぞれの盆状の地下谷に沿って流れ、海岸部で湧水となる。生活用水のみならず、これまでに島の発展に牽引的な役割を果たしてきた農業にとっても、地下水は貴重な限りある資源だったのである。そしてこの限りある地下水を持続的な資源とするために、天候など自然の誘因に左右されることなく、常に貯蓄できる状態にしようとするかんがい排水事業が、1987年に国営によって開始されることとなった。

### 3. 地下ダム

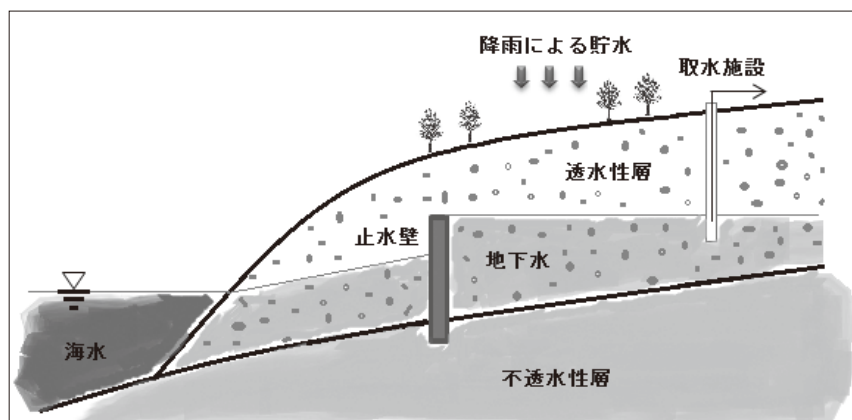
1987年に着手した宮古地区国営かんがい排水事業は、宮古島のおよそ8,400haに及ぶ畑地のかんがい排水整備であるとともに、「地下ダム」を建設することによって農業用水の大規模な水源を確保しようとする画期的な計画であった。

宮古島の地下谷を潤沢に流れる地下水を、海洋に流出する前に堤体で堰き止めて、石灰岩層内に一定量の地下水を常に貯蓄しようとする構造体が地下ダムである。地下ダム建設工事では、杭打重機を使って幅50cmほどのコンクリートの壁体を、数千mに及ぶ長さまで地中に構築する。壁体の長さは地下谷の規模によって異なる。このコンクリートの壁体が、地下水の流れを堰き止める止水壁の役割を果たす。壁体の深さは、最下層となる不透水性層の島尻層まで達するため場所によって異なる。深いところでは50mに及ぶ。壁体は民家などがある箇所を避けて構築するために、必ずしも直線ではない。建設用地は壁体を構築する箇所にあたる公道などに沿って確保される。

壁体の天端と地表面は、割栗石の敷設により一定の間隔がとられ、表土が埋め戻される。構造体が地中に構築されるため、表土が復旧された後は、再び建設前の畑地の状態となる。建設後に止水壁の天端まで堰き上がった地下水は、天端を越流して海洋部へと流れ出すために、地表面が水没することはない。

地下水の流動は比較的ゆっくりしているために、地下谷の川上に貯水した地下水は、長期にわたって安定的な取水が可能となるのである。また、干ばつなどの急激な天候の変化によっても蒸発することなく、一定量の地下水が常に地中に確保されることになる。さらに壁体は海洋部側からの海水の浸入を阻止する役目を果たしているために、貯蓄された地下水に塩水が混入する恐れもない。地下ダムはその施工にあたっては地中連続壁の構築という単純なものであるが、効果面では雨水を貯蓄して農業用水を確保し、余分な地下水は海洋へ流出させる環境循環型の機能を有しているのである。

日本で最初の建設が行われた地下ダムは、長崎県野母崎町地内の「樺島地下ダム」である。総貯水量は



地下ダムでは、地中連続壁が地下水の流れを堰き止める止水壁の役割を果たす。

20,000m<sup>3</sup>で、供給対象は農業ではなく水道用水である。工法は既存のグラウト注入工法により行われた。グラウトとは、空隙を埋めるために注入するモルタルなどの流動性固化液のことで、地盤改良を行うときに多用される。樺島地下ダムでは、地盤の空隙にこのグラウトを注入して止水壁を造る工法が採用された。

二例目の地下ダムは、宮古島市城辺地内で1979年に施工された「皆福実験地下ダム」である。農業用水用の地下ダムとしては最初の試みであり、止水壁の堤高16.5m、堤長500m、総貯水量700,000m<sup>3</sup>、有効貯水量は400,000m<sup>3</sup>という、日本では本格的な地下ダムの先駆けとなった。

皆福地下ダムとともに、後に続く複数の地下ダムの施工地は、地下水流と地質に関する基礎調査に基づき、宮古島南部の海岸沿いが選定された。宮古島南部の地下水流域は、砂川、仲原、福里、皆福、保良、保良東、東平安名と七つの流域に分かれている。それぞれの流域は南部の海岸に向かって地下水が流れ出しており、この地下水の流れを堰き止めて地下水を貯蓄するために、まず皆福流域が選ばれたのである。皆福流域の他、砂川、仲原、福里、保良の流水域においても後に地下ダムが施工されることになる。

皆福地下ダムでは、樺島地下ダム同様、止水壁の構築にあたってグラウト注入が行われた。地下ダム止水壁の提体となる工法には、グラウト注入工法のほか、開削工法、遮水材建て込み工法、地中連続壁工法がある。

開削工法では、貯留層を基盤部分までオープンカットし、不透水材で埋め戻すことで遮水を行う。アフリカなどで地下水位の低くなる乾季に涸れ川を横断するように遮水壁を作り、水位の上昇を図るのに用いられる工法である。遮水材建て込み工法は、鋼矢板などを連続して地中に打ち込み、遮水性を高めて地下水位を上昇させる工法である。砂川地下ダムで採用された地中連続壁工法は、宮古島や沖縄本島での地下ダム建設に多く用いられている工法である。詳細は後述したい。

さて、皆福地下ダムにおいて、地下水位の上昇と水質保全が実証されたことにより、地下ダム施工の基礎技術が確立したかたちとなった。宮古島ではこの皆福地下ダムの成功を受けて、同じ城辺地内において砂川地下ダムが施工されることとなる。

宮古地区国営かんがい排水事業では、農業用水の貯水タンクとなるファームポンド、パイプライン、風力発電施設などの建設が行われた。この国営事業とともに、農用地整備公団（現、独立行政法人森林総合研究所森林農地整備センター）営によって継承された砂川地下ダムと福里地下ダムが建設されたのである。主ダム・副ダムの完成と周辺のかんがい排水設備の整備によって、宮古島農業は大きく変化を遂げるようになる。農業用水の恒常的な確保によって、基幹作物であるサトウキビの収穫増、熱帯果樹など高収益作物への生産シフトがみられるようになったのである。

砂川地下ダムは1988年に工事着手し1994年に完成した。そのうち、筆者は1991年から工事完成の1994年まで、施工実務に従事した。工事は、幹事を務めた筆者所属の建設会社を含む本土の建設会社2社と、宮

古島の地元建設会社の計3社による共同企業体で行われた。筆者の施工経験をもとにした地下ダム工事の実務について、次章で触れてみたい。

#### 4. 砂川地下ダムの施工

砂川地下ダムは、止水壁の堤高50m、堤長1,677m、総貯水量9,500,000m<sup>3</sup>、有効貯水量7,259,000m<sup>3</sup>である。1998年に完成する福里地下ダムとともに、国営宮古土地改良事業・公団宮古農用地保全事業として実施された。

施工にあたっては、まず杭打重機の稼働やコンクリートプラントの配置、計測室の設置などを行うため、いわゆる建設現場となる施工ヤードが確保される。施工ヤードは、止水壁の施工箇所となる範囲も含め、地元農家の農地を借地して表土を一旦剥がして仮置きし、モルタルを広範囲にわたって打設する。杭打重機や土砂の排土を行うクラムシエル機は、多い時期には十台近く稼働するため、施工ヤードは500m以上に及ぶ。また工事事務所と施工ヤードが離れていることもあり、職員の移動は車やバイクを用いることもあった。

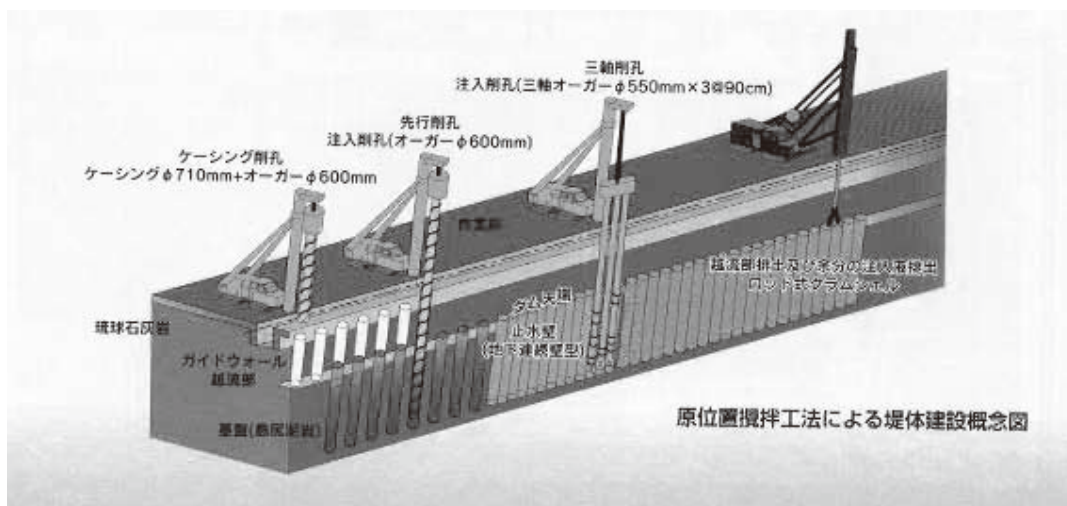
まず、施工ヤードの端部に、杭打機の杭を挿入するための80cmていどの開口部を確保する。その開口部箇所が止水壁の施工位置となる。開口部の両側には、ガイドウォールと呼ばれる単管パイプで組まれた仮設の作業ヤードが設けられる。作業員はガイドウォールの単管に安全帯のフックをかけて開口部への落下防止を図り、杭打機の削孔位置を指示したり、杭先端部への散水処理を行ったりする。ガイドウォール内で指示・合図を送る作業員、杭打重機のオペレーター、杭位置の計測管理を行うエンジニアの三者による歩調が合うことによって、止水壁本体の正確な施工が進められていく。

砂川地下ダムの施工は、柱列式（三軸）原位置攪拌工法が採用された。土とセメントスラリーを原位置で攪拌・混合して地中連続壁を施工していく工法であり、SMW（Soil Mixing Wall）工法とも呼ばれる。

作業ヤードの設置やガイドウォールの造成は、仮設工として実施される。いわば、本体工事の準備工事である。準備工事に続く本体工事は、杭打重機を使用して以下の手順により行われる。

##### (1) ケーシング削孔

先行削孔の前段階として、孔曲がりの防止のために口径710mmのケーシング内に口径600mmのオーガーを挿入して深さ20mまで、90cmの間隔を置きながら削孔排土する。



砂川地下ダムで採用された柱列式（三軸）原位置攪拌工法の建設概念図。

宮古土地改良区ホームページ (<http://www.miyakojima.ne.jp/kairyoku/sekou.html>) から引用。



## (2) 先行削孔

三軸削孔によって地中連続壁を施工するのに先立ち、オーガの負荷を軽減するため、また孔曲がりを防止するため、ケーシングをガイドにして口径600mmのオーガーで深度20m以深を、固化性のない注入液を使用しながら、90cm間隔で掘り進めていく。

## (3) 越流部切り崩し

先行削孔の後、ケーシング削孔の孔間に残った地山を、口径550mmの三軸オーガーによって深さ20mまで切り崩し、越流部を開削する。切り崩した土砂は、ロッド式クラムシェル機で排土する。

## (4) 三軸削孔

口径550mmの三軸オーガーで先行削孔の未掘削範囲を仕様に基づく深度まで掘削する。オーガー先端のピットの冷却や掘削負荷の軽減を図るために注入液を使用する。三軸削孔が仕様通りの深度まで達したら、注入液を固化性に切り替える。オーガーの先端から固化性の注入液を吐出しながら三軸オーガーを引き上げ、掘削により破碎した石灰岩と攪拌混合する。

## (5) 調整杭

三軸削孔が終了した箇所で、施工中の挿入式傾斜計測定により三軸削孔に不連続が生じているところは、調整杭の打設を行う。地中連続壁の不連続箇所を補うためである。

## (6) 越流部確保

堤体の天端にコンクリートを打設した後、栗石で埋め戻す。越流部の地下水流動性を高めるためである。さらに表土を埋戻し施工以前の状態に復旧する。

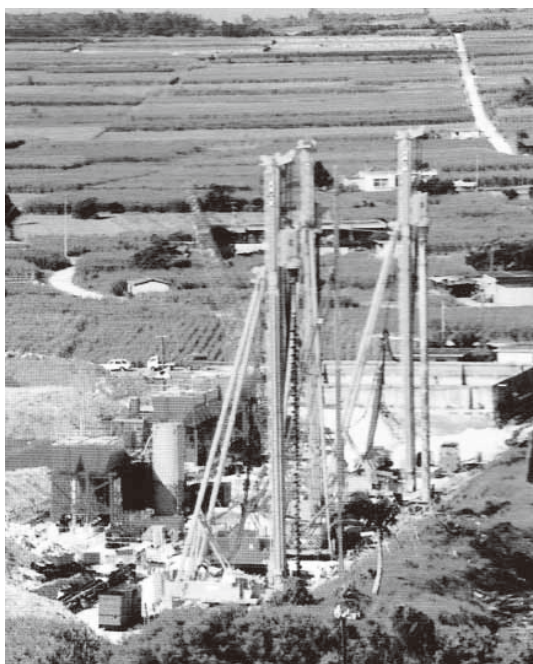
砂川地下ダムは、止水壁の総延長がおおよそ1.7kmまで及ぶため、施工ヤードは工事の進捗に応じて移動していく。止水壁の施工が完了した箇所は、元の畑地の状態に復旧していくのである。施工後の畑地を見ただけでは、この地面の下に地下ダムの止水壁があることは全くわからない。

筆者が着任した1991年は施工の最盛期に差し掛かっており、施工ヤードの重機稼働した繁忙な状態と、施工がすでに終了し農作業が行われている畑地の状態とのギャップにまず驚かされた。

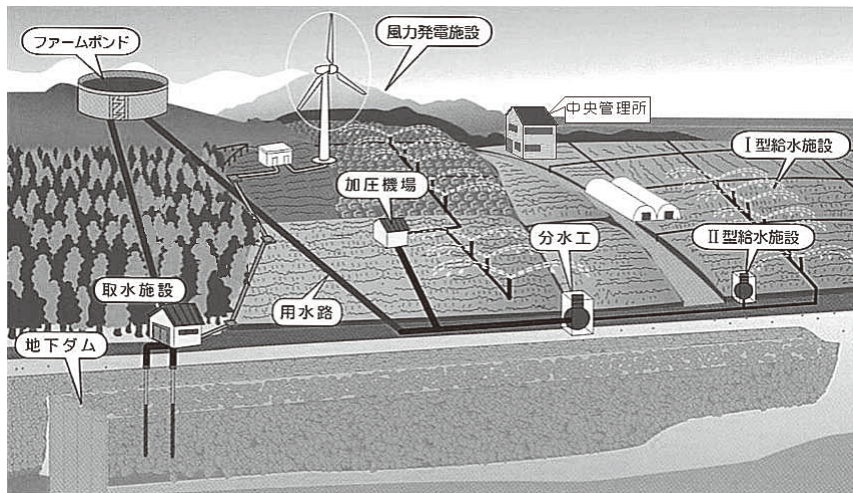
また、宮古島の地質そのものを利用し、地中に流れる地下水を壁で締め切るといふ、単純ながらもダイナミックな発想に感服したものである。

砂川地下ダムの施工現場となった場所には、周囲一面にサトウキビ畑が広がっている。緑色のキビの葉と、施工ヤードで掘り下げられている斜面に剥き出しとなった真っ白い琉球石灰岩とのコントラストが、南国ムードを盛り上げているというのが着任したときの第一印象であった。少し足を延ばせば、コバルトブルーの海が眼前に広がっており、春先ながらも真っ青な空にはギラギラと肌に照りつける太陽がただ一つ、厳しい島の農業の歴史とはおおよそ縁遠いかのようなどかな風景であった。

時折激しいスコールもあり、雨が止んだかと思うと再び陽の光に照らされたサトウキビが緑々と茂っている。宮古島の農業は順調ではないだろうか。ただただ美しい自然の風景を目の前にして、むしろ解放感に満たされた気分であった。今思えば、何とものきな施工業務のスタートだったわけである。



砂川地下ダムの施工現場。周囲一面にサトウキビ畑が広がっている。重機が立ち並ぶ施工ヤードも完成後は元の畑の状態に復旧される。大林組広報パンフレット『地下ダム』から引用。



かんがい排水設備の一般的なイメージ。地下ダムで貯留される地下水は、ファームボンドに汲み上げられ、用水路を経てスプリンクラーから畑地へ給水される。  
宮古土地改良区ホームページ (<http://www.m-kairyoku.com/>) から引用。

正直なところ、着任当初は宮古島と地下水の歴史的な関係については、深く理解しているわけではなかった。机上の調査結果の分析に加え、フィールドワークから得られる現実は何よりも説得力があるものだ。宮古島に居住し、工事現場のある地元集落やひろく島のひとびとと語り、島の地質や地下水にまつわる場所を自ら確認していくことで、島と水のつながりについての理解が深まっていったのである。

## 5. コミュニケーション

工事施工者にとって、作業ヤードの地主や工事現場の近隣集落のひとびととの良好な関係を維持することは、施工の進捗上重要である。良好な関係を維持していくことで、施工に対する理解を深めてもらうのみならず、島の門外漢にとっては地元事情などの有益な教示を受けることも多いからである。

筆者が着任して間もない頃に、宮古島では特に人の輪を大切にする風習があるように感じた。その理由の一つに挙げられるのが、祝宴などで泡盛を回し飲みする「オトーリ」である。今日、宮古島に観光などで訪れるひとびとが増えたため、島民との触れ合いにオトーリを経験する機会が多くなっている。そのため宮古島での飲酒のスタイルであるオトーリを知る人も多いただろう。ここで、オトーリについて触れてみたい。

宮古島では祭事や祝事の宴席の他、日常の集会や晩餐などにおいてもオトーリは行われている。宴席の参加者のなかから「親」となるものが立ち上がって口上を述べたあと、泡盛を注いだ杯を空け、同じ杯に泡盛を注ぎなおしたあとに隣の参加者に渡す。渡されたものは杯を空け親に杯を返す。親はさらに隣の参加者に杯を渡す。

こうして参加者全員に杯が配られたあと、最後に親が再び口上を述べて杯を空け、別の親を指名する。口上は、例えば結婚式の披露宴であれば、新郎新婦に送る祝辞であったり、由来するエピソードであったりする。その宴席の中心となる話題に、親となるものが今感じている想いを率直に述べるのが口上である。職場会、同窓会、ゴルフコンペ、有志の飲み会、サトウキビ刈り取り作業の慰労会、セリ市の打ち上げ、休日に行われる草野球のあとなどなど、オトーリが行われる酒宴は日常のありとあらゆる場面だ。いわば生活習慣のような存在になっている。

親は、参加者全員に万遍なく指名される。オトーリが一巡終わった段階で、全員が人数分プラス一杯の泡盛を飲んでいることになる。盛り上がる宴席では、このオトーリは何巡も続くことになる…。筆者は最

初にオトーリを経験したとき、宮古島ではなんと強靱な肝臓の持ち主が多いことだろうと思った！

砂川地下ダムの建設現場でも、施工者と地域住民との間でオトーリは行われた。工事の進捗状況を伝える地元向けの工事説明会や、施工周期が区切りとなる部分引き渡しの竣工式典には、公式行事のあとの宴席でオトーリが行われたのである。工事説明会では厳しい質問や要望が述べられた住民とも、宴会の席上ではオトーリを共有することで打ち解け、互いの苦労を分かち合い譲歩し着地点を見出していく。施工者にとってもオトーリは、良い意味で地域住民との潤滑油の役割を果たしてくれたことになった。

不思議なもので、よい文化(?)は伝播する。われわれ現場での施工常勤者と、現場の視察や施工の一時的な応援に来る関係者との一服の懇親会にもオトーリは行われた。仕事だけではなく、島の習慣として定着したオトーリを経験してもらおうと、懇親会の席では積極的に楽しんだ。オトーリはまさに宮古島を代表する観光財のひとつとなっている。今では観光振興の一環として、オトーリ回し経験の認定証も発行されているとか。

ただ、このように回し飲みをするオトーリは、第二次世界大戦後に生じた習慣であるといわれる。宮古島地方で現在日常的に行われているオトーリと、歴史的な由来となっている琉球王朝時代の祭事に行われたオトーリ(御通り)とは全く異なったものであったようだ。沖縄では村落祭祀の中心となる聖域に御嶽(うたき)がある。その御嶽で行われる祭祀において、神役の前にひとりひとり出でて神酒を受け、順番に祝詞をうたい上げた後に飲み干したのがひとつの由来とされるが、琉球史におけるオトーリの由来には諸説あるようだ。また、泡盛を満遍なく宴席の参加者が飲むことについては、琉球王朝時代には泡盛の製造が首里でしか許可されておらず、泡盛そのものが貴重であったために、宮古島の島民の間での宴席では貴重な泡盛を皆で分け与えたことが始まりとされている。

現在のオトーリでは、ウイスキーやビールで行われる場合もまれにあるが、たいていは水で割った泡盛が用いられる。酒といえば鹿児島では焼酎、高知では日本酒であるのと同様、沖縄で酒といえば泡盛なのである。その泡盛の酒造所は、同じ地域に複数存在するところもある。宮古島では泡盛の酒造所は現在七カ所ある。平良地区には池間酒造、沖之光酒造、菊之露酒造、千代泉酒造所、伊良部地区には渡久山酒造、宮の華、城辺地区には多良川(たらがわ)がある。

筆者が知るところでは、宮古島では地元にある酒造所の泡盛を愛飲する傾向が強いようだ。砂川地下ダムの建設現場の近くには多良川の酒造所があり、城辺地区の住民も多良川の泡盛を日常的に飲んでいる。工事説明会での宴会で用いられる泡盛は多良川であり、安全祈願などの式典に奉獻される泡盛も多良川であった。

多良川の酒造所は砂川地下ダム工事現場のいわゆる近隣住民(企業)にあたる。泡盛を式典などで調達していたこともあって、泡盛の製造工程を知ってもらうために、工事関係者を多良川の酒造所に招いてくれたことがあった。

泡盛の製造工程は、どの酒造所においてもほぼ同じ手順である。簡単に記すと以下ようになる。

まず、原材料となる洗米が行われる。その後、水に浸す浸漬が行われたあとに米を蒸す。この原材料となる米はタイ米である。引き続き、酒造所の特色を出す米麴づくりが行われる。続くもろみの段階では、水と酵母を加えることによってアルコール発酵を行う。銘柄によっては様々な酵母を使い、味わいに独自の特徴を出す酒造所もある。続いて蒸留を行った後に割水をして熟成させる。熟成期間は銘柄により様々だ。熟成後さらに割水を行う銘柄もある。最後に容器詰めを行い出荷となるのだが、それぞれの工程で酒造所独自の工法がとられているため、一様な工程といっても酒造所の円熟な技法が出されるようだ。

地下ダムで貯留される地下水の既得用水には、農業用水のほか、上水、製糖工場とともに泡盛酒造所が対象となっている。この泡盛造りにおいても地下水が用いられる。地下水は、このように農業以外の産業においても不可欠な要素なのである。

多良川のホームページ (<http://www.taragawa.com/>) によれば、多良川の泡盛は地下からの良質の硬水で仕込み、割水には沖縄本島の軟水を使っているという。宮古島の地下水は硬水であり、カルシウムミネラル分が豊富に含まれている。この地下水の特徴が宮古島の泡盛造りに活かされている。ここで、硬水と軟水について触れておきたい。

宮古島の水はよく硬度が高いといわれる。硬度とは何か。コンビニエンスストアなどで販売されているミネラルウォーターは、硬水と軟水に分けて表記されているが、これは水に含まれるカルシウムとマグネシウムの量によって分けられる。この量を硬度という。単位は、ドイツ硬度はdH、アメリカ硬度はppmであらわされる。日本ではアメリカ硬度の表記が用いられている。水1ℓ中に炭酸カルシウムが1mg含まれている時に硬度が1となる。マグネシウムを含む場合は、炭酸カルシウムの重さを求めて1.186(CaCO<sub>3</sub>:MgCO<sub>3</sub>)をかけて加える。例えば、宮古島白川田湧水の硬度は252である。一方、沖縄本島の名護市源河川の硬度は44である。白川田の湧水のほうが、5倍以上硬度が高いことになる。

宮古島のように石灰岩からなる島の地下水は、石灰岩から溶け出したカルシウムを大量に含むため硬度が高くなるのである。通常、水の硬度が20以上を硬水、10以下を軟水として区別している。硬度が高い水は飲むときに硬い感じがして好まれないため、飲料水としての硬度の適度は10~100程度とされる。

宮古島ではどの家庭においても、台所には濾過装置が常備されている。筆者が寄宿していた工事現場の宿舎も同じで、水道水を直接飲料水として使用するのではなく、カルシウム分を濾過する装置が水道蛇口横に備えられていた。

宮古島では高い硬度を利用した泡盛造りが行われており、前出の多良川のホームページによると、多良川の泡盛には仕込みに宮古島の硬水、割水に沖縄本島玉城村の「垣花桶川(かきのはなひーじゃ)」を使っているという。地下水によって洗米・蒸米の作業を終えた麴は、商品別に分類され、温度や発酵時間の調整によって古酒用やさまざまな商品へと製造されていく。このように地域に特有の泡盛造りと地下水との関係は深い。ちなみに多良川酒造の代表的な泡盛「多良川」の名前は、仕込み水として使用している伏流水「タラガー」に由来しているとのことだ。

泡盛は、歳月を重ね寝かすほどに旨くなるといわれる。沖縄の古酒(クースー)はいにしえより各家庭



宮古島の地下水碑

で、床下などで泡盛を寝かすことで造られたとされる。床下の一定の温度と十分な湿度、静かな暗所は泡盛の熟成に適している。多良川酒造では、この発想を「洞窟貯蔵庫」での古酒造りに活かしている。筆者が案内された洞窟内には、いくつもの甕が並べられていた。甕によって熟成年度が異なるという。甕を貯蔵することによって泡盛の呼吸を助け、香味成分を変化させることで芳香が増す。アルコールは少しずつの水の分子と調和され、風味が増すのだという。試飲した古酒は、店頭で市販されている泡盛とはまた違った風味があり、深い円やかさが印象的であった。

宮古島観光の特色にオトーリが取りあげられる昨今ではあるが、泡盛と地下水との関係を理解することは、宮古島文化と歴史を知る上で意義深いことだといえよう。ちなみに、砂川地下ダム全体の完成を祝う竣功式典には、宮古島市が誕生する以前の各市町村の自治体の首長はじめ、行政や関係機関から多数の列席があった。その宴席においても盛大な（！）オトーリがそこかしこで行われたことは言うまでもない。このような公共事業の大掛かりな記念式典は、テレビをはじめとする地元のメディアでは必ずといっていいほど報じられる。ただし、実際のテレビの報道では、オトーリの場面は割愛されるのであるが。

## 6. 神のお告げ

砂川地下ダムの施工が最盛期を迎えていたある日のこと、地元自治会の役員が工事事務所を訪れてきた。話を聞いてみると、「地下ダム工事の騒音や振動で、神様がうるさいと怒っている」という。その役員によれば、地元の城辺地区に居住するユタに、神からお告げがあったというのだ。さらには神々の怒りを鎮めるためには、ユタの導きにより、地元自治会の役員とともに主な工事関係者が、御願所（ウガンジュ）に拝礼して回らなければならないという。

神の怒りとあれば唯事ではない。現場担当者には工事開始から今までに経験がない不安がよぎった。それもそのはず、先端技術の粋を集めて施工に取り組む建設事業にも、日常の進捗には神々の庇護を求める姿勢があるからである。土や木、石や岩を動かす建設に従事するものにとっては、いにしえより自然への畏敬の念を忘れてはならないという暗黙の了解がある。

建設事業では工事に着手するときに、工事関係者によって工事の安全祈願を行う。また、建設の事業主、いわゆる施主が主体となって地鎮祭や立柱式、竣功式を執り行う。工事の平穏無事な進捗、完成した施設の繁栄、関係者一同の健勝を神々の庇護に委ねるのである。ユタのお告げを真摯に受け止めたのは、日常の仕事がこうした人智を超えた力と不可分であることに起因してのことだろう。現場では早速自治会役員の指示に従うことにした。

ユタとは、沖縄本島や南西諸島において祈願、治病などを行う霊媒者のことである。圧倒的に女性が多い。筆者も宮古島に着任してから、ユタの存在は島のひとびとから聞いてはいたが、実際身近に関わりができたのはこのときがはじめてである。工事関係者はユタの導きにより御願所に拝礼して回るようになった。

神々が鎮座する御願所は施工場所の周辺に複数あり、われわれ工事関係者にはわからない。おそらく一見するだけでは、地元の住民でもわからないのであろう。ユタを先頭に自治会の役員が続き、工事関係者は最後尾に従う。普段何気なく見慣れているサトウキビ畑の周りがある古木や岩や石を、線香とともに供物、泡盛を供えながら拝して回る。御願所ではユタの拝礼中は、工事関係者は背後に控え、静かにひたすら祈る。願い事は神々の怒りを静めることとともに、今まで水不足に悩まされてきた宮古島の繁栄のために、地下ダムの工事が無事完了することである。恵みの水が末永く宮古にもたらされるようにと、拝礼して回る関係者の願いは同じである。

こうした神事があると、改めて地下ダム工事の大切さに思いが及ぶものだ。このとき筆者に投げかけら

れた、ある地元女性の「宮古のために頑張ってね」という励ましの声が、今でも印象深く心に残っている。この女性からすれば、仕事への励ましとともに地下水がもたらされることへの強い願いが込められているのだろう。かつての水不足の苦勞を知る島人としての、重みがある言葉だった。

ユタの拝礼以後、砂川地下ダム工事現場では再び「神のお告げ」が来ることもなく、工事も無事平穩に進捗していった。これを機に、建設と自然との関わりを改めて考えるきっかけともなった。

高度な建設技術を投入することでひとびとの利便性は高まるのであるが、それと引き換えに自然に対する犠牲があるのであれば、それは最小限に抑えなければならない。むしろ技術的には環境への配慮と循環というかたちで、自然への負担を軽減し還元していかなければならない。

今日では「資源再生」というすっかり定着した言葉で言い表されるが、環境負荷と資源再利用は抽象次元に留まることなく数値的に結果があらわれるよう実現していかなければならない。また、施工方法の配慮は常に必要とされる。人とともに自然を含めたすべての環境に配慮することが、もはや建設事業の基本となっているといえるのである。

さて、ユタは、宮古島ではカンカカリヤやサスとも呼ばれ、祝女、司などの神人、あるいは職業としてのユタに分かれるようだ。前者は、主に御嶽や城（グスク）の聖地や御願所などにおいて、集落の公的祭祀や共同体の祈願行事の司祭を行う。後者は、個人の家や家族に関する運勢や病気の治療など私的な信仰領域に関与する存在である。砂川地下ダムの現場にお告げをもたらしたユタは、おそらく前者であろう。集落の自治会役員を伴う対応に中心的な役割を果たしていたことからそう推察される。

毎年宮古島で開催されるトライアスロン大会では、主催者側の公式的な祭礼かどうかは定かではないが、開会前にユタが集団で海に向かって大会の安全を祈る姿がみられる。海開きの際にも、ユタが海難事故のないことを神に祈り出でるといふ。また、個人や共同体において人の力が及ばない問題解決に、最終的な決断を下すきっかけをユタに求めることもあるといわれる。

地下水が湧き出るガーにも、祭壇が置かれているところがあった。ガーはそれだけ島の集落にとっては神聖な場所であり、貴重な水が絶えることのないよう祈りをささげてきたのであろう。これまでの島民の生活において地下水の永続を願う祭祀には、おそらくユタは欠かせない存在であったのではないだろうか。前出の来間島のガーを説明する案内板にも、「ユタが告げる神勅に従えば地下水が再び湧き出た」とあった。こうした共同体の存廃に関わる事柄には、古くからユタの導きが重要な役割を果たしてきたといえるのだろう。

ユタには一般人ではなし得ない霊界のすがたや動きをみる能力があるとされる。一方で、時代の流れとともに知識人や有識者の間では、ユタ信仰は迷信であるという見方が一般化しているのも事実である。

沖縄には、「医者半分、ユタ半分」ということわざがある。最近では沖縄を代表するロックバンドの唄に、このことわざがタイトルになったものがある。この唄によれば、「医者半分ユタ半分 それが沖縄（うちな）ぬ合い言葉」らしい。

いずれにせよ、沖縄の一般社会では今日でも、ユタの存在は生活の一面に密接に関連しているようだ。

## 7. 地下ダムの構造

砂川地下ダムの完成が近づくにつれて、地下水が確保できることに対する島の期待は日増しに高まっていく。地元の新聞社からは地下ダム現場への取材が増え、農業用水の給水に向けての地下ダム完成を待ち望む記事が多くなる。そうしたなかで、地下ダムの施工物としての完成形が、完成後に明らかにできるような方法はないものかと、ふと考えたことがあった。

止水壁によって地下水が堰き止められ、石灰岩に地下水が貯留していく状況を何とか開示できるように

ならないものだろうかと思ったのである。百聞は一見に如かずというが、地下水が貯留されるまでの様子を実際の構築物に触れ合いながら、島民ならず島外から訪れるひとびとにも広く知ってもらいたかった。

施工者としては、自ら携わった施工物が次世代までひとびとの利便性に役立っている様子を、目の当たりにしたいという願望があるものである。トンネルであれば開通して往来するたくさんの車両を、オフィスビルであればそこに働くひとびとの快適な表情を、完成後に垣間見ることができるのは施工者の冥利に尽きると言いたいところだ。ところが、出来上がってしまえば地中に埋め戻される地下ダムはそういうわけにはいかない。はじめて地下ダムの完成現場を訪れる人にとっては、このサトウキビ畑の地中に、およそ1.7kmの止水壁が建設されていると説明を受けても、それは想像の域を出ない。

筆者は、例えば止水壁に沿って地中へ透明のガラス張りのエレベータで降りていき、大きな地下空間で地下水が貯留している様子を観察することができる、そんな夢物語のような施設を描いていた。

同僚の上役に話すと、おもしろい考えだが予算の制約はどうするのだと一言。その通りだった。地中構築物の内容を開示するような附帯施設にまで国家予算を投入する余裕があるのであれば、実益につながる別のかんがい事業の設備を建設するだろう。納得していきなり現実に引き戻されたのであった。

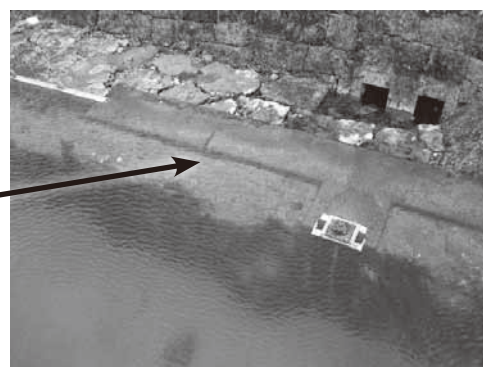
砂川地下ダムでは、そうした見学者向けの施設が実現することはなかった。しかしながら、砂川地下ダムの次に建設された福里地下ダムで、その願望はかなえられる(?) ことになった。地下空間のような大掛かりな施設ではなく、何キロにも及ぶ福里地下ダムの止水壁を一部地上に露出させ、地下水を貯留している様子を地上から直接見る見学施設である。

円形に削りぬかれた地盤には、止水壁の提体が一部あらわれている。地上部に露出した提体は強度不足となるために、下流側に補強の壁が並立して施されている。また止水壁の周囲にある地盤は、上流側も下流側も地下水の流れがよくわかるように、一定深度まで開削されている。上流側から流れる地下水が、提体上部まで満水に至り、天端を越流して下流側へと流れていく様子が直接観察することができる。なるほどこの展示方法であれば、止水壁の実際の形状も、琉球石灰岩を流れる地下水の様子もよくわかり、予算の負担が少なく済む。

地下ダムの止水壁と地下水の流れの様子が観察できる実際の施工物に併せて、「地下ダム資料館」(2003年度事業)が同じ敷地内に建設されている。この資料館では、宮古島の地質や農業の歴史、地下水の流動メカニズムや地下ダムの建設技術などが映像や実物展示によって紹介されており、野外の展示と一体で見



福里地下ダムの敷地内に建設されている水位水質観測用の地上露出部分。地下ダム見学施設を兼ねている。地下水が止水壁によって堰き止められている様子が、地上から観察することができる。止水壁左側が上流であり、満水となった地下水は止水壁の天端を越流している。



手前が止水壁。地上に露出すると強度が不足するために、止水壁の下流側に補強壁が施されている。貯留される地下水は、不純物がなく非常に透明度が高い。

学できる総合的な施設になっている。最近では、宮古島観光に組み入れられた観光スポットの一部となっているようだ。今後もさらに積極的な広報によって、宮古島を訪れるひとびとの地下水への理解の一助となることを期待したい。

さて、止水壁によって貯留している地下水は、エメラルドグリーンの非常に美しい色をしている。開削されているために、露出している地下水に直接の降雨が混水していることはあるにせよ純度は非常に高い。空隙が多い琉球石灰岩が濾過の役割を果たすために、帯留する地下水には不純物が混濁していないのである。

ちなみに、福里地下ダムの概要は、止水壁の堤高27m、堤長1,790m、総貯水量10,500,000m<sup>3</sup>、有効貯水量8,000,000m<sup>3</sup>である。

1994年の砂川地下ダム、1998年の福里地下ダムの完成によって、農業用水の安定的な確保はようやく実現し始めた。その効果は近年、農業生産に現れている。宮古島農業のこれまでの基幹作物は、サトウキビが中心であったが、農業用水の安定供給によってサトウキビ生産の安定化に加え、マンゴーなどの果実や葉タバコ、野菜、飼料作物などの高収益が見込める品目へと構造的に転換していった。地下ダムの完成とともに末端のかんがい施設の整備に伴い、農業用水の供給範囲が拡大し、営農作物の効率化が実現したものといえよう。

表 宮古島市農業品目別作付面積推移

(単位：ha)

年	1985	1990	1995	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
サトウキビ	…	10,448	7,802	7,714	7,664	7,488	7,534	7,475	7,583	7,471	7,234	7,181
野菜類	981	262	353	263	268	289	272	233	230	261	309	342
葉タバコ	418	368	523	582	581	598	607	615	617	625	611	610
かんしょ	98	77	73	37	40	37	36	36	34	…	…	…
桑(養蚕)	111	52	39	12	12	4	-	-	-	-	-	-
果樹	…	24	40	37	37	55	57	56	62	57	57	62
花き	16	12	4	2	2	3	1	1	1	1	1	1
緑肥作物	1,059	918	438	388	331	495	1,010	850	734	439	511	440
飼料作物	333	376	445	571	664	687	760	712	683	729	1,120	818
合計	3,016	12,537	9,717	9,606	9,599	9,656	10,277	9,978	9,944	9,583	9,843	9,454

※ 宮古島市企画政策部・宮古島市水道局(2009)を参考に筆者作成。「…」は、資料なしか数値公表なし。「-」は、数値なし。



宮古島産のトウガンは、地下ダムの地下水によって元気に育つ?! 2012年、宮古島市公設市場にて。



地下水の確保でサトウキビ以外の農産物が増えた。2012年、来間島の葉タバコ畑にて。



## 8. 地下ダムを建設できない島

伊良部島は、宮古島から約4km離れた北西に位置している。生活の輸送手段は、宮古島平良港と伊良部島佐良浜港を結ぶ船舶に拠っている。下地島は伊良部島に隣接しており、両島には6つの橋が架かっているため往来に支障がない。

2012年3月末の伊良部島の人口は5,757人、下地島は24人となっているが、船舶に拠る往来で宮古島と生活圏を同じくするものの、伊良部島には現在、病院はなく法人診療所が1機関（19床）あるのみとなっている。緊急患者は宮古島にある県立病院1機関、法人立病院2機関で対応することになっているが、夜間や急患の搬送は陸続きでない困難が伴う。沖縄では、離島ゆえの低い利便性を指して「しまチャビ」と呼ぶが、緊急医療の体制など生活上の困苦が生じる著しい障壁は深刻な課題である。

そうした課題を克服すべく、2005年に宮古島側（宮古島市平良字久貝）と伊良部島側（宮古島市伊良部字池間添）とを結ぶ伊良部大橋が着工した。この伊良部大橋が2014年度に完成すると、沖縄県では古宇利大橋（1,960m）をはるかに凌ぐ3,540mとなる県下最長の橋梁となる。

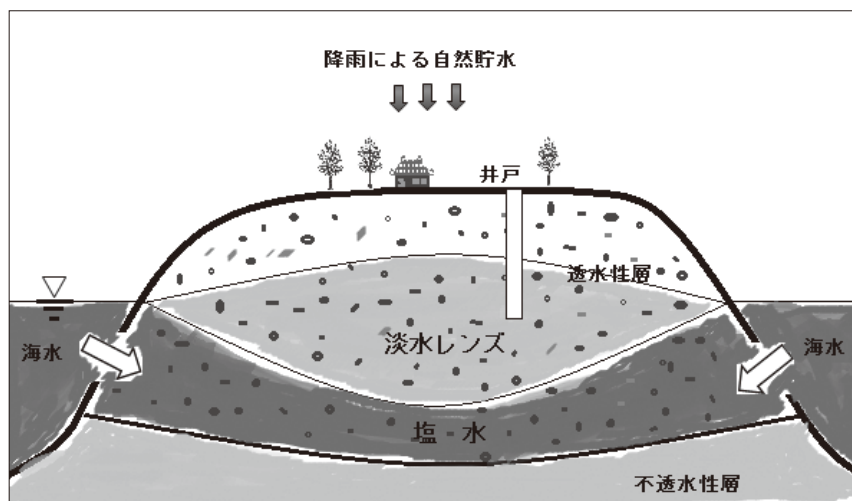


完成間近な伊良部大橋。宮古島から伊良部島への地下水送水管が添加される。

伊良部大橋には両島の往来に寄与する交通の利便性に加え、大橋に添架する送水管を介して農業用水を宮古島から伊良部島へ送る役割がある。農業用水を送らなければならない理由は、伊良部島の地質構造にある。伊良部島の地質は、宮古島のように地下ダムを建設するのに適していないためだ。

では、伊良部島の地質と地下水の関係をみていこう。

伊良部島は宮古島から比較的近い距離に位置する島であるにもかかわらず、宮古島とは地下水の成分が異なる。塩化物イオンとナトリウムイオンの濃度が高く、海洋起源成分が平均して2倍以上多いとされる。それは、伊良部島の沿岸部では地下水位面よりも海面水位が高い位置にあり、海水が透水性層である琉球石灰岩層内へと浸入するためである。そのために、石灰岩層内では淡水である地下水が、浸入してきた海水に押し上げられてしまう。比重の違いから、淡水である地下水は海水の上層に浮いたような状態になってしまうのである。淡水の形状がレンズ状になってしまうため、これは伊良部島の「淡水レンズ」と呼ばれている。



淡水レンズの構造をもつ島には、従来型の地下ダムを建設することができない。

淡水レンズの厚みは、海水面のレベルから地質内の海面上位までの高さを1としたときに、海水面のレベルからおよそ40倍の深さに塩淡境界があるとされる。これをガイベン＝ヘルツベルグの法則 (Ghyben-Herzberg Relation) という。

現在、伊良部島では淡水範囲に井戸を敷設することによって、生活用水や農業用水を地下水から汲み上げているが、取水量には自ずと限界が生じてしまう。地下水の流れや取水速度によっては、井戸の先端部から深部の海水を引き込んでしまうアップコーニングが発生するからだ。したがって、一度に大量の取水を必要とする農業にとっては、渇水期には特に不安定な状態となってしまうのである。

また、地下ダムの建設には、流動性浅層地下水であることと、上流側に広い帯水層があることが施工を実施できる条件となることから、伊良部島の地盤は地下ダムの建設には適していないことになる。さらに、地下水の取水制限を行う上水プラントのランニングコストなどをあわせて考えると、宮古島からの地下水の送水が最も合理的な方法といえるのである。

国営かんがい排水事業「宮古伊良部地区」では、宮古島において仲原地下ダムと保良地下ダムの二つの地下ダムが増設されることとなった。事業期間は、2009年度から2020年度である。両ダムとも、事業主体は内閣府沖縄総合事務局であり、施工形式は砂川地下ダムと同じく地中連続壁工法により行われている。

仲原地下ダムの概要は、止水壁の堤高35m、堤長2,350m、有効貯水量9,200,000m<sup>3</sup>である。また、保良地下ダムの概要は、止水壁の堤高26m、堤長2,600m、有効貯水量1,600,000m<sup>3</sup>である。かんがい排水設備として仲地副貯水池（有効貯水量 300,000m<sup>3</sup>）、牧山ファームポンド（同、15,962m<sup>3</sup>）、宮古吐水槽（同、560m<sup>3</sup>）がある。用水路は、保良、東山3号、ミルク峰3号、伊良部、牧山の各送水路と伊良部導水路、幹線水路・支線水路を併せた総延長が54.9kmとなっている。さらに、仲地揚水機、加圧機場として牧山、洲神、染鶴、東染鶴、北新城の各加圧機場の建設が予定されている。

宮古島で建設されるこれら二つの地下ダムから、伊良部大橋に添架される送水管を介して、伊良部島へ地下水が送水される予定である。

伊良部島農業は、かつての宮古島農業がそうであったように、生産品目のほとんどがサトウキビである。生産品目が限定的であるのは、やはり農業用水を自然降雨に依存してきたことが大きい。伊良部島農業に地下水が安定的に供給されるようになると、さらに作付品目の広がりが期待され、生産性の向上が実現することになるであろう。

## 9. 完全な孤絶環境

宮古島圏域は宮古島市の諸島のほか、宮古郡多良間村を構成している多良間島と水納島がある。多良間島は、宮古島からさらに西へ65kmに位置する。多良間島は、起伏がほとんどない平坦な地形をしている。円形をした島の周囲は珊瑚礁で囲まれており、空から鳥瞰すれば青い海に浮かぶ緑色の皿のようだ。その緑を構成しているのがサトウキビ畑と放牧場である。

多良間島は、面積およそ19.75km<sup>2</sup>の小島である。熱帯雨林気候に属し、年間の降水量は2,000mm前後である。人口は1,267人（2013年10月末現在）であるが、この20年間は漸減傾向にある。土地利用の状況を見ると、有効土地の92.5%が畑地であり、ほとんどがサトウキビ畑となっている。

水納島は、多良間島の北上8kmに位置している。水納島の住民は一家族（4人、2010年現在）だけであり、およそ2.15km<sup>2</sup>ある島の敷地を利用した牧畜を営んでいる。水納島のインフラは、多良間島からの海底ケーブルによって電話回線・電気回線が送られている。両島の往来は、船の定期便はなく利用の際に予約が必要なチャーター船のみとなっている。また、水源は地表に溜められる雨水を浄化する方法により行われている。

多良間島の主産業は農業であるが、宮古島や伊良部島と同じく透水性が高い地質であるために、農業用水の貯留に悩まされてきた。特に宮古島の全域に影響を及ぼした1971年の大干ばつは、多良間島においても主品目であるサトウキビ生産に壊滅的な被害をもたらされた。耕作地を放棄する農家が後を絶たず、島の産業のほとんどを構成していた農業人口が島外へと流出した。サトウキビ生産の現金収入に依存していた島民の生計は、島内に農業以外の有力な産業がなかったために、島外へと収入源を求めていかざるを得なかった。農業生産を支える農業用水の絶対的な不足が、サトウキビの生産を一時的な崩壊へと導いてしまったのである。

さて、多良間島のサトウキビ生産の歴史は古い。1891年に最初にサトウキビが持ち込まれ、シートーヤーと呼ばれる黒糖舎が島に多く存在したとされる。島の製糖工場である宮古製糖(旧宮多製糖)多良間工場は1964年に開業し、現在に至るまで多良間島のサトウキビ生産の中心的役割を担ってきた。沖縄県下でも多良間島産の黒糖は有名である。石灰岩質で平坦な多良間島の地形は、サトウキビの生育に適しているといわれる。

加工を施さずサトウキビのしぼり汁をそのまま煮詰めることによって、黒糖が出来上がる。多良間島産の黒糖は県外へ多く出荷されるが、一部は県内においても流通している。筆者も工事の用務で現場近隣の民家へ伺った際に、茶請として多良間島産の黒糖をいただいたことがある。添加物の一切ない素朴な甘味が非常に印象深く、幼少の頃に覚えた遠い記憶がよみがえったものである。

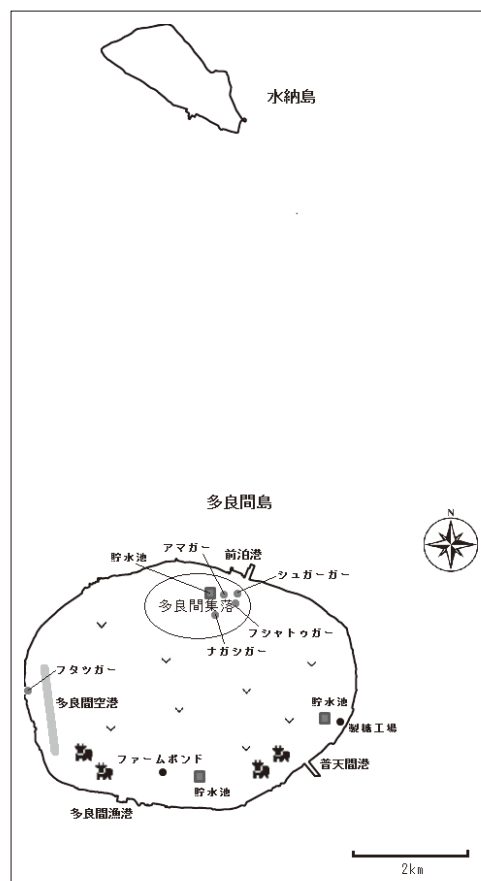
サトウキビを含め、島々の農業生産には、恒常的な水資源が必要不可欠である。宮古島では、島の地質を利用した地下ダムの建設技術が導入され、農業用水の不足は解消することとなった。さらに、地下ダムの建設が不適合な伊良部島では、近接する宮古島で貯水される地下水を送水することで水不足が解消される。それは伊良部島にとっては、地下ダムと架橋とのいわば建設技術の連携によって、農業用水の確保を実現し得たものといえよう。

多良間島は伊良部島同様に淡水レンズの構造をなす地質であるため、地下ダムの建設には適していない。また、伊良部島のように近接する島の地下ダムから地下水を送水してもらえるような地理的環境にはない。そのため、水資源の確保においては、絶海に位置する孤絶環境にあるといえよう。

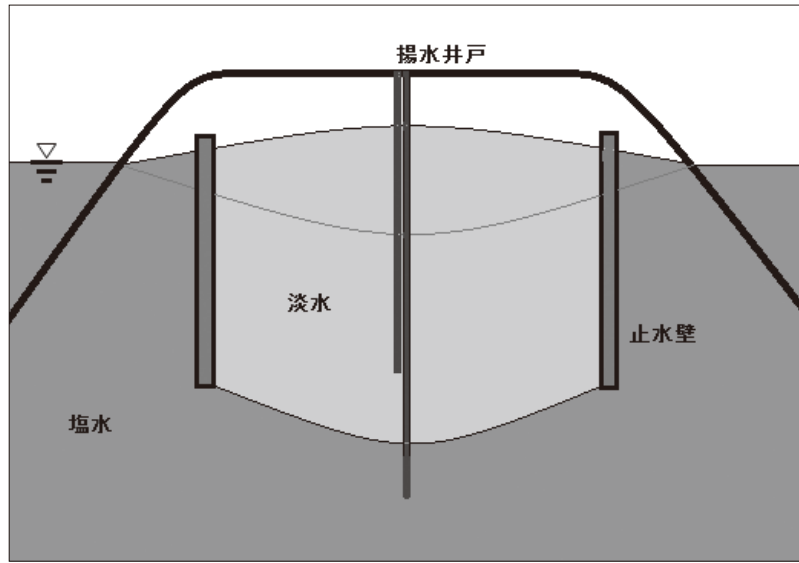
一般に淡水レンズの構造は、島の中央部で厚く海岸付近で薄くなる。多良間島では淡水レンズの厚さは最も厚いところで7m、淡水量は400万トン程度といわれる。島嶼の淡水レンズは、淡水が塩水に浮いている「完全レンズ型」、海水の一部が難透水性の基盤に接して存在している「淡水プリズム型」に分けられる。多良間島の淡水レンズは「完全レンズ型」である。

多良間島の地質は、琉球石灰岩の厚さが60~65mあり、その下に難透水性の多良間砂礫がある。淡水レンズであることに加え、極めて深い位置に水利基盤があるために、従来の地下ダム技術を適用することが困難な典型的な島といえる。しかしながら、多良間島ではそもそも地下水量が豊富にあるため、長期の干ばつがない限り、これまでに島の飲料水が大きく枯渇するようなことはなかった。

2005年の日本の生活用水の一日一人あたりの平均給水量307ℓに対して、多良間島の給水量は419ℓと



多良間島と水納島  
多良間集落にもアマガーやシュガーガーなど自然井が存在する。



フローティング型地下ダム概念図

なっており、全国平均に比べ大きく上方に乖離している。その一方で、地下水量はその年の降水量によって左右されるため、島の主たる生活源である農業の給水や緊急時の渇水対策に備えた水資源の確保を図るべきだという問題が生じる。多良間島では2006年度より、農業用水の水資源開発を目的とした国営地下ダム調査が行われ、土壌水分調査やボーリング調査、自然生態系等の環境調査が実施された。

淡水レンズの構造を有する孤島に適用できる地下ダム技術は成立するのか。この課題に対し建設企業では現在、「フローティング型地下ダム」の研究が進められている。

フローティング型地下ダムでは、通常の地下ダムのように流動性浅層地下水の流れを堰き止める止水壁を構築するのではなく、淡水レンズの両端部に止水壁を施すことによって、レンズの厚みを人工的に厚くすることが目的とされる。既述のとおり、淡水レンズは厚みがないために、一度に取水することで、井戸の先端部では淡水の下にある塩水を引き込んでしまうアップコーニングの問題が生じる。淡水レンズの厚みを増すことで、一度に揚水できる地下水量が増えるのである。農業など多くの揚水量が必要な用途へは、取水制限を図る機会は低くなるため、その分、生活用水への振り分けにはゆとりが生じる。

フローティング型地下ダムの技術開発においては、これまでに満州井戸との併用が検討されてきた。

満州井戸とは、集水井の先端部分に多孔集水管を放射線状に配置した井戸のことである。従来の井戸の集水量に比べ、集水孔面積の拡大による井戸の直径効果を図ることができる。しかしながら、満州井戸にはこれまでに、一度に地下水を集水することによる井戸内への土砂の引き込みや、それに伴う地盤沈下の問題があった。こうした土砂の引き込みに対する装置の改良がなされてはいるものの、立型井筒部分の施工には多大な労力と長い工期を要することとなる。満州井戸を用いない方法を確立するために、建設企業ではさらにフローティング型地下ダムと鉛直二重揚水との併用の研究が進められている。

地下水の塩淡境界と、塩水側・淡水側それぞれの集水井の先端部分が、垂直二等分線となるように設置することで、塩水と淡水が混ざらない揚水が可能になるとされる（大成建設）。塩水側と淡水側で、同時に同量の揚水を行うことによって、塩淡境界から集水井先端部分への引き込む力が相殺され、淡水に塩水は混ざらなくなるのである。

農業などの揚水においては、塩水を濾過するための設備装置を設置するよりも、今後フローティング型地下ダムの技術進化によって、かんがい排水事業全体での原価低減が図られていくものと考えられる。孤絶環境にある島嶼農業での実用化が待たれる。

## 10. 自然と観光

多良間島では、2003年10月に新多良間空港が開港した。以前は1971年に建設された旧多良間空港が稼働していたが、滑走路が短かったために島内外からの航空需要に対応できず、航空機の大型化に即した新空港の建設が望まれていた。新空港は島の西海岸沿いに新たに用地を確保して建設され、2004年には新多良間空港から多良間空港へと名称変更された。

多良間空港を結ぶ便は、宮古空港からの往復便が1日2便運航している。多良間島への渡航は宮古島からの空の手段以外に、宮古島平良港と多良間島普天間港を結ぶ船便が週6日、1日1往復運航している。かつて運行していた多良間、石垣間の航空経路が廃止されたことを考えると、多良間島は南西諸島の周遊に、空路を利用したときの中継地として位置付けることは難しいのかもしれない。

多良間島への観光は旅行会社のツアーや観光ガイドなどで大々的に取り上げられるようなものではなく、手つかずの自然に癒しを求める旅行者や、豊年祭などの民俗芸能を観察する研究者など限られた需要に拠っているようだ。

現在、多良間島にはホテルはなく、ましてや大規模なリゾート施設などはない。島内の宿泊施設は旅館とペンションのみであり、観光での島内の移動はレンタカーやサイクリングが中心となる。筆者が最初に多良間島を訪れた旧多良間空港が稼働していた頃は、飛行機の到着時間に合わせて、宿泊する民宿から空港まで車で出迎えてくれた。一回の飛行機の到着でわずか20人足らずの乗客数であるから、こぢんまりとした空港の玄関口で宿泊客らしき乗客に声をかければ、すぐにわかるというローカルぶりである。今では民宿からの送迎に加え、空港から島の目的地まで、飛行機の到着時間に合わせて有償バスが運行している。

多良間島の村道を通行していると、ヤギの群れに出くわすことがよくある。野生とも家畜とも区別がつかないが、放し飼いにしているも何ら支障がないのであろう。島全体が自然と一体になった景色は、ゆったりとした時間が流れている。一面に広がるサトウキビ畑の風景は、喧噪とした都会の時間とはおおよそ縁遠い。島の外周道路からは、海岸の砂浜へすぐに降り立つことができる。目の前は白砂と紺碧の海。何もない、ただ手つかずの自然があるだけである。この景色が多良間島の魅力なのであろう。

多良間島のこれからの振興を考えると、こうした自然の魅力を最大限に活かした観光資源を見い出していくべきであろう。行政の指針によるならば、それは、これまでに島の生計に牽引的な役割を果たしてきたサトウキビ生産を中心とした農業を主軸に、観光産業を従属的に育てるといった構図が選択されるべきなのであろう。農業生産を支える島嶼の地下水の安定供給がすべての基礎となる。製糖業の繁栄が島の繁栄に直接結びつくという歴史的な流れは大切にしていけるべきである。大規模なリゾート開発などではなく、孤絶環境をむしろ自然と共存できるような観光のモデル化に変えていくことが理想であろう。

一方、宮古島や周辺の島々の観光はどうであろうか。

島の南部を中心としたリゾートホテルや施設の建設は一段落した感があるが、既存のホテルなどが運営するマリンスポーツやマリンレジャーには多様化がみられる。それぞれの島をパビリオンに見立てて、自然の魅力を訪ねて回る離島博覧会（リトハク）も、観光協会などが主体となって展開されている。また、1章で触れた、海岸沿いの鍾乳洞探検もそのひとつである。シーカヤックやシュノーケリングによって洞窟内で手軽に楽しめる熱帯魚観察などが人気を博しているようである。

こうした島の地形や自然を体感しながら、宮古島の地下水についての知識を習得することは、実学上有益である。例えば鍾乳洞探検において、目の前に流れ出る地下水が、雨水からどのような島の構造で地下水となっているのかを紐解いていけば、降水量が多いにもかかわらず島の農業が水不足に悩まされてきた経緯を理解することができるであろう。島の農産物には貴重な地下水が必要であることを知った上で、特産のマンゴーを堪能すれば、また違った観光体験ができるのかもしれない。さらに、宮古島を訪れる多くの

観光客が、地下水を貯留するための地下ダムという建設技術を、数多くの観光財を通して理解してもらえれば、建設に携わるものとしては喜ばしい限りである。

完成が間もない伊良部大橋は、これまでに航路しかなかった往来の手段を陸路でも可能にする。ダイビングのポイントが多く存在する伊良部島・下地島周辺には、これまでに宮古島から船によりエントリーしていたが、ダイビングポイントへ陸路により短時間で移動することも可能となる。ダイビングを中心とした伊良部島や下地島でのマリンレジャーのさらなる振興が進むであろう。

最近の宮古島が目指す観光の特徴として、産業観光（エコツアー）が挙げられる。それは、宮古島が地下水の保全を端緒に、風力発電や太陽光を利用した蓄熱など島全体での施設の建設を推進しているからであり、モデル化によって島外からの観光を期待するものとなっている。アジアを中心に環境問題は深刻化しており、宮古島での環境保全の取り組みにPRを備えた観光誘致が進められている。

エコツアーの対象となる施設は、地下ダム資料館の他、バイオシステム研究センター、資源リサイクルセンター、風力・太陽光発電実証研究施設などである。それぞれの施設間のネットワークの形成によって、来島すれば一度に環境保全に対するモデルを学習・体験できる仕組みとなっている。国内のみならず諸外国からの誘致を図ることができる、これからの宮古島観光の新しいスタイルといえる。

次章では、その基盤となる宮古島の環境活動をみていこう。

## 11. エコアイランド

宮古島市では、2008年にエコアイランド宮古島宣言が行われた。その第一文では、「私たちは、島の生活を支えるかけがえのない地下水を守ります。(We will protect our precious ground water which supports the island's life.)」となっている。

地下水は島の貴重な有限資源である。地下水を持続可能なものにするために、地下ダムの建設技術は中心的な役割を果たした。それは、島の地形そのものを活かした環境配慮であり、環境への負荷を極力抑制しようと試みた技術であった。地下水の貯蓄効果と環境負荷への影響が極小化することが実証され、地下ダム技術は宮古島から沖縄本島及び周辺諸島へと広がっている。

さらに、宮古島の自然エネルギーは、風力と太陽光から生み出される技術へと目が向けられている。

島の外周道路を車で走っていると、空高く突き出た白い鉄塔の先にプロペラがゆっくりと回っている光景に出くわす。城辺地区と狩俣地区で実証実験が行われている風力発電設備だ。城辺地区では900kwの風力発電が2基、狩俣地区では900kwが2基、600kwが1基配置されている。

城辺地区の研究施設では風力発電の他、太陽光パネルが配置されたメガソーラーの実証実験が行われている。実証実験では、宮古島南部の海岸線の外周道路沿いにおよそ900mにわたって太陽光パネルが配置された。地球温暖化対策として、地域で発電した電力を地域で消費する「マイクログリッド」開発の一環である。

既存の配電系統のように発電所からの送電に依存することなく、蓄電池の活用により電力供給系統を整備することによって安定供給が可能となる。離島での独立型系統エネルギーの導入に向け、その成果が表れはじめているという。およそ55,000人の人口を支える再生可能エネルギーの実現によって、島嶼単体の電力生産と供給に期待が集まる。



風力発電は、地下ダムに続くエコアイランドの新たな試みだ。城辺地区にて。

さて、宮古島農業で生産量が最も多いのはサトウキビである。そのサトウキビの副産物である糖蜜を発酵させて抽出するエタノールをバイオエタノールという。副産物であるために砂糖の生産量には影響を与えない。さらに植物由来であるため、燃焼させても発生する二酸化炭素は自然界にとっては差し引きゼロとみなされるので、二酸化炭素の総量を増やさず地球温暖化を防止するのに役立つとされている。

このバイオエタノールを、自動車をはじめとする島内での消費ガソリンに使用することを目指した実証事業が2007年から開始した。体積量で3%のバイオエタノールとガソリンを混合したE3燃料の流通拡大がそれである。E3燃料を島内での走行車両に給油するため、現在、島内の19箇所のガソリンスタンドすべてで、E3燃料の給油が可能となるように設備の改造を促進している。E3燃料を使用した公用車や企業の車両が多くなってきているが、とりわけ特徴的なのは、観光客が使用するレンタカーに給油されていることである。

島外から訪れる観光客に、宮古島での環境プロジェクトを理解してもらうきっかけになれば、エコアイランド構想の観光を通じた広報に役立つことになるであろう。宮古島は年間40万人の観光客が訪れるというから、美しい自然の保全と循環環境のしゅみを体感するエコツアーが定着していくことは、さらに新しい観光資源の創出につながるものといえるであろう。

## 12. 持続可能な島へ

島嶼が地理的な壁を越えて、島嶼の有限資源を持続可能なものにするためには、自助努力は当然のことながら、島嶼の持つ個々の独自性を創発しなければならない。予算や環境による制約は前提とされるものの、適用可能な建設技術の先進を可能な限り取り入れていかなければならない。島嶼単体のもつ地質特性に建設技術を挿入することによって資源の永続性を実現するために、また、島嶼個々の隔絶を連続に変えることによって相乗効果を生み出すために、それは必要なことである。

宮古島では、地下ダム技術の導入によって、気候の急変に備えた貯水が可能になるとともに、農業生産の多様化が実現した。また、地下ダム技術の適用が困難な周辺の島嶼においては、中核となる島で貯留される地下水を架橋に添加する送水管で導水することにより克服した。

地下水の保全が実現した島嶼では、風力と太陽光による再生可能エネルギーの生産が試みられた。農業用水の安定による農業生産の余剰価値は、環境負荷を抑制するためのエネルギー生産の構築へとさらなる挑戦が続いていく。

また一方で、周囲に技術連携ができる島嶼をもたない多良間島では、島嶼単体の地質に適用可能な地下ダム技術へとこれを発展させていかなければならない。フローティング型の地下ダム技術は、既存技術の応用である。

島嶼環境に応じた建設技術の複合と応用は、建設企業に課せられた命題である。地下水を中心とした基盤となる島嶼資源が将来にわたって安定すれば、島嶼経済に及ぼす効果は大きくなるであろう。むしろ、地下水の安定的な確保なくして、島嶼における生活と経済の発展はありえない。宮古島では自然から享受する有限資源の大切さが、島の歴史をもって十分にわかっているからこそ、現在において有限資源の持続可能性をテーマにした新しい観光財が創り出されているのである。それは新たな島嶼振興を成す。

筆者は地下ダム建設の実務では、島のひとびとから随分と多くのことを教わった。地下水と農業についての歴史的な関わりを知ることで、現代にいたる生活慣習への理解も深まった。建設現場とフィールド



スプリンクラーからサトウキビ畑に地下水が給水される。

ワーク、そして島人からの見聞が最良の教科書だったわけである。

また、生活面では、多分に漏れずオトーリの習慣に驚かされた。貴重な泡盛をとともに分かち合うという精神には、宮古島の限られた資源配分に関わる歴史が大きく影響しているような気がする。

地下ダムの建設技術が、島の生活と経済の基盤となる一翼を担っているとすれば、建設の実務者としては非常に喜ばしいことである。建設技術により開かれる島嶼圏の未来の図は、絶えず輝き続けることを願っている。

## 参考文献

1. Hanson, G and A.Nilsson (1986). "Ground-Water Dams for Rural-Water Supplies in Developing Countries," *Ground Water*, Vol.24 No.4, pp.497-506.
2. Hardin, Garrett (1968). "The Tragedy of the Commons". *Science*, 162, pp.1243-1248.
3. ガレット・ハーディン (1968). 「共有地の悲劇」, 松井卷之助訳『地球に生きる倫理—宇宙船ビーグル号の旅から』(佑学社)に所収。
4. 宜保勝・渡久山直樹 (2009). 「伊良部大橋の概要と技術的特徴」『しまたてい』No.51, pp.18-22。
5. 石田聡・土原健雄・吉本周平・皆川裕樹・増本隆夫・今泉眞之 (2011). 「沖縄県多良間島における淡水レンズ賦存量の推定」『農業農村工学会論文集』273, pp.7-18。
6. 加藤庸二 (2011). 『原色日本島図鑑』p.358, 新星出版社。
7. 国土交通省水利部 (2012). 「平成24年度版日本の水資源」。
8. 黒沼善博 (2008). 「建設技術が及ぼす有限資源の配分様式 —地下ダム建設効果と地下水資源の持続可能性—」『大阪経大論集』第58巻第6号, pp.229-244。
9. 黒沼善博 (2011). 「環境と建設における企業行動」『熊本学園商学論集』第16巻第2号, pp.21-36。
10. 黒沼善博 (2012). 「建設技術の複合による島嶼の総効用について —沖縄県宮古島圏域の地下ダム建設効果を例に一」『島嶼研究』第13号, pp.7-22。
11. 黒沼善博 (2013). 「島嶼の有限資源と建設技術の応用 —沖縄県多良間島の地下ダム建設の検討にあたって—」『島嶼研究』第14号, pp.1-19。
12. 増岡健太郎・山本肇・青木智幸 (2010). 「浮き型地下ダムにおける効率的淡水取水方法と塩淡水境界挙動に関する研究」『大成建設技術センター報』第43号, pp.1-8。
13. 緑資源機構 (2004). 『地下水有効開発技術マニュアル』。
14. 宮古島市企画政策部・宮古島市水道局 (2009). 「平成19年度宮古島地下水水質保全調査報告書」。
15. 宮古広域圏事務組合・宮古島地下水水質保全対策協議会 (2003). 「平成14年度 宮古島地下水水質保全調査報告書」。
16. 並木和人・桑原徹・平間邦興・伊藤不二夫・串間正敏 (1998). 「地下ダム建設における琉球石灰岩の3次元水利地質解析」『大林組技術研究所報』No.56 1998, pp.101-106。
17. 永田淳嗣 (1992). 「沖縄・多良間島の生態—社会システム変化」『人文科学紀要』第95号 東京大学, pp.85-114。
18. 大林組土木技術本部 (1997), 広報パンフレット『地下ダム』。
19. 沖縄県企画部地域・離島課 (2011). 『離島関係資料』(平成23年1月)。
20. 沖縄県宮古支庁土木建築課伊良部大橋建設現場事務所 (2006). 広報パンフレット『伊良部大橋』。
21. 沖縄県総務部宮古事務所 (2011). 『宮古概観 平成22年度版』。
22. 沖縄県多良間村 (2009). 『第3次多良間村総合計画後期基本計画』。
23. 沖縄を知る辞典編集委員会 (2000). 『沖縄を知る辞典』, 日外アソシエーツ。

記載のホームページは、2013年11月末現在の内容に基づく。写真・図表については、注釈無き限りすべて筆者による。なお、本稿は、筆者自身の建設現場経験に基づいた考察を纏めたものであり、所属企業の意見・政策を表明したものではない。