

離島の水環境と森づくり 天売島と焼尻島

佐藤 弘 和

天売島と焼尻島における水と森の関わり

オロロン島の舞い飛ぶ姿を眺め、おいしい海産物に舌鼓を打つことができる天売島と焼尻島は、街の喧噪から開放され、リラックスした気持ちにさせてくれる風光明媚な観光地です。しかし、これらの島に住む人々にとっては、いつ起こるともしれない水不足との闘いの場でもありました。

北海道羽幌町の沖合24～30kmに位置する天売島・焼尻島は、古くからニシン漁の基地として利用されてきました。明治以前、両島では豊富な森林があったのですが、漁が盛んになるにつれて乱伐や盗伐が無秩序に行われ、山火事なども発生したことから、禿げ山に近い状態まで荒廃しました。そのため、明治35年から水源かん養および魚付きの目的で樹木が植えられ、現在も継続して植栽が進められています。その甲斐あってか、昭和40～50年代に両島でたびたび生じた水道の断水も昭和62年以降起こることがなくなり、森づくりが水不足を解消したとして高く評価されています。

しかし、水不足解消の要因が本当に森林の機能によるものだったのでしょうか。森と水の関係は、そう単純なものではありません。そして、水源かん養機能を発揮させるには、今後これらの島でどのように森づくりを進めていけばいいのでしょうか。これらの疑問を解決する答えは、まだ十分に得られているとはいえません。そこで、天売島・焼尻島で調べられた過去の記録を見直すことで、

- (1) 天売島・焼尻島で水不足はなぜ起きたのか？
- (2) 両島における水流出が異なる原因は何か？
- (3) 離島における今後の森づくりのあり方は？

の3点について考えてみることにしました。

なぜ水不足が起きたのか？

天売島と焼尻島の断水は、なぜ起きたのでしょうか？ その原因を考える前に、まず両島の気象や森林の様子、水を利用する人々の数を把握しましょう。

図 - 1 に、1954～1998年における年降水量、観光客入り込み数、人口、森林面積、断水日数の年変化を示しました。降水量は年によってばらつきますが、焼尻島における1年間の降水量（天売島には、気象観測所がありません）は羽幌より少ないことが多く、1983年以降は1,000mm未満と道内でも少ない地域です。観光客入り込み数は、離島ブームであった1974年の約68,000人をピークに、その後徐々に減少しています。人口は1955年以降から両島ともに減っていますが、その差はほとんどありませんでした。森林面積は、両島ともに木が植えられたことを反映して、年を追うごとに増えています。1986年以降は、天売島の森林面積が焼尻島の面積を上回りました。1996年時点の全島面積における森林面積の割合は、天売島が32.7%、焼尻島が25.7%となっています。

このような状況下において、天売島では1973～1978年、焼尻島では1979～1986年（1978年以前の断水は、記録に残っていません）に、たびたび水道の断水が起きました。両島の断水は、観光客入り込み数がピーク付近を示した1973年以降に生じているようにみえます（図 - 1）。

そこで、両島における夏の断水日数と観光客入り込み数の関係をみてみました（図 - 2）。天売島と焼

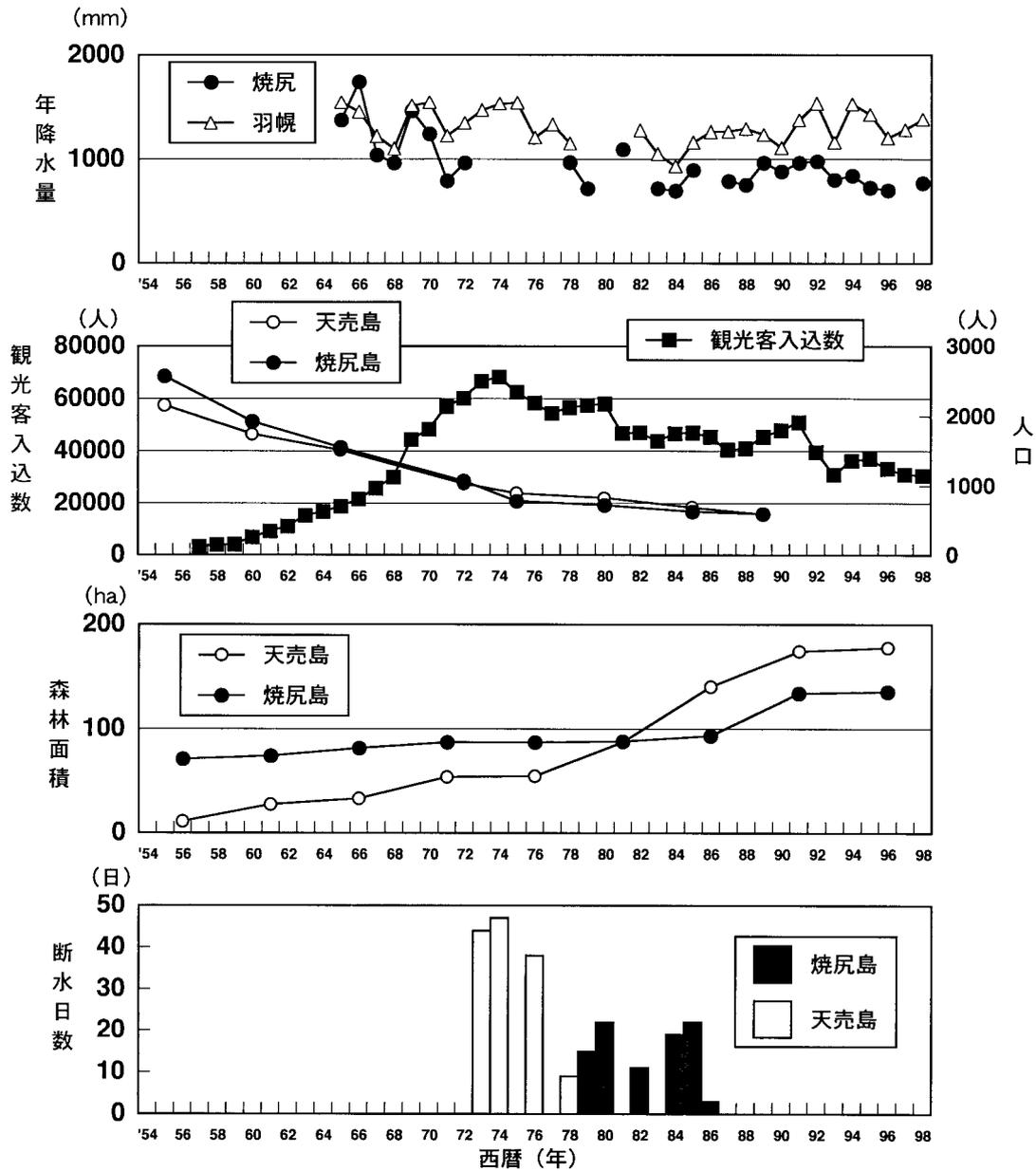


図 - 1 両島における降水量，観光客入り込み数，人口，水道断水日数，森林面積の変化
 断水日数は，記録として残っているものを示した
 (天売島は1973～1989年，焼尻島は1979～1989年)

尻島では，観光客入り込み数が一定数を超えると，断水が生じている傾向が読みとれます。ただし，天売島では，観光客が多いにもかかわらず，断水を回避した年もありました。これは，観光客の多い年の6月ないし7月に，100mmを超える雨が降っていたことに関係がありそうです（7月の降水量が137mmであった1978年以外は，断水のあった年の6，7月の降水量はともに100mm未満でした）。天売島で起こった水道断水日数は，観光客の来島にともなう過剰な水使用の影響が関係した可能性があります。

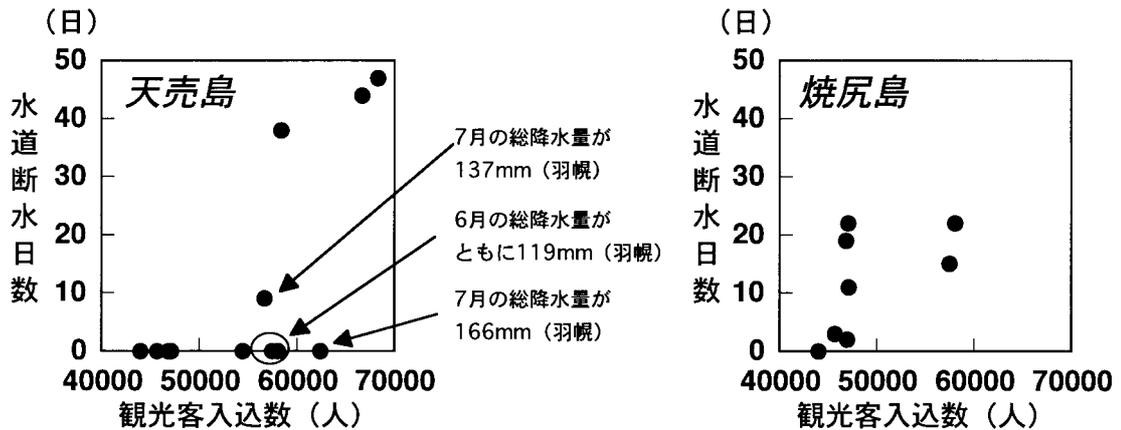


図 - 2 両島における観光客入り込み数と水道断水日数の関係 (1973 ~ 1986年)
 焼尻島では、1973 ~ 1978年の断水記録が残っていないため、この期間のデータは除外した

両島における水流出の違いは何が原因なのか？

過去に両島の渓流水量を調べた例では、焼尻島の湧水流量（1年を通じて最も少ない時期の流量）は天売島より多い結果でした(図 - 3)。両島の森林構成を比較しますと(図 - 4)，天売島では、人工林が多く、特に針葉樹の占める面積が焼尻島より広いのが特徴です。焼尻島では、天売島に比べて天然林の占める面積割合が高く、人工林と天然林をあわせると、針葉樹よりも広葉樹の割合が高くなっています。なお、焼尻島の天然林は、樹齢の高い樹が多い構成になっています。

以上のことから、渓流水の状況の違いについて、天売島に比べて高齡な広葉樹天然林が多い焼尻島では、森林の水源かん養機能が高いと評価している例があります。ここでは、両島の水流出の違いに関わる影響について考えてみます。気象と森林の関わりからみてみますと、雨の量は両島であまり変わらず、樹木のない場所における積雪水量（雪の量を雨量のようにミリ単位に換算した値）は焼尻島に比べて天売島のほうが少ない結果が報告されています。この理由について、天売島では樹木が少ないため

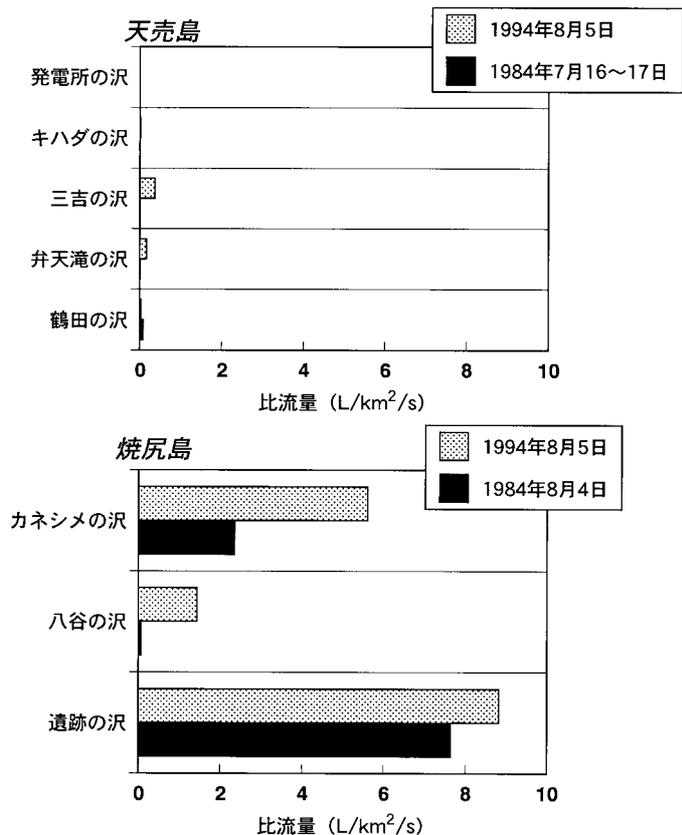


図 - 3 両島における小流域の湧水流量
 比流量とは、流量を流域面積で割った値である。これより、流域面積の違いによって生じる流量の差を除外して水量を比較できる。

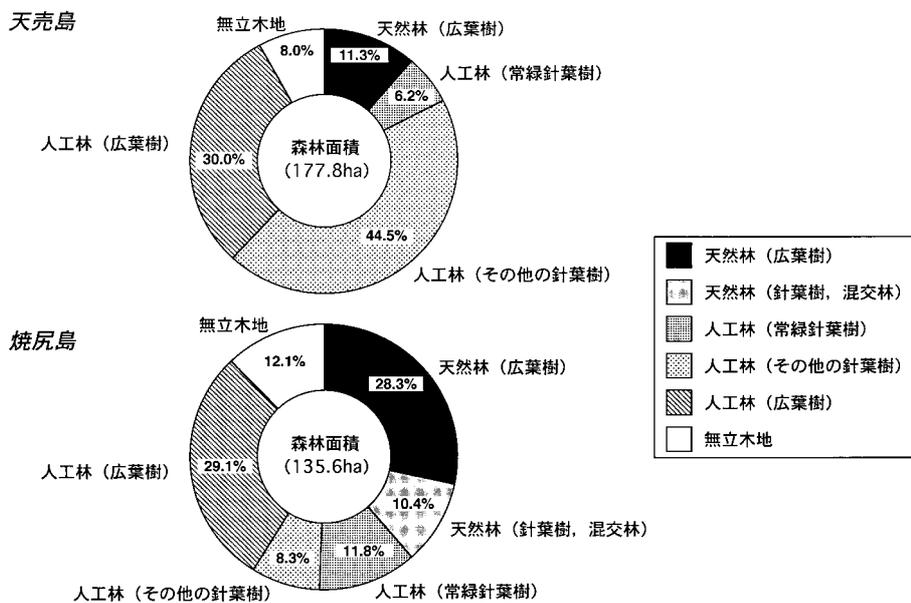


図 - 4 両島における森林構成 (1996年時点)
 図中に示したパーセントは、森林面積に無立木地面積を合計した値に対する割合

に風で吹き飛ばされる雪の量が多いからとされています。どうも森林が雪の捕捉に関わっていそうです。

両島における水流出特性に対して、森林以外の影響として地質構造が反映している可能性があります。天売島の地質は大きく分けて、溶岩、火山角礫岩、海岸段丘堆積物に区分されます。道立地質研究所の調査結果では、溶岩は不透水性で亀裂以外に水を通さず(亀裂も発達していない)、角礫岩は未固結の砂岩(亀裂がやや発達)を含み、地下部は容水(水を蓄えることができる)地盤となっています。しかし、火山角礫岩のうち島西半部では溶岩が上面の大部分を覆っているため、地下への水補給がほとんどないと考えられています。段丘堆積物は島の東半分には分布しますが、厚さが薄く細粒の地層が卓越しているため、豊富な地下水は得られません。したがって、天売島では、地下水の貯留ができる地質構造としては不向きであるといえるでしょう。焼尻島の地質も天売島同様、溶岩は亀裂に存在する水以外の地下水利用は望めませんが、火山角礫岩は部分的に砂岩を挟んでいることから、ある程度の地下水利用が期待できます。

そこで、両島の渓流水と地下水について、地中滞留時間の長短を過去の水質記録から比較しました。渓流水、湧水、地下水のケイ素(岩石などに多く含まれる)濃度と陰イオン濃度に占める重炭酸イオン(HCO₃⁻で表し、pHによって炭酸や炭酸イオンに変化する)濃度の割合を図-5に示しました。ケイ素と重炭酸イオンは降雨中にはほとんど含まれておらず、地中での滞留時間が長いほどケイ素濃度と重炭酸イオン割合は増加する傾向にあるといわれています。

天売島の渓流水は、湧水に近い値にあり、深層地下水とは明らかに異なる位置でした。これは、天売島の湧水は深層地下水とは異なる地下水帯(位置的に段丘堆積物と思われる)から流出しており、渓流水はこの湧水を起源としていることが考えられます。渓流に流出しない深層地下水は、海へ直接流れ出ているものがあるかもしれません。一方、焼尻島でも渓流水と地下水が異なる値を示していますが、

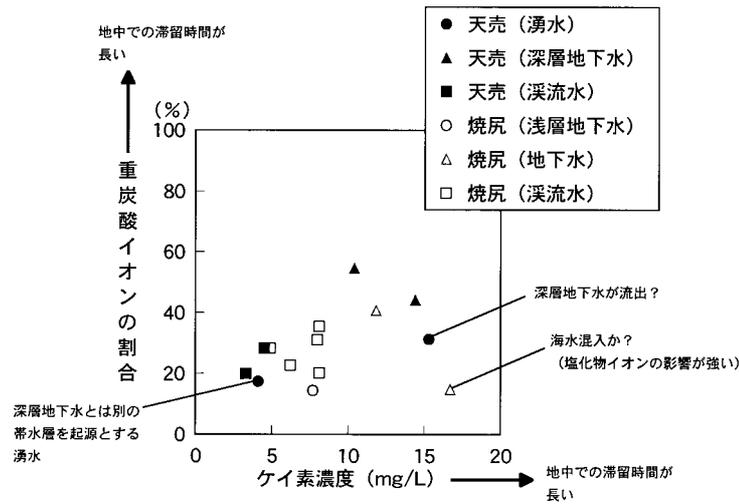


図 - 5 渓流水，湧水，地下水に含まれるケイ素濃度と重炭酸イオン割合
 (= 重炭酸イオン濃度 / 陰イオン濃度 × 100) の関係
 渓流水は，各渓流で観測された値 (1994 ~ 1995年) の平均で表した。

天売島の例と比較すると渓流水のケイ素濃度ならびに重炭酸イオン割合はより高く，地下水寄りに位置しています。焼尻島では，天売島より地中での滞留時間が相対的に長い水が流出している渓流が多く，天売島では，雨が降っても地中に保持される時間が短く，すぐに川へ流出してしまう特徴があることが推定されました。この結果から，やはり天売島の地質構造がもつ保水性は，焼尻島に比べてあまり良くないといえるでしょう。このように，両島の湧水流量の違いを比較した場合には，森林による影響だけではなく地質構造による違いも影響するため，一概に両島の林況の違いのみで湧水状況の差を説明できるとは限りません。

では，それぞれの島において植栽面積が増えたことや樹木が成長するにつれて，川の湧水水量は増えたのでしょうか？ 天売島や焼尻島において1984年（湧水年）と1994年の湧水流量を比較した調査（図 - 3）では，水量が10年後に増加した流域が多い結果でした。ただし，この差には，両年の降水量の違いが含まれている可能性があります。そこで，観測日から30日前の期間の降雨記録から，先行降雨指標という値を計算すると，両島ともに1984年より1994年の値が小さく，流量観測時点で1994年は1984年より先行降雨が少ない結果でした。1994年には両島ともに先行降雨が少ないにもかかわらず水量が増加していたことから，森林による水源かん養の効果が発揮されつつあるようです。しかし，天売島では湧水流量の増加はわずかであり，水源かん養機能がもっと発揮されるためには，まだまだ長い時間がかかりそうです。

このように，両島における森林構成の違いが，湧水流量の差に反映したと断定することはできませんが，それぞれの島でみた場合，森林造成による水源かん養機能が発揮されつつあるようです。

離島における森づくりのあり方

観光客数が多くなると水不足が生じる傾向にある天売島や焼尻島のような離島において，水資源を確保するために重要なことは，降水（雨，雪）をいかに地下水として多くかん養するかです。したがって，降水が地下水帯に到達するまでに，できるだけ水の損失をなくすことが必要です。しかし，森林によって起こる水損失があります。その一例として，常緑針葉樹の樹冠による降雪遮断と葉の表面からの蒸散

が挙げられます。これは、広葉樹や落葉針葉樹に比べて常緑針葉樹の樹冠によって降雪が遮断され蒸発（葉や枝に捕捉された雪が地面に到達することなく蒸発する）される量が多いため、雪が地中に浸透する量が減り、私たちが溪流や地下水から使用できる水量がより少なくなるということです。融雪水は地下水となるかん養量の大半を占めており、夏の渇水緩和に大きく貢献するため、融雪水のかん養は雨水によるかん養以上に重要であるといわれています。

そこで、簡単な計算から、遮断効果の大きい常緑針葉樹（植栽面積がわかっているトドマツとアカエゾマツを対象）の降雪遮断量を推定してみました。両島に降った雪が、遮断率を一律40%（樹木の密度や樹冠量によって場所ごとに異なりますが、従来の研究例を参考にこの値とします）としたトドマツとアカエゾマツ（図 - 4 から、天売島では面積12ha、焼尻島では23.7haを利用）によって遮断蒸発された場合を仮定します。天売島の樹木のない場所で観測された最大積雪水量420mm（1996年）と焼尻島の最大積雪水量450mm（同年）から、遮断水量は天売島が168mm、焼尻島が180mm、重量にすると天売島が20,160トン、焼尻島が42,660トンにも達する結果でした。両島民の1日1人当たりの水使用量を0.3トンとしますと、天売島では全島民586人が使用する114日分の水が、焼尻島では全島民595人が使用する239日分の水が遮断蒸発したことになります。これは、大変な水量です。常緑針葉樹による樹冠遮断という点において、仮に落葉樹林だけがある場合に比べて、両島で融雪水による地下水かん養が減少していることが考えられます（常緑樹には、樹冠被陰によって積雪からの蒸発を抑え、雪を長く林内に残す効果があります。しかし、渇水緩和では水の総量そのものが減少する方が大きな問題であると考えられます）。

このように、森林構成の違いは、離島の水環境に大きな影響を及ぼす可能性があります。これを回避するためには、今後植栽する樹種はできるだけ落葉性樹種にするとともに、既存の常緑針葉樹林では間伐を施し、樹冠遮断量や蒸発散の減少を図ることが一つの案として考えられます（図 - 6）。実際に、森林伐採を行った後に、積雪水量や溪流流量が増加した海外での調査事例もあります。実際には、常緑針葉樹を皆伐した後にいきなり落葉性樹種に植え替えるのではなく、常緑針葉樹の間伐後に林床に侵入（もしくは植栽）した落葉樹を育成することも有効であると考えられます。なお、植栽の場合には、単一樹種を避けることを心がけるべきです。植栽だけでなく森林の保育も、離島の水環境を考える上で重要な

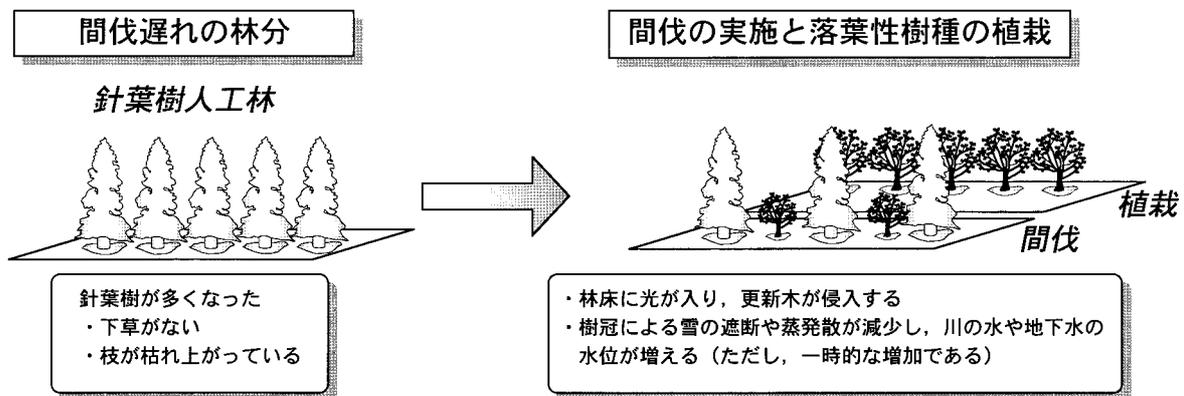


図 - 6 天売島・焼尻島におけるこれからの森づくり案

ことといえるでしょう。

このほかに、離島における水利用において重要なこととして、水資源の効率的な利用が挙げられます。天売島の渓流水が浅層地下水起源であれば、新たな水資源確保のためには、井戸により深層地下水をさらに利用することが最も簡便な方法です。しかし、過剰な揚水は、地下水の塩水化や地盤沈下を招く恐れがあります。そこで、離島における新たな水資源確保の方法として、沖縄県宮古島などで造られた地下に止水壁を造る地下ダムが注目されています。地下ダムは、地下水の流れをせきとめて地下水を貯留する施設であり、地表水が十分確保できない地域にとって有効です。今後また起きるかもしれない天売島と焼尻島の水不足解消法として、このような技術を検討しても良いかもしれません。

(流域保全科)

本稿作成にあたり、以下の文献に掲載されたデータを使って解析しました。

北海道治山協会(1995)平成6年度 水源の森整備推進事業委託業務報告書.

北海道治山協会(1996)平成7年度 水源の森整備推進事業委託業務報告書.

北海道治山協会(1997)平成8年度 水源の森整備推進事業委託業務報告書.

小原常弘・嵯峨山 積(1987)天売島の水資源 水資源開発調査報告 . 地下資源調査所報告

58 : 1-21.