

平成 22 年 6 月 3 日現在

研究種目：若手研究 (B)
 研究期間：2007～2009
 課題番号：19760360
 研究課題名 (和文) 亜熱帯島嶼地域における水供給計画の再考
 ー生活と観光のジレンマに着目してー
 研究課題名 (英文) Planning systems on water supply in subtropical island region
 -Influence of the promotion of tourism on water demand-
 研究代表者
 神谷 大介 (KAMIYA DAISUKE)
 琉球大学・工学部・助教
 研究者番号：30363659

研究成果の概要 (和文)：沖縄県の離島市町村を対象とした社会調査をもとに、主として観光との関わりから地域の渇水問題を整理・構造化した。そして、地域社会環境変化と水需要構造の変化の分析、および観光用水量の明確化を行った。これらをもとに、座間味島における観光客増加等に関するシナリオ分析を行った。また、4つの離島市町村を対象としたアンケート調査より、島嶼環境の違いと水に対する意識の相違点、さらには水利用実態の違いを明らかにした。

研究成果の概要 (英文)：This study fields were detached islands in Okinawa Prefecture. The drought water problems of these regions were structurized paying attention to the relation with tourism promotion using field survey. The relation of regional environment and water demand structure and these changing processes were analyzed. Carrying capacity of tourism was making clear considering with water resources. The drought water risk assessment to the scenario that tourists increase in number was done for the Zamami Island. Furthermore, the questionnaire about the consciousness and the daily use for water was done on Ishigaki, Tonaki, Yonaguni and Zamami Islands. It was shown from result of questionnaire that the consciousness to water use and action change with differences in each island environment.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	1,400,000	0	1,400,000
2008年度	1,300,000	390,000	1,690,000
2009年度	600,000	180,000	780,000
年度			
年度			
総計	3,300,000	570,000	3,870,000

研究分野：土木計画学、防災計画、環境計画
 科研費の分科・細目：土木工学・土木計画学・交通工学
 キーワード：渇水リスク・亜熱帯島嶼観光地

1. 研究開始当初の背景

現在の生活は、意識的にせよ無意識的にせよ、安全かつ安定な水供給を前提として成り

立っている。渇水は我々の生活を脅かす現象であり、これを完全に避けることは不可能である。このため、渇水に対して信頼度の高い水供給システムをハードとソフトでどのよ

うに構成するかが、生活の質を維持するためには必要である。これまでの渇水に関する研究の多くは、現象理解として、気象・水文学的研究と、水管理者の立場から渇水時の貯水池制御に関するものである。しかしこれらの研究は、「利水安全度」を前提として論理を構築しているものであり、水使用者までの末端給水がなされるか否かという「管理安全度」までの議論には至っていない。また、利用者の立場から節水意識や水消費行動の研究、渇水被害の軽量化の研究がある。これらは渇水時の生活者の行動および被害の分析を行ったものであるが、この結果が水資源・水供給計画にどのようにしてフィードバックされるかが示されていない。すなわち、これまでの研究はダムや河川管理者、水道管理者、水使用者としての住民、という個別的に取り扱われてきた。さらに、計画プロセスにおいて住民が参加することができない方法論となっている。この結果、渇水リスクの軽減のための代替案として、水資源開発、貯水池操作、水融通（地域間、水利権）、節水、が個別的に扱われてきた。現在においては、海水淡水化が多数運用されるようになってきているため、代替案が増加している。また、水使用者はハード整備を伴う渇水対策には水道料金の負担がついてくることから、水使用者の計画への参加が必要である。つまり、取水から水供給、水使用までのプロセスにおける計画を対象とした水利用者参加型の計画システムが必要である。

また、従来の水資源および水供給（水道）計画は地域活動計画をもとに水需要予測を行い、これを満足するように水資源開発及び利水計画がなされてきた。これは新たなダムの建設が可能な地域であり、かつ自然環境への影響が軽微（もしくは影響を無視した）ならば、この論理は適用可能であろう。しかしながら、離島地域ではダムの集水面積は小さくならざるをえず、経済効率性は低いものとなる。

本研究で対象とする沖縄県は亜熱帯性気候に属する島嶼地域であり、地形・地質・気候的特性より、昔から水不足に悩まされてきた地域である。1972年の本土復帰前後から数多くの水資源開発がなされてきたが、人口や観光客の増加等により水需要も増加し、近年でも給水制限が実施されている。この問題は特に離島地域で顕著であり、座間味島では2001年から毎年給水制限を実施しており、2003年には252日もの長期間にわたり給水制限が実施された。申請者はこの原因の1つに、観光客の増加が重要な要因であることを示した。既往研究をレビューしたが、観光水量に関する研究はほとんどなく、これまでの研究は都市域を対象としたものばかりであり、島嶼地域、ビーチリゾート地域を対象と

したものはない。つまり、観光産業によって地域活性化を図ろうとしている離島地域において適用可能な水資源・利水計画の方法論は存在していない。この結果、離島地域の多くが簡易水道であり、その施設整備基準である「簡易水道等国庫補助事業に係る施設基準について」では、宿泊収容人数1人あたり平均で200リットルと全国一律の値となっている。

以上の認識のもと、著者はこれまで1972年の本土復帰から現在までの沖縄県における渇水履歴、水資源開発、水使用実態の変化から渇水リスクに関する研究を行ってきた。これまでのヒアリング調査と研究成果より、渇水リスク増加の主要因に観光客の増加があること、観光は過疎対策さらには地域活性化のために必要であるという住民意識、住民が観光のために給水制限が行われているという意識を持っていることが明らかになってきた。つまり、観光産業に関係のない住民は地域のための観光のために、自らの不満を押さえ、常に給水制限という不安と隣り合わせの生活を送っている。

2. 研究の目的

これらより、本研究では、水・生活・観光という視点から現在の島嶼自然・社会環境を分析することによって地域水問題を構造化し、島嶼観光地に適した水利用者参加型の水資源・利水計画方法論の提案を目的とする。これは、システムズアナリシス(問題の明確化→調査→分析→代替案の設計→総合評価→意思決定→問題の明確化・・・)の循環プロセス枠組みで計画システムを構成し、このプロセスにおける住民参加の位置づけを行い、利用者参加型の水資源・利水計画方法論を構築するものである。

このために、本研究では以下の4つの課題を掲げており、それぞれの目的を以下に示す。

- (1) 離島地域の水に関わる問題の整理と構造化
- (2) 水利用実態と水需要構造およびこれらの変化に関する調査・分析
- (3) 島嶼環境と水源の違いを考慮した水・生活・観光に対する意識調査
- (4) 渇水リスク軽減のための水資源・水供給計画システムの構築

3. 研究の方法

- (1) 離島地域の水に関わる問題の整理と構造化

水需要に係わる地域構造および水源種別より、沖縄県の離島地域は4つに分類される。水道担当者、地元住民、観光関係を対象としたヒアリング調査をもとに、水に関わる要因

を整理・構造化する。ここでいう渇水問題とは、給水制限が実施されるか否かだけでなく、これに付随して生じる住民間の対立構造や水道料金負担等の問題も含める。これにより、島嶼計画の中で水資源・水供給計画を位置づけるとともに、研究の境界条件を明らかにする。さらに、以下の研究の入力情報にもする。

(2) 水利用実態と水需要構造およびこれらの変化に関する調査・分析

地域社会特性に関する統計資料や水利用実態、およびこれらの変化に関するデータを収集し、類型化された離島市町村毎の水需要構造の変化を明らかにする。これらにより、水資源を通して観光振興が地域に与えるインパクトを示す。

(3) 島嶼環境と水源の違いを考慮した水・生活・観光に対する意識調査

規模が大きく観光依存度も高く水資源に余裕がない石垣島、規模は小さいが観光依存度は非常に高く毎年のように給水制限を実施している座間味島、昔から水不足に悩まされ海水淡水化を実施している渡名喜島、昔から水が豊富である与那国島、という4つの環境の異なった島を対象として、生活者の「水および渇水に対する意識」、「生活の不安・不満およびこれらと水の関係」、「観光産業に対する意識」を明らかにする。これにより、地域（水）環境の相違が生活者（水利用者）の意識や行動（水利用実態）へ与える影響について考察する。また、生活者の意識から渇水問題の深刻さについても示す。

(4) 渇水リスク軽減のための水資源・水供給計画システムの構築

観光客の増加と移住およびこれによる人口増加による給水制限の可能性について、シナリオ分析により明らかにする。渇水リスクを軽減するための計画代替案について、水利用者の節水行動、料金負担および配分方法を内部化した評価方法を作成し、総合評価を行う。さらに、節水型島嶼形成に対して生活者が協力行動をするための構造的・心理的方略について明らかにする。最後にこれらをまとめ、亜熱帯島嶼に適し、生活者参加型の水資源・利水計画の方法論を提案する。

4. 研究成果

(1) 離島地域の渇水問題の整理と構造化

沖縄県内には有人離島が39島あり、このうち36島が15の離島市町村に存在している。本研究では沖縄県企業局から受水している伊江村（伊江島）を除く14の離島市町村を対象とする。まず、離島市町村の水道の概要

を調査した。

創設年が早い竹富町や与那国町は現在では表流水を水源としており、水資源が比較的豊かであることが分かる。一方、創設年が遅い北大東村や渡名喜村は海水淡水化を実施しており、元々水資源に乏しかったことが理解できる。また膜処理の実施は、水量としては安定するが水道料金の値上げを伴うことになる。沖縄本島では家庭用10m³あたり1,000～1,500円が普通であるが、これと比較すると離島市町村の水道料金はやや高めであり、膜処理を行っている市町村では本島の2倍程の料金となっている。離島市町村の多くは水道事業を料金収入だけで経営することは困難であり、一般財源からの繰り入れを行っている。つまり、実際の造水コストはこれ以上かかっており、水を使えば使うほど赤字になるという構造になっている。この解決のためには水道料金の値上げが必要となる。しかし、全国で最も家計の収入が少ない沖縄県において、さらに経済的に厳しくかつ高齢者が多い離島市町村では、値上げは困難である。

また、竹富町が典型的な例であるが、複数の島・浄水場・水道事業を有している離島市町村が8市町村ある。これは地理・地形的要因と米軍統治下にあったという歴史的要因によるものである。これは日常の維持管理等において人手を要する要因であるが、石垣市、宮古島市を除けば水道担当者は数名であり、半数の市町村が料金徴収から浄水場の維持管理や漏水点検を専従職員1人で行っている。このことは、日常業務が多忙になることだけを意味するのではなく、新たな知識や技術を身に付ける機会を失わせている。特に、急速濾過、高度処理、硬度処理、膜処理といった機械に依存する浄水システムの場合、台風等による故障や事故への対応を困難にさせることにつながる。

以上より、水量の不足や水源水質悪化は浄水方法の変更を余儀なくするが、小規模市町村では技術的、人的、経済的に対応が難しく、さらに住民負担を強いるという構造を有していることがわかる。また、渡名喜村や北大東村のように元々水資源に乏しい島では、海水淡水化による高価な水道料金に対して住民の理解は得られるが、観光客の増加による浄水方法の変更および料金値上げは観光に関係のない住民の理解を得ることは難しいであろう。

次に、上記課題に観光産業を加え、自然環境と地域社会との関係から、離島市町村が抱える水に関する問題点を構造化する。図1に示すように、島嶼地域において自然環境は観光資源であり、観光振興は島嶼社会において地域活性化等の効果がある。しかし、観光客の増加は水使用量の増加を伴い、水資源量が

一定であれば渇水リスクは当然増加する。この対応をしなければ給水制限が発生し、地域住民にとっては負担感となる。さらにこれは、複数離島や複数水道事業を抱える市町村では、同一市町村内で給水制限をしている島としていない島が存在することになり、不公平感を生み出している。この顕著な例が座間味村であり、住民へのヒアリングでは、「観光客がこんなに来る前は給水制限がなかったのに」というお年寄りもいた。対応するにはダム建設か海水淡水化が必要となる。節水という代替案もあるが、人口の数倍の観光客が使う水から考えれば、住民の節水の効果では対応しきれないことは明らかである。ダム建設の場合、それ自体が島の自然環境を破壊するだけでなく、排出土砂は沿岸域の埋め立てに使われ、サンゴ礁の海岸を破壊することになる。つまり、貴重な生態系を有する自然環境が観光資源であり、これを目当てに訪れる観光客が使う水の量を賄うために自然環境を破壊するという本末転倒の状況が生まれていることを示している。海水淡水化を行えば水道料金の値上げによる住民負担、一般財源からの繰り入れによる役場の財政的負担が増加することになる。さらに、水使用量の増加は汚水量の増加を伴い、下水道等の廃水処理施設が不十分な島や接続率の低い島では沿岸域に環境負荷を与えていることになる。これは結局自然環境の破壊・汚染につながっている。すなわち、観光が島嶼社会に対して負担を強いることになり、さらに観光資源である自然環境を破壊しているという構造があることが分かる。この問題を解決するためには、島嶼別の水資源からみた観光客の容量を明確にする必要がある。このためには、観光と水使用量の関係を明らかにしなければならない。

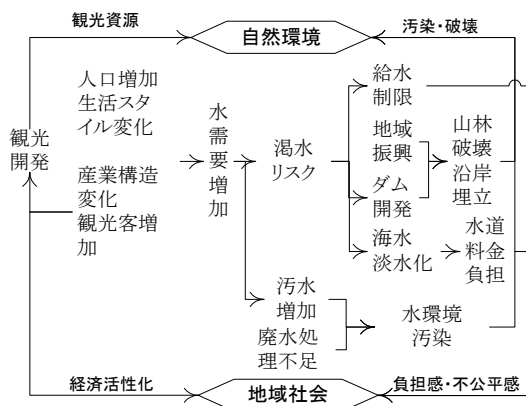


図1 離島地域の水に関わる社会問題

(2) 水利用実態と水需要構造およびこれらの変化に関する調査・分析

まず、水需要構造の変化を明らかにするために、島嶼別でも得ることができる表1のデータ収集を行った。

表1 水需要構造分析に用いた変数

人口・家族人数・入域観光客数・人口あたり入域観光客数・宿泊能力・人口千人あたり宿泊能力・農林業純生産(百万円)・建設業純生産(百万円)・サービス業純生産(百万円)・自動車保有台数・水洗化人口

表2 石垣市・宮古島市の水需要構造変化

1985-1994年		1995年-2004年	
変数	偏相関係数	変数	偏相関係数
人口	0.76	人口	0.82
建設業純生産	0.56	家族人数	0.70
サービス業純生産	0.73	入域観光客数	0.71
自動車保有台数	0.44	農林業純生産	-0.50
		建設業純生産	-0.46

表3 座間味村・竹富町・渡嘉敷村の水需要構造変化

1985-1994年		1995年-2004年	
変数	偏相関係数	変数	偏相関係数
人口	0.66	人口	0.71
家族人数	0.86	入域観光客数	0.94
入域観光客数	-0.60	農林業純生産	0.60
農林業純生産	0.72	サービス業純生産	-0.57
自動車保有台数	0.96		

表4 その他の島嶼の水需要構造変化

1985-1994年		1995年-2004年	
変数	偏相関係数	変数	偏相関係数
人口	0.93	人口	0.87
入域観光客数	0.19	家族人数	0.18
宿泊能力	0.19	入域観光客数	0.21
農林業純生産	-0.26	宿泊能力	0.26
建設業純生産	0.36	サービス業純生産	0.37
サービス業純生産	0.50	自動車保有台数	-0.39
自動車保有台数	-0.49	水洗化人口	-0.20

水需要構造の変化を明らかにするために、石垣市・宮古島市という規模の大きな島嶼グループ、座間味村、竹富町、渡嘉敷村という観光依存度が非常に高い島嶼グループ、その他の島嶼グループと分け、1985-1994年および

び1995年-2004年で重回帰分析を行った。この結果統計的に信頼性のある結果がえられた。紙面の都合上、有収水量を従属変数とした場合の各変数の偏相関係数を表2～4に示す。これらより、入域観光客数の影響が大きくなってきていることがわかる。特に、観光依存度が高い島嶼の結果からは、人口の影響よりも観光客数の増加の影響の方が大きいことが明らかとなった。

次に、座間味島を対象として、宿泊施設およびダイビングショップを観光関連施設とし、その他の水需要の比較を行った。前者については観光客数1人あたり、後者については住民1人あたりとして有収水量原単位を算出した。さらに、給水制限実施期間と通常給水期間との比較も行った。この結果、通常給水時において、観光客数1人あたりの水使用量は394リットルから824リットルとなり、住民1人あたり使用量は141リットルから217リットルであった。すなわち、観光客1人1日当たり使用量は住民の2～6倍もの値になっており、観光客数増加の影響が非常に大きいことが示された。

さらに、観光客が1割増加した場合、給水制限回避を住民の節水努力のみで対応した場合、という2つのシナリオ分析を行った。この結果、例えば、2005年の降水量では38日間の給水制限が新たに生じることや、給水制限を実施した期間がさらに延びることが示された。また、住民の節水だけで対応するためには、約1割の節水が必要であり、このことは現在の使用量が非常に少ないことを考えると、ほぼ不可能であるといえる。

(3) 島嶼環境と水源の違いを考慮した水・生活・観光に対する意識調査

座間味島、石垣島、渡名喜島、与那国島の世帯を対象として水に対する意識や利用実態に関するアンケート調査を実施した。サンプル数は表5に示すとおりである。調査方法は原則として、各世帯に調査員が直接手渡し、その場で記入してもらうという方式で行った。依頼したときに忙しい等の理由で回答してもらえなかった場合は、後日回収に行くか郵送回収してもらうこととし、記入が困難な高齢者等については聞き取りで行った。

表5 アンケート調査サンプル数

島名	サンプル数 (世帯)
座間味島	164
石垣島	424
渡名喜島	125
与那国島	256

ここでは4つの島で大きく相違点が出た結果について述べる。まず、水に対する意識に関して、「この島は水が豊富なところだと思う」(6段階評価で6が非常に思う1が全く思わない)という問いに対し、座間味島で

は2.11、他の島では約4.4と大きな差が出た。また、給水制限になる原因について問うたところ、住民、行政、観光客がほぼ同数であり、次いで天候という結果になった。つまり、人為的な原因によって給水制限が生じているという認識を有していると言えることができる。また、座間味島において、「観光客の増加は給水制限に影響を与えていると思うか」という事を聞くと、9割以上の回答が「非常に思う」「思う」「少し思う」と回答し、「非常に思う」だけでも5割近くであった。

また、水利用施設・設備については、座間味島と渡名喜島では井戸を設置している世帯が5割を越えている。これは歴史的な経緯や地形的理由もあるが、非常に高い設置率であると言え、給水制限の回避に役立っていると考えられる。しかしながら、小規模な島であるため、少雨傾向が続けば地下水位が下がり、海水が混じることも多々ある。このため、給水制限時には利用が困難な状況となっている。また、雨水(天水)タンクの設置については、最も設置率の高い座間味島でも約1/4の世帯に留まっている。節水コマや節水型のシャワー等の節水機器の利用率については、最も高い座間味島で約3割、渡名喜島においては1割にも満たなかった。これらより、複数の節水対策を行うことまでは至っていないと考えられる。

(4) 渇水リスク軽減のための水資源・水供給計画システムの構築

以上の結果を踏まえ、まず最も重要な課題として水資源・水供給計画のシステムについて図2のプロセスを提示する。

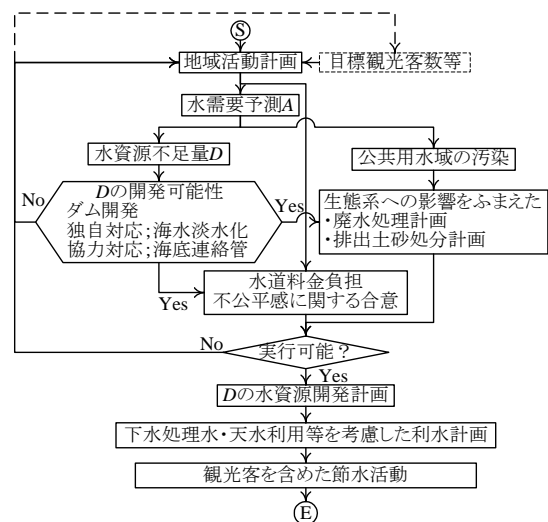


図2 水資源・水供給計画システム

この計画システムが従来のものと大きく異なる点は、地域活動計画(地域の目標)へのフィードバックを有している点である。これ以上の住民への負担が困難である場合や水資源開発自体が困難な場合は地域のあり

たい姿を変更することも必要だと考えられるためである。また、本研究では十分に考察できていないが、住民の合意形成や環境へのインパクトも内部化する必要があることを明示的に表現している。

上記計画システムに加え、得られた成果としては、宿泊施設における使用水量が明確になった。これにより、観光振興がもたらす水資源へのインパクト評価が可能となった。このことは、今後観光産業を活性化させようとしている島嶼地域において重要な計画情報となる。今後は、これまでに得られた成果を元に、「地域のありたい姿」を実現するために必要な水資源量を明らかにすると共に、そのために必要な水資源開発やそれに伴う環境インパクトを明示し、地域生活者にとって受け入れ可能か不可能か、不可能であるならばどのような協力的行動を選択するのかを明らかにしていく。これにより、生活者が主体となった地域水資源・水利用計画の計画システムが構築できると考える。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計2件)

- ① 神谷大介、沖縄県の島嶼における水需要構造変化と観光の影響に関する分析、地域学研究、査読有、第39巻第2号、2009、267-281
- ② 神谷大介、沖縄県の島嶼における地域環境と水需要構造の変化に関する分析、日本地域学会第44回年次大会学術発表論文集、査読無、2007、CD-ROM

〔学会発表〕(計5件)

- ① 神谷大介、観光地域沖縄における渇水リスクと生活者参加型マネジメント、沖縄県企業局・日本水道協会沖縄県支部・(財)水道技術研究センター、水道技術講習会、招待講演、2010.2.2、那覇市職員厚生会館
- ② 岡本祥宏・神谷大介、座間味島における水利用実態と水に対する意識に関する考察、平成20年度土木学会西部支部研究発表会講演概要集、土木学会、2009.3.7、659-660、九州大学
- ③ 神谷大介、沖縄県島嶼観光地域における渇水リスクに関する考察、2008年次日本島嶼学会三重県鳥羽大会研究報告要旨集、2008.9.20、29-32、鳥羽市菅島
- ④ 神谷大介・瀬底正司、沖縄県離島地域の渇水問題に対する観光の影響に関する考察、土木学会第63回年次学術講演会講演概要集、2008.9.10、CD-ROM、東北大学
- ⑤ 神谷大介・瀬底正司・安里圭司、沖縄県離島地域における渇水問題と観光の影響に関する分析、土木計画学研究・講演集、Vol.37、2008.6.6、CD-ROM、北海道大学

〔図書〕(計0件)

〔産業財産権〕

○出願状況(計0件)

○取得状況(計0件)

〔その他〕

なし

6. 研究組織

(1) 研究代表者

神谷 大介 (KAMIYA DAISUKE)

琉球大学・工学部・助教

研究者番号：30363659

(2) 研究分担者

なし

(3) 連携研究者

なし