

気候変動を考慮した渇水リスク評価と そのマネジメント

琉球大学工学部 助教 神谷大介

概要：

気候変動による水資源への影響が危惧されるなか、国土交通省等により1級河川を中心としてこの影響評価等が行われている。本研究の対象地域である沖縄本島では検討中であり、水需給バランスの評価には至っていない。特に沖縄は昔から水不足に悩まされていた地域であり、かつ水を多く使う観光業を主産業としている。本研究では気候変動による降水特性の変化と社会の変化に関する水需要予測モデルを構築することにより、給水制限の可能性について検討した。そして、最も基本的な家庭での節水が最も効果的であり、実行可能な水量であることを明らかにした。

キーワード：渇水リスク、気候変動、水需要予測

1. はじめに

気候変動による水資源への影響が危惧される中、国土交通省等により1級河川を中心としてこの影響評価等が行われている。本研究の対象地域である沖縄本島では現在検討中であり、水需給バランスの評価には至っていない¹⁾。また、これまでの検討は社会変化による水需要量変化を十分に反映した結果とは言い難い。このために必要な水需要予測に関しても、沖縄県のような観光地域を対象とした研究はほとんど行われていない。島嶼地域における水資源問題や水資源からみた地域の持続可能性について、小林²⁾のオアフ島等を対象とした調査研究、ナミビアを対象とした研究³⁾等があるが、政策的記述に留まっている。即ち、観光地域における渇水リスクに関する定量的研究は行われておらず、このような地域での気候変動による水資源への影響は研究されていない。しかし一般的には、人口規模が同程度であれば観光地域の方が水需要は多く、島嶼地域は水資源に乏しい場合が多い。さらに、島嶼地域は他地域からの水融通を行うことが困難であるため、島嶼観光地域における気候変動による渇水リスク評価の必要性は非常に高いといえる。

以上の認識の下、本研究では沖縄本島における水需要の中でも特に増加が予想される生活用水と観光用水に着目し、その実態を明らかにすると共に、需要予測を行う。そして、既往降水特性の場合での渇水リスク評価を行う。さらに、地域気候モデル(RCM20)のA2シナリオ⁵⁾を

用いた評価を行うと共に、節水機器の普及および雨水タンクの設置等のリスク軽減に関する計画代替案の効果について評価する。なお、沖縄島は羽地ダムの一部を除き、農業用水と水道用水の水源は異なっていること、農業用水の使用実態に関するデータが入手不可能であったことより、農業用水は考慮しない。このため、ここでいう渇水リスクとは水道水の給水制限の可能性とする。

2. 用途別水需要の実績と予測

沖縄県では水需要用途として、都市用水（生活用・業務営業用・工場用・その他）、工業用水、原水供給がある。都市用水の2007年度の上水道における日平均用途別給水量は、生活用295.3千 m^3 、業務営業用90.3千 m^3 、工場用0.2千 m^3 、その他用33.1千 m^3 である。その他用の殆どは基地用水量である。工業用水は14.1千 m^3 /日であり、廃棄物処理場等への原水供給は0.8千 m^3 /日である。以下に、生活用水量の実績と予測、業務・営業用水の実績と内数である観光用水量の予測、これら以外の実績と予測について述べる。

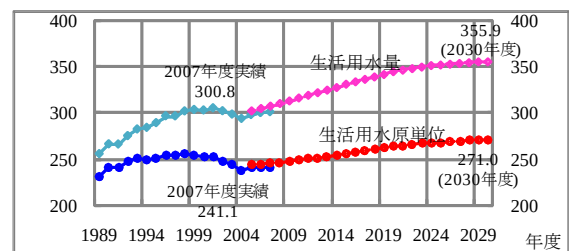


図1 生活用水量需要予測結果

まず、生活用水の実績とこれに影響する要因について市町村水道担当者へのヒアリング調査を実施し、これに基づいて重回帰分析による予測モデルを作成した。水使用実績と需要予測の結果を図1に示す。影響する要因（独立変数）と回帰分析結果を表1に示す。

次に、観光関係での使用量については、観光客数1000万人という政策目標値と宿泊施設規模別の使用水量をもとに、水需要予測を行った。この結果を図2に示す。

生活用・観光用以外についてはこれまでの平均値および沖縄県企業局における計画値⁶⁾を採用した。

3. 渇水リスク評価とリスク回避代替案の効果

地域気候モデル(RCM20シナリオA2)の結果は1981年～2000年の平年値に対する予測であるが、渇水リスクを捕まえるためには、少雨の年を考慮する必要がある。このため、本研究では渇水基準年となる1996年度、給水制限の可能性があった2002年6月および2004年3月に対し、1年前からの降水量を変化させることにより、渇水リスクの評価を行うこととする。具体的には、RCM20シナリオA2に基づいて予測された南西諸島地域の月間降雨強度と1981年～2000年の月別平均降雨強度との変化率を算出する。この結果を前述の3つの期間の日単位の降水実績にかけることにより、降水特性を変化させる。また、各ダムの運用は日単位で各ダムの貯水量を計算し直し、有効貯水容量まで貯水し、これ以上は越流量として河川放流することとする。この結果、2004年3月を対象とした分析においては給水制限を回避することが出来なかった(図3)。

2004年を対象とした結果に対し、節水機器普及率を1%の速度で考慮した結果を図4に示す。それでも給水制限は回避できない。そこで、沖縄島内の小・中・高校への雨水タンク設置(1校あたり100m²の集水面積)、下水処理水の再利用(計画値:1369m³/日)を加えても給水制限の回避は見込めない。

計画需要量を使用したとして、節水量は499.7千m³である。2004年3月を想定した分析結果において、給水制限を回避するために必要な節水量は4742.8千m³/年である。この量は2004年3月の最も貯水量が少ない時点において、給水制限実施基準を上回るために節水しなければならない量を意味している。つまり、学校への雨水タンク設置と再生水利用だけでは対応できないことがわかる。この量を節水機器普及のみで対応するならば、普及率が68%以上にならないといけない。また、普及率35%で不足分を生活用水の節水で対応するならば、1人1日あたり8.8リットルの節水で対応できる。沖縄島では生活用水の占める割合が高いため、住民の節水が最も効果がある。

表1 生活用水量回帰分析結果

変数	係数	t 値	P 値
独居世帯割合	-1.94	-1.86	0.07
水道料金	-0.03	-2.41	0.02
少子高齢化指標	255.35	4.33	0.00
独居世帯を除く平均世帯人数	-45.97	-1.84	0.07
重相関係数 R ² : 0.99 分散比 787.95 (有意確率 0.00)			

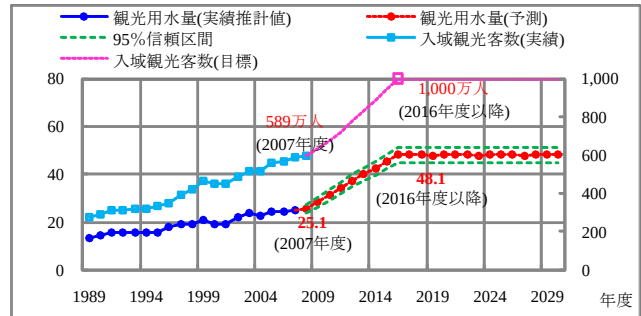


図2 観光用水量の推計値と予測結果

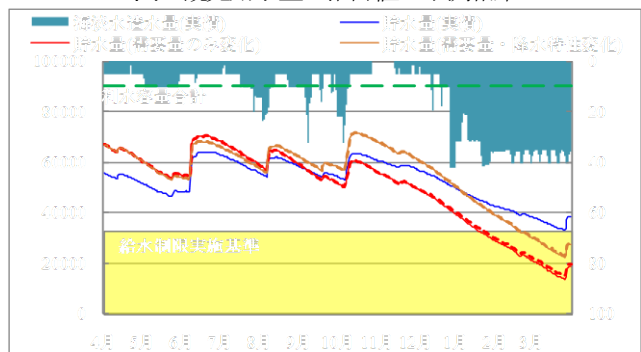


図3 2004年3月を想定した分析結果

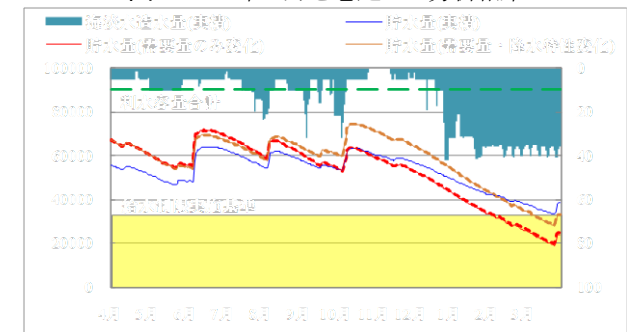


図4 節水機器の普及を考慮した分析結果

表2 海水淡水化施設の有無によるCO2排出量の違い

施設	1m ³ あたりのCO ₂ 排出量(kg/m ³)	年間CO ₂ 排出量(CO ₂ -t)
海水淡水化施設あり	5.2	18,886
海水淡水化施設なし	1.1	5,127

一方で、海水淡水化施設での検討を行うと以下のようにになる。まず、海水淡水化施設が稼働し始めた2005年度から2008年度までの造水量およびこれに伴う電力使用量より1tあたりのCO₂排出量を表2に示す。比較対象として海水淡水化施設が無かった場合(ダム等、他の水源からの水を浄水処理した場合)のCO₂排出量も示してお

く。これより、海水淡水化がなかった場合、沖縄県企業局管理の浄水場と導水時でのCO₂排出量は約1.1 kg/m³、年間での平均CO₂排出量は約5,127 CO₂-t排出していることがわかる。一方、海水淡水化施設でのCO₂排出量は約5.2kg/m³、年間で約18,886 CO₂-tであることより、13年間のうち1度の給水制限を回避するために、年間で約3.7倍のCO₂を排出していることになる。すなわち、今後の水需要増加および気候変動による渇水リスク軽減を意図した海水淡水化施設の増設は、温室効果ガスを大量に排出しなければ達成し得ないことが分かる。このことは、気候変動への対応が気候変動を助長しているということになり、近視眼的かつ場当たり的な対応でしかないといえる。

4. おわりに

本研究では沖縄島を対象として、生活用水と観光用水の需要予測モデルを作成し、2030年を想定した水需要予測を行った。さらに、1/10年確率少雨年である1996年度、近年給水制限の可能性があった2002年6月および2004年3月を想定して渇水リスク評価を行った。2004年3月想定の結果では、節水機器の普及、再生水利用、学校への雨水タンク設置だけでは給水制限を回避できないことが明らかになった。また、12月から2月の降水量が減少する事を考えると、10月下旬で90%以上の貯水率が必要である。ただし、この結果も海水淡水化施設を能力限界まで使用することを前提としている。降水特性と需要量

を変化させた場合、海水淡水化造水量は2004年3月想定の実績値よりそれぞれ約380千m³、約250千m³増加することになる。海水淡水化の電力消費は多く、沖縄県は主として石炭火力発電であることを考慮すれば、エネルギー消費や温室効果ガス発生量という観点からは問題が大きいと考えられる。

参考文献

- 1) 板屋英治：気候変化と沖縄の水問題、変わりゆく気候と水資源－沖縄の渇水と人工降雨について考える－シンポジウム資料、2009
- 2) 小林徹：島嶼国（地域）における観光開発と水問題、長崎国際大学論叢、第5巻、pp.139-147、2005
- 3) Glenn-Marie Lange：An approach to sustainable water management in Southern Africa using natural resource accounts: the experience in Namibia, Ecological Economics 26、pp.299-311、1998
- 4) Klaudia Schachtschneider：Building new WDM regulations for the Namibian tourism sector on factors influencing current water-management practices at the enterprise level、Physics and chemistry of the earth 27、pp.859-864、2002
- 5) 気象庁：地球温暖化予測情報第6巻、IPCCのSRES A2シナリオを用いた地域気候モデルおよび都市気候モデルによる気候予測、2005
- 6) 沖縄県企画部地域・離島課：沖縄県長期水需給計画調査関係資料