

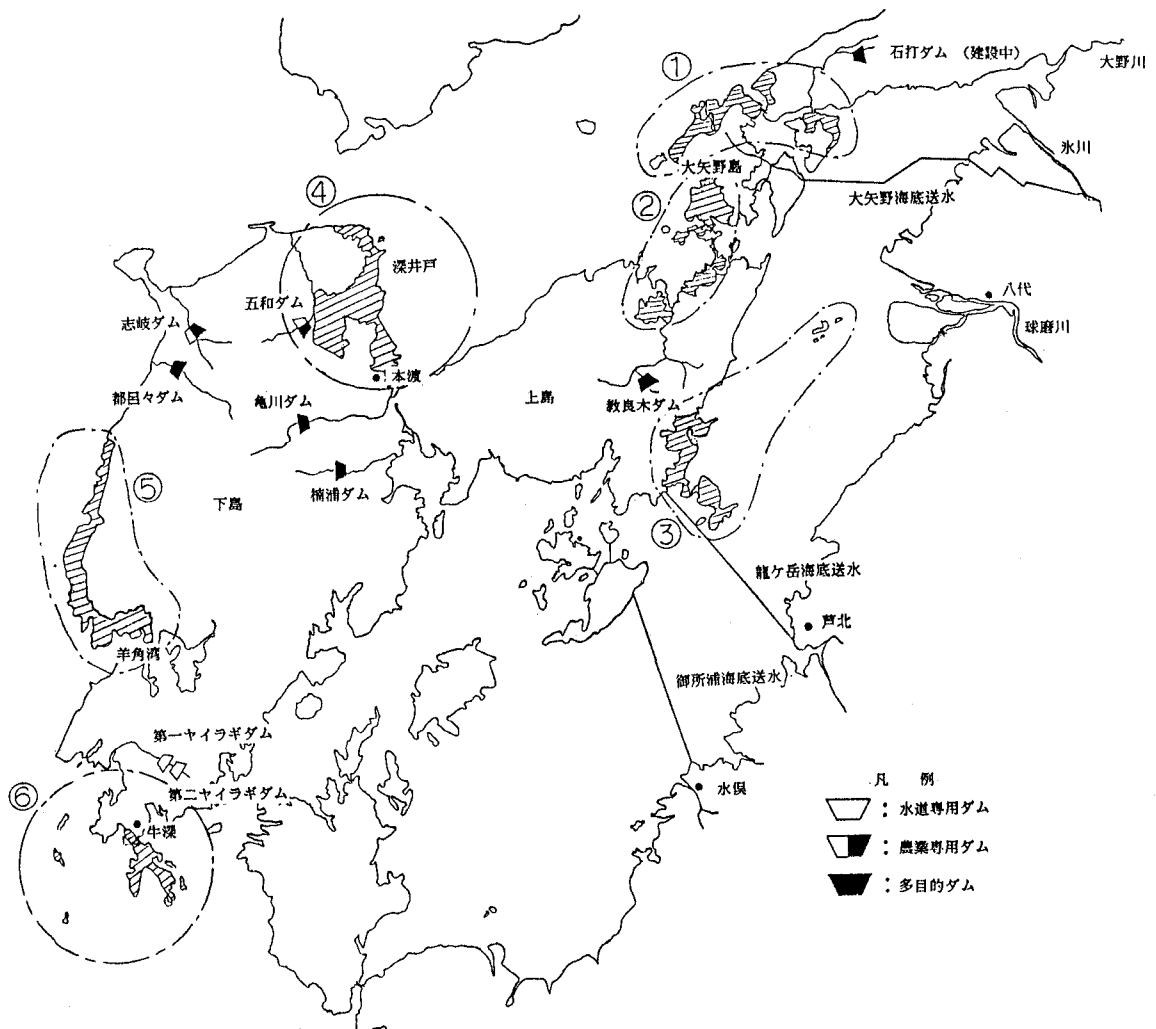
リゾート開発に伴う水利用システムにおける 海洋空間の利用

熊本工業大学工学部 正会員 橋 村 隆 介

1. はじめに

天草は、熊本県の西南端に位置し、120余りの島しょから成り、四方を有明海、不知火海（八代海）および東シナ海に囲まれ、それぞれの海域に面する海岸は変化に富んだ地形を呈し、豊富な観光資源に恵まれている。熊本県では天草を中心とする天草海洋リゾートの重点整備地区（八代市および三角町の一部を含む）面積を7、369haとし、主要施設としてリゾートホテル、テニスコート、マリーナ、人工海水浴場、ゴルフ場、マリンパークなどの各種の施設をあげ、利用者数を現在の年間約460万人から10年後には約600万人に見込んでいる。

このため、同地域では今後の開発により水需要の増加がさらに加速され、この水需要に応じるだけの供給が将来においてできるかどうか不安であるし、現在においても十分であるとはいいがたい。かといって、今後新たに



- ①：三角・大矢野重点整備地区、②：五橋重点整備地区、③：上天草重点整備地区、
④：本渡・五和重点整備地区、⑤：西海岸重点整備地区、⑥：牛深重点整備地区

図-3.1 水資源開発施設および重点整備地区

大規模なダムを天草各地に建設することは、天草地域の地形および地勢上の特徴から数多くの課題が存在する。

本研究は、天草地域におけるリゾート開発に伴う水不足のため、その開発、進展が疎外されることのないよう、将来の水需要に応じるべく、水の利用システムに関し、熊本県天草地域をケーススタディとして取り上げ、今後の同地域の発展のみならず国土の有効利用に寄与することを目的としている。特に本研究においては、水資源の確保対策について述べ、確保された水の備蓄のための水槽を海洋空間に設置し、同水槽に清水の保管・備蓄を行い、海洋リゾート開発に伴う諸施設の水源に利用するものとする。これによって水の確保を低コストで図り、リゾート用の水需要に応じることを主目的とし、余剰水については農業、工業、水産業などの用途と共存を図りつつ利用する。

2. 地域概要

天草地域の面積は、約881km²、2市13町があり、人口は165,526人（昭和63年10月1日現在）である。

この地域の昭和40年から59年の20年間における平均雨量は、上島東部1、941mm、上島西部2、080mm、下島北西部1、654mm、下島南部2、062mm、全流域では1、935mmである。

平地部の地勢は、小規模な谷底平野、扇状地、海岸平野を形成している。また、海岸線は複雑に入り組んだところが多く全般的に海食崖や波食棚の発達する岩石海岸を呈している。河川は全般に流域面積が小さく、緩傾斜や平地の少ない地形のため一級河川はなく、中小河川が多く、勾配も急で長さも非常に短い。これらの中小河川の50河川が二級河川で、10kmを越す流路延長をもつ河川は、6河川に過ぎず、通常は水無川が多い。したがって、降雨期になると降雨が集中するため一度に流出し、河川水の有効利用に余り適していない。また、天候や地質の特性のため地下水をはじめとする水資源に乏しい。

表-3. 1 天草地域の既設水資源開発施設の一覧表

潮位は、大潮差で東シナ海（天草灘）沿岸が約3m、有明海沿岸が約4m、不知火海沿岸が約3.5m程度である。波浪は、有明海や不知火海では小さく非常に静穏であるが、東シナ海に面する沿岸では季節によってしばしば高波が来襲する。

3. 水資源開発の現況と利用状況

水道の普及率は、昭和62年には本渡市80.2%、牛深市93.5%、郡部で86.6%に達し、県内の他の地域に比べ高い値を示している。使用水量（この場合工業用水を含む）は、昭和58年には給水量ベースで年間1、300万m³、50年の900万m³に対し1.4倍の伸びを示し、給水人口の伸び1.1倍を上回っている。

一日一人当りの平均給水量は、昭和50年1951人・日から昭和58年2421人・日と1.2倍の伸びを示しているが、県

施設区分		内 容（能力）				
ダ ム	ダ ム 名	堤 高 (m)	有効貯水容量 (m ³)	上水量取水量 (m ³ /日)	工業用水 (m ³)	農業用水施設面積 (ha)
	教良木 ダム	29.30	1,371,000	300	—	水田 375.6ha 畑地 202.5ha
	志 岐 ダム	36.00	743,000	—	—	水田 199.0ha 畑地 132.3ha
	亀 川 ダム	37.00	2,400,000	8,000	—	水田 130.0ha 畑地 — ha
	楠 浦 ダム	32.00	988,000	5,000	—	水田 173.2ha 畑地 133.9ha
	五 和 ダム	37.10	561,000	—	—	水田 52.0ha 畑地 225.8ha
	第1, トラキ`タム	19.50	130,000	5,960	—	水田 — 畑地 —
	第2, トラキ`タム	36.10	625,000		—	水田 — 畑地 —
	都呂々 ダム	41.80	1,160,000	800	8,500	水田 20.0ha 畑地 10.9ha
	小 計	—	7,978,000	20,060	8,500	水田 949.8ha 畑地 705.4ha
農 業 用 溜 池		上 島； 688,000m ³ 下島南部； 133,000m ³ 下島北部； 1,372,000m ³ 天草全域； 2,193,000m ³				
地 下 水		農業用； 30,300m ³ /日 上水道用； 12,770m ³ /日				
海 底 送 水	施 設 名	延 長 (m)		送水量 (m ³ /日)		
	大矢野海底送水	12,800		3,000		
	竜ヶ岳海底送水	12,000		1,000		
	御所浦海底送水	14,660		1,000		
小 計		39,460		5,000		

全体（昭和58年3651／人・日）と比較すると約1201／人・日の差になっている。一方、市町村別にみると、新和町、倉岳町が1421、本渡市が3501、河浦町が3151とそれぞれ地域によって異なった給水量を示している。

取水水源別の内訳は、生活用水の場合はダム水55％、河川からの直接取水12％、本土からの海底送水16％、地下水12％、湧水等5％である。工業用水の取水源は、井戸水63％、上水道25％、そのほか3％で、回収水は9％と非常に少ない。農業用水の水源別内訳は、河川水69％、地下水22％、溜池9％であり、河川水の内約17％が既設ダムからの補給と考えられている。

天草の水道料金（10m³ 当り：昭和58年時点）は、最も高い牛深市（簡易水道）が2、500円、平均で1、400円である。これと地下水を主な水源としている熊本市の料金（780円）と比較すると、2倍以上も高い水を使用している。

4. リゾート開発計画

4.1 リゾート施設

天草海洋リゾート基地建設構想によると、各地区の主要施設として表4.1を示している。

4.2 リゾート施設の使用水量

ゴルフ場の使用水量の概略値は、18ホールの場合のゴルフコース散水用の所要水量は（1）グリーンとティーおよびフェアウェイとライト・ラフの両方に散水すると1、000m³／日となる。また、（1）のみの場合100m³／日である。

さらにクラブハウス用約60～80m³／日に加わることになる。したがって、（1）の条件による上限値の場合、合計180m³／日となる。また、27ホールの場合230m³／日、36ホールの場合280m³／日となる。

海水浴場の場合、原単位1001／人として、将来の入り込み数の増加を延べ年間100万人として計算すると、100千m³／年となる。これに、リゾートホテル、マリーナ、そのほかの施設利用による使用水量の増加が考えられる。

表4.1に示すそれぞれの施設に対する使用水量は、原単位に不明な点が多く現時点においてその量を推定することができない。

5. 将来の水需要量と開発必要量

今後の水需要量は、地域の生活水準の向上に伴う水洗便所の普及、農業の近代化、水利用の多様化および広域化により増加が予想される。

県によると、リゾート開発に伴う需要量の増加を除いた平成12年時の需要量は昭和58年の1.26倍程度の88百万m³／年としている。

一方、開発必要量は、羊角湾淡水湖（農業用水：8、000m³／日）、都呂々ダム（水道用水：1、750m³／日、工業用水：8、500m³／日、農業用水：7、700m³／日：そのほか730m³／日）および海底送水（水道用水

：500m³／日）を除くと、平成12年で生活用水3、100千m³／年、工業用水2、200千m³／年、農業用水6、000千m³／年および水産用水200千m³／年としている。

今後の水需要量は、以上の需要量のほかに、リゾート開発に伴う表4.1に示す諸施設の整備、それらに関

表4.1 海洋リゾート対象地区の主要施設

地区名	市町名	面積(ha)	整備の特色及び主要施設
三角・大矢野地区	三角町 大矢野町	1,906	マリーナ、テニスコート、リゾートホテル、海洋保養施設（タラソセラピー；フランス式海洋療法施設）、研修施設
五橋地区	大矢野町 松島町 有明町	1,030	マリーナ、テニスコート、人工海浜、リゾートホテル、ロッジ、観光農園
本渡・五和地区	本渡市 五和町	1,655	ゴルフ場、リゾートホテル、マリーナ、人工海浜、多目的広場、総合文化会館
上天草地区	姫戸町 竜ヶ岳町 八代市（大築島）	878	マリーナ、リゾートホテル、コテージ、研修施設（マリンスクール）
西海岸地区	天草町 河浦町	1,345	広場（セラミックパーク）、体験学習施設、キャンプ場、リゾートホテル、ペンション
牛深地区	牛深市	555	ターミナル（船着き場）、リゾートホテル、貸し別荘、水泳場、レストハウス
計		7,369	

表5.1 現況水需要量および将来予測値（単位：千m³／年）

	生活用水	工業用水	農業用水	水産用水	合 計
昭和58年	11,190	1,950	55,180	1,520	69,840
平成12年	18,260	3,980	64,030	1,750	88,020

連する事業所、病院、ショッピングセンターや娯楽施設の設置により、さらに増加することが予想される。

6. 水資源開発

6. 1 水資源確保対策

当地域の水資源対策として、次の事項を検討の対象とした。

- 1) 従来事業の拡張（利水計画事業は原則として1年毎の水収支によっていたが期間を数年に延長する）による貯水ダムおよび新規増設による確保。
- 2) 河川流量が豊富な時期の良質水のみを河道の貯水池に貯留し、確保する。
- 3) 小流域の水源涵養ダムの組合せからなる河川の基底流出をパイプ輸送と貯水槽の組合せにより確保する。
- 4) 砂防ダム群の設置により河川の流速制御を行い、引水の確保を図る。
- 5) 低ダム（堰）群を河道に設置し、流出時間を極力抑え地下涵養を行い、表流水は下流末端へ送水し、確保する。
- 6) 貯水池群による雨水の貯留を図り、池群の集水を海岸低平地で行い、確保する。
- 7) 農地防災ダムによる一次流出の放流調節および残余の流出を貯留し、確保する。
- 8) 河川や地下水の良質水のカンガイ利用を抑えるため、集水暗きよを排水河川に設け、排水を畑地カンガイ用水に利用し、生活（リゾート施設）用水の確保を図る。
- 9) 地形・地質的に地下水を賦存する良好な水理地質条件を持っている有力な地域に地下止水壁（地下ダム）を設け、地中に貯水し浅井戸用水を確保する。
- 10) 浅井戸、深井戸の揚水個所の開発による揚水量の確保。
- 11) 地下涵養池（この場合、貯水を目的とせず地下浸透を促進するように池底を改良する）の開発および設置による地下水の確保。
- 12) 河口湖（淡水湖）による河川最下流部の海面ないし半カン水湖の淡水化による確保。
- 13) 屋根、集水マス、雨水受けなどによる雨水の貯留による確保。
- 14) 本土（冰川水系、緑川水系、球磨川水系など）、本島（上島、下島）、特に、球磨川水系の八代工業用水の余剰水の海底送水による確保。
- 15) 本土または本島での余剰水の陸上パイプライン（送水）による確保。
- 16) 本土または本島での余剰水の船舶輸送による確保。
- 17) 清掃工場のごみ焼却熱、太陽光発電エネルギー、風力エネルギーあるいは海洋濃度差発電エネルギーなどを利用した海水あるいはカン水の淡水化による確保。

6. 2 リゾート施設用水への適用

天草全域を対象とした水資源確保対策について6. 1節で検討したが、図-3. 1に示すそれぞれの対象地区は地形および地勢的な条件が異なるため、それらの全てを天草海洋リゾート地区に適用することはできない。したがって、各対策の適用性についてさらに細かく検討する必要があるが、ここでは概略について述べる。

河川開発による場合は、下島西北部に都呂々ダムが完成（平成2年4月）したため、この貯水の雨期の余剰水を利用することが考えられる。さらに、従来規模の貯水ダムの開発は非常に限られるが、規模を縮小したダムであれば開発が可能である。この場合ダムの貯水容量を補うような貯水施設を別に設けることによって開発水量を大きくすることができる。その他の対策では、天草地域の河川が基底流出量が少ないため根本的な対策としては期待できないようである。しかし、施設によっては、適用可能な場合もある。

貯水池開発による場合は、各地に設置することが可能であるためリゾート施設の用水だけでなく、他の用水として使用することができる。ただし、用途によっては水質に十分注意する必要がある。

地下水開発による場合は、当地域内における取水の可能性はあるが、量的に満足いくものであるかは不明であるため今後の詳細な調査を待たなければならない。また、地下ダムによる開発の可能性はさらに少なく、一部地域を除いて、当地域内には容量の大きい帯水層は分布していない。したがって、可能性の残っている一部地域についての詳細な調査を待たなければならない。

淡水湖開発の場合は、現在天草南部の天草灘に面する羊角湾において開発計画が進んでおり、この計画が実現すると下島南部地域の農業用水が確保されることになる。この農業用水の余剰水を将来のリゾート施設の用水として確保することができるならば、今後のリゾート開発の有力な水資源になる。また、この開発により現在使用している農業用水を新たにリゾート用として転用することも可能になるものと思われる。なお、新たな開発個所としては、さらに検討が必要である。

雨水の貯留開発による場合は、小規模施設の用水として可能性がある。

海底または陸上送水による場合は、現在本土からの海底送水が3個所のルートによって行われているが、さらに余剰水が存在することから今後最も期待できる対策である。

船舶輸送による場合は、輸送費および輸送量に問題点があるため非常用としての可能性が考えられる。

海水淡水化による場合、施設の立地点としては、蒸発法の場合は計画対象市町村からは遠くてもよく、発電所の余熱利用の可能な苓北火力発電所の付近やゴミ焼却熱の利用が可能な所が考えられる。また、逆浸透の場合は清浄な海水が容易に取・排水できる東シナ海に面する天草西海岸周辺地域が考えられる。電気透析法では、取・排水ができる沿岸地域ならば特に問題にはならない。しかし、これらの方法による場合は、淡水化施設が常に稼働していることが条件であるため、リゾート施設の利用が季節的変動を伴うものであればリゾート施設の用水としては、適当でない。

以上の結果より、本島の一部リゾート対象地区を除く、天草海洋リゾート施設としての用水は、現在の段階では海底送水による本土、本島の豊富な水資源を利用することが極めて優れた対策である。

7. 海洋空間の利用

7. 1 海底送水案による利用システム

海底送水に使用する水としては、原水と浄水が考えられるが、送水管の維持・管理上からすると本土あるいは本島の送水側での浄化した後の浄水とする方がよい。したがって、送水された多量の浄水はある程度の期間リゾート地区の貯水槽で備蓄する。備蓄水は、配水塔あるいは配水池に送水し、それらの施設からリゾート施設の用水に資する。貯水槽の容量は、降雨時間、日あるいは季節変化に対応した取・配水の関係により決定し、水量の調整を行う。図-7. 1は、海域を利用した場合の貯水槽の断面を示したものである。貯水槽内の水位は、低水位（LWL）から高水位（HWL）の範囲内に維持する。図において、貯水槽外のL. W. LおよびH. W. L

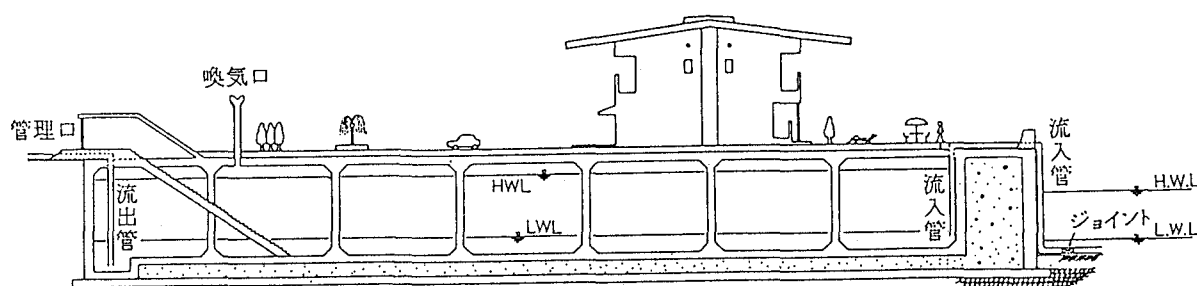


図-7. 1 貯水層の断面

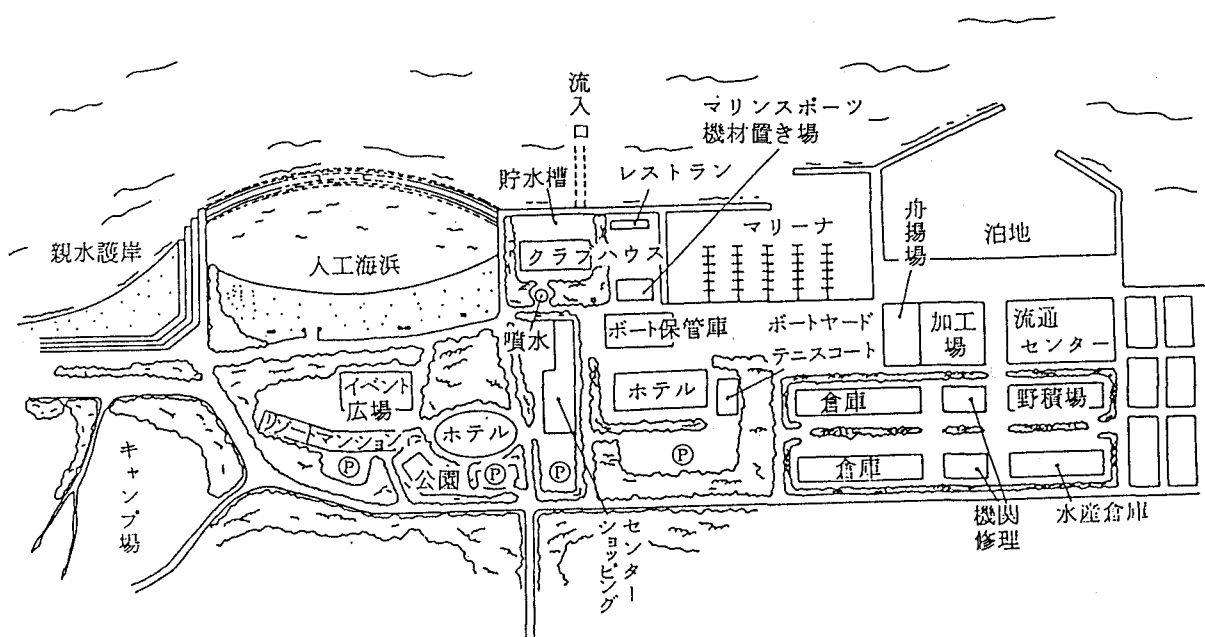


図-7. 2 貯水層を多目的に利用した場合の例

は、朔望平均干潮面および朔望平均満潮面を意味する。図-7、2は、海洋リゾート基地における貯水槽を多目的に利用した場合の例を示したものである。

7. 2 海洋空間利用による備蓄の利点

備蓄地として海洋空間を利用した場合の利点として次のことがあげられる。

- (1) 既設規模のダムを新たに建設することが困難になってきているため、小規模のダムを建設し、その貯水を逐次備蓄することによりダムの効果をあげることができ水資源の確保施設として利用できる。
- (2) 海洋リゾート施設の利用形態の特長から、雨期の余剰水を備蓄することにより、使用水量の多い夏期に備蓄水を利用することができ、水の有効利用が可能になる。
- (3) 電気使用量の少ない夜間に備蓄水を配水池に送水することにより、経済効果が上げられる。
- (4) 貯水槽を大きくすることにより、送水管が小さくでき経済的である。
- (5) 貯水槽を大きくすることにより、送水管の故障が発生しても短期修理で済むような場合は、安定した給水が可能である。
- (6) 長期間の修理を要するような送水管の故障が発生しても、貯水槽の一部を岸壁として使用できるように設計しておく、船舶輸送により用水の確保が可能になる。
- (7) ある程度の温度差内で備蓄できるため、暖地における小流域ダムの水質悪化の様な事態が避けられ、陸上における備蓄より多くの利点があげられる。
- (8) 設置した貯水槽上にはレストラン、テニスコート、マリンスポーツなどの施設やそれらの付帯施設の設置、あるいは貯水槽を漁港、マリーナなどの施設として多目的に利用できる。
- (9) 備蓄を公有地である海域で行うため用地買収のコストを抑えることができること、ダムに比べて安い建設費で行える。
- (10) この備蓄は、広大な海を水資源の備蓄基地として活用できるため、備蓄（貯）水槽の大きさを任意に設定できる。

8. あとがき

本システムが実現すれば、リゾート開発による水不足は勿論のこと、他の水資源利用においても大きく貢献できるとともに、天草のように平地部が少なく、背後には山地が迫っているような地形の場合、低平地のリゾート施設や港などの近郊の海洋空間を利用することは有効な土地対策になる。

したがって、今後の海洋リゾート開発の発展および国土の有効利用に大きく貢献できるものと思われる。

最後に、本研究を行うに当たり有益なご助言を頂いた熊本工業大学工学部武上成比古教授ならびにご協力頂いた熊本県前水資源対策室越替幸晴氏に対し深甚なる感謝の意を表する。また、本稿をまとめるにあたり多くの参考文献を参照させて頂いたことに対し、それらの著者にお礼の意を記す。

9. 参 考 文 献

- 1) 相馬伸義、1989：電気透析法による淡水化システム、太陽光発電シンポジウム。
- 2) 熊本県企画開発部、1989：昭和63年度熊本県長期水需給計画概要版、82p.。
- 3) 長崎県、1989：昭和63年度長崎ブロック広域水道事業水源比較検討調査、海水淡水化施設等概念設計調査報告書（本編）、68p.、（資料編）、156p.。
- 4) 熊本県企画開発部、1988：熊本の水資源、141p.。
- 5) 小池偉雄、1988：改訂ゴルフ場設計の手引、時潮社、pp.199～204。
- 6) 後藤恵之輔、1988：水資源海上備蓄構想、海洋開発論文集、No.13、pp.255～258。
- 7) 造水促進センター、1988：昭和62年度島しょ部等における水需給実態調査及び海水淡水化プラント導入指針作成調査報告書、80p.。
- 8) 久保田昌治・高橋燦吉、1986：太陽光発電利用電気透析法、造水技術、Vol.12、No.3。
- 9) 熊本県、1986：天草の水、50p.。
- 10) 武上成比古、1983：地方都市の水資源開発に関する提言、熊本工業大学研究報告、第9巻第1号、pp.95～104。
- 11) 建設省、1981：地下水涵養技術開発報告書、390p.。
- 12) 本間琢也・黒木敏郎・梶川武信、1981：海洋エネルギー読本、オーム社、pp.99～109。
- 13) 古川博恭、1981：九州・沖縄の地下水、九州大学出版会、pp.219～222。
- 14) 丹保憲仁、1980：土木学会編新体系土木工学88上水道、技報堂、370p.。
- 15) 田中則男、1977：海水浴場としての人工浜の施設計画と設計、港湾、7月、pp.48～53。