

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 26 日現在

機関番号：17102

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2014～2016

課題番号：26550098

研究課題名(和文) 深刻な水不足地域救済の為に革新的貯水技術の開発

研究課題名(英文) Development of innovative water storage technology for relief of serious water shortage area

研究代表者

原 一広 (Hara, Kazuhiro)

九州大学・工学研究院・教授

研究者番号：00180993

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,100,000円

研究成果の概要(和文)：淡水不足は大きな社会問題となっている。そこで、従来の陸上ダムの数倍規模の海中浮き貯水ダム方式を検討した。浮き貯水ダムで降雨や河川から海へ流れ込む淡水を貯めることが有効であることを確認した。ダムは水を蓄えて海中に浮かぶが、移動はしないため、形状に制限は少ない。また、内外の圧力差は無いので、構造材の強度を小さくすることが可能で、高分子材料の簡易な仕切り程度で十分ということを確認した。

研究成果の概要(英文)：Lack of freshwater is a major social problem. Therefore, we investigated the floating dam reservoir method which is several hundred times as large as the conventional onshore dam. It was confirmed that it is effective to accumulate freshwater flowing from rainfall and river to the sea in floating reservoir dam. The dam will store water and float in the sea, but since it does not move, there are few restrictions on the shape. Also, since there is no pressure difference between the inside and the outside, it is possible to reduce the strength of the structural material, and it was confirmed by calculation that a simple partitioning of the polymer material is sufficient.

研究分野：環境科学・工学

キーワード：環境学 環境創生 水資源 ダム 海洋利用 シミュレーション 淡水不足 浮きダム

1. 研究開始当初の背景

海外において、著しい都市化に伴う人口集中地域や急速に広がる砂漠地域での淡水不足は深刻な社会問題となっており、2050年には人口増加と温暖化で世界の半数近い人が必要な淡水を確保できなくなると予想されている。日本においても地域によってはすでに水の不足が問題になっており、今後温暖化によってこの問題が深刻化することが懸念されている。また、日本は農産物の輸入によって間接的に海外の大量の水を使用しており、海外の淡水不足は日本にとっても深刻な問題となってくる。

このような淡水の不足に対して、飲料水用には従来の陸ダムに貯水する方法に加え、海水淡水化〔①加熱水蒸気を冷却し凝縮する方法、②半透膜による逆浸透法、③静電引力によりイオン除去する電気透析法（試験的）、④水が凍結する際に塩分が排出される性質を利用した凍結法（試験的）など〕が注目され小規模に行われている。しかし、海水淡水化では、エントロピーが大きな（水、Na⁺、Cl⁻イオン等）混合状態から水を分離した低エントロピー状態とする必要がある為、最低でも2状態間のエントロピー差を賈うエネルギー投入は熱力学的に不可欠であり、需要を満たすには膨大なエネルギーが必要であり、さらに農業用までを考えると全く現実的では無い。従って、立地や規模に制限がある陸ダムや大規模化が困難な海水淡水化方式では、世界に偏在する深刻な水不足地域での水需要の満足は困難であり、省エネルギーで現状に即した大量の淡水確保が可能な新方式創出が切望されている。

以上のことを考慮して、申請者は従来の陸ダムの数百倍規模の海中浮きダム方式を新たに提案した。この方式は、陸上ダムの地域や適地が限られ、建設に多大のエネルギーやコストを要するという欠点を払拭し、①地球の7割を占める海の広範な場所、②従来ない大規模、③省エネルギーで容易に設置可能、また、従来ない④状況に合わせ移動が可能という画期的特徴を持たせることが可能だと考えた。しかし、このような前例の無い浮きダムの実現には、多方面から、そして基本的な概念からの検討が必要であった。

2. 研究の目的

以上の様な背景から、本研究の目的は、浮きダムの設置場所や構造についての検討・試算や小型モデルを作製して、その実現の可能性についての知見を得ることである。

3. 研究の方法

当初メガフロートのような構造物を指向して検討を行ったが、前例となる様な物が存在しないため、現状の調査と基本概念の確立を目指して議論を進めた。また、議論を進めるため、まずは仮想の設置場所として申請者の居住地である福岡市近郊を想定して気象

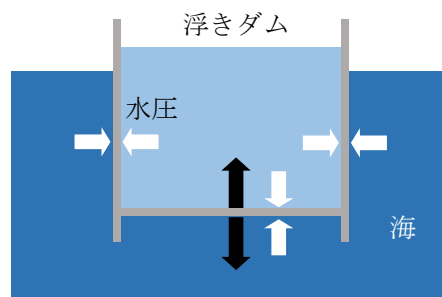
条件他の調査、設置の検討を行った。さらに、構造、材料や形状、蒸発防止機構などについても基礎的な検討を行い、蒸発防止機構付きの小型モデルを作製して動作を確認した。

4. 研究成果

以下に検討の過程も含めて成果を示す。

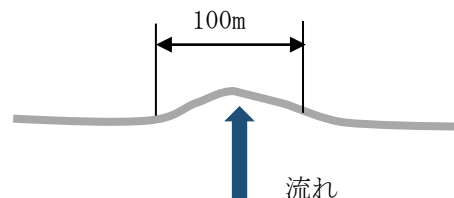
(1) ダム構造材や構造について

浮き貯水ダムは、降雨や河川から海へ流れ込む淡水を貯めるためのもので申請時に提案したのは下図の様なものである。



ダムはタンカーのように外側の海から隔離された状態で石油の代わりに水を蓄えて海中に浮かぶ。ただし、移動するとしてもタンカーのようなある程度の速さでの航海はしないため、形状に制限は少ない。また、ダム内外の圧力差は無いので、ほとんどの構造材の強度を小さくすることが可能であり、理想的な静水状態であれば、高分子材料等の簡易な仕切り程度で十分でということになる。また貯水量は底を可変としたり、形状が容易に変形できる構造材を用いたりすることで可変とする。そして、淡水は海水より密度が小さいため、ダムは浮力を受けることになり、取水に有利な場所や需要のある場所へ移動することも不可能では無い。

浮きダムの構造材は船舶ほど強度が必要ないが、変形しやすいことから大きくなるほど変形により横方向の引っ張りが大きく、破談が起りやすくなる。鋼材の引張強度は数百MPaであり高分子材料は鋼材の1/10程度である。下の図のように流れによって変形が誘起される場合について、



海洋における局所的な流速は最大約1m/s程度であり、1m³の水の運動量10³kg・m/sが1秒間で変形させつつ運動量が0となる場合に生じる圧力は1kPaとなり、この圧力が幅10m長さ100mに働けばその力は1MNとなる。これを壁厚5mm断面引張20MPaの高分子材料で受けると破談しないためには長さが100m程

度である必要がある。従って、これ以上の大きさの浮きダムを作製するためには変形せず引っ張り応力を受け止める鋼材の枠を100m 毎に設置するか、100m 程度のサイズの貯水池を複数組み合わせた構造にする必要がある。以上の様な検討から、強さが大きさや構造を規定することが分かった。この結果、大型の浮きダムを設置する場合にはダム設置の影響も考慮した上で局所的流れによる変形が小さくなるようにする必要がある。

(2) 設置する場所について

日本において福岡市は過去に長期の断水を経験し、都市化や人口増にともなって、淡水資源の開発が必要とされる。そこで、福岡市向けに浮きダムを設置する場合について試算を行った。

設置場所となる福岡市近郊の海では、対馬海峡で海面近くの黒潮の最大流速が 1m/s と大きく、そこから外れた場所や、海底に向けて流速が小さくなっているが、近郊の湾内などが流速は小さく、構造的に有利となる。一方、貯水するための水源としての降雨に目を向けると、福岡市の 2014 年の年間降水量は 1765.5mm であり、陸上ダムのようにダム面積以外の集水面積が無い浮きダムでは1年間の降雨を貯めてもダムの深さは 1765.5mm にしかならない。簡略化のため年間降水量を 1000mm とすると、10km² の面積で水量は 10⁷m³ であり、人の年間平均水使用量 10³m³/人・年から (10⁷m³ / 10³m³) 10⁴人分となり、100万人分の水を貯めるには 10³km² の集水面積が必要となる。これは以下の図の□の面積であり、これを深さ 1m の浮きダムで貯水するのは非効率的である。

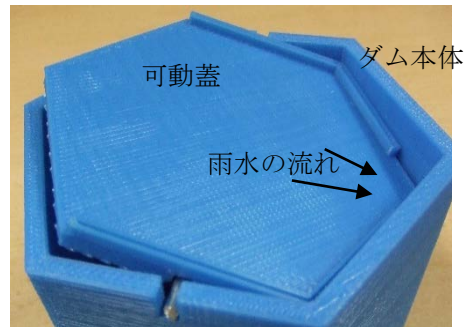


また、年間日照時間は 1809.8 時間で、この日照による年間日射量は 4504.6MJ/m² であり、これは 20℃の深さ 1740mm の水を蒸発させる熱量であり、特に対策を行わなければ、降雨分がほぼ蒸発することが分かった。

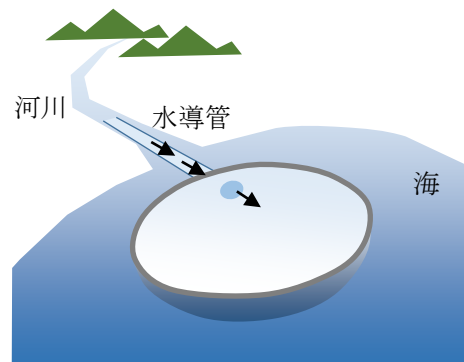
(3) 効率よく集水するために

降雨を効率よく貯め、蒸発を防ぐための機構をもったダムの基本単位を試作した。右上写真のように稼働する蓋にそって降雨を貯

水槽に導き、降雨時以外は蓋が自然に閉まることによって蒸発を防ぐことが出来る。六角柱とすることで複数組み合わせたときに自然に最密配置となる。

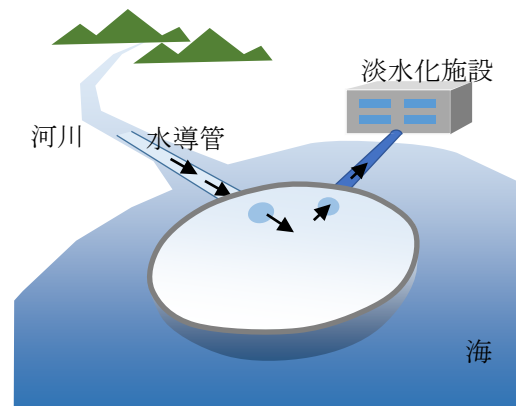


試算から浮きダムの水源として浮きダム面積への降雨のみを用いるのでは非常効率が悪かった。そこで、下図のように河川から海へ流れる水を貯水するために使うことを検討した。



日本の一級河川では、年間流出量は約 10¹⁰m³=10⁷人分となる。これは集水面積に換算すると 10⁴km² であり、膨大な大きさである。このように、一級河川といかなくとも、河川を利用することが現実的な選択肢である。

また、浮きダム方式で貯めた水は海水を薄めることに利用し、逆浸透法との併用を行えば、海水淡水化の効率を大幅に改善することが可能である。すなわち、逆浸透法による一般的印加圧は 5MPa 程度であるが、海水体積比を 3/5 に薄めるだけでも必要な圧力を 3MPa まで減じることが可能である。



上図のように、海岸河口近くに浮きダムを設置し、海岸にある逆浸透淡水化施設への取水

用に用いられれば飲料水確保に非常に有利であろう。

(4) まとめ

以上の様に海上浮きダムの基礎概念について検討し、その確立を行った。今後淡水の必要性が高くなる時のために、さらなる調査・研究が必要である。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 0 件)

[学会発表] (計 1 件)

岡部弘高, 河野真也, 日高芳樹, 原一広
海中浮き貯水ダムの検討、平成 28 年度応用物理学会九州支部学術講演会(会期 H28/12/3,4)、発表日 H28/12/4、対馬市交流センター(長崎県対馬市)

[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]

ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

原一広 (Hara Kazuhiro)
九州大学大学院・工学研究院・教授
研究者番号: 00180993

(2) 研究分担者 無し

(3) 連携研究者

岡部弘高 (OKABE Hirotaka)
九州大学大学院・工学研究院・准教授
研究者番号: 90221142

日高芳樹 (HIDAKA Yoshiki)
九州大学大学院・工学研究院・助教
研究者番号: 70274511

(4) 研究協力者

河野真也 (KAWANO Sinya)
九州大学大学院・工学府・技術職員