

研究テーマ

自然エネルギーのみによる
海水の淡水化と汚水の純化に関する研究

仙台高等専門学校

地域イノベーションセンター長・教授

羽賀 浩一

第1章はじめに	3
1.1 背景	3
1.2 目的	4
第2章 太陽光のエネルギーと海水の淡水化	5
2.1 太陽光のエネルギーについて	5
2.2 太陽エネルギーによる淡水量の計算	6
2.3 海水の淡水化装置について	8
第3章 実験方法	10
3.1 微細水滴評価装置による実証実験	10
3.2 淡水化動作確認装置による実証実験	10
3.3 太陽エネルギーの測定	11
第4章 実験結果	12
4.1 微細水滴評価装置による実証実験	12
4.2 淡水化動作確認装置による実証実験	13
4.3 太陽エネルギーの測定	13
4.4 淡水化動作確認装置による実証実験結果を利用した 実使用条件の数値計算	14
4.5 パラボラ反射板に入射した太陽光の Ray Trace	15
4.6 プロトタイプ3号機による実験結果	16
第5章 まとめ	17

第1章 はじめに

1.1 背景

海水の淡水化技術は数十年前から多くの研究機関、企業などで実施され、中近東や東南アジアには大型の淡水化プラントが構成されている。淡水化の手法には表1に示す方法が通常実施されている。表には淡水化の消費エネルギーが記載されているが、最も消費エネルギーが少ない方法が逆浸透法である。日本が最も得意とするこの方法は、汚泥、砂、ゴミ等の不純物に弱く、事前に何段ものフィルタリングが必要とされている。

最も簡便な方法として単蒸留法があるが、エネルギーコストが低く、これを改善する方法として減圧環境で水の蒸発率を向上させる多段効用蒸発法、多段フラッシュ蒸発法が挙げられる。しかしこれらの方法の全ては膨大な電気エネルギーが必要とされ、水力を使うことが出来ない地域では、電気エネルギーの取得に石油を大量に消費する火力発電が使われていた。従って、これらの設備を設置するには、産油国である中近東が最も好ましいとされている。

表1 海水の淡水化の手法[1]-[4]

淡水化法	方法の概要	長所	欠点	消費エネルギー
逆浸透法	海水を圧力をかけて逆浸透膜と呼ばれる濾過膜の一種に通し、海水の塩分を濃縮して捨て、淡水を濾し出す方式	エネルギー効率に優れている	メンテナンスが難しく、コスト高	0.69kwh/m ³
単蒸留法	海水を加熱して蒸発させその後冷却して蒸留水を取り出す	高温が必要となりエネルギー効率が悪い	手法としては簡単だがエネルギー効率が低い	626kwh/m ³
多重効用蒸発法	単蒸留法で得られたエネルギーを再利用する	エネルギー効率は大幅に向上する	減圧装置も必要となり、装置が大型化する。	63kwh/m ³
多段フラッシュ蒸留法	単蒸留法と減圧法を組み合わせて蒸留効率を向上させる	減圧による海水の蒸発効率を上昇させてエネルギー効率を上昇させる	全ての蒸留に減圧システムが必要で、装置が大型化する	42kwh/m ³
冷凍法	冷凍により海水から氷を作り淡水化する	淡水化効率が高い	大型の冷凍機が必要となる	93kwh/m ³

しかし、アフリカ、東南アジア等の電力供給が乏しい地域では、海水の淡水化の恩恵を受けることが難しく、数十キロも移動して地下水を確保するという生活を強いられていた。また、これらの地域に居住する人々は汚れた河川や沼の水を飲料水に用いているため、子供達の病原菌による死亡率が非常に高い。

アフリカ地域の地下水の供給源はキリマンジャロ等の高山に存在する氷河に依存することが多い。しかし近年の温暖化の影響を受け、図1のように高山の氷河の殆どが消滅し、地下に蓄えられている地下水も数年後には枯渇することが懸念されている。飲料水が無くなれば、その地域に生息する動植物ばかりでなく、そこに生活する人類が滅亡の危機に瀕することは言うまでもない。これらの飲料水の確保には地球上の水資源の97.47%を占める海水を淡水化して利用することが尤も好ましい。また、淡水化の手法としては、地球温暖化の原因となる火力発電等の化石エネルギーを利用するのではなく、地球に無限に降り注ぐ太陽エネルギーの利用と陸と海の温度差による風力を利用することが地球規模の環境改善にも貢献できるものと思われる。

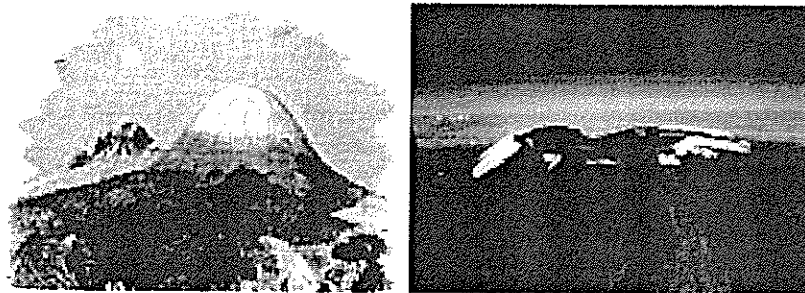
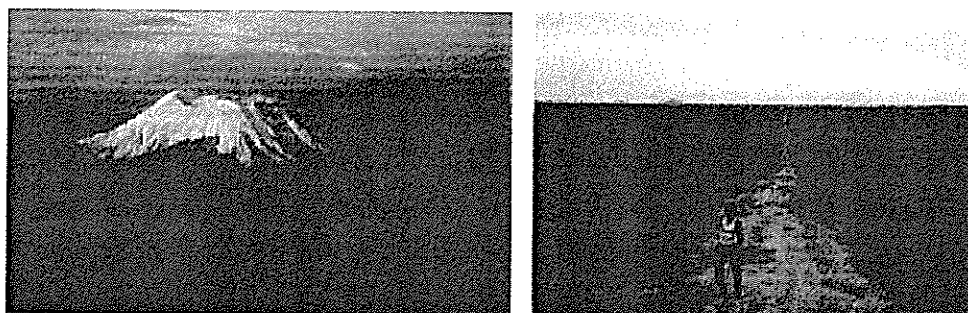


写真 キリマンジャロの昔と今。
 出典: Corbis Mount Kilimanjara 1854 / 2001



1. アフリカ最高峰キリマンジャロ山(タンザニアへ向かう飛行機から)
 2. タンザニア、ドドマ近郊の氷河地模倣地蔵(本人)

図1 氷河の消滅例

赤道付近に点在している多くの小島でも地球温暖化の影響を受けて飲料水の確保が困難となっている。これは、北極と南極の氷河が消失していることと密接な関係がある。氷河の消失により海面が上昇し、これらの小島の面積が減少している。さらに、海水が飲料水である小島のわき水や井戸にも入り込み、淡水としての利用が困難な状況が増えている。これらの小島の電力供給は太陽電池や自家発電に頼っており、これらの電力を市販の工業用淡水化装置に供給するにはあまりにも力不足である。これらの現状を考えると、本提案の淡水化装置は最低限の飲料水を確保する最終手段となる可能性が大きい。

1.2 目的

本装置は海水、汚水中に含まれるゴミ、砂、汚泥等の異物の影響を受けにくい構造を有し、自然エネルギーである太陽光、風力のみを利用して高効率に海水の淡水化及び汚水の純化を実現することを目的とする。

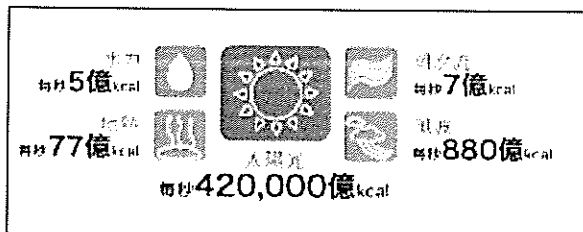
第2章 太陽光のエネルギーと海水の淡水化

2.1 太陽光のエネルギーについて

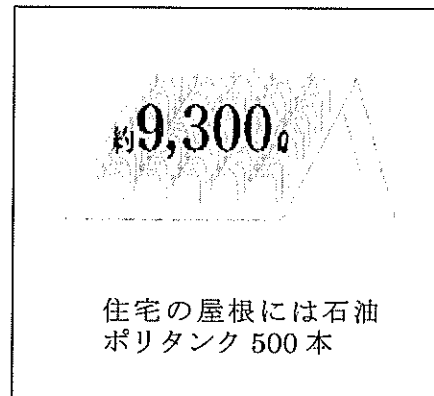
太陽光のエネルギー量は右に示すように世界中で異なる値を取る。赤道付近では日本のエネルギー量の約2倍のエネルギーが大地に降り注いでいる。一般家庭では4(kwh)程度が使われていることから、日本の1年間1200(kwh/m²)というのは1日3.2(kwh/m²)太陽光が降り注いでいる計算になる。こ

れは、一般家庭の消費するエネルギーが1m²という狭い領域に降り注ぐという驚くべきエネルギー量である。そのエネルギー量を具体的に示すと図2(a)、(b)、(c)となる。

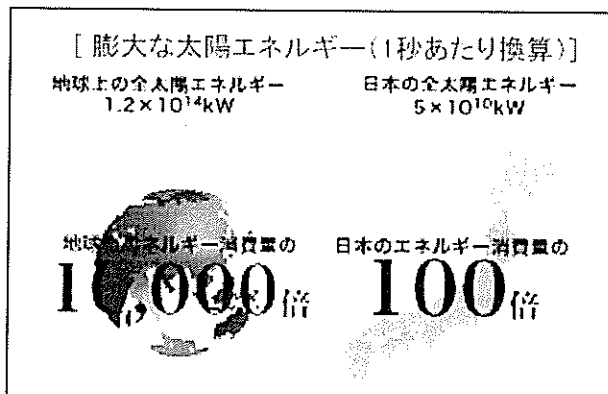
- 太陽光のエネルギー量(年)
日本:1200 kwh/m²
欧州中部:1000 kwh/m²
欧州南部:1700 kwh/m²
赤道付近:2600 kwh/m²



(a)



(b)



(c)

図2 太陽光のエネルギーの具体例

図 2(a)にあるように太陽光のエネルギーは他の自然エネルギーと比べると桁違いに大きく、その量は(b)に示すように住宅の屋根に石油 18L ポリタンクが 500 本/年存在する計算になる。また、(c)に示すように地球上あるいは日本のエネルギー消費量より遙かに大きなエネルギー量となる。これらの結果から、太陽光をエネルギー源に使うことは理に叶っている。しかし、問題はこのエネルギーをどのように利用するかである。本研究の要である単蒸留法の蒸発過程を太陽光を用いて行った場合、図 3 に示す問題が発生する。

図 3(a)は太陽光を直接海水に入射させた場合である。海水が持つ熱量は膨大であり、加熱過程のみであれば時間が経過するに従い沸騰点に達するが、大気あるいは接触部の冷却過程の影響により水温はなかなか上昇せず、せいぜい 40℃程度に留まる。この程度の温度では十分な蒸発量を得ることが難しく、蒸留は実現しない。

図 3(b)は太陽光を集光し海水の一部に照射した場合である。照射部の狭い領域では沸騰が起こる 100℃に達するが、その領域は狭く十分な蒸発面積を得ることは困難である。このように、高温域を得ようとする蒸発面積が稼げないという相反則が出現する。

本研究ではこれらの問題点を異なるアイデアにより解決する試みを行った。

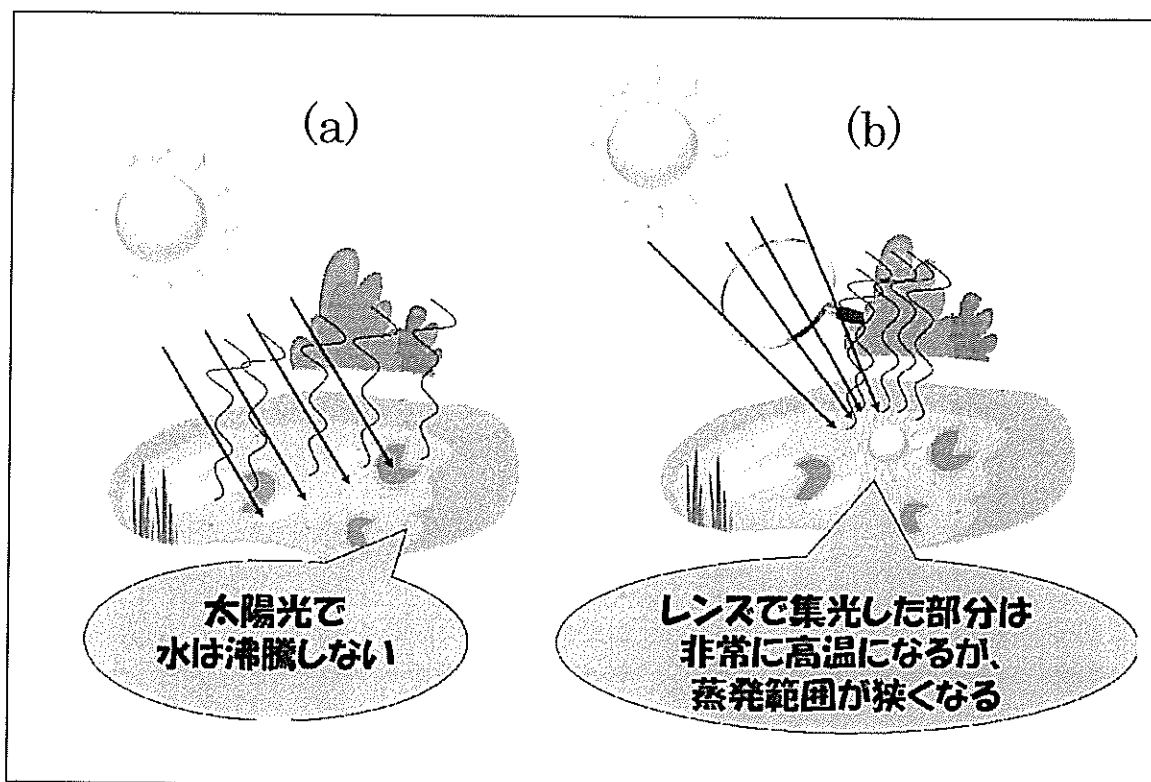


図 3 太陽光の照射による蒸発の問題点

2.2 太陽エネルギーによる淡水量の計算

本節では太陽エネルギーでどの程度の淡水化が可能であるかパラボラ形状の反射板を用いた簡単な数値計算を試みた。計算条件は赤道付近の地域をベースに考えた。

- ・ 太陽光のエネルギー： 2600kwh/m²/年
- ・ 直径 2 m の 7 集熱器の面積： 3.14 m²
- ・ 単蒸留法で得られる淡水量： 624kwh/m³

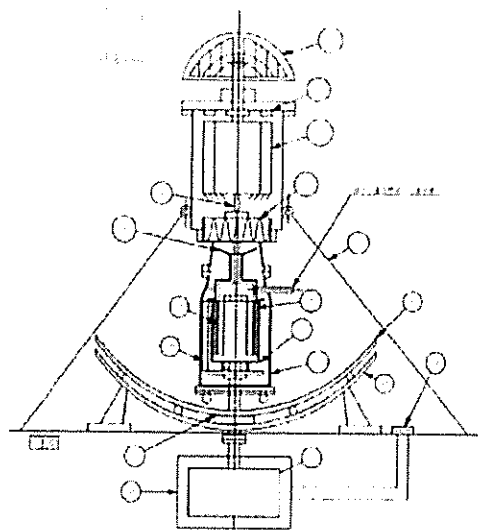
この条件で淡水量の計算をした結果が以下の式となる。

$$\text{淡水量} = \frac{2600 \times \pi \times 1^2}{624 \times 365} = 0.036 \text{m}^3 = 36 \ell$$

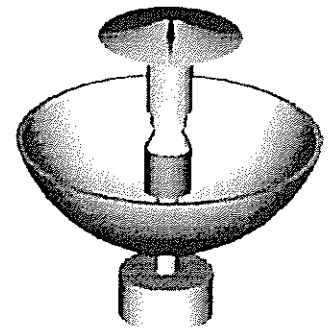
直径 2 m のパラボラ反射板により得られる淡水量は赤道直下において 1 日 36L となる。この量は 2L ポリタンク 18 本分となり、1 人の人間が生命を維持できる飲料水が 1 日 5L とされていることを考えると、7 人の生命が維持できる淡水量となる。

2.3 海水の淡水化装置について

海水の淡水化装置の全体構成は、海水揚水部、海水予備加熱及びフィルタ部、海水淡水化部の 3 つから構成される。この中で最も重要な部分が海水淡水化部である。図 5 にその構成図面と 3D-CAD で描かれた立体イメージ図を示す。図 5 では、まずメッシュ素材で構成された円筒容器内部に多層構造の拡散板を設置し、これらを風車で回転させる。回転により遠心力が付加された拡散板とメッシュ素材で構成された円筒容器内を海水予備加熱及びフィルタ部で 70-80°C に加熱された海水が通過することにより非常に微細な水滴が形成される。また、拡散板に供給される海水の量は水量制御システムで制御され、蒸発領域の温度を検知して温度が低下すれば供給量を低減させる構造となっている。



- ①太陽電池
- ②リニアモータ
- ③冷却ファン付き風車
- ④回転中心軸
- ⑤冷却ラジエター
- ⑥淡水収集管
- ⑦霧噴霧ドラム
- ⑧散水管
- ⑨塩水保水媒体
- ⑩加熱蒸発容器
- ⑪塩回収板
- ⑫集熱板
- ⑬ハーネス
- ⑭集熱板回転治具
- ⑮集熱板回転駆動機器
- ⑯淡水冷却容器
- ⑰淡水収納容器
- ⑱塩成分排出口



立体イメージ図

図5 海水淡水化部の構成図と立体イメージ図

円筒容器から排出された海水の微細水滴は太陽熱で高温に加熱された加熱蒸発容器表面で気化し、淡水化部上部の煙突構造の効果により上部に位置する冷却ラジエターに移動する。これは風車の下部に設置した冷却ファンにより水蒸気が液化する温度まで冷却されており、冷却ラジエターで冷却された淡水は回転体中心部に設置された淡水収集管を移動して地下に埋められた淡水収納容器に集められる。この容器は淡水の再蒸発を防ぐために地下に埋められ、淡水冷却容器は容器周囲が海水で冷却されている2重構造となっており、容器中に集められた淡水は殆ど再蒸発しない構造となっている。

海水が蒸発すると塩分が残留することは常識的に知られている。この塩分が淡水化装置の故障の原因ともなっている。この塩分を除去する手法も重要な課題である。本装置においては塩分が最も付着する場所は、高温に加熱された加熱蒸発容器である。この塩分を除去しないと熱の水滴への伝導が阻害され、海水の蒸発効率が大幅に低減する。この除去方法として本装置では、高温に加熱された内面に付着した塩分を定期的に除去する塩回収板を設置し、塩回収板の動力を風力及びリニアモーターで供給し、機械的なクランチ構造により1-2時間に1度程度加熱蒸発容器の内壁を擦り、塩分を除去する。その塩分は食用として別室に保存するような装置構造となっている。

風車アシスト用のリニアモーターを回転させる太陽電池及び淡水化装置に設置された太陽光を集光するパラボラ集熱板は簡便に太陽光を追尾する仕組みを有しており、その角度調整をパイメタル等で行う。角度調整は連続的ではなく1時間毎の不連続な動作で実現する。

図6は海水淡水化部の拡大図である。別系統の予備加熱部で加熱された塩水は加熱塩水導入口から流れ込み、回転ドラム中に設置された微細水滴を形成するためのスリット

が設置された円盤上に滴下する。スリットを刻んである3枚の円盤とステンレスメッシュで形成されたステンレス籠が同時に回転することにより非常に細かい微細水滴となり、それが高温蒸発部に衝突し、そこで高温水蒸気となる。この高温水蒸気は冷却部に移動し、冷却されて淡水となる。この機構により、熱量の非常に大きい海水は熱量の小さい微細水滴となり、少ない加熱熱量で水蒸気となる。このようなメカニズムを利用することにより高い効率で水蒸気が発生して淡水が得られる仕組みである。

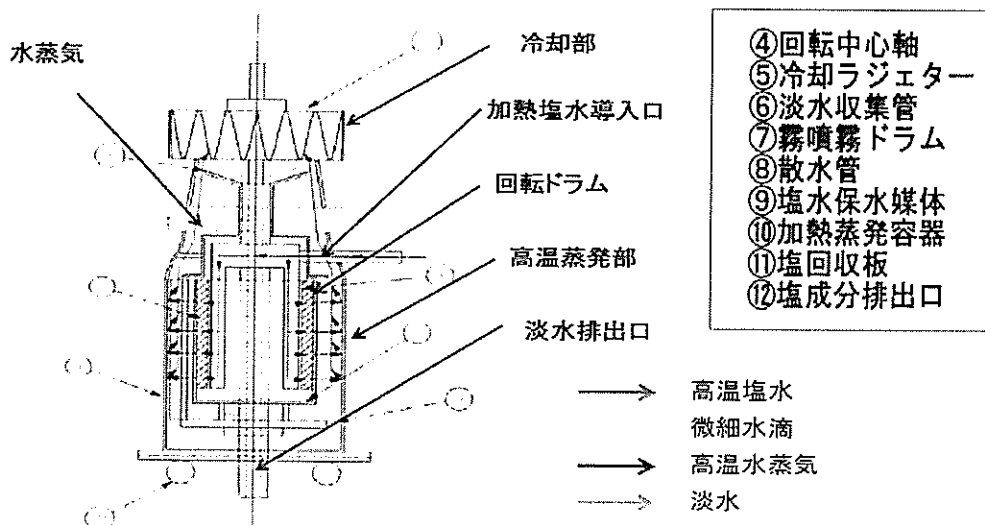


図6 海水淡水化部の詳細な動作図

第3章 実験方法

3.1 微細水滴評価装置による実証実験

微細水滴評価装置の3D-CAD図面と装置全体写真を図7(a)、(b)に示す。装置は微細水滴の飛散を確認するのみで加熱されることが無いことから、ポリプロピレン容器を使用し、正面にアクリルの透明な覗き窓が設置されている。回転にはDCモーターが使用し、装置の上部にそれが設置されている。回転数は直流電圧を変えることにより最大で1500rpm程度まで可変出来る。微細水滴の飛散具合は目視とデジタルカメラで確認した。

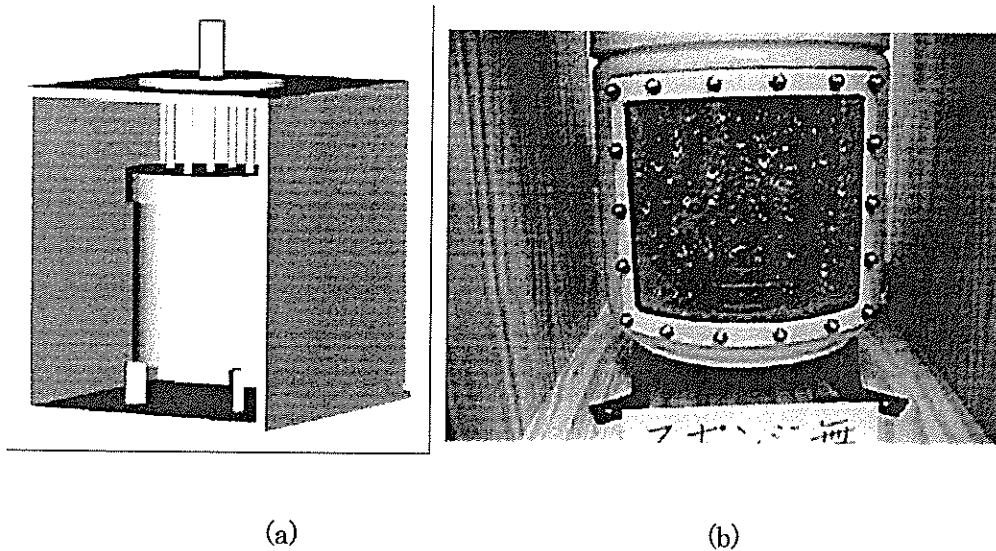
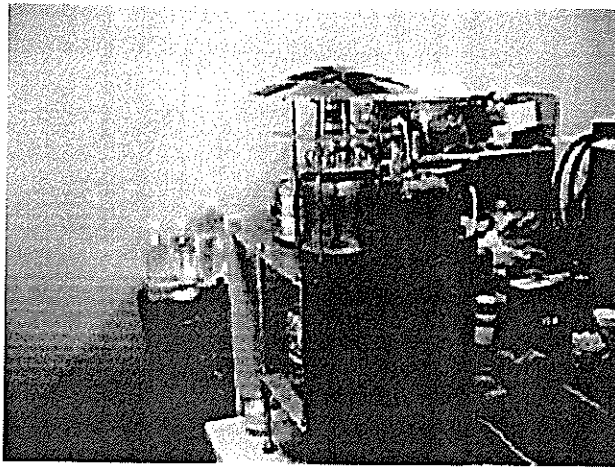


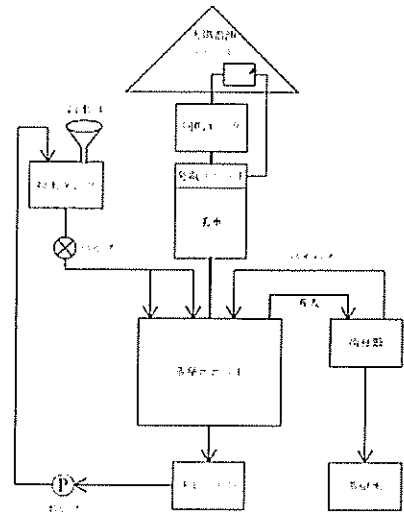
図7 微細水滴評価装置の外観

3.2 淡水化動作確認装置による実証実験

図8は淡水化動作確認装置の外観図(a)とそのブロック図(b)である。ブロック図(b)でこの構成を説明する。構造的には太陽電池パネル、回転モーター、模擬風車、蒸発ユニット、90℃程度の高温温水を作製するための給水タンク、蒸発した水蒸気を冷却する冷却器、蒸留水を受けるガラス容器からなる。また、蒸発ユニットで水蒸気にならなかった温水はドレンパンを経由してポンプにより給水タンクに戻される。ドレンパンには満水時にポンプが稼働する水位スイッチが設置されており、定期的にポンプを動かす。太陽電池ユニットと模擬風車は形状イメージを認識するために設置してあり、実際に稼働していない。蒸発ユニットと給水タンクにはリボンヒーターが巻かれており給水タンクは最大で98℃まで加熱が可能で蒸発ユニットは170℃程度まで加熱することが出来る。これらの容器は人体に無害とされているシリコンゴムパッキンとテフロンテープによる封止がなされている。しかしシリコンゴムは180℃、テフロンテープは200℃が常用温度となっており、高温では使用できない。



(a)



(b)

図8 淡水化動作確認装置の外観

3.3 太陽エネルギーの測定

パラボラ反射板を用いて太陽エネルギーの量を測定した。パラボラ反射板は市販のもので直径が0.8mであり、加熱評価用に中央に耐熱性の高い黒色ホウロウ鍋が設置されている。この鍋はパラボラ反射板の焦点に設置され最も集熱効率の高い設計となっている。鍋の温度の測定は非接触の放射温度計を使用した。放射温度計は測定物の反射の影響が大きいことから、金属表面測定用の熱電対により校正を行った。

実験は空の鍋と鍋の中に水道水を500cc導入してその温度上昇の時間変化を測定した。なお、水温の測定はセラミック測温抵抗体を用いた。図9はその測定の様子である。

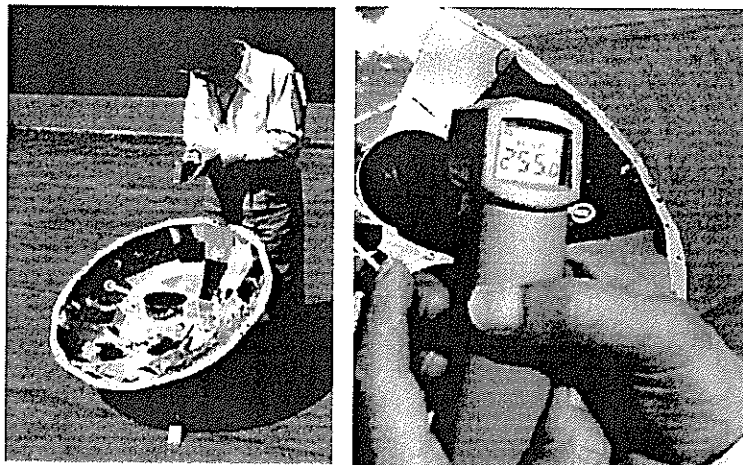


図9 太陽エネルギー測定の様子

第4章 実験結果

4.1 微細水滴評価装置による実証実験

図10は微細水滴評価装置を用いた実証実験の結果である。実験では水道水を白色に着色して見やすいようにしてみたが、水滴の拡散範囲、水滴量、水滴サイズを定量的に把握することは目視、デジタルカメラの動画では困難であった。定量的な評価には全体が見えるガラス容器と微細水滴が拡散する速度を把握できる高速度カメラが必要である。

定性的な説明になってしまうが、微細水滴を拡散させるための拡散板の数とそこに開けられたスリット数について述べれば、拡散板は1枚でも良く、スリット数は多い方が微細水滴の形成には有利であることが明らかとなった。また、水滴切断籠は広い範囲に水滴を拡散させるのには非常に有効であることも確認できた。

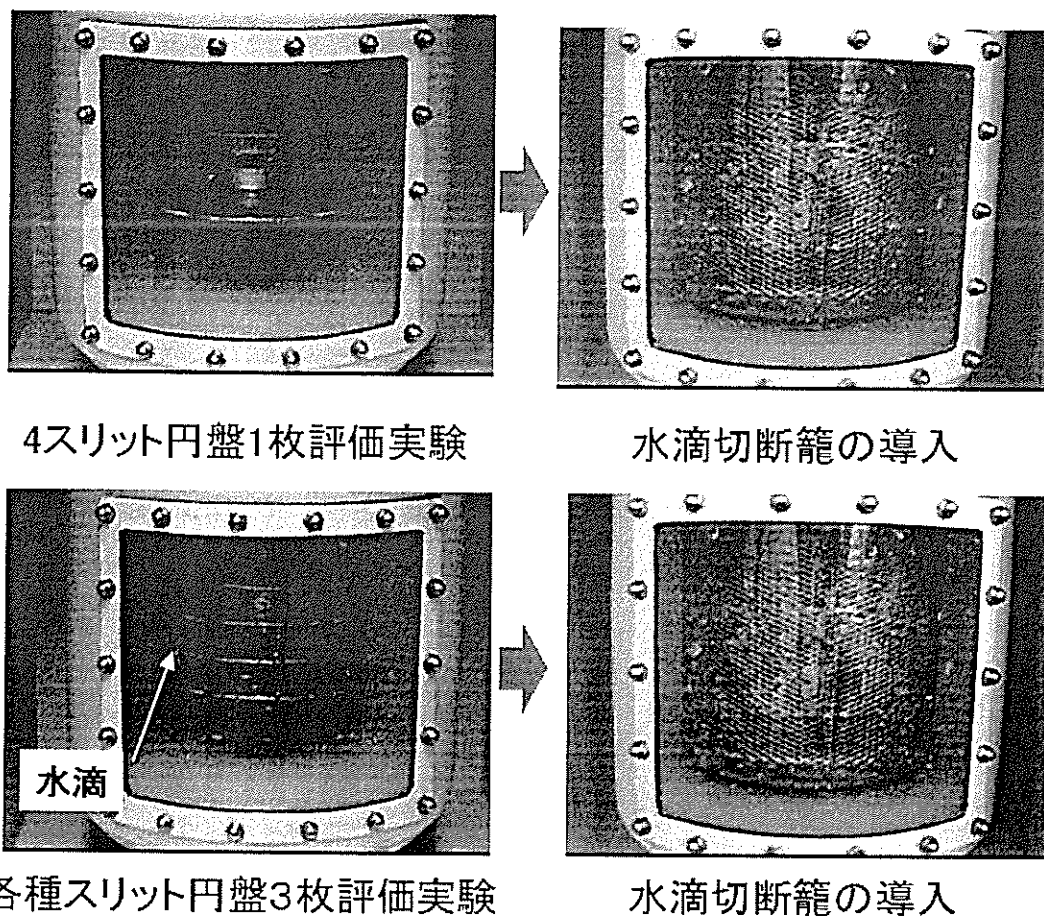


図10 微細水滴評価実験結果

4.2 淡水化動作確認装置による実証実験

淡水化動作確認装置で可変出来るパラメータは、水滴切断籠の回転数、導入温水量、蒸発容器の温度、温水容器の温度等である。今回は蒸発容器の温度と1時間あたりの蒸留水量の関係(図1 1)と蒸発容器温度を165℃にした場合の蒸留水量の再現性の実験(図1 2)を進めた。

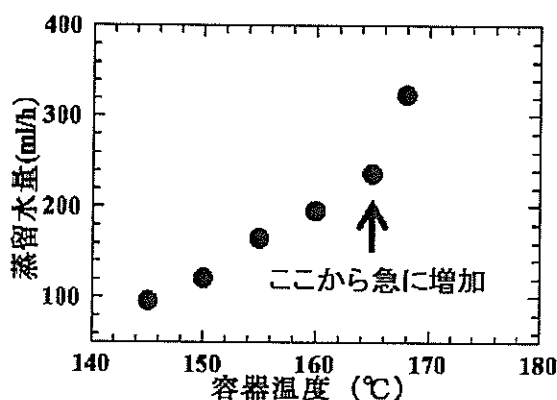


図1 1 蒸発容器の周囲温度と得られた蒸留水量(ml/h)との関係

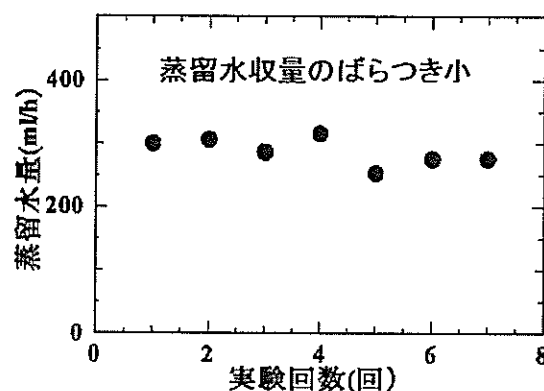


図1 2 再現性確認実験

図1 1から明らかなように容器温度が160℃までは単調に蒸留水量が増加し、それを超えると急に蒸留水量が上昇する。この急激な上昇についての理由是不明であるが、水蒸気の蒸発量が温度に対して非線形に増加しているのではないかと考えられる。来年度の卒研ではこの部分について詳細な評価を望みたい。

図1 2は蒸留水量の再現実験の結果である。7回の実験を行った結果、蒸留水量はほぼ同じ量であった。この結果から、装置の基本的構想、経時変化、安定性については問題がないものと判断できる。

4.3 太陽エネルギーの測定

図1 2は黒色ホウロウ鍋にパラボラ反射板から太陽熱を集光し、その温度を放射温度計により測定した結果である。周囲環境は9月上旬、外気温は25℃、天候は晴れ時々曇りであった。太陽光の照射から3分でホウロウ鍋底面は255℃に達し、その後はその温度を保持した。これ以上温度上昇が見られないのは、周囲温度が25℃と低く、太陽光による加熱と放熱による冷却が255℃でバランスしたためであると考えられる。

図1 3は黒色ホウロウ鍋に水道水を500cc入れ、その温度上昇を測定した結果である。天候が晴れたり曇ったりという不安定なことが太陽光照度から見て取れる。照度の不安定さを反映して、水道水の温度が80℃に至るまで30分の時間が経過した。また、この結果は水が持つ熱容量の大きさを反映している。100分経過したときに空が雲に覆われ、それに伴って水温が急激に低下している。仙台地域では天候の変化が大きく、太陽光の集光による水の温度上昇はあまり期待できない結果となった。

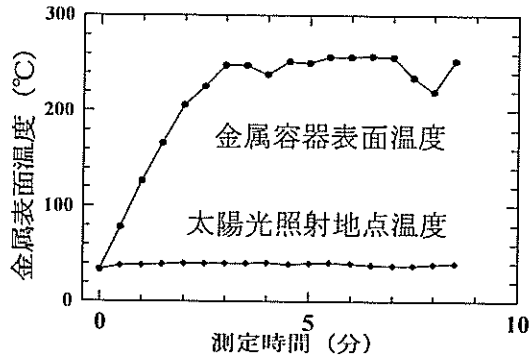


図 1.2 空のホウロウ鍋の表面温度変化

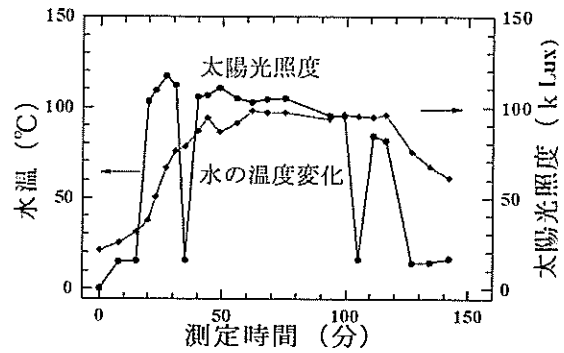


図 1.3 鍋の中の水道水の温度変化

図 1.4 は 255°Cの表面温度を有するホウロウ鍋に 80°Cの温水を滴下した実験である。写真に示すように、温水は一瞬にして蒸発してしまうことが確認できた。この結果から、太陽光で加熱された高温領域に温水滴が触れることにより瞬間蒸発が達成できることが明らかとなった。これは、本研究で考案した淡水化装置のイメージモデルが妥当であることを実証した結果である。

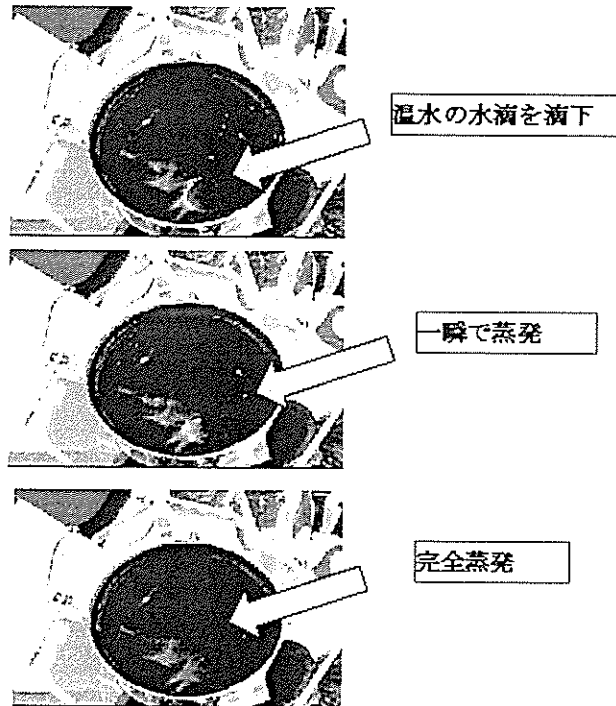


図 1.4 温水の滴下実験

4.4 淡水化動作確認装置による実証実験結果を利用した実使用条件の数値計算

淡水化動作確認装置では装置に使用する封止材の耐熱温度の関係から 168°Cが上限の加熱温度である。しかし、太陽光で蒸発容器を加熱した場合は仙台地域でも 250°Cが簡単に得られ、赤道直下では 400°C程度が予想できることから、実験結果を利用してこれらの温度における簡単な予測計算をした。図 1.1 で利用した温度上昇の傾きは 145°Cから 165°Cまでを Low とし、165°Cから 168°Cまでの急峻な傾きを High とした。図 1.5 に

計算結果、表 2 に 250℃と 400℃における蒸留水量を示す。

装置の条件にもよるが、赤道直下において、一日 17 リットルから 56 リットルの淡水が得られることになる。これは熱量計算と大幅な違いがないことから、この装置の持つ性能が明らかになったものと判断できる。

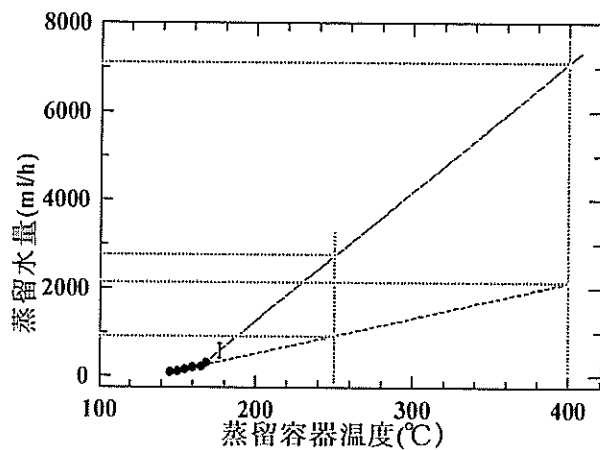


図 1 5 高温の蒸発容器を用いた予測蒸留水量

表 2 計算結果

(計算結果)

・蒸留水量 Low

250℃ 917(ml/h)

7.4 (l/day)

400℃ 2120(ml/h)

17 (l/day)

・蒸留水量 High

250℃ 2770(ml/h)

22.2 (l/day)

400℃ 7070(ml/h)

56.6 (l/day)

4.5 パラボラ反射板に入射した太陽光の Ray Trace

使用したパラボラ反射板は一定の曲率を持っており、太陽光がパラボラ反射板に入射した場合その入射光線は焦点位置に収束する。その位置が不明であるとプロトタイプ装置の構造設計をすることが難しい。本節では CAD ソフトを用いてパラボラに太陽光が垂直入射した場合の Ray Trace を調べた。図 1 6 がその結果である。点線が垂直入射の太陽光、実線がパラボラ反射板で反射した Ray Trace である。中心の位置に焦点を結んであることが解る。この結果をプロトタイプ 3 号機の設計に利用した結果が図 1 7 である。このように Ray Trace を利用して蒸発容器の位置を決定した。

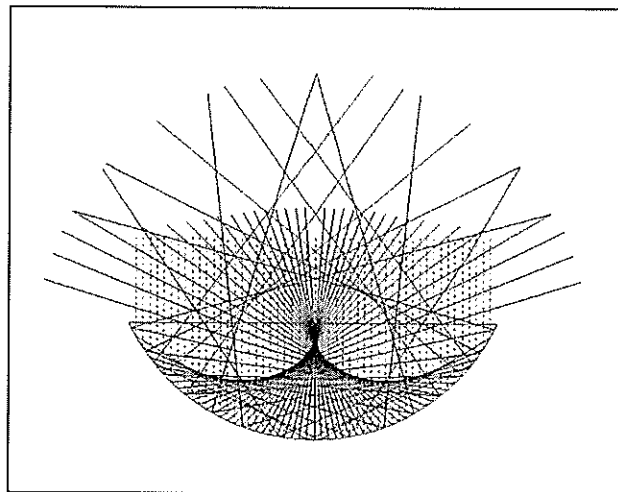


図 1 6 パラボラ反射鏡の Ray Trace の結果

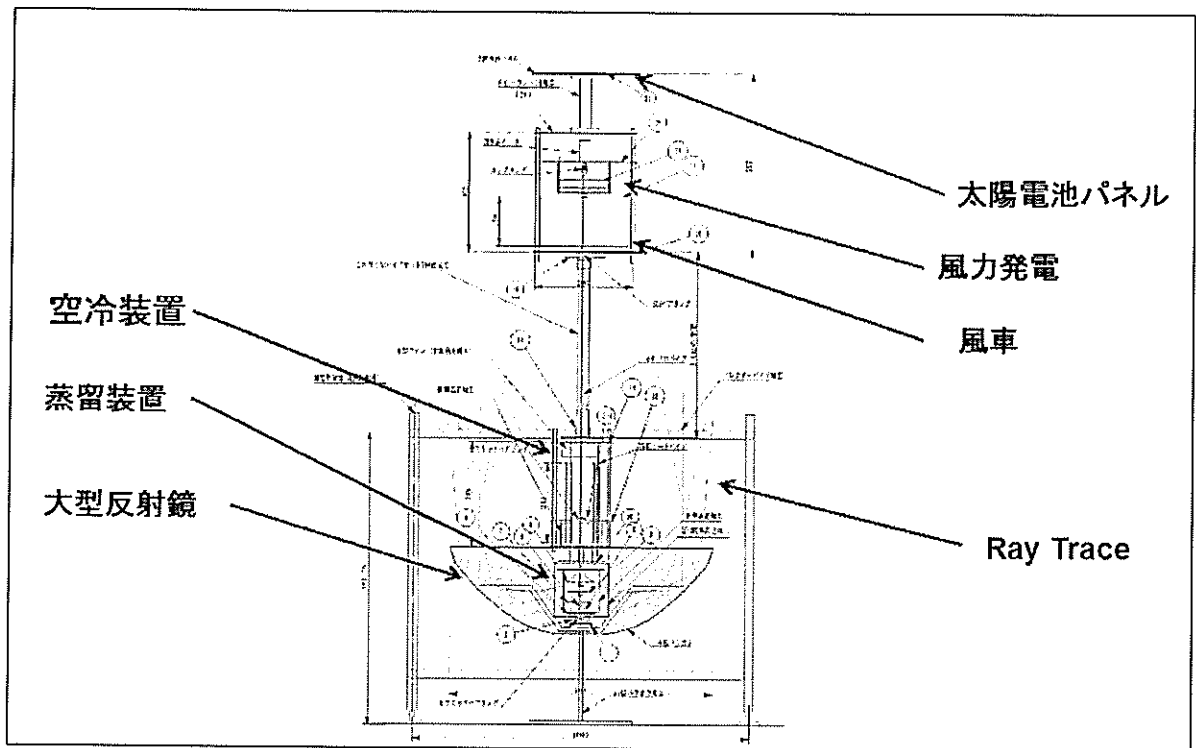


図 1 7 Ray Trace を利用したプロトタイプ 3 号機的设计結果

4.6 プロトタイプ 3 号機による実験結果

本装置は自然エネルギーのみで海水の淡水化を行うが、太陽光や風力は非常に不安定であり、さらに季節の影響も顕著である。再現性良く基本的な得るために、太陽光の集光による熱源に代わりリボンヒータを設置し、風車による回転エネルギーの代わりに風力アシスト用の小型モータを転用して淡水化装置の基本的な評価を行った。

装置を評価するためのパラメーターとしては、ヒータ温度、拡散板の回転数、導入海水量の 3 つとし、拡散板は基本形を使用した。図 1 8 は、拡散板の回転数を 400rpm、導入海水量を 10ml/min 一定とし、ヒータにより蒸発部温度を変化させた結果である。淡水化効率は投入水量と淡水化水量の比で求められる。ヒータ温度が 175℃までは淡水化効率は 23.5%付近でわずかな増加を示し、175℃以上で急激に増加する。この傾向は 175℃で導入される微細水滴が沸点を超えて蒸発量が大幅に増加したことによると考えられる。

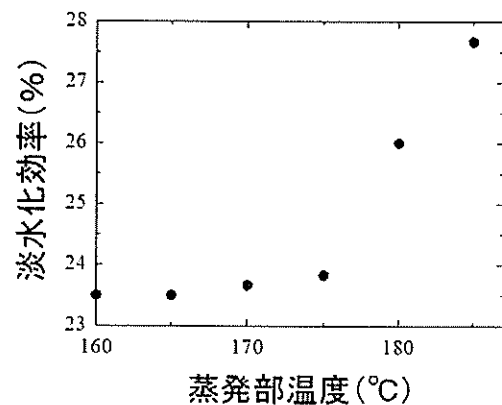


図18 蒸発部温度と淡水化効率の関係

プロトタイプ3号機で得られた蒸留水の評価を行った。測定は、株式会社共立理化学研究所の川の水調査キット、井戸水検査キットおよびヤマト科学株式会社のアクアチェック ecoを使用した。蒸留水は水道水の基準となっている含有有害物質の量について評価し、蒸留対象には川の水と海水を使用した。測定結果を表3に示す。また、比較としてミネラルウォーターを測定した。

表3 蒸留水の評価

調査内容	水道水基準 (mg/L)	ミネラル ウォーター	海水	海水 (蒸留後)	広瀬川	広瀬川 (蒸留後)
亜硝酸性窒素	10 未満	0.005	0.005	0	0.05	0.005
硝酸性窒素	10 未満	2	0	0	0.46	0.2
pH	6~8	8	7.2	6.4	7	6.5
塩分濃度	0	0	34(%)	0 (%)	0	0
硬度	300 以下	50	425	0	50	0

淡水化前の河川水、海水は共に亜硝酸窒素、硫酸性窒素などの人体に影響を与える物質が検出された。また、海水の塩分濃度は32%と高く亜硝酸窒素も検出された。蒸留後の河川水はこれらの有害物質が1桁以上減少し、海水は殆ど確認できなかった。海水については塩分濃度が0になり淡水化されていることが確認できた。しかし、両者共に蒸留水の宿命である硬度が0となってしまう問題が露見し、味覚の面からそのまま飲料水として使用することはできない。硬度については蒸留水にミネラル石を1日程度浸けておくことにより大幅に改善された。高温蒸留により生菌測定は不要とされているが、ミネラル石の導入により生菌数が増加する懸念もあることから、今後は生菌検査も進めていく必要がある。

第5章 まとめ

本研究を通じて以下の結果が明らかになった。

1. 単蒸留法という古来の方法に基づいて、蒸留効率の優れた海水の淡水化装置の基本形を完成させることが出来た。
2. 装置の問題は多々あるものの、熱量計算と近い値の蒸留水量を得られることが実験結果に基づく計算により確認できた。
3. 微細水滴評価装置による実証実験により、微細水滴拡散板の数、スリット数等が定性的ではあるが明らかになった。
4. 淡水化動作確認装置による実証実験において、8時間で2L程度の蒸留水を得ることが出来た。

5. 太陽エネルギーの測定では、パラボラ反射板の中央に位置したホウロウ鍋の内壁温度が3分で255℃まで達した。
6. 255℃の表面温度を有するホウロウ鍋に80℃の温水滴を入れたところ、瞬時に蒸発することが確認でき、本研究のイメージモデルを実証することが出来た。
7. 実証実験に基づいた数値計算から、赤道直下において、一日17リットルから56リットルの淡水が得られることが確認できた。
8. 太陽光をパラボラ反射板に入射させたRay Traceを用いてプロトタイプ3号機の配置設計をすることが出来た
9. プロトタイプ3号機による淡水化後の蒸留水の評価を行い、有害物質ならび塩分濃度の大幅な減少が確認できた。しかし、硬度については蒸留水の欠点が露見し、0という結果となってしまい、味覚の点では飲料水に適さないことが分かった。この問題はミネラル石の導入により解決できることが明らかとなった。

参考文献

- [1] 萩原文二, 橋本光一, “膜による分離” 講談社, 東京, 1975, pp.33-56.
- [2] “造水技術ハンドブック”、2004, 造水技術ハンドブック編集企画委員編, 財団法人造水促進センター, pp.131-132.
- [3] 公開特許公報 JP2007-204321
- [4] 脇坂 港 “凍結融解法による海水の凍結淡水化に関する研究”
URL: <http://www.saltscience.or.jp/kenkyu/jyoseilist/JAPsum/0512-J.pdf>