

〈第 32 回 山崎賞〉

1. 海水の淡水化に関する実験

静岡県立三島北高等学校

科学部 海水淡水化班 1年 鈴木智陽、森涼太郎、遠藤健人

1 研究の動機

本校では昨年度(平成26年度)より、SGH と呼ばれる文部省から援助を受けた事業がおこなわれている。その中で1年生では、週1時間の LWI(ローカル・ウォーター・イシュー:身近な水問題)という授業が開始された。そこで、我々科学部でも水問題の解決に向けて何か研究を始めたいと思った。

水問題について調べていると、日本だけでなく世界的に安心して飲める水に困っている地域が多いことを学んだ。一方、地球上には莫大な量の海水があることが広く知られている。しかし、この海水は 3.4%という多量の塩分を含み、そのままでは飲み水だけではなく生活用水にも使えないことを知った。

そこで、我々は身近な材料で、しかも自然のエネルギーを使い、生きるために最低限の飲み水を、海水から作れないかをテーマに研究することにした。

2 実験・方法・結果・考察(実験1～3を順に示す)

実験(1)「海岸での苗キャップによる淡水化実験」

ア 動機

海岸地域で、降水量の少ないところでは、飲料水を降水に頼ることができない。また、井戸を掘っても海水が混ざるため、淡水を得ることが難しいと思われる。そのような場所でこそ、自然エネルギーを利用して海水を淡水化する必要があると思った。

イ 目的

農業で使う“苗キャップ”を使い、地面にまいた海水により、どの程度の凝結水が得られるかを様々な環境条件下で調べる。

ウ 仮説

砂利浜の地面は、直射日光で高温に熱せられているため、砂利浜にまいた海水の一部は効率よく水蒸気になり、凝結して、淡水が滴り落ちると思われる。

エ 方法

1:海岸に条件の異なる 8 箇所の測定地点を設置し、同条件 3 個の苗キャップを並べて設置する。苗キャップの下に 500mL 程度の海水を散布し、キャップ内面の水蒸気の付きかたを見ながら 15 分～30 分程度放置する。その後、キャップ

内に付着した水をペーパータオルで採取し、実験室に持ち帰って計測する。

オ 結果

測定場所	水量 [mL/h]
1 基準点(まき水無し)	0.04
2 基準点(まき水有り)	0.60
3 波打ち際	0.42
4 袋溜に溜めた海水	0.03
5 ハマツメクサ上	0.05
6 ハマヒルガオ上	0.03
7 オオオナモミ上	0.22
8 ビロードモウズイカ上	2.04
9 松林中	1.14



写真1 淡水をふき取っている様子

表1 各地点での水採取量

カ 結論

- 1: 波打ち際から少し離れた計測基準点では海水をまかない場所でも、1時間当たり、平均0.04gの水分が採取できる。基準点と同じ部位に海水500mLをまくと平均0.60gの採水量が得られる。これは基準点(水無し)の15倍に相当する。
- 2: 植物が少し生えている地点では、1時間当たり平均0.104gと基準点(水無し)0.04gより多い。
- 3: 大型植物を被うように苗キャップを設置した地点では、1時間当たり平均2.04gと2基準点(水有り)0.60gより多い。

キ 考察

水蒸気が多くなるためには、地面の温度が高いことが不可欠と思われる。しかし、同じ場所で継続して凝結水を得ようとした場合、撒いた海水が、地面表面の温度を低下させ、その後の水蒸気量を減少させてしまう。そのため、結果的に凝結水の量が減ってしまうと予想される。一方、凝結水の採取を植物の蒸散を利用して行う方法は、短時間的な実験では効率的であっても、常時おこなう方法としては、植物へのストレスのため難しいと思われる。

実験(2) 「学校の屋上での改良型苗キャップによる淡水化実験」

ア 動機

実験1の結果から、海岸での水分蒸発量は、かなりの量(1時間当たり最大2.04g)になることがわかった。しかし、実験1では採集した水分がペーパータオルに吸収された状態だったので、なんとか液体状の水分として採取したいと思った。

そこで、表面がコンクリートではあるが、日当りの良い渡り廊下の屋上を擬似海岸として実験を発展させることにした。

イ 目的

- 1: 気温、表面温度、湿度を計測するとともに、海岸でおこなった実験1に相当する実験を屋上でも行い、比較する。
- 2: 凝結効率を増大させる付加装置(冷却管の増設)などの改良をおこない、効率良く液体状の水を採集する。

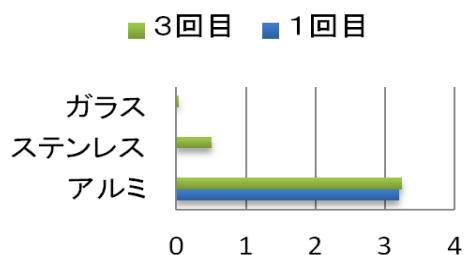
ウ 仮説

コンクリート上は海岸の砂利浜と同じような環境であり、コンクリート上で得られた淡水化技術は、海岸の砂利浜や他の同様な場所で役立てることができるはずである。

エ 方法

- 1: その後、コンクリート上でも、海岸と同様に苗キャップ内に凝結が起こるかを調べた。
- 2: 苗キャップ内の水蒸気を、液体状の水として、採取するために、苗キャップ内に冷却用の水を通す、6本のステンレス管(口径6mm)を通し、そこに19°C程度の水を流した。
※海岸では、真夏でも水温20°C以下の海水が得られるので、この海水の冷却効果を、凝結水量の増加に利用したいと考えた。
- 3: 冷却管の表面に生じる凝結水が、管を伝わり、下部に置かれた50mLビーカーに落ちるような仕組みを苗キャップ内に付け足した。
- 4: 冷却管は、その後、ステンレス管の他に、アルミ管(口径9mm)とガラス管(口径6mm)でもおこない、同じ条件下で、得られる凝結水の量を比較した。

オ 結果



グラフ1 冷却管の材質による違い



写真2 3種類の冷却管を付けた装置

カ 結論

- 1: 熱伝導率の良いアルミ管で、より多くの凝結水が得られることがわかった。また、冷却管を利用することで、凝結水を一定の場所に集められることもわかった。
- 2: 冷却管内の水は、冷却後3~4°C温度上昇することがわかった。
- 3: 冷却管のような大きな工夫をおこなった割には、苗キャップ内で、1時間当たり3.2mL程度の凝結水しか得られないことがわかった。

キ 考察

かなり苦勞して苗キャップに冷却管を取り付けた。また、冷却管に一定量の冷却水を流す工夫にも大変な思いをした。その工夫にもかかわらず、1時間当たり 3.2mL 程度の凝結水しか得られないという結果は、残念だった。

確かに、冷却装置を組み入れることで、ある程度の液体状の凝結水を得ることができた。しかし、これ以上この方向の工夫に時間と労力を払っていると、当初の「どこにでもある材料で、簡単に！」という目的から離れてしまうように思われる。

実験(3) 「学校の屋上でのペットボトルを利用した簡易装置による淡水化実験」

ア 動機

苗キャップを利用した淡水化装置を改良していくと、大がかりで持ち運びにくく、いろいろな場所で手軽に使えない道具になっていく。そこで、もっと身近な材料で、どこにでも安価で手に入り、誰でもすぐに作れるような装置を開発したいと思った。

イ 目的

ペットボトルというどこにでもある容器を使い、効率よく淡水を作る工夫をする。また、エネルギーもどこにでもある太陽光を利用する。

この研究では、ペットボトルの大きさ、形状、内部に入れる海水を保持する容器と保水材に工夫と改良を加える。

ウ 仮説

直射日光下(たとえ冬の日差しでも)で、1時間当たり、1 ペットボトル当たり 10mL の淡水の生成は工夫次第では可能だと思う。

エ 方法

1: 1.5~2.0L ペットボトルを上下に切断し、上下の部分を差し込み式につなげられるようにする。

2: 内部に 500mL のペットボトルを入れ、この中に保水材を詰め、そこに海水を蓄える。この内側のペットボトルの側面には大きな窓を付け、水分の蒸発が効率よくおこなわれる工夫をする。



写真3 内側ペットボトル(手前)と外側ペットボトル(向こう側) 図1 装置の内部構造
3: 500mL のペットボトルを 1.5~2.0L ペットボトル内に入れ、外側のペットボトルの継ぎ目を透明テープで密閉する。

4: 一定時間、ペットボトルを直射日光下に置き、一定時間後に外側のペットボトルの底に貯まった淡水(凝結水)を回収して、計量する。また、野外での太陽光照射時間や天候の状態も記録する。

5: (ペットボトルをたまに軽く叩くと、凝結した水滴が大きな玉になり、落ちやすくなる。)

カ 結論

以上の結果より、ペットボトルを利用した淡水化に最適な条件は、

- ① 保水材に、「新聞紙を巻いて芯とし、その周囲を厚くペーパータオルで巻いたもの」、または、「ミズゴケを黒く染め、ネット包帯で円筒形にまとめたもの」が有効
- ② ペットボトルの大きさは、1.5Lまたは、2.0Lが、1時間当りの採水量や、加工のしやすさから好ましい。
- ③ 設置場所は、黒色のダンププレート(吸熱性のよいもの)の上がよい。
- ④ 天候は、晴天時がよい
- ⑤ 季節は、夏でなくても真冬であっても、晴天時であれば可能
- ⑥ ペットボトルの大きさと1.5Lまたは、2.0Lの場合、晴天時、1時間当りの採水量は最大6[mL/h]が得られる。現在(H28.2月)最大18[mL/h]を達成している。

キ 考察

1: 保水材については、いろいろな材料を十分試したわけではない、①材質的に吸熱性がよく、②黒色で、③保水性が高く(立体的に多くの水分を保ってられる)、④蒸発する表面積が広い、⑤入手しやすく、⑥雑菌が繁殖しにくく、⑦分解、変質し難い(耐久性がある)などの条件について、より適した材質を探し、試していきたい。

たとえば、台所用スポンジ、吸水性ポリマー(紙おむつ・園芸などで使われる)、書道の半紙、フローラルフォーム、などを検討している。

3 参考文献

・『水の科学・科学館③海水を淡水化する方法』

<http://homepage1.nifty.com/shincoo/m133kagaku3.html>

・『WIRED』

<http://wired.jp/2011/11/19/>太陽熱を利用した「かまど」のような浄水器

・『自転車用飲料水製造器 Fontus 発表、空気中の水蒸気を取り出しボトルに貯蔵』

<http://japanese.engadget.com/2014/11/19/fontus/>

・『【電力不要】海水を飲料水に変える！家庭用「淡水化装置」がオシャレ』

<http://tabi-labo.com/163910/eliodomestico/>

・『植物図鑑』

http://www.plantsindex.com/plantsindex/demo_html/demo_db/result15140.htm

・『植物図鑑』

http://www.plantsindex.com/plantsindex/demo_html/demo_db/result47080.htm