

「琵琶湖の下位蜃気楼発生時の湖上の気温について」

澤田壮一郎、新愛弓、泰地孝昌、藤林瑛貴、藤村咲希、中井結衣、村山保、高橋信幸

〈概要〉

平成25年度、京都府立桃山高等学校自然科学科2年生6名が、課題研究において、「下位蜃気楼の形成原因」の研究を行った。その研究の中で、滋賀大学調査艇「清流Ⅲ」において蜃気楼発生時の上空の気温変化を気球によって観測した。その結果、下位蜃気楼の発生時の暖気の層の厚さが10m程度であることがわかった。

1. はじめに

蜃気楼というと日本では富山湾（魚津の蜃気楼）が有名であるが、琵琶湖にも頻繁に発生している。

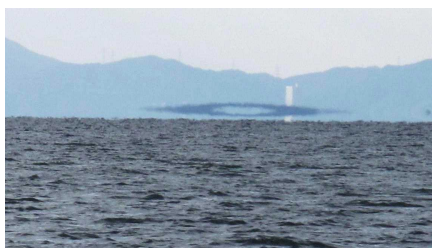


図1 琵琶湖大橋の下位蜃気楼

蜃気楼の発生原因については、アメダスやピワコダス、地上気象観測、琵琶湖の水温・気温調査のデータ等を使った先行研究が行われており（伴禎（2003）他）、伴禎（2003）は琵琶湖の湖上約10mの高度の気温測定から、蜃気楼の発生を確認させる逆転層が成立する時間は湖上気温が水温を上回る時間と比例すると指摘している。

2013年5月以降、晴天で風の弱い日に何度か琵琶湖を訪れたが、ほとんどの日に蜃気楼が観察できた。図6の写真撮影地点は滋賀県草津市野洲川河口付近の砂浜（マイアミ浜）で、南小松沖に停泊する「清流Ⅲ」を観察した。調査艇清流までの距離は6000mである。本論文では、滋賀大学の調査艇「清流Ⅲ」での気温観測（2013年9月21日）の結果と、木下正博（1997）の実験装置を一部改良して蜃気楼の室内実験を行った結果と比較検討して琵琶湖の下位蜃気楼の形成について考察した。

2. 方法

(1) 蜃気楼観察の方法

図2の撮影地点（マイアミ浜）で撮影を行い、同時に近江舞子（南小松）沖に停泊した「清流Ⅲ」から、湖上の気温を測定するために、気球に自記温度計を付けて上昇させ、約22mの上空までの気温観測を行った。温度計は、ボタン型温度データロガー「サーモクロンGタイプ」（KNラボラトリーズ）を使用し、気球を1分ごとに1mずつ上昇させて気温測定した。（表示最小単位0.5℃）

(2) 室内モデル実験の方法

約10cmの空気の層の上下をジュラルミン板ではさみこみ、上側のジュラルミン板をドライアイスで冷却し、下側のジュラルミン板をニクロム線で温めた。下側のニクロム線は10Ωで長さ約40cmの巻き線状のものを直列に5

つつないだものを2セット用意して並列接続した。このニクロム線の上下を耐熱ウンモシートで覆い、長さ2m幅20cmのジュラルミン板2枚の間に挟み込んだ。机とジュラルミン板の間は断熱を確保した。ニクロム線には交流電流を流して温めるようにした。回路の電力量を計測できるようにし、約10cmの空気層の上下に設置した熱電対温度計で空気の温度を測定した。

3. 結果

観測当日の滋賀県は帯状の高気圧に覆われて穏やかな晴天となり、放射冷却で近江盆地の気温は17.0℃（南小松アメダス）まで下がった。南小松のアメダスの9時から13時のデータである。なお、清流Ⅲの船上での気温は28.2℃で、風向は東、風速1.3mの風が観測された。

時刻 (時)	気温 (℃)	風速 (m)	風向	日照 時間
9	23.8	1.8	南東	1.0
10	24.9	1.6	東南東	1.0
11	25.1	1.9	東南東	1.0
12	25.3	2.8	東	1.0
13	26.0	1.9	東	1.0

2013年9月21日の南小松アメダスのデータの一部
(気象庁HPより)

一方、写真撮影地点のマイアミ浜では北の風で湖からの風であり、両地点ともに湖風が観測されることになる。また、この時間帯の雲量は0で、晴天であった。「調査艇清流Ⅲ」「撮影地点」「南小松」の位置は図2のようになっている。



図2 蜃気楼の観察地点

気球による観測は午前11時00分におこなった。7mの高さまで気温は下がるが、それより上空はほぼ一定であ

る。湖面付近に暖気が存在し、上空は気温が一定の冷気層となっている。蜃気楼が観察できる高さ3m付近までの大気の温度差は約3℃である。なお、グラフの高度0mは湖面で、湖面よりも約30cmの高さから観測を行った。

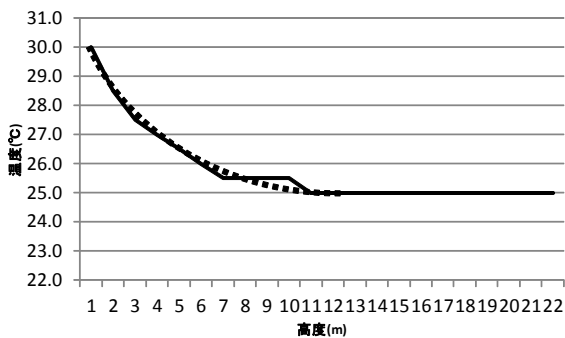


図3 「清流」による気球観測結果



図4 南小松沖に停泊する調査艇清流Ⅲと下位蜃気楼
(対岸の景色も下位蜃気楼が見える。)

船の上に丸く見えるのが観測気球である。下位蜃気楼には気球は写っていないので、高さ約3mの部分の反転の像であることがわかる。

室内モデル実験では、空気の上(65℃)下(22℃)を約40℃の温度差にした時に下のジュラルミン板から高さ約2cmの下位蜃気楼が観察できた(図7左)。また、図7右の写真において、下から2cm以外の部分には像のゆがみは見られない。これは、下2cm以外の部分には、ほとんど温度変化がないためと考えられ、約40℃の温度差は下2cmの部分と考えられる。これは、ドライアイスの冷気による下降気流で暖気が押し上げられているためと考えられる。

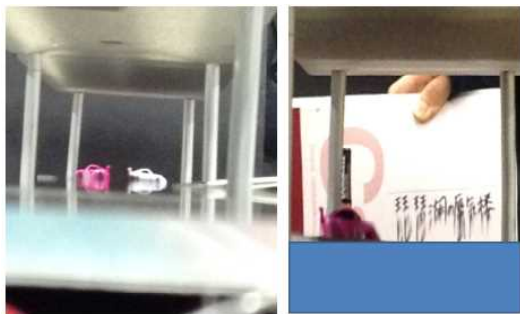


図5 実験装置で発生した下位蜃気楼

4. 考察

(1) 近江盆地と琵琶湖の湖面付近の大気

観測日は未明から晴天で、近江盆地は放射冷却で冷気に覆われた。ところが、琵琶湖は水の熱容量の高さのために気温(最低気温17.0℃)よりも水温が高く(24.5℃、11時観測)、また、日射による水面での全反射も加わり湖面付近の気温は30.0℃になったものと考えられる。当日の近畿地方は高気圧に覆われており、高気圧の下降気流で押し上げられた暖気が水面付近に安定に存在していたことが考えられる。

(2) 琵琶湖の蜃気楼とモデル実験の比較

ア 大気の温度差から密度比を求める

琵琶湖・実験器ともに上下の大気圧はほぼ一定なので、圧力一定下での密度 ρ と温度 T の関係を示すシャルルの法則をもとに計算すると、上下の大気の密度比が実験器のほうが琵琶湖よりも約14.6倍が大きいことになる。

イ 長さの比から密度比を求める

もし、モデル実験器で3m(琵琶湖の蜃気楼)の高さの蜃気楼を作ると仮定すると、実験器の長さは420[m]となる。琵琶湖での観測点(マイアミ浜)と蜃気楼の距離は6000mなので、 $6000/420 = 14.3$ となり、上下の大気の密度比は実験器のほうが琵琶湖よりも約14.3倍大きいことになる。

ウ アとイの比較

アとイの密度比が大変近い値になっている。空気の屈折率は空気の密度、組成、光の波長によって変化するが、空気の組成と光の波長は同じであり、空気の屈折率の密度による変化は温度差が今回の実験程度の範囲であれば線形で近似できる。従って密度比は屈折率の比であると考えることができ、実験器で形成された蜃気楼によって、実際の琵琶湖の蜃気楼の状態をある程度考察できるのではないかと考えられる。

5. まとめ

- (1) 琵琶湖の下位蜃気楼を形成する暖気層(蜃気楼層)の厚さは数mから10m程度である。
- (2) モデル実験器によって下位蜃気楼を形成することが可能である。(モデル実験器の下位蜃気楼の観察で実際の蜃気楼の状況の考察を行える可能性がある。)

6. 参考文献

- 「空気の温度差で作る蜃気楼発生装置」, 木下正博, 1997
 「琵琶湖の蜃気楼の発生状況について」, 伴禎, 2003
 「琵琶湖北湖における上位蜃気楼」, 松井一幸, 2004
 「蜃気楼で遊んでみよう」, 東京電機大学大学院未来科学研究科, 2009