

2013年4月21日に城ヶ島で見られた蜃気楼のレポート

松濤誠之

2013年4月21日に学習院高等科地学部は神奈川県三浦市城ヶ島の巡検を行った。この日は全国的な記録的低温であった。雨が止んだ直後に城ヶ島から伊豆大島の方向に、海面から伊豆大島が浮かんで見える下位蜃気楼が発生していた。天気図、レーダーアメダス合成図、そして城ヶ島最寄りの三浦のアメダスによるデータを考察すると、この日に蜃気楼が発生した要因は、城ヶ島付近の気温と海水温の温度差が大きかったこと、雨があがり視程がよくなったこと、風速があまり大きくなく海面付近の空気の成層状態が保たれていたことなどがあげられる。

1. はじめに

2013年4月21日、学習院高等科地学部員3名（大月、池野、西堀）と顧問の松濤は、神奈川県三浦市城ヶ島に地層観察の巡検を行った。当日は城ヶ島に10時頃に到着したが、朝から降り続いていた雨が強く4月にしては非常に寒く感じたため、12時頃まで城ヶ島の西端にある灯台近くの喫茶店で雨宿りをしていた。11時すぎから徐々に雨が弱まったため、12時頃に喫茶店を出て島の南西が見える海岸へ移動した。そしてわずかに雲の切れ目から日が差してきた12時20分頃に城ヶ島から伊豆大島をみると、図1のように伊豆大島が海面から浮かんで見えることに気が付いた。一同はみな蜃気楼を実際に見るのは初めてで歓喜の声をあげながらその眺望を楽し



図1 観察された蜃気楼
 (上) 城ヶ島から見えた蜃気楼、伊豆大島の北端付近が海面から浮いている。
 (下) 伊豆大島南端方向にいた大型船舶の写真。反射した鏡面像が観察できる。

んだ。しかし蜃気楼は長くは続かず約 10 分程度で消失してしまった。

本レポートではこのような蜃気楼がこの時間に発生した要因について当日の気象データを用いて考察したい。

2. 観察された蜃気楼

まず簡単に蜃気楼のみえる原理について説明をしたい。蜃気楼とは温度の異なる空気密度差によって光の屈折が生じ、遠くの景色などが上方に伸びて見えたり、下方に映ったように見えたりする現象である。

蜃気楼には上方蜃気楼と下方蜃気楼の 2 種類が知られている⁽¹⁾。上方蜃気楼は冷たく密度の大きい空気の上に暖かく密度の小さい空気が存在するときにおこり（図 3(a)）、観測者からは遠くの景色が実際よりも上方に伸びたように見える。蜃気楼の名所として知られる富山湾において春に見られる蜃気楼や、流水の上で観察される蜃気楼はこのタイプである。

一方下方蜃気楼は暖かく密度の小さい空気の上に冷たく密度の大きい空気が存在するときにおこる（図 3(b)）。水平線は普段の位置より下部に見え、遠くの島が浮かんで見える事や下方に一部反射したように見える事がある。夏にアスファルトの上に見られる「逃げ水現象」と原理は一致している。

図 1 (上)の水面付近をみると、伊豆大島の端が海面より浮いているように見え、図 1 (下)の伊豆大島方向にいた大型船舶は水平方向に線対称な鏡面像が観察できることから、今回城ヶ崎において観察されたのは下位蜃気楼である。つまり我々が蜃気楼を目にした時刻には海面付近が暖かく、その上位に冷たい空気が存在する成層状態が整っていたといえる。

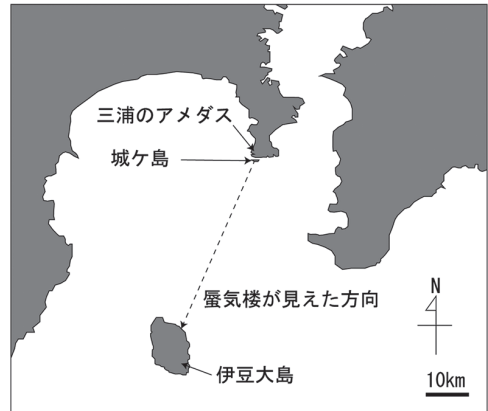


図 2 城ヶ島周辺の地形と蜃気楼が見えた方向

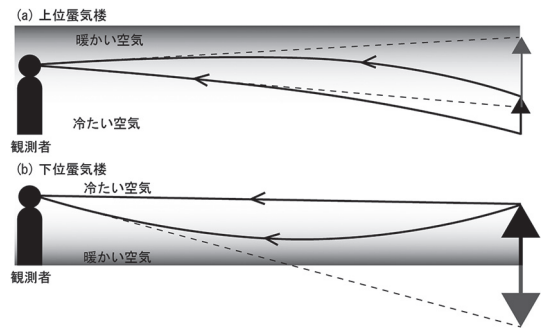


図 3 蜃気楼の原理

- (a) 上位蜃気楼 光が上に凸に曲げられるので実際よりも上に伸びた像が見える。
- (b) 下位蜃気楼 光が下に凸に曲げられ、反転した像が見えたりする。

3. 4月21日の天気の考察

下位曇気層が見える空気の温度状態になった理由に関して4月21日の総観スケールの天気から考察してみたい。

4月21日は東北から東日本は寒い一日となり、日最高気温は平年値から約 10°C 、日最低気温も平年値を $2\sim 6^{\circ}\text{C}$ 下回った。マスコミの報道では、「東京では10時台に最低気温 5.3°C を観測し、48年ぶりに4月下旬に 6°C を下回る記録的な寒さ」、「長野、福島、仙台は1961年の観測開始以来、最も遅い積雪。」などという報道がなされた。

図4は21日12時における地上天気図である。福島沖、相模湾沖、紀伊半島の南の海上にそれぞれ中心気圧 1004 hPa 、 1002 hPa 、 1004 hPa の前線を伴わないメソスケールの低気圧があり、東西には高気圧がある。

福島沖の低気圧は20日15時に駿河湾の南の海上において 1012 hPa で発生し、東進した後、伊豆半島の南で進路を変え北東進しこの場所に至った。相模湾沖の低気圧は20日15時に鹿児島県の西の東シナ海上で発生し、東北東進し、相模湾に至った。四国の南の低気圧は一番遅く図4の21日9時の天気図において初めて解析された。

図5の 500 hPa （上空 5500 m 付近）の天気図を見ると、このトラフはジェット気流から切り離されて寒冷渦となっており、中心付近は雪の目安である -30°C 以下の寒気を広く伴っていた。また、図6の 850 hPa （上空 1500 m 付近）においても雪の目安となる -6°C 以下の寒気が寒冷渦の中心付近と日本海中部に存在しており、これが長野、福島、仙台の遅い積雪をもたらしたと考えられる。

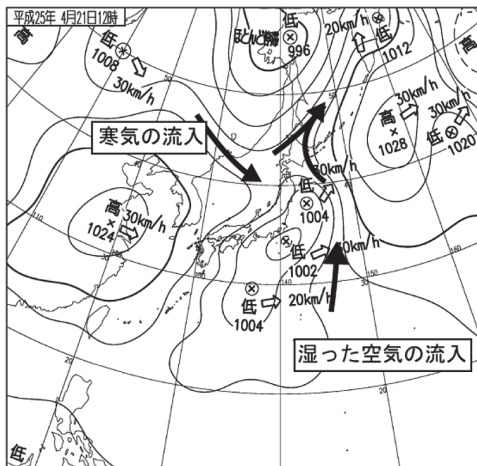


図4 平成25年4月21日12時の速報天気図(加筆)
寒気と湿った空気の流れを加筆した。(気象庁より)

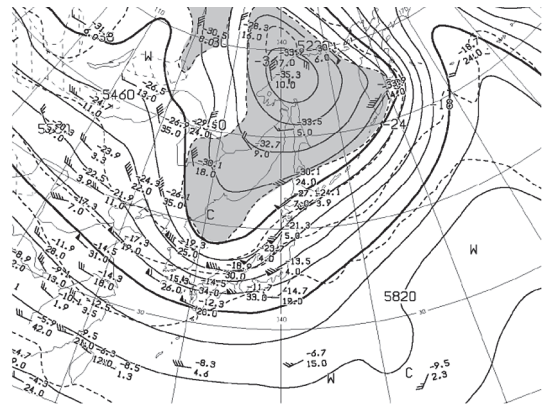


図5 500 hPa 高層天気図
2013年4月21日9時(00 UTC)
太実線: 高度[m], 破線: 気温 $[^{\circ}\text{C}]$, 矢羽: 風向・風速[ノット](短矢羽5ノット, 長矢羽10ノット, 旗矢羽50ノット)
 -30°C 以下を色付け(ウェザーニュースのものを加筆)

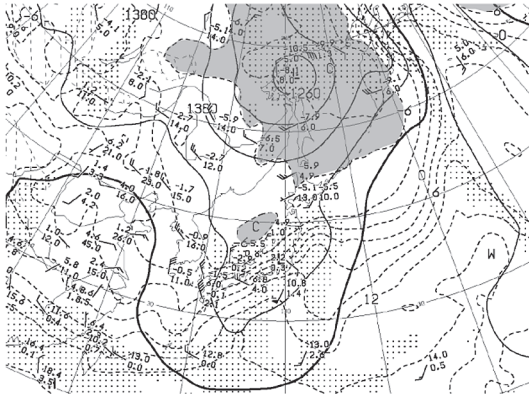


図6 850 hPa 高層天気図
2013年4月21日9時(00 UTC)
太実線: 高度 [m], 破線: 気温 [°C], 矢羽:
風向・風速 [ノット] (短矢羽5ノット, 長
矢羽10ノット, 旗矢羽50ノット)
-30°C以下を色付け (ウェザーニュースの
ものを加筆)

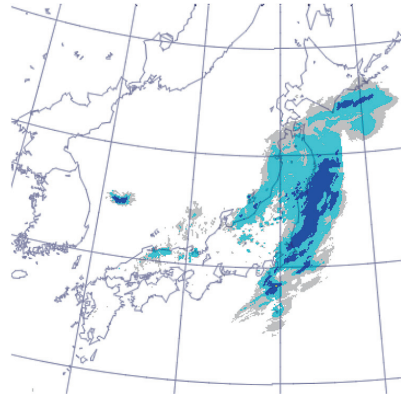


図7 4月21日12時30分のレーダーアメダス
合成図
着色域が蜃気楼が見えた時刻の降雨域を
表す。ちょうど城ヶ島付近が帯状の降雨
域の西端に位置し、蜃気楼の発生が雨上
がり直後であったことがわかる。(ウェ
ザーニュースより)

地上の3つの低気圧はいずれも図5に見られるように東日本上空500hPaに見られるトラフの前面で発生した。それぞれはメソスケールの低気圧だが、図4のように3つの低気圧が作る低圧域は関東地方を中心に広く本州を覆い、これに向かって北西からの低温な空気が流入し季節外れの寒さにつながったと考えられる。また、低圧域の南東からは海上からの湿った空気が流入し低圧域の東端に図7に見られるような帯状に降水をもたらした。

このあとの低気圧の盛衰を追うと、福島沖と相模湾沖の低気圧は21日21時に合体し、寒冷前線を伴う1000 hPaの温帯低気圧へと変化した。23日18時にはこの低気圧にさらに四国の南の低気圧がカムチャッカ半島付近で合体し984 hPaまで成長した。寒冷渦発生時によく見られる持続時間の長い経過を辿った。

4. 4月21日の海水温の考察

図8の気象庁による観測で解析された海水温分布によると、この日の城ヶ島付近の海水温は17~18°Cである。図9の平年差の分布によると、-0.5~-1°Cの範囲であり海水温は平年と大きく変わらなかったことがわかる。一般的に海水は大気に比べ比熱が大きく、また太陽光を深くまで透過し、鉛直混合により熱を素早く深部へ伝えるため水温の日偏差は小さく、風速などによって変化するが概ね0~1°Cの変動幅に入っている⁽²⁾。

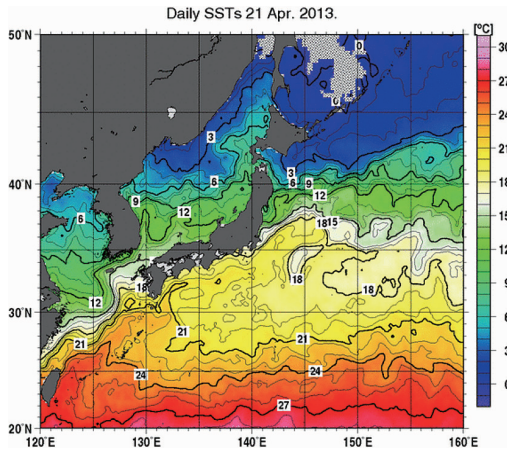


図8 4月21日の日別海面水温
城ヶ島付近の海水温は約17°Cである。(気象庁より)

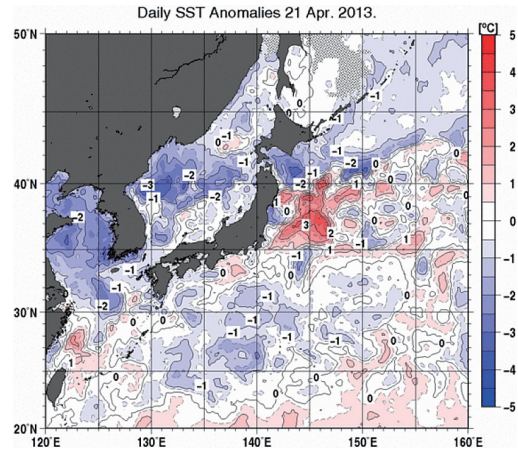


図9 4月21日の日別海面水温平年差
城ヶ島付近は平年差-0.5~-1.0°Cである。(気象庁より)

5. 城ヶ島付近の三浦のアメダスからの考察

蜃気楼の見た時刻における海面付近の気温の推定値として、蜃気楼の見た場所から北北東へ約4 kmにある、三浦のアメダス観測地のデータを用いて考察したい。

当日の三浦の気温は図10に見られるように、当日の6時～12時は平均気温が約5.6°Cであるが、12時から15時の間に平均気温が約3.6°C程度上昇し、その後15時～21時には平均気温が9.2°Cとなっている。この上昇は天候が回復し日射量が増えたことが主な理由であろう。このように蜃気楼が発生した12時20分の気温は6.4°Cで、海面水温とは10°C以上の大きな温度差があったが、時間と共に温度差は小さくなっていった。

また三浦のアメダスの降水データによると、三浦において降水は11:30まで観測されていた。図7の12時30分のレーダーアメダス合成図においても蜃気楼が発生した12時30分ごろにちょうど降雨帯が三浦半島を抜けており、城ヶ島からの視程が良くなり大島が見えるようになったことに相当することがわかる。

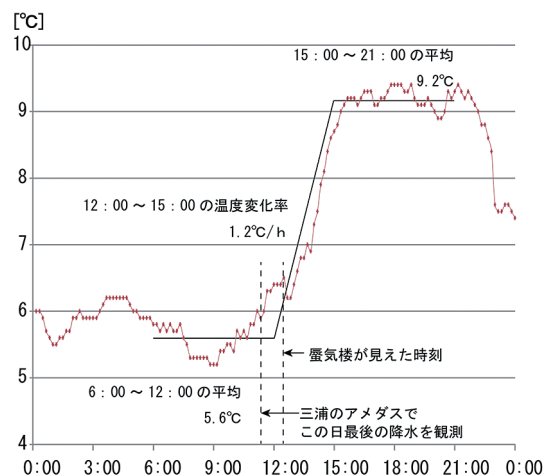


図10 三浦のアメダス気温時系列グラフ
蜃気楼が観測された12:00を挟んだ時間帯に急速に気温が上昇していることがわかる。

三浦のアメダスの風のデータをみると、12時～13時は北北東の風で、風速は4.1 m/sであった。もし風速が大きいと海面付近の温度の高い空気層はその上の低温な空気層と混ざってしまうので、あまり風が強くなかったのも、温度差のある成層状態を保ち、蜃気楼を発生させる要因であったのであろう。しかし実際に蜃気楼が見られたのは10分程度であったので、もっと風が弱ければより長い時間発生していたのかもしれない。

6. ま と め

以上の考察から、今回我々が目にした蜃気楼の発生要因は、以下の事柄があげられるであろう。

- ・上空のトラフと低気圧による季節外れの低温に対して、海水温は平年並みで海面付近の空気とその上の空気の温度差が大きかった。
- ・降雨帯が通り過ぎ視程がよくなった直後で、その後の気温上昇前であった。
- ・風速があまり大きくなく、海面付近の空気の成層状態が短時間ながら保たれていた。

以上のように蜃気楼に関してレポートしてみたが、当日は巡検には厳しい悪天候ながら、勇気を出して足を運んだ地学部員一同に対しての地球からのご褒美に感じた。

最後に参加した生徒の感想を掲載したい。

西堀 宏隆（高3）

今回の巡検は自分にとってかなり久しぶりのことであったのでこの機会にまた巡検の魅力を確認することが出来た。教科書では取り入れることに限界がある知識や情報を自分のものにできるという点だ。地層に見られる火焰構造は実際に見ると本当に炎のように見え、また蜃気楼は島が浮いている様を克明に観察することが出来た。ただ部屋の中にいるだけでは手に入れられない新鮮な経験をすることが出来、充実した一日を送ることが出来たのである。この先こうした経験を生かし、自らの足で自発的に知識を取り入れていきたい。

池野正一郎（高1）

午前中は悪天候の中活動を行ったので浮島現象は神秘的なものに見えました。本来の目的の「城ヶ島の地形観察」とは大きくそれているのですが、今後の地学部の活動にも役に立つ貴重な経験ができたと思います。

大月 満（高1）

僕は蜃気楼を見つけるまではあまりそれについての知識も知らず、関わりもなかった。だが実際に島の先端がういていることに気付いた時、僕は驚いた。あの光景は今でも鮮明に覚えている。自然の現象というのはテレビや動画サイトで見るとよりもやはり自分の目で見つける時の楽しさの方がいいんだなと実感した。そしてこのようないつどこで起こるか分からない現象を見られてとてもラッキーだったと思う。さらに悪天候の中をしのいだ後だったのでより一層思いは強くなるものである。

文 献

- (1) 武田康男：「楽しい気象観察図鑑」，草思社 pp. 101 (2005)
- (2) 近藤純正：「地表面に近い大気の科学」，東京大学出版会 pp. 156 (2000)