

1. 北海道は蜃気楼（しんきろう）の名所

小樽市総合博物館 学芸員 大 鐘 卓 哉

1. はじめに

蜃気楼とは、海上にありもしないはずの異国の町並みが見えるという不思議な現象として認識をしている方もいますが、実は様々な気象条件が重なったときに光が屈折し景色が通常とは違って見える現象で、「大気光学現象」の一種なのです（図 1）。日本で蜃気楼が見られる有名な場所は、富山湾やオホーツク海とされていましたが、近年の研究により石狩湾や琵琶湖などでも毎年観測の報告がされるようになりました（参考サイト 1, 2）。さらに調査してみると、北海道では多くの地域で蜃気楼の観測報告があり（文献 2）、日本の中でも注目すべき「蜃気楼多発地域」であることがわかってきました。不思議で、珍しく、希な自然現象である蜃気楼は、北海道の大自然の魅力のひとつです。本講演により、みなさんの蜃気楼に対する気象学的な理解が深まれば幸いです。さらに、より興味が深まるように蜃気楼の歴史的な背景についても紹介します。



図 1. 見たこともないような風景が広がる石狩湾の蜃気楼(2008 年 6 月 23 日撮影)

2. 蜃気楼の歴史

紀元前の中国の書物『史記』の中に「海旁蜃氣象楼台」という一節があります。「蜃」とは海中に住むといわれる想像上の妖怪で、大ハマグリあるいは蛟（みずち：龍の仲間）とされています。それが妖しい「気」を吐き出して、「楼（高い建物）」を作ると考えられていたようです。

日本国内では、江戸時代に蜃気楼を見た記録が数多く残されています。東海道の宿場町であった四日市（三重県）から見られる伊勢湾の蜃気楼は、名所や名物を紹介した『東海道名所図会（文献 6）』で紹介されていました。それにより、当時の多くの人々に知られることになっていったと考えられます。また、蜃気楼を題材とした絵画や工芸品も江戸時代以降に数多く作られました。浮世絵（図 2）、掛け軸、絵皿（図 3）、鉢や根付などそれらは多種多様です（文献 4）。それらの中に表現されているものは、当時の蜃気楼の概念である「大ハマグリ」から吐き出される「気」の中に現れる「楼閣」となっています。蜃気楼は珍しい現象であることから「吉兆」の象徴として当時の人々に好まれていたと考えられます。

北海道では石狩湾で江戸時代後期に蜃気楼が観測された記録があります。蝦夷地を探検した松浦武四郎は、1846(弘化3)年の旧暦5月に、小樽の海上を航行中、高島岬などが蜃気楼になって見えた『西蝦夷日誌(文献7)』に記しています(図4)。当時の人々は、小樽沖の蜃気楼を「高島おばけ」と呼んでいたとされています。



図2. 浮世絵『春季蜃気楼』1862(文久3)年 国貞(二代目)
大ハマグリの出す妖気の中に楼閣が描かれている



図3. 蜃気楼図の絵皿
大ハマグリの出す妖気の中に
楼閣が描かれている

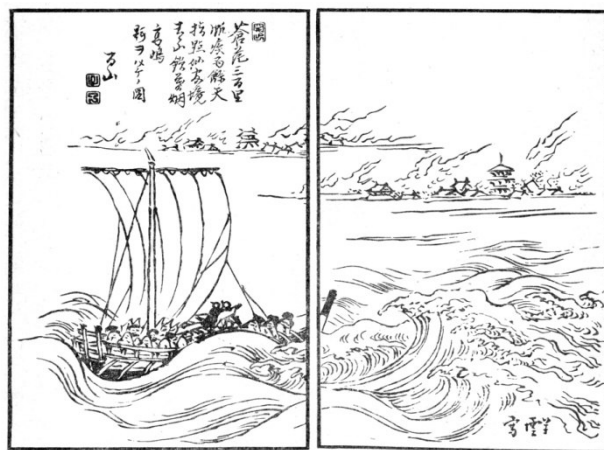


図4. 高島おばけの図 田崎草雲画
松浦武四郎著『西蝦夷日誌』の挿図

3. 蜃気楼の光学的な原理

蜃気楼を科学的な視点で見ると、光の屈折現象として説明することができます。蜃気楼は、光が屈折し進路が変わることで景色が通常とは違って見える現象です。ですから異国の風景が見えるわけではありません。ただし、蜃気楼による変化が大きい場合、見たこともないような風景が広がるため、そのように感じてしまうのでしょう。

光の屈折を説明する教科書的な事例として、空気中から水中へ光が進入するとき、境界面で光の進む方向が変わるということがあげられます(図5)。これは空気中よりも水中の方が光の速さが遅いためです。同じ媒質でも、密度が大きい方が光の速が遅くなるので、その密度の異なる境界でも光が屈折します。上層の密度が小さく下層の密度が大きい場合には、その境界では光が凸状に曲がって進みます(図6)。

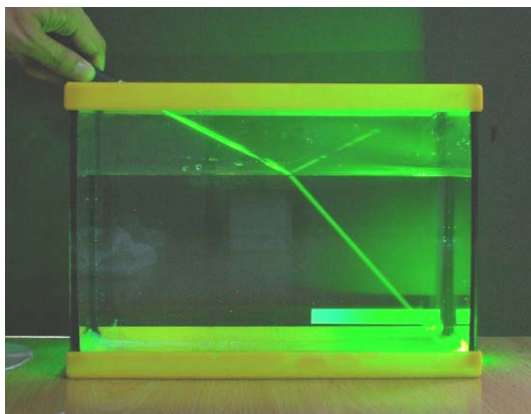


図 5. 空気中から水中へ光が進入する様子

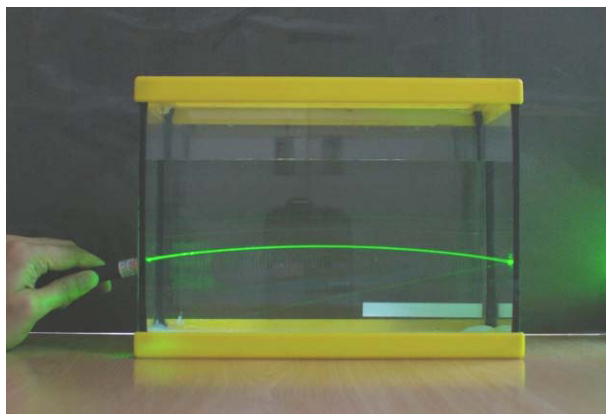


図 6. 上層の密度が小さく、下層の密度が大きい場合のその境界での光が進む様子

冷たい空気の密度は、暖かい空気の密度よりも大きいので、温度の異なる空気の境界でも光の屈折現象が生じます。温度差が大きいと屈折が大きくなり、景色が大きく変化して見えることで、蜃気楼として認識されることになります。暖かい空気と冷たい空気の位置関係により光の屈折する方向が異なるため、蜃気楼には大きく分けて「上位蜃気楼」と「下位蜃気楼」の2つのタイプに分けられます。

(1) 上位蜃気楼

上層の空気が暖かく下層の空気が冷たい上暖下冷の気層構造の場合、光が凸状に進みます。実像の上に虚像が反転して見られるこの現象を上位蜃気楼と呼びます(図7)。限られた場所で、限られた期間にしか観測されない珍しいタイプの蜃気楼です。一般に蜃気楼という場合はこちらのタイプを指します。海市、山市、狐の森などとも呼ばれていました。海水温がまだ冷たいのに陸地の気温が高くなる春から初夏にかけて発生し、海面越しの対岸の景色が蜃気楼になります。石狩湾の場合は4月から7月が発生しやすい期間です。また、北海道では厳冬の陸域で、放射冷却現象などにより下層が極端に冷たくなると、相対的に上暖下冷の気層構造になり、上位蜃気楼が発生します。2001年1月には札幌でも観測されました。放射冷却現象によりとても冷え込んだ日の早朝に、手稲山の山頂付近から日高山脈や大雪山などの山並みが大きく変化したのです(図8)。

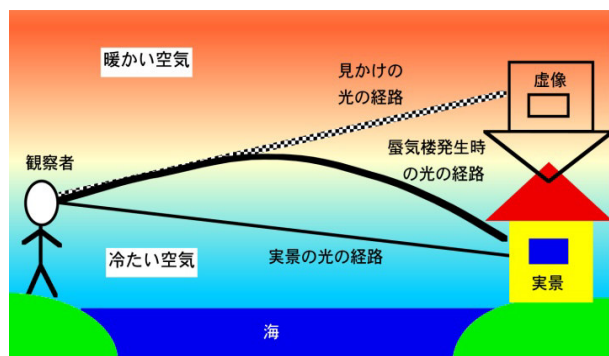


図 7. 上位蜃気楼発生時の空気の温度構造と光の進路



図 8. 手稲山から見たトムラウシ山と十勝連峰の上位蜃気楼
(2001年1月19日中谷輝千代氏撮影)

(2) 下位蜃気楼

上層の空気が冷たく下層の空気が暖かい上冷下暖の気層構造の場合、光が凹状に進みます。

実像の下に虚像が反転して見られるこの現象を下位蜃気楼と呼びます(図 9)。いたるところで、ほぼ年中見ることができるので、特に珍しくはない現象です。熱いアスファルトの道路に見られる逃げ水現象(図 10)と、島が海上に浮いて見える浮島現象は下位蜃気楼で、砂漠に見られるオアシスの蜃気楼もこのタイプです。

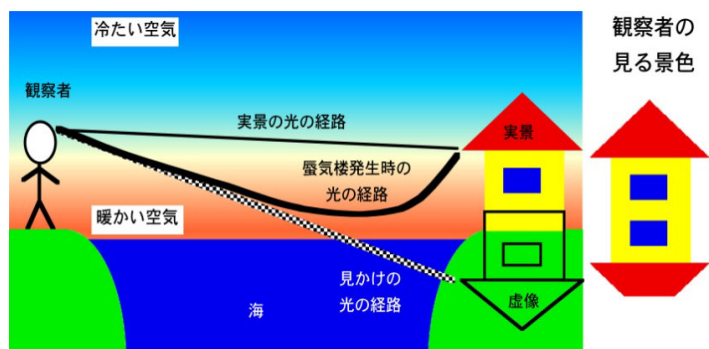


図 9. 下位蜃気楼発生時の空気の温度構造と光の進路



図 10. アスファルト面に見られる「逃げ水」現象

(3) 蜃気楼の実験

蜃気楼は光の屈折現象なので実験により再現することができます。ガラス水槽の中に、密度の小さい媒質として水道水を上層に、密度の大きい媒質として食塩水を下層に混ざらないように入れます。密度の異なる層の境界では光が屈折し、上位蜃気楼を再現することができます。本講演でこの実験を試してみましょう。

4. 上位蜃気楼が観測される地域

上位蜃気楼は、全国的にも報告事例が少ない珍しいタイプの蜃気楼です。限られた地域でしか報告されておらず、毎年のように観測報告があるのは、石狩湾、オホーツク海、苫小牧沖、富山湾、琵琶湖、猪苗代湖の 6 地域だけです(図 11)。かつての蜃気楼の名所であった伊勢湾では最近の報告例はほとんどありません。他にも多くの地域で上位蜃気楼の観測報告がありますが(図 12)、継続的に発生しているかは確認できていません。それらの地域で継続的に観測を行っていないので、わからないのです。



図 11. 日本国内で上位蜃気楼が毎年観測されている地域



図 12. 北海道で上位蜃気楼の観測報告がある地域

5. 石狩湾における上位蜃気楼の観測事例

筆者は石狩湾における上位蜃気楼の観測を 1998 年から継続的に行っています。2000 年からは小樽市高島にインターバル撮影カメラを設置し、石狩湾新港方向と山口方向の観測を行っています（図 13）。また、蜃気楼が発生しそうなときには筆者自身による観測も行っています。それらの調査の結果、石狩湾において上位蜃気楼が毎年発生していることを確認しています。4 月から 7 月にかけて毎年 10 回程度、その中でも大規模な現象は年に 1 回程度発生しています。2008 年には朝里にライブカメラを設置し石狩湾新港の観測を行う体制の強化をしました（図 13）。そうしたところ、2008 年には例年に比べ特別に大規模な上位蜃気楼を 6 月 3 日と 6 月 23 日に観測しました。それらの観測結果を紹介します。

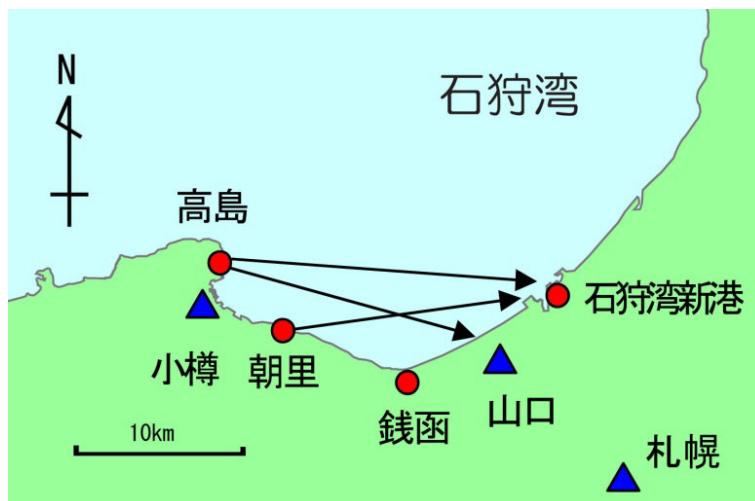


図 13. 石狩湾岸における蜃気楼観測カメラの撮影方向と気象観測点（▲:AMeDAS）

（1）2008 年 6 月 3 日の上位蜃気楼

6 月 3 日、筆者は朝里で上位蜃気楼の観測を行うことができました。朝里から見て上位蜃気楼になっていたのは、対岸の石狩湾新港のタンク群の周辺のみでした。山口、銭函海岸方向は蜃気楼になっていなくて、比較的狭い範囲しか蜃気楼になっていないことが確認できました。

この日の蜃気楼の様子は、石狩湾新港の円筒形のタンクの上方に反転像が見えたり、さらにタンク群の背後の海岸林が上方に伸びて反転して見えたりもしました（図 14）。その様子をハイビジョンビデオカメラで撮影することができたので、本講演でご紹介します。

また、高島の 2 台のインターバル観測カメラにより、対岸の石狩湾新港方向と山口方向が蜃気楼になっているのも確認できました。山口方向については、海岸林や小樽ドリームビーチ海水浴場の平屋の海の家が上方に大きく伸びる様子も観測できました（図 15）。

（2）2008 年 6 月 23 日の上位蜃気楼

6 月 23 日、筆者は高島で上位蜃気楼を観測することができました。高島から見て上位蜃気楼になっていたのは、北方の雄冬岬から銭函海岸までの広範囲でした。特に規模が大きかったのは、石狩湾新港方向で、球形タンクの上方に反転像が見られ、まるで「銚子」や「ワイングラス」を逆さまにしたように様々に変化して見えました（図 16、17）。そして、海面の蜃気楼が津波のように押し寄せる様子や、港湾施設や海面の反転像が上方に 2 つ見られるなど、とても変化の規模が大きかったといえます（図 17）。さらに、高島岬の高台では、西方に沈みかけた太陽が水平線に近づくにつれ変形し、「盃」を逆さにしたように見えたり（図 17）、グリーンフラッシュ（緑閃光）を伴ったり、刻一刻と形を変え沈んでいく様子を見ることができました。これらの様子をハイビジョンビデオカメラで撮影することもできたので、本講演で紹介します。



図 14. 朝里で観測した石狩湾新港タンク群の上位蜃気楼(2008 年 6 月 3 日撮影)
 (上)17 時 28 分、タンク群の上方に反転した虚像がみられる
 (中)17 時 44 分、タンク群の背後にある海岸林が上方に反転している
 (下)ふだんの景色



図 15. 高島のインターバルカメラが観測した山口方向の海岸林や海の家の上位蜃気楼(2008 年 6 月 3 日撮影)
 (上)17 時 26 分、海岸林が上方に伸び上がり、壁のように見える
 (中)17 時 38 分ドリームビーチの海の家がまるでビル群のように見える
 (下)ふだんの景色



図 16. 朝里のライブカメラが観測した石狩湾新港タンク群の上位蜃気楼(2008 年 6 月 23 日撮影)
 (上)18 時 08 分、タンク群が上方に伸び上がったかのように見える
 (中)18 時 11 分、タンク群の上方に反転像が見られる
 (下)ふだんの景色



図 17. 2008 年 6 月 23 日に観測したいろいろな上位蜃気楼
 (左上)高島で観測した石狩湾新港のタンクと風車の上位蜃気楼、
 (右上)高島で観測した海面の上位蜃気楼、
 (左下)高島で観測した石狩湾新港の港湾施設の上位蜃気楼、
 (右下)高島岬で観測した夕日の上位蜃気楼

6. 石狩湾における上位蜃気楼の発生のための気象学的考察

かつて、富山湾における蜃気楼の発生要因は、北アルプス山脈からの冷たい雪解け水だとされてきました。しかし、最近の研究により陸域からの暖気の移流が重要であるという報告がされています(文献 5)。石狩湾でも同様に暖気の移流が重要であると考えています(文献 1)。

6 月 3 日の石狩湾岸は、北海道の南東に位置する高気圧に覆われ、総観的に南寄りの風が吹いていて、晴天でした(図 18)。海水面温度は約 9℃でした。蜃気楼発生前には日射により気温が上昇し、山口では札幌よりも気温が高く、最高気温は 23.8℃でした。蜃気楼発生時には山口において風向が北寄りに変化し、急激な気温低下が見られました(図 19)。このことにより、まず陸地で温められた暖気が南寄りの風により南岸から石狩湾上へ移流し、その後石狩湾北方からの冷気が北寄りの風によって、暖気の下層に吹き込み、石狩湾上に上暖下冷の気層構造を形成したと推察できます(図 20)。この北寄りの冷気の移流も、蜃気楼発生の重要な要素であることを示唆しています。筆者が朝里で観測していた際に、対岸の風力発電施設の風車の回転方向から上層の風向は南寄り、海面の梵天(定置網の旗)の向きから下層の風向は北寄りであったことを確認しています。

一方、6 月 23 日の石狩湾岸は、北海道の北東に位置する高気圧に覆われ、総観的に北寄りの風が吹いていて、晴天でした(図 21)。海水面温度は約 15℃でした。蜃気楼発生前には、日射による内陸の札幌での気温上昇は見られるものの、北寄りの冷涼な風のため、湾岸の山口と小樽の気温上昇は顕著ではありませんでした。蜃気楼発生時には、夕刻にもかかわらず小樽における気温上昇が特徴的で、最高気温は 23.2℃でした(図 22)。これは北寄りの風が西寄りに変化し、小樽西方の内陸で温められた暖気が移流したためと考えられます。この西寄りの暖気の

移流が、当日の蜃気楼発生のための上暖下冷の気層構造の暖気を形成することに大きく関わっていることが示唆されています（図 23）。筆者が高島で観測していた際に、対岸の風力発電施設の風車の回転方向から上層の風向は西寄り、海面の蜃気楼の変化の様子から下層の風向は北寄りであったことを確認しています。（文献 3）

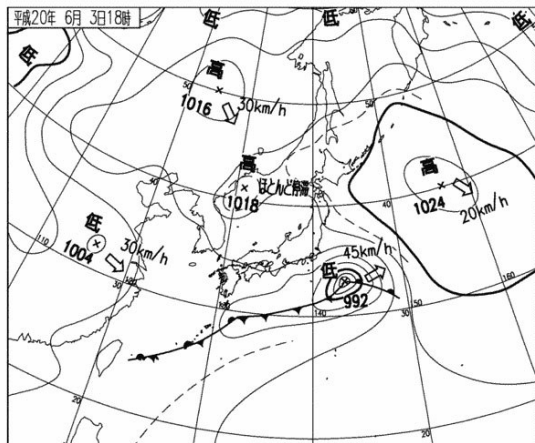


図 18. 2008 年 6 月 3 日の天気図(気象庁)

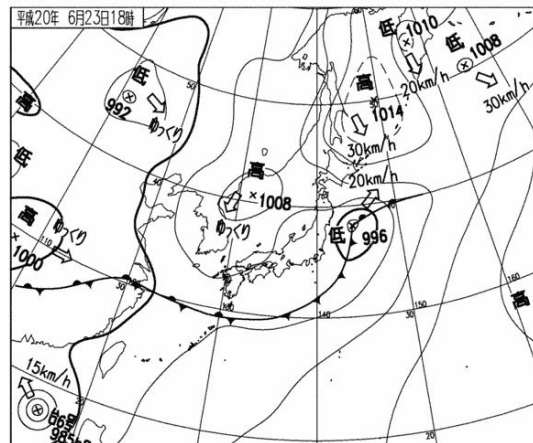


図 21. 2008 年 6 月 23 日の天気図(気象庁)

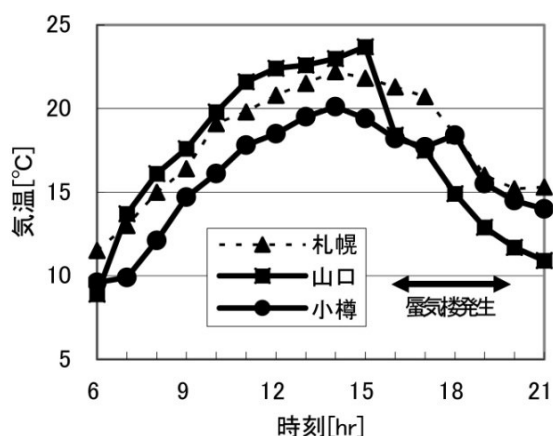


図 19. 2008 年 6 月 3 日の石狩湾周辺の気温変化

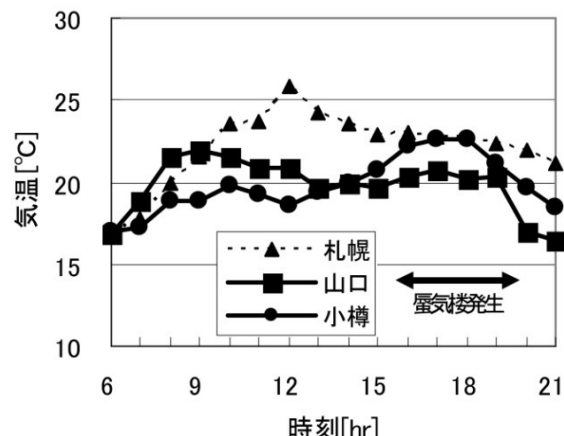


図 22. 2008 年 6 月 23 日の石狩湾周辺の気温変化

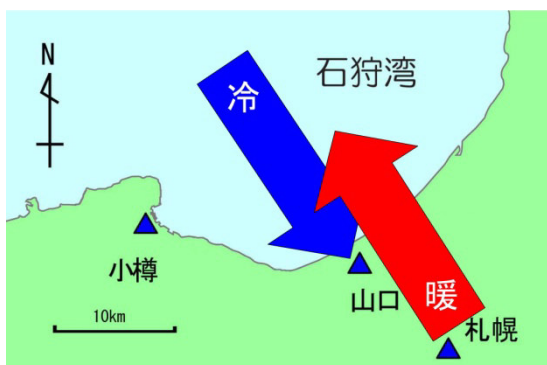


図 20. 2008 年 6 月 3 日の石狩湾上に上暖下冷の気層を形成するための暖気と寒気の流れ

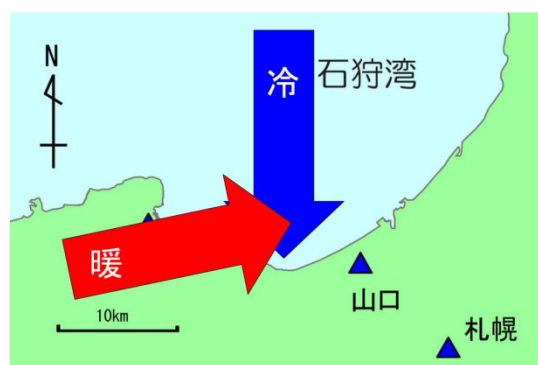


図 23. 2008 年 6 月 23 日の石狩湾上に上暖下冷の気層を形成するための暖気と寒気の流れ

7. 上位蜃気楼の発生予報

十数年にわたる上位蜃気楼観測の結果、石狩湾上において上層が暖かく下層が冷たい「上暖下冷」の気層構造を形成するための気象学的な条件とその機構が解明されてきました。そのパターンは複数あることもわかってきました。最も典型的なパターンは、6月3日の事例と似ています。その概要を紹介すると、まず北海道が南東にある高気圧に覆われ、北西には低気圧があり、道央に南風が吹くような気圧配置であること。次に、天気は晴れ、日射により石狩低地帯が暖められ、札幌などの気温が平年よりも高くなり、穏やかな南風により陸地で暖められた空気が石狩湾に十分に吹き流れること。そして最後に沖合の冷たい空気が、北からの海風となって下層へと潜り込むことです。これは気象観測点(AMeDAS)「山口」の気温と風の変化を監視することにより判断できます。

長い間の試行錯誤を経て、ある程度の確度で「蜃気楼発生予報」を行えるようになってきました。それにより、私自身が「高島おぼけ」に出会える回数も多くなってきました。

石狩湾では、年に数回ほど上位蜃気楼を見ることができます。実際に小樽で上位蜃気楼を観察するためには、気象学的な条件が揃っているかを判断するための知識も必要です。しかし、その条件がそろっても、必ず見られるわけではありません。あとは気長に待つのみです。上位蜃気楼の気象学的な機構はまだまだ解明されていないことがたくさんあります。上位蜃気楼のより正確な発生予報を確立するためには、さらなる研究が必要なのです。

8. おわりに

上位蜃気楼は毎回違った様相を見せてくれるので、出会う度に興味が増していきます。ぜひ皆さんも実際に蜃気楼を見てほしいと思います。その不思議さに感動することでしょう。蜃気楼の名所として有名な富山湾では、シーズンである4月から5月の条件の良さそうな日には、多くの人たちが海岸を埋め尽くすほどです。とても蜃気楼に対する関心が高いのです。北海道は富山湾に負けないくらいの「蜃気楼の名所」です。北海道でも上位蜃気楼が見られるということをやより多くの人たちに知ってもらい、蜃気楼という現象を通して気象に対する興味が深まれば幸いです。

参考文献

- [1]大鐘卓哉, 石狩湾の小樽沖に発生する上位蜃気楼, 日本気象学会春季大会予稿集 P350, 2001
- [2]大鐘卓哉, 北海道における上位蜃気楼に関する調査結果, 日本気象学会秋季大会予稿集 P363, 2002
- [3]大鐘卓哉, 2008年の石狩湾における上位蜃気楼「高島おぼけ」の観測, 小樽市総合博物館紀要, 23, 19-25, 2010
- [4]小樽市総合博物館, 蜃気楼の神秘を探る, 小樽市総合博物館特別展図録, 17-23, 2009
- [5]木下正博、市瀬和義, 富山湾における上位蜃気楼の発生理由, 天気, 49, 57-66, 2002
- [6]秋里籬島編, 東海道名所図会, 1797
- [7]松浦武四郎, 西蝦夷日誌, 1862

参考サイト

- [1]北海道・東北蜃気楼研究会 <http://www5f.biglobe.ne.jp/~shinkirou/north/index.html>
- [2]琵琶湖蜃気楼研究会 <http://www.biwa.ne.jp/~t-ban/index.html>