

7 緑閃光

ーグリーンフラッシュの見える条件についてー

1 研究の動機

グリーンフラッシュとは、太陽の光の屈折から起こる現象で、日没の直前又は日出の直後の一瞬だけ太陽が緑色に見えるためにこう呼ばれる。この現象は見るのが非常に難しいとされているが、本当に見えるのか、又見えるとすればどんな条件の時に見えるのか知りたいと考え、観測・研究を行うことにした。

2 観測の内容

観測は学校南の浜名バイパス脇の遠州灘海岸の次の地点で行った。

東経 137° 37' 39"

北緯 34° 40' 37"

海拔 約5メートル

観測項目は現地での日没時の気温、湿度、風速、大気の透明度、太陽の色などの測定と共にビデオカメラ、焦点距離1000mmの超望遠レンズによる記録を行った。なお、気温、湿度、風速はエンペックスのデジタル器具を使用した。

観測期間は、平成14年度のシーズンは、2002年12月15日から2003年2月28日までの76日間。また、平成15年度のシーズンでは11月1日から12月10日までの40日間である。観測にこの時期を選んだのは、太陽が水平線に没する条件が必要だと考えたからである。

この期間中で、平成14年度には69回、平成15年度では15回の観測を実施した。平成15年度は11月の天候が例年になく不安定で、観測が充分に行えなかった。

両シーズン通算の84回の観測の集計を表1に示した。表で分かるように結果的に文献にみられるような典型的なグリーンフラッシュを観測することはできなかった。しかし、あと少し何かの条件が加われば見えたのではないかと思われる見え方をした日が合計4回あった。とりあえず、そのうち平成14年度の3回分について、データの解析を行った。

平成14年度 シーズン	グリーンフラッシュ	0日
	緑色が強く見えた	3日
	普通の日没	15日
	雲中に沈んだ	51日
	小 計	69日
平成15年度 シーズン	グリーンフラッシュ	0日
	緑色が強く見えた	1日
	普通の日没	9日
	雲中に沈んだ	5日
	小 計	15日
両シーズン	総 計	84日

3 結果と考察

日没時の太陽像がかなりグリーンがかって見えた日が、平成14年度のシーズン中では2003年1月2日、1月8日、2月3日の3回あった。そこでこれらの日の気象条件を調べてみた。

その結果気温、湿度、気圧配置との相関が次のように見られた。

(1) 気温、湿度との相関

3回の観測日の日没時の気温は期間中の平均気温に近いが、だいぶ低い値を示していた。具体的には、1月2日の気温が4℃、1月8日が5℃、2月3日が7℃であったのに対し、1月の平均気温は7.2℃、2月の平均気温は9.4℃であった。

また、湿度はいずれも全観測期間の最低値に近い値になっていたことが判明した。具体的には1月2日の湿度が40%、1月8日が42%、2月3日が41%で、1月の平均湿度は50%、2月は49.3%だった。また、全期間を通しての最低湿度は38%であった。

湿度が低いことは、大気の透明度の高さにつながり、特に波長の短い光の吸収を少なくする効果があるのではないかと推測した。

(2) 気圧配置との相関

3回の観測日の天気図を図1に示した。これらの天気図に共通していることは、いずれも冬

型の気圧配置が崩れ、等圧線の間隔が広がっていることである。冬型が強い場合には、海面上に寒気の吹き出しによる層雲ができやすく、水蒸気による光の吸収が大きくなる。そして、雲の中に没することが多いと考えられる。実際にこのような気圧配置の場合、雲の中に没することが多く、低空での太陽像も非常に赤味が強く観察された。緑色が強く残る、条件の良い日没が見られたのは、冬型が弱まった時に集中していた。大陸からの寒気の吹き出しが弱まり、高気圧も移動性となってゆるやかに日本列島を覆っているのがこの3回であると考えられる。



ではなぜ、これまでの観測でグリーンフラッシュが見えなかったのだろうか。これについては次のように考えている。

- ① 冬季の遠州灘では、海水面温度が黒潮の影響で高く、沖合の海面付近の湿度が十分に低くならない。
- ② 海水温の影響で気温の逆転層が形成されにくい。
- ③ 海面付近の空気の攪乱が激しく、緑色の光がうまく分離しない。

これらのことを総合して考えると、冬季の遠州灘でグリーンフラッシュを観測することはかなり困難なことと思われるようになった。そこで、本当にそうなのかを検証するために、他のグリーンフラッシュの観測データにあたることにした。

4 比較考察

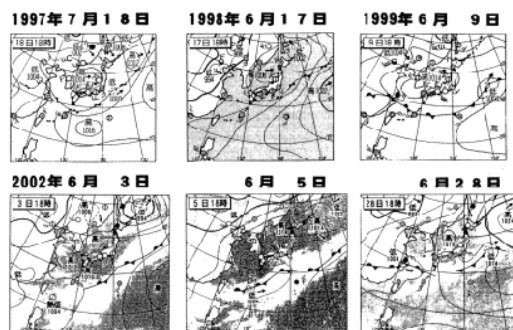
私達は、典型的なグリーンフラッシュの撮影に成功され、天文雑誌に見事な写真を投稿している、山形県酒田市の加藤知能氏と連絡を取り、データの提供を受けた。加藤氏はこれまで10年以上にわたりグリーンフラッシュの撮影に挑み、この間に約20回の観測に成功していた。

その結果によると、酒田市では6月から7月の夏場

に集中してグリーンフラッシュが発生していることが分かった。これは、酒田市が日本海側にあり、この時期が最も天候が安定していることと関係している。これにどのような条件が加わった時、グリーンフラッシュの発生につながるのかを調べることにした。

(1) 気圧配置との相関

図2は、顕著なグリーンフラッシュが撮影された6回の日々の天気図である。(朝日新聞縮刷版より) いずれにも共通しているのは、日本海の中央部に移動性高気圧が位置していることである。酒田市は、この東側半分に覆われており、安定した晴天に恵まれていたと考えることができる。



次に、グリーンフラッシュがヶ月間に四回も観測された2002年6月の気象データを気象庁のPH「電子閲覧室」より取り出した。これをまとめたものが表2である。表中の備考欄にGと記載されているのがグリーンフラッシュ発生の日である。このデータより気温、湿度、風向、風速との相関を調べた。

酒田市の気象データ(2002年6月)						
日付	気温(13時)	最高気温(18時)	湿度(18時)	風向	風速(m/s)	備考
6月1日	21	23.5	71	NNW	3.2	
2日	16.7	20.7	72	W	5.1	
3日	18.5	21.1	70	W	2.8	G(大)
4日	20.5	24.8	55	NNW	7.2	
5日	17.3	20.3	75	NW	3.5	G(特大)
6日	21.3	24.9	65	NNW	3.1	
7日	23.4	27.7	64	WNW	2.2	
8日	23.5	30.1	71	WSW	3.5	
9日	19.2	22.4	85	WSW	5.9	
10日	20.6	23.8	60	W	2.5	
11日	18	21.5	96	E	5.4	
12日	20.6	24.2	93	WSW	0.8	
13日	23.1	28	67	ESE	6	
14日	23.7	27.8	64	ESE	6.6	
15日	21.2	25.1	88	WNW	2.6	
16日	20.6	24.1	75	NNW	4.3	
17日	21.3	24.7	74	NNW	2.6	
18日	20.8	23.9	80	N	3.8	
19日	20.5	22.2	64	NNW	2.4	
20日	24.2	23.8	66	E	6.7	
21日	20.6	22.4	86	WSW	2.3	
22日	15.7	13.9	68	ESE	4.4	
23日	17	13.5	73	NNW	6.3	
24日	16.6	13.4	57	NW	5.2	
25日	18	21.2	68	E	5.4	
26日	20.3	22.6	69	NW	3	G(中)
27日	20.2	24.4	70	ESE	4.4	
28日	21.9	24.6	71	N	4.9	G(大)
29日	25.2	23.9	67	SE	2.2	
30日	24.8	23.1	67	NNE	2.8	
平均	20.5	24	72.2		4.2	

(2) 気温との相関

一ヶ月間の毎日の最高気温と日没時の気温との相関を調べたが、顕著な相関は見られなかった。しかし、全般に気温はやや低めで、その日の最高気温との較差が小さい傾向が見られた。

(3) 湿度との相関

4回の発生日の日没時の湿度は、70、75、69、71%で、一ヶ月間の平均値72.2%に近い平均的な値だった。これらの値は、遠州灘でのデータと比較すると随分高いことが分かる。しかし、加藤氏のデータを見る限り、これが透明度を落とす要因にはなっていないようである。ただ、両者に共通していることは、あくまでも観測地点である陸上での数値であり、実際に太陽光が通過してくる海面上でのデータではないことである。あまた、次の項目で示すように、風の向きと陸海の位置関係が遠州灘では、陸から海に向かっていているのに対し、酒田市では逆に海から陸に向かっていていることを考慮する必要がある。

(4) 風向・風速との相関

4回の発生時の風向は、北1回、北西2回、西1回であった。酒田市の海岸線はほぼ南北に伸びており、いずれも海側から陸側に向かって風が吹いていたことが分かる。風速はそれぞれ、2.8、3.5、3.0、4.9m/sで、一ヶ月間の平均値である4.2m/sよりやや小さいことが分かる。

以上のことを総合して考えると、次のように推測できる。

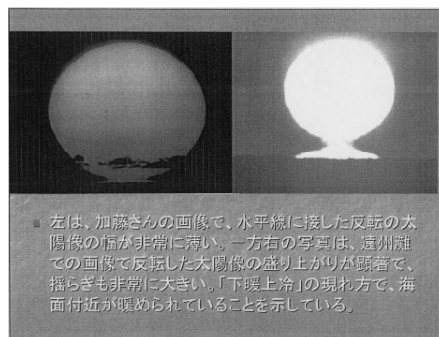
- ① グリーンフラッシュ発生時は日本海に中心を持つ移動性高気圧の東半分に覆われており、少なくとも上空には乾燥した空気があって透明度は高い。
- ② 風は海から陸に向かって緩やかに吹いている。すなわち、日中は日射によって陸側の気温が上昇し、上昇気流が発生する。そこに海からの冷たい空気が流れ込むことによって気温の逆転層（冷たい空気の上に暖かい空気が載っている状態＝「下冷上暖」）がしやすい。この条件により、水平線付近での光の屈折率が大きくなるため、緑色の太陽像が分離しやすくなり、グリーンフラッシュの発生に結びつくのではないかと推測される。

ちなみに、地球の曲率から計算すると、海岸（標高5～10m）から望む水平線までの距離は沖合

10km程度までである。その距離でグリーンフラッシュが発生するためには、太陽像の幅を1～5'程度と仮定しても、逆転層の厚さは数mから十数mあればよい。

5 逆転層発生の際付け

図3は、加藤氏の撮影した太陽像と、我々が遠州灘で撮影した太陽像を比較した画像である。加藤氏の写真では、水平線に接した反転の太陽像の幅が非常に薄いことがわかる。これに対し、遠州灘では反転した太陽像の盛り上がりが顕著で、しかも大気による揺らぎが極めて大きいことが分かる。これは、逆転層とは反対の「下暖上冷」の典型的な現れ方で、海面付近の空気が暖められていることを示している。



そこで、両地点の各時期の平均海水温と気温のデータを調べてみた。その比較表が表3である。

海水温・気温の比較表		
	表面海水温 (海上保安庁HP)	気温 (気象庁HP電子観測室)
酒田市	97年7月:不明	97年7月18日:22.6℃
	98年6月:19℃	98年6月17日:19.2℃
	99年6月:20℃	99年6月9日:17℃
	02年6月上旬:19℃	02年6月3日:19℃
	6月下旬:22℃	5日:18℃ 28日:22.6℃
遠州灘	03年1月上旬:17℃	03年1月2日:4℃(実測) 3日:5℃(推定)
	2月上旬:16℃	2月9日:7℃(推定)

これらのデータで特徴的なことは、酒田市では気温と水温の差が小さいことである。これは逆転層ができる条件につながるのではないだろうか。一方、遠州灘では黒潮の影響で海水温が気温よりかなり高いことがわかる、このため、陸から吹き出す冷たくて乾燥した空気が海面付近で暖められ、下暖上冷に気温分布になると考えられる。また海面付近の空気の乱れも大きくなると考えられる。

6 まともと今後の課題

平成14年度のシーズンの観測から、冬季に遠州灘でグリーンフラッシュを観測することはかなり困難であることが分かった。そこで、観測できるチャンスとしては、11月中旬に移動性高気圧に南から覆われた時ではないかと考えて平成15年度シーズンは11月初めより観測を行った。しかし、天候に恵まれず水平線に太陽が没するチャンスがほとんど無かった。条件が整えば見える可能性もあると思われるので、次のシーズンに再度挑戦してみたい。

一方加藤氏のデータでは、グリーンフラッシュは、日没の最後の一瞬だけではなく、太陽が水平線に接するところから、その上縁が緑色に光するという形で繰り返し発生することが分かった。これは、太陽が水平線ではなく、山の稜線などに没する時でも観測できることを示している。つまり、冬季以外の時期でも条件が整えば観測できる可能性があることになる。そこで、これからは冬季以外の時期にも観測を試みたいと考えている。

いずれにせよ、これまでの蓄積データはまだ不十分なので今後も観測を続け、発生メカニズムを追求していきたい。

7 参考文献

- ・空の色と光の図鑑 齋藤文一・武田康男著 草思社
- ・太陽からの贈り物 R. Greenler 著 丸善
- ・光の気象学 柴田清孝著 朝倉書店
- ・二つの極～北極・南極からのメッセージ～ 小口高他編 丸善
- ・天体写真の写し方 天文ガイド編集部編 誠文堂新光社
- ・月刊天文ガイド 2002年9月号 誠文堂新光社

8 謝辞

本研究を進めるにあたり、貴重なデータを快く提供して下さい、山形県酒田市の加藤知能氏に心より御礼申し上げます。