

公 益 財 団 法 人

下中記念財団

The Shimonaka Memorial Foundation

下中科学研究助成金取得者研究発表

研究発表一覧は下記からご覧いただけます。

<https://www.shimonaka.or.jp/3s-grant-contest/>

日本海のグリーンフラッシュ現象と気象状況の研究

山形県鶴岡市立小堅小学校
小山田 正幸

1. はじめに

太陽が輝いて晴れ渡った一日が過ぎ、夕日が遠い山並みに隠れようとする時、または遙かな水平線上に沈む時、空の様子は刻々と変わっていきます。そして、日没の瞬間、普段は丸い太陽像はさまざまな形を見せてくれます（写真1）。上下につぶれて扁平形に見えたり、像の途中がくびれてワイングラスのように見えたりすることもあります。これらは地球を取り巻く大気の影響であり、空気の密度差により光が屈折するからです。

大気による光の屈折はその波長（色）によっても異なり、気候条件がそろえばグリーンフラッシュもその大気差によって表れます。



写真1 日本海に沈む夕日

（天候に恵まれれば、庄内浜から真っ赤な太陽が水平線に隠れる姿を見ることができます 2013. 10. 1）

2. グリーンフラッシュ現象とは

グリーンフラッシュは、太陽が地平線や水平線等に没しようとする時、太陽が最後

に放つ緑色の閃光（フラッシュ）です。この現象の原因は地球の大気中の光線の屈折によるもので、プリズム効果によって起こることが知られています（図1）。

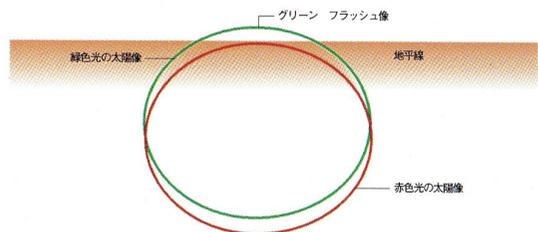


図1 グリーンフラッシュ現象の原理¹⁾

夕焼けの彼方に沈む夕日が、その光を没する瞬間に放つ緑色の閃光は、非常に美しく印象に残る興味ある現象です。南太平洋に位置するガム島やハワイ諸島等では、「この光を見ると幸せになれる」とか「夢がかなう」等の逸話が語られています。赤道に近い低緯度の海洋を航行する船舶から見られた、という船員さんの話も聞いたことがあります。

それでは、周りを海に囲まれている島国の日本からは、このグリーンフラッシュ現象は見られないのでしょうか。通説では、日本国内でこの現象が見られることは非常に珍しく、小笠原諸島等の離島や高山からの観測報告はあるようです。しかし、その時の気象データ等が不明であることが多く、観測調査記録の集積が求められています。

本研究は、国内（日本海沿岸部）において、グリーンフラッシュ現象は見られるのかを確認します。そして、もし見られると

したら、どの時期にどのような気象状況の下に起こるのかを観測し、その状況や気象条件などを明らかにすることを目的とします。

3. 日没を観測するために

本研究では、太陽が地平線や水平線付近に沈む様子を観測します（写真2）。従って、近くに建物や森林など視野を遮るものがなく、遠くまで見渡せる地からの観測が必須です。

幸い本校（鶴岡市立小堅小学校）は山形県庄内平野の日本海沿岸部にあるので、西方が日本海に面し、水平線に沈む夕日を観測するには最適な場所に立地しています。



写真2 夕日の観測風景
（水平線上の太陽を望遠レンズで狙います）

そこで、当地区付近から日本海に沈む太陽を年間を通して観測することにより、太陽が水平線に没するときの状況について、太陽像の変化、グリーンフラッシュの有無、気象データ等を調査解析していくことにしました。

- 観測場所 山形県鶴岡市堅苔沢（鶴岡市立小堅小学校）付近の海辺
- 観測期間 平成23年4月～平成27年3月
- 観測方法 年間を通して太陽が日本海の水平線に沈む様子を観測し、写真画像として記録、太陽像の変化・気圧配置等に関する気象データを収集

する

- 観測用具 太陽像記録用望遠レンズ・カメラ等
- 気象観測用具（気温・海水温・風向等）

<当地区の気象状況>

山形県庄内平野は、日本海気候により冬の積雪は50cm～1m。10月中旬から3月下旬までは長期に渡る強風雨や豪雪により好天は望めず、実質の観測はできません。日没を観測できるのは4月～10月までの夏場の時期となります。

日中は天気がよく青空が広がっていても、夕日が水平線に沈む様子が観察できるとは限りません。水平線付近には、不透明な大気層が横たわっていることが多く、澄み切った大気が必要とされる日没を観測できる日数は多くは望めません。

年により気象環境は変化するものの、ここ数年間の当地での平均的な状況は、年間で晴天に恵まれるのは30～60日、水平線上に太陽が沈む様子（写真3）が観測できたのは10～20日、その中でグリーンフラッシュを観測することとなります。

以下に、当地の気象状況と太陽について、これまで観測した結果を述べていきます。

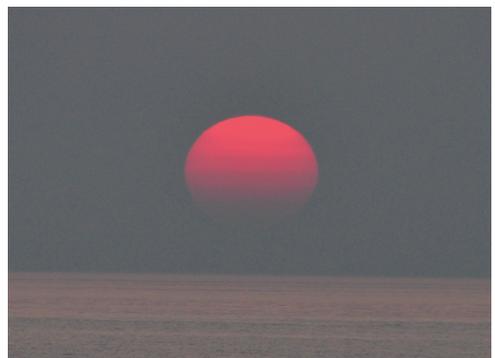


写真3 大気層と夕日
（太陽像にも薄い雲が幾重にも横たわっているのがわかります 2013. 8. 14）

4. 夕焼けの様子 (写真4・5)

日本海上は、人間社会の経済活動から出る塵やスモッグの影響は陸上に比べれば少ないと思われます。しかし、春には霞やもやがかかるため、空気が湿った季節は、微粒子が光を散乱させて空をにごらせるようです。これまで冷たい空気があった海上は、気温の上昇とともに空気中の水蒸気が増えるし、花粉や黄砂の影響もあり、空が霞んだ日が多くなります。いくら晴れていても水平線まで見通せる機会は貴重です。

夏になり、本州から梅雨前線が遠ざかると、日中は極めて暑い日が多く、澄んだ青空の日も続きます。夕暮れにはさわやかな風も吹きますが、積乱雲による天気急変

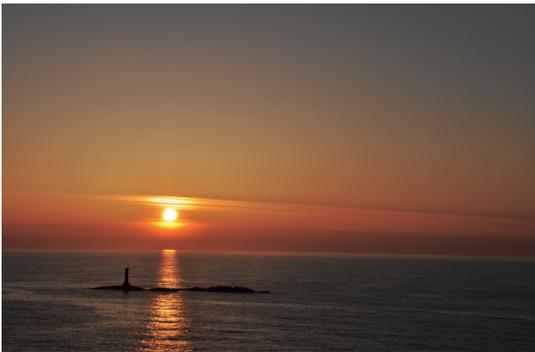


写真4 春霞の夕焼け

(どんよりした薄雲がかかり、西の空も夕日で赤く染まることが多くあります 2011.4.6)

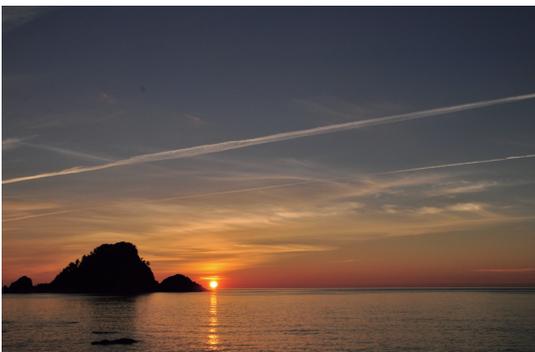


写真5 秋空と夕焼け

(飛行機雲の痕跡がはっきりと残り、遠くまで見渡せる透き通った空です 2013.10.7)

には気をつけなければなりません。

また、夏から初秋の頃になると観察好機となります。飛行機雲をよく観察するようになります。飛行機雲は、高度1万m付近を飛行するジェット機のエンジンから出る水蒸気が小さな氷の粒となった雲です。その高度の気温は -50°C くらいで、湿った空気があるときはだんだん広がっていき、その後天気が悪くなることが知られています。

5. 沈む太陽の動き

写真6は、太陽が日本海の水平線に沈む連続写真です。太陽の視直径は $32'$ で、写真6②～⑥までは約2分50秒。太陽が沈むまでの間、太陽像は横方向につぶれたり、蜃気楼の現象により鏡面に反射したかのように海上面に倒立像が見えたり、太陽像にはくびれとして「消失線」※1)が見られることもあります。

6. 水平線上でゆがむ太陽像

日没の太陽像を水平線上に見るとき、丸い太陽がゆがんで見えます(前述)。これは大気差で海面から浮き上がったり、大気の逆転層によって見える現象です。日が沈む時、気温や海水温、大気の状態により毎日異なります。

写真7～9は、海上面に倒立像が見え、太陽像に「消失線」が見られます。

写真7・8のように太陽像最下縁の一部分から海面の鏡像に付着して消失線が現れることが多いのですが、写真9のように、太陽像下縁の複数の部分から光の足が海面鏡像にのびていく時もあります。「上冷下暖」※2)の時に観察されます。

写真10の時は、消失線が上下に二つあり、くびれが二つ見える現象が観測されました。これは、海水温と海面上の気温が大きく異なり、潮の流れや風向の要因も加わって、



① 2013.9.27 17:48:24



② 2013.9.27 17:49:06



③ 2013.9.27 17:49:22



④ 2013.9.27 17:50:52



⑤ 2013.9.27 17:51:40



⑥ 2013.9.27 17:51:54

写真6 水平線に沈む太陽

(カメラ；ニコンD5000 プログラムオート ISO400
レンズ；ニコン300mmF4 ×1.4テレコンバーター使用 35mm焦点距離630mm
ノートリミング カメラは三脚で固定 ケーブルリリース使用)



写真7 ワイングラス型
(2011. 8. 28)



写真8 Ω (オメガ) 型
(2014. 9. 16)



写真9 たこ足型
(2011. 4. 4)



写真10 くびれが二重の太陽 (2011. 5. 25)



写真11 下半分がつぶれた太陽 (2011. 6. 19)

大気中に複雑な温度差があり、複数の逆転層によって出現したと思われます。このときの観測地での気象条件は好天無風でおだやかな状況でした。

写真11は太陽像が上下につぶれた卵形をしています。つぶれ方が上半分より下半分の方が大きく見えます。これは、大気密度による屈折率が大きいからです。このときは、海面上に鏡像や消失線はなく、このままの形を保ったまま沈みました。「上暖下冷」※3)の時に見られるようです。

<太陽を撮影する>

長時間にわたって夕日を観察していると珍しい風景に出会うことがあります。夏場の日没時間ごろ、観測地から日本海沖に定期的にコンテナ船の往来があります。太陽像の中にコンテナ船を入れてみました(写

真12)。この時はグリーンフラッシュはありませんでした。



写真12 夕日とコンテナ船 (2011. 7. 20)

太陽面を観測しているので、黒点も写すことができます。毎日観測できれば、太陽面の黒点の分布や太陽の自転も研究できそ



写真13 黒点が出現した太陽 (2015. 3. 15)



写真14 複数の黒点が出現した太陽 (2014. 8. 31)

うです (写真13・14)。

天体望遠鏡等で太陽を撮影する時は、いかに強い光を減らすかがポイントとなります。そのため、望遠鏡接眼部の投影板に太陽像を写して間接的に観察したり、部分日食の時などは10万倍の減光フィルターを使うのが一般的です。

水平線上では、地球の大気を斜めに横断する光を観測することになるので、大気の密度が高くなります。そのため大きく減光されるのでNDフィルター等がなくとも撮影が可能です。大気による影響が非常に大きいことがわかります。

の層気楼など。

7. グリーンフラッシュの観測記録

(1) 水平線上に見えたグリーンフラッシュ

8月上旬、昼の庄内浜は県内外からの海水浴客でにぎわいます。日中の混雑がおさまった夕方、浜の岩場から日没を観察しました。

この日は好天に恵まれ、夕方には青空にいくすじかの薄雲が散見されました。日中は暑かったのですが、夕方には爽やかな風が吹き、おだやかな気象状況になりました。夕暮れの太陽光に照らされて薄雲が赤く光り、水平線上にわずかな太陽像を見せてくれました。

そして、太陽が沈む瞬間、水平線の太陽面上縁に表れた緑色の光が確認されました(写真15①～⑥)。

(2) 雲間からのグリーンフラッシュ

水平線には細かく灰色の雲が留まり、難しい状況でした。たなびく雲の隙間から、運よく太陽面をのぞきこむことができました。ファインダー越しにわずかな緑が見えたので思わずシャッターを切りました。

太陽が水平線に完全に隠れきらなくともグリーンフラッシュが現れることが確認できました(写真16)。

※1) 「消失線」

大気中の海面の近くが熱せられた場合、水平線の少し上に鏡面が置かれた状態になり、太陽の形を逆さにして、鏡面につけた状態になります。この鏡面を消失線といいます。

※2) 「上冷下暖」

低い所の空気が熱せられて、その上の層よりも温度が高くなる場合。

※3) 「上暖下冷」

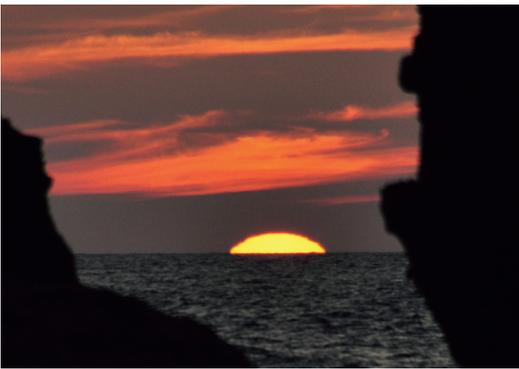
低い所の空気が冷やされて、高い所より温度が低くなる場合。富山湾



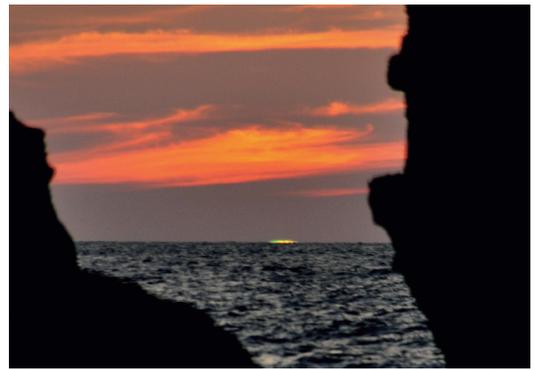
①



②



③



④



⑤



⑥

写真15 2012. 8. 3 グリーンフラッシュ

(3) 太陽像から分離したグリーンフラッシュ

大気の影響による光の屈折によって、太陽像の一部が本体から分離し、浮き上がって見える蜃気楼のようなときがありました。

太陽本体にも、分離した像にもわずかですが緑色光が見られました。これもグリー

ンフラッシュ現象(写真17)です。このあとすぐに、雲の中に隠れてしまい、その後の様子は観測できませんでした。

(4) 長時間見られたグリーンフラッシュ

この日、日中は暑かったですが、夕方は涼しい海風があり、さわやかな一日でした。



写真16 2013. 9. 16 グリーンフラッシュ

夕焼けの空は赤くならず、空色から群青の濃紺が広がりました。

太陽面が半分くらい水平線に隠れた頃から太陽面上縁部にグリーンフラッシュが見え出し、完全に沈むまで見えていました(写真18①～⑤)。④のように、上縁部左右から緑色になる様子も観察できました。

(5) わずかに見られるグリーンフラッシュ

眼視では確認できませんでしたが、撮

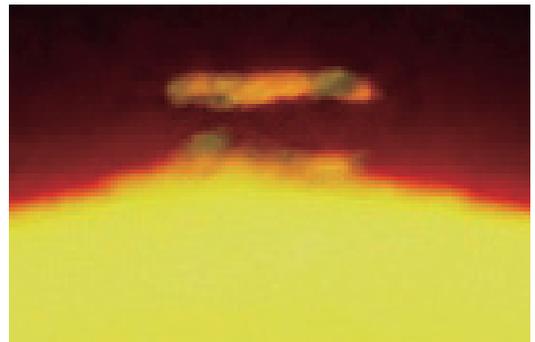


写真17 2013. 6. 25 グリーンフラッシュ

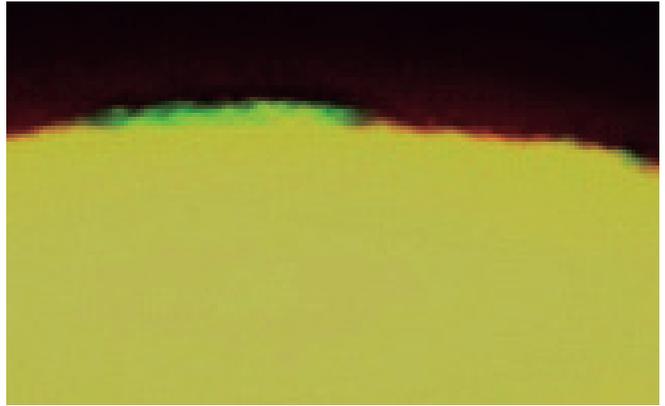
影した画像をディスプレイ画面で確認してみると、わずかに緑色光が認められることがありました(写真19・20・21)。いずれも、太陽が没する直前に最上縁部に表れるようです。

8. グリーンフラッシュが観測された時の気圧配置

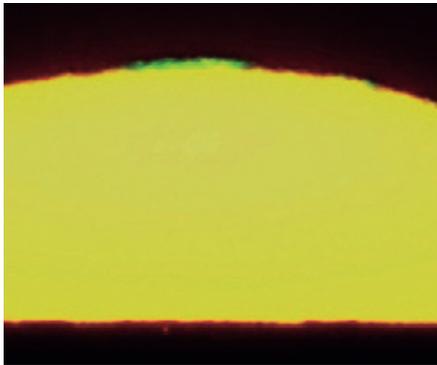
前述したグリーンフラッシュを観測した



①



③



②



④



⑤

写真18 2012. 9. 2 グリーンフラッシュ



写真19 2011. 9. 26



写真20 2012. 8. 21



写真21 2013. 10. 10

時の天気図を確認しました。写真15～18の4日間。日本列島付近の気圧配置は以下のようです(図2・3・4・5)²⁾。

共通していることは、日本列島の東北地方中心に、夏型の安定した高気圧が太平洋側の三陸沖にあり、日本海側にまで大きく



図2 2013.8.3 (写真15)

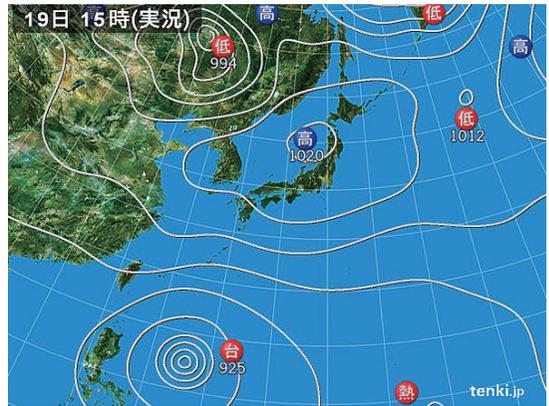


図3 2013.9.19 (写真16)



図4 2013.6.25 (写真17)



図5 2012.9.2 (写真18)

張り出している。また、等圧線の間隔が広く、日本海全体に気圧の差はほとんどありません。日本列島全体が好天に恵まれ、特に日本海側が晴天です。

観測地（山形県庄内平野）では、海から陸に向かう風があり、空気の透明度が高く、すっきり水平線まで見渡せる天気です。

観測地での気温や海水温も計測していましたが、日陰がなく直射日光が当たったり、海水温も正確性を欠くことから、観測結果としての記載は見合わせました。

9. 観測結果の考察とこれまでのまとめ

(1) 観測状況

本研究では過去4年間、年間を通して太陽が日本海に沈む様子を観測してきました。

年間の晴天は30～60日、水平線上に太陽が没する様子が観測できたのは10～20日。その中で、グリーンフラッシュを観測できた日数は表1の通りでした。

2011年	2日
2012年	4日
2013年	6日
2014年	0日

表1 グリーンフラッシュ現象を観測できた日数

2014年、冬は暴風雪が少なく穏やかだったのですが、夏は天候が変わりやすく、例年通りの観測は続けたのですが、目的の現象は認められませんでした。

2015年現在も観測進行中です。

(2) グリーンフラッシュを観測できたときの気象状況

本研究の目的である日本では極めて珍しいとされているグリーンフラッシュ現象。目を見張るような緑色閃光とまではいきませんが、機会を逃がさなければ国内、しかも日本海側からでも観測可能であり、気象データを集積できることがわかりました。

○観測できる時期

- ・この現象が観測されたのは、これまでの観測結果ではほとんどが8～9月
- ・雲や霧の発生が少なく、空気中に塵や黄砂などが少ない時期
- ・そのために以下のようなときに発現
 - ①日本海に高気圧が張り出し、等圧線の間隔が広く安定した夏型の気圧配置
 - ②空気が澄んで透明度が高く、大気中の水滴や塵等による霞や霧や雲が少ない
 - ③水平線上に上暖下冷あるいは上冷下暖の大気の逆転層があり、太陽像が蜃気楼でゆらめいて分離

○風向・風速・温度との関連

- ・海から陸に向かう微風があり、乾燥して透明度の高い大気が必要

○太陽像の形状

- ・4～7月上旬は、天気良くとも海水温と海面上の大気温の差が大きく、海面上に大気の逆転層が発生して蜃気楼現象が起こり、ワイングラス状の太陽像となることが多い。しかし、このときは、低空の太陽像の赤みが強く、グリーンフラッシュは起こりにくいようである。

(3) グリーンフラッシュ現象の表れ方

- ①太陽面の最上縁が水平線上に沈む一瞬、緑色の閃光が表れる。
- ②太陽面が水平線に接する時から、太陽像の上縁が緑色に光る。

(4) 所感

この4年間の観測により、東北地方日本海沿岸部において、グリーンフラッシュ現象が起こる気象状況は解明されつつある。この観測を継続してデータを集積し、発展させたい。

10. 子どもたちとともに学ぶ

本校の児童数は26名という少人数。平成26年度で閉校となり、平成27年4月から近隣の三校と統合されました。

海と山に囲まれた学校なので自然環境には恵まれています。朝の講話、総合的な学習の時間や補欠授業でも地域の自然に関することを話題にしています。写真は廊下に掲示するとよく見えます。最初、子どもたちは、地域自然のことは気にもとめませんでした。季節の変化によく目を向けるようになりました。

夕日を観察することを通して、天気に興味を持ち、ただ毎日の風雨だけではなく、大気と光の不思議さ、生きている地球を感じとってくれています。海の色、空の変化も意識して見るようになりました。

ある時、2校時目が終わっての中間休み、5年生の女子があわただしく職員室に入ってきて、

「まっすぐな虹が空にかかっています」と知らせてくれました。本地域庄内地方は、天気が変わりやすく、雨の後にすぐ日がさすことがあり、半円形の虹はよく見かけます。校庭から空を見上げた時、直線的な虹は見慣れていなかったのでしょうか、まっすぐな虹とは水平環アークでした(写真22)。

また10月のある日、3年生が「昨日、お日様を3つ見ました」と伝えてくれました。前日の夕方、山の端に幻日が見えたようです(写真23)。

全国的な部分日食の時も早朝からみんな



写真22 小笠小学校屋上から見た水平環アーク
(写真ではコントラストを強調 2013. 6. 17)



写真23 庄内で見えた幻日
(太陽の反対側にも出現 2011. 10. 13)

で観測しました。1年生はひらがなを勉強していたのででしょう。「太陽が『つ』の形」と驚いていました。

これらの事象は、地学の理論としては理解されています。しかし、テレビや図鑑などではなく、自分たちの地域(写真24)で、自分の目で直接ふれることの大切さを学びました。

本研究は、沈む夕日を毎日観察するという極めて単純な研究です。特別な実験装置や複雑器具はなく、眼視で確認して普通のカメラで記録します。太陽が水平線に沈む約3分間の勝負。あつという間に沈みます。そのわずかな時合いをのがせません。

自然現象は自分が思うように進むとは限りませんが、その可能性を求めて何度も足を運んでいると、すばらしい光景に出会えることを実感しました。

自分たちの地域にある自然に目を向けることによって、子どもたちも自然の不思議さを感じ取ってくれました。

地域の息づかいに触れて自然への畏敬の念を持ち、地域のことを自分で学び、誇り、語れる子どもに育ちつつあります。



写真24 地域に配布される学校だより『潮騒』

11. おわりに

空の観察をしていると、大気に厚みがあることや地球が丸いことを感じ取ることができ、何度見ても飽きない不思議な瞬間があります。

【引用文献】

- 1) 齊藤文一・武田康男「空の色と光の図鑑」(草思社) 2005年
- 2) 日本気象協会 (<http://az416740.vo.msecnd.net/static-images/archive/chart/entries/00-large.jpg>)

【参考文献】

- (1) 武田康男「世界一空が美しい大陸南極の図鑑」(草思社) 2010年
- (2) 武田康男「すごい空の見つけかた」(草思社) 2009年



小山田正幸先生
(おやまだ まさゆき)

《本研究で使用した機材》

カメラ；ニコンD5000 ニコンD7100
ニコン1V1
レンズ；ニコン300mm F 4
ニコン80-400mm F 4.5-5.6
タムロン18-270mm F 3.5-6.3
×1.4テレコン

<略歴>

1959年 山形県河北町生まれ
1981年 山形大学教育学部小学校教員養成課程理科選修卒業
同 山形県公立小学校
1998年 山形県教育センター指導主事
2005年 山形県公立小学校
2011年 山形県鶴岡市立小堅小学校
2015年 山形県河北町立北谷地小学校
現在に至る

<研究略歴>

1996年 「体験活動をもとにした総合学習の試みー私たちのく月布川>を素材としてー」(第5回全国小学校中学校環境教育賞 優秀賞)
1997年 「山形県大江町の上部中新統本郷層のオウナガイ化石とその変異」(山形県立博物館研究報告第18号)
1997年 「子どもの認識過程と理科指導ー実験の条件制御と子どもの思考ー」(初等理科教育研究会：『初等理科教育』第31巻3号)
2001年 「雲と雨に関する視覚的教材の開発」(東レ理科教育賞 研究報告書)

2002年4月「デジタルカメラによる簡単な
天体写真撮影の工夫」（東洋
館『理科の教育』2002/VOL.
51 4月号）

2003年 「北日本集団メダカ群における
地方変異種の研究」（科学研
究費補助金 奨励研究）

2005年3月「降雨分析に関する教材開発
ー小・中学校における雨の教
材化ー」（『山形大学教育実
践研究』第14号）

他論文多数

<勤務校>

〔鶴岡市立小堅小学校〕は下中科学研究
助成金取得時の勤務校であり、同校は平成
26年廃校。近隣三校と統合されました。
現在の勤務校は〔河北町立北谷地小学校〕
であります。

〒999-3502 山形県西村山郡河北町大字吉
田367

電話 0237-71-1112