

# 沖縄県中城村久場海岸で発生した海藻による海水の赤色着色現象

安座間安仙・塩川敦司・金城孝一・藤崎菜津子  
 桑江万里子\*・長嶺弘輝\*\*・佐久川さつき・久高潤

## Red staining phenomenon of sea water by seaweeds occurred at Kuba coast of Nakagusuku in Okinawa Prefecture

Yasuhito Azama, Atsushi SHIOKAWA, Koichi KINJO, Natsuko FUJISAKI,  
 Mariko KUWAE\*, Koki NAGAMINE\*\*, Satsuki SAKUGAWA and Jun KUDAKA

**要旨**：2015年3月19日から20日にかけて、沖縄県中城村の久場海岸において約500mに沿って海水が赤く着色する事例が確認された。プランクトンの大量発生は確認されなかったことから、赤潮ではなかった。海岸には大量の黄褐色の海藻（カゴメノリ）と赤褐色の海藻が堆積しており、赤褐色の海藻を海水に浸すと赤く着色することが確認された。カゴメノリを屋外で乾燥させた結果、赤褐色になり、海水に浸すと赤く着色したことから、赤色の着色はカゴメノリが原因であることが示唆された。赤色の成分を分析するために海水サンプルの紫外-可視吸収スペクトルを測定した結果、500nm付近に吸収極大を持つことから、赤色の海藻成分はカロテンやクロロフィル、タンニン等の可能性が考えられた。薄層クロマトグラフィーによる分析の結果、海水を赤く着色した成分は水溶性の色素（タンニンや水溶性色素タンパク質）であった。以上の結果より本事例は、①3月4日の大潮から3月13日の小潮に向かう期間に何らかの理由で大量に発生もしくは集積したカゴメノリが同海岸の砂浜に打ち上げられ、②3月14日から3月19日にかけて打ち上げられたカゴメノリの成分が日照により赤褐色に変色し、③3月20日の大潮で乾燥したカゴメノリが海水に浸ることによって色素成分が溶出し、海水が赤く着色したために発生したと考えられた。

**Key words**: 沖縄県中城村, 海水, 赤色, 海藻, カゴメノリ

### I はじめに

海水が赤く着色する現象としてはプランクトンの増加による赤潮が代表的である。しかし、2015年に沖縄県中城村久場海岸において褐藻綱のカゴメノリ *Hydroclathrus clathratus* から漏出した成分により海水が赤く着色する現象が確認された。このような事例は、文献等でも報告が見つからず、極めて珍しい現象と考えられることから、記録として報告する。

### II 調査方法・結果

#### 1. 事例の経緯

##### (1) 2015年3月19日

沖縄県中城村久場海岸（写真1）において海水が赤く着色していると同村役場に住民から通報があり、職員が同海岸で海水が赤色に着色していることを確認した。

##### (2) 2015年3月20日

同村役場の職員が再び確認したところ、約500mに沿って海水が赤く染まっており、前日より色が濃くなっていた。同村役場の職員から14時45分に沖縄県中部福祉保健所（現 中部保健所）が通報を受けたため、15時30分頃に同保健所の職員が現場を確認したところ、海水が

赤く着色している現象を確認した（写真2）。現場の気温は24.0℃、水温は27.0℃で、海水は濁りなく清澄で、臭気もなく、死魚も確認されなかった。海岸沿いには沖合2~10m付近に多量の海藻が漂流しており、海藻の多く漂っている場所で赤色の着色が濃かった。漂流している海藻が着色の原因である可能性が考えられたため、特に多い海藻2種（写真3）と海水の採取を行った。同日18時に当所の職員が現場の海岸を確認したところ、海水の着色は薄くなっていた。海岸の一部には黄褐色または赤褐色の海藻が大量に堆積していた（写真4左）。赤褐色の海藻を採取し、海水に浸して放置すると海水が赤く染まる現象が確認された（写真4右）。後日、琉球大学理学部海洋自然科学科生物系の須田彰一郎先生に黄褐色の海藻の写真を送付し、同定を依頼したところ、海藻は「カゴメノリ」の可能性が高いとのことであった。

##### (3) 2015年3月23日

午前中に同村役場職員が現場の海岸を確認したところ、海水の着色および多量に漂流していた海藻は確認できなかった。

##### (4) 2015年3月26日

当所の職員が14時頃に現場を確認したところ、海水の

\* 現 沖縄県宮古保健所 \*\* 現 沖縄県南部保健所

赤色の着色は確認できなかったが、赤褐色の海藻および黄褐色の海藻の堆積物が海岸の砂地に大量に残存していた(写真5)。陸側に堆積している海藻ほど赤褐色のものが多く、海水に漂流している海藻は黄褐色のものが多かった。また、堆積している赤褐色の海藻を剥がすと内部には黄褐色の海藻が確認された。海藻は試験用に一部採取した。

(5) 2015年4月2日

現場を確認した際、海水中の海藻は少なくなっていた。浜辺に打ち上げられていた海藻は、細く赤茶けて乾燥しており、体積もかなり小さくなっていた。

2. 調査方法・結果

(1) 水質検査

3月20日に採取された海水は中部保健所で簡易水質検査が行われ、pHは8.10、DOは7.1 mg/L、CODは14mg/L、NH<sub>4</sub><sup>+</sup>は0.2 mg/L未満、NO<sub>2</sub>は0.02 mg/L未満、NO<sub>3</sub>は1.0 mg/L未満であった。海水サンプルは、後日当所で詳細な分析を実施した。海水サンプルを光学顕微鏡で確認したところ、特定の赤潮の原因となるプランクトンが大量に発生している様子は確認できなかった。そのため、赤潮の可能性は否定された。また、環境基準の健康項目27項目およびその他の7項目(総窒素、総リン、全亜鉛、全鉄、全マンガン、有機リン化合物(パラチオン、メチルパラチオン、メチルジメトン、及びEPNに限る)、電気伝導度)を測定した結果、環境基準を超過している項目は無かった。しかし、2015年度の中城湾の環境基準点の測定では検出されなかった砒素(0.006 mg/L)および亜硝酸性窒素(0.005 mg/L)が検出され、総リンの値も0.090 mg/Lと高い値となっていた。

(2) 赤褐色の海藻からの赤色色素溶出試験

本事例は赤褐色の海藻から赤色の色素が海水へ漏出した可能性が考えられたため、3月26日に現場において、海中から陸地側の砂地にかけて堆積している5地点(写真5)の海藻を採集し、現場の海水を加えて、1時間放置した後に海水の色調の変化を観察した。その結果、地点3~5の海藻を加えた海水は赤く着色したが、地点1~2の海藻を加えた海水は着色しなかった(写真6)。本試験から、地点3~5の海藻は地点1~2の海藻と比較して赤いため、その色素が海水中に溶出した可能性が考えられた。地点3~5の海藻は海水に浸っていた形跡はなく、地点1~2に比べて乾燥していた。

(3) 海藻の屋外乾燥試験

海水中に漂流していた黄褐色の海藻(カゴメノリ)が太陽光や乾燥などの要因により赤褐色になり、赤色の色

素を溶出した可能性を考慮し、地点1のカゴメノリを屋外に放置し赤褐色に変化するかを試験した。対照として、地点5の赤褐色の海藻も屋外に放置した。試験は、当所の屋上に設置した白色バットに海藻を放置し、風雨除けとして透明のビニル袋を被せて6日間放置することで行った。試験2日目は雨天であったが、3~6日にかけては快晴で、気温は16.4℃~20.3℃の範囲であった。その結果、試験開始から2日目には乾燥して細くなり、6日目には赤褐色に変色しているのを確認した(写真7)。赤褐色に変色した海藻に海水を加えて2時間浸出した結果、海水が赤く着色することが確認された(写真8)。これらの結果より中城海岸での海水の赤色着色は、打ち上げられたカゴメノリが陸上で乾燥して赤褐色に変色し、その変色したカゴメノリが海水に再度浸ることで、赤色の成分が溶出し、一時的に海が赤く染まったことが示唆された。

(4) 赤色の海水サンプルの成分分析

赤色の成分を分析するために海水サンプル(写真9)の紫外-可視吸収スペクトルを測定した結果、500 nm付近に特徴的な吸収極大を持ち、220~400 nm付近に大きな吸収スペクトルが得られた(図1)。このことより、海水が赤く見えるのは可視光の青色から緑色が吸収されたことによって得られた補色であることがわかった。500 nm付近に吸収極大を持つ海藻の成分としてはカロテンやクロロフィル、タンニン等の可能性が考えられた。

次に赤色の海水サンプルを薄層クロマトグラフィー(ヘキサン:アセトン=7:3)により分離した。各サンプルは、冷蔵庫でジエチルエーテルによる抽出を一晩行った。その結果、海藻に含まれる代表的な色素成分であるカロテンやクロロフィル、フェオフィチン、ネオキササンチン、ビオラキササンチンは確認できなかった(写真10)。この結果より、海水を赤く着色した成分は水溶性の色素(タンニンや水溶性色素タンパク質)である可能性が示唆された。

III 考察

分析結果および気象庁HP<sup>1)</sup>による気象条件や潮汐(表1)を参考に、本事例について考察を行った。海水の着色現象が確認された3月19・20日は大潮であり、着色現象も上げ潮の時間帯に確認されている。また満潮時の18時半頃には海水の着色は確認されなかったが、大量の赤褐色の海藻が堆積していた。これらのことより、①3月4日の大潮から3月13日の小潮に向かう期間に何らかの理由で大量に発生もしくは集積したカゴメノリが同海岸の

砂浜に打ち上げられ、②3月14日から3月19日にかけて、打ち上げられたカゴメノリが日照により赤褐色に乾燥変色し、③3月20日の大潮で、カゴメノリが海水に浸ることによって色素成分が溶出し、海水が赤く着色したと考えられる。3月20日以降に海水の赤色の着色が確認されなかった理由としては、一度色素を溶出したことで、再び海水に浸っても色素が溶出しないためと考えられる。

本事例のように海藻から溶出した成分により海水が赤く着色する現象を報告する資料等は確認できなかった。しかし、オーストラリアのタスマニア島南西部に位置するバサースト湾では、周囲の湿原に群生しているイネ科のボタングラス *Gymnoschoenus sphaerocephalus* から溶出したタンニンが流れ込むことで、海水が赤く着色する現象が知られている<sup>2)</sup>。

カゴメノリは褐藻綱に属する海藻の一種で、日本全国の潮間帯下部～潮下帯にかけて生育している<sup>3)</sup>。カゴメノリが属する褐藻綱はタンニンを含むことが知られており<sup>4)</sup>、カゴメノリにもタンニンが含まれていることが報告されている<sup>5)</sup>。タンニンは酸化により褐色～赤褐色に変色することから<sup>6)</sup>、本事例もタンニンが原因であった可能性がある。

以上のことより、本事例は大量に打上げられたカゴメノリが乾燥して赤褐色に変色した後に、満ち潮の海水に浸かることで内部の水溶性色素成分が溶出し、一時的に海を赤くするという極めて珍しい現象であった。

#### <謝辞>

海藻の鑑定及びご助言を頂きました琉球大学海洋自然科学科の須田彰一郎教授、沖縄県庁農林水産部水産海洋研究センター石垣支所の須藤裕介様にこの場を借りて感謝いたします。



写真2 海水が赤く着色した中城村久場海岸 (3月20日 15:30頃)。左: 海岸の様子, 右: 赤く着色した海水。

#### IV 参考文献

- 1) 国土交通省気象庁 HP (2015) 各種データ・資料。  
< <http://www.jma.go.jp/jma/menu/menureport.html> >。  
2017年9月アクセス。
- 2) Hirst, A., Barrett, N., Meyer, L., & Reid, C. (2007). A detailed benthic faunal and introduced marine species survey of Port Davey, Bathurst Channel and Bathurst Harbour in SW Tasmania. NRM Final Report, Tasmanian Aquaculture and Fisheries Institute, 6.
- 3) 田中次郎, 中村庸夫 (2004). 基本 284 日本の海藻, 平凡社, p83.
- 4) 西澤一俊, 千原光雄 (1979). 藻類研究法, 共立出版, p 687-688.
- 5) Vimala, T., & Poonghuzhali, T. V. (2017). In vitro antimicrobial activity of solvent extracts of marine brown alga, *Hydroclathrus clathratus* (C. Agardh) M. Howe from Gulf of Mannar. Journal of Applied Pharmaceutical Science Vol, 7(04), 157-162.
- 6) 中林敏郎, 木村進, 加藤博通 (1967) 食品の変色とその化学, 光琳書院, pp. 99-110.



写真1 海藻の堆積場所 (赤い破線部分)。





写真3 採取された2種類の海藻。左：カゴメノリ，右：赤褐色の海藻（他の海藻も含む）。



回収  
→

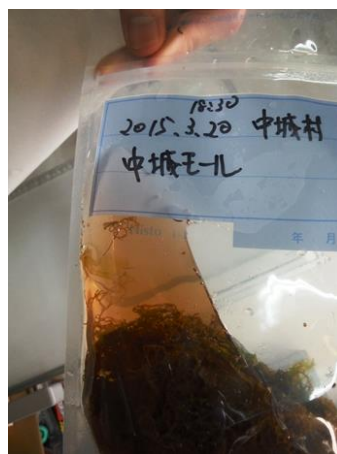


写真4 堆積していた海藻（左）を回収して海水に浸した様子（右）。

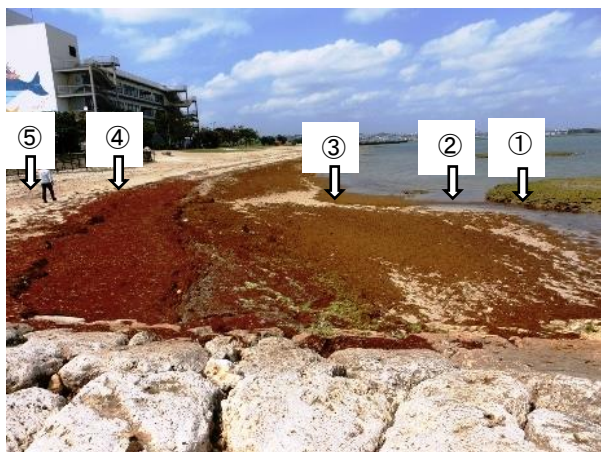


写真5. 堆積した海藻の採取位置（3月26日14:00頃）



↓ 1h



写真6. 海藻を浸した海水の色の変化 A:0 hr B: 1hr. 番号は写真5の採取位置.

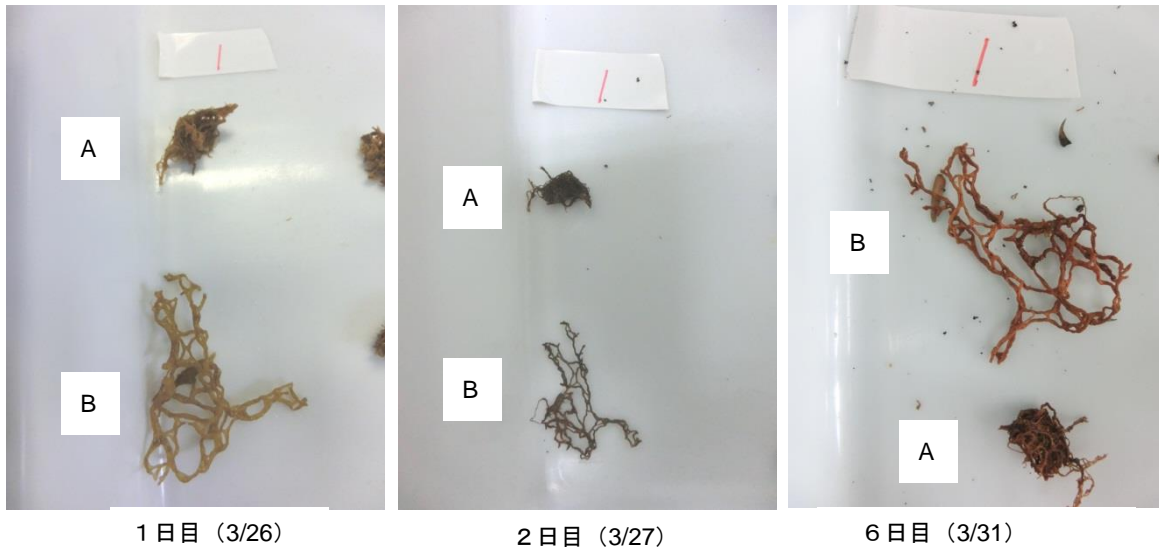


写真7. 屋外乾燥させた海藻の様子. A: 写真5の⑤から採取. B: 写真5の①から採取 (カゴメノリ)

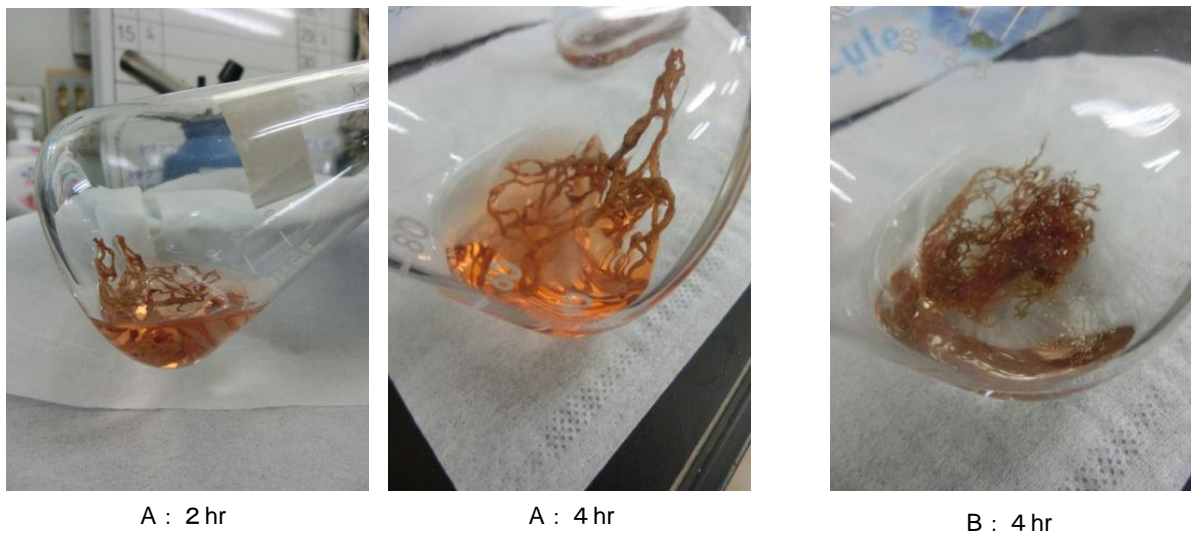


写真8. 6日間乾燥させたカゴメノリを浸した海水の様子. A: 写真7の海藻B (カゴメノリ), B: 写真7の海藻A.

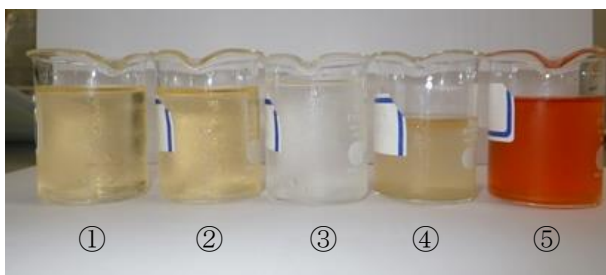


写真9 紫外-可視吸収スペクトルの測定に用いたサンプル. ①: 3/20 16:00の採水海水1, ②: 3/20 16:00の採水海水2, ③3/20 18:00の採水海水, ④海藻による赤色染色試験後に退色した海水, ⑤海藻により赤色染色した海水. ①と②は同地点より採水.

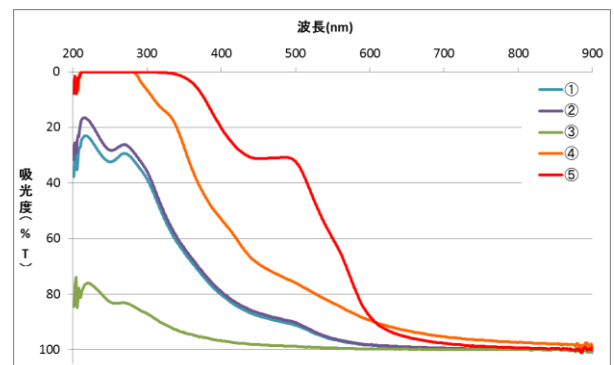


図1 海水サンプルの紫外-可視吸収スペクトルの測定. サンプル番号は, 写真9を参照.

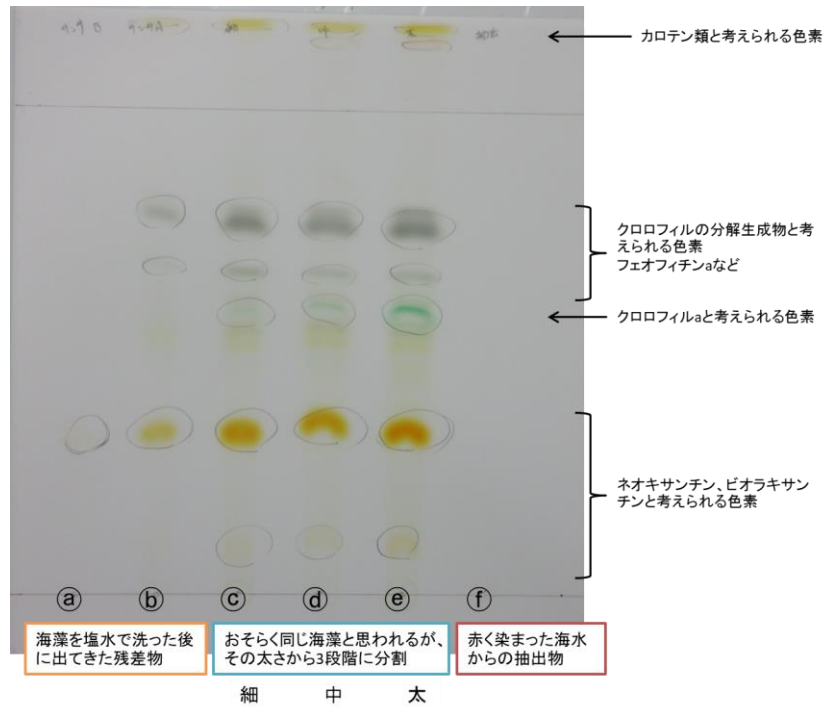


写真 10 薄層クロマトグラフィーによる赤色成分の分析結果. a-b は海藻の塩水洗浄後の残渣物, c-e は太さで 3 段階に分けた海藻からの抽出物, f は海水の赤水サンプル.

表 1 2015 年 3 月 4 日～4 月 2 日の気象及び潮汐データ. 黄色い箇所が赤水の発生した日. 降水量, 気温, 風向・風速, 日照時間は気象庁の宮城島データ参照. 天気概況は那覇データ参照. 月の状況及び潮汐は中城湾港データ参照. 満月・新月の前後数日は大潮, 上弦の月及び下弦の月の前後数日間は小潮.

月	日	降水量の合計 (mm)	気温 (°C)		風向・風速 (m/s)				日照時間 (h)	天気概況	月の状態	満潮				干潮				
			最高	最低	平均風速	最大風速	最大瞬間風速	風向				時	cm	時	cm	時	cm	時	cm	
4	0.5	16.4	13.4	6.3	8.8	北	13.3	北	0	雨時々曇		6:32	170	18:19	179	0:09	18	12:22	55	
5	0.5	17.6	13.8	5.3	7.9	北北東	10.1	北北東	0.2	曇		6:57	176	18:51	183	0:39	14	12:51	46	
6	12	18.4	15.9	6.4	10.2	北東	12.5	東北東	0	曇時々雨	満月	7:21	180	19:22	185	1:08	14	13:19	39	
7	0	20.2	16.5	4.3	7	北北西	11	北北西	1.8	曇時々雨		7:45	183	19:53	183	1:35	17	13:47	34	
8	0	19.5	15.9	4.5	7.2	北東	10	南東	3.6	曇時々晴		8:10	183	20:25	179	2:02	22	14:16	30	
9	12.5	19.3	15.2	7.6	12.5	北西	19.2	北北西	0.9	曇時々雨 一時晴		8:36	182	20:58	172	2:30	30	14:47	30	
10	0	15.4	11.3	7	10.3	北	15.5	北北西	0.3	曇		9:03	179	21:35	163	2:58	40	15:20	31	
11	0	16.8	11.3	4.4	7.3	北北東	10.7	北	2.3	曇時々晴		9:33	173	22:17	152	3:29	52	15:58	35	
12	1.5	15	12	4.2	6.7	北東	9	北北東	0	曇後 一時雨		10:08	166	23:13	140	4:03	65	16:44	41	
13	0	20.4	12.4	3.6	5.4	東南東	7.5	東南東	9.6	晴時々曇		10:52	157	*	*	4:48	79	17:47	47	
14	1	22.1	18.5	5.3	8.2	南南東	11.9	南	0.8	曇時々曇 一時雨	上弦	0:37	132	11:58	150	5:57	92	19:15	49	
15	0	23.2	20.2	6.8	10.1	南南西	14.2	南南西	4.1	曇時々晴		2:28	133	13:33	148	7:44	97	20:49	41	
16	0	23.4	19.9	6.4	11.3	南南西	14.9	南南西	6.6	晴後曇		3:52	146	15:07	157	9:22	88	22:02	27	
17	0	23.9	19.8	4.4	8.1	南南西	11	南南西	8.9	晴一時曇		4:47	162	16:18	172	10:28	71	22:57	13	
3	18	0	23.2	19.4	6	8	南	11.8	南	9.3	晴		5:29	178	17:15	189	11:18	51	23:44	2
19	0	25.1	19.9	5.4	8.5	西南西	11.1	南南西	3.9	晴後曇		6:08	192	18:06	202	12:03	31	*	*	
20	0	24	19	3	4.8	北西	7.8	北北西	8.9	晴一時曇	新月	6:45	201	18:53	208	0:27	-2	12:46	15	
21	0	23.8	18.5	2.7	6	北北東	8	北	2.9	曇時々晴		7:21	207	19:39	208	1:08	1	13:28	4	
22	1	22.6	17.3	5.5	8.5	北北東	11.8	北	8.1	曇時々晴		7:56	206	20:25	200	1:47	11	14:10	-1	
23	2	21.4	14.2	7.2	10.8	北北東	14	北東	8.1	晴後 一時曇		8:31	201	21:11	186	2:25	26	14:53	1	
24	0	20	14.4	7.8	10.1	北北東	13.7	北北東	6.6	晴時々曇		9:07	192	21:58	170	3:02	43	15:36	10	
25	0.5	18.6	14.7	6.1	8.8	北北東	12.2	北東	2.2	曇時々晴 一時雨		9:43	179	22:52	153	3:40	62	16:24	22	
26	0	19.5	16.9	8.6	12.3	東	16.3	東	5.1	曇時々雨 後晴		10:24	165	23:59	139	4:22	79	17:19	37	
27	16.5	20.5	17.7	8.8	10.6	南東	15.9	東南東	0.8	曇時々雨	下弦	11:18	150	*	*	5:17	94	18:30	49	
28	0	22.8	18.1	6.1	9.6	西南西	13.4	西	6.7	晴時々 薄曇		1:33	132	12:44	139	6:51	102	19:58	55	
29	0	23	18.1	5.1	8.3	西	13	西北西	10.9	晴		3:11	136	14:31	138	8:53	99	21:19	53	
30	0	23.9	18	2.6	5.8	南東	8.1	南東	10.7	晴		4:13	145	15:50	145	10:08	87	22:17	47	
31	0	23.7	19.8	4.7	6.6	南	9.7	南	5.1	曇		4:53	155	16:44	156	10:53	73	23:01	41	
4	1	0	25.9	20.6	4.8	7.7	南南西	10.9	南南西	7.8	晴		5:25	165	17:26	166	11:28	60	23:37	36
2	0	24.9	21.2	4.9	8	南南東	11.4	南	7.7	晴一時曇		5:53	173	18:02	175	11:58	48	*	*	