

定点観測データから捉えたサンゴ白化の一因としての 海水温の変化について

仲 座 栄 三* 津嘉山正光** 川 満 康 智***
砂 川 恵 輝**** 北 村 康 司***** 川 上 和 宏*****

1. はじめに

1998 年夏, 南西諸島全域で今世紀最大と言われるサンゴの白化現象が見られた。現在, 一部の海域では白化したサンゴの蘇生が見られるものの, 多くの地域で死滅の方向に向かいつつある。

サンゴが白化する現象について, 山里 (1991) は, サンゴの種類により相違はあるものの, 海水温が 30°C を越えるとサンゴが白化したという事例を示している。また, 白化現象が, 1979-80 年, 1982-83 年, 1986-88 年にも生じたとする, プエルトリコ大学のウィリアムズ教授夫妻の報告例を示すと共に, 海水温が僅か 1°C 上昇しても白化し死亡するサンゴもあることを示し, 地球温暖化がサンゴ環境に及ぼす影響は深刻な状況になり得ると警鐘を鳴らしている。

1998 年のサンゴ白化現象の直接的な要因としても海水温の上昇が上げられており, 台風来襲が極端に少なかったことが例年より海水温が上昇した原因と言われている。しかし, その詳細は未だ明らかでない。良質なサンゴの大半は水深 5 m から 20 m となるリーフフラットエッジに集中している。そのため上記の問題解明に対しては, この程度の水深におけるデータが必要不可欠である。

本研究では, リーフエッジ付近でかつ水深 25~35 m の海底に設置された波高・流速計及び水温計のデータを用い, 台風来襲頻度が多かった 1997 年度と 1998 年度とのデータを比較することで, 1998 年の夏, 海象にどのような変化が生じ, 未曾有のサンゴ白化をもたらしたかについて検討を行う。

2. 観測データ解析

図-1 に観測が行われた海域を示す。図中の丸印は観測が行われた海岸であり, 特に●印で示す宮古島及び沖

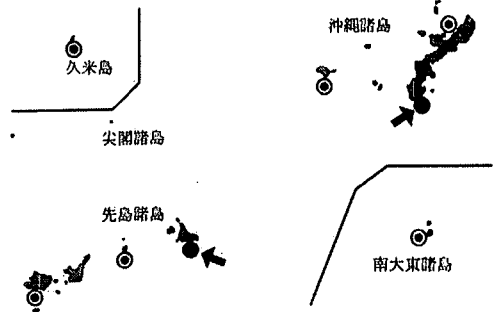


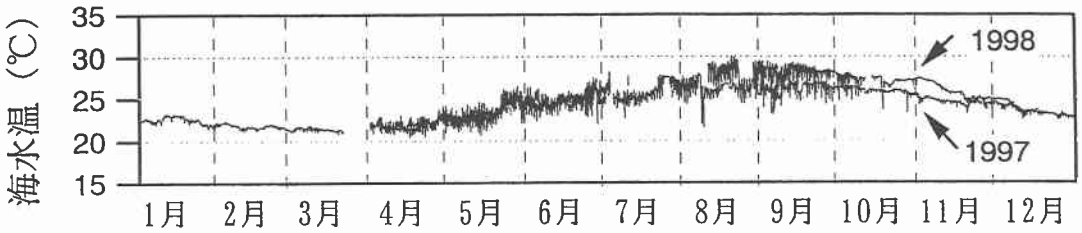
図-1 観測対象海域

繩本島南部の海岸では, 年間を通して観測が行われている。図示のとおり, 観測海域は琉球列島に広く分布している。

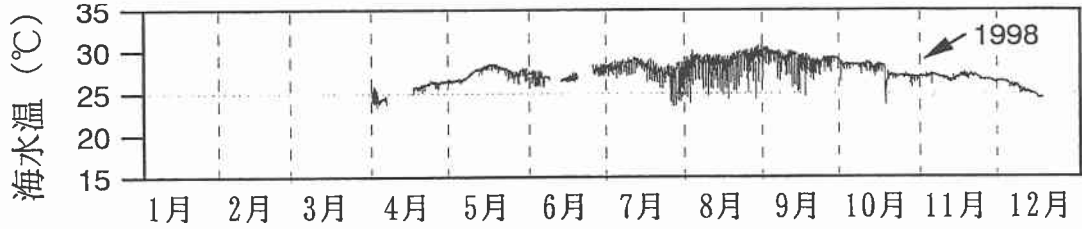
過去にサンゴ白化が顕著だったとする期間の中で, 1982-83 年, 1986-88 年はエルニーニョの発生年に対応し, その意味では 1988 年の状況と似ている。1988 年のサンゴ白化に関し未だ系統だった報告例はない。そのためここでは, 新聞など報道機関で取り上げられた情報を基に, 今回の白化現象が何時の時点で問題となったかを確認しておく。1998 年の 4 月には世界のサンゴに白化が見られることが報道されており, 5 月にはオーストラリアのグレートバリアリーフで深刻な状況となっていることが報告されている。南西諸島では, 8 月後半に宮古島及び八重山諸島でサンゴ白化現象が海域全体で見られることが初めて地元紙で報道されている。さらに, 9 月上旬にはサンゴ白化が九州地方にまで及んでいることが報告されている。さらに, サンゴ白化の被害は 1999 年度が開けても続いていることが報告されており, 1999 年 3 月にはパラオ共和国においてもサンゴ白化現象が深刻となっていることが報告されている。

図-2 に, 沖縄本島南部 (港川海域) 及び宮古島 (博愛海域) で得られた海水温 (1997 年度及び 1998 年度, 観測水深 35 m) の日変化を示す。沖縄本島南部においては, 図示のとおり, 1998 年度と 1997 年度との夏場に海水温の違いが見られる。沖縄本島南部では, 春先まで 1997 年度と殆ど同様な変動であった海水温が, 1998 年 6 月 27

* 正 会 員 工 博 琉球大学助教授 工学部環境建設工学科
** 正 会 員 工 博 琉球大学教授 工学部環境建設工学科
*** 工 修 (有) 海岸環境調査研究所
**** (有) 海岸環境調査研究所
***** 学 生 会 員 工 修 琉球大学大学院
***** 沖縄県農林水産部漁港課



(a) 沖縄本島



(b) 宮古島

図-2 海水温の経時変化

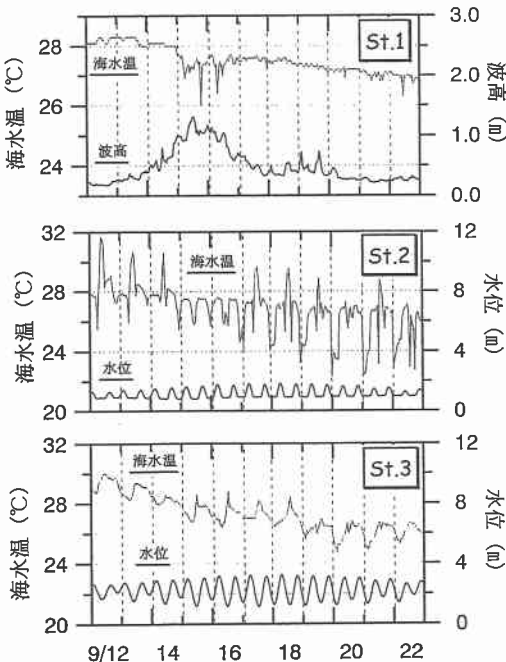


図-3 海水温、水位、波高の経時変化 (久米島, 1997年)

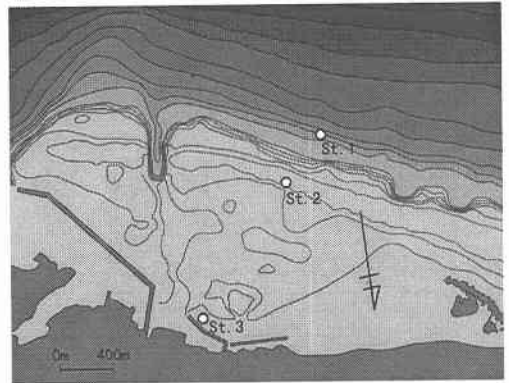


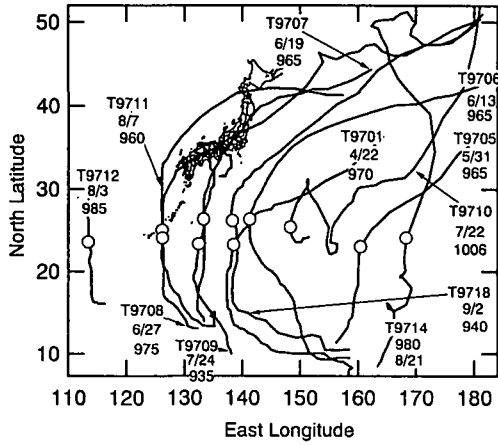
図-4 観測位置 (久米島)

南部の海水温より高い状態で推移している。しかし、7月中旬からは沖縄本島と宮古島との水温差は殆どなくなっている。宮古島の場合、海水温は8月の下旬に30°Cにも達している。

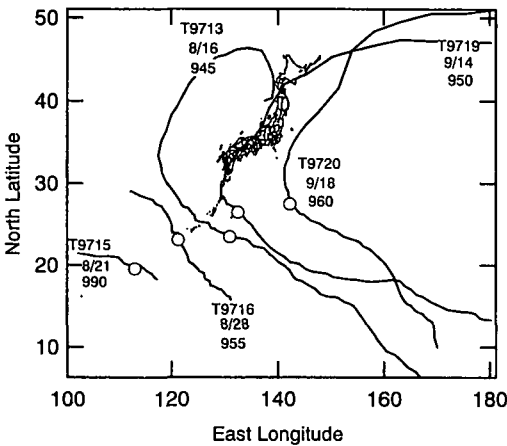
図-3に、1997年9月12日から9月22日にかけて実施された観測データを示す(非台風時)。図-4にリーフ形状と観測位置を示す。St.1は水深24m位置である。リーフ内の観測点とリーフ外の観測点とを比較すると、平均気温の平均的な変動に大差はない。しかしながら、礁池内の日中の水温変動差は大きく2°C程度となっている。また、St.1で波高1mを境に水温の急激な低下が見られるのに対し、サンゴ礁内(礁池)ではそれよりもさらに小さい波高から水温の低下が生じている。

図-2で見た通り、海水温は春先と初冬とでは1997年

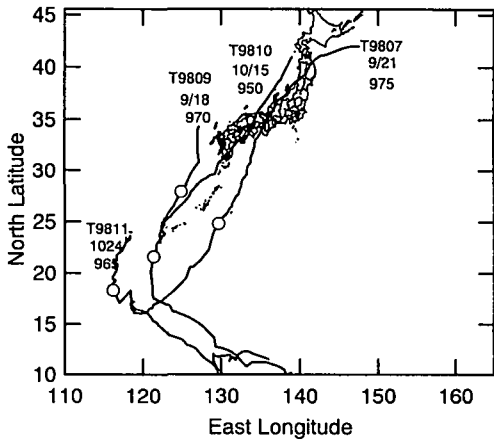
日には、1997年度を上回るようになり、相対的に海水温が高い状態が12月初旬まで続いている。特に、8月下旬には海水温が30°Cに迫っており、後で示すように、観測点より浅い海域では日中優に30°Cを超えていたものと推測される。一方、宮古島の場合、沖縄本島から南に約300 km 離れているため、春先においても同年の沖縄本島



(a) 1997年度 (パターン1)



(b) 1997年度 (パターン2)



(c) 1998年度

図-5 1997年度及び1998年度に発生した台風のコース

と1998年度に殆ど差がなく、夏場に大きな差がある。以下では、その要因を探ることで、1998年度の海水温の異常な上昇の要因を見出すこととする。

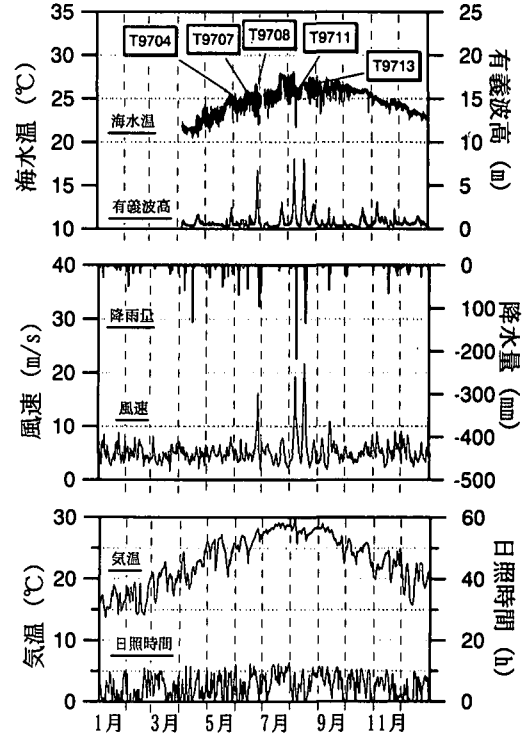


図-6 気象、海象の経時変化 (1997年度、沖縄本島)

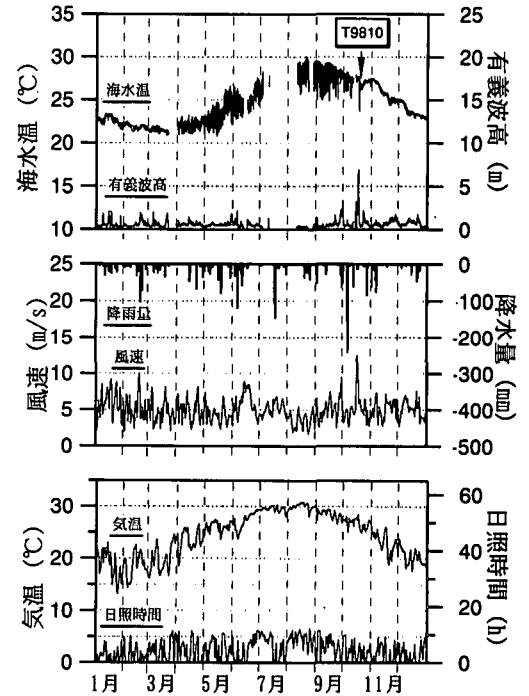


図-7 気象、海象の経時変化 (1998年度、沖縄本島)

先ず、1998年度に例年より台風来襲が極端に少なかったことという事実から確認する。図-5に、1997年度と

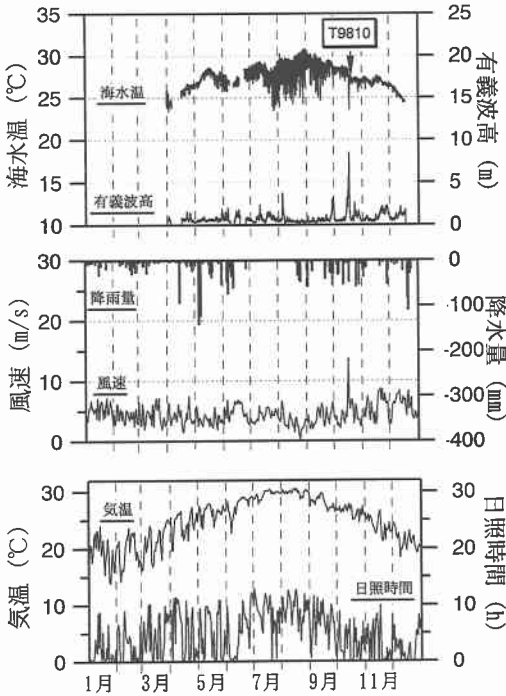


図-8 気象、海象の経時変化 (1998年度、宮古島)

1998年度とに沖縄地方に影響を及ぼした台風の経路図を示す。1997年度については後の議論を考慮し台風の進行パターンを2通りに分けて示した。台風番号の下の数値は、台風が中心が図中の○印の位置にあるときの日時と中心気圧を示す。図示のとおり、1998年度は1997年度と比較し台風接近数がきわめて少なくなっている。以下においては先ず、台風接近による気象変化と海水温との関連を具体的に明らかにする。

図-6~8に、年度別の気象条件及び海水温の日変化を示す。図示の気温・風速・降水量に関するデータは日平均量である(沖縄気象台観測)。図-9には、那覇における日平均気温の1997年度と1998年度との比較を示した。気温変化は図-2に示す海水温の日変化で見られたと同様に、6月から年度による違いが見られ、1998年度の夏には1997年度と比較し、約2度高い気温となってい

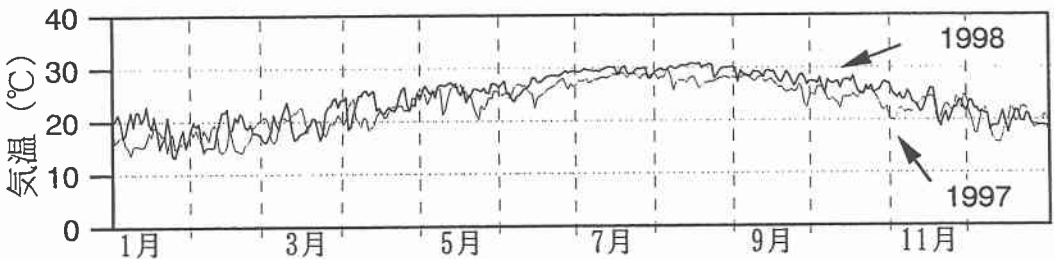


図-9 那覇における気温変化 (1997年~1998年)

る。また、海水温の変化と同様に、初冬となる12月には年度による違いは見られない。この気温差は殆ど海水温の気温差と一致している。すなわち、沖縄地方が海洋性気候である特徴を示しており、気温が回りの海水温の影響を大きく受けているものと判断される。

次は、台風接近時における海水温の変化を注意深く見ると、明らかに台風接近時に海水温の変化が生じている(海水温の変化については図-2にその拡大図があるため、それを参照していただきたい)。特に、1997年度の台風8号、11号及び13号の接近時、さらに1998年度の台風10号の接近時に海水温は不連続な変化を示しており、台風の接近が海水温に及ぼす影響が大きいことを示している。

図-10に、台風9711号接近時の海水温の変化を示す。

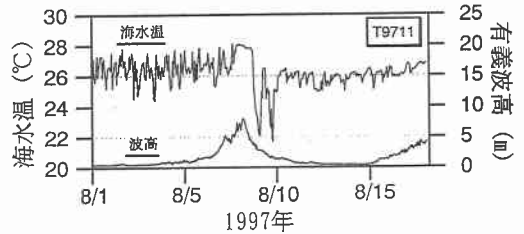


図-10 台風接近の海水温及び波高の変化

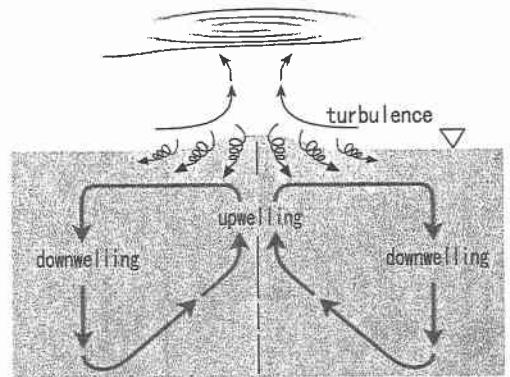


図-11 台風通過に伴う海水温低下のメカニズムの概念図

台風接近と海水温の変化をさらに注意深く見ることにより、台風接近時に僅かに海水温が上昇し、台風通過と共に海水温が下降する傾向にあることに気づく。台風接近時の海水温上昇は、台風が海水温の比較的高いところで発生し北上することから、台風の進行方向のフロント側には相対的に高温の海水が吹き流されているものと推測される。また、台風通過時に海水温が下がるメカニズムとしては、図-11に示すような大気と海水との干渉による海水の循環構造によるものと、降水量や日照時間の減少などが一般に考えられる。しかし後者に関しては、台風の影響が大局的には同心円的であることを考慮すれば、台風通過後に海水温が下がることを説明し得ない。一方、海水温に影響を及ぼす別のメカニズムとして、波浪の影響、風の吹き寄せによる沿岸部の海水面のセットアップが台風通過後に解かれることで発生する慣性重力波に伴い、深層水の湧き出し等が生じていると考えられる。波浪の影響としては、碎波に伴う乱れによる攪拌作用が考えられる。しかし、図-10に示すように海水温と波浪の波高との経時変化の拡大図からも分かるように、海水温は波高の増加と共に下降している訳でもなく、碎波に伴う乱れの攪拌作用の直接的な影響は現れていないと判断される。

以上のことから、台風接近が海水温に及ぼす影響の直接的な要因としては、図-11で説明した循環流の影響、さらには重力波の影響など二つの効果が考えられる。大塚(1990)は、南西諸島海域で台風通過前後の海水温の鉛直分布を測定し、台風通過後は水深50mにも達する温度躍層の上部で海水温が低下することや、温度躍層位置がさらに下がることなどについて明らかにしている。このことは、外洋においても台風接近時の影響が強く現れていることを示すもので、図-12に示すようなメカニズムによる海水温低下を強く示唆している。

3. おわりに

沖縄地方で深刻な状況となったサンゴ白化の原因究明の一助として、筆者らが10年間にもわたり実施してきたリーフ上の波浪・流れ・水温などに関するデータから、

1998年度の夏、海水温に前年よりも3度高い時期が5ヶ月も継続したことを突き止めた。ここで示したデータは、サンゴが一般に密集する海底に近いデータであり、サンゴ白化解明に貴重なものと言える。

10年程度のスパンで海水温の変動を見てみると、明らかにエルニーニョ及びラニーニャ現象に付随すると考えられる変動が見られる。従来、その変動は水温が30°C以下であった。しかし、1998年度はその変動域をさらに上まわり30°Cを越えた。その主因は夏場海水温を下げる効果をもたらす台風の接近が殆どなかったことに尽きる。1998年10月中旬、唯一南西諸島に接近したスーパー台風10号の発生は時すでに遅しであった。1997年度が台風来襲が多くかつ低い海水温であったため、かなりのサンゴの成長があったものと推定され、そのサンゴに対し1998度の異常な海水温の上昇は相当なインパクトを与えたものと判断される。

最後に、本研究で特に参考とした文献を以下に示す。サンゴ白化の発生からまだ日が浅く、今回の白化現象に関し特に参考となるような既発表の論文などは殆ど見あたらなかった。しかしながら、新聞報道やインターネット、あるいは私信を通しての情報は貴重な知見を与えてくれた。例えば、雪野出氏(<http://members.tripod.com/~namazu/sinbun.html>)によるサンゴ白化に関する新聞記事データベースや、(<http://www.cosmos.ne.jp/~acropora/japanese.htm>)などで公開している実態写真によるサンゴ白化の経年変化などは非常に参考になった。私信としては、沖縄県農林水産部水産試験場の鹿熊信一郎氏による調査結果(1998年夏の沖縄周辺海域の高水温, 5p.)が極めて貴重な知見を与えてくれた。この調査結果は、本年度発表予定とのことである。また、図面の作成に当たっては、海岸環境調査研究所宮里宏光氏の協力を得た。ここに記し、感謝の意を表します。

参考文献

- 山里 清 (1991): サンゴの生物学, 東京大学出版会, pp. 150.
大塚一志 (1990): 暴風に伴う表層水温の変化, 海洋, 海洋出版株式会社, pp. 100-105.