

なぜ不知火は八朔の晩にしか見られないのか ～海水温や風などの気象的条件から探る～

熊本市立宇土高等学校

2年 米田直人 村上聖真 吉田大暉 西川幸輝
1年 徳丸幸樹 堀田舞衣 橋本直大 西田琉花

【研究概要】 不知火の再現実験から発生条件が分かったため、なぜ八朔(旧暦の8月1日)の晩にしか見られないのか気象条件の観点から調べる。
A 不知火海における気温と海水温の関係：夏は一日の最低気温と海水温の差が一年を通して最も小さくなる時期であり、冬は最も大きくなる。また、八朔の時期から、気温と海水温の差が大きくなり始めることで、蜃気楼が発生しやすくなると分かった。
B 八朔の時期に吹く風の特徴：不知火海沿岸の地域では一年の中で夏や八朔の時期に風が弱くなる。

＜不知火発生条件とその時期＞

八朔の時期に蜃気楼の発生に十分な気温と海水温の温度差ができれば、さらにそこに夏の弱い風が吹くことによって「不知火現象」が発生すると考えられる。

1 はじめに：不知火現象とは

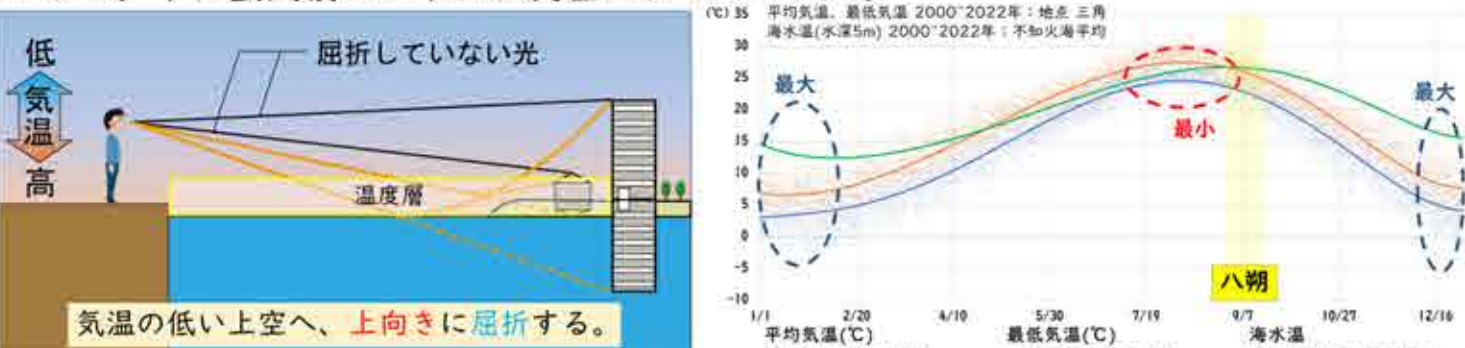
Where：不知火海(不知火町永尾神社から大島方面を観測)
When：1年に1回 八朔(旧暦8月1日)の未明(0時～3時)
How：光源(漁火)が明滅し、時間変化する異常屈折



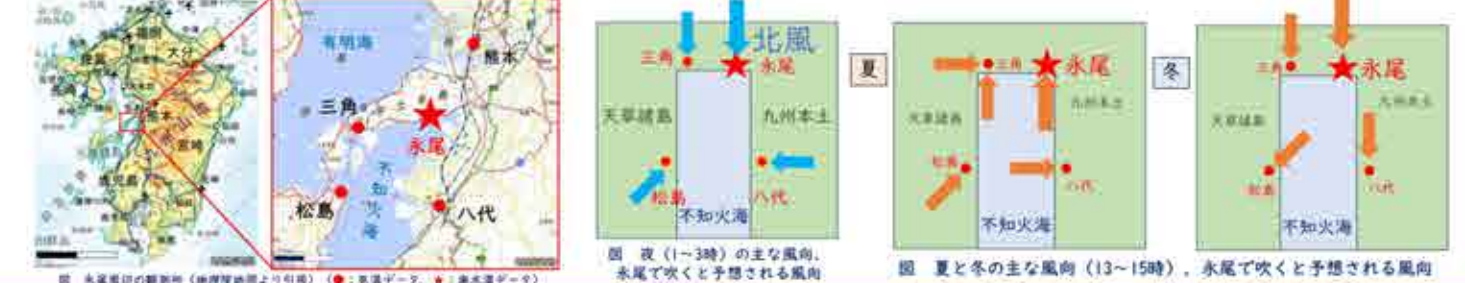
図 不知火の発生過程(「不知火新考(立石巖、1994)」の記述を元に作成)

2 これまでの研究

はじめに蜃気楼の発生には空気密度差が必要である、これは空気温度差によって生じる。暖かい海上の空気と冷たい陸地の気温の左右の温度差によって不知火現象は発生する。下位蜃気楼は上下の温度差によって生じる。



これまで、気温と海水温の温度差に注目した結果、温度差が一番大きくなるのは冬であり、夏は一番小さくなっていることが分かった。しかし、これまで使用していた海水温データは、海面から5mの深さのデータであることが分かった。不知火現象の発生には海面付近の海水温が関係しており、この海水温データは温度差を調べるには不適切なデータであると分かった。そこで今回は、自分たちで海水温の計測をしようと考えた。
また、不知火の再現実験において、不知火現象の発生に風が関係していることが分かったことから、不知火海でどんな風が吹いているのかについて研究を行ってきた。その結果、不知火海沿岸では、昼に季節風、夜に海陸風の陸風が吹いていることが分かった。また、海陸風についてはかなり局所的な場所でも吹いていることが分かった。



3 目的

不知火現象が八朔(旧暦の8月1日)の晩に見られる原因について以下の三つから迫る。

- A：不知火海における気温と海水温の関係
- B：八朔の時期に吹く風の特徴

4 A：不知火海における気温と海水温の関係

(1) 仮説

昨年まで使用していた海水温データ(水深5m)は蜃気楼の発生に関係する海水温のデータではないと分かったため、自分たちで装置を作り、海水温を測定しようと考えた。
また、八朔の時期の海面水温は水深5mの海水温より高くなるのではないかと考えた。

(2) 方法

装置を作製するにはいくつかの困難があった。
① 装置のプログラミング
Arduino と呼ばれるマイクロコンピュータや温度センサー、SDカードモジュールなどを用いて自動海水温測定器を作製する。装置は5分おきに自動で測定できるようにし、取得した海水温データは、自動的にSDカードに時刻と一緒に保存されるようにする。



図 装置にしたいプログラミングの一部

図 装置の内容

② 防水機能、潮流への対策、海上での計測などの工夫
海水が内部に入らないように、接着剤で穴を固定したり、センサーが潮流の影響を受けないよう重りに固定した。また、浮き輪に装置を固定し、海面を基準として計測することで潮位の影響を無視した。



図 装置作成の様子(左図：穴の固定、右図：センサーの固定)

図 海水温測定方法

③ 装置の設置・固定

地元の漁協の協力を得て実際の不知火海への設置を行った。設置は不知火海沖にある牡蠣いかだと不知火海へと流れる河川の鏡川河口に設置した。設置する地点の水深を考え、牡蠣いかだに設置する装置のセンサーは1m、2m、3m、5m、10mの5つの地点で測り、鏡川河口に設置する装置は1m×2、2m×2、3mの3つの地点で測った。



図 装置を設置した地点(地理院地図より引用、加筆)

図 設置の様子(左図：鏡川河口への設置、右図：牡蠣いかだへの設置)(センサーの長さ：1m×2、2m×2、3m・1m、2m、3m、5m、10m)

④ データの解析

不知火海沖の牡蠣いかだに設置した装置は波の影響などによって破損してしまった。そこで今回は鏡川河口での海水温データを用いて解析を行い、傾向を見る。

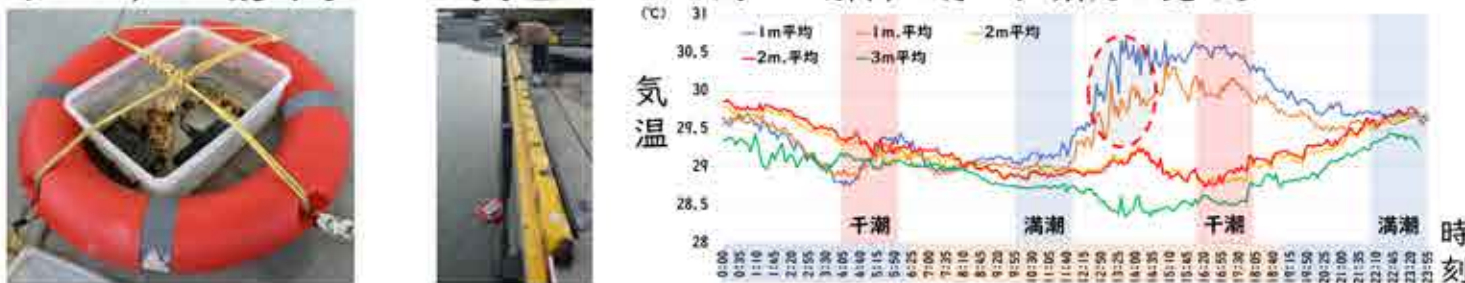


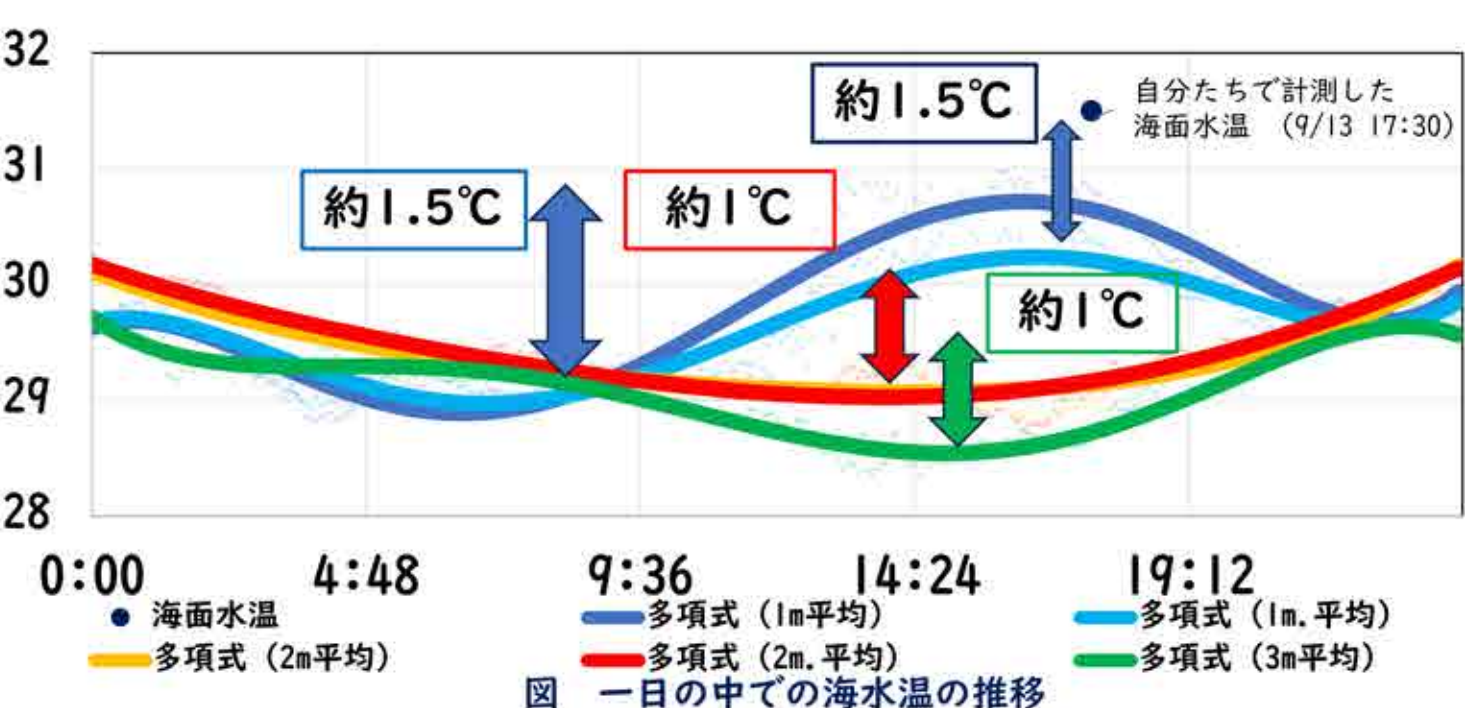
図 牡蠣いかだの装置

図 回収の様子

図 地点ごとの平均海水温の推移

データの解析…鏡川河口での海水温データは潮位変化による影響を大きく受ける。そこで、潮位などの条件を考慮して、使えないものは排除することで傾向を見る。

(3) 結果・考察



4 A：不知火海における気温と海水温の関係

一日での推移をみると1mの海水温は昼に一番高くなり、夜に一番低くなっている。また、1m地点の一日の中での海水温の変動は約1.5°Cあった。2m、3m地点の海水温は昼に低くなり、夜に高くなっていた。一日の温度変化はどちらも約1°Cだった。
また、実際に自分たちで海面水温を測り、装置で計測した水深1mの海水温データと比較したところ、海面水温と水深1mの海水温では約1.5°Cの差があった。1mの傾向をもとに海面水温が一日の中でのどのように変化するかを予測したところ、昼は日光の影響で一番高くなり、夜は放射冷却などによって一番低くなると考えられる。

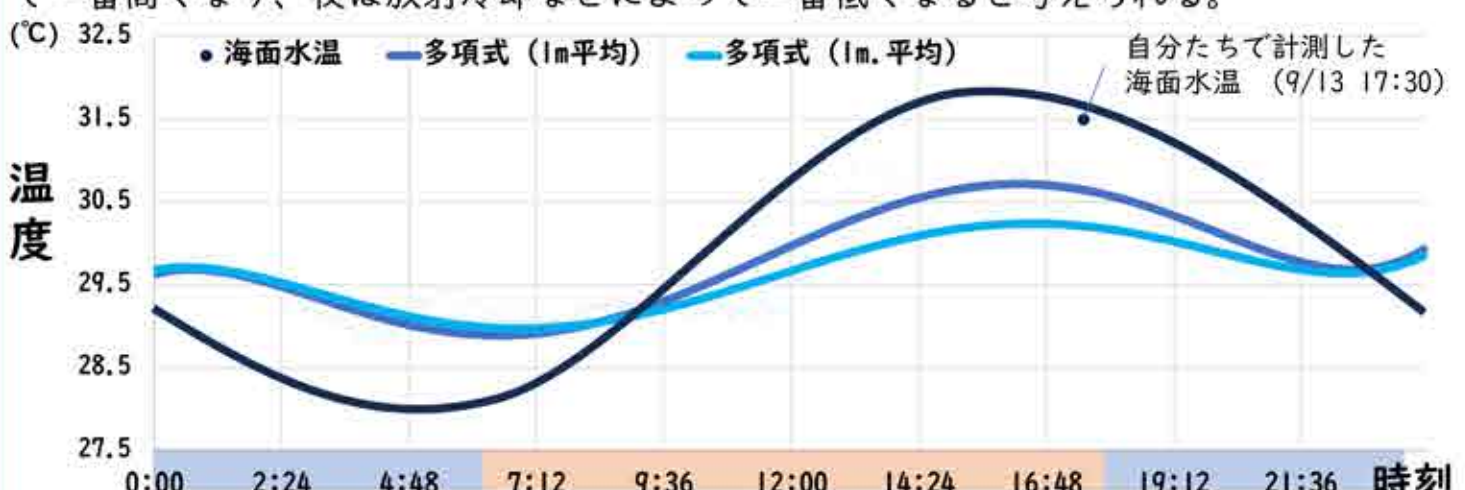


図 一日の中での海水温(水深1m)の推移と海面水温の推移の予測
一か月での違い(9月)を調べると今まで使用していた水深5mの海水温と計測した海水温とで、約2°Cの温度差があった。さらに、最低気温との温度差は約6°Cと蜃気楼の発生に十分な温度差があった。このことをもとに、一年の中での海面水温の予測すると、一年の中で夏に最も高くなり、冬は水深5mの海水温より低くなると考えられる。

このことから、気温と海水温の温度差が一番大きくなるのは冬であるが八朔の時期にも蜃気楼の発生に必要な温度差が十分あると考えられる。
左図 9月中の気温と海水温の推移、計測した海水温との温度差

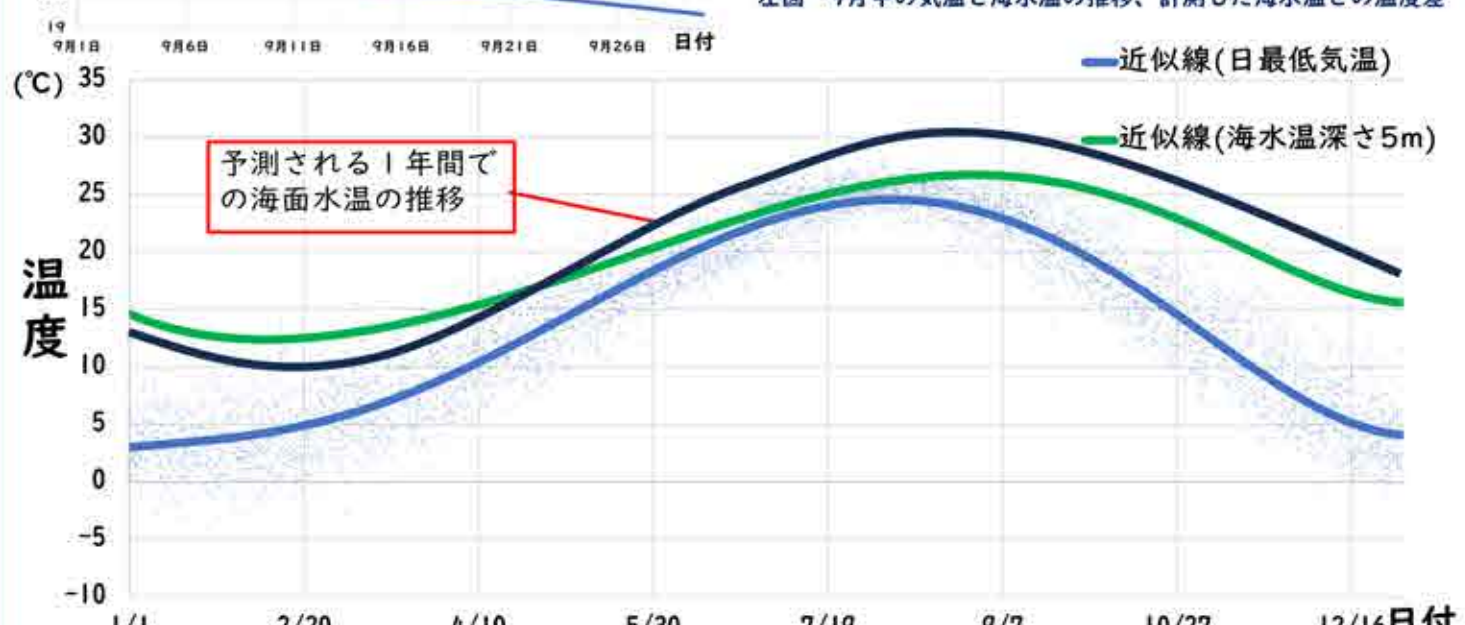


図 1年間での海水温(5m)と気温の推移と海面水温の推移の予測
八朔の時期にも蜃気楼の発生に十分な温度差があると考えられる

B：八朔の時期に吹く風の特徴

(1) 仮説

温度差が一番大きくなるのは冬であるが、不知火は冬に見られない。そこで、昨年の室内実験にて分かった不知火の一つの発生条件である「視線方向の微風」に注目し冬より夏の方が風は弱いと仮説を立てた。

(2) 方法

先行研究で不知火海沿岸の地域でどのような風が吹いているのか風速に注目した。気象庁より時間別の風向風速データを取得し解析を行う。
地点：三角、松島、八代 天候：降水量が0の日
時間：1ヶ月ごと 期間：2011～2020年
風向：16方位を4区分
風速：5段階区分(強、やや強、やや弱、弱、静穏)(各地点の四分位数で区分)

(3) 結果・考察

すべての地点で夜は弱い陸風が吹き、昼は強い季節風が吹くと分かった。

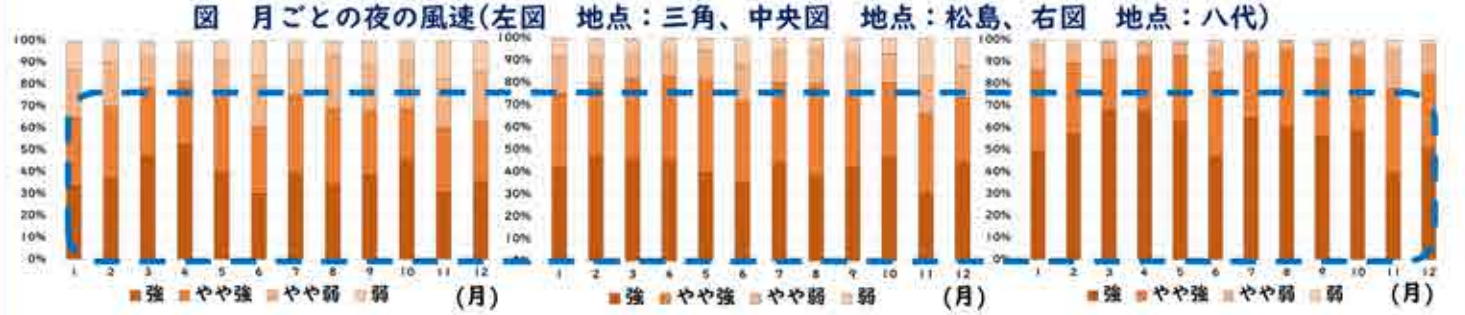
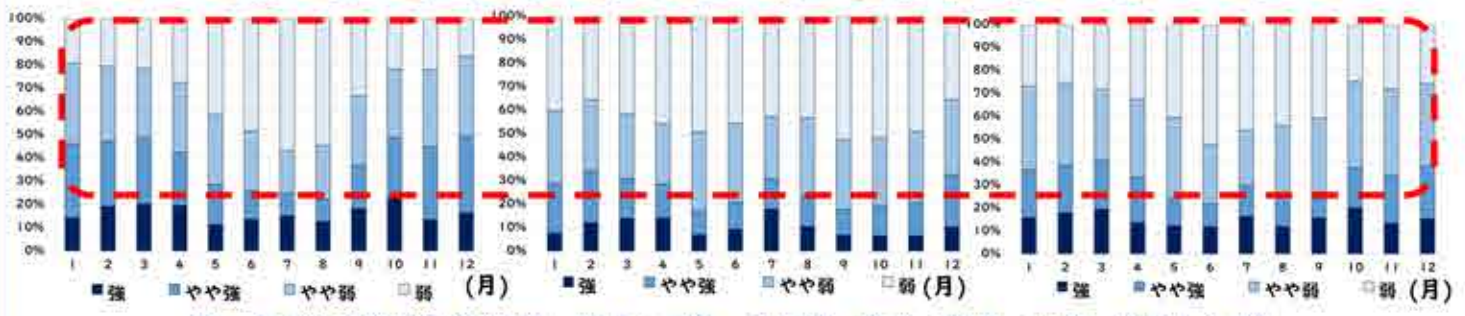


図 月ごとの夜の風速(左図 地点：三角、中央図 地点：松島、右図 地点：八代)
このように昼夜で風が変わる要因として、上空と地上での気温差が関係していると考えた。昼は地上と上空の気温差が大きいため空気が良く混ざり合い、上空の強い風が地上に降りてくると考えられる。しかし、夜は地上と上空で気温差が小さいため、空気が混ざり合わず、地上では弱い陸風が吹くと考えられる。



図 昼の風

図 夜の風

また、夜の風に注目すると、一年間の中で、夏や八朔の時期に弱い風が多くなっていると分かる。このことから、不知火は八朔の時期に発生しやすいといえる。

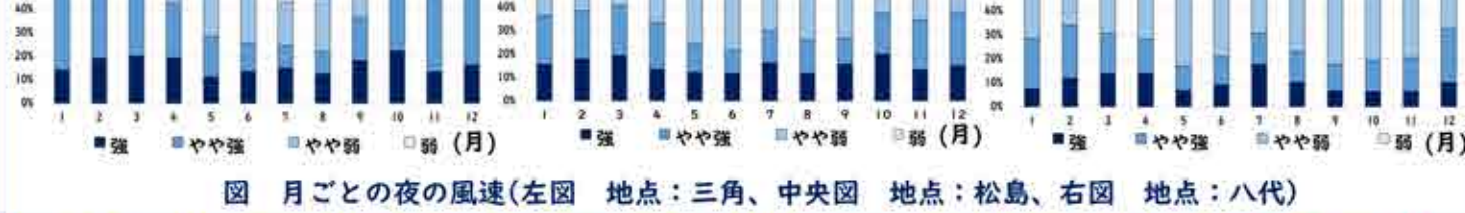


図 月ごとの夜の風速(左図 地点：三角、中央図 地点：松島、右図 地点：八代)

不知火海における風は昼に比べ夜のほうが弱く、一年の中では冬よりも夏の夜に弱い風が多くなると分かった。

5 まとめ・今後の展望

- 八朔の時期に蜃気楼の発生に十分な気温と海水温の差ができれば、さらに、夏の弱い陸風が吹くことによって、不知火が発生すると考えられる。
- 海水温測定データを増やす。
- 昔の風や温度差などについてデータを増やして傾向を見る
- 地形や上空の風を考慮して昼夜の風速の違いを調べる。

6 謝辞・参考文献

ご支援くださった公益財団法人 中谷医工計測技術振興財団様、一般財団法人 WNI 気象文化創造センター『高校・高専観測機器コンテスト』様
また、鏡漁協や漁師の皆様、本校教諭の本多栄喜先生、熊本県水産研究センター様、海上保安庁の皆様など多くの方に心より感謝申し上げます。

・高校・高専気象観測機器コンテスト ・総合物理2(数研出版株式会社) ・気象庁
・熊本県水産研究センター ・地理院地図 ・不知火新考(築地書館株式会社、立石巖)