

## 論 文 要 旨

## Abstract

## 論 文 題 目

**Title Hydrodynamic and thermal environments of the southeastern coastal region of Ishigaki Island, southwest Japan**

Comprehensive field observations were conducted in the southeastern coastal region of Ishigaki Island, southwest Japan where Shiraho Reef is located. Present study was designed to explore the characteristic hydrodynamic and thermal structures of the region. Study results show that tidally forced internal current flows in a semidiurnal frequency from the offshore area toward the coral reef region. Near-bottom cold current that follows the internal waves propagates onshore from the northern offshore region where the bottom topography is characterized by gentle slopes. Current vector analysis and vertical profiles of horizontal current show opposite current between the upper and bottom layers that indicates the propagation of internal current in the region. As the internal current flows, near-bottom water temperature starts to drop significantly with a gradual transmission toward the surface layer. Orientation of tidal ellipses shows that the direction of major axes gradually turns to a cross-shore direction in the bottom layer from their along-shore direction in the surface layer. Though tidal ellipses rotate in a clockwise direction in the upper lower, the direction changes to an anticlockwise rotation in the bottom layer. Power spectral analysis shows that in the bottom layer cross-shore current intensity is higher than the along-shore current with an indication of strong cross-shore internal current in the bottom layer of northern offshore region. Non-barotropic current also indicates the flow of strong cross-shore current through the bottom layer. Harmonic tidal analysis based on eight major tidal constituents shows that semidiurnal tidal forces mainly contributed to the propagation of onshore internal current. Cold internal current that flows from the northern offshore region enters the reef area through a reef channel namely *Tooru-guchi* and results a significant temperature drop in the northern reef area with a gradual transmission toward the southern part. Other than the atmospheric temperature, solar radiation and onshore cold internal current, a northerly wind is also found to affect reef thermal environment significantly particularly, during winter.

Water circulation inside the reef is found to be almost regular and controlled both during summer and wintertime observations. A nearly unidirectional current is recorded in the reef area on a semidiurnal frequency during the winter however, for a summertime measurement, the current flows on a diurnal basis. This uniform current was found to flow from the northern part with a gradual transmission toward the southern part of the reef. When tidal level starts rising from a low tide condition, a time lag is recorded between the reef and offshore areas. Tidal level outside the reef starts rising earlier over the reef areas. The maximum time gap is found to be about 1 and 3 hrs during summer and winter, respectively. Comparing to summer, tidal level of the offshore region significantly raises over the reef area during winter that lead to a strong inflow of oceanic waters into the reef area. The difference in the time lags that ultimately determine how much the offshore tidal level would be raised over the reef area results the frequency difference of uniform current between the two seasons.

Northerly wind induces high waves in shallow offshore region outside the reef. Incoming wind-induced waves are found to drive significant current inside the reef. Though the wind fields are dominated both by northerly and southerly winds, northerly wind-induced waves mainly drive currents in the reef area. Outside the reef, wind characterized by varying direction also induces current particularly near the reef edge areas. For the offshore area, a strong linear relation is found between wind and current velocities where the resultant velocity of wind-induced current is found to be around 6% of the wind speed.

Name Shak Md. Bazlur Rahaman

(様式第5-2)

平成17年 8月 10日

琉球大学大学院  
理工学研究科長 殿

論文審査委員

主査 氏名 伊良波 繁雄

副査 氏名 筒井 茂明

副査 氏名 野底 武浩

副査 氏名 仲座 栄三



### 学位（博士）論文審査及び最終試験の終了報告書

学位（博士）の申請に対し、学位論文の審査及び最終試験を終了したので、下記のとおり報告します。

記

申請者	専攻名生産エネルギー工学 氏名 S. M. Bazlur Rahaman 学籍番号 028602J
指導教員	伊良波 繁雄
成績評価	学位論文 <input checked="" type="checkbox"/> 合格 <input type="checkbox"/> 不合格 最終試験 <input checked="" type="checkbox"/> 合格 <input type="checkbox"/> 不合格
論文題目	Hydrodynamic and thermal environments of the southeastern coastal region of Ishigaki Island, southwest Japan
審査要旨（2000字以内） 石垣島白保海域のサンゴ礁は世界有数の青サンゴ群落の存在で知られており、その保全と管理は海域の世界自然遺産登録という観点からも世界的に注目されている。こうしたサンゴ礁海域の保全には、海水温および流れなどの環境特性の解明が必要不可欠と言える。当海域の物理環境の解明には、これまで多くの研究者が挑んでいる。しかしながら、その特性を外洋環境も含めて明らかにした研究例は未だ存在しない。また、1988年に世界的規模で起きたサンゴの白化の際、局所的にその被害から免れた海域が存在したことが後に注目され、その物理的要因を突き止めることが、地球温暖化への対策という観点からも求められている。	

(次頁へ続く)

## 審査要旨

本研究は、こうした状況下において、水深 250m に達する外洋環境からサンゴ礁海域までを広域的かつ総合的に把握しているところに特徴を有する。現地観測では、5 台の超音波流速計、2 台の波高計（水圧・電磁流速計）、7 台の電磁流速計、150 個の簡易型温度計が用いられている。

得られたデータを基に、まず石垣島東海域の潮流の基本場が、干潮時に北流、満潮時に南流であることが明らかにされた上で、リーフの口と言われるリーフギャップに向かう緩勾配海域および陸棚周縁部付近に内部波の発生が存在することが明らかにされている。内部波は夏季と冬季で発生パターンが異なり、それが温度躍層の上昇および沈み込みで説明されることを示している。ついで、夏場においては、内部波がリーフギャップを通じて、リーフ内に進入し、それがサンゴ礁内の夏場の海水温上昇の緩和に寄与していることを示している。これに対し、冬場は、温度躍層が深く沈みこむため、内部波は浅いサンゴ礁内にほとんど進入できないことが明らかにされている。論文において、これらの成果は第一章で論じられている。

次に、サンゴ礁内の循環とサンゴ礁の地形および潮位との関係が調べられ、サンゴ礁内外の水位差がサンゴ礁内の日常的な流れおよび海水温の変化を決定付けていることが示されている。具体的には、夏場においては海域の平均海面高さとサンゴ礁礁縁高さとの相対差がさほどなく、潮汐に伴う潮のサンゴ礁内への出入りが岸沖方向にあること、さらに冬場においては、相対差が大きく、リーフギャップを通して行われるサンゴ礁内への潮の出入りが顕著となることなどが明らかにされている。その上で、風とサンゴ礁内の海水温変動特性との関係が調べられ、夏場においては台風時の強風による高波が、冬場においては大陸からの冷たく強い北風が作る冬季波浪が、リーフ上に特有な海浜流を発生させ、サンゴ礁内の海水混合と海水交換を引き起こすことが、海水温の調節作用に大きく寄与していることが示されている。論文において、これらの内容は第二章に論じられている。

最後に、リーフ先端付近の沿岸域における風による吹送流が調べられている。通常、海上風と吹送流とは相関が高いものと考えられているが、得られたデータを全体的に見ると、それらの相関が極めて低いことが示された上で、相関の高い時期に限定したデータから、陸岸境界付近の吹送流は、海上風の大きさの 3% 程度と言われる外洋の吹送流の大きさよりも大きく、海上風の約 6% にも達することが示されている。また、吹送流の水深方向への発達特性（運動量の拡散作用）も明らかにされている。

本研究で明らかにされたサンゴ礁の流れおよび海水温などの物理環境特性に関する知見は、今後、当海域のサンゴ礁保全に寄与することが期待される。

最終試験では、博士論文提出者による博士論文内容についての発表が行われた後、質疑応答が行われ、各質問に対する返答は適切であったと判断される。

以上により、学位論文審査委員一同は、本論文は博士 (PhD) の学位論文として十分価値あるものと認め、本論文提出者 S. M. Bazlur Rahaman は最終試験に合格したものと認める。