

## 論文内容の要旨

### 論文題目

**Spatial community shift from hard to soft corals in acidified water**  
(酸性化によるハードコーラルからソフトコーラルへの群集シフト)

氏名 井上 志保里

### Abstract (Japanese)

人為的活動により大気中の二酸化炭素分圧 ( $p\text{CO}_2$ ) の上昇が報告されている。これに伴い、海水中の  $p\text{CO}_2$  が上昇し、pHが酸性に傾いて海洋酸性化が起こる。海洋酸性化は石灰化を抑制することから、造礁サンゴをはじめとする海洋生物に悪影響を及ぼすことが指摘されてきた。これまでの多くの水槽実験で個体・群体レベルでの  $\text{CO}_2$  の影響について調べられたが、水槽実験だけでは生態系としての応答を議論するのに不十分である。そのような中で、サンゴ礁における生態系のシフトに関する仮説として挙げられたのは、ハードコーラルから非石灰化藻類というシフトであった。

生態系としての  $\text{CO}_2$  への応答に重要な知見を与え得るのが実際の野外  $\text{CO}_2$  シープにより酸性化している環境である。これまでサンゴ礁における  $\text{CO}_2$  シープはパプアニューギニアの1例しかなかった。パプアニューギニアでは酸性化が進むとともに非石灰化藻類の被度が高くなった。ただし、最大で17%、平均は3.3%と、優占種といえるほど高い被度でない。ハードコーラルは、酸性化が進んでも被度は下らず、平均で30%と高い被度を持つ。ただし、酸性化が進んだ範囲では枝状のサンゴの被度が減り、塊状のサンゴのみが生息し多様性が下がった。これまでの飼育実験から、塊状のサンゴは、枝状のサンゴよりも酸性化によって石灰化が抑制される影響を受ける度合いが小さいことが報告されている。このような酸性化に対する影響を受ける度合いの相対的な差が  $\text{CO}_2$  シープ周辺でのサンゴ種の分布に影響を与えた可能性がある。このような相対的な差が酸性化の進んだ海での優占種を決定するのであれば、サンゴ礁では、多くの生物が生息することから、他の生物が優占する可能性もある。

発表者は沖縄県硫黄鳥島のCO<sub>2</sub>シープにおいて、酸性化が進んだ海においてソフトコーラルが密生することを発見した。ここから、ハードコーラルからソフトコーラルというあらたな群集シフトの可能性の仮説を立てた。

発表者が発見したCO<sub>2</sub>シープはサンゴ礁礁嶺が発達した半閉鎖的な地形の中にある。CO<sub>2</sub>シープによる酸性化の影響がない地点ではハードコーラルが生息し、ソフトコーラルは殆ど棲息しない。酸性化海域において、pCO<sub>2</sub>の日中9時間の定点観測を行った。同地点でロガーを用いて約一ヶ月のpH変化を追ったところ、潮位サイクルに合わせて酸性化が起こることが明らかになった。硫黄鳥島のサンゴ礁には礁嶺が発達していることから、干潮時には礁嶺部分が水面上まで上がり、礁池内が半閉鎖的になることで、酸性化した海水が外洋水とまざりにくくなったことによると考えられる。最干潮時のpCO<sub>2</sub>と生物分布を見ると、medium pCO<sub>2</sub> サイト(平均 $\Omega_a = 2.82$ )ではソフトコーラル(ウミキノコ属)が密生していた。また、さらにpCO<sub>2</sub>が高いHigh pCO<sub>2</sub> サイト( $\Omega_a = 2.36$ )では、造礁サンゴもソフトコーラルも棲息していなかった。もっともpCO<sub>2</sub>が低い地点ではソフトコーラルは生息せず、ハードコーラルのみの生息が確認された。

硫黄鳥島の調査から、ソフトコーラルが酸性化に対して長期的に群集スケールで生息する耐性を持つ可能性が示唆された。この整合性を確かめるため、酸性化に対する代謝の応答をハードコーラルとソフトコーラルについて調べその比較を行った。

飼育実験では、石灰化速度については、ソフトコーラルは、昼間は高pCO<sub>2</sub>による影響を受けなかった。一方、ハードコーラルでは高pCO<sub>2</sub>に伴う石灰化速度の減少がみられた。ソフトコーラルの石灰化部は軟体部に完全に覆われ、外の海水の影響を受けにくいことから、これは光合成を行う昼間には酸性化した外の海水の悪影響を受けにくい事を意味すると考えられる。

光合成については、ソフトコーラルの光合成はpCO<sub>2</sub>増加により促進されることが明らかになった。一方、ハードコーラルでは、pCO<sub>2</sub>増加による光合成速度の上昇はみられなかった。

以上から、CO<sub>2</sub>に対する代謝応答の観察結果から、ソフトコーラルは造礁サンゴよりもCO<sub>2</sub>増加に対して耐性があることが示唆される。これは、硫黄鳥島においてCO<sub>2</sub>が831 $\mu$ atmまで上がる地点では造礁サンゴに代わりソフトコーラルが密生していたことと整合的である。

また飼育実験における夜間の石灰化量をみると、ソフトコーラルにおいても、ハードコーラルにおいても $\Omega_a < 1$ の条件下では昼ではみられなかった溶解が生

じた。これが、硫黄鳥島のHigh  $p\text{CO}_2$ サイトにおいてソフトコーラルでさえも不在であった原因であると考えられる。そこで、実際に硫黄鳥島のHigh  $p\text{CO}_2$ サイトにおいて $\Omega_a < 1$ となる頻度を計算すると、4.26 h/dayであった。Medium  $p\text{CO}_2$ サイトにおいては $\Omega_a < 1$ は定期的には起こらないということが分かった。このことから、Medium  $p\text{CO}_2$ サイトにおいてはハードコーラルが完全に生息できないのではなく、ソフトコーラルとの空間競争において相対的排除されたと考えられる。

また、他の野外酸性化サイトにおけるハードコーラルの生息との比較を行った。これまでの他地域での報告から、酸性化サイトにおける生物相は、3つに分けられる。一つ目は、ハードコーラルの多様性が保たれる状態、二つ目は、リーフを形成する枝状のハードコーラルが減る、または生息せず、塊状サンゴやソフトコーラルなどの石灰化量が小さなサンゴが優占する状態、最後にハードコーラルもソフトコーラルも生息しない状態である。生物相がこれだけ変わる中、 $\Omega_a$ の平均値は、ほぼ同じ範囲であることから、 $\Omega_a$ のみから生物相の変化を議論することは出来ない。ハードコーラルの多様性が保たれる地点では $\Omega_a$ の変動幅が小さいことと、実験結果で夜間において $\Omega_a < 1$ となる時のみ溶解が生じたことから、 $\Omega_a < 1$ となる頻度が重要である可能性を提言した。