

移植サンゴ群落における魚類の種組成 (サンゴ礁保全再生事業)

太田 格*, 久保弘文

Fish fauna on transplanted coral reefs

Itaru OHTA*, Hirofumi KUBO

天然のサンゴが少ない海域(低被度区), サンゴの移植を行っている海域(移植区), 天然のサンゴが比較的多い海域(高被度区)におけるサンゴ類被度及び魚類の個体数, 種数, 多様度指数を調査した. その結果, 移植区の魚類の個体数, 合計出現種数は, 高被度区と同等であった. 一方で, 移植区の平均の観察種数, 多様度指数は, 高被度区よりも低かった. また, サンゴ礁環境の指標種として, スズメダイ類, チョウチョウウオ類の基質選択性を調査したところ, スズメダイ類, チョウチョウウオ科の多くが造礁サンゴ類に正の選択性を示した. これらのことから, サンゴの移植は, サンゴ類に依存する魚種の生息環境を創出する効果があると考えられると同時に, サンゴの移植だけでは, 自然状態のサンゴ礁域を再現できていない可能性が示された.

目 的

人為的な造礁サンゴ類(ミドリイシ類)の移植が, 生態系の回復もしくは魚類の種多様度の増加に寄与するかどうかを検証するために, 移植区と自然状態のサンゴ礁域の魚類及び底質を調査し, 自然状態のサンゴ礁域と比較することでその効果を検討する.

材料及び方法

1) 調査海域

調査海域は沖縄県恩納村前兼久地区の礁池内. 合計10カ所(L1-L10)のベルトトランセクト調査を, 2015年6月, 10月, 2016年2月, 6月の計4回実施した. 各トランセクトは, 長さ20m×幅4m(80m²)で, 以下3つの海域カテゴリー: ①天然のサンゴが少ない海域(以下, 低被度区(L5, L6, L7)), ②サンゴの移植を行っている海域(移植区(L1, L2, L3, L4)), ③天然のサンゴが比較的多い海域(高被度区)(L8, L9, L10))に区分した.

2) 調査方法

各トランセクトでは, 魚類調査と底質調査に分けて実施した. 魚類調査では, サンゴ礁環境の指標種として, スズメダイ科, チョウチョウウオ科の2科を対象とするとともに, 主な漁獲対象種として, ニザダイ科, ブダイ科, アイゴ科, ヒメジ科, フェフキダイ科, ハタ科の6科を加え, 合計8科に属する魚類を対象とした. 調査ではトランセクト内での各種の個体数を, SCUBAを用いた目視観察により, 5cmの尾叉長(FL)階級ごとに記録した. なお, スズメダイ類は3cm FL以下を区別して, 幼魚として扱った. また, スズメダイ類及びチョウチョウウオ類では, 各個体の存在(利用)していた海底の基質カテゴリーを記録した.

基質カテゴリーは, 名波・佐藤(2015)に従い, 13区分: 枝状ミドリイシ(BA), コリンボース状ミドリイシ(CA), テーブル状ミドリイシ(TA), 塊状サンゴ(MC), 他のサンゴ(OC), 枝状ハマサンゴ(BP), 枝状サンゴ(BC), ソフトコーラル(SC), 死滅枝状ミドリイシ(DBA), 死滅他のサンゴ(DOC), サンゴ礫(CR), 岩盤(R), 砂(S)を用いた.

底質調査では, 各トランセクトでは, 始点から2m間隔で合計11カ所に方形枠(50cm×50cm)を設置し, 写真を撮影した. 撮影した画像をもとに, PhotoshopCS2を用いて, 前述の13区分の基質カテゴリーごとに面積比を求め被度を算出した.

3) データ解析

サンゴ類被度は, 調査面積占めるミドリイシ(BA, CA, TA)及び他の造礁サンゴ類(MC, OC, BP, BC)の占める面積とし, 各トランセクトの11カ所の方形枠の合計値から求めた. 魚類の生息数は, 各トランセクトの合計値とし, 80m²あたりの個体数を意味する. 魚類の種多様度指数として, シヤノンウェーバーのH'を算出した. サンゴ類被度, 魚類生息数, 魚類種数, 魚類種多様度指数を二元配置の分散分析により, 各海域カテゴリー, 調査月ごとに比較した. 分散分析には, サンゴ類被度はアークサイン変換したもの, また, 魚類生息数については対数変換(log(x+0.5))したものをを用いた. 多重比較にはボンフェローニ法を用いた.

スズメダイ科及びチョウチョウウオ科については, 各個体の存在していた海底の基質と, 各区の基質の構成比から, 基質の選択性指数 Resource Selection Ratio (RSR) (design I, sampling protocol A) を Manly et al., 2002 に従い以下のように求めた.

$$RSR \quad W_i = \alpha / \pi_i$$

* E-mail : ootaitar@pref.okinawa.lg.jp , 現所属 : 沖縄県農林水産部水産課

$$95\% \text{信頼区間 (CI)} = Z_{\alpha/2k} \sqrt{[\alpha(1-\alpha) / (U_i - n_i^2)]}$$

- α : 魚に使われていた「基質 i」の割合
- n_i : 環境中にある「基質 i」の割合
- $Z_{\alpha/2k}$: 有意水準における標準正規分布の臨界値 ($\alpha=0.05$)
- k : 対象となる生物に利用されていた基質の数
- U_i : 観察された生物の総個体数

- $Wi \pm 95CI > 1$: 正の選好性
- $Wi \pm 95CI < 1$: 負の選好性
- $Wi \pm 95CI$ に 1 が含まれる : 有意な選好性なし

結果

1) サンゴ類の被度

各区のサンゴ類被度の 4 回の調査の平均値は、高被度区 23.5%、移植区 13.6%、低被度区 4.6%で、各区で有意差がみられた (ANOVA, $P < 0.001$, ボンフェローニ法各区間、

$p < 0.001$) (図 1). 2015 年 6 月から約 1 年間で、高被度区及び移植区のサンゴ類被度は徐々に増加する傾向が認められた (図 2).

2) 魚類の種組成

恩納村前兼久地区の礁池内 10 カ所のトランセクトにおいて、4 回の調査により、調査対象 8 科に属する合計 44 種 1,607 個体の魚類が観察された (表 1-2). 観察数の多い種は、ルリスズメダイ 631 個体 (構成比 39.3%), オジロスズメダイ 282 個体 (17.5%), アミアイゴ 101 個体 (6.3%), ナガニザ 72 個体 (4.5%), ハゲブダイ 68 個体 (4.2%) で、これらの上位 5 種で全体の 71.8%を占めた. 種数の内訳は、スズメダイ科 18 種、ニザダイ科 7 種、チョウチョウウオ科 6 種、ブダイ科 6 種、フエフキダイ科 2 種、ヒメジ科 2 種、ハタ科 2 種、アイゴ科 1 種であった (表 3). 全調査の合計では、高被度区と移植区がともに 30 種、低被度区では 24 種が観察された (表 3).

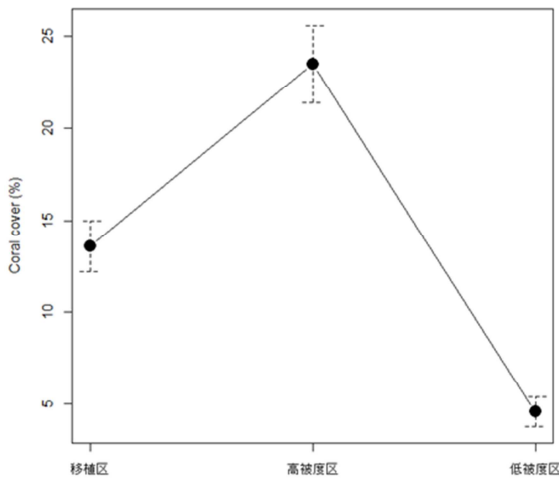


図 1. 海城カテゴリーごとの造礁サンゴ類平均被度

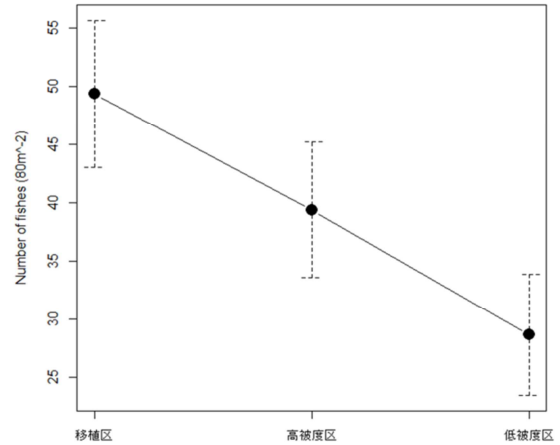


図 3. 海城カテゴリーごとの魚類の平均個体数

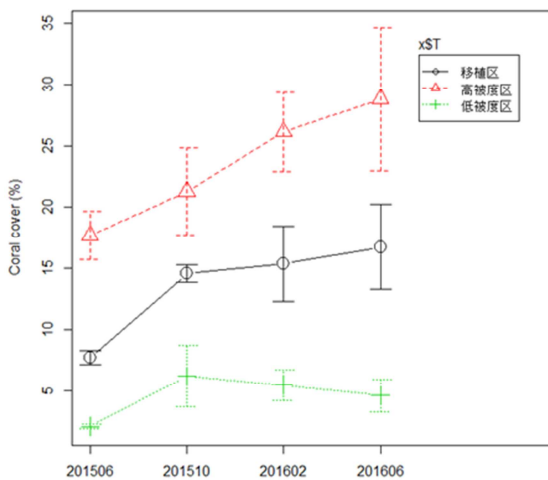


図 2 調査期間におけるサンゴ被度の遷移

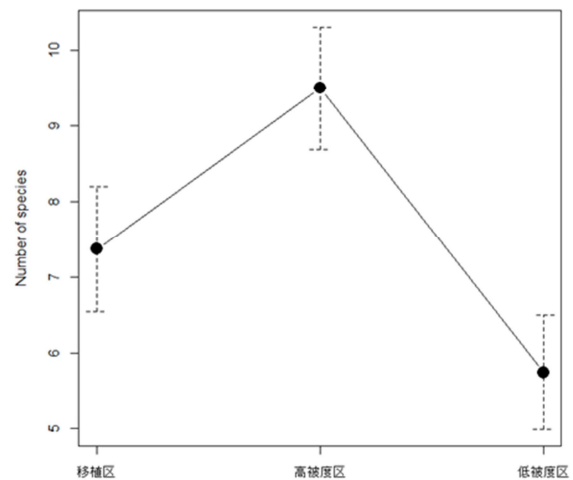


図 4. 海城カテゴリーごとの魚類種数

3) 魚類個体数, 種数, 多様度指数の各区間の比較

各区の魚類個体数の4回の調査の平均値は, 高被度区 39.4 (個体/80m²), 移植区 49.4(個体/80m²), 低被度区 28.7(個体/80m²)で, 移植区, 高被度区では, 低被度区よりも, 魚類の個体数が多い傾向がみられたが, 各区間に統計的な差は認められなかった (ANOVA, P>0.05) (図3). 一方, 種数では, 高被度区 9.5 種, 移植区 7.4 種, 低被度区 5.8 種で, 高被度区と低被度区の間には有意差が認められた (ANOVA, P<0.05, ボンフェローニ法, p<0.05)(図4). これに類似して, 多様度指数 H'では, 高被度区 1.85, 移植区 1.32, 低被度区 1.25 で, 高被度区は, 移植区及び低被度区との間に有意差が認められた (ANOVA, P<0.01, ボンフェローニ法, p<0.01) (図5).

4回の調査では, 2015年10月に個体数と種数が多い傾向にあったが, 統計的な差は認められなかった (図6,7).

4) 指標種の基質選択性

各区の基質カテゴリーの内訳 (4回の調査の平均値) を図

8に示す. 各区ともに最も多いカテゴリーは岩盤 (R) であり, 70%以上を占めた. 造礁サンゴ類のうちミドリイシ類は, 高被度区 17.9%, 移植区 10.1%, 低被度区 1.3%であった. ミドリイシ類のうち, 移植区では, 枝状 (BA)及びポリンボース状 (CA)が多かったのに対し, 高被度区では, テーブル状 (TA)の割合が高かった.

観察個体数が2以上あったスズメダイ科 14 種, チョウチョウオ科 5 種について, 基質選択性指数を算出したところ, スズメダイ科 10 種, チョウチョウオ科 4 種で造礁サンゴ類に対して正の選択性を示した(表4). そのうち, 優占していたルリスズメダイ, オジロスズメダイ, レモンズズメダイでは, 造礁サンゴ類だけでなく, 死んだサンゴやサンゴ礫にも比較的高い正の選択性指数を示した(表4). 一方, オキナワスズメダイ, オヤビッチャ, ネズスズメダイ, ロクセスズメダイ, フウライチョウチョウオでは, 生きたサンゴ類は利用されておらず, 岩盤に正の選択性を示した(表4).

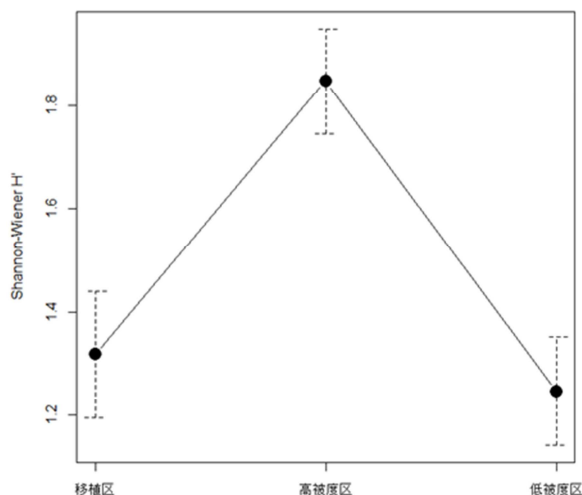


図5. 海城カテゴリーごとの魚類多様度指数

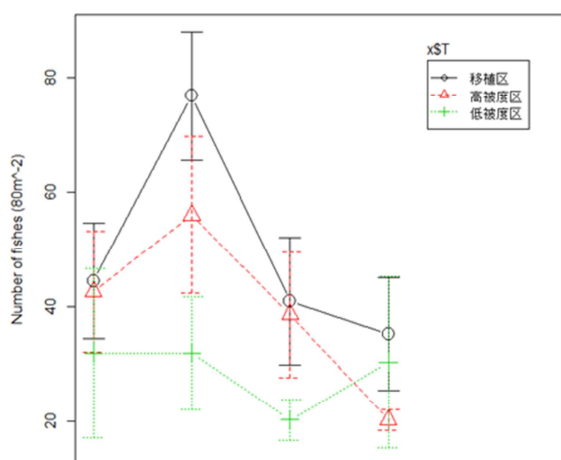


図6. 調査期間における各海城カテゴリーごとの魚類個体数の遷移

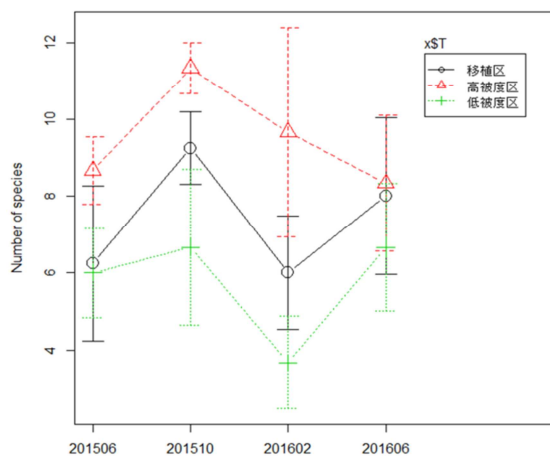


図7. 調査期間における各海城カテゴリーごとの魚類種数の遷移

考 察

移植サンゴ区におけるサンゴ類被度及び魚類の個体数, 種数, 多様度指数を調査し, 自然状態の海域 (低被度区, 高被度区) と比較した結果, 魚類の個体数, 合計出現種数は, 高被度区と同等であった. 優占していたスズメダイ類の多くが造礁サンゴ類に正の選択性を示したことから, サンゴの移植がこのような魚種の生息環境を創出した効果によるものと考えられる. 一方で, 移植区の平均の観察種数, 多様度指数は, 高被度区よりも低かった. 特に一般的に, サンゴ礁域の優占分類群であるチョウチョウオ科やニザダイ科の出現種数が, 高被度区に比べ少ないことから, サンゴの移植が自然状態のサンゴ礁域を再現できていない可能性が示された.

項目		個体数				1区あたりの個体数 (n/80m ²)			
海域カテゴリー		低被度区	移植区	高被度区	合計	低被度区	移植区	高被度区	合計
科名	種名								
アイゴ	アマイゴ	22	63	16	101	7.3	15.8	5.3	10.1
スズメダイ	ルリスズメダイ	128	357	146	631	42.7	89.3	48.7	63.1
スズメダイ	オジロスズメダイ	80	153	49	282	26.7	38.3	16.3	28.2
スズメダイ	オキナワスズメダイ	1	20	32	53	0.3	5.0	10.7	5.3
スズメダイ	ミヤコセクスズメダイ	30	5	6	41	10.0	1.3	2.0	4.1
スズメダイ	レモンズメダイ	9	9	15	33	3.0	2.3	5.0	3.3
スズメダイ	ネッタイスズメダイ	0	20	0	20	0.0	5.0	0.0	2.0
スズメダイ	ロウセクスズメダイ	7	8	4	19	2.3	2.0	1.3	1.9
スズメダイ	ミナミイリスズメダイ	0	5	11	16	0.0	1.3	3.7	1.6
スズメダイ	オヤビツチャ	7	1	1	9	2.3	0.3	0.3	0.9
スズメダイ	ハマクマシ	0	8	0	8	0.0	2.0	0.0	0.8
スズメダイ	クロスズメダイ	0	6	0	6	0.0	1.5	0.0	0.6
スズメダイ	ルリホシスズメダイ	0	5	0	5	0.0	1.3	0.0	0.5
スズメダイ	ネススズメダイ	3	0	0	3	1.0	0.0	0.0	0.3
スズメダイ	イガキスズメダイ	0	2	1	3	0.0	0.5	0.3	0.3
スズメダイ	イチモンズメダイ	1	0	1	2	0.3	0.0	0.3	0.2
スズメダイ	クマシ	0	0	2	2	0.0	0.0	0.7	0.2
スズメダイ	ハクセクスズメダイ	2	0	0	2	0.7	0.0	0.0	0.2
スズメダイ	クラオスズメダイ	0	1	0	1	0.0	0.3	0.0	0.1
チョウチョウウオ	ヤリカキ	0	10	19	29	0.0	2.5	6.3	2.9
チョウチョウウオ	ゴマチョウチョウウオ	4	0	12	16	1.3	0.0	4.0	1.6
チョウチョウウオ	フウライチョウチョウウオ	1	0	2	3	0.3	0.0	0.7	0.3
チョウチョウウオ	カガミチョウチョウウオ	2	0	0	2	0.7	0.0	0.0	0.2
チョウチョウウオ	アケボノチョウチョウウオ	0	0	2	2	0.0	0.0	0.7	0.2
チョウチョウウオ	トゲチョウチョウウオ	0	0	1	1	0.0	0.0	0.3	0.1
ニザダイ	ナガニザ	13	21	38	72	4.3	5.3	12.7	7.2
ニザダイ	サザナミハキ	0	4	28	32	0.0	1.0	9.3	3.2
ニザダイ	テングハキ	3	4	3	10	1.0	1.0	1.0	1.0
ニザダイ	シマハキ	3	1	3	7	1.0	0.3	1.0	0.7
ニザダイ	ミヤコテングハキ	0	0	2	2	0.0	0.0	0.7	0.2
ニザダイ	メガネクロハキ	0	0	2	2	0.0	0.0	0.7	0.2
ニザダイ	ニジハキ	0	0	1	1	0.0	0.0	0.3	0.1
ハタ	カンモンハタ	0	4	0	4	0.0	1.0	0.0	0.4
ハタ	ヒトミハタ	0	0	1	1	0.0	0.0	0.3	0.1
ヒメジ	オジサン	1	12	3	16	0.3	3.0	1.0	1.6
ヒメジ	オオスジヒメジ	1	0	0	1	0.3	0.0	0.0	0.1
フエフキダイ	イソフエフキ	1	1	0	2	0.3	0.3	0.0	0.2
フエフキダイ	ハナフエフキ	0	1	0	1	0.0	0.3	0.0	0.1
ブダイ	ハゲブダイ	5	18	45	68	1.7	4.5	15.0	6.8
ブダイ	スジブダイ	10	13	23	46	3.3	3.3	7.7	4.6
ブダイ	オヒブダイ	7	27	2	36	2.3	6.8	0.7	3.6
ブダイ	カメルオンブダイ	3	2	2	7	1.0	0.5	0.7	0.7
ブダイ	オウムブダイ	0	5	0	5	0.0	1.3	0.0	0.5
ブダイ	タイワンブダイ	0	4	0	4	0.0	1.0	0.0	0.4
総計		344	790	473	1,607	114.7	197.5	157.7	160.7

項目		種数			
科名 / 海域カテゴリー		低被度区	移植区	高被度区	合計
アイゴ		1	1	1	1
スズメダイ		10	14	11	18
チョウチョウウオ		3	1	5	6
ニザダイ		3	4	7	7
ハタ		0	1	1	2
ヒメジ		2	1	1	2
フエフキダイ		1	2	0	2
ブダイ		4	6	4	6
合計		24	30	30	44

移植サンゴ群落における魚類の種組成

表4 主なスズメダイ科及びチョウチョウオ科魚類の基質の選択性指数
 正の選択性 (+), 負の選択性 (-), 有意でない (NS), 利用されていない (空白)

種名	海域 カテゴリー	観察数	基質カテゴリー*1																					
			BA	CA	TA	MC	OC	BC	DC*2	CR	R													
スズメダイ科																								
イガキスズメダイ	移植区	2	+	12.2		+	43.7																	
オキナクスズメダイ	移植区	20																		+	1.3			
	高被度区	32																		+	1.4			
オジロスズメダイ	低被度区	80	+	53.5	+	29.7	+	24.7		+	7.5									-	0.5			
	移植区	153	+	9.0	+	4.6	+	12.0		+	2.5		+	53.5							-	0.2		
	高被度区	49	+	1.8	+	9.3	+	2.8		NS	1.2										-	0.1		
オヤビツチャ	低被度区	7																			+	1.1		
クロスメダイ	移植区	6	+	8.1	+	1.3	+	14.6																
ネスズメダイ	低被度区	3																			+	1.1		
ネットアイズメダイ	移植区	20	+	21.6	+	2.7																		
ハクセンスズメダイ	低被度区	2			+	51.7				+	25.1													
ミナミイリスズメダイ	移植区	5	+	14.4	+	8.3																		
	高被度区	11			+	9.6	NS	0.9														-	0.4	
ミヤコキセンスズメダイ	低被度区	30			+	34.5	+	33.0	+	4.1	+	3.4										-	0.6	
	移植区	5	+	14.4																+	2.9	-	0.3	
	高被度区	6	+	15.7	+	2.5															NS	0.9		
ルリスズメダイ	低被度区	128	+	37.7	+	15.4				NS	1.2											-	0.9	
	移植区	357	+	16.0	-	0.9						NS	1.4	+	949.4	-	0.3					-	0.3	
	高被度区	146	-	0.6	+	6.5	-	0.3		+	1.2											-	0.6	
ルリホンスズメダイ	移植区	5	+	4.9	+	4.1																-	0.8	
レモンスズメダイ	低被度区	9																		+	3.5	NS	1.2	
	移植区	9	+	1.7	+	2.3	+	19.4														-	0.3	
	高被度区	15	+	18.8	+	6.5	+	2.0					+	16.7								-	0.2	
ロクセンスズメダイ	低被度区	7																				+	1.1	
	移植区	8																				+	1.3	
	高被度区	4					+	9.8																
チョウチョウオ科																								
アケボノチョウチョウオ	高被度区	2			+	7.6	+	4.9																
カガミチョウチョウオ	低被度区	2	+	267.4																		-	0.6	
ゴマチョウチョウオ	低被度区	4								+	25.1												-	0.6
	高被度区	8			+	9.5	+	3.7																
フライチョウチョウオ	高被度区	2																				+	1.4	
ヤリカタキ	移植区	10	+	9.6			+	52.4																
	高被度区	19	+	9.5	+	1.6	+	7.8																

*1 各個体が利用していた基質カテゴリー: 枝状ミドリイシ(BA), コリンボース状ミドリイシ(CA), テーブル状ミドリイシ(TA), 塊状サンゴ(MC), 他のサンゴ(OC), 枝状ハマサンゴ(BP), 枝状サンゴ(BC), サンゴ礫(CR), 岩盤(R)

*2 死サンゴ(DC): 死滅枝状ミドリイシ(DBA)+死滅他のサンゴ(DOC)

文 献

Manly BFJ, McDonald LL, Thomas DL, McDonald TL, Erickson WP, 2002: Resource Selection by Animals: Statistical Design and Analysis for Field Studies, 2nd edn. Dordrecht: Kulwer.

名波敦, 佐藤琢, 2015: 平成26年度沖縄沿岸域の総合的利活用推進事業に関する委託「沿岸性魚類の行動生態と生態的機能の解明」研究成果報告書