

研究報告書

1. テーマ名 瀬戸内の里山・里海の生物多様性涵養機能の解明と環境教育

2. 研究課題名 瀬戸内海沿岸域の里海・里山の生物多様性と遺伝的集団構造

3. 研究者名 生命工学部 海洋生物科学科・阪本憲司

4. 研究協力者

【令和2年度】大学院2年：釜坂 綾，海洋生物科学科4年：川手悠希・後藤茉友・坂口 恵・末藤彩奈・諏訪 熙・大海 遥・中岡志おり・福田航太

【令和3年度】海洋生物科学科4年：青木竜希・小川さと・迫口翔也・佐藤雅浩・菅 美咲・田尻岳久・中釜康佑・三原安貴

5. 研究目的と成果

本研究では瀬戸内海沿岸域の里海・里山における生物多様性と、魚類・両生爬虫類の遺伝的集団構造、ならびに個体群分布と地史との関連を解明するため、以下の研究を行った。(1) 瀬戸内海に生息する魚類としてトビハゼとアミメハギおよびカワハギを研究対象種とし、それらの遺伝的集団構造をDNAシーケンサーを用いて解析した。(2) 瀬戸内海の藻場、干潟、砂浜、岩礁に生息する魚類相を明らかにするため、次世代シーケンサーを用いたDNAメタバーコーディング分析を行い、魚類相と生息環境および季節に伴う変化について調べた。(3) 瀬戸内海沿岸域と島嶼に生息するサンショウウオ属およびトカゲ類(カナヘビ)を研究対象種とし、個体群分布と当海域の成り立ちとの関連を解明するため、DNAシーケンサーを用いて遺伝的集団構造を解析した。(4) 備後圏域の里山における生物多様性を明らかにするため、広島県世羅郡に在る「せら夢公園」と、同県福山市に在る「堂々公園」をフィールドとして生物調査を行い、生物分布と里山環境との関係を調べた。

【令和2年度】

(1) 瀬戸内海を中心とした西南日本に生息するトビハゼの遺伝的多様性と分化

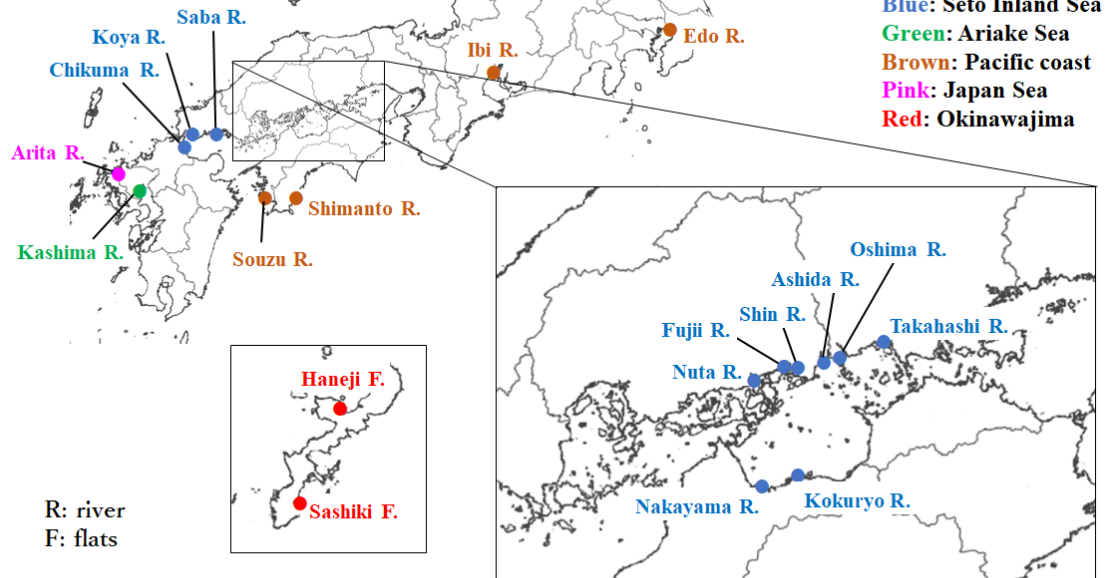
トビハゼは、沖縄島から東京湾までの泥干潟に生息している。戦後の高度経済成長に伴う工場立地の埋め立てや護岸工事などで干潟が利用され、その多くが消失した。また、工場排水や生活排水の流入に伴う水質汚染や環境変化などによ

って、干潟特有の生物の多くが減少し絶滅の危機に直面している。トビハゼにおいても全国的に個体数が減少しており、環境省のレッドリスト（2020）において危惧種（NT: Near Threatened）に指定されている。このような危機的状況にある本種の保全を検討するにあたって、遺伝的集団構造の把握が重要な基礎資料となる。本研究では、ミトコンドリア DNA の D-loop 領域多型に基づき、瀬戸内海を中心とした日本各地における本種の遺伝的集団構造を明らかにすることを目的とした。

採取地点は、瀬戸内海の中央部から西部にかけての 11 地点の河口干潟（岡山県の高梁川・大島川、広島県の芦田川・新川・藤井川・沼田川、愛媛県の国領川・中山川、山口県の佐波川・木屋川、福岡県の竹馬川）と、三重県の揖斐川・紀ノ川、徳島県の吉野川、愛媛県の僧都川、高知県の四万十川、佐賀県の有田川・鹿島川の河口干潟および沖縄県の羽地干潟・佐敷干潟の西南日本に位置する計 20 地点とした。なお、西南日本のトビハゼ標本群との比較のため、神奈川県・多摩川河口干潟の標本を追加した（図 1）。

22 地点から採取した 208 個体の DNA 解析の結果、80 種類のハプロタイプが検出された。このうち 22 地点すべてにおいて固有のハプロタイプが 1 つ以上検出された。また、複数の地点で共通するハプロタイプが 16 種類見られた。ハプロタイプ多様度は沖縄・佐敷で 0.250 と最も低く、和歌山県・紀ノ川、徳島県・吉野川、広島県・因島、佐賀県・鹿島川では 1.000 であり、22 地点中 19 地点で 0.8 以上であった。広島県・芦田川と愛媛県・僧都川ではハプロタイプ多様度が 0.8 未満（0.706 と 0.476）であった。各地点標本のヌクレオチド多様度は沖縄県・佐敷の 0.0083 から徳島県・吉野川の 0.03778 で、平均は 0.01523 であった。ハプロタイプをグループ分けしたところ、①瀬戸内海、②四国・本州、③沖縄島、④有明海、⑤日本海の 5 つのグループに分けることができた。80 種類のハプロタイプの中で 51 種類が瀬戸内海のグループに含まれており、本海域におけるトビハゼはメタ個体群構造をとっていることが示唆された（図 2, 3）。*Fst* 値を求めた結果、広島県・因島、徳島県・吉野川は中程度の遺伝的分化がみられ、和歌山県・紀ノ川では非常に大きな遺伝的分化がみられた。瀬戸内海沿岸域の干潟 12 地点（高梁川、大島川、芦田川、新川、藤井川、沼田川、因島、佐波川、木屋川、国領川、中山川、竹馬川）では、全ての地点標本群に有意な分化は認められなかった。一方、沖縄島個体群はほかの地点とハプロタイプを共有しておらず、日本列島との大きな遺伝的差異が認められたことから、沖縄島と本土を境とする黒潮障壁が本種の分布隔離を生じさせていることが示唆された。

Southwestern Japan



R: river
F: flats

図1 トビハゼの採取地点

阪本ら (2020) の図を改変

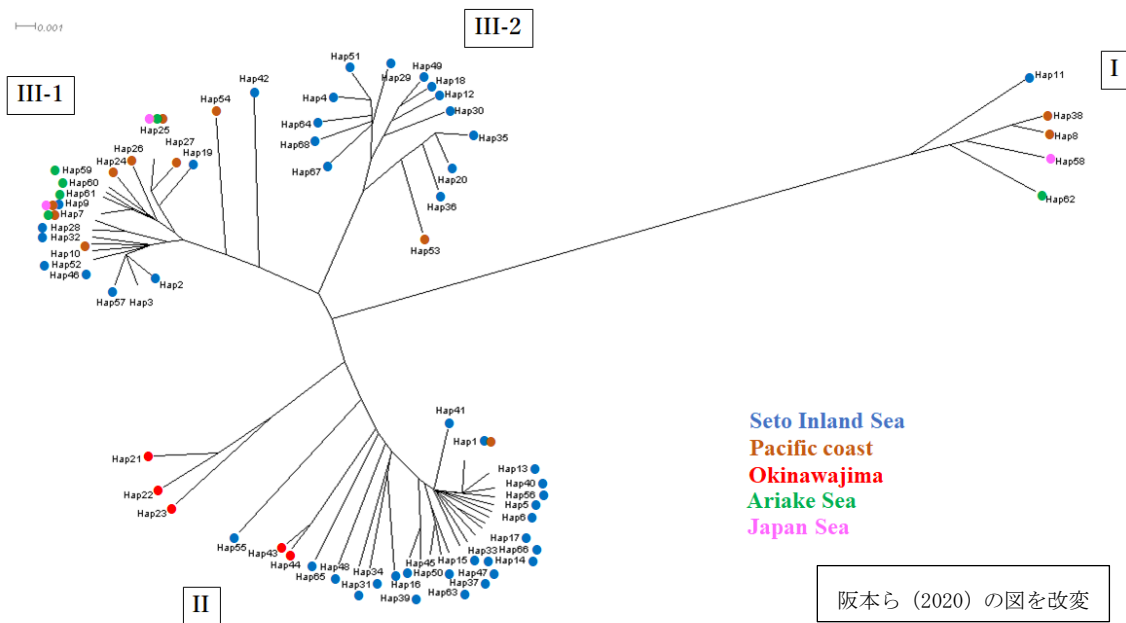


図2 瀬戸内海を中心とした西南日本に生息するトビハゼのミトコンドリアDNA Dループの部分塩基配列に基づいて作成した系統樹

阪本ら (2020) の図を改変

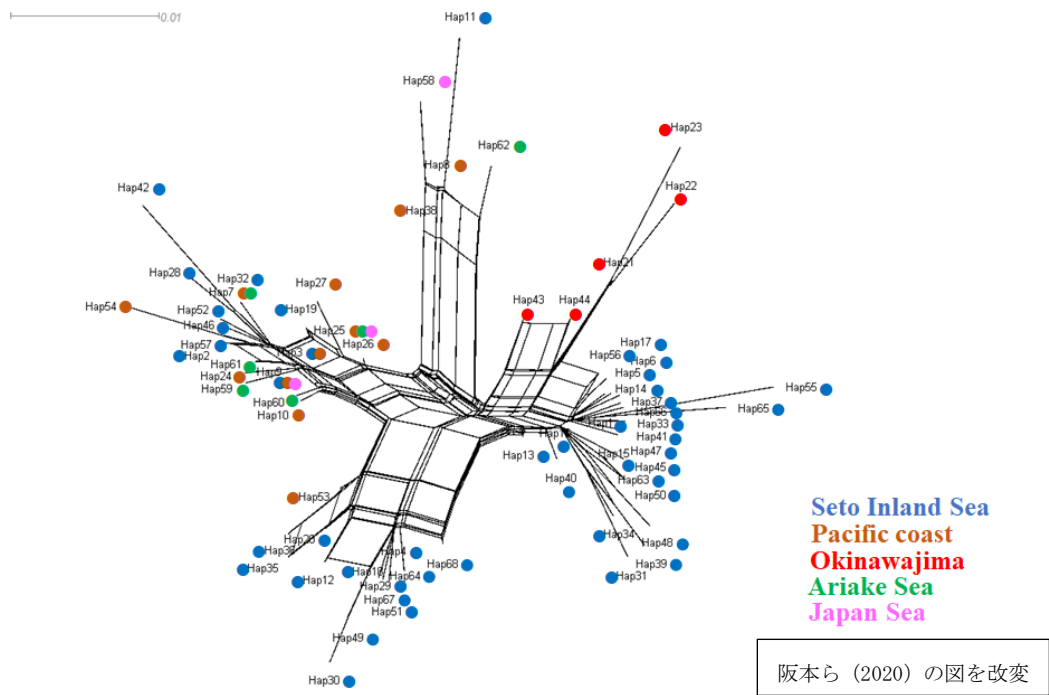


図3 瀬戸内海を中心とした西南日本に生息するトビハゼのミトコンドリアDNA Dループの部分塩基配列に基づいて作成したハプロタイプネットワーク

(2) 瀬戸内海芸予諸島海域の流れ藻に随伴していたアミメハギのハプロタイプ

アミメハギは、房総半島から九州、朝鮮半島以南に分布している(中坊 2000)。水深 20 m より浅いアマモ場やガラモ場などの藻場や岩礁域に生息し、瀬戸内海においては流れ藻に随伴する魚類の優占種でもある(山本ら 2002)。本種の稚魚は流れ藻に付随する習性があり、20 mm 前後で沿岸の藻場へと移動する(内田 1927)。本研究では瀬戸内海芸予諸島海域の流れ藻に随伴していたアミメハギ稚魚のミトコンドリア DNA 非遺伝子領域(D-loop)におけるハプロタイプを分析し、流れ藻の起源について検討した。

アミメハギは、広島県尾道市の因島(重井・大浜・八重子・折古ノ浜)、愛媛県今治市の大三島(大見)・伯方島(新開橋)・大島(吉海町)の藻場で採集した(全 72 個体)。流れ藻付随個体は、「大三島-伯方島」間(栗鼻瀬戸)および「大三島-生口島」間(多々羅大橋南・多々羅大橋下)で全 69 個体を採集した。

各島の藻場採集個体および流れ藻付随個体の全 141 個体から 83 種のハプロタイプが検出された。藻場採集個体のハプロタイプ多様度は、重井で 0.98182、大浜で 1、八重子島で 0.9697、折古ノ浜で 0.93333、大三島で 1、伯方島で 1、大島で 0.97778 であった。流れ藻随伴個体のハプロタイプ多様度は、鼻栗瀬戸で

0.94545 (St. 1A)・0.94853 (St. 1B)・1 (St. 1C)、多々羅大橋南で0.91579 (St. 2A)・0.94167 (St. 2B)、多々羅大橋下 (T0) で1であった。本結果から、瀬戸内海芸予諸島海域のアミメハギのハプロタイプ多様度は高いことが明らかとなった。

流れ藻随伴個体と藻場個体に共通するハプロタイプが6つ (Hap-1, -2, -7, -12, -48, -62) 検出された。「Hap-1, -2」は鼻栗瀬戸と多々羅大橋南の流れ藻と重井・八重子島の藻場で、Hap-7はすべての流れ藻とすべての藻場で、Hap-12は鼻栗瀬戸と多々羅大橋南の流れ藻と大三島以外の各地点の藻場で、Hap-48は鼻栗瀬戸の流れ藻と八重子島の藻場で、Hap-62は鼻栗瀬戸の流れ藻と大島の藻場で検出された。一方、流れ藻随伴個体で検出されたハプロタイプのうち22種類がいずれの藻場からも検出されておらず、今後は藻場での採集個体の分析数を増やし、流れ藻の起源をさらに検討しなければならない。また、流れ藻 (海藻・海草) のハプロタイプ分析も併せて行うことで、より詳細な調査へと展開したい。

(3) 瀬戸内海芸予諸島海域の流れ藻に随伴していたカワハギのハプロタイプ

流れ藻は、沿岸域の藻場や砂浜に生えているホンダワラ類やアマモが流れや波によって引き剥がされ、海面に漂流しているものである。サンマやサヨリの産卵基質となっているほか、カワハギ類やブリなどの幼稚魚の随伴基質として、また葉上動物の生息基質として生物多様性及び水産上重要な役割を果たしている。今年の流れ藻調査によって、アマモを主とした流れ藻に随伴するカワハギが採集された。カワハギはフグ目カワハギ科に分類され、北海道以南から東シナ海に分布し、生活史の一部、または全ての期間を能動的に流れ藻に随伴あるいは居住する魚種として知られている。本研究では、瀬戸内海因島周辺海域の流れ藻に随伴していたカワハギのミトコンドリア DNA 非遺伝子領域 (D-loop) におけるハプロタイプを分析し、集団の形成過程を検討した。

令和2年8月5日に芸予諸島海域の尾道市因島周辺から (St. 3, St. 4, St. 5, St. 6, St. 7, St. 12, St. 14 および St. 15 の計8地点)、流れ藻に随伴しているカワハギ (27個体) を採集した (図7)。

広島県尾道市因島周辺海域の8地点で採集された流れ藻に随伴していたカワハギ (27個体) を採集した。ミトコンドリア DNA 調節領域 (D-loop) の部分塩基配列 (423塩基対) を分析し、ハプロタイプを決定した。カワハギ27個体から、全ての個体で異なる27個のハプロタイプが検出され、ハプロタイプ多様性は1.000であった。また、ヌクレオチド多様性の平均は0.01465であり、それぞれの地点におけるヌクレオチド多様度は0.01734 (St. 5)、0.01734 (St. 6)、0.01317 (St. 12)、0.0473 (St. 15)、0.0156 (St. 7)、0.00473 (St. 14) であった (St. 3とSt. 4はともに1個体のため多様度は求められない)。

平均距離法 (UPGMA) によって求めた系統樹から、St. 6 (生口島南側) の流れ藻に随伴していた個体の中に遺伝的に大きく異なるハプロタイプが検出された (図 8, 9)。さらに、複数個体が採取された全ての個体群間でペアワイズ F_{ST} 解析を行ったところ、[St. 6 (生口島南側) - St. 14 (因島北側)] 間と [St. 6 (生口島南側) - St. 15 (因島北側)] 間はともに 0.26316 となり、他の個体群間の値 (-0.05859~0.14) よりも比較的大きく、これらの個体群間に遺伝的な差異が認められた。St. 6 と [St. 14・15] は、今回流れ藻が採集された地点間で最も距離があり、且つ遺伝的な差異が認められたことから、海域間である程度異なる集団が流れ藻に随伴していると推定された。

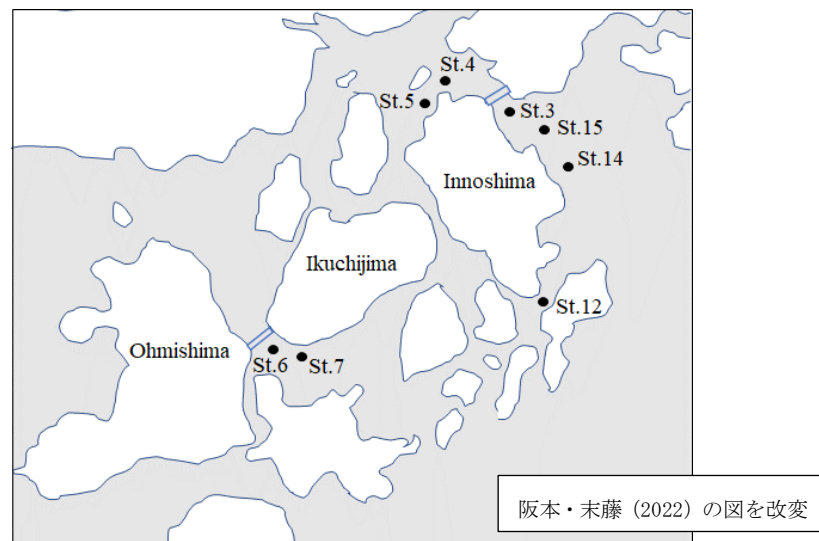


図 7 カワハギが随伴していた流れ藻の採取地点

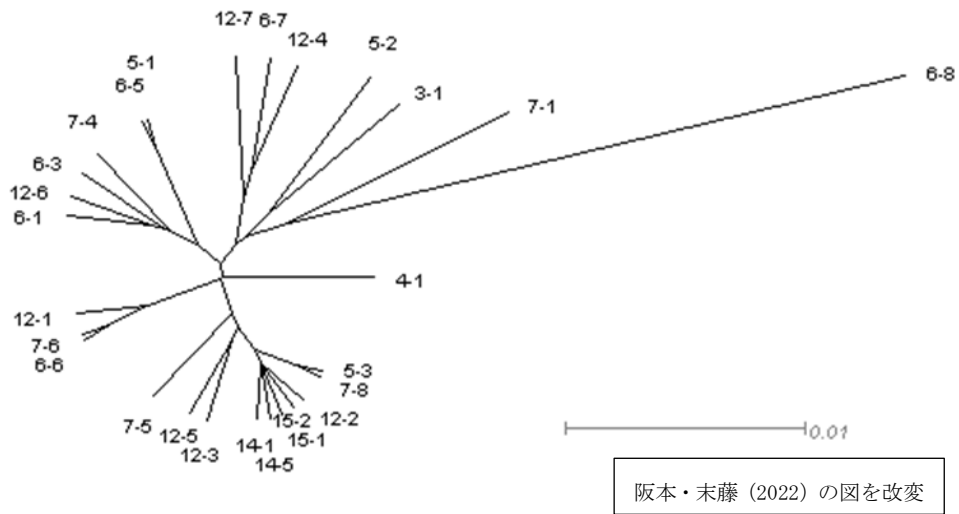


図8 瀬戸内海芸予諸島海域の流れ藻に随伴していたカワハギのミトコンドリアDNA Dループの部分塩基配列に基づいて作成した系統樹

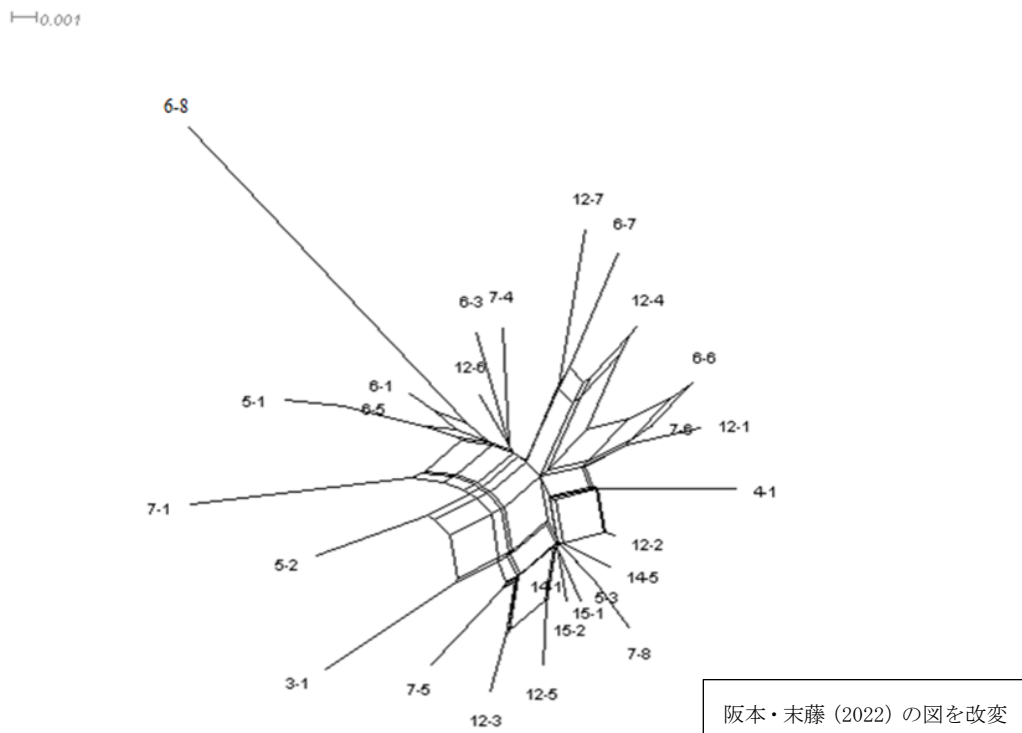


図9 瀬戸内海芸予諸島海域の流れ藻に随伴していたカワハギのミトコンドリアDNA Dループの部分塩基配列に基づいて作成したハプロタイプネットワーク

(4) 環境 DNA 分析による広島県因島の魚類相

瀬戸内海には 700 以上の島が存在しており、そのうち福山大学附属マリンバイオセンターが在る因島は、芸予諸島海域の一島である。本研究の対象である藻場は第一次生産の場であり、様々な生物の成育場や産卵場、索餌場等として沿岸域の生態系に大きく貢献している。因島を含む芸予諸島海域は、それぞれの島によって地形や底質、水深等に違いが見られ、それに伴って各島の藻場環境も変化している。芸予諸島海域の魚類相を調べることは、当海域の生物多様性を知るうえで重要である。ただし、魚類の全てを採取するのは困難であり、当海域の魚類相を網羅的に調べるには限界がある。本研究では、近年注目されている環境 DNA 分析を行うことで、因島沿岸の魚類相の調査を試みた。

広島県因島沿岸の 8 カ所（大浜、八重子島、椋浦、三庄、折古ノ浜、重井、馬神、大浜崎）（図 10）において、2020 年 8 月から調査を開始した。

環境 DNA 分析の結果、大浜では「8 月に 4 目 16 科 24 種、10 月に 4 目 8 科 11 種」、八重子島では「8 月に 4 目 14 科 19 種、10 月に 5 目 9 科 13 種」、椋浦では「8 月に 4 目 10 科 15 種」、三庄では「8 月に 5 目 15 科 20 種、10 月に 3 目 3 科 3 種」、折古ノ浜では「8 月に 4 目 12 科 14 種、10 月に 3 目 5 科 5 種」、重井では「8 月に 4 目 12 科 15 種、10 月に 3 目 6 科 7 種」、馬神では「8 月に 4 目 8 科 10 種、10 月に 2 目 3 科 3 種」、大浜崎では「8 月に 5 目 11 科 12 種、10 月に 6 目 15 科 20 種」が検出された（表 1）。月ごとに比較をすると、8 月は砂地・岩場の大浜、八重子島、重井、馬神では概ね類似した魚種が検出され、岩場を隠れ家とする小型魚に利用するハゼ科魚類などが多く検出された。また、これらの場所において大型魚も数種検出され、これら小型魚を捕食するため侵入してきたことが一因として挙げられる。一方、砂地の地点では、カサゴ目などの岩陰に潜むような魚種はあまり検出されなかった。砂地で検出された魚種は、遊泳性の高いイワシ類やウミタナゴ類、大型肉食魚などが主であった。他方、10 月では 8 月に比べ全体的に検出される種数が減少傾向にあり、海水温が低下と藻場の衰退・消滅が原因と考えられる。しかし、大浜崎では 8 月よりも検出数が上がっており、ほかの場所では検出されなかったブリやウマヅラハギなどが検出された。その他フグ目やボラなど、場所や季節に関係なく検出される魚種も確認できた。これらのことから、環境 DNA 分析によって沿岸環境と季節に伴う魚類相の変化を検出することが可能であることが認められた。

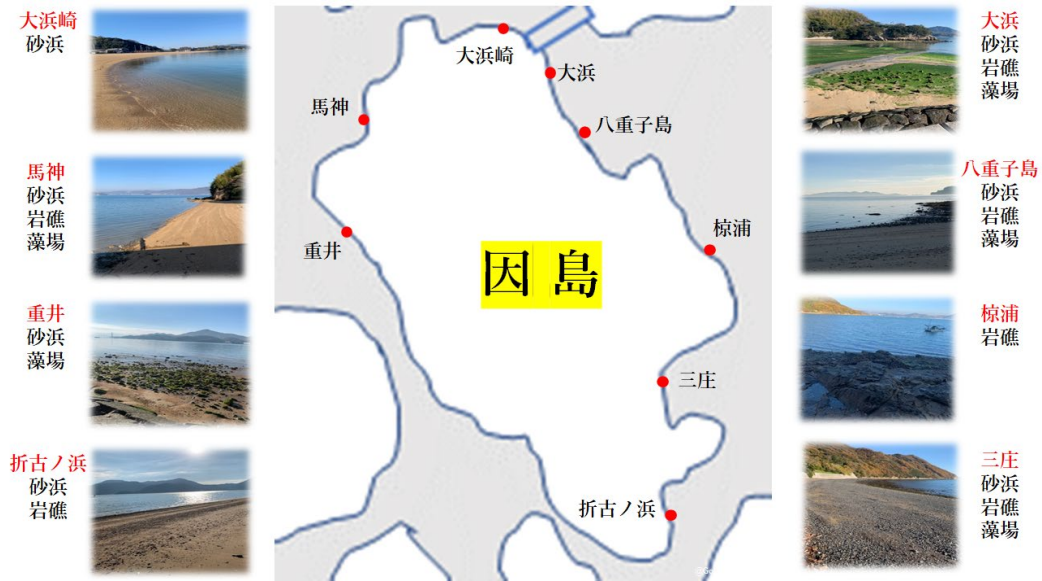


図 10 環境 DNA サンプルを採取した因島の調査地点

表 1 環境DNA分析により検出された広島県因島の魚類

魚種	大浜	八重子島	椋浦	三庄	折古ノ浜	重井	馬神	大浜崎
ニシン目								
ニシン科								
サツハ				●				
コノシロ		●				●		
カタクチイワシ科								
カタクチイワシ	●	●		●	●	●	●	●
ボラ目								
ボラ科								
ボラ	●		●	●			●	●
メナダ	●	●						
ダフ目								
サヨリ科								
サヨリ科				●				
ダフ科								
ダフ					●			
スズキ目								
メバル科								
カサゴ		●		●				●
メバル属	●		●	●	●			
スズキ科								
スズキ		●						
ハタ科								
キジハタ					●	●		
ヒイラギ科								
オキセイイラギ				●	●			
タイ科								
クロダイ	●	●		●		●	●	●
マダイ		●						
キス科								
シロギス						●		
ウミタナゴ科								
ウミタナゴ	●	●	●	●	●	●	●	
ベラ科								
キュウセン	●	●			●	●		●

魚種	大浜	八重子島	椋浦	三庄	折古ノ浜	重井	馬神	大浜崎
アイナメ科								
アイナメ	●	●		●				
イソギンボ科								
イソギンボ				●	●			
イダテンギンボ	●	●	●	●				
ナベカ		●	●			●	●	●
ネズボ科								
ハタタヌメリ			●					
ハゼ科								
ヤリミズハゼ				●	●	●	●	●
スジハゼ				●	●	●	●	●
アゴハゼ				●	●	●	●	●
アカネビシマハゼ		●	●	●	●	●		
ヒメハゼ		●	●	●	●	●		
ミチネハゼ		●						●
アイゴ科								
アイゴ	●	●	●	●	●			●
カレイ目								
カレイ科								
マコガレイ	●							●
フグ目								
カワハギ科								
アミメハギ	●		●	●	●	●	●	●
ウマヅハギ			●					
カワハギ	●	●	●		●	●		
フグ科								
クサフグ	●	●	●		●	●	●	●
シマフグ	●	●	●	●	●	●	●	●
目数	5	4	3	5	4	3	4	5
科数	13	14	9	14	12	11	8	11
種数	18	19	15	18	14	14	10	13

8地点：6目21科35種が検出

(5) 広島県を中心とした西日本に生息するサンショウウオ属の遺伝的集団構造と産卵生態

カスミサンショウウオ *Hynobius nebulosus* は形態学的・分子系統学的研究によって9種に細分された (Matsui et al. 2019) が、その後も分類学的に再検討すべき個体群が複数報告されており (林 2020 ほか)、本種群の分類学的問題は未だ解決していない。本研究では、各種における分布変遷の解明や、適切な保全

単位の設定に向け、種間の分布境界を含めた遺伝的集団構造の解明を目指した。併せて、広島県東部で側所的に生息し分布境界が不明瞭な 2 種（アキサンショウウオとセトウチサンショウウオ：以下、サンショウウオを省略）について、産卵生態の差異を検出する種判別法の開発を目指し、人工産卵床を用いた産卵特性の調査を行った。

ミトコンドリア DNA (mtDNA) と核 DNA マイクロサテライト (SSR) マーカーを用いて分子系統学的解析を行い、種間および種内の系統関係を検討した (図 11, 12)。また、前年度までに繁殖を確認した地点計 8 か所【アキ 5 地点、セトウチ 3 地点】において、人工産卵床を設置した。繁殖期が終わる時期を見計って、人工産卵床の使用の有無を確認し、卵嚢が産み付けられた様子から種ごとの産卵特性を検討した。

mtDNA の 16S rRNA 領域の解析により、セトウチ種内に明瞭な 2 系統が認められた (図 11)。広島県の一部と香川県の個体が同一群に含まれたことから、種の成立以降、本州と四国間で遺伝的な交流があったことが示唆された。また、アキ種内では mtDNA の 2 領域ともに大崎上島個体群が単一の群を形成し、さらに核 DNA の SSR マーカーにおいても大崎上島個体群に特有なアリル (対立遺伝子) が検出されたことから (表 2, 図 13)、アキ種内の地理的隔離を伴う遺伝的分化が認められた。

人工産卵床を用いた調査の結果、産卵の有無によってアキとセトウチは明瞭に識別され、人工産卵床による種判別の可能性を見出すことができた (表 3)。さらに、アキの本土個体群との遺伝的差異がみられた大崎上島個体群では、産卵特性にも本土個体群との違いが観察された。これらのことから、大崎上島個体群はアキ種内における遺伝的差異と産卵生態の違いから、本土個体群とは区別される地域型として扱う必要があることが推察された。

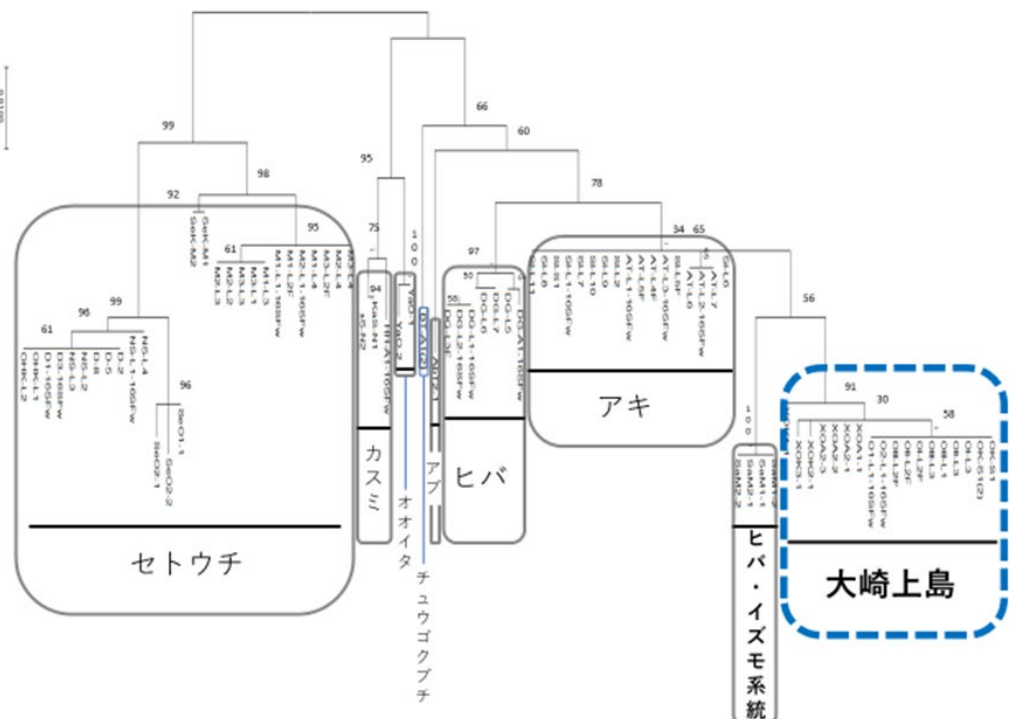


図 1 1 ミトコンドリアDNA 16S rRNA領域の部分塩基配列に基づいて作成した系統樹

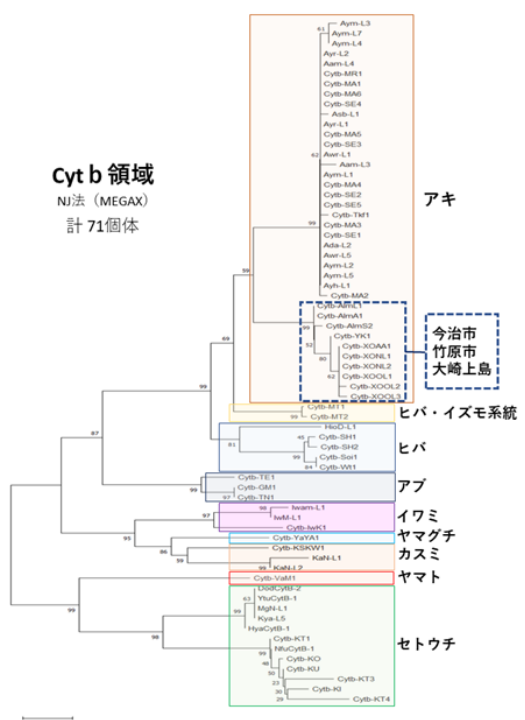


図 1 2 ミトコンドリアDNA *Cytb*領域の部分塩基配列に基づいて作成した系統樹

表2 マイクロサテライトDNA 3 ローカスにおいて
検出されたアリル

種	No.	sample	略記	HN004	HN21	HN051
				FAM	NED	VIC
大崎上島	1	大崎大串	XOOL1	55	372	153
	2	大崎明石	XOA1-1	55	371	150 153
	3	大崎明石	XOA1-2	55	369	153
	4	大崎神崎	XOK1-1	55	371	150 153
	5	大崎神崎	XOK3	55	371	155
	6	大崎明石西沢	XONL1	55	370 371	53 54
	7	大崎明石西沢	XONL2	55	371	54
アキ今治	8	今治	AlmA1	55	370 371	140
	9	今治	AlmL5	55	370 371	140
アキ	10	竹原仁賀	YK1	144	371	580 581
	11	高宮房後	TkF1	157	377	558 559
	12	安芸高田市高宮	AktL1	157	365	556 557
	13	安芸高田市高宮	AktL2	157	365	556 557
	14	三次市木兼町	MA3	156 168	381	558 563
	15	世羅青水	Aam1	157	370 381	519 522
	16	せら夢公園	Aym1	157	385	558 563
	17	大和町上徳良	Ada1	157 169	381 387	563 566
イズモ系統	18	松江岩瀬町	Sam2-1	156	380 402	572 578
セトウチ	19	榎山田	Kya1	167 173	382	153 156
	20	美ノ野中野	MgN1	169	382	162 166
	21	美ノ野三成	MgM1	165 169	382	160 166
	22	久山田	Hya1	165 169	382	160 162
	23	西藤	Nfu1	169 173	381	160 162
	24	屋島	Yas1	177 193	396 399	151 153
	25	塩江	SIO1	189	372	151 153
	26	まんのう	SeKM2	177	378	150 153
	27	岡山市北区	SeO1-1	165	385	151 153
	28	三原深町	M1-1	169	403	160 162
	29	三原深町	M2-1	173	382	162 165
	30	香岡寺立	KI	164	248	162 163
	31	神辺中条	KT	164	382	162 163
	32	西清水川	NSL6	168 172		
	33	西清水川	NSL7	164 172		
アブ	34	地倉沼	AbT2-1	160	383 384	109
ヒバ	35	湯後山	DGL1	113	381	304
	36	妻大山	HiOD1	156	381 387	140
	37	住原口和	SH2	156	31	27
イワミ	38	島根松田	IwM1	74	384	312
カスミ	39	長崎平戸	KaNH1	55	390	54 55
	40	佐賀多久	KaSN1	55	382	60 61
ヤマト	41	三養瀬深市	YaM1		390	

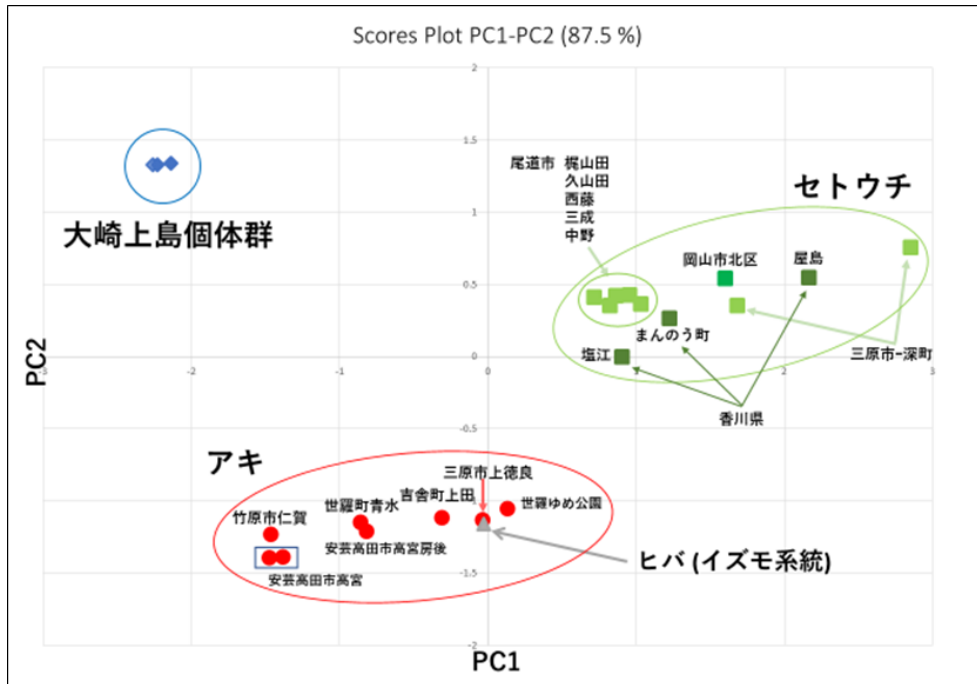


図13 マイクロサテライトDNAの主成分分析

表3 人工産卵床を用いた産卵実験結果

種（個体群）	地点	産卵	隠匿性	隠匿性の強度	産卵床以外への産卵
アキ	A1a	○	+	+	
	A1b				○
	A2				
	A3	○	+	+	
セトウチ	S1				
	S2		-		
	S3				
大崎上島	O1	○	+	±	○
	O2				○

（6）広島県を中心とした西日本に生息するアカハライモリの遺伝的集団構造と腹面模様

アカハライモリ *Cynopus pyrrhogaster* は有尾目イモリ科イモリ属に属し、日本本土の固有種で、本州、四国、九州、佐渡島、隠岐島、壱岐、大隅諸島などに分布する（富永，2021）。体形と体色に変異が多く、ある程度まで地域的に変わる上に個体変異の幅も広い。また、腹面模様には非常に複雑な斑紋パターンが知られ（中津，2019）、腹側は赤地に不規則な黒斑点をそなえているものを原則とするが、黒斑の全くみられない個体や、正中線上の不規則な縦条を残して全体に黒くなった個体もあり（富永，2021）、地域によって大まかに区別できる（関，2021）。筆者らの広島県下における野外調査において、各地の個体群に腹面模様の地域差が認められた。本研究では、広島県を中心とした西日本における本種の腹面模様の分布様式と遺伝的差異について調べた。

令和元年～令和2年にかけて、広島県を中心とした西日本各地（兵庫県、鳥取県、島根県、岡山県、山口県、香川県、徳島県、愛媛県、高知県、佐賀県、長崎県）の32地点において、合計76個体のアカハライモリを採集した（表4）。腹面模様の分析は赤色と黒色の比率を計算し、赤色：黒色の割合が「2：8をタイプA」、「4：6をタイプB」、「5：5をタイプC」、「6：4をタイプD」、「8：2をタイプE」とした。また、アカハライモリ27個体について、ミトコンドリアDNAのシトクロム*b*領域（以下、*Cyt-b*領域）の部分塩基配列を分析した。

広島県におけるアカハライモリは、中国山地などの高地から瀬戸内海沿岸の低地にかけて広範囲に分布していた。広島県東部において最も多くの生息地が確認できた地域は、世羅台地（標高400-600m）を含む吉備高原（中位面）であり、採取された地点の多くは、水田やそれに続く水路、および湿地であった。次に生息地が多く確認されたのは標高200m以下の瀬戸内海沿岸（低位面）であり、

多くの地点が自然湿地または近年に耕作放棄された水田であった。他方、分布確認が限られた中国山地付近（高位面）においては、生息地点の多くが自然湿地や湧水のある小川などであった。

腹面模様は、同じ生息場所で採取した個体において赤色と黒色の割合が類似していることが多かった。さらに、一部例外もみられるが、標高が低い地点の個体では赤色の割合が高く、標高が高い地点の個体では黒色の割合が高い傾向がみられた（図 14）。

DNA 分析の結果、広島県【庄原市（総領町稲草，口和町）・三次市・神石郡・世羅郡・福山市（新市町，神辺町東中条城跡）・尾道市・山県郡・呉市・東広島市・廿日市市】における地域間の遺伝的差異は小さく、いずれも同じ群に含まれた（図 15）。また、庄原市口和町の個体において、同じクレード上で異なる群に分かれるものがみられた。さらに、島根県高見川と岡山県和気の個体は広島県の個体群と同じクレードに含まれた。一方、広島県のうち福山市神辺町東中条城跡、竹原市、廿日市市吉和の個体においては、他の広島県の個体群とは異なる群に分かれた。他方、四国地方（愛媛県宇和島市、香川県木田郡三木町、高知県吾川群いの町、徳島県阿南市桑野谷）、および九州地方（佐賀県多久市市多久町、長崎県東彼杵郡東彼杵町）の個体群は、遺伝的に大きく異なることが明らかとなった。

さらに、ハプロタイプネットワークを構築したところ、大きく 2 つのクレードに分かれ、「広島県・島根県・岡山県個体群と一部の広島県個体群を含む四国地方個体群」、および「西九州地方個体群」に大別され、中国・四国地方と九州地方の個体群は独立した遺伝的分化を遂げた集団であることが明らかとなった（図 16）。

腹面模様と *Cyt-b* 領域における遺伝的な関連性は認められなかったものの、腹面模様と生息地の標高に関連性がみられた。腹面模様を特徴付ける要因として、生息環境における捕食者の存在を考えてみた。アカハライモリの天敵は主に鳥類であり、本種は攻撃されるとひっくり返って腹面を捕食者に見せ毒を持っていることをアピールし、警戒色である赤腹面を見せる防御姿勢をとる。低地にはサギ類などの鳥類が多く、赤色の割合が高い腹面を持つことで生残率を高めていることが考えられる。一方、比較的天敵の少ない高地では捕食者に遭遇する機会が少なく、防御姿勢をとらなくても捕食の危険が少ないため、赤色の割合が低く、黒色の割合が高い個体の生残が保証されていることも考えられる。よって、標高が高い地点の個体においては黒色の割合が高く、場所によっては赤色の割合が高い個体と共存していることが考えられる。ただし、この見解は推測の域を脱しないため、今後は腹面模様と生息環境との関連性について調査・検討が必要である。

表 4 アカハライモリの採集地と標高および採集個体数

採集地	標高 (m)	個体数
兵庫県美方郡香美町針伏	806m	1
鳥取県鳥取市国府町大山	740m	1
島根県邑南群邑南町高見川	309m	1
岡山県和気群和気町	94m	1
広島県庄原市口和町	343m	2
広島県庄原市高野町	718m	2
広島県庄原市西城道後山	1066m	2
広島県庄原市総領町稲草	273m	1
広島県神石郡神石高原町星居山	800m	2
広島県三次市甲奴町	466m	2
広島県世羅郡世羅町大字黒川	399m	1
広島県世羅郡世羅町上安田	394m	2
広島県福山市新市町	98m	1
広島県福山市神辺町八丈岩	430m	2
広島県福山市東中条城跡	68m	2
広島県尾道市美ノ郷町中野	130m	2
広島県尾道市因島	3m	2
広島県三原市久井町田打	389m	2
広島県三原市高坂町	403m	2
広島県竹原市大乘	151 m	1
広島県東広島市豊栄町	383m	2
広島県廿日市吉和	746m	2
広島県廿日市飯山	676m	2
広島県呉市安浦町野呂山	763m	2
広島県山県群北広島町川小田	591m	2
山口県大島郡周防大島町	100m	1
香川県木田群三木町	504m	1
徳島県阿南市桑野谷	44m	1
愛媛県宇和島市津島町岩松	7m	1
高知県吾川群いの町	440m	1
佐賀県多久市多久町	38m	1
長崎県東彼杵群東彼杵町	389m	1

阪本ら (2022) の表を改変

標高 (m)

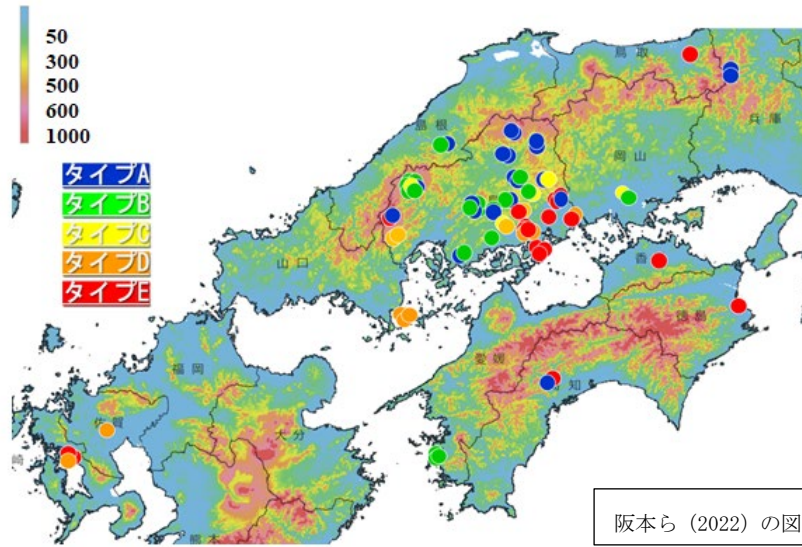
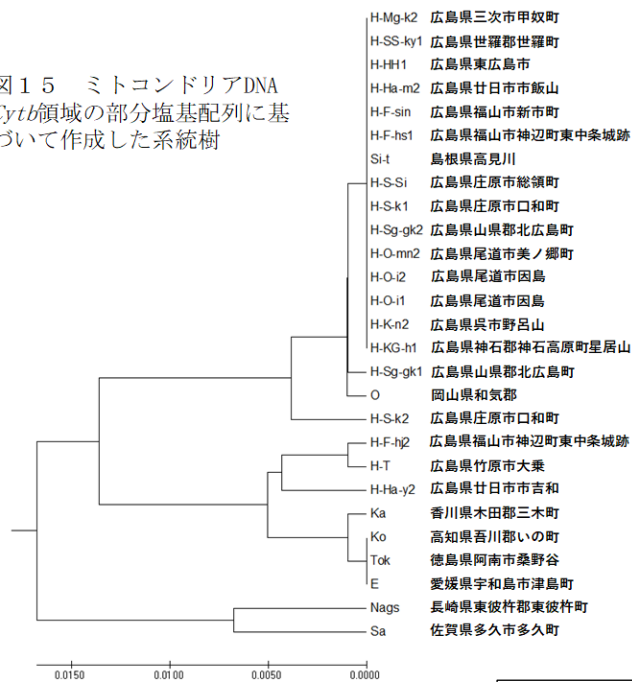


図 1 4 アカハライモリの腹面模様別の分布
 【赤色：黒色】 タイプA(2:8), タイプB(4:6), タイプC(5:5),
 タイプ(6:4), タイプE(8:2)

図 1 5 ミトコンドリアDNA
*Cytb*領域の部分塩基配列に基づいて作成した系統樹



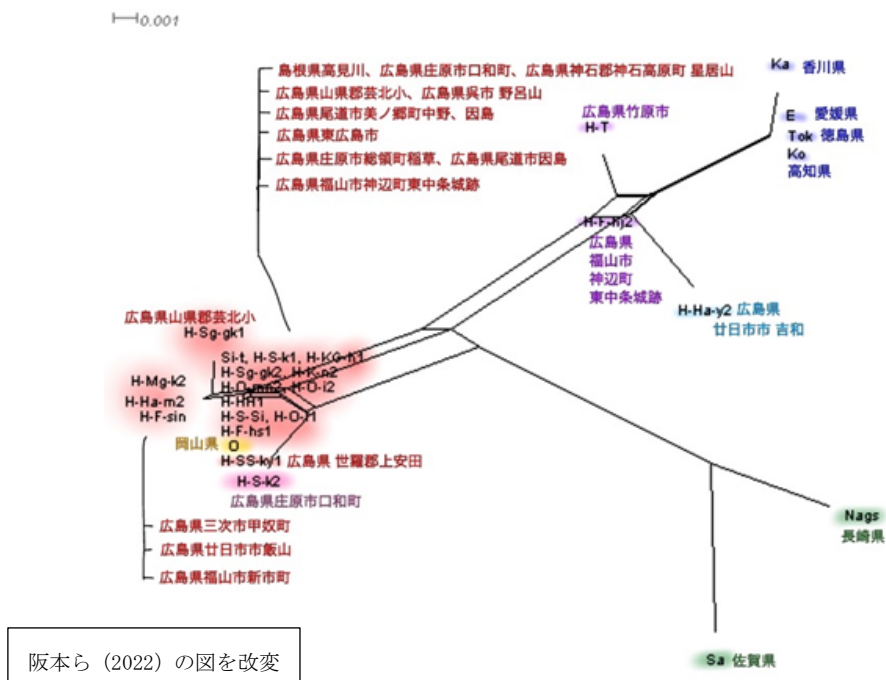


図 16 ミトコンドリアDNA *Cytb*領域の部分塩基配列に基づいて作成したハプロタイプネットワーク

【令和3年度】

(1) 瀬戸内海におけるアミメハギの遺伝的集団構造

昨年度に引き続き、アミメハギの遺伝的集団構造の解明を瀬戸内海の広域で行った。アミメハギは、香川県高松、岡山県（玉野、笠岡）、広島県（因島大浜・八重子島・折古ノ浜、高根島、倉橋島）、愛媛県（大三島、伯方島、大島、興居島）、山口県屋代島の13地点の藻場で採集した（全137個体）。DNA分析は、昨年度と同様の方法で行った。

DNA分析の結果、85種類のハプロタイプが検出され、ハプロタイプ多様度は $h=0.938$ であった。検出されたハプロタイプのうち共通したのは6種類であった

(①屋代島－興居島、②高松－玉野－高根島－屋代島、③高松－大浜－八重子島－折古ノ浜－伯方島－興居島、④笠岡－倉橋島、⑤玉野－笠岡－大浜－八重子島－折古ノ浜－伯方島、⑥大浜－伯方島)。系統樹（近隣接合法）を作成したところ、クレードIでは多くの地点を含む群と、興居島・屋代島・玉野を含む群に分かれた。高松・玉野・笠岡においては、遺伝的に近い群にまとまる傾向がみられた。クレードIIは、興居島と高根島が含まれた。*Fst* 値を求めたところ、地理的に近い高松－玉野（0.00177）、玉野－笠岡（0.04565）および笠岡－大浜（0.00767）で比較的低かった。また、芸予諸島（因島・高根島・大三島・伯方

島・大島)においても F_{st} 値は比較的lowかった (0.00132-0.06897)。一方、興居島とその他の地点間で比較的大きな遺伝的分化がみられた (0.10368-0.18346)。地理的に近い興居島と屋代島は同一クレード内で同じ群を形成し、地点間交流が窺えた。他方、興居島と同じ群のなかに玉野と高根島が含まれ、さらにクレード I で多くの地点を含む群が形成された。本種は小型魚で遊泳力も比較的弱く、藻場の海藻に付着卵を産み付け潮流による卵の離散がなく、かつ種苗法流など人為的影響がない魚種である。分析結果と本種の生態を踏まえると、瀬戸内海では地点間の距離に関係なく、様々な場所の集団が流れ藻を介して交流し、遺伝的集団構造を形成していると推察された。

(2) 環境 DNA 分析による広島県因島大浜海岸の魚類相

瀬戸内海には 700 以上の島が存在しており、そのうち福山大学附属マリンバイオセンターが在る因島は、芸予諸島海域の一島である。本研究の調査地点とした因島大浜海岸にはアマモ場とガラモ場が繁茂し、第一次生産の場として様々な生物の成育場や産卵場、索餌場等として沿岸域の生態系に大きく貢献していることが考えられる。藻場や砂浜に棲息する魚類相の把握は、当海域の生物多様性を知るうえで重要である。ただし、魚類の全てを採取するのは困難であり、当海域の魚類相を網羅的に調べるには限界がある。本研究では、環境 DNA 分析を行うことで、因島大浜海岸の魚類相調査を試みた。広島県因島大浜海岸(福山大学マリンバイオセンター前浜)において、令和3年5月から同年11月に掛けて調査を行った(図3)。

環境 DNA 分析の結果、5月7日に6目13科19種、5月26日に7目17科19種、6月に7目15科21種、7月に5目10科10種、8月に5目9科10種、9月に5目13科23種および10月に6目15科22種が検出され、合計で11目30科45種の魚類が検出された。

季節の変化に伴って検出される魚種に違いがみられた。サッパ、ボラ、クロダイ、クサフグは毎月検出され、因島の優占種と考えられる。メバル属は5~6月にかけて、カワハギは6・7月に検出され、それぞれ産仔・産卵時期と重なり、また藻場での生育時期に当たることが推察される。イシガレイは5~6月にかけて検出され、毎年この時期に当海岸の砂浜で稚魚が観察されており、分析結果と一致した。ゴンズイは、当海岸にて「ゴンズイ玉」が観察される秋(10月)に検出された。さらに、シマイサキも10月に検出され、当日に実施された地曳網でも稚魚が採取された。今回の分析結果から、魚類の生態および出現時期と環境 DNA 分析結果に関連性がみられた。



図3 環境DNAサンプルを採取した因島大浜海岸と調査日

(3) 備後圏域の河川に生息するカワムツの遺伝的集団構造

カワムツ *Candidia temminckii* はコイ目コイ科に属する魚である。西日本に自然分布しており、河川の上流から中流域に棲息している。本種の遺伝的集団構造に関し、静岡県以西の本州・四国・九州北部の広域に及ぶ河川において遺伝的集団解析が行われ、①東海、②近畿・中国と四国の一部、③中国・四国・九州の3系統に分かれた(松岡ら 2015)。しかし、本種3系統の分布成立過程は不明である。また、先行の卒業研究(北村 2018, 岡村 2019, 池永 2020)において西日本を中心に調査されているが、本種の遺伝的集団構造の詳細な解明には更なる調査が必要とされた。本研究では、備後圏域を流れる河川のうち6水系に着目し、本種の遺伝的集団構造を調べた。

調査は、芦田川水系4地点(n=26)、江の川水系1地点(n=9)、山南川水系2地点(n=8)、藤井川水系4地点(n=35)、本郷川水系2地点(n=10)および羽原川水系1地点(n=3)の計6水系14地点で行った(図4, 表2)。本種のミトコンドリアDNA D-loopの部分塩基配列を基に系統解析を行った。

全91個体におけるDNA分析の結果、88種類のハプロタイプが検出され、ハプロタイプの多様度は $h=0.999$ であった。検出されたハプロタイプのうち、Hap. 7が本郷川水系と芦田川水系久師川において、Hap. 26が藤井川水系と山南川水系において共通していた。得られた塩基配列データを基に系統樹(近隣結合法)を作成したところ(図5)、クレードIには藤井川・芦田川・山南川・本郷川・江の川水系が含まれ、江の川水系上下川においては同一クレード内で別の群を形成した。一方、クレードIIには芦田川・藤井川・山南川・本郷川・羽原川水系が含まれた。クレードIにおいて、芦田川水系矢田多川と江の川水系上下川は

異なる水系にも関わらず遺伝的に近縁であることが明らかとなった。矢多田川と上下川の付近には分水嶺が存在しており、ここを境に瀬戸内海側と日本海側の水系に分かれる。矢多田川と上下川が遺伝的に近縁であるのは、両川における河川争奪が関係していることが考えられ、過去に上下川上流域を矢多田川が浸食によって争奪し、そのときに分断された個体群に由来することが今回の分析結果から推察される。他方、クレード I と II には江の川水系を除くすべての水系が混在し、瀬戸内海が形成される以前に流れていた古代河川の影響が示唆された。



図4 カワムツの採取地点

表2 各河川におけるカワムツ採取個体数(n)と
ハプロタイプ数(h)およびハプロタイプ多様度(Hd)

芦田川水系	n	h	Hd
Y(山手橋東)	4	4	1
AM(神田大池門出橋)	4	4	1
Kta(久師)	9	9	1
YT(矢多田川)	9	9	1
江の川水系	n	h	Hd
J(上下川)	9	9	1
山南川水系	n	h	Hd
SN(沼隈特別支援学校付近)	4	4	1
SZ(善徳寺付近)	4	3	0.833
藤井川水系	n	h	Hd
FS(さいだ歯科医院付近)	10	10	1
FT(天満宮付近)	9	9	1
FF(深町)	10	10	1
FK(光林寺)	6	6	1
本郷川水系	n	h	Hd
HM(妙皇寺)	8	8	1
HOD(尾道動物霊園付近)	2	2	1
羽原川水系	n	h	Hd
H157(157号線 高架下)	3	3	1

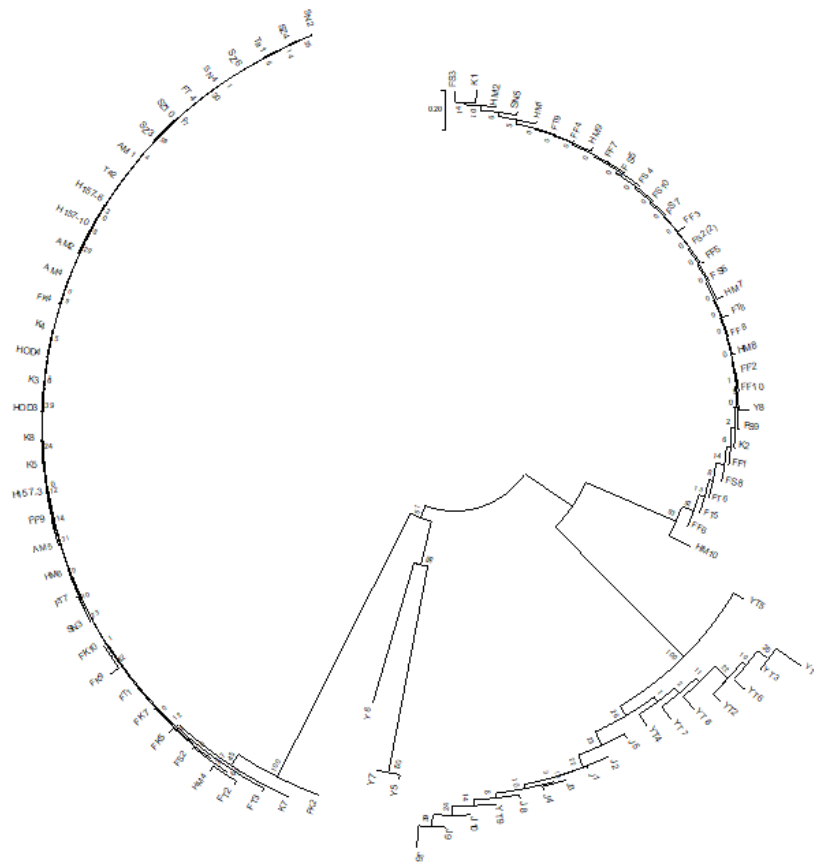


図5 カワムツのミトコンドリアDNA Dループ部分塩基配列に基づいて作成した系統樹

(4) 西日本に生息するサンショウウオ属の分布域

西日本の広範囲に生息している止水性サンショウウオは、カスミサンショウウオ *Hynobius nebulosus* 1種とされてきたが、近年10種に分類された。これら10種において大まかな棲息域が示されてはいるものの、地域によっては隣接しており、分布域の詳細な調査は重要な課題となっている。本研究では、西日本各地で採取したサンショウウオ属についてミトコンドリアDNAシトクロム**b**領域の塩基配列の分析を行い、それぞれの種の分布域を検討した。

広島県（庄原市・三次市・安芸高田市・福山市・世羅郡・尾道市・三原市・竹原仁賀・大崎上島）のほか、三重県（河芸郡）・岡山県（笠岡市）、愛媛県（今治市）、鳥取県（鳥取市）、島根県（松江市・津和野町）、山口県（美祢市）、福岡県（北九州市）の山間部あるいは平野部の40地点において、サンショウウオ属を採取した。DNA分析は、昨年度と同様の方法で行った。

10種のサンショウウオから得られたシトクロム**b**領域の塩基配列データをもとに作成した系統樹で、クレードIにはアキ・ヒバ・イズモ・アブ・イワミ・カスミ・ヤマグチ・サンインの8種が、クレードIIにはヤマト・セトウチの2種が

含まれた。各クレードにおいて種ごとに群が形成され、それぞれの種の棲息域が把握できた。アキのうち、仁賀・大崎上島・今治は系統樹上で異なる群を形成した。また、仁賀・大崎上島と今治は、さらに異なる群に分かれた。仁賀および大崎上島の個体群は棲息する標高がそれぞれ 450 m および 300 m であるのに対し、今治は 30 m と比較的低地であり、集団の形成過程において標高の違いが遺伝的差異に反映しているものと考えられた。アキとヒバは同一のクレードから分かれており、他の種とは遺伝的に近かった。アキが棲息する標高はおよそ 220 m～530 m であるのに対し、ヒバはおよそ 350 m～1060 m であり、いずれも標高の高い地域に棲息している。アキ・ヒバ・イズモは同じクレードに含まれており、世羅台地から山陰にかけて中国山地を境に棲息している。アブは津和野周辺に限定して棲息し、阿武火山帯の存在が他地域との隔離を生じさせたものと推定される。イワミ・カスミ・ヤマグチは同じクレードに含まれ、ヤマグチが大分県国東半島付近でも確認されていることから、ヤマグチとカスミに至っては棲息地が近接していることが遺伝的に近いことを示唆している。セトウチは和歌山や香川・徳島にも分布しており、ヤマトとは紀伊山地で分断されていると考えられた。

表3 サンショウウオ属の採取地点

都道府県	場所	種類	緯度	経度	標高	略記
岡山	井立(上)①	セトウチ	34°35分16.68秒	133°30分50.13秒	117.5m	STiu①
	三和①	セトウチ	34°45分2.64秒	133°51分1.92秒	210.3m	STos①
広島	垂水寺	セトウチ	34°34分14.50秒	133°23分22.52秒	116.8m	STkj
	久山田	セトウチ	34°26分20.29秒	133°9分14.12秒	142.4m	SThd
	細水館	セトウチ	34°26分17.32秒	133°8分31.90秒	117.6m	jo
	三良坂	アキ	34°46分5.59秒	132°58分18.17秒	222.7m	AKms
	上田(上)	アキ	34°40分53.67秒	132°55分26.41秒	418m	AKuu
	世羅(東山)	アキ	34°37分56.47秒	132°59分39.43秒	441m	AKsh
	世羅(青水)②	アキ	34°35分33.89秒	132°59分14.16秒	429m	AKsa②
	世羅(吉原)	アキ	34°35分45.73秒	132°53分41.93秒	529m	AKyw
	湧通寺(高坂休暇村)	アキ	34°27分57.18秒	133°0分59.69秒	263.6m	AKbj
	仁賀①	アキ?	34°22分12.76秒	132°49分19.30秒	461.7m	AKnk①
仁賀②	アキ?	34°22分16.05秒	132°49分7.08秒	478.2m	AKnk②	
仁賀③	アキ?	34°22分11.52秒	132°48分59.07秒	452m	AKnk③	
大崎上島(大島)	芦田川源流	アキ	34°33分47.06秒	132°54分10.05秒	486m	ag
	大崎上島(大島)	アキ?	34°14分18.92秒	132°51分39.42秒	3.3m	oo
	庄原 口和	ヒバ	34°54分21.77秒	132°54分19.63秒	354m	Hsk
鳥取	香妻山	ヒバ	35°3分47.29秒	133°1分50.70秒	1058m	Hay
	香妻台	サンイン	35°26分46.27秒	134°15分22.38秒	38m	Sitw
	浦富	サンイン	35°34分38.98秒	134°19分30.88秒	17.9m	Situ
島根	地倉沼(上)	アブ	34°28分59.71秒	131°49分15.03秒	430.4m	ABcu
	地倉沼(下)①	アブ	34°29分1.87秒	131°49分16.63秒	430.6m	ABcs①

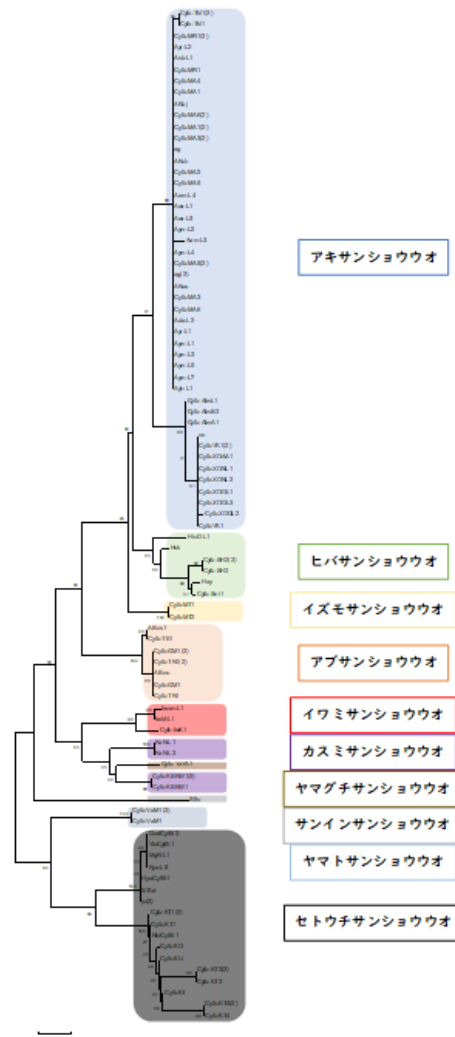


図6 サンショウウオ属のミトコンドリアDNAシトクロムb領域の部分塩基配列に基づいて作成した系統樹

(5) 瀬戸内海島嶼および備後山間部に生息するトカゲ類ニホンカナヘビの遺伝的差異

瀬戸内海はかつて、そのほとんどが陸続きだった時代がある。そのころの爬虫類がどのような分布をしていたのかを解明するためには、瀬戸内海島嶼のみならず、本州・四国を範囲とする遺伝的集団構造の解析が重要となる。本研究では、比較的棲息個体数が多く、且つ採取が容易なトカゲ類のニホンカナヘビを調査対象とした。ミトコンドリア DNA シトクロム b 領域の部分塩基配列の分析結果から、瀬戸内海の成り立ちと分布との関連を探ることを目的とした。

ニホンカナヘビは、神石郡神石高原町 (n=2)、府中市矢多田 (n=1)、せら夢公園 (n=1)、福山市堂々公園 (n=3)、福山市沼隈町久師川 (n=1)、福山大学本学 (n=1)、愛媛県魚島 (n=5)、因島奥山ダム (n=4)、因島大浜町 (n=2)、生口

島 (n=1) で採取した (図 7)。

系統樹のクレード I で神石郡・府中市・福山市・魚島の群と、福山大学・沼隈町・因島・生口島の群に分かれた。クレード II では世羅郡・因島の群に分かれた。本州陸域と島嶼部個体群で同じ群を形成したのは、かつて瀬戸内海が陸続きであったころの交流を反映しているものと考えられる。一方、愛媛県の魚島で独立した群を形成した。魚島は瀬戸内海燧灘に浮かぶ離島であり、他地域と分断されていることから、独立した個体群が形成されたものと推察される。

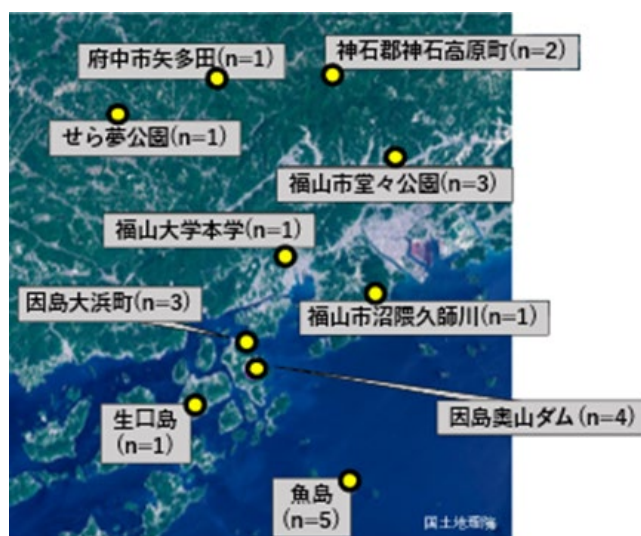


図7 ニホンカナヘビの採取地点と個体数

(6) 生物相から観た備後圏域における里山の環境～せら夢公園と堂々公園をフィールドとして～

「里山」とは、人里近くに存在する山を中心に、それに隣接する雑木林、竹林、田畑、ため池、用水路などを含む空間的な広がりの中で、人々が生活してゆく中で、さまざまな関わり合いを維持してきた生態系をいう (阪本 2007)。里山景観は、日本国土のおよそ4割を占めており、希少な生物種の多くが里山に生息している。生物学的特性を踏まえた里山の保全は、日本の自然の保全を論ずることに繋がる。国立環境研究所が示した「さとやま指数」によると、備後圏域には比較的多くの里山が維持されている。現在の生物相を明らかにすることは、里山保全を検討するうえでの最重要課題といえる。そこで本研究では、備後圏域における里山モデルとして「せら夢公園」と「堂々公園」をフィールドとし、それぞれの生物相を調査した。

調査は7月から11月にかけて実施し、世羅郡世羅町に在る「せら夢公園」と

福山市神辺町に在る「堂々公園」で観察された生物を記録した。観察された生物を写真撮影し、同定が困難な生物については一部研究室へ持ち帰った。図鑑などを参照して同定を行い、観察された園内の場所とともに整理した。さらに、両公園で生息が確認されている既記録も活用し、本調査記録と併せて生物相を整理した。

「せら夢公園」と「堂々公園」で生息が確認された生物は、全 397 種(内未同定 76 種)であった(表 4)。そのうち「せら夢公園」と「堂々公園」で確認された生物は、それぞれ 287 種と 203 種であった。また、両公園で共通して確認されたのは 93 種であった。一方、「せら夢公園」あるいは「堂々公園」にのみ確認された生物は、それぞれ 196 種(内未同定 41 種)と 108 種(内未同定 35 種)であった。「せら夢公園」には草地や池・湿生花園など多様な環境が在り、海拔 479 m の世羅台地に位置する(図 9)。生物相の特徴として、山地の環境を好むミヤマクワガタやナミハンミョウ、池沼や水田などの湿地を好むコガタノゲンゴロウ、コガネコメツキ、ヒョウモンモドキ、コウガイビルなどが生息していた。一方、堂々公園は雑木林やため池、堂々川からなる溪谷で、海拔 94 m に位置する。生物相の特徴として、雑木林や草原に生息するオオカマキリやゴマダラチョウ、河川の上流を好むアサヒナカワトンボ、ヒオドシチョウ、きれいな水を好むヘビトンボやゲンジボタルなどが生息していた(図 10)。これら 2 つのフィールドで生物相が異なる要因として、標高・池沼・河川などが関係していると考えられる。また、「せら夢公園」は人の手が加わった草原やため池があり、これらの環境を利用する生物相が広がっていることが分かった。一方、「堂々公園」には人の手が加わった草地に加え、人為影響が小さい奥山自然域も生物相の広がりに関係していることが分かった。

表4 せら夢公園と堂々公園で確認された生物

類	目	科	種	せら夢公園	堂々公園
扁形動物	三岐腸目	リクウズムシ科	コウガイビル	●	
昆虫類	コウチュウ目	クワガタ科	コクワガタ	●	
昆虫類	コウチュウ目	クワガタ科	ミヤマアカネクワガタ	●	
昆虫類	未同定		クワガタムシの仲間	●	
昆虫類	未同定		クワガタムシの仲間		●
昆虫類	コウチュウ目	コガネムシ科	カブトムシ	●	●
昆虫類	コウチュウ目	コガネムシ科	コアオハナムグリ		●
昆虫類	未同定		ハナムグリの仲間	●	
昆虫類	コウチュウ目	ハンミョウ科	ナミハンミョウ	●	
昆虫類	未同定		ハンミョウの仲間	●	
昆虫類	未同定		ハンミョウの仲間		●
昆虫類	コウチュウ目	ゲンゴロウ科	クロゲンゴロウ	●	
昆虫類	コウチュウ目	ゲンゴロウ科	ヒメゲンゴロウ	●	
昆虫類	コウチュウ目	ゲンゴロウ科	コガタノゲンゴロウ	●	
昆虫類	コウチュウ目	ガムシ科	ガムシ	●	
昆虫類	コウチュウ目	ガムシ科	コガムシ	●	
昆虫類	コウチュウ目	シデムシ科	クロシデムシ	●	
昆虫類	コウチュウ目	シデムシ科	ベッコウヒラタシデムシ	●	
昆虫類	コウチュウ目	シデムシ科	オオモモトシデムシ	●	
昆虫類	コウチュウ目	タマムシ科	ウバタマムシ	●	
昆虫類	コウチュウ目	コメツキムシ科	コガネコメツキ	●	
昆虫類	コウチュウ目	ホタル科	ゲンジボタル		●
昆虫類	コウチュウ目	ホタル科	ヘイケボタル		●
昆虫類	コウチュウ目	ホタル科	オバボタル	●	
昆虫類	コウチュウ目	テントウムシ科	ナナホシテントウ	●	●
昆虫類	コウチュウ目	テントウムシ科	ナミテントウ	●	●
昆虫類	コウチュウ目	ゴミムシダマシ科	ユミアシオオゴミムシダマシ	●	
昆虫類	コウチュウ目	カミキリムシ科	アカハナカミキリ	●	
昆虫類	コウチュウ目	カミキリムシ科	ゴマダラカミキリ		●
昆虫類	コウチュウ目	カミキリムシ科	ムネアカクロハナカミキリ	●	
昆虫類	未同定		ルリハムシの仲間		●
昆虫類	未同定		オトシブミの仲間	●	
昆虫類	未同定		ネクイハムシ	●	
昆虫類	チョウ目	アゲハチョウ科	ナミアゲハ	●	●
昆虫類	チョウ目	アゲハチョウ科	キアゲハ	●	
昆虫類	チョウ目	アゲハチョウ科	アオスジアゲハ		●
昆虫類	チョウ目	アゲハチョウ科	ナガサキアゲハ		●
昆虫類	チョウ目	アゲハチョウ科	クロアゲハ	●	●

類	目	科	種	せら夢公園	堂々公園
昆虫類	チョウ目	アゲハチョウ科	ミヤマカラスアゲハ	●	
昆虫類	チョウ目	シロチョウ科	モンシロチョウ	●	●
昆虫類	チョウ目	シロチョウ科	キタキチョウ	●	●
昆虫類	チョウ目	シロチョウ科	ツماغロチョウ	●	
昆虫類	チョウ目	シロチョウ科	モンキチョウ	●	
昆虫類	チョウ目	シロチョウ科	ウラギンシジミ		●
昆虫類	チョウ目	シジミチョウ科	アカシジミ	●	
昆虫類	チョウ目	シジミチョウ科	ミドリシジミ	●	
昆虫類	チョウ目	シジミチョウ科	コツバメ	●	
昆虫類	チョウ目	シジミチョウ科	ベニシジミ	●	●
昆虫類	チョウ目	シジミチョウ科	ツバメシジミ	●	●
昆虫類	チョウ目	シジミチョウ科	ヤマトシジミ	●	●
昆虫類	チョウ目	シジミチョウ科	ルリシジミ	●	●
昆虫類	チョウ目	タテハチョウ科	テングチョウ	●	●
昆虫類	チョウ目	タテハチョウ科	ヒョウモンモドキ	●	
昆虫類	チョウ目	タテハチョウ科	キタテハ	●	
昆虫類	チョウ目	タテハチョウ科	ヒオドシチョウ	●	●
昆虫類	チョウ目	タテハチョウ科	アカタテハ	●	●
昆虫類	チョウ目	タテハチョウ科	ヒメアカタテハ	●	●
昆虫類	チョウ目	タテハチョウ科	ルリタテハ	●	●
昆虫類	チョウ目	タテハチョウ科	メスグロヒョウモン	●	
昆虫類	チョウ目	タテハチョウ科	オオウラギンスジヒョウモン	●	
昆虫類	チョウ目	タテハチョウ科	ウラギンヒョウモン	●	
昆虫類	チョウ目	タテハチョウ科	ミドリヒョウモン	●	●
昆虫類	チョウ目	タテハチョウ科	ツماغロヒョウモン	●	●
昆虫類	チョウ目	タテハチョウ科	コムスジ	●	
昆虫類	チョウ目	タテハチョウ科	ホシミスジ		●
昆虫類	チョウ目	タテハチョウ科	アサマイチモンジ	●	
昆虫類	チョウ目	タテハチョウ科	コムラサキ		●
昆虫類	チョウ目	タテハチョウ科	ゴマダラチョウ		●
昆虫類	チョウ目	タテハチョウ科	アサギマダラ	●	
昆虫類	チョウ目	タテハチョウ科	ヒメウラナミジャノメ	●	
昆虫類	チョウ目	タテハチョウ科	ジャノメチョウ	●	●
昆虫類	チョウ目	タテハチョウ科	オオヒカゲ	●	●
昆虫類	チョウ目	タテハチョウ科	ヒメジャノメ	●	
昆虫類	チョウ目	タテハチョウ科	ヒカゲチョウ	●	
昆虫類	チョウ目	タテハチョウ科	サトキマダラヒカゲ	●	
昆虫類	チョウ目	タテハチョウ科	クロコノマチョウ	●	●

類	目	科	種	せら夢公園	堂々公園
昆虫類	チョウ目	セセリチョウ科	キマダラセセリ	●	
昆虫類	チョウ目	セセリチョウ科	ダイミョウセセリ	●	
昆虫類	チョウ目	セセリチョウ科	ミヤマセセリ	●	
昆虫類	チョウ目	セセリチョウ科	ホソバセセリ	●	
昆虫類	チョウ目	セセリチョウ科	コチャバネセセリ	●	
昆虫類	チョウ目	セセリチョウ科	オオチャバネセセリ	●	●
昆虫類	チョウ目	セセリチョウ科	イチモンジセセリ	●	●
昆虫類	チョウ目	シャクガ科	ウメエダシャク		●
昆虫類	チョウ目	イボタガ科	イボタガ		●
昆虫類	チョウ目	ヤママユガ科	ウスタヒガ	●	●
昆虫類	チョウ目	ヤママユガ科	ヤママユガ	●	
昆虫類	チョウ目	ヤママユガ科	オオミズアオ	●	
昆虫類	チョウ目	スズメガ科	キイロスズメ		●
昆虫類	チョウ目	スズメガ科	クチバスズメ		●
昆虫類	チョウ目	スズメガ科	ホシホウジャク	●	
昆虫類	未同定		スズメガの仲間	●	
昆虫類	チョウ目	シャチホコガ科	オオトビモンシャチホコ		●
昆虫類	チョウ目	ヒトリガ科	ゴマダラヒトリ		●
昆虫類	チョウ目	ヤガ科	オオトモエ		●
昆虫類	チョウ目	ヤガ科	ハグルマトモエ	●	
昆虫類	チョウ目	マダラガ科	ホタルガ		●
昆虫類	未同定		スカシバ	●	
昆虫類	ハチ目	タマバチ科	ナラメリンゴタマバチ	●	
昆虫類	ハチ目	ドロバチ科	オオフタオビドロバチ	●	
昆虫類	ハチ目	アナバチ科	クロアナバチ	●	
昆虫類	ハチ目	アナバチ科	キンモウアナバチ	●	●
昆虫類	ハチ目	ミツバチ科	セイヨウミツバチ	●	
昆虫類	ハチ目	ミツバチ科	ニホンミツバチ	●	
昆虫類	ハチ目	ジガバチ科	ミカドジガバチ		●
昆虫類	未同定		ヒメバチの仲間	●	
昆虫類	未同定		アリ類	●	
昆虫類	ハエ目	ガガンボ科	キリウジガガンボ		●
昆虫類	未同定		ガガンボの仲間	●	
昆虫類	ハエ目	ムシヒキアブ科	シオヤアブ	●	●
昆虫類	未同定		ムシヒキアブの仲間	●	
昆虫類	ハエ目	ツリアブ科	ビロードツリアブ	●	
昆虫類	未同定		ハナアブの仲間	●	
昆虫類	アミカゲロウ目	ウスバカゲロウ科	コマダラウスバカゲロウ	●	

昆虫類	未同定		ウスバカゲロウの仲間	●	
昆虫類	アミカゲロウ目	ヘビトンボ科	ヘビトンボ		●
昆虫類	シリアゲムシ目	シリアゲムシ科	ヤマトシリアゲ		●
昆虫類	シリアゲムシ目	シリアゲムシ科	ベッコウシリアゲ		●
昆虫類	カメムシ目	セミ科	ニイニイゼミ		●
昆虫類	カメムシ目	セミ科	クマゼミ		●
昆虫類	カメムシ目	セミ科	ヒグラシ		●
昆虫類	カメムシ目	セミ科	ハルゼミ	●	
昆虫類	カメムシ目	セミ科	ミンミンゼミ		●
昆虫類	カメムシ目	セミ科	アブラゼミ	●	●
昆虫類	カメムシ目	セミ科	ツクツクボウシ	●	●
昆虫類	カメムシ目	ヨコバイ科	ツマグロオオヨコバイ		●
昆虫類	カメムシ目	サンガメ科	シマサンガメ		●
昆虫類	カメムシ目	カメムシ科	オオトゲシラホシカメムシ		●
昆虫類	カメムシ目	タイコウチ科	ミズカマキリ		●
昆虫類	カメムシ目	コオイムシ科	オオコオイムシ	●	
昆虫類	カメムシ目	マツモムシ科	マツモムシ	●	
昆虫類	カメムシ目	キジラミ科	エノキカイガラキジラミ	●	
昆虫類	カメムシ目	アブラムシ科	キスゲフクレアブラムシ	●	
昆虫類	バッタ目	バッタ科	トノサマバッタ	●	●
昆虫類	バッタ目	バッタ科	クルマバッタ	●	
昆虫類	バッタ目	バッタ科	ショウリョウバッタ	●	●
昆虫類	バッタ目	バッタ科	ショウリョウバッタモドキ	●	●
昆虫類	バッタ目	バッタ科	ツマグロバッタ		●
昆虫類	バッタ目	バッタ科	コバネイナゴ	●	
昆虫類	バッタ目	バッタ科	ツチイナゴ	●	
昆虫類	バッタ目	バッタ科	ハネナガイナゴ	●	
昆虫類	未同定		イナゴの仲間	●	
昆虫類	未同定		イナゴの仲間		●
昆虫類	未同定		フキバッタの仲間	●	
昆虫類	バッタ目	オンブバッタ科	オンブバッタ	●	●
昆虫類	バッタ目	ヒシバッタ科	ハネナガヒシバッタ	●	
昆虫類	バッタ目	キリギリス科	クビキリギリス		●
昆虫類	バッタ目	キリギリス科	ニシキリギリス	●	●
昆虫類	バッタ目	キリギリス科	ササキリ		●
昆虫類	未同定		ツユムシの仲間	●	
昆虫類	未同定		ツユムシの仲間		●
昆虫類	未同定		ウマオイの仲間		●

類	目	科	種	せら夢公園	堂々公園
昆虫類	バッタ目	コオロギ科	エンマコオロギ		●
昆虫類	未同定		コオロギの仲間	●	
昆虫類	未同定		コオロギの仲間		●
昆虫類	カマキリ目	カマキリ科	オオカマキリ		●
昆虫類	カマキリ目	カマキリ科	ハラビロカマキリ	●	
昆虫類	カマキリ目	カマキリ科	チョウセンカマキリ	●	●
昆虫類	カマキリ目	カマキリ科	コカマキリ	●	●
昆虫類	ナナフシ目	ナナフシ科	タイワントビナナフシ		●
昆虫類	トンボ目	アオイトトンボ科	アオイトトンボ	●	
昆虫類	トンボ目	アオイトトンボ科	オオアオイトトンボ	●	
昆虫類	トンボ目	アオイトトンボ科	オツネトンボ	●	
昆虫類	トンボ目	アオイトトンボ科	ホソミオツネトンボ	●	
昆虫類	トンボ目	カワトンボ科	ハグロトンボ	●	●
昆虫類	トンボ目	カワトンボ科	アサヒナカワトンボ		●
昆虫類	トンボ目	モノサシトンボ科	モノサシトンボ	●	●
昆虫類	トンボ目	イトトンボ科	キイトトンボ	●	●
昆虫類	トンボ目	イトトンボ科	クロイトトンボ	●	
昆虫類	トンボ目	イトトンボ科	アオモンイトトンボ		●
昆虫類	トンボ目	イトトンボ科	アジアイトトンボ	●	
昆虫類	トンボ目	イトトンボ科	オオイトトンボ	●	
昆虫類	トンボ目	イトトンボ科	ホソミイトトンボ	●	
昆虫類	トンボ目	ヤンマ科	マルタンヤンマ	●	
昆虫類	トンボ目	ヤンマ科	オオルリボシヤンマ	●	
昆虫類	トンボ目	ヤンマ科	ルリボシヤンマ	●	
昆虫類	トンボ目	ヤンマ科	ギンヤンマ	●	●
昆虫類	トンボ目	ヤンマ科	クロスジギンヤンマ	●	
昆虫類	トンボ目	ヤンマ科	カトリヤンマ	●	
昆虫類	トンボ目	サナエトンボ科	ウチワヤンマ		●
昆虫類	トンボ目	サナエトンボ科	コオニヤンマ	●	●
昆虫類	トンボ目	サナエトンボ科	フタスジサナエ	●	
昆虫類	トンボ目	オニヤンマ科	オニヤンマ	●	●
昆虫類	トンボ目	エゾトンボ科	トラフトトンボ	●	
昆虫類	トンボ目	エゾトンボ科	タカトンボ	●	
昆虫類	トンボ目	エゾトンボ科	ハネビロエゾトンボ	●	
昆虫類	トンボ目	ヤマトンボ科	オオヤマトンボ	●	
昆虫類	トンボ目	ヤマトンボ科	コヤマトンボ	●	
昆虫類	トンボ目	トンボ科	チョウトンボ	●	
昆虫類	トンボ目	トンボ科	ノシメトンボ	●	

類	目	科	種	せら夢公園	堂々公園
昆虫類	トンボ目	トンボ科	ナツアカネ	●	●
昆虫類	トンボ目	トンボ科	アキアカネ	●	●
昆虫類	トンボ目	トンボ科	マユタテアカネ	●	
昆虫類	トンボ目	トンボ科	ミヤマアカネ	●	●
昆虫類	トンボ目	トンボ科	ネキトンボ	●	
昆虫類	トンボ目	トンボ科	ハッチョウトンボ	●	
昆虫類	トンボ目	トンボ科	コシアキトンボ	●	
昆虫類	トンボ目	トンボ科	ショウジョウトンボ	●	
昆虫類	トンボ目	トンボ科	ウスバキトンボ	●	
昆虫類	トンボ目	トンボ科	シオカラトンボ	●	●
昆虫類	トンボ目	トンボ科	ハラビロトンボ	●	
昆虫類	トンボ目	トンボ科	シオヤトンボ	●	
昆虫類	トンボ目	トンボ科	オオシオカラトンボ	●	●
昆虫類	トンボ目	トンボ科	キトンボ	●	
昆虫類	トンボ目	トンボ科	コノシメトンボ	●	
昆虫類	トンボ目	トンボ科	ヒメアカネ	●	●
昆虫類	トンボ目	トンボ科	リスアカネ	●	
昆虫類	トンボ目	トンボ科	ヨツボシトンボ	●	
昆虫類	カゲロウ目	モンカゲロウ科	モンカゲロウ		●
クモ類	クモ目	ジョロウグモ科	ジョロウグモ	●	●
クモ類	クモ目	コガネグモ科	ナガコガネグモ	●	●
クモ類	クモ目	コガネグモ科	コガネグモ	●	●
クモ類	クモ目	コガネグモ科	オオトリノフンダマシ	●	
クモ類	クモ目	カニグモ科	フジノグモ	●	
クモ類	未同定		ハナグモの仲間	●	
クモ類	クモ目	アシダカグモ科	コアシダカグモ	●	
クモ類	未同定		ハエトリグモの仲間		●
多足類	未同定		ムカデの仲間		●
多足類	ゲジ目	ゲジ科	オオゲジ		●
軟体動物類	ウオビル目	グロシフォニ科	ヌマビル	●	
軟体動物類	吸腔目	カワニナ科	カワニナ	●	
軟体動物類	有肺目	オナジマイマイ科	ミスジマイマイ		●
軟体動物類	有肺目	ナメクジ科	ヤマナメクジ	●	
甲殻類	十脚目	ヌマエビ科	ミズレヌマエビ		●
甲殻類	十脚目	サワガニ科	サワガニ	●	●
魚類	コイ目	コイ科	カワムツ		●
魚類	未同定		フナの仲間	●	
魚類	未同定		ドジョウの仲間		●

類	目	科	種	せら夢公園	堂々公園
魚類	ダツ目	メダカ科	ミナミメダカ	●	
魚類	未同定		メダカの仲間		●
魚類	スズキ目	ドンコ科	ドンコ	●	●
魚類	スズキ目	ハゼ科	ヌマチチブ		●
魚類	スズキ目	サンフィッシュ科	ブルーギル		●
魚類	スズキ目	サンフィッシュ科	オオクチバス		●
両生類	無尾目(カエル目)	アカガエル科	ウシガエル	●	●
両生類	無尾目(カエル目)	アカガエル科	トノサマガエル	●	●
両生類	無尾目(カエル目)	アカガエル科	ツチガエル	●	●
両生類	無尾目(カエル目)	アカガエル科	ニホンアカガエル	●	●
両生類	無尾目(カエル目)	アカガエル科	二ホンアマガエル	●	●
両生類	無尾目(カエル目)	アカガエル科	ヤマアカガエル	●	
両生類	無尾目(カエル目)	二ホンヒキガエル科	二ホンヒキガエル	●	
両生類	無尾目(カエル目)	アオガエル科	シュレーゲルアオガエル	●	●
両生類	無尾目(カエル目)	ヌマガエル科	ヌマガエル	●	
両生類	有尾目	イモリ科	アカハライモリ	●	●
両生類	有尾目	サンショウウオ科	カスミサンショウウオ	●	●
両生類	有尾目	サンショウウオ科	セトウチサンショウウオ		●
爬虫類	有隣目	カナヘビ科	ニホンカナヘビ	●	●
爬虫類	有隣目	トカゲ科	ニホントカゲ	●	●
爬虫類	有隣目	ナミヘビ科	ヤマカガシ	●	●
爬虫類	有隣目	ナミヘビ科	シマヘビ	●	●
爬虫類	有隣目	ナミヘビ科	ヒバカリ		●
爬虫類	有隣目	ナミヘビ科	アオダイショウ		●
爬虫類	未同定		マムシ		●
爬虫類	カメ目	イシガメ科	イシガメ	●	
爬虫類	カメ目	イシガメ科	クサガメ	●	
鳥類	キジ目	キジ科	キジ	●	●
鳥類	キジ目	キジ科	ヤマドリ	●	●
鳥類	カモ目	カモ科	マガモ	●	
鳥類	カモ目	カモ科	カルガモ		●
鳥類	カモ目	カモ科	コガモ	●	
鳥類	カイツブリ目	カイツブリ科	カイツブリ		●
鳥類	ハト目	ハト科	キジバト		●
鳥類	カツオドリ目	ウ科	カワウ	●	●
鳥類	ペリカン目	サギ科	チュウサギ		●
鳥類	ペリカン目	サギ科	コサギ		●
鳥類	ペリカン目	サギ科	アオサギ	●	●

類	目	科	種	せら夢公園	堂々公園
鳥類	ペリカン目	サギ科	チュウダイサギ	●	
鳥類	チドリ目	チドリ科	コチドリ	●	
鳥類	チドリ目	シギ科	ヤマシギ	●	
鳥類	タカ目	タカ科	ノスリ	●	
鳥類	タカ目	タカ科	サシバ	●	
鳥類	タカ目	タカ科	トビ	●	●
鳥類	タカ目	ミサゴ科	ミサゴ		●
鳥類	未同定		ハイタカの仲間		●
鳥類	フクロウ目	フクロウ科	フクロウ	●	
鳥類	ブッポウソウ目	カワセミ科	カワセミ	●	●
鳥類	キツツキ目	キツツキ科	コゲラ	●	●
鳥類	キツツキ目	キツツキ科	アカゲラ	●	●
鳥類	スズメ目	モズ科	モズ	●	●
鳥類	スズメ目	カラス科	ハシブトガラス	●	●
鳥類	スズメ目	シジュウカラ科	ヒガラ	●	
鳥類	スズメ目	シジュウカラ科	シジュウカラ	●	●
鳥類	スズメ目	シジュウカラ科	ヤマガラ	●	●
鳥類	スズメ目	ヒバリ科	ヒバリ	●	
鳥類	スズメ目	ヒヨドリ科	ヒヨドリ	●	●
鳥類	スズメ目	ツバメ科	ツバメ	●	●
鳥類	スズメ目	ツバメ科	コシアカツバメ	●	
鳥類	スズメ目	ウグイス科	ウグイス		●
鳥類	スズメ目	エナガ科	エナガ	●	
鳥類	スズメ目	メジロ科	メジロ	●	●
鳥類	スズメ目	レンジャク科	キレンジャク		●
鳥類	スズメ目	レンジャク科	ヒレンジャク		●
鳥類	スズメ目	キクイダタキ科	キクイダタキ	●	●
鳥類	スズメ目	ツグミ科	トラツグミ	●	
鳥類	スズメ目	ツグミ科	シロハラ	●	
鳥類	スズメ目	ツグミ科	ツグミ	●	
鳥類	スズメ目	ヒタキ科	ノビタキ	●	
鳥類	スズメ目	ヒタキ科	ジョウビタキ	●	●
鳥類	スズメ目	ヒタキ科	ルリビタキ	●	●
鳥類	スズメ目	ヒタキ科	キビタキ	●	
鳥類	未同定		サメビタキの仲間		●
鳥類	スズメ目	スズメ科	スズメ	●	●
鳥類	スズメ目	セキレイ科	キセキレイ		●
鳥類	スズメ目	セキレイ科	セグロセキレイ	●	

類	目	科	種	せら夢公園	堂々公園
鳥類	未同定		セキレイの仲間		●
鳥類	スズメ目	アトリ科	アトリ	●	
鳥類	スズメ目	アトリ科	カワラヒワ	●	●
鳥類	スズメ目	アトリ科	マヒワ	●	
鳥類	スズメ目	アトリ科	ウソ	●	
鳥類	スズメ目	アトリ科	ベニマシコ	●	
鳥類	スズメ目	アトリ科	オオマシコ	●	
鳥類	スズメ目	ホオジロ科	ホオジロ	●	●
鳥類	スズメ目	ホオジロ科	ミヤマホオジロ	●	
鳥類	スズメ目	ホオジロ科	カシラダカ	●	●
哺乳類	ネズミ目	ネズミ科	カヤネズミ	●	●
哺乳類	偶蹄目	シカ科	ニホンジカ	●	
哺乳類	ウサギ目	ウサギ科	ノウサギ	●	●
哺乳類	鯨偶蹄目	イノシシ科	イノシシ	●	●
哺乳類	真無盲腸目	トガリネズミ科	ジネズミ	●	
哺乳類	ネコ目	イヌ科	キツネ	●	●
哺乳類	ネコ目	イヌ科	タヌキ	●	●
哺乳類	ネコ目	イタチ科	テン	●	
哺乳類	未同定		イタチの仲間	●	
哺乳類	ネコ目	ネコ科	ネコ	●	
				不明 22種	19種

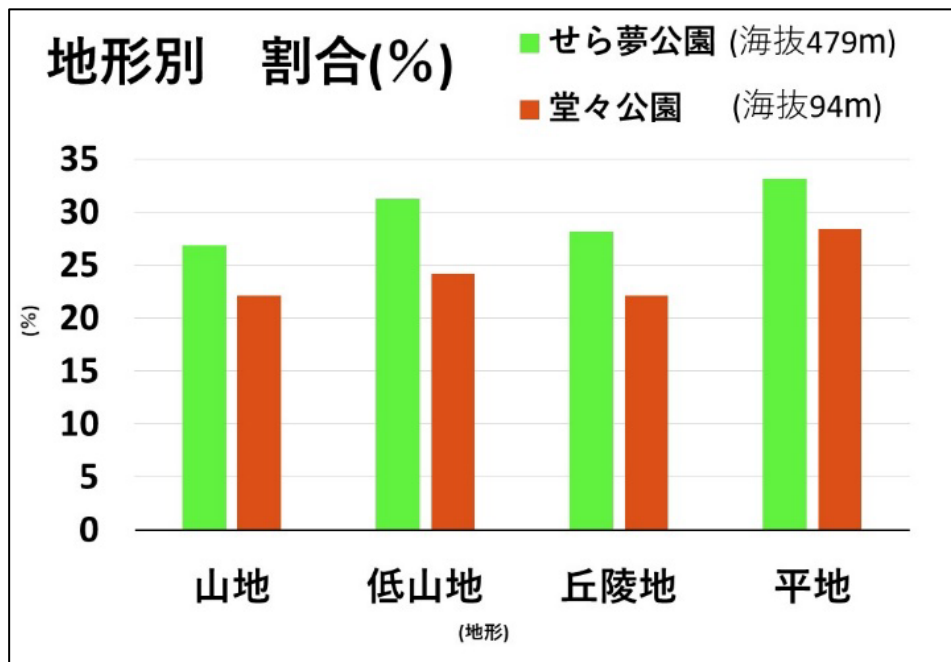


図9 地形別に整理した生物の割合

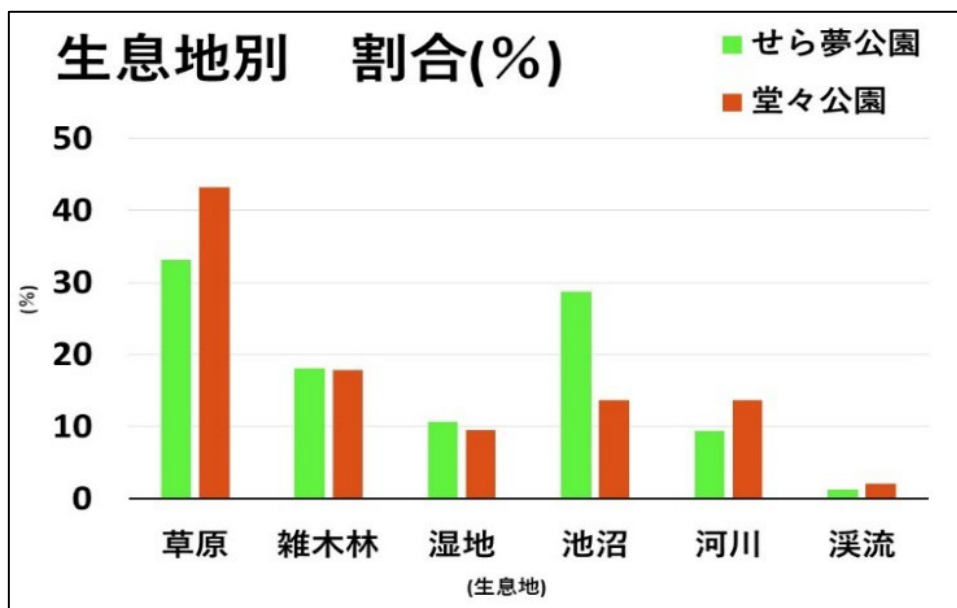


図10 生息地別に整理した生物の割合

7. 今後の研究計画

瀬戸内海の生物多様性を理解するために、現在の自然要因だけではなく、過去の自然要因、および現在の人為要因を考慮する必要がある。これらの要因を明らかにすることで、保全すべき生態系の単位が明らかになる。今後は、瀬戸内海島嶼および沿岸海域の生物多様性の形成に影響を及ぼした地史的要因と居住区、橋、護岸等の人為的要因を明らかにしたい。また「瀬戸内の里山・里海学」による環境教育で持続可能な社会の構築を目指す。

瀬戸内海島嶼および沿岸海域に見られる里山・里海の生物多様性形成プロセスに関与する自然要因および人為的要因を明らかにするため、つぎの課題を掲げている。

【生物多様性を形成した自然要因として】

- ① 沿岸域に生息する生物分布：瀬戸内海島嶼の地史的要因と生物の分布との関係を調査
 - ・島嶼間のサンショウウオ属を中心とした両生類や、トカゲ類を中心とした爬虫類の遺伝的分化の解析
 - ・瀬戸内海の古代河川と淡水魚の分布
- ② 藻場に生息する魚類の集団遺伝：流れ藻を対象に島間の遺伝的交流を調査
 - ・藻場と「流れ藻」随伴生物の関連性に関する遺伝解析

【生物多様性を形成した人為的要因として】

- ① 沿岸域に生息する生物の分布：護岸や干拓、橋等の人の活動と生物分布との関係を調査
 - ・人の活動が沿岸域の魚類相に与える影響の検討
- ② 藻場を構成する藻類と魚類の分布調査：人の影響の有無と生物相の違いを調査
 - ・人の活動が沿岸域の魚類相に与える影響の検討