

三陸沿岸域をモデルとした海景遺伝学： 海産巻貝が示す明確な遺伝的境界



山崎大志

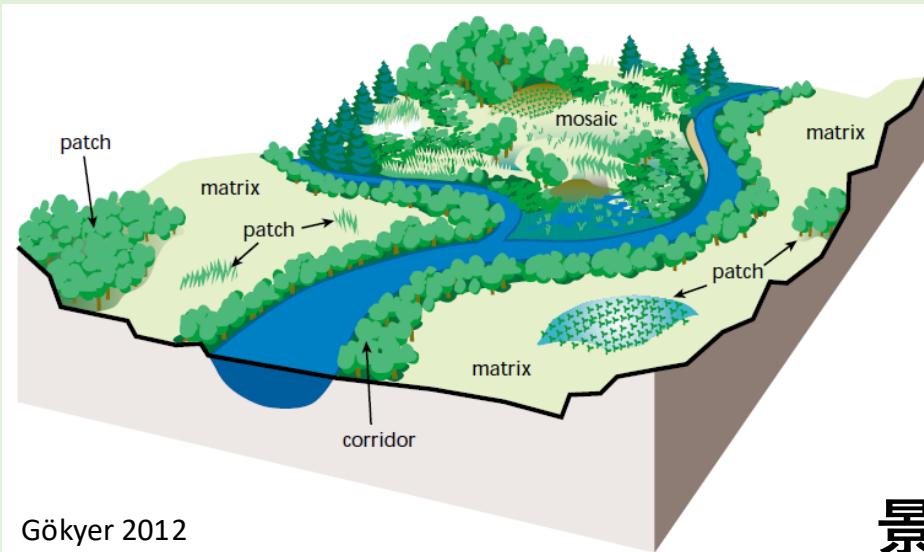
東邦大学・理学部・生命圏環境科学科

海景遺伝学 | 陸域の景観遺伝学をルーツとする学問

景観中の環境分布のパターンが、生物の遺伝的集団構造や遺伝的多様性に与える影響の解明

遺伝的分化を駆動する要因として...

距離による隔離だけでなく、



- 河川、山脈、島：
障壁による隔離
- 分散を阻害する
環境の異質性：
抵抗による隔離

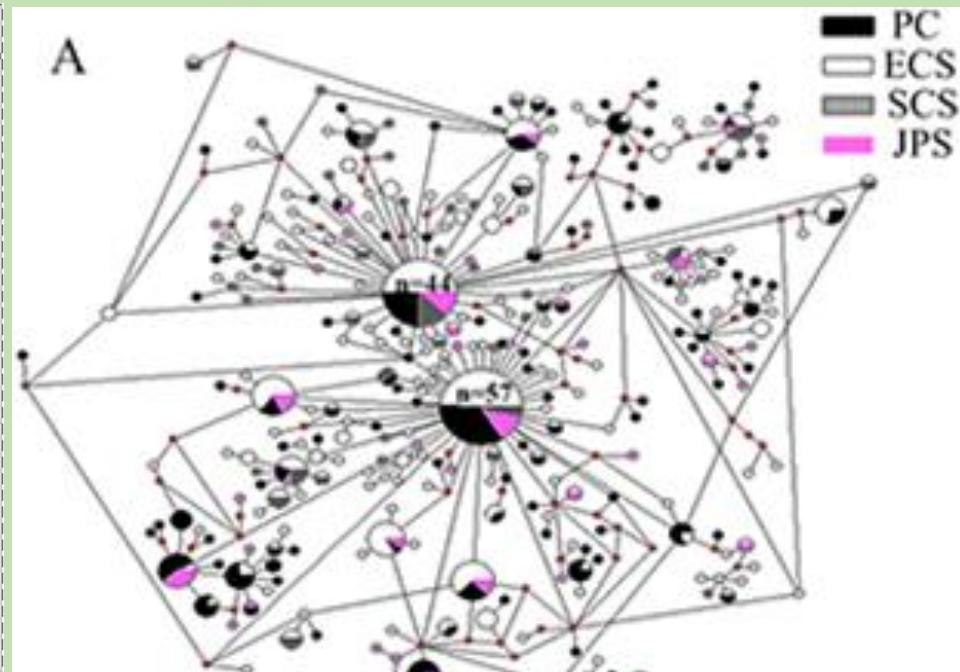
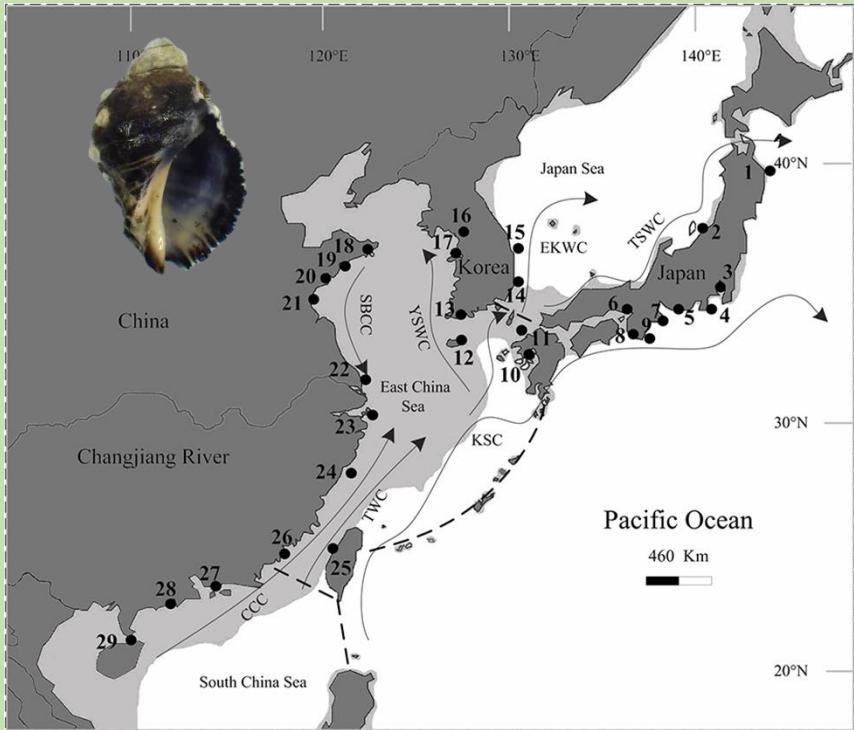
▼
景観的要因の重要性を探る

陸域：集団を分断する景観が多く、遺伝的分化が促進

陸域 vs 海域 | 遺伝的分化のプロセスに顕著な差異

海域：明確な物理的障壁を欠く = 海水による接続

集団間の遺伝的分化の程度が低く、地理的パターンを示さない事例が多い



Guo et al., 2015

海景遺伝学の「問い合わせ」：接続性の高い環境において、
どのような景観的要因が集団の分化を駆動するのか？

三陸海域 | 多様な景観に縁取られる

青森～宮城北部：長く連なる複雑な海岸線



多様な景観・生態系に様々な生物が生息
これらを土台とした文化的価値も高く評価

三陸海域 | 多様な景観に縁取られる

宮古市の重茂半島周辺を境界として 景観が転換



比較的
滑らかな海岸線



種差海岸（八戸市）

出入りの大きい
リアス式海岸



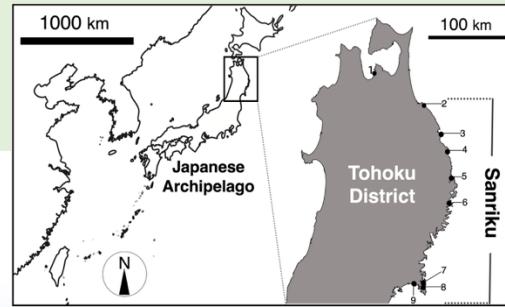
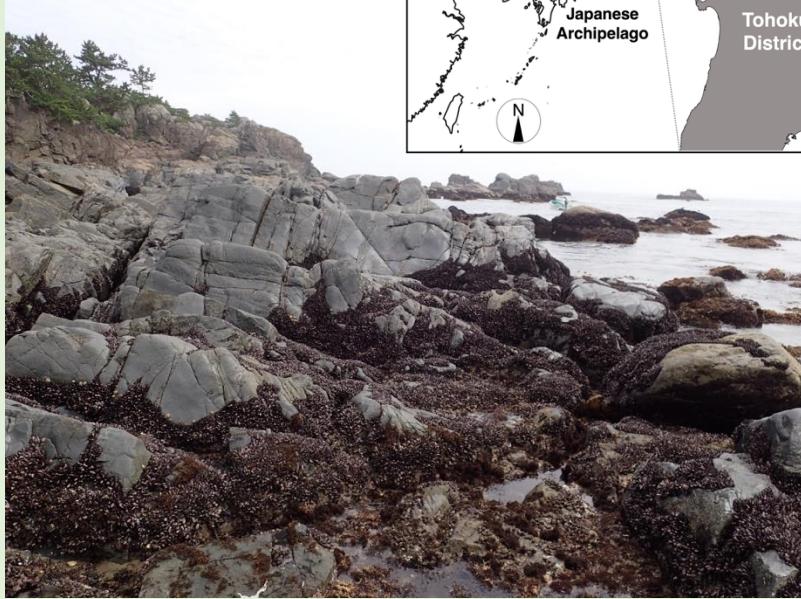
大理石海岸（気仙沼市）

海景遺伝学的研究を実施する上で適したフィールド

三陸海域における海景遺伝学

海岸線構造と遺伝的構造との関係を明らかにしたい

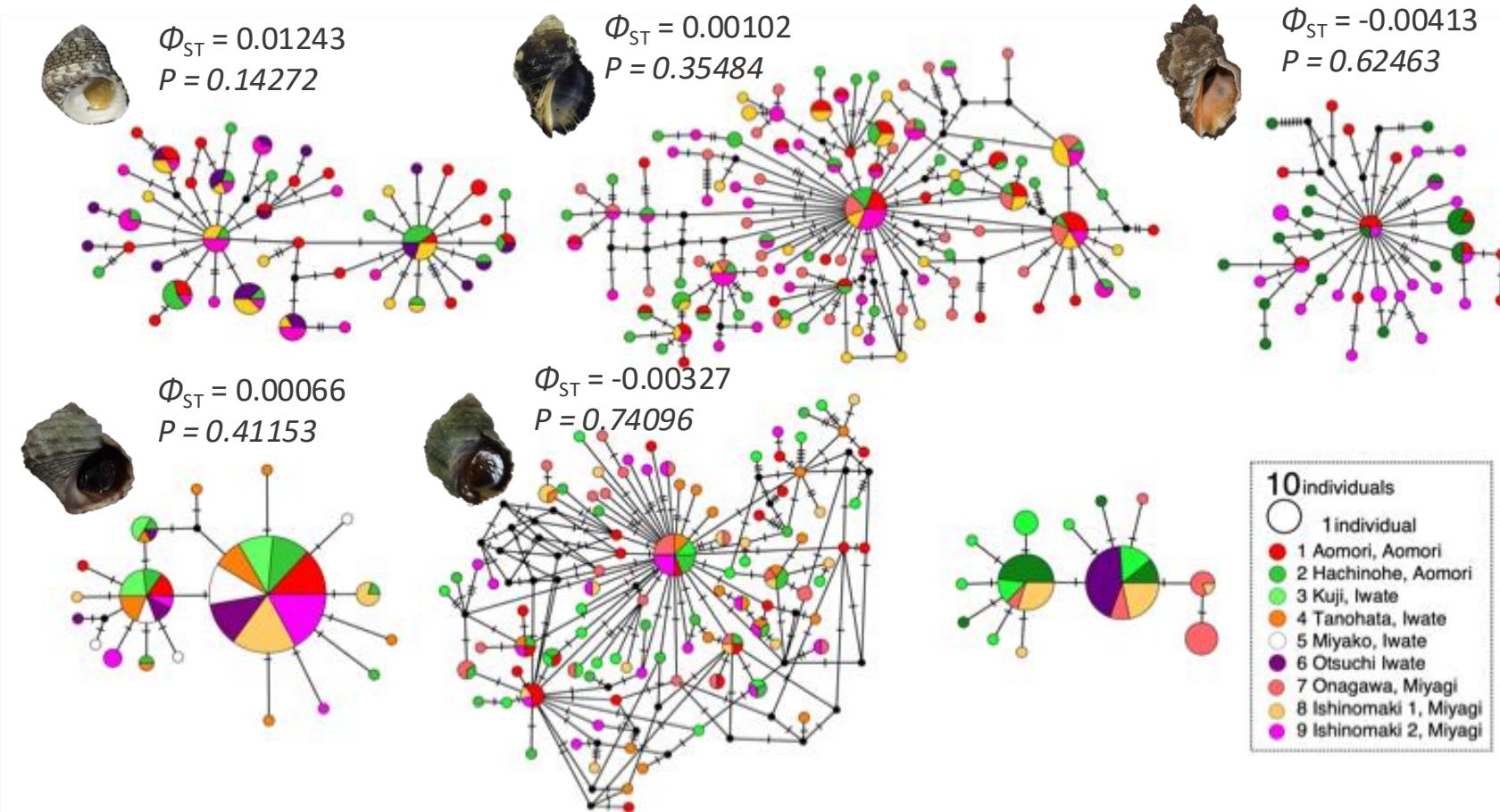
岩礁潮間帯で高い多様性を示す巻貝類：研究対象として有用



集団遺伝構造の比較研究を実施
mtDNA COI遺伝子

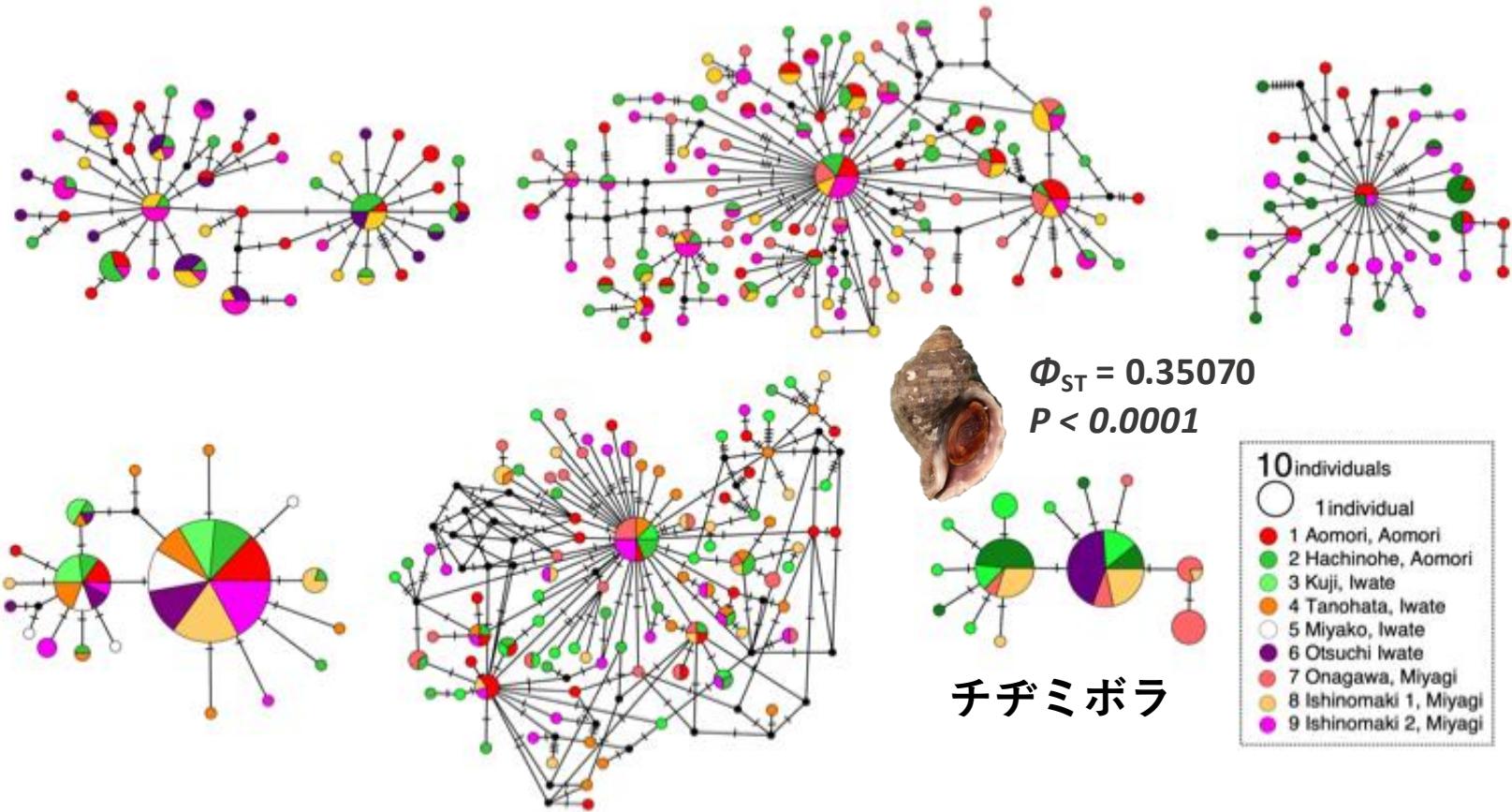
どのような種が景観の影響を受けやすいか？

三陸海域 | 集団遺伝構造の種間比較



集団間に遺伝的分化が検出されなかった種：
プランクトンとして発生する間接発生型（分散能力が高い）

三陸海域 | 集団遺伝構造の種間比較



集団間に遺伝的分化が検出された種：
親と同様の形態で発生する直達発生型（分散能力が低い）

直達発生種 | 三陸海域で遺伝的に分化

他の直達発生型種も解析：同様に遺伝的分化が検出

クロタマキビ



$\Phi_{ST} = 0.105, P < 0.05$
(mtDNA CYTB遺伝子)
未発表データ

チヂミボラ



$\Phi_{ST} = 0.35070, P < 0.0001$
(mtDNA COI遺伝子)
Yamazaki & Ikeda, 2025.

直達発生型：景観・地史的影響を蓄積している可能性が高いが、
地理的構造との関連性は見出せてない



mtDNAの部分配列：景観遺伝学的研究は難しい...

本研究の目的

三陸沿岸の海岸景観と遺伝的構造の関連性を解明する

近年、次世代シークエンサーによるゲノムワイドデータの取得手法が発展し、海域においても集団間の遺伝的分化の詳細を捉えることが可能となった

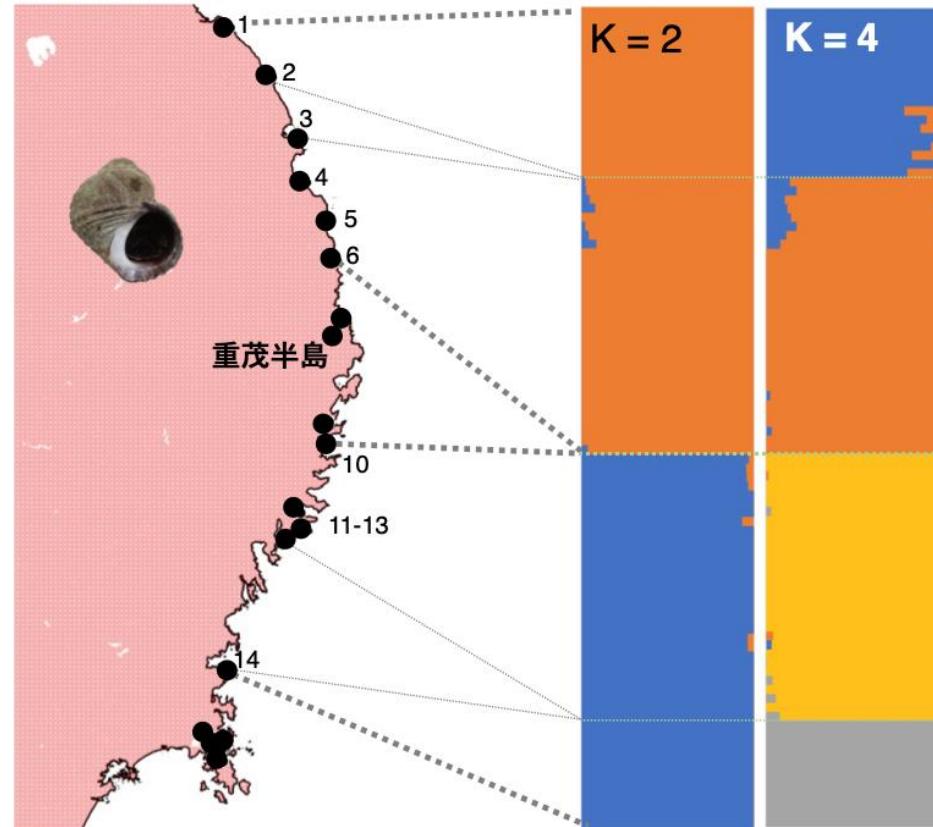
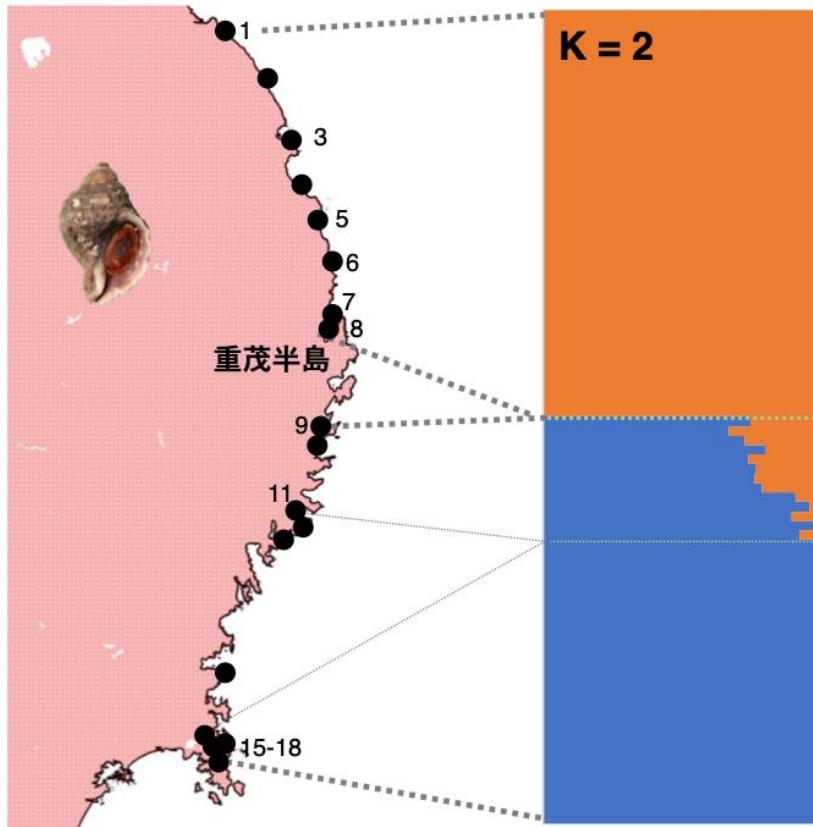
ddRAD-seqによるゲノムワイド解析



高解像度の遺伝的解析に基づく集団遺伝構造の比較研究により、共通点・相違点を議論する

クラスタリング解析 | 遺伝的構造に共通点

三陸海域において、2種ともに遺伝的分化を検出

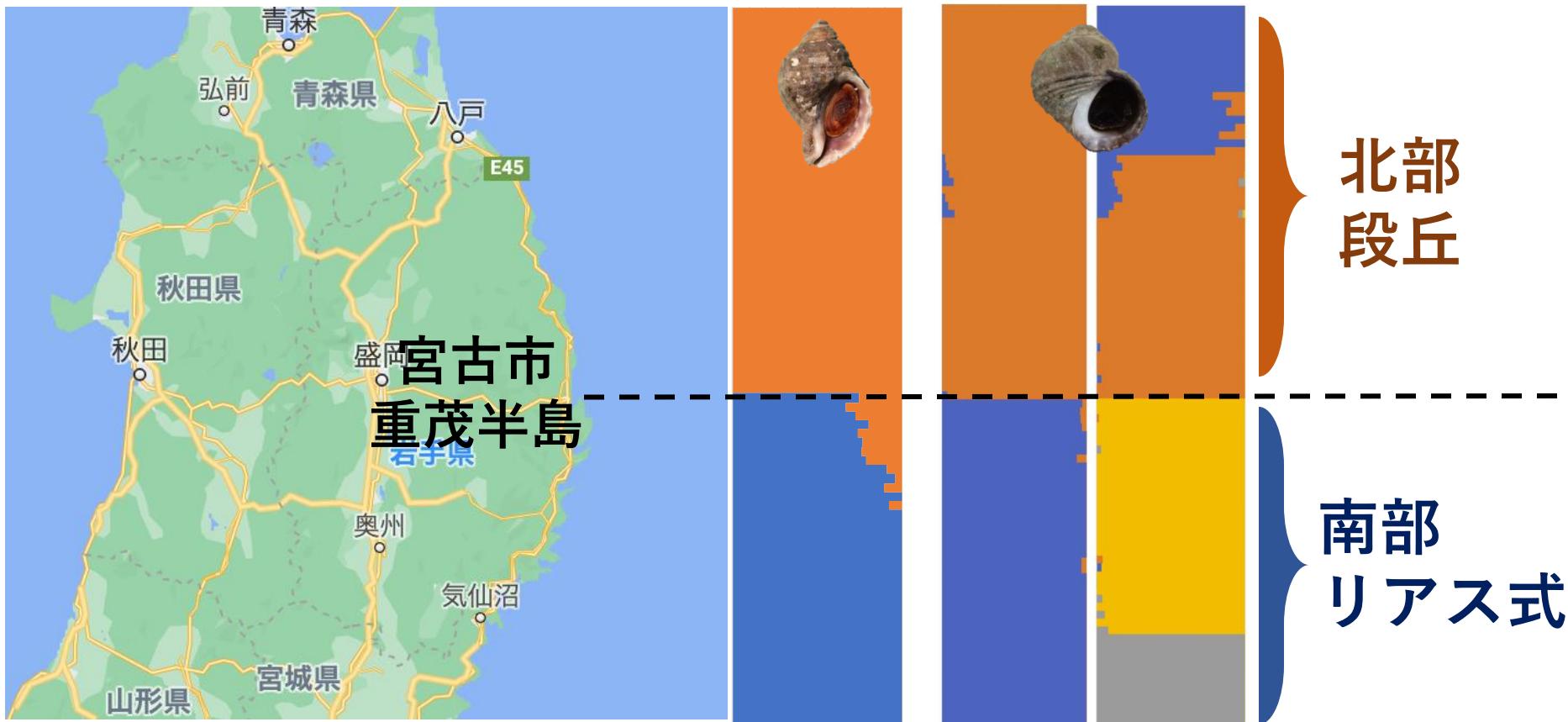


チヂミボラ：大きく2系統に分化、交雑帶も検出

クロタマキビ：大きく2系統、さらにそれぞれが分化

クラスタリング解析 | 遺伝的構造に共通点

遺伝的境界が景観の転換点と一致

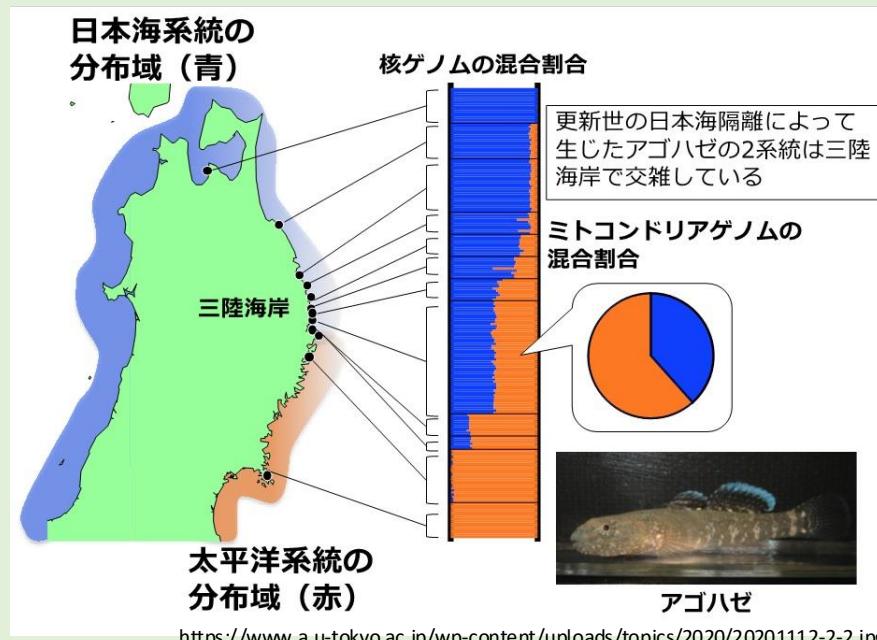


チヂミボラ・クロタマキビ：北方系の種群であり、三陸への分布拡大の過程で遺伝的分化が進行したことを示唆

景観と遺伝的構造 | 先行研究との比較

宮古周辺：日本海・太平洋クレードが二次的に接触

魚類の例：ハイブリットゾーン



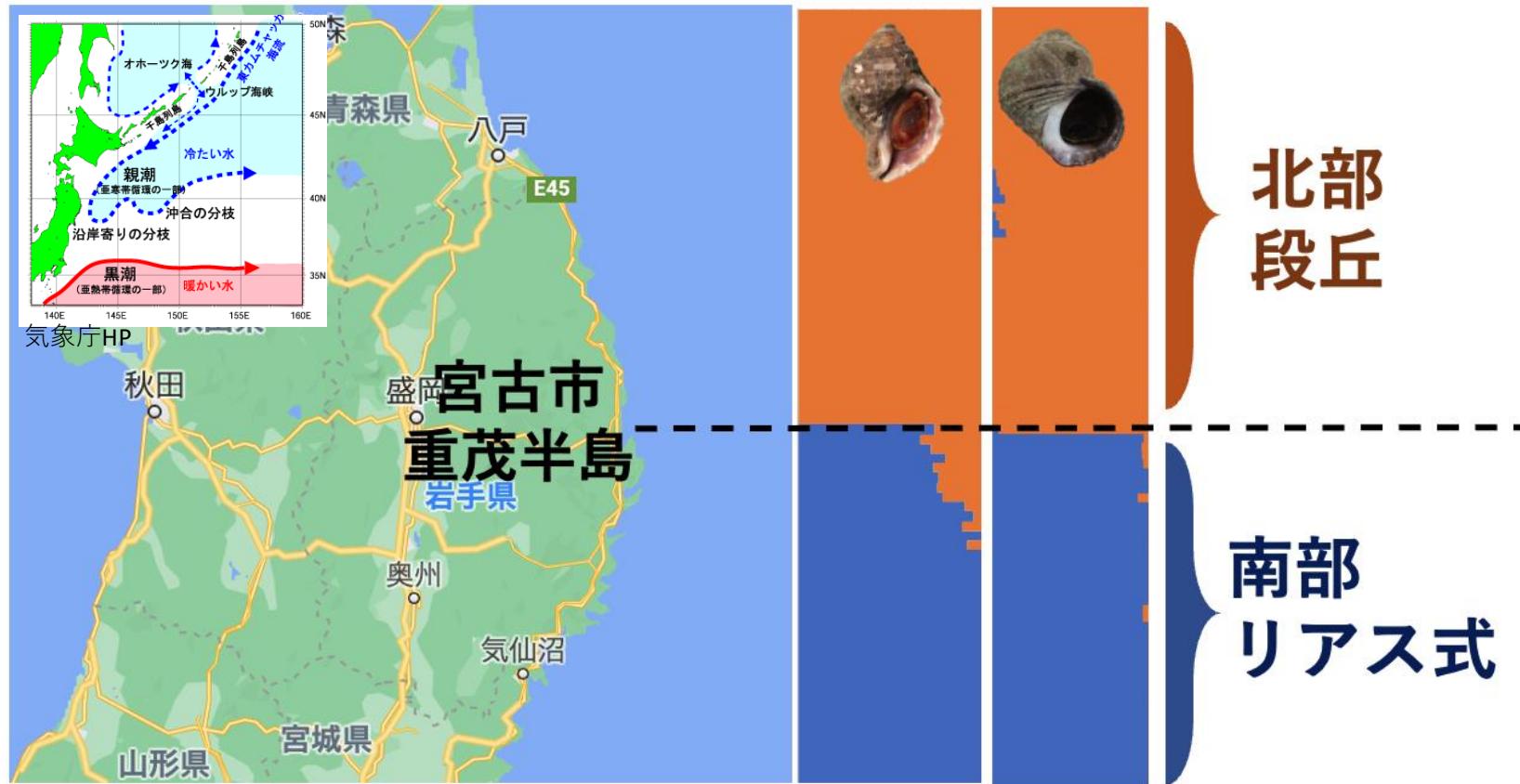
海流の方向性



本研究の場合：三陸内で分化してきたと考えられる
クロタマキビ：より高い分化のレベルを示す

景觀と遺伝的構造 | 物理的要因

景観構造が遺伝的分化を促進する機構の解明： 低分散性の種では局所適応の進化が広く知られている

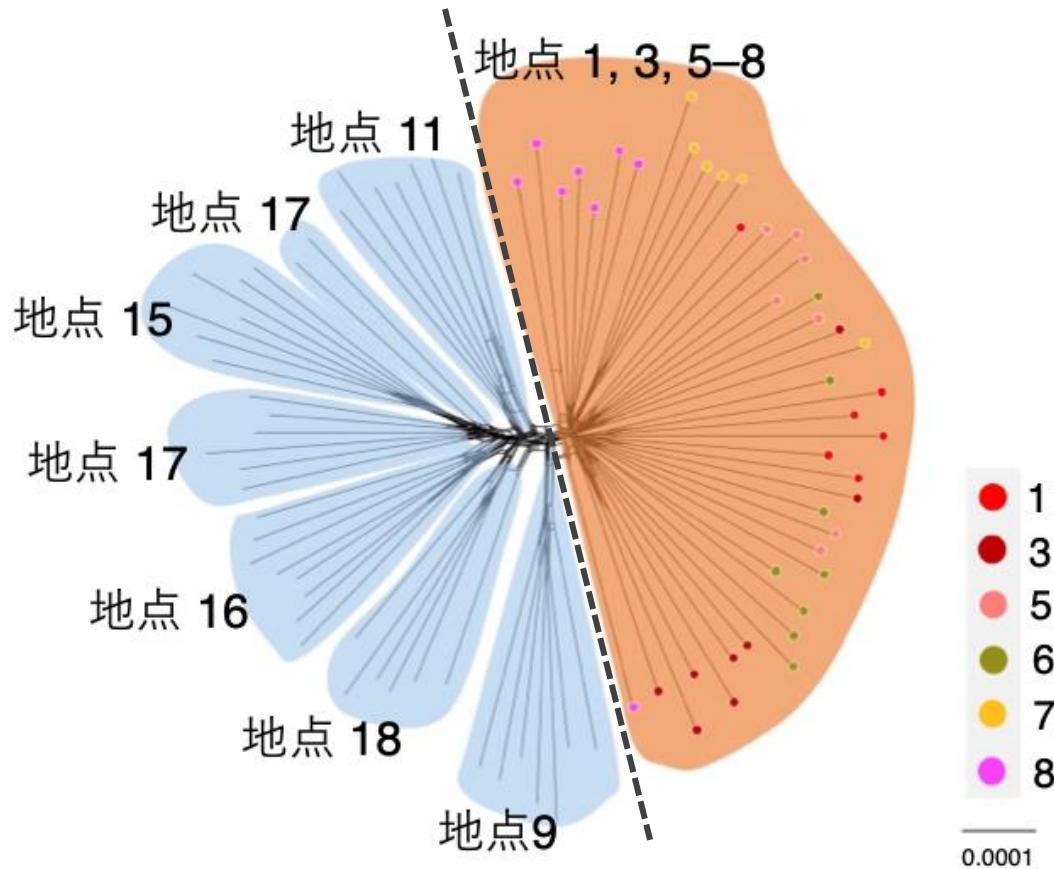


南部リアス式海岸で高度に分化し局所適応を遂げた集団では、寒流の方向性に逆った北方への分散が妨げられている可能性

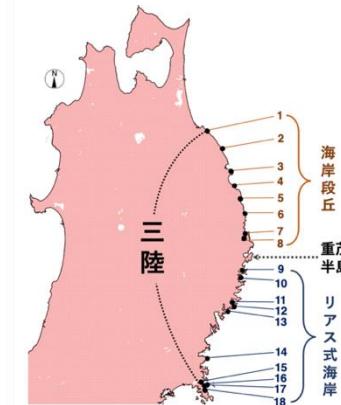
ネットワーク解析 | 遺伝的構造に相違点

チヂミボラ：北部クラスターは入れ子状のネットワーク構造、一方で南部クラスターは各集団間の独立性が高い

南部
リアス式



北部
段丘

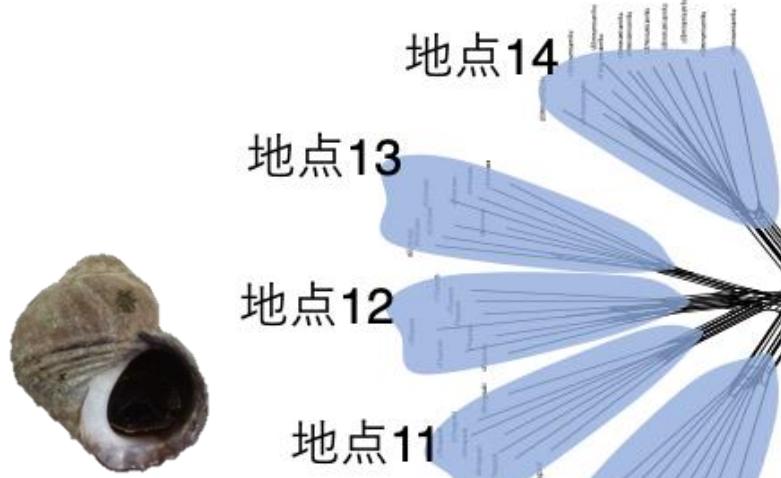


リアス式の複雑な景観が集団間の遺伝子流動を制限

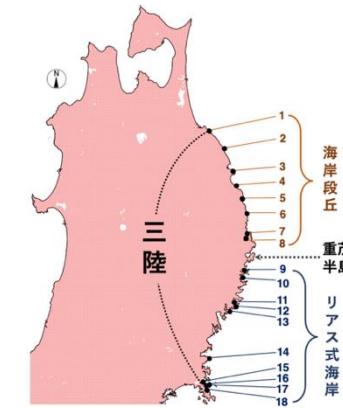
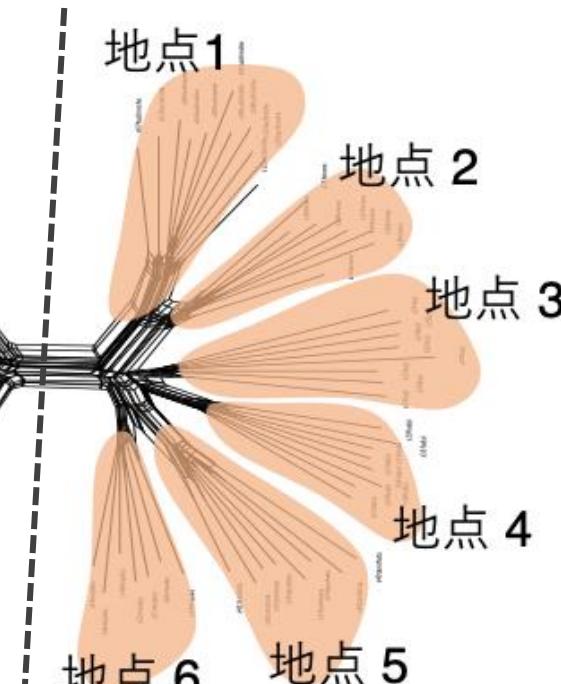
ネットワーク解析 | 遺伝的構造に相違点

クロタマキビ：4系統が検出されたことに加え、南北両クラスターともに集団間の遺伝的独立性が高い

南部 リアス式



地点 14
地点 13
地点 12
地点 11
地点 10



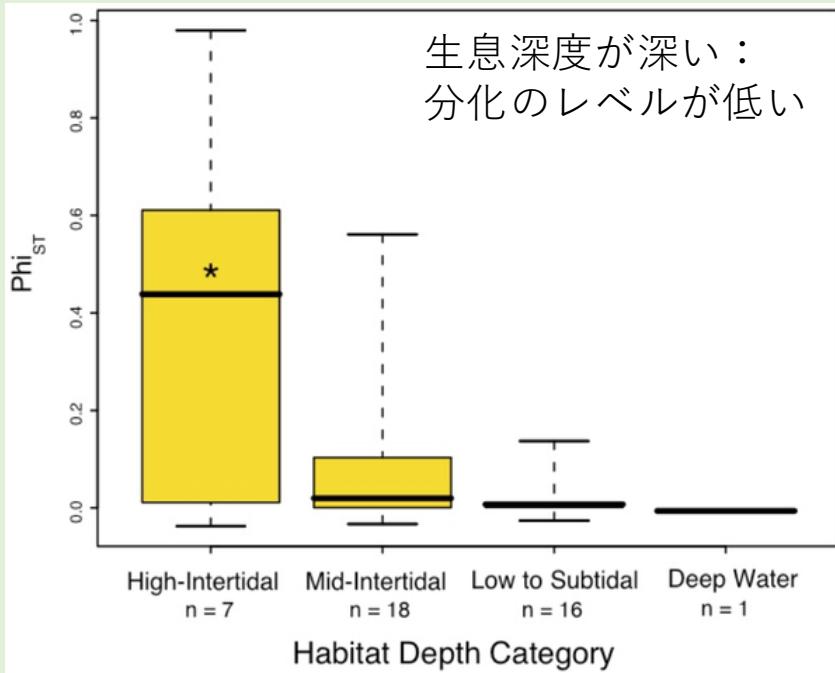
0.0001

なぜ種間で遺伝的分化のレベルが異なるのか？

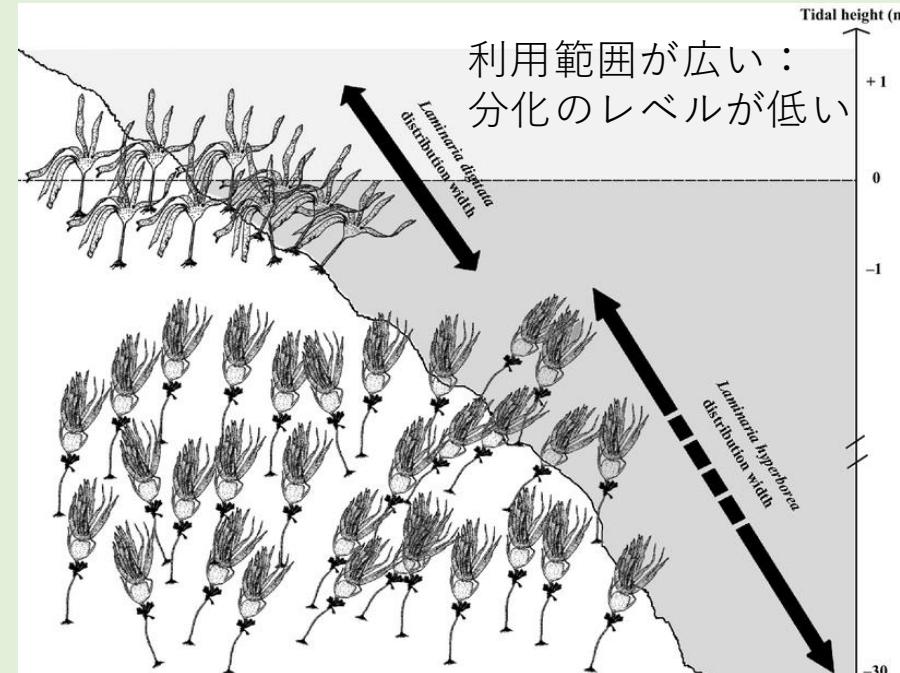
景観と遺伝的構造 | 生態的要因

どのような生息地を利用するか？：遺伝的構造に影響

潮間帯における位置



利用可能範囲



チヂミボラ：潮間帯下部～潮下帯

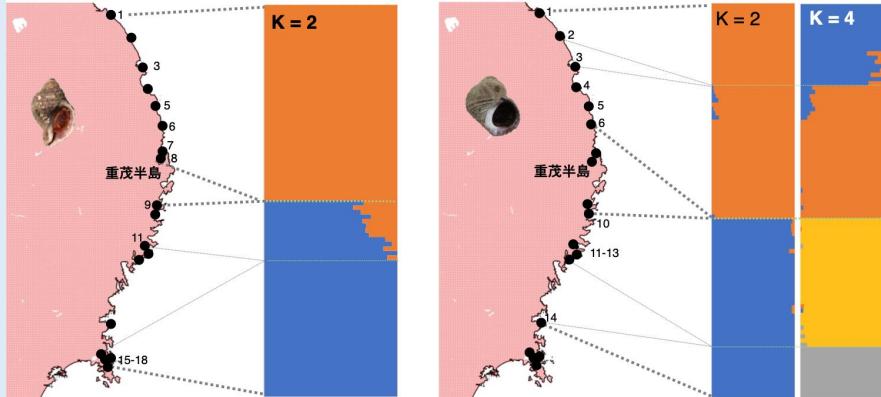
クロタマキビ：潮間帯中部

高いレベルの分化を示す

本日のまとめ | 三陸海域の重要性

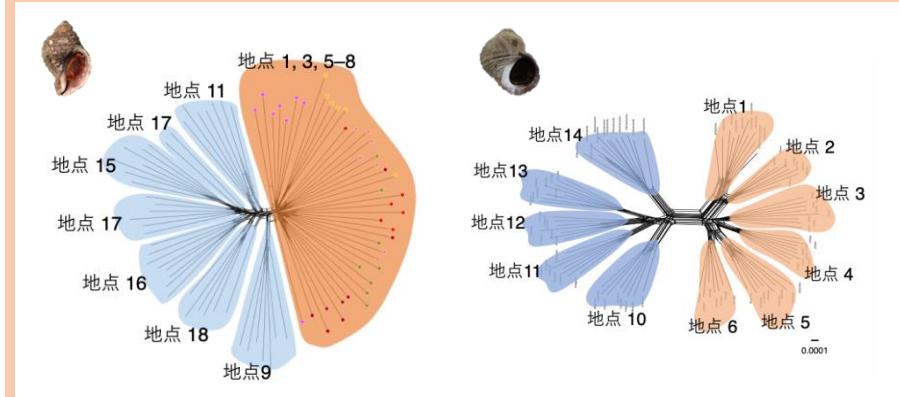
三陸海域をモデルに海景遺伝学的研究を実施

遺伝的境界の共通点



景観的要因：
重茂半島の南北で遺伝的に分化

遺伝的構造の相違点

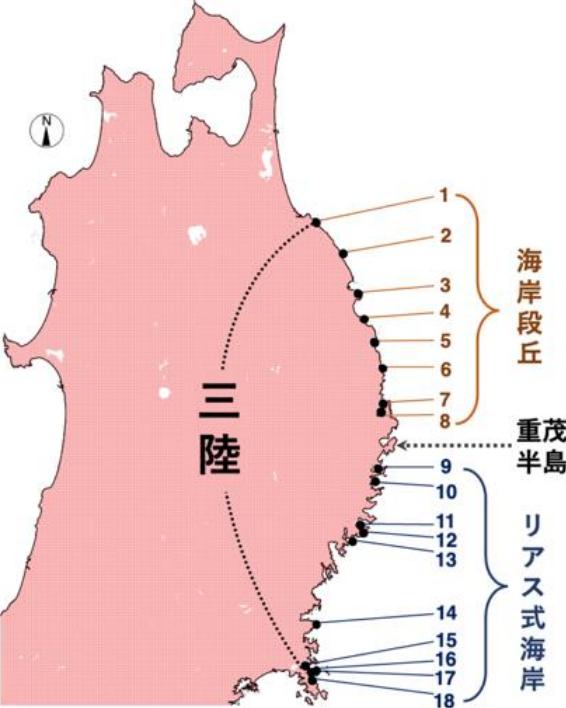


生態的要因：
ハビタット範囲の狭い種でより高い分化

海域で遺伝的分化が生じる機構の解明に
重要な知見を提供しうるフィールド

今後の展望 | 海景遺伝学の精励

景観が遺伝的分化を促す機構の解明



- 貝類だけでなく、他の分類群でも同様の傾向が生じるのかを検討
- 特に重茂半島を中心にさらなるサンプリングを行い、集団数・個体数を加え遺伝的解析



網羅的な海景遺伝学的研究を実施

三陸沿岸域の生態系理解をさらに深め、ジオパークの価値を付加する成果となることが期待される

謝辞

本研究は下記の支援を受け実施されました。
厚く御礼申し上げます。

- ✓ 東北マリンサイエンス拠点形成事業
- ✓ 科研費若手研究（21K15161）
- ✓ 令和4年度三陸ジオパーク学術研究助成金
「三陸ジオパークの景観が規定する海域の遺伝境界：海産巻貝を用いた検証」



TEAMS
Tohoku Ecosystem-Associated Marine Sciences, since FY2011

東北マリンサイエンス拠点形成事業
—海洋生態系の調査研究—

KAKEN

