

令和 6 年 5 月 20 日現在

機関番号：82101

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2021～2023

課題番号：21K06355

研究課題名(和文)大量絶滅イベントにおける一次生産量停止が生態系に与える影響の解明

研究課題名(英文) Impacts of reduction of primary production on ecosystems in mass extinction events

研究代表者

吉田 勝彦 (Yoshida, Katsuhiko)

国立研究開発法人国立環境研究所・生物多様性領域・主幹研究員

研究者番号：70332244

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,100,000円

研究成果の概要(和文)：大量絶滅時に見られる一次生産量の減少が生態系に与える影響を解析するため、生態系進化の途中で一次生産量を急減させるコンピュータシミュレーションを行った。その結果、約60%の動物種と動物クレードが絶滅した。また、デトリタス食を行わない種、体サイズの大きい種が絶滅しやすいという先行研究で指摘されている現象が再現された。クレード内の多様性変動パターンと絶滅率の関係について解析した結果、多様性変化の傾向(増加か減少か)は絶滅率とは有意な相関がないことが明らかとなった。クレード内の種多様性変動の重心の位置に注目して解析した結果、絶滅したクレードは重心がわずかに、しかし有意に古い時代に位置していた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究によって、数十年にわたって未解決であった多様性変動パターンと大量絶滅時の絶滅率との関係について明確な結論が得られたことは学術的に大きな意義がある。大量絶滅時に絶滅する生物の選択性についての研究を進める時に注目すべき点を整理することができたことは今後この分野の発展に大きく寄与すると期待される。また、19世紀後半以降多くの種が絶滅し、現在も非常に多くの種が絶滅の危機に瀕している。そのため、現在を史上6回目の大量絶滅に位置づける意見もある。本研究によって大量絶滅の時に絶滅しやすい生物の性質を明らかにしたことは、現在の生物・生態系の保全に大きく貢献するという社会的な意義がある。

研究成果の概要(英文)：In order to analyze the impact on ecosystems of the reduction in primary production often occurred during mass extinctions, computer simulations were conducted in which primary production was abruptly reduced for a short time during the course of ecosystem evolution. As a result, about 60% of animal species and animal clades went extinct. As reported in the previous studies, detritus-feeding species and species with larger body size were more prone to go extinct. Analysis of the relationship between patterns of diversity change in clade and extinction rate of clade during a mass extinction revealed that trends in diversity change were not significantly correlated with the extinction rate. However, clades of which center of gravity of temporal change in species diversity within clade was far from the time of the mass extinction were prone to go extinct.

研究分野：数理生態学

キーワード：大量絶滅 生態系モデル コンピュータシミュレーション クレード 多様性変動パターン 絶滅の選択性

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

1. 研究開始当初の背景

今から 6500 万年前の白亜紀の終わりに巨大隕石が地球に衝突し、恐竜を始めとする中生代を代表する多くの生物が絶滅したことはよく知られている(Alvarez, et al., 1980; Schulte, et al., 2010 など)。隕石の衝突がこのときの大量絶滅の原因となったことはほぼ疑いを挟む余地はないが(Schulte, et al., 2010)、まだ解明されていない問題がいくつか残されている。その一つが絶滅生物の選択性である(平野 2006; 高橋 2014)。例えば陸上脊椎動物では非鳥型恐竜類と翼竜類などは絶滅したが、鳥類・カメ・ワニ・トカゲ・ヘビ・両生類・哺乳類などは生き延びた。また、絶滅した分類群は隕石が衝突する遙か前から多様性が減少傾向を示すものが多いこともかねてより指摘されてきた(例えば Hallam, 1987)。その原因の一部は生物間相互作用を介したプロセスが関与している可能性も指摘されているが(Sheehan & Fastovsky, 1992; 平野, 2006; 高橋 2014 など)、詳細な検討はなされていない。この問題を解決するためには、当時の生態系を、生物間相互作用のネットワーク構造まで含めて再現することが必要である。しかし、化石記録には生物間相互作用はごくまれにしか保存されないため、当時の生態系を実証データから再現することは極めて難しい。

白亜紀末の大量絶滅についてはもう一つあまり注目されていない側面が残っている。それは、白亜紀末の生態系は決して定常状態にあったわけではなく、長い時間をかけた変化の途上であったということである。例えば、白亜紀中期頃から二枚貝や巻き貝などの軟体動物は殻に棘を生やしたり、海底に潜るような生活に移行したりするなど、対捕食者戦略を急激に発達させており、この時期から海洋における捕食圧が急激に変化したと考えられている。この現象は中生代の海洋変革と呼ばれている(Vermeij, 1977, 1987)。被子植物が繁栄を始め、陸上植物群集の変化が始まったのも白亜紀である(高橋 2005)。また、中生代を代表する生物、例えば厚歯二枚貝、イノセラムス、トリゴニア、アンモナイト類や恐竜類・翼竜類の多様性も白亜紀中期頃から減少傾向にあったことが示唆されている(Schopf, 1982; Kauffman, 1984; Sloan et al, 1986; Unwin, 1988; 2003; House, 1989; 平野, 2006; Sakamoto et al., 2016 など)。つまり、白亜紀末の隕石の衝突は連続と続く生態系進化の途上で起こったのであり、そのことを考慮しなければ大量絶滅の詳細なプロセスを理解することはできないと考えられる。

上記二つの問題を一挙に解決するためには生態系進化モデルを用いたシミュレーションが有効であると考えた。生態系の進化過程を再現すれば、隕石衝突当時の生態系のスナップショットをそのまま再現できなくても、少なくとも似た性質を持つ生態系を再現することは可能であり、一次生産量の停止に対して実際の生態系と似た挙動を示すと考えられるので、大量絶滅イベントを理解するための知見は十分に得られると期待される。また、当然のことながら進化過程の影響を考慮することもできる。本研究で開発する新しいモデルは、保全生態学への応用も可能である。最近になって生態系モデルを用いて外来種駆除や種の新規導入後の生態系変化を予測する研究が始まっているが(Bode et al., 2015, Baker et al., 2017; 2021)、これらの研究では、ある時点での生態系のスナップショットを再現した上でシミュレーションを行っている。しかし、全ての生態系はそれぞれ独自の進化の歴史を持つので(鷲谷 & 矢原, 1996 など)、それらの進化的な背景を考慮しなければ正しい将来予測は行えない可能性がある。生態系進化モデルを用いた本研究によって、生態系変化をシミュレーションを用いて予測するための新たな方法論を提示できると期待される。

2. 研究の目的

本研究では、(1)新たな生態系進化モデルを開発すること、(2)そのモデルの妥当性を検証し、予測が正確に行えるかどうかを確認すること、(3)生態系進化の途中で一次生産量を停止させて大量絶滅を起こすコンピュータシミュレーションを行って、大量絶滅における絶滅の選択性についての知見を得ることを目的とする。

3. 研究の方法

本研究では 2 種類の生態系進化モデルを開発した。一つは、生態系内の物質循環を厳密に再現した Yoshida et al. (2019, 2024) で開発した生態系モデルに生物の進化過程を導入したモデルである。物質循環をより現実的に再現したモデルである。もう一つは Yoshida (2008) の生態系進化モデルにデトリタスの挙動を加える改造を行ったモデルである。

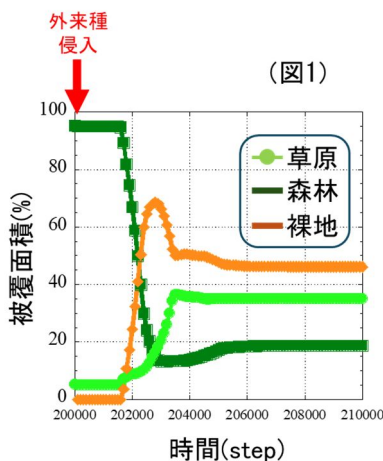
Yoshida et al. (2019, 2024) のモデルは生態系の物質循環を現実的に再現するために、再現したモデルであり、食う-食われる関係、競争、腐食連鎖などの様々な種類の生物間相互作用の他、動植物の遺骸の分解過程など、実際の生態系で働くプロセスを複数組み込んで生態系内の物質循環過程を精密に再現している。このモデルでは、栄養塩を植物(草本、木本)が吸収して成長する。植物は草食性無脊椎動物に摂食され、草食動物は肉食性無脊椎動物に捕食される(生食連鎖)。動植物から排出される detritus (糞、遺骸、litter) の一部 detrivore に消費され(腐食連鎖)、また一部は風化によって系外に排出される。残りは detrivore 自身の糞も合わせて一定の時間をかけて分解され、再び植物が利用可能な栄養塩に戻って地中のリザーバーに保存される。この複雑な構造が生物種の進化によって構築されていく過程を再現した。少数の種からシミ

ュレーションを始め、一定時間毎(100 time step)に系内から1種選んで種分化させる。子孫種の性質は祖先種の性質に一定の大きさの変異を与えて決定する。また、希に(1000 time step 毎)外部から全く新しい種(草、木、海鳥、草食無脊椎動物、肉食無脊椎動物、litter feeder, scavenger)が移入する。このプロセスを10万 time step 繰り返して生態系を構築した。このモデルが生態系変化の予測能力の有無を確認するため、データがそろっている小笠原諸島の媒島を対象として、この島で観察された生態系変化を予測できるかどうかを確認するシミュレーションを行った。

Yoshida (2008)の生態系進化モデルは前述のものよりも比較的シンプルな構造の食物網をモデル化している。多数の植物種と動物種で構成される。植物種は外部からのエネルギー流入を受けて一次生産を行う。また、似た性質を持つ他の植物種と競争する。動物種は自分の好む性質を持つ他の種を摂食することで成長する。動物種は草食動物、肉食動物、雑食動物(植物も動物も食べる)に分けられる。肉食動物、雑食動物の一部は腐肉も利用する(これがYoshida (2008)のモデルとの大きな変更点である)。動物同士の捕食-被食関係の場合、体サイズの大きな動物が小さな動物を捕食する。いわゆる生態効率を導入し、動物は取り入れたバイオマスのうちの一部を吸収できるとする。生態効率はスペシャリストほど高くなると仮定する。肉食動物と草食動物の生態効率は雑食動物の2倍とする。好みの幅が狭い動物種は、特定の餌しか食べないスペシャリストとなるが、その分生態効率が高くなると仮定する。生物間相互作用によるそれぞれの種のバイオマスの変化は多次元のLotka-Volterra方程式で計算する。計算の結果、種のバイオマスがその種1個体分のバイオマスを下回った場合、その種は絶滅する。シミュレーションは植物50種、動物50種(雑食17種、草食17種、肉食16種)で始める。これらは全て独立したクレードの創始者となる。モデル内の生態系は種の進化を介して進化する。一定期間ごとに系の中からランダムに1種選び、その種のバイオマスの一部が新種となる。新種の性質は祖先の性質に微小な変異を加えることで決定する。その結果、子孫種は祖先種と似ているが少し異なる性質を持つ。新種の誕生に伴って生物間相互作用も変化する。一定期間ごとに系の外部から全く新しい種が移入する。この移入種は新しいクレードの創始者となる。雑食動物、草食動物、肉食動物、植物の順番で移入する。その他の性質はランダムに決定する。肉食動物、雑食動物の一部は動物の遺骸を摂食できるとする(腐肉食者の導入)。遺骸は無限に増えることはなく、一定期間後に分解されて消失する。このモデルを用いて、20万ステップの間生態系を進化させ、その後一次生産量を短期間急激に85%減少させるシミュレーションを行った。

4. 研究成果

物質循環を精密に組み込んだ生態系進化モデルの予測能力を検証するため、小笠原諸島媒島で観察された生態系変化を再現するテストシミュレーションを行った。その結果、人が入植する前の原始的な状態(全島森林に覆われた状態)を85%以上の高確率で再現することに成功した。この状態の生態系に外来種(ヤギとネズミとギンネム)を導入した結果、森林が大きく衰退し、草原と裸地が拡大する、という、実際の生態系で観察された現象が再現された(図1)。また実際の島と同様に外来ヤギを駆除するシミュレーションを行った結果、森林の回復速度が遅いこと、全島森林の状態には回復せず、最終的には外来種のギンネムが優先する森林が島を部分的に覆う状態になる可能性が高いことが予測された。実際の媒島でも、外来ヤギを駆除してから20年経過しても森林が回復しないこと、ギンネム林の面積がゆっくり拡大していることが問題となっているが、本シミュレーションの結果は、このモデルはこの現状を正しく再現出来ていることを示している。回復しない生態系は、進化の初期に成長率の大きな木本植物が定着していた。成長率の大きな木本植物は地中の栄養塩を大量に消費するので、地中の栄養塩が枯渇し、貧栄養状態になる。そのような生態系に外来種が侵入すると、島に栄養塩を供給する海鳥のバイオマスが減少するため、極度の貧栄養状態に陥ってしまう。その結果、植物が生長できず、それに依存する動物種もバイオマスを維持できなくなる。そのため、外来種の攪乱に耐えられず、多くの動植物が絶滅し、生態系のレジリエンスが失われてしまったと考えられる。このように生態系進化モデルには(1)時間軸を自由に移動して因果関係を解析できること、(2)予測能力が上がること(生態系変化の方向を規定する要因が進化の結果である場合に対応できる)、(3)パラレルワールドを探索できるので、世界の本質的な理解につながる(たまたま起こった歴史の結果を解析するだけではわからないこともわかるようになる)という長所がある。(以上の成果はYoshida et al. (2023)として出版された。)一方、このモデルには(1)スタート地点となる生態系のスナップショットを再現する能力が低い、(2)モデルが複雑になるので、プログラミングに時間がかかり、シミュレーションにも非常に長い時間がかかるという短所がある。特に(2)の短所は地質学的



(図1)

その結果、人が入植する前の原始的な状態(全島森林に覆われた状態)を85%以上の高確率で再現することに成功した。この状態の生態系に外来種(ヤギとネズミとギンネム)を導入した結果、森林が大きく衰退し、草原と裸地が拡大する、という、実際の生態系で観察された現象が再現された(図1)。また実際の島と同様に外来ヤギを駆除するシミュレーションを行った結果、森林の回復速度が遅いこと、全島森林の状態には回復せず、最終的には外来種のギンネムが優先する森林が島を部分的に覆う状態になる可能性が高いことが予測された。実際の媒島でも、外来ヤギを駆除してから20年経過しても森林が回復しないこと、ギンネム林の面積がゆっくり拡大していることが問題となっているが、本シミュレーションの結果は、このモデルはこの現状を正しく再現出来ていることを示している。回復しない生態系は、進化の初期に成長率の大きな木本植物が定着していた。成長率の大きな木本植物は地中の栄養塩を大量に消費するので、地中の栄養塩が枯渇し、貧栄養状態になる。そのような生態系に外来種が侵入すると、島に栄養塩を供給する海鳥のバイオマスが減少するため、極度の貧栄養状態に陥ってしまう。その結果、植物が生長できず、それに依存する動物種もバイオマスを維持できなくなる。そのため、外来種の攪乱に耐えられず、多くの動植物が絶滅し、生態系のレジリエンスが失われてしまったと考えられる。このように生態系進化モデルには(1)時間軸を自由に移動して因果関係を解析できること、(2)予測能力が上がること(生態系変化の方向を規定する要因が進化の結果である場合に対応できる)、(3)パラレルワールドを探索できるので、世界の本質的な理解につながる(たまたま起こった歴史の結果を解析するだけではわからないこともわかるようになる)という長所がある。(以上の成果はYoshida et al. (2023)として出版された。)一方、このモデルには(1)スタート地点となる生態系のスナップショットを再現する能力が低い、(2)モデルが複雑になるので、プログラミングに時間がかかり、シミュレーションにも非常に長い時間がかかるという短所がある。特に(2)の短所は地質学的

な時間スケールのシミュレーションには大きな障害となる。

そこでもう一つのモデル、比較的単純なプロセスで生態系の進化シミュレートする Yoshida (2008) のモデルを基に開発した生態系進化モデルを用いて、生態系進化の途中で一次生産量を

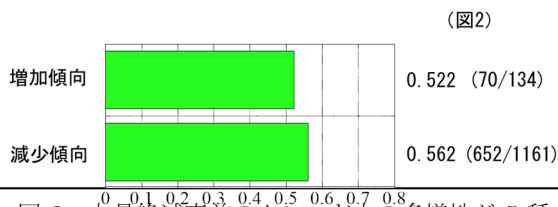


図 2 : 大量絶滅直前のクレード内の多様性が 5 種以上 50 種以下のクレードのみに注目して絶滅率を比較した結果を表している。グラフ右側の値は絶滅率、括弧内の値の分子は絶滅したクレードの数、分母は総数を表している。

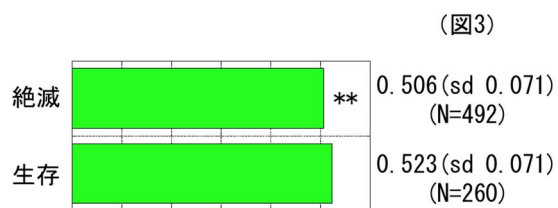
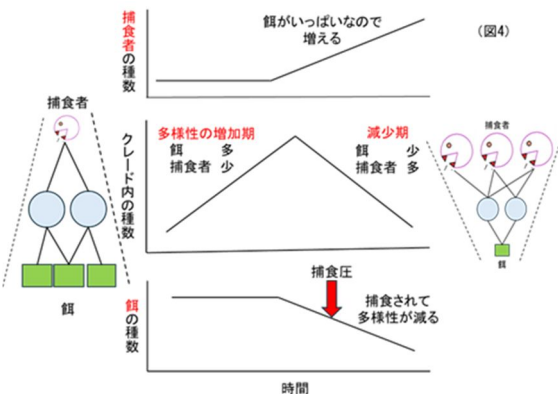


図 3 : 大量絶滅直前のクレード内の多様性が 1 種以上 5 種未満のクレードのみに注目して、大量絶滅の時期に絶滅したクレードと生き残ったクレードについて、多様性変動の重心の位置を比較した結果を表している。重心の位置には有意な違いが見られた(U 検定、 $p=0.0027$)。グラフ右側の値は平均値、標準偏差 (sd)、総数 (N) を表している。

あるクレードと増加傾向にあるクレードで絶滅率に有意な差は見られなかった (図 2)。大量絶滅が起こる直前の小規模な多様性変動に注目して解析しても、減少傾向にあるクレードと増加傾向にあるクレードの間で絶滅率に有意な差は見られなかった。クレード内の最大多様性がピークを迎えた時期と絶滅率の関係についても解析したが、有意な相関は見られなかった。

しかし、クレード内の多様性変動パターンは大量絶滅時におけるクレードの絶滅率と無関係ではない。大量絶滅時のクレード内の多様性が 5 種未満のクレードに注目して解析した結果、クレード内の最大多様性との差が大きなクレードは絶滅しやすいことが明らかとなった。また、クレード内の多様性変動パターンの重心の位置に注目して解析した結果、絶滅したクレードは生き残ったクレードに比べて重心の位置がわずかに、しかし有意に古い時代に位置していたことが明らかとなった (図 3)。大量絶滅時の生物間相互作用の状態について解析した結果、多様性変動の重心が古い時代に位置していたクレードでは、バイオマスの小さな少数の餌種を同じク



レードの複数種で共有していることに加えて、捕食者の種数もバイオマスも大きくなっていった。つまり、餌が少なく、捕食者が多い、という状態 (図 4 右端の図) になっていたため、絶滅しやすかったと考えられる。ではなぜ多様性変動の重心の位置が古い時代に位置しているクレードではこのような状態になるのか？食物網の進化プロセスでは、餌が多く、捕食者が少ないクレードは多様性を拡大しやすい (Yoshida, 2003)。しかし、そのクレードが長く存続して多様性を増加させると、餌種が絶滅していく (図 4)。また、多様性の高いクレードは捕食者にとっては良好な餌資源なので、このクレードの捕食者の種数が増加し

ていく。その結果、餌が少なく、捕食者が多いという状況になり、このクレードは多様性を減少させることになる (図 4)。このとき、条件が良くなれば (餌が増え、捕食者が減れば) このクレードは再び多様性を増加させることが可能であり、そのようなクレードは重心の位置が新しい時代にシフトするだろう。つまり、重心の位置が古い時代に位置するクレードは、多様性を回復させることができなかつた状態で大量絶滅のタイミングを迎えることとなり、そのため、大量絶滅時の環境変化についていけず、絶滅したのだと考えられる。

本研究によって、数十年にわたって未解決であった多様性変動パターンと大量絶滅時の絶滅

率との関係について明確な結論が得られ、今後大量絶滅時に絶滅する生物の選択性についての研究を進める時に注目すべき点を整理することができたことは、この分野の発展に大きく寄与すると期待される。

【引用文献リスト】

- Alvarez, L.W., Alvarez, W., Asaro, F., Michel, H.V., 1980. Extraterrestrial cause for the Cretaceous-Tertiary extinction. *Science* 208, 1095-1108.
- Baker, C.M., Bode, M., 2021. Recent advances of quantitative modeling to support invasive species eradication on islands. *Conservation Science and Practice* 3, e246.
- Baker, C.M., Gordon, A., Bode, M., 2017. Ensemble ecosystem modeling for predicting ecosystem response to predator reintroduction. *Conservation Biology* 31, 376-384.
- Bode, M., Baker, C.M., Plein, M., 2015. Eradicating down the food chain: optimal multispecies eradication schedules for a commonly encountered invaded island ecosystem. *Journal of Applied Ecology* 52, 571-579.
- Hallam, A., 1987. End-Cretaceous mass extinction event: argument for terrestrial causation. *Science* 238, 1237-1242.
- 平野弘道, 2006. 絶滅古生物学. 岩波書店, 東京 255pp.
- House, M.R., 1989. Ammonoid extinction events. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London, Series B* 325, 307-326.
- Kauffman, E.G., 1984. Paleobiogeography and evolutionary response dynamic in the Cretaceous Western Interior Seaway of North America. In: G. E. G. Westermann (Editor), *Jurassic-Cretaceous Paleogeography of North America*. Geol. Assoc. Can. Spec. Pap., 27: 273-306., in: Westermann, G.E.G. (ed.), *Jurassic-Cretaceous Paleogeography of North America* (Geological Association of Canada Special Papers), vol. 27. Geological Association of Canada, St. John's, Newfoundland, pp. 273-306.
- Sakamoto, M., Benton, M.J., Vendittia, C., 2016. Dinosaurs in decline tens of millions of years before their final extinction. *Proceedings of the National Academy of Science of the USA* 113, 5036-5040.
- Schopf, T.J.M., 1982. Extinction of the dinosaurs: a 1982 understanding. *Geological Implications of Impacts of Large Asteroids and Comets on the Earth* (Geological Society of America Special Papers), Boulder, Colorado 415-422 pp.
- Schulte, P., al., e., 2010. The Chicxulub asteroid impact and mass extinction at the Cretaceous-Paleogene boundary. *Science* 327, 1214-1218.
- Sheehan, P.M., Fastovsky, D.E., 1992. Major extinctions of land-dwelling vertebrates at the Cretaceous-Tertiary boundary, eastern Montana. *Geology* 20, 556-560.
- Slone, R.E., al., e., 1986. Gradual dinosaur extinction and simultaneous Ungulate radiation in the Hell Creek Formation. *Science* 232, 629-633.
- 高橋昭紀, 2014. 白亜紀末の大量絶滅事変における動物群の絶滅の選択性. *日本生態学会誌* 64, 47-53.
- Unwin, D.M., 1988. Extinction and survival in birds, in: Larwood, G.P. (ed.), *Extinction and survival in the fossil record*. Clarendon Press, Oxford, pp. 295-318.
- Unwin, D.M., 2003. On the phylogeny and evolutionary history of pterosaurs, in: Buffetaut, E., Mazin, J.M. (eds.), *Evolution and Palaeobiology of Pterosaurs* (Geological Society of London Special Publication), vol. 217. Geological Society of London, London, pp. 139-190.
- Vermeij, G.J., 1977. The Mesozoic marine revolution: evidence from snails, predators and grazers. *Paleobiology* 3, 245-258.
- Vermeij, G.J., 1987. *Evolution and Escalation*. Princeton University Press, Princeton, N. J.
- 鷲谷いづみ, 矢原徹一, 1996. 保全生態学入門 -遺伝子から景観まで-. 文一総合出版, 東京 270 pp.
- Yoshida, K., 2003. Dynamics of evolutionary patterns of clades in food web system model. *Ecological Research* 18, 625-637.
- Yoshida, K., 2008. Evolutionary cause of the vulnerability of insular communities. *Ecological Modelling* 210, 403-413.
- Yoshida, K., Hata, K., Kawakami, K., Hiradate, S., Osawa, T., Kachi, N., 2019. Ecosystem changes following the eradication of invasive species: evaluation of various eradication scenarios by computer simulation. *Ecological Modelling* 413, 108831.
- Yoshida, K., Kawakami, K., Hata, K., Hiradate, S., Osawa, T., Kachi, N., 2024. A new model for simulating ecosystems on oceanic islands: a case study for the Ogasawara (Bonin) Islands. *Ogasawara Research* 50, 1-43.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 1件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Yoshida Katsuhiko, Hata Kenji, Kawakami Kazuto, Hiradate Syuntaro, Osawa Takeshi, Kachi Naoki	4. 巻 13
2. 論文標題 Predicting ecosystem changes by a new model of ecosystem evolution	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 15353
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1038/s41598-023-42529-9	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

〔学会発表〕 計7件（うち招待講演 0件/うち国際学会 0件）

1. 発表者名 吉田勝彦、畑 憲治、川上和人、平舘俊太郎、大澤剛士、可知直毅
2. 発表標題 生態系進化モデルを用いて生態系変化を予測する
3. 学会等名 日本進化学会第25回大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 吉田勝彦、畑 憲治、川上和人、平舘俊太郎、大澤剛士、可知直毅
2. 発表標題 生態系変化の予測に生態系進化モデルを使うことの利点
3. 学会等名 2023年度日本数理生物学会大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 吉田勝彦、畑 憲治、川上和人、平舘俊太郎、大澤剛士、可知直毅
2. 発表標題 Predicting ecosystem changes by a new model of ecosystem evolution
3. 学会等名 第39回個体群生態学会大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 吉田勝彦、畑 憲治、川上和人、平舘俊太郎、大澤剛士、可知直毅
2. 発表標題 生態系モデルに進化過程を導入すべきか？
3. 学会等名 日本古生物学会第173回例会
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 吉田勝彦
2. 発表標題 大量絶滅イベントにおける一次生産量停止が生態系に与える影響
3. 学会等名 日本生態学会第71回大会
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 吉田勝彦
2. 発表標題 クレード内の多様性変動パターンと大量絶滅時のクレードの絶滅率には関係があるか？ 生態系シミュレーションによる解析
3. 学会等名 JPGU2024
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 吉田勝彦
2. 発表標題 多様性が減少傾向にあるクレードは大量絶滅で絶滅しやすいか？
3. 学会等名 日本古生物学会2024年年会
4. 発表年 2024年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

【アウトリーチ】 並木中等教育学校スーパーサイエンスハイスクールサイエンスカフェ「生態系のシミュレーション」2023年6月11日、つくばエキスポセンター
【関連するweb上发表】 生態系進化モデルを用いて生態系変化を予測する https://www.nies.go.jp/biology/research/publish/202312.html つくばサイエンスニュース「シミュレーションで恐竜絶滅のなぞに迫る」 https://www.tsukuba-sci.com/?post_type=column03

6. 研究組織

氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------