



Gサイエンス学術会議共同声明2020 地球規模での昆虫減少による生態系サービスの消失（仮訳）

要旨

大多数の昆虫は、送粉、再利用、養分供給など、かけがえのない独自の生態系サービスを提供している。昆虫群集では、30年足らずで75%を超える著しい多様性の低下や個体数の減少すら生じている。生息地の消失や劣化などの要因は国境を越えて広い範囲で生じているため、国際協力が不可欠である。

昆虫を含め、動物の個体数の減少や多様性の低下の主な原因は、人間活動である[1]。昆虫はほとんどすべての陸域に生息している。昆虫の多様性は、その体の小ささや生活環の短さにより生息地や資源を種間分割すること、各種が特化した生活様式を有することで成立している。しかしながら、その特化ゆえに環境条件の変化に脆弱である。したがって、昆虫の保護と持続可能な生態系サービスの実現に向けた政策措置を後押しするためには、昆虫に対する人為影響がどこで、どのように生じているのかを把握し、さらには予測することが重要である。

Gサイエンス学術会議は、昆虫の生物多様性を保護するための具体策を議論してきた意見[2]に基づき、本共同声明にて実行すべき行動および公的支援を強く主張する。

「昆虫の終期末」は本当か？

長期研究により、世界中で昆虫の個体数の減少や多様性の低下が確認されている。例えば、ドイツでは飛翔性昆虫のバイオマス（生物体量）が27年間で75%減少したこと[3, 4]、全世界の蝶および蛾の個体数が40年間で35%減少したこと[5]などが報じられている。現在「昆虫の終期末」への懸念が高まり、地球規模の生態系崩壊という悲観的予測があるが、これらの中には、方法論上の不確実性があるものもある[6]。特に個体群変動が大きい種の場合、個体群サイズの減少確認には、標準化されたサンプリング方法によって得られる長期データセットが不可欠であるために注意が必要であることを添え置く[7]。

絶滅の危惧があるのはこれまでに記載された昆虫種の1%未満とされている[8]。昆虫の膨大な個体数や多様性、小ささ、隠れた習性、複雑な生活環もあって、種の記載や危機的状況の把握は容易ではない。さらに、分類学者そのものや分類学者に対する研究支援の危機的な不足もある[9]。そのため、約100万種の既知の昆虫種は現存種全体の20%に満たないものと考えられる[10]。しかも、昆虫の多様性の大部分が熱帯地方に存在するのに対し、報告されている昆虫減少のほとんどは北半球の温帯地域で記録されている。したがって、現在の推定は地球全体の脅威レベルを反映していない可能性がある。

減少や絶滅が及ぼす影響

昆虫種の世界的減少が人間の健康と幸福に及ぼす影響は、昆虫が概して有害であるとの一般的な思い込みによりわかりにくくなっている。実際に、世界全体の20~80%の作物損失を引き起こす昆虫種は全体の約1%にすぎず、年間75万人以上の命を奪う感染症を伝播する蚊の種は全種の1%に満たない。

大多数の昆虫種は、人間にとってかけがえのない生態系サービスを支えている。そうした利益としては、供給サービス（食料、原材料、薬剤）、調整サービス（送粉、有機物分解、栄養循環、水質浄化、生物防除、土壌安定化、土壌肥沃化）、文化的サービス（レクリエーション、教育、科学研究）などが挙げられる。世界の主要作物の約75%を含め、顕花植物種の90%近くは果実や種子の生産において送粉者による恩恵を受けており、そうした送粉者のほとんどは昆虫である[11]。蜂やその他の昆虫によって提供される[12]送粉サービスの年間価値は世界全体で2,000億ドルを超えると推定され[12]、送粉を必要とする資源に対する昆虫の需要は増加することが予想されている。

植食性昆虫の天敵（例えば、捕食者や捕食寄生者）は植物群集の維持に重要な役割を果たしており、これら天敵による生物防除の働きは殺虫剤への依存度

を下げるうえで重要事項である。栄養循環、土壌形成、さらには水質浄化も昆虫の影響を受ける。多くの地域では、シロアリが枯れ木を分解し、その糞が肥料となり、その結果、土壌肥沃度を高める。北欧の湖では、数十億匹の小昆虫が幼虫生息域から発生して水生植物、地球エネルギー、および栄養塩循環をつなぎ、膨大な量の窒素とリンを移動して陸上生態系を肥沃化する。さらに、昆虫は世界の至る所で淡水魚、両生類、鳥類、およびコウモリの主要な餌にもなっている。1966年から2013年までの間に確認された北米の鳥類個体数の40%減少は、餌となる昆虫の個体数減少に起因するとも言われている[14]。

人間が引き起こす昆虫減少の原因

昆虫個体群に及ぼす最も大きな人為影響は、農業、都市化、宅地造成、さらには資源採取による生息地の消失と劣化である。土地転換による生息地の消失は、昆虫の多様性が最も高い地域で起こっている[15]。また、生息地の質は農薬、特に殺虫剤の使用により下げられる。殺虫活性を保った残留農薬は非標的昆虫種にも悪影響を及ぼす。さらに、自然植生の農地転換は昆虫をはじめとする生物種の多様性を低下させ、種が分散する上での障壁を生み出したりする。さらには、昆虫を殺虫剤、侵入種、重金属、および光害に晒したりすることによって周辺の生態系を脅かす。

昆虫種の人為的再分布は、意図的であろうと偶然であろうと、多くの在来種の減少を招いている。例えば、南アフリカケープ州固有の植生群落にアルゼンチンアリが偶発的に移入した結果、多くの植物の種子を拡散するように適応している固有種のアリが減少した。

温室効果ガスの増加に起因する気温および降雨パターンの変化は、種の分布に変化をもたらしている。種によっては個体群が増加したり、生息域が広がったりしている。例えば、北米では暖冬化が原因でキクイムシの個体数が増加し、針葉樹林の落葉を引き起こしている。気候変動は、その他多くの種の減少を直接または間接的に招く恐れがある。高山や北極圏のマルハナバチでは生息域が縮小していることが報じられている。さらに、極端気象の発生頻度、強度、および期間の増大は食物網に混乱を招き、送粉

昆虫と繁殖の上でそれらに依存する植物種の間季節的なずれを生み出している。

不適切な農薬散布は、人間社会に必要な非標的昆虫種の大量死を招く可能性がある。電撃殺虫器（「殺虫灯」）は、標的種（主に蚊）の殺虫効率が極めて低く、標的ではない無数の有益種を殺す。

間接要因（例えば、市場、政策、社会意識）も生態系に影響を及ぼしている。農産物、食料、繊維、木材市場は人間社会に必要な恩恵をもたらす一方で、昆虫個体群や生態系サービスを犠牲にするような集約的生産につながりうる[16]。農業および森林管理政策では、生物多様性の低下を食い止めるための取り組みが不十分であると指摘されている[17]。

行動の喚起

昆虫減少は、(i) 絶滅危惧種の地理的分布がしばしば国境線を越えること、(ii) 貿易のグローバル化によって侵入種の偶発的な移入が増加し在来種を脅かしていることから、国際協調が必要な地球規模の課題である。地球上では、大規模な都市化や農地転換など、希少な生息地を劣化または破壊する人間活動が進んでいる。これらの変化は食物網を様変わりさせ、昆虫種だけではなく、植物種や動物種の絶滅にもつながる。生息地が消失または劣化した場合、そこに生息する昆虫種が絶滅する恐れがあるため、生息地を保護することが不可欠である。そのほかにも、昆虫減少に対処する上での大きな課題として、動向を裏付けるデータの不足、各種要因を特定する難しさ、知識が豊富な昆虫学者や生態学者の不足が挙げられる。最も絶滅の危機に瀕している種、その生存を脅かす要因、およびその絶滅がもたらす影響を明らかにすることが急務である。

昆虫の生物多様性を保護することは、水供給、農業、食料供給の保障、食品安全性に不可欠な自然生態系の健全性を維持する上で極めて重要である。解決策を見いだすには、科学者および科学界、環境保全団体、各種レベルの政策立案者、国の規制機関および資金提供機関、科学コミュニケーター、企業、一般市民など、世界中のさまざまな関係者の協調的努力が必要である。

提言

Gサイエンス学術会議の提言は以下のとおりである。

- 1) (i)人工知能、環境DNA分析、高速全ゲノム解析などの新たな技術による種の同定・モニタリング、(ii)博物館収蔵資料のデータマイニングを用いて昆虫減少の要因を明らかにするために、昆虫種および生物量の長期的モニタリングを奨励・支援する。

- 2) (i)昆虫の種同定・観察のための市民の環境保全活動や教育、(ii)農業従事者を含む一般市民に対し昆虫が担う重要な役割の周知、および人間活動に必要な変化についての周知等の支援を通じて、シチズンサイエンスを促進する。

- 3) 適切に機能する食物網における昆虫種の群集を維持するために、昆虫の保全上重要な生息地を特定し、保護する。隣地の重要性が認識される前に策定された多くの保護地で減少がすでに確認されていることから、保護する生息地は隣地の悪影響に耐えるのに十分な広さがあることが望ましい。保護区の策定に当たっては、気象条件の変化や異常気象の頻発に伴う生息地適合性の変化を十分に検討しなければならない。

- 4) 将来的な昆虫移動や昆虫減少をもたらす深刻な要因になると予想される気候変動とその影響に対処するための緩和策・適応策を導入する。

- 5) 昆虫群集に深刻な悪影響を及ぼし昆虫減少につながる人間活動、特にその結果として人間の福祉・幸福を妨げる環境破壊を規制し、社会経済活動の在り方を再考する。環境に優しい（ひいては昆虫に優しい）土地利用システムを開発・支援する。

参考文献

- 1) IPBES Global Assessment on Biodiversity and Ecosystem Services (2019) <https://ipbes.net/global-assessment>
- 2) Harvey JA, Heinen R, Armbrrecht I, et al. (2020) International scientists formulate a roadmap for insect conservation and recovery. *Nature Ecology & Evolution* doi.org/10.1038/s41559-019-1079-8
- 3) Powney GD, Carvell C, Edwards M, et al. (2019) Widespread losses of pollinating insects in Britain. *Nature Communications* 10:1018 doi.org/10.1038/s41467-019-08974-9
- 4) Seibold S, Gossner MM, Simons NK, et al. (2019) Arthropod decline in grasslands and forests is associated with landscape-level drivers. *Nature* 574:671-674 doi.org/10.1038/s41586-019-1684-3
- 5) Dirzo R, Young HS, Galetti M, et al. (2014) Defaunation in the Anthropocene. *Science* 345: 401-406 doi.org/10.1126/science.1251817
- 6) Montgomery GA, Dunn RR, Fox R, et al. (2019) Is the insect apocalypse upon us? How to find out. *Biological Conservation* 108327 doi.org/10.1016/j.biocon.2019.108327
- 7) Macgregor CJ, Williams JH, Bell JR, et al. (2019) Moth biomass increases and decreases over 50 years in Britain. *Nature Ecology & Evolution* 3: 1645-1649 doi.org/10.1038/s41559-019-1028-6
- 8) Eisenhauer N, Bonn A, Guerra CA (2019) Recognizing the quiet extinction of invertebrates. *Nature Communications* 10: 50 doi.org/10.1038/s41467-018-07916-1
- 9) Wilson EO (2017) Biodiversity research requires more boots on the ground. *Nature Ecology & Evolution* 1: 1590-1591 doi.org/10.1038/s41559-017-0360-y
- 10) Stork NE, McBroom J, Gely C, and Hamilton AJ (2015) New approaches narrow global species estimates for beetles, insects, and terrestrial arthropods. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA* 112: 7519-7523 doi.org/10.1073/pnas.1502408112
- 11) Klein AM, Vaissière BE, Cane J, et al. (2007) Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. *Proceedings of the Royal Society of London, Series B*. 274: 303-313 doi.org/10.1098/rspb.2006.3721
- 12) Rader R, Bartomeus I, Garibaldi LA, et al. (2016). Non-bee insects are important contributors to global crop pollination. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*, 113: 146-151 doi.org/10.1073/pnas.1517092112
- 13) Gallai N, Salles J-M, Settele J, Vaissière BE (2009) Economic valuation of the vulnerability of world agriculture confronted with pollinator decline. *Ecological Economics* 68: 810-821 doi.org/10.1016/j.ecolecon.2008.06.014
- 14) Rosenberg KV, Dokter AM, Blancher PJ, et al. (2019) Decline of the North American avifauna. *Science* 366: 120-124 doi.org/10.1126/science.aaw1313
- 15) Janzen DH, Hallwachs W (2019) Perspective: Where might be many tropical insects? *Biological Conservation* 233:102-108 doi.org/10.1016/j.biocon.2019.02.030
- 16) Beckmann M, Gerstner K, Morodoluwa A-F, et al. (2019) Conventional land-use intensification reduces species richness and increases production: A global meta-analysis. *Global Change Biology* 25: 1941-1956 doi.org/10.1111/gcb.14606
- 17) Pe'er G, Zinngrebe Y, Moreira F, et al. (2019) A greener path for the EU Common Agricultural Policy. *Science* 365: 449-451 doi.org/10.1126/science.aax3146