

食物連鎖理論の新展開：
生物多様性を促進するフィードバック・ループ

課題番号 15207003

平成15年度－平成17年度科学研究費補助金（基盤研究（A））

研究成果報告書

平成18年3月



研究代表者 大串隆之
京大学生態学研究センター 教授

は し が き

陸上生態系の食物連鎖は、(1) 捕食者と植食者の食う食われる関係(捕食)と(2) 植食者と植物の食う食われる関係(植食)からなり立っている。これまで生態学は主に捕食に焦点をあて、栄養段階間の相互作用の理論を築いてきた。しかし、植食は捕食とは全く異なる。植物は植食者に食べられても死ぬことはないが、誘導防御や補償作用により質や形態が変化する。言い換えれば、「植物が食べられるということは、死ぬことではなく、変化する事なのである。」この植物の形質の変化による間接効果が、植食者間に新たな相互作用を生み出す基盤であり、陸上生態系で最も普遍的な植食の意義なのである。これは、陸上生態系の食物連鎖には、植物からのフィードバック・ループ、つまり「植食者によって誘導される植物からの食物連鎖を通したボトムアップ効果」が存在することを強く示唆している。従来の考え方ではこの捕食と植食の違いを明らかにできず、フィードバック・ループと上位の栄養段階に対するその効果を考えることができなかった。植物と昆虫の関係においては、フィードバック・ループは、(1) 植食性昆虫間に植物の形質の変化を介した間接相互作用を生み出し、(2) 昆虫にとっての食物および棲み場所資源である植物の異質性を増加させることにより、相互作用の多様化を促進し、生物群集の種多様性に重大な影響を与えていると考えられる。本課題研究の目的は、(1) 植食性昆虫の作用による植物形質の変化、(2) 形質の変化が他の昆虫の生存と繁殖、さらに天敵の作用に与える影響、(3) それによる昆虫群集(特に種と相互作用の多様性)の変化、を野外観察と操作実験および室内実験、数理モデルを組み合わせることで明らかにすることにより、陸上生態系においてフィードバック・ループを検証することである。

研究成果の概要

植物-植食性昆虫-捕食者からなる多栄養段階のシステムを対象にして、フィードバック・ループの生成メカニズムとしての植物-植食者相互作用の重要性を実証し、その高次栄養段階に与える影響とメカニズムの生態学的・化学的・分子生物学的基盤を明らかにした。さらに、植食者の被食に対する植物の防衛戦略とその結果生じる間接効果についての理論も発展させた。これらを統合して、「間接相互作用網」の概念を提唱した。本プロジェクトの成果の多くは、すで

に原著論文として国際誌に公表されている(研究発表リスト参照)。さらに、「間接相互作用網」についての先駆的な単行本の編集を行った(Ohgushi, T., Craig, T. and Price, P.W. 2006. *Ecological Communities: Plant Mediation in Indirect Interaction Webs*, Cambridge Univ. Press)。これに加えて、現在10編以上の原著論文を準備中である。このように、本プロジェクトは陸域生態系の栄養段階を通したフィードバック・ループの実態解明に大きな貢献を成し遂げた。

成果の要約(大串隆之)

ヤナギの人為的な伐採による昆虫群集へのフィードバック効果を調べた。ヤナギが伐採された後、多くの萌芽枝が伸長するとともに新葉の生産が活発化された。この結果、ヤナギクロケアブラムシ、ムナキハムシ、ヤナギルリハムシなどの植食性昆虫とカメノコテントウ、クモなどの捕食性昆虫の密度と種多様性が増加した。これは、伐採による植物資源の量と質の増加に伴うボトムアップ栄養カスケード効果と考えられた。

セイタカアワダチソウに成立する昆虫群集を調査した。優占するセイタカヒゲナガアブラムシの甘露に集まるアリは、葉食性の鱗翅目幼虫とツマグロヨコバイの個体数が減少させた。さらに、アブラムシは彼らがいなくなった夏以降に出現するオンブバッタとカイガラムシにも植物の質や形態の変化を通してそれぞれ正と負の効果を与えることが明らかになった。この事実から、アブラムシはアリおよび植物の形質の変化を介した間接効果を通して、昆虫群集のパターンを決めるキーストン種であることが明らかになった。

ジャヤナギと共生するアーバスキュラー菌根菌がヤナギルリハムシの生存と発育に与える影響をポット植のヤナギを用いて調べた。菌根菌は食害のない株で生育したハムシには影響を与えなかったが、食害された株で生育したハムシの発育期間が短くなり個体重は増加した。また、菌根菌はハムシの食害後に二次展葉した葉の窒素含有量を増加させた。これらの結果から、植物の形質の変化を介した地上部と地下部の相互作用の存在が示唆された。

これまでの3年間の総括を行い、間接効果と非栄養関係を従来の食物網構造に組み込んだ新たな「間接相互作用網」の考え方を提唱した(*Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics* 36:81-105)。これに基づいて、植物の形質を介した間接効果が、植物上の昆虫群集における相互作用と種の多様性を生み出している重要なメカニズムであることを明らかにした。これによって植食者の作

用が昆虫群集の成立に果たす間接効果を解明するアプローチを確立した。さらに、間接相互作用網の概念を普及させるために、「Ecological Communities: Plant Mediation in Indirect Interaction Webs, Cambridge Univ. Press」の編集を行った。

成果の要約（高林純示）

ヤナギがヤナギルリハムシの食害を受けた際に、どのような誘導性揮発性物質を生産するのかについて分析を行った。これには既設のガスクロマトグラフィー質量分析計を用いた。その結果、(E)-2-hexenal, (Z)-3-hexenol, benzaldehyde, (Z)-3-hexenyl acetate, cis-ocimene, salicylaldehyde, (E)- β -ocimene, linalool, (E)-dimethylnonatriene (DMNT), allo-ocimene; (E)-2,6-dimethyl-1,3,5,7-octatetraene, (E,E)- α -farnesene が検出され、その中で幼虫食害株に特異的に増加する成分として、cis-ocimene, salicylaldehyde, (E)- β -ocimene, linalool, (E)-dimethylnonatriene (DMNT), allo-ocimene; (E)-2,6-dimethyl-1,3,5,7-octatetraene の7成分を認めた。それら揮発性物質の多くが市販されていないため、合成を進めている。入手可能な化学物質に関しては、植食者と天敵に対する影響を制御環境下での操作実験により明らかにする実験を行っている。

既設のPCR装置を用い、揮発性成分を受容した植物で発現する防衛に関わる遺伝子の解析を行っている。今回、ハムシに食害されたジャヤナギ *Salix eriocarpa* から RNA を抽出し、ジャスモン酸生合成に関わる Lipooxygenase (LOX)、蛋白質分解酵素阻害剤 Trypsin inhibitor (TI)、フラボノイドやフェノール性化合物、タンニンなどの生合成に関わる phenylalanine ammonia-lyase、polyphenol oxidase、dihydroflavonol reductase および消化酵素阻害剤である trypsin inhibitor や多糖の分解酵素である cellulase や chitinase など一連の直接防衛に関わると考えられる遺伝子や、テルペン生合成酵素のひとつである farnesyl pyrophosphate などの間接防衛に関わると考えられる遺伝子をそれぞれ RT-PCR 法にて単離・増幅し、部分配列を決定した。これらの遺伝子について、ハムシに食害されたヤナギ個体内における発現パターンを時間的・空間的に比較した。調査した遺伝子の中で LOX および TI は、食害部位だけでなく、食害されたシュートの未被害部分でも発現が認められ、食害に対するジャヤナギの誘導防衛が全身的なものであることが明らかとなった。

植物の誘導的化學防衛反応が昆虫群集に与える影響を解析するために、野外操作実験（生態学研究センター内の実験林を使用）を行う予定であったが、揮発性物質の分析および遺伝子解析の遂行に時間がかかったため、実験室内での行動解析にとどまった。ヤナギルリハムシの捕食者であるカメノコテントウは、ハムシ被害ヤナギ枝の揮発性成分に誘引されることを明らかにした。

成果の要約（山内淳）

生物多様性における間接効果の役割を解明するために、理論的なアプローチによって生物間の相互作用を解析した。それらの取り組みにおいては、相互作用の進化的な変化と個体密度の変化を同時に考慮し、それらが共役した動態の特性に焦点を当てた。

まず、「植食者を介した栄養の循環が Grazing Optimization を生じるメカニズムに関する研究」では、植食者の存在によって植物のパフォーマンスが高まる Grazing Optimization について、それが生じる条件を理論的に調べた。その解析によって、この現象では植物の最適フェノロジーの進化が大きな意味を持つことを明らかにした。特に、一定の植食圧の下でフェノロジーを進化させた植物を様々な植食圧にさらした場合に、Grazing Optimization が生じやすいことが分かった。「倍数体の進化過程における単位生殖の役割に関する研究」では、植物の進化において重要な役割を果たしたと考えられている同質倍数体の進化について解析を行った。植物では同質4数体が広く見られるが、その進化においては2倍体との交雑によって生じる3倍体の存在を避けて通れない。しかし3倍体は一般に適応度が低いため、3倍体を介して倍数体化が進むメカニズムは大きな謎だったが、本研究では単為生殖の存在がその障壁を乗り越える機能を果たしうることを示した。「1捕食者-2被食者系の安定性に被食者の防衛の進化と捕食者の最適摂餌が及ぼす影響に関する研究」では、個体群動態と進化および行動の最適化を結びつけた解析を行った。それによると、被食者の防衛の進化と捕食者の最適摂餌は共に種の共存を促進し、また系の振動を抑えることで安定性を高めることが明らかになった。さらに、進化の速度が速い方がその傾向が強まること、これらの要因によって捕食者を介した被食者間の間接効果は弱められることも分かった。

成果の要約（石原道博）

和歌山県九度山町の紀ノ川河畔林に生息しているヤナギは、春先に葉を展開するが、その後、夏にかけて次第に葉が硬くなり、葉の含水率や窒素量の低下が生じた。これは夏に葉の質が低下することを意味し、葉の老化に起因するものと思われる。ヤナギルリハムシ成虫を旧葉と新葉で飼育したところ、旧葉で有意に産卵数が低下した。葉の老化に加えて、植食性昆虫による食害も夏に蓄積した。特に吸汁性昆虫であるヤナギグンバイの個体数が夏に急激に増加し、半数近くの葉が吸汁の被害に遭った。ヤナギグンバイによって吸汁された葉は吸汁されていない健全な葉と比べると黄色化しており、窒素量と含水率も低かった。ヤナギグンバイが食害した葉でヤナギルリハムシ成虫を飼育すると、著しく産卵数が低下した。これらの実験結果は、植食者が夏に葉の老化やヤナギグンバイの食害によって質の低下した葉を利用することが不利であることを意味する。実際に野外では葉の老化が進む夏や秋ほど、ヤナギルリハムシの成虫と卵は二次展葉した新葉に集中的に分布した。また、実験室での通胴実験は、ヤナギルリハムシ成虫が古い葉よりも新しい葉を好むことを明らかにした。これらの結果は、旧葉の質がヤナギグンバイなどの食害によって特に低下する夏ほど、ヤナギルリハムシが旧葉の利用を避けていることを示唆する。

この夏に生じるヤナギの質の低下は、間接的に他の植食性昆虫の生存や繁殖にも負の効果をもたらしている可能性が高い。なぜならば植食性昆虫の種多様性および総個体数はヤナギの展葉後が最も高く、その後、夏にかけて低下したからである。

ヤナギの質は、夏から秋に起こる二次展葉によって回復した。この二次展葉は、夏から秋にかけて毎年生じる河川の氾濫によって、ヤナギの枝葉が消失することが引き起こすヤナギの補償作用である。この秋に生じるヤナギの質の回復は、ヤナギルリハムシの個体数および他の植食性昆虫の種多様性および総個体数を回復させた。ところが2005年に限っては、ヤナギの二次展葉は河川の氾濫ではなく、ヤナギルリハムシやヤナギグンバイなどの植食者による食害の激しさによって始まった。これらの結果も、一部の植食者による食害が葉の質を変えることで、間接的に植食性昆虫群集全体に影響を及ぼしている可能性を示唆している。

研究組織

研究代表者：大串隆之（京都大学生態学研究センター教授）

研究分担者：高林純示（京都大学生態学研究センター教授）

研究分担者：山内 淳（京都大学生態学研究センター助教授）

研究分担者：石原道博（大阪府立大学・大学院理学研究科講師）

交付決定額（配分額）

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
平成 15 年度	13,700,000	4,110,000	17,810,000
平成 16 年度	8,300,000	2,490,000	10,790,000
平成 17 年度	8,300,000	2,490,000	10,790,000
総 計	30,300,000	9,090,000	39,390,000

研究発表

I 学会誌等

- (1) Kagata, H. and Ohgushi T. (2004) Conflict between optimal clutch size for mothers and offspring in the leaf miner, *Leucoptera sinuella*. *Ecological Entomology*, 29, 429-436.
- (2) Nakamura, M. and Ohgushi, T. (2004) Species composition and life histories of shelter-building caterpillars on *Salix miyabeana*. *Entomological Science*, 7, 99-104.
- (3) Price, P.W., Ohgushi, T., Roininen, H., Ishihara, M., Craig, T.P., Tahvanainen, J., and Ferrier, S.M. (2004) Release of phylogenetic constraints through low resource heterogeneity: the case of gall-inducing sawflies. *Ecological Entomology*, 29, 467-481.
- (4) Kagata, H. and Ohgushi, T. (2004) Leaf miner as a physical ecosystem engineer: secondary use of vacant leaf-mines by other arthropods. *Annals of the Entomological Society of America*, 97, 923-927.
- (5) Hayashi, T., Tahara, S. and Ohgushi, T. (2004) Genetically-controlled leaf traits in two chemotypes of *Salix sachalinensis* Fr. Schm (Salicaceae). *Biochemical Systematics and Ecology*, 33, 27-38.
- (6) Yamauchi, A. and Yamamura, N. (2004) Herbivory promotes plant production and reproduction in nutrient-poor conditions: Effects of plant adaptive phenology. *The American Naturalist*, 163, 138-153.
- (7) Yamauchi, A., Hosokawa, A., Nagata, H. and Shimoda, M. (2004) Triploid bridge and role of parthenogenesis in the evolution of autopolyploidy. *The American Naturalist*, 164, 101-112.
- (8) Kagata, H., Nakamura, M. and Ohgushi, T. (2005) Bottom-up cascade in a

tri-trophic system: different impacts of host-plant regeneration on performance of a willow leaf beetle and its natural enemy. *Ecological Entomology*, 30, 58-62.

- (9) Price, P. W., Roininen, H. and Ohgushi, T. (2005) Adaptive radiation into ecological niches with eruptive dynamics: a comparison of common and diprionid sawflies. *Journal of Animal Ecology*, 74, 397-408.
- (10) Nakamura, M., Utumi, S., Miki, T. and Ohgushi, T. (2005) Flood initiates bottom-up cascades in a tri-trophic system: host plant regrowth increases densities of a leaf beetle and its predators. *Journal of Animal Ecology*, 74, 683-691.
- (11) Ohgushi, T. (2005) Indirect interaction webs: herbivore-induced effects through trait change in plants. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 36, 81-105.
- (12) Yamauchi, A. and Yamamura, N. (2005) Effects of defense evolution and optimal diet choice on population dynamics in a one-predator-two-prey system. *Ecology*, 86, 2513-2524.
- (13) Yamauchi, A. (2005) Rate of gene transfer from mitochondria to nucleus: Effects of cytoplasmic inheritance system and intensity of intracellular competition. *Genetics*, 171, 1387-1396.
- (14) Satake, A., Ohgushi, T., Urano, S. and Uchimura, K. (2006). Modelling population dynamics of a tea pest with temperature dependent development: predicting emergence timing and potential damage. *Ecological Research*, 21, 107-116.
- (15) Kagata, H. and Ohgushi, T. (2006) Bottom-up trophic cascades and maternal transfer in terrestrial food webs. *Ecological Research*, 21, 26-34.

- (16) Kagata, H. and Ohgushi, T. (2006) Nitrogen homeostasis in a willow leaf beetle, *Plagiodera versicolora*, is independent of host plant quality. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 118, 105-110.
- (17) Ishihara, M. and Ohgushi, T. (2006) Reproductive inactivity and prolonged developmental time induced by seasonal decline in host plant quality in the willow leaf beetle *Plagiodera versicolora* (Coleoptera: Chrysomelidae). *Environmental Entomology*, 35, 524-530.
- (18) Nakamura, M., Kagata, H. and Ohgushi, T. (2006) Trunk cutting initiates bottom-up cascades in a tri-trophic system: sprouting increases biodiversity of herbivorous and predacious arthropods on willows. *Oikos*, In press.
- (19) Hembry, D.H., Katayama, N., Hojo, M. and Ohgushi, T. (2006) Herbivory damage does not indirectly influence the composition or excretion of aphid honeydew. *Population Ecology*, In press.
- (20) Yamauchi, A. and Yamamura, N. (2006) Persistence conditions of symmetric social hybridogenesis in haplo-diploid Hymenoptera. *Journal of Theoretical Biology*, In press.

II 口頭発表

- (1) Ishihara, M. “Indirect effect of a lace bug on a chrysomelid beetle via host willow quality” IUFRO 2003 年 9 月 15 日
- (2) 松岡美智子・阪本真由美・石原道博・部坂和代 “ヤナギルリハムシの生活史と個体群動態を変化させるヤナギグンバイからの間接効果” 日本昆虫学会第 63 回大会 2003 年 10 月 11 日
- (3) 中村誠宏・内海俊介・大串隆之 “Flooding facilitates bottom-up cascades through three trirophic levels: sprouting increase herbivores and their predators” 第

21 回個体群シンポジウム 2003 年 10 月 24 日

- (4) 中村誠宏 “ゴール形成によって生じるプラスの間接効果：質の高い食物資源の供給” 京都大学生態学研究センター公募研究会「間接相互作用網：生態系相互作用ネットワークを探る」 2004 年 3 月 17 日
- (5) 内海俊介 “穿孔性昆虫が植食性昆虫に与える関節効果とその強度の違い：介在植物ヤナギ三種間での比較” 京都大学生態学研究センター公募研究会「間接相互作用網：生態系相互作用ネットワークを探る」 2004 年 3 月 17 日
- (6) 安東義乃 “セイタカアワダチソウ上の昆虫群集構造に与えるアブラムシの間接効果の役割” 京都大学生態学研究センター公募研究会「間接相互作用網：生態系相互作用ネットワークを探る」 2004 年 3 月 17 日
- (7) 山内淳 “Wolbacia による宿主操作の進化とメタ個体群動態” 日本進化学会第 6 回大会 2004 年 8 月 4 日
- (8) Hembry, D., Katayama, N., Hojo, M. and Ogushi, T. “Does herbivory damage to plants indirectly affect the output of honeydew by aphids?” 日本進化学会第 6 回大会 2004 年 8 月 4 日
- (9) Ishihara, M., Matsuoka, M., Sakamoto, M., Ujiie, C. and Hesaka, K. “Indirect effect of a lace bug and disturbance on a chrysomelid beetle via host willow quality” XXII International Congress of Entomology 2004 年 8 月 17 日
- (10) Hembry, D., Katayama, N., Hojo, M. and Ogushi, T. “To what extent do aphids act as extrafloral nectaries?” XXII International Congress of Entomology 2004 年 8 月 18 日
- (11) 中村誠宏 “昆虫群集における植物の形質変化を介して生じるプラスの

間接効果” 第51回日本生態学会 自由集会「G6生物多様性科学の統合をめざして」 2004年8月26日

(12) 安東義乃 “帰化植物セイタカアワダチソウの生態系に与える影響-排除・撲滅しか解決策はないの?-:生物間相互作用の発展と移入種問題への飛躍” 第51回日本生態学会大会 2004年8月26日

(13) 山内淳・山村則男 “半倍数性昆虫における Symmetrical Social Hybridogenesis の存続条件” 第51回日本生態学会 2004年8月27日

(14) Hembry, D., Katayama, N., Hojo, M. and Ogushi, T. “Does herbivory damage to plants indirectly affect the output of honeydew by aphids?” 第51回日本生態学会 2004年8月27日

(15) 中村誠宏 “鱗翅目幼虫がハマキを作ることによって他の植食性昆虫に与える影響-エコシステム・エンジニアから間接効果を考える-” 第5回ゴール形成昆虫シンポジウム 日本昆虫学会第64回大会 2004年9月24日

(16) 西田貴明・大串隆之 “VA菌根菌が植物と植食者の相互作用に及ぼす影響” 第10回微生物をめぐる相互作用研究小集会 2004年12月3日

(17) 中村誠宏 “昆虫群集に生じるプラスの間接効果-植物形質の変化に注目して-” 第5回地域生態系共同研究プロジェクト研究集会「生物間相互作用への注目：遺伝子から群集、そして保全」 2004年12月18日

(18) 山内淳 “1捕食者-2被食者系の安定性と持続性に対する最適摂餌と对被食防衛の進化の影響” 第5回地域生態系共同研究プロジェクト研究集会「生物間相互作用への注目：遺伝子から群集、そして保全」 2004年12月19日

(19) 加賀田秀樹 “植物の変化性と動物の恒常性：生態化学量論からみた栄養

段階カスケード効果” 第5回地域生態系共同研究プロジェクト研究集会 2004年12月19日

- (20) 西田貴明・大串隆之 “アーバスキュラー菌根菌が植食者と植物の相互作用に与える影響” 第49回日本応用動物昆虫学会大会 2005年3月26日
- (21) 中村誠宏・内海俊介・三木健・大串隆之 “洪水攪乱によって生じるボトムアップカスケード：ヤナギの再生長がハムシとその捕食者を増加させる” 第52回日本生態学会 2005年3月27日
- (22) 山内淳・山村則男 “1捕食者-2被食者系における摂餌行動と対被食防衛の進化の影響” 第52回日本生態学会 2005年3月28日
- (23) Nakamura, M. “Gall-initiation stimulates willow regrowth and indirectly benefits other insect herbivores” The 4th International Symposium of Gall Forming Insects 2005年9月6日
- (24) Iseki, K., Takeuchi, Y. and Ishihara, M. “Poor oviposition preference for long, vigorous shoots resulted from low resource heterogeneity during oviposition in a gall-inducing sawfly, *Phyllocolpa* sp.” The 4th International Symposium of Gall Forming Insects 2005年9月7日
- (25) Roininen, H., Ohgushi, T., Zinovjev, A., Virtanen, R., Vikberg, V., Matsushita, K., Nakamura, M. and Veteli, T. “Latitudinal and altitudinal patterns in species richness and mortality factors of the galling sawflies on willows in Japan” The 4th International Symposium of Gall Forming Insects and Symposium 2005年9月8日
- (26) Iseki, K., Takeuchi, Y. and Ishihara, M. “Poor oviposition preference for long, vigorous shoots resulted from low resource heterogeneity during oviposition in a gall-inducing sawfly, *Phyllocolpa* sp.” 第22回個体群生態学会シンポジウム 2005年10月29日

- (27) 西田貴明・大串隆之 “可塑的な菌根共生が支える地上部の生物多様性維持機構の解明” 第11回微生物をめぐる相互作用研究小集会 2005年12月5日
- (28) 山内淳 “Indirect effects of defense evolution and diet choice on the stability of a one-predator-two-prey system” Biodiversity and Dynamics of Communities and Ecosystems: Structures, Processes and Mechanisms 2006年3月7日
- (29) Kagata, H. “Carbon-nitrogen stoichiometry in bottom-up trophic cascade” International Symposium on Biodiversity and Dynamics of Communities and Ecosystems 2006年3月7日
- (30) Miyamoto, Y. “Meta-analysis on the plant-mediated indirect effect among herbivores” Biodiversity and Dynamics of Communities and Ecosystems: Structures, Processes and Mechanisms 2006年3月7日
- (30) Ohgushi, T. “Nontrophic, indirect interaction webs of herbivorous insects” Biodiversity and Dynamics of Communities and Ecosystems: Structures, Processes and Mechanisms 2006年3月7日
- (32) 山内淳 “Theory of interspecific mutualism mediated by reward: Intra- and interspecific games and population dynam” Recent Topics in Theoretical Evolutionary Ecology 2006年3月9日
- (33) 中村誠宏・加賀田秀樹・大串隆之 “伐採後に生じるボトムアップ・カスケード：ヤナギの補償生長が植食性・捕食性節足動物の多様性を促進する” 第53回日本生態学会 2006年3月24日
- (34) 久保陽子・石原道博 “ヤナギルリハムシにおけるヤナギの葉の質に依存した産卵の抑制と抑制解除” 第53回日本生態学会大会 2006年3月25日

- (35) 井関高平・武内悠美子・石原道博 “ゴール形成ハバチ (*Phyllocolpa* sp.)
における産卵選好性と幼虫パフォーマンスの不一致” 第53回日本
生態学会 2006年3月26日
- (35) 山内淳・M. W. Sabelis “報酬を介した相利共生の進化と個体群動態”
第53回日本生態学会 2006年3月27日
- (36) 片山 昇・西田貴明・大串隆之 “土壌共生系が花外蜜の分泌パターンを
変えるか?” 第53回日本生態学会 2006年3月27日

III 出版物

- (1) 石原道博 (2004) ヤナギルリハムシの成虫休眠ー集団内変異の大きさとそ
の意義ー. 「休眠の昆虫学ー季節適応の謎」(田中誠二・檜垣守
男・小滝豊美編): pp. 63-74. 東海大学出版会.
- (2) 大串隆之 (2006) サクラソウと食葉性昆虫との関わりあい 『サクラソウ
の分子遺伝生態学』(鷺谷いづみ編) pp. 131-149. 東京大学出版会
- (3) 鷺谷いづみ・大串隆之 (2006) 拮抗的生物間相互作用が繁殖に及ぼす影響
『サクラソウの分子遺伝生態学』(鷺谷いづみ編) pp. 84-96. 東京
大学出版会
- (4) Ozaki, K., Yukawa, J., Ohgushi, T. and Price, P. W. (2006) Gallling Arthropods and
Their Associates: Ecology and Evolution, Springer, Tokyo.
- (5) Roininen, H., Ohgushi, T., Zinovjev, A., Vikberg, V., Matsusita, K., Nakamura, M.,
Price, P. W. and Veteli, T. O. (2006) Latitudinal and altitudinal patterns in
species richness and mortality factors of the gallling sawflies on *Salix*
species in Japan. pp. 3-19. In Ozaki, K., Yukawa, J., Ohgushi, T., and
Price, P. W. (eds.), Gallling Arthropods and Their Associates: Ecology and
Evolution, Springer, Tokyo.

- (6) Ohgushi, T., Craig, T. and Price, P. (2006) Ecological Communities: Plant Mediation in Indirect Interaction Webs, Cambridge University Press, Cambridge, UK, In press.
- (7) Ohgushi, T. (2006) Nontrophic, indirect interaction webs of herbivorous insects. In Ohgushi, T., Craig, T. and Price, P. (eds.), Ecological Communities: Plant Mediation in Indirect Interaction Webs, Cambridge University Press, Cambridge, UK, In Press.
- (8) Ohgushi, T. (2006) Indirect interaction webs: an introduction. In Ohgushi, T., Craig, T. and Price, P. (eds.), Ecological Communities: Plant Mediation in Indirect Interaction Webs, Cambridge University Press, Cambridge, UK, In press.
- (9) Ohgushi, T., Craig, T. and Price, P. (2006) Indirect interaction webs propagated by herbivore-induced changes in plant traits. In Ohgushi, T., Craig, T. and Price, P. (eds.), Ecological Communities: Plant Mediation in Indirect Interaction Webs, Cambridge University Press, Cambridge, UK, In press.
- (10) 山内 淳 (2006) 個体群動態 『数理科学事典 (第 2 版)』 (広中平祐ほか) 丸善, 東京, In press.