

## 早い春の訪れは植物と送粉性昆虫との共生関係を破壊する

～温暖化による生物の季節攪乱を解明～

### ポイント

- ・春の雪解け時期が早まると、植物の開花日とハチの出現日の不一致が生じることを発見。
- ・開花はハチの出現より早く起こりやすく、受粉に失敗して種子生産が低下することを実証。
- ・温暖化による季節攪乱は、植物と昆虫の共生関係を崩壊させることを示した重要な成果。

### 概要

北海道大学大学院地球環境科学研究院の工藤 岳准教授とノルウェー北極大学の Elisabeth Cooper 教授は、春の雪解けが早まると春咲き植物（エゾエンゴサク）の開花日と、花粉運搬者であるマルハナバチの出現日が一致しなくなり、受粉に影響が出ることを明らかにしました。

地球温暖化は多くの生物の季節性に影響を及ぼすことが知られており、関連し合う生物種間にも影響が及ぶ可能性が指摘されています。しかし、その実態とメカニズムについてはまだ不明な点が多く、特に植物と花粉媒介昆虫の季節攪乱に関する研究例はわずかです。

本研究では、北海道の森に生育する春咲き植物のエゾエンゴサクと、越冬直後にそれを蜜源として利用するマルハナバチの出現時期の同調性に着目し、春の雪解け時期と温度環境が両者の季節性にどのような影響をもたらすかを調べました。エゾエンゴサクの開花時期は雪解け時期に強く規定され、雪解けが早い年には開花が早く起こります。一方で、地中で冬眠するマルハナバチは地温が6度に達した時に活動を始めることがわかりました。通常は開花時期とハチの出現時期は一致しますが、雪解けが異常に早く起こった年には植物の開花が先行し、その結果、受粉がうまく行われずに種子生産が低下することが判明しました。この結果は、温暖化により春の雪解けが早まると植物と花粉媒介昆虫の共生関係が崩壊するリスクが高まることを示唆するものです。

本研究成果は、協定世界時 2019 年 6 月 12 日（水）公開の Proceedings of the Royal Society B 誌に掲載されました。



越冬後にエゾエンゴサクを訪れるエゾオオマルハナバチ (photo: 美幌博物館 平林結実)

## 【背景】

地球温暖化は植物の開花・開葉時期や動物の冬眠・渡りの時期など、様々な生物の季節性に影響を及ぼします。温暖化に伴う生物の季節性の改変効果は寒冷生態系で特に顕著です。その結果、生物同士の関係が攪乱されるリスクが高まります。植物と花粉を運ぶ昆虫との共生関係も気候変動によって影響を受ける可能性があります。その実態とメカニズムについては不明な点が多いです。

北海道の森には雪解け直後に開花する春咲き植物が多く生育しています。その代表種であるエゾエンゴサクは、越冬から目覚めたマルハナバチにより受粉されます。エゾエンゴサクの開花時期に出現するマルハナバチにとって、この植物は重要な蜜源となります。温暖化による雪解け時期や気温の変動が春咲き植物とハチの共生関係にどのような影響を及ぼすのかに着目して研究を行いました。

## 【研究手法】

北海道の森林で 19 年に及ぶ野外観察を行い、雪解け時期、エゾエンゴサクの開花時期、マルハナバチの出現時期、並びに結実率を記録しました。また、除雪実験によって人為的に開花時期を変化させた時の開花日とハチの出現日のずれ（季節的ミスマッチ）と結実率の変化を調べました。さらに開花日とハチの出現日の決定要因として、雪解け時期、気温、地温との関連性を解析しました。

## 【研究成果】

長期観察データの解析により、雪解けの早期化に伴いエゾエンゴサクの開花時期とマルハナバチの出現時期はともに早まりましたが、その傾向は開花時期の方が顕著でした。その結果、春の雪解けが早い年には開花日がハチの出現日よりも早まる、季節的ミスマッチが起こることがわかりました。そして両者のミスマッチが大きくなるに伴い、エゾエンゴサクの結実率が低下することが判明しました。これはハチによる受粉がうまく行われなかったことによるものです。

除雪実験によって開花時期を早めた場合にも同様の傾向が再現され、開花時期とハチの出現時期のミスマッチは春咲き植物の種子生産に影響することが実証されました。

開花時期は雪解け時期に強く影響され、雪解け後の気温が高い時にはわずか数日で開花します。一方で、地中で越冬するマルハナバチは地温が 6 度に達した時に出現することがわかりました。積雪下では地温は 1~2 度に保たれており、雪解け後にゆっくりと上昇しますが、雪解けが早く起きた年には地温の上昇速度が緩やかになる傾向がありました。その結果、雪解けが早い年にはマルハナバチの出現に先立って開花が起こる、季節的ミスマッチが生じやすいことが明らかになりました。

## 【今後への期待】

本研究によって、春咲き植物とハチの季節的ミスマッチが起こるメカニズムを解明しました。このような現象が自然界でどの程度一般的に起こり得るのかについて、さらなる検討が必要です。季節性のミスマッチが植物や昆虫の繁殖と生存にどのような影響を及ぼし、それが生態系全体へどのような波及効果をもたらすのかを調べることで、地球温暖化が生態系へ及ぼす影響を明らかにできると期待されます。

## 論文情報

論文名 When spring ephemerals fail to meet pollinators: mechanism of phenological mismatch and its impact on plant reproduction (春咲き植物がポリネーターと出会えなくなるとき：フェノロジカルミスマッチの発生メカニズムと植物の繁殖への影響)

著者名 工藤 岳<sup>1</sup>, Elisabeth Cooper<sup>2</sup> (<sup>1</sup>北海道大学大学院地球環境科学研究院, <sup>2</sup>ノルウェー北極大学)

雑誌名 Proceedings of the Royal Society B (生物学の専門誌)

D O I 10.1098/rspb.2019.0573

公表日 協定世界時 2019 年 6 月 12 日 (水) (オンライン公開)

## お問い合わせ先

北海道大学大学院地球環境科学研究院 准教授 工藤 岳 (くどうがく)

T E L 011-706-2269 F A X 011-706-4954 メール gaku@ees.hokudai.ac.jp

U R L <https://noah.ees.hokudai.ac.jp/biodiversity/index.html>

## 配信元

北海道大学総務企画部広報課 (〒060-0808 札幌市北区北 8 条西 5 丁目)

T E L 011-706-2610 F A X 011-706-2092 メール kouhou@jimu.hokudai.ac.jp

【参考図】

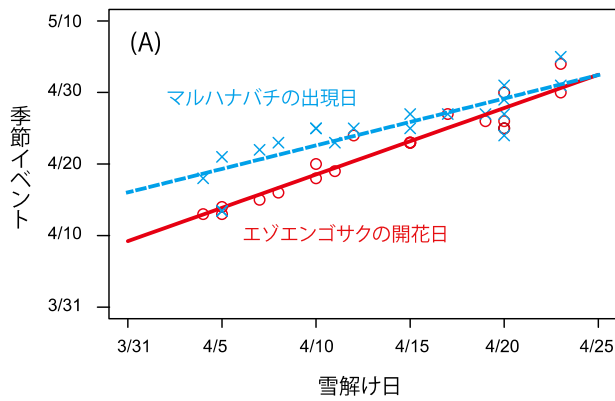


図1. 春植物エゾエンゴサクの開花日と越冬したマルハナバチの出現日間に生じる季節性のミスマッチ。

(A) 雪解けが早い年にはエゾエンゴサクの開花もマルハナバチの出現も早まるが、開花がより早く起きて両者のミスマッチが生じる。

(B) わずか数日のミスマッチによってエゾエンゴサクは受粉に失敗し、結実率は顕著に低下する。

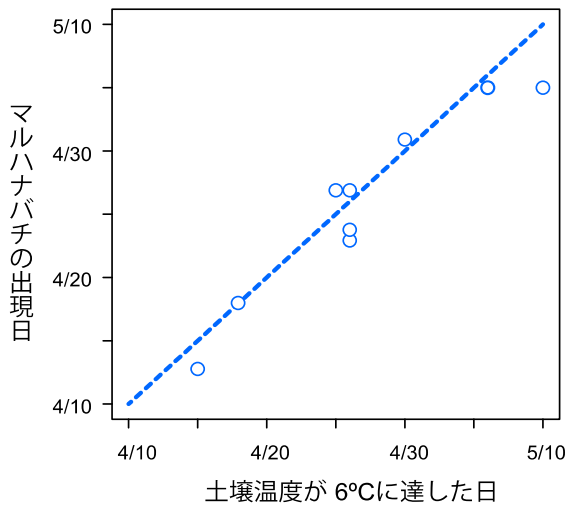
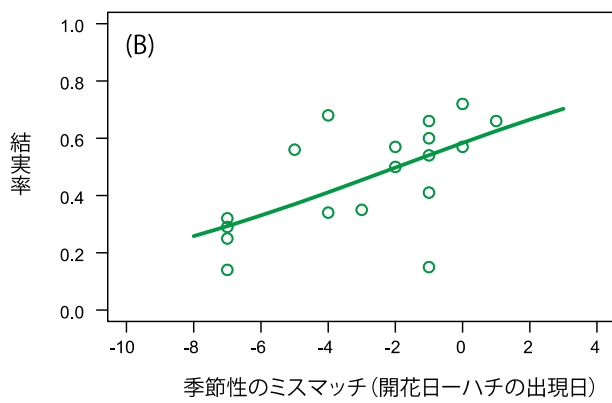


図2. マルハナバチの出現日(初見日)は、土壌温度が6°Cに達した日との相関が非常に高い。