

環境同位体を指標としたウスバキトンボの移動分散経路の解明

Long-distance migration of the globe skimmer dragonfly revealed using stable hydrogen ($\delta^2\text{H}$) isotopes

小沼千紘*・中桐貴生**・○神宮字寛*

Chihiro Onuma, Takao Nakagiri, Hiroshi Jinguji

1. はじめに

ウスバキトンボ *Pantala flavescens* はトンボ科ウスバキトンボ属に分類されるトンボの1種である。日本ではお盆の時期に発生数が増加することから「盆トンボ」などと呼ばれ親しまれている。世界中に広く分布しており、長距離を移動する昆虫として知られている。インドと日本で採取された個体の遺伝子解析から7100 km（単体で6,000km以上移動する可能性があることが示唆）移動する個体があると考えられている（Daniel Troast, et.al.2016）。

Keith A. Hobson et al. (2020) は、翅に含まれる水素同位体をトレーサーとしてウスバキトンボの移動経路の推定を行った。翅に含まれる水素同位体比から4月～7月は東南アジアやインド、7月～11月は中国やロシア方面から移動してきていることが明らかになった。この発生起源推定には、翅と降水の水素同位体比の関係を示す式が用いられている。そして環境水の水素同位体比がトンボの翅へ約0.91倍で移行するとされている。しかし、この推定には他種のトンボの生息地の降水と翅に含まれる水素同位体の関係式を根拠としている点、および幼虫が成虫している環境に含まれる水素同位体そのまま翅を形成するキチン質に移行することが前提としている点に改善の余地がある。

本研究では飼育水や餌から成虫の翅へ水素同位体比の移行を明らかにすることを目的として室内実験を行った。人工的に管理した環境下で飼育水、餌を制御しウスバキトンボ幼虫から成虫まで飼育し、環境水とウスバキトンボ成虫の翅に含まれる水素同位体比の関係式を算出した。

2. 材料と方法

ウスバキトンボの卵は、宮城県仙台市と静岡県静岡市の2か所で採集した。採取した卵及び幼虫はイオン交換水とdeuterium (99.9%atom, Sigma-Aldrich)を加えた水の5条件(実験Ⅰ: Ctrl, 5 μl /5L, 20 μl /5L, 実験Ⅱ: Ctrl, 126 μl /5L, 270 μl /5L)で飼育した。幼虫から羽化までの飼育は、明暗条件を明期18hr:暗期6hr,湿度を60%に設定したグロースチャンバー(SANYO MLR-351H)内で行った。羽化は幼虫をビニールハウスに移動させ、オイルヒーター(DeLonghi)と暖房を使用しビニールハウス内が25℃以上32℃以下になるように設定した。

実験Ⅰの飼育期間は2022年8月21日から10月15日まで行い、供試個体数は24×3+集団飼育とした。実験Ⅱの飼育期間は2022年9月4日から11月27日まで行い、供試個体数は48×3+集団飼育とした。飼育水は、まず5Lの共洗瓶に作成し、卵から羽化に至るまでに用いた個別飼育容器に分配した。共洗瓶に作成した飼育水をStock水とした。Stock水は作成するたびに採水し、飼育容器の水は約1~2週間ごとに2mlバイアルに採水した。

ウスバキトンボ幼虫にはふ化直後の2齢幼虫から5齢あるいは9齢まではブラインシュ

*福島大学 **大阪公立大学 キーワード: ウスバキトンボ, 水素同位体比, 炭素・窒素同位体比, 移行係数

リンプ *Artemia sp.* を餌として与え、途中から羽化まではヒトスジシマカ *Aedes albopictus* の幼虫を与えた。飼育容器は 24 穴プレート、20cc ビーカー、プラスチックカップをウスバキトンボの幼虫の成長段階に合わせて使用した。

飼育水の水素安定同位体比は総合地球環境学研究所の分析装置 (PICARRO 社製) を利用し、近赤外半導体レーザーを用いたキャビティリングダウン吸収分光法により分析を行った。測定されたデータの内、サンプルの後半 3 回分の測定値を平均して同位体比を算出した。水素安定同位体比は標準物質 (v-SMOW) からの δ 値として示している。

ブラインシュリンプ、ヒトスジシマカ幼虫およびウスバキトンボの翅と羽化殻の水素同位体比の分析は、Thermo Delta V Plus 同位体比質量分析計 (Bremen, Germany) を用いた。分析サンプルは、ウスバキトンボ成虫の翅と羽化殻 64 サンプル、餌に用いたヒトスジシマカ *Aedes albopictus* の幼虫 8 サンプル、ブラインシュリンプ *Artemia sp.* 19 サンプルである。分析サンプルは 2 : 1 クロロホルム : メタノールで洗浄し、ヒュームフード内で一晩乾燥させた後、分析サンプルを銀 3.5 × 5mm カプセルに秤量し Thermo Delta V Plus 同位体比質量分析計 (Bremen, Germany) で分析した。全ての炭素・窒素同位体比の分析は有機物 C・N 同位体比測定装置 (FlashEA-ConFloIV-Delta V advantage) を用いた。紙面の制約から結果では水素同位体比のみ示す。

3. 結果と考察

実験 I の羽化成功数は Ctrl : 9 個体、5 $\mu\text{l}/5\text{L}$: 11 個体、20 $\mu\text{l}/5\text{L}$: 6 個体を得ることができた。実験 II の羽化成功数は Ctrl : 12 個体、126 $\mu\text{l}/5\text{L}$: 14 個体、270 $\mu\text{l}/5\text{L}$: 12 個体となった。実験 I の濃度条件 (Ctrl, 5 $\mu\text{l}/5\text{L}$, 20 $\mu\text{l}/5\text{L}$) の飼育水の平均 $\delta^2\text{H}_{\text{BW}}$ は、Ctrl, 5 $\mu\text{l}/5\text{L}$, 20 $\mu\text{l}/5\text{L}$ のそれぞれの条件で $-43.69 \pm 14.61\%$ 、 $-34.12 \pm 9.98\%$ 、 $-17.22 \pm 6.90\%$ となった。実験 II の濃度条件 (Ctrl, 126 $\mu\text{l}/5\text{L}$, 270 $\mu\text{l}/5\text{L}$) での飼育水の平均 $\delta^2\text{H}_{\text{BW}}$ は、Ctrl, 126 $\mu\text{l}/5\text{L}$, 270 $\mu\text{l}/5\text{L}$ のそれぞれの条件で $-41.37 \pm 17.04\%$ 、 $-111.88 \pm 5.78\%$ 、 $-263.83 \pm 23.53\%$ となった。

ウスバキトンボ成虫の翅の水素安定同位体比 $\delta^2\text{H}_{\text{W}}$ 、羽化殻の水素安定同位体比 $\delta^2\text{H}_{\text{E}}$ および飼育水の水素安定同位体比 $\delta^2\text{H}_{\text{BW}}$ の関係式を以下に示す。

$$\delta^2\text{H}_{\text{W}} = 0.50 \times \delta^2\text{H}_{\text{BW}(\text{average})} - 79.53 \quad (\%)$$

$$\delta^2\text{H}_{\text{E}} = 0.55 \times \delta^2\text{H}_{\text{BW}(\text{average})} - 58.14 \quad (\%)$$

翅 $\delta^2\text{H}_{\text{W}}$ と羽化殻 $\delta^2\text{H}_{\text{E}}$ に対する飼育水の $\delta^2\text{H}_{\text{BW}}$ には非常に強い正の相関がみられた ($R^2 = 0.99$)。飼育水の $\delta^2\text{H}$ とウスバキトンボ成虫の翅の $\delta^2\text{H}$ について直線回帰式 $\delta^2\text{H}_{\text{W}} = 0.50 \times \delta^2\text{H}_{\text{BW}} - 79.53$ が得られた。ウスバキトンボ成虫の翅の $\delta^2\text{H}$ は飼育水の $\delta^2\text{H}$ に強く影響を受けていることが明らかになった ($R^2 = 0.99$)。この関係式から、飼育水の水素同位体比は翅へ約 0.5 倍で移行していることが明らかになった。ウスバキトンボの移動や起源の特定には Hobson (2012) で導き出された直線回帰式 $\delta^2\text{H}_{\text{W}} = -42.5 + 0.91 \times \delta^2\text{H}_{\text{P}}$ が用いられてきた。この関係式は、北米で採取された非移動性のトンボ 3 種類 (*Aeshna interrupta*, *Aeshna umbrosa*, *Pachydiplax longipennis*) の $\delta^2\text{H}_{\text{wing}}$ と原産地から予測される平均年間降水量 $\delta^2\text{H}_{\text{p}}$ との関係から得られたものである。これまでは、降水の水素同位体比がトンボの翅のキチン質へ約 0.9 倍で移行すると考えられていたが、本研究では約 0.5 倍で移行する結果を示した。本研究の結果により、これまでの関係式を見直す必要があることが示唆された。