

イヌワシ *Aquila chrysaetos japonica* の主要餌動物における栄養成分と消化速度

* 布野隆之¹・関島恒夫²・城 斗志夫²・阿部 學³

Nutritive components and digestive rates of principal preys of the Golden Eagle *Aquila chrysaetos japonica*

* Takayuki Funo¹, Tsuneo Sekijima², Toshio Jyo² and Manabu Abe³

¹ The Museum of Nature and Human Activities, Hyogo, Yayoigaoka 6-chome, Sanda Hyogo 669-1546, Japan

² Graduate School of Science and Technology, Niigata University, Ikarashi 2-no-cho 8050, Nishi-ku, Niigata 950-2181, Japan

³ Raptor Japan, Koujimachi 4-5, Chiyoda-ku, Tokyo 102-0083, Japan

* E-mail: funo@hitohaku.jp

Abstract The Golden Eagle switches prey from hare to snakes with the start of leafing in broad-leafed forest, a unique trait to the Japanese subspecies. Because this prey switching during nestling period is likely to cause changes in nutritive component and digestive rates of food, it might influence growth and/or survival of nestlings. To clarify the effect of prey switching on nestlings, the nutritive compositions and digestive rates of flesh of hare and snakes were analyzed. Percentage of mineral nutrition was higher in snakes than in hare, while percentage of organic nutrition was lower in snakes than in hare. Under artificial digestive fluid resembling that of the birds of prey, digestive rates of snakes were slower than those of hare. The prey switching from hare to snakes might decrease intake of organic nutrition which is essential for growth of nestlings because of poor nutrition and slower digestive rates of snakes after the

prey switching.

Key words Artificial digestive fluid, Endangered raptor, Feeding ecology, Hare, Snake

はじめに

健全なヒナの持続的な生産は、鳥類の個体群サイズに大きく影響し、結果として、個体群サイズの縮小や局所的絶滅を回避することにつながる。このため、個体群サイズの小さい種において健全なヒナの持続的生産を実現することは、その種の保全上、極めて重要な課題となる。わが国に生息するイヌワシは総数650羽程度と推定されており（日本鳥類保護連盟 2004）、絶滅が危惧される個体群サイズの小さい種に位置づけられている。なお、近年の1巣あたりの平均巣立ちヒナ数は、1980年代の0.47羽から1990年代の0.23羽にまで落ち込んでいることが報告されており（日本イヌワシ研究会 2014）、その後、現在まで回復のきざしは見られない。これらの現状を踏まえると、イヌワシのヒナの生産数を増加させることは、本種の保全上、急務な課題であることが伺える。

一般に、猛禽類のヒナの生産数に影響する要因は、繁殖ステージの進行に伴って変化することが明らかとなっており、繁殖ステージ初期の産卵期においては、生息地内の餌条件や気象条件に応じ産卵率の変化が（Steenhof et al. 1997）、孵化期においては、気象条件による孵化率の変化が（Calderón et al. 1987）、さらに育雛期においては、ヒナへの給餌量がヒナの巣立ち成功に影響すること（Takeuchi et al. 2006）が報告されている。一方、日本に生息するイヌワシにおいては、北半球に生息する6亜種の中で唯一、特異的に森林環境に生息するために、上述した要因の他に、生息地内における森林環境特性の影響を強く受けることが報告されている。布野ほか（2010）によれば、日本に生息するイヌワシは落葉広葉樹林帯に生息することにより、一般的には育雛期中に落葉樹の展葉が生じることとなり、それに伴ってヒナへの給餌動物がノウサギからヘビ類に切り替わること、さらに、切り替わり前に1日あたり377.5g~533.7gであった給餌量が、切り替わり以降に1日あたり66.0g~118.3gに

¹ 兵庫県立人と自然の博物館
669-1546 兵庫県三田市弥生が丘6丁目

² 新潟大学大学院自然科学研究科
950-2181 新潟県新潟市西区五十嵐2の町8050

³ 日本猛禽類研究機構
102-0083 東京都千代田区麹町4-5 第7麹町ビル45号室

* E-mail: funo@hitohaku.jp

減少し、結果としてヒナの巣立ち時の全長が、切り替わりが観察されなかった事例に比べて6 cm～19 cm小さいことや、全長が19 cm小さかった最小のヒナが巣立ち後に死亡したことが報告されている。

育雛期中におけるノウサギからヘビ類の餌の切り替わりは、ヒナへの給餌量に影響するだけでなく、餌の質が大きく変化することによって、栄養成分やそれらの消化・吸収率に大きく影響する可能性が高い。従って、ノウサギからヘビ類の餌の切り替わりは、給餌量、栄養成分、さらに消化・吸収率の変化によって、複合的にヒナの成長や生存期間に影響する可能性が高いが、具体的に明らかにされていないのが現状である。そこで本研究は、ノウサギからヘビ類への切り替わりがヒナの成長や生存期間にもたらす影響を詳細に理解するために、両餌動物の栄養成分分析と猛禽類の疑似胃液を用いた消化実験を行い、それらの情報をもとに、餌の切り替わりがヒナにもたらす複合的影響について検討した。

方法

1. ノウサギおよびヘビ類の捕獲

栄養成分分析および消化実験に用いる餌動物の検体を入手するために、イヌワシの行動圏内およびその周辺においてノウサギとヘビ類の捕獲を行った。ノウサギの捕獲は、ノウサギ有害鳥獣駆除を兼ね、2005年3月にイヌワシ行動圏の周辺において実施した。捕獲調査によって入手したノウサギは4個体であり、それらを栄養成分分析と消化実験に用いる検体として冷凍保存した。ヘビ類の捕獲は、2005年6月～7月に、イヌワシ行動圏内にて行った。あらかじめ行動圏内に設定したヘビ類捕獲用のセンサスルートを手間隔で踏査し、ヘビ類を探索した。踏査中に捕獲したヘビ類の種名、性別、全長、および体重を記録した後、全長に基づく順位に従い、値の大きかった上位4個体を栄養成分分析と消化実験に用いる検体として冷凍保存した。ヘビ類の検体は、アオダイショウ *Elaphe climacophora* およびシマヘビ *Elaphe quadrivirgata* がそれぞれ2個体であった。

2. ノウサギとヘビ類の栄養成分分析

ノウサギおよびヘビ類の栄養成分分析を行うにあたり、はじめに冷凍保存してあった両餌動物の検体をそれぞれ解凍した。次に、ノウサギについては、頭部、上半身、下半身、前足、および後足の5部位に大別し、それぞれ筋肉部位と骨格部位に解体し、湿重量を測定した。

その後、5部位の筋肉の一部をそれぞれ採取し、栄養成分分析用のサンプルを作成した。また、ノウサギの全身の栄養成分を反映したサンプルとして、5部位の筋肉の湿重量比に基づいた混合サンプルを作成した。作成した頭部、上半身、下半身、前足、後足、および全身のサンプルは、門脇(2001)に従って、水分、灰分、脂肪、蛋白質の4項目を測定した。水分については、それぞれのサンプルを、乾燥前後におけるサンプル重量の差から1 gあたりの含水率を推定した。灰分、脂肪、および蛋白質の3項目については、それぞれのサンプルを乾燥した後、ミキサーを用いて粉碎し、粉末サンプルを用いて測定した。灰分は、粉末サンプルを600℃で24時間燃焼し、燃焼前後におけるサンプル重量の差から1 gあたりの灰分含有率を推定した。脂肪については、粉末サンプルからソックスレー抽出法を用いて脂肪抽出し、抽出前後におけるサンプル重量の差から1 gあたりの脂肪含有率を推定した。蛋白質については、サンプル1 gから含水量、灰分含有量、および脂肪含有量の合計値を差し引いた残部とし、計算によって推定した。

ヘビ類については、全長に基づいて4分割し、それぞれ頭部、背部、腰部、および尾部とした。その後、部位ごとに湿重量をそれぞれ測定した後、上述したノウサギの分析手順に準じ、サンプルの作成および栄養成分分析を行った。

その後、ノウサギとヘビ類の栄養成分の差異を明らかにするために、ノウサギとヘビ類の全身サンプルについて、水分、灰分、脂肪、蛋白質を変数とするMANOVAを実施した。

3. ノウサギとヘビ類の消化時間の測定

ノウサギおよびヘビ類の消化時間を推定するために、両餌動物の消化実験を行った。はじめに、先述したノウサギおよびヘビ類の各部位の筋肉を2 gに調整し、消化実験用のサンプルを作成した。ヘビ類については、筋肉の表皮に角鱗が付着したままイヌワシに摂食されること(武田 1998, 布野 2010)、営巣地において回収したイヌワシのペリットから多数の角鱗が検出されたこと(阿部 学 未発表データ)を踏まえ、筋肉の表皮から角鱗を除去せず、サンプルを調整した。次に、Duke et al. (1975) によって報告されているワシタカ類とフクロウ類の消化液に関する酵素活性とpHの値のうち、ワシタカ類に関するそれぞれの平均値が3.3 mg/ml および1.66であったことを参考に疑似消化液を作成した。疑似消化液の酵素活性は、Duke et al. (1975), Anson

(1938), および金井 (1993) の手順に従い, ヘモグロビンから放出されるチロシン量をもとに消化酵素ペプシンの活性状態を推定し, 猛禽類の酵素活性の平均値となる条件を検討した. その結果, 本研究に用いたペプシンの場合は, pH1.66の溶液1mlに5.8mg加えると, Duke et al. (1975) の報告したワシカ類の酵素活性の平均値となったことから, この溶液を疑似胃液とした. その後, 猛禽類の疑似胃液200mlに, 2gに調整したノウサギまたはヘビ類の各部位のサンプルを1個投入し, ウォーターバスで猛禽類の平均体温である39℃に保ちながら, 投入から18時間後までは1時間ごとに, 18時間以降は4時間ごとに, サンプルの重量を0.01g単位で測定した. 消化実験は, サンプルの重量減少が0.01g未満となるまで継続した.

消化実験後, ノウサギおよびヘビ類の各部位ごとに, 経過時間とサンプル重量の変化を集計した. その後, 反復測定によるANOVAにより, ノウサギとヘビ類の筋肉における消化傾向の差異を明らかにした.

結 果

1. ノウサギとヘビ類の栄養成分

ノウサギおよびヘビ類の栄養成分を図1に示した. 測定項目とした水分, 灰分, 脂肪, および蛋白質のうち, 無機的栄養成分である水分および灰分は, 全身および部位ごとのサンプルとも, ヘビ類の含有率がノウサギに比べて高かった. 一方, 有機的栄養成分である脂肪および蛋白質は, 全身および部位ごとのサンプルとも, ヘビ類の含有率がノウサギに比べて低かった. ノウサギとヘビ類の全身サンプルを対象に, 各栄養成分を変数とするMANOVAを実施したところ, 1%水準で有意であり (Pill's trace = 0.992, $F(3, 12) = 89.808, P < 0.01$), ノウサギとヘビ類の栄養成分に差異があることが明らかとなった.

2. ノウサギとヘビ類の消化時間

消化実験に伴うノウサギおよびヘビ類の筋肉の重量推移を図2に示した. ノウサギのサンプルは, 全身および各部位とも, 実験開始直後から著しく減少し, すべてのサンプルが18時間以内に0gとなった. 一方, ヘビ類のサンプルの重量は, 実験開始直後から減少するものの, その傾向はノウサギに比べて緩やかであった. さらに, ヘビ類のサンプルの重量は, ノウサギのサンプルがすべて0gとなった実験開始後18時間の時点で0.66g~1.35gが

残っており, サンプルの残存率は33%~67%に達し, 重量減少が停止した時点では, 0.20g~0.27gが残り, その残存率は10%~14%に及んだ. ヘビ類のサンプルの重量減少が停止した時間 (平均値±標準誤差) は, 実験開始後, 頭部では45±5.4時間, 背部では48±2.3時間, 腰部では62±10.9時間, および尾部では88±13.7時間となり, ノウサギに比べて, 部位に応じて2.5倍~4.9倍も長かった. ノウサギおよびヘビ類のサンプルの重量推移は, 1%水準で有意な差異が認められた (反復測定によるANOVAを用いたノウサギの下半身とヘビ類の頭部との比較, $F(1, 6) = 22.507, P < 0.01$).

考 察

本研究により, ヘビ類の筋肉における栄養成分の含有率は, ノウサギに比べ, 無機質成分では高く, 有機質成分では低いことが明らかとなった. また, 疑似胃液内におけるヘビ類のサンプルの重量は, ノウサギに比べて緩やかに減少し, 重量減少が停止した時点で10%~14%が残存することが判明した. 以下では, 本研究で明らかとなったノウサギとヘビ類の栄養成分, および疑似胃液内における重量推移の差異に基づき, 布野ほか (2010) によって報告されたノウサギからヘビ類への餌の切り替わりが, ヒナの成長や生存率にもたらす影響について考察する.

一般に, 鳥類のヒナの成長は, 脂肪や蛋白質といった有機質に大きく影響されることが知られている. 例えば, ミツユビカモメ *Rissa tridactyla* とエトピリカ *Fratercula cirrhata* のヒナの体サイズは, カラフトシシャモやイカナゴなどの脂肪含有率の高い魚種を摂食した場合に, スケトウダラなど脂肪含有率の低い魚種を摂食した場合に比べて大きいことが報告されている (Romano et al. 2000). また, キンカチョウ *Poephila guttata* においては, 餌の蛋白質含有率がヒナサイズに影響し, 含有率38%の餌を摂食したヒナの体サイズは, 含有率7%の餌を摂食したヒナに比べて大きいことが明らかとなっている (Boag 1987). これらの報告を考慮すると, イヌワシの給餌動物が有機質含有率の高いノウサギから含有率の低いヘビ類へと切り替わることは, 有機質含有率の低下を通して, ヒナの成長が大きく制約される可能性を示している.

一方, 疑似胃液中におけるヘビ類のサンプルの重量は, ノウサギに比べて緩やかに減少し, 重量減少が停止した時点で10%~14%が残存することが判明した.

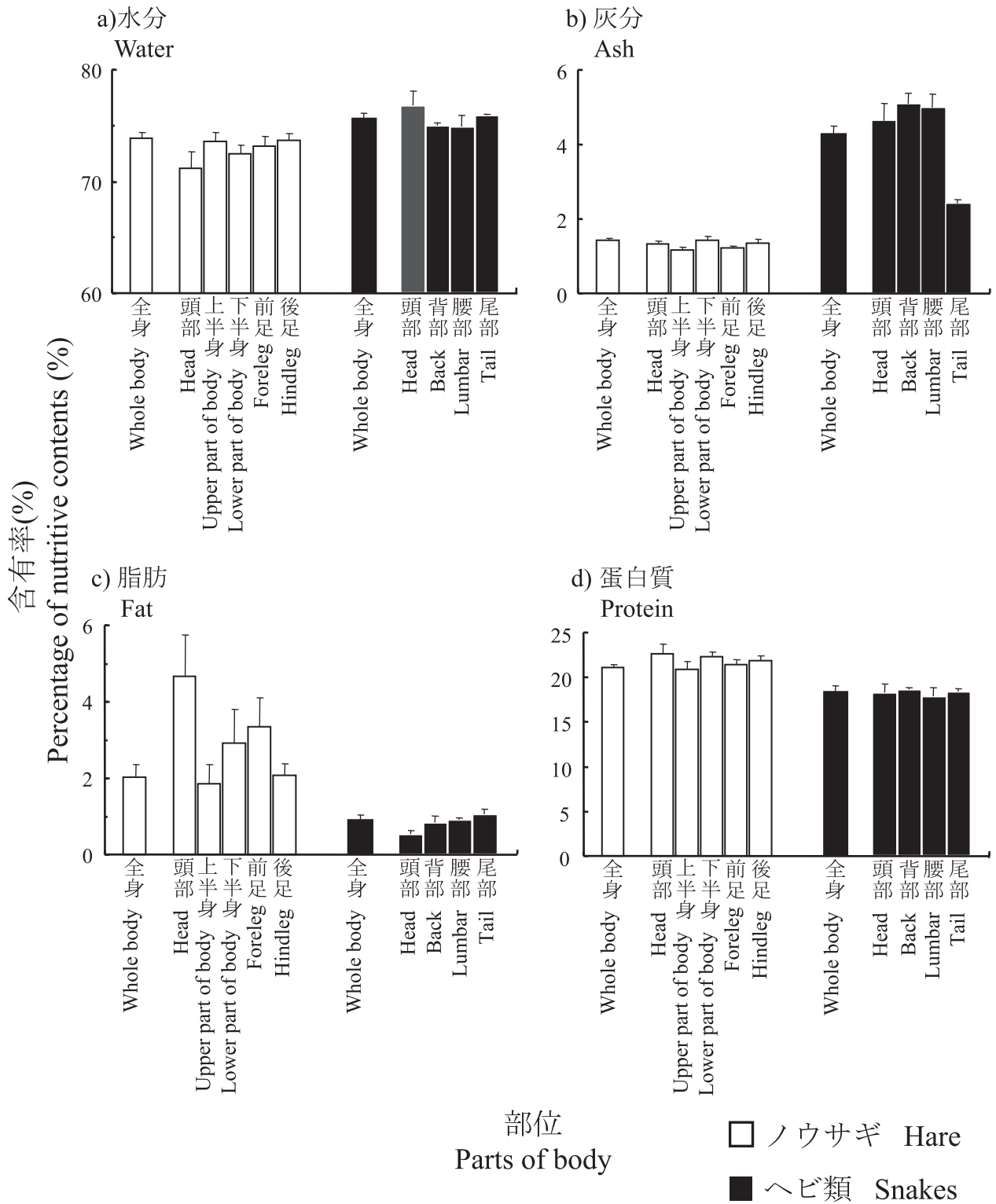


図1. ノウサギおよびヘビ類の栄養成分とその含有率. エラーバーは、標準誤差を示す.

Fig. 1. Nutritive compositions in some body parts of hare and snakes. Error bars indicate standard error.

これは、ヒナがヘビ類を摂食した場合、摂食部の全てを消化・吸収することはできないことを意味する。さらに、布野ほか (2010) が報告した落葉樹の展葉前におけるノウサギの給餌量および展葉後におけるヘビ類の給餌量が、1日あたり最大で、それぞれ533.7gおよび

118.3gであったことに基づき、ヒナによる消化・吸収量を推定すると、ノウサギでは533.7gの全てが消化・吸収されるのに対し、ヘビ類では、摂食部の10%~14%が残存することに伴って、101.7g (118.3・0.9) ~ 106.5g (118.3・0.86) となる。言い換えるとヒナの成長

に寄与する餌量は1日あたり11.8g (118.3・0.1) ~16.6g (118.3・0.14) も減少することになる。

ヘビ類のサンプルがノウサギに比べて緩やかに重量減少し、10%~14%が残存した要因としては、ヘビ類の表皮が角鱗であった影響が大きいと考えられる。角鱗は、ヘビ類の表皮表面が角質化して形成されており、その主成分は、蛋白質分解酵素の作用を受けにくいケラチンである。従って、ヘビ類の表皮下への蛋白質分解酵素の浸透は、表皮表面を覆うケラチンによって著しく阻害され、それが筋肉の消化の遅延をもたらし、結果として、ノウサギに比べて緩やかに重量減少した可能性が高い。また、角鱗が蛋白質分解酵素の作用を殆ど受けないことを考慮すると、角鱗が付着したヘビ類の表皮は、疑似胃

液中において消化されなかったと推察され、消化実験の終了時における主要な残存物となったと考えられた。

このように、育雛期におけるノウサギからヘビ類への切り替わりは、切り替わり後における給餌量の減少（布野ほか 2010）に加え、両餌動物間の有機質含有率、および消化・吸収率の差異により、ヒナの成長に必要な栄養成分の摂取量を著しく低下させる可能性が高く、それらの影響の結果として、イヌワシのヒナの成長や生存期間が制約されると推察される。現在、イヌワシの育雛期間である夏期に、ヘビ類が高頻度に利用されることが日本各地で報告されている（常田・片山 1983；池田ほか 1986；鈴木・立花 1991）。さらに、巢内ヒナの死亡例（池田 1988；堀尾ら 1989；鈴木・立花 1991）や巣立ち

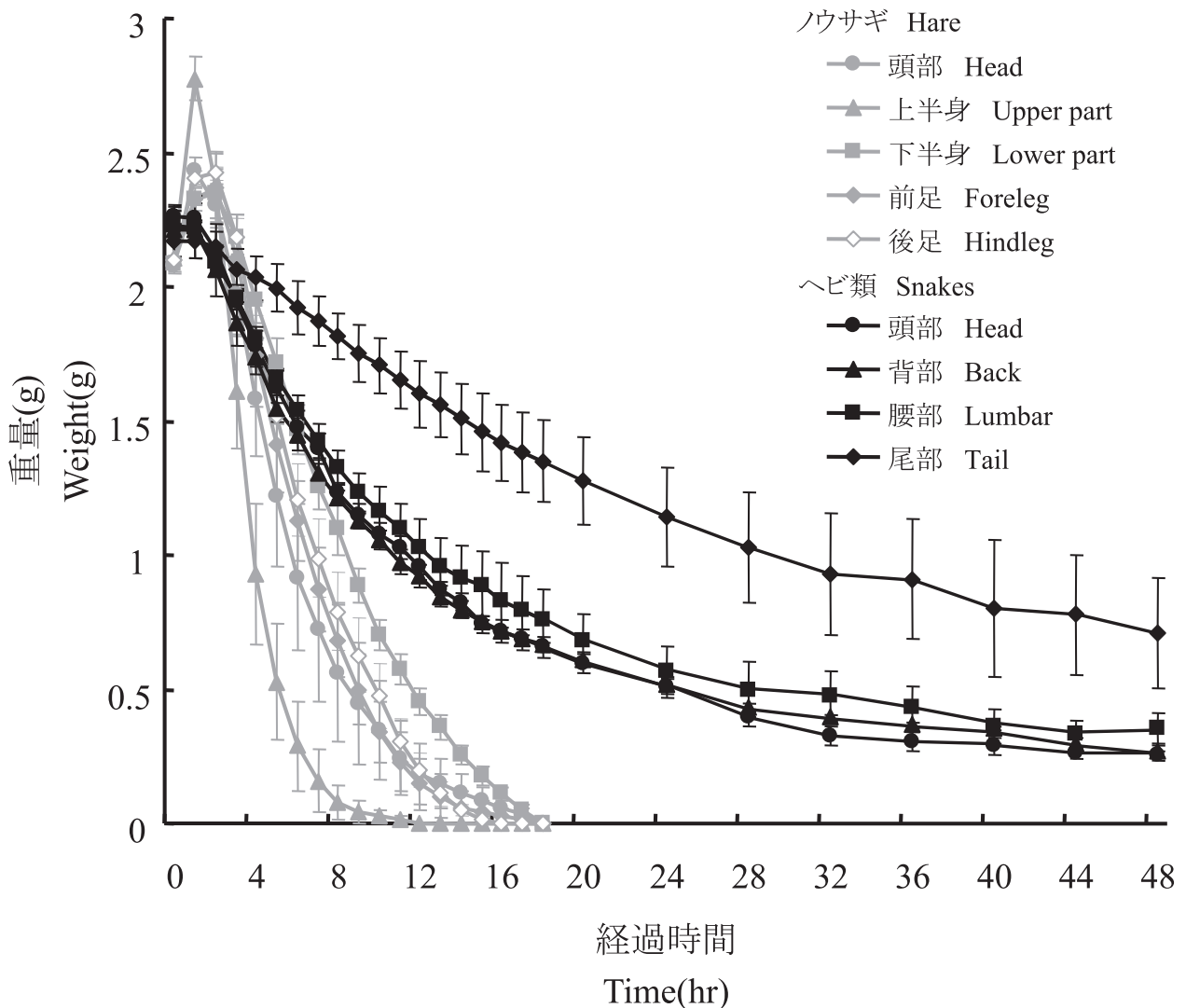


図2. 疑似胃液下におけるノウサギおよびヘビ類の消化速度の推移。図は、実験開始後48時間までの両餌動物種の重量推移を示す。実験開始時における両餌動物の筋肉部位の重量は約2gであった。エラーバーは、標準誤差を示す。

Fig. 2. Changes in digestive rates of flesh sample of hare and snakes under artificial digestive fluid. Digestive processes until 48hours after the start of the experiment were shown. The sample weight of each prey at the start of the experiment was set 2g. Error bars indicate standard error.

直後の保護事例 (阿部 1986; 兵庫県野鳥の会イヌワシグループ 1978; 藤田・千葉 1991) が多数報告されていること考慮すると, 上述したヘビ類がヒナにもたらす複合的影響により, イヌワシの巣立ちヒナ数が制限されている可能性がある。

謝 辞

本研究を行うにあたり, 群馬分析センターの浅川千佳夫氏に終始有益なご助言, ご指導を頂いた。奥只見観光株式会社の星野幸一氏, および元電源開発株式会社の根本理氏, 本田智明氏, さらに両機関の職員の皆様には調査を円滑に進められるよう多大な便宜を図って頂いた。社団法人新潟県猟友会の方々には, ノウサギの捕獲にご尽力を頂いた。ここに深く感謝の意を表する。

摘 要

イヌワシでは, 広葉樹の展葉に伴い, 主要な餌動物がノウサギからヘビ類に切り替わることが明らかとなっている。育雛期における給餌動物の切り替わりは, 栄養成分あるいは消化・吸収率の変化をもたらすため, ヒナの成長や生存に大きな影響を与える可能性が高い。そこで本研究は, ノウサギとヘビ類の栄養成分および消化速度を明らかにすることで, 餌の切り替わりがヒナの成長・生存にもたらす影響を検討した。ヘビ類の栄養成分組成は, ノウサギに比べ, 水分, 灰分などの無機質成分が高く, 脂肪, 蛋白質などの有機質成分が低かった。また, 人工的に作成した疑似胃液を用いたヘビ類の消化率は, ノウサギに比べて低かった。以上の結果より, ノウサギからヘビ類への餌動物の切り替わりは, 主要な栄養成分の変化と消化率の差異によって, ヒナの成長に不可欠な有機質摂取量を制約することが示唆された。

キーワード 人工消化液, 希少猛禽類, 給餌生態, ノウサギ, ヘビ類

引用文献

- 阿部明士 (1986) イヌワシ巣立ち幼鳥の落鳥例経過報告. *Aquila chrysaetos*, 4:29.
- Anson ML (1938) The estimation of pepsin, trypsin, papain, and cathepsin with hemoglobin. *Journal of General Physiology*, 22:79–89.

- Boag PT (1987) Effects of nestling diet on growth and adult size of Zebra finches *Poephila guttata*. *The Auk*, 104:155–166.
- *Calderón J, Castroviejo J, Garcia L, Ferrer M (1987) El Águila Imperial (*Aquila adalberti*) en Doñana: algunos aspectos de su reproducción. *Alytes*, 5:47–72.
- Duke GE, Jegers GL, Evanson OA (1975) Gastric digestion in some raptors. *Comparative Biochemistry and Physiology part A: Physiology*, 50:649–656.
- 藤田雅彦・千葉和彦 (1991) 秋田県田沢湖町で保護されたイヌワシ幼鳥の放鳥. *Aquila chrysaetos*, 3:13–17.
- 布野隆之・関島恒夫・阿部 學 (2010) 落葉樹の展葉に伴うイヌワシ *Aquila chrysaetos* の給餌様式の変化. *日本鳥学会誌*, 52:148–160.
- 堀尾岳行・堀本尚宏・藤井睦美 (1989) 滋賀県において樹木営巣したイヌワシ雛の死亡例. *Aquila chrysaetos*, 7:29–30.
- 兵庫県野鳥の会イヌワシグループ (1978) 中国山地にイヌワシを追って. *アニマ*, 59(2):21–27.
- 池田善英 (1988) 敗血症によるイヌワシ巣内雛の死亡例. *日本鳥学会誌*, 37:39–41.
- 池田善英・上馬康生・加藤晃樹・山本正恵 (1986) 石川県下白山山系におけるイヌワシの食性. 石川県白山自然保護センター研究報告, 13:17–29.
- 門脇基二 (2001) 栄養実験のための分析法. 石橋 晃 (監修) 動物栄養試験法. 株式会社養賢堂, 東京, pp. 455–564.
- 金井 泉 (1993) 臨床検査法提要. 金原出版株式会社, 東京, 1970 p.
- 日本鳥類保護連盟 (2004) 希少猛禽類調査報告書 (イヌワシ編). 財団法人日本鳥類保護連盟, 東京, 277 p.
- 日本イヌワシ研究会 (2014) 全国イヌワシ生息数・繁殖成功率調査報告 (1981–2010). *Aquila chrysaetos*, 25:1–13.
- Romano MD, Roby DD, Piatt JF, Kitaysky A (2000) Effects of diet on growth and development of nestling seabirds. Restoration project 98163N final report. Oregon state university, 59 p.
- Steenhof K, Kochert MN, McDonald TL (1997) Interactive effects of prey and weather on Golden Eagle reproduction. *Journal of Animal Ecology*, 66:350–362.
- 鈴木正利・立花繁信 (1991) 南三陸におけるイヌワシの繁殖状況と巣内雛の死亡. *Aquila chrysaetos*, 8:10–12.
- 武田綾子 (1998) 日本におけるイヌワシ *Aquila chrysaetos* の餌環境と繁殖状況に関する研究. 新潟大学大学院自然科学研究科平成11年度修士論文, 新潟, 32 p.
- Takeuchi T, Shiraki S, Nashimoto M, Matsuki R, Abe S, Yatake H (2006) Regional and temporal variations in prey selected by Golden eagle *Aquila chrysaetos* during the nestling period in Japan. *Ibis*, 148:79–87.
- 常田英士・片山磯雄 (1983) 育雛期におけるイヌワシの給餌行動と食物内容. 長野県林務部 (編) 長野県下における特殊鳥類. 長野県林務部, 長野, pp. 13–24.

(*印を付けたものは直接参照できなかった)

(2018年3月15日受理)