

チョウ類を用いた環境評価法について

福島県教育センター 生物研究室

1 はじめに

小学校3年生になると、理科で「自然の事物・現象を比較して差異点や共通点を理解すること」に重点が置かれ、学習することになる。その基礎として「昆虫の飼育」が挙げられ、たいていは5月頃に「モンシロチョウの飼育」を行い、成長過程と体のつくりを比較する能力を育てながら、生物を愛護する態度も育てることになっている。

以上のように小学校の理科教育では、チョウ類をはじめとする昆虫類を教材として用いることが多いが、中学校、高校へと進むにつれて利用が少なくなっているのが現状である。昆虫は種類数では全動物の約70%（95万種）を占め、私たちの生活の中で最も身近な教材の一つである。ここでは中高の教材としても利用できるように、昆虫類の中のチョウ類（節足動物門・昆虫綱・鱗翅目のうちアゲハチョウ上科とセセリチョウ上科に属するもの）を用い、その教材化および環境調査への活用法について紹介する。

2 チョウの特徴

(1) チョウの生活環

チョウは、卵→幼虫→さなぎ→成虫というように大きくその形態を変えながら成長する。なお、幼虫の段階では4回脱皮をし、5齢幼虫になる。

成長の速度はチョウの種類によって異なり、ヤマトシジミは卵から成虫になるまで28日程度なのに対し、ウスバキチョウは約2年かかる。

(2) チョウのからだ

チョウは昆虫類の仲間であるので、からだは、頭・胸・腹の三つの部分に分かれている。頭には、1対の触角と1対の複眼を持っている。胸には、2対の羽と3対の脚がある。羽には鱗粉（りんぷん）と呼ばれる、ウロコ状のもので覆われているのが特徴である。種類によっては、鱗粉の中にメスを引き寄せるためのにおいを発する発香鱗を持っている。



(3) チョウの生態

チョウ成虫は花蜜や樹液を食物資源として利用するものが多く、種類によっていろいろな植物を利用している。それに対し幼虫は種類によって食草・食樹が決まっており、食物資源は限られている。

チョウの大部分は昼間活動するが、セセリチョウ科やジャノメチョウ科の多くは夕方活動する。

また、渡りをするチョウもおり、アサギマダラは数十 km から数百 km 移動する。

(4) チョウ類の生態的分類

チョウ類は、田中(1988)に従って、森林性種と草原性種に分類できる。さらに Kitahara and Fujii(1994)の定義を部分的に改変した Inoue(2003a、b)に従って、チョウ類の二つの生態的特性(幼虫の食性幅と年間発生回数)によって、3種に分類できる。即ち、年1化で幼虫の食草が1科内の10種以内に限定されている狭食性種をスペシャリスト種、逆に多化性で幼虫の食草が1科内の11種以上または2科以上にまたがり記録されている広食性種をジェネラリスト種と分類できる。尚、多化性でかつ狭食性種、あるいは1化性でかつ広食性種については、これらの中間的な性格の種であると考え、中間種として分類できる。

3 福島県のチョウ

福島県は面積が広く、地理的な位置と地形的な特異性によって、チョウ類分布には南限種や北限種を含む特殊性を持っている。そのため、福島県内で確認されたチョウは130種(角田, 1982)である。日本全体では約230種であり、福島県内では全国の約57%のチョウを観察することができる。そのうち、オオウラギンヒョウモンやヒョウモンモドキは福島県(2002)および環境省(2000)の絶滅危惧I類に属して、絶滅が危ぶまれている。また、オオルリシジミは本県では絶滅してしまった。

《参考》

福島県いわき市郊外山域におけるチョウ類群集の多様性と構造

2004年4月から2005年11月まで、福島県いわき市の3地域において、トランセクト法によるチョウ類調査を行った。調査の結果、石森山では7科54種1348個体、水石山では8科49種1416個体、仏具山では8科56種1080個体のチョウ類が、3地域全体では8科69種3844個体が確認された(資料1)。この中で環境省(2000)のレッドリストの準絶滅危惧2種を確認できた。また、分布地域を北東方向に拡大しているツマグロヒョウモン、アオスジアゲハ、モンキアゲハ、ウラギンシジミ、ムラサキシジミなども確認された。3地域全体を込みにしたいわき市の優占種構成は、関東北部地域のそれと類似しており、両地域間で似たような群集構成を持っていることが示唆された。一方、3地域間の比較では、最大種数(56種)は仏具山で確認されたが、森林性スペシャリストの種数は石森山で最大であった(11種)。水石山は確認種数は最も少なかった(49種)が、3地域の中では、草原性種の平均密度が最も高く、森林性種のそれを上回っていた。以上の3地域間の群集構造の違いは、各々の地域の人為的攪乱度の違い、環境構造や植生の違いなどが主に影響しているものと考えられた。3地域の環境評価段階は各評価指数によって違いが認められたものの、3地域共に中自然~多自然、もしくは二次段階から原始段階の中に収まることが分かり、調査した3地域は都市の近郊に位置しているものの、チョウ類群集にとっては比較的良好な生息環境が維持・提供されているものと判断された。



アサギマダラ (いわき市矢大臣)

4 チョウ類を用いた環境調査法

(1) はじめに

チョウ類の各種は、生息環境や生態的特徴（幼虫の食性幅や年間発生回数）などによっていくつかのカテゴリーに分類することができる。したがって、確認されたチョウの種構成と個体数から調査地の環境を評価することが可能である。ここでは、定性的な調査法と定量的な調査法の二つを紹介する。

(2) 観察方法

① 調査ルート決定

- 1) 調査ルートは、300～500m程度に設定する。（負担にならず、授業内でできる範囲で工夫する）
- 2) 調査ルートは、異なる環境構成のルートを2箇所以上選び、比較できるようにする。
（例）住宅地区、河川敷地、公園地区、森林地区、校舎敷地、都市部等

② 観察・記録

- 1) 原則として晴天微風の日の午前10時～午後3時の間に調査ルートを歩き、調査者の前方、左、右、高さそれぞれ約5mの範囲内で目撃したチョウを記録する。
- 2) 調査時期は、5月頃～10月頃で、月2回が望ましい。（月1回でもよい）

③ 同定

観察時に種が分からないチョウは採集して同定する。同定は図鑑を用いるとよい。どうしても分からない場合は専門家に問い合わせることも考えられる。なお、福島県教育センターHPの生物デジタル教材図鑑でも福島県に生息するチョウの種を検索することが可能である（<http://www.center.fks.ed.jp/23seibutu/HTML/kyoudoindex1.html>）。

④ 結果分析

- 1) 結果の分析では、文献のデータ等を参考・引用して、比較・考察も可能である。
- 2) 単年の調査結果の場合、データの解釈の際には、様々な要因によるデータのばらつきがある可能性は考慮すること。

(3) 定性調査法

定性調査法として、巢瀬（1993）による環境指数（EI）を用いる方法がある。EI法では、チョウごとに1～3の指数を定め、観察したチョウごとの環境指数を求めると自然度が推定できる方法である。すなわち、環境指数が高くなると自然度が高くなる。チョウの指数と生息環境の関係は表1の通りである。また、環境指数と環境の関係は表2である。（この方法では、観察した種ごとの数は環境指数の算定には用いず、簡単な計算で環境指数を算出できる点が利点である）

《環境指数（EI）の求め方》

$$EI = \sum x_i$$

ただし、 x_i : i 番目の種の指数。なお、 x_i の指数は巢瀬（1993）の表参照。

表1 チョウの指数と生息環境

指数	主な生息環境	例
1	人が定住している環境	アゲハ、モンシロチョウ
2	1と3の中間的な環境	ギフチョウ、キチョウ
3	原始状態の環境	ベニヒカゲ(高山チョウ)

表2 EIによるチョウ類にとっての環境の分類

環境指数	自然度の名称	具体的な環境
0～9	貧自然	都市中央部
10～39	寡自然	住宅地・公園緑地
40～99	中自然	農村・人里
100～149	多自然	良好な林や草原
150～	富自然	きわめて良好な林や草原

(4) 定量調査法

定量調査法として、田中（1988）の環境存在比（ER）を用いる方法がある。環境存在比では、環境階級を原始段階（非定住非利用）、二次段階（非定住利用）、三次段階（農村・人里）、四次段階（都市・工業社会）に分類し、下式で求める。下式によれば、算出された各段階における ER 値は合計が 10 となり、各段階がどのような割合で分布するかによってその環境を判断することができる。

《環境存在比（ER）の求め方》

$$ER_{(x)} = (\sum x_i \cdot T_i \cdot I_i) / (\sum T_i \cdot I_i)$$

ただし、 x_i : i 番目の種の各環境段階（原始段階(ps), 二次段階(as), 三次段階(rs), 都市段階(us)）の生息分布度, T_i : i 番目の種の個体数, I_i : i 番目の種の指標値。なお、 x_i と I_i の値は田中（1988）の表参照。

<引用・参考文献>

- [1]福島県 「レッドデータブックふくしま I 植物・昆虫類・鳥類」（福島県生活環境部環境政策課、2002年）
- [2]Inoue 「Butterfly fauna in and near the Ogawa forest reserve (*Bulletin of the Forestry and Forest Products Research Institute* 2)」 (2003年 a)
- [3]Inoue 「Chronosequential change in a butterfly community after clear-cutting of deciduous forests in a cool temperate region of central Japan (*Entomological Science* 6)」 (2003年 b)
- [4]角田伊一 「福島県の蝶」（歴史春秋社、1982年）
- [5]環境省 「日本産昆虫類レッドリスト」 URL:<http://www.biodic.go.jp/> (2000年)
- [6]永田斉寿・飯塚日向子・北原正彦「福島県いわき市郊外山域におけるチョウ類群集の多様性と構造（環動昆 17）」 (2006年)
- [7]ふろてんワールド:蝶の百科ホームページ (<http://www.pteron-world.com/>)
- [8]文部科学省「小学校学習指導要領解説 理科編」（大日本図書、2008年）
- [9]巢瀬司他 「日本産蝶類の衰亡と保護第2集」（日本鱗翅学会、1993年）
- [10]田中蕃他 「蝶類学の最近の進歩」（日本鱗翅学会、1988年）
- [11]内山裕之・栃本武良 「生物による環境調査事典」（東京書籍、2004年）
- [12]渡辺守他 「昆虫と自然 37(7)」（ニューサイエンス社、2002年）
- [13]矢田脩 「昆虫と自然 31(14)」（ニューサイエンス社、1996年）

資料1 福島県いわき市郊外山域で確認されたチョウ類の種及び平均密度(2004~2005年調査)

種名		平均密度(個体数/km)									
		2004年			2005年			2004-2005年			
		石森山	水石山	仏具山	石森山	水石山	仏具山	石森山	水石山	仏具山	
シジミチョウ科 Lycaenidae											
1	ベニシジミ	<i>Lycaena phlaeas</i> (Linnaeus)	0.37	0.36	0.03	1.14	0.92	0.47	0.75	0.64	0.25
2	ヤマトシジミ	<i>Zizeeria maha</i> (Kollar)	2.82	0.12	0.00	4.18	0.03	0.00	3.50	0.07	0.00
3	ムラサキシジミ	<i>Narathura japonica</i> (Murray)	0.04	0.00	0.00	0.02	0.09	0.00	0.03	0.04	0.00
4	ツバメシジミ	<i>Everes argiades</i> (Pallas)	0.56	0.36	0.22	0.13	0.42	0.16	0.34	0.39	0.19
5	アカシジミ	<i>Japonica lutea</i> (Hewitson)	0.04	0.03	0.03	0.00	0.06	0.03	0.02	0.04	0.03
6	ルリシジミ	<i>Cerastrina argiolus</i> (Linnaeus)	0.09	0.00	0.16	1.27	0.60	2.00	0.68	0.30	1.08
7	ウラダラゴマシジミ	<i>Artopoetes pryeri</i> (Murray)	0.02	0.00	0.06	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.03
8	オオミドリシジミ	<i>Favonius orientalis</i> (Murray)	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00
9	ミヤマカラスシジミ	<i>Strymonidia mera</i> (Janson)	0.00	0.06	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.04	0.00
10	コツバメ	<i>Callophrys ferrea</i> (Butler)	0.00	0.00	0.19	0.06	0.09	0.13	0.03	0.04	0.16
11	ウラギンシジミ	<i>Curetis acuta</i> Moore	0.19	0.00	0.03	0.30	0.00	0.00	0.25	0.00	0.02
12	ウラナミシジミ	<i>Lampides boeticus</i> (Linnaeus)	0.04	0.00	0.06	0.09	0.00	0.00	0.06	0.00	0.03
13	ゴイシジミ	<i>Taraka hamada</i> (H. Druce)	0.00	0.03	0.00	0.00	0.06	0.00	0.00	0.04	0.00
14	エゾミドリシジミ	<i>Favonius jezoensis</i> (Matsumura)	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00
15	ウラナミアカシジミ	<i>Japonica saepestriata</i> (Hewitson)	0.00	0.00	0.00	0.22	0.00	0.00	0.11	0.00	0.00
シロチョウ科 Pieridae											
1	スズゲシロチョウ類	<i>Pieris (Artogeia) ssp.</i>	1.25	0.33	2.75	1.53	1.22	6.63	1.39	0.77	4.69
2	ツマキチョウ	<i>Anthocharis scolymus</i> (Burler)	0.02	0.00	0.00	0.11	0.00	0.22	0.06	0.00	0.11
3	キチョウ	<i>Eurema hecabe</i> (Linnaeus)	2.44	1.46	0.66	2.59	0.48	0.44	2.51	0.97	0.55
4	モンシロチョウ	<i>Pieris rapae</i> (Linnaeus)	0.02	0.00	0.06	0.00	0.06	0.09	0.01	0.03	0.08
5	モンキチョウ	<i>Colias erate</i> (Esper)	0.37	1.49	0.25	0.11	1.10	0.09	0.24	1.29	0.17
セセリチョウ科 Hesperidae											
1	アオハセセリ	<i>Choaspes benjaminii</i> (Guerin—Meneville)	0.02	0.00	0.06	0.06	0.00	0.06	0.04	0.00	0.06
2	ダイミョウセセリ	<i>Daimio tethys</i> (Menetries)	0.24	0.21	0.56	0.30	0.71	0.88	0.27	0.46	0.72
3	コチャバネセセリ	<i>Thoressa varia</i> (Murray)	0.00	0.15	0.03	0.00	1.70	0.28	0.00	0.92	0.16
4	ミヤマセセリ	<i>Erynnis montanus</i> (Bremer)	0.09	0.09	0.13	0.65	0.21	0.34	0.37	0.15	0.23
5	オオチャバネセセリ	<i>Polytremis pellucida</i> (Murray)	0.09	0.09	0.00	0.00	0.06	0.00	0.04	0.07	0.00
6	ヒメキマダラセセリ	<i>Ochlodes ochraceus</i> (Bremer)	0.00	0.03	0.34	0.00	1.34	0.91	0.00	0.68	0.63
7	キンイロモンシセセリ	<i>Leptalina unicolor</i> (Bremer&Grey)	0.00	0.03	0.00	0.00	0.09	0.13	0.00	0.06	0.06
8	キマダラセセリ	<i>Potanthus flavum</i> (Murray)	0.00	0.00	0.03	0.02	0.15	0.09	0.01	0.07	0.06
9	イチモンジセセリ	<i>Parnara guttata</i> (Bremer & Grey)	0.11	0.33	0.72	0.11	0.77	0.19	0.11	0.55	0.45
10	チャバネセセリ	<i>Pelopidas mathias</i> (Fabricius)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.02
ジャノメチョウ科 Satyridae											
1	キマダラヒカゲ類	<i>Neope ssp.</i>	0.37	1.52	0.13	0.24	0.33	0.16	0.30	0.92	0.14
2	ヒメウラナミジャノメ	<i>Ypthima argus</i> (Butler)	0.43	0.36	0.00	0.34	0.63	0.19	0.39	0.49	0.09
3	ゴジャノメ	<i>Mycalesis francisca</i> (Stoll)	0.11	0.03	0.16	0.02	0.00	0.03	0.06	0.01	0.09
4	クロヒカゲ	<i>Lethe diana</i> (Butler)	0.37	0.42	0.28	0.04	0.86	0.19	0.20	0.64	0.23
5	ジャノメチョウ	<i>Minois dryas</i> (Scopoli)	0.02	3.90	0.19	0.02	8.24	0.25	0.02	6.07	0.22
6	ヒカゲチョウ	<i>Lethe sicelis</i> (Hewitson)	0.13	0.60	0.09	0.09	0.36	0.03	0.11	0.48	0.06
7	ヒメキマダラヒカゲ	<i>Zophoessa callipteris</i> (Butler)	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00
8	ヒメジャノメ	<i>Mycalesis gotama</i> Moore	0.00	0.00	0.00	0.04	0.09	0.03	0.02	0.04	0.02

種 名		平均密度(個体数/km)									
		2004年			2005年			2004-2005年			
		石森山	水石山	仏具山	石森山	水石山	仏具山	石森山	水石山	仏具山	
タテハチョウ科 Nymphalidae											
1	アカタテハ	<i>Vanessa indica</i> (Herbst)	0.19	0.12	0.13	0.54	0.03	0.28	0.37	0.07	0.20
2	ルリタテハ	<i>Kaniska canace</i> (Linnaeus)	0.09	0.03	0.06	0.37	0.03	0.06	0.23	0.03	0.06
3	ヨミシジ	<i>Neptis sappho</i> (Pallas)	0.69	0.60	1.34	0.56	0.03	0.59	0.63	0.31	0.97
4	イチモンジチョウ	<i>Ladoga camilla</i> (Linnaeus)	0.00	0.51	0.63	0.09	0.21	0.66	0.04	0.36	0.64
5	オオムラサキ	<i>Sasakia charonda</i> (Hewitson)	0.28	0.00	0.00	0.13	0.00	0.00	0.20	0.00	0.00
6	スミナガシ	<i>Dichorragia nesimachus</i> (Doyere)	0.06	0.00	0.19	0.15	0.00	0.00	0.11	0.00	0.09
7	クモガタヒョウモン	<i>Nephargynnis anadyomene</i> (C.&R.Felder)	0.02	0.24	0.06	0.04	0.42	0.59	0.03	0.33	0.33
8	コマダラチョウ	<i>Hestina japonica</i> (C. & R.Felder)	0.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.06	0.00	0.00
9	キタテハ	<i>Polygonia c-aureum</i> (Linnaeus)	0.09	0.06	0.34	0.15	0.18	0.41	0.12	0.12	0.38
10	ミドリヒョウモン	<i>Argynnis paphia</i> (Linnaeus)	0.02	0.06	0.22	0.00	0.00	0.97	0.01	0.03	0.59
11	オオウラギンシシヒョウモン	<i>Argyronome ruslana</i> (Motschulsky)	0.00	0.00	0.06	0.00	0.12	0.06	0.00	0.06	0.06
12	クシヤクチョウ	<i>Inachis io</i> (Linnaeus)	0.04	0.09	0.06	0.06	0.00	0.72	0.05	0.04	0.39
13	ウラギンシシヒョウモン	<i>Argyronome laodice</i> (Pallas)	0.00	0.36	0.06	0.04	1.64	0.69	0.02	1.00	0.38
14	ヒオドシチョウ	<i>Nymphalis xanthomelas</i> (Denis & Schiffermuller)	0.19	0.00	0.13	0.17	0.06	0.22	0.18	0.03	0.17
15	ウラギンヒョウモン	<i>Fabriciana adippe</i> (Denis & Schiffmuller)	0.00	1.25	0.00	0.00	2.11	0.00	0.00	1.68	0.00
16	サカハチチョウ	<i>Araschnia burejana</i> Bremer	0.00	0.00	0.34	0.00	0.00	0.81	0.00	0.00	0.58
17	ミスジチョウ	<i>Neptis philyra</i> (Menetries)	0.00	0.00	0.06	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.05
18	ツマクロヒョウモン	<i>Argreus hyperbius</i> (Linnaeus)	0.00	0.00	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03
19	コムラサキ	<i>Apatura metis</i> Freyer	0.00	0.00	0.06	0.00	0.00	0.13	0.00	0.00	0.09
20	ヒメアカタテハ	<i>Cynthia cardui</i> (Linnaeus)	0.00	0.00	0.06	0.02	0.06	0.06	0.01	0.03	0.06
21	メスグロヒョウモン	<i>Damora sagana</i> (Doubleday)	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.09	0.01	0.00	0.05
22	アサマイチモンジ	<i>Limenitis glorifica</i> (Fruhstorfer)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.02
アゲハチョウ科 Papilionidae											
1	カラスアゲハ	<i>Papilio bianor</i> Cramer	0.09	0.21	0.19	0.54	0.36	0.47	0.31	0.28	0.33
2	キアゲハ	<i>Papilio machaon</i> (Linnaeus)	0.60	0.21	0.41	0.69	0.21	0.47	0.65	0.21	0.44
3	オナカアゲハ	<i>Papilio macilentus</i> Janson	0.24	0.00	0.03	0.04	0.00	0.16	0.14	0.00	0.09
4	アオシミアゲハ	<i>Graphium sarpedon</i> (Linnaeus)	0.26	0.03	0.13	0.26	0.00	0.06	0.26	0.01	0.09
5	アゲハ	<i>Papilio xuthus</i> (Linnaeus)	0.04	0.03	0.00	0.02	0.00	0.03	0.03	0.01	0.02
6	モンキアゲハ	<i>Papilio helenus</i> (Linnaeus)	0.04	0.00	0.00	0.04	0.00	0.09	0.04	0.00	0.05
7	クロアゲハ	<i>Papilio protenor</i> Cramer	0.00	0.00	0.00	0.06	0.06	0.00	0.03	0.03	0.00
テングチョウ科 Libytheidae											
1	テングチョウ	<i>Libythea celtis</i> (Laicharting)	0.02	0.21	0.00	0.60	0.00	0.19	0.31	0.10	0.09
マダラチョウ科 Danaidae											
1	アサギマダラ	<i>Parantica sita</i> (Kollar)	0.00	0.00	0.13	0.00	0.03	0.13	0.00	0.01	0.13
全種	種数		46	38	46	45	41	50	54	49	56
	平均密度(個体数/km)		13.43	15.98	11.97	18.28	26.22	22.03	15.85	21.10	17.00
森林性種	種数		32	25	32	31	27	35	38	33	38
	平均密度(個体数/km)		8.08	7.59	9.34	10.91	11.79	18.38	9.49	9.69	13.86
草原性種	種数		14	13	14	14	14	15	16	16	17
	平均密度(個体数/km)		5.34	8.39	2.63	7.37	14.43	3.66	6.36	11.41	3.14