

論文：

キリギリス
(*Gampsocleis buergeri* de Hann & *G. micado* Burr)
(Orthoptera: Tettigoniidae) の卵休眠

新井哲夫⁽¹⁾

Egg diapause of *Gampsocleis buergeri* de Hann and *G. micado* Burr
(Orthoptera: Tettigoniidae)

Tetsuo ARAI

Abstract:

The katydid, *Gampsocleis buergeri* (de Hann, 1843), which inhabit the Japanese archipelago, hatches around the beginning and middle of May. The adults emerge in July-August and lay either annual- or biennial-type eggs. Annual-type eggs overwinter in a state of final diapause and hatch in the spring, and there is only one generation per year. The biennial-type eggs, which hatch after overwintering twice, pass their first winter in a state of initial diapause and their second winter in a state of final diapause to produce one generation every two years. A single female can lay both annual-and biennial-type eggs. If eggs are incubated at 20°C, then they will produce biennial-type eggs. Interestingly, the period of dormancy can exceed two years and is independent of habitat. The percentage of annual-type eggs in katydids from Aomori Prefecture was very low at 0-20% of the total number of eggs laid. Conversely, the percentage of annual-type eggs in katydids ranging from Machida City (Tokyo metropolis) to Matsuyama City (Ehime Prefecture) was 65.5-90%. Under conditions similar to those in the natural environment in Hirosaki City (Aomori Prefecture), the percentage of annual-type eggs laid by katydids from Aomori Prefecture decreased at the beginning of August, when the day length was approximately 13.5 h, and the end of August in katydids from Tokyo, Kyoto and Matsuyama, when the day length was about 13 h. The percentage of annual-type eggs laid by katydids that emerged on the same day decreased at around the same time under near-natural and constant conditions (25°C, 16L:8D). The percentage of annual-type eggs in broods vary according to geography, likely in response to hereditary and environment factors; however, these results suggest that preselection of annual- and biennial-type eggs is largely affected by adult age.

Key words : *Gampsocleis* (Orthoptera: Tettigoniidae), egg diapause, annual egg, biennial egg, geographic variation

キーワード：キリギリス、卵休眠、1年卵、2年卵、地理的変異

緒論

キリギリス（1990年代までの学名は*Gampsocleis buergeri* de Hann）の休眠卵には、1年卵と2年卵があり、8月から9月上旬にかけての早い時期に産下された卵には1年卵が多く、それ以後の遅い時期に産

まれた卵には、2年卵の多いことが報告されている（梅谷、1953）。そこで、1年卵・2年卵の比率の地理的変異及び1年卵・2年卵の決定要因、特に成虫の日齢と環境の影響について調べた。

安藤（1987、1995、2004）は、北海道のハネナガキリギリス *G. ussuriensis*、本州のキリギリス（ヒガシキリギリス *G. micado*、ニシキリギリス *G.*

(1) 元生活科学部生活環境学科環境生態学研究室・共通教育機構教授
現住所：562-0005 箕面市新稲5-20-31

buergeri) 及びオキナワキリギリス *G. ryukyuensis* で調査し、成虫雌1個体が、1年卵と2年卵を産下し、産卵時期が遅くなると2年卵の比率が高まり、日本列島の北ほど2年卵の比率が高まることを報告している。また卵の休眠性について、1回越冬する1年卵や2年卵やそれ以上の長期休眠卵のあることも報告している(安藤、1993)。

本州に生息するキリギリスは、本研究を行った1970年～1975年において1種類であった。現在では、ヒガシキリギリスとニシキリギリスの2種類に分類されている(市川ら、2006)。本研究におけるキリギリスの採集地は、現在のヒガシキリギリスとニシキリギリスの分布域であるが、本論文では単に『キリギリス』として記述した。また、キリギリスの卵の休眠性について、2年卵以上の休眠卵について報告されているが(安藤、1993)、本論文では、1年卵・2年卵として示した。

1 材料及び方法

1) 材料

実験には、青森県鯨ヶ沢町(以後AZG)・青森市(以後AOM)、青森県田子町(以後TAK)、東京都町田市(以後MCD)、京都府亀岡市(以後KMO)、愛媛県松山市(以後MYM)で採集したキリギリス及び北海道札幌市(以後SAP)のハネナガキリギリスを用いた。採集地の緯度・経度・標高及び供試虫の採集年は、図1に示した。

- A 北海道札幌市西区西野 (43.1°N, 141.3°E, 標高約145m) (1975年)
- B 青森県鯨ヶ沢町 (40.8°N, 140.2°E, 標高約2m) (1970～1975年)
- C 青森県青森市 (40.8°N, 140.8°E, 標高約9m) (1971年)
- D 青森県田子町 (40.3°N, 141.1°E, 標高約141m) (1975年)
- E 東京都町田市 (35.6°N, 139.5°E, 標高約97m) (1975年)
- F 京都府亀岡市 (35.0°N, 135.6°E, 標高約91m) (1972年)
- G 愛媛県松山市 (33.8°N, 132.8°E, 標高約40m) (1971年)



図1 キリギリスの採集地(緯度・経度・標高)と採集年(日本白地図:帝国書院、2012)

2) 方法

① 採集時期

AZGで採集したキリギリスは、1齢幼虫と少数の2齢幼虫であった。AOM、TAK、MCD、KMO、MYMでは、成虫を採集した。SAPのハネナガキリギリスは、終齢幼虫を採集した。

② 飼育場所

幼虫・成虫を採集した後、青森県弘前市の弘前大学農学部(40.6°N、140.5°E)の学内圃場温室及び恒温室(25℃、16L:8D)で飼育した。温室は、4月～5月は加温されたが、6月以降は加温されず、温室内の温度の上昇を防ぐために温室の側面のガラス窓が解放された。8月の弘前市の平均気温は、23.5℃(最高気温28.9℃、最低気温19.1℃)で、9月の平均気温は、18.9℃(最高気温24.5℃、最低気温14.3℃)であることから、温室内の温度(1975年)は、弘前市の気温よりかなり高かった(図2)。日長は、自然日長であった。

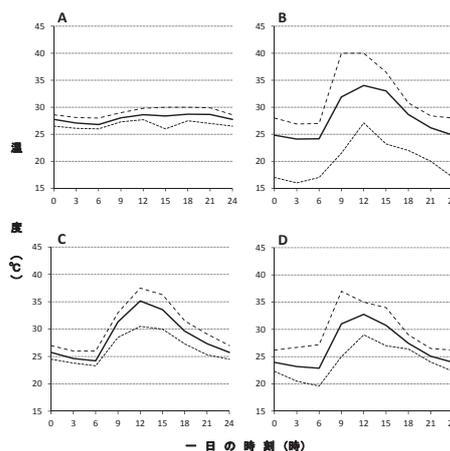


図2 青森県弘前市弘前大学農学部温室の一日の温度の変動
 A: 1975年4月27日～5月10日の平均
 B: 1975年8月7日～8月20日の平均
 C: 1975年8月28日～9月5日の平均
 D: 1975年9月18日～9月22日の平均
 —: 日平均温度
 - - -: 日最高温度
: 日最低温度

③ 飼育方法

幼虫は、中齢まで複数個体を金網製ケースで飼育し、幼虫期後半から、2リットルビーカーで個体飼育した。幼虫の飼育において、脱皮時の脱落や共食いを防ぐため、木の枝などを金網製ケースやビーカー内に設置した。成虫は、2リットルビーカーで1匹飼育した。成虫・幼虫の餌として、ヨトウガ *Barathra brassicae* の幼虫や蛹、コオロギ、鰹節、マウス用固形飼料、ニンジン、キュウリ、タマネギを適宜与えた。1・2齢の若齢幼虫には、それら他に小麦(種子は弘前大学作物学研究室提供)の

芽だしを与えた。

④ 採卵及び卵保持の方法

随時雌雄一対又は複数個体を金網製ケース内(30cm×30cm、高さ60cm)に入れ、交尾・産卵させた。採卵は、温室と恒温室(AZG及びMCDの一部)で行い、煮沸消毒・乾燥させた後に適切に湿らせた細かい砂をいれた直径約9cm、高さ約12cmの500ccビーカーに産卵させた。

AZG・TAK・MCD・KMOで採集したキリギリスは、個体ごとに採卵し、AOM・MYMのキリギリスは、複数個体で採卵した。SAPのハネナガキリギリスは、AZGのキリギリスとの交配実験のみで、数は少ないが個体ごとに採卵した。産卵後24時間以内に卵を取り出し、直径約12cmのガラスシャーレ内の湿ったろ紙上に置き、25℃の恒温室に保った。

⑤ 1年卵と2年卵の判定

1970年5月下旬、青森県鱒ヶ沢町で1・2齢幼虫を採集し、その後自然に近い条件で飼育した。産卵24時間以内の卵を25℃に移し、その後約7か月間、胚子の発育を随時観察した結果、産卵後5~6週間で卵殻を通して眼点が見える状態まで発育した卵を1年卵、それ以外を2年卵として判定できることが分かった(図3)。このことから、産卵後25℃で約10週間経過した時点における眼点の有無によって、1年卵と2年卵を判定した。本研究(1970年~1975年)の遂行後、2年卵以上の長期休眠卵の存在が示されたが(安藤、1993)、本論文では、1年卵以外を2年卵として示した。1年卵と2年卵の比率は、産卵後10週間目の調査時点での生存卵で示した。約7カ月後にも調査したが、生存率は、ほぼ同程度であった。

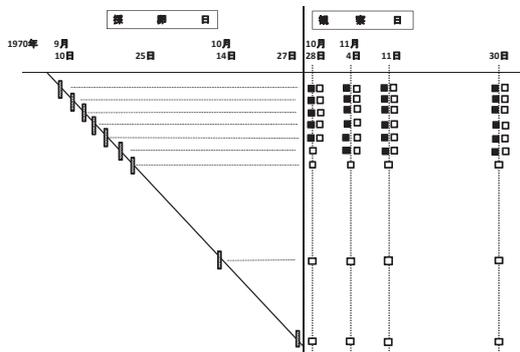


図3 1年卵と2年卵の判定時期
■: 眼点有 (1年卵) □: 眼点無 (2年卵)

3 結果

実験は、キリギリスを採集した年に実施したが、年度によって採卵日が若干異なったため、1・2年卵の比率の比較を容易にするため、採卵時期を9期(I~IX)にまとめた(図4)。

採卵期	採卵年月日	札幌 SAP	鱒ヶ沢 AZG	田子 TAK	町田 MCD	亀岡 KMO	青森 AOM	松山 MYM
採卵日	採卵年月日	1975年 7月30日	1975年 5月24日	1975年 8月10日	1975年 8月4日	1972年 8月18日	1971年 8月19日	1971年 8月15日
I	8/3~8/8		↑					
II	8/11~8/13		↑					
III	8/14~8/19							
IV	8/20~8/23				↑			
V	8/24~8/26	↑		↑	↑		8/23 ↓ 9/6	8/23 ↓ 9/6
VI	8/27~9/1	↑					↑	↑
VII	9/2~9/9						9/6 ↓ 9/17	9/6 ~ 9/8
VIII	9/10~9/18							
IX	9/19~10/3						9/17 ↓ 10/18	9/27 ↓ 10/27

図4 各採集場所での採集年月日と採卵日
(札幌・鱒ヶ沢は幼虫、その他は成虫で採集)

1) 青森県鱒ヶ沢町 (AZG) のキリギリス

1975年5月24日、1・2齢幼虫を採集し、温室と恒温室(25℃、16L:8D)で飼育した。7月20日~7月29日に羽化し、8月1日~8月8日に交尾し、すぐに産卵場所を設置した。産卵開始日や産卵パターンは、個体によって異なった(図5)。ほとんどの成虫は、羽化後2.5ヶ月以内に死亡した。

温室・恒温室のどちらの場合も、雌1個体が1年卵と2年卵の両方を産卵し、1年卵より2年卵の方が多く、産卵総数に占める2年卵の割合は約80%で、非常に高かった(図5・6)。8月上旬までは1年卵が多いが、産卵時期が遅くなるほど2年卵が多くなり、8月下旬以降は、ほとんどが2年卵であった。

採卵日	No.1		No.2		No.3		No.4		No.5		No.6		No.7		合計	
	交尾日	産卵日	1年卵	2年卵												
I	8月1日	41	71													
II	8月1日	22	23													
III	8月1日	4	12													
IV	8月1日	1	60													
V	8月1日	1	76													
VI	8月1日	0	121													
VII	8月1日	0	100													
VIII	8月1日	0	37													
IX	8月1日	0	74													

図5 鱒ヶ沢町採集キリギリスの温室飼育での産卵後10週間目の1年卵・2年卵の数(1975年)(採卵日は図4参照)
-: 未交尾又は成虫死亡

♀No.	No.11		No.12		No.13		合計	
	7月24日	7月28日						
I	0	0	—	—	—	—	0	0
II	0	0	0	0	0	0	0	0
III	8	3	0	0	0	0	8	3
IV	16	16	0	4	16	5	32	25
V	1	7	0	52	—	—	1	59
VI	0	0	—	—	—	—	0	0
VII	0	22	—	—	—	—	0	22
VIII	0	31	—	—	—	—	0	31
IX	0	18	—	—	—	—	0	18

図6 鈴ヶ沢町採集キリギリスの恒温室飼育(25℃、16L:8D)での産卵後10週間目の1年卵・2年卵の数(1975年)
(採卵日は図4参照)
—:未交尾又は成虫死亡

2) 青森県青森市 (AOM) のキリギリス

1971年8月19日、雌成虫2匹を採集し、温室内で集団飼育し、8月20日から産卵場所を設置した。8月23日から産卵を始めたが、全て2年卵であった(図7)。

採卵日	1年卵	2年卵	合計
V-VI	0	67	67
VII-VIII	0	47	47
IX	0	20	20

図7 青森市採集キリギリスの温室飼育での産卵後10週間目の1年卵・2年卵の数(1971年)(採卵日は図4参照)

3) 青森県田子町 (TAK) のキリギリス

1975年8月10日、雌成虫7匹、雄成虫5匹を採集し、温室内で1匹飼育し、8月24日から産卵場所を設置した。雌5匹を供試し、1匹ごとに採卵した。雌1個体が1年卵と2年卵の両方を産卵し、産卵総数の2年卵の割合は約95%で、非常に高かった(図8)。8月27日以後は、すべて2年卵であった。

♀No.	No.1		No.2		No.3		No.4		No.5		合計	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
V	0	24	5	47	3	27	5	39	6	24	19	161
VI	0	37	0	8	0	24	0	25	0	9	0	103
VII	0	9	0	9	0	26	0	18	0	36	0	93
VIII	0	0	—	—	0	19	0	5	0	15	0	38
IX	0	4	—	—	0	21	0	15	0	9	0	36

図8 田子町採集キリギリスの温室飼育での産卵後10週間目の1年卵・2年卵の数(1975年)(採卵日は図4参照)
—:成虫死亡

4) 東京都町田市 (MCD) のキリギリス

1975年8月4日に、雌成虫13匹、雄成虫4匹を採集し、温室で1匹飼育した。8月10日に産卵場所を設置し、8月11日から産卵を開始した。雌3匹は、8月27日から恒温室(25℃、16L:8D)に移して飼育した。9月上旬まではほとんどの雌が生存し、産卵数も多かった。雌1個体が1年卵と2年卵の両方を産卵し、産卵総数の2年卵の割合は約10%で、1年卵が多かった(図9・10)。温室飼育・恒温室飼育のどちらの場合も、8月下旬までは1年卵が多く、産卵時期が遅くなると2年卵が多くなった

♀No.	No.1		No.2		No.3		No.4		No.5		No.6		No.7		No.8		No.9		No.10		合計	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
II	50	7	41	1	91	6	82	10	80	11	69	3	51	5	9	4	90	1	36	1	599	49
III	31	5	28	0	84	0	60	1	72	2	61	0	19	0	16	6	24	0	56	0	451	14
IV	46	2	24	1	67	0	33	0	43	0	51	6	26	1	4	0	54	0	30	0	378	10
V	22	1	19	1	35	0	13	0	38	0	25	1	0	0	7	1	24	0	32	0	215	4
VI	53	1	27	1	68	0	17	0	49	0	18	1	1	3	5	0	32	1	30	1	300	8
VII	17	19	10	0	9	20	3	5	15	4	2	7	0	4	4	1	2	4	14	0	76	64
VIII	0	18	—	—	0	9	0	4	—	0	5	—	—	—	—	—	0	14	3	1	3	51
IX	0	19	—	—	—	—	0	3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	8	3	8	25

図9 町田市採集キリギリスの温室飼育での産卵後10週間目の1年卵・2年卵の数(1975)(採卵日は図4参照)
—:成虫死亡

♀No.	No.11		No.12		No.13		合計	
	1	2	1	2	1	2	1	2
II	94	2	41	3	110	0	245	5
III	70	0	53	4	64	0	187	4
IV	48	1	53	0	55	2	156	3
V	39	1	21	0	22	0	82	1
VI	52	1	33	7	12	0	97	1
VII	2	4	1	17	—	—	3	21
VIII	0	12	0	2	—	—	0	14

図10 町田市採集キリギリスの温室飼育から恒温室飼育(25℃、16L:8D)へ移行した場合の1年卵・2年卵の数(1975年)
—:成虫死亡
II~V:温室 VI~VIII:恒温室(採卵日は図4参照)

5) 京都府亀岡市 (KMO) のキリギリス

1972年8月18日に、雌成虫5匹、雄成虫10匹を採集し、温室で1匹飼育した。8月21日に産卵場所を設置し、8月21日から産卵を開始した。雌1個体で1年卵と2年卵の両方を産卵し、産卵総数の2年卵の割合は33.1%であった。産卵の初期は1年卵が多く、遅くなるに従い2年卵が増加し、9月中旬以降は、ほぼ同数であった(図11)。

♀No. 採卵日	No.1		No.2		No.3		No.4		合計	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
IV	9	1	0	0	2	1	0	0	11	2
V	15	0	0	0	7	4	0	0	22	4
VI	31	0	43	2	14	15	9	11	97	28
VII	22	1	27	0	31	9	0	0	80	10
VIII	38	0	42	0	15	48	16	18	96	66
IX	22	13	32	4	—	—	2	52	56	69

図11 亀岡市採集キリギリス温室飼育での産卵後10週間目の1年卵・2年卵の数(1972年)(採卵日は図4参照) —:成虫死亡

6) 愛媛県松山市(MYM)のキリギリス

1971年8月15日、雌成虫5匹を採集し、温室内で集団飼育し、8月20日から産卵場所を設置した。雄は採集できなかったが、採集した時点で全ての雌は交尾しており、8月23日から産卵を始めた。産卵総数の2年卵の割合は、34.5%であった(図12)。8月中は、1年卵が非常に多いが、9月下旬以降は、ほとんど2年卵であった。

採卵日	1年卵	2年卵	合計
V・VI	231	20	251
VII	8	5	13
IX	4	103	107

図12 松山市採集キリギリスの温室飼育での産卵後10週間目の1年卵・2年卵の数(1971年)(採卵日は図4参照)

7) 札幌市(SAP)のハネナガキリギリスと青森県鯉ヶ沢町(AZG)のキリギリスとの交配

本州のキリギリスと北海道のハネナガキリギリスは、交配が可能であることが知られている。そこで、AZGのキリギリスとSAPのハネナガキリギリスを交配した。SAPのハネナガキリギリスは、1975年7月30日に終齢幼虫を採集し、温室で飼育した。SAP雌のNo.2は、8月19日に羽化した。9月20日まで交尾せず、1回の産卵で死亡した。SAP♀×AZG♂では、93個のうち2個(約2%)が1年卵で、ほとんどが2年卵であった(図13)。SAP♂×AZG♀では、全てが2年卵であった。例数が少ないため、再度実験し、検証しなければならない。

♀No. 採卵日	産卵数			1年卵・2年卵						
	札幌♀×鯉ヶ沢♂		札幌♀×札幌♂	札幌♀×鯉ヶ沢♂		札幌♀×札幌♂		札幌♀×鯉ヶ沢♂		
	No.1	No.2	No.3	♀No. 採卵日	No.1	No.2	No.3	No.1	No.2	
V	6	—	0	V	1	5	—	—	0	0
VI	28	—	1	VI	0	27	—	—	0	1
VII	26	—	5	VII	0	25	—	—	0	1
VIII	8	—	1	VIII	0	8	—	—	0	1
IX	27	14	11	IX	1	26	2	12	0	7

図13 札幌市採集のハネナガキリギリスと鯉ヶ沢採集のキリギリスの交配実験産卵数と1年卵・2年卵の数(1975年)(採卵日は図4参照)
No.1 札幌♀:1975年8月16日羽化・8月23日交尾
No.2 札幌♀:1975年8月19日羽化・9月20日交尾(—:未交尾)
No.3 鯉ヶ沢♀:1975年7月31日羽化・8月23日交尾

4 考察

1) キリギリスの分類

昆虫の祖先は、古生代のデボン紀に陸上に進出し、無翅昆虫の祖先からカマアシムシ・トビムシ・コムシ・イシノミ・シミなどが出現し、シミ目の仲間から有翅昆虫が生まれたと考えられており(蘇、2015)、今からおよそ3億年前の石炭紀後期に直翅目の祖先が出現したと考えられている(Walker and Masaki, 1989)(図14)。直翅目の系統関係について、統一的な見解は示されていないが、コオロギ亜目からバッタ亜目が分岐し(市川ら、2006)、その後キリギリスの仲間が分岐したと考えられている(Walker and Masaki, 1989)。

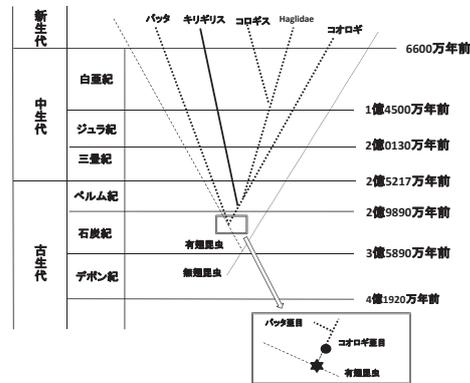


図14 直翅目の系統分化 (Walker and Masaki, 1989及び市川ら, 2006を改変)

直翅目は、熱帯から温帯にかけて広く分布しており、世界で2亜目54科2875属21396種が知られており、日本では2亜目9上科14科159属445種が分布している(図15:市川ら、2006)。日本のキリギリス科は、世界で2178種、日本で58種分布あり、キリギリス族は、世界で174種、日本で23種、キリギリス属は、世界で22種、日本で4種分布している。

日本の直翅目は、バッタ亜目とコオロギ亜目に分けられており、コオロギ亜目には、コロギス上科・コオロギ上科・カネタタキ上科・ケラ上科・キリギリス上科の5上科がある(図16)。キリギリス上科は、ササキリモドキ科・クツワムシ科・ヒラタツユムシ科・ツユムシ科・キリギリス科の5科に分類され、キリギリス科は、ヒサゴクサキリ亜科・クサキリ亜科・ササキリ亜科・ウマオイ亜科・キリギリス亜科の5亜科とされている。キリギリス亜科は、ヒメギス族とキリギリス族に分けられ、キリギリス族は、ヤブキリ属・カラフトキリギリス属・フトギス属・キリギリス属の4属に分類され、キリギリス属には、ハネナガキリギリス・ヒガシキリギリス・ニシキリギリス・オキナワキリギリスの4種とされている。

亜目	上科	科	亜科	族	属	種	種類
直眼目	W 2					2,875	21,396
	J 2					159	445
バッタ	W 9					1,099	10,396
	J 5					56	119
コオロギ	W 10		15			1,776	11,000
	J 5					101	326
コオロギ上科	W 6					210	1,250
	J 3					13	87
コオロギ上科	W 9					492	3,511
	J 3		9			40	87
カナタタキ上科	W 3					31	314
	J 2					5	70
ケラ上科	W 1					5	70
	J 1					1	1
キリギリス上科	W 17					1,074	6,329
	J 5					42	130
ササキリモドキ科	W					53	336
	J					13	45
クツムシ科	W					57	153
	J					1	2
ヒラタツムシ科	W					245	1,039
	J					1	1
ツムシ科	W					316	2,058
	J					11	24
キリギリス科	W					239	2,178
	J					16	58
ヒサゴクサキリ属科	W					94	425
	J					1	3
クサキリ属科	W					47	411
	J					6	11
ササキリ属科	W					14	198
	J					2	11
ウマオイ属科	W					40	296
	J					1	4
キリギリス属科	W					135	923
	J					2	22

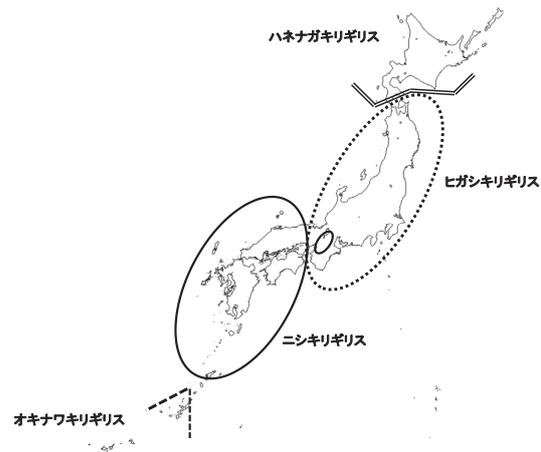


図17 日本におけるキリギリス4種の分布(市川ら, 2006より)
(帝國書院, 2012より)

キリギリス属科	属	種
ヒメギス属	W 32	244
	J 2	9
キリギリス属	W 38	174
	J 4	23
ヤブキリ属	W 24	24
	J 5	5
カラフトキリギリス属	W 16	16
	J 1	1
フトギス属	W 4	4
	J 1	1
キリギリス属	W 22	22
	J 4	4

図15 キリギリスの種類数
(市川ら, 2006より)
W: 世界 J: 日本

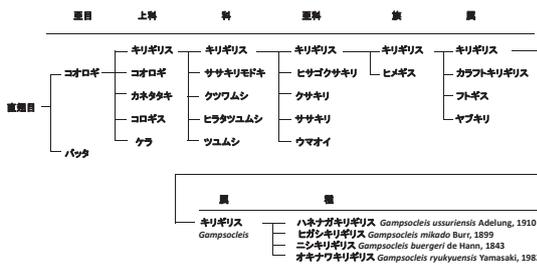


図16 本研究におけるキリギリスの分類的位置(市川ら, 2006より)

2) 日本のキリギリスの分布

日本列島には、北海道のハネナガキリギリス、青森県から近畿地方にかけて分布するヒガシキリギリス、近畿から奄美大島にかけて分布するニシキリギリス、沖縄諸島・宮古諸島に生息するオキナワキリギリスの4種類が分布するとされている(図17:市川ら, 2006)。1970年代における本州~九州に生息するキリギリスは1種で、学名は『*Gampsocleis buergeri* de Hann』であった。キリギリスの孵化リズムの論文においても、この学名を使用した(Arai, 1979)。1990年代になり、本州~九州のキリギリスは、2種に分類された。しかし、ヒガシキリギリスとニシキリギリスの分布の境界は明確ではなく、混在している場所や交配の可能性もあり、地域によって形態的・生態的に多様な集団が生息しているという報告もあることから(市川ら, 2006; 佐伯, 2012)、連続的な変異とも考えられ、形態や生活史、行動、DNAなどの比較による詳細な研究が不可欠で、今後の研究を待ちたい。

3) キリギリスの卵休眠の地理的変異

キリギリスは、卵で休眠し、1回の越冬で孵化する1年卵と2回の越冬で孵化する2年卵が知られており、1年卵は、最終休眠期で越冬し、2年卵は初期休眠期で1回目の冬を迎える。青森県のキリギリスには、3年卵の報告もあり、北海道のハネナガキリギリスでは、4年卵も報告されている(安藤, 1993)。1970年~1975年にAZG・AOM・TAK・MCD・KMO・MYMで採集したキリギリスにおいて、産卵後24時間以内に20℃に卵を保つと、その全てが初期休眠期で発育を停止し、2年卵又はそれ以上の休眠性を示した(新井, 未発表)。卵を20℃に保つと、産地に関わらず初期休眠に入ることは、安藤(1993)も報告している。AZGのキリギリスを、幼虫初期から日長や温度が変化する温室で飼育し、卵を25℃に保つと、1年卵比率の低下時期は、個体によって若干異なるが産卵時期が遅くなるほど1年卵が減少し、2年卵が多くなった(図18-A)。成虫で採集したMCDにおいても、個体によって若干の違いはあるものの、産卵時期が遅くなると2年卵が多くなった(図18-B)。AZG・TAK・MCD・KMO・MYMにおける1年卵比率の季節的変動をみると、AZG・TAKのキリギリスでは、8月上旬まではほとんど1年卵であるが、8月中旬から下旬にかけて2年卵が増加し、MCD・KMO・MYMでは、8月下旬まではほとんどが1年卵で、8月下旬から9月上旬にかけて2年卵が増加している(図18-C)。関東以南で2年卵を産卵する時期が遅くなり、青森より3週間程度遅い。1年卵が減少する時期は、AZGでは8月上旬頃で、日長約13.5時間、MCD・KMO・MYMでは8月下旬頃で、日長約13時間であった(図19)。

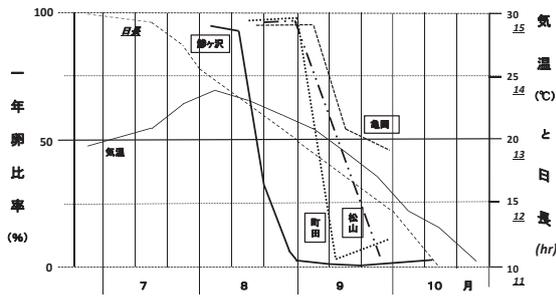


図19 鯉ヶ沢・町田・亀岡・松山のキリギリスの1年卵比率の推移と弘前の平均気温・日長

産卵総数の1年卵の占める割合は、AGSは20%、AOMは0%、TAKは4%、MCDは90%、KMOは66.9%、MYMは65.5%で(図5・7・8・9・11・12)、青森で2年卵の比率が非常に高かった。安藤(1993, 2004)は、青森県鯉ヶ沢での1年卵の比率は約3%で、岐阜県穂積町(現瑞穂市)(35.4N、136.7E、標高約8m)では約48%、中国地方・九州地方では90%以上であると報告している。これらのことから、産卵総数に占める2年卵の割合は、北に向かうほど増加し、地理的変異を示す。

4) キリギリスの1・2年卵の決定要因

産卵時期が遅くなると1年卵が減少し、2年卵が多くなるが、1年卵の比率が低下する時期は、北で早く、南下するにつれて遅くなると考えられ、地理的変異を示している(図20)。1雌が1年卵と2年卵の両方を産卵することから、その産み分けには、気温や日長などの環境変化及び成虫の日齢が影響していると考えられる。そこで、AZGの幼虫を、1・2齢から25°Cで16L:8Dの恒温室で飼育したところ、産卵時期が遅くなると1年卵が減少し、2年卵が増加した(図21)。MCDの成虫を、産卵を始めた後に恒温室に移したところ、産卵時期が遅いほど1年卵の比率が低下した(図21)。MCDの場合、移動前の環境の影響も考えられる。恒温室で飼育したAZGのキリギリスにおいて、1年卵比率の低下時期が、温室飼育より1週間ほど遅れており(図21)、成虫の日齢の相違による可能性が考えられるため、同じ日に羽化した個体と比較した。温室と恒温室のどちらの場合もほぼ同じ時期に低下しており(図22)、1年卵と2年卵の産み分けに際し、成虫の日齢の影響が大きいと考えられる。1・2年卵の決定要因に関し、日長や温度の変化、感受期、交配実験などの詳細な検討がなされなければならない。

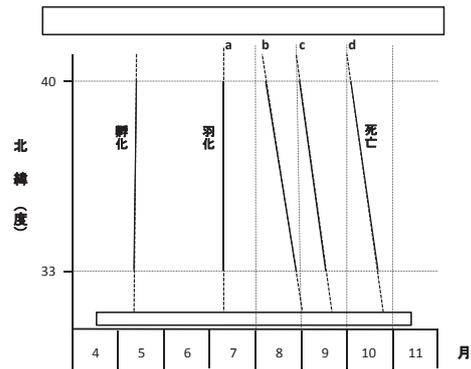


図20 平地における1年卵・2年卵の産卵時期の地理的変異の模式図
a→d:産卵期間 b→c:1年卵・2年卵産卵期間
a→b:1年卵多数産卵期間 c→d:2年卵多数産卵期間

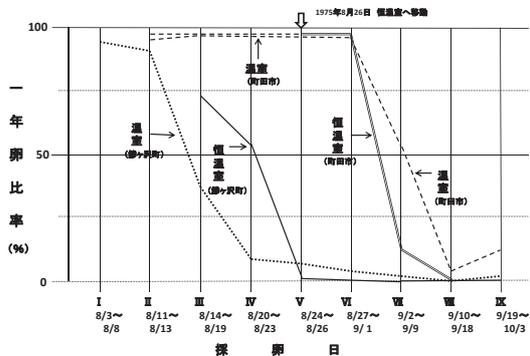


図21 鯉ヶ沢町採集と町田市採集のキリギリスにおける温室飼育と恒温室飼育(25°C, 16L:8D)の1年卵の比率(1975)

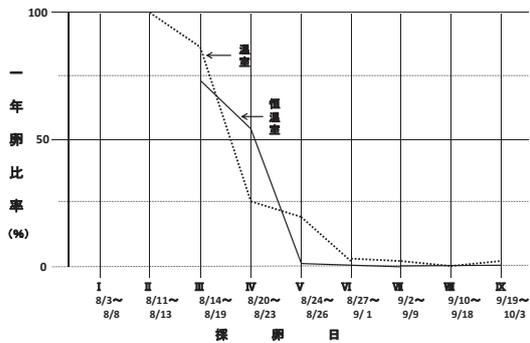


図22 青森県鯉ヶ沢町の温室と恒温室(25°C, 16L:8D)における同じ日に羽化した個体の1年卵の比率(1975)

5) キリギリスの2年卵の生態的意義

キリギリスの卵には、産卵の翌春孵化する1年卵と、2回冬を越す2年卵、3回又はそれ以上冬を越して孵化する卵がある(図23)。1年卵は年1世代の生活史であり、2年卵は2年で1世代、3年卵は3年で1世代ということになる。キリギリスの1年卵は、初期休眠期では発育を停止せず、最終休眠期まで発育し、越冬して翌春に孵化する。2年卵又はそれ以上の休

眠卵は、産卵された年に胚子が少し发育し、卵黄がつまった状態の初期休眠で最初の冬を越す。越冬後の胚子は、初夏にかけての気温の上昇や夏の高温によって发育が抑制されるのではないかと考えられる(図23: 図中 a)。3・4年卵の休眠中の卵の发育も(図23: 図中b) 同様なのか、また3年卵の2回目の越冬後(図23: 図中c) や4年卵の2・3回目の越冬後(図23: 図中d・e) における胚子の状態についても、形態的・生理的にどのような状態なのかなどについての詳細な検討が必要である。3・4年卵の2・3回目の越冬前の胚子の状態(図23: 図中f・g・h) についても、形態的・生理的に詳細に検討しなければならないであろう。

キリギリスは、5月上中旬に孵化、7月～8月にかけて羽化し、10月下旬頃まで産卵する。関東以南では、盛夏に産卵が始まり、気温の高い時期が長く続くことで、多くの卵が最終休眠期まで发育可能となる。しかし暖かい地方であっても、産卵時期が遅くなると2年卵が多くなる。好適な生育期間が短く、気温の低下が早まる北に向うにつれ、2年卵を産卵する時期は早くなり、1年卵又は2年卵を産卵する時期の長短は、生息地の发育有効温量に依存すると考えられ、2年卵の存在は、環境変異に対する危険分散であろう。十分な发育有効温量を常に確保することが難しい北の地域において、夏の異常低温などに遭遇すると、産卵にまで至らない個体の数も多くなる。異常気象やちょっとした環境変動は、北海道・東北地方や標高の高い場所など、生息環境が厳しい地域において特に深刻な影響を及ぼす。

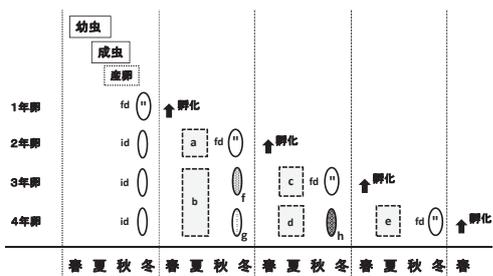


図23 キリギリスの1・2・3・4年卵の生活史の推測
fd:最終休眠 a・b・c・d・e:发育抑制期間(?)
id:初期休眠 f・g・h:初期休眠(?)

1977年8月下旬、八甲田山の田代平湿原(N40.7°、E140.9°、標高566m)でキリギリスの生息調査をしたところ、生息数そのものも少なかったが、平地ではほとんどが成虫で、盛んに産卵している時期であるにもかかわらず、成虫は少なく、終齢幼虫や羽化2齢前の幼虫もみられた。特に異常低温の年ではなかったが、最低気温は15℃を下回り、日中の気温も20℃前後で、平地よりかなり低く、産卵に至るのが難しい個体が多いようであった。AGZでの孵化

は、5月中下旬頃と思われるが(図24-a)、田代平では6月上中旬頃で、1ヶ月近く遅いと考えられる(図24-d)。羽化は、AGZで7月中旬頃から始まり(図24-b)、田代平では8月上中旬頃から(図24-e)、産卵は、AGZでは7月下旬～8月上旬頃から(図24-c)、田代平では8月下旬頃からと考えられる(図24-f)。AGZでは、8月上中旬頃まで1年卵が多く、その後2年卵が多くなるが、田代平湿原では、おそらく全てが2年卵又はそれ以上ではないかと考えられる。八甲田山の湿原において、雪解け開始時期の遅い年や夏の気温が低い年には、産卵に至るまでに成長できず、子孫を残せない個体も多くなるのではないかと考えられ、そのような環境での多年性休眠卵の存在は、種の存続にとって非常に有効な手段になる。生息地の環境が過酷なだけでなく、ちょっとした環境の変化によって生存そのものが危機に瀕する生息地のキリギリスにとって、卵期間の変異の拡大は、種の存続にとって有効な戦略である。

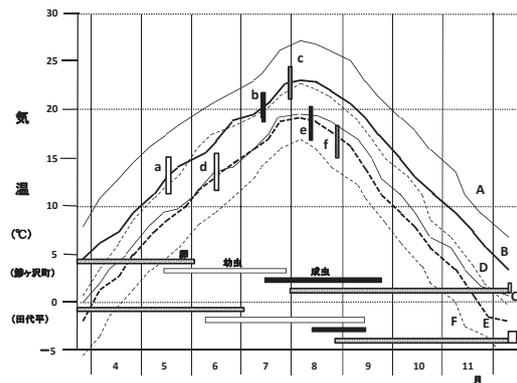


図24 青森県鰺ヶ沢町と青森市田代平のキリギリスの生活史と気温
鰺ヶ沢の気温(実線 A:日最高気温 B:平均気温 C:日最低気温)
鰺ヶ沢の気温(破線 D:日最高気温 E:平均気温 F:日最低気温)
a~f:の説明は本文参照

摘要

日本列島に生息するキリギリスは、5月上中旬に孵化、7月～8月に羽化し、産卵する。卵で休眠し、越冬するが、産卵の翌春に孵化する1年卵は、最終休眠期で越冬し、1年で1世代である。2回の越冬後に孵化する2年卵は、初期休眠期で最初の冬を越し、2年で1世代である。雌1個体は、1年卵と2年卵の両方を産下するが、卵を20℃に保つと、成虫の生息地に関わらず2年卵又はそれ以上の長期休眠を呈する。青森のキリギリスの全産卵数に対する1年卵の占める割合は、0%～20%と非常に低く、東京都町田市～愛媛県松山市では、65.5%～90%であった。弘前市の自然に近い条件下における青森のキリギリスの1年卵比率の低下時期は8月上旬で、日長は約13.5時間、東京・京都・松山のキリギリスは8月下旬頃で、

日長は約13時間であった。恒常条件（25℃、16L：8D）下において同じ日に羽化した成虫の1年卵の比率は、ほぼ同じ時期に低下している。これらのことから、1年卵比率の低下時期は地理的に変異しており、1年卵と2年卵の産み分けにおいて、遺伝的要因とともに日長・温度の影響も考えられるが、成虫の日齢の影響が大きいと考えられる。

謝辞

1975年の研究材料の採集において、北海道札幌市のハネナガキリギリスは今井芳宏氏、青森県田子町のキリギリスは石谷正博氏、東京都町田市のキリギリスは田中誠二博士の助力をいただき、青森県弘前市まで輸送していただいた。また、1970年～1975年の青森県鯉ヶ沢町のキリギリスの採集は、当時弘前大学の学生であった諸君に手伝っていただいた。発表が遅くなったが、多くの方々の協力に感謝する。

引用文献

- 安藤喜一 1987 キリギリスの生物学 インセクターリウム 24：12-16
- 安藤喜一 1993 卵休眠と温度反応 68-81 「昆虫の季節適応と休眠」 448pp 竹田真木生・田中誠二編著 文一総合出版 東京
- 安藤喜一 1995 キリギリスの生活環と卵休眠 昆虫と自然 30：43-47
- 安藤喜一 2004 イナゴ類の卵休眠と季節適応 4-15 「休眠の昆虫学」 329pp 田中誠二・檜垣守男・小滝豊美編著 東海大学出版会 神奈川
- 新井哲夫 1975 キリギリスの1年卵と2年卵について 第10回青森県昆虫談話会 青森県黒石市
- Arai, T. 1979 Effects of daily cycles of light and temperature on the hatching in *Gampsocleis buergeri* de Hann (Orthoptera: Tettigoniidae). Japanese Journal of Ecology 29:49-55
- Higaki M. and Ando Y. 1999 Seasonal and altitudinal adaptations in three katydid species: Ecological significance of initial diapause. Entomological Science 2:1-11
- 檜垣守男 2004 イブキヒメギスの卵休眠と多年性生活史 27-40 「休眠の昆虫学」 329pp 田中誠二・檜垣守男・小滝豊美編著 東海大学出版会 神奈川
- 市川顕彦・伊藤ふくお・加納康嗣・河合正人・富永修・村井貴史編集 2006 バッタ・コオロギ・キリギリス大図鑑 687pp 北海道大学出版会 札幌
- 国土交通省国土地理院地図ホーム2012年報道発表資料

佐伯英人 2012 ニシキリギリスとヒガシキリギリスの識別点の検討 愛媛県総合科学博物館研究報告 17：5-17

蘇智慧 2015 昆虫の起源と初期の進化 4-62 「昆虫の不思議な世界」621pp 大場裕一・大澤省三・昆虫DNA研究会編 悠書館 東京

梅谷與七郎 1953 形質と環境 475pp 岩波書店 東京

Walker T.J. and Masaki S. 1989 Natural history 1-42 "Cricket behavior and neurobiology" (ed. Huber F., Moore T.E. and Loher W.) Cornell University