

外来種ヤンバルトサカヤスデの生活史の地理変異 -変異をもたらすメカニズムについて-

石田剛之¹, 藤山静雄²

¹信州大学工学系研究科, ²信州大学理学部

Geographic variation of life cycle in *Chamberlinius hualienensis* (Diplopoda: Polydesmidae) in Japanese Archipelago

Takayuki ISHIDA¹ & Shizuo FUJIYAMA²

¹ Division of Science and Technology, Graduate School of Shinshu University & ² Faculty of Science, Shinshu University.

キーワード：外来種, ヤンバルトサカヤスデ, 生活史, 地理変異, 温度

Keywords: *Chamberlinius hualienensis*, life history, diplopoda, alien species, temperature

はじめに

生活史はその生物の発育, 繁殖の時期を決定するので, その調節は種の存続上きわめて重要である。すなわち, 生物は増殖に適した時期に繁殖し, もし子孫を残せなければ次世代はない。したがって適期に繁殖することには強い淘汰圧がかかる。また, 冬の寒さの厳しい温帯では冬季の死亡率は高いので, 適切な成長段階で越冬し, 生存に厳しい時期にはその生存率を上げる方向に強い淘汰がかかるはずである。以上から, 生物がどのように生活史を決定しているのかを研究することは, 生物学上重要な研究課題であるといえる。また, ヤンバルトサカヤス

デ *Chamberlinius hualienensis* は後述するように最近分布拡大し, 侵入地域で大発生し注目を浴びている。生活史を明らかにしておくことは今後の分布拡大について検討する際にも重要であるに違いない。

本種は Wang (1956) により記載された台湾原産のヤスデで, 沖縄本島で 1983 年に大発生し, 日本国内へ侵入が確認された (比嘉・岸本 1987)。現在は沖縄の他, 奄美大島 (山口ら 2000), 鹿児島県 (有馬ら 2002), 徳島県 (田辺・林 1996), さらに静岡県 (神谷・飯田 2011), 神奈川県 (新島ら 2005) などに分布, 侵入が確認され, 今後の分布拡大が懸念される (藤山 2009)。本種は大発生するヤスデで, 繁殖期には人目につくところに大量に現れて徘徊し, 家屋に侵入する場合がある (ヤスデ類の大規模な徘徊行動は群遊と呼ばれる)。そしてそのおびただし数や見た目の悪さ, 異臭などから不快害虫とされる。また, 大量発生することで, その地に元々生息するヤスデ類と競合し, 土壌生態系に大きな影響を及ぼすことが懸念されている。

比嘉ら (1992) によると, 沖縄では本種は図 1 のように年 1 化で, 冬季に産下された卵は 1 週間余で孵化し, 幼虫は脱皮を繰り返し 5 月には大部分が 5~6 齢に達する。7 月には亜成体, 10 月頃から成体が多く出現する。成体は 11 月~12 月に最多で, 群遊や繁殖はこの時期に見られる。沖縄県では四季の変化は乏しいが, 本種の発生経過は明確に表れ, 季節とともに各齢の最盛期が移っていくという。また, 有馬ら (2001) は鹿児島県本土での周年経過は, 沖縄のそれと比べ, 全齢期で 2 ヶ月程度遅れているという。

変温動物では, 一般に適温の範囲内では成長は温度が高いほど速くなる。これは有効積算温度法則として次式で表される。

$$K = (T - T_0) \times D \text{ ————— (1)}$$

K: 有効積算温度 (日°C) T: 温度 T₀: 発育限界度

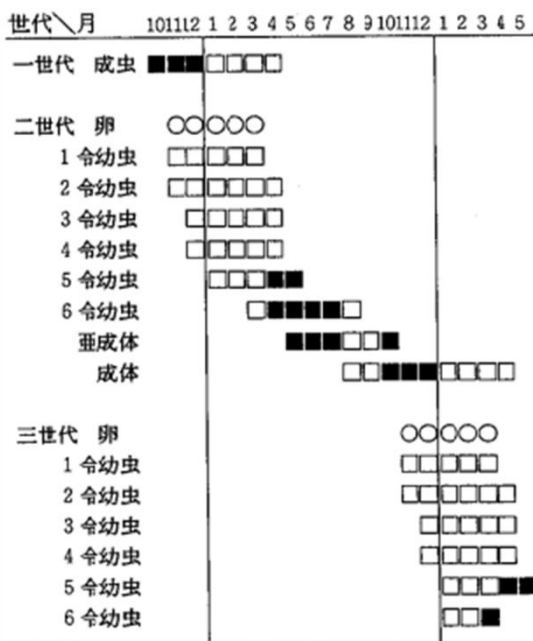


図 1. 沖縄におけるヤンバルトサカヤスデの発育段階別出現期間と群遊期間。卵: ○, 幼虫・成体: □, 群遊個体: ■ 比嘉ら (1992)より引用。

D:ある発育段階の発育に要する日数.

図 2 に那覇市と分布北限に近い静岡市の 2012 年の気温を示した. 両地域の年平均気温は順に 23.0°C, 16.6°Cであった. 比嘉ら (1992) は本種の幼虫は 10°C以下, および 30°C以上では育たないと述べている. 仮に, 本種の発育が (1) に示した有効積算温度法則の適用を受け, 発育限界温度を 10°Cとすると, 1 日の有効温量は沖縄, 静岡で順に 13.0°C, 6.6°Cとなり, 沖縄での 1 日の有効温量は静岡のそれと比べ約 1.97 倍となる. 成長には一定量の有効温量を必要とするので静岡では沖縄より長い時間を要し, 沖縄で年 1 化なら静岡では 2 年 1 化に近い.

一方, 昆虫等では生活史は温度や日長により制御されていることが良く知られる (竹田・田中 1993) が, 本種では休眠の存在は報告されていない. しかし, 石田・藤山 (2010) は 18°Cと 25°C, 日長 10 時間と同 14 時間の組み合わせで成虫を飼育し, 18°C10 時間でのみ産卵したことを示し繁殖期に調節が存在する可能性を示唆した. また, 他のヤスデ類でも繁殖期が調節されている例が知られており, 例えばキシヤスデ (*Parafontaria laminata armigera*) では低温を受けることで産卵が誘発される (藤山・吉田 1984). したがって, 本種でも温度や日長により生活史が調節されている可能性はありうる.

藤山ら (2012) は, 静岡での本種的生活史は年 1 化で, 発生経過は鹿児島とほぼ同様, 沖縄と比べ約 1, 2 ヶ月遅れていると述べている.

これは有効温量の減少によるものと思われる. しかし, 成長段階ごとに両地方の生活史を詳細に比較すると, 成体の発生の遅れは, 卵から亜成体までの発生の遅れよりも小さい. このことは成体の発生時期を季節に同調させている可能性を示唆する. 仮に成体の発生時期を調節するメカニズムがあるとするならば, 沖縄では夏の高温期に成長を抑制させている可能性が高い.

一方, 成体の発生開始時期にも 1 ヶ月の差があり, 両地域で同調していないようにも見える. その場合には, 主に有効積算温度法則に基づいて違いが生じているものと考えられる.

本研究では, まず静岡地方での生活史を正確に知るため, 現地で季節的に詳細な調査をした. これを基に温度や環境が異なる地域に進出した本種的生活史の地理変異を記載し, そこで生活史がどのように規定されているかを検討した. また, 本種の亜成体と成体期的生活史の調節メカニズムについて検討するため, 温度, 日長条件を変え飼育した. 結果はまだ不十分ではあるが, 一部新しい知見が得られたので報告する.

材料と方法

(1) 静岡市における発生消長調査

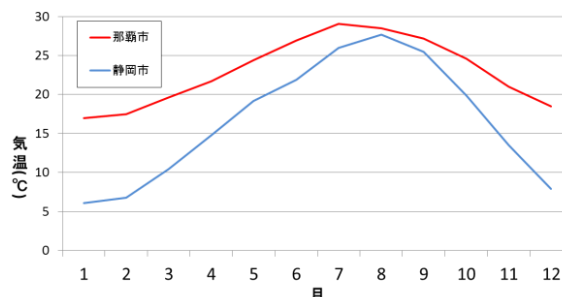


図 2. 2012 年の那覇市と静岡市の気温. 気象庁(2013)より.

調査は静岡市駿河区用宗の 3 つの柑橘園にて表 1 に示したように 2009 年から 2011 年は各年 2 回, 2012 年は 9 回, 合計 15 回行った. 本種は柑橘園内の主に敷き藁下に高密度に生息していたので, 敷き藁とともに土壌を採取して持ち帰った. これからハンドソーティングでヤスデを採集し, オビヤスデ目の発育段階の決定法 (村上 1962) に基づき, 発育段階ごとに一定数で増加する胴節数, 歩肢数を齢の判定基準とした.

(2) 異なる温度と日長下での亜成体の齢期間

直径 12.5cm×高さ 9.5 cm のプラスチック容器に土約 2cm を敷き, その上に分解途上の水分を含んだ餌の藁を一塊入れ飼育容器とした. これに 11 月 25 日に採集の亜成体を同日中に入れ飼育を始めた. 温度は 25°C, 20°C, 15°C, 各 2 つの日長 10 時間 (10L14D と略記), 同 14 時間 (14L10D), 合計 6 処理, 反復無しとした. 供試虫数は順に 16, 18, 16, 15, 19, 18, 実験中の死亡個体は順に 3, 2, 1, 4, 0, 0 であった. 各処理で飼育開始から成体脱皮までの日数を記録した. 餌交換は脱皮確認時に行い, 容器内の藁が減少した場合, 藁を補充した. 脱皮個体は観察後死亡することが多いので, 死体の腐敗による害を防ぐため観察後に除去した.

(3) 異なる温度, 日長下での産卵前期間

(2) で用いたのと同様の飼育容器で処置も同様にした. これを 18°C, 22°C 下で各々, 日長 10L14D, 14L10D の 4 処理区を設け, 各区を 4 反復した. 容器に成体の雌雄各 2 匹入れて飼育し, 産卵するまでの期間を最高 35 日間調査した. 供試した成体は 12 月 23 日に採集し 1 日間室温下に置かれた後供試された. 産卵の確認は容器の内容物をバットにあげ, 卵塊の有無を確認した後, 餌の藁が減っていた場合は, 逐次補充し, 元通りに戻した. なお, 供試虫は実験中徐々に死亡したが, 死体が発見された場合はそれを除去し, 補充はしなかった.

結果

(1) 静岡市における発生消長

表 1 は静岡市用宗で採集された本種の採集日ごとの齢構成を示す. これより 2003 年前後とされる侵入年 (神谷・飯田 2011) からの年数はまだ少ないが,

表 1. 異なる時期に採集された個体群の齢別採集個体数*

採集年	月日	卵塊	1齢	2齢	3齢	4齢	5齢	6齢	亜成体	成体	合計
2009	7月5日	0	0	0	0	0	93	341	27	0	462
	10月25日	0	0	0	0	0	0	6	74	256	336
2010	6月13日	0	10	200	300	40	0	0	0	8	558
	10月24日	0	0	0	0	0	0	16	38	164	218
2011	1月14日	20	100	100	50	0	0	16	57	400	743
	10月1日	0	0	0	0	0	18	69	196	47	330
2012	3月18日	0	30	40	0	0	0	0	0	937	1007
	4月30日	20	200	200	50	0	0	0	0	367	837
	5月26日	6	30	250	200	40	0	0	0	135	661
	7月25日	0	0	0	0	150	200	86	143	0	579
	8月17日	0	0	0	0	50	148	238	211	0	647
	9月22日	0	0	0	0	0	76	166	589	4	835
	10月21日	0	0	0	0	0	0	34	756	60	850
	11月25日	0	0	0	0	0	0	0	385	238	623
	12月23日	0	0	50	40	0	0	0	309	632	1031

※各採集日における採集個体数（卵塊は卵塊数を示す。黄色で示されている数値は概数。）

齢\月	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3
成体	□	□	□	□	□	□	□	□										
卵		○	○	○	○	○	○											
1齢幼虫		△	△	△	△	△	△	△										
2齢幼虫			△	△	△	△	△	△	△									
3齢幼虫				△	△	△	△	△	△									
4齢幼虫						△	△	△	△	△								
5齢幼虫										△	△	△						
6齢幼虫											△	△	△	△				
亜成体										▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲		
成体													□	□	□	□	□	□

図 3. 静岡におけるヤンバルトサカヤズデの発育段階別出現期間。○卵，△1～6 齢幼虫，▲亜成体，□成体。12月に、卵と、1 齢幼虫は採集出来ていないが、2 齢，3 齢幼虫が見られたことから、産卵はすでに行われていると判断し、12月に含めた。

4 年の調査期間中は採集年に関わらず月ごとの発育段階はほぼ等しかった。そこで、月別発消長をみると、成体は 9 月末～翌 5 月まで、卵は 1 月～5 月、3 齢以下の若齢幼虫は 1 月～6 月、4 齢は 6 月以降に見られ、7 月には 4 齢，5 齢の割合が 60%であった。8 月には 6 齢幼虫が最も多く見られた。亜成体は 7 月下旬から出現し、9 月，10 月には大部分の幼虫が亜成体であった。これを図 3 に静岡における発育段階別出現期間として要約した。この発消経過は神谷・飯田（2011）や藤山ら（2012）とほぼ同じであるが、本報では圃場で冬期の産卵を確認した。それに基づき冬期に卵発生を入れた点が過去の報告と大きく異なる点である。

（2）異なる温度と日長下での亜成体の齢期間

6 つの温度日長下で、亜成体から成体への発育に要した個体ごとの日数を日長別に図 4 に示した。これらか温度ごとの平均日数を平均値±標準偏差を示すと 25℃短日で 26.1 日±5.3，同長日で 21.0 日±4.0，20℃短日で 34.8 日±4.1，長日で 35.5 日±7.4，となり、平均日数は日長により多少違いはあるが、有意差は認められない（P>0.05）。したがって、日長は亜成体期間の長さには影響しないと結論した。

飼育温度については 25℃で 21-26 日，20℃で 35-36 日と高温で発育が早い。25℃，20℃では全生存個体が期間中に脱皮したが、15℃では短日，長日とも実験終了の 58 日まで脱皮，死亡個体はみられなかった。

これは低温による発育の遅れと判断された。以上より亜成体の発育は有効積算温度法則にしたがっていると判断した。

（3）異なる温度，日長下での産卵前期間

4 つの温度日長条件下での雌雄別生存曲線を図 5 に示す。これより、死亡率は雄で雌よりもやや高い傾向にあるが、50%を越えたのは、雄では 20 日以降、雌では 22℃14L10D のみで 24 日以降であったので、この実験で得られた結果を基に温度日長条件の違いが産卵誘起に及ぼす影響の有無を検討出来ると判断した。

各区の産卵状況を累積産卵塊数にして図 6 に示した。これより早く産卵の見られたのは 18℃14L10D 区で、20 日であった。続いて 18℃10L14D，22℃14L10D で、順に 22 日，32 日であった。22℃10L14D では 35 日の調査期間中産卵はみられず、供試虫は全て死亡した。18℃10L14D，18℃14L10D では 4 反復中全区で産卵があり、順にその合計は 5 卵塊，4 卵塊だった。22℃14L10D では 4 反復中 2 回で計 2 卵塊得られた。雌の供試虫数に対し得られた卵塊数の割合を産卵率とすると 18℃10L14D で 62.5%，18℃14L10D で 50%，22℃14L10D で 25%となり 18℃で割合が高かった。なお、1 卵塊卵数は約 200 個であった。

考察

（1）静岡での生活史とその調節について

静岡市における本種の発消経過は、図 3 から分かるように季節の移り変わりと同調して見られ、年 1 化である。

ではどのようにして年 1 化が成立しているのだろうか？

一般に変温動物の発育は有効積算温度法則にしたがうので、適温の範囲内では温度が高いほど発育速度は大きい。亜成体での今回の実験では、成体への脱皮に要する日数は 20℃より 25℃の方が少なく、脱皮までの日数は高温で短くなる傾向があった。以上より本種の亜成体期には本法則の適用が可能と判断した。

しかし、供試虫は 2012 年 11 月 25 日に採集された亜成体で、実際、野外にはそれ以前の時期にも亜成体はいたので、実験開始以前の時期に休眠が存在しすでにその時点で休眠が消去されていた可能性がある。仮に夏季の高温による休眠があったとすると、2012 年 11 月の静岡県静岡市の平均気温は 13.5℃（気象庁 2013）であり、採集時点で休眠がすでに消去していた可能性もあり、本実験を持って亜成体期の休眠の存在を完全に否定することはできない。

異なる温度，日長下での産卵誘発調査では、産卵率，産卵前期間は 18℃が、22℃よりも高く、短かった。一般的には適温内であれば、温度が高いほど、有効温量は多く、成虫ならば先に産卵すると考えら

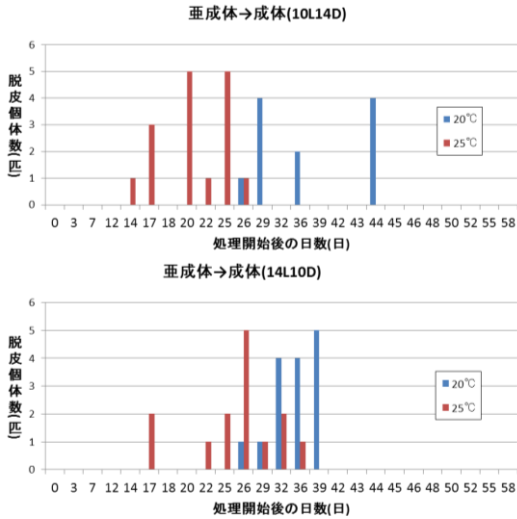


図4. 亜成体が成体に脱皮するまでの日数と温度・日長との関係。実験期間58日間。上は短日(10L14D)、下は長日(14L10D)の結果を示す。15°Cでは両条件ともに脱皮はみられなかった。

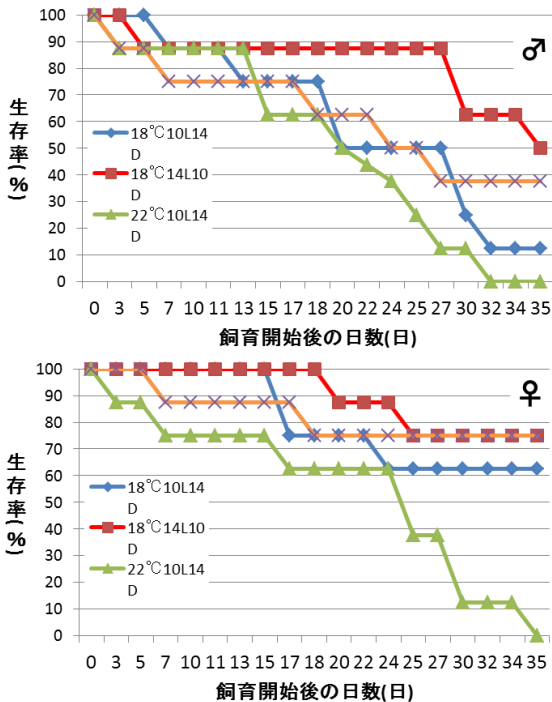


図5. 異なる温度・日長下でのヤンバルトサカヤセダの産卵実験における雌雄別の生存曲線。

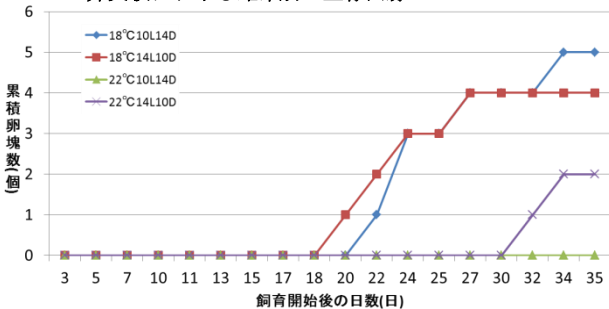


図6. 異なる温度・日長下におけるヤンバルトサカヤセダ成体の累積産卵塊数。35日間の実験の結果、18°C10L14D、18°C14L10、22°C10L14D、22°C14L10Dの各処理区で得られた卵塊の個数は、順に5、4、0、2個であった。

れるが、実際はそれに反した。これは前述の亜成体期間に及ぼす温度、日長の効果が25°Cの高温で促進される結果であったのとは大いに異なり注目値する。比嘉ら(1992)は、産卵に適した温度は15~20°Cであるとしており、今回の結果はそれを支持する。

亜熱帯起源と考えられる本種がこのように低い温度下で産卵が行われることは、季節による産卵調節があることを強く示唆する。また、沖縄の産卵開始時期は11月でその月の気温の平年値は22.1°C(気象庁2013)である。沖縄ではこれより22°C付近よりも高温下で、卵巣発育を抑制するメカニズムが存在する可能性が示された。ただし、実験期間が35日間と短く調査継続時間がやや不十分であるので、その可能性を検証するには亜成体、成体期において更に詳しい実験が必要である。

(2) 生活史の地理変異とそれをもたらすメカニズム

各地域での温量の違いは生活史形成にどのように関わっているかを明らかにするため、図7に3地域の生活史を示した。ここで那覇、静岡の温量と生活史について詳しく検討するために、両地域の有効温量を12、8、4、0各°Cの4つの発育限界温度を設定して検討する。

表2に気象庁(2013)による1987年の那覇市と2012年の静岡市の日別平均気温をもとに、4つの発育限界温度を仮定した場合の両市での年間の有効積算温度を示す。なお、那覇市の気温は、比嘉ら(1992)に示された年齢構成データが1987年の調査に基づくものであったので、その年の気温を用いた。

表で発育限界温度の値を12°Cとした場合は、那覇市の温量は、約1.8倍だが、発育限界温度を更に低く仮定すると、その値は小さくなり、0°Cでは1.38倍になった。本種は亜熱帯起源と考えられるので実際の発育限界温度は0°Cより高いと予想され、1.4以上となる。

この有効積算温度の大きな差は、発生経過とどのように関係しているのかを詳しく検討するため、静岡での出現開始時期を、表1をもとに卵で12月23日、6齢幼虫で7月5日、亜成体で7月25日、成体で10月21日とし、沖縄での各発育段階の出現開始時を、図1をもとに卵で11月1日、6齢幼虫で3月1日、亜成体で5月1日、成体で8月1日として各発育段階で消費している有効積算温度を計算した。

表3に結果を示す。卵から6齢までの有効温量の差是那覇と静岡で、は約+145~-173日°Cでその違いは小さく、全体に0に近い。一方、亜成体、成体になるまでの有効温量は那覇が順に250~584日°C、378~748日°C大きい。このことから6齢以降の発育期間、すなわち6齢、亜成体、成体(未成熟期)該当する時期に、那覇では発育を遅らせる何かが存在するはずである。沖縄では成体は8月後半より現

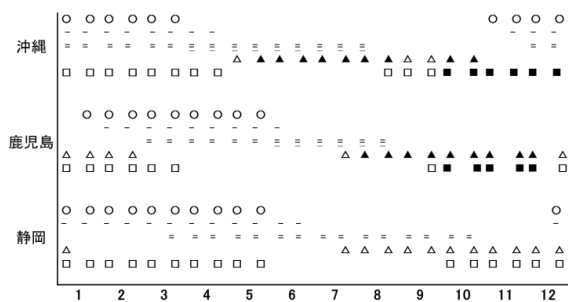


図7. 各地におけるヤンバルトサカヤスデの生活史の比較。上段、中段、下段は順に沖縄地方、鹿児島地方、静岡県地方での生活史。卵：○，小形幼虫（1-3 齢）：—，大形幼虫（4-6 齢）通常期：△，同移動期：▲，亜成体（7 齢）通常期：△，同移動期：▲，成虫通常期：□，同移動期：■。沖縄、鹿児島での生活史は順に比嘉ら（1992），有馬ら（2001）を基に作成し，静岡での生活史は図3を基に作成した。

表2. 異なる発育限界温度を仮定した場合の、那覇市と静岡市における年間の有効積算温度とその比

発育限界温度\地域	年間の有効積算温度(日度) [※]		
	沖縄県那覇市	静岡県静岡市	沖縄:静岡の比
12°C	4047.7	2260.5	1.79
8°C	5503.2	3338.1	1.65
4°C	6963.2	4662.5	1.49
0°C	8423.2	6121.6	1.38

※1987年沖縄県那覇市と2012年静岡県静岡市の日別平均気温(気象庁 2013)から、各発育限界温度について、1年365日の有効積算温度を算出した。

表3. 静岡、沖縄での、ヤンバルトサカヤスデの卵の出現開始時期から、6 齢幼虫、亜成体、成体の各発育段階の出現開始時期までの有効積算温度[※]

発育限界温度	沖縄		2地域間の有効積算量の差
	11月1日~3月1日	12月23日~7月5日	
14°C	576.8	500.5	76.3
10°C	1040.6	895.9	144.7
6°C	1524.6	1438.1	86.5
2°C	2008.6	2181.8	-173.2
14°C	986.4	736.7	249.7
10°C	1694.0	1212.1	481.9
6°C	2422.0	1838.2	583.8
2°C	3150.0	2673.9	476.1
14°C	2122.9	1745.3	377.6
10°C	3198.5	2572.7	625.8
6°C	4294.5	3546.9	747.6
2°C	5390.5	4722.6	667.9

※静岡での出現開始時期は、表1をもとに卵で12月23日、成体で10月21日、亜成体で7月25日、6 齢幼虫で7月5日とし、沖縄での各発育段階の出現開始時期は、図1をもとに卵で11月1日、成体で8月1日、亜成体で5月1日、6 齢幼虫で3月1日とした。

われるが、10月までは産卵は見られず、産卵開始時期が11月~12月頃にほぼ一定しているため、この前あるいはこの時期に産卵時期を調節する機構があることが強く示唆される。

産卵実験から、22°C付近よりも高い温度で産卵が抑制される可能性が示された。ヤスデ類においてこうした事例はいくつか報告されており、藤山・吉田（1984）はキシヤスデにおいて産卵が日長とは

無関係に低温により誘起されることを、Fujiyama（1996）は、キシヤスデの生活史が温度の季節変化により8年1世代に調節されていることを示した。またヨーロッパのオビヤスデ科の一種 *Polydesmus angustus* でも休眠の存在が知られる（David *et al.* 1999）。これらの研究例はヤスデ類にも生活史を季節に同調させる調節があることを示しており、更に同様の事例が発見される可能性を示す。

今後、成体を中心とした前述の発育段階で受ける温度や光周期の影響をさらに詳細に調べることで、本種の生活環調節メカニズムが解明されることが期待される。

(3) 分布拡大と防除策

本種の日本本土への定着と分布拡大の可能性については、藤山（2009）が成体の低温耐性実験を行って検討している。また、有馬ら（2001）の鹿児島での低温耐性調査では、低温にさらしことで低温順化が進むことを示した。藤山（2009）は成虫の越冬可能地域は日本中南部で地理的には狭いが、東京、横浜、大阪、名古屋など、日本人の60%以上が居住する地域を含んでいると警鐘を鳴らしている。

本研究の結果、静岡市程度の温量の地域なら、本種は生活史を大きく変化させずに定着できると推定された。そうした地域に本種が侵入した場合、過去の侵入地域と同様に、大発生が生じ、不快性被害や交通への悪影響を通じた被害の発生が危惧される。

本種が分布拡大した原因の一つに、農業や園芸用の資材の中に混入するなどして資材の動きにうまく便乗し移動できたことが挙げられる。特に卵や若齢の幼虫は小さくて気づきにくく、資材の運搬時に紛れ込みやすい。これらの生きた個体が紛れないように消毒するなど慎重な配慮が必要である。また、侵入している地域では、大発生対策として生息密度を下げ、地域生態系への影響を和らげる必要がある。

侵入地域の各自治体では薬剤散布を主とした防除を行っている（比嘉・岸本 1991；山口ら 2000）が、薬剤散布には経費はかさむが密度抑制は一時的で、薬の生態系への影響も危惧される。本種は乾燥に弱く湿気のある環境を好むので、分散力が小さい若齢幼虫期に土壌を耕運し湿気を減らす、地表面の落ち葉、腐植物を除去して好適な生息場所を減らすなど生態防除を積極的に行い、本種を低密度に抑制して他種と共存できるように誘導するのが、現状を踏まえるなら適切な対策と考える。

摘要

ヤンバルトサカヤスデ *Chamberlinius hualienensis* Wang の分布北限に近い静岡市でいろいろな時期に本種を採集し生活史を記載するとともに、生活史の調節機構の有無やその調節メカニズムを明らかにするために複数の温度、日長下で飼育実験をした。

静岡市でも年 1 化であった。有効温量の大きく異なる亜熱帯～温帯地方で年 1 化であることは、有効積算温度法則からは説明できず、生活史の調節の存在が示唆され、これについても検討した。

野外採集の亜成体個体による飼育実験では、高温で成体への発育が速く、休眠はみられなかった。しかし、供試虫の採集時期が 11 月下旬であったことと野外では亜成体が 7 月後半から見られることから採集時にすでに休眠が消失していた可能性があり、この実験で休眠の存在を全否定することはできない。

野外採集成虫による異なる温度、日長下での産卵誘起実験から、22℃よりも 18℃で産卵が早く行われ、かつ雌個体の産卵率も高かった。高温下では、産卵が抑制されていることが示唆された。

静岡と沖縄での調査結果をもとに発育限界温度を色々に仮定し、卵から 6 齢、亜成体、成体繁殖前期までの野外の有効積算温度を推定し両地域の発育経過と比較した。6 齢未満の温量は両地域で近い値を示したが、6 齢、亜成体、成体繁殖前期までの期間を加えると、沖縄で過大な温量となった。これより 6 齢から繁殖前期の間に沖縄では発育を抑制するメカニズムがあることが示唆され、夏の高温期に生理的な抑制が働いている可能性が高いと考えられた。

謝 辞

本研究を行うにあたり静岡県衛生研究所の神谷貴文博士には用いたヤスデの採集調査地をご紹介頂きました。記して感謝の意を表します。

引用 文献

- 有馬忠行・塚本純司・竹村 薫・本田俊郎・吉国 謙一郎・上野伸広・新川奈緒美・湯又義勝・永田告治 (2001) 鹿児島県本土で異常発生したヤンバルトサカヤスデの生態—生息密度調査—。鹿児島県環境保健センター所報, **2** : 55-62.
- David J.F., Celerier M.L. & Geoffroy J.J. (1999) Period of dormancy and cohort-splitting in the millipede *Polydesmus angustus* (Diplopoda: Polydesmidae). *Eur. J. Entomol*, **96** : 111 - 116.
- Fujiyama, S. (1996) Annual thermoperiod regulating an eight-year life-cycle of a periodical diplopod, *Parafontaria laminata armigera* Verhoeff (Diplopoda). *Pedobiologia*, **40** : 541-547.
- 藤山静雄 (2009) 外来種ヤンバルトサカヤスデの日本本土での定着の可能性について。信州大学環境科学年報, **31** : 133 - 136.

藤山静雄・石田剛之・Shah, S.K. (2012) 外来種ヤンバルトサカヤスデの生態と大発生 - キンヤスデの生態との対比を中心に -。信州大学環境科学年報, **34** : 110-116.

藤山静雄・吉田利男 (1984) キンヤスデの産卵誘起に及ぼす低温の効果。 *Edaphologia*, **30** : 17 - 21.

比嘉よし子・岸本高男 (1987) ヤンバルトサカヤスデの多発事例とその対策。沖縄県公害衛生研究所報告, **20** : 62-72.

比嘉よし子・岸本高男 (1991) 沖縄県におけるヤンバルトサカヤスデ *Chamberlinius hualienensis* Wang の大発生、分布拡大、防除の現況。ペシトロロジー学会誌, **6(1)** : 10 - 14.

比嘉よし子・岸本高男・新島溪子 (1992) 沖縄本島におけるヤンバルトサカヤスデの季節消長。沖縄県公害衛生研究所報告, **26** : 42 - 49.

石田剛之・藤山静雄 (2010) ヤンバルトサカヤスデ *Chamberlinius hualienensis* Wang の産卵誘起に及ぼす温度と日長の影響。信州大学環境科学年報, **32** : 99-102.

神谷貴文・飯田 奈都子 (2011) 外来不害虫ヤンバルトサカヤスデの生態特性。日本生態学会58回大会講演要旨。

気象庁 (2013) ホーム > 気象統計情報 > 過去の気象データ検索 <http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index.php>

村上好央 (1962) 日本産普通多足類の後胚発生、X ヤケヤスデの生活史。動物学雑誌, **71** : 245-249.

新島溪子・金子信博・川九邦雄 (2005) ヤンバルトサカヤスデ神奈川県に発生。 *Edaphologia*, **78** : 31.

竹田 真木生・田中誠二 (編) (1993) 昆虫の季節適応と休眠 文一総合出版。東京, 447pp.

田辺 力・林 敬 (1996) ヤンバルトサカヤスデを徳島で発見。どろのむし通信, **15** : 7.

Wang, Y. M. (1956) Records of myriapods on Formosa with description of new species (2). *Quarterly Journal of the Taiwan Museum*, **9** (2) : 155-159.

山口卓宏・和泉勝一・竹村 薫・鳥越博明・松永禎史・永田告治 (2000) 奄美大島におけるヤンバルトサカヤスデの発生経過と防除薬剤の探索。九州病害虫研究会報, **46** : 118-122.

(原稿受付 2012. 4. 23)