The society of Urban Pest Management, Japan

イエシロアリの有翅虫と有効積算温度

安　達　洋　二*

Winged Adults of the Formosan Subterranean Termite, *Coptotermes formosanus* SHIRAKI (Isoptera: Rhinotermitidae), with Effective and Accumlative Temperature

Yōji ADACHI

自然界の季節の移り変わりは、地球と太陽との距離の違いによってひき起こされるのではなく、地球が23.5度の傾きで自転し、1年の周期で太陽のまわりを公転するにしたがって、光源に向けられる自転面が変化するために季節変化が起る。この、地表面へ入射する太陽エネルギーの年変化の模様は緯度によって太陽の光の当り方が違い、高緯度(66.5度より極地下)への寒帯や低緯度の熱帯地方では季節の区分はむつかしい。中緯度の温帯地方では、春・夏・秋・冬の四季を生じ、寒暑の温度差が大きく、季節によって日長時間（1日における明時間の長さ)や昼夜に長短を生じている。

この、1年の周期による季節の年変化をもたらす太陽の回帰現象を北半球の中緯度からみた場合、季節の節目（節気）の春分（3月21日頃）・秋分（9月23日頃）には、太陽は赤道上を直射し、昼夜同分である。春分後、太陽は赤道以北の地を直射し、北半球の昼は次第に長く、夏至には太陽は天において最北点（23.5°Nの線）に達し、北回帰線（台湾の嘉義に標識）を直射するので北半球の昼は最も長く、6月の中・下旬にはイエシロアリの有翅虫の群飛の季節を迎える。その後、太陽は暫時南に移り、秋分には赤道を直射し、12月22日頃には最南点（23.5°S）の南回帰線（ブラジルのサンパウロに標識）に達し、南回帰線上を直射するので北半球では昼が短く、冬至（南半球では夏至）となる。

このように、中緯度に位置する日本の自然の1年を単位とした四季の移りかわりにともなう寒暑の温度変化は，昆虫にとって環境という一つの目的に適合（適応）してゆくことはきわめて重要である。特に冬の季節の到来を前もって予知することは、単に自分たちの生命保持だけではなく、次の世代の幼虫の成長が可能かどうか、種の維持の上で重大な意味をもつからである。この対策として昆虫類は、おおまかに見て二つの対応(内因性・外因性）を遺伝的に身につけている。内因性は環境の季節的周期性の温度刺激反応による活動とは無関係に、生物が生得的にもっている自律的な活動リズムで生物自体に内在する生理活動や行動には、ほぼ24時間の日周活動（概日リズム）や年（季節）周期活動（概年リズム）の存在が知られている。

この、内因性の生物リズムは地球の自転と公転がもたらす太陽高度の年変化による日長時間と、一定時間（一般に24時間の周期）の明期と暗期の繰返しの光周期によって支配されている。このように生物が好適な環境季節の到来を予測し、それに合わせて行動がとれるように前もって時間を測定しうる内部機構は、生活環境の周期的変化に対する適応であって、おそらく長い進化の道のりを経て確立されたものと考えられる。昆虫類では完全変態の種に多くみられ、その機構は昆虫時計、植物では花時計と称され、内部機構の存在個所が研究されている。

これに反して、社会性昆虫で不完全変態のシロアリは暗所に生活をいとなみ、その生活のすべての行動は気候要因（温度・湿度・光）の周期性に支配される外因性周期変動または振動（リズム）であって、温度刺激に対する単純な反射機構といえる。この二つの対応は好適な季節の到来に対し、正しい行動をとらせるタイミングのための仕組みといえる。ミゾガシラシロアリ科のイエシロアリは比較的高温を好み、その温度反応は階級によって多少異なるが、ゆるい歩行を始めるのは15℃附

*山口農芸化学試験所

NII-Electronic Library Service

The society of Urban Pest Management, Japan

近からであり、正常な活動は20—35℃の範囲とされている（中島茂の研究報告から）。また、中国の広東省昆虫研究所、黄亮文・張愈文の“温・湿度対家白蟻初建体的影響”と題する研究報告によれば、生存に最も適する温度は25—30℃で、そのときにはコロニーの発育も正常であったとされている（しろあり誌No60）。わが国のイエシロアリと同種、同名の家白蟻は、中国でも建物や農作物に大きな損害を与える白蟻の代表種の一つで、北は北緯32—33度の華中地方の温帯から、北緯23.5度の北回帰がほぼ中央を通る華南地方の亜熱帯と、南は北緯20度の西沙群島までの広い地域に分布がみられる。この生息北限線は、おおよそ秦嶺山脈と淮河を結ぶ線上にあって、4,500℃（≧10℃）の等積温線と、年間降水量1,000mmの線と一致する（しろあり誌No42、60号）。冬季に寒気の流入の強い大陸性気候の中国大陸の中緯度に生息しているイエシロアリの生活と成育には、積算温度4,500℃（平均気温≧10℃）の温熱を必要とし、分布の閾値となっている。

わが国のイエシロアリは、1月の平均気温4℃、最低気温で0℃以上の地域に分布し、温量指数で約120度を生息場所の北限とし（家屋害虫No27、28）、積算温度で約4,600度（平均気温≧10℃）を閾値としている。また、イエシロアリにとって最も大切な巣内温度は、春の気温10℃以上となり、

地域気候の観測地点名		緯度（N）	海抜高度	積算温度（≧10℃）	降水量（mm）	雨量指数	地域気候の観測地点名		緯度（N）	海抜高度	積算温度（≧10℃）	降水量（mm）	雨量指数
関東地方・中部・近畿地方・中国地方・四国地方	横浜市	35°26′	39m	4744.3℃	1596mm	105.7	北西九州地方・南九州地方・沖縄地方	福岡市	33°35′	3m	5071.7℃	1690mm	105.6
	伊豆大島	34°46′	190〃	4665.5〃	2953〃	198.2		飯塚市	33°39′	37〃	4768.2〃	1821〃	119.8
	三宅島	34°07′	36〃	6010.6〃	3014〃	171.7		佐賀市	33°15′	4〃	5068.9〃	1980〃	118.1
	八丈島	33°06′	80〃	6495.3〃	3262〃	179.2		平戸市	33°22′	58〃	4994.1〃	2168〃	137.2
	新島	34°22′	9〃	5793.8〃	2388〃	137.3		佐世保市	33°09′	17〃	5183.2〃	1968〃	120.8
	父島	27°05′	3〃	8399.7〃	1241〃	54.2		長崎市	32°44′	27〃	5307.0〃	2002〃	120.6
	静岡市	34°58′	14〃	5078.5〃	2361〃	147.5		福江市	32°42′	25〃	5111.9〃	2362〃	145.8
	浜松市	34°42′	32〃	4822.5〃	1928〃	123.6		大分市	33°14′	5〃	4907.0〃	1708〃	109.5
	渥美半島	34°38′	6〃	4789.1〃	1697〃	108.8		日田市	33°19′	83〃	4619.5〃	1846〃	126.4
	津市	34°42′	2〃	4714.4〃	1708〃	113.9		熊本市	32°49′	38〃	5135.2〃	1989〃	123.5
	串本町	33°27′	73〃	5509.6〃	2766〃	163.7		人吉市	32°19′	146〃	4762.9〃	2303〃	159.6
	和歌山市	34°14′	14〃	5077.2〃	1454〃	91.9		手深市	32°12′	3〃	5757.3〃	2079〃	120.2
	大阪市	34°04′	23〃	5133.0〃	1400〃	86.4		延岡市	32°35′	19〃	5118.9〃	2300〃	142.8
	姫路市	34°50′	38〃	4589.3〃	1362〃	93.9		宮崎市	31°55′	7〃	5464.3〃	2490〃	147.3
	神戸市	34°41′	59〃	4921.3〃	1385〃	88.8		都城市	31°44′	154〃	4965.4〃	2523〃	160.6
	洲本市	34°20′	109〃	4809.3〃	1647〃	108.3		日南市	31°34′	3〃	5813.1〃	2696〃	154.1
	岡山市	34°41′	3〃	4623.6〃	1223〃	83.8		鹿児島市	31°34′	4〃	5658.6〃	2375〃	137.3
	広島市	34°22′	29〃	4694.8〃	1603〃	106.9		阿久根市	32°01′	40〃	5473.4〃	2264〃	134.7
	福山市	34°27′	2〃	4667.1〃	1238〃	84.2		枕崎市	31°16′	30〃	5814.8〃	2279〃	126.8
	下関市	33°57′	3〃	4879.2〃	1718〃	110.8		種子島	30°44′	17〃	7088.6〃	2379〃	123.3
	防府市	34°03′	7〃	4612.1〃	1754〃	115.9		屋久島	30°27′	14〃	7046.9〃	3852〃	197.1
	高松市	34°19′	9〃	4754.9〃	1199〃	78.9		奄美大島	28°23′	3〃	7752.9〃	3051〃	143.2
	徳島市	34°04′	2〃	5020.4〃	1743〃	110.3		沖永良部	27°20′	29〃	7907.9〃	2106〃	95.7
	多度津町	34°16′	4〃	4906.9〃	1154〃	73.5		那覇市	26°14′	35〃	8184.0〃	2128〃	95.0
	松山市	33°50′	32〃	4982.0〃	1337〃	85.7		久米島	26°20′	40〃	8137.5〃	2261〃	100.9
	宇和島市	33°14′	43〃	5058.7〃	1699〃	105.5		宮古島	24°47′	40〃	8458.3〃	2197〃	95.1
	高知市	33°33′	2〃	5237.0〃	2666〃	163.5		石垣島	24°20′	8〃	8702.0〃	2072〃	87.1
	宿毛市	32°55′	49〃	5200.4〃	2003〃	122.9		与那国島	24°28′	30〃	8584.1〃	2377	101.6

〔備考〕

積算温度は平年値表（1951～1980）の毎日の平均気温10℃以上の温度を積算した（日別平均気温≧10℃）。

NII-Electronic Library Service

活動を始める頃には気温より常に高温を維持し（シロアリやバクテリアの代謝熱と推定）、活動期には人間の体温と同じであるが、秋の気温の低下につれて巣温も低下する。これに関し、中島茂博士の宮崎における野外の「マツ代根にあるイエシロアリの巣内温度と炭酸ガス濃度の年間変動」と題する報告によると、2月下旬―3月上旬にかけて気温10℃以上の季節には、巣温30℃以上に上昇し、6月下旬―7月には最高値となり巣温は年間を通し最高の38℃近くまで上昇している（しろあり詳説32図参照）。また、シロアリの生息環境の土壌含水分に関係をもつ降水量は気温と共に気候の大略を形づくり、気候の乾湿ならびに分布条件にも影響をあたえている。特に初期のコロニーにとって、適正な含水量を維持することは必要な条件とされる中国の北限線分布域の降水量1,000㎜は、温度―雨量関係で適当な雨量指数107である。この雨量指数は、土壌学者 R.Lang の唱えた指数で、年間降水量（㎜）を年平均気温で割った値で、気候の乾湿（数値＜100＝乾・数値＞100＝湿）を示す目安とされている。

わが国のイエシロアリ分布の北限線域の北緯35度から、南は南西諸島の北緯24°20′の石垣島までの主要気象観測地点の積算温度（≧10℃）、降水量並びに雨量指数を記載しておく。資料となる日別平年値は月別平年値（温量指数の算出）にくらべ、その観測地点が少ないのは、毎日の平均気温を資料として集めることは個人の力では不可能なので、了解していただくことにする。

社会性昆虫のシロアリは集団で生活を営み、不完全変態であることに起因した階級分化の構成員の複雑さと、生殖活動の専間家（女王）を中心に統制され、その生活は複雑な形で種の維持がはかられている。なかでも分化したニンフ（生殖虫の幼虫）の群体は、一定の有効積算温度のもとに成長して有翅虫となり、その群飛から始まる新しいコロニーの創設は、すべてのシロアリにみられる基本方法で、配偶行動を中心とした社会といえる。このように、生物が一定の成長段階を通るためには一定の有効な温度を受けねばならないという有効積算温度の法則の通り、有翅虫（羽アリ）の成熟過程にも巣内温度30―35℃の温熱を必要としている。そして、群飛に際しては好適な自然条件として、温度、湿度、照度、風速などが要求されている。イエシロアリの職蟻、兵蟻の行動が活発となる気温平均20℃を有効積算温度の積算開始日とし、有翅虫の成長過程を観察して得た約21日間を積算日数とした。そして、最低気温20℃となる時期を群飛の温度条件とした。

シロアリの日常生活は、外部からの刺激に反応して運動し、その刺激源に向って進むときは正、刺激源と反対方向に進む負の方向性のある運動能は走性とよばれるもので、かれらの行動のすべてが支配されている。なかでも有翅虫の重力の支配から脱し、空間に飛翅できるのも重力走性（走地性）の変化によるもの大である。Richad（1953.1956）の報告によると、巣内のニンフから有翅虫への成長過程につれて重力走性は敏感となる。この、地球の重力を適当な刺激とし、重力に支配される正の重力走性は、その作用方向を感知させる感覚（重力覚）によるもので、地中生活者のシロアリにとって重力走性の反応を解発する。光に対しては負の光走性、割目や仲間と触れ合う接触走性を示すが、有翅虫が飛び出す際には、これらの走性が逆になり、翅を落した後では元の走性に帰る。このほかに温度走性、水分走性（湿度走性）等のすべての走性は下等生物の行動において、きわめて重要な意義をもっている。なかんずく光が刺激となる光走性はシロアリにとって、主要な要素である。このように、生物を取巻く環境要因のうち光要因が関係するものに、光の強さ（太陽高度による照度）の量的性質と、光の質（色彩）・波長の組成・光の長さ（光周期―内因性）の質的性質に分けることができる。光は本来眼を刺激して視覚（波長が380―770nmの光線を感ずる感覚）を発生させる可視光線を意味し、電磁波（波長により熱線、可視光線、紫外線、X線、r線）のうち人間の眼に光として感じる波長範囲の可視域は波長約400nmから約760nmで、その範囲内で約165の単色光の色調を区別できるといわれる。光の色は波長によって、青紫（380―430nm）、、青（430―490nm）、緑（490―550nm）、黄（550

NII-Electronic Library Service

The society of Urban Pest Management, Japan

観測地点	有効積温	積算 月/日	群飛時期の月旬	湿度	観測地点	有効積温	積算 月/日	群飛時期の月旬	湿度
横浜市	419.2℃	5/26～6/15	6月下旬～7月	81%	飯塚市	422.7℃	5/24～6/13	6月中・下旬	80%
三宅島	419.7〃	5/18～6/ 7	6月中旬～下旬	85〃	佐賀市	423.4〃	5/16～6/ 5	6月上・中旬	77〃
八丈島	417.7〃	5/14～6/ 3	6月上旬～中旬	88〃	平戸市	419.0〃	5/30～6/19	6月下旬	86〃
父島	400.9〃	3/27～4/16	4月下旬～5月	85〃	長崎市	420.6〃	5/18～6/ 7	6月中旬	81〃
静岡市	423.8〃	5/23～6/12	6月中・下旬	80〃	福江市	419.1〃	5/26～6/15	6月中・下旬	85〃
浜松市	423.0〃	5/24～6/13	6月中・下旬	81〃	大分市	421.4〃	5/25～6/14	6月中・下旬	81〃
渥美半島	423.0〃	5/24～6/13	6月中・下旬	82〃	日田市	425.1〃	5/25～6/14	6月中・下旬	79〃
串本町	423.4〃	5/19～6/ 8	6月中旬	84〃	熊本市	423.1〃	5/14～6/ 3	6月上・中旬	78〃
和歌山市	426.7〃	5/19～6/ 8	6月中旬	76〃	牛深市	417.5〃	5/13～6/ 2	6月上旬	83〃
大阪市	428.5〃	5/15～6/ 4	6月上・中旬	72〃	延岡市	424.1〃	5/19～6/ 8	6月中・下旬	83〃
神戸市	424.7〃	5/22～6/11	6月中・下旬	75〃	宮崎市	421.2〃	5/13～6/ 2	6月上・中旬	83〃
姫路市	426.0〃	5/26～6/15	6月下旬～7月	78〃	都城市	420.0〃	5/20～6/ 9	6月中・下旬	83〃
洲本市	421.7〃	5/26～6/15	5月下旬～7月	81〃	日南市	420.4〃	5/12～6/ 1	6月上旬	82〃
岡山市	424.7〃	5/26～6/15	6月下旬～7月	79〃	鹿児島市	419.5〃	5/ 8～5/28	6月上旬	76〃
広島市	421.3〃	5/27～6/16	6月下旬～7月	80〃	枕崎市	415.5〃	5/10～5/30	6月上旬	85〃
福山市	424.2〃	5/26～6/15	6月下旬～7月	79〃	種子島	417.0〃	4/26～5/16	5月下旬～6月	80〃
下関市	416.7〃	5/28～6/17	6月下旬～7月	83〃	屋久島	422.7〃	4/28～5/18	5月下旬～6月	77〃
防府市	420.4〃	5/31～6/20	6月下旬～7月	87〃	奄美大島	424.0〃	4/ 7～4/27	5月上・中旬	75〃
高松市	427.3〃	5/25～6/14	6月中・下旬	77〃	沖永良部	426.5〃	4/ 2～4/22	4月下旬～5月	78〃
多度津町	424.8〃	5/25～6/14	6月中・下旬	79〃	那覇市	429.7〃	3/31～4/20	4月下旬～5月	79〃
松山市	420.5〃	5/24～6/13	6月中・下旬	76〃	久米島	410.5〃	3/30～4/19	4月下旬	79〃
宇和島市	423.1〃	5/22～6/11	6月中旬	80〃	宮古島	409.4〃	3/ 9～3/30	4月上・中旬	82〃
高知市	420.7〃	5/14～6/ 3	6月上・中旬	81〃	与那国島	411.8〃	2/29～3/20	4月上旬	78〃
宿毛市	421.5〃	5/20～6/ 9	6月中・下旬	83〃	石垣島	414.2〃	2/27～3/ 8	3月中・下旬	79〃
福岡市	424.7〃	5/22～6/11	6月中・下旬	77〃					

〔備考〕
- 有効積温は日別平年値表（1951～1980）の月別平均気温約20℃以上の日々の気温を積算した。
- 群飛時期は最盛期の毎年の平均を記した。

—590nm)、橙（550—640nm)、赤（640—700nm）の異なる色感覚と色刺激（色感覚を生ずる光）を与えている。このように波長の区分によって光には固有の色（光色）があり、赤っぽい光ほど色温度（光色を表す）が低く、白色から青みがかるにつれて色温度K（単位Kはケルビン）は高い値となる。イエシロアリの有翅虫は日暮れより飛翅を開始し、電灯やテレビの光によく集まる性質がある（正の光走性)。山野勝次博士の実験では、可視光線の400—420nmの波長の青色光線の色温度の高い蛍光灯に最もよく集まる高性の光走性反応を示し、それよりも短、長両波長に至るに従って低性の光走性反応であったと報告されている（(波長360—2200nmの光線による誘引実験。しろあり No.19)。一般に昆虫の可視域は、人間よりも短波長側にずれ、赤色に盲目であるかわりに紫外線を感受するとされる。A.Kühnらの研究（1970）によればミツバチは波長300—400nmの菫外線に、独特の色を見ているらしいことを分光器による単色光を用いた実験で発見した（人の目にまったく見えない波長域)。また、山野博士の「ニカメイガ、イエシロアリ有翅虫、人間の視覚度曲線比較図」によっても、人の不可視域（300—400nmの波長）にずれていることがわかる（しろありNo.19,63)。

また、シロアリ有翅虫の特異な配偶行動時には性誘引物質の性フェロモンが飛翔空間に放出される。その放出時の外因的条件として、温度、湿度、照度、風速等が主となっている。フェロモンは周知のように、性フェロモンの外に警報フェロモン、道しるべフェロモン、集合フェロモンなどが知られている（階級分化の階級フェロモンはプライ

NII-Electronic Library Service

The society of Urban Pest Management, Japan

マー、フェロモン)。その存在はE・O・wilsonおもびW・H・Bossert(1963)により提唱された。昆虫の性フェロモンについて「行動から見た昆虫—④—石井象二郎外共編」に次の一節がある。

「不完全変態の昆虫は蛹時代がなく、幼虫は成虫を小さくしたような形であり、生活の場も共通である場合が多い。そこで成熟した相手を認知するために誘惑の意味をもつ分泌線が発達し、これが配偶行動に組み込まれたとみることもできる。」

この言はシロアリ有翅虫についてもいえることであろう。

結論

イエシロアリの行動、習性のすべてが種の維持のための配偶行動を中心とした社会であり、なかんずく有翅虫（羽アリ）の婚姻飛翔に際し、重力刺激の支配を脱し夜空に飛翔する重力走性の正から負への変化、そして生殖虫（有翅の雌雄）のかなりの範囲の拡散分布のため、灯火に誘引される光走性の負から正への反応など非常に興味深いものがある。また有翅虫の視覚（複眼）には、人の不可視域400—300nmの波長側にずれた光を色刺激とした感覚のあることを示した。この、人の目にまったく見えない波長域でどのような光の色を見ているのだろうか、ミツバチ菫とでもゆうべき独特の色を区別できる感覚があるのだろうか、まったく人には想像もつかない。

参考文献

日別平年値表（1951—1980）気象庁
理科年表　丸善株式会社
理化学辞典・生物学辞典　岩波書店
昆虫の行動④　培風館
昆虫時計　　培風館
サイエンス（視覚の心理学）日経
しろあり詳説
しろあり誌Nos. 19、42、60

NII-Electronic Library Service