118. —19) 沼田仁義 (1952): 昭和 26 年度に於ける金沢地方の蚊の観察成績について. 衛生動物, **3**(3・4): 122. — 20) 大森南三郎 (1951): 福井県産数種蚊族の季節的消長について. 衛生動物, **2**(2・3): 71-72. — 21) 大森南三郎・榊原正純 (1951): 福井県産蚊族について. 衛生動物, **2**(1): 21-23. — 22) 大鶴正満・他 (1954): オオツルおよびヤツシロハマダラカの季節的消長について. 医学と生物学, **30**(4): 181-184. — 23) 佐々学 (1954): 日本の蚊. DDT 協会, 東京. — 24) 佐々学・他 (1950 a): 江戸川附近の蚊族の観察, 1. 季節的消長, 2. 動物嗜好性. 衛生動物, **1**(1): 20-21. — 25) 佐々学・他 (1950 b): 蚊の季節的消長並に動物嗜好性に関する研究 (1948-1950). 応用動物学雑誌, **16**(1・2): 50-58. — 26) 正垣幸男 (1952): 近江八幡地方の蚊族について. 衛生動物, **3**(3・4): 123. — 27) 戸谷徹造 (1953): 昭和 27 年度名古屋市における蚊族の消長と日本脳炎発生との関係. 衛生動物, **4**(1・2): 8. — 28) 牛山昌三 (1950): 東京に於ける *Anopheles* に就いて, 第 1 篇 幼虫の季節的消長. 衛生動物, **1**(2): 33-37. — 29) 山口左伸・他 (1951): 岡山市に於ける 1951 年度日本脳炎流行と蚊の燈火採集成績に就いて. 衛生動物, **2**(2・3): 66-67.

Summary

1) The observation on the seasonal prevalence

of mosquitoes has been made at a cow barn in Kamo City, Niigata Prefecture, from March 1956 to May 1957 with the exception of winter season.

2) This collection has been made two or three times in each 10 days during the period using an insect net, and the total number of mosquitoes obtained was 3,366, consisting of 52.5 % *Aedes vexans nipponii*, 26.6% *Anopheles sinensis*, 11.6% *An. sineroides*, 6.8% *Culex tritaeniorhynchus*, 2.2% *C. pipiens pallens*, 0.3% *Armigeres subalbatus*, and 0.0% *Aedes albopictus* (Table 1).

3) Each of these species had their own seasonal prevalence as shown in Fig. 1 and 2. *An. sinensis* and *An. sineroides* appeared early in April and could not collect at the end of November. *An. sinensis* exhibited two definite peaks in occurrence, on the contrary *An. sineroides* showed nearly three peaks. *Ae. vexans nipponii* appeared in the middle of May, and disappeared in the middle of October, exhibiting two distinct peaks, the highest one was formed early in June. *C. tritaeniorhynchus* and *C. pipiens pallens* appeared early in July and disappeared late in September.

4) *C. tritaeniorhynchus* showed a small peak in occurrence early in August, on the contrary *C. pipiens pallens* did not show any peak.

ヒトスジシマカ *Aedes albopictus* の炭酸ガスによる誘引現象について

Observations on the effect of CO₂ as the attractant of the mosquito, *Aedes albopictus*

長 田 泰 博¹⁾

Yasuhiro Osada

種々な吸血性の節足動物が、宿主を感知する場合の要因が何であるかを知る為の研究は、すでにタテツツガムシ *Trombicula scutellaris* Nagayo et al., 1921 の場合 (佐々・田中等, 1955)¹⁾²⁾, イエダニ *Bdellonyssus bacoti* (Hirst, 1913) の場合 (佐々・若杉・1957)³⁾ について報告されている. 種々考えられる感知要因の中, 特に呼気中の炭酸ガスが虫を活動状態に導くという sti-

mulant としての成績が得られた. 蚊の場合には炭酸ガスが attractant として作用することが報ぜられ, 更に温湿度の影響によりその程度を異にする事が明らかにされている (Reeves, W. C. 1951⁴⁾, 53, Brown, A. W. A. et al. 1951)⁴⁾⁵⁾⁶⁾. 筆者らは宿主に対する蚊の色々な行動に対して, 炭酸ガスがどのような作用を及ぼしているかを知る為, 一連の実験を行い, 興味ある知見を得たのでここに概要を報告する.

本研究に御協力をえた当研究室の佐々学助教授, 林滋生博士, 田中英文氏ならびに台湾マラリア研究所莊徽華氏に深謝する.

1) 東京大学伝染病研究所寄生虫研究部 (主任 佐々学助教授)

Department of Parasitology, Institute for Infectious Diseases, University of Tokyo

観 察 1

ヒトスジシマカ *Aedes albopictus* (Skuse, 1859) が多数発生している墓地内で、周囲と垣根で仕切られた一角を用いて次の観察を行なった。最初ドライアイスの一片約20gをガーゼで包み、吊して炭酸ガスを発生させ、或は箱の中に置いて観察した。ここから数m以上離れた所から観察したところ、蚊がこのドライアイスの周辺十数cmの所で群飛することがみられた。更に直径15cm、高さ17cmの缶の中へ温湯を入れて缶の温度を上げ、周囲をガーゼで巻き吊したところ、最初この缶の附近に群飛が認められても長時間留るものはみられず、又、この缶にガーゼで包んだドライアイスのみをのせ、同様に観察したところ、温度のみ与えた場合と同じく、缶の附近に短時間群飛が認められた。そこで缶に湯を入れ、同時にドライアイスを乗せ缶の周囲をガーゼで巻いて観察したところ(図1)、多数の蚊がこの装置に止まり、短時間刺す動作をするのがみられた。

図1 蚊の実験装置

なおこの観察を行つた9月20日の午前9時から12時迄の気温平均24.5°C、湿度57%、照度130~250 Lux、午後は15時から17時までの平均気温23°C、湿度63%、照度100~170 Lux、湯を入れた缶表面の温度27°Cであつた。

観 察 2

観察1と同じ場所で、炭酸ガス、熱輻射、湿潤などの影響によつて集まる蚊を採集し、数量的に観察する目的から、次の装置を用いて実験した(図2)。木箱(30×30×30cm)の前面を、上端を固定した金網張りの開閉蓋とし、両側面、上面をセルロイド張りとして外部から箱内容を観察出来る様にした。蚊を誘引する為に、このトラップの中へ瓶に熱湯を入れ、或はガーゼで包んだドライアイスの一片を併置した。湿度の影響をみる為に

図2 蚊の捕獲装置

は、瓶に巻いたガーゼを湯で湿めさせた。誘引されてトラップ内に入つた蚊を捕獲するには、トラップ前面の蓋を最初開いておき、一定時間(10分)後、紐で5m以上離れた所から操作して蓋を下して採集した。これら採集された蚊はエーテル麻酔して数を算えた。これら操作を行なった後は、人はこの場所から離れて影響を与えない様にした。

9月26日午前及び午後、28日午前の成績を示すと表1の様になる。26日午前は、10時15分から11時35分迄の間に観察し、その間の気温21.5~23°C、湿度73~82%、瓶表面温度26.5°C、トラップ内24°C、同照度250 Lux、曇天。午後は13時から14時30分迄の気温22.5~23°C、湿度88%、瓶表面26°C、トラップ内照度130 Lux、曇天時に小雨。28日午前は9時50分から11時30分迄、気温21~22°C、湿度55~62%、瓶表面24.5°C、トラップ内照度500 Lux、晴天の条件であつた。

表1には、各観察時について数回行つた実験の、1回平均の捕獲頭数が示してある。表にみる如く、湯とドライアイスとをトラップに入れ、温度と炭酸ガス濃度とを高めたものが最も多く、合計43.3頭、次いでドライアイスのみの28.4頭となり、何も入れぬ場合及び湯のみの場合のいずれも捕獲数が少なくなっている。この成績を基にして、捕獲数に及ぼす炭酸ガス(C)、温度(T)、日時(Z)の各要因の作用を、分散分析により解析する

表1 蚊の捕獲成績
(表中の数字は数回観察の1回平均虫数を示す)

日 時 (Z)	温度 (T)	CO ₂ (C)	温度+CO ₂ (T)+(C)	無処置	計
26/IX 午前	5.0	14.7	20.5	8.7	48.9
午後	1.5	4.0	9.0	1.2	15.7
28/IX 午前	1.3	6.0	7.3	2.0	16.6
計	8.8	28.4	43.3	13.9	

表2 要因別、蚊の捕獲数の分散分析

要因	平方和	自由度	分散	分散比
C	150.0	1	150.0	62.73**
T	6.0	1	6.0	2.50
Z	214.9	3	71.6	29.42*
C×T	25.1	1	25.1	10.41*
C×Z	30.2	3	10.1	4.08
T×Z	3.3	3	1.1	0.46
C×T×Z	7.3	3	2.4	
和	436.8	15		

と、表2の如くである。Zが有意であり、日時により捕獲数が異なることは当然の結果と思われるが、なお炭酸ガス(C)の要因が極めて有意になっている(危険率1%以下)ことが注目される。即ち炭酸ガスの存在により捕獲数が顕著に多くなっていることを示している。又、温度(T)自体は有意な要因として作用しないが、炭酸ガスと温度の交互作用項(C×T)が有意なことからうかがわれる様に、炭酸ガスに加わった場合、その作用を増強していることが明らかである。以上の観察から、炭酸ガスは蚊に対し、誘引の作用があること、温度は少なくとも上記の程度ではそれ自体誘引作用がないが、炭酸ガスの誘引に対する増強因子としての働きがあるものと結論される。

次に湿度の影響を調べる為に、炭酸ガスと湿度の作用の下に、蚊を捕集する際、更にガーゼを水でぬらして湿度を附加した場合と附加しない場合の比較を行なった結果を表3に示した。27日午後、28日午前、10月1日午前、午後の成績についてみると、次の様になる。1回平均捕獲虫数は湿度の附加した場合と、附加しない場合との間に統計上有意な差を認めない。即ち湿気を加えても特に強く誘引することは認められなかった。なお27日

表3 蚊の捕獲数に及ぼす湿度の影響
(表中の数字は数回観察の1回平均虫数を示す)

	CO ₂ 温度	CO ₂ 温度 —湿度	差
27/IX 午後	3.3	4.5	-1.2
28/IX 午前	7.0	2.0	5.0
1/X 午前	7.2	6.0	1.2
1/X 午後	4.5	5.0	-0.5
計	15.7	5.8	4.5
平均値	3.93	1.45	1.13

$$F = \frac{(\bar{x} - \mu)^2 n}{ss} = \frac{(1.13 - 0)^2 \times 4}{2.63} = 1.95$$

$$n_1 = 1, n_2 = 3$$

非有意

午後14時20分から15時40分迄の気温21.5°C、湿度59%、瓶の温度24°C、トラップの照度130~250 Lux、時々晴。28日午前の9時50分から11時30分迄の気温21~22°C、湿度55~62%、瓶の温度25°C、トラップの照度500 Lux、晴天。10月1日午前9時45分から11時35分までの気温19~22°C、湿度79~89%、瓶の温度33°C、トラップの照度250~500 Lux、トラップ内25.5°C、午後15時35分から17時までの気温19.5~21.5°C、湿度70~79%、瓶の温度32~42°C、トラップ内の温度32°C、照度65~250 Lux、時々晴の条件であつた。

考 察

蚊の行動に対する種々の要因の作用を考察するに当り、我々は、まず蚊が宿主を襲う場合の行動に限定して次の様な行動の諸段階を想定した。

第1 励起、又は興奮……蚊が行動を起すことを可能にする準備状態であり、この様な状態にさせる要因を **stimulant** とする。

第2 宿主への接近……蚊が行動を起してまず宿主に近づく動作であり、これに対して正の方向に作用する要因を **attractant** とする。

第3 刺螫……宿主に止まり、吻を挿入する動作。

第4 吸吮……吻を挿入して液体を吸入する動作。

以上の状態又は行動を誘発するそれぞれの諸種の要因が存在し、又、自からは誘発を行なわないが、誘発する要因の作用を増強する増強因子が存在するものと考えられる。今回の観察は第1の **stimulant** としての作用を確かめることを目的としていないが、第2の **attractant** としての作用因子として、炭酸ガスが重要な働きを持っていることを確めた。尚実験した範囲内では温度、湿度共に **attractant** としての作用を認めなかったが、温度は炭酸ガスに対する増強因子となることを知った。なお、今回の観察中に炭酸ガス又は温度が単独に作用する時に較べ、炭酸ガスと温度の両因子が働らく場合は、蚊が缶の表面のガーゼに止まり、刺螫動作を行なうことが顕著であることを認めた。第3の刺螫誘発に対して、炭酸ガス+温度がある程度、作用因子となりうるものと思われるが、これに関する精しい実験や、第4の吸吮誘発作用に対する因子の考察は別の機会に報告したい

摘 要

1. 蚊の宿主感知要因として、或は宿主に対する種々な動作に対し、主として炭酸ガスがどのような作用を及ぼすかについて実験した。

2. 墓地内に発生しているヒトスジシマカ *Aedes albopictus* (Skuse, 1859) についての観察及びトラップによる捕獲成績から、ドライアイスから発生する炭酸ガ

スは蚊を誘引し、湯を用いて温度を高めた場合、更にこの動作を強めた。又、蚊は炭酸ガス濃度と温度の高い対象に対しては、短時間刺す動作を行なうのが見られた。又、炭酸ガス、温度の外に湿度が加わった場合、特に蚊に対し著しい影響を示すことは認めることが出来なかった。

3. こうして誘引された蚊がさらに物体面にとまり、吻を挿入する動作をするためには物体面の性質が問題であり、単なる金属面にはとまらないが、これをガーゼで包むとその動作を起すことが認められた。

参考文献

- 1) 佐々, 三浦, 田中, 上野 (1955): タテツツガムシ幼虫の集落形成機序について. 衛動, **6**(2): 135-136.
- 2) 田中, 佐々, 上野 (1955): タテツツガムシ未吸着幼虫の呼気中炭酸ガスによる興奮現象. 衛動, **6**(2): 137-140.
- 3) M. Sasa and M. Wakasugi (1957): Studies on the effect of carbon dioxide as the stimulant on the tropical rat mice, *Bdellonyssus bacoti* (Hirst, 1913) Jap. Jour. Exp. Med. **27** (4): 207-215.
- 4) W. C. Reeves (1953): Quantitative field studies on a carbon dioxide chemotropism of mosquitoes. Am. J. Trop. Med. Hyg., **2**: 325-331.
- 5) A. W. A. Brown, D. S. Sakkaria, and R. P. Thompson (1951): Studies on the response of the female *Aedes* mosquito, Part I. The search for attractant vapours., Bull. Ent. Res. **42**: 105-114.
- 6) A. W. A. Brown (1951): Studies of the response of the female *Aedes* mosquito, Part IV. Field experiments on Canadian species. Bull. Ent. Res. **42**: 575-582.
- 7) V. G. Dethier (1957): The sensory physiology of blood-sucking arthropods., Exp. Para., **6** (1): 68-122.
- 8) D. G. Peterson, and A. W. A. Brown (1951-52): Studies of the response of the female *Aedes* mosquito, Part III. The response of *Aedes aegypti* (L) to a warm body and its radiation, Bull. Ent. Res. **42**: 535-541.
- 9) W. C. Reeves (1951): Field studies on carbon dioxide as a possible host stimulant to mosquitoes, Proc. Soc. Exp. Bio. Med., **77**: 64-66.
- 10) M. Bates (1949): The natural history of mosquitoes, The macmillan company.
- 11) R. P. Dow, W. C. Reeves and R. E. Bellamy (1957): Field tests of avian host preference of *Culex tarsalis* Coq., Am. J. Trop. Med. Hyg., **6**(2): 294-303.

Summary

Observations were made on the attracting effect of carbon dioxide in the atmosphere to mosquitoes in the field where the population was exclusively composed of *Aedes albopictus* (Skuse, 1859). Types of mosquito traps were devised with which numbers of the mosquito attracted could be counted under various conditions. Physical

and chemical factors, such as carbon dioxide, radiating heat, humidity, which would be generated by a host and might act as the attractant of the mosquitoes, were tested by using the traps.

The first type of traps was designed to count the numbers of mosquitoes flying around or staying on a metal can; as for the source of carbon dioxide, a piece of dry-ice covered with a few layers of gauze set on the can was found to be most satisfactory; the effect of heat was observed by placing a glass bottle containing hot water in the can; effects of the surface materials and of the humidity on the number of mosquitoes rested on the traps were tested by covering the can with two layers of gauze soaked in water. Comparative studies were made using several traps with or without setting the factors mentioned above.

The second type of traps was constructed to collect the mosquitoes attracted around the equipments placing dry-ice, warm bottles either exposed or covered with gauze layers in a large box, the opening of which could be closed when an observer wanted to finish the experiment. The number of mosquitoes trapped in the box was counted by narcotising them with ether.

The results showed the following conclusions:

1. CO₂ exhibited a remarkable attracting effect on the mosquitoes. If it applied alone without combining other factors, the mosquitoes in the field were attracted and flew around in the range of a few inches from the dry-ice, but did not rest on the surface.

2. Temperature in itself did not attract the mosquito, but obviously increased the number when applied in combination with carbon dioxide; in other words, it acted as the auxiliary attractant.

3. The numbers of resting mosquitoes found on a surface of equipments after attracted by the above stated factors were much influenced by their characters; metal can or glass bottle did not allow the mosquitoes to rest on the surface, but if covered by gauze, many of them were found to land on it and exhibit biting actions using their proboscis. No significant differences were seen between the numbers of mosquitoes attracted on dry and on wetted gauze.

Through the above presented results, it is assumed that the mosquitoes are first attracted towards the source of carbon dioxide, then arrested by a heat source of adequate strength, and further select of the surface to rest on will be made by its external characters. Attraction of the mosquitoes showing their biting actions was thus demonstrated by using a model simulated as human body, and a part of the mechanisms of their parasitic activities were analysed.