クモの糸の化学

大崎 茂 芳*

Chemistry of Spider's Thread.

Shigeyoshi OSAKI*

The paper describes the following items ; (a) the construction of orb-web, (b) the chemical composition of secretions and the adhesive materials, (c) the toxin of spider, (d) the courtship and ferromon, (e) the thermal properties of spider's drag line, (f) the change in color of drag line. For example, the toxin of spider contains spermine whose existence is detected in human semen. The DSC curve between room temperature and 600 °C shows that the spider's thread should be at least stable up to 200 °C. The color of drag line changes from white to yellow with changing seasons from summer to autumn. The fact suggests a possibility that the color of spider's thread protects the spider from foreign invaders.

1. はじめに

最近の都会では、あまりクモをみかけなくなったと言われるが、ビルの片隅を覗いてみると依然として数多くのクモが生息していることがわかる。夏の夕方になると橋の欄干や駅の天井では、ズグロオニグモが巣を張り、庭でもコガネグモが獲物を捕獲しているのを見かける(口絵カラー写真・Fig. 1 参照)。また、天井にはハエトリグモがいたりして、人間生活とうまく共存しており、クモはわれわれにとって非常になじみの深い動物なのである。

クモは、世界で約 57,000 種も有り、この内の約半分が網を張るクモであるといわれている¹⁾。しかし、いずれのクモも捕獲などのために、必ず糸を出すことでは共通している。クモの中で秋になると黄金色になるジョロウグモとか、映画などで有名な毒グモであるタランチュラなどが良く知られている。また、粘着性のある糸を手で振り回して蛾などに命中させて捕獲する投げなわグモとか、待ちぶせておいて漁網のような網を獲物の上方からかぶせて捕獲するクモとか、氷点下で生活するクモ²⁾等、いろいろ興味あるクモが地球上に生存している。さらに、通常、絶えず頭を下に向けて巣の中央にいるクモは、一国一城の主で極めて排他的であるが、中には一つの大き

な巣をコロニーとして共同生活をしている変わったクモ³⁾もいる。このように、次から次へとクモの生活を覗いてみると、限りない神秘性に引き込まれていきそうである。

クモはいずれも、自らの出す糸を通じてそれぞれの環境にうまく適応した生活様式をとっており、これらのクモの糸は、古くから動物性蛋白質繊維の代表的なものとして知られている。

ところで、クモの糸の応用例となると非常に少ない。過去に望遠鏡や照準器などのレンズの十字にクモの糸が使われていたり、18 世紀にクモの糸でストッキングと手袋が作られたという例⁴⁾もある。マダガスカルでは、魚をとる網にクモの巣を使用している例もある。また、クモに薬物を与えると、クモの張る巣の形が異なることを利用して微量薬物検出の法医学への応用⁵⁾などが期待される。しかしながら、実際のクモは、神秘的で未知の部分が多い。このような神秘的であるクモの糸や生態を解き明かすことは、科学の新しい展開へのヒントを与えるものとして興味深いものがある。

そこで、クモの代表的象徴である糸の性質に加えて、糸に付随する求愛活動やクモ毒についても化学的な観点から足を踏み入れてみることにしよう。

2. クモの巣

網の形としては、コガネグモ科のクモが張る円網の他に、クサグモ科などの棚網、オオヒメグモの不規則網、ネコハグモのようなジグザグ状の不規則網があり、クモは種類によって異なった網を張るのである⁶⁾。

* 神崎製紙(株)技術開発本部 ()

* Research and Development, Kanzaki Paper Mfg. Co., Ltd. ()

Fig. 1 The Orb-web of *Cyclosa octotuberculata*. Its existence is camouflaged by the dusts gathered upward and downward. Usually the spider's head is directed downward. This photo shows a little deflection in the direction of head of surprised spider.

日常よく見かけるジョロウグモは、庭や野外で巣を張り、一度張った巣は何日間も同じままである。一方、ゴミのよく出る場所に張るゴミグモ（図1参照）は、網の粘着部分にゴミが付着して獲物捕獲の機能が低下するために、頻繁にとりかえている。さらに、高知県中村市や鹿児島県加治木町でのクモ合戦で有名な大型のコガネグモは、大きくて美しい円網を張る。この円網は、ジョロウグモと同じく何日間も張りかえないでいる。さらに、家の軒下によく巣を張るイエオニグモは、毎日夕方から夜にかけて大きな円網を張り、翌朝には巣をとりこわすのが日課である。

3. 巣の構成⁷⁾

コガネグモ科のクモの張る巣は、図2に示すような種々の糸からできている。巣は一番外側を囲んでいる“枠糸 (frame thread)”，中央部から外側へ放射状に伸びている“放射糸 (radii thread)”，木と木をつなぐ“繫留糸 (mooring line)”，渦巻を作っている“渦線糸 (spiral line)”などの糸から構成されており、その中央部にやや密に張った“こしき (hub)”というクモの生活場所（図3参照）がある。これらの糸の中で、渦線糸のみが粘着性があり、獲物の捕獲に重要な役割を果たすのである。クモの大小によって渦線糸と渦線糸の間隔が広くなったり狭くなったりしている。また“捕獲帯 (swathing band)”といって獲物をグルグル巻くための糸とか、卵を保護するための糸 (egg cocoon) とかがあある。さらに、クモが行動する時、尻から出して命綱としての役割を果たしている“牽引糸 (drag line)”がある。

Fig. 2 Schematic structure of an orb-web. 1. frame thread ; 2. mooring line ; 3. radii thread ; 4. spiral thread ; 5. hub ; 6. attachment disk ; 7. drag line.

Fig. 3 Hub of *Yaginomia sia*. There is no regularities in the geometry of hub.

このようなクモの糸は、排出物の一種と考えられており、カイコの繭の絹糸と同じく動物の作る蛋白質繊維の代表的なものとしてよく知られている。

4. 分泌腺と分泌物、糸の成分⁸⁾

クモの7個の絹糸腺は、大嚢状腺 (large ampullate gland)、小嚢状腺 (small ampullate gland)、管状腺 (cylindrical gland)、聚状腺 (aggregate gland)、鞭毛状腺 (flagelliform gland)、葡萄状腺 (aciniform gland)、梨状腺 (piriform gland) と呼ばれ、それぞれの腺から、アミノ酸組成の異なった蛋白質を分泌する (表1参照)⁸⁾。この種の絹糸腺は、コガネグモ科のすべてのクモに共通すると考えられている⁹⁾。

4.1. 大嚢状腺と小嚢状腺 これら2種の腺は、同じ機能を持っていると考えられており、牽引糸、枠糸と放射糸を出す働きをしている。牽引糸は高強度であり、破壊までに30%も伸びる。小嚢状腺からの分泌物は、牽引糸を強化するのに使われている。

4.2. 管状腺 分泌分の主成分であるセリンとアラニンが、約50%を占める。この腺は卵繭を作るのに使われる。

4.3. 鞭毛状腺 グリシンとプロリン残基の割合が大である。腺の含有物がエタノールで膨潤されると、極めて弾性的になり、少なくとも、初期値の4倍まで伸ば

すことができ、力を除くとすぐ元に戻る。

4.4. 聚状腺 渦線糸は、鞭毛状腺と聚状腺の分泌物からなっている。聚状腺からの物質は、粘着剤として機能する。小さい側鎖を持つアミノ酸残基の量は少ないが、酸性でかつ電荷を帯びた側鎖を持つ残基が豊富であり、プロリン含量は非常に高い⁸⁾。

4.5. 葡萄状腺 この腺からは捕獲用の糸が分泌される。

4.6. 梨状腺 この腺は、牽引糸を木などの基質にくっつけるための付着盤 (attachment disk) (図2参照) 用の粘着物質を分泌する。小さい側鎖を持つアミノ酸残基は多くはないが、極性で電荷を帯びた残基が多量に含まれる。また、プロリンが多く含まれる⁸⁾。

これらの成分の中で、聚状腺や梨状腺から分泌する粘着物質は、特に極性で電荷を帯びている残基を持っているのが特徴である。これは、捕獲する獲物自体が、かなり誘電率の高い物質であることが多いため、これらの獲物に対して濡れを良くするには、極性の高い粘着剤を分泌する必要があるものと思われる。

5. 粘着糸の成分

粘着糸である渦線糸は、クモの尻にある7個の絹糸腺のうち、鞭毛状腺から分泌されるコア繊維と聚状腺から分泌される無定形の粘着物質の2つの要素からなり立つ

Table 1 Amino acid composition of the silk gland secretions of *Araneus diadematus*⁸⁾.

Amino acid	Large ampullate	Small ampullate	Cylindrical	Flagelliform	Aggregate	Aciniform median spinneret	Piriform
Asp	1.04	1.91	6.26	2.68	9.18	8.04	10.52
Thr	0.91	1.35	3.44	2.48	7.58	8.66	4.44
Ser	7.41	5.08	27.61	3.08	6.80	15.03	14.84
Glu	11.49	1.59	8.22	2.89	9.75	7.22	10.38
Pro	15.77	trace	0.59	20.54	10.81	2.99	7.78
Gly	37.24	42.77	8.63	44.16	14.48	13.93	7.76
Ala	17.60	36.75	24.44	8.29	6.19	11.30	9.87
Val	1.15	1.73	5.97	6.68	5.75	7.37	5.35
Cys	—	—	—	—	—	—	—
Met	—	—	—	—	—	—	—
Ile	0.63	0.67	1.69	1.01	4.71	4.27	3.71
Leu	1.27	0.96	5.73	1.40	5.50	10.10	5.39
Tyr	3.92	4.71	0.95	2.56	2.22	1.99	2.20
Phe	0.45	0.41	3.22	1.08	3.83	2.79	2.29
Lys	0.54	0.39	1.76	1.35	7.43	1.90	9.01
His	trace	trace	trace	0.69	2.38	0.31	2.83
Arg	0.57	1.69	1.49	1.13	3.40	4.09	3.63
NH ₃	6.67	1.36	6.01	2.57	8.72	6.53	7.63

Fig. 4 Insect captured in the adhesive spiral thread.

ている。すなわち、コア繊維を構成する成分はグリシン (44.2 %), プロリン (10.8 %) のアミノ酸残基の他, グルタミン酸 (9.8 %), アスパラギン酸 (9.2 %), セリン (6.8 %), リジン (7.4 %) などの解離性側鎖を持っているアミノ酸残基に富む粘性高分子からなり立っているのである。

粘着物質には、多量の γ -アミノブチルアミドやいくらかのタウリン ($\text{H}_2\text{NC}_2\text{H}_4\text{SO}_3\text{H}$), さらに硝酸カリウム (KNO_3), リン酸二水素カリウム (KH_2PO_4) などの無機塩やピロリドンのような有機物質が含まれている^{10,11}。これらの親水性の低分子化合物は、粘性ポリアミノ酸に対する可塑効果とともに、粘性に必要な濡れ増大の役割を果たしているものと思われる (図4参照)。

6. クモの毒

オーストラリアのシドニー周辺に生息する攻撃性の黒い大きなシドニー漏斗巣グモ (*Atrax robustus*) に人間が噛まれると、急激に医学的症状があらわれ、死に至る例が多いことが報告されている。クモの毒は急速に体にまわり、自律神経系における交感神経および副交感神経を著しく刺激する。この結果、筋肉束状化および呼吸の停止などが起こり、多くの人間が死に至るのである¹²。

漏斗巣グモの毒は非抗原性であり、蛋白質、ポリペプチドとアミノ酸を含んでいる。毒の 42 % が分子量 500 以下の化合物であり、毒の 10 % の分子量 15,000~

25,000 の範囲の化合物である。後者の 10 % の毒の成分が、最も有毒であることが見つけられており、アトラキシンと称される。

実際に、毒に含まれる化合物としては、クエン酸、乳酸、リン酸、グリセリン、尿素、グルコース、 γ -アミノ酪酸、グリシン、スベルミン (N, N' -ビス (3-アミノプロピル) テトラメチレンジアミン), スベルミジン (N -(3-アミノプロピル) テトラメチレンジアミン), チラミン (2- p -ヒドロキシフェニルエチルアミン), オクトパミン (1-(p -ヒドロキシフェニル)-2-アミノエタノール) などがある¹³。蛋白質からなる神経毒アトラキシンのアミノ酸分析結果を表2に示す¹⁴。リジン、ヒスチジン、アルギニンが、アトラキシン中 23.8 % もあり、高塩基性の原因である。アトラキシンは、自律神経系を通じてアセチルコリンの放出を促し、筋肉収縮へと導くのである。

映画などで有名なタランチュラ (South American bird spider) の毒の主成分として、シドニー漏斗巣グモにも存在するスベルミン、スベルミジンが含まれる¹⁵。また、ハブの毒に 2.1 % のレベルでスベルミンが含まれている¹⁶。スベルミンは、ねずみ、豚、兎、犬での腎毒性を持っている¹⁷。例えば、スベルミンの毒性テストでは、ねずみに投与し半数が死ぬ致死投与量は体重 1 kg 当り 56 mg という結果もでておりスベルミンはかなりの毒性を持っていることがわかる。このように、クモやハブの毒成分であるスベルミンが、人間の精液にも多く含まれているという事実は、なかなか興味深いものである。もちろん、これらのスベルミンやスベルミジンのポリアミンは生物体蛋白質代謝の活発な組織に多く、核酸や蛋白質の生合成と関係していると考えられているのではあるが……。

なお、タランチュラは、人間の手などを這いまわって

Table 2 Amino acid composition of atraxin from the funnel-web spider (*Atrax robustus*)¹⁴.

Amino acid	Concentration (%)	Amino acid	Concentration (%)
Lys	12.1	Ala	9.3
His	4.5	Cys	2.9
Arg	7.2	Val	5.4
Asp	7.5	Met	2.1
Thr	4.9	Ile	3.2
Ser	4.7	Leu	5.2
Glu	10.9	Tyr	3.0
Pro	5.4	Phe	2.7
Gly	8.8		

も害を与えることはないが、ケガをしているところを、噛まれると毒が血管に入ることになり危険であるという。それでは、スペルミンを多く含む精液が血管に入ると毒となるはずである。本当に、人間はきわどい生き方をしているのだろうか。

7. 求愛とフェロモン

クモの求愛過程は、なかなか見ごたえがある。求愛シーズンには、メスのいる巣の周辺には、数多くのオスがたむろし、一頭のメスをねらうオスどうしは、お互いに闘いを繰り上げ、強いオスのみが巣の中央にいるメスに近づけて求愛へと発展していくのである(口絵カラー写真・Fig. 2 参照)。

ところが、求愛シーズンに入る数週間前からエサもとらずにメスを探しまわるオスは、その体がメスよりも1桁程小さいため、求愛が終わるとタイミング良く逃げ出さないとメスに食べられてしまうのである。

求愛を終えたオスは、一生の重要な働きを成し遂げたことになるが、大切な働きもできずに命枯れていくオスもどんなに多いことか!

また、メスは、求愛シーズン初期であれば初い初いしく大人しいが、成熟しきった年増になると、気性が荒くなることはしばしば観測されている。

このような求愛に関して、オスは、どのようにしてメスの居場所を確かめるのであろうか?。この主役を演じていると思われるフェロモンに触れてみたい。

昆虫でよく見られるフェロモンの作用に関しては、クモではその研究例は極めて少ない^{18,19)}。これまでの研究例では、メスグモの牽引糸にフェロモンが関係していることが報告されている。このフェロモンは、種に特異的であり、空気中で安定で成熟したメスによってのみ分泌され、オスのパルプ(palp)の先端と前足が化学受容器となってフェロモンを検知しているものといわれている¹⁸⁾。

ただし、このフェロモンは水によってすぐ不活性化される。残念なことには、絹糸からフェロモンを抽出する試みは、数多くなされてきたが、現在のところ成功していない。この原因は、化学的に低濃度であることによると思われる¹⁸⁾。

また、求愛とは別ではあるが、フェロモンの作用として有名なのは、オーストラリアで見られる投げなわグモの出す粘着性の糸にはフェロモンがあるといわれている。このフェロモンで蛾などを誘引し、蛾が近づくと粘着体の付着している糸を投げなわのように振り回し、獲物にからみつかせて捕獲するという。

7.1. クモの産卵 求愛後の産卵時に、卵を保護するための卵繭があるが、これはなかなかうまく作られている。糸がうまく織りなされているため、非常に破断強度が高く、空気が均一に通過するようになっていることは、図5でよくわかる。

Fig. 5 Scanning electron micrograph of surface in egg cocoon of *Argiope amoena*. Attention should be aimed at the texture of very fine fibers in the neighborhood of thick fibers.

ところで、求愛後のクモは産卵するが、その産卵数は生息場所の異なるクモの種類によって大いに変化している。産卵数の多い種のクモでは、その数は約4,000にも達し、少ないものでは15~20ぐらいであることが知られている。この差は、厳しい環境では外敵などにより卵から成体に達する率が極めて低いので多数個の卵を産みつけるのに対して、室内などでは安定性が高いため産卵数が少なく、少数精鋭主義になったものと思われる。

7.2. クモの一生 ジョロウグモを例に考えると、沖縄と関東のジョロウグモは、いずれも一年で命を閉じるが、沖縄のクモの命は、2月から12月までで、関東のクモは、5~11月なのである。同じ一生でも寿命が異なるのである。沖縄は気候が温暖なのでクモの成長も早いと思いがちだが、現実には沖縄のクモが一人前の成体になるのには、関東のクモより時間がかかるのである。すなわち、両者の間で成長過程のタイムスケールが異なるということである。この現実には、関東のクモは、その青春期が沖縄のクモより短い反面、生活の密度は大きいであろうことを示唆している。このように沖縄のクモはのんびりとした生活で一生を終えるのだろうか?

8. 糸の熱的性質

Fig. 6 DSC and TG curve of the drag lines of *Nephila clavata*. Rate of heating: 20°C/min.

ジョロウグモの牽引糸の DSC による 600°C までの熱特性を図 6 に示す²⁰⁾。300°C および 340°C 付近に発熱ピークが観測され^{7, 21, 22)}、400°C におけるサンプルは黒化し、重量が 60% も減少している。さらに、500°C 付近の高温でも発熱ピークが観測され、600°C までにほとんど分解しつくしてしまうことが重量変化から示唆される。すなわち、300°C、340°C、500°C 付近の発熱ピークは、分子鎖の切断によるものと思われる^{20, 22)}。このことにより牽引糸は融点がなく、少なくとも 200°C までは熱的にかなり安定であることがわかる⁷⁾。

このような、熱的パターンは種の異なるクモの出す牽引糸によって異なるため、クモの分類、さらには鑑定にも使用できることが期待できる²⁰⁾。

9. クモの糸は、季節により変化するか？

なにげなく見ているクモの巣は、その糸が極めて細いため、何色であるのかは関心が薄い。むしろ、クモ自身の体の色に関心があるのが普通かもしれない。実際にクモの糸の色彩に関する研究はなされていない。

そこで、著者はジョロウグモの一生、すなわち、生まれてから成体に至るまでの期間の糸の色の変化を調べてみることにした。用いた糸は、クモから強制的に根気よく取り出した多量の牽引糸である。

季節ごと（5～11月）に採取した糸の色彩変化を調べるために分光色差計を用い、可視領域 400～700 nm の波長範囲における反射光の波長依存性の測定を行った。

その結果、5～7月に採取した幼年期のクモの牽引糸

Fig. 7 Wave length dependence of reflection in visible rays on the drag line of *Nephila clavata* at different seasons.

は、全波長域に渡ってほとんど吸収がなく、白色を示した。ところが、8月から9月になると、ジョロウグモの牽引糸は、低波長域にわずかの吸収を示すようになった。さらに、10月から11月の成体のジョロウグモの牽引糸は、450 nm 付近の吸収が著しくなることを見出した（図 7 参照）^{23, 24)}。これらの事実は、ジョロウグモの糸が、春から夏にかけて白色であるが、秋になると黄色になることを裏づけている。もちろん、秋に近づくときジョロウグモ自身の体が黄色がかかることは良く知られている。

このように、ジョロウグモ牽引糸の反射光の波長依存性が季節により変化する理由として、a. 環境による保護色、b. 食物の変化の可能性等が考えられる。

ここで、保護色の根拠としては、秋になるとジョロウグモの体やその周辺の木葉などの環境も黄変し、敵から見つけられないようになっていられること、また、夜に活動するため、色は必要でないと思われるズグロオニグモの牽引糸は、ほとんど白色であることなどである^{23, 24)}。ちなみに、ズグロオニグモ自身の体の色は黒みを帯びている。

10. クモの糸

牽引糸は、クモの命綱であるようにクモの体を支える

ので、かなり丈夫と思われる。実際にX線回折写真をとってみると結晶性は低く、無定形部分はかなり配向したガラス状態である。多分、プロリンとグルタミン酸の含有量の高いことが結晶化度を低くする働きをしているものと推定される²⁵⁾。また、牽引糸の分子量は20～30万ぐらいといわれている³⁾。

赤外線吸収2色性は、クモの糸は長さ方向に高分子鎖が配向したものであることを示しており⁷⁾、この配向性がクモの糸の強さの秘訣であると思われる。

たとえば、クモの糸は、水で膨潤すると半分に収縮し体積は2倍となり、弾性は1,000倍に増大するという性質がある。収縮した絹蛋白質はゴム状であり、弾性は内部エネルギーおよび立体配置エントロピーの熱力学特性に基づいている。クモの糸の収縮力の85%は高分子鎖の立体配置エントロピー変化によるものである²⁵⁾。このように弾性的で強いクモの糸は、自然界の恵みの賜物と思われる。

11. 芥川竜乃介にみる“クモの糸”²⁶⁾

芥川竜乃介の“クモの糸”には、御釈迦様が、罪人ガンダタを地獄から救いだすため、垂らしたクモの糸にガンダタがぶらさがりながらある場面があるので、誰でもクモの糸は“強い”という印象を持っている(図8参照)。そこでガンダタは、はたしてクモの糸にぶらさがれたのかどうか調べてみよう。また、地獄の深さはどれくらいなのか

Fig. 8 Female *Nephila clavata* chimbing back on its own thread.

考えてみよう。

クモの糸は、長く垂らすと自重によって切れてしまうため、自重と罪人の体重が重要なポイントとなる。

11.1. 自重で切れる長さは？ ズグロオニグモの牽引糸を用いてテストしたところ、破断強度が約1.2 GPaで、密度が1.270 g/cm³(ベンゼンとクロロホルムを用いた浮沈法により決定: 20℃)であることから、糸は、その径の大小に関係なく、約100 kmは垂らせることが判った。すなわち、クモ自身が耐えられるかどうかは別として、クモは少なくとも100 kmぐらいの長さまで糸を垂らせるのである。したがって、地獄はせいぜい100 km程度の深さであると思われる²⁶⁾。

Fig. 9 Scanning electron micrograph of cross section in drag line of *Nephila clavata*.

Fig. 10 Scanning electron micrograph of drag line of *Nephila clavata*.

11.2 体重 60 kg の人が、ぶらさがれる糸の最小直径は、いくらか？ 計算から糸の最小直径は、約 0.9 mm である。しかし現実のクモの糸の直径は 10 μ m 以下が多いため (図 9, 10 参照)。何本も重ねて網状にしてぶらさがらなければならない²⁶⁾。

12 おわりに

地球上への出現において人類より先輩であるクモは、人間にとって気味悪いという印象が正直なところであるが、糸を通じてわれわれになかなか示唆に富んだデータを与えてくれる。

糸の強さのみならず耐熱性に関する説明は十分なのだろうか？ また卵繭などに見られる糸の織り方や、そこで用いられている極めて細い糸の意味するところは何であろうか？ クモの巣の張り方は、本当に効率的であって、少しも手を抜いてはいないのだろうか？ さらに、クモの毒成分が人体内に存在していても、人間は危険ではないのか？ 秋における糸の黄変化の理由づけは、あくまでも人間サイドから考えたにすぎないのではないだろうか？

実際にクモの糸の性質や生態などは、少しずつわかってきているとはいえるものの、今だに大部分が神秘的で未知である。しかしながら、このようなベールに包まれた未知で神秘的な部分を少しずつ解くことによって得られる成果は、科学の展開に役立つものと信じている。

たとえば、先輩クモの紡糸方式は、現在の化学繊維製造の効率化のモデルと考えられ、われわれは学ぶところが大きい。

また、クモには酸素の少ないところでもエサを食べずに 1 ヶ月以上も生き延びることができるというたくましさがある²⁷⁾ことから、将来、種々の変遷過程で、地上で生き延びることのできるクモかも知れない。人類の謳歌できる現世のうちクモの生き方を学んでおこうではないか！

(昭和 60 年 3 月 20 日受理)

文 献

- 1) 八木沼健夫, クモの話, 北隆館 (1969)
- 2) J. A. Husby, K. E. Zachariassen, *Experientia*, **36**, 963 (1980)
- 3) R. F. Foelix, "Biology of Spiders", Harvard University Press (1982)
- 4) F. Lucas, *Discovery*, **25**, 20 (1964)
- 5) P. N. Witt, *Behav. Sci.*, **16**, 98 (1971)
- 6) 八木沼健夫, 原色日本蜘蛛類大図鑑, 保育社 (1960)
- 7) 大崎茂芳, 化学の領域, **36**, No. 6, 62 (1982)
- 8) S. O. Anderson, *Comp. Biochem. Physiol.*, **35**, 705 (1970)
- 9) K. Sekiguchi, *Annotnes. Zool. Jpn.*, **25**, 394 (1952)
- 10) H. Schildknicht, P. Kunzelmann, D. Krauss, C. Kuhn, *Naturwissenschaften*, **59**, 98 (1972)
- 11) C. M. Anderson, E. K. Tillinghast, *Physiological Entomology*, **5**, 101 (1980)
- 12) S. K. Sutherland, *Med. J. Aust.*, **1**, 148 (1978)
- 13) P. H. Duffield, A. M. Duffield, P. R. Carroll, D. Morgans, *Biomedical Mass Spectrometry*, **6**, No. 3, 105 (1979)
- 14) R. P. Gregson, I. Spence, *Comp. Biochem. Physiol.*, **74C**, No. 1, 125 (1983)
- 15) S. G. Cabiness, C. W. Gehrke, K. C. Kuo, T. K. Chan, J. E. Hall, S. A. Hudiburg, G. V. Odell, *Toxicon*, **18**, 681 (1980)
- 16) T. Sasaki, *Yakugaku Zasshi*, **80**, 844 (1960)
- 17) C. W. Tabor, S. M. Rosenthal, *J. Pharmacol. Exptl. Therap.*, **116**, 139 (1956)
- 18) C. D. Dondale, B. M. Hedgekar, *Can. J. Zool.*, **51**, 400 (1973)
- 19) H. Dijkstra, *Proc. kon. ned. Akad. Wed. Ser.*, **C79**, 235 (1976)
- 20) 大崎茂芳, 東亜蜘蛛学会第 17 回大会発表予定(大阪), (1985)
- 21) 大崎茂芳, 東亜蜘蛛学会第 14 回大会要旨集 (京都), **8** (1982)
- 22) 大崎茂芳, *Atypus*, No. 81, 52 (1982)
- 23) 大崎茂芳, 東亜蜘蛛学会 15 回大会要旨集 (大分), **5** (1983)
- 24) 大崎茂芳, *Atypus*, No. 83, 17 (1983)
- 25) J. M. Gesline, M. W. Denny, M. E. DeMont, *Nature*, **309**, No. 7, 551 (1984)
- 26) 大崎茂芳, くものいと (関西クモ研究会), No. 2, **1** (1983)
- 27) 大崎茂芳ら, 日実開 昭 59-29520 (1984)