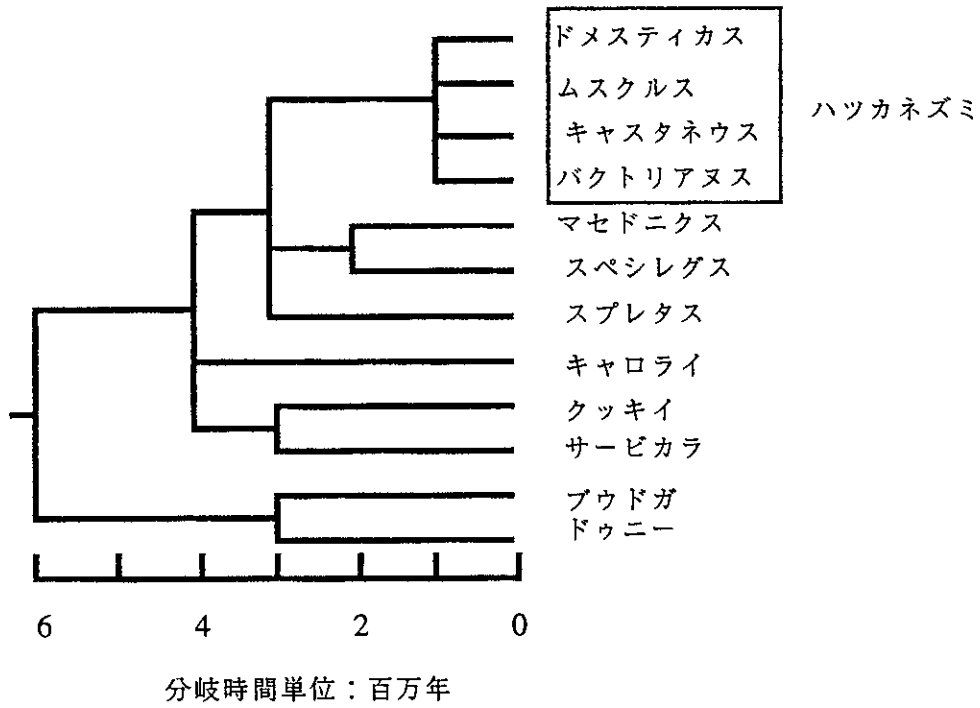


☒ 12 Mus属に含まれる動物種*とその系統間系



Silver, L.M著 Mouse Genetics (19頁；図2.2より改写)

* Mus属に含まれる動物種は全てマウスと総称される。

図 13 mtDNAのRFLPによる マウス亜種の推定

上図：系統樹作成法による
4 亜種の分類

下図：上図の分類法による
野生マウス集団の
地理的分布分布

米川博通・森脇和郎、
マウスから見た日本人の起源
1993年よりの引用

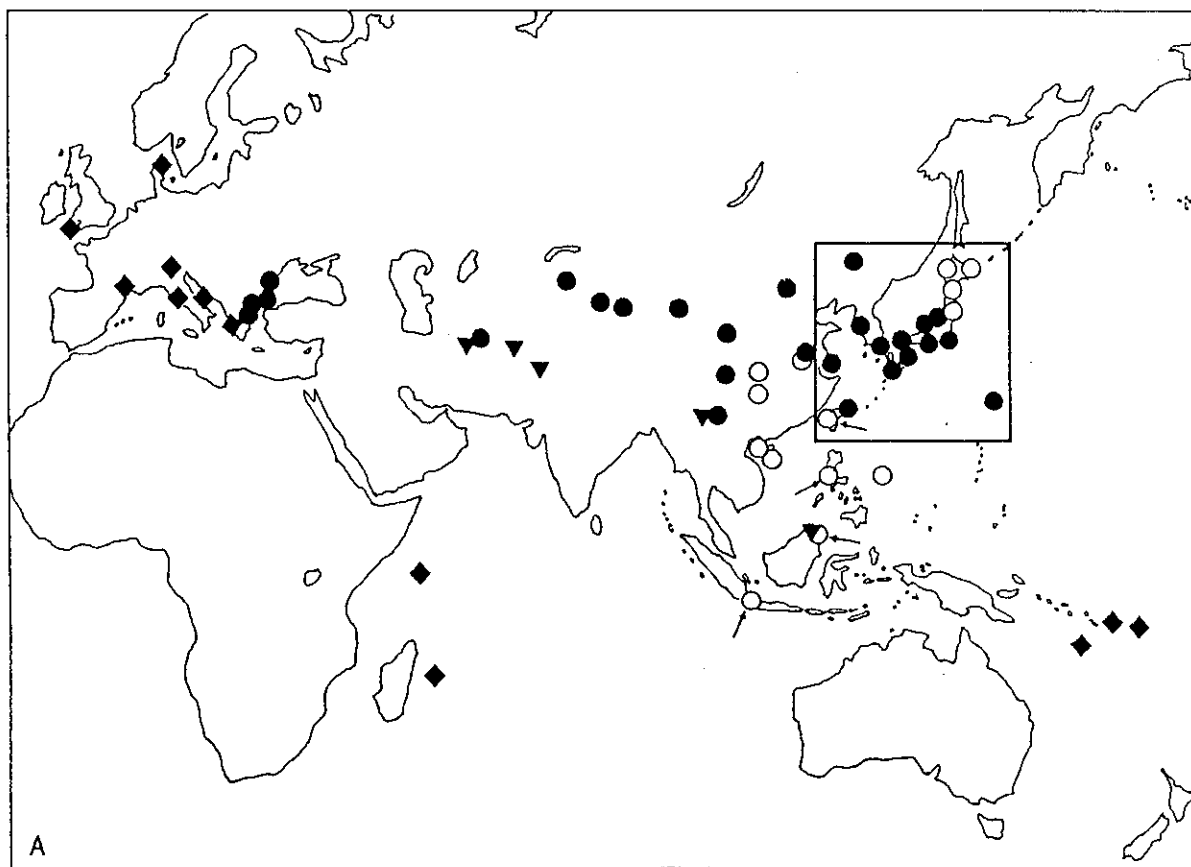
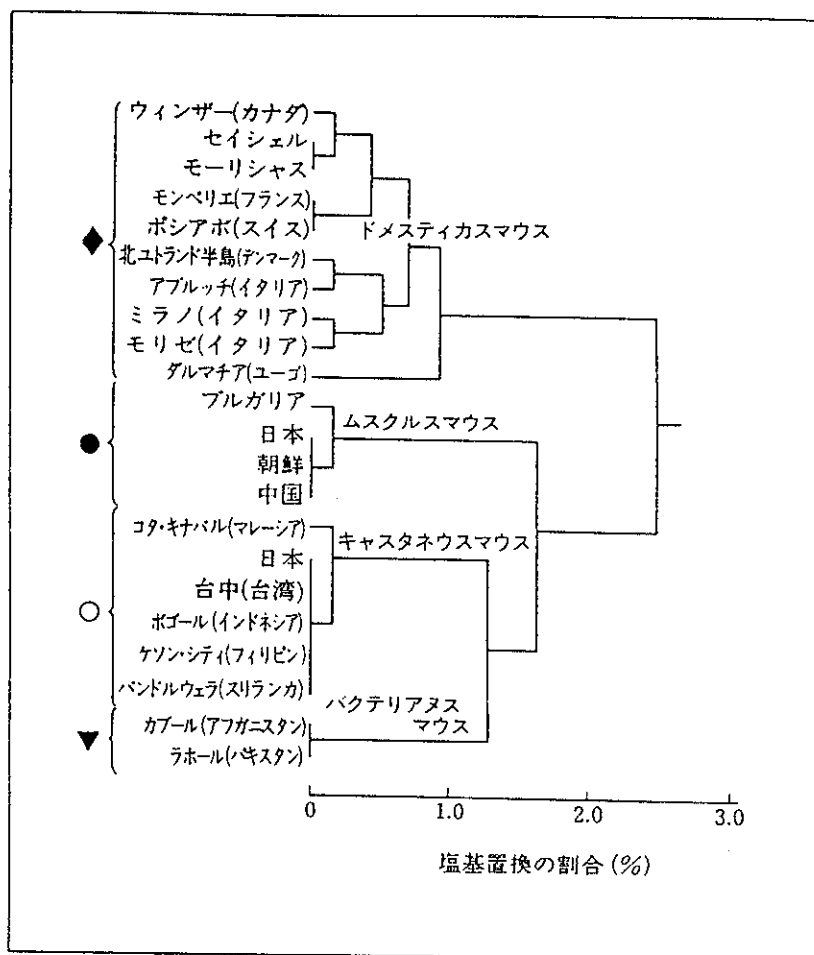


図 14 確認されたマウスと過去の分布状況との比較

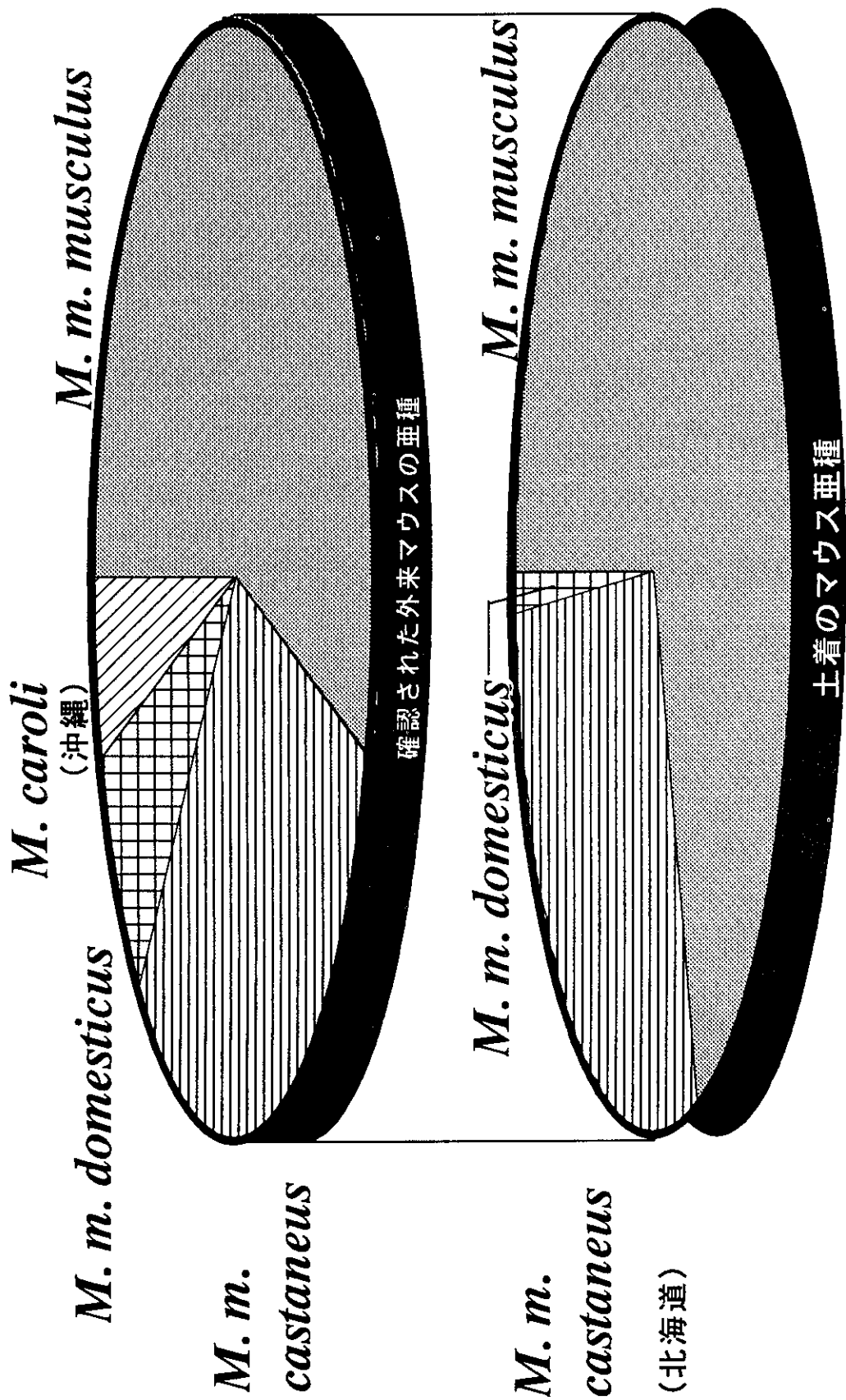
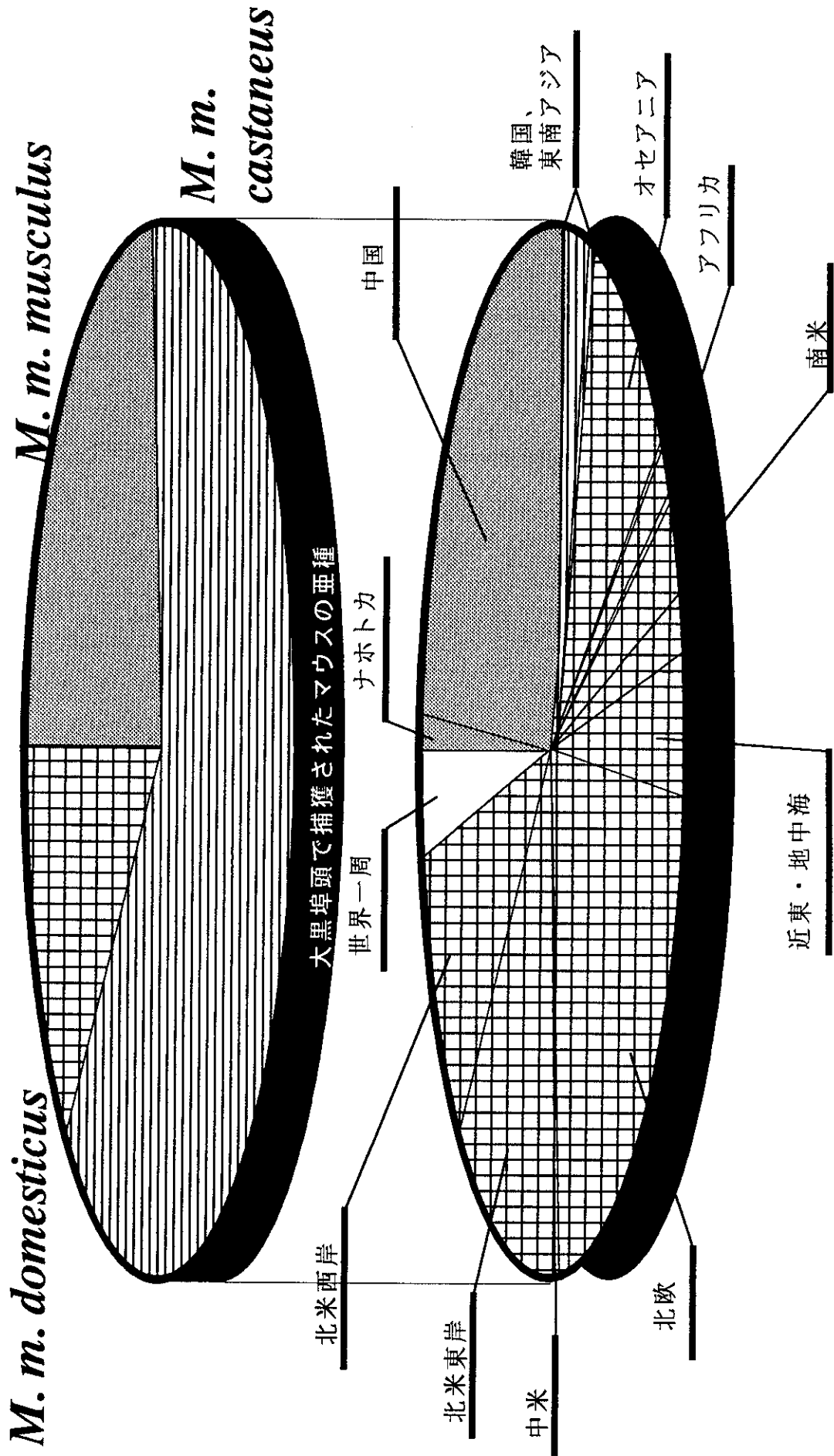


図 15

横浜大黒埠頭への輸入貨物の出所とマウス亜種の分布



研究報告書

侵入ベクターのサーベイランスシステム構築に関する予備的研究 特に蚊科について

主任研究者 : 内田 幸憲 (神戸検疫所)
研究協力者 : 水田 英生 (関西空港検疫所)

研究要旨:

過去において検疫所等で実施された侵入ベクターに関する資料、特に蚊科の整理をすると共に関西国際空港をモデルとして侵入蚊の予備的調査を実施し、侵入蚊のサーベイランスの方法を検討した。また、ベクター、特に蚊科の同定に関し、現在までに明らかにされている形態学的分類法および分子生物学的分類法を整理し、侵入ベクターのサーベイランスへの活用について検討した。

A. 研究目的

侵入ベクターのサーベイランスは全国的に行われなければならないが、我が国においては一部の検疫所、一部の地方自治体、一部の大学および研究所等で個々に実施されているだけで全国網で実施されているわけではなく、また多くは、疫学的手法を用いた方法で港湾区域や空港区域においてサーベイランスを実施しているわけではない。そこで今回は、我が国に航空機を介してどのようなベクター、特に蚊が侵入してくるのか、それらは到着空港で飛散し定着するのか、侵入した蚊の同定および産地の推定が形態学的あるいは分子生物学的に可能なのかを明らかにし、侵入ベクターサーベイランスシステム構築の一助とすることを目的とする。

B. 研究方法

1) 国際線到着航空機内における蚊科の侵入状況調査(検疫関係): 検疫所業務年報および検疫所内外に発表された文

献等から我が国に到着した航空機内で蚊が採集された事例を抽出し、蚊の種類を整理した。

2) 関西国際空港における航空機侵入ベクター実態調査: 近隣諸国、アフリカ、南米等より関西国際空港に到着した航空機を対象に、1999年1月から12月までの間、原則として月4回、捕虫網、吸虫管、ピンセット等を用い、生死を問わず機内に存在する虫類を採集し、ベクターを収集すると共に、調査時の旅客機出入り口扉等の開放状態も併せて調査した。

3) 関西国際空港空港区域の蚊科の調査: 空港区域の蚊科の調査は航空機や航空機コンテナから飛散した蚊等の捕捉と定着状況を把握するため実施した。飛散した蚊等の捕捉は国際線到着航空機周辺および国際線到着貨物倉庫周辺の成虫を調査することにより、また定着状況の把握は空港区域内に生息する蚊の幼虫を調査することにより実施した。

国際線到着航空機周辺の成虫の調査は1999年4月から12月まで、原則として月

3回、国際線到着航空機周辺に飛翔する蚊等を捕虫網と吸血管を用いて採集した。また、国際線貨物倉庫周辺の成虫調査は1999年1月から12月まで、原則として月1回4日間、ソーラー型ライトトラップ2機を用いて国際線貨物倉庫周辺に飛翔する蚊等を誘引採集した。なお、ライトトラップ用電源が確保できない倉庫内は2000年1月から2月にかけて、1月は1回、2月は2回、炭酸ガストラップ4器を設置し、倉庫内の蚊等の採集を試みた。

蚊の幼虫調査は1999年1月から12月まで、原則として月2回実施し、空港区域内に設けた68の調査定点と一時的に出現した水溜まり等に発生している幼虫および蛹を採集した。

4) 我が国に生息する蚊科の調査：侵入ベクター、特に侵入疾病媒介蚊と我が国に生息する蚊の鑑別のため、我が国に生息する蚊科についての文献等を収集整理し、その分布、繁殖場所および形態学的特徴を調査した。また、参考までにマラリア、黄熱、デング熱等を媒介する蚊の文献等を収集整理し分布、繁殖場所および形態学的特徴を調査した。

5) 分子生物学的手法による蚊科の同定に関する調査：分子生物学的手法による蚊科同定、特にPCR法による蚊科同定法に関する文献を1990年から1999年に関し文献検索システムMEDLINE EXPRESS (R)で検索し、PCR法による蚊科の同定法に関する研究の現状を調査すると共にその他の文献についても収集検討した。

C、D. 研究結果と考察

1) 国際線到着航空機内における蚊科の侵入状況調査：羽田空港、成田空港、関西国際空港で1972年から1999年まで国

際線到着航空機内において生体で採集された蚊科はシナハマダラカ *Anopheles sinensis*、*An. vagus*、*An. vagus limosus*、*An. subpictus*、*An. indefinitus*、ネッタイシマカ *Aedes aegypti*、*Ae. vexans vexans*、*Ae. sollicitans*、ネッタイエカ *Culex pipiens quinquefasciatus*、アカイエカ *Cx. pipiens pallens*、シロハシイエカ *Cx. pseudovishnui*、*Cx. vishnui*、コガタアカイエカ *Cx. tritaeniorhynchus*、ミツボシイエカ *Cx. sinensis*、*Cx. geridus*、ミナミハマダライエカ *Cx. mimeticus*、*Mimomyia chamberlairi metallica*、アシマダラヌマカ *Mansonia uniformis*、*Ma. annulifer*の4属19種であった。この中には感染症のベクターとなり得る種が4属12種（シナハマダラカ、*An. subpictus*、ネッタイシマカ、*Ae. v. vexans*、ネッタイエカ、アカイエカ、シロハシイエカ、*Cx. vishnui*、コガタアカイエカ、*Cx. geridus*、アシマダラヌマカ、*Ma. annulifer*）が存在していた。採集された蚊の多くは熱帯、亜熱帯に生息する蚊で、我が国にも生息する蚊はシナハマダラカ、ネッタイエカ、アカイエカ、シロハシイエカ、*Cx. vishnui*、コガタアカイエカ、ミツボシイエカ、ミナミハマダライエカ、アシマダラヌマカの9種であったが、ネッタイエカは九州・四国南部以南に生息し、*Cx. vishnui*は近年石垣島に侵入した蚊であるので、九州南部から沖縄地域を除けば生息する蚊は7種である。さらに感染症を媒介する蚊となれば5種となる。

2) 関西国際空港における航空機侵入ベクター実態調査：関西国際空港に国外から到着した航空機は1999年の1年間に31,222機で、そのうち調査を実施した航空機は0.6%の188機（旅客機167機、貨物機21機）であった。ベクター（コバ

エ類や屋外生活性のゴキブリ類はベクターの範疇に入れなかった)が採集された航空機は9.0%の17機(生体で採集された航空機は6機3.2%、死体で採集された航空機は12機6.4%;1機重複)であった。蚊が採集された航空機は8機(採集率4.3%;生体採集は2機雌3個体で生体採集率は1.1%)で、内訳はネッタイエカが4機24個体(採集率2.1%、生体採集が1機雌2個体、死体採集が4機雌18個体、雄4個体;生体採集率0.5%;1機重複)、アカイエカが4機4個体(採集率2.1%、生体採集1機雌1個体、死体採集3機雌2個体雄1個体;生体採集率0.5%)、ハエが採集された航空機は7機(採集率3.7%;生体採集は4機で生体採集率2.7%)で、内訳はイエバエが6機7個体(採集率3.2%、生体採集4機4個体、死体採集2機3個体;1機重複)、クロバエ亜科の一種が1機1個体(死体で採集、採集率0.5%)であった。ゴキブリが採集された航空機は5機(採集率2.7%;生体採集はなかった)で、内訳はチャバネゴキブリが5機6個体であった。採集航空機を航路別に見ると、調査した29航路のうち、バンコック便でネッタイエカが、ローマ・ミラノ・デリー便でネッタイエカとイエバエが、フランクフルト便でイエバエが、香港便でネッタイエカが、カトマンズ・上海便でアカイエカとイエバエが、クアラルンプール便でチャバネゴキブリが、マニラ・セブ便でイエバエとチャバネゴキブリが、ソウル便でアカイエカ、イエバエ、チャバネゴキブリが、上海便でアカイエカ、イエバエ、クロバエ亜科の一種が、シンガポール便でチャバネゴキブリが採集された。

調査時の航空機の扉は、雑貨等の積み卸しのため、全ての航空機で殆ど全開の

状態であった。

採集された蚊の種類が少なかったが、これは駐機時間の問題や、調査員数の問題から、最も蚊が侵入しやすい旅客機貨物室の調査が行えなかったからかも知れない。

3) 関西国際空港空港区域の蚊科の調査: 国際線到着航空機周辺における成虫の調査結果は、延べ16箇所から1属5種22個体の成虫が採集された。採集された蚊はアカイエカが2箇所2個体、コガタアカイエカが10箇所16個体、ハマダライエカが2箇所2個体、イナトミシオカが1箇所1個体、トラフカクイカが1箇所1個体であった(採集箇所重複)。国際線貨物倉庫周辺における成虫の調査では1箇所からコガタアカイエカが1個体採集された。なお、倉庫内の調査では実施時期が冬期であったためか蚊科は採集されなかった。

空港区域内における幼虫の調査ではシナハマダラカ、アカイエカ、チカイエカ、コガタアカイエカ、ヤマトクシヒゲカ、イナトミシオカ、トラフカクイカ、ヒトスジシマカの3属8種が採集された。

今回の調査では外国産固有種は認められなかったが、重要なベクター種であるネッタイエカマカの繁殖可能温度、平均最低気温10℃を越えた月が5月から10月の6ヶ月間あり、熱帯熱マラリアの繁殖可能温度、平均最低気温20℃を越えた月が8月の1箇月間あった。

4) 我が国に生息する蚊科の調査: 世界には約3,500種以上の蚊科が生息し、我が国においては現在まで119種の生息が確認されている。しかし、約10種は絶滅したか希少種となっている。我が国固有種は41種存在し(絶滅・希少種を含む)、国外共通種は78種存在する。北海道に生息する国外共通種23種のうちベク

ターとなり得る種はシナハマダラカ、オオツルハマダラカ、カラツイエカ、コガタアカイエカ、トウゴウヤブカ、キンイロヤブカ、アカンヤブカ、チシマヤブカ、ヤマトヤブカの9種であった。本州に生息する国外共通種46種のうちのベクターとなり得る種はシナハマダラカ、オオツルハマダラカ、アシマダラヌマカ、カラツイエカ、スジアシイエカ、アカイエカ、チカイエカ、コガタアカイエカ、セシロイエカ、ミツホシイエカ、セスジヤブカ、トウゴウヤブカ、ヒトスジシマカ、キンイロヤブカ、オオクロヤブカの15種であった。四国に生息する国外共通種34種のうちベクターとなり得る種はシナハマダラカ、アシマダラヌマカ、カラツイエカ、ネッタイエカ、アカイエカ、チカイエカ、コガタアカイエカ、シロハシイエカ、セシロイエカ、ミツホシイエカ、セスジヤブカ、トウゴウヤブカ、ヒトスジシマカ、キンイロヤブカ、オオクロヤブカの15種であった。九州に生息する国外共通種38種のうちベクターとなり得る種はシナハマダラカ、オオツルハマダラカ、アシマダラヌマカ、カラツイエカ、スジアシイエカ、ネッタイエカ、アカイエカ、チカイエカ、コガタアカイエカ、シロハシイエカ、セシロイエカ、ミツホシイエカ、セスジヤブカ、トウゴウヤブカ、ヒトスジシマカ、キンイロヤブカ、オオクロヤブカの17種であった。琉球列島に生息する国外共通種40種のうちベクターとなり得る種はコガタハマダラカ、タテンハマダラカ（絶滅?）、シナハマダラカ、オオツルハマダラカ、オオツルハマダラカ、カラツイエカ、スジアシイエカ、ネッタイエカ、コガタアカイエカ、シロハシイエカ、*Cx. vishnui*、ヨツホシイエカ、ミツホシイエカ、ハマベヤブカ、トウゴウヤブカ、ヒトスジシマカ、キンイ

ロヤブカ、オオクロヤブカの18種であった。ベクターとなり得る種のうち検疫感染症等重要疾病を媒介する主たる蚊は、マラリア関係では熱帯熱マラリアを媒介するコガタハマダラカ、三日熱マラリアを媒介するシナハマダラカ、オオツルハマダラカ、サペロイハマダラカで、 Dengue熱関係ではヒトスジシマカで、日本脳炎関係ではコガタアカイエカ、シロハシイエカであり、これらに関しては特に国外から侵入したものか国内産のものかの鑑別が必要である。オオツルハマダラカに関しては日本、朝鮮半島、中国南部、フィリピン産のものやタイ、マレーシア、サラワク（インドネシア）、ブルネイ産のものとは形態学的にはっきりした違いがあるが、その他のものについては形態学的にはっきりとした違いはなく、多くのものは微細な点で鑑別が可能となるだけで分子生物学的鑑別法の導入が望まれる。ベクターとなり得る種で我が国に生息しないものは、種が異なれば殆どの場合形態学的に区別は可能で、亜種の違いであっても通常は区別が可能であった。また、国外ではベクター蚊の種の多くが亜熱帯や熱帯に分布しており、亜熱帯環境を有し、過去にネッタイシマカやタテンハマダラカが生息していた琉球列島が最もベクター蚊の侵入定着を受けやすいことが明らかとなった。事実、石垣島では東南アジアに広く分布し、一部で日本脳炎を媒介している *Cx. vishnui* が侵入定着し、その生息域を広げている。

5) 分子生物学的手法による蚊科の同定に関する調査：MEDLINE EXPRESS を使って1990年から1999年までに報告された文献を *mosquito and PCR* で検索した結果、抽出されたものは128件あり、その中で種の同定等に関するものが18件あった。内訳は *An. gambiae* に関するものが

5件、*An. maculipennis*に関するものが2件、*An. dirus*に関するものが1件、*An. quadrimaculatus*に関するものが1件、*An. punctulatus*に関するものが1件、ネッタイシマカに関するものが2件、*Ae. albifasciatus*に関するものが1件、ヒトスジシマカに関するものが1件、アカイエカとネッタイイエカに関するものが1件、イエカ属に関するものが1件、上記数種の概説したものが1件、ナミカ族に関するものが1件であった。これらのうち利用できそうなものはヒトスジシマカに関するものとアカイエカとネッタイイエカに関するもの、そしてナミカ族に関するものと思われるが、*Aedes albopictus* and PCRで検索した場合18件抽出されたが、その全てがデングウイルスの検出に関するもので種の同定に関するものは検索できなかった。我が国においては1998年から1999年にかけて微細な点で鑑別可能なヤマダシマカグループやコガタハマダラカ complexについてゲノムDNAの塩基配列に基づいた鑑別がなされ、ヤマダシマカグループでは3亜種を用いてITS部の塩基配列の違いが比較され、コガタハマダラカ complexでは3グループ8系統の蚊を用いて28S リボソームRNAの塩基配列の違いが比較され、生息地域による違いが明らかにされた。アメリカにおいても1999年末にハマダラカの85種の種および各系統について28S リボソームRNAの塩基配列の違いが比較され、全ての種および多くの系統における違いが明らかにされた。コガタハマダラカについては5系統について試験され4グループに分けられたが、シナハマダラカについては2系統試験され、区別することはできなかった。

このように分子生物学的手法による蚊科の同定は近年始まったばかりで、*An.*

gambiae や *A. albimanus* などの熱帯熱マラリア主要媒介蚊についてのデータは充実してきているがその他の種についてはデータが少なく、採集蚊が何れの国あるいは何れの地域産のものなのかを判別する等サーベイランス現場で利用するまでには至っていなかった。また、28S リボソームRNAの塩基配列の違いによる鑑別は作業が繁雑で、現状では一部の研究所等でしか行えなかった。

E. 結論

現在までに国際線到着航空機内で採集された蚊のうち、ベクターとなり得る蚊が4属12種存在し、その中で我が国にも生息している蚊が3属9種あり、国内産との区別が必要であった。中でもベクターとなり得るシナハマダラカ、ネッタイイエカ（九州・四国以南でのみ）、アカイエカ、シロハシイエカ（九州・四国以南でのみ）、*Cx. vishnui*（石垣島でのみ）、コガタアカイエカ、ミツボシイエカ、アシマダラヌマカの区別は急務である。

関西国際空港をモデルとして実施した空港区域へのベクターの侵入・定着に関する調査では、国際線到着航空機内で蚊、ハエ、ゴキブリが採集されたが、蚊についてはネッタイイエカとアカイエカだけで外国産種は認められなかった。しかし、調査時には航空機の出入り口扉の殆どが解放されており、解放時に機内からベクターが飛散した可能性があった。空港区域内に生息する蚊の調査でも外国産固有種は認められなかったが、気温的に見て5月から10月までネッタイシマカが充分繁殖できる環境であり、また、8月は熱帯熱マラリア媒介蚊が充分繁殖できる環境でもあった。

我が国に生息していた蚊のうち現在でも生息している蚊は約100種と思われ、

そのうち生息域が外国にまで及んでいる蚊は75種前後存在する。しかしその中でベクターとなり得る種は約10種から20数種であり、南の地域に行くに従い数が増加した。さらにマラリア、デング熱、日本脳炎の主たる媒介蚊に絞れば約10種で、地域によっては国外と重複する蚊は数種になる。サーベイランスを実施する地域に生息するこの種、即ちコガタハマダラカ（宮古島以南に生息）、シナハマダラカ（日本全土に生息）、オオツルハマダラカ（四国を除く日本全土に生息）、ヒトスジシマカ（北海道を除く日本全土に生息）、コガタアカイエカ（日本全土に生息）、シロハシイエカ（九州四国以南に生息）、*Cx. vishnui*（石垣島に生息）の詳細な形態学的特徴を把握しておくことにより、採集されたベクター蚊が国外から侵入してきたものかどうか推定が可能と思われるが、これらの種については分子生物学的手法により正確な産地を見極める必要があると思われる。

分子生物学的手法による種の同定は多分可能であると思われるが、亜種や生息地域による差の確認についてはまだ研究が充分行われていなかった。また、種の鑑別に関しても操作が繁雑で一般的には利用し難いので、現在遅れているこの分野の発展が望まれる。

種の同定は形態学的手法により殆ど可能である。亜種や生息地の違いについても詳細に観察すればこれも殆ど可能であり、ごく一部のものだけが区別不可能であった。しかし、形態学的に区別するにはそれらが生息する地域の文献等を収集する必要がある、これは分子生物学的手法についても同じであろうと思われる。

今回の調査で航空機内での蚊の採集や飛び出た蚊の採集は侵入ベクターサーベイランスとして効率が悪く単なる侵入蚊

の目安程度であり、その定着を確認することが蚊についての侵入ベクターサーベイランス上効率の良い方法と考えられる。従って、侵入ベクターサーベイランスを実施する場合、ベクター蚊が最も侵入しやすく、また、定着しやすい地域に監視定点を設けるべきで、最も侵入ベクター蚊の定着しやすい琉球列島には密に監視定点を設け、高度な同定技術を有する者を配置すべきと考える。そして現在そのような技術者や蚊科の分類に関する研究者が減少しているので、技術者の育成と各研究機関および各研究者を結ぶネットワークの構築が急務であると考えられる。

F. 参考文献

- Ogata, K., I. Tanaka, Y. Ito & S. morii, 1974. Survey of the medically important insects carried by the international aircrafts to Tokyo International Airport. Jap. J. Sanit. Zool. 25:177-183.
- 楠井善久. 1980. 交通機関によって外国から移入される衛生害虫に関する研究 お茶の水医学雑誌. 28:55-58.
- Tanaka, K., K. mizusawa and Edward S. Saugstad, 1979. A revision of the adult and larval mosquitoes of Japan (Including the Ryukyu Archipelago and the Ogasawara Island) and Korea (Diptera: Culicidae). Contribi. Am. Entomol. Inst. 16:1-987.
- Toma, T., and I. Miyagi, 1986. The mosquito fauna of the Ryukyu Archipelago with identification keys, Pupal description and notes on biology, Medical importance and distribution. Mosq. Syst. 18:1-109.
- 當間孝子、宮城一郎、渡久山有子. 1987. 琉球列島に生息する環境衛生上重要な

- 蚊の検索と生態. I. 属の検索. 熱帯. 20:163-174.
- 當間孝子、宮城一郎、渡久山有子. 1987. 琉球列島に生息する環境衛生上重要な蚊の検索と生態. II. 属 (ヤブカ・イエカをの属) の特徴と種の検索. 熱帯. 20:175-181.
- 當間孝子、宮城一郎、渡久山有子. 1988. 琉球列島に生息する環境衛生上重要な蚊の検索と生態. III. ヤブカ属の種の検索と生態. 熱帯. 21:1-11.
- 當間孝子、宮城一郎、渡久山有子. 1988. 琉球列島に生息する環境衛生上重要な蚊の検索と生態. IV. イエカ属の検索と生態. 熱帯. 21:51-60.
- 宮城一郎、當間孝子、伊波茂雄. 1983. 八重山群島の蚊科に関する研究. 衛生動物. 34:1-6.
- 佐々学、栗原毅、上村清. 1976. 蚊の科学. 図鑑の北隆館. 1-312.
- Miyagi, I., T. Toma, H. Hasegawa, M. Tadanoo and T. Fukunaga, 1992. Occurrence of *Culex* (*Culex*) *vishnui* Theobald on Ishigakijima, Ryukyu Archipelago, Japan. Jpa. J. Sanit. Zool. 43:259-262.
- 水田英生、松本昭子、森英人、小竹久平、内田幸憲. 1999. 石垣島における疾病媒介蚊の侵入状況に関する調査. 日本検疫医学会誌. 1:69-74.
- Carpenter, S. J. and W. J. LaCasse, 1955. Mosquitoes of North America. Library Reprint Series. 1-360.
- Darsie, R. F., Jr. and R. A. Ward, 1981. Identification and geographical distribution of the mosquitoes of North America, north of Mexico. Mosq. Syst. Supplement 1:1-313.
- 連日清. 1978. 本省産蚊蟲生態及其防治「昆蟲生態與防治」研究会講稿集. 37-69.
- Dobrotwarsky, N. V., 1965. The mosquitoes of Victoria. Melbourne University Press. 1-237.
- Sirivanakarn, S., 1976. Medical entomology studies-III. A revision of the subgenus *Culex* in the Oriental region (Diptera: Culicidae). Contrib. Am. Entomol. Inst. 12:1-272.
- Rattanarithkul, R., 1982. A Guide to the Genera of Mosquitoes (Diptera: Culicidae) of Thailand with Illustrated Keys, Biological Notes and Preservation and Mounting Techniques. Mosq. Syst. 14:1-139.
- Mattingly, P. F., 1971. Contributions to the mosquito fauna of Southeast Asia. XII. Illustrated Keys to the genera of mosquitoes (Diptera: Culicidae). Contrib. Am. Entomol. Inst. 7:1-84.
- Reid, J. A., 1968. Anopheline mosquitoes of Malaya and Borneo. Studies from the Inst. for Med. Resea. Malaysia. 31:58-520.
- Das, B. P., R. Rajagopal, J. Akiyama, 1990. Pictorial key to the species of Indian Anopheline mosquitoes. Zoology. 2:132-162.
- Harrison, B. A., 1980. Medical entomology studies-VIII. The *Myzomyia* series of *Anopheles* (*Cellia*) in Thailand, with emphasis on intra-interspecific variations (Diptera: Culicidae). Contrib. Am. Entomol. Inst. 17:1-195.
- Harrison, B. A. and J. E. Scanlon, 1975. Medical entomology studies-II. The subgenus *Anopheles* in Thailand (Diptera: Culicidae). Contrib. Am.

- Entomol. Inst. 12:1-307.
- Yiau-Min Huang, 1979. Medical entomology studies-XI. The subgenus *Stegomyia* of *Aedes* in the Oriental region with keys to the species (Diptera: Culicidae). Contribi. Am. Entomol. Inst. 15:1-79.
- Yiau-Min Huang, 1972. Contribution to the mosquito fauna of Southeast Asia. XIV. The *scutellaris* group of species. Contribi. Am. Entomol. Inst. 9:1-109.
- Yiau-Min Huang, 1977. Medical entomology studies-VII. The subgenus *Stegomyia* of *Aedes* in Southeast Asia. II - The *edwardsi* group of species. III - The *w-albus* group of species. (Diptera: Culicidae). Contribi. Am. Entomol. Inst. 14:1-110.
- Yiau-Min Huang, 1990. The subgenus *Stegomyia* of *Aedes* in the Afrotropical region. I. The *africanus* group of species (Diptera: Culicidae). Contribi. Am. Entomol. Inst. 26:1-89.
- Yiau-Min Huang, 1990. The subgenus *Stegomyia* of *Aedes* in the Afrotropical region. II. The *dendrophilus* group of species (Diptera: Culicidae). Contribi. Am. Entomol. Inst. 29:1-103.
- Gillies, M.T. and M. Coetzee, 1987. A supplement to the Anophelinae of Africa south of the Sahara (Afrotropical region). The South African Institute for Medical Research. No. 55. 1-143.
- Subbarao, S.K., 1998. Anopheline species complex in South-East Asia. Tech. Publi. SEARO. 18:1-82.
- Reuben, R., S.C. Tewari, J. Hiriyan and J. Akiyama, 1994. Illustrated keys to species of *Culex* (*Culex*) associated with Japanese encephalitis in Southeast Asia (Diptera: Culicidae). Mosq. Syst. 26:75-96.
- Arnell, J.H. 1973. Mosquito studies (Diptera: Culicidae). XXXII. A revision of the genus *Haemagogus*.
- Toma, T. I. Miyagi, W.L. Malenganisho, M.T. Takagi, Y. Higa, Y. Tsuda, A. Sugiyama and H. Ishak, 1996. Distribution and seasonal prevalence of the malaria vector mosquito, *Anopheles minimus*, in Ishigaki Is., Ryukyu Archipelago, Japan, 1990-1994. Med. Entomol. Zool. 47:63-72.
- Higa, Y., T. Toma., I. Miyagi, W.L.M. Malenganisho and M. Takagi, 1998. Morpho-taxonomical studies on two subspecies of *Anopheles soperi* (Diptera: Culicidae). Med. Entomol. Zool. 49:207-216.
- 水田英生、伊芸英敏、佐久本微笑、谷田部信彦、豊平悟、宮里安義. 1997. 石垣島における熱帯熱マラリアの媒介蚊コガタハマダラカの棲息状況について平成8年検疫所業務年報. 186-188.
- 森英人、水田英生、松本昭子、小竹久平、内田幸憲. 1999. 石垣島における熱帯熱マラリアの媒介蚊コガタハマダラカの棲息状況について. 日本検疫医学会誌. 1:61-68.
- 佐々学. 1976. 風土病との闘い. 岩波新書. 198-205.
- 池庄司敏明. 1993. 蚊. 東京大学出版会. 1-230.
- 宮城一郎、當間孝子. 病原媒介に関わる蚊の重要な習性. モダンメディア. 34:190-203.

- 上村清. 1968. 日本における衛生上重要な蚊の分布と生態. 衛生動物. 19: 15-34
- 上村清. 1971. 蚊の地理的分布とその被害. 熱帯. 6:19-26.
- 上村清. 1998. 日本脳炎媒介蚊の発生動態に関する研究. 衛生動物. 49:181-185.
- 大藤芳. 1963. 黄熱蚊 *Aedes aegypti* の日本における土着の可能性に関する研究. I. 雌成虫の受精, 吸血及び産卵, 及び幼虫の発育について. 長崎大学風土病紀要. 5:164-178.
- D.H.Republic of China, 1993. Studies on Dengue virus infection in the mosquito of Taiwan Rock Monkey habitats at Gushan, Kaohshing. *Epidem. Bull.* 9:140-143.
- D.H.Republic of China, 1995. Investigation a Dengue Fiver outbreak in Fengshan city of Kaohshing county. *Epidem. Bull.* 11:50-57.
- C.D.C.D.H.Taiwan, R.O.C, 1999. An investigation of the risk factors a Dengue Fiver outbreak in Sanmin district, Kaohshing city, 1998. *Epidem. Bull.* 15:174-188.
- 江下優樹. 1985. 琉球列島で流行した Dengue 熱の歴史的考察. 環境衛生. 52:6-14
- 只野長夫. 1990. 米国のヒトスジシマカの話. 環境衛生. 37:14-16.
- 大立目信六. 1991. アフリカのアルボウイルス感染症. I 黄熱. 熱帯. 24: 23-31.
- Aitken, T.H.G., W.G.Downs and R.E.Shope, 1977. *Aedes agypti* strain fitness for Ywllow Fever virus transmission. *Am. J. Trop. Med. Hyg.* 26:985-989.
- Tabachnick, W.J., G.P. Wallis, T.H.G. Aitken, B.R.Miller, G.D.Amato, L. Lorenz, J.R.Powell, and B.J.Beaty, 1991. Oral infection of *Aedes aegypti* with Yellow Fever virus: geographic variation and genetic considerations. 45:399-407
- Crabtree, M.B., H.M.Savage, and B.R. Miller, 1997. Development of a polymerase chain reaction assay for differentiation between *Culex pipiens pipiens* and *Cx. p. quinquefasciatus* (Diptera: Culicidae) in North America based on genomic differences identified by subtractive hybridization. *J.Med. Entomol.* 34:532-537.
- Crabtree, M.B., H.M.Savage, and B.R. Miller, 1995. development of species-diagnostic polymerase chain reaction assay for the identification of *Culex* vevtor of St.Louis Encephalitis virus based on interspecies srquence variation in ribosomal DNA spacers. *Am. J. Trop. Med. Hyg.* 53:105-109.
- 當間孝子、宮城一郎、M.B.Crabtree, B. R.Miller, 1999. 分子生物学的方法による日本産 *Aedes (Stegomyia) flavopictus* group の蚊の比較. 衛生動物大会特集号. 50:39.
- 沢辺京子、高木正洋、津田良夫、P.Somboon, 2000. コガタハマダラカ *Anopheles minimus* complex の系統学的研究 - タンパク多型とゲノム DNA 塩基配列の比較から見た近縁関係. 衛生動物大会特集号. 51:32.
- AnoDB
[<http://konops.imbb.forth.gr/AnoDB/Species/species.html>]

コンテナ貨物による侵入ベクターの調査と防除に関する検討

楠井善久¹⁾ 下入佐賢治²⁾ 水田英生³⁾ 内田幸憲²⁾

(1) 大阪検疫所 (2) 神戸検疫所 (3) 関西空港検疫所

研究要旨

コンテナ貨物により侵入してくる外来の衛生害虫、特に感染症のベクターを調査し侵入経路を解明することで防疫対策と港湾衛生のあり方の資料とする。また従来一律に調査を実施されることが多かった船舶のコンテナと航空機のコンテナに構造上、また輸送方法に差があることから、その調査方法さらに防疫対策、港湾衛生管理に効果を得るために、2種のコンテナに対してタイプ別に対処すべきであると考案した。

A. 研究目的

侵入してくる感染症の防疫対策構築を考える場合、増加の一途を続ける輸入貨物、特にコンテナ輸送の占める割合が重要になってくる。さらにコンテナの開梱する場所は輸入港(空港)の近辺から遠く離れた内陸部にまで拡大分散することが多くなっている。この積込地から開梱地間でドア、ツウ、ドアと呼ばれるコンテナの輸送法は、新興、再興感染症等の流行地域の拡大とともに、病原体を保有する媒介動物の国内侵入の可能性を高くしている。

そこで我が国に輸入されるコンテナ貨物、特にクリミア・コンゴ出血熱が侵入していると考えられる中国を対象にして、また比較するためアジア州のコンテナに対し、媒介動物の侵入実態の調査を行った。

B. 調査方法

大阪港、神戸港に輸入される船舶コンテナ、関西空港に輸入される航空機のコンテナに対し、各港(空港)のコンテナヤード、開梱される倉庫の前等で採集調査を行った。

調査期間は1999年4月より12月までである。調査には蚊やハエ等飛翔する種には開梱時の飛散に備えて捕虫網、また小型双翅

目等の採集に吸虫管を用いた。日照の角度や、夕刻の作業でコンテナの中が暗い場合に備えて懐中電灯を用意した。

調査作業は、貨物搬出直後に空のコンテナ内に入り、目視により虫類の有無を調査した後、コンテナの床及び側壁の塵埃を紙パック収納式の電気掃除機で吸引し、集塵したパックをビニール袋に入れて持ち帰り、検査に供した。

ビニール袋の中で採集したサンプル内で生きていた虫類等の有無を確認した後、酢酸エチルで殺虫を行った。殺虫後5mmと3mmの目のふるいにかけて大型塵を除去した後、塵埃を実体顕微鏡で検査した。

調査したコンテナの搬入地や貨物のデータはコンテナの番号に基づいて輸入、運搬業者等から書類の入手をした。

C. 調査結果

調査したコンテナの積込地別の個数は表1に示した。3港における調査コンテナ総数は190個である。そのうち中国で積込まれたコンテナは92個(48.4%)であった。その他のアジア州は46個(24.2%)、ヨーロッパ州47個(24.7%)、アフリカ州3個(1.6%)、北アメリカ1個(0.

5%)であった。

大阪港では37個を採集し、そのうち中国で積込まれたコンテナは24個(64.9%)、その他のアジア州が13個(35.1%)でアジア地区のみの調査となった。

神戸港では18個を調査し、そのうち中国で積込まれたコンテナは7個(38.9%)、その他のアジア州は7個(38.9%)、アフリカ州が3個(16.7%)、オセアニア州1個(5.6%)であった。

関西空港では135個を調査し、そのうち中国からのコンテナは61個(45.2%)、その他のアジア州が26個(19.3%)、ヨーロッパ州47個(34.8%)、北アメリカ1個(0.7%)であった。

その他のアジア州は46個(24.2%)、ヨーロッパ州47個(24.7%)、アフリカ州3個(1.6%)、北アメリカ1個(0.5%)であった。

積込地別にみた貨物品目は表2に示した。

大阪港においては中国からの雑工業品が最も多く23個、その他のアジア州の雑工業品が9個、金属機械工業品、軽工業品がそれぞれ5個等となっていて、これらは混載されることが多い。

神戸港の調査では農水産品が大部分を占めている。中国からの穀類豆類3個、アジア州からの綿花3個で、他はすべて1~2個と品目が多彩となっている。

関西空港では中国からの雑工業品が41個、魚介類が15個、その他多いものではヨーロッパ州からの金属機械工業品が24個となっているが、農水産品、工業品等品目が多岐にわたり、2品目以外の混載コンテナが多くなっている。

貨物品目別にみた、何らかの虫類が採集されたコンテナ数を表3に示した。調査したコンテナ数と対比すると、神戸港の綿花がアジア州、アフリカ州ともに虫類の採集が多い。その他は特に採集した虫類が特別の品目に多

いものはみられない。また積込地別からみても、特別に虫類の多い地域はなかった。

大阪港と神戸港のコンテナで採集した虫類の種類と採集データを表4に示した。両港を合わせて55個を調査し7目、30種、47個体の昆虫とクモ類を採集した。このうち衛生害虫として重要な種は中国からのコンテナで採集されたクロゴキブリ、台湾からのゴキブリの一種、オーストラリアからのヒトスジシマカ、中国からのイエバエである。鞘翅目は13種採集したが、カツオブシムシ類、ホシカムシ類、ヒョウホンムシ、コクヌスト等の乾燥食品に由来する種が多い。これらの種はほとんど世界共通種である。クモ類は4種9個体採集した。

関西空港で採集した虫類の種類とデータを表5に示した。135個のコンテナから10目、22種、32個体の虫類を採集した。種類数は多くなっているが、大部分は植物を加害する種か全く無害とされる種である。衛生害虫としてはヌカカ科とハヤトビバエ科であるが、ユスリカ科は不快害虫として知られる。クモ類は4個体採集した。

3検疫所ともに得られた種類は外来の種と想定されるものを多く含んでいるが、世界共通種や広域に分布する種が多く、積込地固有の種はみられなかった。

D. 考察

大阪港と神戸港の船舶コンテナを合わせると55個のコンテナを調査して47個体の虫類を採集している。これに比べて関西空港のコンテナでは135個のコンテナから32個体となり、採集した種類数は比較すると航空機のコンテナでの採集個体数はかなり少ない。そのうえ虫体が死体で採集されることが多い。これは船舶のコンテナと航空機のコンテナの構造の差によるものと思われる。船舶のコンテナではドアが密閉されることから、侵入した虫類は到着後もコンテナが開けられ

るまで外部に飛び出すことができない。ところが航空機のコンテナでは、船舶コンテナと同じような閉鎖式のものもあるが、四面が金属製の壁で、上面あるいは側面をシートか編み目のカバーで覆う半閉鎖型、さらに簡単にパレットと呼ばれる金属製の床板に直接貨物を載せ、その上をシートや網目のカバーで覆うだけのもの等がある。近年はこのパレットを用いる方法が多くなってきているようである。

このような解放された面積の広い型のコンテナでは、到着した後に検査を行うまでに活動力のある虫類では飛翔飛散してしまうことになる。これでは侵入害虫の採集は充分に行えず、死体での記録が多いのはそのためと思われる。

対策として半閉鎖型コンテナやパレットは航空機内に置かれている搬出前に採集を行うべきであろう。この方法は通常の航空機内の害虫調査と同時に作業を行うことになり、航空機のコンテナ調査はコンテナの種類に応じて機内とコンテナヤードの2箇所に分けて行わなければならない。

船舶のコンテナと航空機のコンテナでは調査を行う環境、すなわちコンテナの開梱する場所にも違いがある。船舶のコンテナの場合は貨物の積込から解放までをドア・ツウ・ドアで表現されるように、内陸部の目的地まで運んでから解放することになる。このことは侵入した虫類が輸送中に分散してしまうことはないが、コンテナが各所に分散してしまい、多量に輸入されるコンテナに対して、すべての場所に出向くことが難しくなっている。

航空機のコンテナの場合は小型で多様な貨物が多いこと、また通関手続きの関係から、コンテナを解放する場所がその空港内の1箇所に限られていることが多い。これにより調査作業の場所を移動しなくてもよく、作業が容易である。また何らかの形で防除する必要が生じた場合も、対象となる地域が狭く比較

的作業が容易となる。

クモ類の採集個体が多かった。コンテナ内に侵入した虫類はコンテナ内が虫類にとって異常な環境のためか、その種の生理能力に応じて多少なりともダメージを受けているように思われるが、これらのクモ類は本来住居侵入性が強い種であることから住居に似た環境のコンテナ内で生活し、捕食活動をしているようである。このことは餌となる虫類が少ないことを示し、この調査での採集時に見つけられなかったかなりの虫類が、侵入と脱出を繰り返していることが想像される。

調査において対象とした貨物の積込み品目の内容が検疫所毎に偏りが生じた。先の調査(内田ら、1998)では神戸で輸入されているコンテナ貨物の品目構成をみると畜産品や野菜等の農産物が75.6%となっている。これらがネズミや衛生害虫の侵入する可能性の多い貨物として注目している。ところが今回の調査では品目別に見た採集結果に大きな差は生じなかった。しかし全国的に輸入品目を考えた場合、今回の調査対象とならなかった品目が当然多量に輸入されている。今後はそれらに対する調査も必要であろう。

E. 結論

調査により79種の虫類を採集した。種類は昆虫、クモ類、カニムシ類等多岐にわたるが、この中で衛生害虫として重要なヒトスジシマカ、イエバエ、クロゴキブリ、ヌカカ科等が採集された。また多数の虫類の生息を示す居住性のクモ類が多くみられた。

今回の調査では検疫感染症、あるいは国内に常在しない感染症の媒介に関与するネズミ族、ノミ、エーデス属やアノフェレス属の蚊、マダニ類は採集できなかったが、今回採集した種から、これらの種の侵入の可能性を強く示すものである。

先の調査で報告された輸入貨物の大量化、高速化や積込地の拡大と多様化を考えた場

合、今回の調査方法と作業量では十分な成果を得るのは難しい。今回の調査方法の問題点は、開梱後にコンテナ貨物の積出し作業が終了するまで外で待ち、かなりの時間が経過してから採集作業をしていることである。この間に虫類が外に飛散しているのではないかと考えられる。これを解決するには、積出作業員とともにコンテナに入り、同時並行して虫類の採集を行う方法が考えられる。またコンテナを解放する前に殺虫剤かガス等を注入して先に殺虫あるいは麻酔させておき、積出終了後に動かなくなった虫類を集める方法も考えられる。これは貨物の内容により実施できないものもあるが、後者は防除作業もかねることになる。

これらの方法はいずれも貨物輸送の迅速化に反するものであり、また作業の安全上にも問題があることから、輸入業者や流通関係業者に理解と協力を得なければならない。また実施が可能であり、良好な成果を得られることが判明すれば、行政的な検査システムとして確立すべきである。

コンテナの開梱場所が輸入された港から遠く離れた内陸部に分散している問題は、検査するコンテナの量や選別の問題をさらに難しくしている。これには前もって船舶、輸入業者、貨物業者等から輸入する貨物の内容と輸入先、開梱場所、開梱日時等を聞いておき、その情報をもとに内陸部に運ばれた調査の必要なコンテナを選び出し、追跡、検査できる監視システムを作る必要がある。このシステムには防除等の問題からも、自治体や保健所との連絡網と協力関係を確立する必要がある。

F. 文献

- 1) 榊原久雄・森井達実・小笠原博司・森田秀実・木本康雄・山本陸夫・水田英生：東南アジアから輸入されるコンテナの衛生実態調査研究、検疫業務年報、厚生

省公衆衛生局保健情報課検疫所業務管理室，84，1976

- 2) 楠井善久：交通機関によって外国から移入される衛生害虫に関する研究，お茶の水医学雑誌，28(2)，149-170，1980
- 3) 日本検疫衛生協会：平成5年度厚生省検疫衛生業務等改善調査委託事業報告書，コンテナ検疫について，36pp，1993
- 4) 日本検疫衛生協会：平成6年度厚生省検疫衛生業務等改善調査委託事業報告・航空機コンテナ検疫について，54pp，1994
- 5) 内田幸憲・矢野周作・萩尾覚・甫立八洲・鈴木荘介・林義則・井川景琴：海空港におけるコンテナ貨物及びコンテナヤードの衛生問題とその対応策，我が国における今後の検疫業務のあり方に関する総合的研究，平成8年度厚生科学研究，134-151，1997
- 6) 内田幸憲・水田英生・井村俊郎・下入佐賢治・鈴木荘介：輸入・侵入動物対応の現状および問題点に関する調査研究平成9年度厚生科学研究，21-41，1997
- 7) 下入佐賢治・楠井善久・水田英生・内田幸憲：輸入・侵入動物の問題点に関する調査研究（予備調査），平成10年度厚生科学研究，32-39，1999
- 8) 楠井善久：流通環境におけるネズミ害虫管理，ネズミ害虫の衛生管理，フジ・テクノシステム，419-429，1999

表1 積込地域別コンテナ数

| 開梱地 積込地 | 神戸港 | 大阪港 | 関西空港 | 計 |
|------------|-----------|------------|------------|------------|
| 中国 | 7 (38.9%) | 24 (64.9%) | 61 (45.2%) | 92 (48.4%) |
| その他のアジア州 | 7 (38.9%) | 13 (35.1%) | 26 (19.3%) | 46 (24.2%) |
| アフリカ州 | 3 (16.7%) | 0 (0.0%) | 0 (0.0%) | 3 (1.6%) |
| 北アメリカ州 | 0 (0.0%) | 0 (0.0%) | 1 (0.7%) | 1 (0.5%) |
| 南アメリカ州 | 0 (0.0%) | 0 (0.0%) | 0 (0.0%) | 0 (0.0%) |
| ヨーロッパ州 | 0 (0.0%) | 0 (0.0%) | 47 (34.8%) | 47 (24.7%) |
| オセアニア州 | 1 (5.6%) | 0 (0.0%) | 0 (0.0%) | 1 (0.5%) |
| 計 | 18 (100%) | 37 (100%) | 135 (100%) | 190 (100%) |

() 書はパーセント比率

表2 積込地域別貨物品目

| 積込地域 | 貨物品目 | 細品目 | 神戸港 | | 大阪港 | | 関西空港 | |
|----------|-----------|--------|-----|---|-----|-----|------|----|
| 中国 | A 農水産品 | a 魚介類 | | | | | (1) | 15 |
| | | b 肉類 | | | | | | 1 |
| | | c 穀類豆類 | | 3 | | | | |
| | | d 野菜類 | | 1 | | | | |
| | | e その他 | | 2 | | | (1) | 5 |
| | C 金属機械工業品 | | | 1 | (1) | 1 | (2) | 3 |
| | E 軽工業品 | | | | (1) | 2 | | |
| | F 雑工業品 | | | | (2) | 23 | (8) | 41 |
| G その他 | | | | | | (2) | 4 | |
| その他のアジア州 | A 農水産品 | a 魚介類 | | | | | | 6 |
| | | c 穀類豆類 | | 2 | | | | |
| | | e その他 | | 2 | | | | 4 |
| | | f 綿花 | | 3 | | | | |
| | C 金属機械工業品 | | | | (4) | 5 | (1) | 6 |
| | D 化学工業品 | | | | (1) | 1 | | |
| | E 軽工業品 | | | | (5) | 5 | | |
| | F 雑工業品 | | | | (4) | 9 | (2) | 8 |
| G その他 | | | | | | (1) | 4 | |
| アフリカ州 | A 農水産品 | c 穀類豆類 | | 1 | | | | |
| | | f 綿花 | | 2 | | | | |
| | G その他 | | | | | | | 2 |
| 北アメリカ州 | C 金属機械工業品 | | | | | | | 1 |
| ヨーロッパ州 | A 農水産品 | e その他 | | | | | | 2 |
| | C 金属機械工業品 | | | | | | (15) | 24 |
| | E 軽工業品 | | | | | | (3) | 4 |
| | F 雑工業品 | | | | | | (8) | 19 |
| | G その他 | | | | | | (9) | 16 |
| オセアニア州 | A 農水産品 | f 綿花 | | 1 | | | | |

() 書は混載貨物品目の再掲

表3 貨物品目別に見た昆虫等の採集されたコンテナ数

| 積込地域 | 貨物品目 | 細品目 | 神戸港 | 大阪港 | 関西空港 |
|----------|-----------|--------|-----|-----|------|
| 中国 | A 農水産品 | a 魚介類 | | | 2 |
| | | b 肉類 | | | 1 |
| | | c 穀類豆類 | 1 | | |
| | | d 野菜類 | 1 | | |
| | | e その他 | 1 | | |
| | C 金属機械工業品 | 1 | | | |
| | F 雑工業品 | | 5 | 6 | |
| その他のアジア州 | A 農水産品 | a 魚介類 | | | 1 |
| | | c 穀類豆類 | 1 | | |
| | | e その他 | 1 | | |
| | | f 綿花 | 2 | | |
| | C 金属機械工業品 | | 1 | | |
| | E 軽工業品 | | (1) | 1 | |
| | F 雑工業品 | | (1) | 3 | |
| G その他 | | | | 1 | |
| アフリカ州 | A 農水産品 | f 綿花 | 2 | | |
| 北アメリカ州 | C 金属機械工業品 | | | | 1 |
| ヨーロッパ州 | A 農水産品 | e その他 | | | 1 |
| | C 金属機械工業品 | | | (3) | 4 |
| | E 軽工業品 | | | (1) | 1 |
| | F 雑工業品 | | | (3) | 5 |
| | G その他 | | | | 1 |
| オセアニア州 | A 農水産品 | f 綿花 | 1 | | |

() 書は混載貨物品目の再掲