特集-1

日本のミヤイリガイを中心に —その分布とGISによる監視—

二 瓶 直 子

国立感染症研究所昆虫医科学部（〒162-8640 東京都新宿区戸山1-23-1）
麻布大学獣医学部寄生虫学教室（〒252-5201 神奈川県相模原市中央区淵野辺1-17-71）

（受領：2012年7月30日；登載決定：2012年10月26日）

Focused on distribution and monitoring of *Oncomelania nosophora* in Japan

Naoko NIHEI

Department of Medical Entomology, National Institute of Infectious Diseases,
Toyama 1-23-1, Shinjuku-ku, Tokyo 162-8640, Japan (E-mail: niheigeo@nih.go.jp)
Department of Parasitology, School of Veterinary Medicine, Azabu University,
Fuchinobe 1-17-71, Chuo-ku, Sagamihara, Kanagawa 252-5201, Japan

(Received: 30 July 2012; Accepted: 26 October 2012)

Abstract: The main endemic areas of schistosomiasis japonica in Japan were three sites in Yamanashi Prefecture, Hiroshima Prefecture and Fukuoka/Saga Prefectures, and ubiquity of distribution is governed by the intermediate host *Oncomelania nosophora*. The presenter has to date, undertaken to clarify these factors that govern distribution through the implementation of local surveys and breeding experiments. In Japan, numerous direct and indirect eradication measures were implemented immediately after the discovery of *O. nosophora*. These measures resulted in the declaration of safety being made in relation to the Kofu Basin in 1996, and in Japan, schistosomiasis was thought to have ended. However, since *O. nosophora* still inhabit the Kofu Basin, etc. the monitoring of habitation status is important. Consequently, with regards to the Kofu Basin, working with habitation density distribution maps from the end of the 1960s and around 2000, GIS was used to clarify the range of distribution and changes in habitation density. From Japan's satellite images, paddy fields were isolated, and by combining the range of risk areas with various maps, the areas that should be monitored for *O. nosophora* were isolated. We are currently establishing more effective monitoring systems by implementing local surveys using GPS remote sensing using satellite images.

Key words: *Oncomelania nosophora*, distribution in Japan, monitoring, geographic information systems (GIS), remote sensing (RS), global positioning system (GPS)

緒 言

1912年宮入慶之助および鈴木稔によってミヤイリガ

イが中間宿主であることが発見され（宮入・鈴木、1913）、2012年は発見後100年目にあたる。日本ではミヤイリガイの分布は特定の地域にかぎられ、その分布が

日本住血吸虫症の分布を規定していると考えられていた(飯島, 1965; 二瓶・浅海, 1972)。生息地では, 1913年以來ミヤイリガイの捕獲, 殺虫剤の開発, ミヤイリガイ生息灌漑溝渠のコンクリート化その他各種の撲滅対策が実施された。また患者に対しては駆虫薬や診断技術の開発を行い, 第二次世界大戦直後の動乱期に一時的に浸淫地が拡大したものの, 経済・社会的発展に伴い, 次第に患者, 患畜, 感染野生動物, 感染貝などは消失し, 1995年の山梨県での流行終息宣言を最後に, 日本では本症は防遏したと考えられている。しかしミヤイリガイは生息することから, 浸淫地周辺の住民や研究者の, 再興への危惧をぬぐい去ることはできない。一方終息宣言によって撲滅対策の法的裏付けが無くなったため, 安価でありながら精確かつ有効で簡便な継続的監視が求められている。

ところで, 日本における日本住血吸虫症の消長に関連して, 官民による甲府盆地の撲滅の詳細については, 本誌で葉袋が報告しているので, ここでは中間宿主貝の撲滅に関連して, 筆者が地理情報システム(GIS)でまとめた各種主題図や, 現在も継続的に実施している飼育実験・現地調査に基づく, 遠隔探査(リモートセンシ

ング: RS)と全地球測位システム(GPS)の導入による監視法を述べることにする。

まず日本住血吸虫症の国内の元浸淫地と, ミヤイリガイの過去および現在の生息地の分布図を作成し, 飼育実験や現地調査を実施して, ミヤイリガイの生息条件を明らかにしてきた。甲府盆地において, ミヤイリガイの生息する灌漑溝渠を図示して精確な分布図が作成できたのは国土地理院で2万5千分1地形図を整備し始めた1960年代になってからである。本格的な撲滅対策が実施されていない時期の事例として, 甲府盆地の1960年代における医学地理的区分図を作成し危険地区を示した。次に本症が流行していた1967-68年に山梨県が中心になり筆者も関与し作成したミヤイリガイの密度別分布図をデジタル化して, 地理情報システムGISにより分布の特徴を解析した。それから約40年後の日本住血吸虫症流行終息後の1996-2003年に, 山梨県衛生公害研究所が実施したミヤイリガイの定点生息調査の結果を, 筆者らはGPSやGISを用いて解析した。またこの40年を隔てたこれら新旧2枚の分布図を比較して, ミヤイリガイ分布の消長から危険地域を予測して, GPS・RS・GISを利用した監視法の開発を試みている。

Fig. 1. Habitats of *Oncomelania nosophora*. The places where snails are always present and easily found are irrigation channels, stone-lined walling between paddies, water inlets for paddies and other damp and shaded places. Consequently, snail habitation surveys were implemented with a focus on irrigation channels.

Fig. 2. Comparison in the form of shells of *O. hupensis*, *O. robertsoni* and *O. nosophora*. (Photos by Shinji Kasai)

ミヤイリガイが住血吸虫の中間宿主であることが発見された際、*Katayama nosophora* Robson, 1915と命名された。しかしその後すでに中国で命名されていた*Oncomelania hupensis* Gredler, 1881の同属新種であることが判明し、*Oncomelania nosophora* (Robson, 1915)と改名された。日本では地方によってはカタヤマガイと呼ぶ地域もある。水陸両生貝で、稚貝は水生で、成貝になると低湿な湿草地・水田・河川敷などの土の表面に生息する。特に年間を通して生息するのは水田の灌漑用溝渠、特に水口である (Fig. 1)。2012年7月山梨県韮崎市で採集されたミヤイリガイ (Fig. 2) は、殻に襷のない長径7-8 mmの小巻貝で、雑食性である。

材料と方法

1) 飼育実験

貝の飼育実験には感染の可能性がある野外採集貝ではなく、実験室内で継代飼育されている繁殖貝を供した。ミヤイリガイの親貝は陸生であることから、生育条件として土壌の性状を比較した。貝の殻の形態や産卵・孵化に及ぼす土壌の影響を観察する場合は、駄温浅鉢に各種の採集土壌や調整土壌を敷き、ガラス蓋をして25℃の恒温室で飼育した (二瓶, 1978a, b)。産卵後孵化した稚貝の発育条件の検討には各種の土壌や人工泉水を供した水槽を用いた (二瓶, 1978c; Nihei et al., 1996a, b)。採集地の異なる貝の系統飼育のためには、10×20 cm²のバットに甲府盆地で採集した土壌を敷き、水をバットの下に水槽から循環させて小川を作り、いわば生息地のミニチュアとなる飼育装置を用いている (Saitoh and Itagaki, 1980)。

2) 現地調査

現地調査は1967年から2012年にかけて、最後まで訪遇できなかった山梨県甲府盆地をはじめ、福岡県筑後川中流域、広島県芦田川流域片山地方など、全国の浸淫地

で実施し、地形・水・土壌環境などを観察し、ミヤイリガイや土壌を採取した。比較のために中国湖南省・安徽省・浙江省・江西省、フィリピン各地においても同様の調査を実施した。地形については特に洪水地形に着目して地形区分した。土壌条件については地表地質 (母材)、土壌型、水分含量、粗さとしての土性、土色、化学性について分析した。地下水および地表水の条件は水位や水分含量を、季節の変動を考慮しながら観察した。農業土地利用については特に水田・湿地の乾田化や都市化など土地利用種目とその変化を追跡した (二瓶, 1970; 二瓶・浅海, 1972; 二瓶, 1984, Nihei et al., 1981)。

3) 情報解析に用いた地図とソフトウェアおよび機材

約2万5千分1山梨県のデジタルマップ (パスコフレッシュマップPFM, パスコ, 東京) を基図として供した。GISソフトウェアとしてはArcGISとそのエクステンションSpatial analyst (ESRI, USA)を使用した。ArcGISのバージョンは解析作業の時期により、8.1および9.1であった。GPSの機器はGPS Pathfinder PRO XR およびGeo XM (Trimble, USA)を用いた。またGPSカード挿入デジタルカメラとしてはCaplio Pro G3およびCaplio 500SE (リコー, 東京), GPS内蔵カメラNikon COOLPIX 5900 (ニコン, 東京)を用いた。

4) ミヤイリガイ分布図などの作成

1967-1968年のミヤイリガイの密度別分布図作成のためには、山梨県衛生公害研究所の前身山梨県研究所地方病科の指導のもとに、山梨県の市町村では1967年から1968年にかけてミヤイリガイの生息密度調査を実施した。分布地域を生息数で1-9個/m² (少), 10-19個/m² (中), 20個/m² 以上 (多) の3段階に分けて1万分1市町村図に作成した。これを5万分1地形図にまとめて甲府盆地全域の1967年および1968年の2枚の密度別分布図を作成した。山梨県ではこの原本をすでに廃棄して

おり、筆者が書き写して保管していた図を用いた。これらの図をスキャンして、オーバーレイした。3段階の密度をコード化して夫々レイヤーを作成した。ミヤイリガイは主に水田の灌漑用溝渠からほぼ1 m以内に生息する (Fig. 1) ことから、縮尺5万分1の地図では生息地は線状で示される。このGISで補正した生息密度図を用いて、500 m, 250 m, 100 mでバッファリングして3種類の空間密度分布図を作成した (Nihei et al., 2009)。さらに密度間隔1個体/m²の等密度線を描き等密度線図を作成した (Nihei et al., 2009)。

1960年代医学地理的地域区分の危険地域は、ミヤイリガイの過去・現在の生息密度、ミヤイリガイの感染率、地形区分、地質・土壌、地下水位、土地利用の変遷、1975年の水田率、貝の土壌条件、地表水や地下水、総合的ミヤイリガイの生息適否などを指標にして、地域区分して示した (Nihei et al., 1981; 靱山・二瓶, 1990)。一方、山梨県衛生公害研究所は、住血吸虫症流行終息宣言後の再興の懸念から、山梨県・山梨県衛生公害研究所・住民の合意の許に1996-2003年にミヤイリガイの定点調査を行い、貝の生息数と感染の有無を検査した。ミヤイリガイの現在・過去の生息地域に500 mメッシュをかけ、各メッシュあたり2-3箇所の水田を選び定点として、10月・11月に、灌漑水が流入・流出する水口1ヵ所ずつ計2ヵ所で、0.25×0.25 mの枠内で貝を採集した。2ヵ所の貝数の合計数を採集数とし1 m²あたりの採集数に換算して生息密度とした。甲府市およびその東側の市町村ではすでに都市化が始まり、水田の果樹園化に伴ってミヤイリガイの生息地は消滅したことから、これらの地域には定点を設けていない。定点数は1996-2000年の5年間は120定点としたが、感染貝が発見されなかったことと予算の関係で、2001-2003年の3年間は各メッシュあたり1ヵ所の計60定点とした (靱原, 2003)。

この調査では定点の位置が地籍図の地番で示されていたため、土地勘のある関係者でも位置の確認は困難であった。筆者らは2000年から2001年の稲作開始前と稲刈り後の春・秋・冬に、定点とした水田一筆の輪郭と、実際の調査地点である水口の流入・流出口2点の位置を、誤差50 cm以下のGPSで測量した。この結果をデジタルマップ上に描き、GISで密度別分布図を作成した (二瓶, 2005; Nihei et al., 2003, 2006)。8年間の生息調査のうち定点数の多い1996-2000年の5年間の結果を用いた。ここで得られた情報を、各定点の位置に、調査期間の年別採集数を棒グラフで示してミヤイリガイの生息数の地域別消長を示したり、5年間の採集数を階級区分して示した。さらに1967-1968年の分布図と同様、定点別分布図および、250 mのバッファリングで空間密度分

布図を作成した。両期間の密度別分布図をオーバーレイして、1996-2000年の値から1967-1968年の値を引き、新旧約40年間のミヤイリガイ密度の差を比較した。

衛星画像によるミヤイリガイの生息地予測には陸域観測技術衛星「だいち」(ALOS: Advanced Land Observing Satellite)の画像を用いた。水田は減反政策のため休耕したり畑地化する事がある。そこで変動する生息地のうち、生息の可能性のある水田や休耕田を従来の危険地域から抽出するために、2007年の衛星画像を宇宙航空研究開発機構(JAXA)から供与を受け、その中から4月及び8月撮影分の植生指数(NDVI: Normalized Difference Vegetation Index)を用いた。すなわち4月の植物被覆のない平坦な裸地でNDVI -0.36 から-0.22の部分と、8月の稲が繁茂していて植物活性の盛んな緑地NDVI0.28以上を選び出し、重ね合わさった部分を、水田として抽出した。これを、現地調査、飼育条件、空中写真判読などによって判定したミヤイリガイ生息可能地域言い換えればリスク地域にオーバーレイした。さらに、1996-2000年定点調査でミヤイリガイが41/m²以上の高密度定点を高リスク定点としてこの図に加えた。

1996-2003年の調査定点を追跡する方法を開発するために、GPS機器 Geo XMの画面に定点分布図を入力して2002年の現地調査に携行し、GPS機器の操作者と貝の生息調査者の2人で野外調査を行った。紙地図なしにGPS機器のみで定点周辺に行き、水田の輪郭から定点を特定でき、貝の生息数、土壌条件、地形、土地利用、水位などの状況を現地で入力した後、データをPCへ展開した。

任意の場所でのミヤイリガイ調査を実施して監視する簡便な方法として、1996-2000年の定点調査、1967-1968年密度の分布調査を参考に、GPSカード装着あるいは内蔵のデジタルカメラを用いて、2002年に現地調査を実施した。2003年には一筆ごとの水田が判読できるようにデジタイズすなわち座標をつけた空中写真を拡大して調査に持参し、位置を事物で確認しながら調査地を選択した。カメラのデータをExcelファイルに変換し、撮影場所のWGS80による経緯度などを読み取り、主要道路の交差点などで目標物を撮影して経緯度の誤差の補正を行った。このファイルに、撮影された写真から判読した貝の有無・地形・土地利用などを入力してデータベースとした。撮影場所でのミヤイリガイの生息の有無を、空中写真、定点調査の調査地点、1967-1968年の等密度線をオーバーレイした図に示した。なお最近ではGPS搭載デジタルカメラを供している。

結果および考察

ミヤイリガイの日本における分布と生息条件

ミヤイリガイの分布は特定の地域に偏在し、3大生息地は、筑後川中流域（福岡・佐賀県）、広島県芦田川中流域片山地方、山梨県甲府盆地であった。そのほか関東地方利根川・荒川・小瀬川流域や静岡県駿河湾沿岸平野などの各地に点在した（Nihei et al., 1981; 二瓶・浅海, 1972; 二瓶ら, 1990; 二瓶・小林, 2000; Tanaka and Tsuji, 1997）。これらの中で、現在でも筆者らが採集できる地点は甲府盆地ある。そのほか1985年に発見された（Kojima et al., 1985）ものの何ら撲滅対策が実施されなかった千葉県木更津市の小瀬川中流域の一部では、筆者らは2003年詳細な生息調査を実施しGPS測量によって正確な分布図を作成した（二瓶ら, 未発表）。その後生息数は減少したものの、2012年3月20日に筆者はその生息を確認し、採集した貝を室内繁殖し維持している。利根川流域ではかつては河川敷、湖沼群などの湿地に広域に患者や貝が分布しており、突発的に患者が発見されていた。河川改修やゴルフ場の建設などをはじめ都市化などの環境変化、乳牛の係留禁止等によって、次第に日本住血吸虫症は消滅したと考えられている（Tanaka and Tsuji, 1997）。しかし、この地域のミヤイリガイの生息調査は、筆者らが予想する危険地域の一部を調査しているのみで、貝の生息を否定できる情報はない。

日本における生息地の地形的特徴を、地形分類特に洪水地形分類でまとめると、①洪水の際、湛水する水深が深く、湛水期間が長い河川の氾濫原、後背湿地、三角州、扇状地最下位面・下位面などの湿地、②異常の洪水時に湛水するが、容易に排水する扇状地上位面など、③全く氾濫しない扇状地中位面などに分けられる（二瓶・浅海, 1972）。これらの貝の生息地の土壌分析や産卵実験の結果、至適土壌条件は、土壌型は灰色低地土、土壌の粗さを示す土性は砂壤土、腐植含量は2-3%で、カルシウム含量は多かった（二瓶1978a, b, c, 1990）。水環境としては常時湿潤状態が保持され、ある種の珪藻培養液の組成に準ずるなど特定の化学性を有する人工泉水で貝の発育が促進された（二瓶, 1978c）。中国の湖沼型・河川型などでカルシウム分の多い地域の大型の貝は、飼育実験の結果、日本の土壌で飼育すると小型化し、中国の山型の貝は日本のミヤイリガイと似た大きさや形状を示す（Nihei et al., 2011）、酸性土壌の多いフィリピンでの中間宿主貝 *Oncomelania quadrasi* はカルシウム含量の多い土壌や水の地域にのみ生息している（Nihei et al., 1998）。このようにミヤイリガイの生息には土壌要因も重要であり、さらに飼育実験を繰り返しながら土壌中の

微量元素との関連も検討中である。

1960年代の甲府盆地の環境解析による日本住血吸虫症のリスクマップ

甲府盆地についてはいまだ2万5千分1地形図が浸淫地全域で発行されていない1961年に、撲滅対策の一環として、ミヤイリガイの詳細な分布図が市町村単位で作成された。その背景には、特に溝渠のコンクリート化や殺貝剤散布の基礎資料として、図化の重要性が山梨県の予防関係者に理解されていたことによる。その時期の筆者による医学地理的地域区分図を見ると（Nihei et al., 1981; 初山・二瓶, 1990）、浸淫地は広く盆地に広がり、とくに西部の地域に集中していた。西部地域は複数の扇状地群からなり、地形・土壌・地下水などの自然条件が複雑で、継続的な撲滅対策を要すると考えられた。北部の地域は火山堆積物からなり、深く下刻する谷地田のみが生息地となり患者の家族集積性が見られた。盆地中央部は都市化や畑地化していて、ミヤイリガイの生息適地は縮小しているがなお監視を要する。東部は感染貝も生息するが、水田は果樹園化されて消滅しつつあり、人の感染の機会はなくなった。今後日本住血吸虫症を重点的に監視すべき地域は西部の扇状地群の地域であると結論付けられた。

1967-1968年の調査によるミヤイリガイ密度別分布

2年にわたる生息調査の結果を国土地理院発行の5万分1地形図上に図化した密度別分布図、およびそれをデジタル化したGIS密度分布図を作成した結果（Fig. 3）、ミヤイリガイの生息場所は、甲府盆地西半分の御勅使川その他の複合扇状地、あるいは釜無川沿いの釜無川扇状地やその下位の湧泉帯の湛水しやすい氾濫原低地、盆地南部の扇状地群の河川の谷床低地の水田などに見られた

Fig. 3. 1967-1968 digital population density map of *O. nosophora* in Yamanashi Prefecture, Japan.

(二瓶, 1970; 二瓶・浅海, 1972). しかし生息密度にはかなりの地域差があり, 特に生息密度が高いところは盆地西部の釜無川と御勅使川の合流部周辺であった (Nihei et al., 2009).

今から40年以上前の1967年および1968年にこのような緻密な分布図が作成された事例は世界的にも例がなく, 日本でもその後作成されることはなかった. その基となった市町村別密度別分布図だけでなく, それを5万分1にまとめた甲府盆地内全域の分布図の原本も, 現在では廃棄されその存在すら関係者にも周知されていなかった. 当時カラーコピーはなく, 筆者が書き写し保管していたために, 近年のパソコンの発達とソフトの低廉化に伴い, デジタル化が可能となった. GIS密度別分布図では, 1967-1968年当時の生息範囲・分布および密度を, パソコン上で管理でき, またすべての生息地に座標がつけられた結果, その後の空間的・時間的消長の解析に用いることができ, 生息調査や撲滅対策に貢献できることとなった.

1967-1968年密度別分布の空間解析

ミヤイリガイの生息範囲は, 水田が湛水してしかも気温の高い春から秋には拡大し, 逆に気温が低く乾燥した冬期は灌漑用溝渠の一部に縮小される. 筆者らの四季にまたがる長期的観察から, 生息灌漑溝渠から250 mのバッファ領域が, 実際の最大分布域に近いと考えられた. また, 比較的高密度の地域も明らかになり, ミヤイリガイの生息の実情との整合性があることから, 250 mのバッファ領域を生息範囲の解析に用いた (Nihei et al., 2009). この結果はGIS密度別分布図より高密度生息地を浮き立たせており, さらに密度間隔1個体/m²の等密度線は高密度では間隔が狭く, 250 mバッファ領域よりミヤイリガイの高密度地域を検出しやすいことが分かり (Nihei et al., 2009), さらに判別しにくい低密度生息地の範囲も表現できた.

1996-2003年のミヤイリガイの密度別分布

定点調査の定点を測量して, 急速に変化する事物の最新データからなるデジタルマップ上に示すことができた結果, 定点へ正確に迅速にアクセスすることが可能となった. PDA (携帯情報端末) やパソコン上でこの図を拡大することによって, 定点の水田のみでなく採集場所の水口も表示可能となった (Nihei et al., 2004; 二瓶, 2005). さらに, 調査定点をすべて確認できる小縮尺の図の定点上に1 m²あたりの年度別採集数 (Nihei et al., 2006), 8年間の総採集数なども表示できるようになった (Fig. 4). この図から釜無川の氾濫原低地およびその

Fig. 4. 1996-2000 population density map of *O. nosophora* in Yamanashi Prefecture, Japan.

Fig. 5. Population variance map of *O. nosophora* between 1967-1968 and 1996-2000.

東側の盆地中央部には, すでに貝は生息していないことがわかる. 盆地北部の丘陵傾斜地に位置する敷島町の水田には高密度の生息地が残存している. 釜無川西部の御勅使川周辺などの段丘面・扇状地面では地形が複雑で, シルト層などの土壌もあり, それを反映して水田, 果樹園などの土地利用が入り組んでいて貝は高密度に生息していた. 一方農業生産性の低い御勅使川周辺の荒地や水田は, 大規模な人工改変により工業団地や福祉施設が建設され, ミヤイリガイの生息可能地域はなくなった (二瓶, 1973; Nihei et al., 2006).

撲滅対策終了後に貝の生息範囲が拡大した事例はない. しかし生息密度の変化は認められ, 生息密度の増大した地域についてはさらなる重点的監視が必要である.

新旧分布図に見られるミヤイリガイ生息密度の変化

1967-1968年と1996-2000年の両期間の貝の生息密度を比較すると, 生息密度が上昇した地域 (緑色), 下降した地域 (桃色), そして変化のない地域 (白色) など

Fig. 6. Monitoring paddy fields in risk area in western part of Kofu Basin in Yamanashi Prefecture, Japan using the NDVI data of the ALOS images taken in 2007.

が偏在していることが理解できる (Fig. 5)。密度が上昇した地域は、西部の扇状地の扇頂あるいは合流扇状地の扇端地域で、石積み溝渠が多く残る東向きの傾斜地で、かつて殺貝対策を繰り返し実施しても撲滅できない生息数が多い地域である。一方盆地中央部の釜無川流域のかつての高密度地域でたとえば旧竜王町などでは、現在でも水田は残っているにもかかわらず都市化が進み、貝の生息密度が減少しあるいは非生息地となった部分が多い。ただし釜無川西側の後輩湿地部分の増加・減少地域が混在している場所は、土地整備を行い、工業団地や福祉施設に改変された地域である。密度の増加地域および変化のない地域の中のミヤイリガイ集積地域が重点的監視地域であると考えられる。

衛星画像によるミヤイリガイの生息地の予測

筆者らは2000年当時の現地調査、飼育実験、空中写真による地形などの環境解析の結果、甲府盆地におけるリスクエリアを図化した (Fig. 6)。甲府盆地のミヤイリガイ生息地域周辺の土地利用は水田、休耕田 (荒地)、畑、果樹園などで、このうち水田や休耕田の一部が生息地となる。2000年当時のリスクエリアに含まれる水田は、休耕田や畑地・果樹園への転作、道路など都市的建造物などの建設で、変化が著しく、その生息地を迅速に精確に抽出する必要がある。現地調査をせずに水田を確定する方法として、空中写真や地図では情報は古いことから、筆者らは撮影頻度が高く解像度の高い日本の陸域観測技術衛星 ALOS の利用を試みた。水田は収穫期に植生指数 NDVI が高く、田植え前の代掻きの時期には植生がなく NDVI が低いことから、2枚の画像を重ね合わせて水田を判定した (Fig. 6) (Nihei et al., 2009)。このように

衛星画像の利用により生息地面積の推定も可能になり、現地調査せずに生息地の変動を監視するには安価で有効であることがわかった。

日本住血吸虫症撲滅対策終了後のミヤイリガイの生息監視方法について

近年 GIS の必要性が、医学の他分野、農業、気候の分野でも理解されるようになって、経緯度を測定する GPS 機器も改良され、またカメラにも GPS が搭載されるようになった。そのためミヤイリガイの生息調査は1960年代のみならず、この数年できわめて容易となりまた時間的にも短縮されるようになってきた。たとえば空中写真や地形図にミヤイリガイ生息可能地域や高密度定点を示した図 (Fig. 6) を持参して、GPS カード付きデジタルカメラを携行した筆者の単独歩行調査では、4時間で、210ヶ所を観察することができた。

現在ではインターネットやカーナビゲーションの利用により、住所から容易に経緯度を検索することが出来、図化も容易である。また海外においても位置情報を軍事的制約もなく比較的容易に獲得できるようになってきた。筆者らは中国における日本住血吸虫症浸淫地の情報などをインターネットから入手し、中国のデジタルマップを購入することにより、浸淫地や防病林の植林地帯、役蓄を禁止した農業の機械化促進地域を図化することができた (Nihei et al., 2011)。さらに現地調査で環境調査を実施したり、貝と土壌を採取して貝の感染の有無、土壌分析とその土壌を供しての飼育実験、さらには飼育実験を実施しなくとも土壌や地形の性質から貝の性質を予測できるようになった。

一方では中国では住血吸虫の調査者対象に GPS・GIS の講習が実施されている。温暖化や三峡ダムの建設・長江の南水北調などの水利のため、中間宿主貝の拡大が懸念されている。そこで、非生息地の野外で貝の飼育実験を行い、生息地の拡大の可能性を検証している。

筆者らが1960年代から現在に至るまでの資料をデジタル化して開発した GIS・RS・GPS による今回紹介した方法は、日本ばかりでなく、むしろ今なお広く重篤な患者を抱えている東・東南アジアの日本住血吸虫症の浸淫地で、取り入れられている。日本では幸い住民参加により、世界に先駆けて日本住血吸虫症を終息することができた。しかし既往歴のある70才以上の住民の中にはミヤイリガイの生存を危惧している者もあり、今後も安価で、精確で簡便な方法で監視する必要がある。

ここで紹介した GIS・GPS・RS の開発には ALOS プロジェクトによる国産衛星画像の無料配布、PC の低廉化、簡便な GIS ソフトウェアの開発などがあるにせよ、容易

ではなかった。機器の利用法の開発や現地調査、飼育実験の実施には、寄生虫学、衛生動物学、GPS測定の協力、GIS技術の開発など、多岐にわたる分野の専門家の協力があったことを記しておきたい。

謝 辞

ミヤイリガイの飼育・生息調査において麻布大学 斉藤康秀先生、獨協医大 松田肇先生・千種雄一先生・桐木雅史、国立国際医療センター 中村哲先生、元山梨衛生公害研究所 梶原徳憲先生、東京大学医科学研究所・麻布大学・東京医科歯科大学・長崎大学の方々にご指導・ご協力をいただいた。

文 献

- 飯島利彦. 1965. ミヤイリガイ. 107 pp., 原書房, 東京.
- 梶原徳昭. 2003. 地方病とたたかひ—地方病流行終息へのあゆみ. 194 pp., 地方病撲滅協力会, 甲府.
- Kojima, S., Mimura, M., Kobayashi, M., Hata, H., Kanazawa, T., Orido, Y. and Tokita, K. 1985. A newly discovered habitat of *Oncomelania* snails in Obitsu river basin of the central Boso peninsula, Japan. *Jpn. J. Parasitol.*, 34: 419–421.
- 宮入慶之助, 鈴木 稔. 1913. 日本住血吸虫の發育に関する追加. 東京医事新誌, 1836: 1961–1965.
- 初山政子, 二瓶直子. 1990. 気象・気候・風土. 現代病理学大系10B, 病因論II 風土と疾病/気候と疾病. pp. 185–201. 中山書店, 東京.
- 二瓶直子. 1970. 本邦における日本住血吸虫症の医学地理学的研究I, 御勅使川扇状地におけるミヤイリガイ生息環境に関する詳察. お茶の水地理, 11: 39–51.
- 二瓶直子. 1973. 本邦における日本住血吸虫症の医学地理学的研究II, 甲府盆地における本症の衰退とその要因 特に農業土地利用の変遷に着目して. お茶の水地理, 14: 59–73.
- 二瓶直子. 1978a. ミヤイリガイの繁殖条件に関する研究 1, 産卵に及ぼす土壌型, 土壌母材, 腐植含量の影響. 寄生虫誌, 27: 345–355.
- 二瓶直子. 1978b. ミヤイリガイの繁殖条件に関する研究 2, 産卵に及ぼす土壌の粒径, 土性の影響. 寄生虫誌, 27: 463–472.
- 二瓶直子. 1978c. ミヤイリガイの繁殖条件に関する研究3, 稚貝の生育に及ぼす土壌, 水の塩類の影響. 寄生虫誌, 27: 512–526.
- 二瓶直子. 1981. ミヤイリガイ卵周囲の泥皮構成粒子の径計測法とその応用. お茶の水地理, 21: 17–29.
- 二瓶直子. 1984. 医学地理学から見た日本住血吸虫症. お茶の水地理, 25: 24–27.
- 二瓶直子. 1990. 土壤動物と風土病. 土壤地理学 その基本概念と応用 (浅海重夫編), pp. 265–280. 古今書院, 東京.
- 二瓶直子. 2005. GPSで住血吸虫症を追う. 住血吸虫症と宮入慶之助 (宮入慶之助記念誌編纂委員会編), pp. 199–208. 九州大学出版会, 福岡.
- 二瓶直子, 浅海重夫. 1972. ミヤイリガイの分布を規定する地形・土壌要因について (1) 地理評, 45: 391–410.
- Nihei, N., Asami, S. and Tanaka, H. 1981. Geographical factors influencing the population numbers and distribution of *Oncomelania nosophora* and the subsequent effect on the control of schistosomiasis japonica in Japan. *Social Sci., Med.*, 15D: 149–159.
- Nihei, N., Itagaki, T., Saitoh, Y., Kaneko, M., Chinone, S. and Kanazawa, T. 1996a. Experimental mass breeding of *Oncomelania quadrasi*, the vector snail of schistosomiasis in the Philippines. *Jpn. J. Parasitol.*, 45: 384–390.
- Nihei, N., Kajihara, N., Kirinoki, M., Chigusa, Y., Matsuda, H., Saitoh, Y., Shimamura, R., Kaneta, H. and Nakamura, S. 2006. Establishment of a GIS monitoring system for schistosomiasis japonica in Kofu, Japan. *Ann. Trop. Med. Parasitol.*, 100: 143–153.
- Nihei, N., Kajihara, N., Kirinoki, M., Chigusa, Y., Saitoh, Y., Shimamura, R., Kaneta, H. and Matsuda, H. 2003. Fixed-point observation of *Oncomelania nosophora* in Kofu Basin—establishment of monitoring system of schistosomiasis japonica in Japan. *Parasitol. Int.*, 52: 395–401. Corrected and republished in *Parasitol. Int.* 2004; 53: 199–205.
- Nihei, N., Kanazawa, T., Blas, B. L., Saitoh, Y., Itagaki, H., Pangilinan, R., Matsuda, H. and Yasuraoka, K. 1998. Soil factors influencing the distribution of *Oncomelania quadrasi*, the intermediate host of *Schistosoma japonicum*, on Bohol Island, Philippines. *Ann. Trop. Med. Parasitol.*, 92: 699–710.
- Nihei, N., Komagata, O., Kobayashi, M., Saitoh, Y., Mochizuki, K. and Nakamura, S. 2009. Spatial analysis and remote sensing for monitoring systems of *Oncomelania nosophora* following the eradication of schistosomiasis japonica in Yamanashi Prefecture, Japan. *Jpn. J. Infect. Dis.*, 62: 125–132.
- Nihei, N., Komagata, O., Kobayashi, M., Ohta, N., Saitoh, Y., Mochizuki, K., Chen, R., Lu, S., Wen, L. and Wang, T. 2011. Using ALOS satellite images to develop efficient measures against vector-borne diseases—regional differences in outbreak risk of schistosomiasis in China. ROMBUNNO. PI082-1, Jaxa-SP-11-007E(CD-ROM).
- 二瓶直子, 松田 肇, 浅海重夫. 1990. 関東地方の日本住血吸虫症の分布とその制限要因に関する研究, 第1報, 浸淫地分布とその特徴. 寄生虫誌, 39: 585–602.
- Nihei, N., Saitoh, Y., Itagaki, H., Kanazawa, T., Harada, M. and Suguri, S. 1996b. Influence of culture bed substratum on reproduction of *Oncomelania quadrasi*, the snail host of schistosomiasis in the Philippines. *Jpn. J. Parasitol.*, 45: 481–490.
- Saitoh, Y. and Itagaki, H. 1980. A new breeding system of *Oncomelania hupensis nosophora* in the laboratory. *Jpn. J. Parasitol.*, 29: 341–350.
- Tanaka, H. and Tsuji, M. 1997. From discovery to eradication of schistosomiasis in Japan: 1847–1996. *Int. J. Parasitol.*, 27: 1465–1480.