

課題名	H-063 アジア地域における経済発展による環境負荷評価およびその低減を実現する政策研究		
課題代表者名	渡辺知保 (東京大学大学院医学系研究科国際保健学専攻人類生態学分野)		
研究期間	平成18-20年度	合計予算額	179,102千円 (うち20年度 58,537千円) ※上記の合計予算額には、間接経費41,331千円を含む
研究体制	<p>研究体制</p> <p>(1) 「環境・生体負荷の評価・ケミカルフローの解析」に関する研究 (東京大学)</p> <p>(2) 「環境試料及び生体試料における化学物質汚染の探索的解析」に関する研究 (熊本県立大学)</p> <p>(3) 「バイオマス・生物多様性の評価と生業にかかわる基本データの収集・分析」に関する研究 (東京大学)</p>		
研究概要	<p>研究概要</p> <p>1. はじめに (研究背景等)</p> <p>世界的な経済ネットワークの拡大と農村生活の改善政策を背景として、中国をはじめとするアジア諸国の農村部では、在来農耕から換金作物栽培への転換が急速にかつ広範に進行している。こうした市場経済化は、耕作地の拡大による森林資源の減少、あるいは人の手の入った空間 (焼畑・水田など) の減少ならびに単純化、都市部からの農薬・プラスチック製品をはじめとする化学物質の導入と周辺環境への放出・蓄積といった、環境へのインパクトを必然的に伴い、化学環境の転換という側面を有する。さらに、その帰結としての食生活・労働形態の変容と化学物質への曝露は、人々の栄養状態・健康状態に少なからぬ影響をおよぼすと考えられる。アジアでは、半数の人口が農村部に居住することを考えると、こうした生業形態の転換が環境と人々の健康におよぼす影響を評価・予測することは、アジア地域の持続可能性を確保するために必須かつ緊急の課題であると考えられる。</p> <p>政策・インフラ整備、生業転換の環境へのインパクトを評価する試みは、国内外の政策生態学・環境人類学・環境社会学などの研究者によってこれまでも行われている。しかし多くの試みはケーススタディの域を出ず、その一般性は不明である。また、生業転換の進行しつつある地域に居住する住民の健康問題についても、国際保健学の研究者による調査が数多くなされているが、健康問題の原因となる変数が収入・生業の種類などと単純化されることが多く、それぞれの地域で進行する生業転換と環境変化にともなう健康影響の複雑な様相を適切に解明した研究は限られている。</p> <p>このような状況を踏まえ、本研究は、政策・インフラ整備・生業転換が環境に与える影響について、比較可能な手法による個別事例の収集をおこない、さらに、それぞれの対象地域に居住する個人の生体試料の分析によって、化学物質の生体曝露を定量的に評価し、政策から生業転換、自然環境・化学環境の転換、個人の健康へといたる一連のプロセス解明を目指すものである。このような判断に基づき、アジア地域で長期間の調査経験をもつ地域研究者、化学物質の生体影響評価に長い経験をもつ環境保健の専門家、そして多数の化学物質を対象にした探索的分析技術をもつ分析化学者の共同による研究プロジェクトを立ち上げ、平成18年度より平成20年度にかけて実際の調査・研究・分析をおこなった。</p> <p>2. 研究目的</p> <p>本研究課題では以下の3つの特徴を持って、従来研究の欠点を克服し、一般性・予測力を備えた形で生業転換-環境/健康インパクトの関連を記述することをめざした。第1は、アジア・オセアニア地域の中に、在来農耕のタイプならびに生業転換の度合いの異なる32地域を選定し、地域間比較を可能にするようなデザインでデータを収集することによって、生業転換の環境・健康影響を同じ変数空間上で解析する点である。第2は、これまでの開発研究ではあまり注意を払われていない人為的 (合成) 化学物質の導入・使用・廃棄に着目し、その環境ならびに人体への蓄積を調べること</p>		

である。特に環境・生体試料中の多種類の化学物質を同時に分析する“探索的解析”を用いて、化学的環境における地域間の多様性を記述する点は大きな特徴である。第3は、環境インパクトと対立する場合もあると懸念される人の健康・労働などへのインパクトを測ることである。

本研究のデータ収集・分析の枠組みとして3つの変数群（X、Y、Z）を設定した。すなわち、
X群：対象とする村落および個人について、生業転換をドライブする変数群（政策、市場経済の影響、インフラ整備、welfareの感覚）

Y群：生業転換そのものを記述する変数群（在来農耕のタイプ、換金作物の導入程度、新技術の導入程度など）

Z群：生業転換の影響を記述する変数群（環境ならびに健康への影響、化学物質の蓄積と将来的リスクなど）

本研究の目的は、これら3つの変数群の関数関係を明らかにすること、それによって環境・健康を考慮した環境政策を提言していくことである。

3. 研究の方法と結果

上記2項に述べた目標達成のために、3つのサブグループ（SG）を設けた。すなわち、

SG1：各村落に居住する成人と子供の化学物質曝露量（生体試料・環境試料の収集と化学分析）と健康影響の評価

SG2：収集した生体試料に含まれる数百種の化学物質の探索的解析

SG3：対象地域における村落レベルの政策・生業転換・生存戦略の変容・環境影響にかかわる基礎情報の収集（生態史の理解）

これら3つのSGによる研究の流れは、以下のとおりである。

(a) 対象とする6カ国32村落のそれぞれについて市場経済化と生業転換の経緯を整理した（生態史の復元）。（SG3）

(b) (a)にともなう人々の生存戦略（食物摂取、労働負荷など）の変容を明らかにした。（SG3）

(c) 生業転換(a)と生存戦略の変容(b)にともなう自然環境への影響について、バイオマス指標を用いて評価した。（SG3）

(d) 生業転換と生存戦略の変容にともなう人々の化学物質への曝露を、生体試料（尿・血液・母乳）の分析によって明らかにした。（SG1・2）

(e) 化学物質への曝露の程度とそれによる健康影響を、生体試料（血液・唾液）の分析ならびに栄養状態の解析によって明らかにした。（SG1）

(f) 上記の一連のプロセスに環境政策・食糧政策が及ぼした影響を整理した（SG1・3）

対象地域は、過去にプロジェクトメンバーが研究を展開してきた実績のあるインドネシア、バングラデシュ、パプアニューギニア、ベトナム、中国・海南省、ネパールの6カ国である。それぞれの地域において特徴的な自然・社会環境にある4～7の村落を選択し、SG1・3が共同で現地調査と生体試料・環境試料の収集をおこなった。現地調査の流れを図1にまとめた。

以下、上記の研究の流れにしたがい、各サブグループの研究方法与結果を示す。

3-1. (SG3) バイオマス・生物多様性の評価と生業にかかわる基本データの収集・分析

サブグループ(3)は、本研究課題で対象とした6カ国32村落のそれぞれについて、市場経済化と生業転換の経緯を整理し、それにともなう人々の生存戦略（食物摂取、労働負荷など）の変容を明らかにすることを目的に、現地語を話す研究者が、村長、年長の村人に対して詳細な（in-depthの）聞き取り調査をおこなった。地域間の比較を可能にするために、あらかじめすべての対象地域で収集するデータ項目（1. 生業の変遷、2. 農薬使用の歴史、3. 市場経済化にかかわる政策・外部からの介入、4. 土地利用の規範と実際、5. 食生活と労働の変遷、6. 周辺環境の変化）を定め、それに加えてそれぞれの地域に固有なイベントにかかわる情報を収集するという研究デザインを採用した。復元の時間的深さは、ほとんどの対象地域で話を聞くことのできる老人の最高齢が70歳前後であることを勘案し、1950年以降のおよそ50年間を目標とした。

また、市場経済化と生業変容にともなう自然環境への影響を解明するために、リモートセンシング衛星データの分析をおこなった。対象とした村落の自然環境条件を比較検討することを目的とし

て、対象地域をカバーするオルソ補正済みのランドサット衛星（2000年前後に撮影されたもの）を入手し、村落を中心とする複数のバッファ内のNDVI植生指標を計算した。さらに、サブグループ（1）

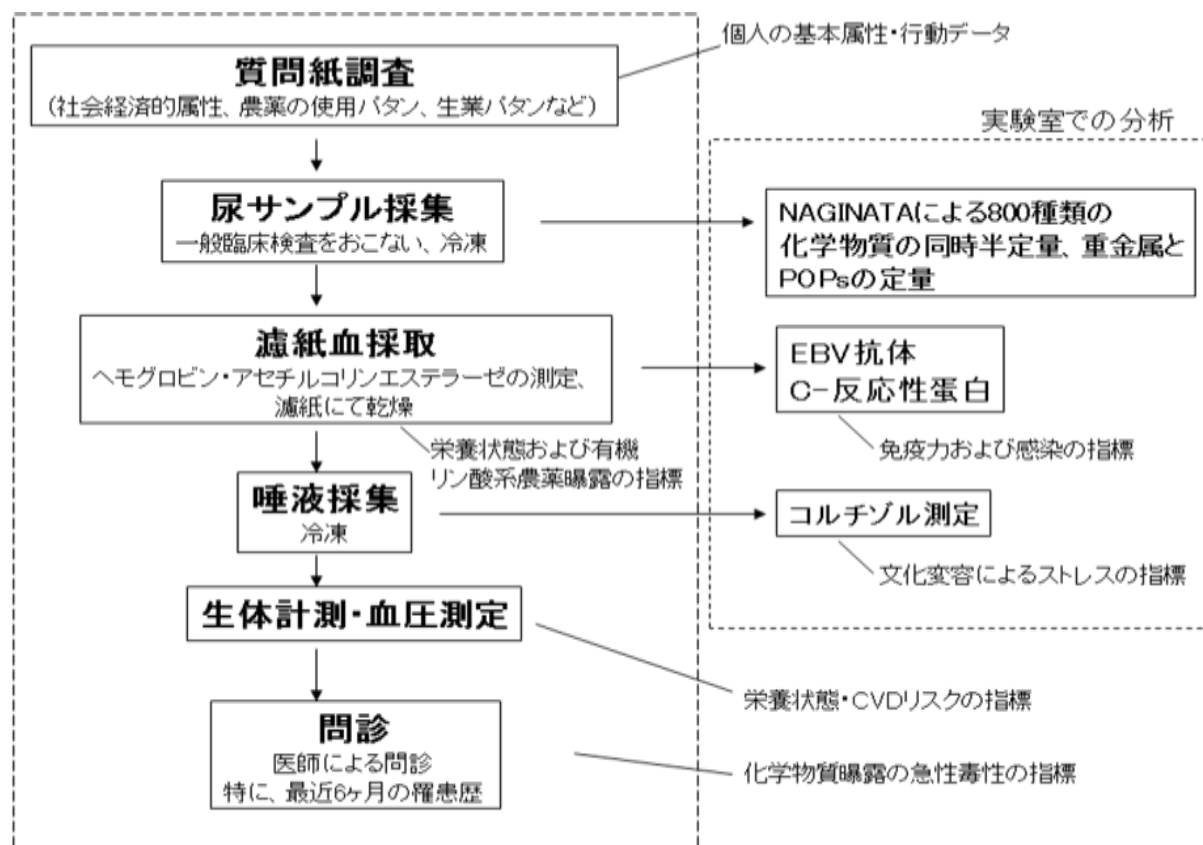


図1 調査地での試料収集作業

の収集した生体試料と環境試料の分析で明らかになる化学物質（特に農薬）の暴露にかかわる個人間差を説明するための基礎情報として、個人ごとの農薬（殺虫剤、除草剤、防かび剤）の使用頻度、農薬の使用に関連した身体症状の有無について聞き取りをおこなった。

インドネシアの5村落、ネパールの5村落、バングラデシュの6村落、パプアニューギニアの7村落、中国・海南島の5村落、ベトナムの4村落についての詳細な生態史、市場経済化・生業転換・政策の変遷にかかわるナラティブ（narrative）分析により、アジア・太平洋地域で過去50年間におこった生業転換とその環境影響、そこへの政策のかかわりについての、同質性と異質性が以下のように整理された。

まず、同質性のなかで重要なのは、以下の3つの側面である。（A）インドネシアの「緑の革命」、中国の「ハイブリッド種の導入」、バングラデシュの「ボロ」と呼ばれる米品種の導入などに象徴されるように、アジア・オセアニアでは生存の基盤となる作物の生産性が劇的に向上した。食生活は安定し、余剰となった土地と労働力は経済活動（換金作物栽培、出稼ぎ労働）へと転用された。

（B）対象としたほとんどの村落では、1980年代終わりまでに、道路、電気、飲料水など、ベーシックヒューマンニーズ（BHN）にかかわるインフラ整備が達成されていた。これは、1980年以降、国連機関で本格的に採用された「下からの」開発戦略と無関係ではないだろう。インフラが整備されたことで、住民レベルでの経済市場への参加の公平性が確保されることになり、上述の余剰土地・労働力が経済活動へと生かされる基本的な条件が整うことにつながった。（C）市場経済化とインフラの整備は、豊かな食生活を実現し、個人の労働負担を軽減させた反面、人々の社会・認識・信仰を裏打ちする存在であった「自然」は減少する傾向にあった。

一方、観察された異質性のなかから、市場経済化の環境・健康影響を緩和するうえで重要だと考えられる側面として、以下のことを指摘しておきたい。すなわち、それぞれの村落社会に、外部からの政策、援助介入、市場からの働きかけなどがあった場合、それに対する実際の対応には大きなヴァリエーションがみられた。このような外部からの市場経済化の働きかけに対する対応のヴァリエーションを生み出した要因としては、村落共同体のなかでの意志決定のプロセス、働きかけをおこなう外部の存在と村落社会のパワーバランス、そして住民のエンタイトルメント（識字、基礎教育など）の程度などが抽出された。

本研究プロジェクトの全体フレームワークでは、生業転換をドライブする変数群（X：政策、市場経済の影響、インフラ整備、welfareの感覚）と、生業転換そのものを記述する変数群（Y：在来農

耕のタイプ、換金作物の導入程度、新技術の導入程度など)、そして生業転換の影響を記述する変数群(環境ならびに健康への影響、化学物質の蓄積と将来的リスクなど)の相互関連性を整理し、それをモデルとして分析にとりこむことが重要である。この目的を達成するために、村落ごとに得られた生態史の記述を、上記のX変数群、Y変数群、Z変数群に便宜的に分類し、影響を与える変数と、影響を受ける変数を矢印でつないだ図を作成した。

その分析により明らかになった重要な発見は、ほとんどの事例で、ある目的をもって適用された政策などのX変数が、想定外の変容(Y変数)を引き起こし、想定外の環境・健康影響(Z変数)を引き起こしていたということである。この発見は、生業転換にともなう環境・健康影響というアジア・太平洋諸国が直面する問題に対処するための方策として、外部からの単純な政策的アプローチは不十分であるということを示している。たとえば、海南島の水満村で適用された環境保全政策は、村落周辺のバイオマス回復に寄与した一方で、水田周辺の野草摂取を介して人々の化学物質への曝露量を増加させるという想定外の影響をうんだ。本研究プロジェクトで収集した32の事例が意味することをつきつめれば、生業の変容、環境影響、健康影響のそれぞれを構成する要因は一般化するにはあまりに多様で、しかも要因間の関係性はあまりに複雑であるという結論になる。いいかえれば、政策など「管理」による影響のコントロールが本源的に難しいことを認識することが重要であり、その認識にもとづいて、対象とする地域で想定されるX変数、Y変数、Z変数の関係性を想定した上でのアセスメントなどを目指すべきである。世界保健機関(WHO)の提唱する健康影響評価(Health Impact Assessment)の枠組みでは、X変数群とZ変数群が重視されているが、本研究の成果は、そこにY変数群をとりこんだ、より現実に即した環境・健康影響評価の枠組みを構築したことにある。

3-2. (SG1) 環境・生体負荷の評価・ケミカルフローの解析に関する研究

本サブテーマの目的は、対象とする集落において生業転換にともなって起こると考えられる化学物質の導入の影響を、生体・環境への負荷という側面からとらえることにある。対象地域であるインドネシア、ネパール、ベトナム、パプアニューギニア、バングラデシュ、中国・海南島で試料の収集を行うとともに、その化学分析をすすめた。

現地調査は全ての国でカウンターパートならびに対象集落の長・リーダーらとの協議を経て後に実施した。また穿刺法ではあるが、手指から微量の採血を行うため、必ず現地の医療関係者の協力を仰いだ。現地での測定項目は以下の通りである。尿定性検査試験紙(N-マルチスティックスSGL(バイエルメディカル))を用いた10項目の尿検査、身長、体重、体脂肪率、胴囲周・腰囲周・上腕周囲、上腕二頭筋・上腕三頭筋・肩甲下筋部の皮脂厚計測、血圧測定、穿刺採血による血中アセチルコリンエステラーゼ(AChE)および血中ヘモグロビン(Hb)の測定をおこなった。生体試料として、尿、唾液、毛髪を日本に持ち帰り、分析に供した。インタビューは、世帯質問票と個人質問票を使用し、現地協力者が現地の言語を用いて世帯ごとに行った。また、成人男女対象者の腰部に、小型GPSおよび加速度計を装着し、日中の身体活動モニタリング(活動の位置と強度の連続測定)をおこなった。一部の国では成人のみを対象に、個人質問票にQOL(quality of life)に関する質問項目、食物摂取頻度の質問項目(Food Frequency Questionnaire: FFQ)を加えた。

生業転換は、化学物質のみならず栄養・労働、社会経済状態その他のさまざまなドメインへの影響も引き起こす。本研究で想定したドメインは以下の4つである。

- i) 栄養状態のドメイン: 長期指標としての体格(身長、BMI、脂肪)、ヘモグロビン、微量元素
- ii) 化学物質曝露のドメイン: 重金属曝露、農薬曝露、血中アセチルコリンエステラーゼ活性、農薬曝露と関連する自覚症状
- iii) 健康のドメイン: 血圧、尿臨床化学検査
- iv) ストレスのドメイン: [唾液中] コルチゾル

分析の手順としては、最初に各国の状況を影響の“ドメイン”毎に整理し、主としてその集落間差を検討した。それに続いて、国をまたいで比較をおこなった。ここでは、国間比較に焦点をしばって結果を説明する。国別の分析については、詳細報告を参照のこと。

i) 栄養状態のドメイン

図2は各集落の平均BMIから、それぞれの地域(国)についての平均BMIを算出し、男女別に示したものである。各地域内の変動よりも地域間の変動の方が大きいことが示唆された。男女について、地域間差のパターンは類似しているが、インドネシア(IDN)のみは、女性のBMIが男性に比較して大きいところが特徴である。個々の集落のデータにおいても、IDN女性で過体重の人の割合は多く、いわゆる途上国でも肥満～生活習慣病のリスク上昇が進行しつつあることを反映していると考えられる。しかし、パプアニューギニア(PNG)の高値についてはこのことは該当しないであろう。ネパール(NPL)とベトナム(VNM)とでは、それぞれの

地域内のバラツキの大きさが大きく異なる。生業パターン、地形、食物摂取などの相違が現れていた。

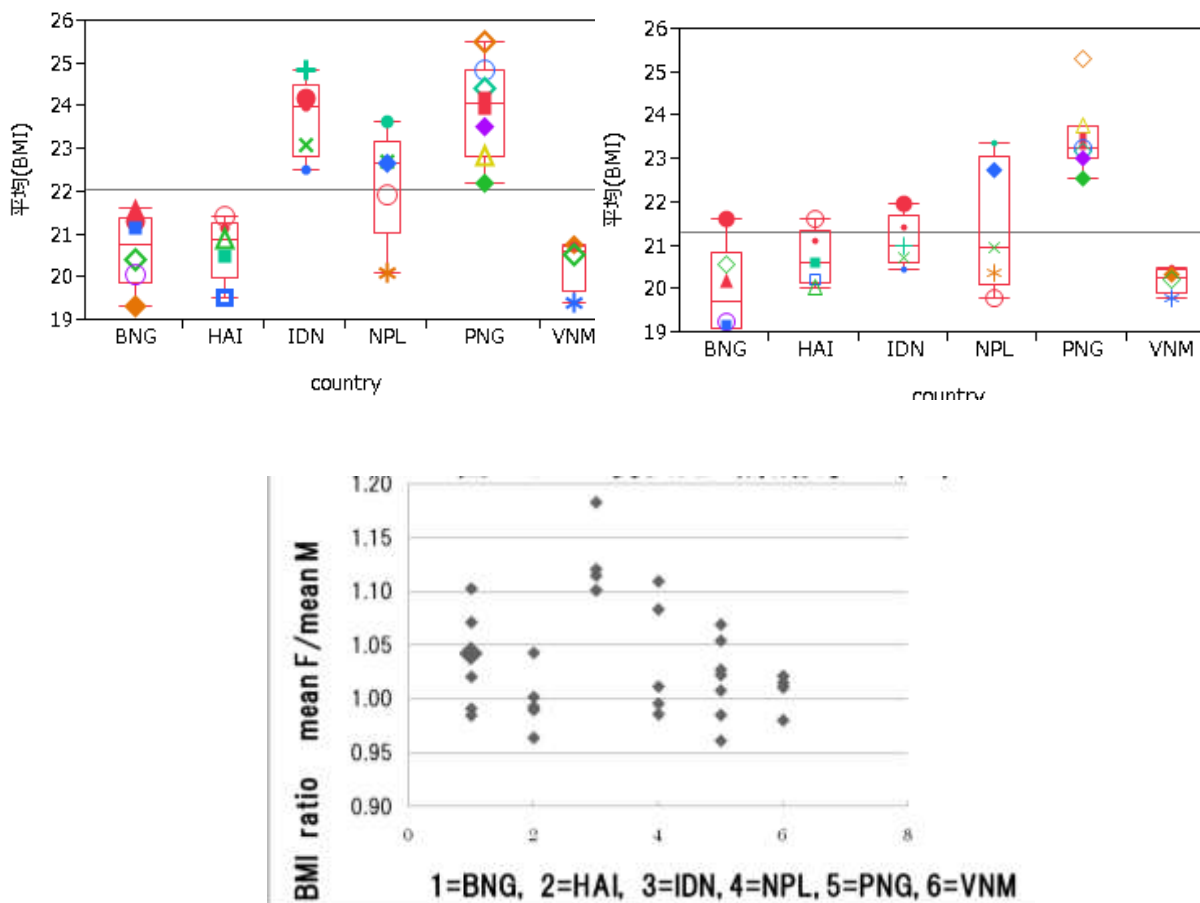


図2。各地域(国)別にみたBMIの集落毎平均値。全て成人で、上左＝女性、上右＝男性。下は男女の平均値の比(女/男)。1から順に、バングラデシュ、海南島、インドネシア、ネパール、PNG、ベトナム。

Hbについては、絶対値に性差があるにもかかわらず、地域間・集落間の相対的な順位に着目すると男女でそのパターンがほとんど変わらない点が特徴と言える。PNGの2集落は貧血の域にある。貧血のリスクがよく問題になるNPLは、相対的に高いHb値を示したが、今回対象とした地域が、NPLの他の地域に比較して、乳児死亡率などいくつかの人口的・社会的指標で見て豊かな地域であることを反映している。

ii) 化学物質曝露のドメイン

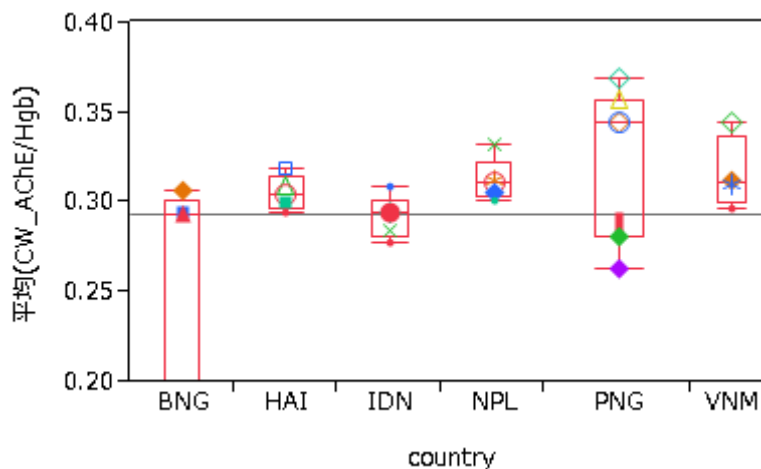


図3。地域(国)別にみたAChE活性の集落毎平均値(ヘモグロビン単位量あたり：成人男性)。

AChEは、有機リン系・カーバメート系農薬の急性曝露の指標として用いられる。今回の調査方式でも、朝の農作業を終えてすぐに検診にやってくる人々がかかなりいたが、それでもAChEの低下はまれであった。極めて特徴的なのがPNGであり、農薬を頻用する山間部で予想に反して高値

であった(図3)(1)参照)。PNGで得られた集落間差の意義は、他の地域における集落間差と比較すると明確になる。他の地域でも様々な環境的・遺伝的条件が原因となる変動が観察されるはずであるが、PNGにおける集落間差の大きさは、そのような変動をはるかに超えていた。

曝露実態については、ほぼ各集落・地域が共通して、殺虫剤・除草剤・殺菌剤の順に使用頻度が低くなった。地域差は、殺虫剤で代表されるようにVNM>PNG>NPL>IDNとなったが、地域内のバラツキが相対的に大きく、地域（国）レベルでのさまざまな施策などよりも、集落レベルのミクロな意志決定が重要な意味をもっていることが示された。

また、IDNでは女性が農薬散布に従事する例がまれである一方で、VNMのように男女とも従事し、男女ともに農薬の急性症状を経験するという地域もあった。先のBMIの男女比を示した図1（下）を見ると、インドネシアは女性のBMIが男性より大きく（肥満者も多い）、ベトナムはBMI比は1に近い。現時点でこれら2つの観察に関連はないが、男女の社会参画が地域によって異なることは、生業転換を含む社会変化が、ある地域では男女に同等に影響を及ぼすが、別の地域ではそうではない、といった差異が生ずることを意味する。

重金属への曝露については3カ国のデータが得られているが、As、Cd、Pbいずれについても男女の地域間差はパターンがほぼ一致していた点が特徴的であり、食事・飲料水など生命維持に必須のコンポーネント＝性差が出にくいコンポーネント＝から曝露が起こっていることを示唆している。いずれの金属についてもVNMが他の2地域に比較して高い点の特徴である。VNMのAsが有機の低毒性のものであることはすでに記したが、Cdはリスクを最も厳しく見た場合、最も高値を示す集落では、すでに警戒すべきレベルに到達しつつあるとも言える。微量栄養素のSeもあわせて高地を示すことから、海産物が寄与している可能性もある。留意すべき点であろう。

iii) 健康のドメイン

血圧は当然のことながら年齢と密に関連する指標であるが、年齢と血圧との関連は地域によって異なっていた。地域と性別にみた12の集団の中で、唯一PNG男性のみ加齢による上昇が認められなかった。加齢による血圧上昇が普遍的事実でないことはよく知られているが、ここで得られたような性差の存在（男性で関連せず、女性では加齢で上昇）についてはあまり報告がない。また、性差は地域により異なり、インドネシアでは男女とも加齢による血圧上昇の係数が近かったのに対し、ベトナムでは女性(0.43)は男性(0.80)のほぼ半分であった。

サブグループ(3)によると、生業転換の進行度はインドネシア、ベトナム、中国、PNG、ネパールの順になる（インドネシアが最も“進んで”いる）が、これと血圧の加齢による上昇度には大まかにいって比例関係がある（“進行度”との相関係数は、女性0.77、男性0.65）。この“比例関係”が実際に意味するものが何かについては慎重に検討せねばならない。第一にこれは横断的観察にもとづくものであり、回帰係数が大きくなった原因が、若年における血圧の低下ということもあり得る。第2に、本来の研究のデザインから考えて、各地域（国）内には、生業転換の程度の異なる集団が混在しているからである。本研究でめざした“異なる生業転換の道筋”における環境・生体負担の評価という立場からすると、生業転換の到達度とある生理反応とが1対1で対応することは矛盾するように見えるかもしれない。しかし、“環境クズネツォフ曲線”に描かれるように、それぞれの点に到達するまでの経緯は未知である点は留意しておかねばならない。

iv) ストレスのドメイン

コルチゾルは3カ国のデータがあるが、集落の平均値を見るとバングラデシュ、インドネシアに比べ、ベトナムの集落間差が大きいことが明らかである。（1）で述べたように、都市-農村の違いも影響の一つの軸となると思われるが、VNMにおいてはさらに別の要素が働いていることをうかがわせる。唾液コルチゾルと年齢との関連を見ると、おおまかにいって加齢により濃度が低下する傾向が認められたが、男性ではいずれも有意ではなかった。女性では、バングラデシュ、インドネシアにおいて加齢にともなう低下が認められ、ベトナムでは認められていない。

3-3. (SG2) 環境試料及び生体試料における化学物質汚染の探索的解析

本サブグループは、収集された試料に含まれる化学物質の“探索的解析”を担当する。XYZ変数群の中では、SG1同様、Z群（“影響”）の変数の評価に貢献した。Stir Bar Sorptive Extraction (SBSE) - 加熱脱離 (TDS) - GC/MSおよび、相対定量データベースを用いて簡易スクリーニングを行い、ヒト尿試料中の化学物質の迅速簡便な多成分一斉分析法による簡易スクリーニング法の構築を行った。しかしながら、尿試料は生体試料であることから代謝による抱合体化を考慮した分析法の必要性が示唆される。そこで、インドネシアの3つの地域 (Bongas, Cihawuk, Tarma Jaya) で採取されたヒト尿試料を用いβ-glucuronidaseによる抱合鎖の切断を行い、SBSE-TDS-GC/MSでの分析の検討を行った。また、分析で用いたヒト尿試料は生体試料であり、今後の入手は困難であることから、少量の試料での分析を必要とされ分析結果の再検討ができない恐れがある。そこで、SBSEにより化学物質を分配した後stir barから有機溶媒を用いて転溶を行い、GC/MS分析することで抽出試料を保存する方法を検討した。転溶の方法には、SBSE法 (600 rpm, 60 min) と超音波処理 (15 min) を試みた。また、

転溶有機溶媒にはメタノール、アセトン、ヘキサン、stir barの洗浄に推奨されているメタノール：ジクロロメタン(1:1)などを用いた。GC/MS分析には転溶試料2 μ lを注入した。

農薬・環境汚染物質用相対定量データベースを用いて解析した結果、農薬やフタル酸エステル類などの化学物質 (diethyl phthalate, 2,4-dichloroaniline, m-&p-cresol, 2-tert-butyl-4-methoxyphenol, 3-&4-tert-butylphenol, 4-phenylphenol, cloroneb, bisphenol A, 4-tert-octylphenol) がLOQ \sim 11.00 μ g /mlで検出された。一方、 β -glucuronidase処理を行った方法では、抱合鎖切断処理前には確認できなかった化学物質 (acetophenone, 2-naphthol, 2,4-dimethylphenol, 2-sec-butylphenol) もLOQ \sim 1.38 μ g /mlで確認できた。本法は抱合体化された試料にも応用できると考えられた。

溶媒転用法では、メタノール：ジクロロメタン(1:1)を用いたSBSEにおいて添加回収用に用いた8種類の化学物質の良好な回収率を得ることができた。ヒト尿試料に抱合鎖切断処理の有無の結果、どちらの転溶試料も2 μ l注入により農薬やフタル酸エステル類などの化学物質の濃度を算出するには不十分であったものの、その存在は確認できた。この事実により、溶媒転溶法は今後濃縮操作や注入量の検討などにより定量を行う必要も考えられるが、半定量分析として本法を簡易スクリーニングとして利用できるものと考えられる。また、抽出試料の保存により再度分析を行える利点もあり、試料を保存することで必要に応じて精密分析に供することができると考えられた。

本サブグループでは、ヒト尿を試料とし、SBSE法を利用した簡易スクリーニング分析の構築を行った。その結果、SBSE-TDS-GC/MSを用いた分析では、全量導入であることから少ない試料でも定量が可能であり、抱合鎖切断処理を行うことで処理前では確認できなかった化合物も検出が可能となった。加えて、SBSE法と溶媒転溶法を利用した抽出方法では、化学物質の定量は困難であるものの、半定量分析として十分な方法であることが確認された。また、試料の保存も行えることから、希少試料などの抽出試料の確保も可能であり、再度分析でき必要に応じて精密分析に供することが可能であると考えられた。

4. 考察

本研究課題では、アジア・オセアニアの32村落を対象に生業転換とその環境影響・健康影響についての聞き取り調査をこない、さらに5500名の住民を対象に、尿、唾液、濾紙血などの生体試料を収集した。さらに、現場において血圧、アセチルコリンエステラーゼ活性の測定、尿検査、ヘモグロビン検査をおこない、日本の実験室に持ち帰った生体試料については、尿中重金属レベルの測定、尿中の800種類の化学物質の半定量分析、唾液中コルチゾルの測定をおこなった。

32村落を対象に収集した「生態史」の記録は、過去50年間にアジア・オセアニアの農村が経験してきた生業転換とその影響についての事例集となっている。異なる事例のなかにも、農業技術の発展に伴う余剰土地資源・労働資源の創出、インフラ整備が可能にした市場参加機会の公平性、社会システムを裏打ちしていた「自然」の衰退など共通する流れをみいだすことができた。一方で、外部からのかたらしかけ（政策、援助、介入）にたいする村落社会の意志決定パターンには大きなバリエーションが観察された。

一方、それぞれの事例を、XYZ変数に分解し、変数ごとの関連性を検討した分析においては、政策などX変数が想定外の社会変容（Y変数）と環境・健康影響（Z変数）をもたらしたことが明らかになり、生業変容にともなう環境・健康影響を緩和するためには、単純な政策的介入だけではなく、XYZ変数の全てを対象にした事前評価が必要であるとの政策提言をおこなった。

サブグループ(2)が開発した800種類の化学物質を同時に半定量する手法は、一般住民を対象にした化学物質曝露のモニタリングに大きな貢献をする技術である。SBSE-TDS-GC/MSを用いた分析では、全量導入であることから少ない試料でも定量が可能であり、抱合鎖切断処理を行うことで処理前では確認できなかった化合物も検出が可能となった。加えて、SBSE法と溶媒転溶法を利用した抽出方法では、化学物質の定量は困難であるものの、半定量分析として十分な方法であることが確認された。また、試料の保存も行えることから、希少試料などの抽出試料の確保も可能であり、再度分析でき必要に応じて精密分析に供することが可能であると考えられた。

収集された試料と事例は膨大であり、未だ全体の完全な解明には至っていないが、ここでは複数の変数を統合的に分析する試みを紹介する。上述したように、それぞれのドメインにみられた傾向は、国ごと、地域ごと、個人ごとに多様である。ここでは、“子供”（18歳未満）を除くすべてのデータを用いてZ変数群の中で全ての集落で有効な変数について主成分分析を行い、2つの主成分を抽出した。次に各集落をこの2つの主成分上に地域（国）別、男女別にプロットし、集落の異同を視覚的に検討した（図4）。変数は、身長、BMI、上腕周囲長、ヘモグロビン、AChE活性とした。集落毎に男女2つの集団があるため、各パネルに同じシンボルが2つある。全てのパネルは同じ軸で描かれているので、6つの地域の集団における互いの位置関係も評価できる。

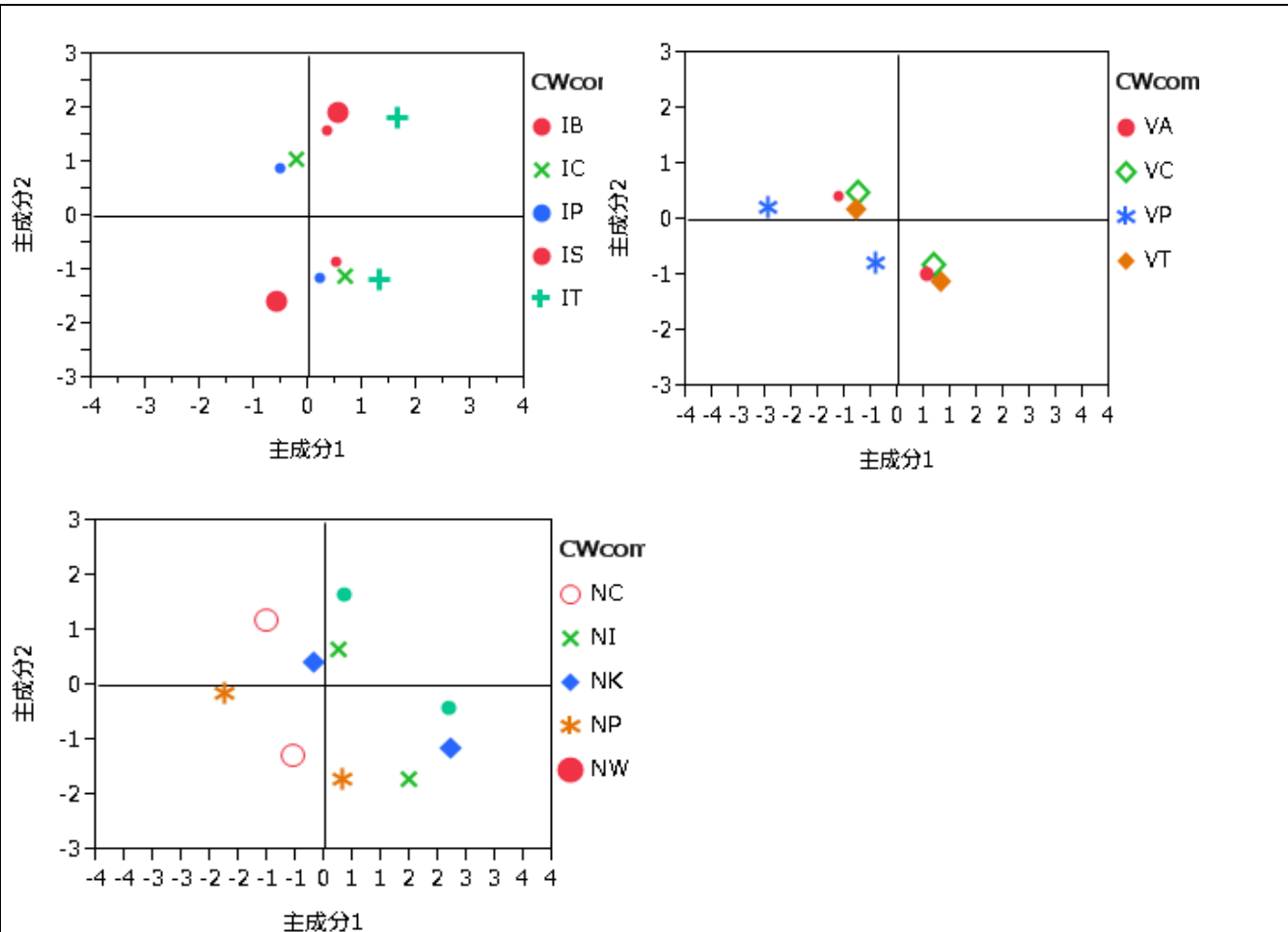


図4. 地域（国）別にみた影響変数（Z）についての各集落の異同の程度。各集落の成人男女について、第1主成分（横軸）、第2主成分（縦軸）に関する得点の平均値をプロットしたもの。同じ集落の男女が同じシンボルで表されている。全ての地域は同じ主成分に沿ってプロットされている。インドネシア（左上）、ベトナム（右上）、ネパール（下）。

スペースの関係でインドネシアとベトナムのみを示した。ここに示していないPNGをのぞいて男女の2クラスターに分かれた。PNGはほぼすべてのグループが右上の“体格の良い”象限に属していた。男女が混交してみえるのは、この集団が海岸部と山間部の大きく異なる2つの群を含むことによるもので、個々の集落別にみると男女の相対的な位置関係は比較的一定にたもたれている。国によって、男女の位置関係はインドネシアのようにほぼ第二主成分のみが異なるものと、2つの主成分の両方で識別されるものとがあった。このように性別の群それぞれの中で、集落の相対的な位置関係が類似しているならば、生業転換が及ぼす影響を総体として見る場合、男女に及ぼす影響もそれほど異ならないと想像できる。しかし、たとえばインドネシアをさらに詳細に観察すると、IB (Bongas) 集落の他の集落に対する相対的な位置関係は全く異なっていることがわかる。男女を比べた場合に、同一の集落が、他の集落との比較の上で全く違うランク付けをされるということは、逆に言えば、生業転換が及ぼす影響が男女で異なってくるということである。

このように、Z変数群について統計的解析を行い、それを視覚的に表示することによって、生業転換が及ぼす影響の様相が異なる集団を予想することが可能と考えられる。

5. 本研究により得られた成果

(1) 科学的意義

1) アジアの多様な環境にある32村落を対象に生態史を復元し、生業転換の多様性という本研究の一つの前提を定性的なレベルで確認した。さらに、それぞれの事例ごとの、個人レベルの健康影響を評価し、一般集団を対象にした重金属、人為由来の化学物質、健康指標のデータベースを構築した。政策などX変数が想定外の社会変容（Y変数）と環境・健康影響（Z変数）をもたらしたことが明らかになり、生業変容にともなう環境・健康影響を緩和するためには、単純な政策的介入だけではなく、XYZ変数の全てを対象にした事前評価が必要であるとの政策提言をおこなった。

2) 栄養状態、化学物質曝露、ストレスなどの定量的情報ならびに、生業転換に関する半定量的・定性的情報を関連付けて解析することをインドネシアでは集落間について行い、各地域（国）間についての比較検討も試みた。インドネシアの分析から、生業転換が単一の経路をたどるプロセスではないことが明らかになったとともに、これが人々の生活を便利なものに変えることが認識されている一方、農薬への曝露による症状の訴えあるいは生活習慣病のリスク増大などの負の影響ももたらすことが示された。また、多数の影響指標を集約化した分析によって、生業転換のもたらす影響が影響のドメインによって異なること、さらに、もたらされる影響が男女で異なることが示された。後者は、生業転換が人にもたらす影響が集団の内部でも多様であることを示唆しており、多地域（国）間の比較によって、性差自身に地域差が見出されたことと併せて考えると、生業転換の影響を評価する上で重要である。報告書執筆時点で進行中の、多地域（国）間比較における生業転換－影響関係の評価で着目すべき点であろう。

3) SBSE-TDU-GC/MS法は、少量（1ml）の生体サンプルを分析する方法であり、今後、他の試料分析にも適用できる実用性がある。SBSE法及び相対定量データベースを用いてヒト尿中化学物質の検索に関する分析・検討を行ったところ、SBSE-TDU-GC/MSを用いた分析では、全量導入であることから少ない試料でも定量が可能であり、抱合鎖切断処理を行うことで処理前では確認できなかった化合物も検出が可能となった。さらに、この研究から、人尿中の多くの化学汚染物質は代謝物質として存在することが明らかになった。Twisterを用いることで、従来の液－液抽出法（LLE:liquid-liquid extraction）固相抽出（SPE:online solid-phase extraction）に比べて、生体試料、環境試料の分析において、非常に高い精度を持ち、かつ、スクリーニング分析法として迅速化、簡便化を実現した。

SBSE-TDU-GC/MS法はヒトに対する汚染物質の曝露状況を調査するにおいて効果的なアプローチである。

報告書執筆の時点で、生体試料分析、多地域（国）間比較、環境影響－生体影響の相対化などが未だ進行中であり、十分な成果を報告できない。これらについては、今後早急に分析結果をまとめ公表していく予定である。

（2）地球環境政策への貢献

アジア・太平洋地域でひろく進行しつつある、生業転換とそれにともなう化学物質の地域生態系への放出と蓄積についての事例を収集し、その異質性と同質性を明らかにした。さらに生体試料を収集・分析することにより、アジア・太平洋地域において、顕著な環境問題が報告されていない諸地域の一般集団（5500人）を対象にした、重金属、化学物質曝露、そしてその健康影響についてのデータベースを構築した。このような基礎的な情報は、地球環境政策に重要な意味をもっているにもかかわらず、これまで十分に蓄積しているとはいいがたく、後述する国際ネットワークのとりくみを通じて、今後のさらなる充実が期待されている。

実践的側面からは、ネットワークによる貢献を目指している。本研究プロジェクトにかかわったアジア・太平洋諸国の研究者は膨大であり、今後その所属する大学・政府研究機関の参加を求め、アジアにおける政策－生業－環境・健康を巡る政策決定へのインプットが可能な国際的アライアンスへの発展を目指したい。

6. 研究者略歴

課題代表者：渡辺知保

1955年生まれ、東京大学医学部卒業、保健学博士、現在、東京大学大学院医学系研究科教授

主要参画研究者

(1)：渡辺知保（同上）

(2)：有菌幸司

1954生まれ、第一薬科大学薬学部卒業、博士（PhD）、現在、熊本県立大学環境共生学部教授

(3)：梅崎昌裕

1968生まれ、東京大学医学部卒業、博士（保健学）、現在、東京大学大学院医学系研究科准教授

7. 成果発表状況（本研究課題に係る論文発表状況。）

(1) 査読付き論文

- 1) Hirano, M., Kitamura, K., Kato, I., Yanaihara, C., Iwamoto, K., Sekiyama, M., Watanabe C., Nakamoto, T., Miyamoto, N., Onishi, Y. and Arizono, K. (2007) Development of enzyme immunoassay for detection of DDT. *J. Environ. Sci. Health Part A.*, (2008) 43: 44-9.
- 2) Sekiyama M., Tanaka M., Gunawan B., Abdoellah O., and Watanabe C. (2008) Pesticide Usage and Its Association with Health Symptoms among Farmers in Rural Villages in West Java, Indonesia. *Environmental Sciences* 14, 23-34
- 3) Parajuli R.P., Umezaki M., and Watanabe C. (2008) Behavioral and nutritional factors and geohelminth infection among two ethnic groups in the Terai region, Nepal. *American Journal of Human Biology* 21, 98-104.

(2) 査読付論文に準ずる成果発表（社会科学系の課題のみ記載可）

環境省地球環境研究総合推進費プロジェクト「アジア地域における経済発展による環境負荷評価及びその低減を実現する政策研究」ワーキングペーパーシリーズ（ISBN: 4-9903445-0-2）

以下のホームページでPDF形式にて電子的に公開：

(http://www.humeco.m.u-tokyo.ac.jp/envr_p/pub_art.html)

- 1) 池本幸生「政策の評価と立案：経済学とケイパビリティ」（13ページ）
- 2) 森 大樹、浅井 清実、石橋 弘志、有菌 幸司「環境試料及び生体試料における化学物質汚染の探索的解析」（24ページ）
- 3) 池本幸生「ベトナムにおける貧困とコーヒーの研究」（10ページ）
- 4) ENVRERAパプアニューギニア調査グループ「パプアニューギニア調査地の紹介」（23ページ）
- 5) 関山牧子「インドネシア調査地の紹介」（19ページ）
- 6) 羅 文雄「海南省黎族社会における自然資源の利用：ローガ村の事例」（18ページ）
- 7) 羊 海強、羅 文雄「海南省黎族のローガ村における社会生活調査」（11ページ）
- 8) 黄 学魁「海南省黎族のボウコウ村における生業の過去と現在」（14ページ）
- 9) 西谷 大「中国雲南省者米谷の紹介」（6ページ）
- 10) Krishna Pahari, Prashanta Malla ” Analysis and Mapping of Arsenic in Ground Water of Terai region in Nepal”
- 11) 大坪竜太「パプアニューギニア東高地州コティユファ集落における土地利用調査」—
- 12) 蔣宏偉・梅崎昌裕（印刷中）「市場経済化する中国農村の土地利用変化」水嶋司・柴山守（編著）『地域研究のためのGIS入門』古今書院。—
- 13) 梅崎昌裕（印刷中）「生態人類学とGIS」水嶋司・柴山守（編著）『地域研究のためのGIS入門』古今書院。—
- 14) Umezaki M. (in press) Adaptive Strategies of Huli Migrant Settlers. Goddard M. (ed.) Villagers in the City: Melanesian Experiences of Port Moresby, Papua New Guinea. Sean Kingston Press. —
- 15) 梅崎昌裕（印刷中）「人間の生態と適応、病と西欧化」．片山一道・熊谷圭知 編著 『朝倉世界地理講座第15巻：オセアニア』 朝倉書店。—