

# 自発的な環境改善意識の形成に関する 潜在混合モデル分析

——インド・ウエストベンガル州の飲料水  
ヒ素汚染問題を事例に——

坂本 麻衣子\*, 田中 貴之\*\*

Latent Mixture Model Analysis of Voluntary Attitudes to Improve Environments  
——Arsenic Contamination of Drinking Water in West Bengal, India——

Maiko SAKAMOTO and Takayuki TANAKA

## Abstract

Pollution of underground water with arsenic is a problem in rural areas of India and Bangladesh. International development aid for overcoming arsenic pollution is important because measures are not taken and accepted in some regions of these countries even though there is a pressing need to understand the actual situation of arsenic pollution and take measures to provide safe drinking water.

In this study, we focused on regionality, personality and degree of development aid interventions with technological transfer and enlightening activities. Influence of these factors on the attitudes of villagers toward the environment was analyzed with a latent mixture model analysis. An Indian village, where development aid has not intervened, was considered as a case study. Finally, a plan to change the attitudes of the villagers was considered.

JEL Classification : O21, O31, O33

Keywords : Underground Water Arsenic Pollution, Bengal, Latent Mixture Model, Environmental Improvement Consideration, Information Dissemination

## 1. はじめに

インドのウエスト・ベンガル州とバングラデシュの間のガンジス川流域に分布するベンガル沖積平野においてヒ素による地下水汚染が長らく問題になっている [1]。ヒ素は自然に存在する元素で、ヒ素に汚染された水を飲み続けると、皮膚病やガンになり、死に至ることが分かっている。農村部の住民は経済的に貧しいことを考えると、自力で有効な対策を行うことが難しく、ヒ素汚染問題の拡大が懸念される。

バングラデシュでは、地下水ヒ素汚染の発見以来、バングラデシュ政府機関、世界銀行、

---

\* 長崎大学工学部

\*\* 長崎大学大学院

2011年3月1日受付 2011年9月25日受理

©日本地域学会 (JSRSAI) 2011

WHO, ユニセフ, 各国の援助や, 現地 NGO の活動により, 安全な飲料水を供給する代替技術の導入, ヒ素に関する情報の普及等, 様々な対策が行われている。しかしながら, バングラデシュのように外国の開発援助機関により安全な飲料水を供給すべく様々な代替技術が導入されている地域であっても, コミュニティでの維持管理が困難であったり, 飲料水源を選択する役割にある女性の視点を考慮しない水源の配置などが原因で, 導入した代替技術が放棄されることも少なくない [3]。

一方, インドでは, 1983 年に初めてヒ素が発見されてから長い時間が経過したが, 未だに目立った対策はとられていない。このことから, 現地住民のヒ素問題に対する意識や対応力の低さが予想され, 将来的には爆発的にヒ素中毒者が増加するということが危惧される。しかしながら, インドは格差社会で都心部と農村部では貧富の差が激しく, 農村部は経済的にも極めて厳しい状況にあるため, 発展途上国と同様に独自で有効な対策を行うことが難しいと考えられる。

以上のように, ベンガル地域では, ヒ素汚染の実態の把握と飲料水確保の方策を立てることは急務であるにも関わらず, 自国による対策がとられていない地域や, 開発援助が介入していても受容されていない地域があることから, ヒ素汚染対策における開発援助の役割は重要であると考えられる。特に, 開発援助が撤退した後も現地住民が自主的かつ継続的に利用できるような技術の導入と意識啓蒙の双方を行う援助活動が重要であると考えられる。本研究では, まだ開発援助の介入がなされていないインドの農村を研究対象とし, 開発援助を行う上で現地住民の特性を考慮し, 外部からの導入技術に対する受容性を高めるために, 環境改善に対する意識の形成を図る開発援助計画を検討することを目的とする。

## 2. 現地調査

### 2.1 対象地域と調査期間

本研究では, インドのウエスト・ベンガル州の Kolkata から北東に約 46 km のカリヤニに位置する農村を対象地域とし, 2008 年 8 月に 1 回目の現地調査を行い, 2010 年 8 月に 2 回目の現地調査を行った。対象地域はヒ素汚染の激しい地域として知られており, また, 現地に協力を依頼できる NGO がいたため, 当該地域を対象地域とした。1 回目と 2 回目の調査の間には, ワークショップの開催やヒ素に関する基礎的な情報の口頭伝達が行われている。現地調査では, 各家庭が持つ井戸のヒ素検査とアンケート調査を行った。

### 2.2 ヒ素検査

調査対象地域の井戸には, 浅い地層から汲み上げる浅井戸と, 深い地層から汲み上げる深井戸がある。深井戸はヒ素に汚染されていないが, 浅井戸は場所によって汚染されている場合と汚染されていない場合がある。インドの他の村でもそうであるように, 対象地域の農村では, 井戸の検査はされたことがなく, 現地住民は村の井戸のヒ素汚染状況についての情報を一切持ち合わせていない。しかしながら, どの井戸が深井戸であるかの情報は行きわたっており, 正しい知識で

あるかどうかは別として深井戸の水は浅井戸の水よりも良いという認識が持たれている。

アンケート調査を行う範囲にあるすべての井戸のヒ素検査を wagtec 社のフィールドキットを用いて行った。インドでは、ヒ素汚染基準は 0.05 mg/l（世界保健機構の基準は 0.01 mg/l である）と定められている。今回の検査結果でも、ヒ素濃度が 0.05 mg/l より大きい井戸を危険、0.05 mg/l より値が小さい井戸を安全、値が 0.05 mg/l の井戸は安全ではないと判断することにした。検査対象は、各家庭が所持する井戸と政府によって提供された公共の井戸、計 97 ヶ所の井戸である。このうち 7 個が公共の井戸であり、すべて深井戸である。この他にも個人所有の深井戸が 2 個ある。対象地域において深井戸以外に利用されている飲料水源は浅井戸のみである。

検査の結果、安全と判断される井戸は 21 ヶ所しかなく、基準値を超え危険とされる井戸が 52 ヶ所、そして、残りの井戸も基準値から決して安全だとは言えず、村の約 8 割の井戸がヒ素に汚染されていることが判明した。9 個の深井戸はすべて安全であった。

### 2.3 アンケート調査

アンケート調査は、水汲みの仕事が主に女性の仕事であることから、家主の配偶者である女性を対象とし、その時不在だった家庭を除く全ての家庭に対して行った。この調査は、現地 NGO の方々に協力してもらい、著者らが考えた質問項目を NGO の方たちが現地語であるベンガル語で質問し、アンケートに英語で記述してもらおうというものである。アンケートは、個人属性、飲料水、衛生面、日常生活の 4 つの大分類から構成される合計 42 項目の質問票を用いて行った。以下にそれぞれの項目の概要を示す。

まず、個人属性の項目では、名前、宗教、この村での生活期間、教育レベル、家族構成、家主の職業、経済状況の指標として家族の 1 日当たりの米摂取量やマイクロクレジットの利用の有無などについて質問した。なお、マイクロクレジットとは、女性 5 人組に対して行う小口無担保融資のことである。飲料水に対する認識と行動に関する項目では、飲料水源の種類や現在の水利用状況、飲料水に関する不満、ヒ素に関する知識や対応意識の有無、代替案を取り入れる意識の有無などについて質問した。衛生面の意識と行動に関する項目では、各質問からトイレの利用状況・衛生状態について質問した。日常生活に対する意識の項目では、自分の家族の将来は安心である、自分の家族以外の人のことを考える時間がある、飲料水と衛生面どちらが深刻な問題か、生活環境を改善するのは誰だと思うか等、について質問した。回答者数は、1 回目は 111 世帯、2 回目は 109 世帯である。

## 3. 潜在混合モデル

### 3.1 潜在混合モデルとは

本研究では、村全体をひとつの母集団としては考えず、現地住民は村内でいくつかの母集団に分類されると仮定することで、村の住民を細分化することができ、より効果的な計画案の検討ができると考える。このような考えのもと、潜在混合モデルを用いて複数の母集団に対する重回帰

モデルを推定することで各母集団（クラス）の住民の自発的な改善意識に関する特性を明らかにする。

ソーシャル・マーケティングと呼ばれる貧困問題のひとつのアプローチにおいては、貧困者の状況や特性は一樣ではなく、異なるセグメントによって構成され、それぞれのグループ間に相違があることを認識し、貧困状態を脱出するためにそれぞれのセグメントにおいて何が決定的な役割を果たすかについて理解することが重要であると指摘されている [2]。分類するという行為は様々な分野において非常に重要なことだと考えられており、データを分類するための分析手法は数多く存在する。たとえば、判別分析は誰もが手軽に使える分類手法として最も有名である。この判別分析は確かに有用な手法ではあるが、分析を実施する際に、教師信号となるべき基準変数が存在しない場合には利用できない。しかし、このような基準変数が存在しないデータに対しても分類を行いたいという場合が、現実場面では数多く存在する。この場合に利用できるのが潜在混合モデルである [4]。

潜在混合モデル [6] とは、標本の母集団への所属と母集団数が未知である場合の多母集団解析である。言い換えるならば、調査対象の背後に多母集団を想定し、どのような性質をもったいくつの母集団（＝クラス）に標本を分けるのが最適なのかを推定する手法のことである。つまり、潜在混合モデルはクラス内は最も等しく、かつクラス間は最も差がつくように標本を分類する方法である。潜在混合モデルには、種々のモデルがあり、代表的なモデルとして、正規混合モデル（normal mixture model）と回帰混合モデル（regression mixture model）の2つが挙げられる。正規混合モデルはクラスごとに母数の異なる正規分布が、回帰混合モデルはクラスごとに異なる回帰直線があると想定して、クラス分けを行うモデルである。本研究では、回帰モデルを想定して潜在混合モデル分析を行うため、以下で回帰混合モデルの概要および母数の推定方法について示す。

### 3.2 回帰混合モデル

回帰混合モデルは、回帰直線の母数がクラスごとに異なると想定し、どのようにクラス分けすれば各クラスの回帰式データへの当てはまりが最適になるかを推定するモデルである。したがって、回帰係数や切片に違いをもたらしている潜在クラスについて考察したい場合に有用である。モデルは以下のように表現される。

いま、 $i(=1, 2, \dots, I)$  個の標本が与えられているとする。独立変数  $x$  が  $k(=1, 2, \dots, K)$  個あるとき、従属変数  $y_i$  は次のような線形回帰式

$$y_i = \alpha + \beta_1 x_{i1} + \beta_2 x_{i2} + \dots + \beta_K x_{iK} + e_i \quad (1)$$

で表される。 $\alpha$  は切片、 $\beta_1, \dots, \beta_K$  は回帰係数、 $e_i$  は誤差項であり、 $N(0, \sigma^2)$  に従うものと仮定する。ここで、標本  $i$  がクラス  $c(=1, 2, \dots, C)$  に属しているならば、従属変数  $y_i$  は

$$y_i = \alpha_c + \beta_{1c} x_{i1} + \beta_{2c} x_{i2} + \dots + \beta_{Kc} x_{iK} + e_{ic} \quad (2)$$

とおける。ただし、 $e_{ic}$  は  $N(0, \sigma_c^2)$  に従うとする。このとき右辺の誤差以外の項を、 $y_i$  の予測値  $\mu_{ic}$  に置き換えると式 (2) は

$$y_i = \mu_{ic} + e_{ic} \tag{3}$$

と表現できる。 $y_i$  を

$$y_i \simeq N(\mu_{ic}, \sigma_c^2) \tag{4}$$

という正規分布に従うと考えるときには、従属変数の確率密度関数  $p(y_i)$  は

$$p(y_i) = f(y_i | \omega_1, \dots, \omega_c, \mu_{i1}, \dots, \mu_{ic}, \sigma_1^2, \dots, \sigma_c^2) = \sum_{c=1}^C \omega_c f(y_i | \mu_{ic}, \sigma_c^2) \tag{5}$$

と表現される。ただし  $\mu_{ic} = \alpha_c + \beta_c x_i$  である。また、 $\omega_c$  は  $C$  個のクラスに分かれると仮定したときの、各クラスの構成比率である。したがって、 $\omega_c > 0$  かつ  $\sum_{c=1}^C \omega_c = 1$  という条件を満たす。

母数 ( $\omega_c, \alpha_c, \beta_c, \sigma_c^2$ ) の推定は、クラスごとに母数があるため、推定すべき母数の数が多い。標本数が多くない場合は、特に、多くの母数を推定する上では困難がある。このような場合の母数の推定に対して、マルコフ連鎖モンテカルロ法 (Markov Chain Monte Carlo, 以後 MCMC と呼ぶ) によるベイズ推定が提案されている。次節で、マルコフ連鎖モンテカルロ法について説明する。

### 3.3 マルコフ連鎖モンテカルロ法 (Markov Chain Monte Carlo, MCMC)

まず、マルコフ連鎖とは、未来の状態が現在の状態のみに依存し過去の状態とは無関係である確率過程のことであり、以下の条件式を満たすものである。

時点  $t$  において状態が  $i$  である標本が次の時点  $t+1$  において  $j$  となる確率は

$$P(x^{t+1} = j | x^{(1)} = i_1, \dots, x^{(t)} = i) \tag{6}$$

であるが、その条件つき確率が、

$$P(x^{t+1} = j | x^{(1)} = i_1, \dots, x^{(t)} = i) = P(x^{t+1} = j | x^{(t)} = i) \tag{7}$$

となるのがマルコフ連鎖である。

今、 $n$  個の状態があり、時点  $t$  においてそれぞれの状態が実現する確率を  $\pi^t = \{\pi_1^t, \pi_2^t, \dots, \pi_n^t\}$  と書くとする、時点  $t$  から  $t+1$  への状態の推移は、推移行列を  $\mathbf{P}$  とすれば、マルコフ連鎖においては式 (8) のように表すことができる。

$$\mathbf{P}\pi^t = \pi^{t+1} \tag{8}$$

$\mathbf{P}$  に従って推移しても分布は変わらず、ある状態確率に留まるとき、式 (9) が成立している。

$$\mathbf{P}\pi = \pi \tag{9}$$

このときの  $\pi$  を推移行列  $\mathbf{P}$  を持つマルコフ連鎖の不変分布と呼ぶ。

次に、モンテカルロ法とは、ランダムな変動を入れながら多数回試行を反復して計算すること、問題を近似的に解く帰納的な方法のことをいう。通常、確率分布の平均を求めるためには、積分を解かなければならないが、それを式 (10) で近似させる。

$$\int f(x)dx \approx \frac{1}{T}\{f(x^{(1)})+\dots+f(x^{(T)})\} \quad (10)$$

式 (10) で、 $x^{(1)}, \dots, x^{(T)}$  は独立に同一の分布  $f(x)$  に従う乱数であり、分布  $f(x)$  を目標分布という。ここで  $T$  を大量に発生させるほど、近似値は対象の積分の値に収束する。しかし、目標分布が高次元・複雑化すると乱数の発生が困難になる。そこで、マルコフ連鎖を利用する。

すなわち、まず、マルコフ連鎖における不変分布がモンテカルロ法における目標分布であるようなエルゴートの (どのような初期状態から出発しても不変分布に行きつくような) マルコフ連鎖を構成する。目標分布を不変分布とするマルコフ連鎖を構成するためのアルゴリズムとして一般的なものに、ギブスサンプラー、MH アルゴリズムがある [5]。このように構成されたマルコフ連鎖のもとでは、推移をくり返せば、やがて目標分布を得ることができる。次に、マルコフ連鎖の  $t$  時点における分布から母数に関する乱数を発生させ、今の分布を事前分布とし、事前分布から得られた乱数を新たなサンプルとして、ベイズ推定により事後分布を求める。この事後分布が次の  $t+1$  時点における分布となる。この手続きをくり返すと、言い換えればマルコフ連鎖の連鎖数を多数生成すると、くり返した数だけ母数に関する乱数が得られるので、連鎖を通して発生させた乱数をサンプリングし、マルコフ連鎖が収束したら、このサンプルから算術平均や分散といった基本的な記述統計量を計算し、これらがそのまま各母数の値や分散の推定値となる。これが MCMC の概略である。

### 3.4 推定値の妥当性の検討方法

MCMC において、マルコフ連鎖を利用するのは、連鎖を構成する要素がその不変分布からの無作為標本になっていると見なすことができるためである。言い換えれば、マルコフ連鎖が収束する場合、生成された連鎖は不変分布からの確率標本になっていると判断できる。この不変分布が他ならぬ推定したい母分布である。したがって、MCMC においては、マルコフ連鎖が不変分布に収束しているかどうかの収束判定が母数の推定値の妥当性の検討において重要な判断指標となる。

収束判定のための方法にはさまざまなものが提案されているが、本分析においては、一般的な指標のひとつである Gelman & Rubin の指標を用いて収束判定を行う。

Gelman & Rubin の方法 [5] では、異なるマルコフ連鎖同士の分散を比較することで収束判定をする。したがってこの方法を用いるためには、1つの母数を推定するために複数のマルコフ連鎖が構築されている必要がある。1本のマルコフ連鎖しか発生を行っていない場合は、1本の連鎖を複数の連鎖に分割することで Gelman & Rubin の方法を利用することが可能になる。



Gelman & Rubin の指標は式 (11) で定義される。

$$R = \sqrt{\frac{\widehat{\text{Var}}(\theta)}{\widehat{\text{Var}}_w(\theta)}} \quad (11)$$

式 (11) において、 $\widehat{\text{Var}}(\theta)$  は不変分布における母数  $\theta$  の分散の推定値、 $\widehat{\text{Var}}_w(\theta)$  は 1 本のマルコフ連鎖内における  $\theta$  の値のばらつき平均である。もしすべてのマルコフ連鎖が完全に収束しているならば  $\widehat{\text{Var}}(\theta)$  と  $\widehat{\text{Var}}_w(\theta)$  とともに真値  $\text{Var}(\theta)$  に一致するため、 $R = 1$  となる。一般的に、 $R$  が 1.2 ないし 1.1 よりも小さければ収束したと判断される。

なお、クラス数  $C$  は内生的に推定されないので、分析の際に外生的に与える必要がある。このために、クラス数  $C$  の妥当性については、クラス数を変化させて推定し、収束判定や母数の現実的な解釈と照らし合わせて、最適なクラス数を判断する。

#### 4. 主体性に着目したクラス分類と計画案の検討

##### 4.1 重回帰モデルの構成

本来、開発援助が永遠に提供され続けることはないので、開発援助の最も根本的な課題は、開発援助の撤退を前提に被援助国の内生的かつ持続的な発展をいかに支援できるか、という点にあると考えられる。ローカルかつ村落レベルの開発援助においては、現地の住民が問題意識を持ち、主体的に問題を改善していく意識を形成することをいかに支援できるか、という点が主要な課題のひとつであると考えられる。このような、「現地の住民が問題意識を持ち、主体的に問題を改善していく意識（以後、主体性と呼ぶ）」を形成するための情報提供、ワークショップ、意識啓発に関する教育活動などの有効なあり方は、住民全体に対して一様なものではなく、クラスによって方策を変えることが重要であると考えられる。そこで、対象地域の住民に対して、潜在混合モデルを用いてクラスごとの重回帰モデルを推定することで各クラスの主体性の特性を明らかにする。

本研究では、2010 年のアンケートにおける「村のヒ素汚染状況やヒ素の取り扱い方を知りたいですか」という質問項目と、2008 年と 2010 年のアンケートにおける「ワークショップに参加するためにいくら支払いますか」という質問項目の回答結果の差額が、現地住民の主体性を表す指標と考えることとし、他のアンケートの回答を用いてこれらを説明するための種々の重回帰モデルを仮定し、クラス数を 2, 3, 4 と仮定して母数の推計を行った。この結果、図 1 に示す重回帰モデルでクラス数 2 の設定において収束した。表 1 に重回帰モデルの変数となっている質問項目の回答形式を示す。

現地住民の主体性を表す指標の 1 つである「村のヒ素汚染状況やヒ素の取り扱い方について知りたいですか」という 2010 年における質問項目は、図 1 において「情報への欲求」と表されている。もう 1 つの主体性を表す指標である「ワークショップに参加するためにいくら支払います

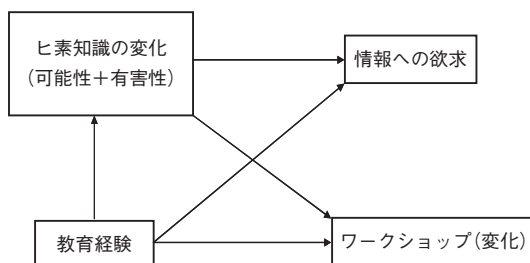


図1. 重回帰モデル

表1. 質問項目と回答形式

質問項目	回答形式	
学校教育経験	大学 5	学校教育経験なし 1
ヒ素の有害性について知っていますか？	知っている 5	知らない 1
浅井戸の水にヒ素が含まれている可能性があることを知っていますか？	知っている 5	知らない 1
村のヒ素汚染状況やヒ素の扱い方について知りたいですか？	知りたい 5	知りたくない 1
ワークショップに参加するのにいくら支払いますか？	金額（数値データ）	

か」の差額は、図1においては「ワークショップ（変化）」として表されている。

「ヒ素知識の変化」という変数は、「ヒ素の有害性について知っていますか」、「浅井戸の水にヒ素が含まれている可能性があることを知っていますか」という5段階評価で質問した項目のそれぞれの回答結果をそのまま得点として足し合わせ、2008年と2010年の回答結果で差をとったものである。そして、「教育経験」とは、回答者の学校教育経験に関して、大学を5点、高校を4点、中学校を3点、小学校を2点、その他を1点と得点化した変数である。各変数のヒストグラムを図2に示す。

なお、以降、2008年と2010年の2時点でのアンケート結果を用いて分析を行うが、2008年と2010年の間にはこれまで対象地域で実施されることがなかったヒ素汚染状況に関する口頭伝達やヒ素の害に関するワークショップが行われており、その点で、2時点のアンケートは情報提供の事前と事後のアンケートとして位置づけられるものである。

#### 4.2 各クラスの推定結果

図1に示す重回帰モデルに対して、クラス数2と設定した場合の潜在混合モデルの母数の推定



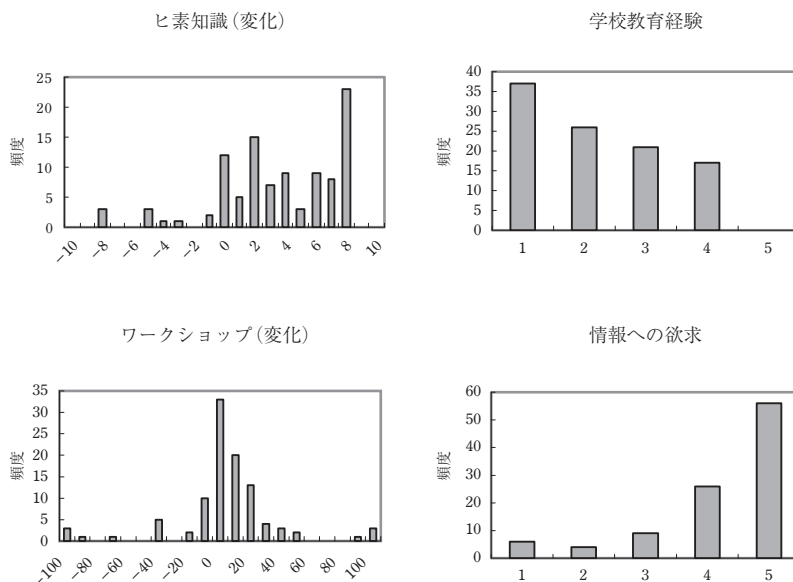


図2. 変数値のヒストグラム

結果を表2に示す。本分析はAmos18を使用して行っており、Gelman & Rubinの指標 $R$ は1.002で収束したと判定される。本分析もこの基準に則って、収束判定をしている。一般的には、 $R$ が1.2ないし1.1よりも小さければ収束したと判断されることから、 $R=1.002$ では十分収束していると判断でき、推定結果は妥当なものと考えられる。

表2には、クラスごとの回帰モデルにおける回帰係数と切片、外生変数である「教育経験」の平均値と分散、および各クラスの構成比率である構成割合に関する推定値の平均値と標準偏差を示している。表2の構成割合の推定結果より、クラス1は全体の約7割、クラス2は残りの約3割で構成されることがわかる。

次に、各クラスの特徴について見てみるために、所属確率の大きいクラスに各世帯を分類し、クラスごとに、「情報への欲求」と「ワークショップ(変化)」をそれぞれ $z$ 軸、「ヒ素知識(変化)」と「教育経験」を $x$ 軸、 $y$ 軸として、各世帯の得点を3次元の座標としてプロットした図を図3と図4に示す。

図3と図4において示される平面は、クラス1とクラス2のそれぞれのクラスの得点分布に対して最小2乗法によって作成した回帰平面である。図3においても図4においても、上側の平面がクラス1、下側の平面がクラス2の回帰平面を表している。表2の切片の推定値と図3と図4における $z$ 軸の「情報への欲求」と「ワークショップ(変化)」の切片、および表2の回帰係数の推定値と図3と図4の回帰平面の傾きから、所属クラスが分からない状態で潜在混合モデリングにより推定した重回帰モデルと、予め分けられたクラスごとに推定した場合の回帰平面が一致していることがわかる。

表2. 推定結果

回帰係数	Class 1		Class 2	
	平均値	標準偏差	平均値	標準偏差
学校教育経験→ヒ素知識（変化）	-0.347	0.400	-0.910	0.810
学校教育経験→情報への欲求	0.115	0.068	0.493	0.068
ヒ素知識（変化）→情報への欲求	0.046	0.032	0.119	0.063
学校教育経験→ワークショップ（変化）	-0.257	1.74	-2.502	19.699
ヒ素知識（変化）→ワークショップ（変化）	-0.679	0.596	-3.788	5.315
切片				
ヒ素知識（変化）	5.194	0.939	3.335	2.212
情報への欲求	4.212	0.262	1.834	0.698
ワークショップ（変化）	7.412	5.266	-6.106	54.763
平均値				
学校教育経験	2.119	0.132	2.327	0.001
分散				
学校教育経験	1.144	0.206	1.883	0.619
構成割合	0.692	0.058	0.308	0.058

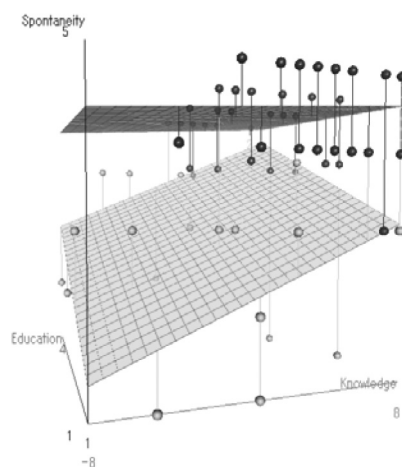


図3. 情報への欲求に関する回帰平面

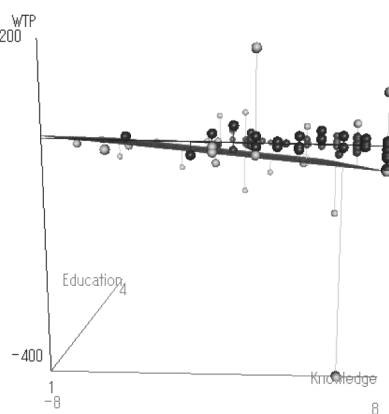


図4. WTP (変化)に関する回帰平面

### 4.3 クラスの特性に関する考察

4.2の推定結果をもとに、各クラスの特性に関して考察する。

まず、表2に示される「教育経験」の平均値と分散の推定結果から、クラス2はクラス1に比

べ多少教育レベルが高いが、ばらつきのあるクラスとなっていると推察できる。

次に、図3の情報への欲求に関する回帰平面を見てみると、クラス1は傾きが小さく、切片が大きいことが分かる。これに対してクラス2は傾きが大きく、切片が小さいことが分かる。これより、クラス1は2010年度において、「教育経験」や「ヒ素知識（変化）」とはあまり関係がなく主体的に情報を得ようとする態度があると考えられる。一方、クラス2は、「教育経験」や「ヒ素知識（変化）」がそれぞれが高い値を示すほど、すなわち教育年数が長く、2008年から2010年にかけてヒ素に関する知識を持っているという自覚が増した人ほど、より主体的に情報を得ようとする態度があると考えられる。逆に言えば、「教育経験」や「ヒ素知識（変化）」それぞれが低い値を示すほど、すなわち教育年数が短く、2008年から2010年にかけてヒ素に関する知識を持っているという自覚が減った世帯は、切片も低いことから、対象地域で最も情報を得ようとする主体性が低い世帯であると判断できる。

次に、図4のワークショップ参加への支払い意思額の変化に関する回帰平面を見てみると、どちらのクラスも傾きが負であることから、「教育経験」や「ヒ素知識（変化）」が高い値を示すほど、すなわち教育年数が長く、2008年から2010年にかけてヒ素に関する知識を持っているという自覚が増した人ほど、ワークショップへの支払い意思額が減少する傾向があり、その傾向はク

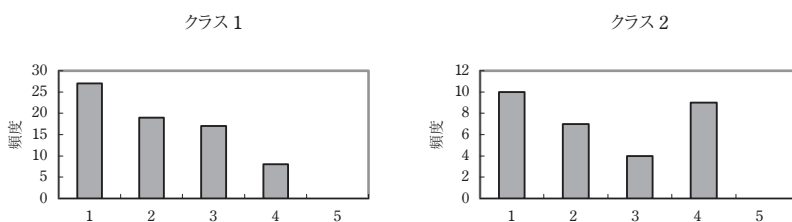


図5. クラス別の学校教育経験ヒストグラム

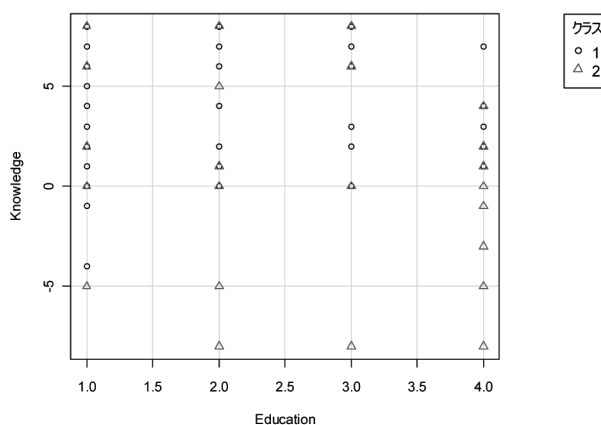


図6. クラス別の学校教育経験とヒ素知識（変化）の散布図

ラス2の方がより顕著であることがわかる。

ここで、図1に示す重回帰モデルで関連を仮定している「教育経験」と「ヒ素知識（変化）」の関連について見るために、クラス別の「教育経験」のヒストグラムを図5に、クラス別の「教育経験」と「ヒ素知識（変化）」の散布図を図6に示す。

図5より、クラス2では、クラス1や村全体での「教育経験」の分布に比べると、得点4「高校卒業」と回答している世帯の割合が多いことがわかる。表2より、「教育経験」→「ヒ素知識（変化）」の回帰係数は負であることから、「教育経験」が多いほど、2008年から2010年にかけてヒ素に関する知識を持っているという自覚が減っていることになる。また、回帰係数の絶対値から、クラス2の方が絶対値が大きいため、その傾向はクラス2においてより顕著であるといえる。これは図6からも伺える傾向であり、クラス2で得点4「高校卒業」と回答している人は、2008年から2010年にかけてヒ素の害について以前より知識がないと答える傾向が強いことがわかる。逆に、クラス2で得点1「その他（学校教育経験なし）」と回答している人は、2008年から2010年にかけてヒ素の害について以前より知識があると答える傾向が強いことがわかる。

#### 4.4 クラスの特性を考慮した開発援助計画に関する考察

図3において、クラス1の世帯は「情報への欲求」の得点が高いが、回帰係数がクラス2に比べ小さいので、「情報への欲求」に関する主体性は学校教育経験やヒ素知識が増えたことによる影響ではないと考えられる。本来は、これまで情報提供がなされたことのなかったヒ素に関する害について知るほど、より現在の状況や対策方法について知りたいと思うようになると考えられるが、クラス1に属する世帯にはそのような傾向が見られない。当該のワークショップには80人程度の女性が参加したこと、クラス1は全体に対して7割の世帯が所属するクラスサイズとなっていることから、ワークショップに参加できずに十分な情報が得られなかったというよりも、ワークショップに参加したが、なんとなく危機感を覚えただけで、ヒ素の危険性に関して適切にリスク認知をするまでには至っていないと推察される。したがって、ワークショップの開催による改善意識の向上の効果は一過性のものに留まることが危惧される。ワークショップにおいて提供された情報が現地住民の知識として身につけていない可能性があることから、ワークショップにおける情報伝達の方法は見直す必要があると考えられる。さらに、ヒ素に関する情報への欲求の高さに着目し、援助側が情報を提供するワークショップなどの場を設けるだけでなく、村のヒ素汚染状況やヒ素の取り扱い方などの情報を村内に掲示することで、住民の自発的な飲料水環境に対する改善意識の形成に繋がると考えられる。

一方、クラス2に分類される世帯は、回帰係数の絶対値が大きいという特性があるため、図1の重回帰モデルにおいて最も根本的な要素となる「教育経験」別に考察することとする。

まず、クラス2の教育年数が長い世帯は、「情報への欲求」が高いことから、主体性が高いといえる。しかし、「教育経験」→「ヒ素知識（変化）」の関係から、教育年数が長い世帯ほど、2008年から2010年にかけてヒ素に関する知識を持っているという自覚が減っており、この点で

は「情報への欲求」や「ワークショップへの支払い意思額」が高まっていない。このことから、2008年から2010年に開催されたワークショップは、クラス2の教育年数が長い世帯にとっては満足のかない内容だったと推察される。クラス2の教育年数が長い世帯は、今後、外部機関の援助がなくとも主体的に情報を集め、改善していくとも推察される。ワークショップを開催するにあたって、クラス2の教育年数が長い世帯に対する配慮をすれば、現在のようにヒ素に関する基礎的な情報を一方的に伝えるというやり方ではなく、住民を主体とし、住民が欲する情報を取り扱うワークショップを開催するなどの工夫が必要であると考えられる。

クラス2の教育年数が短い世帯は、教育年数が長い世帯に比べて「情報への欲求」が低く、クラス1も含めた村全体の中で、最も主体性の低い世帯であるといえる。しかしながら、図6からわかるように、2008年から2010年にかけてヒ素に関する知識を持っているという自覚が増している世帯が多い。このことから、ワークショップは効果的であったが、継続的に主体性を形成していく上では、今後ワークショップの開催にあたって、このような世帯を特定し、援助側から積極的に巻き込んでいくようなアウトリーチが必要だと考えられる。

## 5. ま と め

本研究では、開発援助により提供された技術を現地住民が自主的かつ継続的に利用できるような意識啓発を目的として、主体性に着目して現地住民をクラス化し、分類されたクラスの特徴を考慮したワークショップの設計を検討した。分析の結果、単純に教育年数の多寡だけでは主体性の形成に関する特性を説明できないことが示されたが、クラスごとの特性を決定づける要因は本分析からだけでは分からない。おそらく、特にクラス1に関しては、社会ネットワークが大きく影響を及ぼしていると推察される。これらの点についてより詳細に分析し、開発援助の実務の分野で活用できる知見として取りまとめることが今後の課題である。

## 参 考 文 献

- [1] アジアヒ素ネットワーク, <http://www.asia-arsenic.jp/> (2011.1.28 閲覧).
- [2] Kotler, P, Lee, R.N. 著・塚本一郎監訳『コトラー ソーシャル・マーケティング 貧困に克つ7つの視点と10の戦略的取組み』丸善, 2010年.
- [3] 坂本麻衣子・福島陽介・萩原良巳, “バングラデシュの飲料水ヒ素汚染災害に関する社会環境システム論的研究,” 『水文・水資源学会誌』20巻5号, pp.432-449, 2007年.
- [4] 豊田秀樹『共分散構造分析 [応用編]』朝倉書店, 2000年.
- [5] 豊田秀樹『マルコフ連鎖モンテカルロ法』朝倉書店, 2008年.
- [6] 豊田秀樹『共分散構造分析 [実践編]』朝倉書店, 2009年.

Latent Mixture Model Analysis of Voluntary Attitudes to  
Improve Environments  
——Arsenic Contamination of Drinking Water  
in West Bengal, India——

Maiko SAKAMOTO\* and Takayuki TANAKA\*\*

**Abstract**

Arsenic contamination of drinking water in rural areas of India and Bangladesh is a serious problem. Although activities for improvement are continuously practiced by local NGO and foreign agencies, the problem is still serious. In this study, we focused on drinking water. Questionnaire surveys were conducted twice in a rural village of India before and after information on arsenic was provided to the villagers. People in local areas of India do not know well the risks of arsenic because information on arsenic is seldom provided. By conducting a latent mixture model analysis on the pre- and post- informed situations, the relationship between frequency and period of information dissemination and changes in the attitudes of the local people toward arsenic risks were analyzed. Finally, based on the analysis, factors to voluntarily change attitudes to improve the environment are clarified, and development aid planning to bring a change to the existing consciousness structure was considered.

JEL Classification : O21, O31, O33

Keywords : Underground Water Arsenic Pollution, Bengal, Latent Mixture Model, Environmental Improvement Consideration, Information Dissemination

---

\* Nagasaki University

\*\* Nagasaki University, Graduate School