

渇水による社会経済システムへの影響分析

岐阜大学○濱平凉子 岐阜大学 正会員 高木朗義
岐阜大学 正会員 武藤慎一

1. はじめに

日本列島では毎年のようにどこかで渇水にみまわれており、生活・産業において、水道水の断水や、農作物の枯死など様々な悪影響を受けている。日本は世界の中でも比較的年間降水量は多い方であるが、国土のほとんどが山地であり、河川延長が短く急流であるため、降った雨がすぐに海に流れ出てしまう。そのため、年間降水量のうち実際に水資源として利用できる量はかなり少ない。特に夏は降水量が少なくなるものの、農業・都市で水の需要量が増大するため、水需給のバランスが不均衡になり、水不足の問題が発生しやすくなる。そのなかで、6月から9月の水稻栽培期間に多量の水を使用する農業用水は水利権や水利賦課金などの制度上に問題があると考えられる。このような問題から、本研究では渇水が起こった場合に社会経済の現象としてどうなるかを分析することを目的とする。

2. 本研究のモデルの基本的概念

本研究では、渇水による社会経済システムへの影響を考慮できるモデルを構築する。

本モデルの特徴を以下に示す。

- ①各都市に水利用を管理する政府が存在して、政府が価格を規制し、各主体の活動はその価格のもとで水を需要するという流れにする
- ②渇水による地域間・主体間での利害関係が評価できる空間経済モデルとする。
- ③渇水が発生したときに平常時と同じように経済状態を営むことが困難になり、そのため各経済主体が望みだけの需給が不可能となって、需給の不一致が生じる、いわゆる不均衡経済状態に陥ることを考慮できるモデルとする。

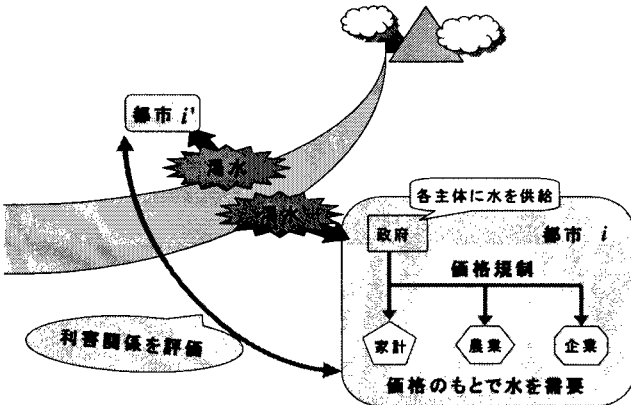


図1. 本研究のモデル全体図

3. モデルの構築

(1)社会経済システムの仮定

①ゾーンの区分

$j \in J = \{1, \dots, J\}$: ゾーンを表すラベル

適当な方法により上のラベルに表される有限個のゾーンに区分されているとする。ゾーン内の地理的属性は均質であり、この社会経済システムにおける立地点はゾーンによって表される。

②状態の区分

$i \in I = \{1, \dots, I\}$: 状態を表すラベル

社会経済システムにおいて表現する状態は、離散的に捉えた自然状態に対応して定義する。

③ゾーン毎に定義される企業、政府、農業、一定数の家計の4部門が存在する。

N_T : 社会経済システムにおける総家計数(一定)

④以上の3部門により、合成財市場、労働市場、水市場の3部門で構成されている。

⑤立地均衡は災害がおこるかもしれない将来を見越して現時点で行われるとする。

(2)各部門の行動の仮定

①各世帯は各環境状態の所得制約の下、各ゾーンの市場において割り当てられる財、水の需要と供給の制約量の下で期待効用が最大になるように行動する。また、期待効用水準を確定的に認知することができないため、ランダム効用理論に基づき確率的に捉えるものとする。

②各企業・農業は各環境状態の生産技術制約の下、各ゾーンの市場において割り当てられる財、水の需要と供給の制約量の下で期待利潤が最大になるように行動する。ただし、企業・農業の利潤はこの経済システムの全ての世帯に資本配分として均等に配分される。

③政府は、河川から取水した水を、価格メカニズムの下で各主体に供給する。

(3)各状態の不確実性の表現

社会経済システムが取り得る状態は、適切な方法で区分され、それぞれの状態の生起確率を導入する。

$\phi_i^j (\leq 1) \in R_+$: ゾーン j の環境状態 i の生起確率

$$\Phi^j = [\phi_1^j, \dots, \phi_I^j] \in \left\{ \Phi^j \mid \phi_i^j \geq 0, \sum_{i \in I} \phi_i^j = 1 \right\} \subset R_+^I$$

4. 各経済主体の行動

(1)世帯の行動モデル

全ての世帯は消費の最適化行動をとるものとする。これは立地点 j による、各種の財、水の消費活動の最適化である。消費行動において、ゾーン $J = \{1, \dots, J\}$ で生産される合成財の各需要水準 z_i^{jj} と水需要水準 a_i^j で表される効用を、環境状態 i の予算制約下でそれぞれをコントロールし、期待効用を最大にするものと仮定し、以下のように定式化する。

$$E^j(V_i^j) = \max_{z_i^{jj}, x_i^{jj}, a_i^j} E^j(U(z_i^{jj}, x_i^{jj}, a_i^j, H_i^j)) \quad (1.a)$$

$$\begin{aligned} s.t. \sum_{j \in J} p_i^j z_i^{jj} + q_i^j x_i^{jj} + r_i^j a_i^j + w_s \\ \leq w_i^j \Omega_i^j + y_i + y_i' - T_i^j \\ (V_i \in I, \forall j \in J, \forall j' \in J) \end{aligned} \quad (1.b)$$

ここで、 $E^j(V_i^j)$: 期待効用水準、 V_i^j : 効用水準、 $U(\cdot)$: 間接効用関数、 z_i^{jj} : ゾーン j' で生産される合成財の需要水準、 x_i^{jj} : ゾーン j'' で生産される農産物の需要水準、 a_i^j : 生活用水需要量、 H_i^j : 環境質、 p_i^j : 合成財価格、 q_i^j : 農産物価格、

r_i^j :生活用水価格, w_i^j :賃金率, s :余暇時間量, Ω :総利用可能時間, $\Omega - s = l_i^j$:1世帯の労働供給量, y_i :企業の資産配分所得, y_i^j :農業の資産配分所得, T_i^j :税.

(2)企業の行動モデル

各企業の利潤は合成財の供給量, 労働量, 水の各需要水準によって表され, ゾーン, 環境状態毎の生産技術制約の下でそれらをコントロールし, 期待利潤を最大にするものと仮定する.

$$E^j(\Pi_i^j) = \sum_{j \in J} \phi_i^j \Pi_i^j \quad (2)$$

ここで, Π_i^j :企業の利潤

Π_i^j を次のように定式化する.

$$\Pi_i^j = \max_{Z_i^j, L_i^j, d_i^j} \{p_i^j Z_i^j - w_i^j L_i^j - R_i^j d_i^j - \lambda_i^j C_i^j\} \quad (3.a)$$

$$s.t. Z_i^j = Z(L_i^j, d_i^j, C_i^j, H_i^j) \quad (3.b)$$

ここで, Z_i^j :企業の合成財供給水準, L_i^j :企業の労働需要量, d_i^j :企業の水需要量, C_i^j :企業の所有資本量, R_i^j :企業の水価格, λ_i^j :企業の資本利子率.

(3)農業の行動モデル

各農業の利潤は農産物の供給量, 労働量, 水の各需要水準によって表され, ゾーン, 環境状態毎の生産技術制約の下でそれらをコントロールし, 期待利潤を最大にするものと仮定する.

$$E^j(\Theta_i^j) = \sum_{j \in J} \phi_i^j \Theta_i^j \quad (4)$$

ここで, Θ_i^j :農業の利潤.

Θ_i^j を次のように定式化する.

$$\Theta_i^j = \max_{Z_i^j, L_i^j, f_i^j} \{q_i^j X_i^j - w_i^j L_i^j - R_i^j f_i^j - \lambda_i^j C_i^j\} \quad (5.a)$$

$$s.t. X_i^j = X(L_i^j, f_i^j, C_i^j, H_i^j) \quad (5.b)$$

ここで, X_i^j :農業の農産物供給水準, L_i^j :農業の労働需要量, f_i^j :農業の水需要量, C_i^j :農業の所有資本量, R_i^j :農業の水価格, λ_i^j :農業の資本利子率.

(4)政府の行動モデル

環境状態*i*において政府は, 河川から取水した水を家計, 企業, 農業に供給している. 以下に, 政府の各主体への水の供給量を定義する.

$$M^j = A_i^j + D_i^j + F_i^j \quad (6)$$

ここで, M :政府が取水する水の量, A_i^j :生活用水供給量, D_i^j :企業の水供給量, F_i^j :農業の水供給量.

また, 政府が河川から水を取り水する際, 取水量に対し費用がかかるものとし, 取水費用と, 各主体に水を供給する際に得られた費用とが一致するものとする.

$$M^j \delta = A_i^j r_i^j + D_i^j R_i^j + F_i^j R_i^j + T_i^j N^j \quad (7)$$

ここで, δ :政府が水を取り水する際にかかる費用.

5. 不均衡を含む経済状態の表現

不均衡経済状態を表現するために, 不均衡経済モデルの各財, 各市場で集計された需要量の表現値が供給量のそれと一致して清算される条件, 各経済主体の割り当てメカニズムを定義する.

(1)清算条件

各市場での清算条件を次のように定義する.

$$\text{生活用水: } a_i^j N_T = A_i^j \quad (\forall i \in I, \forall j \in J) \quad (8.a)$$

$$\text{企業用水: } d_i^j = D_i^j \quad (\forall i \in I, \forall j \in J) \quad (8.b)$$

$$\text{農業用水: } f_i^j = F_i^j \quad (\forall i \in I, \forall j \in J) \quad (8.c)$$

$$\text{労働: } L_i^j + L_i^j = l_i^j N_T \quad (\forall i \in I, \forall j \in J) \quad (8.d)$$

$$\text{合成財: } \sum_{j \in J} (z_i^{j'j} N^j) + \sum_{j \in J} (x_i^{j''j} N^j) = Z_i^j + X_i^j \quad (\forall i \in I, \forall j \in J) \quad (8.e)$$

(2)財の割り当てメカニズム

財の割り当ては, 各経済主体が本来は需要(供給)と考えているだけの量を集計したとき, 集計された供給(需要)それを満たすことができない場合に個々の経済主体が実際に取引して実現できる需要(供給)量を決定するメカニズムである. 財の集計的取引量は, 集計需要量と集計供給量, 及び外生的に与えられた制約量の中の最も小さい量に一致するものとする.

生活用水:

$$a_i^j = \min \{a_i^j(p_i^j, q_i^j, r_i^j, w, H_i^j, Y_i^j), \tilde{a}_i^j\} \quad (9.a)$$

企業用水:

$$d_i^j = \min \{d_i^j(q_i^j, w_i^j, R_i^j, H_i^j), \tilde{d}_i^j\} \quad (9.c)$$

農業用水:

$$f_i^j = \min \{f_i^j(p_i^j, w_i^j, R_i^j, H_i^j), \tilde{f}_i^j\} \quad (9.e)$$

労働:

$$l_i^j = \min \{l_i^j, \tilde{l}_i^j\} \quad (9.g)$$

$$L_i^j = \min \{L_i^j, \tilde{L}_i^j\} \quad (9.h)$$

$$L_i^j = \min \{L_i^j, \tilde{L}_i^j\} \quad (9.i)$$

合成財:

$$z_i^{j'j} = \min \{z_i^{j'j}(p_i^j, q_i^j, r_i^j, w, H_i^j, Y_i^j), \tilde{z}_i^{j'j}\} \quad (9.j)$$

$$Z_i^j = \min \{Z_i^j(p_i^j, w_i^j, R_i^j, H_i^j), \tilde{Z}_i^j\} \quad (9.k)$$

$$x_i^{j''j} = \min \{x_i^{j''j}(q_i^j, p_i^j, r_i^j, w, H_i^j, Y_i^j), \tilde{x}_i^{j''j}\} \quad (9.l)$$

$$X_i^j = \min \{X_i^j(q_i^j, w_i^j, R_i^j, H_i^j), \tilde{X}_i^j\} \quad (9.m)$$

ここで, $\tilde{a}_i^j, \tilde{f}_i^j, \tilde{d}_i^j$:世帯, 企業, 農業に課せられる外生的な水需要量の割り当て上限値, $\tilde{l}_i^j$:世帯に課せられる外生的な労働供給量の割り当て上限値, $\tilde{L}_i^j, \tilde{L}_i^j$:企業, 農業に課せられる外生的な労働需要量の割り当て上限値, $\tilde{z}_i^{j'j}, \tilde{x}_i^{j''j}$:ゾーン*j'*の企業, ゾーン*j''*の農業が生産する合成財を需要する世帯に課せられる外生的な集計的需要量の割り当て上限値, $\tilde{Z}_i^j, \tilde{X}_i^j$:企業, 農業に課せられる外生的な合成財供給量の割り当て上限値.

6. まとめ

以上のように, 不確実性下での各経済主体をモデル化し, 外生的な需要, 供給量の割り当て制約をモデルに組み入れることにより, 不均衡経済状態を表現し得る社会経済モデルを構築した. このモデルは外生的な割り当て制約を十分に大きくとれば, どの経済主体においても市場で決定される価格のもとで望むだけの需要, 供給量が実現できるとい一般均衡状態をも包括している.

[参考文献]

- 1) 山田貴久: 水資源政策の厚生分析, 岐阜大学修士論文, 1998
- 2) 稲垣貴政: 閉鎖性水域における水質改善対策の経済評価と汚濁負荷削減量の最適配分, 岐阜大学修士論文, 2000
- 3) 長谷川俊英: 不均衡経済状態を考慮した防災投資の便益評価, 岐阜大学修士論文, 1997