

多産業開放経済モデルによる 国際的な干ばつリスクシェアリング協定の分析

石渡 裕明¹・横松 宗太²・小池 俊雄³

¹正会員 パシフィックコンサルタンツ株式会社 大阪本社 (〒 530-0004 大阪市北区堂島浜 1-2-1)
京都大学大学院 工学研究科都市社会工学専攻 (〒 611-0011 京都府宇治市五ヶ庄)
E-mail: ishiwata@drs.dpri.kyoto-u.ac.jp

²正会員 京都大学防災研究所 巨大災害研究センター (〒 611-0011 京都府宇治市五ヶ庄)
E-mail: yoko@drs.dpri.kyoto-u.ac.jp

³フェロー会員 東京大学大学院 工学系研究科 (〒 113-8656 東京都文京区本郷 7-3-1)

大規模な干ばつ災害は、しばしば食糧危機を引き起こす。全国的な干ばつは1国の作物生産量を減少させるため、干ばつ被害のない外国から農産物を調達する必要がある。しかし国際貿易市場を通じた調達のみでは、必要量を十分にまかなえない可能性がある。そこで本研究では、国家間のリスクシェアリング協定に着目する。多産業開放経済モデルを用いて、干ばつリスクの低減が家計の期待効用水準に与える効果や、農業主体の作付け農地拡大のインセンティブに与える効果等を分析することを通じて、リスクシェアリング協定の有効性について検討可能なフレームワークを提示する。

Key Words : *food security, drought, risk sharing, agriculture, multi-sector open-economy model*

1. はじめに

食糧保障は、干ばつリスク下の国家の政治経済を安定させるために必要不可欠な要素である。2007年から2008年にかけて世界的な食糧価格の高騰が起きた。異常気象やバイオ燃料の消費拡大等に端を発するものであり、世界的な食糧危機へと繋がった¹⁾。

1996年に開催された世界食糧サミットによる食糧保障の定義の中で、供給可能性、入手可能性、栄養性、そして安定性が食糧保障の要件として挙げられている²⁾。しかし、長期にわたる干ばつが発生した場合、作物の生産量や備蓄の減少により、食糧危機が起きる可能性がある。そのため、干ばつ被害のない国家との国際貿易は、干ばつリスク下の食糧保障を助長する³⁾。

食糧危機を回避する一つの方策として、作物保険が挙げられる。しかし、通常の作物保険は、農家に対する補償である。それに加えて、作物保険はモラルハザードの問題を引き起こし、作物供給量をさらに減少させてしまう可能性も指摘されている⁴⁾⁵⁾。また、保険金のような金銭的な補償によっては、干ばつにより国内の作物供給量が大幅に減少し、かつ作物価格の高騰により十分な輸入も行えない場合、食糧危機を防ぐことは困難である。

2012年、食糧危機に対処するための国際的なリスクシェアリング協定として、ASEAN+3緊急米備蓄協定(APTERR)がASEAN10カ国および日本、中国、韓国

との間で発行された⁶⁾。APTERRは大きく2種類の枠組みで構成される。1つ目は、申告備蓄制度である。本制度は、配給国と受給国間の先物取引契約(量, 質, 価格, 支払, 配送料金等に関する事前取決)であり、米価格は国際市場価格に基づき決定される。想定範囲を上回る支払いが発生した場合は、長期のローンや補助金を通じての支払いとなる。2つ目は、現物備蓄制度である。本制度は、緊急時の初動対応として米を寄贈するものである。備蓄期間経過後の米は、貧困緩和等のために放出される。APTERRは食糧保障や国家間協力の向上に貢献してきたが⁷⁾、より機能的かつ持続可能なシステムとしていくために、さらなる分析や研究、評価の必要性が指摘されている⁸⁾。

本研究は、多産業開放経済モデルを用いて、リスクシェアリング協定による干ばつリスク低減効果や作付け農地拡大インセンティブに対する効果等を分析し、食糧危機に対するその有効性について検討可能なフレームワークを提示することを目的とする。

2. モデル

経済空間は小国開放経済を仮定し、国家 $i \in \{h, f, ROW\}$ は自国 ($i = h$)、パートナー国 ($i = f$)、その他の国の集合(以後、ROWと呼ぶ) ($i = ROW$) が存在する。各国の産業 $j \in \{a, m, s\}$ は、農業部門 ($j = a$)、工業部門 ($j = m$)、サービス部門 ($j = s$) で

構成される。市場は、規模に関する収穫一定の技術の下、完全競争的であると仮定する。生産要素市場については、国内で閉じているものと仮定する。農業部門の生産は、労働、資本、土地-水合成財の 3 種類の生産要素を要する。土地-水合成財は、土地と利用可能な水で構成される生産要素とする。農業用地として用いられる土地 $g \in \{I, R\}$ は、灌漑用地 ($g = I$) と天水用地 ($g = R$) の 2 種類を考慮する。工業部門およびサービス部門の生産は、労働と資本の 2 種類の生産要素を要する。工業財は消費財としてだけでなく、資本財としても使用される。

農業財と工業財は貿易可能な財であるのに対し、サービス財は貿易不可能な財とする。貿易に要する費用は iceberg 型を仮定し、自国とパートナー国間で $\tau_{ji}^d (> 1)$ 、自国 (パートナー国) と ROW 間で $\tau_{ji}^n (> 1)$ を要する。また、自国とパートナー国間の距離的近接性や関税の規制緩和等を仮定し、 $\tau_{ji}^d < \tau_{ji}^n$ とする。

自国とパートナー国における降水量パターン z は、(i) 両国で豊水 (干ばつ無し) ($z = 1$)、(ii) パートナー国のみで干ばつ発生 ($z = 2$)、(iii) 自国のみで干ばつ発生 ($z = 3$)、(iv) 両国で干ばつ発生 ($z = 4$) の 4 種類を仮定する。これ以降、降水量によって影響を受ける変数に対して、降水量パターン z を上付き文字で添付する。

自国とパートナー国は、干ばつ時の食糧危機の発生リスクを低減させるため、国家間で農業財の共有に関する干ばつリスクシェアリング協定を締結できる。本研究では、干ばつリスクシェアリング協定として、「備蓄作物シェアリング」と「先物取引契約」の 2 種類を考慮する。「備蓄作物シェアリング」は、自国とパートナー国間で常に一定割合の農業財が共有されるものとする。特に本研究では、均等に共有されるケースを採用する。「先物取引契約」は、自国とパートナー国の内、一方の国のみで干ばつが発生した場合に、干ばつの発生していない国がある一定量の農業財 S_i^z を干ばつ下の国へ、事前に取り決めた価格 p_i^S にて貿易することを保障するものとする。その先物取引価格は、ROW からの農業財輸入価格よりも低価格、すなわち $p_i^S < \bar{p}_a \tau_{ai}^n$ と仮定する。

イベントフローは以下を仮定する。

- i) 干ばつリスクシェアリング協定を結ぶか否かを決定する。
- ii) 農業部門の代表的企業は、起こりうる干ばつ被害を考慮し、土地の投入量を決定する (これ以降、事前問題と呼ぶ)。
- iii) 降水量の水準が決定する。降水量が少ない場合は干ばつが発生する。
- iv) 農業部門の代表的企業は、事前問題にて決定した土地の投入量および利用可能な水量の水準を考慮

し、労働と資本の投入量を決定する (これ以降、事後問題と呼ぶ)。工業部門およびサービス部門の代表的企業も、労働と資本の投入量を決定する。そして、各財が生産される。

- v) 同時に、代表的家計は各財の消費水準と次の期の貯蓄水準を決定する。

(1) 基本ケース (リスクシェアリング協定なし)

a) 消費者行動

代表的家計の効用関数 $u_i(\mathbf{x}_i^z, k_i^{z+})$ は、以下の Stone-Geary 型を仮定する。

$$u_i(\mathbf{x}_i^z, k_i^{z+}) = \psi_i \frac{[(x_{ai}^z - \bar{x}_a)^{\gamma_{ai}} (x_{mi}^z)^{\gamma_{mi}} (x_{si}^z)^{\gamma_{si}}]^{1-\theta} - 1}{1-\theta} + (1 - \psi_i) \frac{(k_i^{z+})^{1-\theta} - 1}{1-\theta}, \quad (1a)$$

where

$$\sum_j \gamma_{ji} = 1, \quad \gamma_{ji} \in (0, 1). \quad (1b)$$

ここで、 $\mathbf{x}_i^z := (x_{ai}^z, x_{mi}^z, x_{si}^z)$ は消費財ベクトル、 k_i^{z+} は次の期の貯蓄水準を示す。また、 ψ_i は消費・貯蓄シェア、 γ_{ji} は消費財支出シェア、 θ は相対的危険回避度を示す。農業財の消費 x_{ai}^z が生存最低消費水準 \bar{x}_a に接近すると、農業財の限界効用が高まる。

農業財の消費量 x_{ai}^z と工業財の消費量 x_{mi}^z は、自国で生産された財の消費 q_{ji}^z 、パートナー国から輸入した財の消費 d_{ji}^z 、そして ROW から輸入した財の消費 η_{ji}^z に分けられる。

$$x_{ji}^z = q_{ji}^z + d_{ji}^z + \eta_{ji}^z \quad \text{for } j = a, m. \quad (2)$$

パートナー国からの輸入シェア Ξ_{ji}^z および ROW からの輸入シェア Θ_{ji}^z を用いることにより、自国財および輸入財の消費量を次のように表すこととする。

$$q_{ji}^z = (1 - \Xi_{ji}^z)(1 - \Theta_{ji}^z)x_{ji}^z, \quad (3a)$$

$$d_{ji}^z = \Xi_{ji}^z(1 - \Theta_{ji}^z)x_{ji}^z, \quad (3b)$$

$$\eta_{ji}^z = \Theta_{ji}^z x_{ji}^z \quad \text{for } j = a, m. \quad (3c)$$

式 (3a)-(3c) を用いて、財の実効価格 $p_{ji}^{e,z}(\Xi_{ji}^z, \Theta_{ji}^z)$ を以下のように定める。

$$\bar{p}_j \cdot (q_{ji}^z + \tau_{ji}^d d_{ji}^z + \tau_{ji}^n \eta_{ji}^z) \equiv p_{ji}^{e,z}(\Xi_{ji}^z, \Theta_{ji}^z) \cdot x_{ji}^z \quad (4a)$$

for $j = a, m$, where

$$p_{ji}^{e,z}(\Xi_{ji}^z, \Theta_{ji}^z) = [(1 - \Xi_{ji}^z)(1 - \Theta_{ji}^z) + \tau_{ji}^d \Xi_{ji}^z(1 - \Theta_{ji}^z) + \tau_{ji}^n \Theta_{ji}^z] \bar{p}_j \geq \bar{p}_j \quad \text{for } j = a, m. \quad (4b)$$

ここで、 \bar{p}_j は財 j の世界価格を示す。 τ_{ji}^d はパートナー国からの輸入財の貿易費用、 τ_{ji}^n は、ROW からの輸入財の貿易費用を示す。

これらに対し、サービス財は貿易不可能であることから、以下の関係が成立する。

$$x_{si}^z = q_{si}^z, \quad (5a)$$

$$\Xi_{si}^z = \Theta_{si}^z = 0, \quad (5b)$$

$$d_{si}^z = \eta_{si}^z = 0, \quad (5c)$$

$$p_{si}^{ez} = p_{si}^z. \quad (5d)$$

代表的家計の最適化行動は、予算制約の下、式 (1a) を用いて以下のように表される。

$$\begin{aligned} V_i(\mathbf{p}_i^e, y_i^z) &= \max_{\mathbf{x}_i^z, k_i^{z+}} u_i(\mathbf{x}_i^z, k_i^{z+}) \\ &= \max_{\mathbf{x}_i^z, k_i^{z+}} \psi_i \frac{[(x_{ai}^z - \bar{x}_a)^{\gamma_{ai}} (x_{mi}^z)^{\gamma_{mi}} (x_{si}^z)^{\gamma_{si}}]^{1-\theta} - 1}{1-\theta} \\ &\quad + (1-\psi_i) \frac{(k_i^{z+})^{1-\theta} - 1}{1-\theta}, \end{aligned} \quad (6a)$$

s.t.

$$y_i^z = (\bar{p}_m + r_i^z)k_i + w_i^z + \pi_{ai}^z, \quad (6b)$$

$$k_i^{z+} = \frac{y_i^z - \sum_j p_{ji}^{ez} x_{ji}^z}{p_{mi}^{ez}}. \quad (6c)$$

ここで、 $V_i(\mathbf{p}_i^e, y_i^z)$ は間接効用関数、 y_i^z は総所得、 w_i^z は賃金率、 r_i^z は名目資本レント、そして π_{ai}^z は土地レントを示す。一階条件式を求め、それらを解くことによって、最適な消費水準 $x_{ji}^z(\mathbf{p}_i^e, y_i^z)$ が求められる。ただし、 $\mathbf{p}_i^e := (p_{ai}^{ez}, p_{mi}^{ez}, p_{si}^z)$ は実効価格ベクトルである。

b) 生産者行動

農業財の生産に用いる土地を灌漑用地 T_{Ii} と天水用地 T_{Ri} に分類する。そして、土地の含有水分量に起因する農地の生産能力の差異を詳細に表現するため、GTAP-W モデルの入れ子構造⁹⁾を基に、土地 T_{gi} と利用可能な水 Z_{gi}^z から土地-水合成財 $X_{gi}(T_{gi}, Z_{gi}^z)$ を以下のように定式化する。

$$X_{gi}(T_{gi}, Z_{gi}^z) = [\beta_{Tgi}(T_{gi})^{\alpha_{Xgi}} + \beta_{Zgi}(Z_{gi}^z)^{\alpha_{Xgi}}]^{\frac{1}{\alpha_{Xgi}}} \quad \text{for } g = I, R. \quad (7)$$

ここで、 β_{Tgi} と β_{Zgi} は土地と利用可能な水の投入配分比率パラメータである。また、 α_{Xgi} は土地と利用可能な水の間での代替弾力性を示す。

農業財の生産関数 Y_{ai}^z を階層的に構成する。最上位の階層は Leontief 型技術として定式化する。その生産には、労働 L_{ai}^z 、資本 K_{ai}^z 、土地-水合成財 $\mathbf{X}_i(\mathbf{T}_i, \mathbf{Z}_i^z) := (X_{Ii}(T_{Ii}, Z_{Ii}^z), X_{Ri}(T_{Ri}, Z_{Ri}^z))$ および各産業の中間財 $\mathcal{Y}_{j'ai}^z$ を要するものとし、その付加価値関数 $F_{ai}(L_{ai}^z, K_{ai}^z, \mathbf{X}_i(\mathbf{T}_i, \mathbf{Z}_i^z))$ は Cobb-Douglas 型技術を

仮定する。

$$Y_{ai}^z = \min \left[F_{ai}(L_{ai}^z, K_{ai}^z, \mathbf{X}_i(\mathbf{T}_i, \mathbf{Z}_i^z)), \frac{\mathcal{Y}_{aai}^z}{\phi_{aai}^z}, \frac{\mathcal{Y}_{mai}^z}{\phi_{mai}^z}, \frac{\mathcal{Y}_{sai}^z}{\phi_{sai}^z} \right], \quad (8a)$$

$$\begin{aligned} F_{ai}(L_{ai}^z, K_{ai}^z, \mathbf{X}_i(\mathbf{T}_i, \mathbf{Z}_i^z)) \\ = B_{ai}(L_{ai}^z)^{\beta_{Lai}} (K_{ai}^z)^{\beta_{Kai}} (X_{Ii}^z)^{\beta_{XIi}} (X_{Ri}^z)^{\beta_{XRi}}, \end{aligned} \quad (8b)$$

where

$$\beta_{Lai} + \beta_{Kai} + \beta_{XIi} + \beta_{XRi} = 1, \quad (8c)$$

$$\beta_{Lai}, \beta_{Kai}, \beta_{XIi}, \beta_{XRi} \in (0, 1). \quad (8d)$$

ここで、 $\phi_{j'ai}$ は i 国の j 部門で使用される j' 財の中間投入係数を示す。また、 B_{ai} は全要素生産性、 $\beta_{Lai}, \beta_{Kai}, \beta_{XIi}, \beta_{XRi}$ は生産要素の投入シェアを示す。

工業財およびサービス財の生産関数 Y_{ji}^z も同様に、最上位の階層を Leontief 型技術として定式化する。その生産には、労働 L_{ji}^z と資本 K_{ji}^z および各産業の中間財 $\mathcal{Y}_{j'ji}^z$ を要するものとし、その付加価値関数 $F_{ji}(L_{ji}^z, K_{ji}^z)$ は CES 型技術を仮定する。

$$Y_{ji}^z = \min \left[F_{ji}(L_{ji}^z, K_{ji}^z), \frac{\mathcal{Y}_{aji}^z}{\phi_{aji}^z}, \frac{\mathcal{Y}_{mji}^z}{\phi_{mji}^z}, \frac{\mathcal{Y}_{sji}^z}{\phi_{sji}^z} \right], \quad (9a)$$

$$F_{ji}(L_{ji}^z, K_{ji}^z) = B_{ji} [\beta_{Lji}(L_{ji}^z)^{\alpha_{ji}} + \beta_{Kji}(K_{ji}^z)^{\alpha_{ji}}]^{\frac{1}{\alpha_{ji}}}, \quad (9b)$$

where

$$\sum_{j' \in \{L, K\}} \beta_{j'tji} = 1, \quad \beta_{j'tji} \in (0, 1) \quad \text{for } j = m, s. \quad (9c)$$

ここで、 $\beta_{j'tji}$ は労働と資本の投入シェアを示す。また、 α_{ji} は労働と資本の間での代替弾力性である。

農業部門の代表的企業の最適化問題は、事前問題において土地の投入量 T_{gi} を、事後問題において労働投入量 L_{ai}^z と資本投入量 K_{ai}^z を決定する二段階の問題となる。まずは事後問題を解くことにより、降水量の水準が決定した後の全ての行動パターンを把握する。

農業部門の代表的企業は、事前問題で決定した土地の投入量 T_{gi} と与えられた降水量 Z_{gi}^z を基に、利潤が最大となる労働 L_{ai}^z と資本 K_{ai}^z の投入量を決定する。

$$\begin{aligned} \Pi_{ai}(p_{ai}^{vz}, w_i^z, r_i^z, \mathbf{X}_i(\mathbf{T}_i, \mathbf{Z}_i^z)) \\ = \max_{L_{ai}^z, K_{ai}^z} \bar{p}_a Y_{ai}^z - \sum_{j' \in \{a, m, s\}} p_{j'ai}^{ez} \mathcal{Y}_{j'ai}^z - w_i^z L_{ai}^z - r_i^z K_{ai}^z \\ = \max_{L_{ai}^z, K_{ai}^z} p_{ai}^{vz} F_{ai}(L_{ai}^z, K_{ai}^z, \mathbf{X}_i(\mathbf{T}_i, \mathbf{Z}_i^z)) - w_i^z L_{ai}^z - r_i^z K_{ai}^z, \end{aligned} \quad (10a)$$

where

$$p_{ai}^{vz} = \bar{p}_a - \sum_{j' \in \{a, m, s\}} p_{j'ai}^{ez} \phi_{j'ji}. \quad (10b)$$

ここで、 p_{ji}^{vz} は付加価値価格を示す。一階条件式を求め、それらを解くことによって、最適な労働

投入量 $L_{ai}(p_{ai}^{vz}, w_i^z, r_i^z, \mathbf{X}_i(\mathbf{T}_i, \mathbf{Z}_i^z))$ と資本投入量 $K_{ai}(p_{ai}^{vz}, w_i^z, r_i^z, \mathbf{X}_i(\mathbf{T}_i, \mathbf{Z}_i^z))$ が以下のように求まる。

$$L_{ai}(p_{ai}^{vz}, w_i^z, r_i^z, \mathbf{X}_i(\mathbf{T}_i, \mathbf{Z}_i^z)) = \left[\frac{\beta_{Lai}^{1-\beta_{Kai}} \beta_{Kai}^{\beta_{Kai}} p_{ai}^{vz} B_{ai}(X_{Li}^z)^{\beta_{XLi}} (X_{Ri}^z)^{\beta_{X Ri}}}{(w_i^z)^{1-\beta_{Kai}} (r_i^z)^{\beta_{Kai}}} \right]^{\frac{1}{1-\beta_{Lai}-\beta_{Kai}}} \quad (11a)$$

$$K_{ai}(p_{ai}^{vz}, w_i^z, r_i^z, \mathbf{X}_i(\mathbf{T}_i, \mathbf{Z}_i^z)) = \left[\frac{\beta_{Lai}^{\beta_{Lai}} \beta_{Kai}^{1-\beta_{Lai}} p_{ai}^{vz} B_{ai}(X_{Li}^z)^{\beta_{XLi}} (X_{Ri}^z)^{\beta_{X Ri}}}{(w_i^z)^{\beta_{Lai}} (r_i^z)^{1-\beta_{Lai}}} \right]^{\frac{1}{1-\beta_{Lai}-\beta_{Kai}}} \quad (11b)$$

式(11a)-(11b)を式(8b)に代入することで付加価値の最適水準 $F_{ai}(p_{ai}^{vz}, w_i^z, r_i^z, \mathbf{X}_i(\mathbf{T}_i, \mathbf{Z}_i^z))$ ，式(10a)に代入することで利潤の最大値 $\Pi_{ai}(p_{ai}^{vz}, w_i^z, r_i^z, \mathbf{X}_i(\mathbf{T}_i, \mathbf{Z}_i^z))$ を求めることができる。

農業部門の代表的企業は，事前問題において，将来起こりうる干ばつ被害を考慮し，期待利潤が最大となる土地の投入量 \mathbf{T}_i を決定する。

$$\hat{\Pi}_{ai} = \max_{\mathbf{T}_i} E \left[p_{ai}^{vz} F_{ai}^z - w_i^z L_{ai}^z - r_i^z K_{ai}^z \right] = \max_{\mathbf{T}_i} \sum_z \mu^z \left[p_{ai}^{vz} F_{ai}^z - w_i^z L_{ai}^z - r_i^z K_{ai}^z \right], \quad (12a)$$

s.t.

$$\sum_{g \in \{I, R\}} T_{gi} = \bar{T}_i, \quad (12b)$$

where

$$\sum_z \mu^z = 1, \quad \mu^z \in (0, 1). \quad (12c)$$

ここで， $E[\cdot]$ は期待値操作を表す記号である。 μ^z は各降水量パターンの生起確率である。

工業部門/サービス部門の代表的企業の費用最小化行動は，生産1単位あたりに投入される生産要素に関する費用 $c_{ji}(w_i^z, r_i^z)$ の最小化問題として捉えることができる。

$$c_{ji}(w_i^z, r_i^z) = \min_{L_{ji}^z, K_{ji}^z} w_i^z L_{ji}^z + r_i^z K_{ji}^z, \quad (13a)$$

s.t.

$$Y_{ji}^z = F_{ji}(L_{ji}^z, K_{ji}^z) = 1 \quad \text{for } j = m, s. \quad (13b)$$

一階条件式を求め，それらを解くことによって，生産1単位あたりに投入される最小費用を示す費用関数 $c_{ji}(w_i^z, r_i^z)$ を求められる。

$$c_{ji}(w_i^z, r_i^z) = \frac{1}{B_{ji}} \left[\left\{ \frac{(w_i^z)^{\alpha_{ji}}}{\beta_{Lji}} \right\}^{\frac{1}{\alpha_{ji}-1}} + \left\{ \frac{(r_i^z)^{\alpha_{ji}}}{\beta_{Kji}} \right\}^{\frac{1}{\alpha_{ji}-1}} \right]^{\frac{\alpha_{ji}-1}{\alpha_{ji}}} \quad \text{for } j = m, s. \quad (14)$$

Shephard の補題より，工業財/サービス財の生産に用いられる労働 $L_{ji}(w_i^z, r_i^z, Y_{ji}^z)$ と資本 $K_{ji}(w_i^z, r_i^z, Y_{ji}^z)$ は

以下ようになる。

$$L_{ji}(w_i^z, r_i^z, Y_{ji}^z) = \frac{\partial c_{ji}(w_i^z, r_i^z)}{\partial w_i^z} \cdot Y_{ji}^z, \quad (15a)$$

$$K_{ji}(w_i^z, r_i^z, Y_{ji}^z) = \frac{\partial c_{ji}(w_i^z, r_i^z)}{\partial r_i^z} \cdot Y_{ji}^z. \quad (15b)$$

for $j = m, s$. ここで， Y_{ji}^z は工業財/サービス財の産出水準を示す。

c) 市場均衡

i 国の市場均衡条件は，以下の式(16)-(18c)の計7本の式によって与えられる。

工業部門とサービス部門のゼロ利潤条件は，付加価値価格と単位生産費用が等しくなることである。

$$p_{ji}^{vz} = c_{ji}(w_i^z, r_i^z) \quad \text{for } j = m, s. \quad (16)$$

生産要素の需要と供給は一致する。

$$L_{ai}^z(p_{ai}^{vz}, w_i^z, r_i^z, \mathbf{X}_i(\mathbf{T}_i, \mathbf{Z}_i^z)) + \sum_{j=m,s} L_{ji}^z(w_i^z, r_i^z, \bar{Y}_{ji}^z) = \bar{L}_i = N_i, \quad (17a)$$

$$K_{ai}^z(p_{ai}^{vz}, w_i^z, r_i^z, \mathbf{X}_i(\mathbf{T}_i, \mathbf{Z}_i^z)) + \sum_{j=m,s} K_{ji}^z(w_i^z, r_i^z, \bar{Y}_{ji}^z) = k_i N_i. \quad (17b)$$

総労働供給量 \bar{L}_i は総人口 N_i に等しいものとする。

各市場の財の需要と供給は一致する。

$$q_{ai}^z N_i + (1 - \Xi_{ai}^z)(1 - \Theta_{ai}^z) \sum_j \mathcal{Y}_{aji}^z + d_{ai}^z N_i + \Xi_{ai}^z(1 - \Theta_{ai}^z) \sum_j \mathcal{Y}_{aji}^z + \zeta_{ai}^z = Y_{ai}^z, \quad (18a)$$

$$q_{mi}^z N_i + (1 - \Xi_{mi}^z)(1 - \Theta_{mi}^z) \left(\sum_j \mathcal{Y}_{mji}^z + k_i^{z+} N_i \right) + d_{mi}^z N_i + \Xi_{mi}^z(1 - \Theta_{mi}^z) \left(\sum_j \mathcal{Y}_{mji}^z + k_i^{z+} N_i \right) + \zeta_{mi}^z = Y_{mi}^z + k_i N_i, \quad (18b)$$

$$x_{si}^z N_i + \sum_j \mathcal{Y}_{sji}^z = Y_{si}^z \quad i \neq \tilde{i}. \quad (18c)$$

式(18a)-(18b)の左辺の項は，左から順番に，自国で生産した農業財/工業財の自国での総消費量，自国での中間投入量，パートナー国での総消費量，パートナー国での中間投入量，そして ROW への輸出量を示す。式(18c)の左辺は，自国で生産したサービス財の自国での総消費量と中間投入量の和を示す。

均衡条件下において，パートナー国および ROW との国際収支はゼロに等しくなる。

$$\sum_{j=a,m} \bar{p}_j \left(d_{ji}^z N_i - \tau_{ji}^d d_{ji}^z N_i \right) = 0, \quad (19a)$$

$$\sum_{j=a,m} \bar{p}_j \left(\zeta_{ji}^z - \tau_{ji}^\eta \eta_{ji}^z N_i \right) = 0 \quad i \neq \tilde{i}. \quad (19b)$$

3. 干ばつリスクシェアリング協定

(1) 備蓄作物シェアリング

自国とパートナー国間で備蓄作物シェアリング協定が結ばれるケースを考える。本研究では、自国とパートナー国で生産された農業財の総量が、二国間で常に均等に分けられる場合に焦点をあてる。本稿では問題の構造の一部を抜粋して示す。

自国の農業部門の代表的企業は、パートナー国の農業財の生産量 F_{ai}^z を考慮の下、利潤が最大となる労働 L_{ai}^z と資本 K_{ai}^z の投入量を決定する。事後の問題の利潤は以下のように表される。

$$\begin{aligned} & \Pi_{ai}(p_{ai}^{vz}, w_i^z, r_i^z, \mathbf{X}_i(\mathbf{T}_i, \mathbf{Z}_i^z), F_{ai}^z) \\ &= \max_{L_{ai}^z, K_{ai}^z} \frac{\bar{p}_a \sum_i F_{ai}^z}{2} - \sum_{j' \in \{a, m, s\}} p_{j'i}^{ez} \phi_{j'ai}^z F_{ai}^z \\ & \quad - w_i^z L_{ai}^z - r_i^z K_{ai}^z. \end{aligned} \quad (20)$$

農業財の市場では、総供給量が自国の生産量 Y_{ai}^z だけでなく、パートナー国の生産量 Y_{ai}^z にも依存する。

$$\begin{aligned} & q_{ai}^z N_i + (1 - \Xi_{ai}^z)(1 - \Theta_{ai}^z) \sum_j \mathcal{Y}_{aji}^z \\ & + d_{ai}^z N_i + \Xi_{ai}^z(1 - \Theta_{ai}^z) \sum_j \mathcal{Y}_{aji}^z + \zeta_{ai}^z = \frac{\sum_i Y_{ai}^z}{2}. \end{aligned} \quad (21)$$

(2) 先物取引契約

自国とパートナー国間で農業財の先物取引契約が結ばれるケースを考える。自国とパートナー国の内、一方の国のみで干ばつが発生した場合に、干ばつの発生していない国がある一定量の農業財 S_i^z を干ばつ下の国へ、事前に取り決めた価格 p_i^s にて輸出する。その先物取引価格は、ROW からの農業財輸入価格よりも低価格、すなわち $p_i^s < \bar{p}_a \tau_{ai}^\eta$ とする。

先物取引契約による農業財の受給国の効用関数は以下ようになる。

受給国:

$$\begin{aligned} u_i(x_i^{S_z}, k_i^{z+}) &= \psi_i \frac{[(x_{ai}^{S_z} - \bar{x}_a)^{\gamma_{ai}} (x_{mi}^z)^{\gamma_{mi}} (x_{si}^z)^{\gamma_{si}}]^{1-\theta} - 1}{1-\theta} \\ & + (1 - \psi_i) \frac{(k_i^{z+})^{1-\theta} - 1}{1-\theta}, \end{aligned} \quad (22a)$$

where

$$x_{ai}^{S_z} = q_{ai}^z + d_{ai}^z + \eta_{ai}^z + S_i^z. \quad (22b)$$

受給国の農業財の消費量 $x_{ai}^{S_z}$ は、自国で生産された農業財の消費量 q_{ai}^z 、パートナー国から輸入した農業財の消費量 d_{ai}^z 、ROW から輸入した農業財の消費量 η_{ai}^z 、そして先物取引契約によってパートナー国から輸入した農業財の消費量 S_i^z の合計となる。

受給国の代表的家計の所得 y_i^z と次の期の貯蓄 k_i^{z+} は以下のとおりである。

受給国:

$$y_i^z = (\bar{p}_m + r_i^z)k_i + w_i^z + \pi_{ai}^z, \quad (23a)$$

$$k_i^{S_z+} = \frac{y_i^z - \sum_j p_{ji}^{ez} x_{ji}^z - (p_i^s - p_{ai}^{ez})S_i^z}{p_{mi}^{ez}}. \quad (23b)$$

配給国における農業部門の代表的企業の利潤関数は、以下のとおりである。

配給国:

$$\begin{aligned} & \Pi_{ai}(p_{ai}^{vz}, p_i^s, w_i^z, r_i^z, \mathbf{X}_i(\mathbf{T}_i, \mathbf{Z}_i^z), S_i^z) \\ &= \max_{L_{ai}^z, K_{ai}^z} \bar{p}_a F_{ai}^z + (p_i^s - \bar{p}_a) S_i^z N_i \\ & \quad - \sum_{j'} p_{j'i}^{ez} \phi_{j'ai}^z F_{ai}^z - w_i^z L_{ai}^z - r_i^z K_{ai}^z. \end{aligned} \quad (24)$$

市場における農業財の需要と供給は一致する。

$$\begin{aligned} & q_{ai}^z N_i + (1 - \Xi_{ai}^z)(1 - \Theta_{ai}^z) \sum_j \mathcal{Y}_{aji}^z \\ & + d_{ai}^z N_i + \Xi_{ai}^z(1 - \Theta_{ai}^z) \sum_j \mathcal{Y}_{aji}^z + \zeta_{ai}^z + S_i^z N_i = Y_{ai}^z. \end{aligned} \quad (25)$$

左辺の項は、左から順番に、自国で生産した農業財の自国での総消費量、自国での中間投入量、パートナー国での総消費量、パートナー国での中間投入量、ROW への輸出量、そして先物取引契約分の農業財の総消費量を示す。

4. おわりに

本稿では、多産業開放経済モデルを応用することにより、国際的なリスクシェアリング協定がもたらす、干ばつリスク低減による家計の期待効用水準の上昇効果や、農業部門の作付け農地拡大インセンティブに対する効果等を分析するためのモデルを定式化した。

今後は、現実の国家を対象にした数値計算を行い、リスクシェアリング協定の効果を定量的に分析する予定である。その際、協定のパートナー国には、干ばつリスクの相関が低い国家を選択する必要がある。干ばつリスクを定量的に把握するために水文学研究と連携しながら、食糧政策の議論に資するケーススタディを示すことを考えている。

参考文献

- 1) UN Department of Economic and Social Affairs: The Global Social Crisis: Report on the World Social Situation 2011, ISBN 978-92-1-130304-9, June 2011.
- 2) World Food Summit: Rome Declaration on World Food Security, FAO Corporate Document Repository, November 1996.

- 3) FAO: The State of Food Insecurity in the World 2006: Eradicating World Hunger - Taking Stock Ten Years after the World Food Summit, 2006.
- 4) Nelson, C. H. and Loehman, E. T.: Further toward a theory of agricultural insurance, *American Journal of Agricultural Economics*, vol. 69, pp. 523-531, 1987.
- 5) Roberts, M. J., Key, N., and O'Donoghue, E.: Estimating the extent of moral hazard in crop insurance using administrative data, *Review of Agricultural Economics*, vol. 28 (3), pp. 381-390, January 2006.
- 6) ASEAN Plus Three Emergency Rice Reserve (APTERR): Home Page. Available at <http://www.apterr.org/>
- 7) Trethewie, S.: The ASEAN Plus Three Emergency Rice Reserve (APTERR): cooperation, commitment and contradictions, NTS Working Paper Series No. 8, March 2013.
- 8) Briones, R. M.: Regional cooperation for food security: the case of emergency rice reserves in the ASEAN Plus Three, ADB Sustainable Development Working Paper Series, No. 18, November 2011.
- 9) Calzadilla, A., Rehdanz, K. and Tol, R. S. J.: The GTAP-W model: accounting for water use in agriculture, Working Paper of Kiel Institute, 2011.