

第 5 講 外部性 (2) 環境税と排出権取引 (テキスト p.144–150)

先生「環境政策として、ボーモル・オーツ税と排出権取引を説明します」

花子「難しそう」

1. モデルの設定

2 つの企業 A, B が、環境に負荷を与える財を生産している。各企業の利潤関数を、

$$\pi_A = 60x_A - \frac{1}{8}(x_A)^2 \quad (1)$$

$$\pi_B = 40x_B - \frac{1}{8}(x_B)^2 \quad (2)$$

とする。 x_A は企業 A の生産量、 x_B は企業 B の生産量を表す。

問題 1 利潤が最大となる生産量 $(\hat{x}_A, \hat{x}_B)$ を求めよ。また、このときの利潤 $(\hat{\pi}_A, \hat{\pi}_B)$ を求めよ。

$$(\hat{x}_A, \hat{x}_B) = (240, 160), (\hat{\pi}_A, \hat{\pi}_B) = (7200, 3200)$$

生産物 1 単位あたり 1 単位の汚染物質が排出されると仮定する。排出量を Q_A, Q_B とすると、 $Q_A = x_A$, $Q_B = x_B$ である¹。

環境基準を達成するために、総生産量に上限を設定する。

$$x_A + x_B \leq 120 \quad (3)$$

問題 2 (3) 式の制約のもとで、総利潤が最大となる生産量 (x_A^*, x_B^*) と利潤 (π_A^*, π_B^*) を求めよ。

$$(x_A^*, x_B^*) = (100, 20), (\pi_A^*, \pi_B^*) = (4750, 750)$$

(1), (2) 式より、各企業の限界利潤 (Marginal profit, MP) は次式で与えられる。

$$MP_A = \frac{d\pi_A}{dx_A} = 60 - \frac{1}{4}x_A \quad (4)$$

$$MP_B = \frac{d\pi_B}{dx_B} = 40 - \frac{1}{4}x_B \quad (5)$$

問題 3 ヨコ軸を x_A として、(4) 式の MP_A を図示せよ。また、問題 1 の $\hat{\pi}_A$ 、問題 2 の π_A^* がどの図形の面積かを調べよ。企業 B についても同じように調べよ。

問題 4 $\hat{x}_A$ からスタートして、企業 A の生産量を z だけ減らしたとする。利潤の減少分を z を用いて表せ。

$$z^2/8$$

$(\hat{x}_A, 0)$ を原点として、左方向に z 軸を引く。限界利潤曲線 MP_A は、企業 A が汚染物質の排出量を減らすときの追加的な費用 (生産を減らすときの追加的な利潤減) を表している。限界排出削減費用という (145 ページ)。

2. 直接規制

政府が、 $(x_A, x_B) = (100, 20)$ とするように命令する。総利潤が最大化される。

3. ボーモル・オーツ税

政府は、(3) 式の環境基準を達成するために、各企業に税率 t の従量税を課す。

¹生産量 x と汚染物質排出量 Q の関係を一般化しても、定性的には結論は同じ (たとえば、 $Q = f(x)$) 。

企業の最適化問題

$$\max_{x_A} \pi_A = 60x_A - \frac{1}{8}(x_A)^2 - tx_A \quad (6)$$

$$\max_{x_B} \pi_B = 40x_B - \frac{1}{8}(x_B)^2 - tx_B \quad (7)$$

最適生産量

$$x_A^* = 240 - 4t \quad (8)$$

$$x_B^* = 160 - 4t \quad (9)$$

(8), (9) 式を (3) 式に代入する.

$$t \geq 35 \quad (10)$$

企業 A は, $MP_A = t$ を満たす生産量 x_A^* を選択する. 企業 B も同じ. 政府は, 企業の技術 (利潤関数) を知らないので, 適当に税率を決める. $x_A^* + x_B^* > 120$ のときは税率を上げる. 最終的に, $t = 35$ まで税率を上げると, (3) 式の環境基準が達成される.

問題 5 $t = 35$ とする. 利潤 π_A, π_B および, 税収 $T = t(x_A + x_B)$ を求めよ. また, 総余剰が問題 2 の総利潤に一致することを確認せよ. $(\pi_A, \pi_B, T) = (1250, 50, 4200)$

4. 排出権取引

排出権を市場で取引するしくみを作る. 仮定より, 企業の排出量は, $Q_A = x_A, Q_B = x_B$ である. 当初の排出権の割当てを $(x_A^o, x_B^o) = (60, 60)$ とする. 割当以上の排出を望むときは, 排出権を購入する. 割当以下の排出を望むときは, 排出権を売却する.

排出権価格が p_r のときの企業の最適化問題

$$\max_{x_A} \pi_A = 60x_A - \frac{1}{8}(x_A)^2 - p_r(x_A - x_A^o) \quad (11)$$

$$\max_{x_B} \pi_B = 40x_B - \frac{1}{8}(x_B)^2 - p_r(x_B - x_B^o) \quad (12)$$

最適生産量

$$x_A^* = 240 - 4p_r \quad (13)$$

$$x_B^* = 160 - 4p_r \quad (14)$$

排出権のネットの需要

$$d_A = x_A^* - x_A^o = 180 - 4p_r \quad (15)$$

$$d_B = x_B^* - x_B^o = 100 - 4p_r \quad (16)$$

市場均衡条件

$$d_A + d_B = 0 \quad (17)$$

(15), (16) 式を (17) 式に代入すると, 均衡価格が得られる.

$$p_r^* = 35 \quad (18)$$

(18) 式の価格のもとで, 排出権 40 単位が取引きされる. 均衡では, $(x_A^*, x_B^*) = (100, 20)$. 問題 2 の総利潤が最大となる生産量が実現できる.

問題 6 排出権取引による企業 A, B の利得を求めよ. 企業 A の利得 200, 企業 B の利得 200

太郎「前回の外部性の話と似てるね」
