

工業排水処理問題のゲーム論的解法

01604094 追手門学院大学 *見市 晃 MIICHI Akira

01401144 関西大学 中井暉久 NAKAI Teruhisa

日本圧着端子製造 木田雅司 KIDA Masashi

1 はじめに

日本の下水道普及率を西欧並に近づけるために下水処理場や管渠の建設が進められているものの、平成7年度末における下水道処理人口普及率の目標は55%にとどまっておらず、大阪湾を例にとると、水質は環境基準値に達せず新たな工業排水の排出規制強化が見込まれている。製造業は、生産に伴う汚濁物のための処理装置にさらに投資する必要がある。そこで、工場排水をある期間公共下水道に放流することを黙認して貰う代わりに、環境改善のための原資を目的税の形で支払いたいと考えたとする。地方行政機関は下水道普及率の向上が愁眉の目的であるが、下水道敷設工事には莫大な資金が必要となる。このように製造業と地方行政機関の両者の間には、基本的な利害が一致する。このような状況に対する対策として米国で提案された「工業排水を有償で排出する権利=排出権」という考え方を基に、この問題をゲームの理論を用いて考察する。

2 問題の定式化

製造業をプレイヤー1、製造業の属する地方行政機関をプレイヤー2とする。両者の中で排出権売買が行われる際、製造業と地方行政機関は以下のように振る舞うと考えられる。

・製造業、すなわちプレイヤー1

製造業は自社で汚濁物質を処理するよりも、排出権を購入しそれを行使して処理を地方行政機関に委託した方が安上がりであると判断されるなら、できるだけ多く排出権を購入して生産したいと当然考える。しかし相手プレイヤーである行政機関が提示した排出権売却量が希望購入量未満であれば、残りの汚濁物質は自社で処理せざるを得ない。この点に関しては地方行政機関の方が優位の立場にあるとしている。

・地方行政機関、すなわちプレイヤー2

製造業が排出権を行使して下水管へ放流する際、とくに有害物質を含む場合には、製造業が責任をもって規定した水質になるよう処理することを要求する。地方行政機関は製造業の排水の処理を肩代わりするわけであるが、製造業に排出権を大量に行使されるとそれらを処理しきれないという状況に陥る可能性がある。しかしながら、一方では、地方行政機関は、排出権を売却して下水道敷設工事費などを捻出しようとするならば、ある程度の量は売らなければならないであろうし、陽には現れないが地方産業の活性化や雇用の促進が図られるという局面もありうる。

このように、利害において両者の関係は完全に対立しているわけではなく、非協力非ゼロ和ゲームとして取り扱われる。

3 使用記号の説明

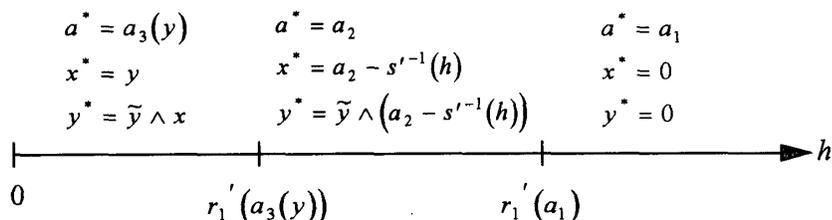
- $r_1(w)$: 生産によって得られる製造業の利益。単調増加凹関数。
- $s(w)$: 汚濁物を自社で処理する場合に要する費用。単調増加凸関数。
- h : 排出権（汚濁物を未処理のまま下水管に排出できる権利）の価格。（線形増加関数）。
- $r_2(w)$: 製造業の生産活動によって得られる行政の利益。単調増加凹関数。
- $\alpha(w)$: 行政機関の下水処理場における汚濁物を処理する費用。単調増加凸関数。
- a : 製造業（プレイヤー1）の戦略。発生する排水量〔トン〕。
- x : 製造業（プレイヤー1）の戦略。排出権の希望購入量〔トン〕。
- y : 行政（プレイヤー2）の戦略。排出権の売却量〔トン〕。
- $z(x, y)$: 両者の間で取り引きされる排出権の量〔トン〕。

全ての関数は微分可能であり、また、全ての w に対して $s(w) > \alpha(w)$ である。取引は市場原理より $z(x, y) = x \wedge y$ である。

問題は以下のように定式化される。

$$\left\{ \begin{array}{l} M_1(a, x, y) = r_1(a) - s(a - z(x, y)) - h(z(x, y)) \rightarrow \max_{a, x} \\ M_2(a, x, y) = r_2(a) + h(z(x, y)) - \alpha(z(x, y)) \rightarrow \max_y \\ \text{subject to} \\ a \geq 0, 0 \leq x \leq a, y \geq 0 \end{array} \right.$$

Nash均衡解 (a^*, x^*, y^*) は、 h の値により下図のように定められる。



ただし、' は第1次導関数を示し、 $\tilde{y} = a'^{-1}(h)$ 、 $r_1'(a) = s'(a)$ の解 a を a_1 、 $r_1'(a) = h$ の解 a を a_2 、 $r_1'(a) = s'(a - y)$ の解 a を $a_3(y)$ とおく。

4 数値解析

製造業と行政の最適解は異なるが行政優位という考えに立って大阪湾に汚濁負荷を与える地域を例にとり計算を行った。その結果取り引きされる排出権の年額は、大阪府では64.7億円、兵庫県では2858億円、京都府では32.5億円、奈良県は1608億円となった。

4 結論

日本では未だ一般的でない排出権の売買による成果を予想したわけであるが、米国では、わずかであるが排出権市場が出現し企業間で取引が行われたという報告もなされている。排出権取引において行政が、常に主導的立場をとることが必要と考えられる。

本研究で多くの助言を賜った大阪大学 盛岡 通教授、石井博昭教授ならびに京都大学名誉教授 三根久先生に深謝いたします。