

水道コンセッション事業のための 契約スキームと経済的効率性

大西 正光¹・村上 武士²・Wu Peiwei³・小林 潔司⁴

¹正会員 京都大学准教授 防災研究所 (〒 611-0011 京都府宇治市五ヶ庄)

E-mail: onishi.masamitsu.7e@kyoto-u.ac.jp

²学生会員 京都大学大学院工学研究科都市社会工学専攻 (〒 615-8540 京都市西京区京都大学桂)

E-mail: takeshi.m@hotmail.com

³学生会員 京都大学大学院工学研究科都市社会工学専攻 (〒 615-8540 京都市西京区京都大学桂)

E-mail: wu.wei.84x@st.kyoto-u.ac.jp

⁴フェロー会員 京都大学教授 経営管理大学院 (〒 606-8501 京都市左京区吉田本町)

E-mail: kobayashi.kiyoshi.6n@kyoto-u.ac.jp

都市における水道インフラ整備には、大規模な投資費用を要する。開発途上国では、政府の資金調達能力に限りがあるため、一定期間、民間事業者に事業権を譲渡するコンセッション方式が用いられることも少なくない。コンセッションあるいは PPP 事業において、高い Value for Money (VFM) を確保するための重要な要素として、競争性の維持がしばしば指摘される。競争性を担保するための一般論としては、一般競争入札を通じて事業者選定が望ましいとされる。しかし、発注者が効率的な要求水準を設定できるほど、情報を有している保証はない。さらに、水道事業は長期にわたるため、不確実性が介在する環境では、設定した要求水準も将来には望ましいとは限らない。本研究では、水道事業における要求水準設定の困難性を考慮した水道コンセッションにおける入札ルールに関する規範的分析を行う。

Key Words : public-private partnership, water concession, bidding system, contract theory

1. はじめに

都市における水道インフラ整備には、大規模な投資費用を要する。開発途上国では、政府の資金調達能力に限りがあるため、一定期間、民間事業者に事業権を譲渡するコンセッション方式が用いられることも少なくない。コンセッション方式では、民間事業者はインフラサービスを提供する一方、利用者からサービス対価として料金を徴収する権利を得る。こうして、民間事業者は、サービス対価のキャッシュフロー収入により投下した資金の回収を行う。

コンセッションあるいは PPP 事業において、高い Value for Money (VFM) を確保するための重要な要素として、競争性の維持がしばしば指摘される。競争性を担保するための一般論としては、一般競争入札を通じて事業者選定が望ましいとされる。例えば、建設事業では最低価格を提示した応募者が受注する最低価格ルールが適用されている。しかし、比較的シンプルな仕様規定に基づく建設事業であっても、低価格入札問題など、単純な一般競争入札による弊害が多く指摘されている。したがって、入札ルールは、事業特性や契約環境を勘案しながら制度設計する必要がある。

水道の配管ネットワークは、事業の開始時点にすべ

て投資を実施するわけではない。都市の発展のスピードには不確実性が存在する。したがって、事業開始時点で長期にわたる要求水準を決めるのではなく、都市の発展のスピードに歩調を合わせながら逐次投資を行う方が効率的である。逐次投資を前提としているという点において、水道事業は、投資が初期に一括で実施される道路、鉄道事業とは本質的に異なる。本研究では、水道事業における要求水準設定の困難性を考慮した水道コンセッションにおける入札ルールに関する規範的分析を行う。本研究で提示するモデルにより、水道コンセッション事業においてしばしば見受けられる再交渉¹⁾が発生するメカニズムが明らかになる。また、その上で、水道コンセッション事業における次善的入札方式を提示する。

以下、**2.**では、本研究の基本的考え方を説明し、対象とする水道コンセッション事業における入札方式の分類を行う。**3.**では、社会的最適な配管投資モデルを定式化し、ファーストベスト解が満たす条件と性質を明らかにする。**4.**では、発注者が民間事業者の有する技術に関する情報（費用関数）に関して完備情報が成立している場合には、セカンドベスト解を導くことができることを示す。**5.**では、発注者が民間事業者の有する技術に関する情報について不完備情報であれば、接続

数を入札させるよりも、水道単価を入札させる方式が望ましいことを指摘する。6. では、本研究の結論を取りまとめるとともに、残された課題について言及する。

2. 本研究の基本的考え方

(1) 既存の研究概要

コンセッション、あるいは民間の権限と責任を拡大したスキームの包括的呼称である **Public Private Partnership (PPP)** に関する既往研究は、建設マネジメントの分野や経済学の分野で多く蓄積されている。従来、公共セクターが担ってきたインフラ整備及び運営に係る権限を民間セクターに契約を通じて譲渡する PPP の有用性に関する多くの理論的・実証的研究が行われている。PPP では、民間主体への適切なリスク移転を通じてインセンティブを引き出すことが可能となり、事業の **VFM** を改善できるとされている²⁾。PPP では、当該事業のキャッシュフローのみを担保として資金調達を行うプロジェクトファイナンス方式を一般的に採用する。プロジェクトファイナンスにおける適切なリスク分担により、公共主体と民間主体のインセンティブを通じて、事業の効率性を改善できる³⁾⁻⁷⁾。

一方で、PPP の有用性に対する懸念や付随する問題に関する指摘も少なくない。PPP では事業運営者の選定等、執行プロセスに関する情報に関しての情報が民間にシフトするため、アカウントビリティの観点から問題が指摘されている⁸⁾。また、PPP では資金調達や契約のアレンジに要する費用が高額であるため、必ずしも **VFM** の改善に寄与していないという指摘もある⁹⁾。さらに、**Guasch**¹⁰⁾ は、特に南米におけるコンセッション事業の実態を通じて、事業期間中が再交渉が度々行われており、当初の契約が無効化する事例が多いことを指摘している。

以上のように、2000 年代に入り、PPP が世界的に普及した以降も、PPP の功罪について多くの議論が行われてきた。しかし、PPP によるインフラ開発は、開発途上国において今日に至るまで活発に行われて、付随する問題を段階的に改善しながら、より望ましい制度を模索するアプローチが現実的である。望ましい PPP 制度も事業セクターごとに技術的、社会的環境条件が異なるため、セクターごとの特徴を考慮した制度設計が求められる。本研究では、水道サービス事業を対象としたコンセッションにおける入札契約制度に着目し、経済的効率性の観点から制度設計に資する知見を得ることを目的とする。

(2) 水道コンセッション

水道サービス事業は大規模な投資が必要となるため、自然独占が生じるセクターとして、公的サービスの対象とされてきた。したがって、水道サービスの伝統的な供給スキームでは、行政あるいは公営企業のような公的セクターが権限と責任を有していた。伝統的スキームの下では、公的セクターの財政的信用を背景として整備費用の資金調達を行ってきた。

しかし、開発途上国では、徴税システムの未成熟、政府の財政的ガバナンス上の問題などの要因により、必ずしも公的セクターの信用は十分ではない。**Engel** 等¹¹⁾ は、信用力の低い政府 (**credit-rationed governments**) がコンセッションを含む民間資金を活用した **Public-Private Partnership (PPP)** を活用することで、追加的な資金調達が可能にあると指摘している。すなわち、当該プロジェクト自体は収益性があるにも関わらず、公的セクターが当該キャッシュフローを事業オーナーが保有する別の目的に利用されることを防ぐために、プロジェクトファイナンスを採用する PPP (**Public Private Partnership**) が有効であると主張している。PPP では、対象事業から発生するキャッシュフローのみを担保として資金調達が行われるプロジェクトファイナンスを原則としている。事業オーナーの信用が低く、信用プレミアムが高い場合には、当該プロジェクトのキャッシュフローを担保として資金調達を実施するプロジェクトファイナンスの方が融資契約の成立する可能性が高くなることを理論的に示している³⁾⁻⁷⁾。

以上のように、特に公的セクターの財務的制約を背景として、水道サービス事業では、民間事業者に運営の権限あるいはその一部を委譲するモデルが適用される事例が少なくない。水道サービス事業において PPP と呼ばれる事業スキームには、完全民営化、コンセッション、**アフェルマージュ** (リース)、**マネジメント** といった方式がある。ただし、水道事業は、事業自体の収益性がそれほど高くない、及び既存サービスが存在するといった特徴があり、その条件でより民間の参入を高めたい場合、契約期間を長期に設定し、既存の事業運営権を委譲する、コンセッション契約の形態が採られることが一般的である¹²⁾。

コンセッション契約では、コンセッションネアと呼ばれる民間企業が運転・維持管理、料金徴収、ファイナンスといった幅広い業務の他、配管や水源の施設投資も契約時に策定した計画に沿って実施する。一方、公的機関は資産を保有し、規制機関として民間企業の運営状況を管理、規制する役割を持つ。規制は、契約時に提示された、コンセッション期間に満たされるべきサービス条件のモニタリングにより実施される。

サービス条件は、料金とその改定方法、水質・水圧・

給水時間等のサービス品質、及び新規接続・漏水対策等の投資行動等から構成され¹²⁾、各期間の目標値が数値設定され、その条件が満足された場合とされない場合の報酬と罰則についても規定される。

契約期間は一般的に 25 年から 30 年程度であり、競争入札により運営企業が選定される。入札選定条件は、上記の規制機関より提示された各種サービス条件をを満足したうえ、運営開始後の平均水道料金（10 年程度の中期間）を競争入札させ、最低価格を入札した会社が勝者とされることが一般的な手続きである¹³⁾。料金水準はその後、5 年程度毎に規制機関と協議のうえサービス条件の再計画と料金の改定が実施される、一方、南米では、水道料金ではなく、接続数あるいは普及率に関して競争入札を行う例も存在する¹⁴⁾。

水道給水管のネットワークについては、事業当初の 1 時点で投資を完了するわけではない。都市の発展は段階的であるため、まだ未発展の地域に対しても一律に水道サービスを拡充することは必ずしも効率的ではない。都市の発展スピードには、不確実性も伴う。したがって、水道ネットワークの拡充にあたっては、都市の発展のスピードに応じて適応的に実施する方が効率的となる。このように、水道事業の特性には、投資が 1 時点ではなく、継続的、逐次的に実施されるという特性がある。長期で運営権を付与するコンセッション契約自体は、他のインフラ分野においても実施されているが、この点が他分野と比較して水道事業を特徴付ける事業特性である。

(3) 水道管接続の過小投資問題

水道インフラ整備事業へのコンセッション方式の適用事例は、世界的にの少なからず事例が蓄積されている。途上国の都市部において、水道接続の増加は各家庭の厚生向上に資するため、住民は早期のサービス接続を希求する。水を豊富に利用する比較的豊かな地域から順に水道管が整備されていく。一方、拡大する周縁地域に居住する貧困家庭層は使用水量が少なく、サービス拡張しても採算が合わない、あるいは利潤追求の目的と合致しないため、民間企業は接続のための投資を遅らせる傾向が強い。その結果、水道をあまり使用しないであろう比較的貧しい地域への投資が後回しになることも少なくない。また、政府の目標レベルを結果的に満足しない、満足させるためには料金値上げの要求をしないといたケースが少なくない。Guasch *et al.* (2006)¹⁵⁾は、世界のコンセッション事業における多くのケースで再交渉が行われていることを指摘している。また、Guasch *et al.* (2003)は、こうした契約の再交渉がコンセッション契約の不完全にしか強制されていないために生じると指摘しており、不完備契約理論に基づいて、その発

生メカニズムを説明している。しかし、Guasch *et al.* (2003)では、入札方式が事後的な再交渉の可能性に与える影響については分析していない。

(4) 水道コンセッションの事業者選定プロセス

コンセッション事業における VFM 向上のための重要な原理の 1 つが競争性の確保である。そのための典型的な制度が一般競争入札の実施である。特に、世界銀行等の国際金融機関が参画する事業では、WTO ルールに準じており、国際的な一般競争入札が行われる。国際金融機関が参画する事業が多い南米では、1980 年代中頃から 2000 年までに実施された上下水道事業のコンセッション事業の 129 件のうち、125 件が一般競争入札で実施されており、4 件のみが 2 者間交渉によって契約が締結されている¹⁰⁾。

水道事業では、事業の経済的パフォーマンスを規定するパラメータとして、1) 水道料金と 2) 接続数の 2 つがある。したがって、一般競争入札における方式も、どのパラメータを誰が決めるか、どのパラメータを評価軸とするのかに応じて、いくつかのバリエーションが存在する。例えば、ブエノスアイレスの水道コンセッション事業¹⁰⁾では、契約条件に具体的な投資レベルは含まれないものの、水道普及率や下水道普及率といったパラメータに関して、年次ごとの目標値を設定している。その上で、2 段階のプロセスによって事業者を選抜する。第 1 段階では、技術的能力、管理能力、財務的能力の観点から、数社の候補を選抜する。次に、第 2 段階では、選抜された候補者の中での競争入札が行われ、最も安い価格（料金単価）で応札した応札者が事業権を獲得する。

マニラの水道コンセッション事業では、政府が新規上水道普及率（new water supply coverage targets）と下水道普及率（sewerage coverage targets）に関する目標値を提示する。また、政府は、コンセッション以前に適用していた基準単価（baseline tariff）を提示する。応札者は、基準単価に対して何パーセントの単価で供給できるかを提示し、最も低い値を提示した応札者が事業権を獲得する¹³⁾。

以上のように、水道コンセッション事業では、普及率あるいは接続数についての目標値が発注者によって与えられ、その上で、最も安い単価でサービスを供給する事業者が選抜されるケースが一般的である。こうした選抜方式を最低価格入札方式と呼ぶ。しかし、こうした目標値は、事業開始後の社会的情勢等の影響を受けて、必ずしもそのタイミングで効率的な目標値であるという保証はない。本来、政府が効率的な普及率に関する目標値を設定するためには、事業者の技術についても勘案すべきである。しかし、政府がこうした

表-1 可能な選抜スキーム

		公	民
接続数規定最低価格 落札方式 (方式 CP)	単価		◎
	接続数	○	
価格規定最大接続数 落札方式 (方式 CC)	単価	○	
	接続数		◎
単純最低価格 落札方式 (方式 IP)	単価		◎
	接続数		○
単純最大接続数 落札方式 (方式 IC)	単価		○
	接続数		◎

注) ◎及び○は決定権限を有する主体を示しており、特に◎は入札での評価対象項目である。

技術に関する情報にアクセスが困難な場合は、望ましい目標値を設定できず、価格入札方式が有利となる保証はない。

一方、コンセッション事業者を選択するのに、価格を政府側で決定し、接続数（あるいは普及率）を応札者に提示される方法も考えられよう。このとき、競争入札を通じて、最も高い接続数を提示した応札者が事業権を獲得する。このような事業者の選抜方式を最大接続数入札方式と呼ぶ。

さらに、政府が十分な情報を有さない場合には、政府側で目標値を設定せず、シンプルに単価あるいは接続数のみを提示させる方式も考えられる。最も安価な単価を提示した応札者が事業権を獲得した後、コンセッション事業者は利潤最大化基準に基づき、普及率水準を決定する。これに対して、最も大きい接続数を提示した応札者が事業権を獲得し、コンセッション事業者が利潤最大化基準に基づき、単価を決定する方式も考えられよう。以上整理すると、表-1 に示すように、可能性として 4 つの選抜方式が考えられる。本研究では、経済的効率性の観点から、これら 4 つの選抜方式の下で生じる帰結の比較評価を行う。

3. 社会的最適水道供給モデル

(1) モデル化の前提条件

図-1 に示すような半径の長さが 1 である円の円周上に都市空間が連続的に広がる円周都市モデルを考える。円の中心には、浄水施設が立地しており、円周上の点に水道水を供給するためには、浄水施設と都市空間上の点の間に水道管を敷設する必要がある。円周上の点 O を起点として、点 Z までの円周の長さを $z \in [0, 2\pi)$ と表す。円周上の都市空間には、同質な家計が不均質な人口密度で連続的に分布している。点 O を起点として、人口密度が高い順番に立地しており、人口分布分

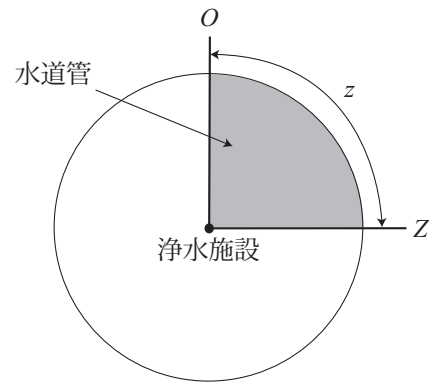


図-1 円周都市モデル

布 $m(z)$ は、

$$m(0) = m_H, \lim_{z \rightarrow 2\pi-0} m(z) = m_L$$

$$m(z) > 0, m'(z) < 0, m''(z) > 0 \text{ for } \forall z \in [0, 2\pi)$$

$$\int_0^{2\pi} m(z) dz = 1$$

を満たす。このとき、区間 $[0, \theta)$ に居住する家計の人口 $M(\theta)$ は、

$$M(\theta) = \int_0^\theta m(z) dz \quad (1)$$

である。

水道単価が p のとき、1 家計あたりの水道使用量 y を $y = x(p)$ と表す。ただし、 $x'(\cdot) < 0, x''(\cdot) > 0$ である。このとき、点 z に居住する家計の水需要量 $Y = X(p, z)$ は

$$Y = X(p, z) = x(p)m(z) \quad (2)$$

と表される。

社会的最適モデル及び民間事業者の行動モデルにおいても、所得分布の単調性から、円周上のいずれかの点において枝管が設置される地域とされない地域の境界点が存在する。以下では、枝管の設置地域と未設置地域の境界点（閾値）を θ と表そう。以上の前提の下では、水道事業のサービス水準は、都市システム全体の水供給量 v と水道サービスの提供エリア θ に依存する。水道事業の費用関数 $C(v, \theta)$ を、

$$C(v, \theta) = cv + D\theta + F \quad (3)$$

と定義する。 c は水道水 1 単位あたりの限界費用、 D は枝管を 1 地点設置するための費用、 F は固定費用を表す。

(2) 社会的厚生最大化問題の定式化

社会的厚生は、消費者余剰と生産者余剰（事業者の利潤）の和で表される。水道水を利用しない家計の消費者余剰を 0 に基準化する。水道単価 p のとき、水道水を利用する家計 1 単位が得る消費者余剰 $v(p)$ は、

$$v(p) = \int_0^{x(p)} (q(s) - p) ds$$

と表される。ただし、 $q(s)$ は家計 1 単位の逆需要関数であり、 $q(\cdot) = x^{-1}(\cdot)$ である。したがって、家計全体の集計的消費者余剰 $V(p, \theta)$ は

$$V(p, \theta) = v(p)M(\theta)$$

と定式化できる。また、事業者の利潤関数（生産者余剰） $r(p, \theta)$ は、

$$r(p, \theta) = (p - c)x(p)M(\theta) - D\theta - F$$

と定式化できる。したがって、社会的余剰 $W(p, \theta)$ は、

$$W(p, \theta) = w(p)M(\theta) - D\theta - F \quad (4)$$

$$w(p) = \int_0^{x(p)} (q(s) - c)ds \quad (5)$$

と定式化できる。なお、後の分析において、内点解のみに焦点を絞るため、技術的理由から便宜的に

$$m^{-1}(D/w(c)) < 2\pi \quad (6)$$

を仮定しておく。

(3) ファーストベスト解

ファーストベスト解は、 p 及び θ に関する社会的厚生最大化問題

$$\begin{aligned} \max_{p, \theta} W(p, \theta) \\ \text{s.t. } p \geq 0, 0 \leq \theta < 2\pi \end{aligned}$$

の解として定式化できる。最大化問題の 1 階条件式より、ファーストベスト解 p^{fb}, θ^{fb} は、

$$p^{fb} = c \quad (7)$$

$$\theta^{fb} = m^{-1}(D/w(c)) \quad (8)$$

と導出できる。なお、仮定 (6) より $\theta^{fb} < 2\pi$ である。

ファーストベスト解において、水道単価は限界費用と同等の水準に設定される。事業者の利潤は、

$$r(p^{fb}, \theta^{fb}) = -D\theta^{fb} - F \quad (9)$$

となり、固定費用が伴う企業のファーストベスト解の一般的帰結として、利潤は負となる。

(4) セカンドベスト解

固定費用が存在する場合、理論的に必然的結果として、事業者の利潤は負となる。実際には、事業者の利潤をゼロにする水準で価格が設定されることが多い。セカンドベスト解として、ラムゼイ価格を導出しよう。セカンドベスト解は p 及び θ に関する社会的厚生最大化問題

$$\begin{aligned} \max_{p, \theta} W(p, \theta) \\ \text{s.t. } r(p, \theta) \geq 0 \\ p \geq 0, 0 \leq \theta < 2\pi \end{aligned}$$

の解として定式化できる。

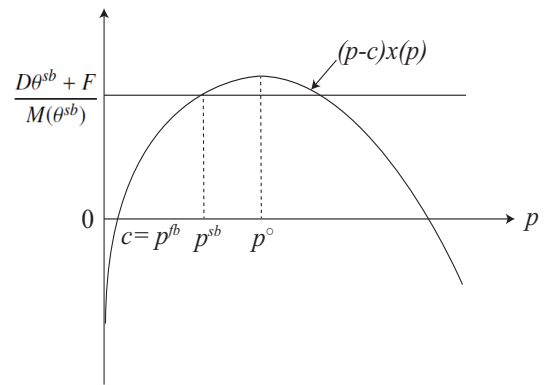


図-2 非負利潤制約の下でのセカンドベスト解

以上の問題の解で、事業者利潤の非負制約条件は等号で成立する（証明は付録参照）。ここで、

$$p^o = \arg \max_p (p - c)x(p) \quad (10)$$

を定義しよう。このとき、ラムゼイ価格 p^{sb} は、接続数に係わらず $p^{sb} < p^o$ が成立する（証明は付録参照）。ラムゼイ価格が接続数と無関係に決まることから、セカンドベストにおける接続数 θ_{sb} は、事業者のゼロ利潤制約

$$(p^{sb} - c)x(p^{sb}) = \frac{D\theta^{sb} + F}{M(\theta^{sb})} \quad (11)$$

を満たす解として求まる。

4. 完備情報入札モデル

(1) 接続数規定最低価格落札方式

発注者が接続数をコンセッション契約上で規定する。応札者は、水道単価を提示し、最低価格を提示した応札者が落札する。民間事業者は発注者が決定する接続数 $\bar{\theta}$ を所与として、以下のように入札水道単価を決定する。

$$\begin{aligned} \min_p p \\ \text{s.t. } r(p, \bar{\theta}) \geq 0 \end{aligned}$$

と表すことができる。

発注者は、民間事業者の価格入札行動 $p(\theta)$ を所与として、

$$\max_{\theta} W(p(\theta), \theta) \quad (12)$$

となる。このとき、最適解は、

$$\begin{aligned} p^{CP} &= p^{sb} \\ \theta^{CP} &= \theta^{sb} \end{aligned} \quad (13)$$

が得られる。

(2) 価格規定最大接続数落札方式

発注者が接続数をコンセッション契約上で規定する。応札者は、水道単価を提示し、最低価格を提示した応札者が落札する。民間事業者は発注者が決定する接続数 \bar{p} を所与として、以下のように入札水道単価を決定する。

$$\begin{aligned} & \max_{\theta} \theta \\ & \text{s.t. } r(\bar{p}, \theta) \geq 0 \end{aligned}$$

と表すことができる。

発注者は、民間事業者の価格入札行動 $\theta(p)$ を所与として、

$$\max_{\theta} W(p, \theta(p)) \tag{14}$$

となる。したがって、価格規定最大接続数落札方式の下では、

$$\begin{aligned} p^{CC} &= p^{sb} \\ \theta^{CC} &= \theta^{sb} \end{aligned} \tag{15}$$

を得る。以上から、得られた結論は、次の**命題 1**として取りまとめられる。

命題 1 発注者が技術情報を有する場合、接続数規定最低価格落札方式及び価格規定最大接続数落札方式の両方式ともにセカンドベスト解を導く。

命題 1 は、発注者が経済効率的な要求水準を規定することができる限りにおいて、価格あるいは接続数のいずれの指標で競争入札を実施しても望ましい帰結を導くことを示している。こうした前提が成立するためには、発注者と競争入札に参加する応札者の間で、水道需要や技術条件に関して完備情報となっていることが要求される。しかし、現実的なコンセッション事業の入札契約環境では、こうした前提条件が妥当するケースはむしろ稀であろう。以下では、不完備情報の場合を考えよう。

5. 不完備情報入札モデル

(1) 単純最低価格落札方式

単純最低価格落札方式では、発注者は特に要求水準を示さず、応札者は単に価格 p を提示し、最低価格を提示した応札者が受注する。実際のコンセッション事業では、発注者が何も要求水準を示さないということは考えにくい。しかし、水道コンセッション事業の場合、広告の際に示される事項は、要求ではなく目標としており、必ずしも法的拘束性があるわけではない。単純化のため、事業者は示された目標水準を達成できない場合にも、罰則を受けないと考える。このとき、事

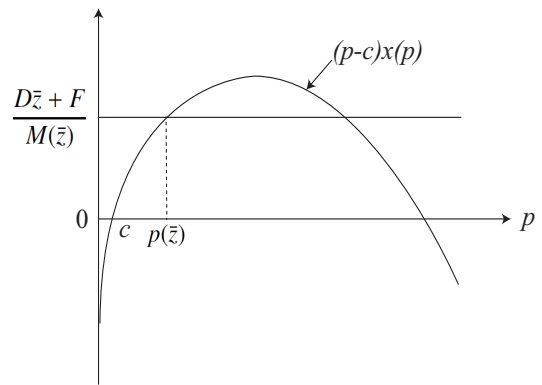


図-3 最適入札価格と接続数

業者の入札行動は、

$$\begin{aligned} & \min_{p, \theta} p \\ & \text{s.t. } r(p, \theta) \geq 0 \\ & p \geq 0, 0 \leq \theta < 2\pi \end{aligned}$$

と表すことができる。以上の最適化問題に関して、次の**補題 1**が成立する（証明は付録参照）。

補題 1 事業者の利潤の非負制約は等号で成立する。すなわち、事業者は必ずゼロ利潤である。

事業者利潤のゼロ利潤条件式は、

$$(p - c)x(p) = \frac{D\theta + F}{M(\theta)} \tag{16}$$

のように変形できる。左辺は、1家計から得られる水道水供給に関する可変的余剰であり、右辺は浄水施設と水道管に関する固定費用の平均費用である。図-3に示すように、 $(p - c)x(p)$ は厳密な凹関数であり、 θ を所与として固定費用部分の平均費用が与えられれば、ゼロ利潤条件を満たす p は2つ存在する。 θ が与えられたものとして、事業者が入札額を決定する場合、ゼロ利潤条件を満たす2つの p のうち、小さい方を選択するであろう。したがって、ゼロ利潤条件を満たす p のうち、小さい方の解を $p(\theta)$ と表そう。このとき、 $p(\theta)$ が満たす1階条件式は、

$$(p(\theta) - c)x(p(\theta)) > 0 \tag{17}$$

である。 θ が式(17)を満足する範囲にある限り、 $p(\theta)$ は $\frac{D\theta + F}{M(\theta)}$ に関して単調増加である。

すなわち、最低価格入札を前提とすれば、 θ を所与とした場合、ゼロ利潤条件を満足する $p(\theta)$ が一意に決まる。したがって、事業者による入札行動は、式(16)の下で、 θ に関して、 $p(\theta)$ を最小化する問題として再定義できる。さらに、 $p(\theta)$ は $\frac{D\theta + F}{M(\theta)}$ に関して単調増加なので、

事業者の入札行動は、

$$\min_{\theta} \frac{D\theta + F}{M(\theta)}$$

と書ける。1 階条件式から、 $M^2(\theta) > 0$ を考慮すると、入札解 θ^{IP} は

$$\theta^{IP} = \frac{M(\theta^{IP})}{m(\theta^{IP})} - \frac{F}{D} \quad (18)$$

を満たす。なお、式 (18) の θ^{IP} の下での浄水施設と水道管に係る平均費用 (= 1 家計あたりの可変的余剰) は、

$$(p^{IP} - c)x(p^{IP}) = \frac{D\theta^{IP} + F}{M(\theta^{IP})} = \frac{D}{m(\theta^{IP})} \quad (19)$$

と表される。以上の分析から得られた結果を **命題 2** として取りまとめておこう。

命題 2 接続数自由決定単価入札方式の下での事業者が選択する入札価格 p^{IP} 及び接続数 θ^{IP} は、式 (18) 及び式 (19) を満たす。

ここで、式 (19) には平均費用に F が含まれていないことに注意しよう。事業者の入札価格戦略は、浄水施設の費用 F の影響を受けず、水道管敷設の限界費用と人口密度分布の影響のみを受ける。さらに、式 (19) の右辺は、点 θ に居住する 1 家計あたりの水道管敷設に係る固定費用分の平均費用を示している。水道供給を行う境界点では、1 家計から得られる可変的余剰と水道管敷設の平均費用がバランスしている。そして、境界点以外の居住地からは正の余剰を得ており、これらの総計が F とバランスする構造になっている。

(2) 単純最大接続数落札方式

単純最大接続数落札方式では、最も多い接続数入札した事業者に対して事業権を与える接続数入札システムを考える。事業者が赤字とならない範囲で、接続数 θ を最大値とするための条件は以下のとおり。

事業者の入札行動は、

$$\begin{aligned} & \max_{p, \theta} \theta \\ & \text{s.t } r(p, \theta) \geq 0 \\ & p \geq 0, 0 \leq \theta < 2\pi \end{aligned}$$

と表すことができる。以上の最適化問題に関して、次の **補題 2** が成り立つ (証明は付録参照)。

補題 2 $p > 0$, $\theta > 0$ 及び事業者の利潤の非負条件が等号で成立するとき、最適価格 p^{IP} について、接続数 θ に関わらず、

$$p^{IP} = p^{\circ} \quad (20)$$

が成り立つ。

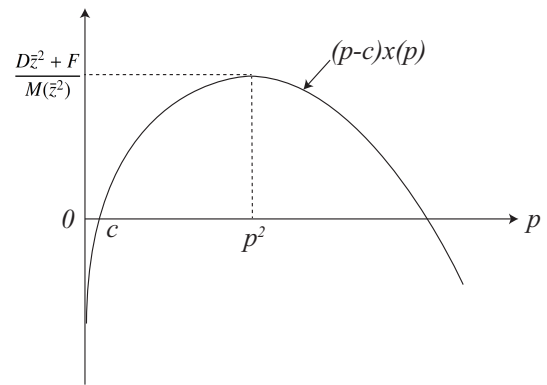


図-4 最適価格と最適入札接続数

事業者のゼロ利潤条件式から、最適接続数 θ^{IC} は、

$$\frac{D\theta^{IC} + F}{M(\theta^{IC})} = (p^{IP} - c)x(p^{IP}) \quad (21)$$

が成立する。最適価格と最適入札接続数は、図-4 で表すことができる。以上の分析結果をまとめると、次の **命題 3** を得る。

命題 3 不完備情報入札モデルでは、単純最低価格落札方式の方が、単純最大接続数落札方式よりも効率的となる。

6. おわりに

本研究では、水道コンセッション事業における入札方式について、経済的効率性の観点から、規範的分析を行った。水道の配管ネットワークは、事業の開始時点にすべて投資を実施するわけではない。都市の発展のスピードには不確実性が存在する。したがって、事業開始時点で長期にわたる要求水準を決めるのではなく、都市の発展のスピードに歩調を合わせながら逐次投資を行う方が効率的である。逐次投資を前提としているという点において、水道事業は、投資が初期に一括で実施される道路、鉄道事業とは本質的に異なる。政府が技術的情報をすべて知っている完備情報入札モデルでは、政府が適切な要求水準を設定することで、セカンドベストを達成できることを明らかにした。一方、政府が技術的情報にアクセスできない不完備情報入札モデルでは、単純最低価格落札方式の方が、単純最大接続数落札方式よりも効率的となることを示した。

付録 I 証明

ファーストベスト解の導出 社会的厚生最大化問題の 1 階条件式は,

$$\frac{\partial W}{\partial p} = (p - c)x'(p) = 0 \quad (\text{I.1})$$

$$\frac{\partial W}{\partial \theta} = w(p)m(\theta) - D = 0 \quad (\text{I.2})$$

である. 式 (I.1) から $p^{fb} = c$ を得る. 式 (I.2) から $w(c)m(\theta) = D$ を得る.

セカンドベスト解の導出 ラグランジュ関数は,

$$\mathcal{L} = M(\theta) \int_0^{x(p)} (q(s) - c) ds - D\theta - F - \lambda r(p, \theta)$$

と定義すると, 最適化の 1 階条件式は,

$$\frac{\partial \mathcal{L}}{\partial p} = (1 - \lambda)M(\theta)(p - c)x'(p) - \lambda M(\theta)x(p) \begin{cases} = 0 & \text{if } p > 0 \\ \geq 0 & \text{if } p = 0 \end{cases} \quad (\text{I.3})$$

$$\frac{\partial \mathcal{L}}{\partial \theta} = w(p)m(\theta) - (1 - \lambda)D - \lambda(p - c)x(p)m(\theta) \begin{cases} = 0 & \text{if } \theta > 0 \\ \geq 0 & \text{if } \theta = 0 \end{cases} \quad (\text{I.4})$$

$$\frac{\partial \mathcal{L}}{\partial \lambda} = (p - c)x(p)M(\theta) - D\theta - F \begin{cases} = 0 & \text{if } \lambda > 0 \\ \geq 0 & \text{if } \lambda = 0 \end{cases} \quad (\text{I.5})$$

と表される. もし $\lambda = 0$ であれば, $p > 0$ 及び $\theta > 0$ のとき, 式 (I.3) を満足しない. したがって, $\lambda > 0$ であり, 事業者の利潤はゼロとなる. また, $p > 0$ のとき, 式 (I.3) は等号で成り立つ. したがって,

$$(1 - \lambda)(p^{sb} - c)x'(p^{sb}) - \lambda x(p^{sb}) = 0$$

となる. p° は,

$$(p^\circ - c)x'(p^\circ) - \lambda x(p^\circ) = 0$$

を満足する. $\lambda > 0$ であれば, $p^{sb} < p^\circ$ が必ず成立する.

補題 1 の証明 最適化問題のラグランジュ関数は

$$\mathcal{L} = p + \lambda r(p, \theta)$$

と定義できる. 最適化の 1 階条件式は,

$$\frac{\partial \mathcal{L}}{\partial p} = 1 + \lambda M(\theta)\{x(p) + (p - c)x'(p)\} \begin{cases} = 0 & \text{if } p > 0 \\ \geq 0 & \text{if } p = 0 \end{cases} \quad (\text{I.6})$$

$$\frac{\partial \mathcal{L}}{\partial \theta} = \lambda(p - c)x(p)m(\theta) - D \begin{cases} = 0 & \text{if } \theta > 0 \\ \geq 0 & \text{if } \theta = 0 \end{cases} \quad (\text{I.7})$$

$$\frac{\partial \mathcal{L}}{\partial \lambda} = (p - c)x(p)M(\theta) - D\theta - F \begin{cases} = 0 & \text{if } \lambda > 0 \\ \geq 0 & \text{if } \lambda = 0 \end{cases} \quad (\text{I.8})$$

と表される. $p = 0$ のとき, 式 (I.8) を満足する解が存在しないため $p > 0$ である. このとき, 式 (I.6) は等号で成立する. さらに, $\lambda = 0$ であれば, 式 (I.6) は等号で成立しないため, $\lambda > 0$ である. このとき, 式 (I.6) は等号で成立し, 事業者の利潤は 0 となる.

補題 2 の証明 最適化問題のラグランジュ関数は

$$\mathcal{L} = z - \lambda r(p, \theta)$$

と定義できる. 最適化の 1 階条件式は,

$$\frac{\partial \mathcal{L}}{\partial p} = -\lambda M(\theta)\{x(p) + (p - c)x'(p)\} \begin{cases} = 0 & \text{if } p > 0 \\ \leq 0 & \text{if } p = 0 \end{cases} \quad (\text{I.9})$$

$$\frac{\partial \mathcal{L}}{\partial \theta} = 1 - \lambda(p - c)x(p)m(\theta) - D \begin{cases} = 0 & \text{if } \theta > 0 \\ \leq 0 & \text{if } \theta = 0 \end{cases} \quad (\text{I.10})$$

$$\frac{\partial \mathcal{L}}{\partial \lambda} = -(p - c)x(p)M(\theta) - D\theta - F \begin{cases} = 0 & \text{if } \lambda > 0 \\ \leq 0 & \text{if } \lambda = 0 \end{cases} \quad (\text{I.11})$$

と表される. $p > 0$ のとき, 式 (I.9) が等号で成立する. $\theta > 0$ かつ $\lambda > 0$ の場合, $M(\theta) > 0$ から, 式 (I.9) より, 均衡入札価格 p^{IP} は θ に関わらず,

$$x(p^{IP}) + (p^{IP} - c)x'(p^{IP}) = 0 \quad (\text{I.12})$$

を満足する.

参考文献

- 1) Davis, J.: Private-sector participation in the water and sanitation sector, *Annal Review of Environment and Resources*, Vol 30, pp. 145-183, 2005.
- 2) Ke, Y, Wang, S. Chan, A. P. C.: Risk allocation in public-private partnership infrastructure projects: comparative study, *Journal of Infrastructure Systems*, ASCE, pp. 343- 351, 2010.
- 3) Shah, S. and Thakor, A. V.: Optimal structure and project financing, *Journal of Economic Theory*, Vol. 42, pp. 209-243, 1987.
- 4) John, T. and John, K.: Optimality of project financing: theory and empirical emlications in finance and accounting, *Review of Quantitative Finance and Accounting*, Vol. 1, pp. 51-74, 1991.
- 5) brealey, R. A., Cooper, I. A. and Habib, M. A.: Using project finance to fund infrastructure investments, *Journal of Applied Corporate Finance*, Vol. 9.3, pp. 25- 38, 1996.
- 6) Esty, B. C.: *The Economic Motivations for Using Project Finance*, Mimeo, 2003.
- 7) Tan, W.: *Principles of Project and Infrastructure Finance*, Taylor & Francis, 2007.
- 8) Forrer, J., Kee J. E., Newcomer, K. E. and Boyer, E.: Public-private partnerships and the public accountability question, *Public Administration Review*, Vol. 70, No. 3, pp. 475-484,

- 2010.
- 9) Shaoul, J. : The Private finance initiative or the public funding of private profit?, in Hodge, G. and Greve, C (eds.): *The Challenge of Public Private Partnerships: Learning from International Experience*, Edward Elgar, 2005.
 - 10) Guasch, J. L.: *Granting and Renegotiating Infrastructure Concessions - Doing It Right -*, WBI Development Studies, World Bank Institute, 2004.
 - 11) Engel, E., Fischer, R. D. and Galetovic, A.: *The Economics of Public-Private Partnerships*, Cambridge University Press, 2014.
 - 12) Marin, P : *Public-Private Partnerships for Urban Water Utilities*, World Bank, 2009.
 - 13) Negishi, T.: *Regulatory Framework for the Manila Water Concessions*, 横浜国際社会科学研究, Vol. 15, No. 1 & 2, pp. 79-95, 2010.
 - 14) Komives K.: *Designing Pro-Poor Water and Sewer Concessions: Early Lessons from Bolivia*, World Bank, 1999.
 - 15) Guasch, J. L. and Straub, S.: Renegotiation of infrastructure concessions: an overview, *Annals of Public and Cooperative Economics*, Vol. 77, No. 4, pp. 479-493, 2006.
 - 16) Guasch, J. L., Laffont, J-J. and Straub, S.: Renegotiation of concession contracts in Latin America, *Policy Research Working Paper*, 3011, World Bank, 2003.

(2016. 4. 22 受付)

Contracting Schemes for Water Concession Projects and Economic Efficiency

Masamitsu ONISHI, Takeshi MURAKAMI, Peiwei WU and Kiyoshi KOBAYASHI

Infrastructure developments in urban area require considerable scale of investment cost. Concession scheme where the right to operate a public service project is transferred to the private for a certain period is often used in developing countries. Competitiveness is one of the key elements for the success of concession projects in terms of value for money (VFM). The general competitive bidding system is seen as the most appropriate method for screening candidates and derive the efficient operation plan. However, setting of the performance requirement is not easy for the project owner technically due to the lack of governments' capability and uncertainty. This paper conducts a normative analysis regarding the bidding system for water concession projects considering the difficulty in setting the performance requirement.