

# 公民連携-PPP-事業のリスク保証と インフラ投資

高森 寛, 高嶋 隆太, 八木 恭子

インフラ資産の再生や新しい創出など、産業活性化へのニーズが高まるなか、民と官がパートナーを組んでの公民連携事業が成立するためのキーとなる条件を明らかにする。政府は、一切、資本拠出をしなくても、リスクへの手当てをすることで、資本の原理、市場の原理に沿って、民間資本をインフラ投資に導引できることを提唱する。そのためには、事業破綻の事態に政府が保証する債務なるものの価値を評価できなければならない。また、エクイティ資本の投資戦略の論理に沿って、事業成立のためには、投資規模に見合っ、どの程度の収益ローが想定されるべきかを割り出すことが重要となる。

キーワード：リスク合同事業、同床異夢のパートナー、リスクとリターンの分担、債務保証の価値、投資規模と想定収益フロー

## 1. はじめに

政府も地方自治体も、厳しい財政状況にある現在、インフラ事業への出資は容易ではない。しかし、劣化したインフラ資産の再生や新しいインフラの創出など、産業活性化へのニーズは高まる一方である。リスクに見合ったリターンが期待できるなら、進んで資本を拠出したい民間資本と、資金はないが、しかし、インフラ・サービスがもたらす市民への便益・福祉を増進し、雇用を創出し、また、産業を振興したい政府が、パートナーを組んでの合同事業が、公民連携-PPP (Public Private Partnership) 事業である。この形態のインフラ事業は、これまで、PFI (Private Finance Initiative) 事業と呼ばれてきた。

本稿では、政府は自らは一切出資はしないが、資本が担うリスクへの手当てをすることで、公民連携のインフラ事業投資へと、少しでも早く、誘導する戦略について分析し、その論理と仕掛けを明らかにする。

## 2. 公民連携-PPP-事業のリスクとリターンの分担の仕組み

### 2.1 合同リスク事業の契約の枠組み

政府が、ある特定のインフラ事業を行う權益をひとつの民間企業に与え、その企業は、必要な初期投資支出  $I$  (億円) を担い、また、インフラ建設の完了後は、引き続き、その企業は、インフラ・サービスの事業運用を行うものとする。言い換えれば、このように、あるひとつの官民連携-PPP-事業に関連して、政府からインフラ投資とその運用を委託される民間企業は、市場経済の原理、資本の論理でしか行動できない利益主体である。以下では、そのように、PPPの合同事業を委託される事業体を、単に、「企業」と呼ぶことにする。

投資支出  $I$  をもって、建設事業が完成して、インフラ・サービスの運用からの収益フローとして、 $x$  (億円/年) が想定されるものとする。この収益フロー  $x$  は、具体的には、営業キャッシュフロー (EBIT, Earnings Before Interest and Tax) とよばれるものに相当し、サービス運用の売上から、運用費用を引いたのネットの収益である。例えば、有料高速道路インフラの建設事業であれば、年間の利用交通需要量の推定と道路の利用料金から年間売上が推定され、それから、年間の運用費用を引くことで、収益フロー  $x$ 、すなわち、EBIT (営業キャッシュフロー) を推定することができる。運用費用には、道路設備の保守・修繕費用なども含まれる。

たかもり ひろし  
LEC 会計大学院 高度専門職研究科  
〒101-0061 千代田区三崎町 2-7-10  
たかしま りゅうた  
千葉工業大学 社会システム科学部  
〒275-0016 習志野市津田沼 2-17-1  
やぎ きょうこ  
秋田県立大学 システム科学技術部  
〒015-0055 由利本荘市土谷字海老ノ口 84-4

ここでは、インフラ事業の建設と完成後のインフラ・サービスの運用を、民間企業に委託して行うという枠組みで、しかも、必要とされるインフラ建設の大規模の投資支出は、主として、二つのタイプの民間資本、エクイティ（株式資本）と負債資本を動員すると想定している。

政府の使命と役割は、これら資本提供者に対するリスク保証を担保して、インフラストラクチャー投資が経済的に成立しやすくすることである。図1に示されるPPPの主要パートナーのうち、政府にとって関心があるのは、インフラ運用サービスが生み出す収益フローではない。むしろ、インフラ投資のタイミングを早める形で、インフラ整備が一般市民にもたらす便益価値の創出、経済波及促進、景気刺激、そして雇用創出である。

一般に、PPP事業で採択される形態は、BOT (Build, Operate and Transfer) と呼ばれるもので、インフラ建設と、建設完了後の定められた運用委託期間 (concession period) の間の運用が民間の請負企業に委託される。委託期間の終了時点で、事業の運用権、事業資産の所有権等が、政府に移譲される。また、運用期間中のさまざまなリスク事態での資本提供側と政府との間の事業果実の帰属にかかわる優先権とリスク負担などについて、取り決めがなされる。

本稿で取り上げる分析モデルでは、基本的には、BOTの形態ではあるが、次のような基本的な契約の枠組みからなる。

### 2.1.1 インフラ事業契約の基本的な枠組み

- 政府が民間の（請負）企業に、インフラ建設（Build）と運用（Operate）を委託する。
- インフラ建設に必要な資本支出額は既知であり、 $I$ （億円）とする。

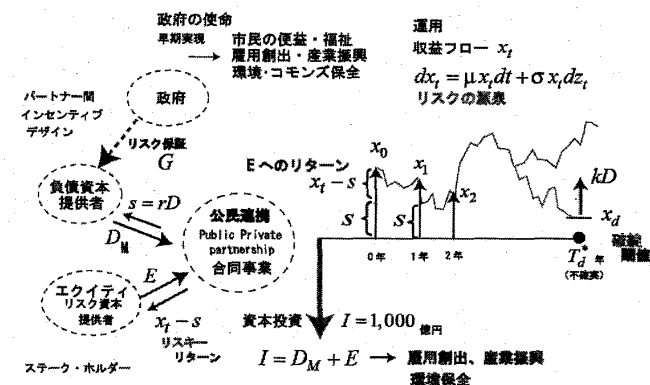


図1 公民連携事業における契約の仕組みと仕掛け—インセンティブ・デザイン

- 資本支出  $I$  を、エクイティ（株式資本）  $E$  と負債資本  $D_M$  で賄う。ここで、負債資本の提供は、永久債の種類として、その額面の値を  $D$  とし、 $D_M$  は、その額面  $D$  に対して、実際に、提供される負債資本の支出額である。また、この  $D_M$  は、事業実施事業体（SPC）が発行する債券  $D$  の市場価値に相当する。政府も  $I_G$  の額の支出をして、エクイティ（株式資本）としての役割を演じる可能性も含まれている。
- 運用委託期間については、特に、期限を設けないが、この運用委託期間においては、企業は負債資本提供者に対して、年あたり  $s=rD$  のレートのクーポン支払いをする。ここで、 $r$  は、初期契約時の長期国債のイールドに等しいとして、あらかじめ、一定の値に定める。本稿では、 $r=0.02$  としている。
- 運用からの収益フロー  $x_t$ （億円/年）、すなわち、EBIT は、年月  $t$  の経過とともに不確実に変動する。その収益から、負債利息  $s$  を支払ったあとの残余は、企業（エクイティ）に帰属する。
- 運用からの収益性が乏しくなった任意の時点で、企業は、その運用権、事業資産の所有権を政府に移譲（transfer）できるものとする。言い換えれば、企業は、事業破たんを決定する権利を有する。この契約条項は、債務履行を政府に肩代わりさせるというプットオプションに相当し、政府が負債提供者に、このプットオプションを渡すことになる。
- 事業破たんによって、政府に事業が移譲された場合、政府が、債権者に、 $kD$  の額を返済するものとする。負債額面  $D$  に対する返済比率  $k$  は、あらかじめ、契約時に取り決める。政府に移譲された事業資産には、価値はないものとする。

このような合同リスク事業の枠組みでは、インフラ投資にかかわるリスクは、究極的には、エクイティ資本  $E$  を投入する（民間）企業にかかってくる。また、そのリスクの本質は、想定される収益フロー  $x_t$  の不確実性にある。一方、政府にとってのリスクは、企業の運営が破綻して、プロジェクト資産の移譲がなされたときに負わされる  $kD$  なる額の債務である。ただし、プロジェクトの収益性が順調に進展して、移譲が起きないケースでは、この債務は顕現化しないので、これは隠れた債務（contingent liability）に相当する。

プロジェクトの収益性が順調に進展した場合、この

隠れた債務は、永久に隠れたままで、政府は、なんらの支出をせずに済む可能性がある。ここで評価したいのは、そのようなオプション的な債務の価値である。そのような価値をめぐって、政府、エクイティ、負債資本の三者の間でのリスクと事業果実の分担が決まる。

### 2.1.2 リスク要因とリスク事態にかかわる契約の価値づけについて

資本支出をする投資家の観点からいえば、その投資にかかわるリスクの根源は、収益フロー  $x$  の不確実性である。

そこで、本稿では、その収益フロー  $x_t$  は、時間の推移とともに、不確実に変動し、微小時間  $dt$  におけるその変動は、

$$dx_t = \mu x_t dt + \sigma x_t dw_t \quad (1)$$

と記述できるものと仮定する。ここで、 $dw_t$  は、ブラウン運動と呼ばれ、標準正規変数  $\varepsilon$  に  $\sqrt{dt}$  を掛けたものである。すなわち、 $dw_t = \varepsilon \sqrt{dt}$  である。また、 $\mu$  は、リスク調整済のドリフト項と呼ばれているものである<sup>1</sup>。

この収益フロー  $x$  は、資本支出  $I$  を実行し、インフラ建設が完成して、そのインフラ・サービスが運用に入ったときに実現されると想定される。資本投下、 $I$  なる額の支出をする以前においては、あくまでも、想定される収益に過ぎない。

大規模な  $I$  (億円) なる額の非可逆的な資本投下をして、インフラ事業が、運用に入ると、しばらくは、順調に収益フローがあったとしても、不確実変動(1)の展開次第では、収益フロー  $x_t$  が、負債資本  $D$  への優先的利息支払いのフロー  $s$  を下回るという事態がありうる。一時的に、短期の期間、 $x_t$  が  $s$  を下回るのであれば、しばらく、赤字運用をしているうちに、また、状況が好転して、 $x_t - s$  が、黒字に転じることは、十分にありうることである。しかし、収益フロー  $x_t$  がある限界値  $x_d$  を下回るにいたった場合は、もはや、インフラ運営を委託された(民間)企業は、それ以後

の長期の利息返済  $s$  を持続し、累積する赤字に耐えられないという展望に立たざるを得ない。この場合は、企業は、委託されたインフラ事業の運用を放棄(exit)して、すべての事業権、事業資産の所有権を政府に移譲する(Transfer)行為をとらざるを得ない。これは、通常の企業経営の世界では、倒産という事態であり、また、債権者  $D$  に対しては、債務不履行(default)という事態である。この研究のモデルでは、インフラ事業契約の枠組みで記述したように、事業を委託されている企業が債務不履行を起こしたときに、政府が、負債額面  $D$  のうち、 $kD$  まで返済する義務を担う契約条項を基本にしている。

### 2.2 民間資本の行動原理とそのインセンティブについて

インフラ事業に  $I$  (億円) なる投資資本を提供するのは、エクイティ資本  $E$  (億円)、負債資本支出  $D_M$  (億円) とする。

本稿の目的のひとつは、当該のインフラ事業を、民間資本  $E$  および  $D$  にとって、十分に魅力のある投資とするために、政府がどのようなリスク保証をすることがありうるかを分析評価することである。そのようなリスク保証は、インフラ事業の建設や初期の段階では、なんら支出を生じないので財政負担とならない。しかし、インフラ事業の長い運用期間のある段階において、経済環境の不測の状況次第では、政府は残債債務という大きな支払いが請求される。それは、後の世代に対して、隠れた条件つき負債(contingent liabilities)を背負わせる策である。本稿では、そのようなリスク保証が民間資本に与える価値貢献と、また、政府にとってのそのような隠れた債務の大きさ(価値)を評価する。

## 3. リスク保証の債務価値と事業促進効果

### 3.1 事業破綻の意思決定モデル

インフラ事業の建設が完成して、インフラ・サービス運用に入ったとしても、収益フロー  $x$  が、(1)式に従って不確実に変動する過程で、ある水準  $x_d$  まで落ち込んでしまうと、営々と負債へのクーポン支払い  $s$  を続けるよりは、企業は、事業放棄して政府に移譲できるという契約上の権利を行使する。収益フローが  $x_d$  の水準に、はじめて落ち込む時点を  $T_d$  とすると、企業は、その事業放棄の意思決定を、

$$E(x) = \text{Max}_{T_d} E \left[ \int_t^{T_d} e^{-r(u-t)} (x_u - s) du \right] \quad (2)$$

<sup>1</sup> 実際に観測される収益フローの変動を、 $dx_t = \alpha x_t dt + \sigma x_t dw_t$  とし、この収益フローに対するリスク調整済み割引率を  $\rho$  とした場合、 $\rho - \alpha = \delta$  は、コンビニエンス・イールドと呼ばれ、ここでいうリスク調整済みのドリフト項は、 $\mu = r - \delta = r - (\rho - \alpha)$  に相当する。また、リスク調整済み割引率は、CAPM モデルから、 $\rho = r + \lambda_M \sigma \rho_{iM}$  となる。ここで、 $\lambda_M$  はリスクの市場プレミアム、 $\rho_{iM}$  は、当該事業  $i$  の収益リターン  $dx/x$  と、市場資産のリターン  $dR_M/R_M$  との相関係数である。ここでは、 $\delta = r - \mu > 0$  であることを仮定する。すなわち、 $r > \alpha$  を仮定する。

に基づいて行うであろう。この(2)は、その事業破綻の時点  $T_d = \inf\{t > 0 | x_t < x_d\}$  までの累積収益の現在価値である。この最適な資産移譲タイミングの選択は、企業  $E$  (エクイティ) が行うのであるが、(2)の最適化を実現する移譲の閾値  $x_d$  は、

$$x_d = \frac{\beta_2}{\beta_2 - 1} (r - \mu) \frac{s}{r} = \beta_2' (r - \mu) D \quad (3)$$

であることを示すことができる (文献[2][3]参照)。ただし、 $\beta_2' = \beta_2 / (\beta_2 - 1)$ 、 $D = s/r$  である。また、 $\beta_2$  は、二次方程式

$$\sigma^2 \beta (\beta - 1) / 2 + \mu \beta - r = 0 \quad (4)$$

の負の根である。

### 3.2 潜在債務とリスク保証の価値は、どのように評価できるか

収益フローが、ある時刻  $t$  で、 $x$  の水準にあるとして、それが(1)の変動をする将来の過程で、 $x_d$  のレベルに初めて落ち込んだとき、1単位の金額 (例えば1億円) を取得する権利資産 (オプション資産) の価値  $V(x)$  は、

$$V(x) = (x/x_d)^{\beta_2} \quad (5)$$

であることが知られている (文献[2]~[4]参照)。この式は、不確実な時刻  $T_d$  に受取る金額を現在価値に変換する割引率であると解釈できる。

政府は、収益フローが、 $x_d$  のレベルに落ち込んだとき、 $kD$  億円を支払う義務を負っているのであるから、それを受取る権利者である負債資本提供者が保有する権利の価値は、

$$G = (x/x_d)^{\beta_2} kD \quad (6)$$

ということになる。また、これが、政府によるリスク保証が担う隠れた債務の現在価値であると解釈できる。

いま、インフラ運用からの収益フロー  $x_0 = 60$  億円が想定され、また、政府が  $G = 1,000$  億円というリスク保証をしよう。このとき、上記(3)、(6)から、負債資本の拠出額は、額面の値  $D$  で

$$D = (k/G)^{1/(\beta_2 - 1)} [\beta_2' (r - \mu)]^{-\beta_2} (x_0)^{\beta_2} \quad (7)$$

と決まる。

### 3.3 収益フローが、 $x$ であるときの事業資産の価値について

プロジェクトの建設が完成して、収益フローが、ある時刻  $t$  で、 $x$  の水準にあるとしよう。PPP事業のパートナーは、三者とも、企業が、(2)、(3)にしたがって、事業破綻を知っている。以下は、この知識を三者とも共有している前提にたつての各パートナーの価値認識である。

このとき、債券額面にして  $D$  億円を提供している負債提供者は、どのような価値を有していると認識するであろうか。まず、リスクのない永久債なら、その価値は、 $s/r$  であるが、しかし、(2)、(3)での事業破綻の  $T_d$  なる時点で、それ以降の利息支払がストップする。  $T_d$  の時点でのそれ以降の利息フローの価値は、 $s/r$  である。それが失われることの価値損失は、ふたたび  $s/r$  を(5)で割り引いて、 $(x/x_d)^{\beta_2} (s/r)$  であるから、この負債提供者が保有する価値は、

$$D_M(x) = D - (x/x_d)^{\beta_2} D + (x/x_d)^{\beta_2} kD \quad (8)$$

となる。ここで第3項は、政府リスク保証が負債提供者に与える追加的な価値である。また、この(8)は、債券  $D$  が、市場で取引される際の市場価格になる。

政府の  $kD$  なるリスク保証の現在価値は(6)で評価されるのであるが、いま、これを、ある水準  $G$  の値に設定した場合は、その  $G$  で、(8)を、下記のように書き直せる。

$$D_M(x) = D - G \left( \frac{1}{k} - 1 \right) \quad (9)$$

さて、エクイティは、現在  $t$  での収益フロー  $x$  とリスク支払いフロー  $s$  にもとづいて、その自らの事業資産の価値をどのように認識するであろうか。

事業破綻はしないという前提に立つなら、すなわち、延々と事業を継続するという仮定のもとでは、その事業資産の価値は、 $\int_t^\infty e^{-r(u-t)} x_u du - \frac{s}{r} = \frac{x}{r - \mu} - D$  である。ただし、ここでは、収益フロー  $x$  から、負債資本へのリターン  $s$  を支払った残余は、すべて、エクイティに帰属する。しかし、いまの想定では、 $T_d$  の時点で、事業破綻が決定され、すべて政府に移譲されるので、企業  $E$  は、それ以降の収益フローの価値  $\frac{x_d}{r - \mu} - D$  を失うことになる。  $T_d$  で失われる資産価値を(5)式で現在価値に割り引いて控除すると、ネットのエクイティ価値  $E(x)$  は、

$$E(x) = \frac{x}{r - \mu} - D - \left( \frac{x}{x_d} \right)^{\beta_2} \left( \frac{x_d}{r - \mu} - D \right) \quad (10)$$

となる。

### 3.4 想定収益フロー $x_0$ がいくらなら、プロジェクトは実行されうるか

インフラ投資が完成した段階での収益フローの想定値  $x$  を所与として、投資  $I$  (億円) を実行するかどうかの意思決定をする主体は、企業  $E$  である。また、政府のリスク保証の現在価値(6)は、所与の値  $G$  に設定されているものとする。

モデル(1)で表される不確実性のもとで、想定収益フロー  $x$  を所与として、この投資案件の価値（オプション価値）は、

$$F(x) = Cx^{\beta_1} \quad (11)$$

の形になることを示せる（文献[2]～[4]参照）。ここで、 $\beta_1$  は、(4)の正の根であり、また、 $C$  は任意定数である。企業  $E$  が、 $I$ （億円）なる投資を実行する最適の想定収益フローの水準  $x_0$  において、このオプション価値  $C(x_0)^{\beta_1}$  が、投資完成後の企業の資産価値に等しくなる。すなわち、

$$Cx_0^{\beta_1} = E(x_0) - [I - D_M(x_0)] \\ = \frac{x_0}{r - \mu} - I - \left(\frac{x_0}{x_d}\right)^{\beta_2} \left[\frac{x_d}{r - \mu} - kD\right] \quad (12)$$

ここで、右辺の  $E(x_0)$  は、(7)の企業資産価値であり、 $I - D_M(x_0)$  は、必要投資額から、負債資本調達額  $D_M(x_0)$  を引いて、エクイティのネットの投資額である。

また、政府のリスク保証は、所与の値  $G = (x/x_d)^{\beta_2} kD$  に設定されているので、これを代入して、(12)は次のように書き直せる。

$$Cx_0^{\beta_1} = \frac{x_0}{r - \mu} - I - G \left(\frac{\beta_2'}{k} - 1\right) \quad (13)$$

(11)式のオプション価値を最大化する  $x_0$  の値が、最適な投資実行の閾値  $x_0$  であるので、(13)の両辺を微分して等しいとおいて、

$$\beta_1 Cx_0^{\beta_1 - 1} = \frac{1}{r - \mu} \quad (14)$$

が最適化条件となる。(13)と(14)式から、係数を消去して、次の最適投資閾値が得られる。

$$x_0 = \frac{\beta_1}{\beta_1 - 1} \left[ I - G \left(1 - \frac{\beta_2'}{k}\right) \right] \quad (15)$$

数値計算により投資閾値としての収益フローとオプション価値を得ることができる。

### 3.5 想定インフラプロジェクトでの検討

いま、インフラ事業への投資が検討されており、その事業では、 $I=1,000$  億円の投資が必要であるものとする。

収益フロー  $x$  の変動モデル(1)式のパラメータとして、 $\mu=0$ ,  $\sigma=0.2$ , リスクフリー利子率は  $r=0.02$  とする。必要投資額  $I=1,000$  億円は、企業のエクイティ資本  $E$  と負債資本  $D_M$  の拠出をもって充当するものとする。この場合、(4)の方程式は、 $\beta^2 - \beta - 1 = 0$  であるが、その根は、 $\beta_1=1.618$ ,  $\beta_2=-0.618$  であり、 $\beta_2' = \beta_2 / (\beta_2 - 1) = 0.382$  である。

いま、プロジェクトの破たん時に、政府が負債資本

表1 PPP成立条件： $\sigma=0.20$ ,  $r=0.02$ ,  $\mu=0$

債務保証	事業成立収益 $x_0$ (億円)	負債資本拠出 $D_M$ (億円)	エクイティ拠出 $E$ (億円)	事業移譲閾値 $x_d$ (億円)
$G=100, k=0.7$	50	572.3	427.7	4.7
$G=50, k=0.5$	51.7	400	600	3.0

表2 PPP成立条件： $\sigma=0.10$ ,  $r=0.015$ ,  $\mu=0$

債務保証率 $k$	事業成立収益 $x_0$ (億円)	負債資本拠出 $D_M$ (億円)	エクイティ拠出 $E$ (億円)	事業移譲閾値 $x_d$ (億円)
0.7	26	767	233	6.9

の債権者に保証支払をする額は、負債債券の額面  $D$  の  $k=0.7$  倍、すなわち、 $0.7D$ （億円）であるとす。また、政府のリスク保証は、その現在価値にして、 $G=100$  億円に設定されているものとする。このとき、エクイティ投資家の観点から、プロジェクトへの  $I=1,000$  億円の投資が正当化される想定収益フローは、

$$(15) \text{ から, } x_0 = \frac{1.618}{1.618 - 1} \left[ 1000 - 100 \left( 1 - \frac{0.382}{0.7} \right) \right] = 50$$

(億円) となる。このとき、調達できる負債資本は、額面で、(7)から、 $D=615.6$  億円である。また、その債券の市場価値は、(9)から、 $D_M(50)=572.7$  億円であり、これが負債資本の拠出額となる。また、事業破綻は、(3)により、収益フローが  $x_d=4.7$  億円で起こる。

表1には、これらをまとめ、また、 $G=50, k=0.5$  のケースについても記す。

表2は、 $r=0.015, \mu=0, \sigma=0.10$  のケースである。

## 4. まとめ

国債などのイールドが2%程度の経済環境においては、収益フローの不確実性が  $\sigma=0.2$  程度の場合、政府が、100億円の価値に相当する債務保証をすることで、1,000億円規模のインフラ投資にたいして、572億円の負債資本の拠出されることが可能である。また、投資額の5%に相当する50（億円/年）の収益フローが見込まれるならば、PPP事業が成り立つ。また、国債のイールドが2%程度の経済環境で、収益フローの不確実性が  $\sigma=0.1$  程度の場合には、負債資本拠出は、657億円が可能であり、事業からの収益フローが32億円ほど想定されるのであれば、PPP事業は、政府が一切の財政支出をしないでも、民間事業として成り立つ。

本稿では、政府が資本支出をしないPPP事業の成立条件を明らかにした。また、事業破綻時に政府に移譲される事業については、政府は、その取得した事業を継続しないと仮定した。すなわち、その時点で、事業資産としての価値は、消失すると仮定した。今後の

課題として、これらの仮定を緩めて、より一般的な条件でのモデルと分析が望まれる。

#### 参考文献

- [1] Brando, L. E. T. and Saraiva, E. C. G.: Valuing Government Guarantees in Toll Road Projects, Working Paper, IAG Business School, 2007.
- [2] Dixit, A. K. and Pindyck, R. S.: "Investment under Uncertainty," Princeton Univ. Press, 1994.
- [3] Takashima, R., Yagi, K. and Takamori, H.: Government Guarantees and risk sharing in public-private partnerships, *Review of Financial Economics*, 2009.
- [4] 日本リアルオプション学会編:「リアルオプションと経営戦略」シグマベイスキャピタル, 2006.
- [5] 野田由美子編著:「民営化の戦略と手法」日本経済新聞社, 2004.