

## リスク工学と地盤工学

### 4. プロジェクトリスク

尾ノ井 芳 樹 (おのい よしき)

電源開発株式会社企画部 部長代理

#### 4.1 はじめに

地盤技術者は自然災害から人々の安全を守るため、また構築物の安定を確保するために、最も身近にリスクを感じる立場のひとりである。およそ設計・施工業務に従事することは、まだ見ぬ斜面崩壊や基礎不良による構造物損傷などの災害を未然に防ぐためのリスクマネジメントそのものであり、「土と基礎」に掲載される論文もまた多くがリスク対処を論じているとあって過言ではない。このようなリスクの範疇は日常的に多くの技術者は理解しており、また日常的に対処している。したがって、あえてリスクという言葉も使用されることは少ない。技術者が次に考えるリスクは大規模地震災害、原子力発電所の事故、あるいは地盤工学とは分野が異なるが航空機事故などであり、発生確率は小さいが致命的で大規模な事故を想定する場合に論じられる。このような分野においても地盤工学や、ひいては工学全般で技術者や研究者が広く活躍している。

本稿ではここに述べたような、従来より技術者として果たしてきたリスクマネジメントに加え、昨今その考え方が普及しはじめた民間企業経営の手法を活用したインフラ事業を遂行するにあたり、新たに我々が直面するリスクについて詳述する。このリスクは人身・社会の安全に関わる事故には至らない経済ロスまで含められる。一つの事業を遂行する際に潜在するすべてのリスクを対象としてこれをプロジェクトリスクと称することとする。一つのインフラプロジェクトが計画、設計、建設、操業の各段階を経てプロジェクトサイクル<sup>注1)</sup>を終えるまでの間、プロジェクトの健全な存続を脅かすリスクは多様である。天災による大災害も事業を破綻させるが、小さなコスト増の積み重ねによって事業会社が財務的破綻に至れば、やはりプロジェクトは失敗である。民活時代の今日的なプロジェクトリスクは「事業会社倒産」に至るすべての変動要因といえる。このことが認識されないまま PFI (Private Finance Initiative) が、政府の財政負担軽減策であったり、民間の工夫による事業のスリム化とかが抽象的概念で論じられることがある。しかし PFI

注1) 世界銀行をはじめとする途上国経済協力関係者でしばしば用いられる用語である。プレフィージビリティスタディ (マスタープランの一部であったりする)、フィージビリティスタディ、詳細設計、建設、操業のプロジェクトの各段階ごとに資金ソース、参加する機関・企業やその分担などが変化していくことを言い表している。

は民間事業会社が倒産をかけたメリハリの利いた事業モデルであり、破綻が少しでも予見される事業会社には民間銀行のファイナンスが実行されないことが従来の公共工事と決定的に異なる点といえる。このことが PFI で成立する事業が財務的に持続可能であるとしてできる根拠といえる。プロジェクトリスクについては従前にも増して整理され、詳細な分析が必要となっている。このような観点から本稿では民間ファイナンスの構築過程で考慮されるリスクを解説し、技術者の役割と責務についても述べていきたい。

本稿では最低限の企業財務に関する事項をとりあげる。わかりやすい説明に努めるがプロジェクトリスクの理解において財務や会計の知識は共通言語であり、技術者にとっても今後重要になると考えられる。

#### 4.2 プロジェクトリスクの内容

##### 4.2.1 民間事業のリスクとプロジェクトファイナンス

インフラ事業は歴史的にも国際的にも程度の差はあれ公共事業として実施することが基本とされてきたが、日本の電力や私鉄などのように一部の公益事業は民間会社が受け持ってきた。株式会社法に基づく「会社」は、そもそも個人ではとりきれないリスクをとって事業を行うために設立されるものであるが、いかに大企業、大銀行であっても国や自治体と比較すれば自ずと受容できるリスク規模は小さい。特に後述するプロジェクトファイナンス方式によって民間銀行が自らリスクをとってローンを供与する場合において、資産 (この場合は貸し出し債権) の安全性は、銀行自らが事業に関与しつつ守る立場ではなく、貸し付けの前にプロジェクトの収益性やリスクの見極めと厳格な契約書の作成とチェック<sup>注2)</sup>によって大方決まってしまうとあって過言ではない<sup>2)</sup>。銀行が事業者利益と関係しない独立の専門家 (弁護士や技術者) を活用しプロジェクトリスクを厳格な立場で洗い出し、その対策とリスクの度合いを明確にしようとするのがプロジェクトファイナンスの真骨頂といえる。

ここで述べるリスクの概念は事業資産としてのプロジェクトのリスクであり、すべてのリスクイベントは事業キャッシュフロー上に現れるものととらえられる。インフラ事業は、必ずしも PFI である必要はないし、プロジェクト

注2) このような一連の精査過程はしばしばデューディリジェンス (Due Diligence) と称される。

講座

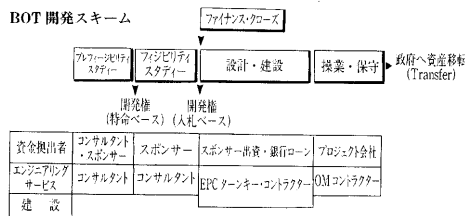


図-4.1 民間インフラ事業のプロジェクトサイクル

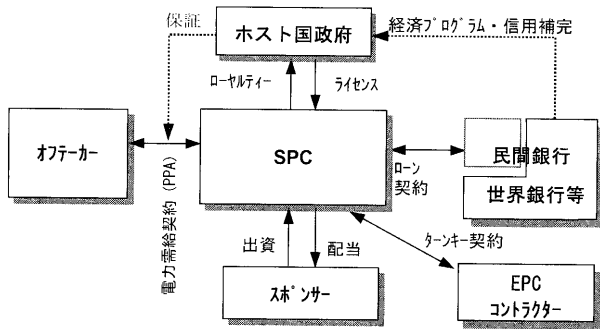


図-4.2 電力 BOT の事業スキーム例

プロジェクトファイナンスを用いる必然性もないが、上記の理由で、本稿で述べるプロジェクトリスクは、民間経営がなされるインフラ事業の計画から事業終了までのリスクである終始プロジェクトファイナンスを意識して述べる。

4.2.2 プロジェクトサイクルとリスク内容

プロジェクトリスクがプロジェクトの各段階で誰にどのように発生するかを明確にするために、図-4.1に海外の電力 BOT プロジェクトを例にしてプロジェクトサイクルを示す。さらに図-4.2にこのプロジェクトの組成後の建設・操業にかかる事業スキームを示す。国内で PFI 事業を行う場合でも同様にこの概念を使うことができる。

開発、建設、操業の各段階でプロジェクトに従事する当事者が変化していく。開発段階と建設・操業を明確に区別するのは、出資・融資によるプロジェクト資金の調達が可能となり、SPC<sup>注3)</sup>の設立、すなわち出資金の払込み、ローン契約の締結、建設契約の締結があい前後して実行される時期と言える。プロジェクトファイナンスが適用される場合はこのタイミングをファイナンスクローズと呼ぶ。海外電力 BOT プロジェクトをとりまくリスクについてプロジェクトサイクルに応じて整理したものを表-4.1に示す。

(1) 開発段階

この段階はスポンサーによる事業成立までの諸活動が中心であり、最終的な事業決定までに要する金銭的・人的資源が無駄になるリスクはすべてスポンサーに帰する。ただし外国投資を誘致する立場のホスト国政府が協力して対応する部分があり、事業決定が不首尾となった場合、政府の損害もありうる。調査開発費は民間スポンサーが

負担し、事業が今後も成立しなければ深刻な損失となる。このリスクのコントロールにおいてはひとえにスポンサーの当該プロジェクト実現性への目利きにより、それに見合っ必要の開発投資を行うことが重要で、スポンサーの事業戦略の良否そのものがリスクといえる。

国内の公共工事や ODA で実施する海外案件は、開発段階として長い年月をかけて少しずつ実現環境が整えられていくことがあるが、民間のスポンサーはこの段階を長く続けることはできない。また途上国の水力発電のように BOT によってインフラ事業を民間開放しても、民間企業の開発リスクの耐力に見合わなければ、また民間銀行の債権管理の上で十分な安全性が確保されなければ、結局プロジェクトを実現することはできない。長い年月はむしろ障害となる。

(2) 建設段階

地盤工学に最も関係の深いプロセスであるが、スポンサーとコントラクターのリスク分担が問題となる。日本の電力などのインフラ企業は多くの技術者を擁し、建設リスクのうち現場条件によって増減する数量リスクを発注者として把握し、コントラクターは精算条項によって基本的に現場条件の違いによるリスクを回避できた。発注者はそのコストを説明した上で、結果として料金によって回収するため、最終的には消費者にその現場条件リスクを転嫁できたと考えられる。しかし、BOT 事業としてそのような構造がとられないまま、料金が事前に長期受給契約 (PPA, Power Purchase Agreement) によって決定されている場合は、現場条件の違いによる工事費の増減は、スポンサーかコントラクターが決まった金額内で吸収しなければならない。よりリスク内容を把握ができる方が、また多くの工事を抱えて全体として工事費増減をうまく制御できる者がこのリスクを受け持ち、見合いのリターンも取ることが合理的といえる。それはコントラクターであると決め付けることはできないが、スポンサー側よりも多くの現場機会に恵まれるコントラクターである蓋然性は強いといえる。この場合、コントラクターが予見できなかった現場条件の違いに対してとるべき対処は、一定の性能を維持した上で設計変更、工法変更、材料変更など、さまざまな工夫と手段でリスク回避を行う必要がある。従来のように設計変更をすべてプロジェクトオーナー側の技術者が承認しつつ進めるのではなく、設計・調達・工事 (EPC, Engineering, Procurement and Construction) のすべてをコントラクターに委ねなければならない。このような契約を行うコントラクターを特に EPC コントラクターと呼び、責任の所在が明らかになるように通常ジョイントベンチャーは認められない。製造業と建設業が組み合わさって構築物を完成させる場合でも、いずれかの企業が元請けとなり完工に責任を持たなければならないため、他方は下請け契約となる。

EPC 契約の場合オーナー側技術者の役割は建設監理を行うことではなく、性能達成のために重大な手戻りが発生していないか、工事の進捗に応じて支払う代金 (マ

注3) Single Purpose Company の略。プロジェクトファイナンスでは 1 事業 1 会社とし、キャッシュフローが他事業と混ざらないようにする。

表-4.1 海外電力 BOT のプロジェクトリスクの分担者および対策

主なリスク項目	リスク分担者	リスク特性	対策
<b>開発段階</b>			
開発権・事業権取得	スポンサー	開発過程の不首尾はスポンサーの当該事業に対する総合的な目利き違いのリスク。	当該政府との良好関係・理解
土地取得(住民移転含む)	スポンサー, ホスト国政府		住民対話, 十分な補償
各種許認可	スポンサー, ホスト国政府		行政制度の整備・理解
調査・アドバイザー・入札コスト	スポンサー		十分なリスクマネーの準備
反対運動	スポンサー, ホスト国政府		説明, 対話, 十分な期間
事業性不首尾	スポンサー		スポンサーの事業戦略
資本調達不首尾	スポンサー, ホスト国政府		レターの事業評価を事前予測
<b>建設段階</b>			
パートナー(共同スポンサー)信用リスク	スポンサー, レンダー	企業信用力, 出資金未達	事前に格付け, 財務内容確認
労務・資材調達	EPC コントラクター	労働・資材の市場リスク	EPC ターンキー契約
各種建設許可(工事関連)	EPC コントラクター	地元行政の理解	EPC ターンキー契約
EPC コントラクター信用リスク	スポンサー, レンダー	EPC コントラクター経営悪化	事前に格付け, 財務内容確認, 銀行保証
EPC コントラクター能力	スポンサー, レンダー	コストオーバーラン, 完工遅延	事前の建設実績確認
地質・地盤	EPC コントラクター, スポンサー, 保険会社, ホスト国政府	予見性のレベル, 契約により分担割合変化	事前調査の質(工事費・工期リスクの評価)と適切な契約
設計瑕疵	EPC コントラクター	EPC コントラクターの建設マネジメントリスク	EPC ターンキー契約(性能契約)
建設・完工遅延	EPC コントラクター		EPC ターンキー契約
性能未達	EPC コントラクター		EPC ターンキー契約
コストオーバーラン	EPC コントラクター, スポンサー (EPC 事由外)	予見外条件, スポンサーの途中変更要求など	EPC ターンキー契約 スポンサー予備費
EPC コントラクター LD 上限欠け目	スポンサー	契約と実態の乖離リスク	無理のない EPC ターンキー契約
<b>操業段階</b>			
制度変更	ホスト国政府	たとえば相対契約から自由市場へ移行	事業権契約
販売マーケットリスク(量・価格)	オフテーカー	当該サービス市場リスク	テイク・オプ・バイ契約, デリバティブ
供給力(風力・水力等)	スポンサー, オフテーカー	天候リスク等	見なし供給契約, デリバティブ
輸送・物流	スポンサー, オフテーカー	送電線事故など	保険
燃料調達	燃料会社	燃料供給の安定性	事前の供給力調査
燃料費変動	スポンサー, オフテーカー, 燃料会社	燃料市場リスク	パススルー契約, 固定化契約, デリバティブ
オフテーカー信用リスク	ホスト国政府	オフテーカーの財務内容	政府保証
燃料供給者信用リスク	スポンサー	燃料会社の財務内容	信用力ある燃料供給者選定
事業期間終了時売却価値	スポンサー	事業資産の市場価値	控えめな見積もり, あるいは計上しない
<b>建設・操業段階共通</b>			
天災・不可抗力	保険会社, スポンサー	異常気象, 大地震等	保険
カントリーリスク(戦争・テロ等)	スポンサー, コントラクター, レンダー, 保険・保証の供与国, もしくは国際機関	途上国における事業特有のリスクであり計量化は困難。国際金融の枠組みに依拠した契約の巧拙がリスク内容。またヘッジしきれない側面を考慮の上でスポンサーの事業戦略リスク	政府債の格付け等評価 海外投資(NEXI)保険, JBIC 保証, 国際機関(世銀, IFC, MIGA, ADB など)の参加, ローカルパートナーの選定
カントリーリスク(開発権剥奪・契約破棄)			
カントリーリスク(収用・所有権剥奪)			
カントリーリスク(外貨送金)			
ポリティカルリスク			
ホスト国信用リスク・政府支援不足	スポンサー		国際機関(世銀等)による信用補完
FS 瑕疵	スポンサー, レンダー, EPC コントラクター	スポンサーの事業スキル, 関係者の事業評価能力	実績ある調査・ステークホルダー雇用 レンダー雇用専門家の質
為替変動	スポンサー, EPC コントラクター, オフテーカー, 金融機関	為替市場のボラティリティ	先物予約, オプション, スワップ等
物価・労賃上昇	スポンサー, EPC コントラクター	マクロ経済と関連	長期契約, エスカレーションの折込み
利子率変動	レンダー, スポンサー, EPC コントラクター	金融市場でのボラティリティ	固定金利, 固定化契約等
保険支払いの欠け目	スポンサー, EPC コントラクター	保険免責内容	保険契約

出所：筆者まとめ

略号：LD(瑕疵担保責任, Liquidated Damage)

注：リスク分担は当該プロジェクトの契約群において正確に定義されるものであり、本表には一般的にその割合が大きいと考えられる分担者を記載した。当然記載以外の分担者にも部分的あるいは間接的影響が起きうる。本表はプロジェクトファイナンスを想定し SPC からみたリスクとその顕在時に救済を行うべき立場についてまとめている。またサービスの提供は SPC とオフテーカーの相対契約下を想定する。

## 講座

イルストーンペイメント)が、形成される資産の価格に見合っているか、などのモニタリング活動が中心となり、詳細設計や施工に口出すことをしてはならない立場となる。

オーナー側技術者とEPCコントラクター側技術者が契約前に行わなければならない重要な仕事は、解釈の余地が入りにくい徹底的な客観指標に基づく完工基準(Completion Criteria)を事前に作成しておくことである。完成の定義があいまいなまま着工された場合、責任者なきコストオーバーランが潜在することとなり、ファイナンスを行うレンダーにとってローン返済の確実さを減ずる要因が発生する。このためレンダーがスポンサーやコントラクターとは独立して雇用する技術者<sup>(注4)</sup>がファイナンスクローズに不同意を申し立てる場合があり得る。

## (3) 操業段階

操業段階では収入側と支出側の両方でリスク管理が必要となる。この段階のリスクは電力や燃料などの市場リスクや、水力・風力発電の供給力や電力需要などに影響を及ぼす天候リスクなどが重要な項目となる。市場リスクについては燃料会社などがそのリスクをとった固定料金メニューを用意したり、デリバティブ契約を求める場合がある。デリバティブ契約においては日本着の石油価格<sup>(注5)</sup>をベンチマークとしてあらかじめ決めた値幅外に支払い額が上振れした場合には、契約相手からキャッシュにより事業会社が補填を受け、逆に下振れの場合は支払う。これらのサービスは既に燃料会社や商社が提供しており、広くリスク対策として考えられている。為替リスクについては、単一事業を行うSPCにおいては誰かにこのリスクをパススルー(他者転嫁)するか、ヘッジを行うことが必要となってくる。ただし金融商品を使って営業活動キャッシュフローに内在するリスクを何でもヘッジすることは困難とされている<sup>3)</sup>。またヘッジできる期間はせいぜい数年間で、債務返済期間がこれより長く事業会社が単独でこのリスクを負う場合プロジェクトファイナンスを困難にする場合があり、オフテーカー(電力の引取り手)やスポンサーがリスク分担することを要求されるケースも多い。

天候リスクについても、気温、雨量、風速などをパラメータとして既にデリバティブによるヘッジが実施されており、リスクマネジメントのツールとして活用されている。

## (4) 建設・操業段階における共通リスク

天災・不可抗力、ポリティカルリスクを含むントリーリスク、マクロ経済変動の一部として物価や賃金の変動、為替レートや利子率の金融市場におけるリスクがある。

天災・不可抗力は歴史的に保険が確立している分野である。またカントリーリスク対策には、貿易・海外直接

投資の振興のための先進国の制度金融機関(我が国ではNEXI<sup>(注6)</sup>による貿易保険やJBIC<sup>(注7)</sup>の保証業務)、また近年の途上国における民営化政策への世界銀行グループなど国際機関の支援策として各種の、ローン、保険、保証が用意されている。いずれも、ホスト国に対する経済協力のプレゼンスを活用して、政府によるリスク行為を抑止するという考え方に基づいている。このようなスキームを組むことによって、途上国であってもプロジェクトファイナンスが成立している。

国際機関の信用補完や保険付保によってリスクヘッジを行ったとしても、免責条項や支払い上限などがあり、その契約内容次第で事業会社やスポンサー、あるいはEPCコントラクターがカバーしなければならないリスクが残ることに注意を要する。

このようなプロジェクトサイクルの各段階、またリスクの種類を事業キャッシュフローのイメージとして模式化し、図-4.3に示す。

## 4.3 プロジェクトリスクの計量

前項において各種のプロジェクトリスクについて述べてきたが、建設・操業において指摘された各リスクには事業会社にとってコントロール困難なものが含まれる。その対策として近年確立されてきた金融工学の分野で、数学的なモデル化により価格が決定されたオプション契約や、デリバティブ取引などのように複数資産を組み合わせた大数の原理によるリスク低減など、金融商品によるヘッジ手法が確立している。また、政府や国際金融機関などが民間では耐えられないリスクを分担する仕組みがある。このようにしてSPCとして切り出した事業のキャッシュフローを高度に安定させた上で、プロジェクトファイナンスを成立させている事業は国内外において数多い。

## 4.3.1 金融工学による市場リスク管理

たとえば取引市場が存在し価格が主に市場に委ねられている商品として化石燃料や金融商品があげられる。図-4.4に1990年第1四半期(1Q)から2002年4Qまでの日本向け化石燃料CIF価格のヒストリカルデータ(時

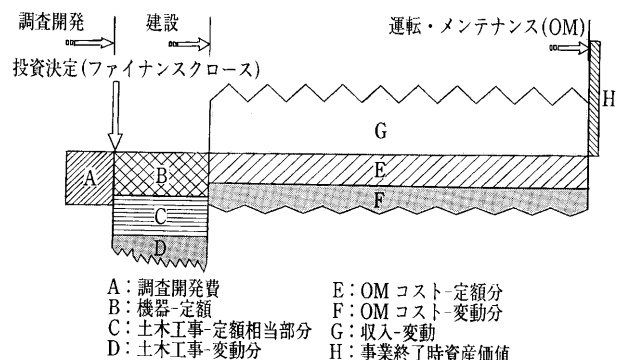


図-4.3 キャッシュフロー上のボラティリティのイメージ

注4) Independent Engineer (IE), あるいは Lender's Engineer と称される。

注5) 通常 CIF (Cost, Insurance and Freight) 価格が指標として使用される。

注6) 独立行政法人日本貿易保険 (Nippon Export and Investment Insurance), 旧通産省貿易保険を引き継ぎ、2001年4月に発足。

注7) 国際協力銀行 (Japan Bank for International Cooperation)

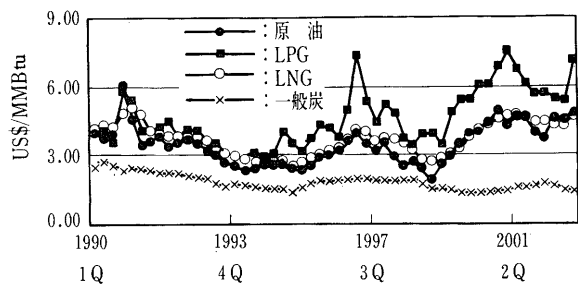


図-4.4 化石燃料の日本 CIF 価格ヒストリカル

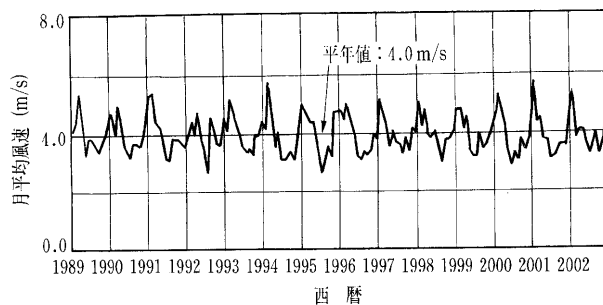


図-4.5 風況ヒストリカル

系列の実績値)を示す。

このような価格は株価のモデル化に用いられる対数正規過程にとどまらず、価格が振れば元に戻ろうとする復元作用が働く、価格の対数が平均回帰するモデルが試みられる(たとえば参考文献<sup>4)</sup>)。この予測モデルによる将来時点  $T$  の期待平均値と分散は、いま、 $S_T$ : 市場価格、 $\kappa$ : 回帰強度、 $\theta$ : 回帰均衡値の対数とすると、以下のように表される。

$$E(\ln S_T) = e^{-\kappa T} \ln S_0 + (1 - e^{-\kappa T}) \theta \dots\dots\dots (4.1)$$

$$\text{Var}(\ln S_T) = \frac{\sigma^2}{2\kappa} (1 - e^{-2\kappa T}) \theta \dots\dots\dots (4.2)$$

期待値と分散はそれぞれ式(4.1)、(4.2)により  $T \rightarrow \infty$  で最初の回帰均衡値と分散収束値  $\sigma^2/(2\kappa)$  となる。しかし、このように平均と分散が定義されても、図-4.4 の例で見ると仮に1993年4Q時点で将来を予測したならば、どのような  $\theta$  を設定すべきであったか議論が残ることは明らかである。また、このようなモデルでは需給のアンバランス等による価格ジャンプは捉えきれないなど、今後もモデルの改良が期待されるが、将来の市場価格の平均と分散を表そうとモデル化の努力が続けられている。

ただし市場リスクが上記のような計量化表現されても、SPC レベルではキャッシュフローの変動性を残したままではプロジェクトファイナンスは現実には困難で、SPC をとりまいて市場リスクに対応できる<sup>注8)</sup> スポンサーやオフテーカー、あるいは燃料供給者などがリスク分担するケースが多い。

### 4.3.2 気象・天候リスク

気象・天候リスクは自然リスクであり、土木・建築技術者にはなじみが深い。同じ自然リスクでも地盤リスクとは異なり、時間に依存し、月・地球・太陽の運動周期に関係し、さらに擾乱が加わっている。気温や雨量など計測項目ごとのボラティリティ<sup>注9)</sup>の差はあれ、日変化、28日変化、年変化などの大小の周期性が認められる。こうしたボラティリティは電気事業を例にとれば、供給側では水力発電のための水量、風力発電のための風況などで事業収入に影響を与え、販売側では電力需要の気温

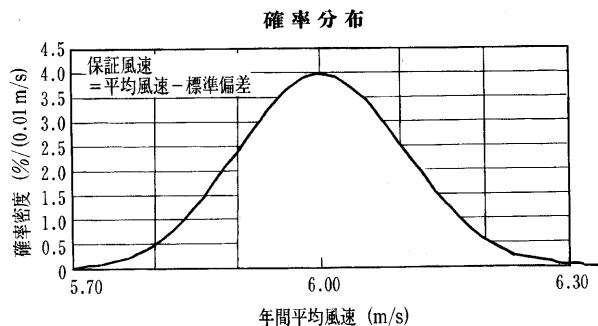


図-4.6 評価風速の確率密度分布

感応度の関係から需要電力量と電気料金の潜在市場価格に影響する。ある時刻  $t$  の風速などの推定量  $M(t)$  は概念的に式(4.3)のように複数の成分  $k$  の周期と位相  $\varphi_k$  およびその成分強度  $a_k$  によって表現できる。

$$M(t) = \sum_{k=0}^m a_k \sin(kt + \varphi_k) + \varepsilon_t \dots\dots\dots (4.3)$$

ここに、 $\varepsilon_t$ : 擾乱値

気象・天候支配を受ける風力発電における風況のヒストリカルデータの例を図-4.5に示す。風況は同図が示すように、年を周期とした強い周期性があり、時間とともに分散が拡大することはなく、統計学的手法で収入ボラティリティが比較的精度良く捉えられる。風速の確率密度分布は経験上ワイブル分布がよく近似するとされている<sup>5)</sup>。

一方図-4.6は風力発電サイトにおける年間平均風速量の評価誤差を正規分布で表現した例である。これにより確率密度分布上で標準偏差を基準にした信頼水準による保証風速に対応した収入を計測し、昨今、このリスク評価方法が事業者と銀行により共有され、ノンリコースローン<sup>注10)</sup>を民間銀行が供与している。

この他、水力発電の場合は河川水量のヒストリカルデータを用いて最適発電シミュレーションの手法<sup>6)</sup>が確立しており、操業期間中の収入ボラティリティの評価が可能である。河田らはレンダーが注目するデットサービ

注8) たとえば銀行であれば多くの金融資産をポートフォリオとして保有するため、金利変動リスクなどについて大数の原理を使用することができる。

注9) 確率分布における変動の下振れをリスクと称し、変動の両側全体を示す言葉としてボラティリティと表現している。

注10) プロジェクトファイナンスにおいて銀行が債務保証をスポンサーに求めないローン。一部スポンサー負担となる場合リミテッドリコースローンと称し、いずれも銀行が事業のキャッシュフローの確実さを精査して実行される。

注11) キャッシュフローモデルにおいて特定のパラメータを確率変数として扱い、モンテカルロシミュレーションを用い、事業IRRやデットサービスカバレッジレシオなど注目する値を確率密度分布として得るモデル。

## 講座

スカバレッジレシオ（元利返済カバレッジレシオ）の確率分布をダイナミックキャッシュフローモデル<sup>注11)</sup>を用いて計算することを試みている<sup>7)</sup>。

水力発電所におけるノンリコースないしリミテッドリコースローンの成立例は、これまで水文リスクについてオフテーカーやスポンサーが取ることで成立してきているが、先の風力発電事業へのノンリコースローンの事例のようにレンダーの理解が深まれば、水力発電に対しても同様の扱いが期待される。

## 4.3.3 地盤リスク

自然リスクの中でも地盤リスクは土木・建築工事に特有に存在する。ダム基礎の深さに伴い、掘削量や堤体積が変化したり、トンネルやその他地下構造物の施工においても不確実性が高いとされ、コストオーバーランの危険から、このリスクは通例、数量精算契約によってオーナーが取ってきた。リスク分担者が誰であれ、計量化されていない不確実性は気象・天候リスクなどよりキャッシュフローの予測を困難にするが、昨今「地盤統計学」などにより地盤リスクの計量化が精力的に試みられている<sup>8)</sup>。本講座シリーズでもこのような地盤リスクの研究が第5章で報じられる予定である。

土木工事が主体となるプロジェクトにおいてプロジェクトファイナンスの適用を困難にする地盤リスクは本当に厄介であろうか。市場価格のようにヒストリカルデータを用いて将来価格をウィーナー過程<sup>注12)</sup>という大胆な仮定で表現するように、厳密さを求めるよりは、まずは工事費を確率密度分布で概略表現できるモデルが望まれる。

地盤リスクは時間軸上で将来発生するリスクではなく、ボーリングや地表の観察から空間の場においてある程度傾向がつかめる。また建設工事は投資事業の最初の段階であり、その後の操業期間に比べはるかに手前の段階でリスクが発現し、時間的に価値の割り引きが行われないうまま直接事業キャッシュフローに大きなインパクトを及ぼす特性を持つ。つまり建設段階という事業の初期にリスクの影響がはっきりし、その後操業中にコントロールが及ばない。このことはプロジェクトファイナンスの組成において、スポンサーやレンダーにとって極めて用心の必要な項目といえる。

## 4.4 SPCの事業リスクと関係者のリスク管理

## 4.4.1 事業参加企業のリスク管理

スポンサー、レンダーにとってはSPCへの出資金やローンは自己の貸借対照表（バランスシート）の資産の部に表記されるリスク資産である。またそのリスク性の認識において、民間企業として自己の財務体質に及ぼす影響について考えておかなければならない。財務体質が悪くなれば資金調達コストが上昇し、同業他社に対して

競争力を発揮できない事態へと追い込まれることがある。レンダーはローンライフにおいて、スポンサーは事業にもよるが発電、水供給、あるいは有料道路事業など通例15年以上にも及ぶ長期の事業期間について、そのリスク管理が必要となる。

## 4.4.2 レンダーのリスク管理とVaR

レンダーにとってはSPCへの融資は事業内容もさることながら究極的にはその債権の利回りと返済の安全性が管理される。近年日本のレンダー（銀行）の財務体力問題が報じられている。日本においては貸し付け先会社のデフォルトがこの問題を大きくした。金融の世界ではBIS規制<sup>注13)</sup>に基づく銀行の財務構造について研究が進んでいる（たとえば参考文献<sup>10)</sup>）。つまり、貸し付け債権や証券の信用リスクや市場リスクを金融工学の手法を用いて計量し、それに応じた金融資産管理を行い、さらには必要な資本構造をとろうとするものである。その考え方は基本的には図-4.7で示すような概念であり、コーポレートファイナンスであれプロジェクトファイナンスであれ、デフォルトの可能性を確率分布で与えられればVaR（バリュアットリスク）で管理することが可能となる。

VaRは「将来の特定の期間内（保有期間）に、ある一定の確率の範囲内（信頼水準）で、資産の現在価値がどの程度まで損失を被るか（損失値の最大値）を、過去の一定期間（観測期間）のデータをもとに、理論的に算出された値」とされ、以下のように表される<sup>11)</sup>。

$$\text{VaR} = (\text{信頼係数}) \times \sqrt{(\text{保有期間})} \times (\text{ボラティリティ})$$

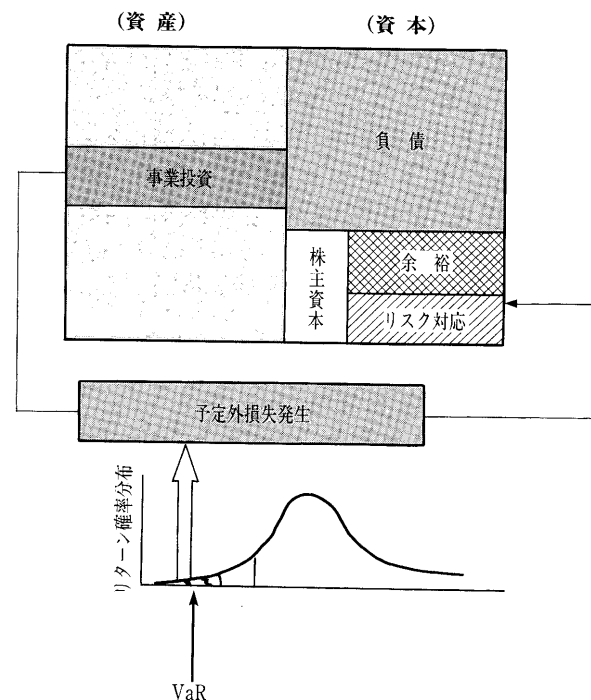


図-4.7 スポンサー会社のバランスシート（イメージ）

注12) 金融工学においては市場価格を分子のブラウン運動に見立てて、その値を連続的な時系列データとして扱うことがある。このモデル化そのものにも議論があり得るが、これを応用した数学モデルが活用されている。

注13) 銀行の経営破綻を避けるため国際決済銀行（Bank of International Settlement）が定める国際的自己資本規制。1996年合意により市場リスクに対する規制ルールでVaRを用いたリスク資産管理が必要となった。

$$\dots\dots\dots(4.4)$$

過去のデータにより算出されるヒストリカルボラティリティ  $\sigma$  は以下の式によって求められる<sup>11)</sup>。

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{t=1}^T (\chi_t - \bar{\chi})^2}{T-1}} \dots\dots\dots(4.5)$$

ここに、 $\chi_t$ : 証券や債券資産の価格

$\bar{\chi}$ : その平均

$T$ : 観測期間

$t$ : 資産の保有期間

債権のリスク評価においては、上場会社へのコーポレートローンについては当該会社の株価や格付け機関によるレーティングが重要な指標として使えるが、SPCのような特定目的会社向けのローンにおいては、その評価方法は未だ定まっておらず、極力信用リスクや市場リスクを排除したスキームが必要である理由の一つと考えられる。

#### 4.4.3 スポンサーの事業投資リスク

共同事業の場合、個々のスポンサー企業の参画戦略はその属性によって微妙に異なる場合がある。SPCの外側でたとえば子会社のEPCによって事業リターンを早期に回収するケースや、調達品の供給やOM<sup>注14)</sup>で利益を計画する場合もある。しかし、当該リスク資産への投資によって全事業期間にわたりリスクテイクし長期に事業リターンを得ることを基本とした参加者がいないインフラ事業は成立困難である。このような参加者は長期間において発生する種々の事業環境リスクにさらされる。したがって将来便益を割り引き現在価値を重視したIRRやNPV<sup>注15)</sup>などを使った評価を行うのが一般的である<sup>3)</sup>。

スポンサーとなる企業は投資によってSPCの株式(リスク資産)を保有しリターンを得ていく。リスク資産において悲観シナリオを超える予定外損失(UL, Unexpected Loss)の発生があり得る場合は、株主資本を大きくしてデフォルト発生を防がなければならない。このようなリスクキャピタルを大きくすると、資本の効率が悪くなり、企業の株主価値が下がり、格付けが下がり、資本調達コストが増大するという負のサイクルが発生する。

しかし、こうした考え方は当該資産を無機的にリスク評価したものであり、当該投資を通じたスポンサー自身の事業戦略の要素を加味する必要がある。

#### 4.4.4 EPCコントラクターのリスク管理

PFI事業においては契約形態としてターンキー契約<sup>注16)</sup>が多くの場合前提となるが、発注者側に建設リスクの評価と回避にスキルがある場合は事業者側リスクとして精算条項付契約によることもできる。どちらにして

注14) 操業(運用)と保守(修繕)をOM(Operation and Maintenance)と略称することが多い。

注15) IRR(Internal Rate of Return)は内部収益率、NPV(Net Present Value)は現在価値と訳されるが、「アイ・アール・アール」、「エヌ・ピー・ブイ」としてそのまま用いられることも多い。たとえば参考文献3)にわかりやすく説明されている。

注16) 施設やシステム等の建設や導入に関して、発注者の要望するものをすべてあらかじめ定まった額で用意して引き渡す契約。

もレンダーは建設リスクと予算の裕度に大きな関心を持っており、IE<sup>注4)</sup>である第三者コンサルタントに工事費の妥当性やコストオーバーランの可能性を評価させる。また事業者側に発生するコストオーバーランについてはフィナンシャルモデル上でストレステストを行い、予備費の額の妥当性をチェックする。ターンキー契約に基づきEPCコントラクター側にリスクが内部化された場合は、スポンサー会社や銀行と同じようにコントラクター会社の財務問題に置き換わる。

## 4.5 EPCターンキー契約とプロジェクトファイナンス

### 4.5.1 EPCターンキー契約

国際的にPFIプロジェクトやBOTプロジェクトの普及に応じて、1999年にはEPCターンキープロジェクトの標準契約約款としてFIDIC(Silver Book)<sup>12)</sup>が発行された。その中で本約款が適さないプロジェクトとして以下の内容が指摘されている。

- 応札者が、発注者の要求条件のチェックや自身で行う設計の精査またはリスク・アセスメント、見積もりを行う十分な時間と情報を有しない場合
- 相当な地下工事やその他応札者が検査できないエリアを含む場合
- 発注者が入念な施工管理をしたり、コントラクターの行う工事をコントロールし、あるいは施工図面のほとんどをレビューする場合
- 中間支払い額を発注者のオフィサーや仲介者が決定する場合<sup>注17)</sup>

表4.2にBOT水力発電所を対象としたEPCターンキー契約書の事例を示す(実施プロジェクトでコントラクターが提案したものを筆者が一般化した)。数量精算はなく土木構造物の性能(導水路トンネルの水理損失、等)や電気機器の性能について定めている。完工遅延や性能未達に対して瑕疵担保責任が定められる。

この事例ではこれら瑕疵担保責任の総額(キャップ)が規定されることになっており、コントラクターの責任限界を設けている。つまり事業の悲観シナリオにはこのキャップの織り込み考慮が必要である。

### 4.5.2 土木工事とプロジェクトファイナンスの適合性

前項においてFIDIC(Silver Book)の中で特に「相当な地下工事やその他応札者が検査できないエリアを含む場合」がEPCターンキー契約に適さないとするのは、PFIやBOTプロジェクトになりにくい、あるいはプロジェクトファイナンスが適用しにくいことを意味している。

地質が一樣で地下リスクが予見されないような工事であれば、工場製品に固定価格をあてはめるのと同様に土木工事を固定価格にすることが可能であるといえる。しかし、地質の変化が予測されるだけで、現在の土木技術

注17) 中間支払い額が形成済み資産残高を超えないマイルストーンペイメントはこの事由にあたらなと考慮される。

## 講座

表-4.2 EPC 契約における責任関係の事例

項目	規定
発注者の名称, 住所, FAX	
発注者の代理人の名称, 住所, FAX	
コントラクターの名称, 住所, FAX	
契約締結後着工までの最大期間	〇〇暦日
完工までの期間	〇〇〇暦日
準拠法	〇〇〇国法
法的支配言語	〇〇〇語
通常使用言語	〇〇〇語または英語
履行保証金	契約金額の〇〇%, 支払い通貨比例
工事予定表の提出	契約発効日より〇〇暦日
工事遅延補償	
貯水開始にかかる土木工事完工遅延	US\$ 0,00,000.00/暦日
第1発電ユニット完工試験遅延	US\$ 00,000.00/暦日
第2発電ユニット完工試験遅延	US\$ 00,000.00/暦日
その他すべての完工試験遅延	US\$ 00,000.00/暦日
工事遅延補償の上限	契約金額の〇〇%
取壊担保責任 (性能未達)	
過剰な水路水頭ロス	US\$000,000.00
タービン出力の欠陥	US\$0,000.00/台
タービン効率の欠陥	US\$000,000.00/台
発電機出力の欠陥	US\$0,000.00/台
発電機効率の欠陥	US\$000,000.00/台
変圧器の過剰ロス	US\$0,000.00/台
性能未達取壊担保責任上限(1)	契約金額の内, 土木工事相当額の〇〇%
性能未達取壊担保責任上限(2)	契約金額の内, 電気機器相当額の〇〇%
性能未達取壊担保責任の合計	契約金額の〇〇%
保留金	進捗率に対し〇〇%, 契約額の〇〇%以内
設計取壊担保	US\$ 00,000.00
工事中傷害・損害保険	
紛争仲裁委員	3名

注: コントラクター提案ドラフト例を筆者が整理, 一般化したもの。

で施工可能であるにもかかわらず, 工事費をある範囲で表現できないことがプロジェクトファイナンスを困難にしているのが現状である。地盤の諸特性を統計的に扱う研究によって地下リスクを含む工事費を確率密度関数で表すことができたならば, 現行の土木工事保険でカバーできない工事費増をヘッジする仕組みを構築できる可能性がある。多くのリスク計量された工事を財務的にプールすることによって極端な工事費の変化を吸収しあうことはできないだろうか。ホスト国政府, スポンサー, EPC コントラクター, 保険会社の誰かが, それでも残る極端に低い偶発事象発生時の銀行債務への保証を行うことによって, 建設工事へのプロジェクトファイナンスの適用が広がる可能性がある。

#### 4.6 まとめ

プロジェクトリスクは技術者のみが理解する世界ではなく, 事業をとりまく経営者, 金融関係者, 法務関係者すべてに共通の認識として扱われる必要がある。その共通言語は事業キャッシュフローを中心とするファイナンス検討の過程で整理することができる。この観点で将来

の課題も含め以下の事項が指摘される。

- ① PFI や BOT プロジェクトでリスク分担を合理的に形成するプロジェクトファイナンスにおいて, 地下工事や基礎工事に起因する地盤リスクは, 現状ではその成立を阻害する要因になっている。
- ② プロジェクトは, 操業段階で気象・天候などの自然リスクや, 人間の経済活動に起因する市場リスクに取り囲まれている。しかしこれらのリスクは近年の金融工学の発展や金融商品取引の活用により管理され, プロジェクトファイナンスの成立に貢献している。
- ③ 地盤統計学のような新しい研究の推進によって, 地盤条件が見えざる不確実性から計量されるリスクとして表現できるようになれば, 土木工事を多く含むプロジェクトのリスク分担を明確にし, 官民の合理的な協力によってインフラ事業を推進することに寄与するであろう。

金融工学が数学モデルを用いて市場リスクを表現し企業経営に資するように, 建設技術においても非技術者へリスク内容を客観的に説明し, 事業に対する財務的影響を計量的に説明する努力が一層望まれる。

#### 参考文献

- 1) 弥永真生: リーガルマインド会社法, 有斐閣, pp. 24, 2000.
- 2) Pollio, G.: International Project Analysis & Financing, The University of Michigan Press, pp. 88, 1999.
- 3) Higgins, R. C. 著, グロービス・マネジメント・インスティテュート訳: 新版フィナンシャル・マネジメント, ダイアモンド社, pp. 197, pp. 260~262, 2002.
- 4) Eydeland, A. and Wolyniec, K.: Energy and Power Risk Management, Wiley, 2003.
- 5) 風力発電導入ガイドブック, 新エネルギー・産業技術総合開発機構, pp. 22~23, 2000.
- 6) Guide Manual for Development Aid Programs and Studies of Hydro Electric Power Projects, New Energy Foundation, Tokyo, pp. 10, 1996.
- 7) 河田・尾ノ井・新村: 水力発電のファイナンスの変遷, 大ダム, 第184号, pp. 52~61, 2003.
- 8) 大津ほか: 力学的地盤リスク要因による建設コスト変動の評価に関する研究, 土木学会論文報告集投稿中.
- 9) たとえば, 石村貞夫・石村園子著: ブラック・ショールズ微分方程式, 東京図書, pp. 120, 2000.
- 10) 家田 明: リスク計量とプライシング, 朝倉書店, 2001.
- 11) 山下智志: 市場リスクの計量化と VaR, 朝倉書店, pp. 23, 2000.
- 12) FIDIC's Silver Book, "Conditions of Contract for EPC Turnkey Projects", 1999.