

エネルギー革新技術への投資価値と展望

～革新的太陽光発電を例に～

定田 麻希

要 旨

地球温暖化問題は、官民共通の世界的な課題と認識され、意欲的な目標を掲げた取り組みが始まっている。本稿では、低炭素社会実現のための「Cool Earth-エネルギー革新技術計画」に挙げられた「革新的太陽光発電」に注目し、官民挙げたプロジェクトの投資価値を算出する。そして、事業価値の上昇を実現するための革新技術のマネジメント手法、及び、低炭素社会実現のための効果的な政策について、リアルオプション法やゲーム理論を用いて考察する。

太陽光発電をはじめとする、不確実性が高く長期間にわたる技術開発プロジェクトのマネジメントには、ダイナミックな意思決定を可能にするリアルオプション法が有効であることを数値例により明らかにする。リアルオプション法を用いた技術マネジメントによって、研究開発プロセスの各段階のリスクが事業価値全体に与える影響を可視化し、関係者が広く意思決定に参画できる環境を整えることが可能になる。

あわせて低炭素社会の早期実現には、政府が「技術や生産の供給者」と「受益者」の双方に対して補助金等の政策を通して積極的に関与する方が効果的なことを述べる。より川上の研究への100%の研究開発補助金が、結果的に低炭素社会の早期実現に結びつくこと、および導入拡大策の実施が、研究開発補助金の政府超過支出額の回収につながるにとどまらず、企業と消費者に存在する囚人のジレンマを解消し、社会全体の効用を増加させる。

I はじめに

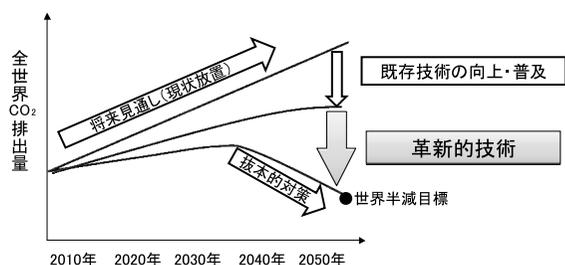
地球温暖化の進行に伴い、温暖化対策は世界共通の課題となっている。今後の新興国の経済成長等を鑑みると、低炭素社会の実現には、既存技術の向上・普及などの漸進的イノ

バージョンのみならず、図1のように中長期的に革新技術の研究開発にチャレンジし、ブレークスルーを起こすことが不可欠と考えられる。

経済産業省は2008年、「Cool Earth-エネルギー革新技術計画」を発表した。これは2050年のCO₂大幅削減に向けて、効果的、効率的にエネルギー

開発を推進するために、日本が重点的に取り組むべき21の技術を選定したものである。すでに実用化された技術の改良と普及に加え、既存技術の延長線上にない革新技術が選定されている。本稿では、近年、エネルギー政策のみならず、産業政策上も重要な意義を持つようになり、導入が急速に広がっている同計画における「革新的太陽光発電」に注目する。

図1 エネルギー・環境技術の開発と普及



出典：総合科学技術会議（平成20年）を参考に作成

II 革新的太陽光発電プロジェクトへの投資価値

1. 技術投資の経済価値評価手法

革新技術の研究開発・事業化プロジェクトに投資するか否かの意思決定は、これまで回収期間法や伝統的 DCF 法によって評価されてきた。しかし、回収期間法は、貨幣の時間価値を考慮しておらず、伝統的 DCF 法は将来が確実に予想できるプロジェクト向けである。したがって、革新技術のように長期間の投資が必要で、将来どのようなイノベーションが生まれるか予想し難い事業の評価には適していない。

一方、リアルオプション法は、企業が自ら直接制御することが困難な不確実な環境下において、意思決定を行う必要がある状況や、企業が将来の環境の変化に応じて、自らの活動を変化させる柔軟性を持つ状況下で有効であることが多い。つまり、現在の判断が、そのまま将来適応される伝統的 DCF 法の限界を克服することができる。

2. 革新的太陽光発電のプロジェクトの評価モデル構築

ここでは「革新的太陽光発電」への参入を検討中の A 社を例に、その投資価値を算出するための評価モデル（基礎モデル）を構築する。モデル構築にあたって設定した前提条

件は以下の通りである。

〈保有するオプション、期間の前提条件〉

プロジェクトは挑戦研究、先導研究、実用化研究を経て、実証・事業化に至るオプションズオプションとし、最大4回の「実施」の意思決定を可能とする。各研究期間は2年、意思決定は2年毎に行う。「実施」の意思決定を4回行い事業化するケースがある一方、挑戦研究を実施した後、経営環境の変化を受けてプロジェクトを「延期」もしくは「中止」するケースもある。本プロジェクトにおける実用化研究は2020年までに終了するものとする。

〈市場の前提条件〉

市場全体の成長¹に合わせて、プロジェクトも成長するとする。2020年まで2年ごとに1.43倍もしくは、1.14倍となり、高成長となる確率は60%、低成長となってしまう確率は40%とする。2020年以降の5年間はゼロ成長が続き、その後、製品のライフサイクルを考慮し、徐々に事業規模を縮小させる。

〈コストの前提条件〉

研究開発を実施する場合の投資コスト²と、意思決定の先送りに伴い支払いが発生する待ちコストを設定する。

- ・ 挑戦研究：実施コスト2億円/2年、待ちコスト0.1億円/2年
- ・ 先導研究：実施コスト2億円/2年、待ちコスト0.1億円/2年
- ・ 実用化研究：実施コスト9億円/2年、待ちコスト1億円/2年
- ・ 実証・事業化：実施コスト500億円/2年、待ちコスト1.5億円/2年

〈技術の不確実性の前提条件〉

それぞれの研究について、より川上の研究ほど成功が難しいという仮定の下、挑戦研究の成功確率を20%、先導研究を60%、実用化研究で発電効率が高い製品化に成功を60%、発電効率が中程度の製品化に成功を30%とする。

〈製品が生むフリー・キャッシュ・フロー（FCF）の前提条件〉

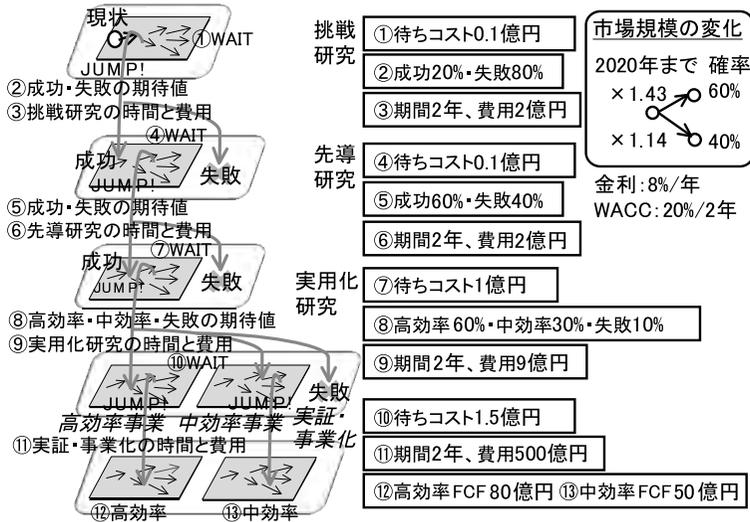
最後に、プロジェクトが事業化した場合に生まれるFCFについて、発電効率の高い技術が事業化されるケースを80億円、発電効率が中程度の技術が事業化されるケースを50億

1 市場規模は「ソーラー・システム産業戦略研究会報告書」（2009.3）による

2 投資コストは、NEDO「省エネルギー革新技術開発事業」における挑戦研究、先導研究、実用化研究の助成金額を参考にした

円とする。金利を年間8%、資本コストを20%/2年と設定すると、以上の前提条件は図2の通りである。

図2 基礎モデルの前提条件



ここでリアルオプション法を用いてプロジェクト価値を算出する。手順としては、①高効率製品の事業価値、中効率製品の事業価値、②実用化研究の価値、③先導研究の価値、④挑戦研究の価値と後ろから算出する。まず、FCFから事業価値³、オプション価値⁴の順に算出した上で、「実施」「延期」「中止」の中から、最も価値の高いものを選択する。ま

3 ①事業化段階における事業価値算出式

$$PV(t) = FCF(t) + (p * PV(t+1) \uparrow + (1-p) * PV(t+1) \downarrow) / (1+WACC)$$

PV(t) : 1年後の事業価値、FCF(t) : t年後のフリー・キャッシュ・フロー、PV(t+1)↑ : (t+1)年後、高成長となる場合の事業価値、PV(t+1)↓ : (t+1)年後、低成長となってしまう場合の事業価値、p : 高成長となる確率(60%)、WACC : 2年分の資本コスト(20%)

4 ①事業化段階におけるオプション価値算出式

$$t=20の時(選択肢: go, stop) : 高 OP(t) = MAX(高 OP_{go}(t), 高 OP_{stop}(t))$$

$$t=1\sim 19の時(選択肢: go, stop, wait) : 高 OP(t) = MAX(高 OP_{go}(t), 高 OP_{stop}(t), 高 OP_{wait}(t))$$

$$高 OP_{go}(t) = 高 PV(t) - Inv_{事}, 高 OP_{stop}(t) = 0,$$

$$高 OP_{wait}(t) = (-c) + (高 OP(t+1) \uparrow * p + 高 OP(t+1) \downarrow * (1-p)) / (1+WACC)$$

高 OP(t) : t年後の高効率製品のオプション価値、高 OP_{go}(t) : t年後の高効率製品の go のオプション価値、高 OP_{stop}(t) : t年後の高効率製品の stop のオプション価値、高 OP_{wait}(t) : t年後の高効率製品の wait のオプション価値、高 PV(t) : t年後の高効率製品の事業価値、Inv_事 : 実証・事業化の投資コスト(500億円)、c : 実証・事業化の待ちコスト(1.5億円)、高 OP(t+1)↑ : (t+1)年後、高成長となる場合の高効率製品のオプション価値、高 OP(t+1)↓ : (t+1)年後低成長となってしまう場合の高効率製品のオプション価値、WACC : 2年分の資本コスト(20%)、p : 高成長となる確率(60%)

た、①事業化から②実用化研究など、段階を超えた価値の算出には、期待値⁵を用いる。

以上より、基礎モデルを解くと、プロジェクト価値は32.6億円となり、現在のベストな意思決定は「延期」となった。一方、同じ基礎モデルを伝統的 DCF 法で解くと319.6億円もの赤字⁶となり、「中止」と判断される。

III さらに事業価値を高めるための方策

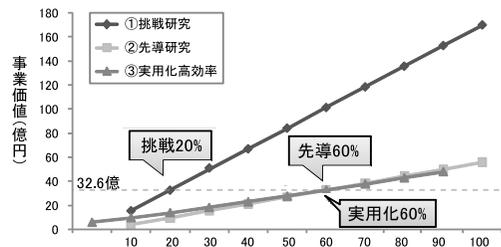
1. 技術リスクの変動による事業価値の上昇

リアルオプション法は、段階的な意思決定の柔軟性を評価するに止まらず、研究の成功確率やコストといった技術リスクに伴う事業価値の変動を可視化する。

まず、基礎モデルにおいて、それぞれ「①挑戦研究成功確率」のみ、「②先導研究成功確率」のみ、「③実用化研究で高効率の製品化に成功する確率」のみ（失敗確率は10%で固定）を変化させた場合の事業価値を図3に示す。

図3でY=32.6億円がそれぞれの系列と交わる点だが、基礎モデルである。グラフより、傾きが最も大きい挑戦研究の成

図3 技術リスクに伴う事業価値の変化 成功確率(%)



5 ①事業化段階から②実用化段階へジャンプする際の算出式

$$\text{実 PV}(t) = \text{高 OP}(t) * p_{\text{高}} + \text{中 OP}(t) * p_{\text{中}} + 0 * p_{\text{失}}$$

実 PV(t) : t年後の実用化研究の事業価値、高 OP(t) : t年後の高効率製品のオプション価値、p高 : 実用化研究で高効率製品が生まれる確率(60%)、中 OP(t) : t年後の中効率製品のオプション価値、p中 : 実用化研究で中効率製品が生まれる確率(30%)、p失 : 実用化研究で失敗する確率(10%)

6 伝統的 DCF 法による算出式

$$V = \text{Inv}_{\text{挑}} * p_{\text{挑}} + \text{高 FCF} * p_{\text{高}} + \text{中 FCF} * p_{\text{中}} = 0.2 * 0.6 * (80 * 0.6 + 50 * 0.3) = 7.6$$

$$C = \text{Inv}_{\text{挑}} + \text{Inv}_{\text{先}} / ((1+r)^2) + \text{Inv}_{\text{実}} / ((1+r)^4) + \text{Inv}_{\text{事}} / ((1+r)^6) + c_{\text{先}} / ((1+r)^2) + c_{\text{実}} / ((1+r)^4) + c_{\text{事}} / ((1+r)^6) = 2.00 + 1.71 + 6.62 + 315.08 + 0.09 + 0.74 + 0.95 = 327.2, \text{ NPV} = V - C = -319.6$$

V : 期待価値、C : 必要な費用、p挑 : 挑戦研究で成功する確率(20%)、p先 : 先導研究で成功する確率(60%)、p高 : 実用化研究で高効率製品が生まれる確率(60%)、p中 : 実用化研究で中効率製品が生まれる確率(30%)、高 FCF : 高効率製品の現在の FCF(80億円)、中 FCF : 中効率製品の現在の FCF(50億円)、Inv_挑 : 挑戦研究の投資コスト(2億円)、Inv_先 : 先導研究の投資コスト(2億円)、Inv_実 : 実用化研究の投資コスト(9億円)、Inv_事 : 実証・事業化の投資コスト(500億円)、c先 : 先導研究の待ちコスト(0.1億円)、c実 : 実用化研究の待ちコスト(1億円)、c事 : 実証・事業化の待ちコスト(1.5億円)、r : 金利(8%)

功確率の上昇が、他の研究の成功確率の上昇より、事業価値上昇に寄与している。これは挑戦研究の成功確率が20%と極端に低いことが全体のボトルネックとなっているためである。資源制約がなければ、新たに技術者を雇い、ボトルネックの研究に配属し、その成功確率を高める技術マネジメントが効果的である。

表1 基礎モデルの成功確率を現在の成功確率×(±10%)ずつ増減させるケース

成功確率のトレードオフの組み合わせ (基礎モデル×(±10%))			挑戦研究成功	先導研究成功	実用化、高効率	実用化、中効率	事業価値(億円)
基礎モデル			20%	60%	60%	30%	32.64
1	実用化UP	挑戦 DOWN	18%	60%	66%	33%	32.40
2	実用化UP	先導 DOWN	20%	54%	66%	33%	32.36
3	先導UP	挑戦 DOWN	18%	66%	60%	30%	32.32
4	挑戦UP	先導 DOWN	22%	54%	60%	30%	32.26
5	先導UP	実用化 DOWN	20%	66%	54%	27%	32.20
6	挑戦UP	実用化 DOWN	22%	60%	54%	27%	29.09

次に、基礎モデルの成功確率を(×10%)の幅で、トレードオフする場合の事業価値を表1に示す。表1からは、より川下の研究の成功確率を相対的に上昇させることによって、事業価値がより上昇することが分かる。したがって、資源制約により新たな技術者を雇うことが難しい場合、より川上の技術者を川下の研究に異動させる技術マネジメントが有効と分かる。

以上、これまで経験的に理解されていたボトルネックの解消や、相対的に川下の研究の成功確率を上げる技術マネジメントの有効性を経済価値で示した。技術リスクの可視化が進むと、官民挙げたプロジェクトにおいて、より多くの関係者が経済価値を共有した上で建設的な議論を行う環境が整う。

2. 補助金活用による事業価値の上昇

次に技術や生産の供給者が補助金を活用することで、研究コストを減らす場合の事業価値の変動を考察する。

補助率を表2のように、挑戦研究、先導研究で100%、実用化研究で2/3とした場合の事業価値の変動を表3に示す。補助金を活用しない場合の事業価値32.6億円が、挑戦研究で100%補助を活用することで34.3億円に上昇し、意思決定が「延期」から「実施」に変わった。これを企業からみると、2.0億円の補助金活用により、1.7億円の事業価値を上昇

表2 補助金の補助率と1年間の上限の設定

	挑戦研究	先導研究	実用化研究
補助率	100%	100%	2/3
補助金の上限	1億円/1年	1億円/1年	3億円/1年
基礎モデルの費用	2億円/2年	2億円/2年	9億円/2年
基礎モデルの場合の補助金	2億円/2年	2億円/2年	6億円/2年

表3 補助金を用いた場合の事業価値の変化

補助金	補助率	補助金額(億円)	事業価値(億円)	意思決定	補助金の現在価値(億円)	増加した事業価値(億円)	政府の収支(億円)
なし		0.0	32.6	Wait	0.0	0.0	0.0
挑戦のみ	100%	2.0	34.3	Go	2.0	1.7	-0.3
(挑戦のみ)	2/3	1.3	33.2	Wait	1.1	0.5	-0.6
先導のみ	100%	2.0	33.0	Wait	1.4	0.3	-1.1
実用化のみ	2/3	6.0	33.2	Wait	3.6	0.6	-3.0
全部活用	同上	10.0	35.2	Go	7.8	2.5	-5.2

させている。一方、政府からみると、0.3億円の支出超過となる。しかし、仮にこの挑戦研究の補助率が2/3であれば、意思決定は「延期」となってしまうため、政府は100%補助により、企業の研究着手を前倒しし、結果として低炭素社会の早期実現につなげていると言える。

次に、先導研究のみ、もしくは実用化研究のみ補助金を活用した場合、政府からみると、それぞれ1.1億円、3.0億円の赤字となり、プロジェクトの意思決定は「延期」となった。最後に全ての段階において補助金を活用した場合、意思決定を「延期」から「実施」に早めることができるものの、政府の赤字は5.2億円となった。これは低炭素社会実現の早期化につながるといっても、費用対効果が低い。

以上より、より川上の研究開発に対する100%補助は、プロジェクト開始の意思決定を早め、低炭素社会の早期実現につながることが分かった。そして、挑戦研究、先導研究、実用化研究のどれか1つだけ補助金が利用可能である場合、挑戦研究の補助金を活用する場合の費用対効果が最も高いことが分かった。

IV 社会全体の効用最大化に向けた政策の意義

前章の表3を政府からみると、企業への研究開発補助金は費用対効果でマイナスとなり、十分に回収できていない。また、補助金を投入しても、途中でプロジェクトを中止すると、それまでの補助金が無駄になってしまう。本章では、これらの課題解決に向けて、政府が研究開発補助金をいかに回収するかについて、2つのステップと、同時に行うことが効果的な3つ目の導入拡大策を考察する。

第1ステップは京都メカニズムである。現在、京都議定書の目標達成に向けて、海外の

CO₂削減プロジェクトに多額の税金が支払われている。これを海外からのクレジット購入ではなく、国内の太陽光発電導入によって、CO₂を実質的に削減する。

第2ステップは、被害コストの考え方である。これは、国内のCO₂排出量の増加に伴う濃度上昇が引き起こす公害対策コストを算定し、対策費となる税金を減らす考え方である。

そして、これら2つのステップが十分に機能するために、第3ステップとして国内の太陽光発電導入の更なる拡大が必須となる。

1. 京都メカニズムと被害コストの考え方から算出したCO₂排出削減量

太陽光発電導入によるCO₂排出削減量を1kWあたり400kg-CO₂/年⁷とし、A社の生産量を現在20MW/年で2020年に10倍になるとする。すると、2020年の年間CO₂排出削減量は、表4の通り8万t-CO₂となる。

表4 A社の生産量と年間CO₂削減量の試算

	想定生産量	年間CO ₂ 削減量
基準	1kW	400kg-CO ₂
A社の生産(現在)	20MW	8,000t-CO ₂
A社の生産(2020年)	200MW	8万t-CO ₂

ここでA社の2020年の生産量が全量国内で導入される場合と、半量国内で導入される場合に、京都クレジット購入資金として海外への流出が防止できる価値⁸は表5となる。

表5 海外への流出防止可能なCO₂排出削減の経済価値

	2020年以降20年分
全量国内導入	8.9億円
半量国内導入	4.4億円

これを表3の政府の補助金支出超過額と比較すると、いずれかの補助金を利用し、半量を輸出しても耐用年数内(20年)で政府支出額以上の4.4億円が回収可能となった。しかし、全ての段階で補助金を利用して半量輸出する場合、政府支出超が解消されない。また、補助金が回収できたと政府が判断できるのは、事業化まで進んだ案件のみで、補助金を活用したものの事業化前の段階で中止となった案件は含まれない。そこで、支出超の解消に向けた次のステップとして、被害コストの考え方を取り入れる。

被害コストの代表的手法のLIME⁹では、環

表6 節約可能な被害コスト

	2020年以降20年分
全量国内導入	6.0億円
半量国内導入	3.0億円

7 NEDOのHPに掲載された数値を参考にした

8 日経・JBIC 排出量取引参考気配の2008年の平均価格2400円/t-CO₂を用いた

9 Life Cycle Impact Assessment Method based on Endpoint Modeling. 日本版の環境影響評価手法として、経済産業省、NEDO 技術開発機構、産業環境管理協会が開発したもの

境負荷物質ごとに対策費用の係数が決められており、CO₂は1,620円/tである。太陽光発電設置によってCO₂排出量が削減されると、表6の潜在的な公害対策コストの顕在化を防ぐことができ、京都メカニズムのケースと同様の考察ができる。

以上より、京都メカニズムと被害コストを合算すると、全ての段階で補助金を活用し、半量輸出しても政府の支出超過額が回収できる。

以上2つのステップが機能するには、国内における十分な導入量の確保が必須である。理由は、国内で太陽光発電を生産しても、全量輸出するなら、国内のCO₂排出削減にならず、結局、海外からクレジットを購入したり、公害対策コストを支払うこととなるためである。

2. 国内の導入量拡大に向けた政策手法とその効果

政府の補助金超過支出の回収につながる国内導入拡大策の効果についてゲーム理論を用いて検証する。

モデルを単純にするため、国内にはA、Bの2人が存在し、

太陽光発電の導入コストを18/台とする。また、1台の導入により、社会全体のメリットが26増加とする。

表7の利得表によると、A、Bともに太陽光発電を導入する場合、コストが18ずつ発生し、快適な低炭素社会のメリットを26ずつ享受する。片方のみ導入する場合、導入する側のコストは18で、低炭素社会全体のメリット26を2人で13ずつ享受する。最後に、A、Bとも導入しない場合、費用は発生せず、低炭素社会のメリットも享受せず、効用はどちらもゼロとなる。

全体最適は、A、Bともに導入する場合である。しかし、A、Bともに自分の効用を最も高くしようとするため、どちらも導入しない点から抜け出せず、この点がナッシュ均衡となり、囚人のジレンマが発生している。

ここで導入拡大策として「導入補助金・減税」と「余剰電力買取制度」の効果を検証す

図4 太陽光発電設置の費用回収の試算（新築に設置する際のモデルケース）

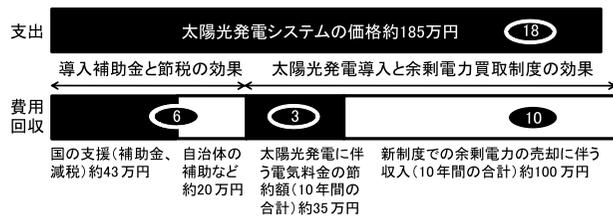


表7 A、Bの利得表

	B	
	導入する	導入しない
A 導入する	8, 8	-5, 13
導入しない	13, -5	0, 0

囚人のジレンマが発生
ナッシュ均衡

る。現実では、図4のように2つの政策効果を合算して導入費用を回収するシナリオだが、ここではそれぞれ単独で実施した場合を考察する。

2-1. 導入補助金・減税

表7の囚人のジレンマ解消に向けて、補助金・減税を実施する。このケースでは、補助金・減税の効果を6見込むことができる時、表8のように囚人のジレンマが解消され、ナッシュ均衡が全体最適に落ち着いた。このような受益者への政策は、導入コスト削減効果に加え、社会効用を最大化させている。

また、補助金・減税以外にも環境税を全員から徴収した場合や、太陽光発電設置の義務付け制度を実施した上で設置しない者に罰金6を課す場合、ナッシュ均衡は全体最適に落ち着く。

2-2. 太陽光発電の余剰電力買取制度

表7の囚人のジレンマ解消に向けて、余剰電力の買取制度を導入する。太陽光発電を設置する者が、自家発電を行い、電力の購入を節約できる10年分の電気代メリットを3、余剰電力の10年分の売電メリットを10とすると、利得表は表9となる。このケースで片方のみ導入する場合、導入しない者は、導入者の売電分10の電力料金が上乘せされる。このような余剰電力の買取制度実施によっても、ナッシュ均衡が全体最適に落ち着く。これは、財政支出を伴わない効果的な導入拡大策である。

以上、受益者側への導入拡大策の効果を考察した。どの政策も単に導入コストを下げ、研究開発補助金における政府支出超を解消するに止まらず、囚人のジレンマを解消し、社会全体の効用を最大化する効果を持つ。

V おわりに

低炭素社会の実現に向けて、低コスト化技術や高効率化技術など固有技術の研究開発に注目が集まっている。もちろん、技術者によるハード面の研究は必須であり、重要である点は言うまでもないが、同時に、革新技術をどのようにマネジメントするかという視点も

表8 補助金・減税実施時のA、Bの利得表

		B	
		導入する	導入しない
A	導入する	14, 14	1, 13
	導入しない	13, 1 ^{ナッシュ均衡}	0, 0

表9 余剰電力買取制度実施時のA、Bの利得表

		B	
		導入する	導入しない
A	導入する	11, 11	8, 3
	導入しない	3, 8 ^{ナッシュ均衡}	0, 0

重要である。

本稿では革新技術のマネジメントを通して不確実性や経営の柔軟性を評価し、従来赤字であると敬遠されてきたプロジェクトにプラスの価値を見いだした。プラスの価値があると分かれば着手する企業が現れ、着手する企業が複数集まり協業が進めば成功確率が高まる。

一方、革新技術の開発促進や普及は、既存業界の利害が複雑にからみ関係者も多く、そう容易に成功するものではない。しかし、地球温暖化問題は子どもや孫の世代のために今取り組むべき一大プロジェクトである。本稿ではリアルオプション法を用いた技術マネジメントによって、どの段階の研究開発の成功がどの程度プロジェクト価値に影響を与えるかを明らかにした。価値構造の可視化は、革新的太陽光発電以外の技術評価にも応用でき、官民挙げて行うプロジェクトにおいて納得性や賛同を得る有効な手段となる。そして、政策的には研究開発支援による生産側へのブレークスルー促進と同時に、消費側への導入拡大策が社会全体の効用最大化につながる。いずれにせよ、低炭素社会の早期実現には、めまぐるしく変化する技術や市場と経済価値の関連を構造的に明らかにし極力数値化することが前提になる。

〈謝辞〉

本稿は、関西学院大学専門職大学院経営戦略研究科の課題研究として2009年春に甲斐良隆教授の下で実施したものである。まず、熱心にご指導いただいた関西学院大学経営戦略研究科 甲斐良隆教授に心からお礼を申し上げます。また、大学の諸先生方、ゼミや同期の皆様、諸先輩方にも多くのアドバイスや刺激をいただいた。そして、大学院の研究に理解を示し、支えてくださった友人、職場の皆様、家族をはじめ、すべてのお世話になった方に深く感謝する。

参考文献

- NEDO 技術開発機構ホームページ (2009) <<http://www.nedo.go.jp/>>.
- 今井潤一 (2004) 『リアル・オプション 投資プロジェクト評価の工学的アプローチ』、中央経済社.
- 経済産業省ホームページ (2010) <<http://www.meti.go.jp/>>.
- 経済産業省 (2008.3) 「Cool Earth—エネルギー革新技術計画」.
- 経済産業省 (2008.5) 「エネルギー白書」.
- ソーラー・システム産業戦略研究会 (2009.3) 『ソーラー・システム産業戦略研究会報告書』.
- 玉田俊平太 (2008) 「リアルオプション理論と日本特許データを用いた技術価値及び知財価値評価に関する研究」、NEDO 技術開発機構.
- トム・コープラント (2002) 『リアルオプション 戦略フレキシビリティと経営意思決定』、東洋経済新報社.
- 湊則男 (2006.10) 「環境投資におけるリアルオプションの適用」、神戸大学経営学研究科専門職大学院ワーキングペーパー.
- 山合祐仁 (2007) 「大規模設備投資における多段階投資の研究」.