

地熱発電の信頼性指標を用いた事業性の検討

○中央大学 学生員 新穂 友浩 中央大学 正会員 佐藤 尚次

1. はじめに

東日本大震災を経て、原子力発電の代替エネルギーが注目を浴びている。日本は世界でも有数の火山国であり、地熱資源量は世界 3 位であるため、地熱発電は地球温暖化防止や東日本大震災後のローカルエネルギーとして優位性を発揮しつつある。しかし、地熱貯留層は地下数千メートルのところであり、地表から探査する時間がかかる上に、慎重な調査を行わなければならない。つまり、地熱開発にはリスク（地熱資源の不確実性）が伴い、地下資源調査から運転開始までのリードタイムが長くなる。上記の理由から、地熱発電は、出力にして 20540MW のポテンシャルを有しており、原子力発電所約 20 基分に相当するにも関わらず、2008 年時の地熱発電導入量は、535MW に過ぎない。この現状を踏まえて、日本の地熱資源量は規模が大きく原子力発電の代わりになる見込みがあるのではないかと考えられる。また、2012 年に施行された固定価格買取制度により、再生可能エネルギーの中での地熱発電の採算性が向上すると考えられる。

地熱発電を建設し、運営するには様々なリスクが伴う。そこで、本研究では、財務諸表、感度分析を用いて、B/C、発電コストを求めることにより、地熱発電を導入することによって生み出される経済性、信頼性を評価することを目的とする。

2. 発電コスト、B/C の算出

地熱発電の経済性を評価するにあたって発電コストを求める必要がある。発電コストを求める方法としては、モデルプラント方式と有価証券方式がある。モデルプラント方式とは、今後、稼働を開始するプラントの発電コスト試算を行う方式であり、有価証券方式とは過去一定期間の平均発電コスト試算である。本研究では、将来の地熱発電を運営していく上での発電コストを求めるため、モデルプラント方式を採用する。表-1 は試算設計の基本構造を示す。図-1 はリスクの費用を考慮しないときの設備利用率による発電コスト、B/C を示す。図-1 から B/C>1 になるためには、設備利用率 54% 以上を保持しなければならない。

3. 財務諸表の利用

地熱発電の経済性を評価する上である条件の下で定めた地熱発電を建設し、運営することによりどのような金銭の流れがあるのか知る必要がある。そこで、本研究では損益計算書(P/L)、貸借対照表(B/S)を用いて金銭の流れの把握を行う。運営初期段階での資金計画としては自己資本比率 25%、借入金比率 75%とする。借入金は金利 4%、固定金利 15 年の元利均等返済と設定した¹⁾。表-2、表-3 は、供用年 10 年目から 30 年目へ

表-1 試算設計の基本構造

モデルプラント方式	
項目	概算事業費
地熱資源調査	215000万円
建設費	掘削費（生産井・還元井）
	480000万円
	用地取得
	60000万円
	用地造成
	18000万円
	基礎費
	9000万円
	基地間道路
	70000万円
	輸送管設置費
	58800万円
	発電施設
	600000万円
	合計
	2420080万円
	発電規模
	30000kw
	建設コスト
	242億円
	稼働年数
	30年
	設備利用率
	70%

表-2 損益計算書(P/L) 単位：万円

	供用年	10年目		30年目
P(Profit)	売上	573955	売上	210240
	合計	573955	合計	210240
L(Loss)	人件費	12000	人件費	12000
	修繕費	83974	修繕費	83974
	諸経費	6394	諸経費	6394
	一般管理費	22111	一般管理費	22111
	その他の経費	1000	その他の経費	1000
	固定資産税	7895	固定資産税	4217
	営業外費用	41333	事業税	995
	事業税	3750	法人住民税	4180
	法人住民税	21131	法人税	24163
	法人税	122143	減価償却費	2020
	減価償却費	111185		
	合計	432916	合計	161054.5
P-L		141039		49185

表-3 貸借対照表(B/S) 単位：万円

供用年10年目→30年目(万円)					
資産の部			負債の部		
固定資産			銀行借入		
土地	78000	→	809470	→	0
発電施設	282350	→			
輸送管	58800	→			
基地間道路	52500	→			
基礎費	6300	→			
地熱資源調査	0	→	純資産		
掘削費	86000	→	資本金		
流動資産			1008501	→	2772366
現金・預金	1254021	→			
合計	1817971	→	2772366	→	2772366

の推移を表している。表-2 で示す P/L は、各決算期における企業の損益（フロー）を表している。表-2 は当期純利益が生み出されるまでの利益、費用の関係を表している。表-3 で示している貸借対照表とは、決算期における企業の状態（ストック）を表している。表-3 で示す B/S は、資産の供用を行う中で、負債が返済され、資本が増えていくことから、負債と資本のバランスが変化しているとわかる。財務諸表を利用することにより、累積利益は 11 年目にプラスに転じ、30 年間稼働したとき累積利益が 151 億 6192 万円生じる試算結果になった

キーワード：地熱発電、B/C、感度分析

連絡先：〒112-8551 東京都文京区春日 1-13-27 tel.03-3817-1816 fax.03-3817-1803

4. リスクについて

実際に、地熱発電を運営するにあたって、リスクについての費用を算出し、試算する必要がある。そこで不確実性であるリスクについて定量化を行い、試算を行った。ここでスケールとは、タービン翼スケール付着、坑井・配管スケール付着、冷却散水ノズル閉塞などを引き起こす。腐食とは、エロージョン・コロージョン、腐食割れ腐食疲労を引き起こす。

図-2に地熱発電所を建設するに当たり探索してから、稼働中までのリスクを示す。地熱発電では探索の時点で見積もっている発電規模が実際の発電施設においての発電規模に満たないことがある可能性がある。このような理由から設備出力の最大50%程度しか得られない発電所があり、地下資源評価のリスクを示している。また、図-2で表している通り、スケール、腐食というリスクがある。リスクの定量化を行うために、エロージョン・コロージョン、腐食割れ腐食疲労、冷却散水ノズル、ドレン配管清掃の各リスク要素の発生の有無を場合分けし、これら4パターンの費用を建設費の5%、10%、15%と分けて設定した。また、スケール付着についての本数は、環境省のデータを元に算出したものと、過去の地熱発電所の追加掘削最大本数の2パターンについて評価した。以上の合計96パターンのリスク費用について感度分析を行い、発電コスト、B/Cの算出を行った。

5. 試算結果

各パターンの試算結果は多岐にわたるがいくつか代表的なものについて述べる。図-3に、リスクを建設費の5%、10%、15%と設定した時の感度分析の結果を示す。リスク15%であり、最大のリスクになる条件の時のみ $B/C < 1$ となることがわかる。このような条件下での発電コスト、B/Cを図-4に示す。設備利用率が70%以下の時、 $B/C < 1$ となることがわかる。地熱発電の平均設備利用率は70%であり、平均設備利用率の場合、採算性がないという結果が得られた。また、リスクを伴うことで設備利用率も下がると考えられるため採算性がない可能性が高くなると推測される。図-1と図-4を比較すると、リスクによる違いが明確に表れている。

6. おわりに

本論では、財務諸表、感度分析を用いて、リスクの有無による発電コスト、B/Cの算出を行った。

試算を行った結果、リスクを伴わなかった場合は、11年目にプラスに転じるという結果になった。しかし、リスクを伴ったとき、平均設備利用率の70%の場合でも採算性がないという結果になった。

講演会当日には、確率モデルを用いた分析を発表する予定である。

[参考文献]

- 1)環境省
[http://www.env.go.jp/earth/report/h23-03/chpt6.pdf\(P249~252\)](http://www.env.go.jp/earth/report/h23-03/chpt6.pdf(P249~252))
- 2)経済産業省
<http://www.enecho.meti.go.jp/saiene/kaitori/index.html>
- 3)「地熱資源開発に係る温泉・地下水への影響検討会」第2回検討会ヒアリング回答

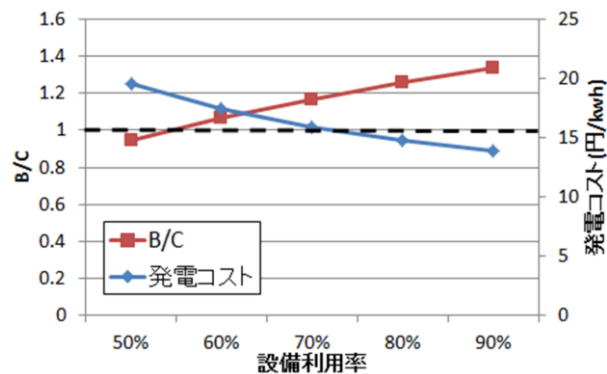


図-1 リスクを考慮しないときの発電コスト、B/C

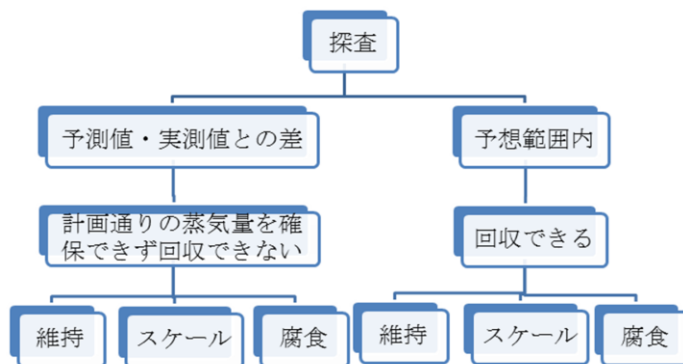


図-2 探索から稼働までのリスク

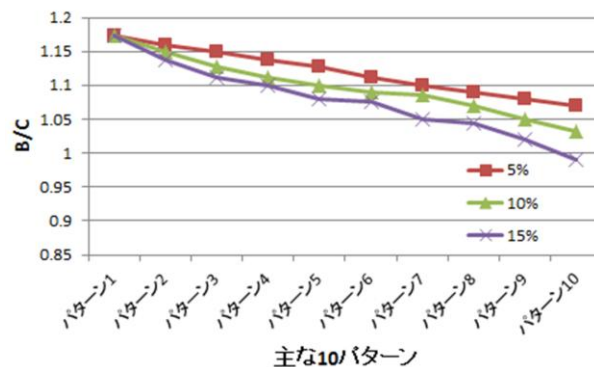


図-3 感度分析

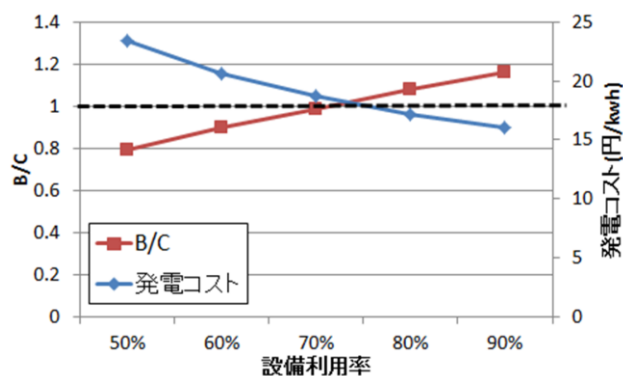


図-4 リスクを考慮した時の発電コスト、B/C

- 4) 東北電力株式会社 <http://www.kankyo.tohoku.ac.jp>
- 5) 九州電力総合研究所シリカスケールの生成機構及び抑制・除去技術