

## 水力発電等再生可能エネルギーの内部収益率に関する研究

藤倉, 良 / FUJIKURA, Ryo

---

(開始ページ / Start Page)

1

(終了ページ / End Page)

5

(発行年 / Year)

2018-05-15

平成 30 年 5 月 15 日現在

機関番号：32675

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2014～2017

課題番号：26570010

研究課題名(和文)水力発電等再生可能エネルギーの内部収益率に関する研究

研究課題名(英文)Financial Internal Rate of Return of Renewable Energy Projects

研究代表者

藤倉 良 (FUJIKURA, Ryo)

法政大学・人間環境学部・教授

研究者番号：10274482

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,400,000円

研究成果の概要(和文)：インドネシアに建設されたコトパンジャンダム住民移転のために費やされた最終的費用を推定し、これが財務的內部収益率(FIRR)に及ぼす影響を評価した。移転に要した費用総額は1兆4千億ルピアと推定され、ダム建設総費用である4兆2千億ルピアのおよそ4分の1に相当していた。移転総費用に占める補償金は約47パーセントであり、それ以外は住居や公共施設、農用地の整備に投資されていた。国際協力銀行が行った事後評価ではFIRRは5.41%と算出されているが、今回の移転に係る総経費が10年間にわたって支出されたと仮定しても、FIRRの減少率は1パーセント以内に収まることが明らかになった。

研究成果の概要(英文)：Total cost of the resettlement implemented for the Koto Panjiang dam construction project in Indonesia is estimated. Then, it is estimated how much the resettlement cost would reduce the financial internal rate of return (FIRR). The total resettlement cost is estimated as 1.4 trillion Rupiahs almost equivalent to the one fourth of the total project cost of 4.2 trillion Rupiahs. Of the resettlement cost, 47 percent was spent to cash compensation, and the rest was mainly for the investment to rural development including housing, public facilities and farm lands. Japan Bank for International Cooperation estimated the FIRR as 5.41%. If the estimated total resettlement cost would had been disbursed for 10 years, the FIRR would only decrease by less than one percent.

研究分野：環境工学

キーワード：財務的內部収益率 大型ダム コトパンジャンダム 住民移転

## 1. 研究開始当初の背景

大型ダムによる水力発電は電力を安定的に供給できる再生可能エネルギーである。日本では開発余力は殆ど残されていないが、世界全体では技術開発可能な包蔵水力の8割以上が未開発であり、有望な電力資源である。国際エネルギー機関の推計によれば、開発途上地域だけを見れば建設中の電源開発プロジェクトの発電総能力は水力が最大で、これに石炭とガスが続いている。アジア地域で建設中の水力発電所の総発電能力は約170GWであり、その77%が日本を除くアジアで実施されている。同地域で安定的な再生可能な電力が供給できるか否かは、水力発電の開発状況にかかっている。

しかし、大型ダム開発には大規模な住民移転を伴う場合が多く、各地で深刻な問題となっている。ダム開発の実施機関が十分な移転計画の策定や運用を行わなかったために、住民の移転後の生活再建が困難になっている例が後を絶たない。

研究代表者らは、これまで10年間以上にわたって、アジアにおけるダム開発に伴う住民移転事例を研究し、生活再建を確実にするための方策について提言を行ってきた。これらの研究で明らかになったことは、ダム開発費用に住民移転に係る社会環境費用が適切に反映されていない事例が多く見られるということがある。ダム建設費用が過小評価されているのである。

「手厚い住民移転」対策を行ったとされる神奈川県宮ヶ瀬ダムの場合、移転の直接補償額として公式に発表されている金額は245億円で建設コストの6.3%であったが、水源地域対策特別措置法に基づいて支出された地域開発等の関連費用も加えれば移転費用は1,028億円と総コストの22.0%に相当することになる。

開発途上国のダム開発に日本のような手厚い補償を実施すれば、建設費用が大幅に上昇することが予想される。その結果、ダム開発プロジェクトの財務的内部収益率(FIRR)が低下すれば、民間資金の投資対象にならなくなる可能性が生じてくる。その場合でも、譲許性の高い円借款などのソフトローンが関与すれば投資対象に留まる可能性がある。すでに建設が終了し、住民移転が行われた水力発電所の円借款事業をみても、FIRRは低く、住民の生活再建状況にも問題のある事例が少なくない。これら事業の住民移転費用を適切に反映させるためには、より積極的なソフトローンの関与が必要となると考えられる。

## 2. 研究の目的

本研究では、水力発電専用ダムであるインドネシア・コトパンジャンダムと多目的ダムであるトルコ・アタチュルクダムを対象とし、ここで実施された住民費用を算出し、それがFIRRにどのように影響するかを算出する。

## 3. 研究の方法

対象となるダムの建設費用、住民移転費用、運転費用、収益などに関する文献情報を収集する。また、現地で研究協力者の協力を得て移転住民の満足度をアンケートやヒアリングで調査し、適正と考えられる住民移転費用を算出する。これらから、住民移転費用がFIRRにどの程度影響を及ぼすかについて、感度分析を行う。

## 4. 研究成果

### (1) コトパンジャンダムの経緯

インドネシアの電力不足解消を目的として、1997年、スマトラ島中部のリアウ州と西スマトラ州への電力供給を目的としたコトパンジャンダムが建設された。ダム建設に伴い、124平方キロメートルが水没し、リアウ州の8村と西スマトラ州の2村4,886世帯(16,954人)が移転を余儀なくされた。移転はダム建設の実施機関であるPLN(電力供給公社)が中心となり、土地庁や移住省、農業省などが業務を分担して1992年に開始され、1996年に完了した。

ダム運用開始後の2002年、移転住民の8,395人が現地NGOと共に、日本政府やJBIC(国際協力銀行)、JICA(国際協力事業団)、事業のコンサルタントである東電設計を相手どり、移転による損害賠償や河川の原状復帰などを求めて東京地方裁判所に提訴した。裁判は一審、二審とも原告の請求が退けられ、2015年に最高裁判所が上告を棄却して結審した。

住民が抱いた不満の主原因は、移転時点で整備されていることが約束されていたゴム園が実際には多くの村落で未整備であったことである。インドネシア政府は、これに対処するため、ゴム園の整備や生活改善のプロジェクトを後追いで実施した。その結果、移転住民の生活水準は改善し、村落によってはスマトラ島でも屈指の裕福な地域にまで成長した。

### (2) 移転当初の補償

インドネシアでは住民移転に対する補償は喪失財産の100%を現金で補償することが原則である。しかし、本プロジェクトではそれよりも手厚い補償が行われた。補償は表1に示す自由型、UPP型、PIR型の3つの選択肢が提示され、村落ごとに選択された。また、村落とは別に独自で移転を希望する者には財産補償のみの自由型が提供された。

政府はUPP型を選択した村落には、移転直後から収穫できるゴム園を提供することを約束していた。この地域では古くからゴム園が経営されていて、多くの農民はゴム栽培に慣れていた。PIR型を選択した場合には、移転先の村で国家移転政策によりジャワ島などから移転してきた他の住民と共存することになっていた。しかし、UPP型では村民以外の者との共存はしない計画になっていた。

そのため、10村が移転前の村民と共存できるUPP型の補償を選択した。しかし、移転してみると、ほとんどのゴム園が未整備のままであり、住民は収入源を失った。補償金額も期待を下回り、さらには給水設備が運転できなかったなどインフラ整備も未完であり、生活に様々な不具合が生じて不満が高まり、訴訟にまで発展したのである。

表1 移転の補償形式

形式	補償内容	村落数
自由型	財産に対する100%補償	1村
UPP型	財産に対する100%補償 2ヘクタールのゴム園の無償供与 0.5ヘクタールの家屋と菜園用土地の無償供与 住居の無償供与 生活支援や公共施設の無償供与	10村
PIR型	財産に対する100%補償 2ヘクタールのアブラヤシ園の有償供与 0.5ヘクタールの家屋と菜園用土地の無償供与 住居の無償供与 生活支援や公共施設の無償供与	2村

2001年から2003年にかけてJBICがコトパンジャンダム事業の第三者評価を実施した。この時点までに一部の村落が分裂し16村になっていた。村落別の主たる収入源と満足度を図1に示す。

14村がUPP型を選択したにも関わらず村民の過半数が主たる収入源をゴムと回答したのは4村に留まっている。この地域で移転前にゴムを主要収入源としていた世帯は59.7%であったが、移転後には19.6%に低下した。代わりに移転前に1.5%しかなかった漁業が19.4%に増加し、収入源のない世帯は0.6%から6.2%に増加した。ゴム園が未整備であったために村民が生計手段を失い、それ以外の手段で生計を立てざるをえなくなった状況が窺える。その結果、PIR型を選択してヤシの依存率が高く満足度も高いマヨ

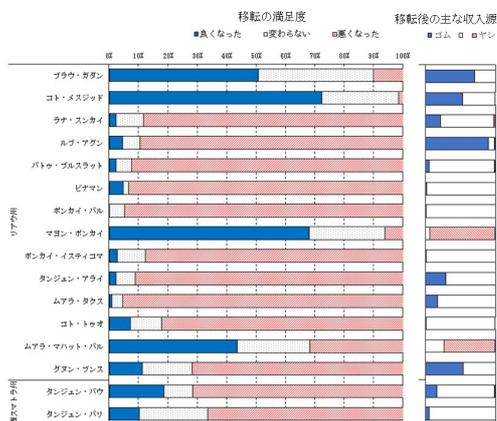


図1 移転の満足度と移転時の主な収入源 (世帯数: %)

ン・ポンカイとムアラ・マハット・バルの2村以外では、満足度は低かった。

(3) 事後的補償

インドネシア政府及び地方政府は、その後、移転時に間に合わなかったゴム園の整備や移転先村落のインフラ整備を実施した。副収入源としてナマズの養殖・加工販売を開始したコト・メスジット村には、燻製加工施設の建設を行うなどの支援を行った。

2013年の時点でもコト・メスジット村ではゴムやアブラヤシなど農業を主たる収入源としている世帯が60%と多かったが、11%の世帯でナマズ養殖が主たる収入源に変わっていた。さらに19%が副業としてナマズ養殖を行っていた。同村落は「全世界帯にナマズの養殖池を」をスローガンに、養殖を推進している。そして、地方政府がナマズを燻製にする加工場を設置し、住民に無料で提供したことから、加工業が進んだ。燻製にすることで付加価値が高められただけでなく、鮮魚より日持ちするので需要に合わせて出荷量を調整することもできるようになった。

表2はコト・メスジットの2004年と2013年の産業構造である。2004年には行われていなかった養殖業が村落の収入の17%、燻製の加工が13%を占め、ナマズ関連で村落収入の3割を占めるようになった。村落は2004年から2013年までの9年間に平均9.2%の経済成長を遂げ、村民の94%が移転後に生活状況が改善したと答えている。

表2 コト・メスジットの産業構造

世帯の経済活動	世帯の実質所得 (千ルピア)	
	2004	2013
	1. 農林水産業	1,057
1-1. 農業	1,018	2,022
1-2. 養殖	n.a.	4,827
2. 農林水産業以外	1,358	4,849
2-1. 加工業	n.a.	13,301
2-2. 商業	1,956	4,640
2-3. 公務員	2,547	2,759
2-4. 私企業	577	1,219
2-5. その他	n.a.	n.a.
合計	1,358	3,126

(4) 移転関連費用の推算

ダム移転民に対しては、インドネシア政府の国内基準を上回る手厚い移転補償が行われたが、その費用は明らかでなかった。しかも、総費用推算のための資料が関係機関にも残されてはならず、現地調査によって情報収

集しなければならなかった。

表 3 は移転した世帯が保有する家屋など、土地以外の財産をデシル分析した結果である。移転世帯の保有する財産は平均して、1億 2700 万ルピアと推定された。

表 3 移転世帯の土地以外の財産

階層	分布		平均値
	分布 (%)	百万ルピア	百万ルピア
1	1.5	9,564	9,564
2	6.2	38,984	29,420
3	10.9	68,300	29,316
4	16.6	103,853	35,553
5	23.8	148,399	44,546
6	32.2	200,794	52,395
7	44.9	280,425	79,631
8	59.0	368,165	87,740
9	72.7	453,410	85,245
10	100.0	623,901	170,490
4,886 世帯の平均値			127

表 4 は、現地調査によって知りえた補償金額のデシル分布による推定値である。平均値

表 4 補償金額の分布

世帯	累積値	各位の総計	所得分布	世帯平均
10	639	639	1.0	1.3
20	2,524	2,524	2.9	3.9
30	5,425	5,425	4.4	5.9
40	9,159	9,159	5.7	7.6
50	13,854	13,854	7.2	9.6
60	18,985	18,985	7.8	10.5
70	25,638	25,638	10.1	13.6
80	33,484	33,484	12.0	16.1
90	43,819	43,819	15.8	21.2
100	65,551	21,732	33.2	44.5
4,886 世帯の平均値				13.4

注：世帯と所得分布は%、それ以外は百万ルピア

は 1,340 万ルピアと推定される。

表 5 は上記の情報やその他の調査によって収集された、ダムの総移転費用である。総額は 1 兆 4 千億ルピアと推定され、ダム建設に係る総費用 4 兆 2 千億ルピアのおよそ 4 分の 1 を占めていることが明らかになった。移転総費用に占める補償金は約 47 パーセントで

あり、それ以外は住居や公共施設、農用地の整備に投資されていた。これらの補償部分の実施が遅延したことが、移転住民の不満を招いたのである。

表 5 総移転費用

項目	百万ルピア	%
住居建設	23,352	4.2
農地整備	29,738	5.3
補償金	65,551	11.7
公共施設	20,799	3.7
移転管理	786	0.1
移転総計	140,225	25.1
ダム建設	417,974	74.9
総費用	558,199	100.0

JBIC が実施した同ダムプロジェクトの第三者事後評価では、FIRR は 5.14% と算出されていた。しかし、本計算には 2004 年以降の移転対策費用は含まれていない。一方、表 5 に示された費用のどの部分がどの時期に支出されたかも明らかではない。そのため、毎年 100 億ルピア程度の支出が単年度に実施されたと仮定した場合の FIRR の感度分析を行った。

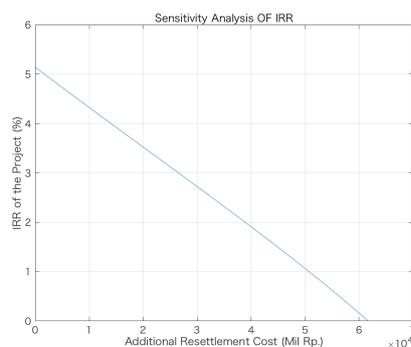


図 2 移転コストの FIRR に対する感度分析

その結果を図 2 に示す。毎年 100 億ルピア程度の追加的支出が行われたとしても FIRR の減少は 1 パーセント以内に収まることが明らかになった。

(5) コトパンジャンダムについての結論

本プロジェクトでは、当初、移転住民の不満が高まり、訴訟問題にまで発展した。しかし、その後、政府が当初より約束していた追加プロジェクトを実施することにより、住民の不満は相当程度改善し、移転前より生活レベルが大幅に上昇した村落も出現するよう

になった。

移転後の村落間の経済格差は各村落の移転時や移転後の判断によるところが大きい。が、当初約束していた対策を適切に実施していれば、さらなる好結果が期待できたと考えられる。そして、そのための費用はダムプロジェクト全体の FIRR にはごく軽微な低下しかもたらさない。そもそも多くのダムプロジェクトは FIRR が 10%以下であり、公的な支出が不可欠である。従って、資金提供機関は FIRR の軽微な低下を問題視することなく、十分な移転補償を当初計画どおりに実施すべきであることが、本研究からも示唆される結果となった。

#### (6) トルコ・アタチュルクダムの事例

トルコ、南東アナトリア地域に建設された多目的ダムのアタチュルクダムは 1983 年に建設が開始され、1992 年に運転が開始された。建設に伴い、55,300 人の住民が移転を余儀なくされた。移転先は、ダム近傍のアユディンだけでなく、約 300 キロメートル西のアダナ、約 900 キロメートル西のアユディンまで広範囲にわたった。補償は水没財産に相当する現金のみであったが、遠隔地に開発された移転者用居住地を選択した主に貧困層に属する農民には、住居と農地が低金利で分乘された。

本プロジェクトでは、移転先によって満足度が異なっており、コトパンジャンと類似して興味深いプロジェクトであった。しかし、研究着手後にトルコ南東部治安が極端に悪化したため、現地調査を断念せざるを得なかった。このため、過去に行った調査データを分析した。

ダム近傍のアディアマン地区と水没地から 900 キロメートル西に離れた地中海に面するヤリキョイ村に移転した住民に対するアンケート調査結果を比較分析した。前者は移転に伴い所得を減少させたが、後者は増加させた。また、後者の増加額は移転前の所得が大きいほど大きくなったことが明らかになった。さらに、後者の満足度が前者と比較すると有意に高いことが明らかになった。

ヤリキョイ村への移転民は、当初、周辺地域の住民と異なる言語(クルド語)を話すため第一世代は孤立した生活を送っていたが、第二世代以降は言語の問題もなくなり、近傍都市に就職できるようになった。また、政府が建設した移転住宅を移転民はローンで購入したが、ハイパーインフレーションにもかかわらず、政府が価格を据え置いたため、住民は結果的に極めて安価に購入ができたという幸運も満足度に大きく寄与した。

#### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計3件)

藤倉良、シャフルディン・カリミ、フェ

リー・アンドリアヌス、武貞稔彦、吉田秀美、眞田陽一郎、澤津直也、寺末奈央 (2018) インドネシア、コトパンジャン・ダムによる住民移転の長期的評価、公共政策志林, 査読無, 第6号, pp.27-37

Ryo Fujikura and Mikiyasu Nakayama (2017) Beyond Land-for-Land: Toward a New Paradigm of Resettlement Policy, *Asian Journal of Environment and Disaster Management*, 査読有, Vol. 9, No. 1, pp.1-10, doi: 10.3850/S179392402016000016

Erhan Akça, Daisuke Sasaki, and Ryo Fujikura (2017) An Unexpectedly Successful Resettlement: The Atatürk Dam Resettlers to Western Turkey, *Asian Journal of Environment and Disaster Management*, 査読有, Vol. 9, No. 1, pp. 39-48, doi: 10.3850/S179392402016000041

#### 6. 研究組織

##### (1) 研究代表者

藤倉 良 (FUJIKURA, Ryo)  
法政大学・人間環境学部・教授  
研究者番号: 10274482

##### (2) 研究分担者

藤倉 まなみ (FUJIKURA, Manami)  
桜美林大学・総合科学系・教授  
研究者番号: 30458955

豊田 知世 (TOYOTA, Tomoyo)

島根県立大学・総合政策学部・講師  
研究者番号 30550016

##### (3) 研究協力者

中山 幹康 (NAKAYAMA, Mikiyasu)  
東京大学大学院・新領域創成科学研究科・教授

佐々木大輔 (SASAKI, Daisuke)

東北大学・災害科学国際研究所・助教

カリミ・シャフルディン (KARIMI, Syafruddin) アンダラス大学・経済学部・教授

アチャ・エルハン (AKCA, Erhan) アディアマン大学・技術プログラム・准教授