

Key Issues: 生物多様性
気候区分: 温帯湿潤気候 (Cf)

主題: 生態系に対する諸対策
効果: 生態系の回復

プロジェクト名: 沖縄海水揚水発電所

国: 日本、沖縄県 (アジア)
 (N 26 ° 40 E 128 ° 16)

プロジェクト実施機関: 電源開発株式会社 (J-POWER)

プロジェクト実施期間: 1991 ~

GP実施機関: 電源開発株式会社 (J-POWER)

GP実施期間: 1991 ~

キーワード: 生物多様性、ビオトープ、海水揚水



(出典:文献 No.5)

要旨:

This Good Practice illustrates a successful case study of biodiversity enhancement following implementation of various mitigation measures.

1. プロジェクトの概要

計画地点は、沖縄県本島北部に位置する海水揚水発電の実証プラントである。海水揚水発電の実用化にあたっては、海水を利用することに起因する技術的課題及び環境へのインパクトについて具体的な解決が必要であったため、現在にいたるまで世界においても実現した例はなく、本パイロットプラントが世界で初めてのものである。

本事業は通産省からの委託を受けて、電源開発(株)が実施しており、1981年から6年間にわたり海水を使用することによる技術面および環境面に関する調査・研究を進め、揚水発電所の可能性を検討し、その見通しを得て、1991年から1999年に建設が行われた。その後、海水揚水発電技術の実用化を目指して、1999年から5年間の実証試験を行っている。

計画地点を有する沖縄では、日間の負荷変動に対して火力及びガスタービン発電所の調整運転で対応しており、揚水発電所の必要性が認められている。しかしながら、沖縄本島では水資源が貴重であることから、河川を利用する従来型の揚水発電所の建設は困難である。一方、沖縄本島北部は、大部分が山地で占められて、

表.1 海水揚水発電プラント諸元

項目	諸元	
水系		
集水面積		
発電所	名称	沖縄やんばる発電所
	最大出力	30MW
	最大使用水量	26m ³ /s
	有効落差	136m
上部調整池	形式	掘込み式 ゴムシート表面遮水
	最大築堤高	25m
	天端周長	848m
	最大幅	251.5m
	総貯水容量	0.59 × 10 ⁶ m ³
水路	水圧管路	内径 2.4m、延長 314m
	放水路	内径 2.7m、延長 205m

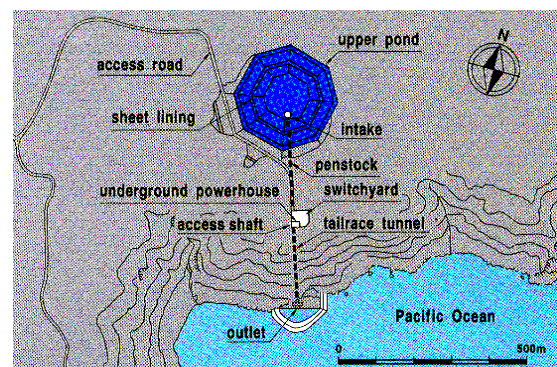


Fig.1 General Plan (土捨場)

海水揚水発電所の立地条件を備えた適地が多い。このような理由から、沖縄本島全域を対象にこれらの立地条件を満たす地点を抽出し、自然環境及び社会環境に及ぼす影響を比較検討した結果、現在の地点が実証試験の適地として選定された。

表-1 に諸元を、図-1,2 にそれぞれ平面図、断面図を示す。

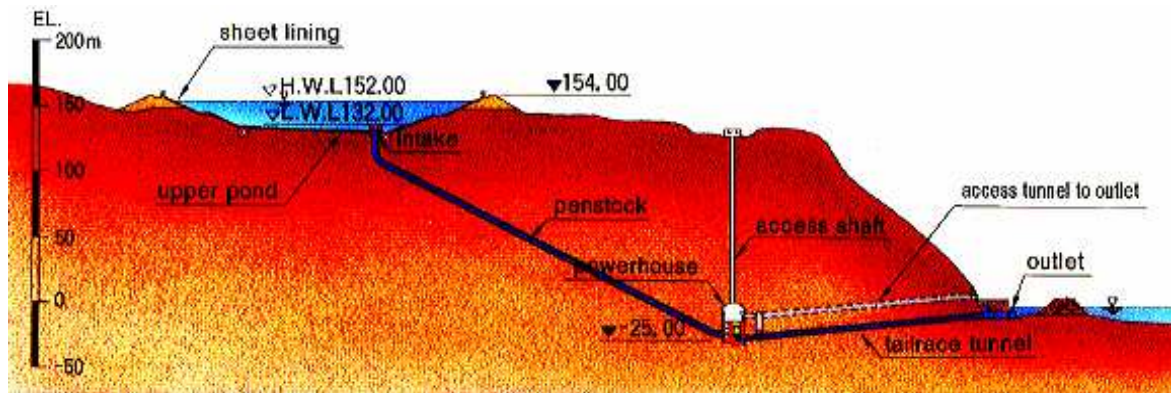


Fig.2 Profile of waterways

2. プロジェクト地域の特徴

沖縄県が属する琉球列島は、約 150 万年前に中国大陸と陸続きであったが、土地の隆起と海水位の上昇により分断され、約 50 万年前にはかなりの地域が水没したといわれる。従って、沖縄列島に昔生息していた動植物は海により隔離された状態のまま生息してきたことから、生物の原種を保つことができ、世界で琉球列島にしか見られない固有種、固有亜種の動植物が多種生息している場所である。

気候は日本で最も熱帯に近く、気温は年平均 23 と年間を通じて温暖である。また雨量は約 2400 mm で日本国平均を約 4 割上回る雨量の多い地域で、短時間に高強度のスコールが頻発する。また 7 月から 9 月にかけて台風が多い。

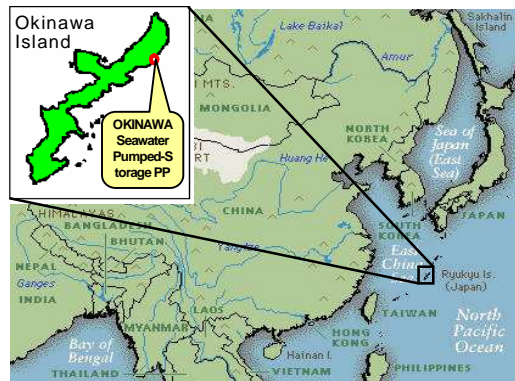


Fig.3 海水揚水発電プラント位置図

調整池は国頭村の太平洋側に位置し、海岸から約 600m、標高約 150m の台地上に位置する。この地域は、北東部において、標高 150～170m の山頂部が平坦でなだらかな台地となっているが、海側(南東側)に向かって緩やかに高度を下げ、海岸付近で比高 130～140m の急崖となって海に接している。この台地には、谷の深さが 20～30m で勾配の緩い沢が樹枝状に発達している。これらの沢は、海側へ向かって次第に合流し、海岸の急崖部において連続した滝となって海に注いでいる。急崖直下の海岸は巨礁ないし磯浜となっている。また、沖縄本島の大部分は、土質工学上特殊土に分類される国頭マージと呼ばれる赤土が広く分布する。国頭マージは堆積岩の風化土で、母岩は千枚岩、安山岩、砂岩等多種類からなり、分子間結合力が弱く透水係数は、 10^{-5} から 10^{-6} cm/s と小さいことから、降雨時に地表面水流が発生しやすく粒子が流出しやすい。さらに、国頭マージの特徴は、風化度が高く鉱物組成の中には粘土鉱物であるカオリナイトが含まれていること、国頭マージの土粒子比重が 2.6～2.8 と高いことから、海域に流出した場合、珊瑚礁内に沈降し外洋へ流出しにくい性質を持つ。これによって、沿岸部の珊瑚礁等に深刻な影響を与えるため、この地方の社会的な問題となっている。

なお、建設地点周辺は国有林に囲まれた地域で、日米地位協定に基づき米国海兵隊に北部訓練場として提供されていた地域であったが、実証試験に当たり一部返還、一部共同使用という形で借地している。また計画地点は、自然公園の指定はなく、文化財・レクリエーション施設等も含まない。

3. 主要な影響

電源開発(株)は、通産省から海水揚水発電の環境影響調査・検討の委託を受け、1982年から現地調査を開始し、1989年に環境影響調査書を取りまとめた。

ここで最も危惧された環境的課題は、海水を揚水したために生じる周辺環境への塩分飛散の影響であった。この問題については、風洞水槽や数理モデルを用いたシミュレーションを行い、海洋起源による海水の飛散影響と大きな変わりがないことを確認した。

動物については、16種類の貴重動物の生息が確認され、そのうち「レッドデータブック」に記載の絶滅危惧種は5種類、危急種は7種類にのぼった。周辺植物

については、多くの固有種(沖縄本島固有種3種、沖縄本島北限種5種、琉球列島固有種9種)が、海域の岩礁には造礁性のサンゴの生息が確認された。

このような状況の下、1989年地元学識経験者を中心に構成する貴重動物保護検討会を発足させた。この検討会の内容を参考にし、基本的な環境保全基本方針を以下のように立案した。

- 1) 工事区域に生息する生物は先住者であることから、謙虚な姿勢で動植物へ配慮する。
- 2) 生態系をできるだけ破壊しないよう開発範囲は最小限に抑制する。
- 3) 自然環境保全対策範囲は工事区域内にとどまらず工事区域周辺の生態系も含める。
- 4) 損傷を受けた環境は速やかに自然の復元力を利用して再生する。

この基本方針に則り、建設工事着工前に下記に示す環境影響要因を抽出した。

- 1) 工事区域から発生する赤土を含んだ濁水(赤水)の沢および河口海域への流出
- 2) 土地改変による棲息面積の縮小
- 3) 重機による騒音振動
- 4) 小動物に対しての工事用車両による被害および構造物への転落による事故

4. 影響緩和策

環境影響要因毎に以下の保全策を考え、実行した。これらの対策については、地元説明会を行い了承を得た。

表.2 環境影響評価項目一覧

環境影響調査項目		
気象・気候、大気質、水質、騒音・振動、悪臭、土壌汚染、地盤沈下、地形・地質、潮流・海象		
塩分飛散、海水浸透		
植物	植生、貴重植物、土壌断面等	
動物	陸上動物	ほ乳類、鳥類、は虫類、両生類、昆虫類、オオヤドカリ、土壌動物
	水生生物	沢の動物
	海生生物	サンゴ、魚類、底生生物、プランクトン、卵稚仔、潮間帯生物、海草・草

表.3 環境影響要因毎の対策

環境影響要因		対 策
1) 工事区域から発生する赤水の沢および河口海域への流出	工用水	・濁水プラントにより化学処理する
	赤土による濁水	・濁水プラントにより化学処理する ・赤水と清水を分離することにより濁水を減量する ・裸地表面をアスファルト乳剤吹付、種子吹付等により赤水を減量する ・沢下流域に布団かごの堰を設置する
2) 土地改変による棲息面積の縮小	改変面積の縮小化	・発電所、水路を地下にレイアウトする ・放水口、発電所への工用水道路、作業坑を省略する ・切盛土量をできるだけバランスさせることにより工用地を縮小する
	植生の保護・復元	・工用地は速やかに修景緑化を行う ・低木植栽により既存林を風害から保護する
3) 重機による騒音振動		・明かり工事における夜間作業を禁止する ・低騒音型機械を使用する ・工事区域内は低速走行する
4) 小動物に対しての工事用車両による被害および構造物への転落による事故		・工事区域内の動植物を捕獲移動する ・貴重動物進入防止設備(侵入防止ネット)を設置する ・ポスター、講演会、パンフレット等によるPR活動 ・傾斜型側溝設置により小動物の転落事故を防止する

特にユニークと思われる項目(上表、下線部)について、以下に詳細を示す。

工事中の対策

(1) 工事区域内の動植物の捕獲移動

建設工事期間中工事区域は、土地の改変および大型重機の通行により貴重動物が棲息できない環境になることから、カエル、カメ、イモリ等の移動能力の低い小動物に対しては、工事区域より外の好適な環境へ捕獲移動を行った。小動物の捕獲移動に関しては実施する前に、移動棲息確認試験を行い移動可能であることを確認した。(移動棲息確認試験とは、貴重動物を数個体捕獲しマーキングした後、工事区域外の最適な環境に放ち数週間後活動していることおよび死骸がないことを確認することにより別の環境へ移動することが可能であるか確認する試験である。)

なお、捕獲し移動した動物の種類と個体数は以下のとおりである。

クロイワトカゲモドキ	2個体
ホルストガエル	8個体
ナミエガエル	36個体
リュウキュウヤマガメ	20個体
(沖縄県文化課職員の立会のもとで緊急避難として捕獲)	
オキナワミナミサワガニ	60個体
陸産貝類	728個体



図.4 侵入防止ネット

(2) 侵入防止ネットの設置

工事区域外部より、カメ等の小動物が進入し工事用車両との事故に遭遇することを防ぐために、工事区域外周約8kmにわたって高さ約30cmのポリエチレン製のネットを設置した。

(3) 工事関係者へのPR活動

できるだけ多くの工事関係者が貴重動物に対して関心を持つよう、貴重動物の写真、自然環境保全のための作業上の注意、貴重動物



図.5 傾斜型排水側溝

発見時の対応方法等を記載した携帯用手帳・パンフレットの配布、貴重動物保護を呼びかけるポスターの提示、貴重動物に関する講演会の開催等を行った。携帯用手帳には、鳥類、両生類、は虫類等 16 種類の貴重動物のカラー写真の他、自然環境保全のための作業上の注意および貴重動物を発見した場合の対応等の注意事項が記載されている。これらに対し、貴重動物保護対策が有効に機能しているか、貴重動物の取り扱いが適切であるかチェックするため、保護動物担当者を任命しパトロール等を行った。また、パンフレット巻末には貴重動物確認報告書を添付し、貴重動物を発見した場合には報告するよう義務づけた。

永続的な対策

(4) 傾斜型排水側溝の設置

通常道路側溝には、U 字排水溝が使用されているが、小動物が転落した場合、脱出できず、沖縄の暑い太陽によるコンクリートの吸収熱で焼け死んでしまう。県内では雛鳥が U 字型側溝内で焼け死んでいるのが何件か発見され問題となっている。そこで、転落しても自力で脱出可能な形状の傾斜排水側溝を設置した。側溝は山側に傾斜面、道路側に鉛直面となるよう配置され、自然区域に生物を誘導することによる車両事故防止の役割も担っている。

(5) 修景緑化とビオトープ創造

工事用地については、原状復旧することにより、貴重動物が生息できる自然環境にできるだけ早く戻す必要があると考えた。特に、当初約 21 万 m³ を収容した調整池に隣接して設けた土捨場については、従来の土捨場に対する概念を超えて、野生生物(鳥、昆虫、植物等)が共存共生できる生態系を持てるような環境を創成する場所(ビオトープ)として土捨場を位置づけた。



図.6 土捨場中央部の池

周辺のイタジイ林(国頭村の村の木)と同様の植生を再生するために、イタジイ・アデク等の優先樹を始めとして、動物の餌となるシマグワ・シャリンバイ等の結実樹、早く成長して風除けなどになりイタジイ等の成長を助けるアカメガシワ・センダン等のパイオニア樹など 20 種程度を選び、約 4.5 万 m² の土捨場に約 3 万本を混植した。植栽した樹木の苗木は、ほとんどが一般的に市販されていないため、実生から採取した種をポット苗として 2~3 年育苗し、植栽した。残土を処理したままの裸地状態では降雨時に赤土が流出するため、赤土の表面を平坦部はパーク(木の皮やチップ)で、斜面部はヤシ殻マットでそれぞれ被覆し、あわせて水分の蒸散抑制と植栽した樹木の生育環境の向上を図った。

また、本地点は開発前には沢があり、水辺環境が存在していた。その環境の回復と、小動物(水生生物、昆虫等)の生息環境を整備するために大小の池や水路をバランスよく配置した。これにより、環境の多様化を図った。池や水路は空石積みとして石と石の隙間に小動物が生息できるよう配慮し、石の大きさも大小取り混ぜて変化をつけた。小さな池や水路の表面には赤土の流出を防止する目的でヤシ殻マットを敷設した。



図.7 ヤシ殻マット被覆

5. 緩和策の効果

建設工事による周辺環境への影響を評価するため、環境影響調査を 1990 年から連続して実施している。表.4 に 1999 年のモニタリング概要を示す。

表.4 モニタリング概要

調査項目			調査頻度	
陸域調査	植生調査(台風前後調査)		プラント周辺 10 点	
	動物調査	哺乳類,鳥類,爬虫類,両生類,昆虫類,土壤動物,水生生物,オオヤドカリ類	ラインセンサス、定点調査等により実施	
	騒音・振動調査		プラント周辺 4 点	
調整池	水質,電導度		調整池内 1 点	
	透明度,pH,DO,COD,SS,n-アキサン抽出物質			
			連続 1 回/年	
海域調査	水質調査	水温,塩分,透明度,pH,DO,COD,SS,n-アキサン抽出物質,大腸菌群数,T-n,T-P	前面海域 4 点	
	底質調査	COD、全硫化物、粒度分布、強熱減量	前面海域 5 点	
	生物調査	潮間帯生物,底生生物,卵・稚仔,動植物プランクトン		前面海域 2~3 点
		海藻草類		前面海域 3 測線
		サンゴ		前面海域 3 測線,5 点
魚等の遊泳動物		前面海域 1 測線		
			2 回/年	

その結果の一部である土捨場の主要木生育状況のグラフを図.8 に示す。ここで用いられている数値は、調整池周辺の 10 箇所において、10m×10m のコドラードを設定しその中の樹木を対象に得られたものである。(1997 年のデータについては、速度が遅く長時間暴風雨を伴った台風の影響を大きく受けたため、比較に適しないデータとみなし、ここでは掲載を割愛する。)

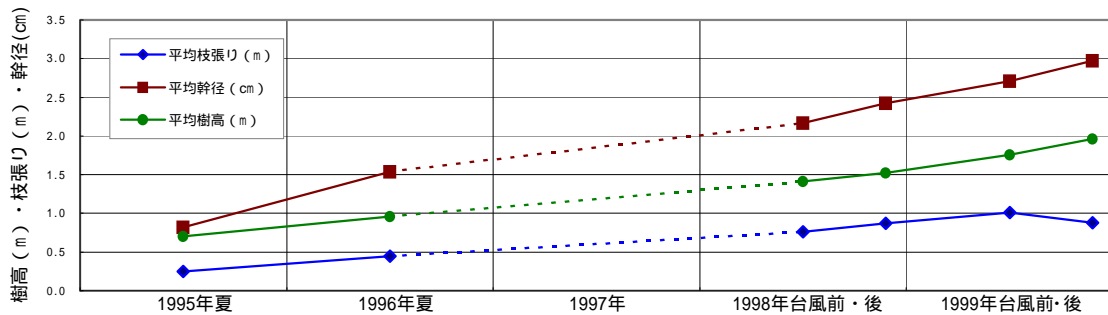


図.8 環境影響調査結果一覧

土捨場のピオトープでは、図.8 に示すように苗木も順調に生育し、水辺ではオタマジャクシやイモリ等が泳ぎ、とんぼが飛び交っていることが確認されている。また動物の餌となる木の実や昆虫等が増えたことから、貴重鳥類やイノシシ等も姿をあらわすようになった。また予想をしなかった効果として、敷かれたヤシガラマットには、水生生物等が卵を産みつけるなど水草の代わりの役目も果たしている等、二次的効果も確認されている。

赤土流出防止対策においては、台風接近時にも赤土が流れ出さず、濁水が発生しなかったことが確認されている。

また、本地点で貴重種が出現し、その映像がテレビで放映された影響もあり、多くの一般の方々が見学に訪れている。本プロジェクト地点においては、周辺の山林に入らなくても、短期間で珍しい動植物を見ることが出来ることが評価されている。この特性を活用して、国頭村役場では子供たちの学習の場や環境教育に活用できないだろうかと利用法を検討している。

図.9 に土捨場中心部の状況写真(199X年時点)を示す。



図.9 土捨場中心部

6. 成功の理由

工事開始前から地元学識経験者を中心に構成した貴重動物保護検討会を設置し、環境保全対策やその効果について検討を行ないながら、それを反映して工事を進めたことが、全体的に環境対策が成功した理由であると考えられる。

その中でも、自然の回復と言う見方から、土捨場におけるビオトープ創成の効果が高いと評価できる。特に土捨場の土壌は無機質であり、風・塩害等をうける厳しい条件下にあったことから、植栽に関しては、計画の早い段階から研究がなされていた。このような研究に基づき、塩害に対する調査、鳥類が営巣しやすい樹木種等の調査を行い、植栽種・植栽方法の決定に役立てた。一例として、以下に植栽方法試験の概要を示す。

試験期間

1994年から1996年にかけて

試験場所

上部調整池近傍

検討課題

- 1) 周辺樹木は一般造園木でないため活着の可否
- 2) 健全な成長のために適した経済性も考慮した植栽密度と配置方法
- 3) 最適な土壌改良材料の選定
- 4) 防風ネット等の設置による塩害抑制効果の把握
- 5) 裸地表面の被覆材料が苗木の成長へ及ぼす影響

調査項目と調査対象材料・方法

試験内容	選定材料
樹木の適応性試験	植栽樹種:イタジイ、アデク、タブノキ、イスノキ、ネズミモチ、オオバギ
植栽配置方法の選定	植栽配置方法:筋植(0.5m×2.0m ピッチ)、密植(5~10 本/m ²)、点植(1.0m×1.0m~1.2m×1.2m ピッチ)
土壌改良材料の選定	土壌改良材料:牛糞堆肥、石炭灰、流木堆肥
防風ネットの必要性	防風ネットの有無
マルチング材料の選定	マルチング材料:ヤシ殻不織布、バーク、敷わら、種子吹付

調査結果

本試験の結果の一部である樹種イタジイの結果を植栽時の1年後の樹高の成長比で示すと以下のようになった。

植栽配置方法選定		土壌改良材料選定		マルチング材料の選定		防風ネットの必要性	
筋植	2.28	牛糞堆肥	2.28	ヤシ殻不織布	2.07	ネット有り	1.69
密植	1.7	なし	1.08	敷わら	1.27	ネット無し	枯死
点植	1.23	流木堆肥	1.07	バーク	1.23		
		石炭灰	0.2	種子吹付	0.33		

結果からのアウトプット

試験結果をうけて、高さ50cm程度のポット苗を筋植えて植栽した。風通しの強い箇所には、防風ネットを設置した。マルチング材料及び及び土壌改良については、降雨時の流水を考慮して地表面勾配のなだらかな箇所には、バーク堆肥を用い、勾配の急な箇所にはヤシ殻不織布を用いた。また、マルチング材料や堆肥の厚さは、場所によって適する数値を採用した。

このように事前の十分な調査・検討と細心の配慮を行ったことが、環境的に厳しい本地点においても植物が健康に成長している理由であると考えられる。また検討の際、「人間は自然復元の手助けをする」と言う観点を持ち、必要最小限の手助けによる植生の再生を心がけたことも有効であったと考えられる。

7. 第三者のコメント

<朝日新聞(1999.6.14)>

“4年目を迎える苗木たちはすくすくと育ち、人工のよどみにはイモリやオタマジャクシが元気に泳ぎまわっていた。発電所の総工費三百億円のうち、環境対策費は、3億円。最近、八角池の周辺にヤンバルクイナが姿を見せている。運転後も周辺の生態と共生していけるのか。発電所と環境のあしたを見守りたい。”

8. 詳細情報の入手先等

参考文献

- 1) 坂田淳:「海水揚水発電技術実証試験パイロットプラントにおける自然環境保全対策について」、大ダム、1996.10
- 2) 小松俊夫他:「沖縄海水揚水発電技術実証試験パイロットプラント建設工事における自然環境保全対策について」、電力土木 no.254、1994
- 3) 重留文男:「沖縄やんばる海水揚水発電所における環境共生の取り組み」、ダム・遊水池国際シンポジウム資料、2000.1

- 4) 「ヤンバルの自然にやさしく - 海水揚水発電パイロットプラント工事にあたって」、電源開発(株)作成パンフレット
- 5) 「海水揚水発電技術実証試験」、電源開発(株)作成パンフレット
- 6) 筒井茂明:「ソフトエネルギー・沖縄海水揚水発電」、土木学会誌、1995.11
- 7) 「くにながみ」、沖縄県国頭村 HP、<http://www.rkkcs.co.jp/kunigami/index.html>
- 8) 「沖縄県庁 HP」、沖縄県庁 HP、<http://www.pref.okinawa.jp/index-j.html>
- 9) 「海水揚水発電技術実証試験 環境情報検索システム」、電源開発(株)
- 10) 「沖縄の自然保護に人生を捧げる - 池原貞雄さんに聞く - 」、水情報 Vol.19 No.7、1999
- 11) 「Swell opportunities for Japanese hydro」、International Water Power & Dam Construction, March 1998
- 12) 「Electric Power Development Co., Ltd.」、EPDC HP、<http://www.epdc.co.jp/english/index.htm>
- 13) 「海水揚水発電技術実証試験報告書」、MITI;EPDC、1994-1999

問い合わせ先

Civil Engineering & Architecture Department, Electric Power Development Co., Ltd.(EPDC)

Tel : +81 3 3546 2211

Fax : +81 3 3546 9423