

(仮訳)

Key Issues :

- 5 : 水質
- 1 : 生物多様性

気候区分 :

熱帯雨林気候

主題 :

- 魚類生息地と回遊を維持するための様々な対策

効果 :

- 特殊な運用および構造的対策による従来の魚類生息地と回遊の回復

プロジェクト名 : Yacyret 水力発電所
国名 : アルゼンチンおよびパラグアイ

実施機関 / 実施期間 :

- プロジェクト : Entidad Binacional de Yacyret (EBY)
1994年(工事完成) -
- Good Practice : EBY (Departamento de Obras Complementarias, Sector Medio Ambiente, Departamento Técnico),
Universidad Nacional del Nordeste, Corrientes and with assistance of the Consulting Engineer CIDY
(Harza y Consorciados)
1994年 -

キーワード :

総溶存ガス (TDG)、過飽和ガス、余水吐、魚類

要旨 :

1994年8月に、このプロジェクト地点のダム洪水吐の下流で大量の魚の死が観測された。EBYは、大量死の原因である総溶存ガス (TDG) の過飽和を緩和するために、直ちに洪水吐の運用を変更した。長期的な解決法は、洪水吐の形状変更であった。これらの対策が実施されて以来、魚の死は確認されていない。

1. プロジェクトの概要

Yacyreta計画地点は、ブエノスアイレスの北約1,000kmのParana川に位置している。発電が主目的であり、第1期工事として、各800 /sの流量で20台のカプラン型発電機が設置された。有効落差は22m、最大出力3,100 MWで、年間約20,000GWhを発電する。落差は、高さ43mのアースダムによって得ている。パラグアイ側の広大な地域の洪水を回避するため、長さ62kmの側方ダムが必要である。(図-1のプロジェクトレイアウトを参照)

現場では、Parana川が2つの支川に分離され、Yacyreta島を形成した。このことにより、洪水吐を2箇所の設備に分割することになった。一方の洪水吐は、ラジアルゲートによって制御される18門を通じて55,000 /sの処理能力を有し、本川に位置しており、もう一方の洪水吐は、16門を通じて40,000 /sの処理能力を備え、A a C 渡川上に設置され

(仮訳)

ている。発電用の最大使用水量を超える流量は A a C 支流の河川維持流量を供給するため、そして発電所の放水水位変動を最小限とするため、最初に A a C 洪水吐から放流される。大規模な洪水は、本川洪水吐から放流される。

プロジェクトには、閘門、流下遡上(回遊)行動魚のための魚道設備および蓄既用取水口が含まれている。未決の収用地があるため、プロジェクトは、一時的に水位を下げて運用している(計画最高水位83m に対して、現在の最高水位は76mである)。

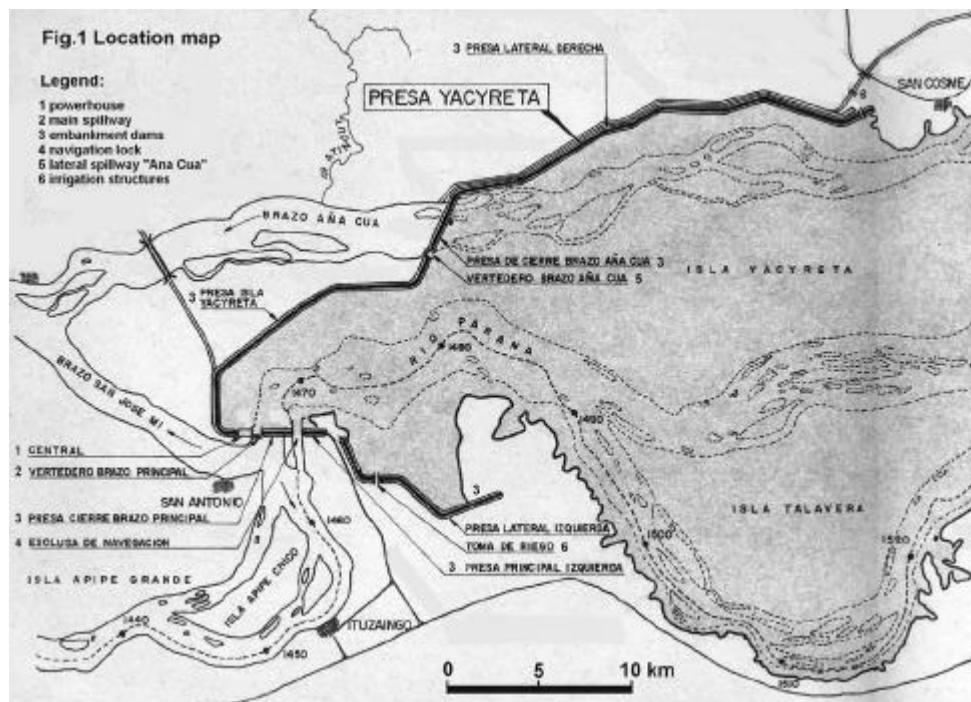


図-1: ダム位置図

2. プロジェクト地域の特徴

Parana川は熱帯気候から亜熱帯気候地域にかけて10⁶ km²の流域面積を有し、年間平均降雨量は1,500 mmである。河川流況は、各々異なる流況特性を有する2つの支流(Alto Paran およびIguaz)に左右される。以下の河川流量は、水文調査およびPosadas地点の観測値の101年統計から得られたものである。

項目	ピーク流量 (/s)
PMF	95,000
既往最大洪水量	53,000
年平均洪水量	23,000
平均放流量	12,600
既往最低放流量	4,300

貯水容量は、常時21×10⁹ から最大 26×10⁹ であり、河川の年平均洪水量 380×10⁹ に対してわずかな洪水調節効果しかもっていない。ダムサイトは「esteros」と呼ばれる湿地に囲まれる平坦な草原河岸に特徴がある。貯水池の現況は、平均2~5 km 幅の蛇行した緩やかな流れの河川と幅の広い氾濫原が同程度の水深の浅い湖になっているため、もとの環境に対し顕著な変化はない(図-2を参照)。

(仮訳)

初期湛水の特徴は、洪水吐および発電所方向へとゆっくり流された浮島があったことである。これらの島々は、大きさが100～6,500㎡で厚さ0.8～2 mであり、ガス放出によって浮力が発生したために、牧草地から分離されたものである。ガスは、根系分解と有機土壌の嫌気性分解により生成される。この現象は一時的なものであり、より大きな島は、洪水吐に損傷をあたえないで流下させるため分割切断された。



図- 2： 建設中のダムと主洪水吐（手前）および発電所掘削

3. 主要な影響

3.1 魚の斃死

1994年8月中に、大量の魚の死が主洪水吐の下流で認められた。この現象は、ゲート全開による非対称な放流から、ゲートの均等部分開放による対称な放流までに至る洪水吐運用の変更と同時に発生した。原因は、溶存ガスの過飽和によるものであるということが、緊急の調査によって分かった。影響を受けた魚のほとんどは、主に「nodrados de fondo」(ナマズ、scates)とサケ「doradoresとbogas」であった。その後の10日で、ゲート操作は最も厳しい過飽和状態を避けるように変更された(図- 3を参照)。同じ年の10月 A a C洪水吐において、魚の死が同様に観測されたものの、その数は大幅に減少した。(図- 4を参照)。そこで、洪水吐運用が直ちに変更されることになった。しかしながら、発電機がまだ据付中であり運用準備も整っていない時に、重要な洪水吐運用が時間的に制限されたということは特筆すべきことである。この条件において、洪水吐の放流量とあわせて過飽和レベルが増加した。

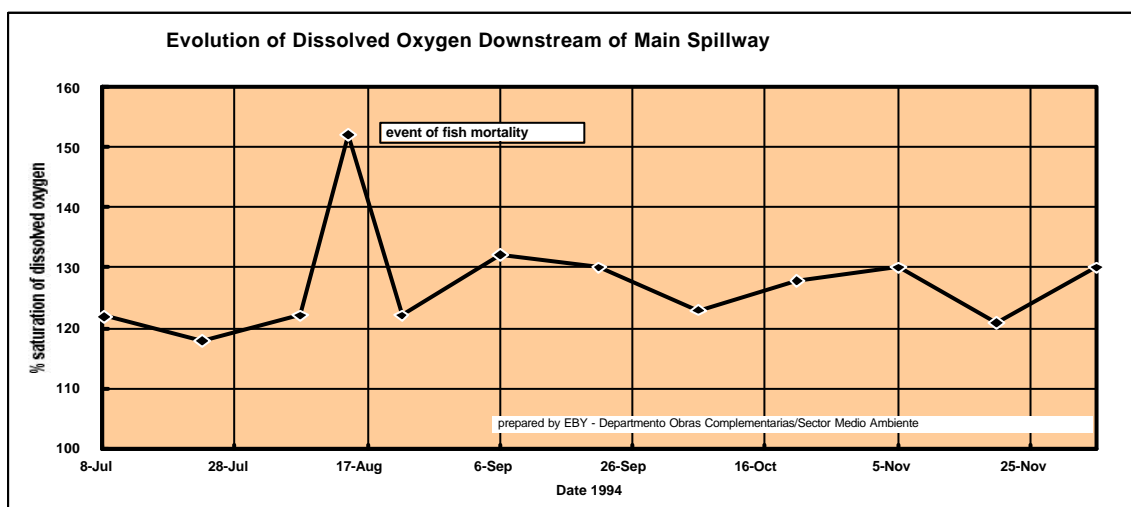


図-3： 主洪水吐減勢池における溶存酸素の変遷



図-4： 魚が斃死した時点での A aCu洪水吐の運用

3.2 原因調査のための実験的活動

事故の詳細を調査するために、外国人専門家であるJames Thrall博士、Wesley Ebel博士、John Cassidy博士およびアメリカ陸軍工兵隊の担当者たちの助力を受けてEBYの環境司チームが、科学的実験プログラムを作成した。屋外および屋内での研究が行われた。まず最初のプログラムは次の調査からなる。

- 異なる洪水吐運用（ゲートの部分的/完全な開放と開放したゲートの数）、放流量および放水路水位に関する総溶存ガス（TDG）レベルの測定。
- 魚齢および損傷程度が既知の魚を籠に入れ、既知の過飽和レベルにさらすフィールドテスト。

これらの調査目的は：

- より低い飽和値で、洪水吐ゲート操作する最適方法を確認すること。
- 洪水吐下流の飽和流の分布を把握すること。
- 現地の遡上（回遊）タイプの魚の許容過飽和値を評価すること。
- 異なる過飽和レベルに対する傾向と死亡率結果を評価するための過飽和状態への接触時間について情報を得ること。
- 典型的魚種のおおよその回復能力を推定すること。
- 今後の研究ための指針を得ること。

適用された手法は、極めて元気で過飽和によるダメージがなく（ひれに泡がついていないもの）、かつ既知の魚種を魚道において選択的に捕らえるものであった。そして魚は、給気の無い1,001のコンテナに入れられテスト場所まで輸送され、テスト場所では、1m×0.5m×0.5mのケージで作られたテストフィールドに保存された。ケージは3つ条件下に置かれた：

- 1) 水深が殆どなく極めて水面に近い状態で、魚を異なる過飽和状態の場所に置くもの。
- 2) 過飽和状態は同じ場所であるが、魚を回復限界水深の上下で異なる水深におくもの。
- 3) 魚の回復能力を観測するため、1および2の条件で影響を受けた魚を計算された回復限界水深以下におくもの。

(仮訳)

毎日ケージの観測が行われ、各々のガス泡の減少が記録され、魚の活動状況および死亡率が評価された。飽和状態は、それぞれのケージの水深に対する飽和率が測定された。以上に対応して、死亡率は過飽和度、魚にとっての有効水深、過飽和状態への接触時間に関係付けられ、以下の閾値が求められた：

接触時間 [時間]	水深		
	水面近傍	1 - 2m	3m
24	115	117	124
48	110	117	123
72	106	116	-
96	105	116	-

塞栓症の兆候は、絶対過飽和の104%まで、かつ過飽和状態への曝露が120時間までは確認されないことがテストでは示されている。測定は、貯水池内の36以上の異なる場所および洪水吐下流の最大100kmの場所で実施された。結果は、以下のように要約できる：

- 貯水池で100%の飽和になると、主洪水吐直下流ではガス飽和度140～150%が測定された。
- 洪水時には洪水吐直下流において、それ以前に対する顕著な飽和度の増加はなく、貯水池直上流では飽和度120%が測定された。
- 洪水吐には、堤体に設置された空気孔がある。この空気孔を開けるか閉めるかによって、トータルの飽和レベルは殆ど変わらないことが示された。
- ガスの消失は非常に遅い：洪水吐下流90kmで飽和度125%が測定された。
- 発電放流水は、貯水池で測定された飽和レベルと同じような値を示した。
- 発電放流水と混合することなく過飽和放流水は流下する。

他の実施活動は、河川流況と水質の現場でのモニタリングと魚道の効果をチェックすることであった。

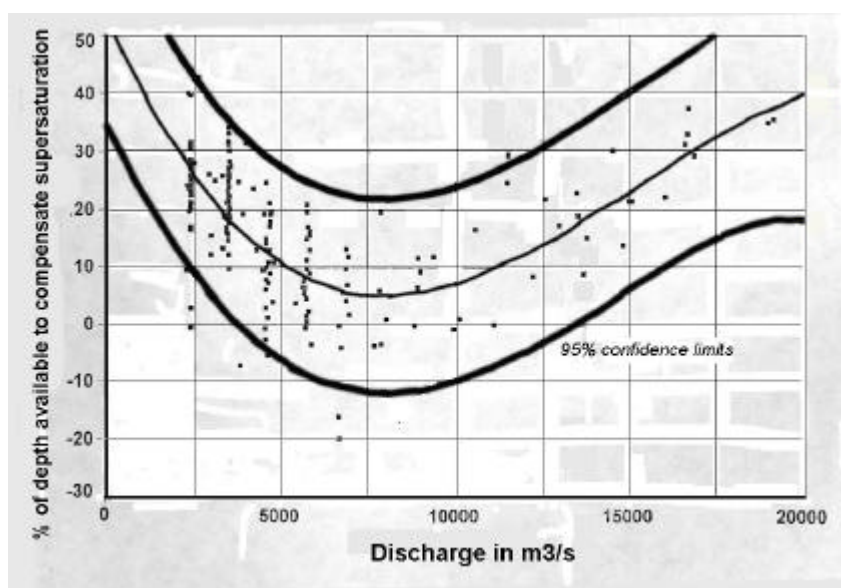


図-5： 魚の低過飽和域への回避行動に対する有効水深

4. 影響緩和策

以上の調査を踏まえて、次の事項を決定した。

- 異なる流況でのTDG測定 of 継続
- 当該地域の魚の賦存量に関する体系的研究の継続
- 洪水吐運用規程の変更
- 跳水、空気混入影響、洪水吐デフレクターの効果把握のための水理実験の実施
- Paran 川が相対的に自然飽和度の高い理由についての調査

これらの調査から、2つの主たる影響緩和策が考えられた：

- 1) デフレクターを付加することによる洪水吐の構造的改良
- 2) ゲート開放規程の修正

1) に対して：

2次元および3次元水理実験がブエノスアイレスのAMNR Asunción and INCYTによって実施され、洪水吐下流斜面でのデフレクターについていくつかの設計オプションが調査され、各々標高57 mと62 m (主洪水吐およびA a Cu洪水吐)での長さ4 mのデフレクターが、減勢池流入水に対する空気巻行の減少効果を最も大きくすることが分かった(図-6を参照)。

デフレクターは極めて効果的であることが判明した。幅の広い河床および極めて低い放水量変化といった現地特性のため、高い過飽和率は広範囲の放流によって回避される。

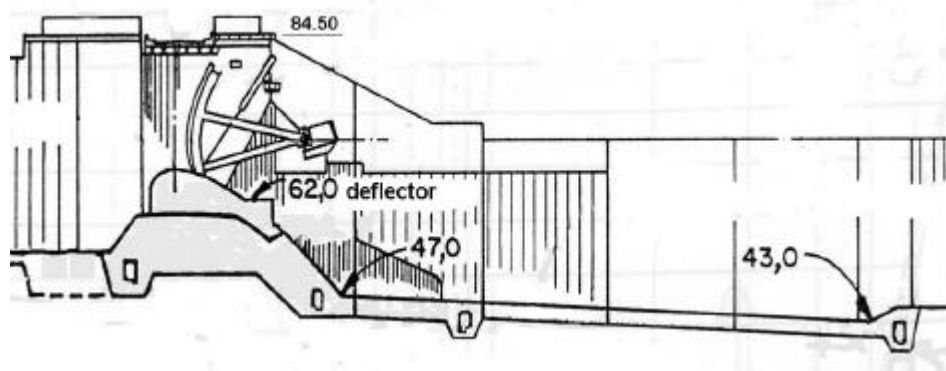


図- 6a： 過飽和流緩和のためデフレクター (A a Cu洪水吐断面)

(仮訳)



図- 6b : A aCu洪水吐 : ゲート部分開放でのデフレクター流下状況



図- 6c : A aCu洪水吐 : 高放水位時の水理模型実験

2) に対して :

水理実験の測定結果と実機における過飽和測定から、デフレクターが設置されない限り、洪水吐ゲートの部分開放操作を行わないという結論が導かれた。デフレクターの設置に伴い、流れが一定である限り、すなわち、すべてのゲートが同じように開かれる場合は、ゲートの部分開放も実施できるようなより柔軟なゲート開放経程の実施が可能となる。

プロジェクト完了後の通常運用期間には、主洪水吐が平均的な年で時間的には4~5%しか放流しないということに注目する必要がある。これは、魚の死亡問題は、すべての発電機が設置されておらず、それゆえ、大流量でかつ継続的な放流が洪水吐を通してなされていた状態で生じた問題であったということの意味している。

5. 影響緩和策の効果

洪水吐デフレクターを設置して以来、飽和度の顕著な減少とともに、魚の死亡が観測されなくなった。

(仮訳)

6. 成功の要因

- 1) すばやい調査への着手と洪水吐運用規程の変更により、頻繁かつ大流量の放流（発電機の部分運用）時に生じた連続的な魚の死亡を止めることが出来た。
- 2) 洪水吐デフレクターの適用により、水力発電所の耐用期間中に魚の死亡を避けるための最終的な改善方法を提案した。
- 3) 責任を押し付けることなく、改善作業と調査のための適切な資金提供など、関係組織の非官制的かつ効率的な協力があつた。