

(仮訳)

Key Issue :

10 : 景観と文化財

気候区分 :

Cfc : 西岸海洋性気候

主題 :

- ・ プロジェクト領域における自然・文化的な景観の保護

効果 :

- ・ すばらしい峡谷をもつ美しい景観の保護と流域内の河川流量減少に伴う影響の低減



プロジェクト名 : Aurland 水力開発

国名 : ノルウェー

実施機関 / 実施期間 :

- ・ プロジェクト : Oslo Lysverker社
1960 - 1984 (準備・許認可申請)
1969 - 1984 (建設)
1984 - (運転中)
- ・ Good Practice : Oslo Lysverker社
1969 - 1984 (建設)
1984 - (実施中)

キーワード :

美的な景観、地下構造物、緑化、自然岩石で築造した堰

要旨 :

5箇所の水力発電所で構成されるAurland水力開発プロジェクトは1984年に完成した。西ノルウェーにあるAurland谷は壮大な自然美として広く知られているため、土捨場・採石場の緑化、道路建設における大規模なトンネルの採用、河川のより自然な景観を創り出すための小規模な堰の設置を含んだ、自然で文化的な景観への建設工事による影響を低減させる様々な対策を実施した。

1. プロジェクトの概要

総出力 840MW の 5 箇所の水力発電所で構成される Aurland 水力開発プロジェクトは 15 年間の年月をかけて 1984 年に完成し、1992 年にはノルウェーの首都オスロ市の電力消費量の 30%を供給するようになった。Aurland 第一発電所に 3 号機 250MW が増設され、現在の設備出力は 1,100MW である。この発電所は 西ノルウェーの険しい山岳水系における利用可能な莫大な水力エネルギーを利用している。(図 1、図 2、表 1 参照)

このプロジェクトはオスロ市が所有する Oslo Lysverker 社によって推進され、Oslo Lysverker 社の電力局は現在 E-CO Vannkraft 社に移譲されている。オスロ市はまだ E-CO Vannkraft 社の大半の発電設備を所有している。第二次世界大戦から 1980 年代にかけて、Oslo Lysverker 社による Aurland 水力開発プロジェクトの主要な目的は

(仮訳)

オスロ市の増加する電力需要を支え、信頼できるエネルギーを自給し続けることであった。この目的に従って、Aurland 水力開発プロジェクトは 15 年の建設工事の期間にわたって電力を供給するための建設準備を既に完了しているサブプロジェクトとともに、オスロ市の電力需要の増加に対応した段階的な開発として計画されていた[1]。なお 1962 年～1979 年間のオスロ市における電力消費の年間増加率は3～5%であった[2]。

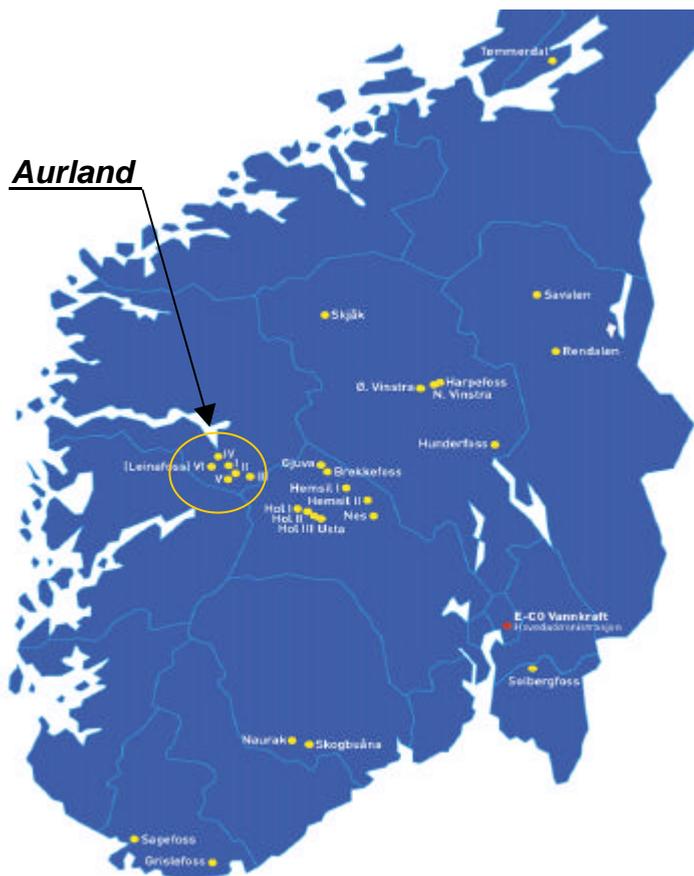


図1 プロジェクト位置図

1944 年に Aurland 大規模水力開発計画プロジェクトの最初の準備計画、そして 1946 年に土地と権利を法的に取得した。Aurland プロジェクトは Oslo Lysverker 社によって実施された 4 番目の大規模な水力開発プロジェクトであるため、それ以前に実施されたプロジェクトから得られた経験や技術による恩恵を受けていた。(Hol Hemsedal Uste/Nes プロジェクトは第二次世界大戦と 1960 年代前半の間で完成。) 住民の環境問題に対する高まる関心によって、完全に広範囲にわたる政府の許認可申請の評価プロセスが必要となり、そのプロセスは 1965 年～1969 年まで続くこととなった。また、環境への影響は、特にトンネル掘削と地下構造物に関する技術開発によって緩和された。

表-1 Aurland 水力発電所群の諸元 (from www.oep.no)

		Aurland I	Aurland II		Aurland III	Aurland IV	Aurland V
流域面積	km ²	56	339	92	92	140	15
貯水容量	mill. m ³	196	10	189	448	3	17
トンネル延長	Km	3	9.864	18.794	4.03	5.718	
有効落差	m	840	110	480	400	55	400
最大出力	MW	675	63	72	270	31.5	9
発電生電力量	GWh	1993	186	211	350 / 281	105	24
最大使用水量	m ³ /sec	96	68	15	80	79	3
最大出力	MVA	3x250	2x35 / 80		2x150	35	10
変圧器電圧	kV	420 / 15.5	380 / 66 / 9.9		420 / 15.5 / 7.75	68 / 6	68 / 4.3
建設開始年	Year	1969	1979		1975	1976	1980
運転開始年	Year	1989	1983		1979	1980	1983

(仮訳)

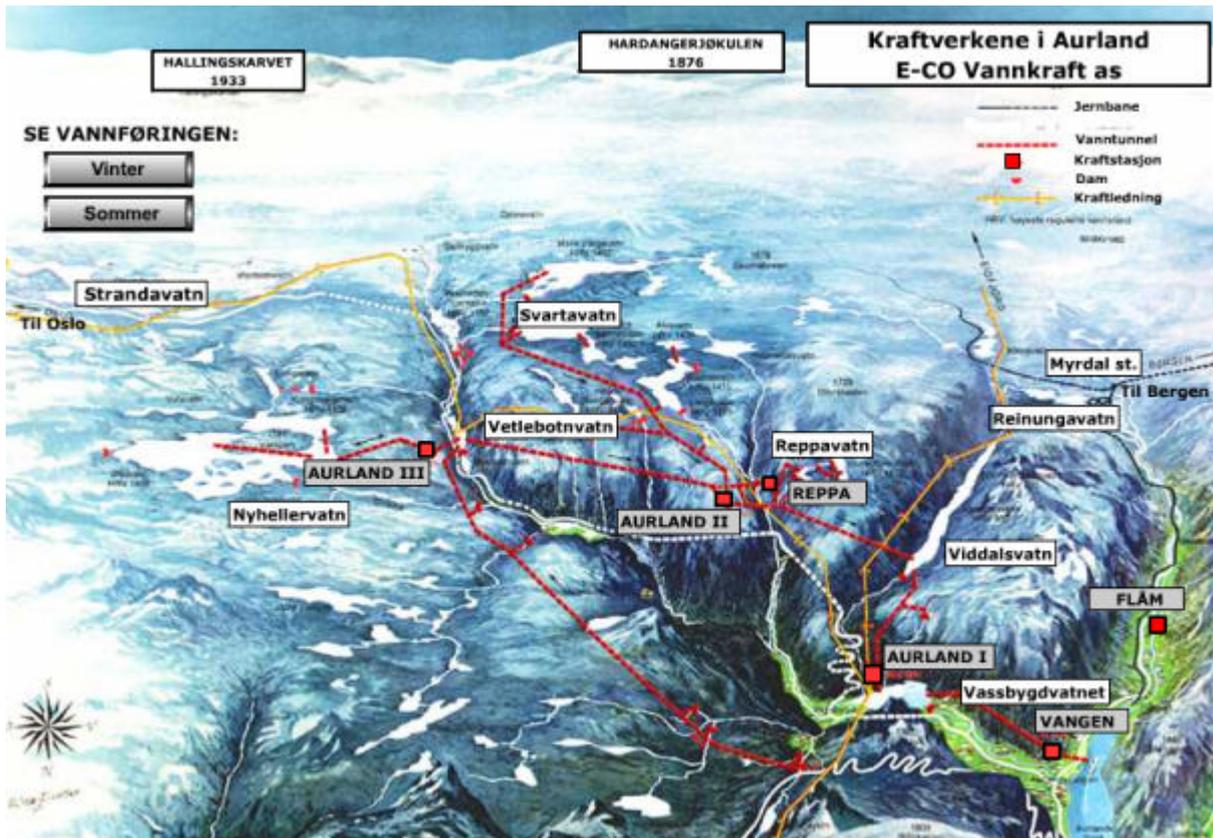


図-2 プロジェクトの概観(from www.oep.no)



写真1 Vettlebotnvatn のダムと貯水池.
(Photo: Oslo byarkiv、 photographer P. O. Breifjell)

(仮訳)

2. プロジェクト地域の特徴

このプロジェクト地域は、有名な Sognefjorden へと続く Aurland Fjord に位置しており、その壮大な自然美は国際的に認知されたものになっている[3]。最初の Hol Hemsedal 及び Uste/Nes プロジェクトは、観光産業によって広範囲にわたって既に影響が及ぼされた地域でその大部分が実施された。Aurland 流域は、川や小さな農地の近くに暮らす住民に、ほとんど手付かずの高原地帯(海拔 1,300~1,500m の高台と海拔 1,800 級の山々)と氷河の魅力的な原生自然を提供している(写真 1、写真 2)。



写真 2 Aurland における河川。

(Photo: source Oslo byarkiv、 photographer P.O.Breifjell)

住民数の多くが保護すべき原生の自然として評価している地域への不可逆的な介入を行うプロジェクト開発計画に対して新しい論議が巻き起こった。流域の川岸と低地へ与

える影響のために払われるべき計画及び補償の協議は、自然保護のために活動している環境保護活動家からの抗議よりも解決が容易であることは明らかである。

3. 主要な影響

水力開発プロジェクトは、水界・海洋生態、魚種資源、Aurland Fjord の氷河状態、陸上生態系及び文化財等、広範囲にわたり様々な問題に影響を及ぼすことになる。全ての開発領域において我々は、例えば送電線建設に伴う自然保護のために、現在そして将来にわたって美的価値へ及ぼす大小の影響を含めて考慮しなければならない。工事中の道路では、交通量が増加する傾向にあり、実際の状況に応じて、土地利用の変更をもたらす結果になるかもしれない。建設工事は、動植物ならびに水系周辺に対して様々な影響を与える[4]。貯水池から発電所まで間の導水トンネルの建設工事では、大量の掘削ズリが発生する。

Aurland 流域の高原地帯に対しては、このレポート (GPR) に関連した主要な環境影響は以下の通りである。

- 工事中及び工事後の道路
- 岩石採取のための採石場
- ダム・トンネル周辺の掘削ズリの処理
- ダム、取水口、貯水池 (人造湖)
- 貯水池ダムの湛水区域

河川及び Aurland Fjord に関しては、このレポートに関連した主要な環境影響は以下の通りである。

- プロジェクト完成後の住民の美的印象の変化
- トンネルの設置による河川流量と経路の変化
- 河川水温の変化

(仮訳)

- 河川自流の減少と変化
- 氷河の状態

4. 影響緩和策

山々を長いトンネルと地下に設けられた電力設備は、ノルウェーにおける水力発電の特徴である。これらの美的面での利点は、設備のほとんどが地下にあるため目に映らず、地表周辺に影響を与えないことである。一方、採石場及び土掘削ズリの処理がこのプロジェクトの課題となった。

掘削ズリの処理:

最初のプロジェクトでの経験により、大量の岩石材料は、景観設計者が地元の特徴に基づいて設計した土捨場で処理され、より早く周辺環境へ溶け込むように緑化を施した。この方法は効果的であり、採石場やダム周辺についても同様の理由で緑化を図った。また、地元の植物分布に基づいた緑化植物の選定を基本として、容易に土捨場表面に表土が覆われた。緑化植物は、在来種と土捨場表土の乾燥状態（土捨場表土は通常、周辺と比べて水はけが良い）を考慮して選定した。写真3は、緑化対策前後の状況を示す。



写真3 緑化対策前後の土捨場の状況(Photos: P. O. Breifjell)

工事用道路:

環境問題は、プロジェクト領域内における工事用道路建設の重要な部分であった。トンネルの広範囲にわたる活用と景観設計者による支援は、環境への影響を緩和させた（写真4）。地域全体にわたって古くからのハイキング・コースを見つけることができ、土地利用の許認可申請の間、政府はアウルランド渓谷の中央部（AurlandsvannとVassbygdíの間）と平行して設けられた主要なハイキング・コース周辺の環境保護に特別な関心を示した。この渓谷の一部を通る工事用道路は、3本のトンネルで構築されており、ハイキング・コースから視野に入る工事用道路はわずか短い1本の道路（AurlandsvannとVassbygdí間のBerdalen付近）のみである。



写真4 緑化後の工事用道路
(Photo: P. O. Breifjell)

(仮訳)

氷河の状態:

Vangen発電所（Aurland第五発電所）は、冬季の間、貯水池水位を25m低下させて、河川維持流量3 /sの放流が義務づけられている。この操作によって改善された氷河の状態が改善されていることを調査により確認した。この結果については別のkey issueに該当することから、ここでは詳細に言及しない。

堰の設置:

河川のより自然な景観を創り出すため、水位の調整機能を持つ小規模な堰を設置した。この堰は、特に河川流量が少ない場合に、流水表面を大きくする役割を果たす。この堰は、一年のうちの様々な時間における河川維持流量（最小流量もしくは必要流量）に関する規則に加え、電力供給のための流量調整による河川内の視覚的な影響を低減している。また、写真5に示されるように、岩石で作られた堰は、構造物としての視覚的な影響を緩和させ、そして、この方策は河川の穏やかな流れを得るための適切な解決策であることが時間の経過とともに分かってきた。



写真5 自然岩石を利用して作られた堰
(Photo: Magnar Dalen、 E-CO Vannkraft)

諸条件によりコンクリートを用いて堰を作らざるを得ない場合でも、環境影響を緩和させるために、そのデザインや配置には十分配慮している（写真6）。



写真6 コンクリートを利用して作られた堰
(Photo: Magnar Dalen、 E-CO Vannkraft)

5. 影響緩和策の効果

掘削ズリの処理:

景観設計者により設計され、地元の植生分布に基づく緑化が施された土捨場は、風景の一部となり視覚的な影響を和らげた。これ以降のプロジェクト(道路、工業基地、大規模土地開発プロジェクト)において、住民や政府は同様な緩和策の採用を要求しており、このことはこれらの緩和策が効果的であったことを裏付けている。運輸省と地方自治体は、実用的な副次的効果を生み出すために協力している。掘削ズリは、運輸省が将来の道路建設や公共工事における同様のプロジェクトに活用するために、容易にアクセスでき利用可能な場所に置かれている。

- 掘削ズリ総量 : 11,400,000
道路・ダム建設工事における使用量: 5,200,000
土捨場における使用量 : 6,200,000
- 緑化総面積 : 1,600,000 m²
土捨場における緑化面積 : 472,000 m²

工事中道路:

渓谷を通るために選定された工事中道路は、道路のほんの一部のみがハイキング・コースから見える程度であり、環境影響への低減効果をもたらしている(写真)。また、トンネル掘削という高価な緩和策は、結果として、工事中道路の一般共用後は、雪崩の危険性が潜む地域を通るトンネルとの連結により、通行の安全をもたらした。

Aurland周辺住民にとっての水力開発による一つの大きな効果は、水力開発プロジェクト以前にはできなかった、一年を通じて安定した道路接続である。この確実な道路網の完成に向けた期待は、Aurland周辺住民の水力開発プロジェクトに対する前向きな態度が最も重要な要因の一つであった。工事期間中の輸送目的のために、Oslo Lysverket社はプロジェクト敷地内に幾つかの道路を設置した。Oslo Lysverket社は、必要とされるもの以上の高い基準の2車線道路でAurlandとHolの間の幹線道路を建設することを選択し、今日、この幹線道路は、ノルウェーの東西を結ぶ主要な公共道路の一つとなっている。

このプロジェクト領域内に位置する高原地帯を回避するため、Geiteryggenの下にトンネルを設置した。この結果は別のkey issue (K13 Improvement of infrastructure) に該当することから、ここでは詳細に言及しない。



Photo.7 Berdalen 渓谷内の道路。
(Photo: P. O. Breifjell)

- 再構築したハイキング・コース長 : 12km
Aurland 渓谷の年間利用者数 : 12,000超
- 建設された主要道路延長 : 60km
一般公衆利用のために解放した道路延長 : 54km

堰の設置:

一年のうちの指定された期間における河川維持流量に関する規則に加え、河川に設けられた堰は、視覚的な影響を緩和させた。また、岩石で作られた堰は、魚に隠れ場所を提供する等、魚族の繁殖に有利な条件をもたらした。

- 堰の数 : 34箇所
- 堰の設置による河川の流水表面積の増加量 : 982,500 m²

6. 成功の要因

- 道路網の改善、安定した電力の獲得及びインフラ整備のための地元の尽力
- 建設以前から環境影響評価を含めた広範囲にわたる許認可申請
- プロジェクト当初から計画立案に対して、環境問題を検討する経済的意欲及び能力

7. 第三者のコメント

「水力開発の現状の必要条件を克服した Aurland 水力開発プロジェクトは、それ自体が近代的な設備形成であることを証明している。そのプロジェクトは、独特の環境影響緩和策が建設から運転まで全体に講じられており、参考となるプロジェクトとなっている。視覚的な影響を低減させて、地元の景観を保護するためには、多大な尽力が必要である。環境及び生態で考慮すべき事項は、発電設備の運用状況を重視することであり、このプロジェクトの場合の視覚的な影響は、河川水量管理の検討に基づいて考慮されている。」 Ivar S. grqv The Norwegian Water Resources and Energy Directorate, Western Region. (www.nve.no)

8. 詳細情報の入手先等

8.1 参考文献

- 1) G. C. Wasberg: “Oslo Electricity Works Norway、The Growth of Oslo and the Development of Electric Power Supply”、1968
- 2) F. E. Johannessen: “I St tet Oslo Energi gjennom 100 år 1892-1992”、1992
- 3) Norsk Geografisk Tidsskrift, Norwegian Journal of Geography, vol. 48 Nos. 1-2: ”Special Issue: The Aurland Catchment Area the impact of Hydropower Development”、1994
- 4) Norwegian Ministry of Petroleum and Energy: “Facts 2002、The Energy Sector and Water Resources in Norway”、2002 (Available at www.mpe.dep.no)

8.2 問い合わせ先

E-CO VannKraft

P.O. Box 1050 Sentrum、

N-0104 Oslo、Norway

Telephone: +47 24 11 65 00