

# 地域資源としての 小水力発電開発に向けて ～普及事例を踏まえて～

## ◆ 小水力発電の特徴と開発計画

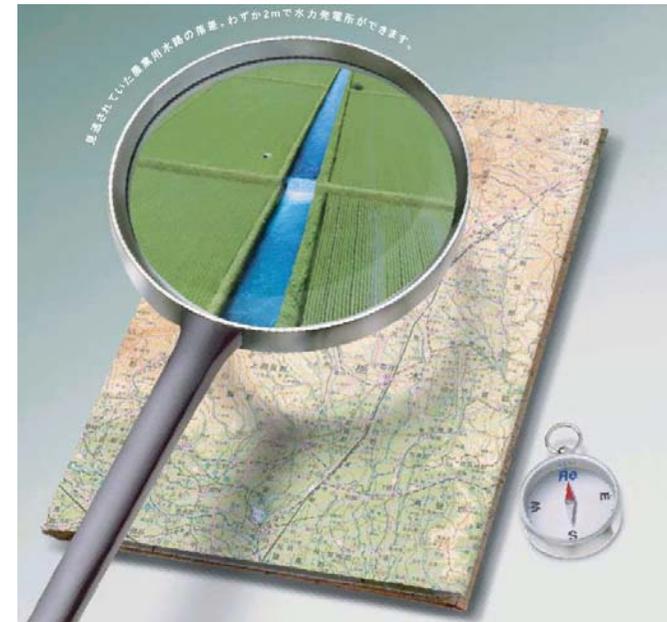
## ◆ 小水力発電の普及事例

事例1: 鯛生小水力発電所 (旧 大分県中津江村)

事例2: 開水路落差工発電システム(ハイドロアグリ)

## ◆ まとめ 持続可能な社会に向けて

嶋田 善多



提供: 電源開発(株)

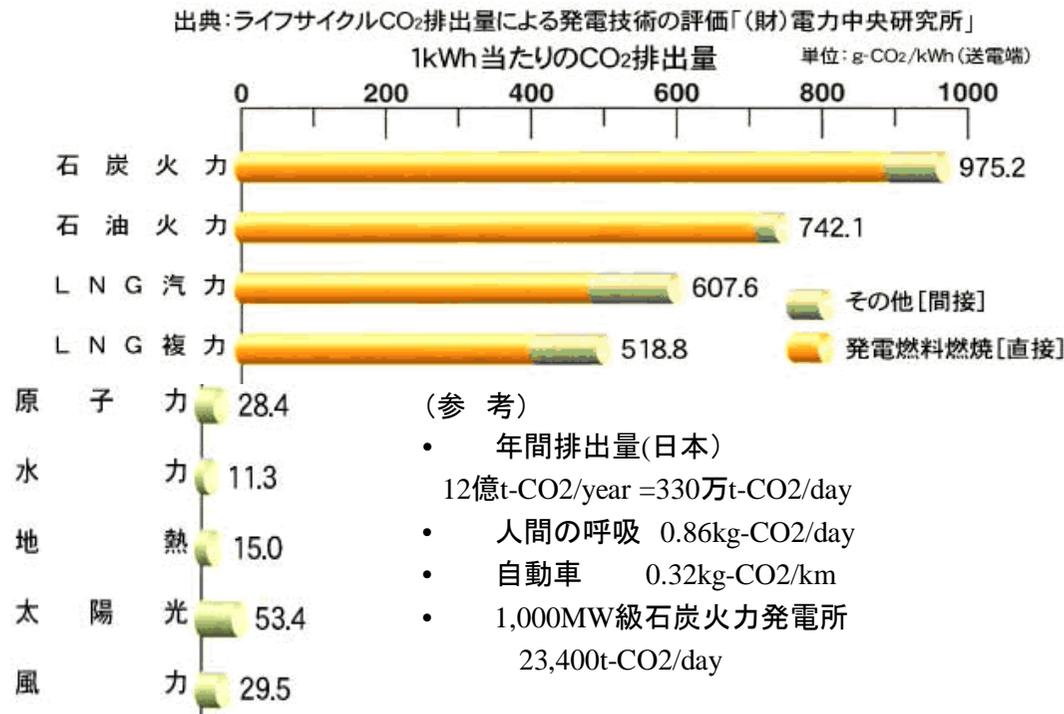
平成20年7月19日 於: 山梨県

# 【新エネルギーの必要性】

## 地球温暖化対策 ⇔ CO<sub>2</sub>の削減が急務

⇒化石燃料に替わるエネルギー源の導入が必要

⇒新エネルギーの導入(風力、太陽光、バイオマス、小水力等)



## 《新エネルギーの特徴》

- 少ない温室効果ガスの排出
- 国内の広い地域に賦存
- 再生可能なエネルギー

# 【新エネルギーの技術レベルと経済性】

技術	経済性	普及状況	《再生可能エネルギー》	
実用化段階	競争力あり	十分普及	自然エネルギー 水力発電 地熱発電	リサイクルエネルギー
	制約あり	普及途上	新エネルギー 太陽光(発電・熱利用) 風力発電 雪氷熱利用 バイオマス (燃料製造・熱利用・発電) 廃棄物利用 (燃料製造・熱利用・発電) 温度差熱利用	
実用化されていない			波力発電 海洋温度差発電	

# 【新エネルギーにおける小水力発電の特徴】

◎ コスト： 必ずしも安価ではない ⇒補助制度活用が前提

## 《小水力発電と他の新エネルギー》

## 小水力発電

- |        |                          |           |
|--------|--------------------------|-----------|
| • 資源   | : 不安定なものがある (太陽, 風)      | ○変動小      |
| • 季別   | : 時期が限定されるものがある (雪)      | ○通年       |
| • 許認可  | : 煩雑な場合がある (見えないコストが顕在化) | △河川法等     |
| • 輸送   | : 資源を集積するものがある (ふん尿)     | ○不要       |
| • 加工   | : 加工が必要なものがある (木質バイマス)   | ○不要       |
| • システム | : 複雑なものがある (ふん尿バイマス)     | ○単純, ×特注品 |

## 【小水力発電の長所】

- 耐用年数が長い
- 他の新エネルギーに比べて、**安定した質の良い電気**である。
- 技術的に確立されている。

発電の効率について **最大出力ではなく 発生電力量(kWh)が勝負!**

設備利用率 = 年間発生電力量(kWh) / (最大出力(kW) × 24時間 × 365日)

**風 力** : 41.1万kWh / (250kW × 24時間 × 365日) = **約19%**

(郡山国道工事事務所HPより 中山峠風力発電設備H15年度実績)

**太陽光** : 0.39万kWh / (3.6kW × 24時間 × 365日) = **約12%**

(株朝日エンジニアリングHPより 仙台での予測)

**水 力** : 39.4万kWh / (66kW × 24時間 × 365日) = **約68%**

(鯛生小水力発電 計画値)

## 【小水力発電の短所】

- 割高な設備となる場合が多い
  - ⇒ 地点ごとに特注品になる。(※1)
  - ⇒ 許認可に時間がかかる場合がある(河川法等)
  - ⇒ 小さくても通常の水力発電と同様の設備が必要となる場合がある。

### ※1 発電ポテンシャル

(発電力kW)

$$= 9.8 \times (\text{落差m}) \times (\text{流量m}^3/\text{s}) \times (\text{発電機器効率})$$

- ① 豊富な水量 ② 短い区間で大きな落差 が望ましい。

水力発電は落差と流量によって決定

⇒ 発電設備配置・発電機器がオーダーメイド

# 【小水力発電開発のポイント】

## 0. 導入の意義・目的の明確化

1. 発電ポテンシャル ① 豊富な水量 ② 短い区間で大きな落差

## 2. 発生電力の供給先と収益性

電力会社に売電（売電収入） or 自家用発電（購入電気代の削減）

電力量 kWhあたりの価値は 自家用 > 売電

⇒但し、自家用は**需要との関連が重要！**

- ・ 需要先施設の設備容量
- ・ 電力の利用形態

## 3. 開発費用

① 既存インフラの活用（堰、アクセス道路等）

② 電力需要地が近い ⇒ 送電線建設費コスト増嵩

## 4. 周辺立地環境

① 河川の利用状況（既得水利権、内水面漁業等）

② 法規制・許認可（公園法等）

5. 運営 ① 維持管理（アクセス、除塵、堆砂等） ② 運営体制

# 【小水力発電(新エネルギー)導入の意義・目的】

## 《意義》地球環境保全への貢献



- ◆ **地域資源の有効活用**  
天の恵み(自然) → 太陽、風、**雨** 等  
地域社会が生む産物 → 間伐材、ふん尿等
- ◆ **イメージアップ** : ランドマーク的施設、ブランド
- ◆ **教育啓発** : 地域総合学習, 住民活動
- ◆ **経費削減**
- ◆ **非常時の電源**



## ★より良い地域社会(まち&ひと)★

### 《直接的貢献》

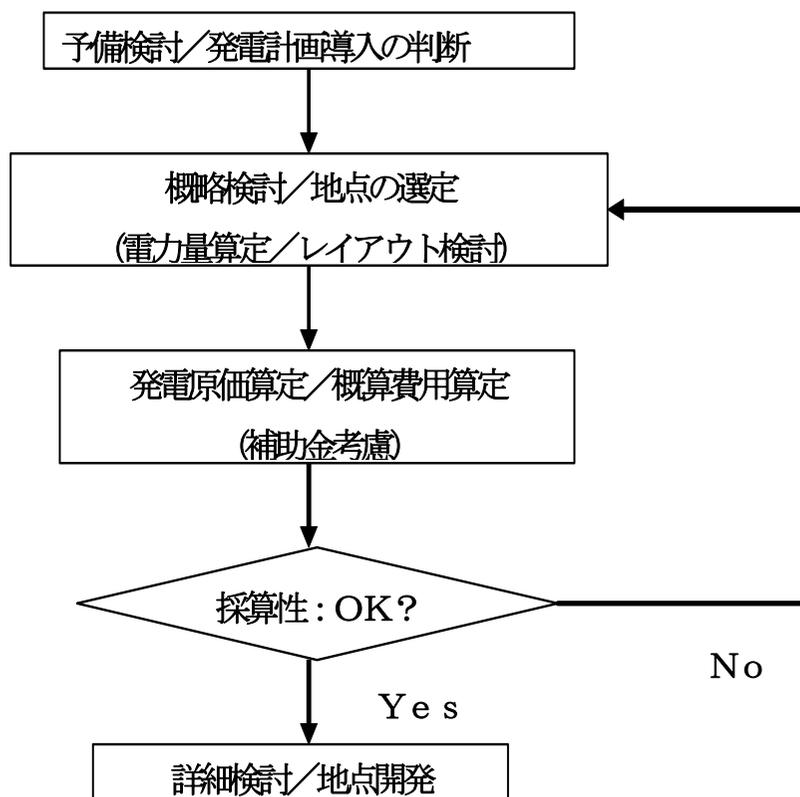
**環境共生** ⇔ 新エネルギー・省エネルギー・省資源・リサイクル

### 《間接的貢献》

**健康福祉** ⇔ 体に優しい  
**快適安全** ⇔ きれいな街

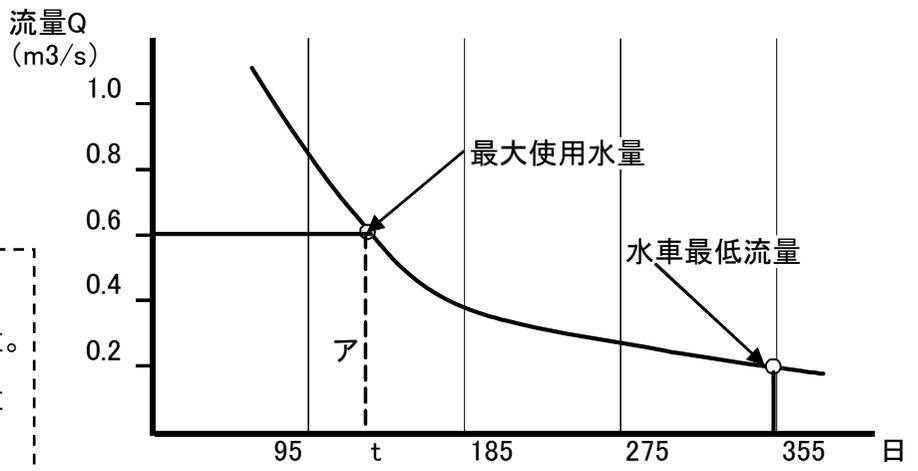
**文化教育** ⇔ 自然を守る郷土愛  
**産業拠点** ⇔ 商品イメージアップ

# 【検討フロー／発電規模と水量】

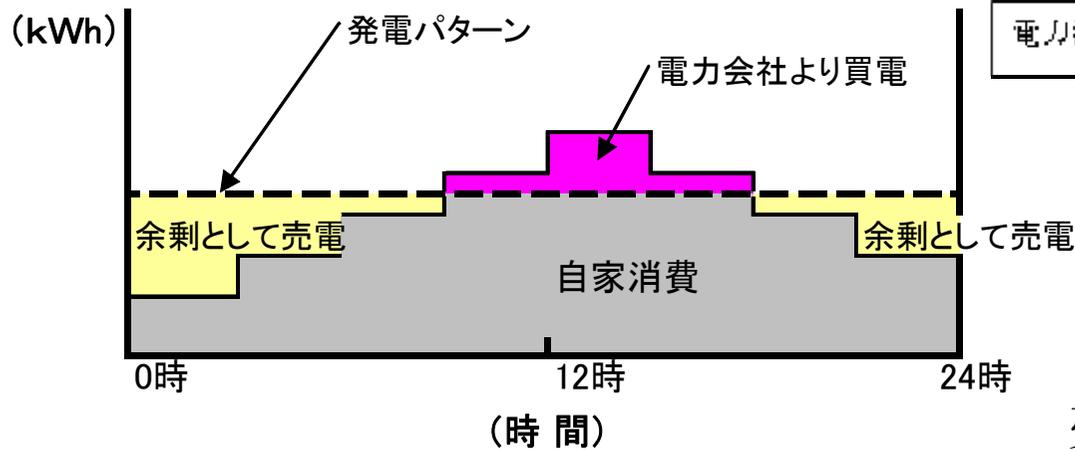
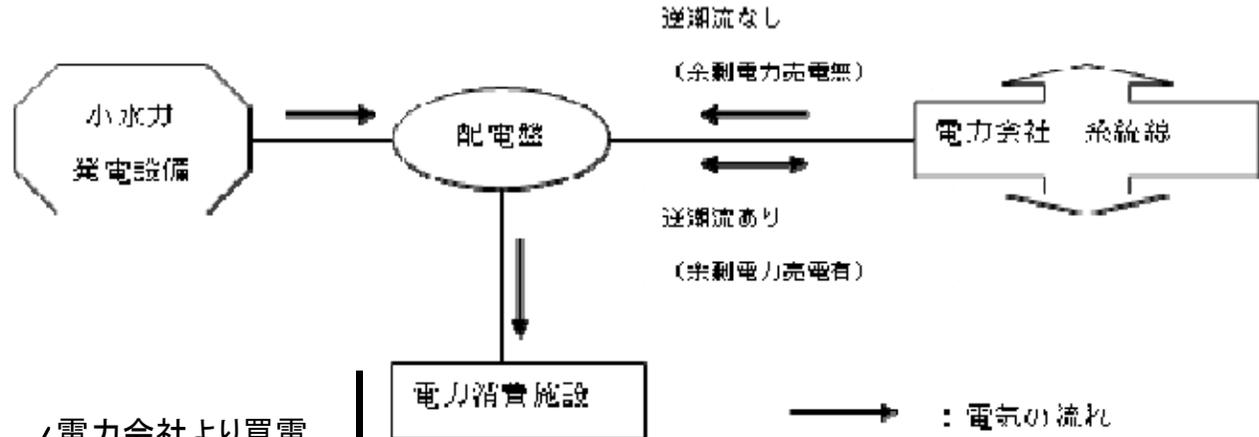


豊水量：一年のうち95日間(3ヶ月)これより下がらない水量  
 平水量：一年のうち185日間(6ヶ月)これより下がらない水量。  
 低水量：一年のうち275日間(9ヶ月)これより下がらない水量  
 渇水量：一年のうち355日間これより下がらない水量。

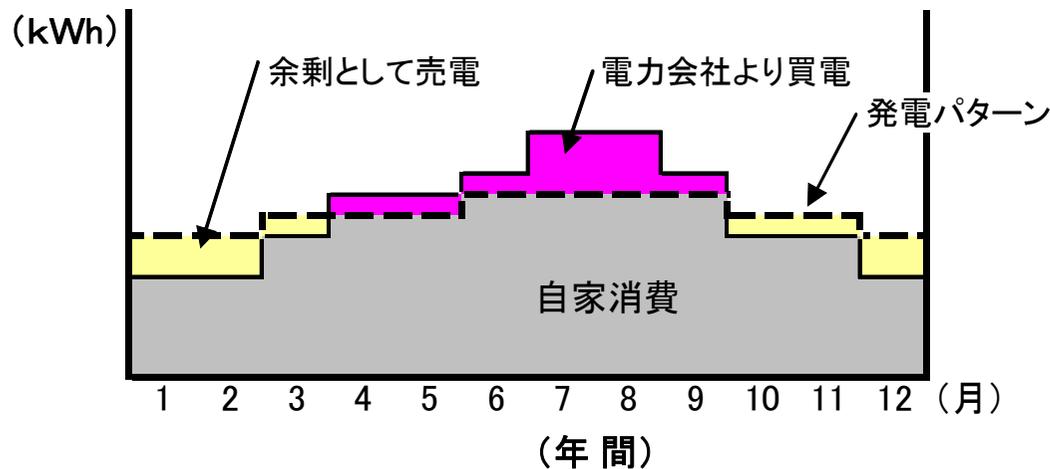
**発電機器は流量に対して万能ではない**  
 ≪河川の場合≫  
 最大使用水量が大きいと、少ない流量になると機器の仕様から発電が停止する。  
 如何に年間を通して安定した発電をさせるか。  
 目安：水車の最小対応流量を渇水量にあわせる。



# 【自家用発電 での需給関係】



自家消費量及び余剰電力による  
売電量を算定し、これに各々単  
価をかけて年間収益を求める。



年間収益と年間運営経費を評価  
して発電規模の決定を行う。

## 【発電事業の収支(例)】 単位:百万円

収支計算に計上する項目 (小水力発電)		
項目	細目	説明
初期投資額	建設工事費	
収入	電力売電料金	電力量(kWh)×電力引取料金(円/kWh)
支出	a. 人件費	発電所維持・管理のための人件費。
	b. 借入金利息等	銀行からの借入返済, 起債償還に対する利息
	c. 修繕費	発電所維持・管理のための修繕費
	d. 諸費等	水利使用料, 固定資産税, 消耗品等その他経費
	小計	a~dの合計

### 試算例 建設期間 2年

★初期投資額 建設工事費 1億円 補助率 30% 借入金 70百万円

★収入： 電力売電量 145万kWh/年 / 売電単価 10 円/kWh

★支出： 人件費：管理技術者 4百万円

借入金：金利3% (単利)

返済期間12年 毎年元本返済6百万円＋金利分を返済

修繕費：修繕費 0.8 百万円 / 細密分解点検 6百万円 (10年に1回)

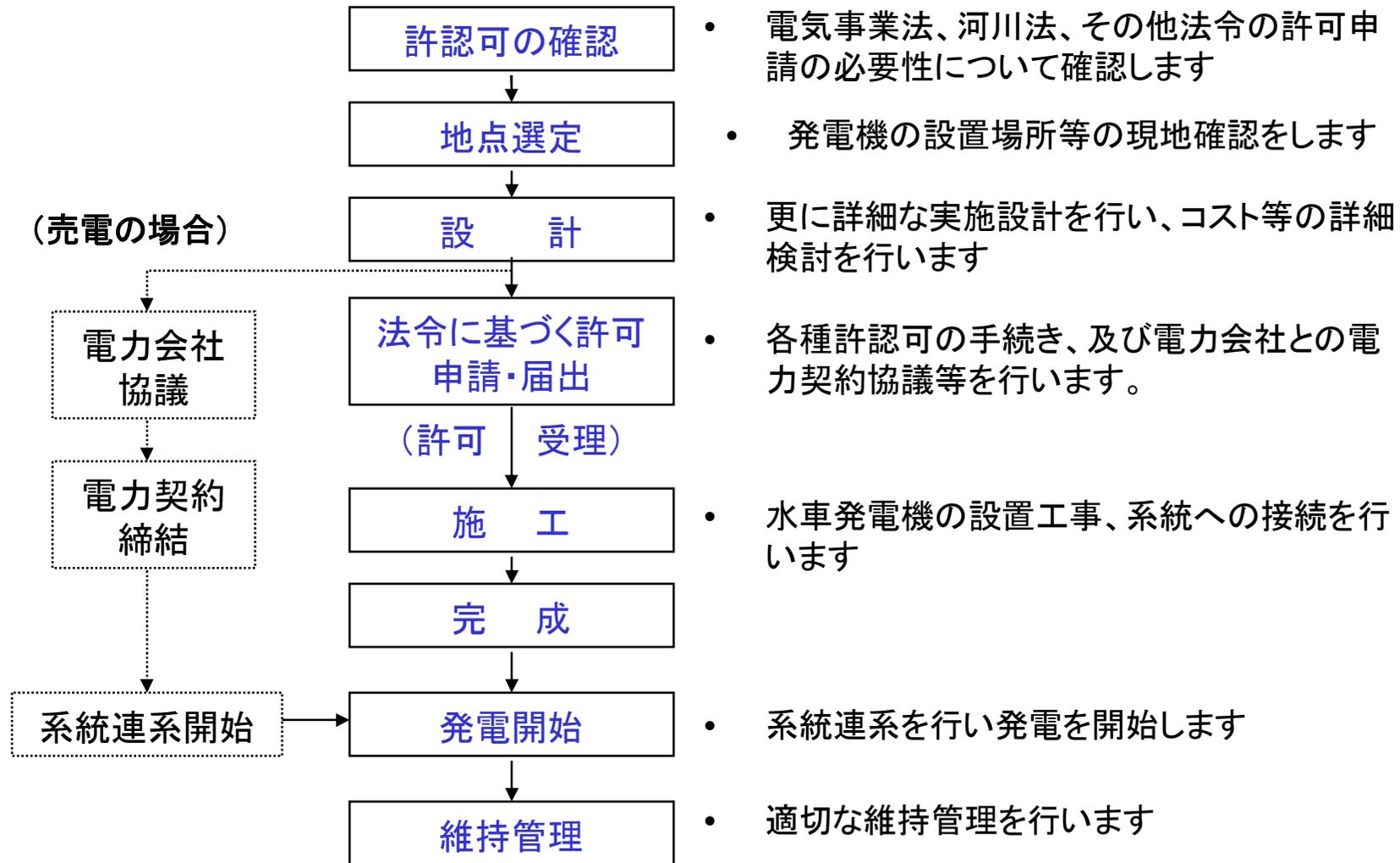
修繕積立金は、予備費を考慮し 毎年0.7百万円計上

諸 費：0.5百万円

# 発電事業の収支試算例（収入14.5百万円） 単位:百万円

年	建設1年	建設2年	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
<b>【発電事業】</b>															
《収入》			注: 計算期間は、仮に14年とした。												
補助金	30.0														
借入金	70.0														
電力収入			14.5	14.5	14.5	14.5	14.5	14.5	14.5	14.5	14.5	14.5	14.5	14.5	14.5
収入計	100.0		14.5	14.5	14.5	14.5	14.5	14.5	14.5	14.5	14.5	14.5	14.5	14.5	14.5
《支出》															
建設費	20.0	80.0													
人件費			4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0
借入金返済(A+B)			8.2	7.9	7.7	7.6	7.4	7.2	7.0	6.8	6.7	6.5	6.3	4.1	
修繕費			0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
修繕積立金			0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7
諸費			0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
支出計	20.0	80.0	14.1	13.8	13.6	13.5	13.3	13.1	12.9	12.7	12.6	12.4	12.2	10.0	5.9
収支	80.0	▲ 80.0	0.4	0.7	0.9	1.0	1.2	1.4	1.6	1.8	1.9	2.1	2.3	4.5	8.6
①累積収支	80.0	0.0	0.4	1.1	2.0	3.0	4.2	5.6	7.2	9.0	10.9	13.0	15.3	19.8	28.4
<b>【借入金】</b>	※ 当該年度利子支払い額 = 前年度借入金残×金利														
借入金	▲ 70.0	▲ 70.0	▲ 70.0	▲ 64.0	▲ 58.0	▲ 52.0	▲ 46.0	▲ 40.0	▲ 34.0	▲ 28.0	▲ 22.0	▲ 16.0	▲ 10.0	▲ 4.0	
金利(※)		▲ 2.1	▲ 2.2	▲ 1.9	▲ 1.7	▲ 1.6	▲ 1.4	▲ 1.2	▲ 1.0	▲ 0.8	▲ 0.7	▲ 0.5	▲ 0.3	▲ 0.1	
元金返済A			6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	4.0	
利息返済B			2.2	1.9	1.7	1.6	1.4	1.2	1.0	0.8	0.7	0.5	0.3	0.1	
②借入金残額	▲ 70.0	▲ 72.1	▲ 64.0	▲ 58.0	▲ 52.0	▲ 46.0	▲ 40.0	▲ 34.0	▲ 28.0	▲ 22.0	▲ 16.0	▲ 10.0	▲ 4.0	▲ 0.0	
<b>【修繕費積立】</b>															
収入(積立金)			0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7
支出(細密点検)												6.0			
収支			0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	▲ 5.3	0.7	0.7	0.7
③積立累積収支			0.7	1.4	2.1	2.8	3.5	4.2	4.9	5.6	6.3	1.0	1.7	2.4	3.1
総収支Σ①~③	10.0		▲ 62.9	▲ 55.5	▲ 47.9	▲ 40.2	▲ 32.3	▲ 24.2	▲ 15.9	▲ 7.4	1.2	4.0	13.0	22.2	31.5

# 【小水力発電導入の流れ】



# 【小水力発電所建設に関する助成制度】

## 電気事業者による新エネルギー等の利用に関する特別措置法 【RPS (Renewables Portfolio Standard)法, H15年4月より施行】

電気事業者に対して、毎年、その販売電力量に応じた一定割合以上の新エネルギーの利用を義務付け、新エネルギー等の更なる普及を図る

⇒ 「電気」とは別に「新エネルギー価値 (RPS権利)」を他に売ることが可能

### NEDO(新エネルギー・産業技術総合開発機構)

- 地域新エネルギー導入促進事業：自治体等 補助率 1/2 以内
- 新エネルギー事業者支援対策事業：補助率 1/3 以内

(※2006年度迄「中小水力発電開発費補助金」で1,000kW以下 補助率20～30%程度)

### NEF(新エネルギー財団)

- ハイドロバレー計画開発促進調査  
自家消費を基本とする中小水力発電所計画について、地方自治体、土地改良区を対象にNEFが調査を実施する。

## 《普及事例1》

# 鯛生(たいお)小水力発電所(筑後川水系津江川:通称鯛生川)

～森川緑(しんせんりよく)を活かしたまちづくり～

**大分県中津江村**(現在 日田市)が「山村地域環境保全機能向上実験モデル事業」※1の一環として、豊かな山林からの恩恵である水資源を生かした自然にやさしい水力発電所(最大出力66kW)を設置しました。既設砂防ダムを利用し、導水路は村道内に敷設しているため、建設による自然景観の改変はほとんどありません。

発生した電力は、村内の鯛生金山観光施設に供給することにより、村自前の電気として有効活用しています。(平成16年3月完成)



電力供給施設:観光施設「鯛生金山」

電源開発(株)は、中津江村より本計画に関する調査・設計・施工管理等の業務を受託。

(平成13年10月～平成16年3月)

※1:山村地域の森林や水資源等の環境保全活動の活性化を目的とする農林水産省管轄の補助事業(補助率 50%)

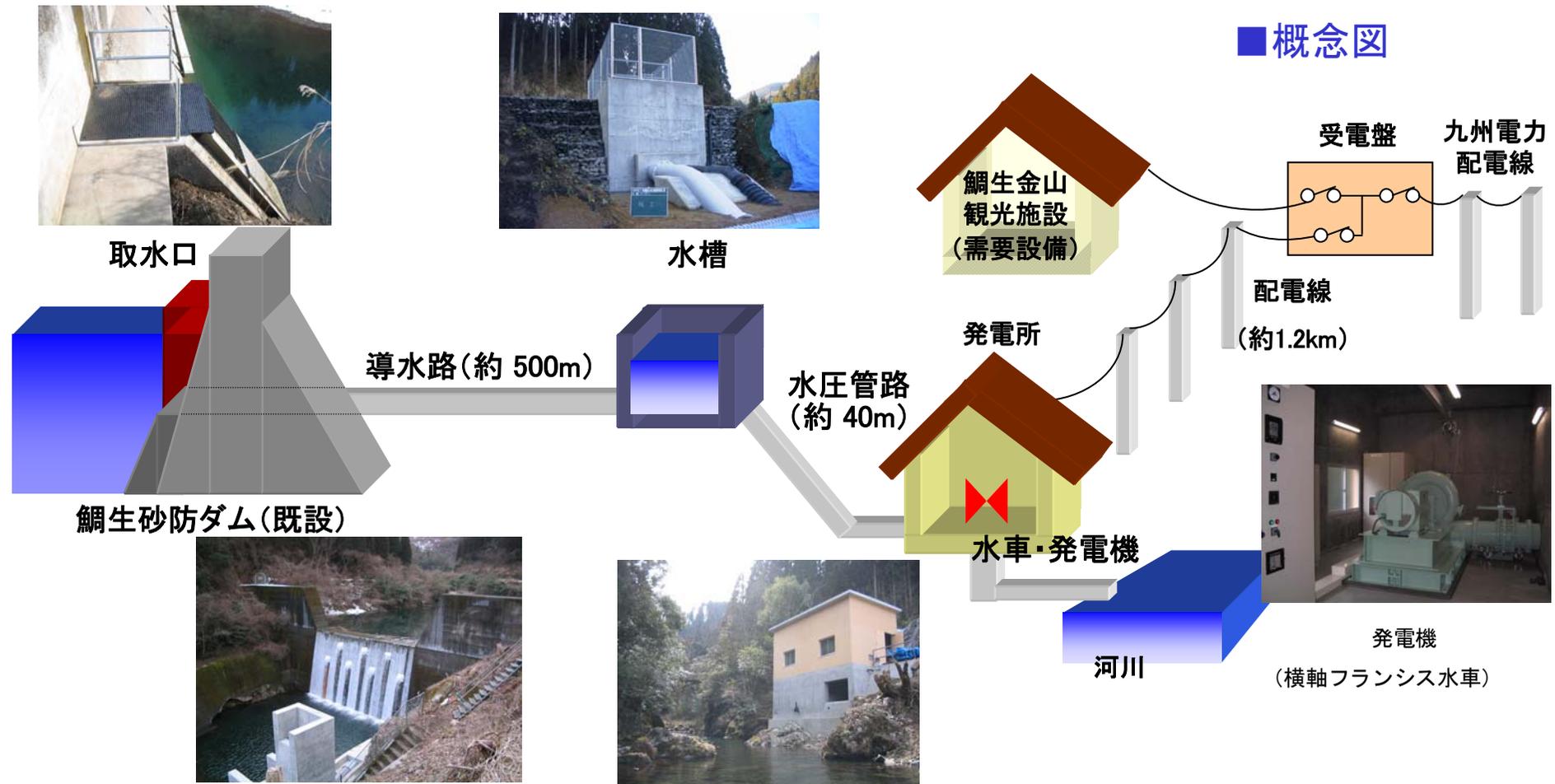
## 【鯛生小水力発電所建設の背景】

1. **水力発電に対する理解**  
金山採掘時には水力発電を利用
2. **地域資源の有効活用**  
天の恵み：森林、雨
3. **恵まれたインフラ**
  - ・ 堆砂が少なく取水口を有する砂防ダム、
  - ・ 鯛生金山（電力供給先）が近い
4. **補助制度の活用**  
地域性と環境を考慮
5. **村の推進力**
6. **目的意識**（経費削減、非常用電源）

# 【鯛生小水力発電所(出力:66kW) 概要】

工事開始:平成15年 5月  
運転開始:平成16年 3月

落差:18.00m  
最大使用水量:0.5m<sup>3</sup>/s  
維持流量:0.07m<sup>3</sup>/s



## 【土木設備の概要】

- 取水口
  - 砂防ダム(H元年竣工)に当初から設置
  - 水位確保のため, 砂防ダム水抜孔を閉塞(復旧可能)
- 余水吐き
  - 洪水時の流量制御と河川維持流量の放流
- 導水路(約500m)
  - 極力林道沿いの村有地に敷設
  - FRPM管, 鋼管およびヒューム管の利用
- 水槽
  - H鋼を利用した減勢工(水槽直前で急曲)
- 水圧管路および余水管路
- 放水口
  - 対岸洗掘防止のため, 発電所基礎部で減勢後放流

H鋼を利用した整流工

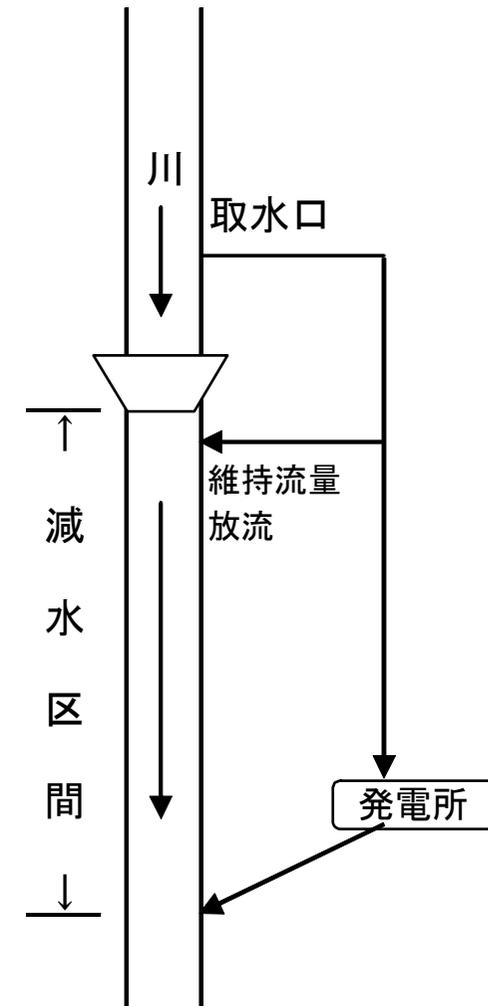


# 補足 ; 河川維持流量

- 減水区間: 河川の取水地点から、発電後河川へ放流されるまでの区間
- 維持流量: 舟運、漁業、景観、塩害の防止、河川管理施設の保護などを総合的に考慮し、渇水時においても維持すべき流量



★河川維持流量の放流(鯛生)



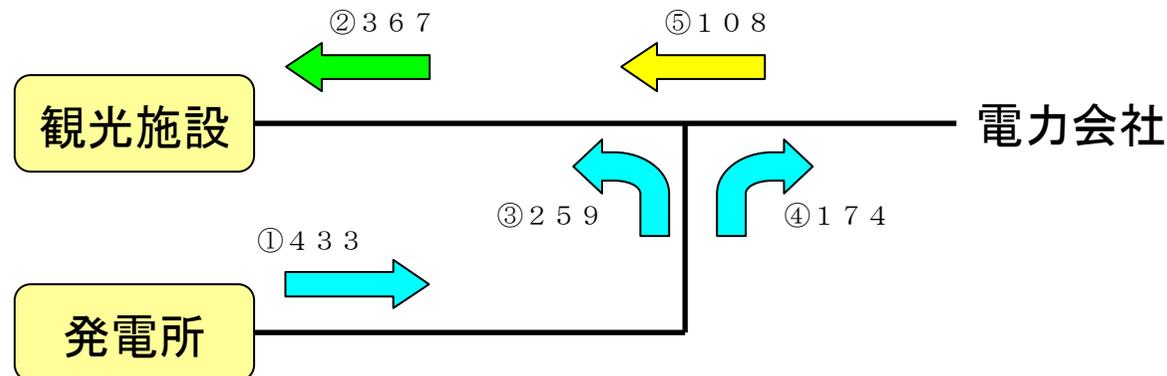
## 【電気機器設備の概要】

- 水車：横軸フランシス水車
  - 有効落差18m, 使用水量 $0.5\text{m}^3/\text{s}$ , 出力74kW, 440V
- 発電機：同期発電機
  - 非常時に自立運転して負荷に電力供給
- 配電線：1.2km, 6.6kV
  - 交流発電設備の逆潮流有りでの低圧連系は不可
- 変圧器：6.6kVへ昇圧, 75kVA
- 監視制御方式：随時巡回方式
  - 週単位での停止をさけるため電話回線を通じた音声やショートメールを利用
- 使用水量の把握
  - 発電機出力と水槽水位を制御装置に蓄積
  - 巡回時にデータを吸い上げ, 換算

# 【鯛生小水力発電所の発生電力】（平成16年度実績）

計画発生電力 428 MWh

	項目	年間電力量 (MWh)	備考
①	発電所が発生する電力量	433	
②	観光施設が消費する電力量	367	
③	発電所から観光施設に供給される電力量	259	発電電力の変動および消費電力の変動があるため、発電電力の一部は消費できずに余剰電力④となる。
④	余剰電力量 (①-③)	174	余剰電力は電力会社へ売電 (RPS 対象)
⑤	観光施設の買電電力量 (②-③)	108	電力会社から購入



参考：平成18年度発電実績 381MWh

参考資料：  
 大分県日田市, 21世紀水利用シンポジウム「地域で活かそう！小規模水力エネルギー」, 小水力利用推進協議会, 2005年11月24日  
 大分県日田市 ホームページ

## 【鯛生小水力発電所 事業費】

総事業費	170,100千円
補助金	85,050千円（補助率 50%）
起 債	79,200千円（過疎債利用：県が70%助成）
一般財源	5,850千円

## 【自家発小水力における収支】

○収入：電力料金節約額（見かけの収入）

発生電力による節約額＋余剰電力売電収入

○支出：

人件費

修繕費、水利使用料、定期点検準備金他

借入金返済金（元金、利息）

○収支 返済期間（12年償還3年据え置き）

## 【小水力発電における留意点】（鯛生小水力の事例から）

許認可： **河川法(維持流量協議他)**⇒時間・労力を要す(1年以上)  
電気事業法、砂防法他

運営： 点検管理等の**管理体制**  
収支管理 ⇒詳細点検(10年に1度)の**資金積立**

発電量： 出力規模ではなく、**発生電力量の最大化**  
⇒過去10年間の水データから電力量, 運転可能日を算定

開発費： **補助金**が前提、単年度予算と予算厳守  
**設備簡素化とコストダウン**が不可欠

建設： 事業者, コンサルタントと工事業者(土木・電気)の役割  
⇒**設計, 施工分離**における**事業費に対する責任の所在**

インフラ： 既設設備の活用(堰, 道路等)  
電力供給先が近い⇒送電線建設コスト

【小水力発電の更なる普及拡大に向けて】  
⇒ 開発行為の省力化、コストダウンが不可欠

《着眼点》

- 許認可 ⇒ 既得水利権(利用目的追加、従属利用)
- 運営 ⇒ 点検管理等の管理体制
- 水データの整理 ⇒ 安定した水量
- 補助金と単年度予算制度 ⇒ 短期(単年度)施工
- コストダウン ⇒ ユニット化
- ⇒ 既存設備の現状活用
- ⇒ 土木工事費削減

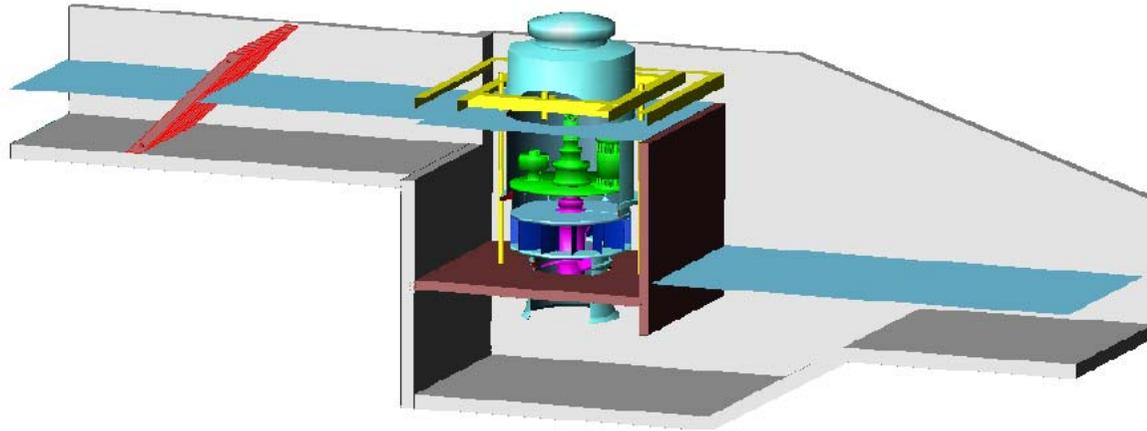
★ 農業水路の落差工に着目 ★

(日本の農業用水路の総延長 幹線約4.5万km、支線約40万km)

## 《普及事例2》

### 開水路落差工発電システム（ハイドロアグリ）

落差2m 30kW級



#### 【ハイドロアグリ】

既設水路の落差工部に直接設置する  
水力発電システム

- ・ 従来の水圧管路、バイパス水路を必要としない
- ・ 万一の故障時にも通水可能な水車構造※

※水車発電機の故障時にも通水できる機能について特許申請中

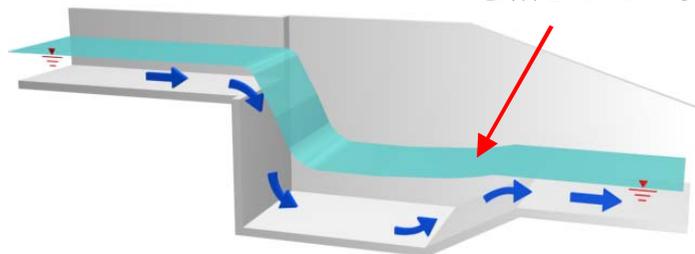
【立軸カプラン水車】



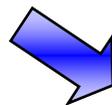
1.0m

# 【発電の仕組み】

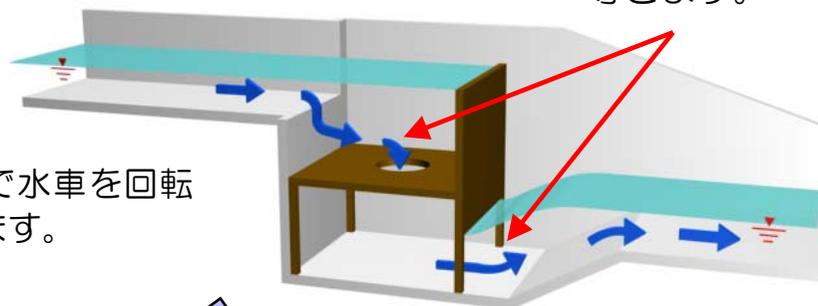
①設置前



元々は落差工で流れの勢いを減らしています

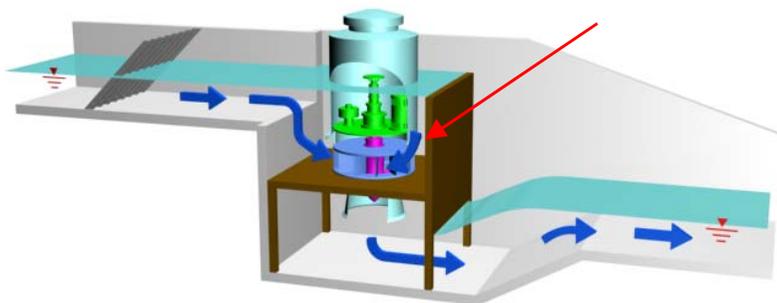


②架台設置



架台を設けて流れを導きます。

③水車発電機による発電



流下する水で水車を回転させ発電します。



③水車発電機の設置

②水車発電機の架台設置



## 【 hidroアグリの特徴】

- [狙い]
1. 身近な水路への適用
  2. 設備管理面, コスト面からコンパクトな設備
  3. 安定した水量への適用と機器規格化
  4. 簡単かつ短期間での設置
  5. 一般的な補助金 ( NEDO ) での採算性

## [ hidroアグリの特徴]

- 新設及び既設の水路落差部 (2m以上) に設置可能  
例: 農業用水路, 工場や下水処理場の水路, 養殖場
- 工場製作品により現地据付は短期間 (約1週間)
- 設備管理が容易
- 機器増設も可能

## 【実証試験概要】

### 【目的】

農業用水路の落差工部に発電システムを設置し、系統連系した運転による調査・試験

- ・2m程度の低落差発電の可能性追及
- ・年間を通じた発電の実証

### 【試験内容】

- ①系統に連系した状態での発電性能試験
- ②連続安定運転と保守管理の状況確認
- ③機器改善項目の抽出
- ④振動等による既設構造物への影響

〔試験期間〕平成16年4月～平成17年9月

〔実施者〕電源開発(株)・(株)中川水力 〔協力者〕水土里ネット那須野ヶ原(栃木県)



設置後の農業用水路 ↓



## 【発電計画 諸元】

項目		諸元		項目		諸元	
発電計画	発電方式	流れ込み式、水路式		設備概要	土木構造物	既設水路 (落差工前～後) (H:120～410cm) (W:205～285cm)	
	取水位	EL 490.62 m				水車型式	立軸カプラン水車
	放水位	EL 488.62 m			系統連系		400V→6.6kV で連系
	有効落差	2.0 m				監視制御方式	随時巡回方式
	最大出力	30 kW					
		最大使用水量	灌漑期 (4/11～9/5)		非灌漑期 (9/6～4/10)		
		2.4 m <sup>3</sup> /s	1.29 m <sup>3</sup> /s				

## 【実証試験結果】

- 灌漑期の運転時間当たりの平均出力      28.3kW (平成17年4月～9月)
- 非灌漑期の運転時間当たりの平均出力      18.6kW (平成16年9月～平成17年3月)
- 推定年間発生電力量      **190MWh** (上記平均出力をもとに算出)  
(CO<sub>2</sub>排出抑制効果 約80t/年)

# まとめ1:小水力発電におけるポイント

## □ 事業者としての推進力

⇒小水力発電を導入する意義・目的の明確化

⇒安定した運転で資金回収する長期的事業という理解

## □ 適確な発電計画と採算性

⇒精度の高い計画と助成制度活用

⇒設備簡素化の視点が不可欠

## □ 電力の供給先と確実な収支管理

⇒価値の最大利用と計画的な資金運用

## □ 安定した運転に対する体制

⇒地道な維持管理

# まとめ2: より良い郷土（地域社会）の構築へ

小水力発電を含む新エネルギーとは、

- 地域に賦存するエネルギーであり、その豊かな自然や社会に依存
- 地域に密着した形で地域の方々に「見えるエネルギー」
- 市民の関心を高めることが重要（個々の意識）



**郷土への愛着と誇りを持った人材が育ち、地域の活性化**



《美しい国土》

