

平成27年度 小水力等再生可能エネルギー導入推進事業
十曾地区 委託27-1 外1件

[要 約 版]

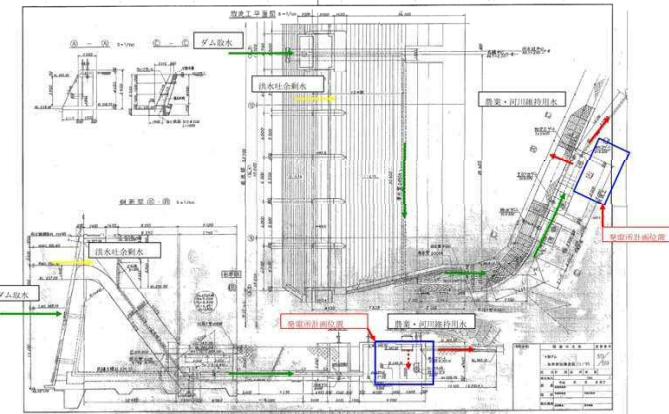
I 十曾地区

目 次

1. 地区の概要	要-I-1
2. 対象施設の検討	要-I-1
3. 発電使用水量と発電形式の検討	要-I-2
4. 発電計画の検討	要-I-3
5. 総合検討	要-I-5
6. 設計図面	要-I-5

検討項目	検討内容															
I 十曾地区 1. 地区の概要	<p>1.1 地域の概要</p> <p>本地域は鹿児島県北薩地域に位置し、伊佐氏大口を流れる川内川支流十曾川の両辺に位置する126haの水田地帯である。十曾川上流に位置する十曾ダム（流域面積 17.9km²）を水源とし、ダム下流の井堰によりかんがい用水を補給している。十曾ダムは、昭和21年に竣工しているが、老朽化したため平成12～16年に改修工事が行われている。</p>															
2. 対象施設の検討 2.1 主要農業水利施設	<p>十曾地区 主要農業水利施設</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>施設名</th> <th>概要</th> <th>備考</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>十曾ダム 堤体</td> <td>重力式コンクリートダム(補修)、H=23.3m、V=480,000m³、FWL253.9m、LWL248.1m</td> <td></td> </tr> <tr> <td>洪水吐</td> <td>正面越流型、Q=370m³/s、越流水深 2.5m</td> <td></td> </tr> <tr> <td>取水設備</td> <td>堤体支持取水塔多孔式、Φ 500mm × 2 門、□ 1,000mm × 1 門</td> <td></td> </tr> <tr> <td>放流設備</td> <td>河川放流 放流管Φ450mm、減圧水槽</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>  <p>2.2 発電対象施設の選定と水路ルートの検討</p> <p>農業用水（水田補給水）及び河川維持用水（景観）は、十曾ダム貯水池から取水塔により取水され、堤体内導水管（Φ450mm）を経て、堤体下流右岸の放流水槽地点で減勢され、洪水吐減勢池と公園せせらぎ水路に分水された後、河川に流下する。</p> <p>一方、貯水が常時満水位時には、洪水吐から無効放流が越流し河川に放流されている。この余剩水を農業用水、河川維持用水と同時に取水し、ダム導水管経由で発電に利用することは可能である。したがって、発電所の設置は、放流水槽での減勢前とし、農業用水、河川維持用水、洪水吐からの越流水（貯水位を常時満水位に保持するための放流）を発電に利用する。</p> <p>発電使用水は、河川維持用水及び洪水吐からの越流水を利用することより、発電ルートは、ダム導水管（Φ500mm）より分岐するルートとなる。ルートとしては、減圧水槽の手前で分岐し、発電所を経て、既存減圧水槽に放流する。</p>	施設名	概要	備考	十曾ダム 堤体	重力式コンクリートダム(補修)、H=23.3m、V=480,000m ³ 、FWL253.9m、LWL248.1m		洪水吐	正面越流型、Q=370m ³ /s、越流水深 2.5m		取水設備	堤体支持取水塔多孔式、Φ 500mm × 2 門、□ 1,000mm × 1 門		放流設備	河川放流 放流管Φ450mm、減圧水槽	
施設名	概要	備考														
十曾ダム 堤体	重力式コンクリートダム(補修)、H=23.3m、V=480,000m ³ 、FWL253.9m、LWL248.1m															
洪水吐	正面越流型、Q=370m ³ /s、越流水深 2.5m															
取水設備	堤体支持取水塔多孔式、Φ 500mm × 2 門、□ 1,000mm × 1 門															
放流設備	河川放流 放流管Φ450mm、減圧水槽															

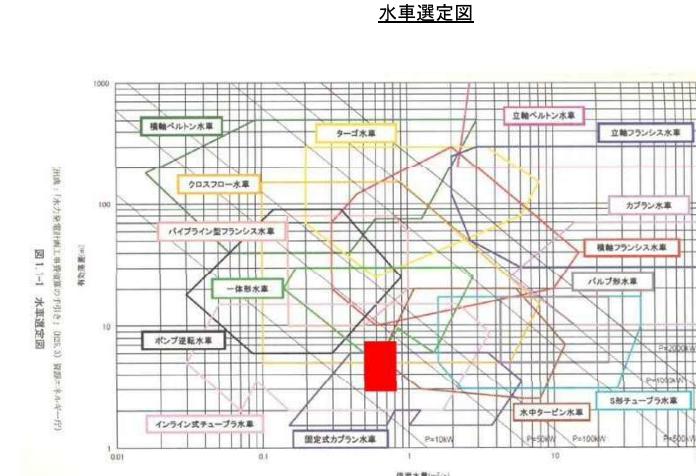
十曾ダム放流経路図



ダムからの放流状況



検討項目	検討内容																																																
<p>3. 発電使用水量と発電形式の検討</p> <p>3.1 発電使用水量の検討</p> <p>本地区は十曾ダムを水源としていることより、発電使用水量は十曾ダムへの河川流入水であり、以下の区分で送水・放流されている。</p> <p>①農業用水、河川維持用水 河川法第88条に基づく届出書に示す以下の取水量が慣行水利権として許可されている。 現段階では農業用水、河川維持用水を慣行水利権のままで登録申請を行う方針で検討を行っている。</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="3">区分</th> <th colspan="3">最大取水量</th> <th rowspan="3">備考</th> </tr> <tr> <th>しろかき期</th> <th>普通かんがい期</th> <th>非かんがい期</th> </tr> <tr> <th>5/1～5/30</th> <th>6/1～10/15</th> <th>10/16～4/30</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>用水</td> <td>0.9m³/s</td> <td>0.8m³/s</td> <td>0.3m³/s</td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p>*) 非かんがい期の0.3m³/sの用途は、「観光」と記されていることより、河川の景観を保持するための河川維持量と判断した。かんがい期は農業用水の内数と考えられる。</p> <p>②洪水吐越流水 貯水位を常時満水位(FWL253.9m)に保持するため、常時満水位以上時の流入水を洪水吐から河川に放流する。最大370.0m³/sの放流能力がある。</p> <p>3.1.1 河川流況 十曾ダムへの流入河川の流量データは、ダム改修工事期間中にJVが観測したもの(H14.4.19～H15.11.13)しか無いが、これより算定した1年分の流況データを下表に示す。</p> <p>十曾ダム流況表（河川流量） 流域面積 17.9km²</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>最大流量</th> <th>豊水量</th> <th>平水量</th> <th>低水量</th> <th>渴水量</th> <th>最小流量</th> <th>年平均流量</th> </tr> <tr> <th></th> <th>(m³/s)</th> <th>(m³/s)</th> <th>(m³/s)</th> <th>(m³/s)</th> <th>(m³/s)</th> <th>(m³/s)</th> <th>(m³/s)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>平成15年</td> <td>19.955</td> <td>2.778</td> <td>1.899</td> <td>1.176</td> <td>0.859</td> <td>0.805</td> <td>2.488</td> </tr> <tr> <td>平均</td> <td>19.955</td> <td>2.778</td> <td>1.899</td> <td>1.176</td> <td>0.859</td> <td>0.805</td> <td>2.488</td> </tr> </tbody> </table> <p>本業務において、データロガーを修理したことにより、H28年(2016)12/1～3/25までのダムの貯水位、放流量データが得られている。これより、求めた流入量は、ダム改修工事期間中にJVが観測したものより、多少少なめであるが、発電計画としては安全側となるため、12/1～3/25については自動観測データを用いる。</p> <p>3.1.2 発電利用可能量の流況 十曾ダムの1年間の貯水位、放流量変化を推定するため、ダムの運用方式について聞き取りを行った。前項で求めた流入河川流量がダムに流入した場合に、この運用方式に従い放流を行った場合の、発電利用可能量の概算値を以下の条件により算定する。</p> <ul style="list-style-type: none"> ①ダムが常時満水位(FWL253.9m)以上であるときは、ダムへの全流入量を発電に利用可能な上限とする。 ②ダムが常時満水位以下の場合は、貯水を発電に利用しない従属式発電であることより、かんがい期(5/1～10/15)は0.8m³/s、非かんがい期(1/1～4/30、10/16～12/31)は0.3m³/sを発電に利用可能な上限とする。 <p>3.1.3 貯水位の状況 ダムの貯水位変化はA：通常年、B：②空干年タイプに区分する。</p> <p>A：通常年(10年に8回) <ul style="list-style-type: none"> ・しろかき期の5/1～5/15間で貯水を4m低下させ、5/31までに常時満水位まで回復させる。 ・出穂期前の8/1～8/15間で貯水を4m低下させ、8/31までに常時満水位まで回復させる。 ・12/1以降は自動観測データを参考に決定する。 </p> <p>B：空干年(10年に2回、4年置き) <ul style="list-style-type: none"> ・しろかき期の5/1～5/15間で貯水を4m低下させ、5/31までに常時満水位まで回復させる。 ・出穂期前の8/1～8/15間で貯水を4m低下させ、8/31までに常時満水位まで回復させる。 ・11月～2月まで貯水池を空にする。3月に常時満水位まで回復させるものとし11月～3月までは発電を行わない。 </p> <p>以下にA、Bの貯水位変化のグラフを示す。</p>	区分	最大取水量			備考	しろかき期	普通かんがい期	非かんがい期	5/1～5/30	6/1～10/15	10/16～4/30	用水	0.9m ³ /s	0.8m ³ /s	0.3m ³ /s			最大流量	豊水量	平水量	低水量	渴水量	最小流量	年平均流量		(m ³ /s)	平成15年	19.955	2.778	1.899	1.176	0.859	0.805	2.488	平均	19.955	2.778	1.899	1.176	0.859	0.805	2.488	<p>3.2 発電形式の検討 発電使用水は、十曾ダムに流入した河川流量を、河川維持用水、余剩水としてとして河川に放流するものを発電所経由で河川に放流することとなるため、水の利用面から見た発電方式は「流れ込み式」、施設構造面から見た発電方式は「ダム式」となる。</p> <p>十曾ダム貯水位曲線（通常年、空干年）</p>						
区分		最大取水量				備考																																											
		しろかき期	普通かんがい期	非かんがい期																																													
	5/1～5/30	6/1～10/15	10/16～4/30																																														
用水	0.9m ³ /s	0.8m ³ /s	0.3m ³ /s																																														
	最大流量	豊水量	平水量	低水量	渴水量	最小流量	年平均流量																																										
	(m ³ /s)	(m ³ /s)	(m ³ /s)	(m ³ /s)	(m ³ /s)	(m ³ /s)	(m ³ /s)																																										
平成15年	19.955	2.778	1.899	1.176	0.859	0.805	2.488																																										
平均	19.955	2.778	1.899	1.176	0.859	0.805	2.488																																										

検討項目	検討内容																																																																																																																																																																																																																																								
4. 発電計画の検討	<p>4.1 最大使用水量、取水位及び放水位の検討</p> <p>4.1.1 最大使用水量</p> <p>最大使用水量は、発電所で使用する最大の水量であり、最大出力等の発電規模はこの量と有効落差により決定する。</p> <p>本地区の使用水量である農業用水及び洪水吐越流量は通常であるが、農業取水量は $0.8 \sim 0.3 \text{m}^3/\text{s}$ と幅があるため、数ケースの最大使用水量を設定し、取水位と組み合わせ発電計算を行い、年間発電電力量、建設工事費、発電単価より、最も効率の良いものを選定する。</p> <p>最大使用水量は、発電利用可能量の流況、常時使用水量を考慮して、以下の4ケースを設定した。</p> <ul style="list-style-type: none"> ① しづかき期、普通かんがい期の最大取水量相当 $0.8 \text{m}^3/\text{s}$ ② 自動観測における放流量の平均値相当 $0.5 \text{m}^3/\text{s}$ ③ ①、②の中間点 $0.7 \text{m}^3/\text{s}$ ④ ①、②の中間点 $0.6 \text{m}^3/\text{s}$ <p>4.1.2 取水位</p> <p>十曾ダムの貯水位は、通常年では、常時満水位より、最大で 4m 程度しか低下しないことより、常時満水位 FWL253.9m を基準水位とする。</p> <p>4.1.3 放水位</p> <p>発電使用水はダム下流の放流水槽に放流後、河川に放流する。放水位は、放流水槽の放流水位(水槽セキの越流水位) EL242.70m より水車形式に応じて決定する。</p> <p>4.2 発電計画の比較検討</p> <p>4.2.1 水車型式の選定</p> <p>上記条件の設定より、各流量における有効落差を水理計算より算出すると下表に示す通りとなる。</p> <p style="text-align: center;">有効落差算出表</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th>ケース</th> <th>最大使用水量 (m^3/s)</th> <th>取水位 (m)</th> <th>総落差 (m)</th> <th>分岐管径 (m)</th> <th>損失水頭 (m)</th> <th>有効落差 (m)</th> <th>備考</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>①</td> <td>0.8</td> <td>253.90</td> <td>10.10</td> <td>0.5</td> <td>7.2</td> <td>2.9</td> <td></td> </tr> <tr> <td>②</td> <td>0.7</td> <td>253.90</td> <td>10.10</td> <td>0.5</td> <td>5.5</td> <td>4.6</td> <td></td> </tr> <tr> <td>③</td> <td>0.6</td> <td>253.90</td> <td>10.10</td> <td>0.5</td> <td>4.1</td> <td>6.0</td> <td></td> </tr> <tr> <td>④</td> <td>0.5</td> <td>253.90</td> <td>10.10</td> <td>0.5</td> <td>2.8</td> <td>7.3</td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p style="text-align: center;">総落差は取水位と水車中心高をEL243.8mとの仮定した場合の差</p> <p>最大使用水量 $0.8 \sim 0.5 \text{ m}^3/\text{s}$、基準有効落差 $7.3 \sim 2.9\text{m}$ より、選定される水車は、「鋼構造物計画設計技術指針(小水力発電設備編)」の水車選定図より、クロスフロー水車、インライン式チューブラ水車、一体形水車、水中ターピン水車が選定される。クロスフロー水車以外は、流量変化に対しては台数制御にて対応しなければならず、農業用水の日々の変化には対応できない。</p> <p>したがって、本地区の発電条件に対応可能なクロスフロー水車を選定する。</p>  <p style="text-align: center;">水車選定図</p> <p style="text-align: center;">図表：「鋼構造物計画設計技術指針(小水力発電設備編)」(2015) 第四章「水車選定図」</p> <p>4.2.2 発電諸元の検討</p> <p>「鋼構造物計画設計技術指針(小水力発電設備編)」に基づき、水車、発電機規模・能力を算定した。</p> <p style="text-align: center;">発電能力算定表</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th>項目</th> <th>記号</th> <th>単位</th> <th>ケース①</th> <th>ケース②</th> <th>ケース③</th> <th>ケース④</th> <th>備考</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>最大使用水量</td> <td>Q_{\max}</td> <td>m^3/s</td> <td>0.8</td> <td>0.7</td> <td>0.6</td> <td>0.5</td> <td></td> </tr> <tr> <td>取水位</td> <td>WL</td> <td>WL</td> <td>253.9</td> <td>253.9</td> <td>253.9</td> <td>253.9</td> <td></td> </tr> <tr> <td>ランナ中心高</td> <td>CL</td> <td>ELm</td> <td>243.8</td> <td>243.8</td> <td>243.8</td> <td>243.8</td> <td></td> </tr> <tr> <td>分岐管径</td> <td>ϕ</td> <td>m</td> <td>0.5</td> <td>0.5</td> <td>0.5</td> <td>0.5</td> <td></td> </tr> <tr> <td>損失水頭</td> <td>h</td> <td>m</td> <td>7.2</td> <td>5.5</td> <td>4.1</td> <td>2.8</td> <td></td> </tr> <tr> <td>総落差</td> <td>H_G</td> <td>m</td> <td>10.10</td> <td>10.10</td> <td>10.10</td> <td>10.10</td> <td></td> </tr> <tr> <td>基準有効落差</td> <td>H</td> <td>m</td> <td>2.90</td> <td>4.60</td> <td>6.00</td> <td>7.30</td> <td></td> </tr> <tr> <td>ランナ外径</td> <td>D₁</td> <td>mm</td> <td>400</td> <td>400</td> <td>315</td> <td>315</td> <td></td> </tr> <tr> <td>回転速度</td> <td>n</td> <td>min^{-1}</td> <td>250</td> <td>250</td> <td>338</td> <td>381</td> <td></td> </tr> <tr> <td>最大理論出力</td> <td>P₀</td> <td>kW</td> <td>23</td> <td>32</td> <td>35</td> <td>36</td> <td></td> </tr> <tr> <td>水車最高効率</td> <td>$\eta_{t\max}$</td> <td></td> <td>0.772</td> <td>0.773</td> <td>0.774</td> <td>0.774</td> <td></td> </tr> <tr> <td>相対効率1</td> <td>η_{t1}</td> <td></td> <td>0.980</td> <td>0.980</td> <td>0.980</td> <td>0.980</td> <td></td> </tr> <tr> <td>相対効率2</td> <td>η_{t2}</td> <td></td> <td>1.000</td> <td>1.000</td> <td>1.000</td> <td>1.000</td> <td></td> </tr> <tr> <td>水車効率2</td> <td>η_t</td> <td></td> <td>0.757</td> <td>0.758</td> <td>0.758</td> <td>0.758</td> <td></td> </tr> <tr> <td>水車最大出力</td> <td>P_t</td> <td>kW</td> <td>17</td> <td>24</td> <td>27</td> <td>27</td> <td></td> </tr> <tr> <td>限界比速度</td> <td>n_s</td> <td>m-kW</td> <td>274</td> <td>181</td> <td>186</td> <td>165</td> <td></td> </tr> <tr> <td>発電機最高効率</td> <td>$\eta_{g\max}$</td> <td></td> <td>0.874</td> <td>0.876</td> <td>0.877</td> <td>0.877</td> <td></td> </tr> <tr> <td>相対効率</td> <td>η_g</td> <td></td> <td>1.000</td> <td>1.000</td> <td>1.000</td> <td>1.000</td> <td></td> </tr> <tr> <td>発電機効率</td> <td>η_g</td> <td></td> <td>0.874</td> <td>0.876</td> <td>0.877</td> <td>0.877</td> <td></td> </tr> <tr> <td>極数</td> <td>p</td> <td>極</td> <td>6</td> <td>6</td> <td>6</td> <td>6</td> <td></td> </tr> <tr> <td>増速比</td> <td></td> <td></td> <td>5.00</td> <td>5.00</td> <td>3.55</td> <td>3.15</td> <td></td> </tr> <tr> <td>增速機効率</td> <td>η_m</td> <td></td> <td>0.970</td> <td>0.970</td> <td>0.970</td> <td>0.970</td> <td></td> </tr> <tr> <td>発電機最大出力</td> <td>P_G</td> <td>kW</td> <td>15</td> <td>20</td> <td>23</td> <td>23</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	ケース	最大使用水量 (m^3/s)	取水位 (m)	総落差 (m)	分岐管径 (m)	損失水頭 (m)	有効落差 (m)	備考	①	0.8	253.90	10.10	0.5	7.2	2.9		②	0.7	253.90	10.10	0.5	5.5	4.6		③	0.6	253.90	10.10	0.5	4.1	6.0		④	0.5	253.90	10.10	0.5	2.8	7.3		項目	記号	単位	ケース①	ケース②	ケース③	ケース④	備考	最大使用水量	Q_{\max}	m^3/s	0.8	0.7	0.6	0.5		取水位	WL	WL	253.9	253.9	253.9	253.9		ランナ中心高	CL	ELm	243.8	243.8	243.8	243.8		分岐管径	ϕ	m	0.5	0.5	0.5	0.5		損失水頭	h	m	7.2	5.5	4.1	2.8		総落差	H_G	m	10.10	10.10	10.10	10.10		基準有効落差	H	m	2.90	4.60	6.00	7.30		ランナ外径	D ₁	mm	400	400	315	315		回転速度	n	min^{-1}	250	250	338	381		最大理論出力	P ₀	kW	23	32	35	36		水車最高効率	$\eta_{t\max}$		0.772	0.773	0.774	0.774		相対効率1	η_{t1}		0.980	0.980	0.980	0.980		相対効率2	η_{t2}		1.000	1.000	1.000	1.000		水車効率2	η_t		0.757	0.758	0.758	0.758		水車最大出力	P _t	kW	17	24	27	27		限界比速度	n _s	m-kW	274	181	186	165		発電機最高効率	$\eta_{g\max}$		0.874	0.876	0.877	0.877		相対効率	η_g		1.000	1.000	1.000	1.000		発電機効率	η_g		0.874	0.876	0.877	0.877		極数	p	極	6	6	6	6		増速比			5.00	5.00	3.55	3.15		增速機効率	η_m		0.970	0.970	0.970	0.970		発電機最大出力	P _G	kW	15	20	23	23	
ケース	最大使用水量 (m^3/s)	取水位 (m)	総落差 (m)	分岐管径 (m)	損失水頭 (m)	有効落差 (m)	備考																																																																																																																																																																																																																																		
①	0.8	253.90	10.10	0.5	7.2	2.9																																																																																																																																																																																																																																			
②	0.7	253.90	10.10	0.5	5.5	4.6																																																																																																																																																																																																																																			
③	0.6	253.90	10.10	0.5	4.1	6.0																																																																																																																																																																																																																																			
④	0.5	253.90	10.10	0.5	2.8	7.3																																																																																																																																																																																																																																			
項目	記号	単位	ケース①	ケース②	ケース③	ケース④	備考																																																																																																																																																																																																																																		
最大使用水量	Q_{\max}	m^3/s	0.8	0.7	0.6	0.5																																																																																																																																																																																																																																			
取水位	WL	WL	253.9	253.9	253.9	253.9																																																																																																																																																																																																																																			
ランナ中心高	CL	ELm	243.8	243.8	243.8	243.8																																																																																																																																																																																																																																			
分岐管径	ϕ	m	0.5	0.5	0.5	0.5																																																																																																																																																																																																																																			
損失水頭	h	m	7.2	5.5	4.1	2.8																																																																																																																																																																																																																																			
総落差	H_G	m	10.10	10.10	10.10	10.10																																																																																																																																																																																																																																			
基準有効落差	H	m	2.90	4.60	6.00	7.30																																																																																																																																																																																																																																			
ランナ外径	D ₁	mm	400	400	315	315																																																																																																																																																																																																																																			
回転速度	n	min^{-1}	250	250	338	381																																																																																																																																																																																																																																			
最大理論出力	P ₀	kW	23	32	35	36																																																																																																																																																																																																																																			
水車最高効率	$\eta_{t\max}$		0.772	0.773	0.774	0.774																																																																																																																																																																																																																																			
相対効率1	η_{t1}		0.980	0.980	0.980	0.980																																																																																																																																																																																																																																			
相対効率2	η_{t2}		1.000	1.000	1.000	1.000																																																																																																																																																																																																																																			
水車効率2	η_t		0.757	0.758	0.758	0.758																																																																																																																																																																																																																																			
水車最大出力	P _t	kW	17	24	27	27																																																																																																																																																																																																																																			
限界比速度	n _s	m-kW	274	181	186	165																																																																																																																																																																																																																																			
発電機最高効率	$\eta_{g\max}$		0.874	0.876	0.877	0.877																																																																																																																																																																																																																																			
相対効率	η_g		1.000	1.000	1.000	1.000																																																																																																																																																																																																																																			
発電機効率	η_g		0.874	0.876	0.877	0.877																																																																																																																																																																																																																																			
極数	p	極	6	6	6	6																																																																																																																																																																																																																																			
増速比			5.00	5.00	3.55	3.15																																																																																																																																																																																																																																			
增速機効率	η_m		0.970	0.970	0.970	0.970																																																																																																																																																																																																																																			
発電機最大出力	P _G	kW	15	20	23	23																																																																																																																																																																																																																																			

検討項目	検討内容																																																																																																																																																								
4.2.3 発電電力量の算出																																																																																																																																																									
クロスフロー水車で、最大使用水量①～④のケースについて通常年、空千年の年間発電電力量を算出する。クロスフロー水車は、変流量特性、変落差特性があり、ダムからの農業用水取水に従属した発電に適しているが、以下の制約がある。																																																																																																																																																									
i) 最大使用水量に対して、使用水量がある程度減ると発電効率が極端に低下し、発電できなくなる。ガイドペーン分割したクロスフロー水車では最大使用水量の15%以下。																																																																																																																																																									
ii) 落差変動に対する水車の運転可能範囲は、特性曲線より、 $1.05 \geq (\text{発電落差}/\text{基準有効落差}) \geq 0.7$ 程度とされている。																																																																																																																																																									
以上の点を考慮して、各最大使用水量について、発電量を算出する。																																																																																																																																																									
年間発電電力量算出																																																																																																																																																									
<table border="1"> <thead> <tr> <th>ケース</th><th>最大使用水量 (m³/s)</th><th>基準有効水頭 (m)</th><th>最大発電出力 (kw)</th><th>年間発電量 (kwh)</th><th>発電日数 (日)</th><th>設備利用率 (%)</th><th>備考</th><th></th><th></th><th></th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>①</td><td>0.8</td><td>2.9</td><td>15 通常年</td><td>91,196</td><td>266</td><td>86</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr> <td></td><td></td><td></td><td>空千年</td><td>57,031</td><td>168</td><td>67</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr> <td></td><td></td><td></td><td>10年平均</td><td>84,363</td><td>246</td><td>82</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr> <td>②</td><td>0.7</td><td>4.6</td><td>20 通常年</td><td>132,933</td><td>279</td><td>89</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr> <td></td><td></td><td></td><td>空千年</td><td>82,956</td><td>179</td><td>71</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr> <td></td><td></td><td></td><td>10年平均</td><td>122,938</td><td>259</td><td>85</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr> <td>③</td><td>0.6</td><td>6.0</td><td>23 通常年</td><td>158,358</td><td>295</td><td>91</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr> <td></td><td></td><td></td><td>空千年</td><td>97,675</td><td>188</td><td>73</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr> <td></td><td></td><td></td><td>10年平均</td><td>146,221</td><td>274</td><td>87</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr> <td>④</td><td>0.5</td><td>7.3</td><td>23 通常年</td><td>162,050</td><td>301</td><td>93</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr> <td></td><td></td><td></td><td>空千年</td><td>100,509</td><td>193</td><td>76</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr> <td></td><td></td><td></td><td>10年平均</td><td>149,742</td><td>279</td><td>90</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>											ケース	最大使用水量 (m ³ /s)	基準有効水頭 (m)	最大発電出力 (kw)	年間発電量 (kwh)	発電日数 (日)	設備利用率 (%)	備考				①	0.8	2.9	15 通常年	91,196	266	86								空千年	57,031	168	67								10年平均	84,363	246	82					②	0.7	4.6	20 通常年	132,933	279	89								空千年	82,956	179	71								10年平均	122,938	259	85					③	0.6	6.0	23 通常年	158,358	295	91								空千年	97,675	188	73								10年平均	146,221	274	87					④	0.5	7.3	23 通常年	162,050	301	93								空千年	100,509	193	76								10年平均	149,742	279	90				
ケース	最大使用水量 (m ³ /s)	基準有効水頭 (m)	最大発電出力 (kw)	年間発電量 (kwh)	発電日数 (日)	設備利用率 (%)	備考																																																																																																																																																		
①	0.8	2.9	15 通常年	91,196	266	86																																																																																																																																																			
			空千年	57,031	168	67																																																																																																																																																			
			10年平均	84,363	246	82																																																																																																																																																			
②	0.7	4.6	20 通常年	132,933	279	89																																																																																																																																																			
			空千年	82,956	179	71																																																																																																																																																			
			10年平均	122,938	259	85																																																																																																																																																			
③	0.6	6.0	23 通常年	158,358	295	91																																																																																																																																																			
			空千年	97,675	188	73																																																																																																																																																			
			10年平均	146,221	274	87																																																																																																																																																			
④	0.5	7.3	23 通常年	162,050	301	93																																																																																																																																																			
			空千年	100,509	193	76																																																																																																																																																			
			10年平均	149,742	279	90																																																																																																																																																			
4.2.4 概算工事費の比較検討																																																																																																																																																									
概算工事数量、見積より各ケースについて概算工事費を算出する。																																																																																																																																																									
4.2.5 発電原価の算出及び水車の選定																																																																																																																																																									
クロスフロー水車について、「水力発電用評価の手引き(平成11年3月)」：資源エネルギー庁、新エネルギー財團」に基づき、発電所年経費を算出し、年間収支を算定した。																																																																																																																																																									
なお、県内の先行小水力発電所においては、10年に一度の精密点検に約10,000千円の費用がかかるることより、精密点検費として、1,000千円積立することとした。買取価格は、平成27年度の調達価格より34円(税抜き)とした。																																																																																																																																																									
発電原価は、ケース④の最大使用水量0.5m ³ /sが最も安く、補助率75%、100%の場合、維持管理費が280,000円/年、2,280,000円/年捻出できることより、水車は発電機最大出力23kwのクロスフロー水車を選定する。																																																																																																																																																									
<table border="1"> <thead> <tr> <th>ケース</th><th>①</th><th>クロスフロー</th><th>②</th><th>クロスフロー</th><th></th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>水車方式</td><td>0.8</td><td>1.1</td><td>0.6</td><td>0.5</td><td></td></tr> <tr> <td>最大使用水量(m³/s)</td><td>0.8</td><td>1.1</td><td>10.1</td><td>10.1</td><td></td></tr> <tr> <td>貯水池(m)</td><td>0.1</td><td>0.1</td><td>2.9</td><td>4.6</td><td></td></tr> <tr> <td>貯水池底面積(m²)</td><td>-</td><td>-</td><td>20</td><td>20</td><td></td></tr> <tr> <td>機械率</td><td>なし 50% 65% 75% 100%</td><td>なし 50% 65% 75% 100%</td><td>なし 50% 65% 75% 100%</td><td>なし 50% 65% 75% 100%</td><td></td></tr> <tr> <td>機械工事費(円)(千円)</td><td>134,800 67,400</td><td>47,200 33,700</td><td>0 136,800 68,400</td><td>47,800 34,200</td><td>0</td></tr> <tr> <td>機械運送費</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>0 機械費、既存機0、耐用年数20年</td></tr> <tr> <td>人件費</td><td>6,749 3,370</td><td>2,380 1,685</td><td>0 6,840 3,420</td><td>2,395 1,710</td><td>0 定率法、既存機0、耐用年数20年</td></tr> <tr> <td>機械運送費</td><td>-</td><td>527 376</td><td>0 1,526 763</td><td>534 - 382</td><td>0 船運率%</td></tr> <tr> <td>機械運送料</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>0 機械費</td></tr> <tr> <td>人件費</td><td>229 229</td><td>229 229</td><td>233 233</td><td>233 233</td><td>233 0 機械費 × 0.17%</td></tr> <tr> <td>5%増加費</td><td>66.1 55.1</td><td>66.1 55.1</td><td>66.1 67.1</td><td>67.1 67.1</td><td>67.1 増加率 5% 増加費 × 0.31%、既増加費 増加率 × 0.019%</td></tr> <tr> <td>人件費</td><td>133,380 1,000</td><td>47,000 1,000</td><td>133,380 1,000</td><td>47,000 1,000</td><td>133,380 1,000 1,000千円 年</td></tr> <tr> <td>機械運送費</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0 機械費 × 0.31%</td></tr> <tr> <td>5%増加費</td><td>418 418</td><td>418 418</td><td>424 424</td><td>424 424</td><td>424 0 機械費 × 0.31%</td></tr> <tr> <td>その他経費</td><td>7.7 7.7</td><td>7.7 7.7</td><td>7.7 7.7</td><td>7.7 7.7</td><td>7.7 0 機械費 × 0.31%</td></tr> <tr> <td>合計</td><td>19,329 6,787</td><td>5,472 4,648</td><td>2,885 10,973</td><td>6,790 5,539 4,699</td><td>2,807 0 既存機取扱費・人件費・機械費 × 0.12%</td></tr> <tr> <td>年間可能発電電力量(kwh)</td><td>80,145 80,145</td><td>80,145 80,145</td><td>80,145 116,791</td><td>80,145 116,791 116,791</td><td>116,791 116,791</td></tr> <tr> <td>発電単価(円/kwh)</td><td>135 84</td><td>88 58</td><td>32 84</td><td>58 47 40</td><td>22 0</td></tr> <tr> <td>収支(万円)</td><td>6,084,610 4,007,050</td><td>2,724,830 1,162,430</td><td>169,290 17,062,450</td><td>2,858,952 1,616,232 1,860,146 1,402,432</td><td>1,860,146 1,402,432 発電単価34円/kwh</td></tr> <tr> <td>収支(万円)</td><td>6,250,950 2,063,650</td><td>1,931,480 0</td><td>0 2,083,650 1,889,215</td><td>1,889,215 1,889,215 1,889,215 2,276,030</td><td>1,889,215 2,276,030 発電単価34円/kwh</td></tr> </tbody> </table>											ケース	①	クロスフロー	②	クロスフロー		水車方式	0.8	1.1	0.6	0.5		最大使用水量(m ³ /s)	0.8	1.1	10.1	10.1		貯水池(m)	0.1	0.1	2.9	4.6		貯水池底面積(m ²)	-	-	20	20		機械率	なし 50% 65% 75% 100%		機械工事費(円)(千円)	134,800 67,400	47,200 33,700	0 136,800 68,400	47,800 34,200	0	機械運送費	-	-	-	-	0 機械費、既存機0、耐用年数20年	人件費	6,749 3,370	2,380 1,685	0 6,840 3,420	2,395 1,710	0 定率法、既存機0、耐用年数20年	機械運送費	-	527 376	0 1,526 763	534 - 382	0 船運率%	機械運送料	-	-	-	-	0 機械費	人件費	229 229	229 229	233 233	233 233	233 0 機械費 × 0.17%	5%増加費	66.1 55.1	66.1 55.1	66.1 67.1	67.1 67.1	67.1 増加率 5% 増加費 × 0.31%、既増加費 増加率 × 0.019%	人件費	133,380 1,000	47,000 1,000	133,380 1,000	47,000 1,000	133,380 1,000 1,000千円 年	機械運送費	0	0	0	0	0 機械費 × 0.31%	5%増加費	418 418	418 418	424 424	424 424	424 0 機械費 × 0.31%	その他経費	7.7 7.7	7.7 7.7	7.7 7.7	7.7 7.7	7.7 0 機械費 × 0.31%	合計	19,329 6,787	5,472 4,648	2,885 10,973	6,790 5,539 4,699	2,807 0 既存機取扱費・人件費・機械費 × 0.12%	年間可能発電電力量(kwh)	80,145 80,145	80,145 80,145	80,145 116,791	80,145 116,791 116,791	116,791 116,791	発電単価(円/kwh)	135 84	88 58	32 84	58 47 40	22 0	収支(万円)	6,084,610 4,007,050	2,724,830 1,162,430	169,290 17,062,450	2,858,952 1,616,232 1,860,146 1,402,432	1,860,146 1,402,432 発電単価34円/kwh	収支(万円)	6,250,950 2,063,650	1,931,480 0	0 2,083,650 1,889,215	1,889,215 1,889,215 1,889,215 2,276,030	1,889,215 2,276,030 発電単価34円/kwh														
ケース	①	クロスフロー	②	クロスフロー																																																																																																																																																					
水車方式	0.8	1.1	0.6	0.5																																																																																																																																																					
最大使用水量(m ³ /s)	0.8	1.1	10.1	10.1																																																																																																																																																					
貯水池(m)	0.1	0.1	2.9	4.6																																																																																																																																																					
貯水池底面積(m ²)	-	-	20	20																																																																																																																																																					
機械率	なし 50% 65% 75% 100%	なし 50% 65% 75% 100%	なし 50% 65% 75% 100%	なし 50% 65% 75% 100%																																																																																																																																																					
機械工事費(円)(千円)	134,800 67,400	47,200 33,700	0 136,800 68,400	47,800 34,200	0																																																																																																																																																				
機械運送費	-	-	-	-	0 機械費、既存機0、耐用年数20年																																																																																																																																																				
人件費	6,749 3,370	2,380 1,685	0 6,840 3,420	2,395 1,710	0 定率法、既存機0、耐用年数20年																																																																																																																																																				
機械運送費	-	527 376	0 1,526 763	534 - 382	0 船運率%																																																																																																																																																				
機械運送料	-	-	-	-	0 機械費																																																																																																																																																				
人件費	229 229	229 229	233 233	233 233	233 0 機械費 × 0.17%																																																																																																																																																				
5%増加費	66.1 55.1	66.1 55.1	66.1 67.1	67.1 67.1	67.1 増加率 5% 増加費 × 0.31%、既増加費 増加率 × 0.019%																																																																																																																																																				
人件費	133,380 1,000	47,000 1,000	133,380 1,000	47,000 1,000	133,380 1,000 1,000千円 年																																																																																																																																																				
機械運送費	0	0	0	0	0 機械費 × 0.31%																																																																																																																																																				
5%増加費	418 418	418 418	424 424	424 424	424 0 機械費 × 0.31%																																																																																																																																																				
その他経費	7.7 7.7	7.7 7.7	7.7 7.7	7.7 7.7	7.7 0 機械費 × 0.31%																																																																																																																																																				
合計	19,329 6,787	5,472 4,648	2,885 10,973	6,790 5,539 4,699	2,807 0 既存機取扱費・人件費・機械費 × 0.12%																																																																																																																																																				
年間可能発電電力量(kwh)	80,145 80,145	80,145 80,145	80,145 116,791	80,145 116,791 116,791	116,791 116,791																																																																																																																																																				
発電単価(円/kwh)	135 84	88 58	32 84	58 47 40	22 0																																																																																																																																																				
収支(万円)	6,084,610 4,007,050	2,724,830 1,162,430	169,290 17,062,450	2,858,952 1,616,232 1,860,146 1,402,432	1,860,146 1,402,432 発電単価34円/kwh																																																																																																																																																				
収支(万円)	6,250,950 2,063,650	1,931,480 0	0 2,083,650 1,889,215	1,889,215 1,889,215 1,889,215 2,276,030	1,889,215 2,276,030 発電単価34円/kwh																																																																																																																																																				

検討項目	検討内容
5. 総合検討	<p>十曾ダムについては、既得の慣行水利権に従属して、発電を行う計画としたが、従来のかんがい用水の放流方式が堤体上流面に設置した取水ゲートからの取水を、取水管により、底樋に落とし放流する方式で、流量調節は、取水ゲートの開度によっていた。</p> <p>ダム堤体の老朽化に伴う改修が行われ、設計では、ダムからの導水管先端にジェットフローゲートを設置し流量調節を行う計画であったが、大規模ため池の改修事業であったため、従来にない流量調整設備の設置は認められなかった。</p> <p>そこで、ダムからの放流については、LWL(最低水位)時に自然流下でかんがい用水の最大量約0.8m³/sを放流可能で、FWL(常時満水位)時には、流れすぎないように導水管径を絞るとともに、減勢水槽を設けている。</p> <p>したがって、経済性、施工性からも発電専用の導水管をダムに設けることができないため、既設導水管Φ500mmを利用し、出口に発電設備を設置する形式では、発電利用量を増やせば、水理損失が増大し有効水頭が減るため、トータルでは最大使用水量設定範囲の最小値0.5m³/sの時が最も年間発電量が多くなる結果となった。</p> <p>発電設備の最大出力は23kwであるが、水車、発電機を製作するいじょう、1億以上の工事費がかかるため、採算のとれない発電計画となっている。</p> <p>現在は、小水力発電を行う件数が増えており、全国的に発電設備の製作費が吊りあげられている傾向があるため、地域に密着した製作会社等との連携をはかり、発電設備の工事費を低減することにより、土地改良区の維持管理費をねん出できるかを検討するべきである。</p>
6. 設計図面	