

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

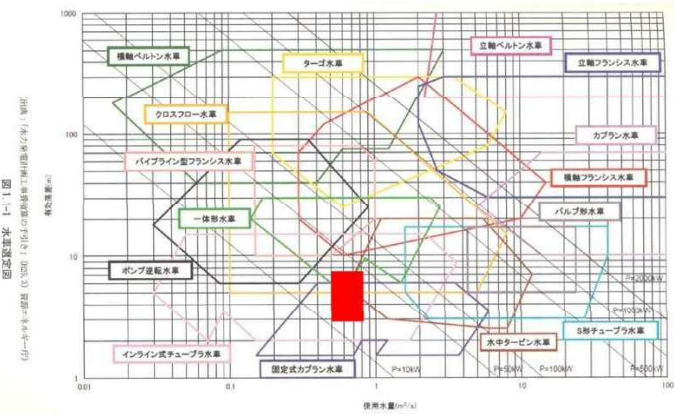
[要 約 版]

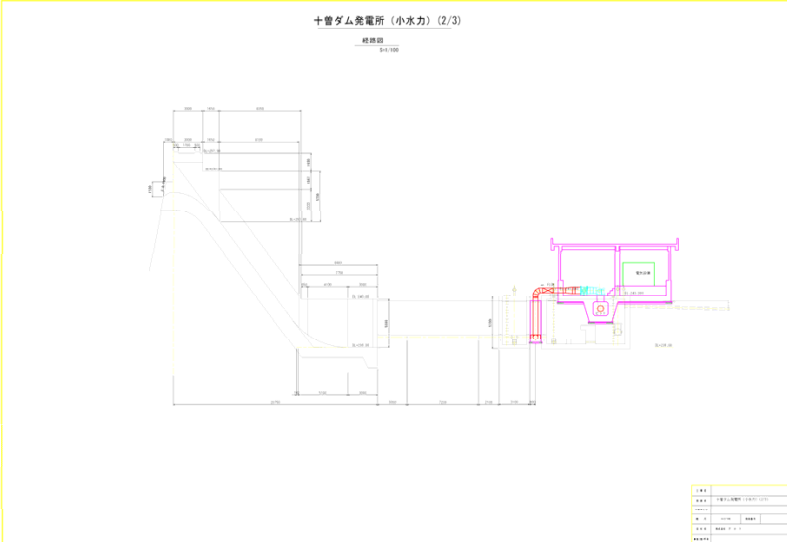
I 十曾地区

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																																																
<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</p> <p>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登録申請を行う方針で検討を行う。</p> <table border="1" data-bbox="495 427 1220 550"> <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</p> <p>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</p> <p>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 J V 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" data-bbox="477 884 1191 999"> <thead> <tr> <th rowspan="2"></th> <th>最大流量</th> <th>豊水量</th> <th>平水量</th> <th>低水量</th> <th>渇水量</th> <th>最小流量</th> <th>年平均流量</th> </tr> <tr> <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 J V 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</p> <p>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> <p>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。</p> <p>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 0.3 m³/s を発電に利用可能な上限とする。</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	渇水量	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	<p>3.1.3 貯水位の状況</p> <p>ダムの貯水位変化は A：通常年、B：②空千年のタイプに区分する。</p> <p>A：通常年 (10 年に 8 回)</p> <ul style="list-style-type: none"> しろかき期の 5/1～5/15 間で貯水を 4 m 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 4 m 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>B：空千年 (10 年に 2 回、4 年置き)</p> <ul style="list-style-type: none"> しろかき期の 5/1～5/15 間で貯水を 4 m 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 4 m 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>以下に A、B の貯水位変化のグラフを示す。</p> <p>3.2 発電形式の検討</p> <p>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、余剰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> <div data-bbox="1243 863 2013 1385"> </div>
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	渇水量	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	水車選定図																																																																																																																																																																																																																																								
<p>4. 発電計画の検討</p> <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年であるが、農業取水量は0.8～0.3m³/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> <ol style="list-style-type: none"> ① しろかき期、普通かんがい期の最大取水量相当 0.8m³/s ② 自動観測における放流量の平均値相当 0.5m³/s ③ ①、②の間中間点 0.7 m³/s ④ ①、②の間中間点 0.6 m³/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力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" data-bbox="439 978 1205 1117"> <thead> <tr> <th>ケース</th> <th>最大使用水量 (m³/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 0.8～0.5 m³/s、基準有効落差 7.3～2.9m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)、技術参考資料-3-」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、水中タービ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>	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		<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" data-bbox="1294 884 1953 1396"> <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>m³/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>η_{tmax}</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</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>η_{gmax}</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>増速機効率</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>	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	η _{tmax}		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	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	η _{gmax}		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		増速機効率	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	η _{tmax}		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	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	η _{gmax}		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																																																																																																																																																																																																																																				
増速機効率	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	
<p>5. 総合検討</p>	<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の時に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、発電機を製作するにじょう、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>	
<p>6. 設計図面</p>	