

豊中市上下水道
再生可能エネルギー・資源活用等検討業務委託

報 告 書
〔 概 要 版 〕

平成 25 年 3 月

豊 中 市 上 下 水 道 局

目 次

第 1 章 業務概要	
1.1 業務の背景と目的	1
1.2 業務内容及び業務フロー	2
1.2.1 業務内容	2
第 2 章 基礎調査	
2.1 上水道事業の概要	3
2.1.1 事業の沿革	3
2.1.2 事業の推移	4
2.2 下水道事業の概要	6
2.2.1 事業の沿革	6
2.2.2 事業の推移	7
第 3 章 エネルギー消費状況	
3.1 施設毎のエネルギー消費状況	9
3.2 エネルギー使用原単位の確認	11
第 4 章 再生可能エネルギーの導入検討	
4.1 再生可能エネルギーの概要	12
4.1.1 太陽光発電	12
4.1.2 風力発電	14
4.1.3 小水力発電	16
4.1.4 消化ガス利用	18
4.2 再生可能エネルギー設備の導入検討対象施設の選定	21
4.2.1 再生可能エネルギー設備の導入検討対象施設の選定手法	21
4.2.2 太陽光発電設備の検討	24
4.2.3 風力発電設備の検討	31
4.2.4 小水力発電設備の検討	33
4.2.5 再生可能エネルギー設備の導入検討対象施設の選定	48
4.3 再生可能エネルギー設備の導入検討	49
4.3.1 再生可能エネルギー設備の仕様検討	49
4.3.2 再生可能エネルギー設備導入の条件整理	63
4.3.3 再生可能エネルギー設備の導入効果	64

4.3.4 事業スキームの検討	66
4.3.5 建設に係わる補助制度の適用可否の検討	71

第5章 下水道有効資源の活用方法の検討

5.1 下水道有効資源の活用方法の整理	73
5.1.1 活用方法の種類	73
5.1.2 活用方法の概要	75
5.2 下水道有効資源の活用方法と導入有効性の検討	77

第1章 業務概要

1.1 業務の背景と目的

我が国は、平成9年に採択された京都議定書に基づき、二酸化炭素等の温室効果ガス排出量の削減を推進しており、平成21年には温室効果ガスを平成32年までに平成2年比で25%削減する目標を掲げている。

下水道分野においては、平成17年9月に「下水道ビジョン2100」の策定、平成18年4月には省エネ法が改正され、より一層のエネルギー消費の合理化、「健全な水循環と資源循環」を創出する21世紀型下水道への転換を目指すべきとしている。

「下水道ビジョン2100」の基本方針のひとつである「資源のみち」では、化石燃料に依存しないエネルギー100%自立型処理場の構築を目指して、下水処理場内の未利用エネルギーに注目した資源回収及び供給ネットワークの創出を推進する必要があるとしている。

本業務においては、豊中市の上下水道事業における環境対策として、再生可能エネルギーを活用した発電施設の導入や、事業活動において発生する資源の有効活用について検討を行い、事業化へ向けての提案等を行うことを目的とする。

1.2 業務内容及び業務フロー

1.2.1 業務内容

- (1) 委 託 名：豊中市上下水道再生エネルギー・資源活用等検討業務委託
- (2) 委託所属地名：豊中市北桜塚4丁目地内外
- (3) 工 期：平成24年7月19日～平成25年3月22日
- (4) 契約金額：4,042,500円（消費税込み）
- (5) 発 注 者：豊中市上下水道局
- (6) 受 注 者：日本水工設計株式会社 大阪支社
- (7) 業務内容： 再生可能エネルギー設備導入検討業務 1式
資源の有効活用検討業務 1式
- (8) 検討業務対象施設：表1.2.1の通り

表 1.2.1 検討業務対象施設

【水道施設】

施設名	業務検討対象		用地面積(m ²) (公簿面積)	所在地
上下水道局庁舎			3,167.84	北桜塚4-124-2
石橋中継ポンプ場			1,626.00	池田市住吉1-35-1
柴原浄水場			6,407.00	宮山町3-92-4
柴原配水場			9,547.00	待兼山町741-1
新田配水場			8,735.00	上新田4-66-1
野畑配水場			10,841.00	西緑丘2-198-5
寺内配水場			21,821.00	東寺内町127
柿ノ木受配水場			10,525.00	新千里北町2-46-3
緑丘配水場			8,675.00	緑丘3-104-3
旧東豊中配水場(未稼働施設)			4,420.00	緑丘2-239
猪名川取水場			271.00	伊丹市下河原2-317-4
合計	-		86,035.84	

【下水道施設】

施設名	業務検討対象		用地面積(m ²) (公簿面積)	所在地
庄内下水処理場			34,137.05	大島町3-19
桜井谷ポンプ場			3,985.04	桜の町2-38-13
新免ポンプ場			318.00	本町9-248-4
千里園ポンプ場			2,650.31	蛭池南町1-3-36
利倉ポンプ場			9,486.00	利倉2-193
穂積ポンプ場			3,242.00	穂積2-211-2
小曾根第1ポンプ場			2,252.96	豊南町南5-5-8
小曾根第2ポンプ場			2,559.00	大阪市淀川区十八条3-219-2
原田処理場(流域下水道)			316,800.00	原田西町1-1
合計	-		375,430.36	

第2章 基礎調査

2.1 上水道事業の概要

2.1.1 事業の沿革

本市の上水道事業は、大正12(1923)年の村議会において、当時の飲料水は主として浅井戸を利用しており、その多くは水質が不良で保健衛生上の問題があり、湧水量の減少、人口の増加とあいまって上水道敷設の必要性が差し迫っていた。

そこで、昭和2(1927)年4月に豊中村の町制移行にあわせて水道起工式を開催し、翌昭和3(1928)年6月から正式に給水を開始したことが本市の上水道事業のはじまりである。

また、平成18(2006)年度に、長期的視点による効率的水道施設整備に向けた配水施設整備基本計画が策定され、この基本計画に基づき、新配水管整備事業(第5期)では、平成19(2007)年度から平成25(2013)年度までの7か年計画で、老朽管の更新をはじめ管路の耐震化、配水幹線の整備及び配水ブロック化等により、安全で安定した給水の確保と災害に強い配水施設を構築すべく、55,700mの配水管等を整備することが計画されている。

この事業により、老朽管残存率は9.0%から3.7%、耐震化率は9.3%から11.4%、また配水ブロック化は22か所から29か所へと整備される見込みである。

2.1.2 事業の推移

本市の上水道事業における事業の推移は、表2.1.1、図2.1.1～3に示す通りである。

給水人口及び給水戸数は、増加しているものの1日最大・平均給水量及び年間給水量は年々減少しており、節水意識の向上、節水機器の普及による影響が考えられる。

表2.1.1 上水道事業における事業の推移

項目	年度		14年度	15年度	16年度	17年度	18年度	19年度	20年度	21年度	22年度	23年度
	給水人口	給水戸数	人	戸	m ³							
給水人口	人		387,958	387,566	386,671	385,919	386,083	386,727	387,376	387,484	389,301	390,286
給水戸数	戸		161,954	163,223	163,972	161,427	163,081	164,820	166,215	167,157	167,237	168,277
年間給水量	m ³		50,793,879	49,952,611	48,982,161	48,578,776	47,684,481	47,171,578	46,071,131	45,835,621	46,052,261	45,118,765
1日最大給水量	m ³		159,552	153,660	153,642	148,470	144,261	141,959	141,526	139,264	139,503	137,335
1日平均給水量	m ³		139,161	136,483	134,198	133,093	130,642	128,884	126,222	125,577	126,171	123,275
負荷率	%		87.2	88.8	87.3	89.6	90.6	90.8	89.2	90.2	90.4	89.8
年間有収水量	m ³		46,873,502	45,883,733	45,581,611	45,226,919	44,961,064	44,894,964	44,258,479	43,715,997	43,904,762	43,151,291
有収率	%		92.28	91.85	93.06	93.10	94.29	95.17	96.07	95.38	95.34	95.64

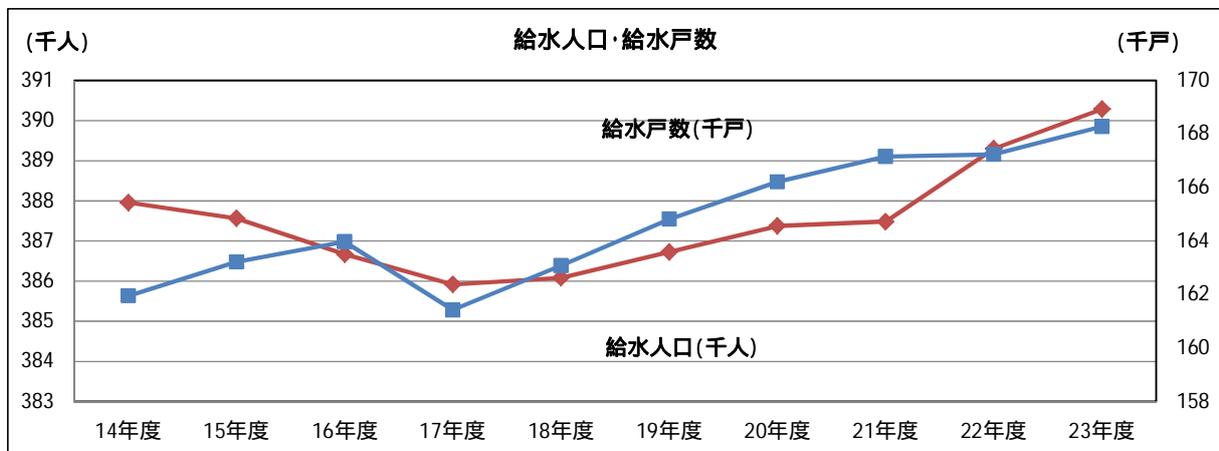


図2.1.1 給水人口と給水戸数の推移

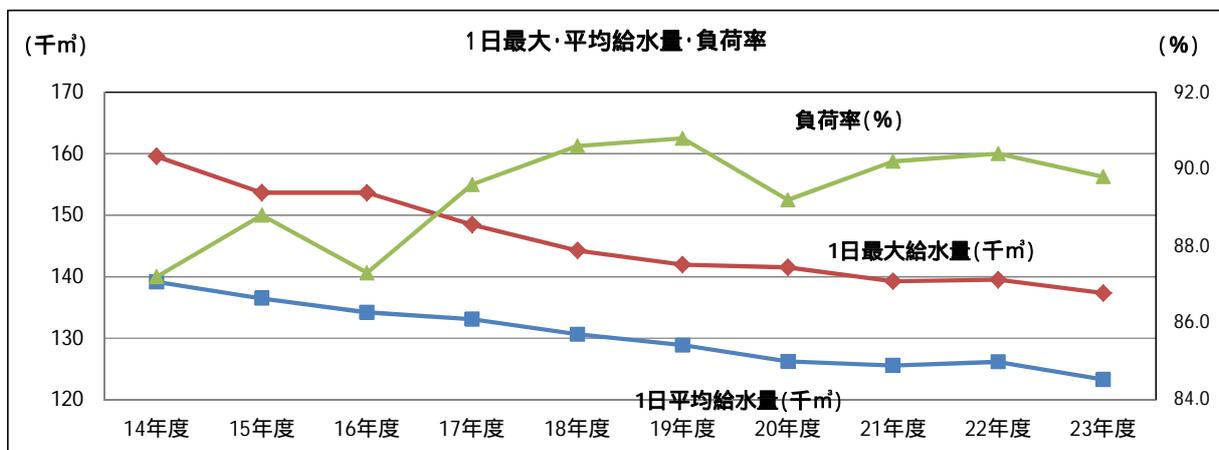


図2.1.2 1日最大・平均給水量、負荷率の推移

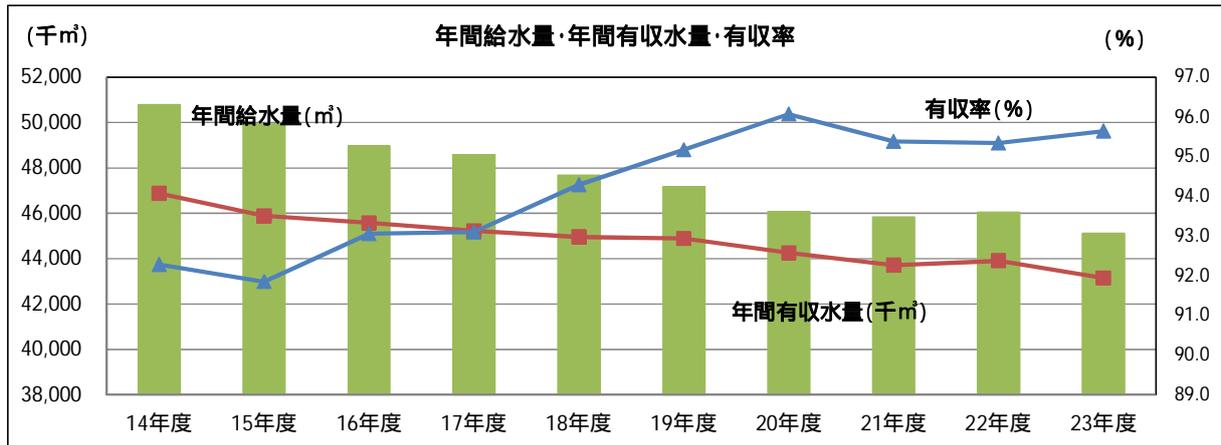


図 2.1.3 年間給水量・年間有収水量、有収率の推移

2.2 下水道事業の概要

2.2.1 事業の沿革

本市の下水(雨水・汚水)は、昭和 18(1943)年に造成した豊能南部排水路や在来の水路により、河川や市内に点在する溜め池に放流されていたが、家庭排水の無統制・不規則な流水による水質の悪化、市内に点在する凹地の排水不良等、下水を排水するだけの問題ではなく、保健衛生上も問題視されていた。

そこで、本市の公共下水道事業は豊中駅周辺の雨水排除を目的に、昭和 26(1951年)7月に新免排水区の事業認可を受け、翌 27(1952)年度の建設着手し、今日では、汚水整備は概ね完了し、雨水についても市域の約 8 割の区域で排水が可能となっている。

2.2.2 事業の推移

本市の下水道事業における事業の推移は、表2.2.1、図2.2.1に示す通りである。

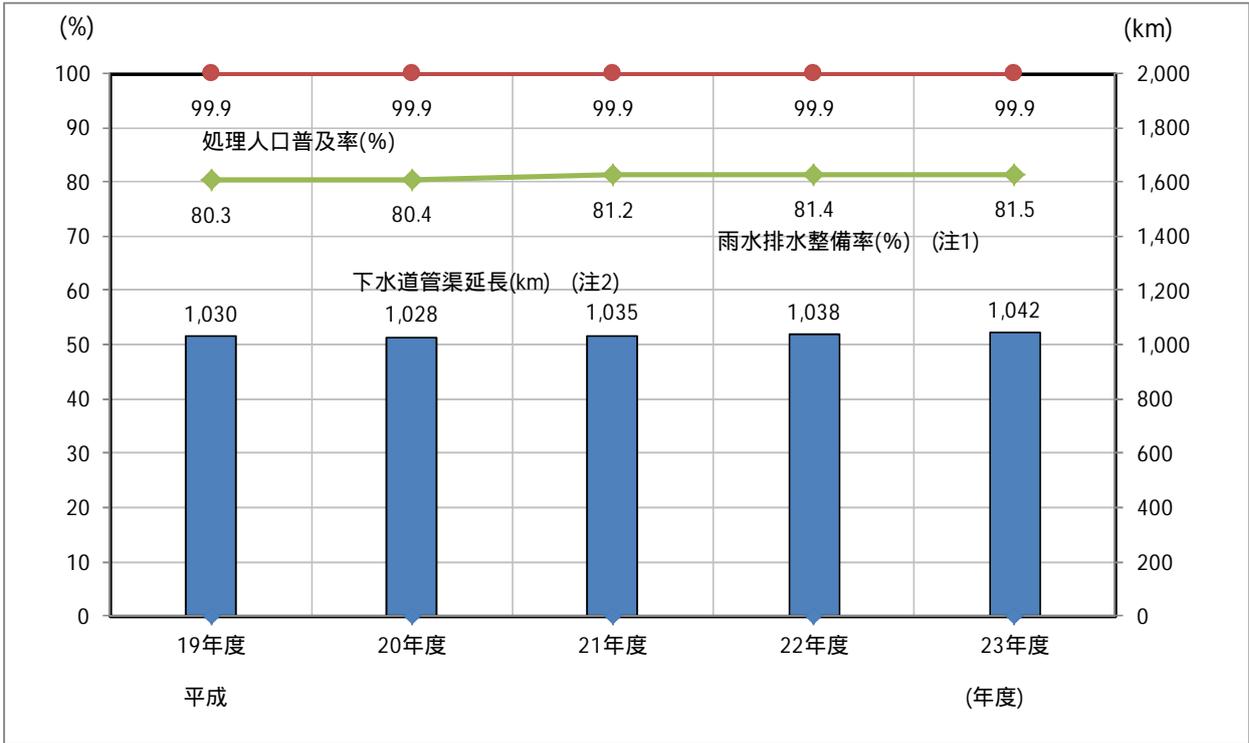
人口普及率は99.9%、水洗化率は99.7%と本市の下水道整備は、概成している状況である。

表2.2.1 事業の推移

項目	年度	19年度	20年度	21年度	22年度	23年度
		全体計画人口	人	406,900	397,900	397,900
行政区域内人口	人	386,740	387,389	387,496	389,311	390,294
処理可能区域人口	人	386,647	387,317	387,426	389,250	390,242
水洗化人口	人	383,483	384,623	385,234	387,506	388,952
人口普及率 〔処理可能区域人口/行政区域内人口〕	%	99.9	99.9	99.9	99.9	99.9
水洗化率 〔水洗化人口/処理可能区域人口〕	%	99.2	99.3	99.4	99.6	99.7
全体計画面積	ha	3,582.6	3,582.6	3,582.6	3,582.6	3,582.6
雨水排水整備済面積	ha	2,878.1	2,881.0	2,909.2	2,916.8	2,920.6
雨水排水整備率 〔雨水排水整備済面積/全体計画面積〕	%	80.3 (6.5)	80.4 (8.5)	81.2 (8.6)	81.4 (9.3)	81.5 (9.3)
総処理水量	m ³	56,744,572	59,190,163	59,471,713	59,339,339	61,738,156
汚水処理水量	m ³	54,892,104	56,764,999	58,025,286	57,015,050	58,581,710
雨水処理水量	m ³	1,852,468	2,425,164	1,446,427	2,324,289	3,156,446
晴天時1日汚水最大処理水量	m ³	180,213	173,366	178,220	189,882	191,059
現在晴天時平均処理水量	m ³	138,990	140,282	145,382	140,152	141,529
有収水量	m ³	46,098,130	45,278,835	44,689,262	45,325,431	44,611,695
有収率	%	84.0	79.8	77.0	79.5	76.2
下水管延長(全体)	m	1,030,283	1,027,990	1,034,976	1,037,863	1,041,799
汚水管	m	365,215	362,399	364,415	365,280	366,317
雨水管	m	226,838	227,163	230,996	231,954	234,058
合流管	m	438,230	438,428	439,565	440,629	441,424

雨水排水設備率の()内の数値は10年に1回発生する大雨に対応している割合。

管きょ延長については、平成18年度の下水道台帳デジタル化により、見直した延長の数値に変更。



(注1)5年に一度の大雨が排除できる施設の整備率である。

(注2)H18年度末からの管渠延長は、H18年度から管理データをデジタル化したことに伴い見直されている

図 2.2.1 処理人口普及率・雨水排水整備率・下水道管渠延長の推移

第3章 エネルギー消費状況

3.1 施設毎のエネルギー消費状況

(1) 年間電力使用量

施設毎の過去5年間の年間電力使用量を表3.1.1、図3.1.1～3に示す。

年間約57百万～62百万kWhを使用している状況である。下水施設の占める割合がほとんどであり90%以上となっている。下水施設のうち処理水量が300,000千m³/日を超過する大規模処理場である原田処理場が最も使用量が多く(42～47百万kWh/年)全体の約3/4を占めている。

表3.1.1 各施設年間電力使用量

年間電力使用量[単位:kWh/年]

			H19	H20	H21	H22	H23	H19～H23 平均		
上水施設	上水2	石橋中継ポンプ場	1,211,412	878,275	1,077,389	928,704	891,601	997,476	1.6%	
	上水3	柴原浄水場	1,297,335	1,229,343	1,289,478	1,265,377	1,193,295	1,254,966	2.0%	
	上水8	柿ノ木受配水場	1,124,650	1,177,880	1,079,670	1,093,430	1,074,770	1,110,080	1.8%	
	上水11	猪名川取水場	678,939	485,940	675,110	589,840	572,211	600,408	1.0%	
	小計			4,312,336	3,771,438	4,121,647	3,877,351	3,731,877	3,962,930	6.4%
下水施設	下水1	庄内下水処理場	9,774,500	9,678,500	9,987,900	9,988,300	12,277,000	10,341,240	16.6%	
	下水2	桜井谷ポンプ場	300,032	315,877	346,376	322,155	215,575	300,003	0.5%	
	下水3	新免ポンプ場	25,329	27,583	31,113	29,323	33,676	29,405	0.0%	
	下水4	千里園ポンプ場	104,678	104,358	108,962	109,505	100,763	105,653	0.2%	
	下水5	利倉ポンプ場	172,704	253,167	184,589	191,747	185,848	197,611	0.3%	
	下水6	穂積ポンプ場	148,222	124,073	90,085	90,434	93,990	109,361	0.2%	
	下水7	小曽根第1ポンプ場	75,485	83,655	82,965	88,572	88,232	83,782	0.1%	
	下水8	小曽根第2ポンプ場	101,331	81,815	78,831	81,369	86,749	86,019	0.1%	
	下水9	原田処理場		42,368,000	43,678,000	49,538,855	49,683,093	50,032,839	47,060,157	75.6%
		(発電電力量)		2,481,100	2,281,100	1,877,380	1,557,330	2,314,200	2,102,222	
(電力使用量 - 発電電力量)		39,886,900	41,396,900	47,661,475	48,125,763	47,718,639	44,957,935			
小計			53,070,281	54,347,028	60,449,676	60,584,498	63,114,672	58,313,231	93.6%	
合 計			57,382,617	58,118,466	64,571,323	64,461,849	66,846,549	62,276,161		

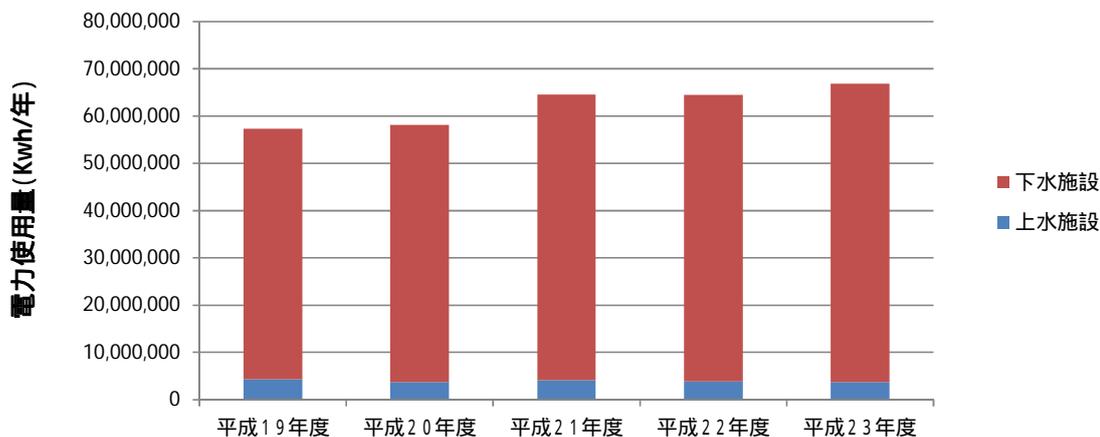


図3.1.1 年間電力使用量

(2) 施設毎電力使用量

各施設ともに年間使用量の変動は少なく、施設毎の使用量としては、上水施設では猪名川取水場が約 480～680 千 kWh/年、その他 3 施設はほぼ同等で約 900～1,300 千 kWh/年程度、下水施設では原田処理場が約 42,000～50,000 千 kWh/年、庄内下水処理場では約 9,700～12,000 千 kWh/年を推移している。

月別使用量では、上水施設は何れも春季、夏季に多く、秋季、冬季に少ない傾向にある。下水施設は変動が少なく、安定している。

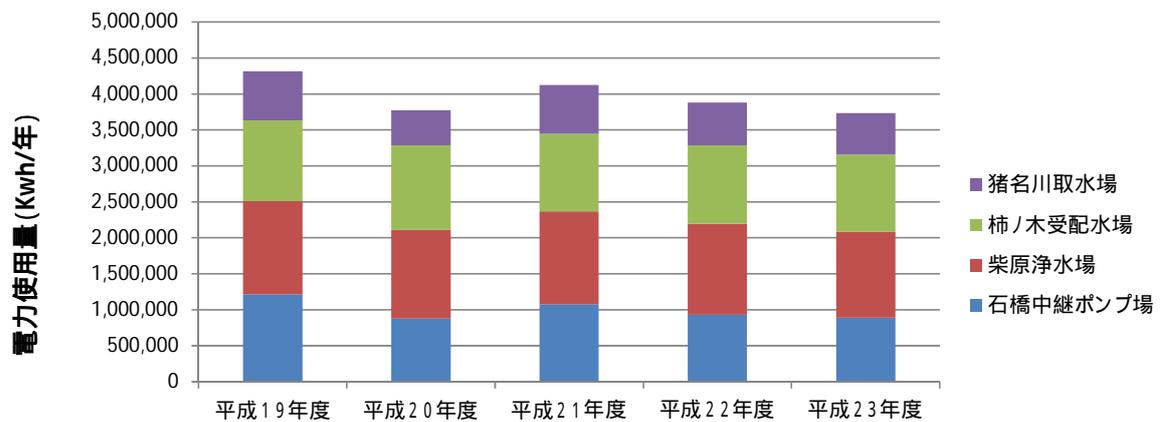


図 3.1.2 上水施設の年間電力使用量

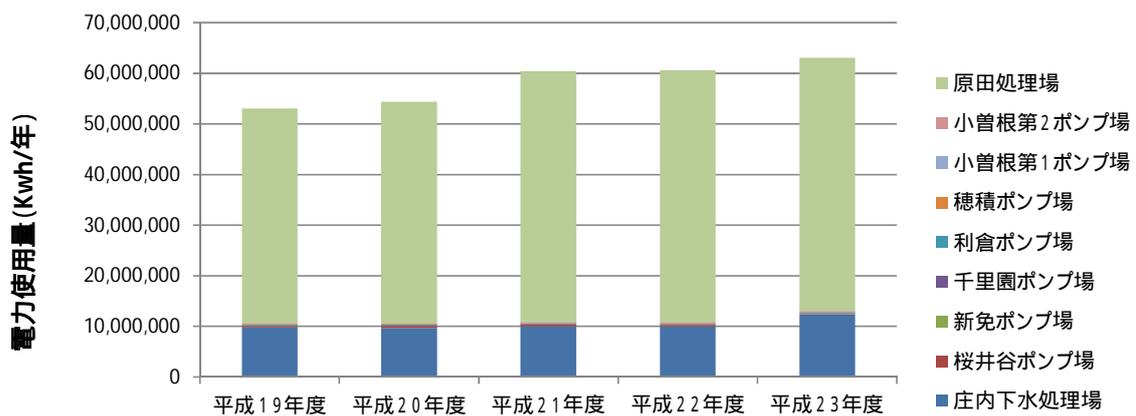


図 3.1.3 下水施設の年間電力使用量

3.2 エネルギー使用原単位の確認

主ポンプ設備や汚泥処理方式の違いにより、他処理場と単純に比較できるものではないが、参考に下水処理場施設における処理水量当たりの消費電力量の評価を行う。

処理水量当たりの消費電力量を表 3.2.1 に示す。各施設とも変動は少なく、庄内下水処理場は 0.46 ~ 0.57kWh/m³、原田処理場では 0.41 ~ 0.47kWh/m³となっている。

表 3.2.1 処理水量当たり消費電力量

			H19	H20	H21	H22	H23	H19 ~ H23 平均
庄内下水処理場	処理水量	m ³ /年	21,102,600	20,801,700	20,283,600	20,944,600	21,518,000	20,930,100
		m ³ /日	57,815	56,835	55,572	57,382	58,953	57,312
	消費電力量	kWh/年	9,774,500	9,678,500	9,987,900	9,988,300	12,277,000	10,341,240
	処理水量当たり 消費電力量	kWh/m ³	0.46	0.47	0.49	0.48	0.57	0.49
原田処理場	処理水量	m ³ /年	103,617,000	105,033,000	110,002,000	105,500,000	109,464,000	106,723,200
		m ³ /日	283,882	286,975	301,375	289,041	299,901	292,235
	消費電力量	kWh/年	42,368,000	43,678,000	49,538,855	49,683,093	50,032,839	47,060,157
	処理水量当たり 消費電力量	kWh/m ³	0.41	0.42	0.45	0.47	0.46	0.44

高度処理を採用している全国処理場における水量当たり消費電力量の分布に庄内下水処理場と原田処理場の値をプロットしたものを図 3.2.1 に示す。

同規模処理場の傾向を示す近似線から判断すると、原田処理場でやや消費量が多くなっているが、ほぼ平均的な消費電力量であると言える。

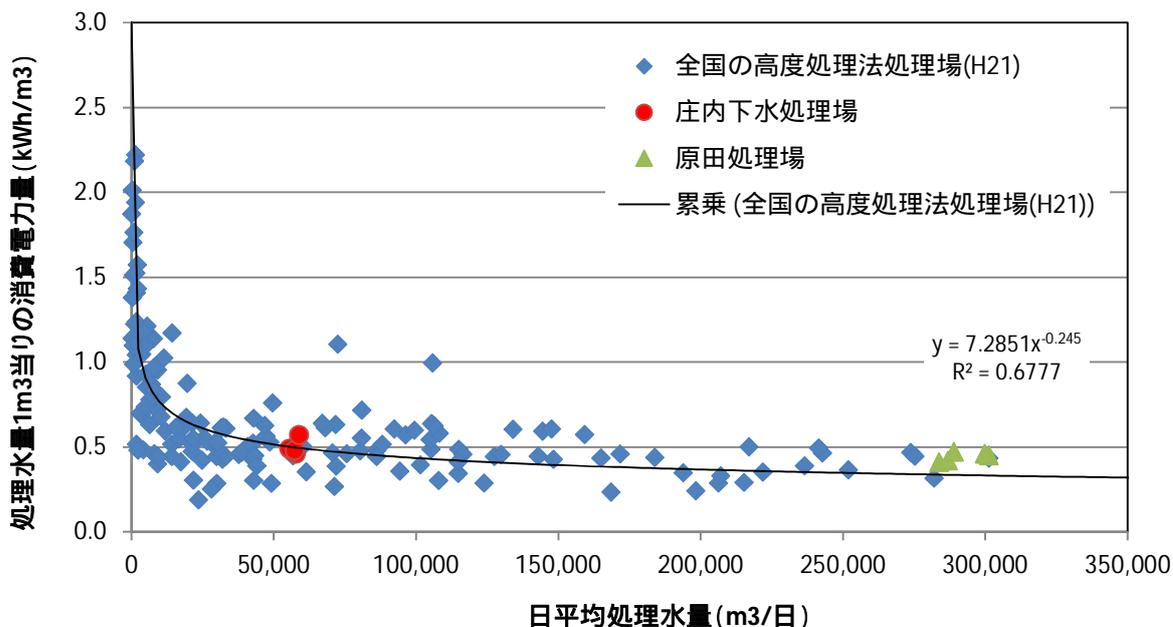


図 3.2.1 全国処理場における水量当たり消費電力量の分布

高度処理法：下水道統計（平成 21 年度版）により「ステップ流入式多段硝化脱窒法」、「嫌気好気活性汚泥法」、「循環式硝化脱窒法」、「嫌気無酸素好気法」、「硝化内生脱窒法」を採用（一部採用を含む）している 175 処理場を対象とした。

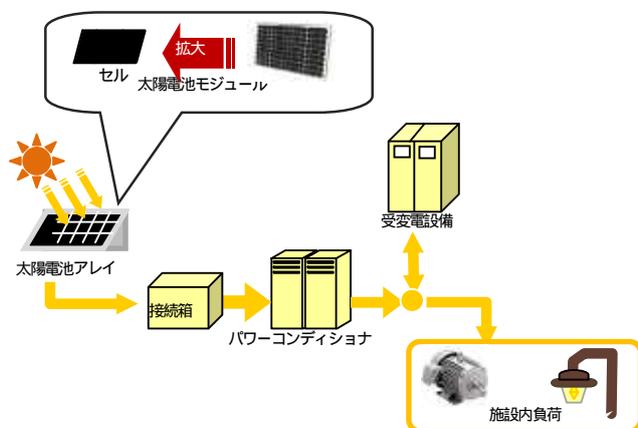
第4章 再生可能エネルギーの導入検討

4.1 再生可能エネルギーの概要

4.1.1 太陽光発電

地表に無尽蔵に注ぐ太陽光は1m²当たり1kWに相当するエネルギーを有している。太陽光発電はこのエネルギーを利用し、シリコン半導体などに光が当たると電気が発生する現象を用い、太陽の光エネルギーを直接電気に変換する発電方法である。

太陽光発電システムの総合変換効率を10%とすると1m²当たり0.1kWの定格出力となり、1m²、1時間当たり、0.1kWhの発電をすることになる。したがって、標準状態の場合、10m²の太陽電池は、1kWの定格出力となる。本システムは、住宅用と公共・産業用に大別され、公共・産業用太陽光発電システムは10kWから30kWが多いが、最近では100kWを超えるシステムも設置されており、将来的にはより大規模な太陽光発電が導入されるものと考えられる。



写4.1.1(1) 処理場内の設置事例



写4.1.1(2) 水処理施設上部の設置事例



写4.1.1(3) 水処理施設上部の設置事例

太陽光発電の特徴

良好な環境性能

大気汚染や騒音など公害的要因が発生せず、良好な環境性能を有するため、設置場所の制約は少なく、導入しやすい創エネ技術と言える。

容易なメンテナンス

可動部分が無く静的な発電方式なので、機械的摩耗による部品交換の必要が無く、エネルギー源は太陽光であるため、燃料補給の必要も無い。

寿命は約 20 年

設置場所が屋外となり、雨、温度変化、湿度、風力等の影響を受けるが、寿命は約 20 年である。

ピークカット効果

真夏の晴れた日には冷房などの利用が増加するが、この時間帯は発電量も増加するため、切迫する電力供給を抑えることができる。

発電出力の変動

発電量は気象条件（日射量、季節、気候）により左右され、発電出力の変動がある。

表 4.1.1 太陽光発電採用実績（上水道）

都道府県名	市町村等団体名	施設名等	発電容量 (kw)	導入年
東京都	東京都水道局	朝霞浄水場	1200	平成 17 年
神奈川県	横浜市水道局	小雀浄水場	720	
		西谷浄水場	180	
京都府	長岡京市	東第 2 浄水場	40	平成 19 年
大阪府	大阪市	柴島浄水場	250	平成 23 年
兵庫県	三田市	三田浄水場	440	平成 24 年
奈良県	奈良市	御所浄水場	800	平成 16 年

出典：各自治体 HP など

表 4.1.2 太陽光発電採用実績（下水道）

都道府県名	市町村等団体名	施設名等	発電容量 (kw)	導入年
青森県	八戸市	東部終末処理場	100	平成 17 年
京都府	木津川流域	洛南浄化センター	10	平成 20 年
京都府	京都市	鳥羽水環境保全センター	10	平成 14 年
大阪府	大阪市	十八条下水処理場	160	平成 15 年
愛媛県	今治市	宮浦浄化センター	21.8	-
東京都	東京都	葛西水再生センター	490	平成 22 年

出典「平成 21 年度 下水道統計」、「平成 23 年度 日本の下水道」、「各処理場パンフレット」

4.1.2 風力発電

風力発電は風の運動エネルギーを風車(風力タービン)により回転エネルギーに変換し、その回転を歯車などで増速して電気エネルギーに変換する発電方式である。条件が整えば、他の自然エネルギーに比べて高い発電量が得られ、エネルギー自立率を大きく引き上げる。

風は風向や風速が絶えず変化するため、ナセル(風車本体)の向きや、出力を制御する機能が備わっており、台風などで強風が吹いた際に風車が回転するのを止めるブレーキ装置が付いている。

2000年を過ぎたあたりから建設基数、1基当り発電出力は増加傾向にあり、750~2,000kW程度が最も多く建設されている。風車の発電出力は定格値を示すものであり、機種によって異なるが、風速3~4m/sから発電を開始し、風速12~16m/sで定格出力が得られることとなる。

風力発電は少しでも風の強い所に設置するのが望ましい。また、台風や落雷、乱気流発生度の影響や地盤の強度などについても事前に十分な調査が必要となる。全国風況マップ(NEDO HPによる)や気象庁などの風況データを活用するが、導入に際しては風況や環境への影響を調査したうえで安定した風力が得られることを確認しておく必要がある。

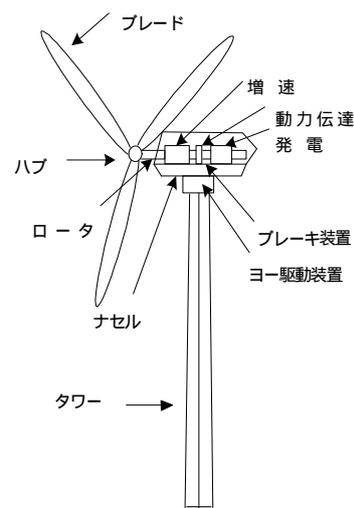


図 4.1.2 風車の構造



写 4.1.2 660kW 事例写真

風力発電の特徴

高い発電能力

風のエネルギーの最大45%程度を電気エネルギーに変換でき、自然エネルギーのなかでは比較的効率や稼働率が高いシステムであるため、エネルギー自立率を大きく引き上げる。

街のランドマーク

風を受けて回る風車は人目をひき、環境保全を進める街のランドマーク的な役割が期待できる。

設置場所の制約

設置場所の制約が厳しく、導入前に詳細は風況観測(高所風況精査)を実施する必要があるほか、騒音・電波障害・渡り鳥への影響などを評価する必要がある。

関連法規

電気関係の法規や基準以外にも、建築基準法、電波法、航空法、消防法など様々な関連規制を受ける。

表 4.1.2 風力発電採用実績（上水道）

都道府県名	市町村等団体名	施設名等	発電容量 (kw)	基数 (基)	導入年
北海道	稚内市	萩ヶ丘浄水場	600	3	平成 13 年
福井県	福井市企業局	森田浄水場	13	5	

出典：各自治体 HP など

表 4.1.3 風力発電採用実績（下水道）

都道府県名	市町村等団体名	施設名等	発電容量 (kw)	基数 (基)	導入年
富山県	入善町	入善浄化センター	1500	1	平成 19 年
茨城県	鹿島特定公共下水道	深芝処理場	2000	1	平成 24 年
静岡県	静岡市	中島浄化センター	1500	1	平成 16 年
静岡県	掛川市	大須賀浄化センター	660	1	平成 16 年

出典「平成 21 年度 下水道統計」、「平成 23 年度 日本の下水道」、「各処理場パンフレット」

4.1.3 小水力発電

水力発電は、高い所から低い所に流れ落ちる水の勢いで水車を回し、この水車を原動機として発電機を回転させることで発電する。その出力は、利用する水の落差と流量の積で決まり、落差が高いほど、また、流量が多いほど大きくなる。近年ではクリーンな分散型エネルギーとして小水力発電への期待が高まっており、下水処理施設を利用する場合、放流部の落差を利用することが多い。

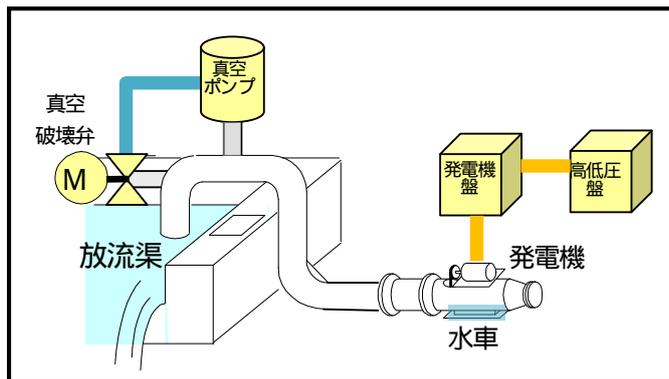


図 4.1.3 小水力発電システム構成(サイフォン取水方式)

小水力発電は、落差 2m 程度以上、流量 $0.08\text{m}^3/\text{秒}$ 程度以上が設置の目安となる。水量 $10,000\text{m}^3/\text{日}$ 、落差 2m の場合、発電機出力は 1.7kW 程度と得られる電力は小さいが、下水処理施設では 1 年を通して流量変動が比較的小さいため、安定した発電が可能である。

既存施設に設置する場合は、図 4.1.3 に示すようなサイフォン取水方式を採用することで、水処理に影響を与えるような特別な改造を行うことなく設置できるため、施工が容易で建設コストを低く抑えられる。また、一度水を通すと動力を使うことなく水が流れること、水車発電機は地上部に設置できるため、メンテナンスの簡素化が図れるなどのメリットもある。



写 4.1.3 9kW 事例写真

小水力発電の特徴

- 良好な環境性能
大気汚染や騒音など公害的要因が発生せず、良好な環境性能を有する。
- 容易なメンテナンス
ポンプと発電機を組み合わせた装置であり、メンテナンスは容易である。
- 安定した発電量
太陽光や風力に比べ、変動の少ない安定した発電が可能である。
- 有効落差の確保
有効落差は概ね 2m 以上が設置の目安となる。

表 4.1.3 小水力発電採用実績（上水道）

都道府県名	市町村等 団体名	施設名等	発電容量 (kw)	基数(基)	導入年
東京都	東京都水道局	東村山浄水場	1400	1	平成 13 年
神奈川県	横浜市水道局	川井浄水場	270	1	平成 22 年
神奈川県	横浜市水道局	港北配水池	300	1	平成 18 年
神奈川県	川崎市上下水 道局	江ヶ崎発電所	170	1	平成 16 年
		鷺沼発電所	90	1	平成 18 年
京都府	宇治市	宇治浄水場	43.83	1	平成 22 年
大阪府	大阪市水道局	長居浄水場	253	1	平成 16 年
大阪府	大阪広域水道 企業団	村野浄水場 郡家ポンプ場	3693		
大阪府	豊中市	寺内配水場	129	1	平成 19 年
奈良県	桜井市	桜井浄水場	197	1	平成 22 年

出典：各自治体 HP など

表 4.1.4 小水力発電採用実績（下水道）

都道府県名	市町村等 団体名	施設名等	発電容量 (kw)	基数(基)	導入年
岩手県	岩手県	北上浄化センター	-	-	平成 24 年予定
群馬県	伊勢崎市	伊勢崎浄化センター	1.57	1	平成 23 年
埼玉県	埼玉県	中川流域下水道終末処理場	-	-	平成 23 年
東京都	東京都区部	森ヶ崎水再生センター	231	3	平成 17 年
東京都	東京都区部	葛西水再生センター	27	1	平成 16 年
神奈川県	川崎市	入江崎水処理センター	13	1	平成 22 年
京都府	京都市	石田水環境保全センター	10	1	平成 19 年
兵庫県	神戸市	鈴蘭台下水処理場	56	1	-
広島県	東広島市	東広島浄化センター	50	-	平成 24 年予定
愛媛県	松山市	中央浄化センター	9.9	1	平成 23 年
熊本県	熊本県	熊本北部浄化センター	-	-	平成 24 年予定

出典「平成 21 年度 下水道統計」、「平成 23 年度 日本の下水道」、「各処理場パンフレット」

4.1.4 消化ガス利用

汚泥消化槽から発生するメタンを主成分とする消化ガスは、場内では消化槽加温燃料のほか、発電や空調の熱源利用、また、地域における利用方法として消化ガスを精製し、ガス会社への供給や天然ガス自動車の燃料利用など、いくつかの利用方法が考えられる。

消化ガス発電装置の規模、型式にはいくつかの種類が開発されており、ガスエンジン(25kW～)、ロータリーエンジン(40kW)、マイクロガスタービン(30kW, 95kW)、燃料電池(100kW～)などがあげられる。これらの発電装置は、発電と同時に廃熱が発生するため消化槽の加温等に利用することができる。



写 4.1.4(1) 450kW 事例写真
(ガスエンジン)



写 4.1.4(2) 40kW×9 事例写真
(ロータリーエンジン)

また、空調の熱源として利用する場合、ガス吸収式冷温水発生機の熱源として都市ガスの代替に消化ガスを利用するものであり、空調設備の更新と合わせて計画するのが合理的である。

場外利用としては、場内に消化ガスの精製設備を導入し、ガス会社や天然ガス自動車への供給が考えられる。東日本大震災復興構想会議において提言されている、地域資源の活用と域内循環、地域の自給力と価値を生み出し、地域づくりに貢献することができる。



写 4.1.4(3) ガス吸収式冷温水発生機
出典：三洋電機(株)HP

消化ガス利用の特徴

消化ガスの有効利用
 余剰ガスとして燃焼処理されてきた消化ガスを発電、空調利用することで、新しいエネルギーを創出する。

高いエネルギー利用効率
 発電だけではなく、コジェネレーションシステムを取り入れることで、エネルギー利用効率をより高く引き上げることができる。

安定した発電量
 消化ガスは安定して発生するため、安定した発電が可能である。

地域資源の活用、自給力の向上
 場内に加え、地域への供給や利用を行うことで、地域資源の活用と域内循環、地域の自給力と価値を生み出し、地域づくりに貢献することができる。

表 4.1.4(1) 消化ガス発電採用実績（下水道）

都道府県名	市町村等 団体名	施設名等	発電機の機種	発電容量 (kw)	基数 (基)	導入年
北海道	石狩川流域	奈井江浄化センター	ガスタービン		4	平成 21 年
北海道	函館市	南部下水終末処理場	スパークイグニッションガスエンジン	500	1	平成元年
北海道	旭川市	旭川市下水処理センター	デュアルヒュエルガスエンジン	700	1	昭和 59 年
北海道	北見市	北見市浄化センター	ガスタービン	180	6	平成 13 年
北海道	苫小牧市	西町下水処理センター	デュアルヒュエルガスエンジン	400	5	平成 17 年
北海道	江別市	江別浄化センター	その他	250	1	平成 13 年
北海道	石狩市	八幡処理場	その他			
北海道	喜茂別町	きもべつ浄化センター	その他			
北海道	恵庭市	恵庭下水終末処理場	-			
青森県	八戸市	東部終末処理場	スパークイグニッションガスエンジン	510	3	平成 17 年
岩手県	北上川上流流域	都南浄化センター	スパークイグニッションガスエンジン	560	1	平成元年
岩手県	北上川上流流域	北上浄化センター	スパークイグニッションガスエンジン	50	2	平成 20 年
山形県	山形市	山形市浄化センター	スパークイグニッションガスエンジン	178	1	昭和 63 年
			燃料電池	200	2	平成 14 年
茨城県	日立市	池の川処理場	デュアルヒュエルガスエンジン		1	平成 3 年
茨城県	日立高萩広域 下水道組合	伊師浄化センター	スパークイグニッションガスエンジン	280	1	平成 17 年
群馬県	伊勢崎市	伊勢崎浄化センター	ガスタービン	29	1	平成 16 年
東京都	東京都区部	みやぎ水再生センター	デュアルヒュエルガスエンジン	2040	3	昭和 63 年

表 4.1.4(2) 消化ガス発電採用実績(下水道)

都道府県名	市町村等 団体名	施設名等	発電機の機種	発電容量 (kw)	基数 (基)	導入年
東京都	東京都区部	森ヶ崎水再生センター	デュアルヒュエルガスエンジン	1840	1	平成 16 年
			ガスエンジン (PFI)	3200	1	平成 16 年
神奈川県	横浜市	北部汚泥資源化センター	スパークイグニッションガスエンジン	3680	4	昭和 62 年
			スパークイグニッションガスエンジン	1100	1	平成 8 年
			燃料電池			
神奈川県	横浜市	南部汚泥資源化センター	スパークイグニッションガスエンジン	2400	2	平成元年
石川県	加賀沿岸流域	大聖寺川浄化センター	ガスタービン		2	平成 15 年
富山県	黒部市	黒部浄化センター	-			
京都府	木津川流域	洛南浄化センター	スパークイグニッションガスエンジン	990	2	平成 17 年
大阪府	猪名川流域	原田処理場	スパークイグニッションガスエンジン	400	1	平成 9 年
大阪府	大阪市	津守下水処理場	三相同期発電機	2790	4	平成 19 年
大阪府	大阪市	海老江下水処理場	燃料電池			
大阪府	大阪市	中浜下水処理場	三相同期発電機	1200	2	平成 7 年
兵庫県	揖保川流域	兵庫西流域下水汚泥広域処理場	-	1550	1	平成 2 年
広島県	太田川流域	東部浄化センター	ガスタービン	150	5	平成 18 年
広島県	広島市	西部水資源再生センター	スパークイグニッションガスエンジン	200	1	昭和 63 年
			スパークイグニッションガスエンジン	450	1	平成 12 年
福岡県	北九州市	日明浄化センター	スパークイグニッションガスエンジン	200	1	昭和 59 年
福岡県	福岡市	中部水処理センター	スパークイグニッションガスエンジン	580	1	平成 21 年
熊本県	熊本北部流域	熊本北部浄化センター	燃料電池	400	4	平成 18 年
宮崎県	宮崎市	宮崎処理場	スパークイグニッションガスエンジン	250	1	平成 6 年
宮崎県	延岡市	妙田下水処理場	スパークイグニッションガスエンジン	250	1	平成 7 年
鹿児島県	いちき串木野市	串木野クリーンセンター	その他			
沖縄県	中部流域	那覇浄化センター	スパークイグニッションガスエンジン	810	3	昭和 59 年
沖縄県	名護市	名護下水処理場	スパークイグニッションガスエンジン	50	1	平成 6 年

出典:「平成 21 年度 下水道統計」、「平成 23 年度 日本の下水道」

4.2 再生可能エネルギー設備の導入検討対象施設の選定

4.2.1 再生可能エネルギー設備の導入検討対象施設の選定手法

本項では、豊中市上下水道施設 20 箇所について、再生可能エネルギー設備の導入可能性を設置可能な設備規模の概略検討を行い、費用対効果等を考慮し有効な検討施設を選定することとする。

なお、各施設における再生可能エネルギー設備の概略検討項目は、表 4.2.1-1 に示すとおりである。

また、本検討においては、導入済み設備（寺内配水場：小水力発電、原田処理場（流域下水道）：消化ガス発電）は、対象外とする。

小水力発電については、石橋中継ポンプ場及び柴原浄水場では水頭差を利用できる場所がなく、庄内下水処理場及び原田処理場では、水位高低図等により小水力発電が可能となる水位差がある場所がないことから、検討対象外とする。

消化ガス発電については、庄内下水処理場では消化タンク設備を有しておらず、将来計画においても建設計画がないことから、検討対象外とする。

表 4.2.1-1 導入検討対象施設の整理

項目	施設名	検討対象項目			
		太陽光発電	風力発電	小水力発電	消化ガス発電
上水1	上下水道局庁舎			-	-
上水2	石橋中継ポンプ場			-	-
上水3	柴原浄水場			-	-
上水4	柴原配水場				-
上水5	新田配水場				-
上水6	野畑配水場				-
上水7	寺内配水場			- (導入済)	-
上水8	柿ノ木受配水場				-
上水9	緑丘配水場				-
上水10	旧東豊中配水場(未稼働施設)			-	-
上水11	猪名川取水場			-	-
下水1	庄内下水処理場			-	-
下水2	桜井谷ポンプ場			-	-
下水3	新免ポンプ場			-	-
下水4	千里園ポンプ場			-	-
下水5	利倉ポンプ場			-	-
下水6	穂積ポンプ場			-	-
下水7	小曾根第1ポンプ場			-	-
下水8	小曾根第2ポンプ場			-	-
下水9	原田処理場(流域下水道)			-	- (導入済)

配水系統図 (平成23年度末現在)

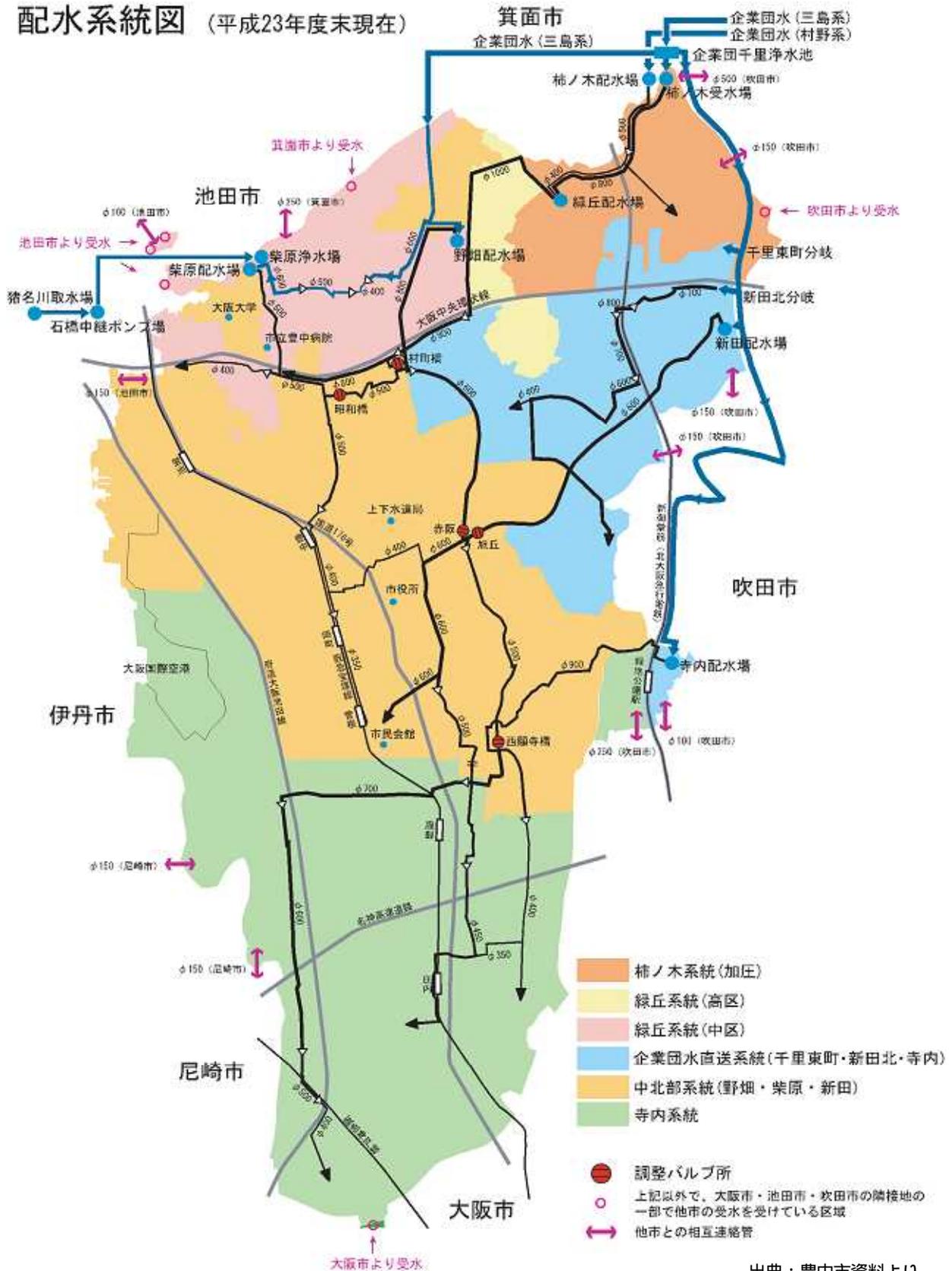


図 4.2.1-1 豊中市上水道施設位置図

排水系統図 (平成22年度末現在)

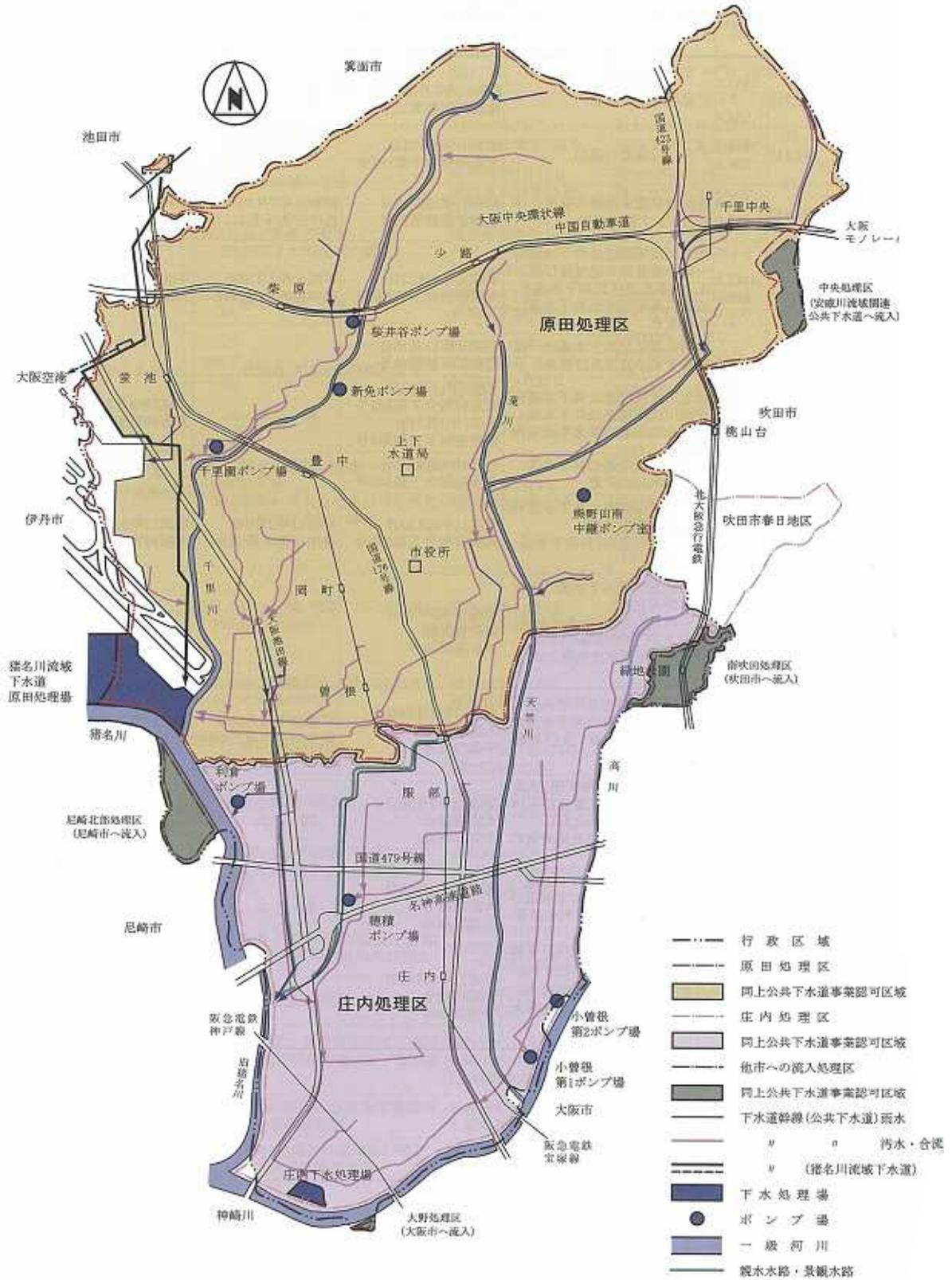


図 4.2.1-2 豊中市下水道施設位置図

出典：豊中市資料より

4.2.2 太陽光発電設備の検討

(1) 太陽電池の種類

太陽電池の種類は、大別して「シリコン系」と「化合物半導体」に分類される。

また、シリコン系は、「単結晶シリコン」、「多結晶シリコン」、「アモルファスシリコン」に分類される。

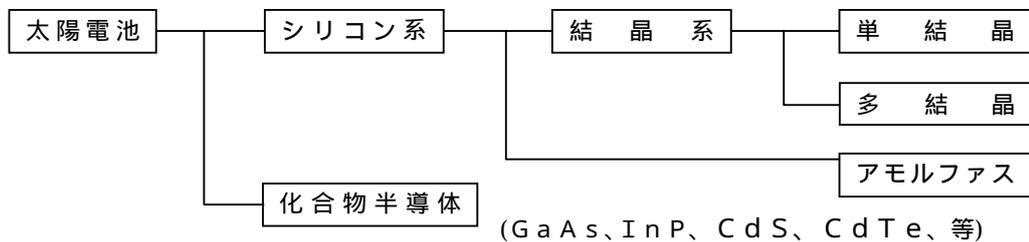


図 4.2.2-1 太陽電池の種類

(2) 太陽電池種類の選定

シリコン系と化合物半導体の選定

原料であるシリコンの埋蔵量が他に比べて圧倒的に多く、製造コストも比較的安価であることから、太陽電池の種類のうち、単結晶シリコン、多結晶シリコン、アモルファスシリコンの 3 種類が最も普及している。そのため、今回検討対象施設における太陽電池はシリコン系の太陽電池を推奨する。

結晶系とアモルファスの選定

シリコン系の太陽電池は、結晶系（単結晶、多結晶）とアモルファスに大別される。結晶系に比べアモルファスは発電効率が低く特性変化もある。そのため、今回検討対象施設における太陽電池は、発電効率に優れている結晶系の太陽電池を推奨する。

表 4.2.2-1 結晶系及びアモルファス比較表

種 別	結晶系		アモルファス
	単結晶	多結晶	
形 状	シリコン 基盤	シリコン 基盤	シリコン 薄膜
発電効率	12～15%程度	10～12%程度	6～8%程度
特 徴	変換効率が高く、性能 品質実績が多い。	単結晶より変換効率 が低いコストはや や安価。	変換効率が低く、単結 晶、多結晶に比べ採用 実績は少ない。

多結晶と単結晶の比較検討

結晶系太陽電池には、単結晶系と多結晶系がある。多結晶系は単結晶系に比べて変換効率が劣る。限られたスペースで高出力を得るために単結晶系の太陽電池を推奨する。

(3) 各種条件の整理

概略日射量の確認

新エネルギー・産業技術総合開発機構（以下「NEDO」）の日射関連データベースより豊中市の「各月の平均日射量」を収集する。

次頁に示す月平均斜面日射量より豊中市の各月の平均日射量は「3.91kWh/m²・day」であり、本検討ではこの値を使用する。

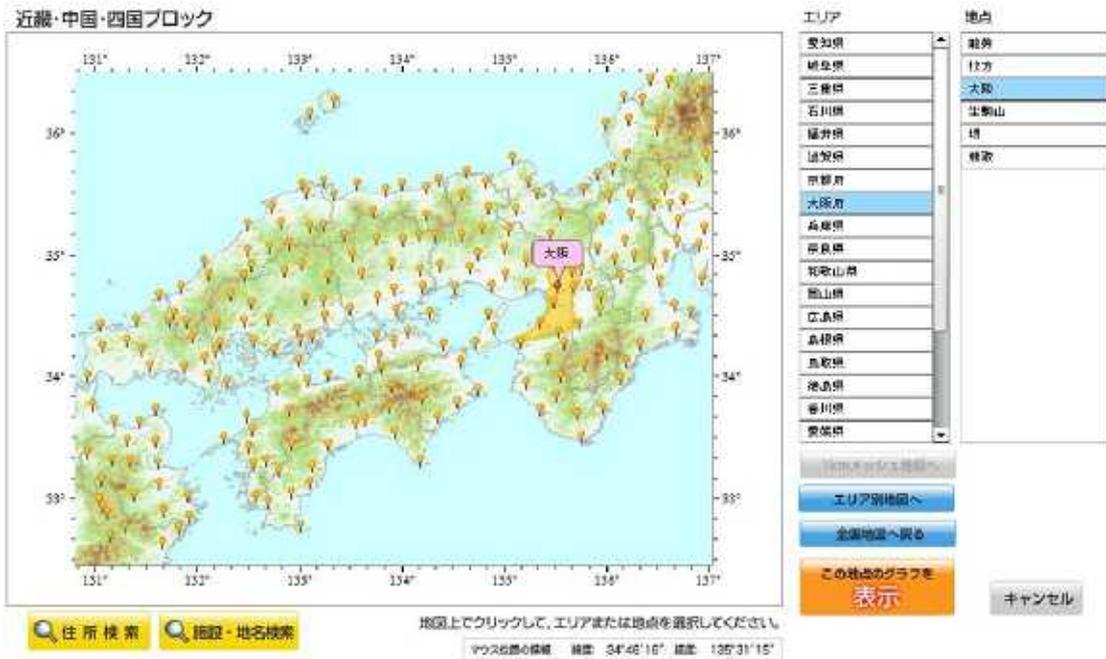


図 4.2.2-2 N E D O 全国日射関連データマップ「MONSOLA05(801)」地点選択

太陽電池設置候補の整理

太陽光発電設備は相応の出力を得ようとするならば、広い設置面積が必要となる。

また、近くに建築構造物がある場合、時間帯により日陰となり発電量が低下することからこれを考慮したスペースを選定する。

上記を考慮した太陽電池パネルの設置候補地については、表4.2.3に示すとおりである。

次頁以降の全体配置図に検討対象施設における配置案を示す。

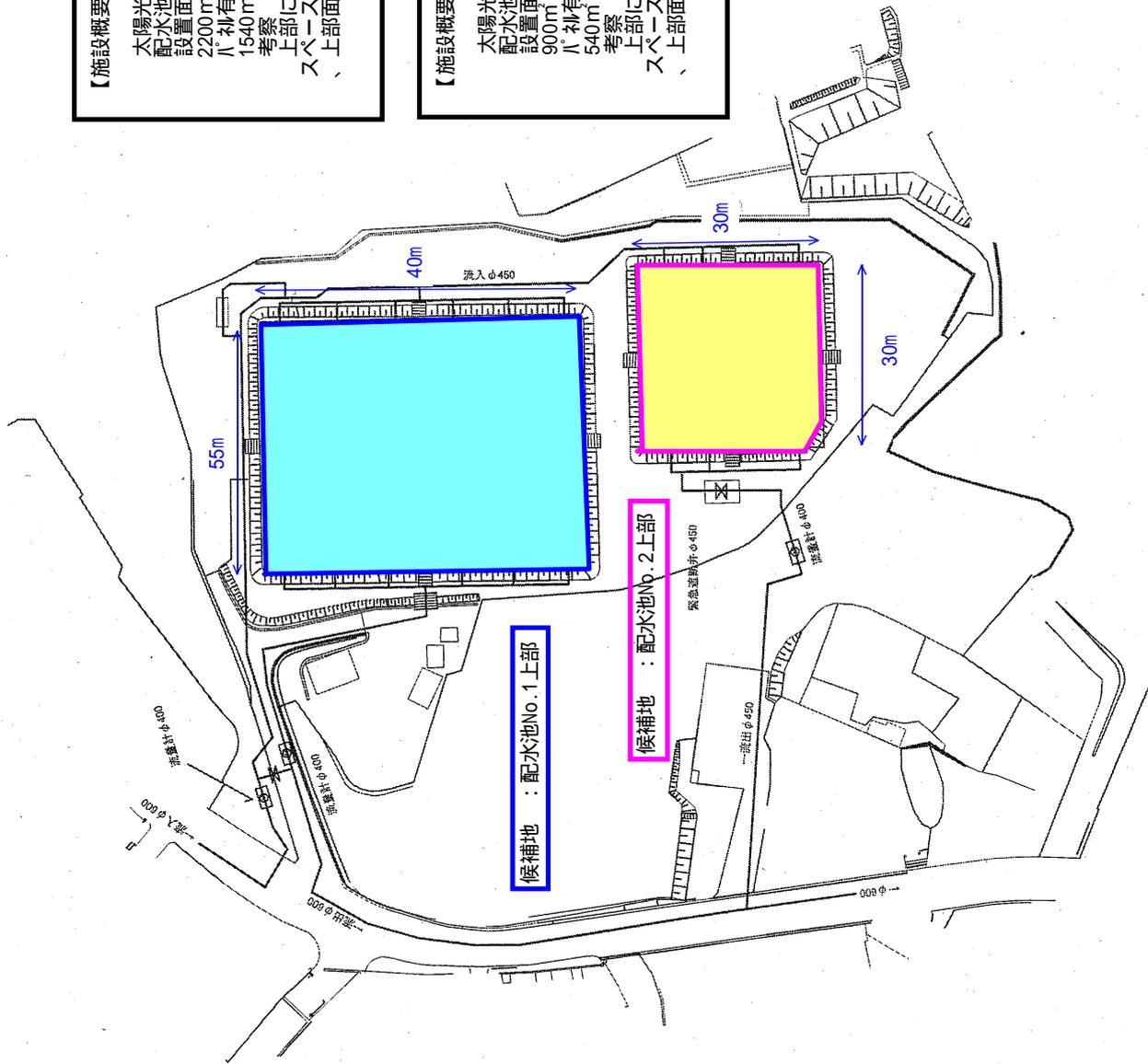
なお、配置案については、新田配水場を代表例として示し、その他の施設については報告書に記載する。

表4.4.2.3 太陽光発電設備検討結果一覧表

項目	施設名	敷地面積 (㎡)	設置候補地						
			候補地			候補地			
			場所	面積(㎡)	面積に対する占有率(%)	面積に対する占有率(%)	場所	面積(㎡)	
上水1	上下水道局庁舎	3,167.84	建屋屋上	600㎡	40%	240㎡	-	-	-
上水2	石橋中継ポンプ場	1,626.00	ポンプ場屋上	180㎡	70%	130㎡	場内空地	200	160㎡
上水3	柴原浄水場	6,407.00	建屋屋上	300㎡	60%	180㎡	-	-	-
上水4	柴原配水場	9,547.00	設置候補なし	-	-	-	-	-	-
上水5	新田配水場	8,735.00	配水池No.1上部	2,200㎡	70%	1,540㎡	配水池No.2上部	900	540㎡
上水6	野畑配水場	10,841.00	配水池No.1上部	2,200㎡	70%	1,540㎡	配水池No.2上部	2200	1,540㎡
上水7	寺内配水場	21,821.00	配水池No.1～4上部	8,000㎡	70%	5,600㎡	-	-	-
上水8	柿ノ木受配水場	10,525.00	配水池上部	1,050㎡	70%	735㎡	-	-	-
上水9	緑丘配水場	8,675.00	設置候補なし	-	-	-	-	-	-
上水10	旧東豊中配水場(未稼働施設)	4,420.00	-	-	-	-	-	-	-
上水11	猪名川取水場	271.00	取水場屋上	200㎡	70%	140㎡	-	-	-
下水1	庄内下水処理場	34,137.05	管理棟屋上	1,980㎡	40%	800㎡	塙藁混和地上屋	1000	600㎡
下水2	桜井谷ポンプ場	3,985.04	ポンプ場屋上	840㎡	30%	250㎡	-	-	-
下水3	新免ポンプ場	318.00	ポンプ場屋上	50㎡	40%	20㎡	-	-	-
下水4	千里園ポンプ場	2,650.31	屋根	400㎡	20%	80㎡	-	-	-
下水5	利倉ポンプ場	9,486.00	場内空地	650㎡	40%	260㎡	-	-	-
下水6	穂積ポンプ場	3,242.00	ポンプ場屋上	675㎡	20%	135㎡	-	-	-
下水7	小曾根第1ポンプ場	2,252.96	ポンプ場屋上	470㎡	40%	190㎡	-	-	-
下水8	小曾根第2ポンプ場	2,559.00	ポンプ場屋上	395㎡	20%	80㎡	-	-	-
下水9	原田処理場(流域下水道)	-	中央監視室屋上	2,230㎡	30%	670㎡	-	-	-

【施設概要（候補地）】
 太陽光パネル設置場所
 配水池No.1 上部
 設置面積
 2200㎡
 有効面積
 1540㎡（約70%）
 考察
 上部に突出部は特になし。また維持管理スペースを考慮した場合、有効面積は、上部面積の約70%と考えられる。

【施設概要（候補地）】
 太陽光パネル設置場所
 配水池No.2 上部
 設置面積
 900㎡
 有効面積
 540㎡（約60%）
 考察
 上部に突出部は特になし。また維持管理スペースを考慮した場合、有効面積は、上部面積の約60%と考えられる。



航空写真

◆ (上水5)新田配水場への太陽光発電設備設置(候補地)

● 太陽光発電設備の設置

・太陽電池アレイ(パネル)設置面積Aの算出

躯体面積 S(m ²)	躯体面積に対する パネル有効設置面積割合 (%)	太陽電池アレイ 設置面積 A(m ²)
2,200	70	1,540

「躯体面積に対するパネル有効設置面積割合」は、候補位置により有効面積割合を仮定する。

・太陽電池アレイ出力P_{AS}の算出

太陽電池アレイ 設置面積 A(m ²)	標準状態における 太陽電池アレイ変換効率 P _S (%)	標準状態における 日射強度 G _S (kW/m ²)	標準状態における 太陽電池アレイ出力 P _{AS} (kW)
1,540	14.0	1	216

太陽電池アレイ出力P_{AS}は「NEDO(平成10年8月)発行:太陽光発電導入ガイドブックP129」より下記の数式にて算出。

$$P_{AS} = A \times P_S \times G_S$$

- A : 太陽電池アレイ設置面積 (m²)
- P_S : 標準状態における太陽電池アレイ変換効率 (10~14%程度)
- G_S : 標準状態における日射強度 (1kW/m²)

・年間発電量E_Pの算出

標準状態における 太陽電池アレイ出力 P _{AS} (kW)	日平均アレイ面日射量 H _A (kWh/m ² ・日)	総合設計係数 K	年間日数	年間発電量 E _P (kW/年)
216	3.91	0.7	365	215,385

年間発電量E_Pは「NEDO(平成10年8月)発行:太陽光発電導入ガイドブックP129」より下記の数式にて算出。

$$E_P = P_{AS} \times H_A \times K \times 365$$

- P_{AS} : 標準状態における太陽電池アレイ出力 (kW)
- H_A : 日平均アレイ面日射量 (kWh/m²・日) NEDO発行の日射量データ「MONSOLA05」より該当地域の値を入力。
- K : 総合設計係数 (0.65~0.8程度、約0.7)

・システム構築費用

標準状態における 太陽電池アレイ出力 P _{AS} (kW)	1kW当たりの設置コスト (円/kW)	標準以外の 設置方法 (積上げ)	防水工事 (積上げ)	基礎改修 (積上げ)	電気設備 (積上げ)	監視制御設備 (積上げ)	その他 (積上げ)	システム構築費用 (円)
216	750,000	0	0	0	0	0	0	161,700,000

1kW当たりの設置コストは「NEDO(平成22年3月)発行:太陽光発電フィールドテスト事業に関するガイドラインP69」より下記の表より入力。

表 1kW当たりの設置コスト

システム規模	1kW当たりの設置コスト
10kW	80~100万円/kW
10~50kW	78~80万円/kW
50~100kW	75~78万円/kW
100~200kW	60~75万円/kW

上記は平成20年度太陽光発電フィールドテスト事業実績による概算。標準モジュールによるシステムが対象で、防水や基礎工事改修、受変電、蓄電池、計測機器類、標準以外の設置方法や意匠による追加工事コストは含まない。

・B/Cの確認(従来型)

標準的耐用年数 (年)	電気料金(売電) (kW/円)	標準的耐用年数期間の 電力削減費	耐用年数期間の 維持管理費	システム構築費用 (円)	B/C (+)
20	¥11.00	47,384,805	2,000,000	181,700,000	0.26

システム構築費に、受電設備10,000,000円、監視設備10,000,000円含む。

・B/Cの確認(固定価格買取)

標準的耐用年数 (年)	電気料金(売電) (kW/円) (税込)	標準的耐用年数期間の 電力削減費	耐用年数期間の 維持管理費	システム構築費用 (円)	B/C (+)
20	¥42.00	180,923,802	2,000,000	171,700,000	1.04

システム構築費に、監視設備10,000,000円含む。

・年間CO₂削減量(kg-CO₂/年)の算出

年間発電量 E _P (kW/年)	CO ₂ 排出係数 (kg-CO ₂ /kWh)	年間CO ₂ 削減量 (kg-CO ₂ /年)
215,385	0.450	849

「平成23年度関西電力株式会社 CO2実排出係数」

(上水5)新田配水場への太陽光発電設備設置(候補地)

太陽光発電設備の設置

・太陽電池アレイ(パネル)設置面積Aの算出

躯体面積 S(m ²)	躯体面積に対する パネル有効設置面積割合 (%)	太陽電池アレイ 設置面積 A(m ²)
900	60	540

「躯体面積に対するパネル有効設置面積割合」は、候補位置により有効面積割合を仮定する。

・太陽電池アレイ出力P_{AS}の算出

太陽電池アレイ 設置面積 A(m ²)	標準状態における 太陽電池アレイ変換効率 P _S (%)	標準状態における 日射強度 G _S (kW/m ²)	標準状態における 太陽電池アレイ出力 P _{AS} (kW)
540	14.0	1	76

太陽電池アレイ出力P_{AS}は「NEDO(平成10年8月)発行:太陽光発電導入ガイドブックP129」より下記の数式にて算出。

$$P_{AS} = A \times P_S \times G_S$$

- A : 太陽電池アレイ設置面積 (m²)
- P_S : 標準状態における太陽電池アレイ変換効率 (10~14%程度)
- G_S : 標準状態における日射強度 (1kW/m²)

・年間発電量E_Pの算出

標準状態における 太陽電池アレイ出力 P _{AS} (kW)	日平均アレイ面日射量 H _A (kWh/m ² ・日)	総合設計係数 K	年間日数	年間発電量 E _P (kW/年)
76	3.91	0.7	365	75,525

年間発電量E_Pは「NEDO(平成10年8月)発行:太陽光発電導入ガイドブックP129」より下記の数式にて算出。

$$E_P = P_{AS} \times H_A \times K \times 365$$

- P_{AS} : 標準状態における太陽電池アレイ出力 (kW)
- H_A : 日平均アレイ面日射量 (kWh/m²・日) NEDO発行の日射量データ「MONSOLA05」より該当地域の値を入力。
- K : 総合設計係数 (0.65~0.8程度、約0.7)

・システム構築費用

標準状態における 太陽電池アレイ出力 P _{AS} (kW)	1kW当たりの設置コスト (円/kW)	標準以外の 設置方法 (積上げ)	防水工事 (積上げ)	基礎改修 (積上げ)	電気設備 (積上げ)	監視制御設備 (積上げ)	その他 (積上げ)	システム構築費用 (円)
76	780,000	0	0	0	0	0	0	58,968,000

1kW当たりの設置コストは「NEDO(平成22年3月)発行:太陽光発電フィールドテスト事業に関するガイドラインP69」より下記の表より入力。

表 1kW当たりの設置コスト

システム規模	1kW当たりの設置コスト
10kW	80~100万円/kW
10~50kW	78~80万円/kW
50~100kW	75~78万円/kW
100~200kW	60~75万円/kW

上記は平成20年度太陽光発電フィールドテスト事業実績による概算。標準モジュールによるシステムが対象で、防水や基礎工事改修、受変電、蓄電池、計測機器類、標準以外の設置方法や意匠による追加工事コストは含まない。

・B/Cの確認(従来型)

標準的耐用年数 (年)	電気料金(売電) (kW/円)	標準的耐用年数期間の 電力削減費	耐用年数期間の 維持管理費	システム構築費用 (円)	B/C (/ (+))
20	¥11.00	16,615,451	2,000,000	78,968,000	0.21

システム構築費に、受電設備10,000,000円、監視設備10,000,000円含む。

・B/Cの確認(固定価格買取)

標準的耐用年数 (年)	電気料金(売電) (kW/円) (税込)	標準的耐用年数期間の 電力削減費	耐用年数期間の 維持管理費	システム構築費用 (円)	B/C (/ (+))
20	¥42.00	63,440,814	2,000,000	68,968,000	0.89

システム構築費に、監視設備10,000,000円含む。

・年間CO₂削減量(kg-CO₂/年)の算出

年間発電量 E _P (kW/年)	CO ₂ 排出係数 (kg-CO ₂ /kWh)	年間CO ₂ 削減量 (kg-CO ₂ /年)
75,525	0.450	298

「平成23年度関西電力株式会社 CO2実排出係数」

4.2.3 風力発電設備の検討

(1) 風車の形式

風車の形式は、大きく分けるとプロペラ型（水平軸形）ダリウス型（垂直軸形）に分けられる。現在、風力発電用として用いられている風車の多くは、風による揚力で高速回転し発電するプロペラ型風車とダリウス型風車である。

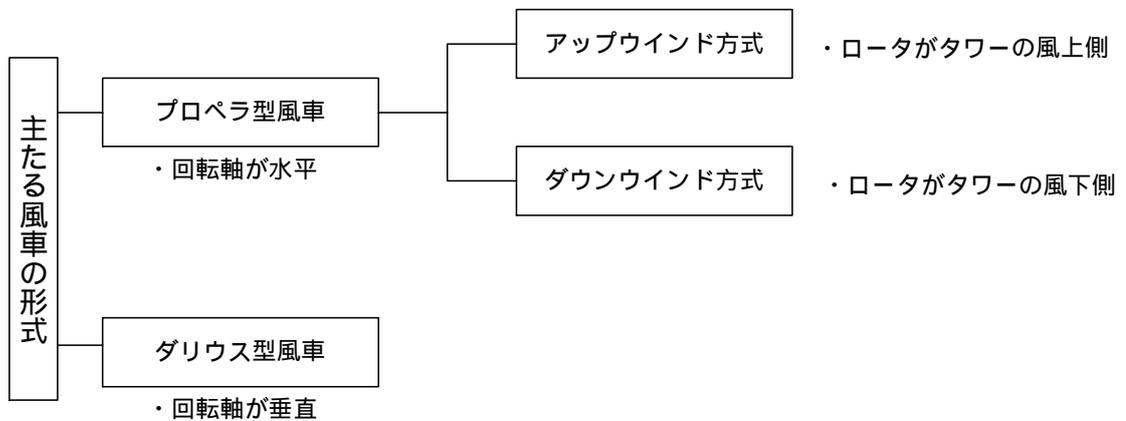


図 4.2.3-1 風車の形式

(2) 風車形式の選定

プロペラ型とダリウス型の選定

プロペラ型とダリウス型の特徴を比較した場合、ダリウス型は風向制御を行わずにどの方向の風も利用可能で風向の依存性が無いといった利点が挙げられる。しかしながら、発電効率がプロペラ型と比較して効率が劣り、また、製品として小規模用(数キロワット)のみ制作されており、中大規模(10~500kW以上)については、プロペラ型が大部分を占めている。

今回検討対象施設においては、発電定格出力の高いプロペラ型は広い設置スペースが必要であり、運転時に発生する低周波が近隣住民に騒音公害を与えるといった事例が報告されているため、施設の立地条件的に設置が困難である。

またダリウス型は設置スペースは少ないが、発電定格出力が数キロワットと低い出力であるため導入効果はない。

よって、本業務においては風力発電についての検討は行わないものとする。

表 4.2.3-1 プロペラ型及びダリウス型の特徴(参考)

種 別	プロペラ型(水平軸形)	ダリウス型(垂直軸形)	備 考
外 観			出典 NEDO ホーム ページより
定格出力	~数千キロワット	~数キロワット	
制 御	<ul style="list-style-type: none"> ・風向制御(ヨー制御)を要する。 ・風速変動に対する制御が容易。 	<ul style="list-style-type: none"> ・風向制御が不要。 ・風速変動に対する制御が困難。 	
保守性	<ul style="list-style-type: none"> ・上部に動力伝達装置、発電機等が設置されるため、点検が困難。 	<ul style="list-style-type: none"> ・動力伝達装置、発電機等が地上付近にあるため、点検が容易。 	
騒音	<ul style="list-style-type: none"> ・回転数が高く、低周波騒音調査を要する。 	<ul style="list-style-type: none"> ・プロペラ型に対し、回転数が低いため、騒音による公害は少ない。 	

アップウインド方式とダウンウインド方式の選定

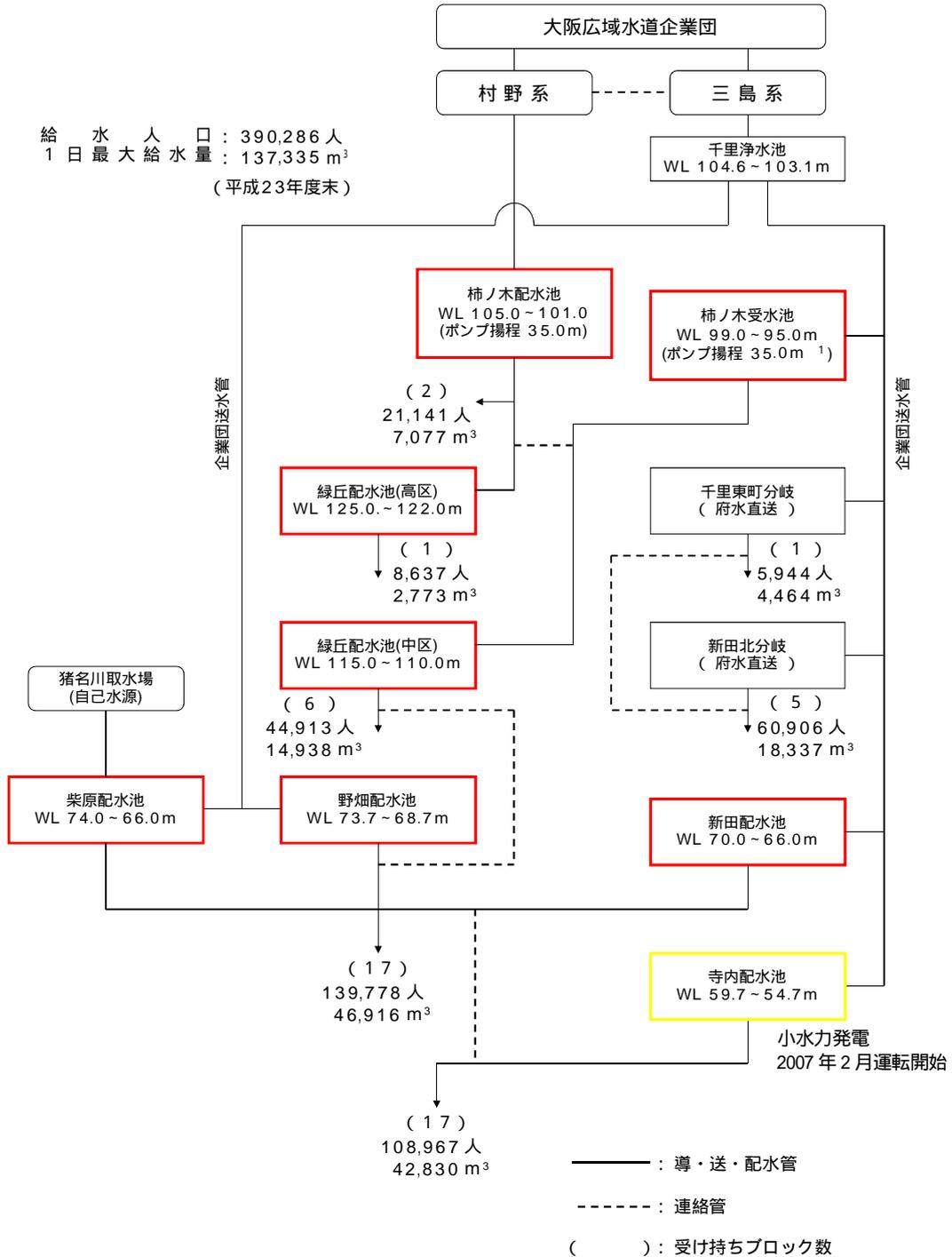
プロペラ型風車には、ロータの回転面がタワーの風上側に位置する「アップウインド方式」と風下側に位置する「ダウンウインド方式」がある。

「アップウインド方式」はロータがタワーの風上側にあるのでタワーによる風の乱れの影響を受けないといった特徴を持ち、ナセル重量が数10トンを超す現在の風車では「アップウインド方式」が主流となっている。

4.2.4 小水力発電設備の検討

(1) 検討対象施設概要

検討対象となる水道施設の系統図と施設概要を図4.2.4.1～3、表4.2.4.1に示す。



出典：豊中市資料より

図4.2.4.1 配水系統図(1)

配水系統図 (平成23年度末現在)



出典：豊中市資料より

図 4.2.4.2 配水系統図 (2)

表 4.2.4.1 対象施設概要

施設番号	施設名	上水 4		上水 5		上水 6		上水 7		上水 8		上水 9	
		柴原配水場		新田配水場		野畑配水場		寺内配水場		柿ノ木受配水場		緑丘配水場	
1. 水源	自己水(伏流系) 企業団水(三島系)	企業団水(三島系)		企業団水(三島系)		企業団水(三島系)		企業団水(三島系)		企業団水(村野系)		企業団水(三島系)	
2. 計画給水量	22,027.5m ³ /日 (=0.255m ³ /秒)	17,575m ³ /日 (=0.203m ³ /秒)	29,232m ³ /日 (=0.338m ³ /秒)	68,214m ³ /日 (=0.788m ³ /秒)	11,220m ³ /日 (=0.130m ³ /秒)	11,700m ³ /日 (=0.135m ³ /秒)	9,100 m ³ /日 (=0.105m ³ /秒)	3,949m ³ /日 (=0.046m ³ /秒)	29,525m ³ /日 (=0.342m ³ /秒)				
3. 実績受水量													
日平均	11,200m ³ /日 (=0.130m ³ /秒) 7,400m ³ /日 (=0.086m ³ /秒)	5,500m ³ /日 (=0.064m ³ /秒)	21,500m ³ /日 (=0.249m ³ /秒)	41,000m ³ /日 (=0.475m ³ /秒)	11,700m ³ /日 (=0.135m ³ /秒)	11,700m ³ /日 (=0.135m ³ /秒)	9,100 m ³ /日 (=0.105m ³ /秒)	2,700m ³ /日 (=0.031m ³ /秒)	11,800m ³ /日 (=0.137m ³ /秒)				
日最大													
4. 配水池													
有効容量	10,000m ³	13,254m ³	22,290m ³	41,948m ³	1,250m ³	1,250m ³	7,919m ³	1,500m ³	15,000m ³				
HWL	+74.00	+70.00	+73.70	+59.70	+99.00	+99.00	+105.00	+125.00	+115.00				
LWL	+66.00	+66.00	+68.70	+54.70	+95.00	+95.00	+101.00	+122.00	+110.00				
5. 配水方式	自然流下	自然流下	自然流下	自然流下	ポンプ加圧	ポンプ加圧	ポンプ加圧	自然流下	自然流下				
6. 備考				小水力発電導入済									

平成 22 年度平均

(2) 発電規模と水車・発電機の選定

1) 発電規模

水力発電は、その出力の規模によって、下記の通り区分されている。

大水力 100,000 kW 以上
中水力 10,000 kW ~ 100,000 kW
小水力 1,000 kW ~ 10,000 kW
ミニ水力 100 kW ~ 1,000 kW
マイクロ水力 100 kW 以下

検討対象の各施設の発電規模は、有効落差と流量条件から算定し、発電出力(理論値)表 4.2.4.2 の通りである。

いずれの施設も受水量が 0.25m³/秒以下、有効落差が 30m 程度であり、発電出力が 100kW 以下であることからマイクロ水力発電に分類される。

なお、以降の検討については、柿ノ木受配水場及び緑丘配水場については有効水頭が多く確保できないことから、柴原配水場及び新田配水場、野畑配水場について検討を行う。

表 4.2.4.2 各施設の発電規模（概算）

施設番号	施設名	上水 4		上水 5		上水 6		上水 7		上水 8		上水 9	
		柴原配水場 ¹		新田配水場		野畑配水場		寺内配水場		柿ノ木受配水場		緑丘配水場	
1.水 源	企業団水(三島系) 千里浄水池	企業団水(三島系) 千里浄水池	企業団水(三島系) 千里浄水池	企業団水(三島系) 千里浄水池	企業団水(三島系) 千里浄水池	企業団水(三島系) 千里浄水池	企業団水(三島系) 千里浄水池	企業団水(三島系) 千里浄水池	企業団水(三島系) 千里浄水池	企業団水(三島系) 企業団水(村野系) 小野原ポンプ場 (ポンプ加圧)	企業団水(村野系) 柿ノ木配水池 (ポンプ加圧)	企業団水(三島系) 柿ノ木配水池 (ポンプ加圧)	企業団水(三島系) 柿ノ木配水池 (ポンプ加圧)
3.実績受水量 Q													
日平均 ²	7,400m ³ /日 (=0.086m ³ /秒)	5,500m ³ /日 (=0.064m ³ /秒)	21,500m ³ /日 (=0.249m ³ /秒)	41,000m ³ /日 (=0.475m ³ /秒)	11,700m ³ /日 (=0.135m ³ /秒)	9,100 m ³ /日 (=0.105m ³ /秒)	2,700m ³ /日 (=0.031m ³ /秒)	11,800m ³ /日 (=0.137m ³ /秒)					
4.送水元水位 ³													
HWL	+104.60	+104.60	+104.60	+104.60	+104.60	+104.60	+104.60	+104.60	+104.60	+118.45	+140.00	+134.00	+134.00
WL	+103.85	+103.85	+103.85	+103.85	+103.85	+103.85	+103.85	+103.85	+103.85	+117.15	+138.00	+132.00	+132.00
LWL	+103.10	+103.10	+103.10	+103.10	+103.10	+103.10	+103.10	+103.10	+103.10	+116.35	+136.00	+130.00	+130.00
5.配水池													
HWL	+74.00	+70.00	+73.70	+59.70	+70.00	+73.70	+59.70	+70.00	+99.00	+105.00	+125.00	+115.00	+115.00
WL	+70.00	+68.00	+71.20	+57.20	+68.00	+71.20	+57.20	+68.00	+97.00	+103.00	+123.50	+112.50	+112.50
LWL	+66.00	+66.00	+68.70	+54.70	+66.00	+68.70	+54.70	+66.00	+95.00	+101.00	+122.00	+110.00	+110.00
6.管路損失水頭 ⁴	3.44m	1.88m	2.49m	10m	1.88m	2.49m	10m	2m	4m	4m	10m	15m	15m
7.有効水頭 H ⁵	30.41m	33.97m	30.16m	36.65m	33.97m	30.16m	36.65m	4.85m	4.85m	10.15m	4.5m	4.5m	4.5m
8.発電出力 P ⁶ (理論値)	25.3kW	18.8kW	73.2kW	163kW	18.8kW	73.2kW	163kW						
9.備考				小水力発電導入済 対象外									

1 柴原配水場は有効水頭が見込める企業団水(三島系)のみを対象とする。

2 平成 22 年度実績

3 柿ノ木受配水場の配水及び緑丘配水場の工区・中区における送水元水位は、ポンプ加圧後の水位である。

4 自然流下系である柴原配水場、新田配水場、野畑配水場は別紙計算書より、圧送系の柿ノ木配水池、緑丘配水場は想定値

5 有効水頭 H H = 送水元水位 WL - 配水池 WL - 管路損失水頭

6 発電出力 P P = 9.8 × Q (m³/秒) × H (m)

2) 発電用水車、発電機の選定

2-1) 発電用水車の種類

マイクロ水力発電に利用される水車は、有効落差や流量などの設置条件が多様なことから、水車もそれに合わせて様々な種類がある。

水車は、流水が持つエネルギーを機械エネルギーに変換する羽根車（ランナ）の形状と構造から、衝動水車と反動水車に大別され、図 4.2.4.3 の通り分類できる。

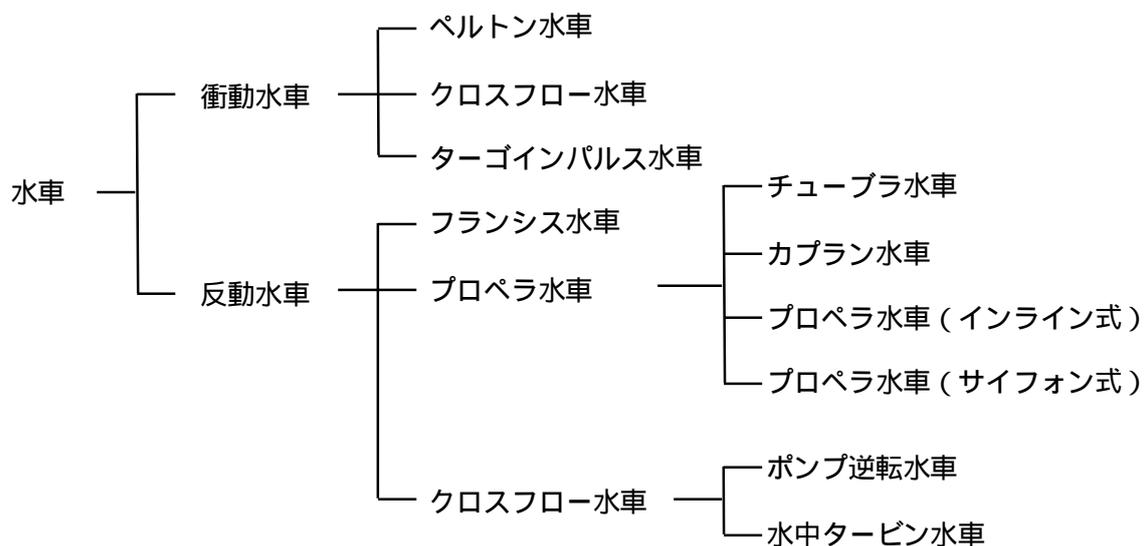
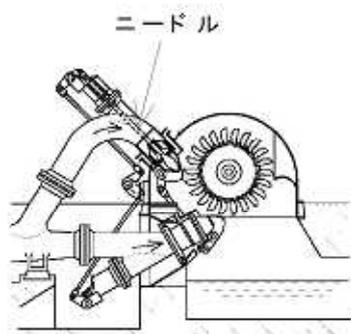


図 4.2.4.3 水車の分類

ペルトン水車

ペルトン水車は、ノズルから噴出する水をバケットに衝突させる機構の衝動水車であり、100m 以上の高落差に適しており、大型機から小型機まで多くの採用例がある。ペルトン水車は流量調整できる機構（ニードル）を備えており、流量調整が優先される場合にも使用できる。

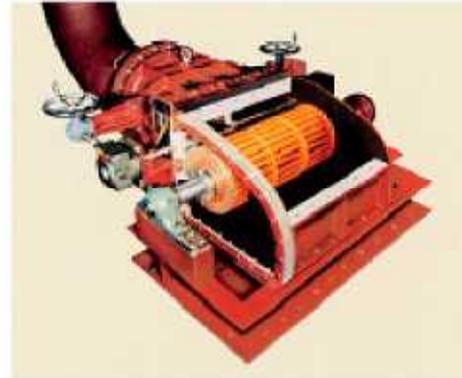
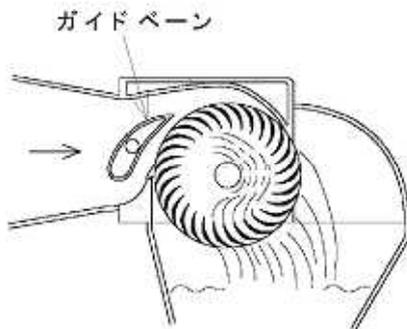


出典：マイクロ水力発電導入ガイドブック

クロスフロー水車

クロスフロー水車は、水流が円筒形のランナに軸と直角方向より流入し、ランナ内を貫通して流出する衝動水車で、流量調整できる機構（ガイドベーン）を備えた、中小水力用の水車である。

また、クロスフロー水車は、外側のカバーを外すだけでランナを点検することができ、容易に除塵することができる簡単な構造の水車である。

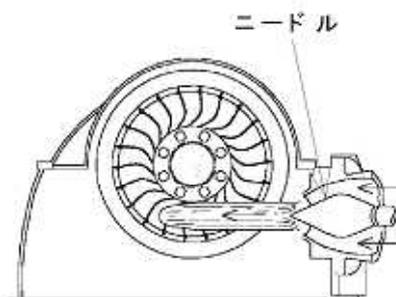


出典：マイクロ水力発電導入ガイドブック

ターゴインパルス水車

ターゴインパルス水車は、ノズルからのジェット主流をランナの斜めから入射させる構造となっている衝動水車で、流量調整できる機構（ニードル）を備えている。

この水車は、ペルトン水車よりも低い落差に適用でき、フランシス水車とペルトン水車の中間領域では非常に有利な水車である。

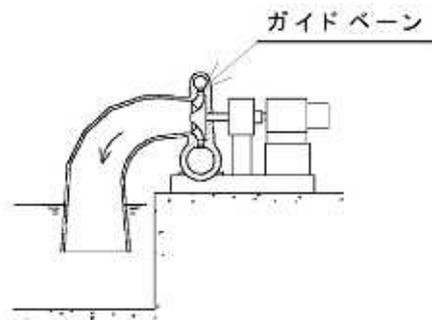


出典：マイクロ水力発電導入ガイドブック

フランシス水車

フランシス水車は、高落差から低落差まで、大容量から小容量まで広い範囲に用いられ、簡単な構造のため、中小水力発電では、横軸フランシス水車が多く採用されている。

フランシス水車は、流量調整できる機構（ガイドベーン）を備えており、水道などの流量調整が最優先される場合にも使用できます。

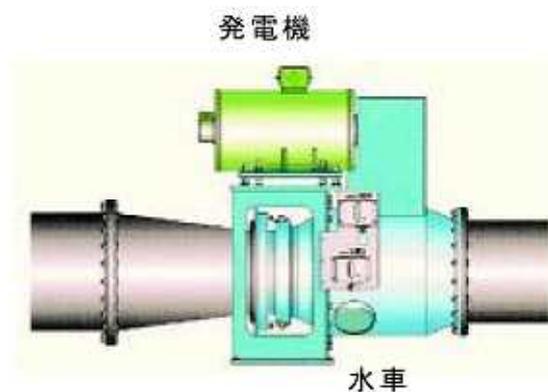
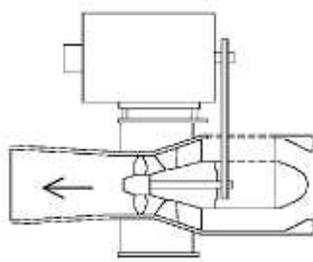


出典：マイクロ水力発電導入ガイドブック

プロペラ水車（インライン式）

プロペラ水車（インライン式）は、円筒形プロペラ水車の一種であり、低落差に使用される水車である。ランナの羽根は、小容量では固定式が多く、大容量では可動式となる。

プロペラ水車は、水流の流入、流出とも水車の軸方向なので、配管直線部に挿入する機器配置が可能であり、近年、上下水道などにおける発電用に使われている。但し、ランナの羽根が固定式の場合には、流量調整できないので、落差、流量とも変化しない地点に設置することが最適である。

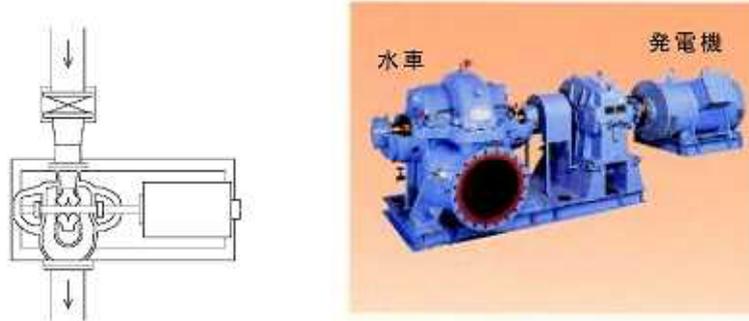


出典：マイクロ水力発電導入ガイドブック

ポンプ逆転水車

一般的に使われるポンプ（渦巻ポンプあるいは軸流ポンプ）に水を逆に流し、ポンプを逆方向に回転させることで発電に使用する水車である。ランナの羽根形状以外はポンプと同じ部品を使えるため安価で導入できるが、効率は他の水車よりも低い。

渦巻ポンプには、回転軸の横方向から水が流入し、水車内で軸方向に向きを変えて流出するタイプ（片吸込形）と、流入、流出とも回転軸の横方向となるタイプ（両吸込形）がある。



出典：マイクロ水力発電導入ガイドブック

2-2) 発電用水車の選定

発電用水車は、使用水量の大小や落差の大小によってその適用機種が異なるため、水車の型式は、図 4.2.4.4 の水車選定図を用いて最大使用水量と有効落差の適用範囲によって設定する。

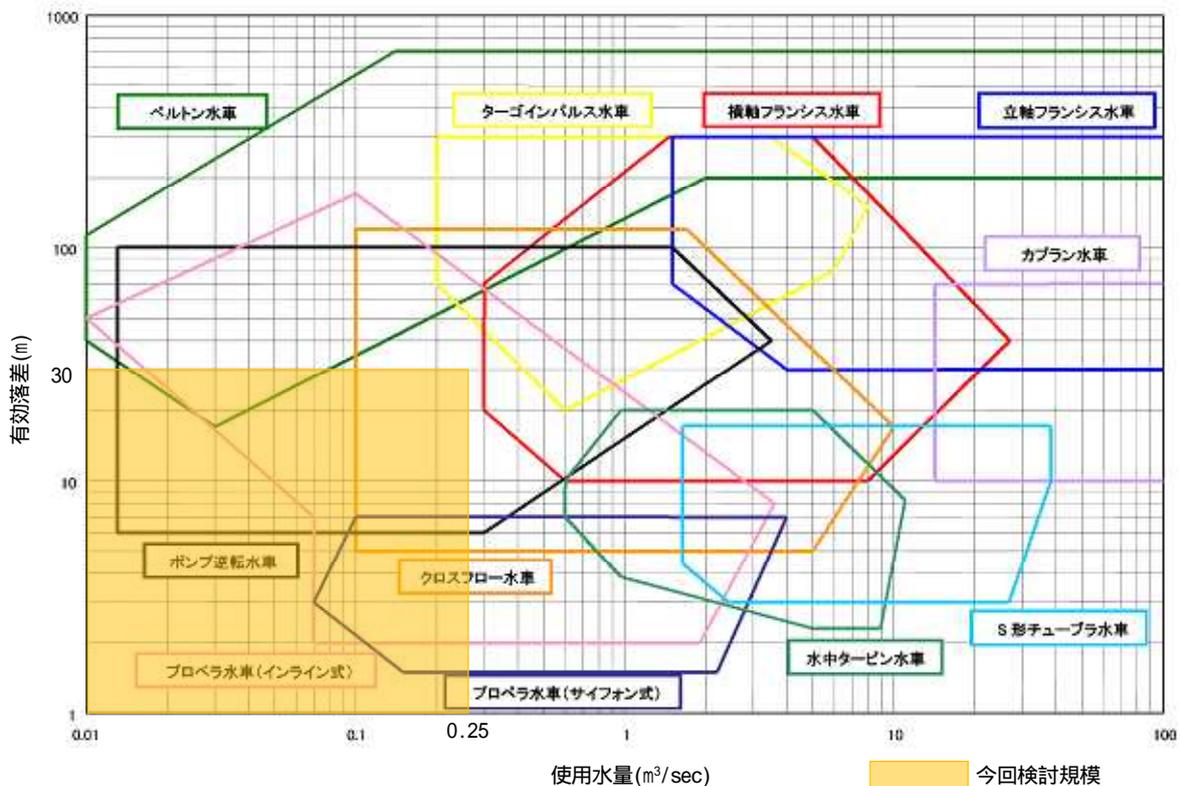


図 4.2.4.4 水車選定図

水車選定図から、選定範囲に含まれている水車は、クロスフロー水車、プロペラ水車（インライン式）、ポンプ逆転水車であり、各水車の特徴は、表 4.2.4.3 の通りである。

表 4.2.4.3 選定範囲に含まれている水車の特徴

水車の種類		クロスフロー水車	プロペラ水車 (インライン式)	ポンプ逆転水車
分類		衝動水車	反動水車	反動水車
適用範囲	出力	10～1,000kW 程度	1～200kW 程度	1～200kW 程度
	落差	5～200m 程度	2～150m 程度	6～80m 程度
	流量	0.1～8.0m ³ /sec	0.01～3.0m ³ /sec	0.02～1.0m ³ /sec
部分負荷特性		最大効率、他の水車に比べてやや劣るが、軽負荷特性は良好である。一般に、15%程度の負荷でも運転が可能である。	基本的にランナベーンが固定であるため、流量変化に対しては、台数制御にて対応する。	ガイドベーンを有せず一定流量のみ対応可能である。最大効率は 80%程度である。
変落差特性		落差変化大きいと効率が低下する。	落差変化大きいと効率が低下する。	落差変化大きいと効率が低下する。
備考		一般的に中小水力発電に用いる水車であり、対象施設の流量条件（0.25m ³ /sec 程度）から不適である。 構造は、比較的、簡単である。 ×	低落差、少流量域でも対応可能であるが、汎用品では無いため、ポンプ逆転水車に比べて部品供給に時間を要し、経済性でも劣る。	ポンプとしての使用実績が長いことから、水質への影響がなく、メンテナンス性も良好であり信頼性が高い。 ポンプ本体が汎用品のため、他の水車に比べて、部品供給が早く、経済性にも優れる。

以上のことから、本検討においては発電用水車は、ポンプ逆転水車に設定する。

2-3) 発電機の種類

水力発電に用いる発電機は、下記の2種類がある。

誘導発電機

誘導発電機とは、「固定子及び回転子に互いに独立した電機子巻線を有し、一方の巻線が他方の巻線から電磁誘導作用によってエネルギーを受けて動作する発電機(JEC-37)」である。

同期発電機

同期発電機とは、「直流によって励磁される界磁を備え、機械動力を受けてこれを単相又は多相の交流に変換するものであり、」定常運転状態において同期速度で回転する交流発電機(JEC-114)」である。

2-4) 発電機の選定

誘導発電機は、同期発電機に比べ構造が簡単で低コストである。しかし、系統連係する瞬間に大きな電流(突入電流)が流れること、また、商用電力が供給されない場合、それ自体では発電ができない。一方、同期発電機は、商用電力が不要であり、かつ、水車側に出力調整装置が付いている場合、電圧、周波数、力率を任意に調整できる。

そこで発電機は、既存の電力系統への影響を抑制することために同期発電機を選定する。

3) マイクロ水力発電機付帯設備

バイパス管

発電用本管に流れる流量変動があり、一定流量以下での水車運転ができないことから、バイパス管が必要となる。

流量計

発電用本管およびバイパス管には発電流量下限値を測定する流量計(電磁式または超音波式)が必要となる。

切替用電動弁

発電用本管、発電用バイパス管を受水量(流量計で監視)に応じて切り替えるため、発電用本管、バイパス管に切替用電動弁が必要となる。

(3) 予想発電量の算出

1) 水車出力の算出

ポンプ逆転水車の場合、ポンプを逆回転させるという発想から生まれた水車であり、最高効率は75～80%程度である。水車出力は、同一の水車でも製造メーカーにより異なることから、本検討では、ポンプ効率を75%に設定し、理論値との積から算出する。

1-1) 柴原配水場

- 発電出力理論値： $P_{max} = 9.8 \times 0.086(\text{m}^3/\text{sec}) \times 30(\text{m}) = 25.3(\text{kW})$
- 水車出力理論値： $P_{max} = 25.3(\text{kW}) \times 0.75 = 19.0(\text{kW})$

1-2) 新田配水場

- 発電出力理論値： $P_{max} = 9.8 \times 0.064(\text{m}^3/\text{sec}) \times 30(\text{m}) = 18.8(\text{kW})$
- 水車出力理論値： $P_{max} = 18.8(\text{kW}) \times 0.75 = 14.1(\text{kW})$

1-3) 野畑配水場

- 発電出力理論値： $P_{max} = 9.8 \times 0.249(\text{m}^3/\text{sec}) \times 30(\text{m}) = 73.2(\text{kW})$
- 水車出力理論値： $P_{max} = 73.2(\text{kW}) \times 0.75 = 54.9(\text{kW})$

2) 予想発電量の算出結果

予想発電量は、水車出力に最大流量に対する平均水量の比率から設定した設備利用率を乗じる下記の式から算出する。設備利用率は、各施設とも一律、80%に仮定する。

$$\text{予想発電量(kWh/年)} = \text{水車出力(kW)} \times \text{年間8,760(hr)} \times \text{設備利用率(\%)}$$

2-1) 柴原配水場

- 予想発電量 = $19.0(\text{kW}) \times 8,760(\text{hr/年}) \times 0.80 = 133,152$ 133,000(kWh/年)

2-2) 新田配水場

- 予想発電量 = $14.1(\text{kW}) \times 8,760(\text{hr/年}) \times 0.80 = 98,813$ 99,000(kWh/年)

2-3) 野畑配水場

- 予想発電量 = $54.9(\text{kW}) \times 8,760(\text{hr/年}) \times 0.80 = 384,739$ 385,000(kWh/年)

3) 算出結果まとめ

施設番号	上水 4	上水 5	上水 6
施設名	柴原配水場	新田配水場	野畑配水場
発電出力理論値	25.3kW	18.8kW	73.2kW
水車出力理論値	19.0kW	14.1kW	54.9kW
予想発電量	133,000kWh/年	99,000kWh/年	385,000kWh/年

(4) 経済性および環境の有効性の検討

1) 概算事業費の算定

1-1) 概算事業費の算定条件

マイクロ水力発電設備の導入にあたって、概算事業費の算出条件は下記の通りである。

発電用水車は、両吸込渦巻ポンプ逆転水車とする。

発電機は、同期発電機とする。

発電用水車の1次側には、流入制御弁（電動）超音波流量計を設置する。

発電設備を設置する建屋は、地上1階（電気室）地下1階（配管室）とする。

1-2) 概算事業費の算定結果

上記の算定条件に基づき、各対象施設へマイクロ水力発電設備の導入に伴う概算事業費は、表4.2.4.4の通りである。

表4.2.4.4 マイクロ水力発電設備の導入に伴う概算事業費 単位：千円

施設番号	上水4	上水5	上水6
施設名	柴原配水場	新田配水場	野畑配水場
1) 建築工事 建屋	25,000	25,000	25,000
2) 機械・電気工事	170,000	160,000	200,000
計	195,000	185,000	225,000

2) 維持管理費用の概算

対象施設にマイクロ水力発電設備をそれぞれ導入する場合の維持管理費用の概算は、表4.2.4.5の通りである。

表4.2.4.5 マイクロ水力発電設備の維持管理費用の概算 単位：千円

施設番号	上水4	上水5	上水6
施設名	柴原配水場	新田配水場	野畑配水場
5年ごと整備	1,000	1,000	1,000
10年ごと整備	5,000	5,000	5,000
10年間の維持管理費	6,000	6,000	6,000

〔整備内容〕

5年ごと整備	10年ごと整備
<ul style="list-style-type: none"> ・ポンプ水車 潤滑油、グランドパッキン交換等 ・同期発電機 潤滑油、ブラシ交換等 ・発電機盤 ファン交換等 	<ul style="list-style-type: none"> ・ポンプ水車 潤滑油、グランドパッキン、軸受交換、羽根車点検等 ・同期発電機 潤滑油、ブラシ、軸受交換、固定子、回転子点検等 ・発電機盤 ファン、コンデンサ、リール交換等

3) 電力量料金、CO₂削減効果の算定

3-1) 電力量料金の削減効果の算定

マイクロ水力発電設備を導入に伴い、各施設の予想発電量から電力量料金の削減効果を下記の式から算定し、その結果は、表 4.2.4.5 の通りである。

- 電力量料金削減 : 電力使用料金ベース(円) = 予想発電量(kWh/年) × 11(円/kWh)
- 電力量料金削減 : 固定買取制度調達価格ベース(円) = 予想発電量(kWh/年) × 35.7(円/kWh)

表 4.2.4.5 マイクロ水力発電設備の導入に伴う電力量料金の削減効果

施設番号	上水 4	上水 5	上水 6
施設名	柴原配水場	新田配水場	野畑配水場
予想発電量(kWh/年) ¹	133,000	99,000	385,000
電力量料金 削減 (千円/年)	1,463	1,089	4,235
電力量料金 削減 (千円/年)	4,748	3,534	13,744

1 予想電力量は、水車出力に設備利用率 80%を乗じて算出している。

3-2) CO₂削減効果の算定

マイクロ水力発電設備の導入後の CO₂削減量は下記の式から算定し、その結果は表 4.2.4.6 の通りである。

$$\text{発電設備の導入後の CO}_2\text{削減量 (t} \cdot \text{CO}_2\text{/年)} = \text{予想発電量 (kWh/年)} \times 0.450 (\text{t} \cdot \text{CO}_2\text{/kWh)} \times 10^{-3}$$

平成 23 年度 関西電力株式会社 CO₂排出係数 (クレジット調整前)

表 4.2.4.6 マイクロ水力発電設備の導入に伴う CO₂の削減効果

施設番号	上水 4	上水 5	上水 6
施設名	柴原配水場	新田配水場	野畑配水場
予想発電量 (kWh/年)	133,000	99,000	385,000
上記発電に伴う CO ₂ 削減量 (t・CO ₂ /年)	59.9	44.6	173.3

4) 事業の妥当性確認

各対象施設にマイクロ水力発電設備を導入する場合の概算事業費と維持管理費などから、経済性の視点から事業の妥当性を確認する。

なお、維持管理費用、電力量料金の削減の算定にあたっては、設備の総合的な耐用年数を20年に設定し、表4.2.4.7の通り算出する。

表4.2.4.7 費用対効果 (B / C) - 耐用年数 20 年の場合 -

施設番号	上水 4	上水 5	上水 6
施設名	柴原配水場	新田配水場	野畑配水場
概算事業費 (千円)	195,000	185,000	225,000
維持管理費 (千円/20 年)	12,000	12,000	12,000
総費用 (千円)	207,000	197,000	237,000
電力量料金削減 (千円/20 年) ¹	29,260	21,780	84,700
電力量料金削減 (千円/20 年) ²	94,960	70,680	274,880
B / C (ベース)	0.14	0.11	0.36
B / C (ベース)	0.46	0.36	1.16

1 電力使用料金ベース 11 円/kWh

2 固定買取制度の調達価格 35.7 円/kWh

4.2.5 再生可能エネルギー設備の導入検討対象施設の選定

前項までの検討結果をまとめると、再生可能エネルギー設備の導入検討対象施設の選定結果は、表4.2.5-1のとおりである。

表4.2.5-1 再生可能エネルギー設備の導入検討対象施設の選定

項目	施設名	太陽光発電				小水力発電			
		年間発電量 (kW/年)	費用対効果1 B/C	費用対効果2 B/C	評価	年間発電量 (kW/年)	費用対効果1 B/C	費用対効果2 B/C	評価
上水1	上下水道同庁舎	33,567	0.15	0.73		-	-	-	-
上水2	石橋中継ポンプ場(候補地)	18,182	0.11	0.58		-	-	-	-
上水2	石橋中継ポンプ場(候補地)	22,378	0.12	0.63		-	-	-	-
上水3	柴原浄水場	25,175	0.13	0.66		-	-	-	-
上水4	柴原配水場	-	-	-		133,000	0.14	0.46	
上水5	新田配水場(候補地)	215,385	0.26	1.04	(3)	99,000	0.11	0.36	
上水5	新田配水場(候補地)	75,525	0.21	0.89		-	-	-	-
上水6	野畑配水場(候補地)	215,385	0.26	1.04	(3)	385,000	0.36	1.16	(1)
上水6	野畑配水場(候補地)	215,385	0.26	1.04	(3)	-	-	-	-
上水7	寺内配水場	783,220	0.28	1.10	(2)	-	-	-	-
上水8	柿ノ木受配水場	102,798	0.23	0.97	(7)	-	-	-	-
上水9	緑丘配水場	-	-	-		-	-	-	-
上水10	旧東豊中配水場(未稼働施設)	-	-	-		-	-	-	-
上水11	猪名川取水場	19,580	0.11	0.59		-	-	-	-
下水1	庄内下水処理場(候補地)	111,889	0.23	0.98	(6)	-	-	-	-
下水1	庄内下水処理場(候補地)	83,916	0.21	0.91		-	-	-	-
下水2	桜井谷ポンプ場	34,965	0.15	0.73		-	-	-	-
下水3	新免ポンプ場	2,797	0.02	0.16		-	-	-	-
下水4	千里園ポンプ場	11,189	0.08	0.45		-	-	-	-
下水5	利倉ポンプ場	36,364	0.16	0.74		-	-	-	-
下水6	糠積ポンプ場	18,881	0.11	0.59		-	-	-	-
下水7	小曾根第1ポンプ場	26,574	0.14	0.67		-	-	-	-
下水8	小曾根第2ポンプ場	11,189	0.08	0.45		-	-	-	-
下水9	原田処理場(流域下水道)	93707	0.22	0.92		-	-	-	-

注1：費用対効果1は、従来型の電力料金による費用対効果(B/C)である。

注2：費用対効果2は、固定価格買取制度による費用対効果(B/C)である。

注3：評価欄の()内は、費用対効果(B/C)の高い順番である。

4.3 再生可能エネルギー設備の導入検討

4.3.1 再生可能エネルギー設備の仕様検討

ここでは、4.2.5で選定した施設について設備配置や仕様の詳細検討を行う。

(1) 太陽光発電設備

1) 設置可能面積について

はじめに、各施設における太陽光発電設備の設置に伴う、設置可能な面積を算出する。

以下に算出条件を示す。

施設の配置に合わせて効率的な方位にパネルを設置する。

パネル間の離隔は、パネル間の影を考慮し1,300mmの間隔を設けたものとする。

各施設、搬入出スペースや見学者案内スペースを3,000mm程度考慮する。

2) 傾斜角について

傾斜角によって、得られる太陽光発電設備容量が異なるため、以降で求める配置可能面積に基づき最適な傾斜角での設置面積を算出する。

検討を行う傾斜角は、一般的に選定されている、5°、10°、30°にて日射量の算出を行う。ただし、水平(0°)とした場合は、水はけの勾配が取れないことから、検討からは除外する。

【日射量の算出】(方位角0度の場合)

傾斜角5°の日射量は、新エネルギー・産業技術開発機構(以降NEDO)の日射関連データベースに記載がないため、傾斜角0°と10°の平均値を傾斜角5°の日射量とする。

傾斜角0°(水平) : 日射量 3.57

傾斜角10° : 日射量 3.76

傾斜角5° : $(3.57 + 3.76) \div 2 = 3.67$ (方位角により若干異なる)

3) 方位角について

受光面を真南(方位角0度)にした場合が最も日射量を得ることが出来るが、パネル配置上で最も効率的になる方位角は必ずしも真南とは限らない。

ここでは、各施設において極力真南に近い配置について設定を行う。

	方位角	傾斜角別日射量		
		5°	10°	30°
新田配水場No.1	12° 15°	3.66	3.75	3.89
新田配水場No.2	12° 15°	3.66	3.75	3.89
野畑配水場	0°	3.67	3.76	3.91
寺内配水場	0°	3.67	3.76	3.91
柿ノ木受配水場	27° 30°	3.65	3.73	3.84
庄内下水処理場1	40° 45°	3.63	3.69	3.75
庄内下水処理場2	15°	3.66	3.75	3.89

月平均斜面日射量 (kWh/m²・day)

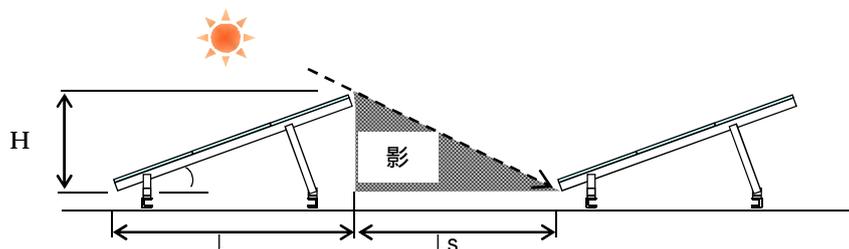
地点 大阪 (緯度=34° 40.9' 経度=135° 31.1' 標高= 23m)

方位角	傾斜角	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	年 1-12月	冬 12月	春 3-5月	夏 6-8月	秋 9-11月
水平面 (0°)		2.15	2.72	3.49	4.40	4.83	4.32	4.74	4.82	3.69	3.05	2.35	2.03	3.57	2.30	4.26	4.69	3.03
0°	10°	2.52	3.03	3.73	4.56	4.84	4.48	4.71	4.89	3.86	3.35	2.70	2.44	3.76	2.66	4.38	4.69	3.30
	20°	2.84	3.29	3.89	4.61	4.75	4.36	4.60	4.87	3.95	3.58	3.01	2.79	3.88	2.97	4.42	4.61	3.51
	30°	3.09	3.47	3.97	4.54	4.58	4.16	4.40	4.74	3.96	3.72	3.25	3.08	3.91	3.21	4.36	4.44	3.64
	40°	3.26	3.57	3.95	4.38	4.30	3.89	4.12	4.51	3.88	3.78	3.40	3.29	3.86	3.38	4.21	4.17	3.69
	50°	3.36	3.59	3.85	4.13	3.94	3.54	3.75	4.19	3.72	3.70	3.48	3.42	3.73	3.46	3.97	3.83	3.65
	60°	3.37	3.52	3.66	3.78	3.52	3.16	3.34	3.78	3.48	3.64	3.47	3.46	3.61	3.45	3.65	3.42	3.53
	70°	3.30	3.37	3.40	3.36	3.04	2.71	2.87	3.31	3.17	3.44	3.37	3.41	3.23	3.36	3.27	2.96	3.33
	80°	3.15	3.14	3.06	2.89	2.52	2.25	2.37	2.78	2.80	3.17	3.19	3.28	2.88	3.19	2.82	2.47	3.05
	90°	2.92	2.84	2.66	2.37	2.00	1.79	1.87	2.21	2.37	2.82	2.94	3.06	2.49	2.94	2.34	1.96	2.71
15°	10°	2.50	3.02	3.72	4.56	4.84	4.47	4.71	4.89	3.85	3.33	2.69	2.43	3.75	2.65	4.37	4.69	3.29
	20°	2.81	3.27	3.87	4.59	4.76	4.36	4.60	4.87	3.94	3.55	2.99	2.77	3.87	2.95	4.41	4.61	3.49
	30°	3.04	3.45	3.93	4.53	4.58	4.16	4.40	4.74	3.94	3.68	3.22	3.05	3.89	3.18	4.35	4.43	3.61
	40°	3.21	3.54	3.92	4.37	4.21	3.89	4.13	4.52	3.86	3.73	3.37	3.25	3.84	3.33	4.20	4.18	3.65
	50°	3.29	3.56	3.81	4.12	3.96	3.56	3.77	4.21	3.70	3.69	3.44	3.37	3.71	3.40	3.97	3.85	3.61
	60°	3.29	3.48	3.62	3.70	3.55	3.17	3.37	3.81	3.46	3.57	3.42	3.40	3.49	3.39	3.65	3.45	3.48
	70°	3.22	3.33	3.35	3.38	3.09	2.75	2.91	3.35	3.16	3.30	3.32	3.35	3.21	3.30	3.27	3.00	3.29
	80°	3.06	3.10	3.01	2.92	2.58	2.31	2.44	2.84	2.79	3.08	3.14	3.21	2.87	3.12	2.84	2.53	3.00
	90°	2.83	2.80	2.62	2.42	2.08	1.87	1.96	2.31	2.38	2.74	2.88	2.90	2.49	2.87	2.37	2.04	2.67
30°	10°	2.46	2.99	3.69	4.54	4.84	4.47	4.71	4.88	3.83	3.29	2.66	2.39	3.75	2.61	4.36	4.69	3.26
	20°	2.72	3.21	3.82	4.56	4.76	4.37	4.61	4.86	3.90	3.40	2.92	2.69	3.82	2.88	4.38	4.61	3.43
	30°	2.92	3.36	3.87	4.49	4.59	4.18	4.42	4.74	3.89	3.69	3.12	2.93	3.84	3.07	4.32	4.45	3.53
	40°	3.05	3.43	3.83	4.33	4.34	3.92	4.16	4.53	3.81	3.61	3.24	3.10	3.78	3.19	4.17	4.20	3.55
	50°	3.11	3.42	3.71	4.09	4.01	3.61	3.83	4.24	3.64	3.56	3.28	3.19	3.64	3.24	3.94	3.89	3.49
	60°	3.09	3.34	3.52	3.77	3.63	3.24	3.44	3.87	3.41	3.42	3.24	3.19	3.43	3.21	3.64	3.52	3.36
	70°	2.99	3.17	3.26	3.38	3.20	2.85	3.02	3.44	3.12	3.21	3.13	3.13	3.16	3.10	3.28	3.11	3.15
	80°	2.83	2.94	2.93	2.96	2.74	2.44	2.58	2.98	2.77	2.94	2.94	2.98	2.84	2.92	2.88	2.66	2.88
	90°	2.60	2.64	2.56	2.51	2.29	2.04	2.15	2.50	2.39	2.80	2.68	2.76	2.48	2.67	2.45	2.23	2.56
45°	10°	2.40	2.94	3.65	4.51	4.83	4.48	4.71	4.87	3.79	3.24	2.60	2.32	3.69	2.55	4.33	4.68	3.21
	20°	2.60	3.11	3.74	4.51	4.75	4.37	4.60	4.84	3.84	3.38	2.80	2.56	3.76	2.76	4.33	4.60	3.34
	30°	2.75	3.22	3.76	4.43	4.59	4.19	4.43	4.72	3.81	3.44	2.94	2.74	3.75	2.90	4.26	4.45	3.40
	40°	2.83	3.29	3.71	4.26	4.30	3.93	4.18	4.52	3.71	3.44	3.02	2.86	3.67	2.98	4.11	4.22	3.39
	50°	2.85	3.22	3.58	4.03	4.06	3.66	3.87	4.24	3.55	3.36	3.04	2.91	3.53	2.99	3.89	3.92	3.32
	60°	2.80	3.12	3.38	3.73	3.70	3.32	3.52	3.91	3.32	3.22	2.98	2.89	3.32	2.94	3.60	3.58	3.17
	70°	2.69	2.96	3.13	3.38	3.30	2.95	3.13	3.51	3.04	3.00	2.85	2.80	3.06	2.81	3.27	3.20	2.96
	80°	2.52	2.73	2.82	2.98	2.90	2.58	2.73	3.10	2.71	2.75	2.65	2.64	2.76	2.63	2.90	2.80	2.70
	90°	2.30	2.45	2.49	2.57	2.45	2.21	2.34	2.66	2.38	2.43	2.41	2.43	2.43	2.30	2.51	2.40	2.41
60°	10°	2.31	2.87	3.59	4.47	4.82	4.47	4.70	4.85	3.75	3.17	2.52	2.23	3.65	2.47	4.29	4.67	3.15
	20°	2.45	2.98	3.63	4.44	4.74	4.37	4.60	4.80	3.76	3.25	2.65	2.40	3.67	2.61	4.27	4.59	3.22
	30°	2.53	3.04	3.62	4.33	4.58	4.20	4.42	4.67	3.71	3.27	2.74	2.51	3.63	2.69	4.18	4.43	3.24
	40°	2.56	3.03	3.53	4.17	4.30	3.97	4.20	4.48	3.69	3.23	2.76	2.57	3.54	2.72	4.02	4.22	3.19
	50°	2.54	2.98	3.40	3.93	4.07	3.69	3.91	4.22	3.42	3.12	2.73	2.58	3.38	2.70	3.80	3.94	3.00
	60°	2.47	2.85	3.20	3.65	3.75	3.38	3.57	3.90	3.20	2.97	2.66	2.53	3.18	2.62	3.53	3.62	2.94
	70°	2.34	2.69	2.96	3.32	3.38	3.04	3.22	3.55	2.93	2.76	2.52	2.42	2.93	2.49	3.22	3.27	2.74
	80°	2.19	2.48	2.67	2.96	2.99	2.68	2.85	3.16	2.64	2.52	2.33	2.27	2.65	2.31	2.88	2.90	2.50
	90°	1.98	2.22	2.37	2.59	2.62	2.33	2.47	2.77	2.33	2.24	2.12	2.08	2.34	2.09	2.53	2.52	2.23
75°	10°	2.22	2.79	3.53	4.42	4.81	4.47	4.70	4.82	3.70	3.09	2.42	2.13	3.59	2.58	4.25	4.66	3.07
	20°	2.27	2.83	3.51	4.36	4.71	4.36	4.59	4.75	3.67	3.10	2.48	2.21	3.57	2.44	4.19	4.57	3.08
	30°	2.29	2.82	3.45	4.23	4.54	4.19	4.41	4.61	3.58	3.06	2.49	2.25	3.48	2.45	4.07	4.40	3.04
	40°	2.27	2.78	3.34	4.03	4.33	3.97	4.18	4.40	3.44	2.97	2.47	2.25	3.37	2.43	3.90	4.18	2.96
	50°	2.21	2.69	3.17	3.80	4.06	3.71	3.91	4.15	3.26	2.85	2.40	2.21	3.20	2.37	3.68	3.92	2.84
	60°	2.12	2.56	2.98	3.52	3.74	3.40	3.59	3.85	3.04	2.68	2.30	2.14	2.99	2.27	3.41	3.61	2.67
	70°	1.98	2.38	2.74	3.21	3.40	3.08	3.25	3.51	2.79	2.40	2.17	2.03	2.75	2.13	3.12	3.28	2.48
	80°	1.84	2.20	2.49	2.89	3.05	2.75	2.91	3.17	2.52	2.25	1.99	1.88	2.49	1.97	2.81	2.94	2.25
	90°	1.66	1.97	2.21	2.54	2.69	2.41	2.55	2.80	2.23	2.02	1.81	1.72	2.22	1.78	2.47	2.59	2.02
90°	10°	2.13	2.70	3.46	4.38	4.79	4.47	4.69	4.78	3.65	3.01	2.32	2.03	3.53	2.28	4.21	4.65	2.99
	20°	2.09	2.66	3.38	4.26	4.68	4.35	4.57	4.68	3.56	2.94	2.29	2.00	3.46	2.25	4.11	4.53	2.93
	30°	2.03	2.59	3.26	4.09	4.49	4.18	4.38	4.51	3.43	2.83	2.23	1.97	3.33	2.20	3.95	4.36	2.93
	40°	1.96	2.49	3.11	3.88	4.27	3.95	4.14	4.29	3.27	2.71	2.15	1.91	3.18	2.12	3.75	4.13	2.71
	50°	1.86	2.38	2.93	3.62	4.00	3.69	3.87	4.02	3.06	2.55	2.06	1.84	2.99	2.02	3.52	3.86	2.56
	60°	1.76	2.23	2.71	3.35	3.69	3.39	3.56	3.73	2.84	2.38	1.94	1.74	2.78	1.91	3.25	3.56	2.39
	70°	1.63	2.07	2.50	3.05	3.35	3.07	3.23	3.41	2.60	2.19	1.81	1.64	2.55	1.78	2.97	3.24	2.20
	80°	1.49	1.90	2.26	2.74	3.02	2.75	2.90	3.08	2.35	1.98	1.66	1.50	2.30	1.63	2.67	2.91	2.00
	90°	1.35	1.71	2.02	2.44	2.68	2.44	2.57	2.75	2.09	1.77	1.50	1.38	2.06	1.48	2.38	2.58	1.79
月別最速傾斜角		56.6	47.0	33.4	19.1	-5.9	1.4	3.0	11.9	26.0	41.9	53.7	59.6	29.3	54.4	19.4	5.7	40.6
月別最速傾斜角における日射量 (A)		3.38	3.59	3.97	4.61	4.84	4.51	4.74	4.89	3.95	3.79	3.48	3.46	4.10	3.46	4.42	4.70	3.69
年間最速傾斜角における日射量 (B)		3.07	3.46	3.96	4.55	4.59	4.18	4.42	4.76	3.96	3.71	3.23	3.06	3.91	3.20	4.37	4.45	3.63
比率 (A/B)		1.10	1.04	1.00	1.01	1.05	1.08	1.07	1.03	1.00	1.02	1.08	1.13	1.05	1.09	1.02	1.06	1.03
比率 (B/C)		1.43	1.27	1.13	1.02	0.95	0.92	0.93	0.99	1.07	1.22	1.37	1.51	1.15	1.40	1.04	0.95	1.22
平均気温		6.0	6.3	9.4	15.1	19.7	23.5	27.4	28.7	24.9	19.0	13.6	8.6	16.0	7.0	14.7	26.5	18.2

4) 太陽電池アレイ間の距離

太陽電池アレイ間の距離設定

太陽電池アレイを複数列に配置するため、前方のアレイの影が後方の太陽電池にかからないように、影の長さ（次頁参照）を考慮してアレイ間の距離を決定する。



傾斜角度	L (m)	H (m)	Ls (m)
30度	3.47	2.01	4.32

$$L_s = H \times \text{影の倍率} (= 2.01 \times 2.15)$$

	パネル長さ(L)	パネルの高さ(H)			パネル間の離隔(Ls)			影の倍率
		5°	10°	30°	5°	10°	30°	
新田配水場No.1	5	0.4	0.9	2.5	0.9	1.9	5.4	2.15
新田配水場No.2	3	0.3	0.5	1.5	0.6	1.1	3.2	2.15
野畑配水場	6	0.5	1.0	3.0	1.1	2.2	6.5	2.15
寺内配水場	6	0.5	1.0	3.0	1.1	2.2	6.5	2.15
柿ノ木受配水場	6	0.5	1.0	3.0	1.1	2.2	6.5	2.15
庄内下水処理場1	3	0.3	0.5	1.5	0.6	1.1	3.2	2.15
庄内下水処理場2	3	0.3	0.5	1.5	0.6	1.1	3.2	2.15

太陽電池アレイ間の影の検討

影の長さは、冬至の9時と3時に最大となるため、冬至の太陽位置より、建物の高さに下記で求める倍率を乗じたものが影の長さとなる。

・各地域の影の倍率

影の倍率は、冬至の太陽位置図より午前9時、午後3時の高度と方位角を求め、下記の計算式にて算出する。

$$\begin{aligned} \text{影の倍率 } R &= \cot A \times \cos B = \frac{1}{\tan A} \times \cos B \\ &= \frac{\cos B}{\tan A} \end{aligned}$$

A：太陽高度

B：南北軸からの方位角

横方向に伸びている10本の緯度の線に時間毎に縦線がひいてあり交差している。

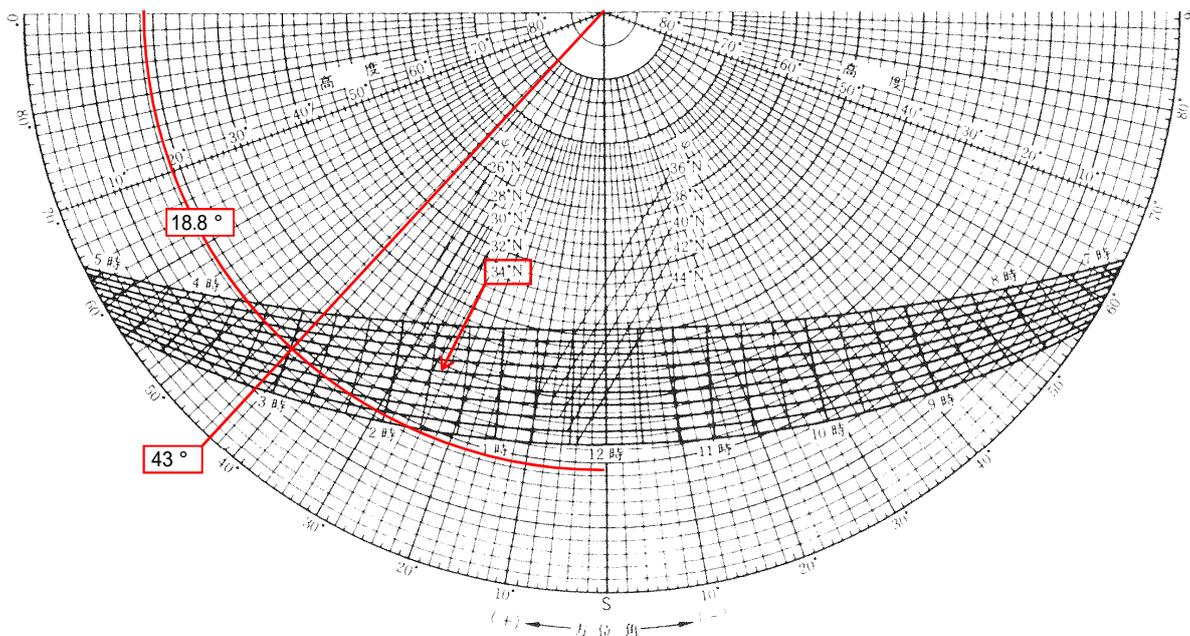
緯度と時間が交差した点から高度は円周方向に、方位角は円の中心から外側へ線を引き、値をとる。

(午前9時と午後3時は左右対称で同じ値となる。)

豊中市は、北緯34度のため、おおよそ高度 = 18.8°、方位角 = 43.3°となる。

したがって、影の倍率は、2.15倍となる。

$$R = \cos(43) / \tan(18.8) \quad 2.15 \text{ 倍}$$



冬至の太陽位置図 (偶数緯度)

新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO) 発行の太陽光発電導入ガイドブック<本編>より。

5) 配置計画

前節より、結晶系モジュールにて配置を行うこととしたが、モジュールサイズは各社ばらつきがあり、配置検討を行う上でモジュール仕様を想定する必要がある。よって下記に示すサイズから「幅 1,700×奥行 1,000×高さ 50」にて配置検討を行う。

モジュールサイズ一覧（参考）

	幅	奥行	高	出力 (w)	メーカー
単結晶	1318 x	990 x	46	208.5 w	シャープ
	1625 x	1019 x	46	250 w	三菱電機
多結晶	1652 x	994 x	46	240 w	シャープ
	1662 x	990 x	46	238.1 w	京セラ
	1658 x	986 x	50	227.1 w	パナソニック
	1640 x	992 x	50	245 w	サンテックパワー
	1956 x	992 x	50	290 w	サンテックパワー

また各施設の配置計画は、傾斜角 5°、10°、30°のケースにおいてそれぞれ検討を行うこととし、各施設における検討結果を次頁以降に示すとおりである。

なお、配置検討結果については、新田配水場を代表例として示し、その他の施設については報告書に記載する。

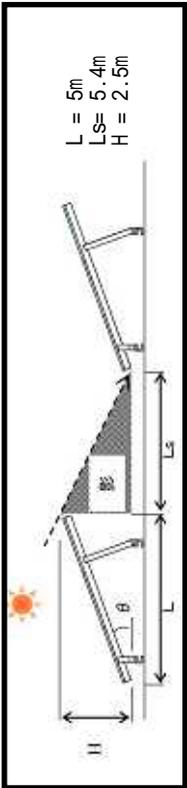
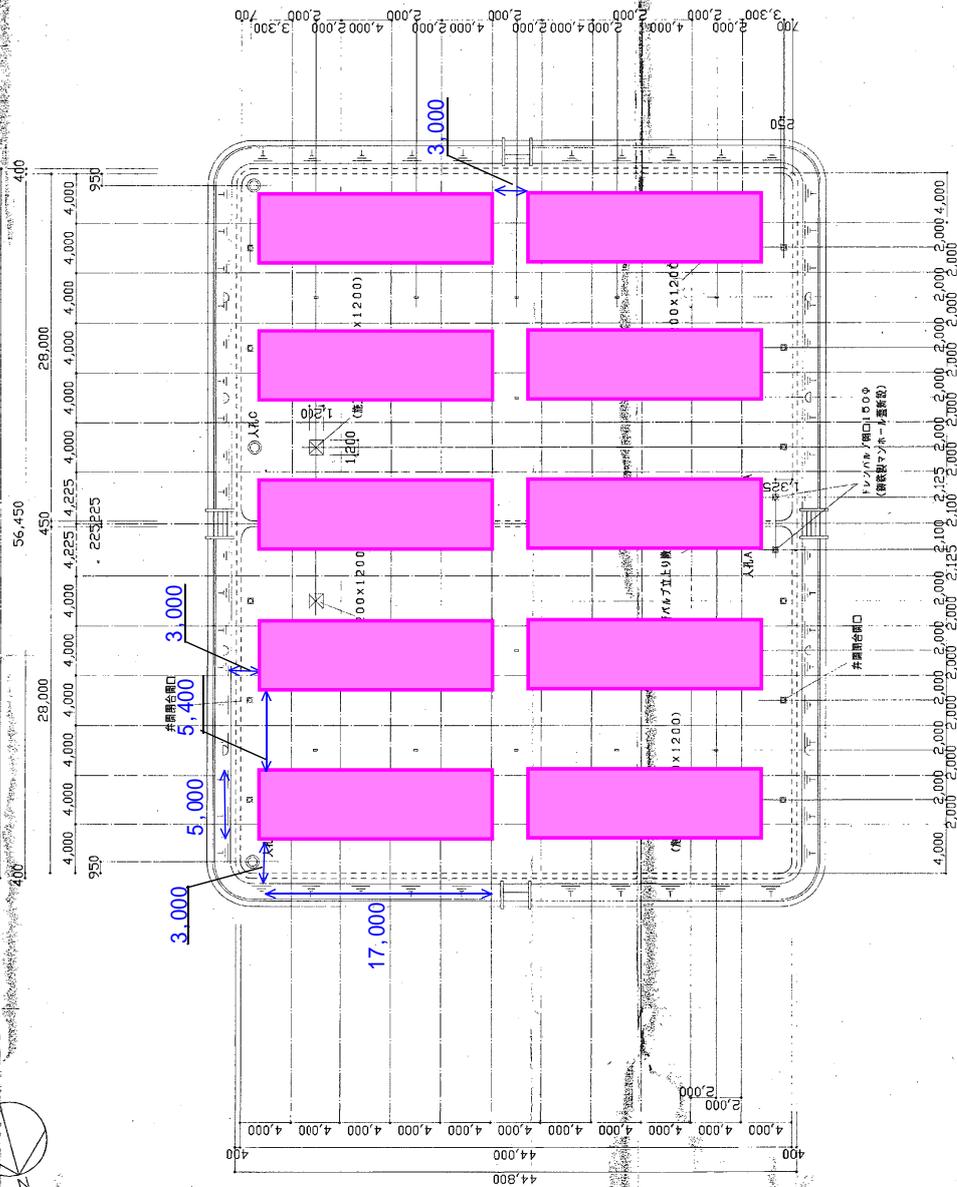
(設置面積 検討結果)

	傾斜角 (度)	パネル幅 (m)	パネル (m)	パネル数 (枚)	列	補正	面積 (㎡)
新田配水場No.1	5	5	17	7	2		1,190
	10	5	17	6	2		1,020
	30	5	17	5	2		850
新田配水場No.2	5	3	8.5	6	2		306
	10	3	8.5	5	2		255
	30	3	8.5	4	2		204
寺内配水場	5	6	20.4	8	8	4	7,344
	10	6	20.4	7	8	4	6,365
	30	6	20.4	5	8	4	4,406
野畑配水場	5	6	15.3	5	6		2,754
	10	6	15.3	4	6		2,203
	30	6	15.3	3	6		1,652
柿ノ木受配水場	5	6	20.4	11	1		1,346
	10	6	20.4	10	1		1,224
	30	6	20.4	7	1		857
庄内下水処理場1	5	3	15	2	3		270
	10	3	15	2	3		270
	30	3	15	2	2		180
庄内下水処理場2	5	3	19	9	2		513
	10	3	19	8	2		456
	30	3	19	6	2		342

新田配水池 No.1 (傾斜角 30°)



sinn



新田配水池No.1 (傾斜角 30°)
パネル設置面積
5m x 17m x 10 = 850m²

工事名称	新田配水池 北池 耐震補修工事	縮尺	S=1:200
主 要 工 程	豊中市 水道局 排水課	図面番号	13 第09A 2
製 図 日 付		製 図 年 月 日	
製 図 者	水橋上部 坪田啓	製 図 者	
製 図 所	No.8新田配水池建設 豊中市 上郷田 4丁目 神戸	製 図 所	
製 図 機 関		製 図 機 関	
製 図 機 関		製 図 機 関	
製 図 機 関		製 図 機 関	
製 図 機 関		製 図 機 関	
製 図 機 関		製 図 機 関	

表4.3.1.1 太陽光発電導入効果

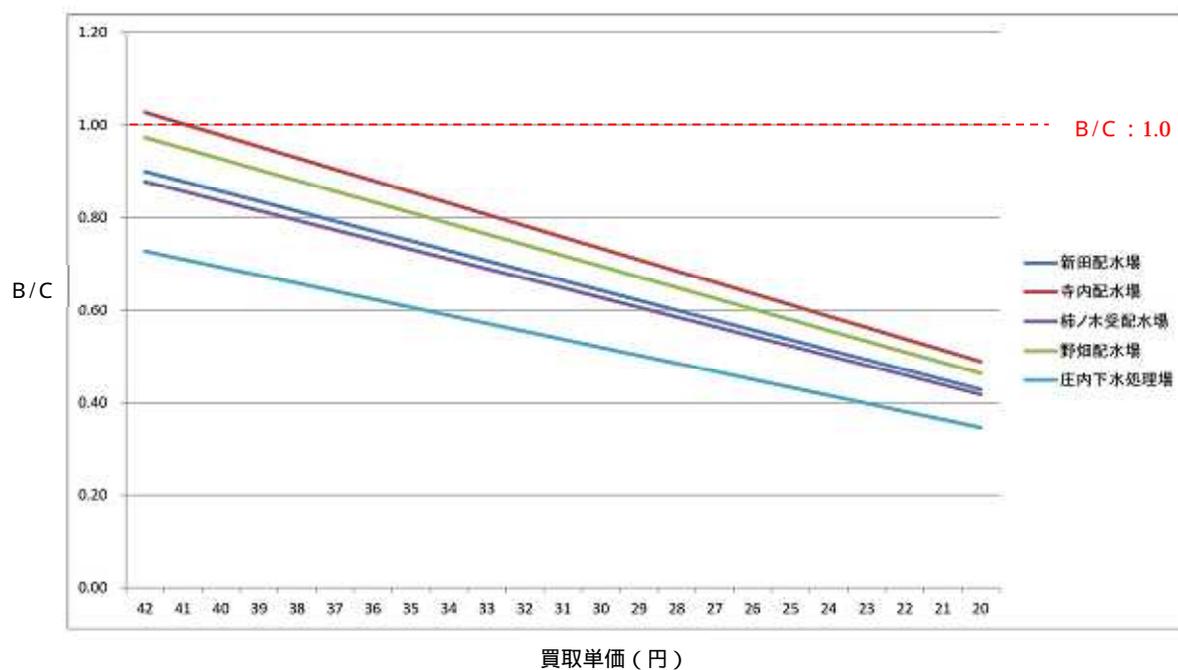
	新田配水場			寺内配水場			野畑配水場			柿ノ木受配水場			庄内下水処理場						
	傾斜角5°	傾斜角10°	傾斜角30°	傾斜角5°	傾斜角10°	傾斜角30°	傾斜角5°	傾斜角10°	傾斜角30°	傾斜角5°	傾斜角10°	傾斜角30°	傾斜角5° 庄内1	傾斜角5° 庄内2	傾斜角10° 庄内1	傾斜角10° 庄内2	傾斜角30° 庄内1	傾斜角30° 庄内2	
太陽電池アレイ(パネル)面積A [㎡]	1,496	1,275	1,003	7,344	6,365	4,406	2,754	2,203	1,652	1,346	1,224	857	270	513	270	456	180	342	
太陽電池アレイ出力PAS [kW] $P_{AS} = A \times P_S \times G_s$ (P _S :14% G _s :1)	209	179	140	1,028	891	617	386	308	231	188	171	120	38	72	38	64	25	48	
方位角 [°]	15			0			0			30			45	15	45	15	45	15	
日平均日射量 H _A [kWh/m ² ・日]	3.66	3.75	3.89	3.67	3.76	3.91	3.67	3.76	3.91	3.65	3.73	3.84	3.63	3.66	3.69	3.75	3.75	3.89	
年間発電量 EP [kW/年] $E_p = P_{AS} \times H_A \times K \times 365$ (K:総合設計係数(0.7))	195,442	171,504	139,145	963,940	855,966	616,386	361,946	295,889	230,770	175,324	162,966	117,734	102,573		97,146		71,660		
システム構築費	太陽電池モジュール [円]	117,040,000	100,240,000	78,400,000	575,680,000	498,960,000	345,520,000	216,160,000	172,480,000	129,360,000	105,280,000	95,760,000	67,200,000	21,280,000	40,320,000	21,280,000	35,840,000	14,000,000	26,880,000
	パワーコンディショナー [円]	9,200,000	9,200,000	9,200,000	30,000,000	30,000,000	24,200,000	15,000,000	15,000,000	9,200,000	9,200,000	9,200,000	9,200,000	6,200,000	6,200,000	6,200,000	6,200,000	6,200,000	6,200,000
	受変電、監視制御設備 [円]	15,000,000	15,000,000	15,000,000	26,000,000	26,000,000	23,000,000	18,000,000	18,000,000	15,000,000	15,000,000	15,000,000	15,000,000	15,000,000		15,000,000		15,000,000	
	架台 [円]	20,000,000	18,000,000	14,000,000	101,000,000	87,000,000	60,000,000	38,000,000	30,000,000	23,000,000	18,000,000	17,000,000	12,000,000	4,000,000	7,000,000	4,000,000	6,000,000	2,000,000	5,000,000
	構築費 合計 [円]	161,240,000	142,440,000	116,600,000	732,680,000	641,960,000	452,720,000	287,160,000	235,480,000	176,560,000	147,480,000	136,960,000	103,400,000	100,000,000		94,520,000		75,280,000	
B/C の確認 (従来)	標準的耐用年数 [年]	20																	
	電気料金 [kW/円]	¥11																	
	'耐用年数期間の電力削減費 $E_p \times 20年 \times 11円$	42,997,240	37,730,880	30,611,900	212,066,800	188,312,520	135,604,920	79,628,120	65,095,580	50,769,400	38,571,280	35,852,520	25,901,480	22,566,060		21,372,120		15,765,200	
	'耐用年数期間の維持管理費 (+ +) * 0.024	21,216,000	20,256,000	18,336,000	75,360,000	68,640,000	51,456,000	34,080,000	30,240,000	22,656,000	20,256,000	19,776,000	17,376,000	18,432,000		17,952,000		16,512,000	
	B/C (' / (' +))	0.24	0.23	0.23	0.26	0.27	0.27	0.25	0.24	0.25	0.23	0.23	0.21	0.19		0.19		0.17	
B/C の確認 (固定買取)	標準的耐用年数 [年]	20																	
	電気料金 [kW/円]	¥42																	
	'耐用年数期間の電力削減費 $E_p \times 20年 \times 42円$	164,171,280	144,063,360	116,881,800	809,709,600	719,011,440	517,764,240	304,034,640	248,546,760	193,846,800	147,272,160	136,891,440	98,896,560	86,161,320		81,602,640		60,194,400	
	'耐用年数期間の維持管理費 (+ +) * 0.024	21,216,000	20,256,000	18,336,000	75,360,000	68,640,000	51,456,000	34,080,000	30,240,000	22,656,000	20,256,000	19,776,000	17,376,000	18,432,000		17,952,000		16,512,000	
	B/C (' / (' +))	0.90	0.89	0.87	1.00	1.01	1.03	0.95	0.94	0.97	0.88	0.87	0.82	0.73		0.73		0.66	
CO2排出係数 [t-CO2/kWh] ()	0.00045																		
年間CO2削減量 [t-CO2/年]	87.9	77.2	62.6	433.8	385.2	277.4	162.9	133.2	103.8	78.9	73.3	53.0	46.2		43.7		32.2		

:「平成23年度 関西電力株式会社 CO2実排出係数」

6) 考察

5) で示したとおり、B / C が 1.0 以上となる施設は、寺内配水場である。これは、平成 24 年度 7 月から導入された固定価格買取制度による単価を適用しており、買取価格が 42 円（税込）であり単価設定が高いためである。この買取単価は、社会情勢により今後減少することも考えられる。

ここでは、参考に単価が減少した場合の B / C の推移を示す。



買取単価が 42 円（税込）を下回った場合、どの施設においても B / C 1.0 以下となる可能性が高い。ただし、今後需要が増加傾向にあるため、設備設置費が安価になれば B / C が 1.0 以上になる可能性もある。

(2) 小水力発電設備

1) 仕様検討対象施設

小水力発電の検討対象6施設のうち、前項検討において導入効果が高いと判断した野畑配水場について配置や仕様の検討を行う。野畑配水場の概要を以下に示す。

【野畑配水場概要】

水 源	企業団水（三島系）
計画給水量	29,232m ³ /日
実績受水量	21,500m ³ /日（平成22年度実績）
有効水頭	30m
発電出力理論値	73.2kW
水車出力理論値	54.9kW
予想発電量	385,000kWh/年

2) 主要設備仕様

実績受水量、有効水頭や水力出力理論値から小水力発電を導入するうえで必要となる主要設備を以下に示す。

両吸込渦巻ポンプ（逆転水車）	350
同期発電機	
電気盤（発電機盤、変圧器盤、電動弁制御盤、現場操作盤、高圧連係盤）	
PAS、VCT	
配管弁類（流量調整弁、バイパス弁等）	450

3) 配置検討

過去に廃止となった加圧ポンプの設置スペースに両吸込渦巻ポンプ（逆転水車）と発電機、屋外（倉庫北側）に電気盤を配置した図面を別紙に示す。



旧加圧ポンプ室現況



屋外（倉庫北側）

【配管計画】

場内流入管の各配水池分岐手前から小水力発電用流入管を分岐し、場内埋設管にて屋内の小水力発電設備まで配管する。戻り管は流入管と同様のルートで既設管へ接続する。

【ポンプ配置】

過去に廃止となり残置されている加圧ポンプを撤去し、その空きスペースに発電用の両吸込渦巻ポンプを設置する。

【電気盤配置】

空きスペースとなっている屋外の倉庫北側に電気盤を設置する。

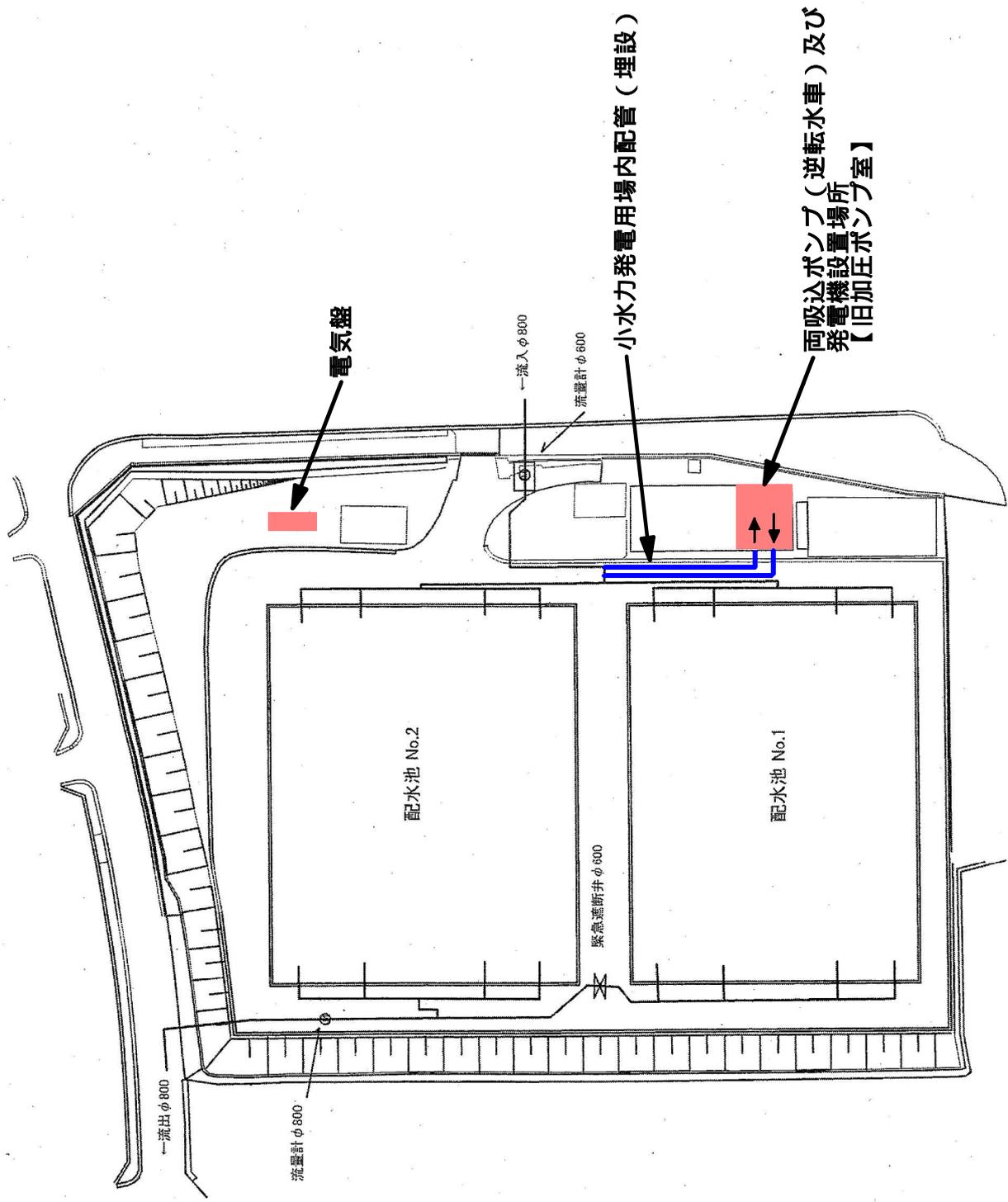
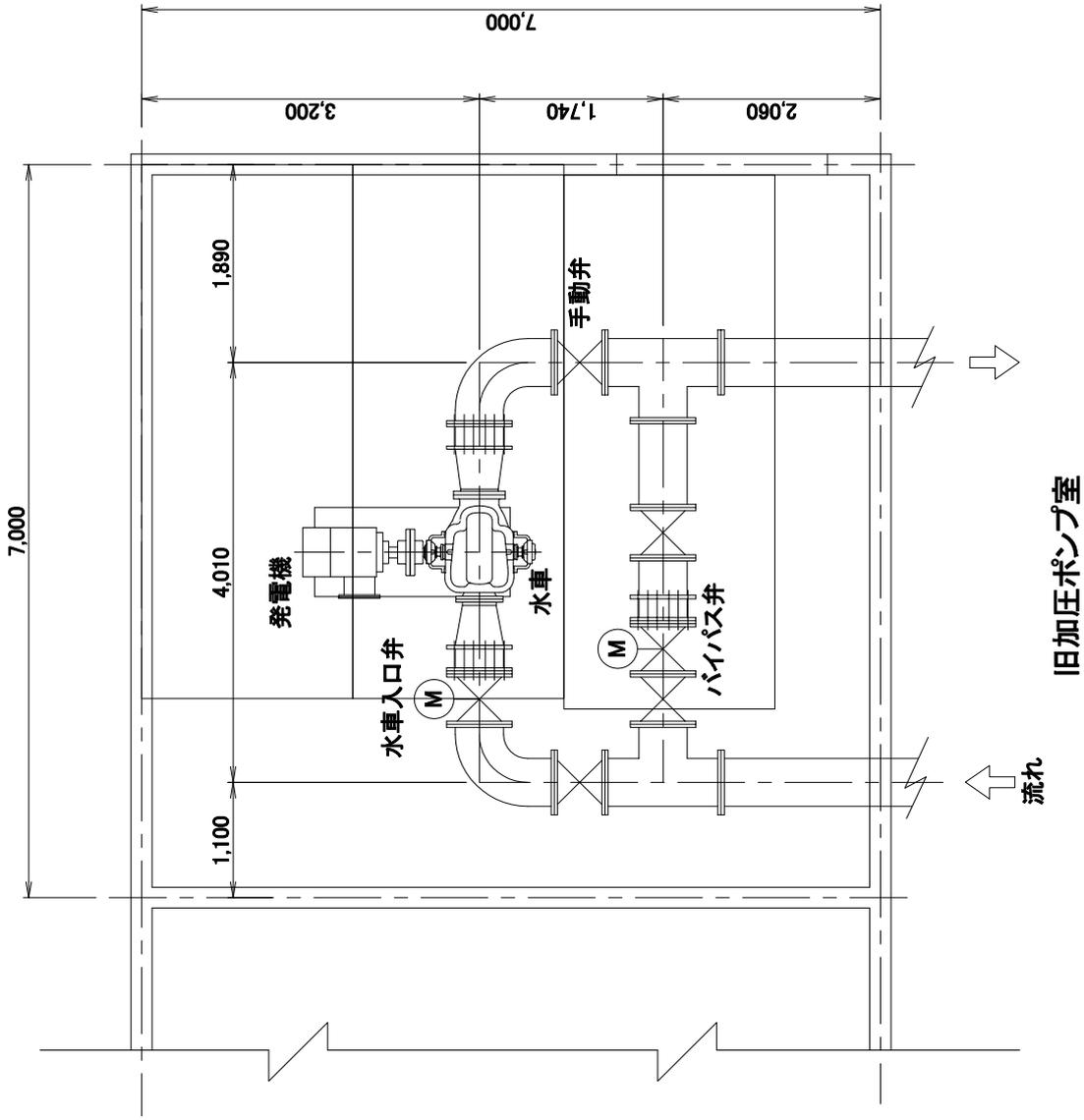
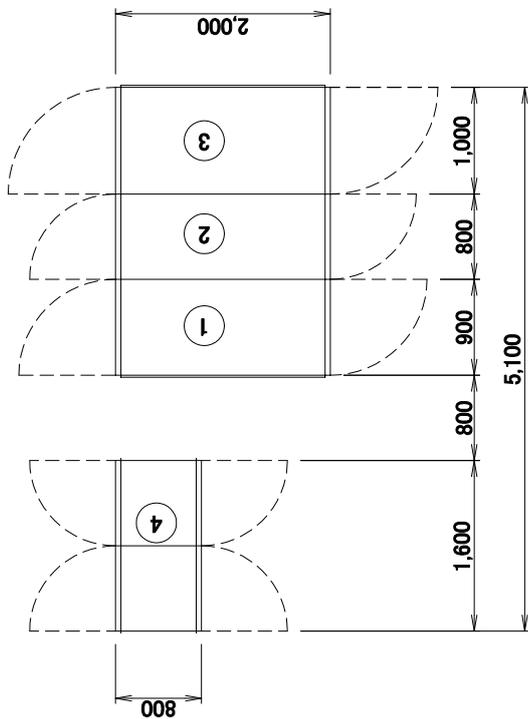


図1 野畑配水場小水力発電設備配置図



旧加圧ポンプ室



①	高圧連系盤
②	変圧器盤
③	電動弁制御盤
④	発電機盤

屋外(倉庫北側)

図2 小水力発電設備平面図

4.3.2 再生可能エネルギー設備導入の条件整理

各施設において再生可能エネルギー設備を導入するに当たり、配慮が必要な事柄や制約を受ける条件について整理する。

(1) 事業着手時期の制約

地震時における機能確保のため、各配水場の耐震化工事を計画的に行う予定としているが、太陽光発電設備設置後の耐震化は施工の妨げになることや、小水力発電では工事期間中の発電用水量の確保が困難になるため、いずれも耐震化工事終了後に事業を着手することとする。

(配水場の耐震化工事予定)

- ・新田配水場 H25年度
- ・寺内配水場 H26～H29年度
- ・野畑配水場 H30～H31年度

(2) 太陽光パネルの反射による周辺への影響

近年はパネル性能の向上により、低反射の製品が開発されているものの完全に反射を抑えるに至っていないため、反射光による影響が出るものとして事業化をすることが望ましい。特に朝夕の太陽位置が低いときは、反射光が水平方向に近くなるため、パネル設置場所の東・西に位置する建物に影響が出やすい。

事業化の前に反射光軌跡シミュレーションを実施するなど、影響を事前に把握し対策を講じる準備をすることが肝要である。

(3) 不確定要素

1) 柿ノ木配水場

本検討では現況の柿ノ木配水池上部に豊中市単独で太陽光発電設備を設けることを想定しているが、現在、隣接する大阪広域水道企業団の千里浄水池施設と当配水池との共有化に向けての検討が企業団と関係市とで進められており、一体的に施設を整備する検討もされていることから、共有化の概要が明確になってから発電設備の事業化を見極める。

2) 庄内下水処理場

当処理場は昭和48年の供用開始から40年が経過し、施設の老朽化に対する対策が課題となっているが、住宅地に隣接し敷地面積が狭小なため、施設の改築更新が困難となっていることから、抜本的な処理機能の見直しなど将来的な処理場のあり方を模索する時期に来ている。

現況の施設に発電施設を設けることは可能であるが、発電施設の供用期間が20年程度と長期にわたるため、当処理場の将来計画と施設の配置が明確になってから事業化を見極めることが望ましい。

4.3.3 再生可能エネルギー設備の導入効果

前項までの検討結果から再生可能エネルギー設備の導入効果をまとめると、次項のとおりである。

表 4.3.3.1 再生可能エネルギー導入効果 総括表

設置箇所	新田配水場		野畑配水場		寺内配水場		柿ノ木配水場		庄内下水処理場		備考
	太陽光発電	池上部	太陽光発電	池上部	太陽光発電	池上部	太陽光発電	池上部	太陽光発電	池上部	
仕様 (kW)	209 ~ 140	386 ~ 231	73	1,028 ~ 617	188 ~ 120	110 ~ 73	傾斜角によるパネル配置の違い				
年間発電量 (kW/年)	195,442 ~ 139,145	361,946 ~ 230,770	385,000	963,940 ~ 616,386	175,324 ~ 117,734	102,573 ~ 71,660	順位				
年間CO2削減量 (t-CO2/年)	87.9 ~ 62.6	162.9 ~ 103.8	173.3	433.8 ~ 277.4	78.9 ~ 53.0	46.2 ~ 32.2	順位				
事業費 (百万円)	161 ~ 117	287 ~ 177	210	733 ~ 453	147 ~ 103	100 ~ 75	順位				
費用対効果											
固定価格買取制度 (42円/kWh)	0.90 ~ 0.87	0.97 ~ 0.94	1.16	1.03 ~ 1.00	0.88 ~ 0.82	0.73 ~ 0.66	水力は35.7円				
従来型電力料金体系 (11円/kWh)	0.24 ~ 0.23	0.25 ~ 0.24	0.36	0.27 ~ 0.26	0.23 ~ 0.21	0.19 ~ 0.17	発電量に対し消費電力が少ないため全量消費できない				
施工条件							順位				
事業実施可能時期	H26年以降	H32年以降	H32年以降	H30年以降	未定	未定					
関連工事 (耐震化)	H25年	H30 ~ H31	H30 ~ H31	H26 ~ H29	完了	未定					
不確定要素					企業団千里浄水池整備計画	庄内処理場の将来計画					
付帯工事						屋上防水工事					
周辺環境への影響 (パネルの反射)	東側にマンション隣接	南・東側に戸建住宅隣接		周辺に住宅・マンション多数隣接	影響なし	影響なし	反射対策が必要(地元説明やシミュレーション、遮光板等の設置)				
その他の特徴	・比較的早期に着工できるが買取価格の変動が費用対効果に影響するたため注視する必要がある	・着手可能となるH32年時点での買取制度の動向が不透明	・近年減少傾向にある給水量に伴い発電量も減少する見込み	・着手可能となるH32年時点での買取制度の動向が不透明	・千里浄水池施設と共有化に向け企業団と検討を行っており、事業化には見極めが必要	・事業期間が20年程度と長期になるため庄内処理場の将来像を見極め事業化を判断する必要がある	・非常時の電源として利用することが可能				
総合評価		関連工事の完了前に事業化を判断	関連工事の完了前に事業化を判断	関連工事の完了前に事業化を判断	関連工事の完了前に事業化を判断						

4.3.4 事業スキームの検討

(1) はじめに

公共が従来から行ってきた事業方式は、一般的に設計を発注者が自ら（またはコンサルタントへの委託）行い、設計と建設を分離して発注し、維持管理においても、単年度、または複数年度で契約を更新することが一般的である。

しかしながら、新エネルギー活用事業は標準的な設備仕様や運営方法はないため、発電電力の利用も含めた民間事業者のノウハウを活用した事業手法を採用することも可能であることから、良質な公共サービス提供のため、民間の活力を導入可能な発注手法についても検討を行うことが考えられる。

ここでは、事業化方式の検討にあたり、従来型手法、民間活力導入手法について検討を行い、新エネルギー活用事業に適した設計・建設・維持管理・運営などの事業手法について整理する。

なお、本市においては、「寺内配水場」において小水力発電を導入済みであり、関電エネルギー開発株式会社にて資金調達・設計・施工・運営を行い、発電電力に対する使用料及び借地料を市に払う方式を採用している。

(2) 事業方式の概要

1) 公設公営(従来型手法)

公共が従来から主として採用している方式であり、施設の設計・建設・維持管理・運営を公共が個別に民間事業者等へ(基本的には単年度契約にて)委託することで事業を進める方式である。そのため、資金調達は公共が行い施設の所有権及び責任は公共が保有する。

2) 公設公営(設計・建設一括発注方式)

設計・建設を一括発注する方式であり、新たに開発された有効な技術の採用、メーカーの総合的なノウハウの活用がなされる。一貫した設計思想に基づく品質・技術の確保と建設期間の短縮により、公共工事の品質の向上、トータルコストの縮減が可能となることと併せて、契約の透明性・客観性・競争性の向上が期待できる。

3) 公設民営(設計・建設・維持管理・運営一括発注方式)

民間事業者が、民間事業者が施設の設計・建設に加え、維持管理・運営等についても一体的に行う方式であり、ライフサイクルコストの最小化や、維持管理・運営の結果、製造される製品の取扱いに対しても民間事業者のノウハウを求める事業に適している。事業期間を通じ施設は公共が所有し、資金調達についても公設公営と同様に公共が行う。

4) 民設民営(民間資金等の活用による公共施設等の整備等を行う方式)

公共施設等の設計・建設・維持管理・運営等を民間の資金、経営能力、技術的能力を活用して行う方式であり、公側が直接実施するよりも効率的かつ効果的に公共サービスを提供できる事業について適用することが考えられる。

サービス購入型

民間事業者が、自ら調達した資金により施設を設計・建設し、維持管理及び運営を行う。地方公共団体は、そのサービスの提供に対して対価を支払う事業類型。

(例) 南部水みらいセンター太陽光リース方式)

独立採算型

民間事業者が、自ら調達した資金により施設を設計・建設し、維持管理及び運営を行い、施設利用者からの料金収入のみで資金を回収する事業類型。

(例) 寺内配水場小水力発電施設、土地の貸出なども該当する)

(3) 事業スキームの検討

事業方式の比較については、表 4.3.4.1 に示すとおりである。

表 4.3.4.1 事業方式の比較

項目	公設公営		公設民営		民設民営	
	従来型手法	一括発注方式	一括発注方式	サービス購入型	独立採算型	
資金調達	公共	公共	公共	民間	民間	
設計	公共	民間	民間	民間	民間	
建設	公共	民間	民間	民間	民間	
運営	公共	公共	民間	民間	民間	
事例		三田浄水場太陽光		南部水みらいセンター太陽光(リース方式)	寺内配水場小水力、土地・屋根の貸出(泉佐野市・埼玉県・福岡県)	
費用負担	あり(初期投資大) 起債可	あり(初期投資大) 起債可	あり(初期投資大) 起債可	あり(サービスの提供に対する対価)	なし	
費用回収・収入	売電収入	売電収入	売電収入	売電収入	(施設使用料など)	
メリット	・財源を確保すれば着実に事業化が可能 ・個別的な設計思想に基づき品質の向上を図れる	・財源を確保すれば着実に事業化が可能 ・一貫的な設計思想に基づき品質の向上を図れる	・財源を確保すれば着実に事業化が可能 ・民間事業者のノウハウを活用することにより品質向上やライフサイクルコストの最小化を図れる	・民間事業者のノウハウを活用することにより品質向上やライフサイクルコストの最小化を図れる ・公共が売電することから一部非常電源等の自家消費が可能	・民間資金等を活用した事業のため、公共の費用負担が発生しないことから、リスクが少なく最大の効果が期待できる ・施設使用料等の収入が見込める	
デメリット	・施設の所有権及び責任は公共が保有 ・個別に民間事業者へ委託することで事業を進めるため、トータルコストが高くなる	・施設の所有権及び責任は公共が保有 ・運営を公共が行うためDBOと比較して効率的でない	・施設の所有権及び責任は公共が保有 ・初期投資が大きくなる	・「独立採算型」と違い費用負担が発生する	・独立採算のため、民間事業者にメリットがない場合、不参加により事業化ができないことがある	
評価						

(4) 事業スキームの考察

新エネルギー活用事業においては、太陽光発電機器を施設屋上に設置する等、基本的には施設の機能に直接影響しない場所で施設の建設・運営が可能であることから、本事業を施設の維持管理と切り離して事業方式を選定することが可能であると考えられる。

公設民営及び民設民営方式については、民間事業者が設計から運営まで一体的に関与することで自由度が高まり、技術的能力、経営能力等が活用されることから、公共が直接実施するよりも効率的かつ効果的に公共サービスを提供できる可能性が大きくなることが考えられる。

また、公設民営方式では、民間事業者のノウハウを活用することにより、品質向上やライフサイクルコストの最小化を図ることが可能であるが、資金調達を公共が行うため、公共の初期投資が大きな負担となる。

一方、民設民営方式では、民間事業者のノウハウを活用しつつ、資金調達を民間が行うため、公共の負担が少なくなるメリットがある。

また、民設民営方式には、サービス購入型と独立採算型があり、サービス購入型では公共が売電することから一部非常電源等の自家消費が可能であるが、独立採算型と違いサービスの提供に対する公共の費用負担が発生する。

独立採算型は、公共の費用負担が発生しないことから、施設運用に対して公共のリスクが少なく最大の効果が期待できると考えられるが、民間事業者にメリットが無い場合は、事業化が困難となる場合も考えられる。

したがって、本事業における事業スキームについては、民間事業者のノウハウを活用し、施設運用に対して公共のリスクが少なく最大の効果が期待できると考えられる「民設民営方式 独立採算型」が推奨される。

なお、4.3 項で算出した本事業の費用対効果では、固定価格買取制度によらない場合の B/C は 0.23 ~ 0.37 (固定価格買取制度による場合の B/C は 0.88 ~ 1.19) であることから、民間業者の事業参加意思について、事業化前にヒアリング等を実施することが望ましいと考えられる。

4.3.5 建設に係わる補助制度の適用可否の検討

前項で検討したとおり、太陽光発電および小水力発電施設については、余剰電力を送電系統で売電した場合、導入効果がないため、固定価格買取制度を利用し、既設電力系統と切り離し単独で送電線へ連系させ売電を行う。

この場合の補助適用についての可能性について検討する。以下は下水道およびその他に区分される施設について適用が考えられる補助制度であるが、いずれも補助の適用が困難であることが資料に示されている。

下水道事業 国庫補助金

中核市・特例市グリーンニューディール基金（100%補助）

独立型再生可能エネルギー発電システム等対策費補助金（50%補助）

表 4.3.5.1 建設に係わる補助制度の適用可否一覧

名称	概要	該当設備	適用可否	考察
下水道事業国庫補助金	下水道事業は地方公共団体がいい、その建設には多額の費用が必要であり、また下水道を緊急に整備することは国家的見地から見ても非常に重要であるとの考えから、下水道を建設する地方公共団体に対して国が補助を行っている。	・太陽光 (庄内処理場)	場合に よる	国土交通省からの通達により、売電のための発電・送電施設は、国庫補助の目的から逸脱するため、交付対象とならない。 ただし従来型の自家消費であれば、補助の対象となる。 ：従来型の余剰分買取を行った場合のB/Cを参考に示す。
中核市・特例市グリーンエネルギーファンド	地球温暖化対策の推進に関する法律第20条の3に規定する地方公共団体実行計画に基づく地域の取組を支援し、地域における低炭素化を推進するための事業を実施するため、地方自治法の中核市又は特例市に基金を造成することを目的としている。	・小水力 ・太陽光	否	交付の条件として「平成23年度末を期限として実施するもの」と記載あり、交付対象期間外であり、対象とならない。
独立型再生可能エネルギー発電システム等対策費補助金	地域における自家消費向けの再生可能エネルギー発電システム等の導入促進を図ることを目的とし、地方公共団体、非営利民間団体及び地方公共団体と連携して独立型再生可能エネルギー発電システム等導入事業を行う民間事業者等が行う再生可能エネルギーの設備導入事業の実施に必要な経費に対して補助を行う。	・小水力 ・太陽光	場合に よる	「固定価格買取制度で定める設備認定を受けないこと」が条件であるため、対象とならない。 ただし従来型の自家消費であれば、補助の対象となる。 ：従来型の余剰分買取を行った場合のB/Cを参考に示す。

第5章 下水道有効資源の活用方法の検討

5.1 下水道有効資源の活用方法の整理

5.1.1 活用方法の種類

下水道有効資源としては処理水、汚泥およびバイオガス（消化ガス）等が挙げられ、これら資源が有するエネルギーをさまざまな方法で活用する技術の研究開発が地方公共団体や民間企業において進められている。現在実用化している技術を含め、活用方法例を図 5.1.1.1（下水汚泥エネルギー化技術ガイドライン(案) - 平成 23 年 3 月 - 国土交通省より引用）に示す。

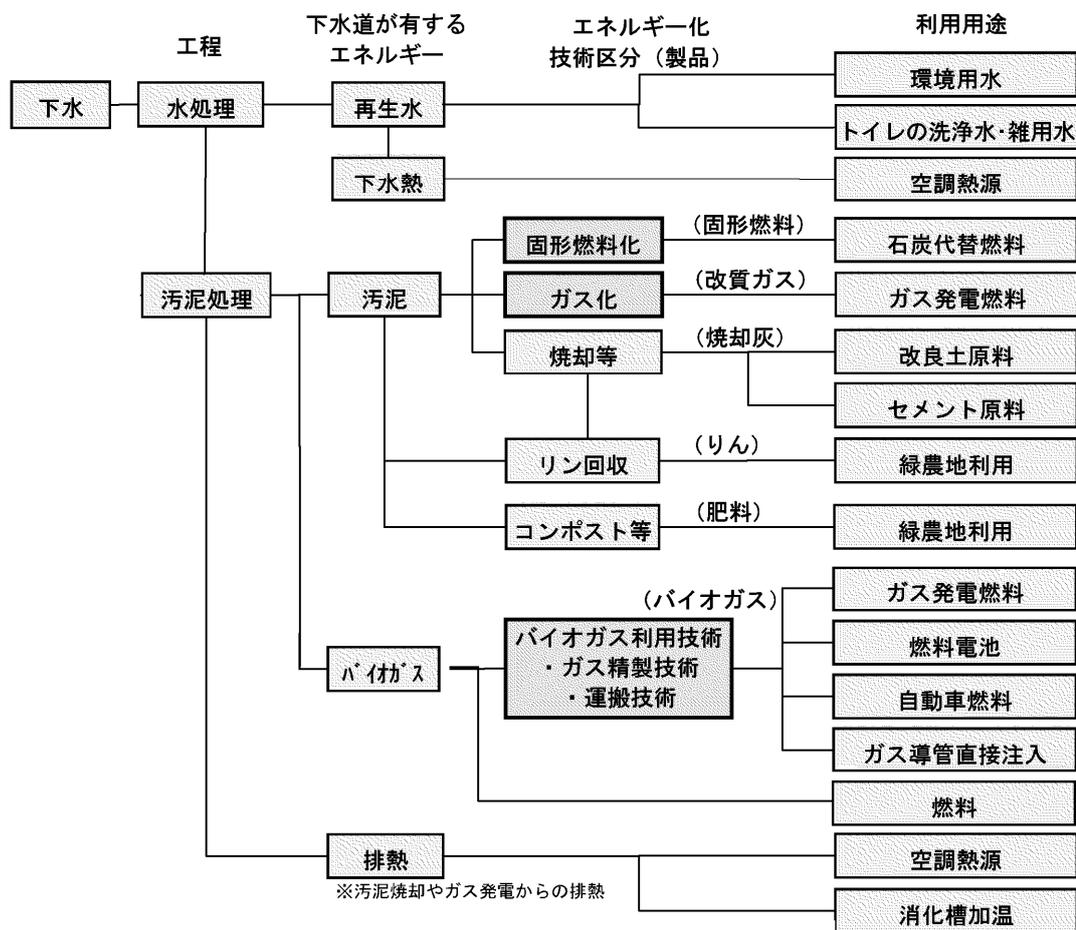


図 5.1.1.1 下水道が有する資源・エネルギーと主な活用事例

上記の資源・エネルギーの活用について、本市の下水処理施設（原田処理場・庄内下水処理場）における実施状況や適合性について表 5.1.1.1 に示す。

表5.1.1.1 下水処理施設における資源活用への適合性と実施状況

事業区分	工程	エネルギー	技術区分	利用用途	原田処理場	庄内処理場		
下水	水処理	再生水		環境用水	親水水路・Q水くん	× 急速ろ過施設が未整備		
				雑用水	トイレ・洗浄水等	× 急速ろ過施設が未整備		
		下水熱		空調熱源		管理棟空調	管理棟空調	
			固形燃料化	石炭代替燃料	×	H25年から新焼却炉(流動焼却炉)稼働	× 焼却炉の設置予定がない	
	汚泥	ガス化		ガス発電燃料	×	消化ガスによる発電を実施している	× 焼却炉の設置予定がない	
			改良土原料	×	焼却灰は埋立に利用	× 焼却炉の設置予定がない		
		焼却等		セメント原料	×	焼却灰は埋立に利用	× 焼却炉の設置予定がない	
			リン回収	緑農地利用			脱水ケー主を資源化工場へ搬出	
	汚泥処理	バイオガス	コンポスト等	緑農地利用	×	焼却処理を実施している	× セメント原料化を実施している	
			バイオガス 利用技術	ガス発電燃料				× 消化槽の設置計画なし
				燃料電池	×	発生したガスは発電及び加温で全量消費	× 消化槽の設置計画なし	
				自動車燃料	×	発生したガスは発電及び加温で全量消費	× 消化槽の設置計画なし	
				ガス導管直接注入	×	発生したガスは発電及び加温で全量消費	× 消化槽の設置計画なし	
				燃料		消化槽の加温に利用	× 消化槽の設置計画なし	
	空調熱源	×		× 焼却炉の設置予定がない				
	消化槽加温				× 焼却炉の設置予定がない			

凡例

○ : 実施している

△ : 方式は違うが実施している

× : 実施できない

5.1.2 活用方法の概要

(1) 概要

表 5.1.1.1 より資源活用の可能性がうかがえ、近年の新興国の経済発展や原産国が限定されている等の世界的な社会情勢から、その確保が課題となっているリンを汚泥から回収する技術について以下に概要を示す。

(2) 汚泥のリン資源化技術

1) 概要

近年、世界的にリン資源の不足が進んでおり、リンを原料とする肥料価格が上昇している。このような背景より、下水に含まれるリンを回収し、肥料原料として売却することが注目されている。

2) 適用箇所と改修方法の種類

これまでの技術開発により実用化された、或いは実用化が期待される技術として「下水道におけるリン資源化の手引き」（以降、リン資源化の手引きと称す）で紹介されているリン資源化技術を図 5.2.1.1、表 5.2.1.1 に示す。

また、以下の方法以外に高機能リン吸着剤（リントル[®]）を用いたリン回収方法が現在開発中である（別添資料参照）。この方法は非晶質ケイ酸カルシウム系の吸着剤をリン回収後、そのまま肥料として利用できることが特徴である。

国土交通省都市・地域整備局下水道部（平成 22 年 3 月）

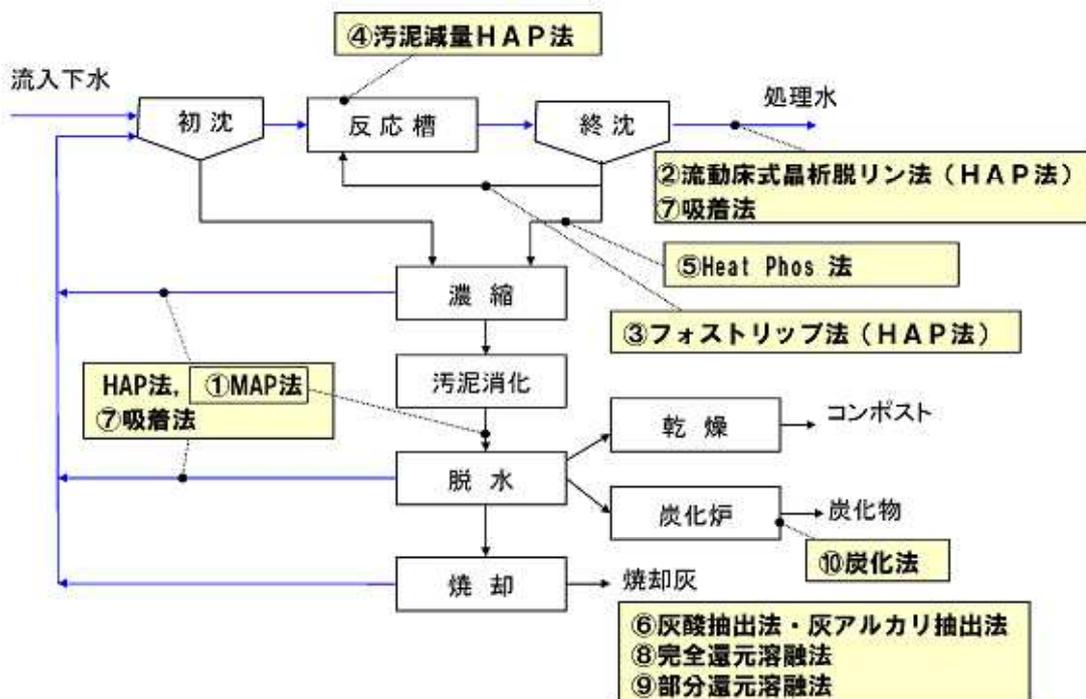


図 5.2.1.1 下水処理フローにおけるリン資源化関連技術の適用箇所
（リン資源化の手引き P13 図 10-1 より）

表 5.2.1.1 リン資源化技術の種類と概要

(リン資源化の手引き P14 表 10-1 より)

			技術の概要	取り組み状況
①	晶析法	M A P 法	液中に含まれるリンをアンモニウムとマグネシウムの結晶化物とする	・島根県宍道湖流域下水道 (運転中) ・福岡市 和白, 東部, 西部 水処理センター (運転中) ・大阪市 大野下水処理場 (運転中)
②		H A P 法	処理水などの pH を上げることにより, リンを析出させる方法	・岐阜県下呂市 (運転中)
③			返送汚泥の一部を嫌気的条件下で, 汚泥からリンを放出させ, 放出したリンを結晶化させて回収する方法	・福島県北塩原村 (運転中)
④			汚泥減量化と A ₂ O 法を組み合わせ, 嫌気性槽混合液からリンを結晶化させて回収する方法	・愛知万博 実証実験 (終了)
⑤		Heat Phos 法	余剰汚泥に熱を加えて可溶化し, 可溶化した液からリンを析出させる方法	
⑥		灰酸抽出法・ 灰アルカリ抽出法	焼却灰からリンを酸やアルカリで溶出させ, 溶出液からリンを析出させる方法	・岐阜市 北部プラント (運転中)
⑦	吸着法		リン吸着能力を持つ吸着剤を用いて, リンを回収 (吸着脱離反応の利用) する方法	
⑧	還元 溶融法	完全還元溶融法	リンを黄リンとして揮発させ回収する方法	
⑨		部分還元溶融法	焼却灰を部分的に還元して, リン化合物を回収する方法	
⑩	炭化法		脱水汚泥を炭化してそのまま利用する方法	群馬県 県央浄化センター (計画中)

5.2 下水道有効資源の活用方法と導入有効性の検討

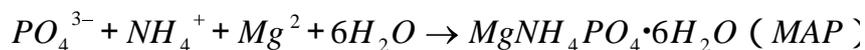
(1) 概要

ここでは豊中市の下水処理施設（庄内下水処理場、原田処理場）における脱離液からのリン資源化の事業性について検討する。

(2) 導入有効性の検討

1) リン回収方法

豊中市の下水処理施設の規模と実績から、適用の可能性が高い方法としてMAP法が挙げられる。図 5.2.1.2 にMAP法の処理フローを示す。MAP法は反応塔内でマグネシウム薬剤を脱離液に添加することにより、リン酸マグネシウムアンモニウム（Magnesium Ammonium Phosphate：MAP）を析出させリンを回収する方法である。[式-1]にこの反応の化学反応式を示す。また、苛性ソーダはpH調整液である。



[式-1] リン回収化学反応式

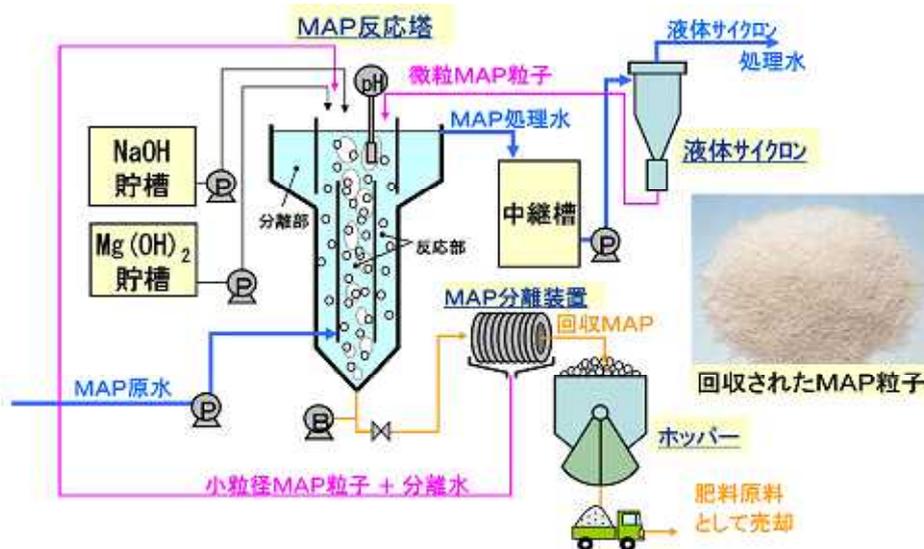


図 5.2.1.2 MAP法の処理フロー

2) 検討条件

マグネシウム添加量 (Mg/P04-P モル比) :	1.0
pH :	8.5 ~ 9.0 (苛性ソーダにより調整)
PO ₄ -P 除去率 :	85%
MAP 回収率 :	80%

マグネシウム薬剤費 (35%Mg(OH) ₂)	: 20 円/kg
苛性ソーダ費 (24%NaOH)	: 60 円/kg
M A P 売却費 (10%含水状態)	: 30 円/kg
使用料金	: 10 円/kWh
補修費	: 年間機器費に 1.0%

3) M A P 生成量

平成 19～23 年度の実績から汚泥脱水の脱離液量を想定し、前項の条件で各施設における M A P の生成量を算出した結果を表 5.2.1.2 に示す。

表 5.2.1.2 施設毎の MAP 生成量

施設番号		下水 1	下水 9		備 考
施設名		庄内下水処理場	原田処理場		
			1,2 系	3 系	
条件	脱離液量	300 m ³ /日	400 m ³ /日	600 m ³ /日	平成 19～23 年度実績
	脱離液全リン濃度	100 mg/L	100 mg/L	100 mg/L	想定値
	脱離液 PO ₄ -P 濃度	80 mg/L	80 mg/L	80 mg/L	全リンの 80%
M A P 生成量		129 kg/日 47 t /年	172 kg/日 63 t /年	258 kg/日 94 t /年	

4) リン資源化設備費用とリン売却費用の収支関係

表 5.2.1.3、図 5.2.1.3 にリン資源化設備費用とリン売却費用の収支関係、収支グラフを示す。庄内下水処理場、原田処理場ともにイニシャルコスト、ランニングコストの合計がリン (MAP) 売却費より大幅に高くなる。

表 5.2.1.3 リン回収設備費用とリン売却費用の収支関係

施設番号		下水 1	下水 9		備 考
施設名		庄内下水処理場	原田処理場		
			1,2 系	3 系	
イニシャルコスト					
	概算工事費	402,000 千円	560,000 千円	854,000 千円	
	減価償却費	21,800 千円/年	30,300 千円/年	46,100 千円/年	
ランニングコスト		5,500 千円/年	7,300 千円/年	10,500 千円/年	
リン (MAP) 売却費		1,600 千円/年	2,100 千円/年	3,100 千円/年	
総費用		25,700 千円/年	35,500 千円/年	53,500 千円/年	

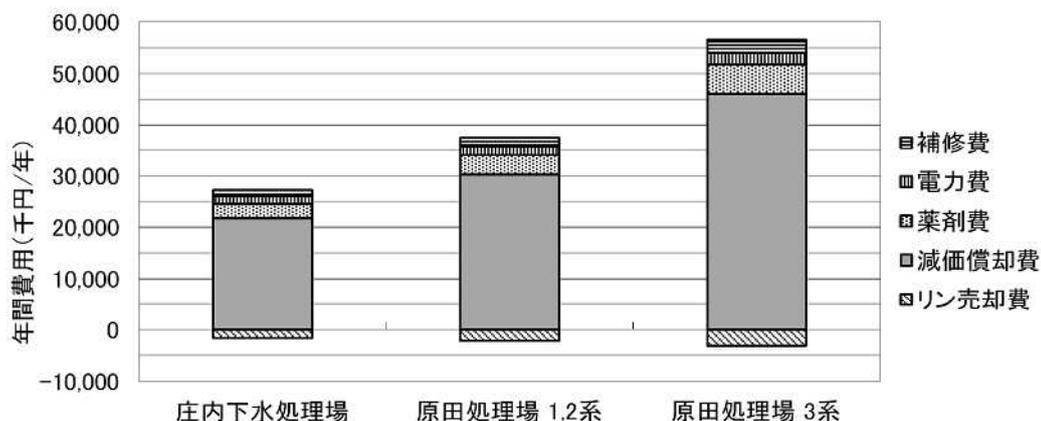


図 5.2.1.3 M A P 法の収支

(3) リン資源化事業導入のまとめ

前項においてリン資源化における費用の検討を行った結果、概算工事費、維持管理費の合計がリン（MAP）売却費より大幅に高くなる結果が得られた。返流水からリンを回収することにより水処理への負荷が低減され、高度処理凝集剤（PAC）の使用量を減らすことが可能となり、薬品費や汚泥処分費の削減等、副次的な効果が期待できるが、将来的なリンの価格高騰による売却費増大することを考慮しても現時点では費用差が大きく、下水処理施設においてリン資源化が採算性のある事業となる可能性は低い。

また、新技術として高機能リン吸着剤（リントル）を用いたリン回収方法の開発が進められているが、実用化に向けた実証実験を猪名川流域下水道原田処理場において実施している。実験は、車載実験用プラントを当処理場に持ち込み消化汚泥脱水濾液を用いた回収剤の開発のデータ収集と肥料としての評価試験を行っている。実験結果の報告が待たれるところであるが、回収剤の製造体制、下水処理場での設備整備、肥料化の費用や販売ルート確立など、総合的なシステムの整備が必要で実用化にはもうしばらく時間を要するものと思われる。