

消化ガスの効率的運用方法について

(公財)とちぎ建設技術センター 黒川 悟史

1. はじめに

栃木県の流域下水道施設では、下水の汚泥処理過程で発生する消化ガスを使用した消化ガス発電設備を導入している。

消化ガスはエネルギーを持った可燃性ガスであるが、消化ガス発電設備の設置前は、消化槽を加温させるための熱源として利用し、残りは余剰ガス燃焼装置で燃焼処分を行ってきた。消化ガス発電設備の導入後は電力の発生源となり、発電時の熱量も消化槽の保温源として有効利用されている。

図1に消化ガス発電設備のフローシートを、表1に消化ガス発電設備の仕様を示す。

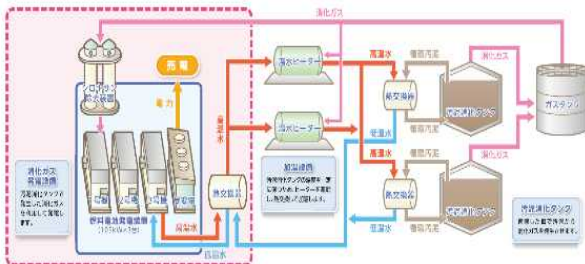


図1 消化ガス発電設備のフローシート

表1 消化ガス発電設備の仕様

浄化センター名	鬼怒川上流	北那須	県央	巴波川	思川	大岩藤
発電方法	燃料電池	ガスエンジン	燃料電池	燃料電池	ガスエンジン	ガスエンジン
発電設備	210kW (105kW×2台)	200kW (25kW×8台)	315kW (105kW×3台)	210kW (105kW×2台)	49kW (24.5kW×2)	25kW (25kW×1台)
発電開始日	2015年4月	2015年5月	2015年2月	2015年4月	2020年2月	2020年4月

2. 調査目的

消化ガス発電設備の導入後も依然として余剰ガス燃焼装置で燃焼処分し、消化ガスを十分に利活用出来ていない浄化センターがある。

本調査は、稼働から10年以上が経過する栃木県の流域下水道処理施設の消化ガス発電設備について、運用状況の整理を行い、さらなる消化ガスの有効利用の可能性の提案を目指したものである。

3. 調査内容

(1) 消化ガス発生量・各供給先の解析

消化ガス発電設備の導入から2024年度までの余剰

ガス燃焼量の推移を収集解析を行い、グラフとしてまとめた。この値が高い場合、更なる有効利用の可能性が示唆される。

また、消化ガス発生量に対し消化ガス発電設備・温水ヒータへの各消化ガス供給量、重油使用量の推移を収集解析した。消化ガス発生量から発電設備への必要供給量は足りているか、発電設備導入後から消化槽の加温源がどう推移しているか整理した。

(2) 消化ガス発電設備の性能発揮

消化ガス発電設備の導入から2024年度までの稼働率として、発電設備の仕様上の最大発電量 kWh を100%とし、実際の発電量 kWh が何%であるかを収集解析し、グラフとしてまとめた。消化ガス発生量が発電設備の最大ガス使用量を下回る場合や、発電設備の発電損失が多いほど、100%から遠い値となる。

(3) 発電設備の故障状況

消化ガス発電設備の導入から2024年度までの故障回数、故障内容を収集し、グラフとしてまとめた。栃木県内流域下水道で採用している、燃料電池型・ガスエンジン型に分け、故障傾向の違いについて解析を行った。

更なる有効利用を検討する場合に、設備の安定稼働性が考慮できる。

大岩藤・思川浄化センターは、民設民営型により故障情報が上がってこないため、本調査では対象外とする。

(4) 現発電設備の損益

消化ガス発電設備の建設費、維持管理費、売電費を整理し、発電設備の導入から何年後に収益となるか、グラフとしてまとめた。

消化ガス発電設備の支出に該当する建設費、維持管理費（メーカー点検・修繕）と収入に該当する売電費を基に運用益のグラフ（イニシャルコスト＋ランニングコスト）として、事業の想定損益分岐点を算出した。

民設民営の大岩藤浄化センター、思川浄化センターは、収入に該当する売ガス費のみを条件とし、算出した。

4. 調査結果

(1) 消化ガス発生量・各供給先のまとめ

(ア) 鬼怒川上流浄化センター

①消化ガス発生量・発電機供給量

消化ガスの発生量が年間通して、不足しているため、発電量も仕様能力分を発揮していない。年間通して80～90日しか、仕様能力の発電ができていない。

②余剰ガス燃焼量

年間通して、余剰ガスは発生していない。

③重油使用量

消化ガス発生量の全量が消化ガス発電に供給されているため、冬季になると消化ガスの保温源として、重油を使用している。

また、鬼怒川上流浄化センターの所在地は日光市であり、冬季は気温が低い環境下かつ、消化槽の保温をする、温水配管の距離が長いなど、消化槽の温度管理が困難な浄化センターである。①②③ともに、年間通して消化ガス発生量が少ない状況下にあるため、この様な結果となっている。

上記結果を図4-1-1に示す。

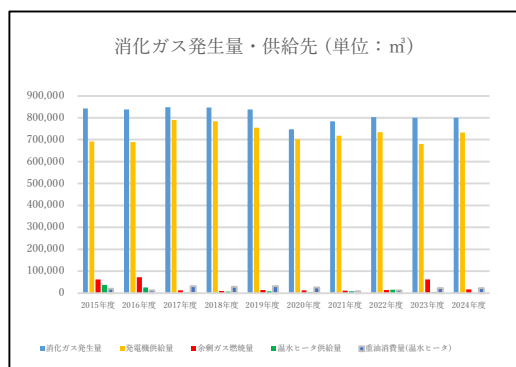


図4-1-1 消化ガス発生量・各供給先：鬼怒川上流浄化センター

(イ) 北那須浄化センター

①消化ガス発生量・発電機供給量

季節によって、消化ガスの発生量に変化が起きるため、発電量も仕様能力分を発揮する時期、発揮しない時期が起きている。

1～6月：消化ガス発生量が多いため、発電量の使用能力を発揮している。

7～12月：消化ガス発生量が少いため、発電量の使用能力を発揮していない。

②余剰ガス燃焼量

消化ガス発生量の多い時期である、1～6月に余剰ガスが発生しやすい傾向だが、消化ガス発電機を増設できる量ではない。

③重油使用量

消化ガス発電の熱量だけで、消化槽を保温できているため、重油は使用していない。

上記結果を図4-1-2に示す。

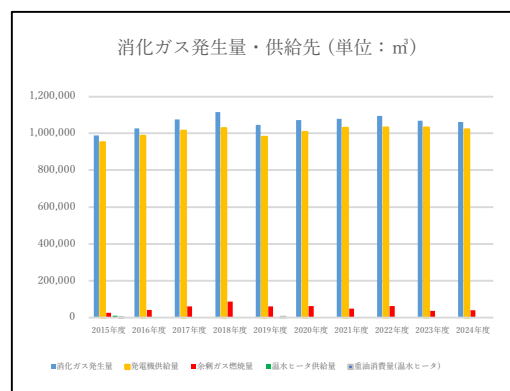


図4-1-2 消化ガス発生量・各供給先：北那須浄化センター

(ウ) 県央浄化センター

①消化ガス発生量・発電機供給量

消化ガス発生量は年間通して多いため、発電機の必要供給量が供給できている。

②余剰ガス燃焼量

年間通して余剰ガス量が多く、発電機が増設可能である。

③重油使用量

消化ガス発電の熱量だけでは、消化槽の保温はできないため、消化ガスを燃料として供給している。重油は使用していない。

上記結果を図4-1-3に示す。

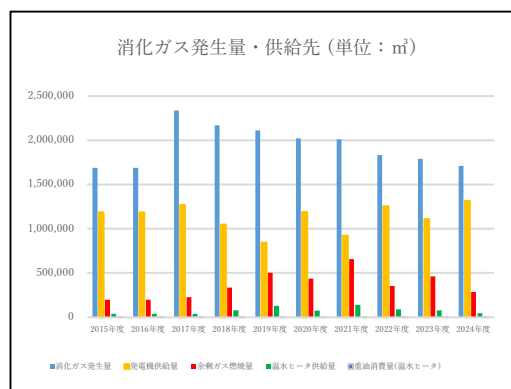


図4-1-3 消化ガス発生量・各供給先：県央浄化センター

(エ) 巴波川浄化センター

①消化ガス発生量・発電機供給量

季節によって、消化ガスの発生量に変化が起きるため、発電量も仕様能力分を発揮する時期、発揮しない時期が起きている。

12～6月：消化ガス発生量が増えるため、発

電量の仕様能力を発揮している。

7～11月：消化ガス発生量が少ないため、発電量の仕様能力を発揮していない。

②余剰ガス燃焼量

年間通して、余剰ガスは発生していない。

③重油使用量

消化ガス発生量の全量が消化ガス発電に供給されているため、冬季になると消化ガスの保温源として、重油を使用している。

上記結果を図 4-1-4 に示す。

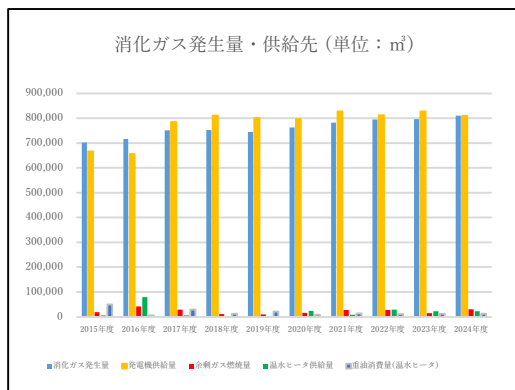


図 4-1-4 消化ガス発生量・各供給先：巴波川浄化センター

(オ)大岩藤浄化センター

①消化ガス発生量・発電機供給量

消化ガス発生量は年間通して、多いため、発電機の必要供給量が供給できている。

②余剰ガス燃焼量

年間通して余剰ガス量が多く、発電機が増設可能である。

③重油使用量

消化ガス発電の熱量だけでは、消化槽の保温はできないため、消化ガスを燃料として供給している。重油は使用していない。

上記結果を図 4-1-5 に示す。

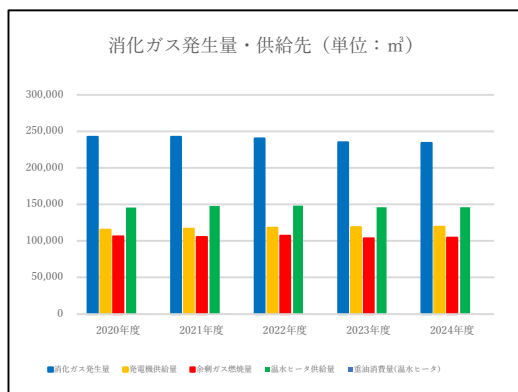


図 4-1-5 消化ガス発生量・各供給先：大岩藤浄化センター

(カ)思川浄化センター

①消化ガス発生量・発電機供給量

消化ガス発生量は年間通して、多いため、発電機の必要供給量が供給できている。

②余剰ガス燃焼量

年間通して余剰ガス量が多く、発電機が増設が可能である。

③重油使用量

消化ガス発電の熱量だけでは、消化槽の保温はできないため、消化ガスを燃料として供給している。重油は使用していない。

上記結果を図 4-1-6 に示す。

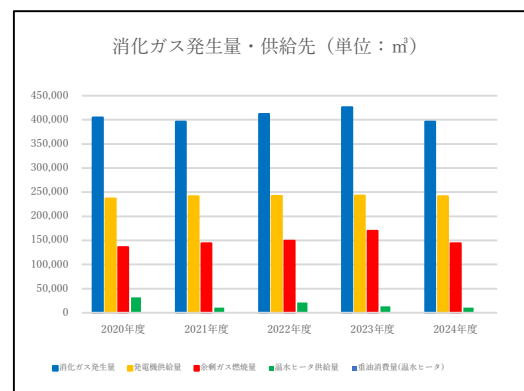


図 4-1-6 消化ガス発生量・各供給先：思川浄化センター

(2) 消化ガス発電設備の性能発揮のまとめ

(ア)鬼怒川上流浄化センター

稼働率は 78～92% で推移している。78% と稼働率が低いときは、故障が多かったことにより起因している。

故障が少ない年でも消化ガスの発生量が年間通して、不足しているため、発電量も仕様能力分を発揮していない。年間通して 80～90 日しか、仕様能力の発電ができていない。

上記結果を図 4-2-1 に示す。

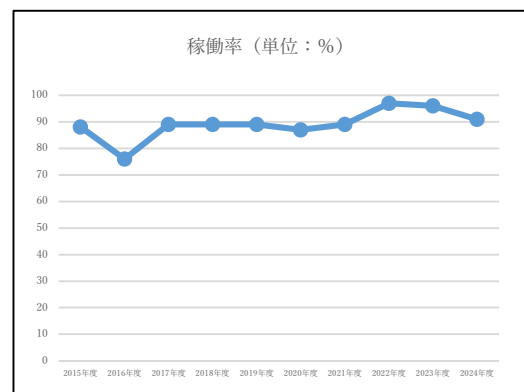


図 4-2-1 消化ガス発電の稼働率鬼怒川上流浄化センター

(イ) 北那須浄化センター

稼働率は 87～97% で推移している。87% と稼働率が低いときは、発電機の導入 1 年目の故障が多い年に起因している。導入 1 年目以外は故障が少なく、92～97% で高水準を推移している。

季節によって、消化ガスの発生量に変化が起きるため、発電量も仕様能力分を発揮する時期、発揮しない時期が起きている。

1～6 月：消化ガス発生量が多いため、発電量の仕様能力を発揮している。

7～12 月：消化ガス発生量が少ないため、発電量の仕様能力を発揮していない。

上記結果を図 4-2-2 に示す。

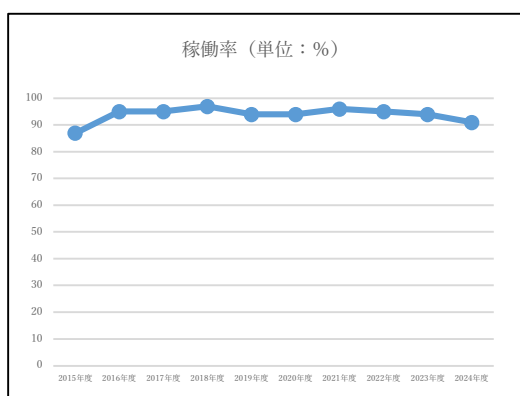


図 4-2-2 消化ガス発電の稼働率：北那須浄化センター

(ウ) 県央浄化センター

稼働率は 61～95% で推移している。61% と稼働率が低いときは、故障が多かったことにより起因している。

故障が少ない年は、95% の高水準を推移している。

上記結果を図 4-2-3 に示す。

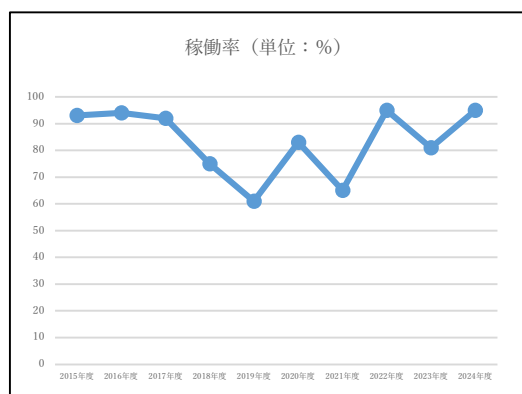


図 4-2-3 消化ガス発電の稼働率：県央浄化センター

(エ) 巴波川浄化センター

稼働率は 76～97% で推移している。76% と稼働率が低いときは、故障が多かったことにより起因している。

故障が少ない年は、97% の高水準を推移している。

季節によって、消化ガスの発生量に変化が起きるため、発電量も仕様能力分を発揮する時期、発揮しない時期が起きている。

1～6 月：消化ガス発生量が多いため、発電量の仕様能力を発揮している。

7～12 月：消化ガス発生量が少ないため、発電量の仕様能力を発揮していない。

上記結果を図 4-2-4 に示す。

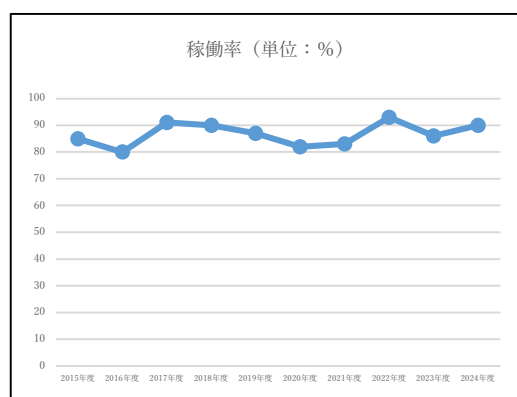


図 4-2-4 消化ガス発電の稼働率：巴波川浄化センター

(オ) 大岩藤浄化センター

稼働率は 98～100% で推移している。発電損失も少なく、高水準で稼働できているのが分かる。

上記結果を図 4-2-5 に示す。

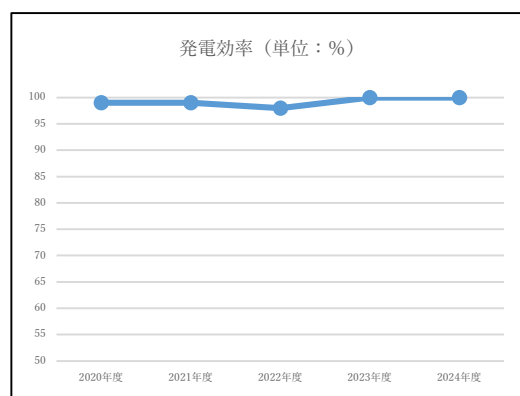


図 4-2-5 消化ガス発電の稼働率：大岩藤浄化センター

(カ) 思川浄化センター

稼働率は 84～100% で推移している。84% と稼働率が低いときは、発電機の導入 1 年目の故障が多い年に起因している。導入 1 年目以外は、92～

97%で発電損失もなく、高水準で稼働できているのが分かる。

上記結果を図 4-2-6 に示す。

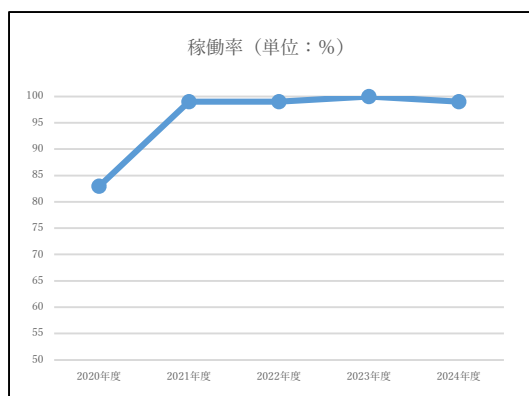


図 4-2-6 消化ガス発電の稼働率：思川浄化センター

稼働率の高さから故障が少ないのが分かる。

上記結果を図 4-3-2 に示す。

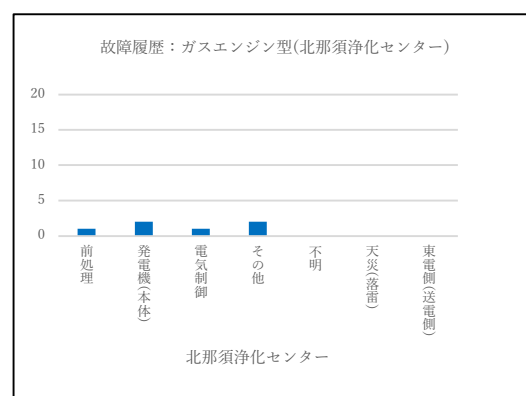


図 4-3-2 消化ガス発電の故障履歴：ガスエンジン型

(3) 発電設備の故障状況のまとめ

(ア) 燃料電池型

鬼怒川上流浄化センター・県央浄化センター・巴波川浄化センターが対象となる。燃料電池型は、水素抽出設備の故障が多数を占めているのが分かる。原因としては、改質器の温度高(温度上昇)であった。上記の故障発生時期が夏季に集中しているため、燃料電池型は外気温の上昇環境下に適性がないことが分かる。

故障対策として夏季には、105kW→100kW に発電出力を下げている。

上記結果を図 4-3-1 に示す。

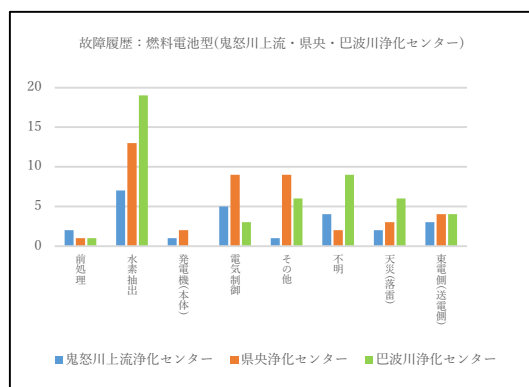


図 4-3-1 消化ガス発電の故障履歴：燃料電池型

(ウ) 燃料電池型とガスエンジン型の比較

故障回数からも燃料電池型が多く、ガスエンジン型が少ないのが分かる。原因としては、設備点数の違いである。外気温の上昇に伴い、故障が頻出する水素抽出設備の改質器がガスエンジン型はないため、燃料電池型とガスエンジン型の故障回数に差が生じている。

(4) 現発電設備の損益のまとめ

(ア) 鬼怒川上流浄化センター

2015 年の導入から、約 14 年目の 2029 年に収益になると考えられる。

上記結果を図 4-4-1 に示す。

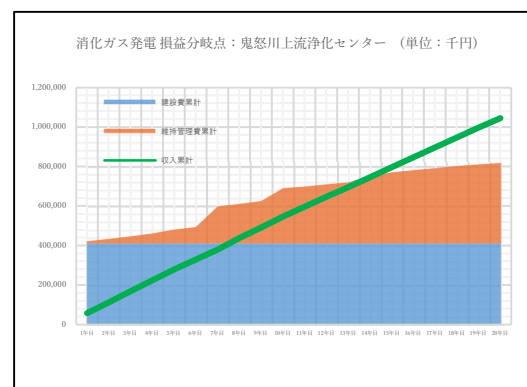


図 4-4-1 消化ガス発電の対運用益：鬼怒川上流浄化センター

(イ) ガスエンジン型

北那須浄化センターが対象となる。ガスエンジン型は故障が少なく、突出した故障内容、原因もないのが分かる。

大岩藤・思川浄化センターもガスエンジン型であるが、民設民営により故障情報が上がってこないため、本調査では対象外とする。だが、4. (2) の

(イ) 北那須浄化センター

2015 年の導入から、約 12 年目の 2027 年に収益になると考えられる。

上記結果を図 4-4-2 に示す。

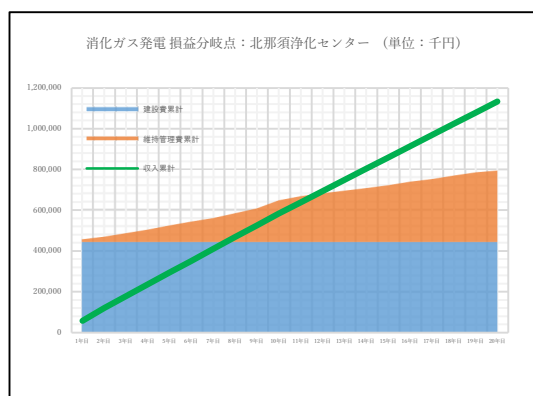


図 4-4-2 消化ガス発電の対運用益：北那須浄化センター

(ウ) 県央浄化センター

2015 年の導入から、約 11 年目の 2026 年に収益になると考えられる。

上記結果を図 4-4-3 に示す。

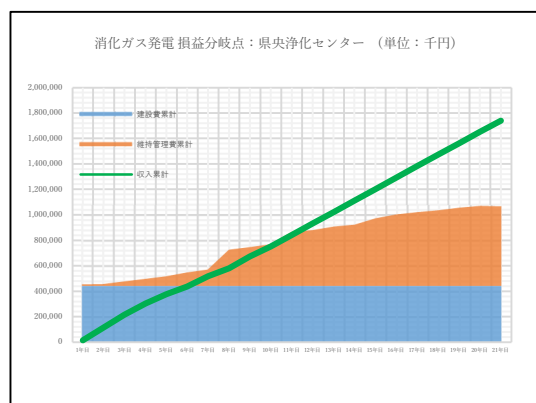


図 4-4-3 消化ガス発電の対運用益：県央浄化センター

(エ) 巴波川浄化センター

2015 年の導入から、約 12 年目の 2027 年に収益になると考えられる。

上記結果を図 4-4-4 に示す。

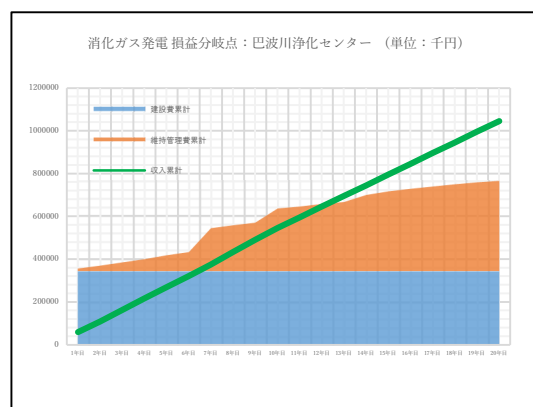


図 4-4-4 消化ガス発電の対運用益：巴波川浄化センター

(オ) 大岩藤浄化センター

2020 年の導入から、約 1 年目から収益になる。2024 年度末で約 400 万(1 年あたり約 100 万)程の利益となる。

上記結果を図 4-4-5 に示す。

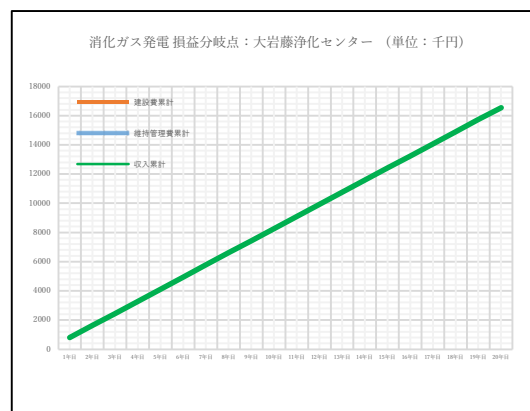


図 4-4-5 消化ガス発電の対運用益：大岩藤浄化センター

(カ) 思川浄化センター

2020 年の導入から、約 1 年目から収益になる。2024 年度末で約 1,200 万(1 年あたり約 240 万)程の利益となる。

上記結果を図 4-4-6 に示す。

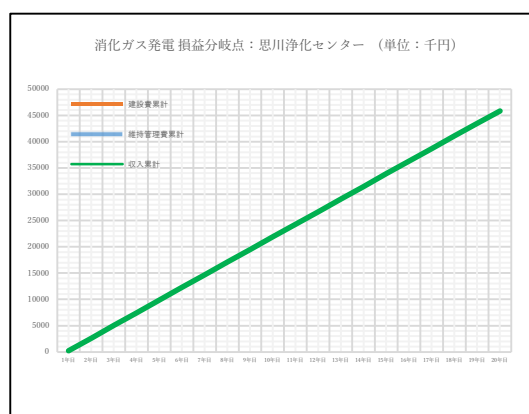


図 4-4-6 消化ガス発電の対運用益：思川浄化センター

5. 総論

4. (1)、4. (2) から県央浄化センター、大岩藤浄化センター、思川浄化センターの 3 浄化センターについては、増設が可能である。

増設する機器については、4. (3) で得られた故障情報から故障の少なく、発電損失の少ないガスエンジン型が良いと考えられるが、近隣への騒音・振動の配慮を行う場合は、燃料電池型が良いと考えられる。

燃料電池型を採用している、県央浄化センターは、隣接に公共施設の県立上三川高等学校がある。

対運用益については、4.(4) から、県内 6 浄化センターすべてが収益となることがわかった。

6. 考察

(1) 増設の試算

消化ガス発電の増設が有効な県央浄化センター、大岩藤浄化センター、思川浄化センターの 3 浄化センターにおいて、追加可能な発電仕様・発電容量及び台数について算出を行った。

増設機器の選定においては、5. 総論からガスエンジン型を採用とする。

余剰ガス量においては、消化ガス発電機の導入から、年間で消化ガス発電機の稼働率が高い年を対象とした。

表 6 に増設の試算を示す。

表 6 消化ガス発電設備 増設の試算

	県央	大岩藤	思川
余剰ガス量 (m ³ /年)	280,000	145,000	145,000
増設可能台数 (台)	2	1	1
発電量 (kW/年) ※1台当たり	219,000	219,000	214,620
消化ガス供給量 (m ³ /年) ※1台当たり	136,875	120,000	121,000

(ア) 県央浄化センター

増設機器について、既設の発電機 105 kW/台では運転に必要な余剰ガス量は不足するので、北那須浄化センターのマイクロガスエンジン 25 kW/台をベースに試算した。導入する時は、騒音・振動の対策が必要である。

余剰ガス量に対し、25 kWのマイクロガスエンジンが 2 台増設可能である。

(イ) 大岩藤浄化センター

余剰ガス量に対し、既設の 25 kWマイクロガスエンジン 1 台が増設可能である。

(ウ) 思川浄化センター

余剰ガス量に対し、既設の 24.5 kWマイクロガスエンジン 1 台が増設可能である。