

浄化センター等における効率的な除草方法の検討について

(公財)とちぎ建設技術センター 石川 恭子

1. はじめに

現在、栃木県 6 流域浄化センター及び下水道資源化工場（以下浄化センター等）では機械式除草のハンドガイド・刈払機による除草を実施している。

浄化センター等の敷地は、将来の施設増設(高度処理を含む)に備えた広大な未利用地を有しており、その除草作業には多くの時間と労力(費用)を要している。

そこで本研究では、令和 6 年度に浄化センター等で導入可能な 5 つの除草方法(機械除草・除草剤・ヤギ除草・防草シート・砂利敷き)について比較検討を行った。その結果に基づき、令和 7 年度には除草剤とヤギ除草を用いた実証実験を行い、効率的な除草方法の確立に向けた調査研究を行った。

2. 浄化センター等における緑地管理の現状と課題

浄化センター等では緑樹管理委託業務により、敷地内(中継ポンプ場含む)の樹木剪定、薬剤防除、除草、芝刈を行っている。供用開始から 40 年以上経過している場所もあり、敷地内の雑草の繁茂化や樹木の高木化が進んでいる。

緑樹管理委託費用の内訳では、除草費が 4 割を占めている。その主要因としてハンドガイドが使用できない箇所（法面等）の除草では作業単価の高い刈払機を使用せざるを得ず、除草費用の割合を高める要因となっている。

除草費用の増大は維持管理予算を圧迫しており、除草範囲の拡大や、適切な樹木剪定の実施が困難になるという課題があり、浄化センター等における従来の除草方法を見直し、効率化を図る必要がある。

3. 緑地管理方法の検討について

はじめに浄化センター等で導入可能なくつかの除草方法(機械除草・除草剤散布・防草シート・砂利敷き・ヤギ除草)について、それぞれの得失を比較し検討を行った。その結果を表 1 に示す。

表 1 比較検討の結果

評価項目	①機械除草 (ハンドガイド・刈払機)	②除草剤散布	③防草シート施工	④砂利敷き施工	⑤ヤギ除草(ヤギレンタル)
効果(持続性)	△ 除草後、草の伸張や 年複回りの作業要	◎ 適切な薬剤選定使用方法 により連年の除草効果有	◎ 連年除草効果有 施工後長期効果有	◎ 連年除草効果有 施工後長期効果有	◎ 適切な連年除草効果有
環境への影響	○ 機械使用有	△ 人為的な化学物質である 除草剤の適切な管理が必要	○ 施工時、機械使用有	○ 施工時、機械使用有	◎ 生物を使用しており環境 負荷低
安全性	△ 施工時、危険性の高い機 械の使用有 作業中は、見学者への配 慮要	○ 散布中、散布直後は、見 学者への配慮要	△ 施工時、危険性の高い機 械の使用有 作業中は、見学者への配 慮要	△ 施工時、危険性の高い機 械の使用有 作業中は、見学者への配 慮要	○ 見学者が近寄る場合は安 全対策要
法規制	○ 適合	○ 適合	○ 適合	○ 適合	○ ヤギ所有者は畜舎伝染病 予防法及び動物取扱法に 基づく適切な管理が必要
除草可能な草の種類	◎ 全種類対応可	◎ 植生にあった適切な薬剤 選定、使用法により概ね 全種類対応可	◎ 全種類対応可	○ 多少雑草が生える可能性 有	△ 除草不可の雑草 (毒草、不燃性植物) 被害の発生防止の要あり
除草地の土地利用	◎ 駐車場等利用に問題無	◎ 駐車場等利用に問題無	△ 利用範囲に一部制限有 (駐車場不可)	◎ 駐車場等利用に問題無	○ 使用目的により雑草など によりヤギの移動を制限す る必要有
雑草	○ 除草後の草が目立つ可能 ○ 他があるが土地利用上は 問題ない程度	○ 雑草が目立つ可能性があ るが土地利用上は問題な い程度	◎ 雑草無	◎ 雑草無	○ 食べ残しの草が残るが土 地利用上は問題ない程度
その他					⑤除草費、施設公開等の 普及啓発事業で活用でき る。

凡例 ◎: 極めて良、○: 普通、△: 劣る

比較対象である除草剤・ヤギ除草は植生の把握に、より適切な除草方法の検討と効果確認を行う必要があることから実証実験を行った。

4. 雑草抑制試験について

(1) 除草剤による雑草抑制試験について

除草剤による雑草抑制効果は、雑草の植生や薬剤の使用方法により変化するため、机上での効果検討が困難である。そのため

除草剤の検討にあたっては、下水処理場におけるフィールド試験を行うこととした。

本フィールド試験により、雑草植生の把握に基づく薬剤種類の選定、効果的な薬剤散布量・回数の検証、散布効果の確認を行った。

ア 試験方法

(ア)試験区

鬼怒川浄化センター

消化槽北側空き地

1 試験区あたり (10×20m)

比較対象区として 3 試験区準備

令和 7 年 2 月中にあらかじめ雑草刈払を実施

試験区域図を図 1 に示す。

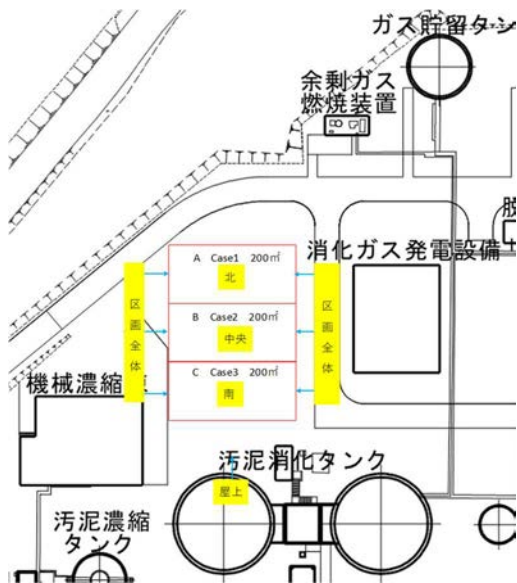


図 1 試験区域

(イ)雑草植生調査の実施

除草剤の選定・効果確認のために、令和 6 年 9 月に除草剤散布試験予定地における雑草植生調査を行った。その結果を表 2 に示す。

表 2 植生調査の結果

雑草名			繁殖期（花季）	草丈　外
セイタカアワダチソウ	キク科	多年草	9～10	地下茎繁殖　要注意外来生物　150～300cm
エノコログサ	イネ科	1年草	8～11	50～80cm
イヌタデ	タデ科	1年草	6～10	20～50cm
イヌビユ	ヒユ科	1年草	7～10	30～70cm
カナムグラ	アサ科	1年草	8～10	ツル性
カヤツリグサ	カヤツリグ	1年草	8～10	20～60cm
クズ	マメ科	多年草	7～9	ツル性　地下茎
コセンダングサ	キク科	1年草	9～11	50～110cm
スギナ	トクサ科	多年草	3～4	30～40cm　地下茎
ススキ	イネ科	多年草	8～10	100～200cm
ツユクサ	ツユクサ科	1年草	6～10	20～50cm
ヒメジョオン	キク科	1年草	6～10	30～100cm
メヒシバ	イネ科	1年草	7～10	40～70cm　グリホサート抵抗性
ヤブカラシ	ブドウ科	多年草	7～9	ツル性　地下茎
ヨモギ	キク科	多年草	9～10	50～120cm
ウルナスビ	ナス科	多年草	6～10	40～70cm　地下茎
クワクサ	クワ科	1年草	8～10	30～80cm
地下茎繁殖など難防除雑草				

雑草種類に偏りは少なく、多種多様な雑草が繁茂していた。

また、その中には一般的な除草剤の効果が出にくい「地下茎繁殖型の多年生雑草」、「グリホサート系除草剤に耐性のあるイネ科雑草」が確認できた。

(ウ)除草剤の選定

除草剤には大きく分けて以下の 2 種類がある。

a 土壌処理剤

雑草の発芽を阻害し生えなくする効果
効果持続期間の長い薬剤種が多い
すでに生えている草を枯らす効果はやや劣る

b 茎葉処理剤

生えている雑草の茎葉を枯らす効果
茎葉を通じて根を枯らす効果(グリホサート系)

土壌での分解性が高い(安全性が高い)薬剤が多い

効果持続性は比較的短い

今回の実施試験では、散布コストを低減するために薬剤の効果持続性が高い「土壌処理剤(ブロマシル系除草剤)」と、地下茎増殖型雑草に対応するため、根を枯らす効果のある「茎葉処理剤(グリホサート系除草剤)」を選定し、以下の3ケースについて検証実験を行った。

Case1 ①土壌処理剤 二回散布

Case2 ①土壌処理剤 一回散布
+②茎葉処理剤 一回散布

Case3 ②茎葉処理剤 二回散布

なお使用する土壌処理剤・茎葉処理剤の詳細は以下のとおりである

a 土壌処理剤

ブロマシル系(商品名 丸和ハイバーX 農薬登録 23832)

一回散布量 100g/200 m² (200 倍希釈で散布)

b 茎葉処理剤

グリホサート系(商品名 ラウンドアップマックスロード 農業登録 21766)

一回散布量 100ml/200 m² (100 倍希釈で散布)

(エ) 除草剤散布時期

a 土壌処理剤(ブロマシル)

1 回目散布 3 月中旬
(発芽抑制のため雑草発芽前に散布)
2 回目散布 草丈 約 50cm 時
(最大散布回数 2 回まで)

b 茎葉処理剤(グリホサート)

1・2 回目散布 草丈約 50cm 時
(最大散布回数 2 回まで)

イ 試験結果

効果確認 各 Case の効果持続力

(ア) Case1 ①土壌処理剤 二回散布

初回の 0.5g/m² 散布濃度では雑草抑制効果が限定的であり約 70 日後には雑草草丈が 30cm 程度となった。

ここで第 2 回散布を行い、土壌中薬剤濃度が約 1g/m² になると、長期雑草抑制効果を発揮した。

土壌処理剤による既に生えている雑草の枯殺速度は比較的遅く 2 週間程度要する。

土壌処理剤は土壌に散布されて効果を発揮するため、枯れ雑草や刈り倒した雑草が地面に積み残っていると効果が減少する。

雑草が大きくなってからでは効果的に地面に散布することが難しくなるため、雑草繁茂前の春彼岸頃の散布が望ましい。

また薬剤効果期間が長いため、第 1 回目の散布時から 1g/m² の濃度で薬剤散布を行うことで、雑草繁茂期の約 7 ヶ月(4～10)月雑草を抑制できることが期待される結果となった。

(イ) Case2 ①土壌処理剤 一回散布

+②茎葉処理剤 一回散布

初回の 0.5g/m² 散布濃度では雑草抑制効果が限定的であり約 70 日後には雑草草丈が 30cm 程度となった。

2 回目に茎葉処理剤を散布し、比較的速やかに雑草は枯殺できたが、抑制持続期間が短く、約 2 ヶ月で試験区全体が雑草で覆われた。

雑草繁茂期の約 7 ヶ月雑草を抑制するには、初回土壌処理剤散布(0.5g/m²)に加え、茎葉処理剤散布を 2 回散布する必

要があり、散布コストが増加する結果となった。

(ウ)Case3 ②茎葉処理剤 二回散布

茎葉処理剤は散布後1週間程度で雑草を枯殺するが、効果期間は約2ヶ月程度であるため、4～10月の7ヶ月間雑草を抑制するには、3回程度の散布を要する。

散布コストが増加する事が想定される。

Case1～3の試験結果についてそれぞれの薬剤効果による草丈概念と抑草持続期間を図2に示す。

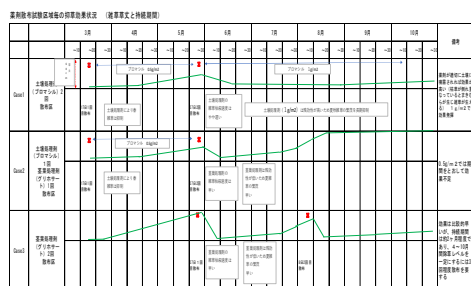


図2 Case1～3の試験結果

ウ 除草剤による雑草抑制フィールド試験 所見

除草剤散布にかかる費用は大きく分けて「薬剤費」「散布人件費」に分かれるが「散布人件費」の比率が大きくなる。そのため散布回数を減らすことが本調査の主旨である管理費用の低減に最も効果がある。

今回の試験結果において、散布回数を最も少なく出来る可能性のある除草剤の使用方法は、土壌処理剤(プロマシル)を、散布濃度 $1\text{g}/\text{m}^2$ にて、春彼岸ごろ散布することが長期雑草抑制に効果的であると思われる。

土壌処理剤は地面に付着する必要があり、雑草による散布ムラが生じやすいので、部分的に繁茂した雑草はグリホサートなどの茎葉処理剤で補うことがより効果的であると思われる。

グリホサート系茎葉処理剤は他の茎葉処理剤と異なり、「根まで枯らす」効果が高いため、茎葉処理剤の中では比較的效果期間は長い。また地下茎繁茂型雑草への効果が見込まれる。

一方、グリホサート系除草剤には抵抗性雑草が確認されている。今回の試験ではグリホサート散布1年目であるため顕著には見られなかったが、2年目以降オヒシバ・アレチノギク・ネズミムギなどのグリホサート抵抗性雑草が優占化することが想定される。

その場合別成分の薬剤(グルホシネート系など)の散布も適宜組み合わせる必要が生じる。

(2)ヤギによる雑草抑制試験について

ヤギ除草とは環境に配慮した除草方法である。利点はヤギが継続的に草を食べることによって、刈り取った雑草の処分が不要となる点である。さらにヤギが草丈を低く維持し続けるため、除草効果の高い持続性を有する。

ア 試験方法

(ア)試験区

北那須浄化センター

管理棟東側増設予定地

(全体の試験区 1800 m^2)

1試験区あたり 84 m^2 ($12 \times 7\text{m}$)

比較対象区として10試験区(A～J)準備

試験区域図を図3に示す。

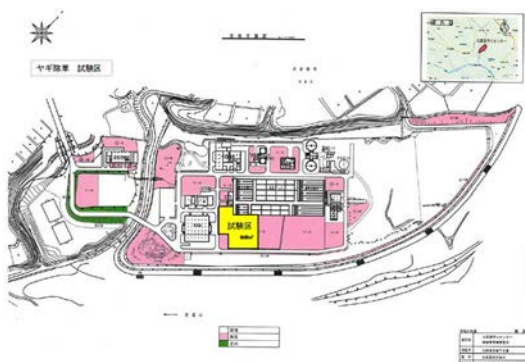


図3 試験区域図

(イ) 雑草植生調査の実施

ヤギの受入れ・効果検証のために、令和7年9月にヤギ除草試験予定地における雑草植生調査を行った。

さらに、ヤギによる雑草の摂食による植生の変化を調べるため、10月にも同様の調査を行った。

その結果を図4に示す。

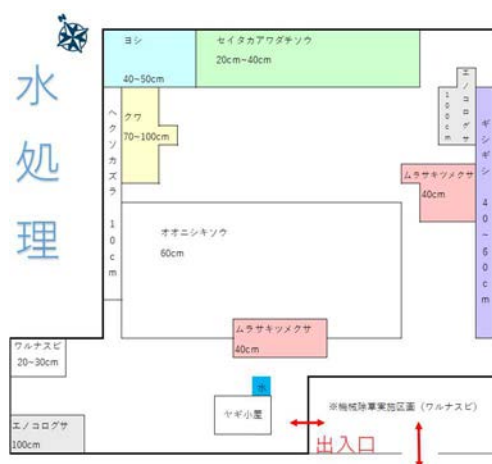


図4 植生調査の結果

(ウ) ヤギ受け入れの環境整備

令和7年9月～10月末の2ヶ月間、ヤギを3頭レンタルし試験区内に放牧させる。

ヤギの脱走防止のため、試験区外側に電気柵を設置、また来場者へ向け感電防止のためその外側にロープを張り危険表示を行った。

日除け・雨宿り・休憩用に2×3mの小屋を設置。小屋内にミネラル補給分の岩塩と飲用水を用意。

今回の実証実験では、ヤギの嗜好性により雑草効果への影響を検証するために、以下の3Caseについて実証実験を行った。

Case1 試験区全面放牧

Case2 東側12×28mの区画割り

Case3 西側24×21mの区画割り

試験区とヤギ受入れ環境を図5に示す。

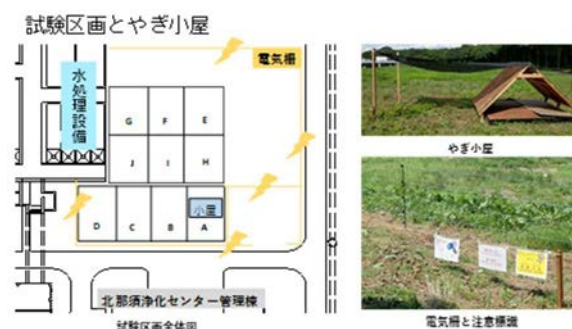


図5 試験区域

イ 試験結果

(ア) Case1 試験区全面放牧

放牧面積1800㎡ ヤギ2頭⇒3頭

9月1日～10月7日までの間にクワ、ヘクソノカズラ、ヨシ、オオニシキソウを食べ尽くしたことを確認した。しかし高い気温と湿度の影響で日中の多くを日陰で休んでいたため、食べ尽くした雑草を除くと、食べる速度より雑草が伸びる速度の方が早い状況だった。嗜好性が高いとされているムラサキツメクサは多く残った。

その結果を図6に示す。

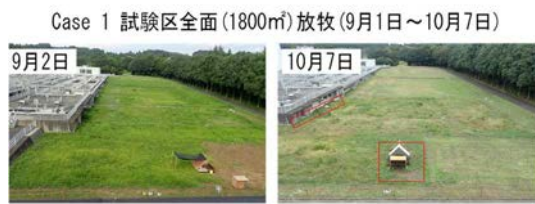


図6 Case1 試験結果

(イ)Case2 東側 12×28mの区割り 24 分割
放牧面積 336 ㎡、ヤギ 3 頭

10 月 8 日～15 日までの間でエノコログサを食べ尽くした。

区画を調整し食べる範囲が限られたことから、それまで嗜好性の低いとされていたセイタカアワダチソウも食べるようになり、7 日間で区画の雑草がほとんど消失した。

区画をそれぞれ 6 分割(14 ㎡)し、草丈を測定した。10 月 8 日時点では空き地利用が可能な高さの目安である 10cm 以下の箇所は 7 箇所であったが、10 月 15 日時点では 16 箇所となった。

7 日間で 126 ㎡を除草したことから、1 頭あたり 6 ㎡/日を除草した。

その結果を図 7 に示す。

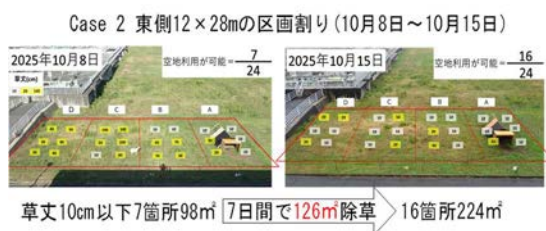


図7 Case2 試験結果

(ウ)Case3 西側 24×21mの区割り 36 分割
放牧面積 504 ㎡、ヤギ 3 頭

10 月 16 日～31 日までの間でエノコログサが食べ尽くされた。

この頃から秋の雑草の新芽が発生していたがその多くはキク科の植物で、ヤギたちの嗜好性は低かった。

秋の雑草の中ではススキを好んで食べており、食べ尽くした。

セイタカアワダチソウは黄色い花の部分以外は食べ尽くした。

草丈を測定した 10 月 16 日時点では 10cm 以下の箇所は 0 箇所であったが、10 月 31 日時点では 17 箇所となった。

15 日間で 238 ㎡を除草したことから、1 頭あたり 5 ㎡/日を除草した。

その資料を図 8 に示す。

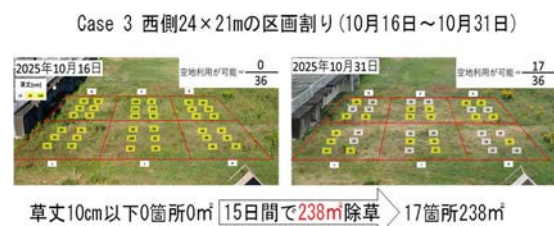


図8 Case3 試験結果

ウ ヤギ除草による雑草抑制フィールド試験
所見

今回の試験で用いるヤギはその特徴として群れで暮らす習性を持つ生き物のため最低 2 頭が必要になることから、より高い除草効果を得るため 3 頭を用意した。

頭数が多ければ多いほど除草効果は上がるが、ヤギ除草の費用の中で「ヤギのレンタル費」の比率が大きくなる。そのため、除草効果を維持しつつ、頭数を調整することが管理費を抑える上で必要となる。

今回の試験結果において、夏場の雑草の成長速度に合わせて頭数を 3 頭に設定した。食べられる雑草が発生する 5 月から 2 頭でヤギ除草することで夏場に向けても 2

頭のまま草丈の低い状態が維持できると考えられる。

ヤギは広い範囲を放牧させると嗜好性の高い雑草を好んで食べることから、一定の範囲内で除草させることが望ましい。

試験を行うなかで、生き物を扱う上でヤギの健康管理、換毛や小屋内でトイレをすることもあるため定期的な小屋の清掃、飲用水の確保など適切な環境を整え見守る必要があることが分かった。

個体差もあるが一部去勢していないヤギは独特の臭気があり、群れの中の序列を気にする場面もあるため、迎える際には、個体の特徴などを事前に確認することで適切な対応ができると思われる。

5. まとめ

雑草の繁茂時期は5月～10月となる。
緑樹管理委託業務による機械除草は年に2～3回実施しているが、雑草抑制持続期間が短いため、年間を通して一定の草丈を維持するには月1回(年6回)行う必要がある。これにかかる費用は1aあたりハンドガイド式では220,000円、肩掛け式では879,000円となった。

5つの除草方法ではで除草剤散布は最も安価で135,000円であった。適切な薬剤の選定により通年一定の草丈を維持できることから、薬剤が使用できる箇所での除草に適している。

防草シートは264,000円、砂利敷きは178,000円となり、初期費用が高額ではあるが年間を通して良好な雑草抑制効果が期待できる。

ヤギ除草は280,000円と費用はかかるが、人や機械が入りにくい場所や薬剤が使用でき

ない施設で効果を発揮し、継続的な雑草の摂取により一定程度の除草効果が持続できる。

現場の状況、空き地の利用用途に応じて適した除草方法を選択することで、効率的な除草効果が得られることが分かった。

各除草方法の効果・コスト試算をまとめた結果を表3に示す。

表3 各除草方法のまとめ

対策項目	①機械除草		②除草剤散布	③防草シート施工	④砂利敷き施工	⑤ヤギ除草 (ヤギレンタム)
	(ハンドガイド式)	(肩掛け式)				
効果(持続性)	△ 雑草の生育期には、良好な除草効果と維持するが、その後の生育期には、除草効果が必要となる。(10月～12月、1月以降効果)	△ 雑草の生育期には、良好な除草効果と維持するが、その後の生育期には、除草効果が必要となる。(10月～12月、1月以降効果)	◎ プロセシム系除草剤(土壌残留型)は、効果持続性が高く、除草効果と維持できる。除草剤散布による除草効果は、除草剤散布による除草効果と維持できる。	◎ 防草シートは、年間を通して、除草効果と維持できる。更に、防草シートは、除草効果と維持できる。更に、防草シートは、除草効果と維持できる。	◎ 防草シートは、年間を通して、除草効果と維持できる。更に、防草シートは、除草効果と維持できる。更に、防草シートは、除草効果と維持できる。	◎ 適切な時期に適切な除草効果と維持する。更に、適切な時期に適切な除草効果と維持する。更に、適切な時期に適切な除草効果と維持する。
コスト試算 (円/10a/10年)	220,000円	879,000円	135,000円	264,000円	178,000円	280,000円
備 考	・効果がすぐ得られる ・持続期間が短い	・効果がすぐ得られる ・効果持続性が高い	・除草の効果が持続 ・除草剤散布による除草効果と維持できる	・防草効果が持続 ・除草効果が持続 ・除草剤散布による除草効果と維持できる	・防草効果が持続 ・除草効果が持続 ・除草剤散布による除草効果と維持できる	・除草効果が持続 ・除草剤散布による除草効果と維持できる

△ 効果 ◎ 効果 〇 効果 △ 効果

6. 所見

今回の調査によりハンドガイド式機械除草を除草剤に代替できる事が確認できた。鬼怒川上流浄化センターでは増設予定地をドクターヘリ離着陸場として活用しており、当該箇所の雑草は常に草丈が低いことが求められる。除草剤散布によって効率的に雑草を管理できると考えられる。

今回予備的に廃棄物処分場の副産物である塩化ナトリウム含有浸出水を利用できないか実証試験を行った。除草利用を想定した散布濃度でフィールド試験を実施したが、効果は見られなかった。

除草剤による雑草抑制費用は「薬剤費」「散布人件費」に分かれるが「散布人件費」の比率が大きい。塩化ナトリウムは安全な除草剤として期待したが、除草効果を得るには、多数回の散布が必要となり散布人件費の増大を招く。コスト低減を目的とした除草剤による雑草抑制は、植生に応じた適切な効果を持つ除草剤を選定し、少な

い散布回数で効果を発揮・持続する薬剤濃度を決定して使用する必要がある。

ヤギ除草については、雑草摂取のために歩き回ることによって雑草が踏み固められ、歩きやすくなるという効果や、浄化センター等で出沒する野生動物や蛇などが、ヤギの匂いを感じ忌避することから安全面での良き影響があった。

SDGs の観点からも環境配慮型の持続可能な除草方法である。

副次的な効果として、下水処理場でのヤギ除草が地元紙に取り上げられ、下水道 PR 活動の一環として活用できた。

しかし生体を活用する故の下記の問題点を確認された。

一つ目に、導入直後の住環境の変化によるホームシックの様な症状が現れ、現場に適応するまでの間、雑草の摂食量が低下すること。

二つ目に、雑草の繁茂時期となる猛暑期に夏バテ状態により摂食量が低下すること。

三つ目に、ヤギを管理する職員負担が生じること等がある。

ヤギの管理に関しては飼育観察から得られる経験がある程度要求される。

ヤギ除草の導入には、これらのヤギの生態及び管理人員等に基づく課題を解決する必要があり、当センターにおいて現時点で導入することは難しいと考えられる。

ヤギ除草導入への課題の解決及び、除草剤散布の実用化等、状況に応じて他除草方法の取入れを検討し、今後の浄化センター等の緑樹管理の効率化を図りたい。