

# 加古川・揖保川での河川維持管理における 堆肥化の取り組みに関する報告

衣斐 俊貴<sup>1</sup>・安井 潤<sup>2</sup>

<sup>1</sup>近畿地方整備局 大和川河川事務所 調査課 (〒583-0001大阪府藤井寺市川北3-8-33)

<sup>2</sup>近畿地方整備局 琵琶湖河川事務所 工務課 (〒520-2279滋賀県大津市黒津4-5-1)

加古川・揖保川では、河川の維持管理のため年2回の堤防除草を行っている。除草によって発生した刈草は、一般廃棄物として処理しており、処分費用が深刻な問題となっている。一方、ゴミの減量化の観点からも、堤防の刈草をリサイクル活用することは重要である。加古川・揖保川の両河川では、刈草を堆肥として活用するため、2012年度（平成24年度）から堆肥化に着手、2014年度（平成26年度）から堆肥として登録・配布を行っている。本報告では、これまでの取り組み概要や具体的なコスト縮減効果、生産過程における留意点及び外来植物種子の死滅実験について結果をとりまとめるとともに、新たな堆肥化の簡素化手法を提案するものである。

キーワード 維持管理，コスト縮減，堆肥化

## 1. はじめに

姫路河川国道事務所では兵庫県南西部を流れる揖保川・加古川の二つの河川を管理している。揖保川は全長約70km、流域面積約810km<sup>2</sup>。加古川は全長約96km、流域面積約1,730km<sup>2</sup>の兵庫県下最大の一級河川である（図1）。

各河川では日々の河川維持管理（堤防管理）のため、毎年出水期前・後の年二回堤防の草刈りと点検を行っており、刈草の処分には、多大な費用を要している。例えば、揖保川では、草刈りに要する費用のうち約34%が処分費用となっており（図2）、維持管理費を逼迫してきてい

る。このような状況を踏まえ、処分費用の縮減と刈草の再利用・リサイクルによる資源の有効活用を行うべく、揖保川では、2012年度（平成24年度）から加古川では、2015年度（平成27年度）から刈草の堆肥化を実施している。本稿では、昨年度、山田ら<sup>1)</sup>が懸案として発表した内容について最近の堆肥化から得られた知見から考察するとともに、これまでの取り組み概要や具体的なコスト縮減効果、生産過程における留意点及び外来植物種子の死滅実験について結果をとりまとめ、新たな堆肥化の簡素化手法を提案する。



図1. 揖保川・加古川位置図

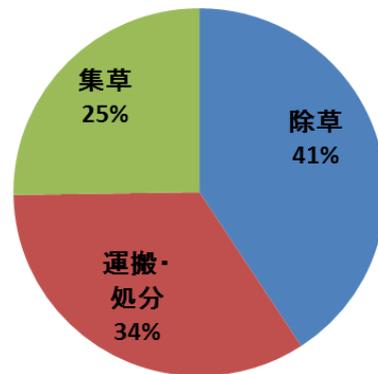


図2. 除草費用の内訳

## 2. これまでの取り組み

### (1)過去の取り組み内容

揖保川では、2012年度（平成24年度）に堆肥化に着手、2013年度（平成25年度）には、学識者の助言を受けながら攪拌を実施。2014年度（平成26年度）は、堆肥としての性能を確認の上、肥料取締法に基づく届け出を行い、「いいほのさと堆肥」と命名し、一般配布を実施。2015年度（平成27年度）は引き続き堆肥化を実施した。一般への配布は3月1日、2日及び3日の計3日間実施し、173名が来場し、170m<sup>3</sup>生産した堆肥の内、140m<sup>3</sup>の堆肥を配布した。加古川では、揖保川の取り組みを踏まえて、2015年度（平成27年度）から堆肥化を実施した。揖保川の「いいほのさと堆肥」と同じく、兵庫県に対して肥料取締法の届け出を行い、「加古川堤防刈草堆肥」と命名した。一般への配布は、2月23日に実施し、生産した52m<sup>3</sup>全ての堆肥を配布した。

### (2)生産方法

2015年度（平成27年度の）堆肥の生産方法は、以下の通りである。

#### a)生産方法概要

「堤防刈草の堆肥化の手順(H25年度策定)」に則って、攪拌、温度管理、水分管理を行って発酵させ、堆肥を生産

揖保川の搬入、攪拌の実施時期

- ・除草・搬入…6～8月
- ・攪拌…8月20日、10月3日、12月18日

加古川の搬入、攪拌の実施時期

- ・除草・搬入…6～8月
- ・攪拌…8月21日、10月7日、10月13日、12月7日

#### b)攪拌のタイミング（温度管理）

- ・定期的に、堆肥用温度計による温度計測を行い、発酵の進行状況の推察と攪拌タイミングを検討した。
- ・「堤防刈草の堆肥化の手順(H25年度策定)」に基づき、温度に低下傾向が見られたタイミングで攪拌を行い、再度発酵を促進させた。その工程を揖保川で3回、加古川で4回実施。
- ・攪拌後に温度の上昇が見られなくなったことを確認し、堆肥が完成したものと判断した。

### (3)コスト削減効果

2015年度（平成27年度）における加古川及び揖保川の堆肥化によるコスト削減結果は表1の通りである。

表1. 堆肥化によるコスト削減額 (万円)

	運搬・処分費用		堆肥化費用 (攪拌・散水+配布作業)		削減額 (①-②-③)
	①有料処分 (運搬費用+処分料)	②堆肥化 (運搬費用のみ)	③総額	1m <sup>3</sup> あたりの堆肥化費用 (搬入時体積)	
加古川 (453m <sup>3</sup> あたり)	114	32	83	1,830円/m <sup>3</sup>	▲1
揖保川 (1035m <sup>3</sup> あたり)	638	126	136	1,310円/m <sup>3</sup>	376

コスト削減を目的に堆肥化を実施したが、加古川では約1万円コストが嵩んでしまった。この原因は、加古川の刈草の処分場が揖保川と比較すると近いため運搬コストの削減幅が小幅なものとなったこと、攪拌作業において揖保川より手間を掛けて攪拌したため堆肥化の費用が嵩んだことの2点である。これら2点については、今後増やす予定の堆肥化範囲選定時に処分場と堆肥化ヤードまでのそれぞれの距離を考慮すること、攪拌作業の効率化により解決できるものと考えている。

## 3. 過年度からの課題

山田ら<sup>1)</sup>は次の点を課題として挙げている。

### ①外来植物種子の死滅確認

特定外来生物を含む外来植物の生育範囲を堆肥配布により拡大させることはあってはならないことから、堆肥の生産過程で外来植物の種子が死滅しているかを確認するため実験を実施した。昨年度、行った実験で使用した堆肥は、堆肥の山の表層部分の1箇所であることから、中心部の温度上昇の把握及び追加実験が必要としている。

### ②最適な攪拌回数、時期、積み上げ方など堆肥化の簡素化手法の確立

昨年度、揖保川で生産した堆肥内部に刈草の原型が残っていることが判明し、これが堆肥内部に酸素が不足し好気呼吸が抑制され、発酵が停止してしまったと考えられることから、堆肥内部が酸素不足とならないような攪拌回数、時期、積み上げ方（積み上げる高さ）の検討が必要としている。

①②の内容を検討するべく2015年度（平成27年度）の堆肥生産において、加古川と揖保川で堆肥の攪拌回数及び積み上げ形状にバリエーションを持たせ、完成した堆肥の出来映えを比較することとした。また、内部の温度変化を把握するために温度データロガーを積み上げた刈草内部に設置し、発酵過程の温度変化を把握することとし、併せて追加実験を実施した。

## 4. 外来植物種子の死滅確認

### (1)継続実験の結果

山田ら<sup>1)</sup>の研究で実験中となっていた外来植物種子の死滅実験を継続し実施した。

#### a)実験概要

特に河川堤防に見られる特定外来種5種（アレチウリ、オオキンケイギク、オオカワヂシャ、オオハンゴンソウ、ナルトサワギク）は春～夏、秋～冬にかけて、発芽～成長～開花する植物が混在している<sup>2)</sup>ことから、長日条件・短日条件下の両条件において実験を実施した。また、

種子の発芽に際して、一定の温度変化や低温を必要とする種子もあるので、実験途中で擬似的に冷蔵庫にて冬期を経験させる。

b)実験方法

- ① 堆肥を中心部・表面部からランダムに5箇所×2の10サンプル採取する。(図3) (各地点5箇所のサンプル×1:サンプル①, 残りのサンプル:コントロール)
- ② サンプル①を2ヶ月間冷蔵庫にて低温保存する。コントロールは暗所にて常温保存とする。
- ③ 2ヶ月後、試験地(野外)においてサンプル①, コントロールを5cm程度の厚さで広げる。(乾かない程度に水分を散布する。)
- ④ 1ヶ月程度を実験期間とし、外来植物の発芽の有無を確認する。同様に短日条件については、図4のスケジュールのとおり実験を実施した。

c)実験結果

いずれのサンプル, コントロールからも外来植物の発芽は確認されなかった。

(2)堆肥内部の温度計測

種子・菌等は、55℃まで温度が上がれば死滅すると考えられており、特にアレチウリについては、53℃~62℃程度の発酵温度があれば種子が死滅することが分かっている。<sup>3)</sup> データロガーによる温度の計測頻度を3時間に1回に設定し、堆肥内部は、湿潤状態であることから防水カプセルに封印後、密閉チャック付きのビニール袋に入れて鉄ピンの先に粘着テープで固定した。加古川では、設置した5個の温度計の内2個は機器の異常のためデータの観測が出来ていなかったため観測できたデータは3つだった。揖保川では、同じく5個の温度計を設置したが内4個は、機器の異常のためデータの観測が出来ていなかった1つしかデータ観測出来なかった。今回実施した堆肥内部の温度計測結果では、いずれの地点も55℃以上の温度上昇を計測(図6・図7)しており発酵過程により種子は死滅していると推定された。

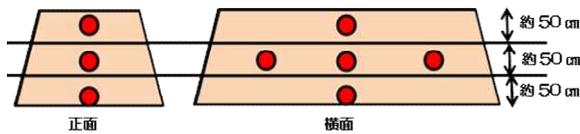


図3. サンプル採取図

	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月
長日条件	←			→								
コントロール	←			→								
短日条件	←						→					
コントロール	←						→					

← : 冷蔵期間  
 → : 発芽試験期間  
 ← → : 常温・暗所保存

図4. 実験スケジュール

(3)考察

種子の発芽実験と堆肥内部の温度計測結果より現在の堆肥生産方法であれば発酵過程において外来種を含む植物の種子は死滅していると考えられるが今後も堆肥の生産・配布を行う中で外来植物の発芽がないかを注視していく必要がある。一方で除草作業の仕様書には、作業に先立ち、外来植物が自生していないか確認することが明記されているため工事監督の立場でも受注業者と協力して堆肥用の刈草に外来植物の混入がないように努める必要がある。

5. 堆肥化の簡素化手法検討

(1)検討概要

加古川と揖保川それぞれで生産した堆肥のボリュームや刈草の積み上げ形状、攪拌回数及び攪拌時間については表2のとおり。各項目の違いと完成した堆肥の出来映えから堆肥化の簡素化手法を検討した。

(2)堆肥の「出来映え」

加古川では、揖保川と比較し約3倍の手間(表2の攪拌時間より)をかけて攪拌を実施した。作業途中には両者の堆肥に違いを感じることはなかったが揖保川の堆肥では、図5のとおり一般配布の際に内部に刈草の原型が残っている状況が確認された。一方で加古川の堆肥は、刈草の原型は確認されず内部まで一様に黒色の堆肥が確認された。

表2. 刈草積み上げ形状と攪拌回数

	体積 (m <sup>3</sup> )	積上形状 (断面積m <sup>2</sup> ×延長m)	積上高 (m※最大)	攪拌回数 (回)	攪拌時間 (min/m <sup>3</sup> )
加古川	453	8.3×55	1.5	4	4.2
揖保川	1035	17.0×60	2.3	3	1.4



図5. 刈草が原型を残している堆肥

(3)堆肥内部の温度計測

堆肥内部の温度変化を確認するためデータロガーによる堆肥内部の温度計測結果を確認することとした。加古川・揖保川の堆肥内部の温度計測結果は図6、図7のとおり。

(4)温度計測結果より

加古川・揖保川ともに攪拌後は、内部温度が約30℃上昇していることが確認出来た。最高温度は、揖保川では、77.2℃と80℃近くまで上昇していた。加古川でも72.5℃と70℃以上の温度を記録した。12月の攪拌後は、温度が上昇せず横ばいもしくは下降している状況が判明した。また、グラフは共に日平均気温であるが揖保川のグラフが滑らかな温度変化を描いている一方で加古川のグラフは、日毎の変化が目立ち、大きな温度変化を記録してい

た。近傍の気象庁の観測地点の日平均気温と比較すると似たような変化をしていることから加古川の堆肥内部が外気温の変化を大いに受けていることが推測される。

(5)考察

攪拌の手間と堆肥内部の最高温度は、比例関係にないが堆肥を置いている形状、特に断面積と日々の温度変化は密接に関係しており、昨年度の揖保川の堆肥と同程度の断面積があれば攪拌により上昇した内部温度を持続させられること及び冬期の攪拌は堆肥内部の温度を下げてしまい、発酵を促す効果がないことが分かった。なお、揖保川の堆肥では一部刈草の原型が残っていたが配布にあたり問題のない水準の堆肥は完成しており、攪拌の手間は、揖保川程度で問題ないと考えられる。

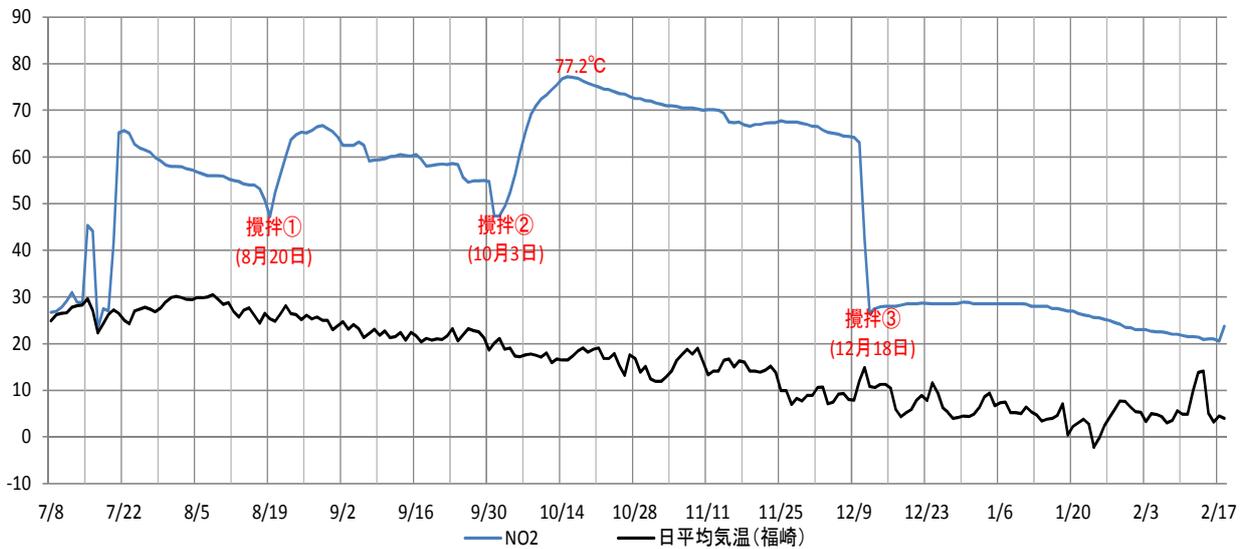


図6. 堆肥内部の温度計測結果 (揖保川)

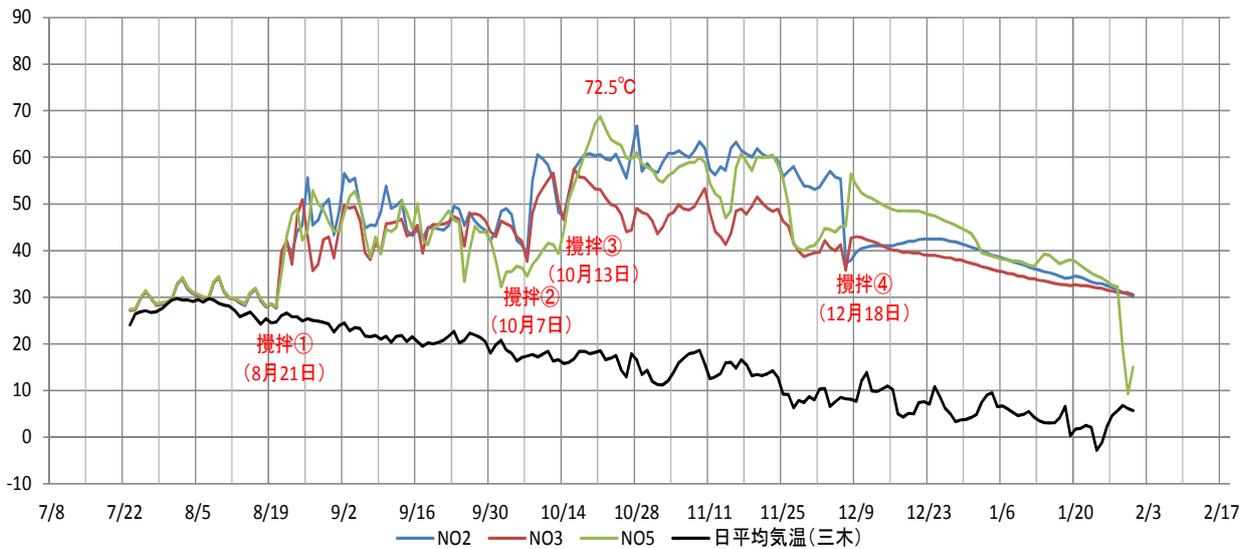


図7. 堆肥内部の温度計測結果 (加古川)

## 6. 新たな堆肥化の簡素化手法の提案

加古川と揖保川の堆肥生産方法の違い、堆肥内部の温度計測から新たな堆肥化の簡素化手法を提案する。なお、以下の手順は、出水期前（1回目刈り）の除草により発生した刈草の堆肥化手順であり出水期後（2回目刈り）の場合、攪拌のタイミングはこの限りではない。

### ①刈草搬入

刈草を堆肥化ヤードに運ぶ、刈草は出来るだけ早く堆肥の生産場所に運び、ビニール・ペットボトル等のゴミは出来るだけ除去する。締め固めや特別な施設等は不要で、水分を含ませて積み上げる。前年度の完成堆肥を10～20%程混ぜ込むと効率良く発酵する。内部の温度変化が外気温に影響されないよう、安全上問題の無いことを確認のうえ断面積は15m<sup>2</sup>程度（最も高いところで高さ2m以上）を確保し、かまぼこ状に積み上げる。

### ②水分・温度管理

基本的に刈草表面が乾燥状態であっても堆肥内部は湿潤であることが多いため、極端な小雨傾向な場合を除き攪拌時以外に散水は実施しない。ピーク温度及び攪拌時期を把握するため2週間に1回を目安に内部の温度を把握する。

### ③攪拌

堆肥化するまでに2回（8月下旬、10月上旬を目安に）攪拌する、「内側で良く発酵している草」と「外側の発酵していないもの」を混ぜ合わせる。混ぜるタイミングは、温度がピークを過ぎ50℃程度まで低下した時点とし、堆肥内部に空気が入り、発酵過程で内部の空気が無くなること無いよう混ぜ込む。搬入時点の刈草体積1m<sup>3</sup>あたり1分程度の攪拌作業を2回に分けて実施する。（攪拌1回あたりの時間は、搬入した刈草体積が500m<sup>3</sup>であれば4時間程度となる。）

## 7. まとめ

加古川と揖保川の堆肥生産方法の違いと温度計測結果の比較によりコスト縮減が実現できる簡素化手法を提案することが出来た。また、この堆肥化手法により生産すれば外来植物の種子は死滅している可能性が高いことも確認出来た。今後は、本報告を踏まえ堆肥化を行い、その出来映えを確認しながら、堆肥化を行う除草範囲等に留意し、さらなるコスト縮減を図る必要がある。堆肥の生産を実施してみて、あらためて自然の力を感じた。我々は、草が土に還る手助けをしているに過ぎない。そのポイントが刈草を搬入した際の断面積、攪拌のタイミング及び回数である。今後も、慎重にも失敗を恐れず、堆肥化以外のコスト縮減方策も考えていきたい。

### 謝辞

本稿作成にあたり御教授いただいたすべての方々、そして、本事業に関わったすべての方に心から感謝いたします。

### 参考文献

- 1) 山田陽・安井潤 河川維持管理における堆肥化・チップ化への取り組みについて
- 2) 河川における外来植物対策の手引き（国交省H25.12）
- 3) 清水矩宏（1998）最近の外来雑草の侵入・拡散の実態と防止対策. 日本生態学会誌 48:79-85.

なお、本稿は従前の所属である姫路河川国道事務所小野出張所及び龍野出張所の所掌業務の内容である。

表 3. 簡素化手法の留意点まとめ

段階	留意点	理由
刈草搬入時	・刈草を出来るだけ早く堆肥化ヤードに運搬すること	・刈草に含まれる水分が乾く前に運搬し、初期発酵を促進させる
	・ビニールやペットボトル等のゴミを除去すること	・発酵との因果関係は明らかでないが、一般配布を考えると混入がない方が望ましいため
	・断面積を15m <sup>2</sup> 以上、高さは2m以上確保すること	・発酵により上昇した温度を持続させることが出来るため
水分・温度管理	・攪拌時以外に散水は実施しないこと	・これまでの経験から堆肥内部は湿潤であるため
	・2週間に1回を目安に温度計測を実施すること	・温度計測結果より2週間に1回程度の温度計測により傾向は確認できるため
攪拌	・内部温度がピークを過ぎ、50℃程度まで低下した段階で攪拌すること	・既往論文 <sup>3)</sup> より55℃以上の温度を維持すれば外来植物の種子が死滅するため
	・刈草搬入時の体積1m <sup>3</sup> につき0.5分程度の攪拌を2回実施すること	・揖保川の事例より、2回の攪拌で堆肥生産が可能であると推察される。 なお冬場の攪拌は、温度上昇が見込めないため 実施しない(1回目刈りに限る)