

のり面除草の炭化処理設備の開発

紺谷正紀・岸本孝文・中林巨樹

河川堤防除草作業において大量に発生する刈草は、従来では野焼き等により処理されていたが、昨今の地球温暖化問題をはじめとする地球環境保護への関心の高まりから、一部の地域を除き野焼きによる刈草の処分は禁止されている。

このような社会背景のもと、刈りとられた草は一部で堆肥化等へのリサイクルの事例があるものの、その大部分は産業廃棄物として処分されており、莫大な処理費を伴っている。

また、地域によっては刈草などの処分が不可能な自治体も存在するなど、刈草の処理は切実な問題となっている。今回、株式会社栗本鐵工所との共同開発により刈草の有効利用を目的とした刈草 RDF 製造装置及び RDF 炭化物製造装置の開発を行った。

キーワード：刈草、廃棄物固化技術、RDF、RDF 炭化物

1. はじめに

河川堤防除草作業時に大量に発生する刈草の有効利用を図るため、現在の廃棄物固化技術を採用し、刈草から炭化物を製造する機械の開発を目的として、刈草 RDF (Refuse-Derived Fuel) 製造装置および RDF 炭化物製造装置の開発を行ったので報告する。

2. 水質浄化に適した RDF 炭化物の調査

水質浄化は理論的にはミクロ孔、メソ孔による物理吸着とマクロ孔に付着した微生物による汚濁物質分解がある。物質吸着能力はマクロ孔及びメソ孔が目詰まりを起こすと低下するため、長期にわたる浄化能力が期待できないので、RDF 炭化物を利用した水質浄化の検討は微生物による汚濁物質分解除去によるものとした。

汚濁物質分解除去能力は微生物の付着できるマクロ孔容積が大きいほど分解除去能力が大きいと判断できる。RDF 炭化物を分析した結果、全細孔容積は 0.823~1.401 mL/g、マクロ孔の細孔容積は 0.801~1.367 mL/g であった。報告がある木炭の細孔容積は 0.4~2.6 mL/g 程度であり、刈草炭化物は木炭よりやや少ないながらも微生物着床に必要な細孔容積を有していることが分かった。

また、刈草 RDF の性状による違いは顕著には

見られず、どちらかというところ、マクロ孔容積は刈草原料に依存し、刈草 RDF の製造方法や炭化条件には依存しないと言える。したがって水質浄化に適した炭化物を製造するには未炭化部位を残さずに炭化を完了させ、炭化が完了すれば、炭化物製造時に投入するエネルギー量を考慮し、なるべく早く火止めを行う必要があるとの結論を得た。

3. 試験装置による RDF 成形性調査

「刈草が固化するメカニズム」は植物が持つセルロース、ヘミセルロース、リグニン等の成分が 100°C 前後の高温で加水分解し結合後、常温程度にまで温度低下することにより、硬化、固化するものであり、成形過程（加水、加温、圧縮）を繰り返す回数が増えるほど粘結性が向上する。

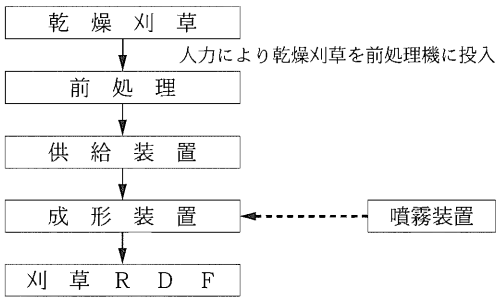
表—1 に調査結果を示すが、成形機に 2 回通すことにより成形性が大幅に増加し炭化物素材としての性能が高い「固い RDF」を製造できることが確認できている。

表—1 RDF 製造試験歩留り

	1 回通し固形物	2 回通し固形物
RDF 歩留り	34.7%	77.7%

4. RDF の製造過程

RDF の製造工程を下記に示す。



(1) 乾燥刈草

RDF 製造装置において棒状の RDF を成形するためには刈取った草の乾燥状態が重要となるため、除草作業を完了して2日から3日程度の天日乾燥を行う。これにより含水量は30%程度にまで低減され RDF の成形に適した「刈草」ができる。

(2) 前処理機

作業効率を上げるために刈草を前処理により細かく破碎できる装置として吸引式破碎機を設けている。当初の計画では刈草の吸込み口への投入作業効率を考慮して、破碎機を地上に配置する計画であったが、刈草の処理場所を移動する毎に前処理機を移動させる必要があるため、供給口の高さを抑え破碎機を車上に設ける構造とした。写真—1に前処理機を示す。



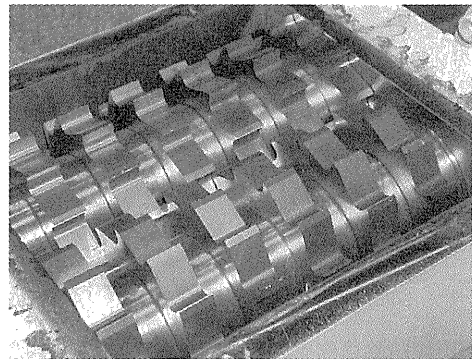
写真—1 前処理機

(3) 2軸破碎機

開発初期の段階では草の種類によっては成形性が悪く、成形機に2回通す必要があった。この2回通しの1回目の処理に当たる機構として2軸式の破碎機を設けている。

この2回通しの破碎機は2軸に固定された回転刃が原料を嚙込み、圧縮せん断により切断する機構である。破碎機下部の排出側にあるスクリーンにより切断された原料の通過できる大きさが制限されるため、破碎長さが調節されることとなる。

なお、最終的には2軸破碎機を設けたことや成形装置での各調整より2回通しの必要はなくなっている。写真—2に2軸破碎機の構造を示す。

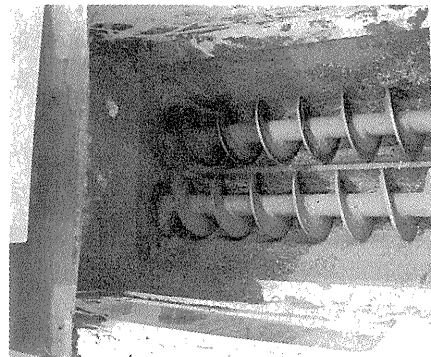


写真—2 2軸破碎機

(4) 供給装置

前処理機として破碎機を上部に架装したことにより、車両の高さを低くする必要が生じたため、2軸スクリー式供給機としている。この方式としたことで、車高の高さを低くできたことに加えて、供給装置内のデッドスペースが少なくなり、攪拌状況も良好となった。

また、成形機の圧縮力と比較して、破碎機の圧縮力が低く成形機内の刈草が圧縮加熱により蒸された状態に近づけるために2軸破碎機を通過した原料を供給機内で蒸すことができるように電気式の蒸気発生装置を付属している。写真—3に供給



写真—3 供給装置

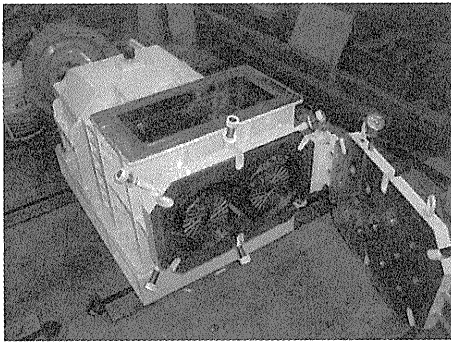
装置の構造を示す。

(5) 成形装置

刈草の乾燥状態により成形される RDF の良否が左右されることは先に説明したが、2 番刈りが行われる河川では秋の降雨により刈草が湿潤する可能性もあり、水分が多いまま放置されると堆肥化が進む可能性も有る。

水分が多く堆肥化が進んだ刈草は粘着性があり流動性も高くなるため、非噛合い方式では、成形機内のスクリーに草が付着してしまい、推進力を奪ってしまう可能性が高く、結果的に排出されない可能性があるため成形機本体は異方向回転式の噛合い型 2 軸スクリー式としている。供給される原料はスクリーにより圧縮力を与えられながら練込まれる形となる。

また、刈草の水分量は RDF を製造するうえで締固まり具合を大きく左右する要素のため、刈草の水分が少ない場合は噴霧装置により水分を供給している。写真一四に成形装置の構造を示す。



写真一四 成形装置

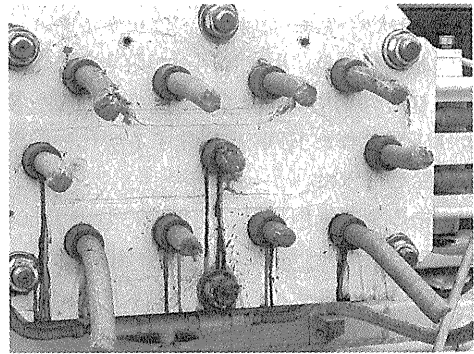
(6) 排出ノズル

成形機により加湿・圧縮された刈草は排出ノズルより製造装置の外に排出される。RDF の直径は 25 mm として計画しており、当初の開発段階では、ノズル内面に水やグリセリンなどの潤滑剤を注入する機構の検討も行っているが、排出ノズルにスリット（切欠き）を設けることにより、現在は潤滑材注入機構を廃止している。

スリットを設けることにより、成形機から圧縮されながらノズルに押込まれてくる草の状態に左右されることなく均一な直径の RDF が成形でき

ることを確認できた。これは草の状態が堅い状態でノズルに進入してきた場合はノズルが押される形で広がり、逆に柔らかい場合はノズルは広がることなく形状を維持する仕組みである。写真一五に排出ノズルからの RDF 成形物の排出状況を示す。

製造能力は 1 時間当たりの処理量にすると、草の種類や状態により変動はするが、約 500 m²



写真一五 排出ノズルからの成形物排出状況



写真一六 刈草 RDF 成形物



写真一七 刈草 RDF 製造装置

(70~90 kg) の処理が可能である。処理量については今後一層の向上を図る予定である。

写真—6 に刈草 RDF 成形物、写真—7 に刈草 RDF 製造装置を示すが、RDF 製造装置は現場施工時の機動性を重視し、4 t 車ベースの車輻に搭載している。

5. 炭化物製造装置

RDF の状態では、飼料等へのリサイクルの可能性はあるものの、現在は用途が限られているため、より有効利用が行えるよう、RDF 製造装置により成形された RDF を炭化する炭化物製造装置の開発を行った。

炭化物の製造過程は、炭化炉内において 500°C 程度まで温度を上げることにより RDF を炭化させ、その後冷却させることにより水質浄化、土壌改良等に適した性状の炭化物を成形させている。

炭化炉は当初の計画では、自然吸気内燃バッチ式により実験を行ったが、充填炭化物厚さが高くなると炭化時間が 24 時間を超えるため、強制吸気式の炭化炉へ変更している。

炭化炉の容積は RDF 製造装置の 1 日の処理量である 1 m³ としている。

表—2、表—3 に炭化時間の実験結果を示す。

表—2 自然吸気式炭化炉

項目/バッチ	1	2	3
炭化投入量 (kg)	190.6	166.7	182.6
炭化物回収量 (kg)	36.8	34.8	27.2
炭化物回収率 (%)	19.3	20.9	14.9
炭化所要時間 (h)	30 h 41 min	27 h 36 min	24 h 44 min
炭化温度 (°C)	500	500	500

表—3 強制吸気式炭化炉

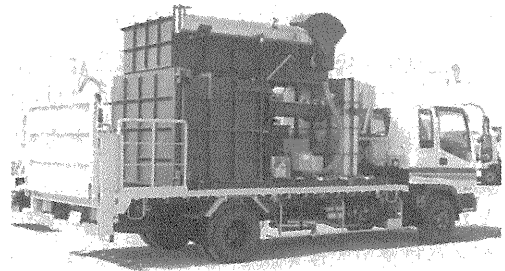
項目/バッチ	1
炭化投入量 (kg)	150
炭化物回収量 (kg)	54
炭化物回収率 (%)	36
炭化所要時間 (h)	3 h 15 min
炭化温度 (°C)	500~800

6. RDF 炭化物

刈草から RDF を成形することにより、生草の状態から重量にして約 5 分の 1、容積率にして約 220 分の 1 程度に減容ができる。さらに RDF 炭



写真—8 刈草 RDF 炭化物



写真—9 刈草 RDF 炭化物製造装置

化物とすることで、生草の状態から重量にして約 25 分の 1、容積率では 370 分の 1 程度にまで減容ができる。これにより二酸化炭素の排出を抑制できるとともに、輸送費の低減が可能となる。

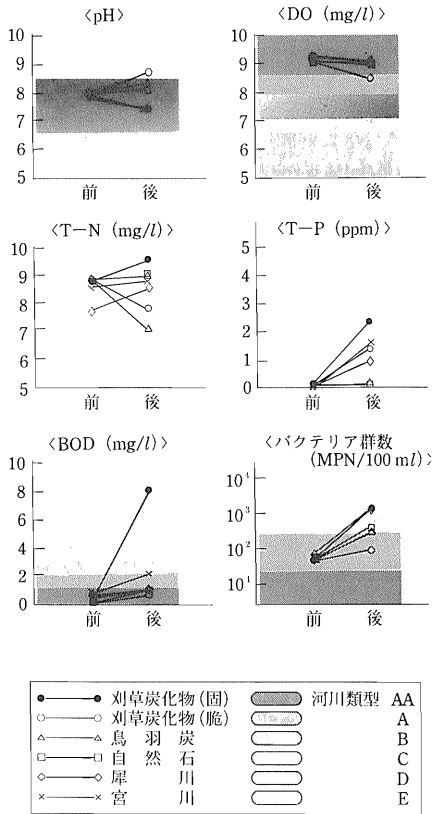
写真—8 に生成された刈草 RDF 炭化物、写真—9 に刈草 RDF 炭化物製造装置を示すが、現場で焼却できる設備として考え、4 t 車ベースの車輻に搭載している。

7. 刈草の有効利用の検討

刈草の状態での有効利用技術としては、堆肥化以外の報告はなされていないが、炭化させることにより、土壌改良材、水質浄化材、燃料としての利用の可能性がある。このうち、土壌改良材については国土交通省関東地方整備局利根川上流工事事務所、水質浄化材については近畿地方整備局福知山工事事務所においてとりまとめが行われている。検討結果を下記に示すが、これらについては今後も検討が進められていく予定と聞いている。

(1) 刈草炭化物の水質浄化への利用検討

RDF 炭化物の水質浄化試験は模擬汚染水及び



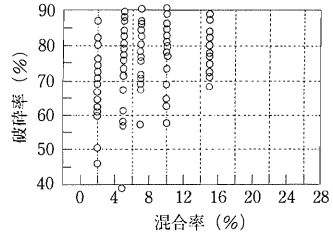
図一 微生物を担持させた炭化物による水質浄化試験結果

河川から採取した原水を利用して行われている。比較として図一に鳥羽浄水場で水質浄化に使用されているマレーシア産の木炭のデータを示す。実験結果によると、刈草炭化物には活性炭のような物理的・化学的な吸着作用は期待できないが微生物の着床は確認できており、鳥羽浄水場で用いられているマレーシア炭と同程度の効果が期待できることが分かっている。また、原料由来のリンの溶出が排水基準以下ではあるが確認されており、抑制についての検討を今後行う予定である。その他の有害物質の溶出はなかった。

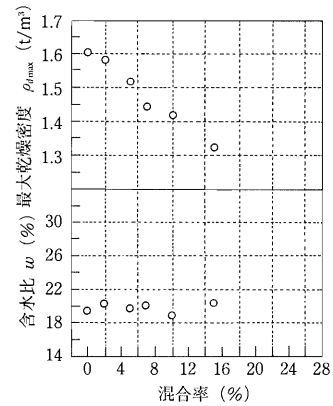
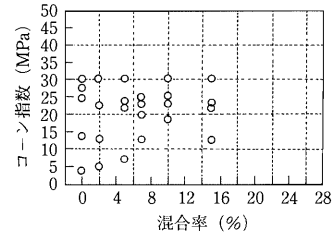
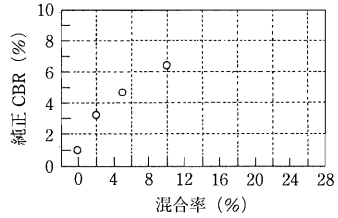
(2) 土質改良材への利用検討

刈草炭化物を土質改良材として考えた場合、適用方法としては、原材料土に混合する方法と原材料土を刈草炭化物を交互に積層する方法が考えられるが、検討は原材料土に混合する方法について行った。

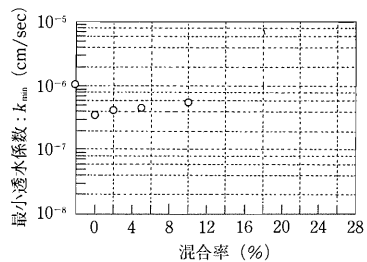
試験用土は河川敷より採取した砂質土及び中間



図一 物理特性試験結果



図一 力学特性試験結果



図一 透水特性試験結果

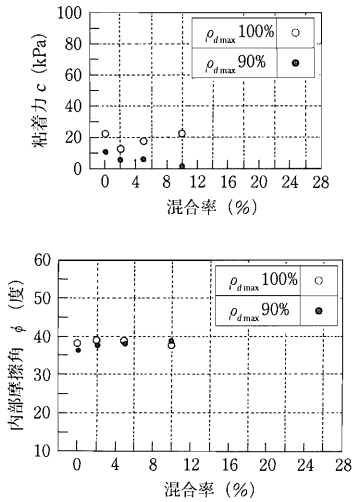


図-5 強度特性試験結果

土、粘性土を対象に行った。試験については、物理特性、力学特性、透水特性、強度特性について行った。

試験結果を図-2～図-5に示す。

- ① 炭の混合率を上げると炭混合土の破砕率が增加する(図-2参照)。
- ② 刈草炭化物を混合しても最適含水比は変化しない。
- ③ 比重の小さい炭を混合したので最大乾燥密度が低下した(図-3参照)。
- ④ 刈草炭化物を混合しても透水性は変化しない(図-4参照)。
- ⑤ 刈草炭化物を混合しても粘着力及び内部摩擦角は変化しない(図-5参照)。

実験の結果、刈草炭化物を混合した土は軽量となり支持力が増加するとともに、強度と透水性に変化が見られなかった。このことより、刈草炭化物は「軽量盛土への適用」「高含水比・軟弱土の性状改善」「原土と同様の使用」ができる可能性

があるとの結論となった。

8. おわりに

RDF炭化物製造装置は河川堤防の除草で発生する刈草の有効利用用途の一環である、水質浄化材に適した炭化物を製造できる装置として開発を進めてきたが、今後は有効利用の検討をさらに押し進めると共に、現場への適応性をより高めるためにフィールド試験を重ね細部の熟成を図っていきたいと考えている。

J C M A

【参考文献】

- 1) 近畿地方整備局福知山工事事務所：「刈草リサイクルシステムに関する検討業務」報告書、2001年3月
- 2) 関東地方整備局利根川上流工事事務所：「刈草リサイクルシステム検討その2業務」報告書、2001年3月

【筆者紹介】

紺谷 正紀(こんたに まさのり)
国土交通省中国地方整備局
中国技術事務所
機械課長



岸本 孝文(きしもと たかふみ)
国土交通省中国地方整備局
中国技術事務所
機械設計係長



中林 巨樹(なかばやし なおき)
国土交通省中国地方整備局
中国技術事務所
機械課

