The Japanese Institute of Landscape Architecture

技術報告編

# 2機種の粉砕機によるみどりの発生材の体積変化率とチップの品質に関する調査

## Comparison of Increases in Volume with Crushing Wood and Qualities of Wood Chips between Two Machines

石井　匡志*　荻野　淳司*　小島　久子**
*Masashi ISHII** *Junji OGINO** *Hisako KOJIMA***

### 1．調査の背景

近年、国や自治体の公園緑地をはじめとして、街路樹や公共公益施設の造園環境整備から発生する剪定枝や落ち葉・刈り草、伐採木等の植物性発生材（以下、みどりの発生材とする）を循環させる「みどりのリサイクル」が定着しつつあり、その取り組みは広く一般にも周知されるようになっている。

国土交通省（当時建設省）が発表した「グリーンプラン2000」[1)]においても、「緑のリサイクル」の重要性が強調されており、自然のシステムを踏まえつつ、公共公益施設等の整備および維持管理から発生する伐採木や剪定枝葉等の植物性発生材の積極的な再利用と緑のリサイクルシステムの構築の必要性が述べられている。

そのような背景の中、様々な方式によるみどりの発生材の粉砕機が開発・販売されている。これらの機械でつくられるチップは、粉砕機の粉砕方式・性能によって様々な形状・粒度をしている。また、粉砕機に関係なく、樹種によって、さらには、同じ樹木でも、枝葉部、幹部、根部の部位によって、得られるチップの形状・粒度や、その分解特性が異なることは実験的・経験的にも把握されている。しかし、それらは一様に「チップ」と称されている。チップの形状・粒度の違いは、使用された現場において、様々な面で問題となっている。

第一に、チップ化の施工にあたっては、チップの製造単位量あたりの単価で契約する出来高精算を行なう場合が多い。しかし、使用した粉砕機によって、粒度が異なるため、チップ化前の剪定枝葉の体積とチップの体積の変化率、すなわち、任意の体積の剪定枝葉等を、チップにした場合の減量率（チップの体積／剪定枝葉の見かけの体積）も異なり、出来高が異なる。よって、同量の剪定枝葉等をチップ化した場合、用いた機械によってコストが異なることになる。

第二に、できたチップをマルチング材、園路の敷均し、たい肥化等の目的で施工する際には、チップの形状・粒度や、その分解特性は重要な項目であるが、施工現場において、形状・粒度、分解特性が使用目的に適していないために、施工後に問題となり、山積みされ、「チップ化したものの使えずに困っている」とういう事例も少なくない。

### 2．調査の目的

以上から、本調査では、以下の3点について調査し、チップの品質とチップ化にかかるコストについて、造園環境におけるみどりのリサイクルの立場から検討することを目的とした。

① 異なる2機種の粉砕機によるチップの変化率の比較
② 異なる2機種の粉砕機による処理能力の比較
③ 異なる2機種および部位、樹種のチップの形状・粒度の比較

### 3．調査の方法

#### （1）実験区の設定

調査は、国営昭和記念公園で行い、同公園内から発生した伐採木を対象とした。

対象木は、調査時に行なわれていた「H15昭和整備工事」の設計図書を基に、その位置と樹種、樹高、樹冠、目どおりを予め把握し、現地踏査によって片枝等の有無を確認の上、4樹種27本を対象とした。

伐採木は枝葉部と、幹部とに分別しチップ化した。枝葉部と幹部の区別は、実際の施工現場を忠実に再現するため、伐採作業後、改めて切り分けることは行なわず、発生材をそのまま分別することによって行なった。結果として、枝の直径約150㎜前後を境として、枝葉部と幹部とに分別された。

調査には、JMERY（アゴラ造園株式会社製）と粉砕業務で近年用いられることの多いタブグラインダー（モバーク社製、65㎜スクリーン）の2機種の粉砕機を用いた。粉砕機構としてタブグラインダーに採用されているハンマーミル方式は、発生材を繊維に添って粉砕する方法で、粉砕後、スクリーンを通過したものは排出され、通過しない大きさのものは再びハンマーミルによって粉砕される。これは、多くの粉砕機で用いられている方式である。一方、JMERYは、3層ドラム方式を採用しており、ドラムの1層目で刃によって一旦切断した後、2層目、3層目で2回叩くことによってより細かく粉砕し排出される。

対象木は、その大きさ、樹種に偏りのないように実験区に振り分け、JMERYでは1本ずつ、タブグラインダーでは、機械の構造上、1本ずつのチップ化が困難であったため、全樹種混合でチップ化した。

*アゴラ造園株式会社
**株式会社ライフ計画事務所
*AGORA LANDSCAPE ARCHITECTURE Co.,Ltd
**LIFE LANDSCAPE PLANNING Co.,Ltd



NII-Electronic Library Service

The Japanese Institute of Landscape Architecture

以上より、実験区は表－１のとおりである。また、対象木の詳細データは表－２のとおりである。

表－１　実験区

| | 粉砕機 | 部位 | 樹種 |
|---|---|---|---|
| 1 | JMERY | 枝葉 | ケヤキ |
| 2 | JMERY | 幹 | ケヤキ |
| 3 | JMERY | 枝葉 | トウネズミモチ |
| 4 | JMERY | 幹 | トウネズミモチ |
| 5 | JMERY | 枝葉 | マテバシイ |
| 6 | JMERY | 幹 | マテバシイ |
| 7 | JMERY | 枝葉 | サクラ |
| 8 | JMERY | 幹 | サクラ |
| 9 | タブグラインダー | 枝葉 | 全樹種 |
| 10 | タブグラインダー | 幹 | 全樹種 |

表－２　対象木の詳細

| 樹種 | JMERY | | | タブグラインダー | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | H (m) | C (m) | W (m) | H (m) | C (m) | W (m) |
| ケヤキ | 10.0 | 1.1 | 10.0 | 10.0 | 0.9 | 10.0 |
| ケヤキ | 12.0 | 1.5 | 10.0 | 12.0 | 1.5 | 10.0 |
| トウネズミモチ | 8.0 | 0.7 | 3.0 | 8.0 | 0.8 | 4.0 |
| トウネズミモチ | 8.0 | 1.0 | 4.0 | 8.0 | 0.9 | 3.0 |
| トウネズミモチ | 8.0 | 0.7 | 4.0 | 8.0 | 1.2 | 4.0 |
| トウネズミモチ | 7.0 | 1.0 | 4.0 | — | — | — |
| マテバシイ | 7.0 | 0.6 | 4.0 | 8.0 | 0.7 | 7.0 |
| マテバシイ | 9.0 | 0.8 | 5.0 | 8.0 | 0.8 | 5.0 |
| マテバシイ | 8.0 | 1.1 | 5.0 | 8.0 | 1.1 | 4.0 |
| マテバシイ | 8.0 | 0.8 | 5.0 | 9.0 | 0.9 | 6.0 |
| マテバシイ | 15.0 | 0.7 | 4.0 | 15.0 | 0.7 | 4.0 |
| マテバシイ | 9.0 | 1.5 | 4.0 | 8.0 | 1.4 | 4.0 |
| サクラ | 8.0 | 1.1 | 12.0 | 8.0 | 1.3 | 14.0 |
| サクラ | 15.0 | 1.5 | 12.0 | — | — | — |
| サクラ | 15.0 | 1.3 | 10.0 | — | — | — |

図－１　発生材量測定状況

図－2　チップ量測定状況

### （２）調査項目

（ｉ）変化率（チップの体積／剪定枝葉の体積）

JMERY 区では、各区、各対象木ごとにチップ化前の体積およびチップの体積を測定し、変化率を求めた。タブグラインダー区では、全樹種混合で、同様に変化率を算出した。なお、タブグラインダー区では、枝葉、幹区とも一定量のチップをつくり、そのために必要とした発生材量を算出することによって変化率を求めた。

表－3　JMERY 区の発生材及びチップの体積と変化率

| 樹種 | 枝葉部（$m^3$） | | | 幹部（$m^3$） | | | 枝葉部＋幹部（$m^3$） | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 発生材 | チップ | 変化率 | 発生材 | チップ | 変化率 | 発生材 | チップ | 変化率 |
| ケヤキ | 3.17 | 0.61 | 0.19 | 0.95 | 1.12 | 1.18 | 4.12 | 1.73 | 0.42 |
| | 5.36 | 1.82 | 0.34 | 3.17 | 3.23 | 1.02 | 8.53 | 5.05 | 0.59 |
| トウネズミモチ | 1.31 | 0.29 | 0.22 | 0.62 | 0.53 | 0.86 | 1.93 | 0.82 | 0.43 |
| | 0.97 | 0.17 | 0.18 | 0.24 | 0.24 | 1.00 | 1.21 | 0.41 | 0.34 |
| | 1.41 | 0.22 | 0.16 | 0.49 | 0.34 | 0.69 | 1.90 | 0.56 | 0.30 |
| | 1.95 | 0.30 | 0.15 | 0.34 | 0.39 | 1.15 | 2.29 | 0.69 | 0.30 |
| マテバシイ | 3.16 | 0.34 | 0.11 | 0.32 | 0.40 | 1.25 | 3.48 | 0.74 | 0.21 |
| | 2.06 | 0.45 | 0.22 | 0.81 | 0.56 | 0.69 | 2.87 | 1.01 | 0.35 |
| | 2.92 | 0.64 | 0.22 | 1.03 | 0.99 | 0.96 | 3.95 | 1.63 | 0.41 |
| | 2.68 | 0.64 | 0.24 | 0.88 | 0.77 | 0.88 | 3.56 | 1.41 | 0.40 |
| | 2.68 | 0.73 | 0.27 | 0.62 | 0.87 | 1.40 | 3.30 | 1.60 | 0.49 |
| | 1.95 | 0.39 | 0.20 | 0.54 | 0.60 | 1.11 | 2.49 | 0.99 | 0.40 |
| サクラ | 2.00 | 0.46 | 0.23 | 2.92 | 1.93 | 0.66 | 4.92 | 2.39 | 0.49 |
| | 5.35 | 0.89 | 0.17 | 2.23 | 2.81 | 1.26 | 7.58 | 3.70 | 0.49 |
| | 6.81 | 1.04 | 0.15 | 2.43 | 2.86 | 1.18 | 9.24 | 3.90 | 0.42 |
| 合計 | 43.77 | 8.99 | — | 17.59 | 17.64 | — | 61.36 | 26.63 | — |
| 変化率平均 | — | — | 0.20 | — | — | 1.02 | — | — | 0.40 |

表－4　タブグラインダー区の発生材及びチップの体積と変化率

| 樹種 | 枝葉部（m3） | | | 幹部（m3） | | | 枝葉部＋幹部（m3） | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 施工前 | 施工後 | 変化率 | 施工前 | 施工後 | 変化率 | 施工前 | 施工後 | 変化率 |
| 全樹種一括 | 23.62 | 10.71 | 0.454 | 7.58 | 10.71 | 1.414 | 31.2 | 21.42 | 0.69 |

体積は、発生材及びチップをダンプの荷台に積込み整形（図－１，２）して測定した。

（ii）単位時間当たりの処理能力

JMERY 区については、既存の処理能力データ [2] を用いた。タブグラインダー区では、調査時に一定量のチップをつくるために要した時間を測定し、処理能力とした。測定は、荷台の体積が5.357$m^3$のダンプトラックが、チップでいっぱいになるまでの時間を、幹、枝葉区それぞれ２回ずつ測定し、各測定値の平均値を処理能力とした。

（iii）チップの形状・粒度の比較

各調査区ごとにサンプルを採取し、形状については、写真記録を行なった。また、粒度については、篩い分け試験を行い粒度分布を調査した。用いたふるいは、26.5、19.0、9.5、4.75、2.8㎜の５段階であった。

## ４．調査結果

### （１）変化率（チップの体積／剪定枝葉の体積）

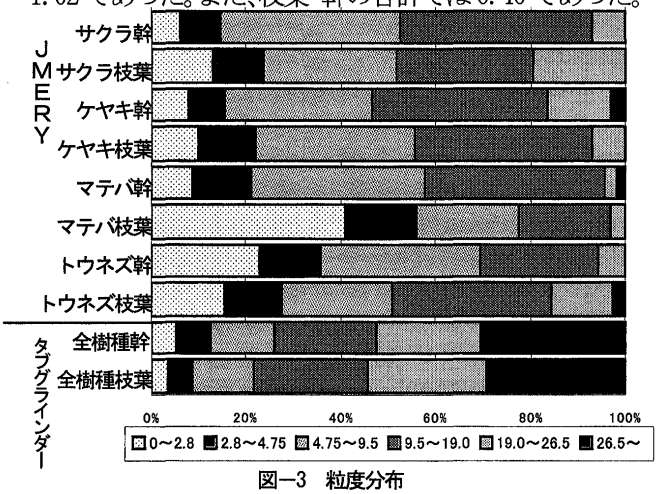
JMERY 区の発生材、チップの体積および変化率を表－３に、タブグラインダー区の各値を表－４に示した。



NII-Electronic Library Service

The Japanese Institute of Landscape Architecture

変化率は、JMERY - 枝葉、幹区でそれぞれ、平均 0.20、1.02 であった。また、枝葉・幹の合計では 0.40 であった。




図－3　粒度分布

図－4　JMERY 区枝葉部チップ

図－5　JMERY 区幹部チップ

図－6　タブグラインダー区枝葉部チップ

図－7　タブグラインダー区幹部チップ

一方、タブグラインダー - 枝葉、幹区では、それぞれ 0.46、1.14、、枝葉・幹合の計で 0.69 であり、JMERY 区で小さい値を示した。これは、同量の発生材をチップ化した場合、JMERY のほうがより減量できることを意味している。

**（2）単位時間当たりの処理能力**

処理能力はタブグラインダーで 25.440$m^3 \cdot h^{-1}$、JMERY で 2.213$m^3 \cdot hr^{-1}$ である。

**（3）チップの形状・粒度の比較**

（i）粒度

図 - 3に各調査区の篩い分け試験の結果を示した。

JMERY 区とタブグラインダー区を比較すると JMERY 区では、いずれの樹種においても、チップ粒径 9.5 ㎜以下が 50%以上、一方、タブグラインダー区では 19.0 ㎜以上が 50%以上を占める結果となった。

JMERY 区において、樹種間比較をすると、マテバシイ区の枝葉部で 2.8 ㎜以下のチップが非常に多かった。

枝葉部と幹部を比較した場合、トウネズミモチ区でのみ 2.8 ㎜以下のチップで、枝葉部より幹部のほうが多いという結果となった。

粒径4.75㎜以下のチップが占める割合について、JMERY 区では幹部に比べて枝葉部が多い傾向であったが、タブグラインダー区では、幹部のほうが多い結果となった。

（ii）形状

図 - 4, 5 に JMERY 区の、図 - 6, 7 にタブグラインダー区のチップの写真を示す。

JMERY 区では、方形状から粉状の形状をしているのに対し、タブグラインダー区では、枝・幹部はいずれも大きさに幅のある針状であり、葉部はちぎられた状態、中には原型のまま排出されているものも見られた。

## 5．考察

**（1）変化率とコストの関係**

調査の結果、粉砕機によって変化率が異なり、本調査ではタブグラインダー区で高かった。

前述のように、チップ化施工は、出来高精算である場合が多い。よって、本調査と同様な条件で施工した場合、同量の剪定枝葉等をチップ化すると、タブグラインダー区は、JMERY 区に比べて、1.73 倍（タブグラインダー区変化率／JMERY 区変化率＝0.69／0.40）のコストになると考えられる。

**（2）処理能力と工期**

調査の結果、処理能力は粉砕機によって異なっていた。本調査では、粉砕方式の違いと、粉砕機に搭載されたエンジン出力に大きく影響を受けていると考えられる。なお、本調査で用いたタブグラインダーは、JMERY の 3.58 倍（タブグラインダー出力／JMERY 出力＝430ps/120ps）の出力である。さらに、本調査においては、タブグラインダー区にもちいたスクリーンが 65 ㎜であり、目の大きなスクリーンを用いたことにより、処理効率が高かったと考えられる。（ただし、より目の細かいスクリーンを使用した場合、処理能力は低下する。）

現在、建設業のリサイクルでは、現場外へ廃棄物を持ち出さない場内処理が推進されており、一般廃棄物に分類される伐採木、剪定枝葉等も例外ではない。この社会背景の中では、また、次々に排出される剪定枝葉等のチップ化については、短時間での処理が要求事項となるため、処理能力の高い機械は有効であると考えられる。

**（3）チップの形状と利用**

調査の結果、チップの形状は異なっていた。これは、粉砕方式の影響であると考えられる。

チップの形状については、マルチング材等として施工した場合、美観と安全性に大きく関わるものである。

安全性については、本調査のタブグラインダー区のチップは針状であり、大粒度のものでは、「ささくれ」が



NII-Electronic Library Service

The Japanese Institute of Landscape Architecture

できていた。このようなチップは、子どもの遊び場など、人が利用する場所では危険性を伴うと考えられる。一方で、大粒径のチップ材は、安全性が確保されれば、分解されるまでに時間がかかるため、防草効果などを目的とする園路などでは有効であると考えられる。

**（4）チップ材の粒度**

粉砕機の違いによって、チップの粒度分布は異なっていた。特に、粒径4.75㎜以下のチップが占める割合について、JMERY区では幹部に比べて枝葉部のほうが多い傾向であったが、タブグラインダー区では、幹部のほうが多い結果であった。これは、粉砕方式の違いによるものと考えられる。粉砕工程として、JMERYは2度の叩く工程で、粉状チップが得られる。一方、タブグラインダーは、樹木を繊維状にほぐすため、粉状にはなりにくく、葉については、細かくなりづらい構造といえる。このような粉砕方式の違いが大きく影響したものと考えられる。

JMERY区で樹種間を比較した場合、マテバシイ区で2.8㎜以下のチップが非常に多い結果となった。これは、マテバシイ区では、枝葉部の中でも、葉の占める割合が高かったことが要因と考えられる。

枝葉部と幹部を比較した場合、トウネズミモチ区でのみ2.8㎜以下のチップが、枝葉部より幹部のほうが多かった。これは、マテバシイとは対照的に、枝葉部で葉の占める割合が小さいことによるものと考えられる。

以上をまとめると、粉砕機の粉砕方式によって粒度分布が異なること、樹種によって、樹形が影響して粒度分布が異なると考えられた。

**（5）チップ材の粒度と利用**

マルチング材としてチップを施工した場合、窒素飢餓が懸念される。しかし、高橋ら[3)4)]は、チップを敷均し続けることで、土壌への可給態養分の含有量が増加し、土壌の微生物活性が高まり、腐植量及びCECが増加することを明らかにし、チップの敷均しが良好な植栽基盤の形成に効果があるとしている。また、チップの敷均しに関する実験で、粒径が小さいほど植物発生材中の易分解性有機物の分解と苗木の生育が促進されたとしている。

以上から、マルチング材としてチップを施工する場合、より粒度の細かいチップが有効であるといえる。また、造園施工から発生する剪定枝葉を対象とする場合、毎年相当量が発生するため、土壌還元の早いチップでなければ、緑地内の敷均し場所がなくなってしまいリサイクルが完結しないことになる。リサイクルの完結という側面から考えても粒度の細かいチップのほうが有効であると考えられる。

現在、バイオマス利用の観点から、チップのたい肥化は広く行なわれる手法である。中浦ら[5)]はたい肥化と粒度の関係についての実験で、1インチ篩を用いて2次破砕を行なった細粒のチップ材のほうが、コンポスト化に有効であることを明らかとしている。よって、たい肥化を行なう場合においても、粒度の細かいチップが有効であると考えられる。さらに、粗いチップ材の2次破砕には、更にコストがかかることになるため、堆肥化を目的としたチップをつくる場合は、予め細粒とする必要があると考えられる。

## 6. まとめ

本調査で得られた結果から、チップの品質とそれにかかるコストについて検討した。

粒度の粗いチップをつくることは、工期の限られた現場においては、処理効率が高まるため有効であると考えられたが、変化率が大きくなるためにコスト高になることがわかった。また、粒度の粗いチップは、堆肥化には不利であり、堆肥化等を目的として2次破砕を行なう場合には、更にコスト高となるため、土壌改良以外の目的で利用する事が望まれる。

本論では、造園環境におけるみどりのリサイクルの立場から考察を行なった。造園空間で利用されるチップ材は、人の利用に十分に配慮されたものでなければならないと思われる。

また、チップ化の施工は、造園空間に限られたものではなく、土木工事などの大規模な伐開現場などにおいても行なわれる。チップ化を行なう際には、どこで、どのような用途で用いるのかなど、チップの使用用途を事前に検討し、同時に工期や工費を勘案した上で、施工機械やチップの品質を決める必要があると考えられる。

現在、チップの品質についての仕様書は、社団法人日本造園建設業協会策定の仕様書[6)]のみである。今後、造園空間におけるみどりのリサイクルを推進していくためには、用途に応じた品質基準の策定が急務であろう。

謝辞：本調査にあたって、ご協力いただいた昭和記念公園事務所工務課の皆様に謝意を表します。

**参考文献**

1) 建設省（2000）：グリーンプラン2000
2) アゴラ造園株式会社公式発表データ
3) 桑原茜・三星暢公・伊藤梓美・高橋輝昌・浅野義人・小林達明（2001）：緑地に施用された植物発生材の分解特性と表層土の変化：緑化工学会誌、28（1）、316-319
4) 高橋輝昌・伊藤香那子・野口敬記・浅野義人・小林達明（2002）：植物発生材の粒径および窒素施肥が分解特性・土壌の性質・植物生育に及ぼす影響：緑化工学会誌、27（1）、263-266
5) 中浦和博・帆秋利洋・濱田武人・布施光敏・高原誠吉（1998）：伐採材のコンポスト化における粉砕木片径の影響：土木学会年次学術講演会講演概要集第6部、53、500-501
6) 社団法人日本造園建設業協会（2004）：「みどりのリサイクル」のうちチップ及び堆肥の特記仕様書（案）（チップ及び堆肥のガイドライン）


NII-Electronic Library Service