

剪定枝チップの発酵熱を利用した寒中コンクリートの養生効果

A method of curing concrete in the cold using the fermentation heat of pruned branch chips

石井匡志* 小林哲也** 萩野淳司**

Masashi ISHII* Tetsuya KOBAYASHI** Junji OGINO**

Abstract: Focusing on the fermentation heat in the composting process of pruned branch chip materials, we investigated a method of curing concrete in the cold using the fermentation heat, and aimed to keep the temperature of the concrete above 5°C during the curing period of 4 days. Four surveys were conducted and temperature below the tips of pruned branches were carried out. The temperatures were compared with outside temperature. As a result, we were able to maintain the temperature above 5°C for 4 days. However, the temperatures were considered that maintained by the heat retention effect of the bubble cushioning material, the blue sheet, the heat of hydration of the concrete and the fermentation heat of the chips. Regarding the change in curing temperature, there were two cases where there were strong correlation and weak correlation between the outside temperature and the curing temperature. On the other hand, the final curing temperature were generally same temperatures in any surveys, it was presumed that it was due to the setting of the experimental plot. From the above, it is considered that the fermentation heat of pruned branch chips have a certain effect in maintaining temperature in cold concrete curing.

Keywords: pruned branches, curing concrete in the cold, green recycle, fermentation heat, compost

キーワード: 剪定枝葉, 寒中コンクリート, みどりのリサイクル, 発酵熱, 堆肥

1. はじめに

「剪定枝葉などの有機物は土に返す」を原理原則に取り組んできたみどりのリサイクルは、約40年の時間とともに単なる経済性の評価によって、その真意を理解する者が減少してきた。企業者や自治体は高度成長期と同じく事業の効率化を最優先し、物質循環の大切さを忘れかけている。造園家が自ら植え、育てる過程で発生する剪定枝葉を手間やお金の安さだけで廃棄してしまう昭和のプロセスこそ捨て去るべきである。

公園や街路の樹木剪定によって発生する剪定枝葉(以下、みどりの発生材)は、チップ化加工などして再利用することでゴミとは区別してきた¹⁾²⁾³⁾⁴⁾⁵⁾。そのみどりの発生材は、有機物であり、ある時間軸の中で形を変えやがて土壌化する。その過程でいくつかの有効利用方法が提案され実行されてきた。その代表的な例が堆肥である。

チップ化された剪定枝葉は、細かく形状を変えたことで、表面積が増え水分と空気を含み、数多くの菌糸体や微生物の働きで発酵し、そして発熱する⁶⁾⁷⁾⁸⁾。温度は筆者が確認した中では80°Cを超えることがある。その熱は温泉の源泉温度に劣らないほどの高温である。かつて、生卵を堆積したチップ材の中へ入れたところ温泉卵が出来上がることを何度も経験した。しかし、それ以外堆肥化プロセスにおける熱利用は実現せず今日に至っている。

2. 目的

コンクリート打設について東京都土木工事標準仕様書⁹⁾では「日平均気温が4°C以下になることが予想されるときは、寒中コンクリートとしての施工を行わなければならない」とされている。寒中コンクリート養生の1つとして、電熱線を用いた加温があるが、火災などへの安全管理、停電による電源喪失などの懸念があり、安全で安定的な保温方法が求められる。また、養生期間に年末年始などの休工日を含む場合には、現場職員が常駐していないこ

とがあり、職員不在でも安全で確実な品質管理方法が必要とされる。そこで、剪定枝チップ材の堆肥化過程における発酵熱に着目し、その発酵熱を利用した寒中コンクリートの養生方法を検討した。本調査の目的は、東京都土木工事標準仕様書に示されている寒中コンクリート養生条件を満たすため、養生期間4日で養生中のコンクリート温度を5°C以上に保つことである。

3. 方法

東京都青梅市内の建設現場において、200m²(25×8m)、厚さ10cmで打設したコンクリートを対象とした。

コンクリート打設後、コンクリート面に接して気泡緩衝材を敷設、その上に70リットルビニル袋に詰められた発酵熱を持つ剪定枝チップを4m²(2mグリッド)に1カ所の間隔で設置した上に、さらにブルーシートを敷設した。(図-1, 2)なお設置間隔4m²に1カ所は事前の予備実験に基づいている。

気泡緩衝材と剪定枝チップの入ったビニル袋の間に温度計1ヶ所を設置し、養生期間4日間が経過するまで30分毎に24時間データロガーで温度を記録した。

調査は4回実施し、2021年12月28日に打設し2022年1月4日まで、2022年1月19日に打設し1月25日まで、2022年2月4日に打設し2月9日まで、2月16日に打設し2月21日までそれぞれ温度計測を実施した。また、剪定枝チップ直下の温度変化と気温の変化を比較するため気象庁青梅観測所のデータを用いた。

4. 結果

(1) 剪定枝チップの採取と採取時温度

剪定枝チップは、埼玉県三芳町の堆肥化ヤードから採取した。1回目調査において使用したチップの発酵温度は堆肥化ヤードに堆積されている状態において54.5°C、ビニル袋詰め直後において39.6°Cであった。チップはコンクリート打設前日に搬入し、現場内

*アゴラ造園技術研究所 **アゴラ造園株式会社

*AGORA-ZOEN Technical research institute

** AGORA-ZOEN CO., LTD,



図-1 気泡緩衝材と剪定枝チップ設置状況



図-2 ブルーシート敷設状況

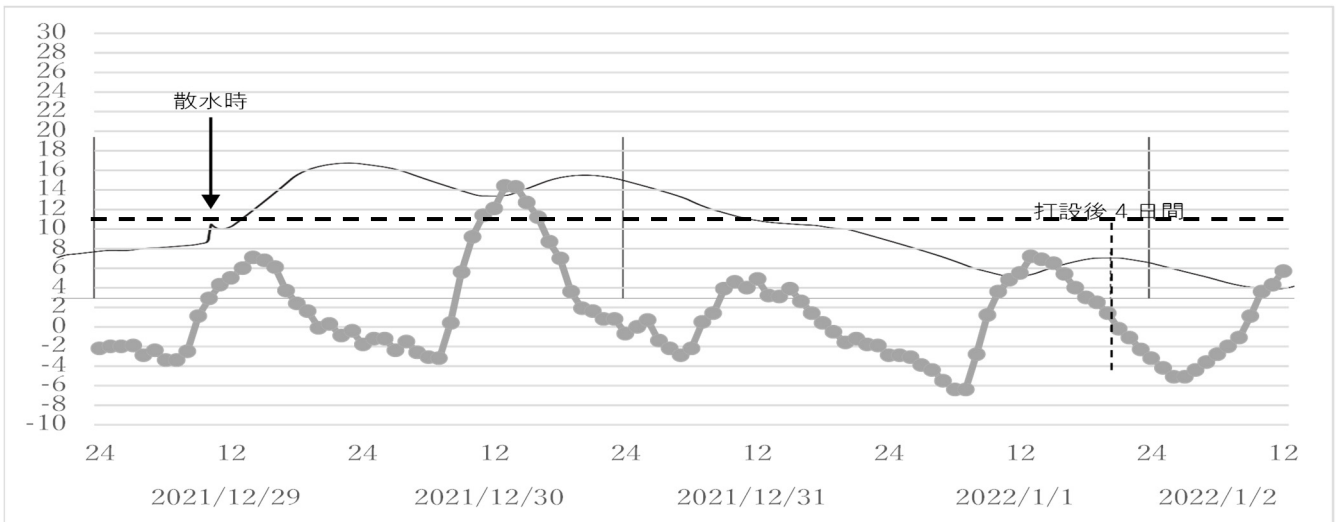


図-3 1回目調査の温度変化 縦軸：温度（℃） 横軸：測定日時 — 養生温度 —●— 気温

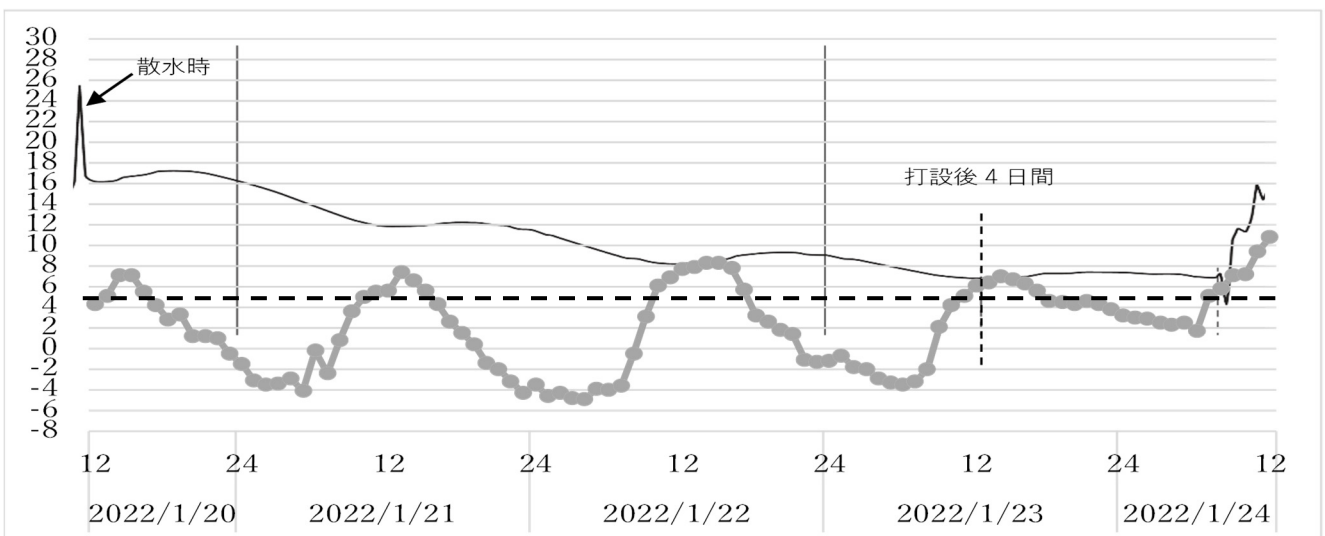


図-4 2回目調査の温度変化 縦軸：温度（℃） 横軸：測定日時 — 養生温度 —●— 気温

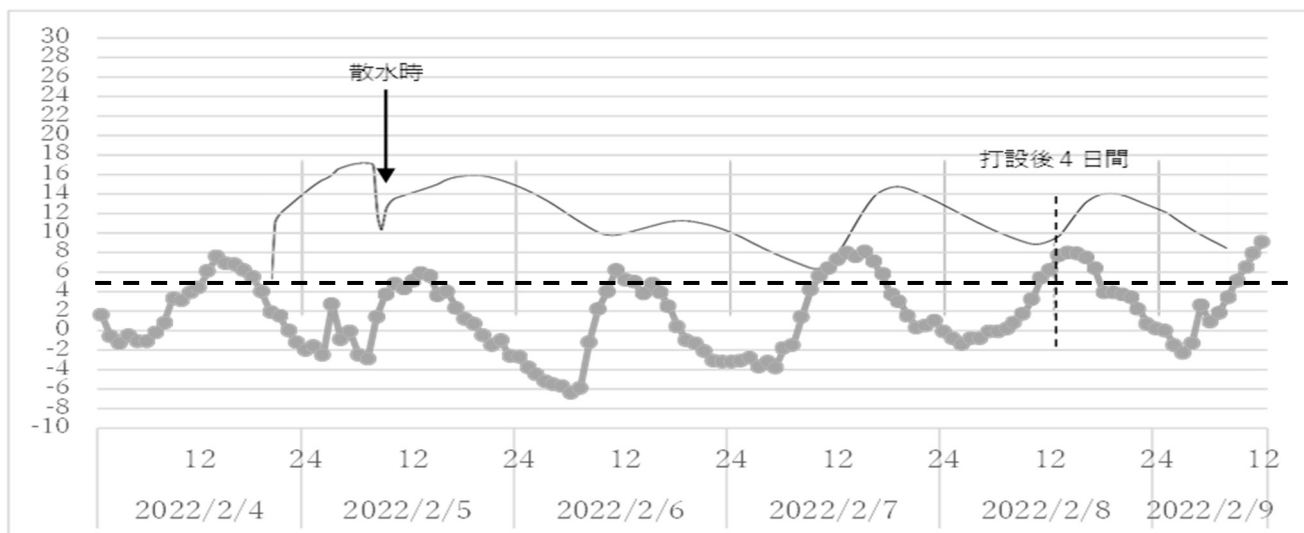


図-5 3回目調査の温度変化 縦軸：温度（℃） 横軸：測定日時 — 養生温度 —●— 気温

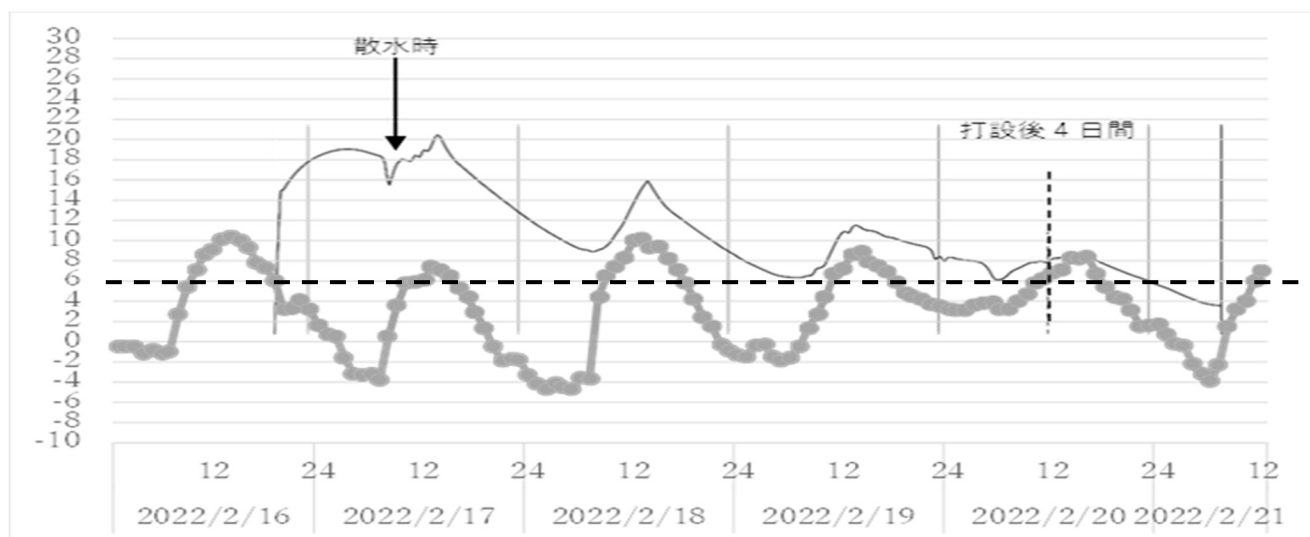


図-6 4回目調査の温度変化 縦軸：温度（℃） 横軸：測定日時 — 養生温度 —●— 気温

で管理された。設置直前の温度は未測定である。

(2) 養生温度と気温の推移

剪定枝チップと気泡緩衝材の間で測定した養生温度は4回の調査いずれにおいても、東京都土木標準仕様書が定める養生4日間で5℃以上を維持した（図-3～図-6）。

1回目の調査（図-3）では、養生温度は最大16.5℃、最小5.5℃であった。気温は最高14.4℃、最低-6.4℃であった。養生温度は、散水後に上昇し、外気温の影響を受けずに緩やかに約5℃まで低下した。

2回目の調査（図-4）では、気温は、養生温度は最大7.4℃、最低-4.9℃であった。養生温度は散水後の最高値16.4℃を示し、外気温の影響を受けずに約7℃まで緩やかに低下した。

3回目の調査（図-5）では、養生温度は散水後約16℃を示し、3日目まで緩やかに低下して約7℃まで低下した後、4日目には再

び上昇した。養生温度は、調査期間中、外気温の上昇から数時間遅れて上昇する傾向がみられ、養生4日目は、それまでの3日間に比べて気温が高かった。

4回目調査では（図-6）、散水後に最高値20.4℃を示し、4日目に最低6.2℃を示した。明確に外気温に連動して温度の上昇と下降を繰り返しながら養生温度は6℃程度まで下降した。気温は最大10.2℃、最低-4.7℃であった。

5. 考察

本調査では、剪定枝チップ材の発酵熱を利用し、寒中コンクリート養生において養生温度を4日間5℃以上に維持することを目的とした。養生には、ビニル袋に詰めた発熱のある剪定枝チップとその保温性向上を目的として気泡緩衝材、ブルーシートの3種類を用いた。

4回の調査は、いずれも養生期間4日間5°C以上を維持し、規定の品質管理ができた。

4日間5°C以上を維持した要因として、自ら発熱する剪定枝のチップと保温効果のある気泡緩衝材およびブルーシートの効果、打設後のコンクリートにおけるセメントと水の水和反応による発熱が挙げられる。これらの発熱と保温の両方により養生温度は維持されていたと考えられる。剪定枝チップの発熱が温度維持にどの程度寄与しているかについては、対照区を設定するなどにより今後明らかにする必要がある。

4回の調査の養生温度の変化は、1回目と2回目は外気温の影響が小さく緩やかに下降して安定した。3回目は、3日目まで下降し、4日目に上昇した。3回目の調査は外気温に数時間遅れて連動して上昇と下降する傾向があり、4日目は3日目までより気温が高かったことにより養生温度も上昇したと考えられた。4回目の調査では、明確に外気温と連動して養生温度が上昇、下降した。

外気温の影響が小さい調査と、影響が大きい調査があった。4回の調査はそれぞれ異なるコンクリート構造物で実施されていること、1回目の調査から4回目の調査まで2か月の季節差があることなどから、直射日光の当たり方に影響を受けていると考えられる。また、温度計の設置位置の影響も受けたと考えられる。一方で、4回の調査いずれにおいて、日照の無い夜間に外気温が氷点下になっても、養生温度は維持されていること、すべての調査が最終的に5°Cから7°Cまで低下する傾向は一樣であることから、発酵熱のある剪定枝チップは現場において採用可能な養生方法であると考えられた。

6. まとめ

寒中コンクリートの養生として、4日間5°C以上を維持するためにビニル袋に詰めた剪定枝チップによる発酵熱の有効性を検討した。その結果、4日間5°C以上を維持することができた。ただし、気泡緩衝材、ブルーシートによる保温効果、コンクリートの水和反応熱の影響とチップの発酵熱の相互作用によって温度が維持されていると考えられた。養生温度は、外気温の影響が強く出ると影響が小さい場合がみられたが、最終的な養生温度は一樣になることから、温度計の設置位置と日照の当たり方など実験区の設定によるものと推測された。以上から、剪定枝チップは寒中コンクリート養生における温度維持には一定の効果が認められると考えられるが、その影響度は本調査では明らかにすることはできず今後の課題である。

7. おわりに

本件は、東京都内の冬場におけるコンクリート工事の施工にあたり寒中コンクリート養生に、堆肥の発酵熱に着目した。令和の時代にSDGs12番目の開発目標である「つくる責任、つかう責任」を達成するために必要不可欠なリサイクルを柱に据えた具体的な手法として実用化を期待するものである。

補注及び引用文献

- 1) 鎌田優希 笹田勝寛 島田正文 荻野淳司 (2006) : 木質チップ樹種別敷設による効果に関する研究 : 環境情報科学 34 (4), 96-97
- 2) 清田秀雄 荻野淳司(2005) : 造園的視座からみたみどりの発生材の教育現場における活用(技術報告編) : 造園技術報告集, 84-87
- 3) 荻野 淳司 (2002) : 建設資材コーナー 環境とリサイクル(20)みどり環境のリサイクル管理技術 : 建設労働・資材月報 / 建設労働・資材対策研究会 編 28 (4), 18-23
- 4) 荻野淳司 (財)東京都公園協会(2001) : パークリサイクルシステムによる緑のリサイクルの実践 : 東京都を事例にして : 造園技術報告集 88-91

- 5) 清田秀雄 関雄一 荻野淳司 (2001) : 人が主体となって繋ぐ地域生態系保全・育成の仕組み : 造園技術報告集 138-141
- 6) 高橋輝昌 西尾太寿 石井匡志 荻野淳司(2015) : 堆肥原料となる剪定枝の樹種が堆肥化特性に及ぼす影響 : 日本緑化工学会誌 41 (1), 235-238
- 7) 高橋輝昌 米田伸吾 石井匡志 荻野淳司 (2008) : 堆肥添加と頻繁な切り返しによる剪定枝葉の堆肥化特性 : ランドスケープ研究(オンライン論文集) 1 (0), 40-43
- 8) 石井匡志 高橋輝昌 荻野淳司 原和久 (2004) : 堆肥混入と頻繁な切り返しによるせん定枝の堆肥化促進法の検討 : 日本緑化工学会誌 30 (1), 320-323
- 9) 東京都 : 令和4年度東京都土木工事標準仕様書 : <<https://www.zaimu.metro.tokyo.lg.jp/kentikuhozen/eizen/04dobokuhyoujyun.pdf>>, 2022. 12. 20 参照