紙を資源に回すと、生ごみは燃えなくなる

— 水分 80 パーセントの生ごみの低位発熱量は **1.4464** MJ/kg で、助燃なしで燃え続ける目安 **6** MJ/kg に届かない — 紙が半分の町で紙の **44.1673** パーセントを資源に回すと、残ったごみは燃え続けなくなる — [論文575]

山岸 勇輝 (Yuuki YAMAGISHI)
Yamagishi Complexity Torus Lab, Japan｜山岸勇輝ラボ
2026年9月

— From thinking to syncing. —

要旨

「燃えるごみ」は、燃えるものとして集められ、焼却炉で燃やされる。本稿が示すのは、水の多い生ごみは単独では燃え続けず、燃えているのは一緒に入っている紙の熱を借りているからで、紙を資源に回すほどごみは燃えなくなることである。新しい定理も法則も主張しない。 第一に、ごみの熱は、乾いた分の熱から水の蒸発の潜熱を引いて出る——生ごみ（水分 0.80）で 1.4464 MJ/kg、紙（水分 0.10）で 14.1558 MJ/kg である（第2節）。 第二に、生ごみが単独で燃え続けられる水分の上限は 0.565785 である——水分 0.80 の生ごみは、そこから大きく外れている（第2節）。 第三に、これが本稿の芯である。燃え続けるには、紙が湿り重量で 0.358286 以上混ざっていなければならない——生ごみが燃えているのは、紙が一緒に燃えているからである（第3節）。 第四に、紙が半分の町で、紙の 44.1673 パーセントを資源に回すと、残ったごみは燃え続けなくなる——20 パーセントで 7.0950、40 パーセントで 6.2124、60 パーセントで 5.0777 MJ/kg へ落ちる（第4節）。 第五に、境目は目安の選び方で動く——水分の目安で見ると紙は 3/7 ＝ 0.428571 以上で、発熱量の目安との差は 0.070285 である（第3節）。 第六に、分離子は、水の潜熱が乾いた分の熱を食い尽くすかどうかである——水分がその上限を越えれば、ごみは熱を出すものから熱を奪うものに変わる（第5節）。 キーワード：ごみ焼却、低位発熱量、生ごみ、紙のリサイクル、自燃。

本稿の射程（射程注記）：新しい定理も法則も主張しない——低位発熱量の式も、燃え続けるための目安も標準的である。数は代表値である——生ごみは水分 0.80・乾いた分 17 MJ/kg、紙は水分 0.10・乾いた分 16 MJ/kg、水の蒸発の潜熱 2.442 MJ/kg、助燃なしで燃え続ける目安を 6 MJ/kg、水分の目安を 0.5 と置いた。灰を入れていない——灰は熱を出さないので、入れれば境目はさらに厳しくなる。プラスチックを入れていない——プラスチックは発熱量が高く、それも資源に回せば同じ向きに効く。焼却炉を設計しない——炉の形、空気の量、燃焼温度は扱わない。エネルギーや二酸化炭素の収支を比べない——助燃に使う燃料と、紙を資源に回す得を比べるのは本稿の外である。「紙を資源化するな」とは書かない。既刊との関係：論文464 は、撒いた水が奪う熱のうち蒸発の潜熱が温度差の熱の 58.53 倍で、水の温度を変えても効果は 3.3882 パーセントしか変わらないと示した——本稿でも、水が効くのは温度ではなく蒸発の潜熱を通してで、それが燃焼の収支を食う側に出る。論文455 は、どこまで乾かすかで乾燥の律速が入れ替わると示した——同じ含水率が、あちらでは乾く速さを、こちらでは燃えるかどうかを分ける。論文300 は同根か別根かが判定できると示した——水分の目安と発熱量の目安の二つの境目は、同じ潜熱の根から出るのに、数が一致しない。加えたのは、生ごみが単独で燃え続けられる水分の上限 0.565785 を閉じた式と二分法で出したこと、燃え続けるのに要る紙の割合 0.358286 を出したこと、紙を資源に回す割合と残ったごみの発熱量の関係を並べ、境目の 44.1673 パーセントを確かめたこと、目安の選び方で境目が 0.070285 動くことを示したこと、分離子を水の潜熱と乾いた分の熱の比べ合いに置いたことである。

1. 記法と問い

設定：湿り重量 1 kg のごみのうち水が w、乾いた分の発熱量を H_d、水の蒸発の潜熱を L とすると、低位発熱量は

$$H(w) = (1 - w)\,H_d - w\,L$$

である。二つのごみを湿り重量で $p : (1-p)$ に混ぜると、発熱量も同じ割合で混ざる。

> **観察 1.1**
>
> 「燃えるごみ」は、燃えるものとして集められる。だが燃えるかどうかは、ごみが持っている熱と、ごみに含まれる水が蒸発で奪う熱の差で決まる——水の多いごみは、火に入れても熱を出すより奪うほうが大きいことがある。

問い：生ごみは単独で燃え続けるか。紙を資源に回すと、残ったごみに何が起きるか。

2. 生ごみと紙

計算 2.1：代表値で低位発熱量を出した。

ごみ	水分	乾いた分の熱	低位発熱量
生ごみ	**0.80**	**17** MJ/kg	**1.4464** MJ/kg
紙	**0.10**	**16** MJ/kg	**14.1558** MJ/kg
燃え続ける目安			**6** MJ/kg

> **観察 2.2**
>
> 生ごみの熱の大半は、水を蒸発させるのに使われる。乾いた分の熱は湿り重量 **1 kg** あたり **3.4 MJ** あるが、そのうち **1.95 MJ** ほどを水の蒸発に取られる——残るのは目安の四分の一に届かない。

計算 **2.3**：生ごみが単独で燃え続けられる水分の上限は、$H(w) = 6$ を解いて $w^{*} = (H_d - 6)/(H_d + L) = \mathbf{0.565785}$ である（閉じた式と二分法が 10^{-9} で一致）。

> **観察 2.4**
>
> 水分 **0.80** の生ごみは、上限 **0.565785** から大きく外れている。生ごみは単独では燃え続けない——焼却炉の中で燃えている生ごみは、自分の熱で燃えているのではない。

3. 混ぜると燃える

計算 **3.1**：紙を湿り重量で p だけ混ぜた。燃え続ける境目は $p^{*} = \mathbf{0.358286}$ である（その割合で発熱量がちょうど **6** に戻る・10^{-12}）。

紙の割合	低位発熱量	
0.50	**7.8011** MJ/kg	燃え続ける
0.40	**6.5302** MJ/kg	燃え続ける
0.36	**6.0218** MJ/kg	燃え続ける
0.30	**5.2592** MJ/kg	助燃が要る
0.20	**3.9883** MJ/kg	助燃が要る

> **観察 3.2**
>
> これが本稿の芯である。生ごみが燃えているのは、紙が一緒に燃えているからである——紙が湿り重量で 0.358286 を下回ると、ごみ全体が燃え続けなくなり、炉に燃料を足すことになる。

計算 3.3：もう一つの目安、水分 0.5 以下で見た。境目は $p = (0.80 - 0.50)/(0.80 - 0.10) = 3/7 = \mathbf{0.428571}$ で、$3/7$ と 10^{-12} で一致した。

> **観察 3.4**
>
> 境目は、どの目安で「燃え続ける」と言うかで動く。発熱量の目安では 0.358286、水分の目安では 0.428571 で、差は **0.070285** である——境目は物理の定数ではなく、置いた目安の関数である。

4. 紙を資源に回すと

計算 4.1：紙と生ごみが湿り重量で半々の町で、紙の一部を資源に回し、残りを燃やすとした。

紙を資源に回す割合	残りの中の紙	残りの低位発熱量
0 パーセント	**0.500000**	**7.8011** MJ/kg
20 パーセント	**0.444444**	**7.0950** MJ/kg
40 パーセント	**0.375000**	**6.2124** MJ/kg
60 パーセント	**0.285714**	**5.0777** MJ/kg

> **観察 4.2**
>
> 紙の **44.1673** パーセントを資源に回したところで、残ったごみは燃え続けなくなる。その割合で、残りの発熱量はちょうど目安の 6 に戻る（10^{-9}）——資源化が半分に届く前に、焼却炉は燃料を足さなければならなくなる。

観察 4.3

紙の資源化とごみの焼却は、同じ紙を取り合っている。「燃えるごみ」の燃えやすさを決めているのは、その中の紙である——紙を抜くほど、残るのは水の多い生ごみになる。

5. 分離子

観察 5.1

分離子は、水の潜熱が乾いた分の熱を食い尽くすかどうかである。水分が上限 0.565785 より小さければ、ごみは熱を出す側にいる——上限を越えれば、ごみは熱を奪う側に回り、燃やすには他のものの熱を借りるしかない。

観察 5.2

論文464 と同じく、水が効くのは潜熱を通してである。あちらでは、撒いた水が奪う熱のうち蒸発の潜熱が温度差の熱の 58.53 倍で、水の温度を変えても効果は 3.3882 パーセントしか変わらなかった——こちらでは、同じ蒸発の潜熱が燃焼の収支を食う側に出る。

観察 5.3

論文455 と同じ量の、別の役である。あちらでは、どこまで乾かすかで乾燥の律速が入れ替わった——同じ含水率が、あちらでは乾く速さを、こちらでは燃えるかどうかを分ける。

観察 5.4

論文300 の基準では同根だが、数は一致しない。水分の目安と発熱量の目安は、どちらも水の潜熱が乾いた分の熱を食うことから出る——それでも境目は 0.070285 ずれる。同根であることと、数が一致することは別である。

観察 5.5

言わないこと。「紙を資源化するな」とは書かない——助燃に使う燃料と、紙を資源に回す得を比べるのは本稿の外である。示したのは、二つの取り組みが同じ紙を取り合っていて、片方を進めるともう片方の条件が変わるということである。

6. 点呼と結び

1. 生ごみ **1.4464**・紙 **14.1558** MJ/kg（計算 2.1）：水の潜熱を引いた熱。
2. 生ごみの水分の上限 **0.565785**（計算 2.3）：水分 0.80 は遠く外れる。
3. 燃え続けるには紙が **0.358286** 以上（計算 3.1）：本稿の芯。
4. 紙 0.30 で **5.2592** MJ/kg（計算 3.1）：助燃が要る。
5. 水分の目安では **0.428571**（計算 3.3）：**3/7**。
6. 二つの目安の差 **0.070285**（観察 3.4）：境目は置いた目安の関数。
7. 紙の **44.1673** パーセントを資源化すると燃え続けない（観察 4.2）：半分に届く前。
8. 資源化 60 パーセントで **5.0777** MJ/kg（計算 4.1）：目安を切る。
9. 分離子は潜熱が乾いた分の熱を食い尽くすか（観察 5.1）：熱を出す側か奪う側か。
10. 同根でも数は一致しない（観察 5.4）：二つの目安のずれ。

結び：「燃えるごみ」は、燃えるものとして集められ、焼却炉で燃やされる。ところが水の多い生ごみは、単独では燃え続けない——低位発熱量は乾いた分の熱から水の蒸発の潜熱を引いて出て、水分 0.80 の生ごみで **1.4464** MJ/kg、水分 0.10 の紙で **14.1558** MJ/kg である。助燃なしで燃え続ける目安 6 MJ/kg に対し、生ごみが単独で燃え続けられる水分の上限は **0.565785** で、生ごみはそこから大きく外れている。生ごみが燃えているのは、紙が一緒に燃えているからである——紙が湿り重量で **0.358286** を下回ると、ごみ全体が燃え続けなくなる。紙と生ごみが半々の町で、紙の **44.1673** パーセントを資源に回すと、残りの発熱量はちょうど目安まで落ち、それを越えれば炉に燃料を足すことになる。境目は目安の選び方でも動き、水分の目安では **3/7 = 0.428571**、発熱量の目安との差は **0.070285** である。分離子は、水の潜熱が乾いた分の熱を食い尽くすかどうかである——上限を越えたごみは熱を出す側から奪う側に回り、燃やすには他のものの熱を借りるしかない。論文300 の基準で二つの目安は同じ潜熱の根から出るが、境目の数は一致しない。既刊との位置——論文464 と同じく、水が効くのは温度ではなく蒸発の潜熱を通してで、こちらではそれが燃焼の収支を食う。論文455 と同じ含水率が、あちらでは乾く速さを、こちらでは燃えるかどうかを分ける。正直に言えば——数は代表値で、灰もプラスチックも入れていない。焼却炉は設計しておらず、助燃の燃料と資源化の得のどちらが大きいかも比べていない。そして「紙を資源化するな」とは書かない——示したのは、二つの取り組みが同じ紙を取り合っているということである。

参考文献

1. Niessen, W. R. (2002). *Combustion and Incineration Processes* (3rd ed.). Marcel Dekker.
2. Tchobanoglous, G., Theisen, H., & Vigil, S. A. (1993). *Integrated Solid Waste Management: Engineering Principles and Management Issues*. McGraw-Hill.
3. 山岸勇輝 (2026).『三百本目の点呼 ── 同根か別根かは、判定できる』[論文300]. Zenodo. 10.5281/zenodo.22171914
4. 山岸勇輝 (2026).『どこまで乾かすかで、律速が入れ替わる』[論文455]. Zenodo. 10.5281/zenodo.22733024
5. 山岸勇輝 (2026).『冷たい水を撒いても、効果は四パーセントしか変わらない』[論文464]. Zenodo. 10.5281/zenodo.22733251

— From thinking to syncing. —

山岸 勇輝 (Yuuki YAMAGISHI)

© 2026 Yamagishi Complexity Torus Lab, Japan · Licensed under Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0)