発酵の収率が一〇〇パーセントにならないのは、触媒が自分自身を作らねばならないからである

— エタノール発酵の理論収率は **0.511423** g/g にとどまり、触媒の酵母が自分自身を作るので、糖の **5** % を菌体に取られれば **12.963839** %vol が **12.315647** %vol まで下がる — 分離子は、触媒が自己複製するかどうか — [論文716]

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

発酵で糖がすべて酒にならないのは、工程が下手だからではない。二つの理由があり、どちらも原理の側にある。天井がどこにあるかを、質量の収支から数える。新しい定理も法則も主張しない。 第一に、反応式が天井を決めている——理論収率は 0.511423 g/g で、質量の 0.488565 は二酸化炭素として必ず出ていく（第2節）。 第二に、収支は閉じている——二つを足すと 0.999989 になり、1 との差 1.110×10^{-5} は原料 180.156 と生成物の和 180.154 の丸めから来る（第2節）。 第三に、糖の濃さに直すと上限が見える——200 g/L からは理論上 102.284687 g/L ＝ 12.963839 %vol である（第2節）。 第四に、これが本稿の芯である。第二の天井は触媒の側にある——酵母は自分自身を作らねばならず、糖の 5 % を菌体に取られれば 12.315647 %vol まで下がる（第3節）。 第五に、化学触媒はこの目減りを持たない——自分を作る必要がないので、原料を食わない（第3節）。 第六に、分離子は、触媒が自己複製するかどうかである——「収率が悪い」と言う前に、どちらの天井を見ているかを分ける（第4節）。 キーワード：アルコール発酵、理論収率、質量の収支、菌体形成、自己複製する触媒、二つの天井。

> 本稿の射程（射程注記）：新しい定理も法則も主張しない——アルコール発酵の量論も、菌体形成による収率の目減りも、いずれも既知である（ゲイ＝リュサック 1815、ベイリー＆オリス 1986）。実在の酵母や条件の収率を主張しない——菌体に取られる割合 5 % は前提として置いた代表値である。副生成物を扱わない——グリセロールや有機酸への分岐は数えない。条件の効きを論じない——温度・pH・栄養・アルコールによる阻害は扱わない。工程を扱わない——蒸留や濃縮には立ち入らない。示す度数は発酵液のものである。既刊との関係：論文680は、指数増殖の怖さが速さではなく最後の一倍加に半分が入っていることだと示した——そこでは収率を与えて、時間の配分を数えた。ここではその収率そのものの天井を数える。同じ発酵の、前提の側に降りることになる。加えたのは、理論収率 **0.511423** を出したこと、二酸化炭素として出る **0.488565** と合わせて収支が閉じることを示したこと、糖 200 g/L の上限を **12.963839** %vol と出したこと、触媒が自分を作るぶんの目減りを **12.315647** %vol と数にしたこと、分離子を「触媒が自己複製するか」に置いたことである。

1. 記法と問い

設定：アルコール発酵は、グルコース一分子からエタノール二分子と二酸化炭素二分子を出す。質量で見ると、原料の一部は必ず気体として去る。

$$\mathrm{C_6H_{12}O_6} \rightarrow 2\,\mathrm{C_2H_5OH} + 2\,\mathrm{CO_2}, \qquad Y = \frac{2M_{\text{エタノール}}}{M_{\text{グルコース}}}$$

さらに、この反応を進める触媒は生きた細胞であり、細胞そのものも糖から作られる。

問い：収率の天井はどこにあり、いくつあるのか。

2. 第一の天井は反応式にある

計算 2.1：質量の収支を出した。

行き先	原料の質量に対する割合
エタノール	**0.511423**
二酸化炭素	**0.488565**
和	**0.999989**

観察 2.2

収支は閉じている。和は **0.999989** で、1 との差は 1.110×10^{-5} しかなく、それも原料 **180.156** と生成物の和 **180.154** という表の値の丸めから来る——行方不明の質量は無い。糖の半分近くが酒にならないのは、逃げているのではなく、二酸化炭素として出ていく定めだからである。

計算 2.3：糖 **200 g/L** から作れる量を出した。

理論に対する実収率	エタノール	度数
100 %	**102.284687** g/L	**12.963839** %vol
95 %	**97.170452** g/L	**12.315647** %vol
90 %	**92.056218** g/L	**11.667455** %vol

観察 2.4

糖の濃さが度数の上限を決める。**200 g/L** では **12.963839 %vol** を超えられない——どれだけ丁寧に仕込んでも、入れた糖より多くは出てこない。

3. 第二の天井は触媒の側にある

観察 3.1

これが本稿の芯である。酵母は自分自身を作らねばならない。細胞を増やす炭素も糖から取るので、エタノールに行かない分が必ず出る——糖の **5 %** を菌体に取られれば、度数は **12.963839** から **12.315647 %vol** へ下がる。

観察 3.2

この目減りは、腕では消せない。触媒が無ければ反応は進まず、触媒を作るには原料が要る——反応式の天井と違って、こちらは触媒の性質から来ている。

観察 3.3

化学触媒はこの目減りを持たない。白金は自分を作らないので、原料を食わずに働き続ける——生体触媒と化学触媒の差が、収率という一つの数に現れる。

観察 3.4

だから「収率が悪い」は二通りに読める。反応式の天井に近いのか、菌体に取られているのか——前者なら改善の余地は無く、後者なら種の量や増殖の条件に余地がある。

観察 3.5

二つの天井は向きが逆である。菌体を減らせばエタノールに回る糖は増えるが、触媒が減れば反応は遅くなる——収率と速さが、同じ一つの割り当てを取り合う。

4. 分離子

観察 4.1

分離子は、触媒が自己複製するかどうかである。自己複製する触媒は原料を食い、しない触媒は食わない——「収率」という言葉の下に、二つの違う天井が同居している。

観察 4.2

論文680 と並べる。680 は、指数増殖の怖さが速さではなく最後の一倍加に半分が入っていることだと示した——そこでは収率を与えられたものとして、時間の配分を数えた。ここではその与えられていた数の天井を数える。前提の側に一段降りる。

観察 4.3

言わないこと。実在の酵母も副生成物も条件も蒸留も扱わず、菌体に取られる 5 % は前提として置いた——示したのは、天井が二つあり、片方は触媒の性質から来ていることである。

5. 点呼と結び

1. 理論収率 **0.511423**（計算 2.1）：反応式が決める。
2. 二酸化炭素 **0.488565**（計算 2.1）：必ず出ていく。
3. 和は **0.999989**（計算 2.1）：収支は閉じている。
4. **102.284687 g/L**（計算 2.3）：糖 200 g/L から。
5. **12.963839 %vol**（計算 2.3）：これが上限。
6. 菌体 5 % で **12.315647 %vol**（観察 3.1）：本稿の芯。
7. 実収率 90 % なら **11.667455 %vol**（計算 2.3）：比較のため。
8. 化学触媒は食わない（観察 3.3）：自分を作らないから。
9. 収率と速さが取り合う（観察 3.5）：同じ糖の割り当て。
10. 自己複製するか（観察 4.1）：分離子・論文680。

結び：発酵の収率が一〇〇パーセントにならないのは腕の問題ではない、触媒が自分自身を作らねばならないからである。天井は二つある。第一は反応式にあり、グルコース 180.156 からエタノールが 2×46.068 出る以上、理論収率は 0.511423 g/g にとどまり、質量の 0.488565 は二酸化炭素として必ず出ていく——和は 0.999989 で、1 との差 1.110×10^{-5} も表の値の丸めから来るものであり、行方不明の質量は無い。糖 200 g/L からは理論上 102.284687 g/L ＝ 12.963839 %vol であり、どれだけ丁寧に仕込んでも入れた糖より多くは出てこない。第二の天井は触媒の側にある——酵母は自分自身を作らねばならず、細胞の炭素も糖から取るので、5 % を菌体に取られれば 12.315647 %vol まで下がる。この目減りは腕では消せない——触媒が無ければ反応は進まず、触媒を作るには原料が要る。白金は自分を作らないのでこの目減りを持たず、生体触媒と化学触媒の差が収率という一つの数に現れる。しかも二つの天井は向きが逆で、菌体を減らせば収率は上がるが反応は遅くなる。分離子は、触媒が自己複製するかどうかである。既刊との位置——論文680 は収率を与えて時間の配分を数えた。ここはその与えられていた数の天井を数える。正直に言えば——実在の酵母も副生成物も蒸留も扱わず、菌体に取られる 5 % は前提として置いた。

参考文献

1. Bailey, J. E., & Ollis, D. F. (1986). *Biochemical Engineering Fundamentals*. McGraw-Hill.
2. Gay-Lussac, J. L. (1815). Sur l’analyse de l’alcool et de l’éther sulfurique. *Annales de Chimie*.
3. 山岸勇輝 (2026).『指数増殖の怖さは速さではなく、最後の一倍加に半分が入っていることである』[論文680]. Zenodo. 10.5281/zenodo.23014794

山岸 勇輝 (Yuuki YAMAGISHI)

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