ショ糖が転化すると、質量の糖度はほとんど変わらないのに、凝固点降下は二倍を超える

— ショ糖が全部ブドウ糖と果糖に分かれると、質量の糖度は **1.052641** 倍にしかならないが、質量モル濃度は **2.026665** 倍になり、希薄溶液の凝固点降下も同じだけ動く — 分離子は、質量で数えるか、粒の数で数えるか — [論文803]

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

糖度は溶けている糖の質量の割合で、凝固点降下は溶けている粒の数で決まる。ショ糖がブドウ糖と果糖に分かれる転化で、この二つの数え方がどれだけ別の答を返すかを、希薄溶液の式と理想溶液の式で数える。新しい定理も法則も主張しない。 第一に、転化しても、質量の糖度はほとんど変わらない——20 から 21.052816 へ、1.052641 倍（第2節）。 第二に、これが本稿の芯である。凝固点降下は二倍を超える——質量モル濃度は 0.730353 から 1.480182 mol/kg へ 2.026665 倍、希薄溶液の式の降下は 1.358457 K から 2.753139 K へ（第2節）。 第三に、二倍を超える分は、取り込まれた水である——粒の数の 2 と、溶かす水の減り 1.013333 の積（第3節）。 第四に、変化の割合で比べると、凝固点降下は糖度の 19.503226 倍動く——転化の割合ごとの降下の傾きは 1.380873 から 1.394681 へわずかに増える（第3節）。 第五に、式を替えても、二倍を超える側は変わらない——理想溶液の式で 2.003267 倍、初めからブドウ糖を溶かした液に比べても 1.066679 倍（第4節）。 第六に、分離子は、質量で数えるか、粒の数で数えるか——「糖度が同じなら凍り方も同じ」は、質量で数えるか粒の数で数えるかを言うまで正しいかどうかが決まらない（第5節）。 キーワード：凝固点降下、転化、ショ糖、質量モル濃度、束一的性質、糖度。

> 本稿の射程（射程注記）：新しい定理も法則も主張しない——ショ糖が水を取り込んでブドウ糖と果糖に分かれること（転化）、凝固点降下が溶けている粒の数で決まる束一的性質であること（ラウール 1882）、希薄溶液の式と理想溶液の式は、いずれも既知である（アトキンス＆デ・パウラの教科書）。高濃度を扱わない——希薄溶液の式と理想溶液の式だけを使い、濃い液での破れ（活量係数）は入れない（論文333 と同じ線）。屈折計の読みを扱わない——糖度は溶けている質量の割合として数え、屈折計の目盛りが糖の種類でどう違うかは主題ではない。反応の速さを扱わない——酸や酵素による転化の速さと、途中の割合を決める条件には立ち入らない。転化の割合は与えた値である。数は例である——ショ糖 20 g・水 80 g、分子量 342.30・180.16・18.015、凝固点降下定数 1.86 K kg/mol、融解熱 6009.5 J/mol は比べるための値である。食品を設計しない。既刊との関係：論文333 は、浸透圧と凝固点降下の比が一定であることが測定ではなく仮定の帰結であることを示し、電離で増える粒の数をファントホッフ係数で数えた——そこでは電離が粒を増やした。ここでは電離しない糖が、反応で粒の数を二倍にする。論文718 は、糖化で取り込んだ水が質量を増やし、収率が一を超えることを示した——ここでも転化で取り込んだ水が糖の質量を 1.052644 倍にするが、凝固点降下にとってその水は、溶けている質量に足される側ではなく、溶かしている水から引かれる側に効く。加えたのは、転化で質量の糖度が 1.052641 倍、凝固点降下が 2.026665 倍になることを示したこと、2.026665 を粒の数の 2 と水の減り 1.013333 に分けたこと、変化の割合で 19.503226 倍と出し、理想溶液の式でも 2.003267 倍と確かめたこと、分離子を「質量で数えるか、粒の数で数えるか」に置いたことである。

1. 記法と問い

設定：ショ糖は水を一つ取り込んで、ブドウ糖と果糖の二つに分かれる（転化）。

$$\mathrm{C_{12}H_{22}O_{11}} + \mathrm{H_2O} \longrightarrow \mathrm{C_6H_{12}O_6} + \mathrm{C_6H_{12}O_6}$$

溶けている糖の質量を w_{s}、溶かしている水の質量を w_{w}、溶けている粒の物質量を n とし、質量の糖度 Bx、質量モル濃度 b、凝固点降下を次の式で数える。

$$\mathrm{Bx} = 100\,\frac{w_{\mathrm{s}}}{w_{\mathrm{s}} + w_{\mathrm{w}}}, \qquad b = \frac{n}{w_{\mathrm{w}}}, \qquad \Delta T_{\text{希薄}} = K_f\, b, \qquad \ln x_{\mathrm{w}} = -\frac{\Delta H}{R}\left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_0}\right)$$

最後の式は理想溶液の式で、x_{w} は水の物質量の割合である。ショ糖 20 g と水 80 g から始める。

問い：転化で、質量で数えた量と粒の数で数えた量は、それぞれ何倍になるか。

2. 全部が転化したとき

計算 2.1：転化の前と、全部が転化した後を並べた。

量	転化の前	全部の転化の後	倍率
質量の糖度	**20.000000**	**21.052816**	**1.052641**
溶かしている水	**80.000000** g	**78.947415** g	
質量モル濃度	**0.730353** mol/kg	**1.480182** mol/kg	**2.026665**
凝固点降下（希薄溶液の式）	**1.358457** K	**2.753139** K	**2.026665**
凝固点降下（理想溶液の式）	**1.342715** K	**2.689818** K	**2.003267**

> **観察 2.2**
>
> 転化しても、質量の糖度はほとんど変わらない。糖度は **20.000000** から **21.052816** へ **1.052641** 倍で、増えたのは取り込まれた水が糖の質量に入った分だけである——質量で数える限り、転化はほとんど見えない。

> **観察 2.3**
>
> これが本稿の芯である。凝固点降下は二倍を超える。質量モル濃度は **2.026665** 倍になり、希薄溶液の式の降下は **1.358457 K** から **2.753139 K** へ動く——同じ液を粒の数で数えると、転化は二倍を超える変化として現れる。

3. 二倍を超える分

計算 3.1：質量モル濃度の倍率を、粒の数の倍率と溶かす水の減りに分けた。

$$\frac{b_{\text{後}}}{b_{\text{前}}} = 2 \times \frac{80}{78.947415} = 2 \times 1.013333 = 2.026665$$

糖の質量の増えは、物質の数えで **1.052644**、ショ糖と水の分子量の和から **1.052629** で、差は分子量の丸め **0.005 g/mol** の分である。

> **観察 3.2**
>
> 二倍を超える分は、取り込まれた水である。取り込まれた水は、糖の質量に足され、溶かしている水から引かれる。糖度にはわずかな質量の増えとして効き、凝固点降下には溶かす水の減り 1.013333 として効く——同じ水が、二つの数え方の中で別の側に入る。

計算 3.3：転化の割合を 0 から 1 まで動かした。

転化の割合	質量の糖度	質量モル濃度	降下（希薄溶液の式）	降下（理想溶液の式）
0.00	20.000000	0.730353	1.358457 K	1.342715 K
0.25	20.263205	0.915955	1.703676 K	1.679074 K
0.50	20.526409	1.102785	2.051180 K	2.015710 K
0.75	20.789613	1.290857	2.400994 K	2.352623 K
1.00	21.052816	1.480182	2.753139 K	2.689818 K

> **観察 3.4**
>
> 変化の割合で比べると、凝固点降下は糖度の 19.503226 倍動く。降下の増えの割合 1.026665 を糖度の増えの割合 0.052641 で割ると 19.503226 である。転化の割合 0.25・0.5・0.75・1 までの降下の傾きは 1.380873・1.385446・1.390048・1.394681 で、わずかに増える——転化が進むほど溶かす水が減るので、同じ転化の一歩が降下をわずかに大きく動かす。

4. 式を替える、糖を替える

計算 4.1：凝固点降下定数 1.86 K kg/mol は、融解熱 6009.5 J/mol から出す $RT_0^2 M_\mathrm{w}/\Delta H = 1.859656$ K kg/mol と合う。理想溶液の式で数えると、転化の前後の降下の比は 2.003267 である。

計算 4.2：ショ糖の代わりに、初めからブドウ糖 20 g を水 80 g に溶かすと、質量モル濃度は 1.387655 mol/kg で、ショ糖の 1.899978 倍（分子量の比と同じ）である。全部の転化の後は、それのさらに 1.066679 倍である。

観察 4.3

式を替えても、二倍を超える側は変わらない。希薄溶液の式で **2.026665** 倍、理想溶液の式で **2.003267** 倍で、どちらも **2** を超える——二倍を超えることは、希薄溶液の式の近似の産物ではない。

観察 4.4

同じ質量の単糖を初めから溶かすより、転化のほうが粒が多い。**1.066679** は、糖の質量の増え **1.052644** と溶かす水の減り **1.013333** の積である——転化は、水を取り込んで糖を重くし、しかも溶かす水を減らす。

5. 分離子

観察 5.1

分離子は、質量で数えるか、粒の数で数えるか。質量で数えた糖度は **1.052641** 倍、粒の数で数えた凝固点降下は **2.026665** 倍で、変化の割合では **19.503226** 倍違う——「糖度が同じなら凍り方も同じ」は、質量で数えるか粒の数で数えるかを言うまで正しいかどうかが決まらない。

観察 5.2

論文**333**・**718** と並べる。**333** は電離で増える粒の数を係数で数え、**718** は取り込んだ水で質量が一を超えることを数えた——ここでは電離しない糖が反応で粒を増やし、取り込んだ同じ水が質量には足され、溶かす水からは引かれることを数えた。

観察 5.3

言わないこと。濃い液での破れ、活量係数、屈折計の読み、転化の速さ、食品の設計は扱わない——示したのは、同じ転化が質量と粒の数に別の倍率で効くということである。

6. 点呼と結び

1. 質量の糖度 **21.052816**（計算 2.1）：ほとんど変わらない。
2. 糖度の倍率 **1.052641**（観察 2.2）：取り込んだ水の分。
3. 質量モル濃度の倍率 **2.026665**（観察 2.3）：本稿の芯。
4. 降下 **2.753139 K**（計算 2.1）：希薄溶液の式。
5. 水の減り **1.013333**（観察 3.2）：二倍を超える分。
6. 変化の割合の比 **19.503226**（観察 3.4）：数え方で大きく違う。
7. 理想溶液の式で **2.003267** 倍（観察 4.3）：近似の産物ではない。
8. 凝固点降下定数 **1.859656**（計算 4.1）：融解熱から。
9. 初めからブドウ糖に比べて **1.066679** 倍（観察 4.4）：重くなり、水も減る。
10. 質量か、粒の数か（観察 5.1）：分離子・論文333・718。

結び：ショ糖が転化すると、質量の糖度はほとんど変わらないのに、凝固点降下は二倍を超える。ショ糖 **20 g** を水 **80 g** に溶かした液が全部ブドウ糖と果糖に分かれると、質量の糖度は **21.052816**（**1.052641** 倍）にしかならない——質量で数える限り、転化はほとんど見えない。ところが質量モル濃度は **2.026665** 倍になり、希薄溶液の式の降下は **1.358457 K** から **2.753139 K** へ動き、その **2.026665** は粒の数の **2** と溶かす水の減り **1.013333** の積で、理想溶液の式でも比は **2.003267** である——取り込まれた同じ水が、質量には足され、溶かす水からは引かれる。分離子は、質量で数えるか、粒の数で数えるかである。既刊との位置——論文333 は電離で増える粒を、論文718 は取り込んだ水で一を超える質量を数えた。ここは電離しない糖が反応で粒を増やす場合を数えた。正直に言えば——濃い液での破れも、屈折計の読みも、転化の速さも扱っていない。

参考文献

1. Atkins, P., & de Paula, J. (2014). *Atkins' Physical Chemistry*. Oxford University Press.
2. Raoult, F.-M. (1882). Loi générale de congélation des dissolvants. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences*.
3. 山岸勇輝 (2026).『浸透圧と凝固点降下の比が一定であることは、測定ではなく仮定の帰結である』[論文333]. Zenodo. 10.5281/zenodo.22681740
4. 山岸勇輝 (2026).『収率が一を超える工程がある。超えているのは収支ではなく、質量を数える境目である』[論文718]. Zenodo. 10.5281/zenodo.23014993

— 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)