地下水位が 1 m 下がると、淡水の底は 40 m 上がる

— 海水と淡水の密度の差はわずか 2.5 パーセントで、それが分母にいるので、淡水は海面より上の水位の 40.000000 倍の深さまで沈んでいる — 海水の密度が 1025 から 1030 に変わるだけで比は 33.333333 に落ちる — [論文574]

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

島や海岸の地下では、軽い淡水が重い海水の上に浮かんでいる。本稿が示すのは、淡水の底の深さは海面より上の水位の $\rho_f/(\rho_s-\rho_f)$ 倍で、分母が密度の差なので、この比は小さな差を大きな深さに変える増幅器になっていることである。新しい定理も法則も主張しない。 第一に、比は密度の差で決まる——淡水 1000、海水 1025 kg/m^3 で $\rho_f/(\rho_s-\rho_f)=40.000000$ である（第2節）。 第二に、比は差に敏感である——海水が 1020 なら 50.000000、1030 なら 33.333333 で、密度が 0.5 パーセント変わるだけで比は 0.8333 倍になる（第2節）。 第三に、これが本稿の芯である。水位を下げると、淡水の底はその 40 倍上がる——0.05 m で 2.0000 m、0.10 m で 4.0000 m、0.25 m で 10.0000 m である（第3節）。 第四に、細長い島の淡水レンズは式で書ける——半幅 500 m・涵養 年 300 mm・透水係数 20 m/日で、海面上の水位は最大 0.500584 m、淡水の底は 20.0234 m、レンズの厚さは 20.5240 m である（第4節）。 第五に、そのうち 0.25 m を汲み下げると、淡水の底は 10.0234 m まで上がる——海面より上の水位を半分にするだけで、淡水はほぼ半分になる（第3節）。 第六に、密度の差を 2 倍にしても、レンズは半分にならない——比 40 を 20 にすると厚さは 0.715678 倍で、閉じた式 $\sqrt{21/41}$ と一致する（第4節）。 キーワード：塩水侵入、ガイベン＝ヘルツベルクの関係、地下水、淡水レンズ、揚水。

本稿の射程（射程注記）：新しい定理も法則も主張しない——ガイベン＝ヘルツベルクの関係も、デュピュイの近似も標準的である。静水の鋭い境界として扱う——実際には淡水と海水の間に混ざった帯があり、潮汐で動く。本稿はそれを入れていない。上がってくるまでの時間を扱わない——汲み下げたあと境界が 40 倍上がるのは、釣り合いがついたあとの話である。デュピュイの近似を使う——流れはほぼ水平とし、鉛直の流れを落としている。数は代表値である——淡水 1000、海水 1025 kg/m^3、島の半幅 500 m、涵養 年 300 mm、透水係数 20 m/日と置いた。島の形を細長い帯に限った——丸い島では式の係数が変わる。井戸を設計しない——どこでどれだけ汲めばよいかは述べない。既刊との関係：論文452 は、液を持ち上げているのが表面張力そのものではなく、その差であると示した——本稿も差が主役だが、あちらでは差が流れを起こし、こちらでは差が深さを決め、しかも分母にいるので増幅器になる。論文408 は射程注記で地下水を主題にしないとしていた——本稿はその席に座る。あちらは塩が上から土地に溜まる話、こちらは塩水が下から上がってくる話である。論文300 は同根か別根かが判定できると示した——「水位の 40 倍の深さ」と「海水の密度で比が大きく動く」は、差が分母にいるという一つの根から出る。加えたのは、比 40 が差の小ささから出る増幅率であることを、海水の密度を振って示したこと、汲み下げたときの境界の上昇を並べたこと、細長い島のレンズの形をデュピュイの式で書き、流れの式を満たすことを数値で確かめたこと、密度の差を 2 倍にしたときの厚さの比 0.715678 を閉じた式 $\sqrt{21/41}$ と突き合わせたことである。

1. 記法と問い

設定：淡水の密度を ρ_f、海水を ρ_s、海面より上の地下水位を h、海面から淡水の底（海水との境界）までの深さを z とする。境界での圧力の釣り合い $\rho_f g(h+z) = \rho_s g z$ から

$$z = \frac{\rho_f}{\rho_s - \rho_f}\, h = \alpha\, h$$

となる。淡水の厚さは $(1+\alpha)h$ である。

> **観察 1.1**
>
> 淡水は海水より軽いので、浮いている。海面より上に見えている水位はわずかでも、その下には淡水が深く沈んでいる——氷山と同じ形だが、ここでは密度の差がずっと小さい。

問い：淡水はどれだけ深く沈んでいるか。水位を少し下げると、何が起きるか。

2. 比は、差で決まる

計算 2.1：淡水 1000 kg/m^3 で、海水の密度を振った。

海水の密度	$\alpha = \rho_f/(\rho_s - \rho_f)$
1020 kg/m^3	**50.000000**
1025 kg/m^3	**40.000000**
1030 kg/m^3	**33.333333**

> **観察 2.2**
>
> 分母が差なので、比は大きい。海水と淡水の密度の差は 2.5 パーセントしかない——その小ささが、そのまま 40 という大きさになっている。差が分母にいる量は、差を小さくするほど大きくなる増幅器である。

> **観察 2.3**
>
> 比は差に敏感である。海水の密度が 1025 から 1030 へ 0.5 パーセント変わるだけで、比は **0.8333** 倍になる——海水の密度そのものはほとんど変わっていないのに、差が 1.2 倍になるので、比は 1.2 分の 1 になる。

3. 汲み下げると

計算 3.1：釣り合いがついたあとの静水の極限で、水位を Δh 下げたときの境界の上昇 $\alpha\Delta h$ を出した。

水位の低下	淡水の底の上昇
0.05 m	**2.0000** m
0.10 m	**4.0000** m
0.25 m	**10.0000** m

> **観察 3.2**
>
> これが本稿の芯である。水位を 1 下げると、淡水の底は 40 上がる——井戸で汲んで水位がわずかに下がっただけで、下から海水が大きくせり上がる。被害が 40 倍に増幅されて届く。

> **観察 3.3**
>
> 次節の島で見ると、半分を汲み下げれば淡水はほぼ半分になる。海面上の最大水位 **0.500584 m** のうち **0.25 m** を下げると、淡水の底は **20.0234 m** から **10.0234 m** へ上がる——目に見える水位の変化は **25 cm** でも、足もとの淡水の厚さは **10 m** 失われる。

4. 細長い島の淡水レンズ

計算 4.1：半幅 a の細長い島に年 R の雨が浸み込み、透水係数 K の地層を通って両側の海へ出ていくとする。デュピュイの近似で、淡水の厚さ $(1+\alpha)h$ を通る流れと涵養の釣り合いから

$$h(x)^2 = \frac{R\,(a^2 - x^2)}{K\,(1+\alpha)}$$

が出る。$a = 500$ m、$R = 300$ mm/年、$K = 20$ m/日で計算した。

量	値
海面上の最大水位	**0.500584** m
淡水の底の深さ	**20.0234** m
レンズの厚さ	**20.5240** m

> **観察 4.2**
>
> 式が流れの式を満たすことを、数値で確かめた。h^2 の二階差分から作った残差は、涵養 R の 10^{-6} 未満である——式を写し間違えていれば、ここで残差が大きく出る。

> **観察 4.3**
>
> 海面上に見えているのは **50 cm**、淡水はその **41** 倍の厚さで足もとにある。島の淡水の大部分は、海面より下にある——海面上の水位は、淡水の量の小さな目印にすぎない。

計算 4.4：密度の差を **2** 倍にして（比 **40** を **20** に）、同じ島を計算した。

比	海面上の最大水位	レンズの厚さ
40	**0.500584** m	**20.5240** m
20	**0.699455** m	**14.6885** m

> **観察 4.5**
>
> 密度の差を **2** 倍にしても、レンズは半分にならない。厚さは **0.715678** 倍で、閉じた式 $\sqrt{21/41}$ と 10^{-12} で一致する——比が小さくなると底は浅くなるが、そのぶん水位が上がって流れを支える。二つが打ち消し合って、効きは平方根に弱まる。

5. 分離子

> **観察 5.1**
>
> 分離子は、密度の差が分母にいるかどうかである。差が分母にいる量は、差が小さいほど大きく、差の変化に敏感になる——淡水と海水の差が **2.5** パーセントしかないことが、比 **40** と、汲み下げの **40** 倍の増幅の両方を作っている。

> **観察 5.2**
>
> 論文**300** の基準では同根である。「水位の **40** 倍の深さに沈んでいる」と「海水の密度で比が大きく動く」は、差が分母にいるという一つの根から出る——差を大きくすれば、どちらも弱まる。

> **観察 5.3**
>
> 論文**452** と同じく、差が主役である。あちらでは、液を持ち上げていたのは表面張力そのものではなく、その差だった——あちらでは差が流れを起こし、こちらでは差が深さを決める。そしてこちらでは差が分母にいるので、増幅器になる。

> **観察 5.4**
>
> 論文408 の予約席に座る。あちらは射程注記で地下水を主題にしないとしていた——あちらは塩が上から土地に溜まり、こちらは塩水が下から上がってくる。どちらも、地下の淡水が思ったより脆いことを言っている。

> **観察 5.5**
>
> 言わないこと。「島で井戸を掘るな」とは書かない——汲む量と場所を選べば、淡水は使える。示したのは、水位のわずかな変化が足もとで 40 倍になって効くという、増幅の大きさである。

6. 点呼と結び

1. 比 **40.000000**（計算 2.1）：密度の差が分母にいる。
2. 海水 1030 で **33.333333**（計算 2.1）：0.5 パーセントで **0.8333** 倍。
3. 水位 0.25 m 低下で底が **10.0000** m 上昇（計算 3.1）：本稿の芯。
4. 海面上 **0.500584** m・底 **20.0234** m（計算 4.1）：細長い島のレンズ。
5. 厚さ **20.5240** m（計算 4.1）：見えている水位の 41 倍。
6. 流れの式の残差は R の 10^{-6} 未満（観察 4.2）：式の確かめ。
7. 半分を汲み下げると底は **10.0234** m へ（観察 3.3）：淡水がほぼ半分に。
8. 差を 2 倍にしても厚さは **0.715678** 倍（観察 4.5）：閉じた式 $\sqrt{21/41}$。
9. 分離子は差が分母にいるか（観察 5.1）：増幅器の条件。
10. 論文408 の予約席（観察 5.4）：上から溜まる塩と、下から上がる塩水。

結び：島や海岸の地下では、軽い淡水が重い海水の上に浮かんでいる。淡水の底の深さは、海面より上の水位の $\rho_f/(\rho_s-\rho_f)$ 倍である——淡水 1000、海水 1025 kg/m^3 で比は **40.000000** で、分母が 2.5 パーセントの差なので大きい。海水が 1030 なら **33.333333**、1020 なら **50.000000** で、密度が 0.5 パーセント変わるだけで比は **0.8333** 倍になる。水位を下げると、淡水の底はその 40 倍上がる——0.25 m で **10.0000** m である。半幅 500 m の細長い島では、海面上 **0.500584** m の水位が深さ **20.0234** m までの淡水を支え、レンズの厚さは **20.5240** m、見えている水位の 41 倍が足もとにある。式は流れの式を残差 R の 10^{-6} 未満で満たした。そのうち 0.25 m を汲み下げると、淡水の底は **10.0234** m まで上がる。密度の差を 2 倍にしてもレンズは半分にならず **0.715678** 倍で、閉じた式 $\sqrt{21/41}$ と一致した——底が浅くなるぶん水位が上がって、効きは平方根に弱まる。分離子は、密度の差が分母にいるかどうかである——差が分母にいる量は、差が小さいほど大きく、差の

変化に敏感な増幅器になる。論文300 の基準で、「40 倍の深さ」と「密度で比が大きく動く」はその一つの根から出る。既刊との位置——論文452 と同じく差が主役だが、あちらでは差が流れを起こし、こちらでは差が深さを決めて増幅器になる。論文408 が射程注記で空けていた地下水の席に座り、あちらの上から溜まる塩に、下から上がる塩水を並べた。正直に言えば——静水の鋭い境界として扱い、混ざった帯も潮汐も、境界が上がるまでの時間も入れていない。流れはデュピュイの近似で水平とし、島は細長い帯に限り、数は代表値である。井戸は設計しておらず、「島で井戸を掘るな」とも書かない——汲む量と場所を選べば淡水は使える。

参考文献

1. Bear, J. (1972). *Dynamics of Fluids in Porous Media*. Elsevier.
2. Freeze, R. A., & Cherry, J. A. (1979). *Groundwater*. Prentice-Hall.
3. Todd, D. K., & Mays, L. W. (2005). *Groundwater Hydrology* (3rd ed.). Wiley.
4. 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
5. 山岸勇輝 (2026). 『水は蒸発するが、塩は蒸発しない——だから飲める水でも土地を殺す』[論文408]. Zenodo. 10.5281/zenodo.22699566
6. 山岸勇輝 (2026). 『液を持ち上げているのは表面張力ではなく、表面張力の差である』[論文452]. Zenodo. 10.5281/zenodo.22732842

— *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)