

土質力学Ⅱ及び演習 期末試験

2023年7月26日(水) 10:00～12:00 共通155・共通1講義室

注意事項：

- 問題は5問です。解答用紙も5枚ありますので、5枚すべてに氏名・学生番号等必要事項を記入した上で各問1枚の解答用紙を用い、【1】の問題から順に解答してください。表側に書ききれないときはその旨明記し、その用紙の裏側に解答してください。
- 関数電卓と定規の持ち込みは可能です。ただし、プログラム機能、携帯電話等の電卓機能の使用は一切不可です。
- 解答に単位が必要な場合は必ず明記してください。
- 不正行為があった場合は、本科目の単位は認定されないとともに、しかるべき対応をとります。

【1】 図 1-1 に示すように、層さ 20 m の均一な粘土層の上に盛土を建設することを考える。粘土層の下部は非常に強固な砂地盤であり、変形は無視できる。ここで、粘土層の応力状態は、粘土層中央の値を用いることが可能であるとする。さらに、盛土の築造による粘土層内の応力増分は、盛土中央直下の地盤の鉛直応力増分を用いることが可能であり、その鉛直応力増分は弾性理論により求められるとする。

- (1) この粘土層中央から試料を採取して圧密試験を実施したところ、表 1-1 と図 1-2 に示す結果を得た。この粘土の圧密降伏応力を答えよ。ただし、その求め方も説明すること。
- (2) この粘土層は正規圧密、過圧密のどちらの状態にあるか答えよ。
- (3) 盛土の築造による粘土層中央の鉛直応力増分を求めよ。必要であれば図 1-3 を用いてもよい。
- (4) 盛土の築造による粘土層の最終圧密沈下量はいくらか？ただし、圧密沈下量は、粘土層中央の圧縮ひずみを代表値として、近似解を求めればよい。
- (5) 粘土層の圧密係数が $c_v = 0.04 \text{ m}^2/\text{day}$ のとき、盛土が完成してから一年後の沈下量はいくらか？ここでは、簡単のため盛土は瞬間的に建設されたと仮定してよい。必要であれば図 1-4 を用いてもよい。
- (6) 圧密に要する時間を短縮するためにサンドドレーン工法が適用される場合がある。本工法により圧密時間が短縮される理由を答えよ。

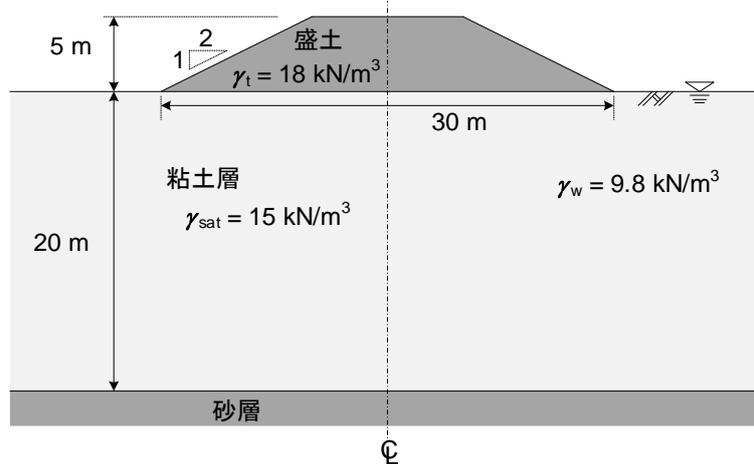


図 1-1

表 1-1

圧密応力 [kN/m ²]	供試体高さ [cm]	間隙比
0	2.000	2.839
9.8	1.995	2.829
19.6	1.987	2.814
39.2	1.970	2.781
78.5	1.927	2.699
157	1.819	2.491
314	1.659	2.184
628	1.505	1.889
1256	1.351	1.593

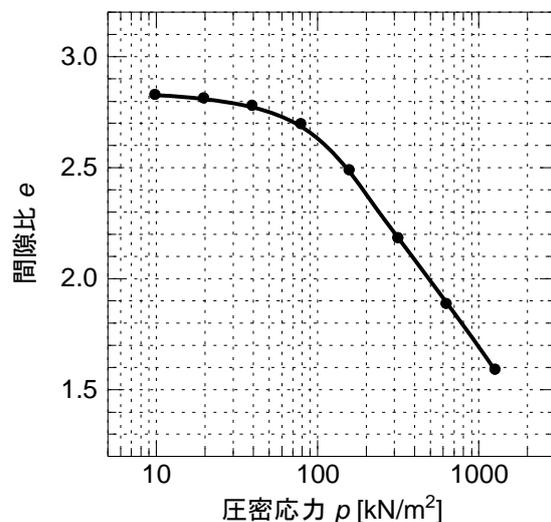


図 1-2

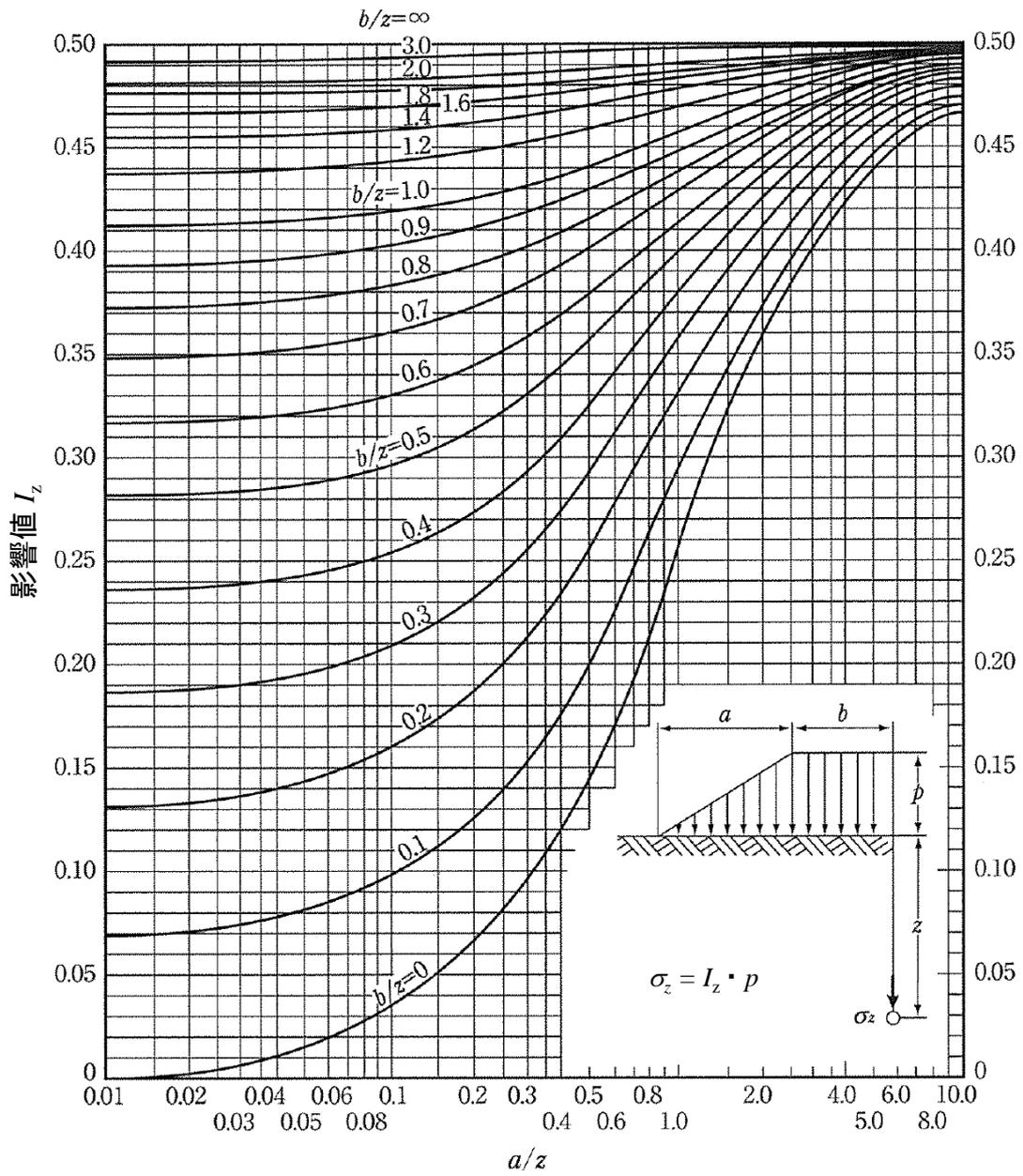


图 1-3

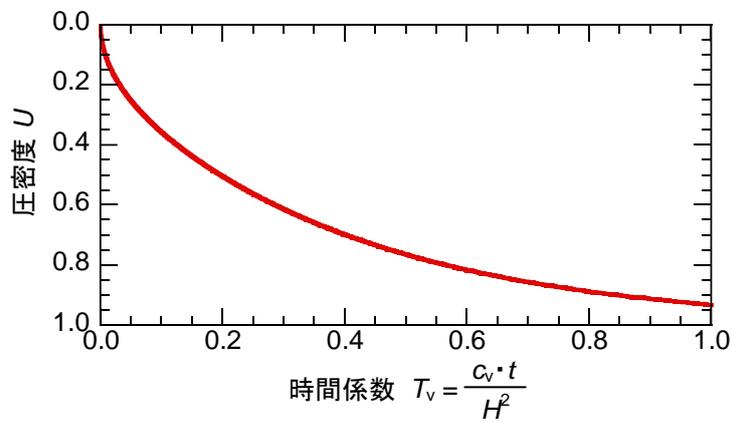


图 1-4

【2】 破壊理論に関する以下の問いに答えよ。

圧密排水三軸試験による Test 1, Test 2 の破壊時の応力状態を図 2-1 に示す。ここで、 σ_r , σ_a , τ はそれぞれ拘束圧、軸応力、せん断応力である。三軸試験では主応力のみを制御するためせん断応力は直接作用しない。一方、Test 3 は中空ねじりせん断試験であり、 σ_r , σ_a 一定の条件でせん断力 τ を作用させる試験である。 τ_f は、破壊時のせん断応力を意味している。モール・クーロンの破壊規準を用いて、以下の設問に答えよ。

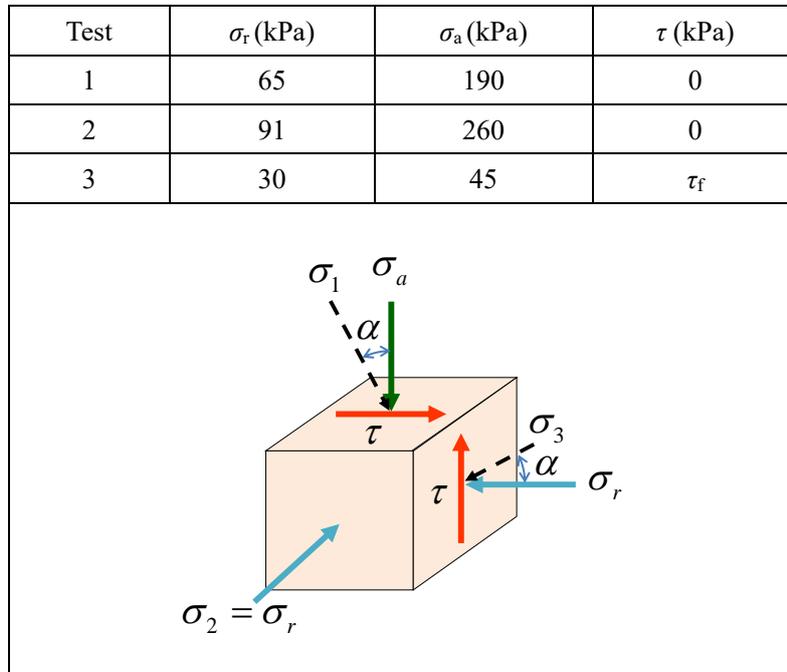


図 2-1

- (1) 破壊時の Test 1 と Test 2 のそれぞれの応力状態をモールの応力円を描いて、モール・クーロンの破壊包絡線を図示せよ。
- (2) Test 1 と Test 2 の結果から粘着力 c と摩擦角 ϕ を求めよ。
- (3) Test 3 において、せん断応力を加える前とせん断応力 τ_f を加えた後のモールの応力円を描け。
- (4) 破壊時の最大主応力 σ_1 および最小主応力 σ_3 を τ_f の式として表せ。
- (5) (2) で求めた粘着力 c と摩擦角 ϕ を用いて、Test 3 の破壊時のせん断応力 τ_f を予測せよ。
- (6) (4) と (5) に基づいて、Test 3 の破壊時の σ_1 と σ_3 を計算せよ。
- (7) 用極法を用いて Test 3 の破壊時の主応力方向を表す角度 α を決定せよ。
- (8) 圧密排水三軸試験は、どのような土質条件や現場条件での挙動を評価するための試験か説明せよ。

【3】 図 3-1 のような高さ H (裏込め土の内部摩擦角 ϕ , 粘着力 c , 単位体積重量 γ) の擁壁を考える. 壁面の摩擦は無視できるものとする. 地下水位は擁壁の下端よりも十分に深い位置にある. 擁壁背面に作用する土圧はランキン土圧を仮定する. 以下の問いに答えよ.

- (1) 擁壁の変位 δ を横軸に, 擁壁に作用する土圧 P を縦軸にとって, δ と P の関係の概形を図示せよ. 図中に主働土圧, 受働土圧, 静止土圧を明記すること. 変位の方向は図 3-1 を参照すること.
- (2) 深さ z における主働破壊時および受働破壊時のモールの応力円を図示せよ.
- (3) 深さ z における主働土圧および受働土圧を求めよ.
- (4) 主働土圧がゼロとなる深さ z_c (限界深さ) を求めよ.
- (5) 擁壁に作用する主働土圧および受働土圧の合力を求めよ.
- (6) 裏込め土が粘性土の場合, 非排水状態で破壊が生じると考えることができる. 粘性土層の非排水せん断強さを c_u とし, 内部摩擦角を考慮しないとき, 深さ z における主働破壊時および受働破壊時のモールの応力円を図示せよ.

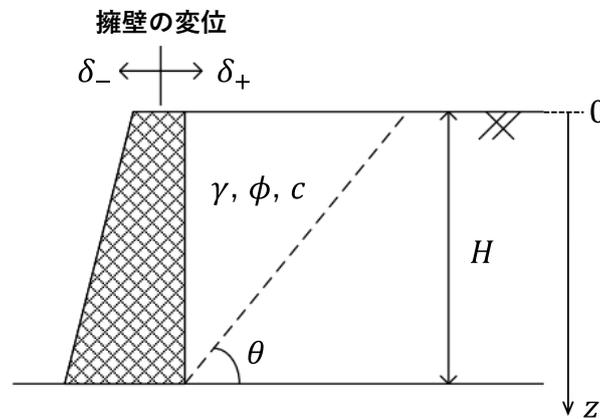


図 3-1

【4】 以下の図 4-1 に示す地盤条件を考える．砂層 1 の厚さは 0.5 m，乾燥単位体積重量は 17.0 kN/m³，飽和単位体積重量は 19.0 kN/m³ である．砂層 2 は砂層 1 の下部にあり，乾燥単位体積重量は 18.0 kN/m³，飽和単位体積重量は 20.0 kN/m³ である．その他の地盤条件は図に示すとおりであり，地下水位は砂層 1 と砂層 2 の境界に位置している．ここに，図に示す断面を有するコンクリート製の水路を，その底部が砂層 2 の最上部に位置するように設置することになった．コンクリートの単位体積重量は 24.5 kN/m³，水の単位重量は 9.8 kN/m³ であり，コンクリートは不透水性と仮定できるとき，次の問いに答えよ．

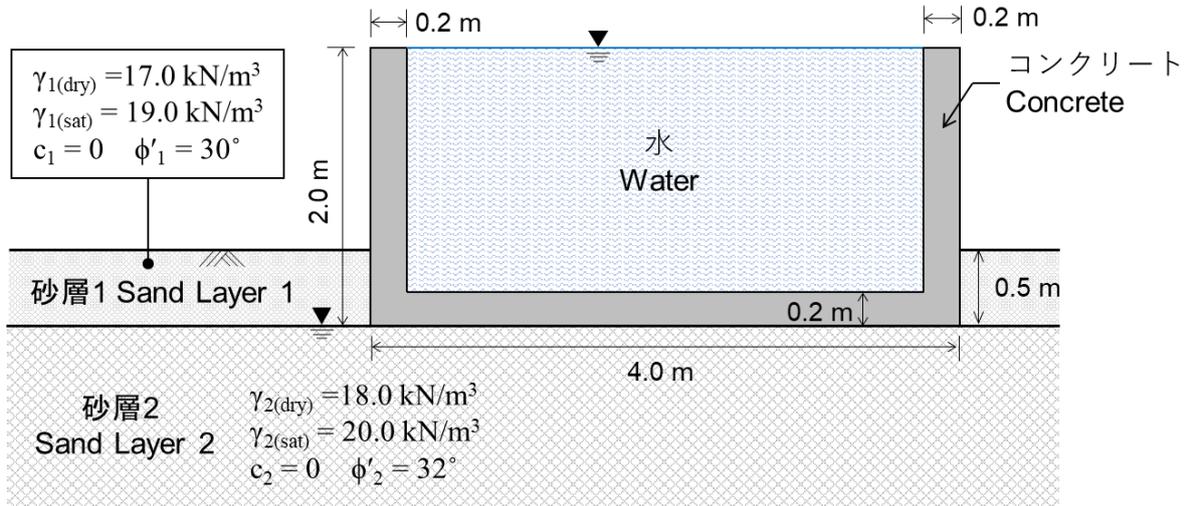


図 4-1 地盤条件とコンクリート製水路の設計断面

- (1) 水路が上端まで水で満たされているとき，底面の圧力が一様に分布していると仮定して，水路の底面（砂層 2 と接している面）に作用する圧力を求めよ．
- (2) テルツァーギが導出した帯基礎の極限支持力の計算式を示せ．
- (3) 図 4-1 の水路について，地盤の極限支持力を計算せよ．支持力係数の計算には，以下の式を用いて良い．

$$N_c = \cot\phi' (N_q - 1)$$

$$N_q = \frac{1}{1 - \sin\phi'} \exp\left[\left(\frac{3}{2}\pi - \phi'\right) \tan\phi'\right]$$

$$N_\gamma = (N_q - 1) \tan(1.4\phi')$$

場所によっては，図 4-2 に示すように，水路の上部が地表面にある埋設された水路（暗渠）として設計される．設計上で最も慎重な検討が必要となる条件は，図のように暗渠が空（内部に水がない）で，かつ周辺の地下水が地表面にある場合である．この条件では，暗渠の浮力に対する十分な抵抗力が求められる．いま，このような浮力に抵抗するために，直径 0.2 m，長さ 5.0 m の摩擦杭が設計されている．杭は紙面の奥行き方向に一定の間隔をあけて配置されている．杭表面の平均の周面摩擦力は 50 kN/m² であり，暗渠は杭と接合されている．ここでも，コンクリートの単位重量を 24.5 kN/m³，水の単位重量を 9.8 kN/m³ であるとし，次の問いに答えなさい．

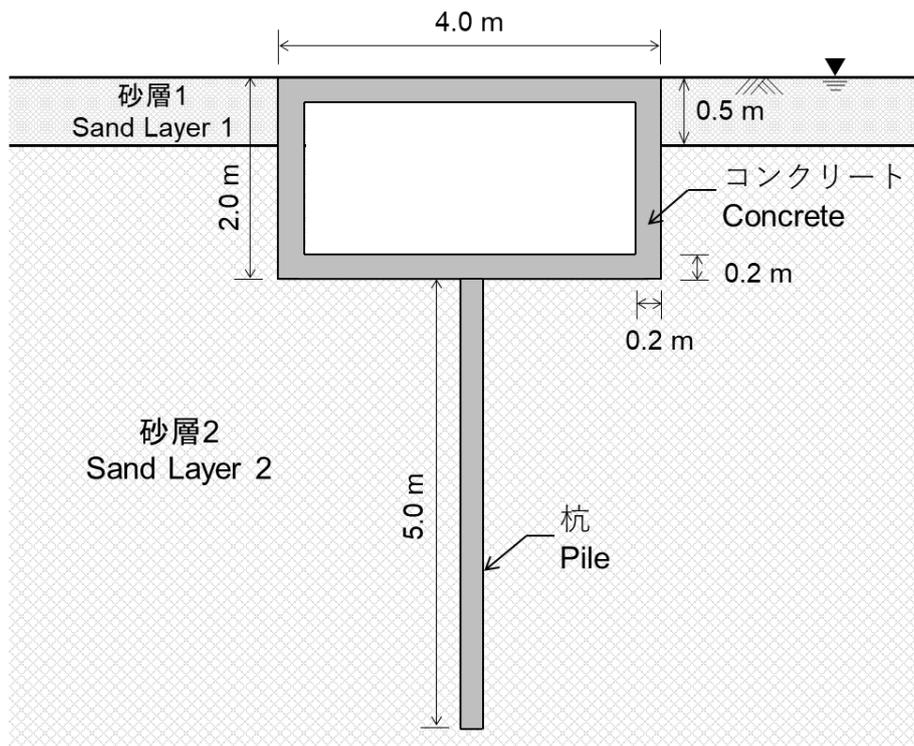


図 4-2 コンクリート製暗渠と摩擦杭の配置

- (4) 摩擦杭の取り得る（紙面奥行き方向の）最大間隔を求めよ．ここで，コンクリート製暗渠の表面は滑らかであるとする．また，杭の自重と作用する浮力は無視でき，杭の構造上の強度は十分であるとする．ただし，安全係数を見込む必要はない．

【5】 以下の問いに答えよ。

(1) 図 5-1 に示す粘土地盤からなる傾斜角度 45 度、高さ H の斜面がある。水平面からの角度 θ の直線すべり面を対象として、以下の問いに答えよ。粘土地盤の単位体積重量は γ 、強度定数は UU 試験による全応力表示の粘着力 c_u のみとし、内部摩擦角 ϕ_u はゼロとする。

- (1-1) すべりブロックの重量 W を γ , H , θ を用いて表せ。
- (1-2) すべり面のせん断力 S を W , θ を用いて表せ。
- (1-3) せん断力 S の上限値 S_f を c_u , H , θ を用いて表せ。
- (1-4) すべり安全率 F_s を γ , c_u , H , θ を用いて表せ。
- (1-5) すべり安全率 F_s が最小となるときのすべり面の角度 θ を求めよ。

(2) 液状化および地盤振動に関して以下の問いに答えよ。

- (2-1) 図 5-2 は間隙比 e と有効拘束圧 p' の模式的な関係を示している。正規圧密状態にある点 A から、非排水せん断によって点 C に至るメカニズムを点 B の状態を用いて説明せよ。
- (2-2) 液状化強度曲線について模式図を描いて説明せよ。グラフの縦軸と横軸を示し、模式的な液状化強度曲線を描き、この液状化強度曲線の求め方について簡潔に説明せよ。
- (2-3) 基盤上の表層地盤の地震応答を考える。表層地盤の層厚 $H = 15$ m、表層地盤のせん断波速度 $V_s = 120$ m/s の場合、この地盤が最も揺れやすい一次周期（卓越周期、固有周期）を求めよ。

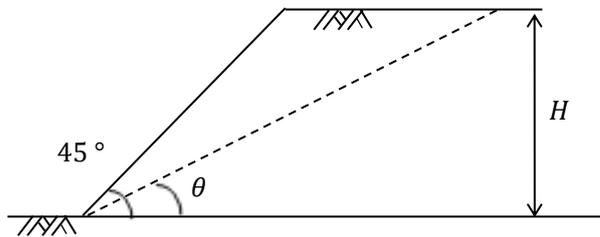


図 5-1

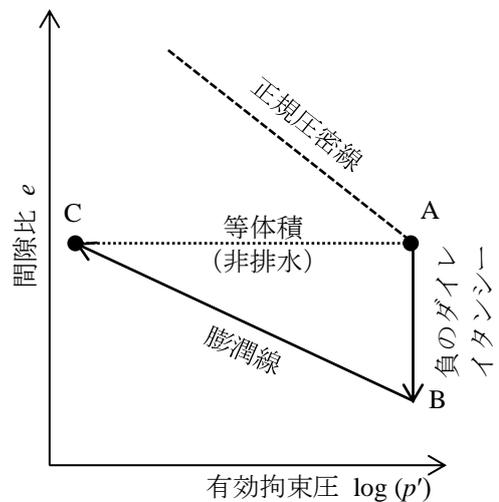


図 5-2