

専門科目〔農産食料流通工学〕

下記の6問の中から4問選択して解答せよ。(25点×4問=100点)

1. 次の問いに答えよ。

- (1) もれのないピストンを備えたシリンダの中に1.2 kgの気体が入っている。この気体に10 kcalの熱を加えて50.0 kJの仕事させた。この気体の内部エネルギーの変化、および、気体1 kg当たりの比内部エネルギーの変化を求めよ。
- (2) シリンダ内の気体2 kgを圧縮するのに10.0 kJの仕事消費した。気体の内部エネルギーは1 kgについて3.5 kJ増加したとすると、この圧縮で外部に放散された熱量を求めよ。

2. 平行平板を n 枚重ねた合成平板において、各層の厚さが $\delta_1, \delta_2, \delta_3, \dots, \delta_n$ 、熱伝導率が $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3, \dots, \lambda_n$ とする。また、この平板で仕切られた両側の流体のうち高温側の温度、熱伝達率をそれぞれ θ_{f1}, h_1 、低温側の温度、熱伝達率をそれぞれ θ_{f2}, h_2 とする。このとき、次の問いに答えよ。ただし、流体の温度は壁から十分離れた位置での値とする。なお、解答に際して必要な記号、変数などは各自定義せよ。

- (1) この合成平板を通る熱流束 q 、熱通過率 k を求めよ。
- (2) k の値は与えられた $h_1, h_2, \lambda_i/\delta_i$ ($i=1, 2, \dots, n$)の値のうちの最も小さいものよりさらに小さいことを示せ。

3. 農産施設に関する次の用語について簡単に説明せよ。

- (1) 予冷
- (2) 低温障害
- (3) 蒸散
- (4) フリーストール式牛舎
- (5) アニマルウェルフェア

4. 農産物の乾燥特性曲線について説明せよ。ただし、説明文中に次の語句をすべて用いること。

[語句] 恒率乾燥, 減率乾燥, 限界含水率, 平衡含水率

5. 青果物の貯蔵ではガス組成を変化させることで貯蔵期間を延長することがある。おもに3つの方法について列挙し、それぞれの特徴について述べよ。

6. 選果施設における等級選別と階級選別について、それぞれの特徴について述べよ。

1. (1) $10 \text{ kcal} = 4.1868 \times 10 = 41.868 \text{ kJ}$

エネルギーの式から、 $U_2 - U_1 = Q_{12} - W_{12} = 41.868 - 50.0 = -8.132 \text{ kJ}$

すなわち、 8.132 kJ 減少した。

比内部エネルギーの変化は、単位質量当たりの変化であるので、

$$u_2 - u_1 = (U_2 - U_1) / m = -8.132 / 1.2 = -6.777 \text{ kJ/kg}$$

(2) この圧縮で放散される熱量は、内部エネルギーの変化と加えられた仕事の収支で与えられるので、 $Q_{12} = U_2 - U_1 + W_{12}$ となる。

圧縮のときの仕事は負となるから、 $W_{12} = -10.0 \text{ kJ}$

内部エネルギー変化は、 $U_2 - U_1 = m(u_2 - u_1) = 2 \times 3.5 = 7.0 \text{ kJ}$

よって、熱量の変化は、 $7.0 - 10.0 = -3.0 \text{ kJ}$

2. (1) 定常状態では熱流束 q はすべての層について同一であるから、

$$q = h_1(\theta_{f1} - \theta_1) \quad \therefore \theta_{f1} - \theta_1 = q/h_1$$

$$q = \frac{\lambda_1}{\delta_1}(\theta_1 - \theta_2) \quad \therefore \theta_1 - \theta_2 = \frac{\delta_1}{\lambda_1} q$$

$$q = \frac{\lambda_2}{\delta_2}(\theta_2 - \theta_3) \quad \therefore \theta_2 - \theta_3 = \frac{\delta_2}{\lambda_2} q$$

:

$$q = \frac{\lambda_n}{\delta_n}(\theta_n - \theta_{n+1}) \quad \therefore \theta_n - \theta_{n+1} = \frac{\delta_n}{\lambda_n} q$$

$$q = h_2(\theta_{n+1} - \theta_{f2}) \quad \therefore \theta_{n+1} - \theta_{f2} = q/h_2$$

上式すべてを加えて整理すると、熱流束 q と熱通過率 k は次式で表すことができる。

$$q = k(\theta_{f1} - \theta_{f2}) \quad \text{ただし、} k = \frac{1}{\frac{1}{h_1} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{h_2}}$$

(2) ここで、 $1/k$ (=全熱抵抗 R) について考える。

$$\frac{1}{k} = \frac{1}{h_1} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{h_2}$$

右辺は $(n+2)$ の項が存在するのでそれぞれを R_i ($i=1,2,3 \dots, n+2$) というように置き換える。

$$R = R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_{n+2}$$

このうち、最も大きい項を R_{\max} とし、両辺から引いても正の値となるので、

$$R - R_{\max} > 0 \quad \text{ゆえに、} R > R_{\max} \quad \text{よって、} k < (1/R_{\max})$$

$(1/R_{\max})$ は h_1 , h_2 , λ_i/δ_i ($i=1, 2, \dots, n$) の値のうちの最も小さいものとなるので、 k はこれらよりさらに小さい値をとることとなる。

3. (1) 予冷

予冷は青果物の品温をある一定温度（10℃以下、普通 5℃が目安）まで予め冷却し、流通中の変質を抑えるための操作である。夏場の気温が非常に高い時期に青果物を出荷する場合に、予冷処理と低温管理を組み合わせることにより長距離輸送が可能になる。予冷は品温を下げることによって鮮度保持効果を得るものなので、基本的には青果物を低温管理効果（呼吸作用・蒸散作用などの各種生理作用の抑制、病虫害の発生の抑制など）と同一である。

(2) 低温障害

冷蔵保存に不向きな青果物を冷蔵保存した場合にも、細胞の壊死により変状が生じる。熱帯や亜熱帯原産の種に多くみられる。表面に褐変や窪んだ斑点などが出たり、水っぽくなったり、軟らかくなったりする等の品質劣化やビタミン C の減少などの栄養価の損失を招く症状がある。代表的な青果物にトマト、ナス、サツマイモ、バナナなどがある。

(3) 蒸散

植物体内の水が水蒸気として体外に排出される現象をいう。気孔を通じ行なわれる気孔蒸散とクチクラで行なわれるクチクラ蒸散に大別され、収穫後の農産物では目減りの原因となる。このため、低温高湿に保つことが望まれる。

(4) フリーストール式牛舎

牛をつながず牛舎内を自由に動き回れるようにした牛舎をいう。そのうち、牛のベッド（ストール）が区切られているものを「フリーストール」、牛のベッドを区切らずどこでも自由に寝られるようにしたものを「フリーバーン」という。ストール式牛舎に比べて、個々の牛に目が届きにくいという欠点はあるが、牛は牛舎内を自由に動き回り、自分でエサや水を摂るため人間の作業を軽減できる。搾乳時はミルクパーラーと呼ばれる搾乳室に牛が自ら移動するため搾乳作業を効率よく進めることが可能であり、近年、このタイプが増加している。

(5) アニマルウェルフェア

アニマルウェルフェアとは、「動物は生まれてから死ぬまでその動物本来の行動をとることができ、幸せでなければならない」とし、家畜のストレスが少なく、行動要求が満たされた健康的な生活ができる飼育方法を目指す畜産の在り方をいう。家畜を快適な環境下で飼養することにより、家畜のストレスや疾病を減、結果として生産性の向上や安全な畜産物の生産にもつなげるねらいがある。

4. 乾燥特性曲線とは、次の図に示す通り各点における傾きから求めた乾燥速度

$(-\frac{W_d}{A} \frac{dM}{dt})$: 曲線の各点における接線の傾きに乾物質量を蒸発面の面積で割ったもの

を掛ける)を含水率に対してプロットしたものであり、材料や乾燥条件に固有の曲線

でとなる。多くの材料では、恒率乾燥期間の後で減率乾燥期間が続き、最後に平衡含水率に近づいて乾燥が終了する。図中の **B** を限界含水率という。

恒率乾燥期間では、乾燥すべき材料の表面が水膜で覆われているときの乾燥は自由水面からの蒸発と本質的に同じ現象と考えられ、乾燥中の材料の表面温度は殆ど一定に保たれる。また、その乾燥速度もほぼ一定である。

乾燥が進行するにつれ、すなわち、含水率が低下するに伴って乾燥速度が低下する期間を減率期間という。実際にはほとんどの農産物の乾燥は減率乾燥期間にある。この期間では、材料の温度は次第に上昇し、ついで乾燥空気温度に限りなく近づく。減率乾燥期間は次の二段に分けて考えられる。①減率乾燥第一段では、限界含水率以降、材料内部から表面への水分の供給が追いつかず材料の表面に乾いたところが見られるようになり、ぬれ面積が次第に少なくなりはじめる。このとき、乾燥速度はほぼ自由含水率 $F (=M - M_e)$ に比例して減少する。その後、②減率乾燥第二段に移行する。このとき、材料表面はすでに平衡含水率に達して乾いた状態にあり、水分は材料内部で蒸発して表面へ拡散する。水分移動の際の表面の抵抗が、内部抵抗と比較して無視できる場合には、乾燥過程を説明するのに拡散方程式が使われる。

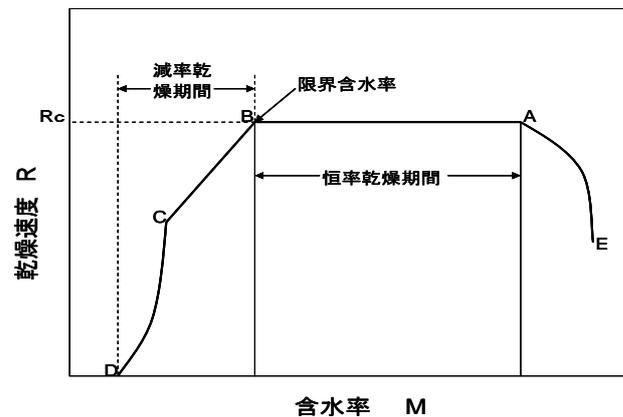


図 乾燥特性曲線

5. ①CA貯蔵：果物や野菜などの青果物を特定の気体組成（通常は酸素，二酸化炭素，窒素の組み合わせ）の制御された環境下で貯蔵する技術をいう。この技術により、生鮮食品の品質や保存期間を延ばすことが可能となる。

CA貯蔵のメリットは、適切な気体組成で青果物の品質を保ち、保存期間を延ばすことができることにある。これにより、青果物の品質が劣化せず需要に応じた供給が可能となる。一方、高額な設備投資が必要であり、技術的な専門知識と経験が必要なため、設備の管理や運営には高度な技術者や管理者が必要となる。また、すべての青果物に対して同じ気体組成が適用可能というわけではなく、種類や収穫時の状態によって適切な条件が異なるため、個々の食品に合わせた調整が必要となる。

②MA 包装：食品の品質を保つために包装内の空気組成を変える技術であり、通常、酸素、二酸化炭素、窒素の組み合わせが調整される。この方法により、食品の酸化や微生物の成長を抑制し、保存期間を延ばすことが可能となる。利点としては、まず食品の鮮度を長期間にわたって保つことができる点にある。例えば、肉や魚、チーズなどの生鮮食品は、酸素を減らし二酸化炭素を増やすことで腐敗を遅らせることができる。また、MA 包装により品質の一貫性を確保し、消費者に安定した製品を提供することができる。一方で、欠点もある。包装の設計と材料の選択が重要であり、一部の食品には適さない場合がある。また、専門知識を要するため、導入コストや技術的な管理が課題となることもある。さらに、包装材料のリサイクルや廃棄に関する環境への影響も懸念されている。

③可食コーティング：青果物などの表面に天然または合成の薄い保護膜を形成し、品質保持を行う技術である。このコーティングは青果物などの生理代謝を抑えることで品質を維持し、微生物の活動による腐敗や蒸散による水分損失を抑制することを目的とする。一般的には、デンプン、セルロース、プロテイン、脂肪、ワックスなどの材料が使用され、これに機能性成分を添加することもある。利点として、可食コーティングは鮮度を保ちながら外観を良好に保つことができ、また、果物や野菜の水分保持能力を向上させ、保存期間を延ばすことができる。加えて、化学薬品を使用せずに安全な方法で食品を保護できる点に大きな特徴があり、脱プラスチックにも貢献する。一方で、欠点としてはコーティングの効果が対象によって異なり、専門知識を必要とする点があげられる。

6. 選果施設における等級選別と階級選別は、青果物の品質管理と市場への適合を目的とした重要な選別方法である。

青果物の選別は、外観による等級と、大きさによる階級に区分することによって行われる。等級は、品種固有の果形や色沢、果皮の損傷や腐敗、変質などによって決められた秀、優、良の基準で示され、階級は、重量または長形の寸法によって決められた 3L, 2L, L, M, S, SS の全部または一部の基準で示される。ただし、リンゴでは基準重量と玉数で基準が示される。なお、野菜では品位基準があり、これに達することを前提にしている。また、階級は、重量(レタス、キャベツ、ニンジン)、指定された部分の寸法(タマネギ)、または指定された容器中の個数(トマト)によって決められた 2L, L, M, S の大小基準で示される。

九州大学大学院生物資源環境科学府

環境農学専攻

修士課程

令和7(2025)年度

【一般入試】入学試験問題

専門科目

生産環境科学教育コース

農産食料流通工学

出題意図

- 問 1 農産食料流通工学分野で研究するために必要な基礎的な熱力学の知識を問う。
- 問 2 農産食料流通工学分野で研究するために必要な基礎的な熱工学の知識を問う。
- 問 3 農産食料流通工学分野で研究するために必要な専門的な農産施設の知識と簡潔な表現力を問う。
- 問 4 農産食料流通工学分野で研究するために必要な専門的な農産食料プロセスの知識を問う。
- 問 5 農産食料流通工学分野で研究するために必要な専門的な農産食料プロセスの知識および課題解決能力を問う。
- 問 6 農産食料流通工学分野で研究するために必要な専門的な農産施設における品質評価の知識を問う。