

大学院入学試験問題用紙

2026 年度 1 期

科目名	受験専攻	受験番号	氏名
英語	農芸化学専攻 博士後期課程		

1. 次の英文を和訳しなさい。(出典：Cold Spring Harb Perspect Biol (2022) 14 a041253)

[Redacted area for answer writing]

出題の意図

生化学分野の英語論文の内容を理解することができるかを判定するため

大学院入学試験問題用紙

2026 年度 1 期

科 目 名	受 験 専 攻	受 験 番 号	氏 名
土壌肥料学	農芸化学 専攻 博士後期 課程		

土壌炭素蓄積メカニズムに関して、現時点で公表されている説について知る限りを示せ。また、各説に関して、土壌炭素蓄積メカニズムを立証できていない不足分に関して説明せよ。

解答例

土壌中への炭素蓄積メカニズムの現在の主流説は、微生物代謝、鉱物化学、物理的遮蔽、化学的性質、環境・管理が複合的に作用することで土壌炭素が蓄積するという統合的な見方へ移行している。しかし、各機能間の定量的な寄与と長期的な持続性を直接立証するためのデータはまだ不十分である。例えば、SOM は離散的なプールではなく分子特性に基づく連続体的な複雑性を示し、分解速度は連続的に変化するという Continuum model は概念的に有力であるが、連続体上の位置（化学指標）と実際の炭素寿命を定量的に結び付ける普遍的な指標が不足している。そのため、現場での予測可能性、特に気候変化下での動態予測を示す経験的検証は限定されている。

また、微生物起源を重視する MEMS (Microbial Efficiency-Matrix Stabilization) 説は、SOM の大部分が微生物体成分やその分解産物（ネクロマス）を経て鉱物表面に吸着されることで安定化すると主張し、植物由来の高分子（例えばリグニン）の寄与は想定よりも小さいとする。しかし、微生物由来物質と植物由来物質の比率は土壌タイプによって大きくばらつくことが知られており、普遍的な結論を得るには至っていない。一方、粘土鉱物や鉄・アルミニウム酸化物などの反応性鉱物面が有機物を吸着・錯体化して化学的に保護するという説においては、鉱物表面の有効吸着容量（飽和レベル）、多様な有機物間の吸着競合、 Ca^{2+} などのイオンや pH の影響をスケールアップして定量化することが困難である。その結果、フィールドにおける表面反応の速度論的定量や吸着物のターンオーバー率に関する長期データが不足している。

大学院入学試験問題用紙

2026 年度一般入試

科目名	受験専攻	受験番号	氏名
植物生産化学	農芸化学専攻 博士後期課程		

植物生理分野の以下の問題から**一つ選んで**、冒頭に問題番号を記したうえで解答を記述してください。教科書や文献など紙媒体の資料は使用してよいが、通信機能を持った情報端末は使用禁止です。

1. 酸素発生型光合成を行う光化学系は、光のエネルギーを利用して還元剤を生成する過程で副産物として分子状酸素を発生させるため、常に酸化ストレスにさらされている。大きな酸化ストレスが発生する環境条件を一つ挙げ、それを回避するために植物はどのような機構を備えているかを書きなさい。
2. ナトリウム (Na) は土壌水に豊富に溶解しているが、多くの植物種に多面的な障害を引き起こす。これに対して植物は様々な耐塩性機構を発達させている。Na が細胞の機能に及ぼす害を一つ具体的に挙げ、その害を回避・緩和するためにどのような機構を備えているか、物質や分子の名称を記述しつつ説明しなさい。
3. 20 世紀半ば以降、大量の窒素肥料の投入により作物生産量が飛躍的に増大したことから分かるように、生育のために植物は十分量の無機態窒素を吸収する必要がある。植物体内の窒素の不足や根圏土壌の窒素濃度を感知して根からの窒素吸収を調節する分子機構を説明しなさい。

1.

全般に、複数種のスーパーオキシドジスムターゼによる活性酸素消去。

強光条件における光阻害に対し、エネルギーの散逸、損傷したタンパク質の修復。

上記の教科書レベルの話に加えて、水欠乏や電子伝達に必要な必須遷移金属元素の欠乏に際しての順応機構について文献を引用しつつ書いてよい。

2. 以下の事項以外でもよい。

外界の水ポテンシャルが低下することによる水吸収の阻害に対し、イオンの積極吸収や適合溶質の蓄積により細胞内の水ポテンシャルをさらに低下させる。

K⁺が Na⁺で置換されて高分子の構造や機能が妨害されるのを抑制するために、原形質の K⁺の蓄積量を増加させる。

3.

硝酸イオンそのものがシグナル伝達物質として、硝酸イオン吸収、代謝、根系の調節を行う。これらに関して、様々な転写因子による遺伝子発現の制御について記述する。

大学院入学試験問題用紙

2026 年度 1 期

科 目 名	受 験 専 攻	受 験 番 号	氏 名
栄養生化学	農芸化学専攻 博士後期課程		

ほ乳類の生体内で合成される脂質を一つ挙げ、その代謝制御機構について知るところを述べよ。

解答例

コレステロール

転写因子SREBPはコレステロール合成系酵素遺伝子やLDL受容体遺伝子を標的遺伝子としており、SREBPの活性化によりそれらの遺伝子発現が亢進する。

SREBPの活性化は細胞内のコレステロールレベルによって制御されており、細胞内コレステロールレベルが低下した際にSREBP活性は上昇する。その結果、コレステロール生合成が亢進し、LDL受容体を介したLDLコレステロールの取り込みが上昇する。

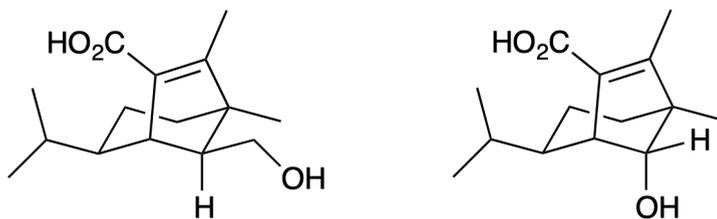
一方で細胞内コレステロールレベルが過剰になるとSREBP活性が低下し、コレステロール生合成の抑制およびLDL受容体を介したコレステロールの取り込みが抑制される。

大学院入学試験問題用紙

2021 年度 1 期

科目名	受験専攻	受験番号	氏名
生物有機化学	農芸化学専攻 博士後期課程		

次に示す化合物の効率的な合成を計画するとき、どのような方針で立案するか、その逆合成解析を自由に論ぜよ。



出題の意図：複雑な有機化合物の合成を行う際に必要な逆合成解析を実行できるかどうかを判断するためには、具体的な例を使ってさまざまな可能性を議論できることを示すことが必要である。

大学院入学試験問題用紙

2025 年度 1 期

科 目 名	受 験 専 攻	受 験 番 号	氏 名
応用微生物学	農芸化学 専攻 博士後期 課程		

問 1. 実社会において菌体そのものや代謝産物が応用利用されている微生物を一つ選び、その微生物の基本的な性状とその応用利用の具体例について知るところを記述せよ.

Saccharomyces cerevisiae は、真核生物に属する単細胞の真菌であり、古くから人類の生活と密接に関わってきた代表的な微生物である。本菌は直径 5~10 μm 程度の楕円形細胞をもち、主に出芽によって増殖する。通性嫌気性であり、酸素存在下では呼吸を行う一方、酸素が乏しい環境では解糖系とアルコール発酵によりエネルギーを獲得する。この際、グルコースなどの糖を分解してエタノールと二酸化炭素を生成することが大きな特徴である。

S. cerevisiae の最も代表的な応用例は、食品発酵への利用である。パン製造においては、酵母が産生する二酸化炭素によって生地が膨張し、柔らかな食感が生まれる。また、ビールやワイン、日本酒などの酒類製造では、酵母のアルコール発酵によってエタノールが生成され、同時に香気成分などの代謝産物が風味形成に寄与する。

また近年では、*S. cerevisiae* はバイオテクノロジー分野でも広く利用されている。遺伝子組換え技術を用いて医薬品タンパク質を生産する宿主として活用されており、その安全性の高さや培養の容易さが評価されている。

問 2. ある微生物がもつ特定の機能を担う遺伝子を同定したい場合、どのような実験手順で解析を進めていくべきか、具体的な機能を一つ例に挙げて説明せよ。ただし、実験手法は現時点で実在するものに限る。

ある微生物におけるオリゴ糖資化性に関与する遺伝子の同定を例に説明する。まず、対象微生物を最小培地において、オリゴ糖を唯一の炭素源とした条件と、資化できることが分かっている糖（グルコースなど）を炭素源とした条件で培養し、生育能の有無や増殖速度を比較することで、当該オリゴ糖を資化可能であることを確認する。

次に、トランスポゾン変異導入やランダム変異株ライブラリを作製し、オリゴ糖培地で生育不能となる変異株をスクリーニングする。得られた変異株について、トランスポゾン挿入部位をインバース PCR や全ゲノムシーケンスによって同定し、資化性に関与する候補遺伝子を抽出する。選抜された候補遺伝子を相同組換えや CRISPR-Cas9 を用いた標的遺伝子欠損により構築し、再度オリゴ糖培地での生育試験を行うことで、表現型の再現性を確認する。さらに、欠損株に野生型遺伝子を導入する相補試験を行い、資化能が回復することを示すことで、遺伝子と機能の因果関係を明確にする。

大学院入学試験問題用紙

2026 年度 1 期

科 目 名	受 験 専 攻	受 験 番 号	氏 名
食料資源理化学	農芸化学 専攻 博士後期 課程		

1. タンパク質を加熱することで生じる高次構造の変化（変性）について、一次、二次、三次、四次構造それぞれの変化について、タンパク質を一つ挙げて説明せよ。
2. 「生しぼり豆乳」と「加熱しぼり豆乳」で調製した際の豆腐の状態の違いとその理由について説明せよ。
3. 絹ごし豆腐の製造原理について、現状「分かっていること」と、「分かっていないこと」を示せ。
4. 「3.」で示した「分かっていないこと」について、それを解決するためにどういった手法で解析すべきか述べよ。

以下、各解答番号を記載して解答してください。

解答例

1. 一次構造は、ペプチド結合（共有結合）によって維持されており、加熱によってペプチド結合が切断されることはないため、一次構造は保持されたままである。一方、二次構造から四次構造は加熱により変性する。大豆タンパク質のグリシニン（11S）では、四次構造を維持していたサブユニット間の水素結合、ならびに三次構造、二次構造を維持していた水素結合が切れ構造がほどける。その結果、四次構造は崩壊し、グリシニンはサブユニットへと解離する。また、三次構造の水素結合が切れることで、サブユニットの内部に埋もれていた疎水性の高い領域が分子表面に露出し立体構造が崩れる。この変性したサブユニット同士は、疎水性相互作用を介して凝集体が形成する。さらに、凝集によって分子間距離が近接することで、分子間 SS 結合や SH-SS 交換反応が生じ、SS 結合の架け換えが起こる。その結果、より強固な凝集体が形成される。なお、グリシニンの場合、加熱変性によりサブユニット間で直鎖状または枝分かれ状のストランドが形成され、このストランドが末端同士で連続的に架橋することで網目構造を構築し、最終的にゲルが形成される。
2. 生しぼり豆乳は、生豆を圧搾しておからを分離した後に加熱して得られる。一方、加熱しぼり豆乳は、生豆を加熱してからおからを分離するため、加熱によって多くのタンパク質やカルシウムをはじめとするミネラルが抽出される。さらに、加熱により変性したタンパク質は凝集するが、タンパク質量が多く、かつミネラルが豊富であることから、加熱しぼり豆乳中では生しぼり豆乳に比べて粒径の大きい粒子状タンパク質が形成される。そのため、豆腐に加工した場合、生しぼり豆乳由来の豆腐よりも、加熱しぼり豆乳由来の豆腐ではタンパク質間の結合がより強固となり、結果として収量が多く、硬さと高い保水性を有する豆腐が得られる。一方、生しぼり豆乳は収量こそ劣るものの、タンパク質間の結合が弱いいため、滑らかな食感の豆腐となる。

大学院入学試験問題用紙

2026 年度 1 期

科 目 名	受 験 専 攻	受 験 番 号	氏 名
食料資源理化学	農芸化学 専攻 博士後期 課程		

各解答番号を記載して解答してください。

3. 豆乳に含まれるタンパク質は、前述のとおり加熱変性により粒子状タンパクとなる。粒子状タンパク質は表面に負電荷を帯びており、豆乳中では互いに反発することで、安定なコロイドとして存在している。ここに塩凝固剤（にがり= MgCl_2 、 CaSO_4 、 CaCl_2 など）を添加すると、二価陽イオン（ Ca^{2+} 、 Mg^{2+} ）の作用により負電荷が中和され、タンパク質粒子同士が接近し、疎水性相互作用が強まり凝集が生じる（塩析）。さらに、二価陽イオンによるタンパク質間の架橋（塩橋）も形成される。また、二価陽イオンは豆乳中のフィチン酸と結合することで水素イオンを放出し、pH の低下を引き起こす。これら、塩析、塩橋、pH 低下といった作用によりタンパク質粒子が凝集し、豆腐が形成されると考えられている。一方、酸凝固剤によって作製される豆腐の最終 pH は、大豆タンパク質の等電点付近である pH4.7~5.1 程度であるが、凝固が開始される際の pH は約 6.0 とされており、この値は塩凝固剤によって作製される豆腐の凝固時 pH とほぼ同じである。このことから、pH 低下が豆腐の凝固に関与していることは明らかである。しかし、塩凝固剤と酸凝固剤で作製された豆腐ではタンパク質の結合様式が異なることが知られており、pH 低下に加えて、塩析や塩橋の効果も関与していると考えられる。このように豆腐の凝固機構に関する研究は進められているものの、塩析、塩橋、pH 低下といった各要因を切り分けて解析した研究は少なく、それぞれの影響や役割については未解明な点が多い。
4. 塩析、塩橋、pH 低下の影響を切り分けて評価する必要がある。通常の豆腐調製条件ではこれらの要因が同時に生じるため、独立した評価が困難である。そこで、EDTA を添加して二価陽イオンの影響（塩橋形成）を排除し、さらに緩衝液を用いて塩凝固剤による pH 変化を制御する。一方で、塩析効果の大きい塩を添加して塩析のみの影響を抽出する。これらの条件を組み合わせる豆腐を調製し、物性測定により硬さ・弾力性などの変化を評価する。加えて、得られた豆腐を尿素・界面活性剤・還元剤など、各種結合を切断する溶媒で処理し、タンパク質の溶解性を解析することで、それぞれの条件がタンパク質間結合（疎水結合、イオン結合、ジスルフィド結合など）へ与える影響を検証する。これら一連の評価により、各要因が豆腐形成にどの程度寄与しているか、すなわち塩析・塩橋・pH 低下それぞれの役割を明確化できると考える。