

出題意図：

【古気候学】

- 1：太陽放射と惑星環境に関する知識と理解度を問う。
- 2：古気候プロキシに関する知識と理解度を問う。
- 3：炭素循環と過去の海洋環境に関する知識と理解度を問う。

【古海洋学】

- 1：問1：地質年代に関する基礎知識を問う。
：問2：古海洋学で用いられる年代決定法に関する知識を問う。
：問3：古海洋プロキシに関する知識およびデータを読み解く能力を問う。

【古地磁気学】

- 1：(1)～(4)：古地磁気学に関する知識と理解を問う。

2025 年度 高知大学大学院 総合人間自然科学研究科
理工学専攻(修士課程) 第1次募集 入学試験

(解答例)

＜一般選抜＞

地球環境防災学コース

專門科目

受験番号()

(全7枚のうち1枚目)

解 答 用 紙【古気候学】

受験番号

解答はこれより下を書くこと。

1

太陽放射と太陽からの距離が、惑星表層における平均気温や水の存在状態を決める主要因の一つとなる。惑星表層において液体の水が存在できる領域を生命が存在可能な領域と考え、ハビタブルゾーンと呼ばれる。太陽系惑星の中で、地球はハビタブルゾーンの中に位置しており、液体の水が存在するが、金星は太陽に近過ぎて水は蒸発し、逆に火星は遠過ぎて凍結している。惑星表層の気温は、二酸化炭素やメタン、水といった温室効果ガスによる温室効果にも大きく影響を受ける。金星は厚い二酸化炭素濃度の大气によって表層は 460°C を超える高温である。一方で火星は大気分圧が低く、二酸化炭素による温室効果も小さいため、年平均気温が -40°C と極寒である。

約 38 億年前の火星には磁気圏が存在しており、現在よりも大気圧が約 100 倍高く、二酸化炭素などの温室効果により、温暖湿潤環境が維持されていた。一方で磁気圏の消滅に伴って大気圧が減少し、約 35 億年以降は寒冷乾燥環境に変わったと考えられている。

2

浮遊性有孔虫の酸素同位体比は、生息していた海域の表層海水の酸素同位体比を記録している。降水・蒸発作用や水温などの影響により、海洋表層水の酸素同位体比は緯度毎に大きく異なる。浮遊性有孔虫の Mg/Ca 比などの表層水温の指標を併せて測定することにより、酸素同位体比から表層塩分の変動を抽出することも可能となる。一方で底生有孔虫の酸素同位体比は、降水・蒸発作用の影響を受けない深層水の酸素同位体比を反映するため、大陸氷床量の変動などの全球的な気候変動の指標となる。

サンゴ骨格は年輪を保存するため、細かい幅でサンゴ骨格を切削して、その安定同位体比を測定することにより、月単位で表層海水の酸素・炭素同位体比を復元することが可能となる。炭素同位体比は、化石燃料消費に伴う海水の炭素同位体比変動（スース効果）の指標にもなる。

樹木年輪に含まれるセルロースの酸素・水素同位体比の分析により、過去の陸域の気温や降水量の変動を、月単位で正確に復元することが可能となる。

解 答 用 紙【古気候学】

受験番号

解答はこれより下を書くこと。

3

現在を含む間氷期と比べ、氷期は寒冷で乾燥した気候であり、植生の縮小に伴って陸域の炭素貯留は減少していたと考えられている。そのため、海洋の炭素循環を構成する、海水の CO_2 の溶解度（溶解ポンプ）、海洋表層の生物生産（生物ポンプ）、海洋深層のアルカリ度（アルカリポンプ）、そして海洋深層循環などの変化が組み合わさることで、 CO_2 が海洋深層に貯留されたと考えられている。このうち低温で海水への CO_2 溶解度が増加することによる溶解ポンプでは、20 ppm 程の CO_2 減少に寄与したと考えられている。

次に海洋表層の生物生産により作られた有機物が深層へと沈降し、埋没することで CO_2 を固定する生物ポンプがある。生物ポンプは CO_2 を深層に閉じ込める重要なプロセスだが、海洋深層では有機物のほとんどは埋没せずに酸化分解され、深層水が酸性化するという副次効果も併せ持つ。一方で海洋表層の石灰質プランクトンの生産量が増加すると、炭酸カルシウムの生成に伴って逆に CO_2 は大気中に放出されるが、沈降した炭酸カルシウムが深層で生物ポンプにより作られた酸性水に溶解されて中和することにより、海洋深層のアルカリ度を上昇させる。この作用をアルカリポンプと言い、このアルカリポンプと生物ポンプの効果が合わさることにより、 CO_2 を海洋深層に貯留する方向に働く。氷期には南大洋で特に生物ポンプの作用が強く働き、正味で約 100 ppm の CO_2 を深層に貯留したと考えられている。

解 答 用 紙【古海洋学】

受験番号

解答はこれより下を書くこと。

1

問 1

A：漸新世

B：始新世

問 2

古地磁気層序：古地磁気層序は、地質試料に記録されている当時の地磁気（残留磁化）の時系列変動を読み取り、それを既に明らかになっている過去の特徴的な地磁気変動（地磁気極性の反転イベントなど）と照合して年代を推定する方法である。

生層序：生物進化は不可逆的に起こる，ということを利用した方法である。生層序では、指標となる生物種（化石）の出現や絶滅などの時間面（示準面）をもとにして地層を区分する。示準面の数値年代については、古地磁気年代や放射年代あるいは酸素同位体層序との対比によって求められる。

同位体層序：広域的な環境変動は、生物化石や堆積物などの同位体比変動としても記録される。同位体層序は、例えば酸素や炭素などの安定同位体比の変動パターンを利用して地層の年代対比を行う方法である。代表的な事例として、大陸氷床量の変化などを記録している底生有孔虫殻の酸素同位体比カーブを用いた年代対比が挙げられる。

テフラ層序：大規模な火山噴火では、瞬時に広域にわたって火山噴出物（テフラなど）が堆積する。こうしたテフラ層を鍵層として、地層の対比や編年を行うことができる。噴出年代の決定には、種々の放射年代測定法が適用される。また、海成層中のテフラについては、海洋酸素同位体比層序における層位に基づいて数値年代を求めることもある。

放射年代測定：放射壊変（原子核崩壊）による核種の変化、または放射線による損傷を利用して、岩石や化石の年代（形成以降の経過年数）を測定すること。前者の例としては、K-Ar 法、 ^{14}C 年代測定などがある。後者の例としては、フィッシュン・トラック法や熱ルミネッセンス法などがある。

解 答 用 紙【古海洋学】

受験番号	
------	--

解答はこれより下を書くこと。

問 3

有孔虫の炭酸カルシウム殻は海水と同位体的に平衡状態のもとで形成される。酸素原子には ^{16}O , ^{17}O , ^{18}O の 3 種類の同位体が存在するが、海水の H_2^{18}O は H_2^{16}O より僅かに重いために蒸発しにくく海水中にとどまる傾向にある。その一方で、蒸発した海水を起源とする陸水や雪氷は軽い H_2^{16}O に富んでいる。そのため、水温変化がほとんどない深海底に生息する底生有孔虫の殻の酸素同位体比は、この同位体効果を受けて、大陸氷床が発達して海面が低下した時期 (e.g. 氷期) には重い値を示し、氷床が後退した温暖期には軽い値を示す。

ここで各地点のデータを比較すると、いずれの地点においても変動幅は+1 ‰程度となっており、かつ、その変動のタイミングも共通している。このことから、全球規模で影響を与えうる環境変動イベントが考えられる。これらを踏まえると、この図で見られている同位体比の正のシフトは、始新世以前の温暖環境から極域氷床が存在するような氷室地球への転換（全球的な寒冷化イベント）を反映していると考えられる。

解 答 用 紙【古地磁気学】

受験番号

解答はこれより下を書くこと。

1

(1)

ア：外核

イ：ダイナモ

ウ：－90

エ：0

オ：＋90

カ：松山

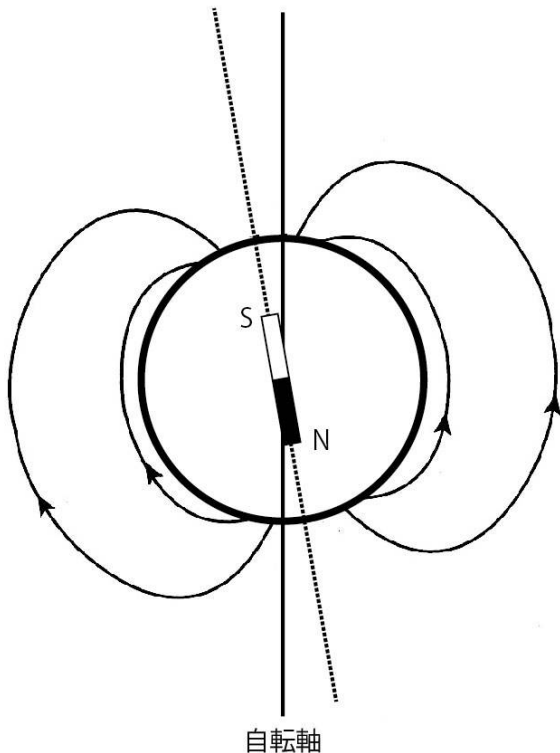
キ：0.77

ク：ギルバート

(2)

元素記号：Fe (Ni)

(3)



地球中心に位置し、自転軸から約10度傾いた双極子が発生する磁場で、現在の地球磁場を近似できる。双極子の極性は、北極側がS極、南極側がN極である。

(全7枚のうち6枚目)

解 答 用 紙【古地磁気学】

受験番号	
------	--

解答はこれより下を書くこと。

1

(4)

試料採取地の緯度・経度を明確に記録したうえで、定方位の情報とともに試料を採取する。採取方法は、ブロックサンプル法、携帯ドリル法、コアラーによる方法など、様々有る。

採取した試料について、古地磁気分析を行う。比較的磁化の強い火山岩についてはスピナー磁力計などを用い、磁化の弱い堆積物については超伝導磁力計などを用いる。自然残留磁化には初生磁化に加えて二次磁化の成分も含まれ、二次磁化は初生磁化よりも低い保磁力やブロッキング温度をもつ場合が多いため、熱消磁法や交流消磁法などにより二次磁化を選択的に消去して初生磁化の成分を抽出し、安定磁化方位（特徴磁化成分）を決定する。この方位を、試料採取時の定方位情報により現地での姿勢に変換し、古地磁気方位を決定する。

併せて、採取した試料の形成年代を、放射年代測定や堆積年代モデルなどから推定する。これにより、試料の形成年代と古地磁気方位がペアとなった情報が得られ、時系列で連続するペア情報を得ていくことで、過去の一定期間に地球磁場が逆転していたかどうかを推定できる。