

本年 2019 年の第 51 回国際化学オリンピックフランス大会(パリ)の期間中に『国際化学オリンピック規約』の改訂が決まりました。規約全体の日本語版の更改は近く行います。

その公開に先立ち、「国際化学オリンピックの出題範囲」に関する情報を前もってお知らせしようと考え、2020 年大会以降の問題・課題の範囲を規定することになる「出題範囲」について、「速報」としてお伝えすることにいたしました。

この速報は、オリンピック小委員会副委員長である前山勝也先生(2019 年フランス大会ヘッドメンター)を中心に、小委員会委員と国際化学オリンピック OBOG 会メンバーが協力して原文から翻訳したものです。

来年以降の代表を目指すみなさん、指導者のみなさん、をはじめ、化学関係者のみなさん、ぜひ参考になさってください。

日本化学会 化学グランプリ・オリンピック委員会
オリンピック小委員会委員長 永澤 明

本資料は国際化学オリンピック規約(2019年9月より適用の改定版)の「付録C」に記載の出題範囲の翻訳です。一部補足もつけてあります。国際化学オリンピックの「出題範囲」は関係者の間で「シラバス」とも呼ばれてきており、「シラバス」を併記しています。

ここでは、「出題範囲」を構成する概念および実験スキルの項目が三つの大きな括り、すなわち、**参加生徒の全員が既習と考**
よい概念・知識、**参加生徒の全員が既習と考えてよい実験スキル**、**ある条件の下で出題が可能となる行動な概念・知識や実験スキル**
で順に示されています。

参加生徒の全員が既習と考えてよい概念・知識

(一般化学・物理化学(熱力学・反応速度論含む))

- ◎実験誤差の評価, 有効数字の扱い
- ◎高校で学習する数学の知識(二次方程式・対数関数・指数関数・二元連立方程式・三角関数の意味・ピラゴラスの定理のような初等幾何学・グラフの作成(微分積分のようなより進んだ数学の技術を要求するのであれば, advanced topicsに入れて, 予告しておくなければならない。))
- ◎核子, 同位体, 放射性壊変と核反応(α 壊変, β 壊変, γ 壊変)
- ◎水素型(類似)原子の量子数(主量子数 n , 方位量子数 l , 磁気量子数 m)とs, p, d軌道
- ◎フントの規則, パウリの排他原理
- ◎主要族元素(典型元素)と第4周期遷移元素の原子, およびそれらのイオンの電子配置
- ◎周期表と元素の性質(電気陰性度, 電子親和力, イオン化エネルギー, 原子半径, イオン半径, 融点, 金属性, 反応性)
- ◎化学結合(共有結合, イオン結合, 金属結合, 配位結合), 分子間力, 分子間力およびそのと物性との関係
- ◎ルイスの理論
- ◎分子構造とVSEPR(valence shell electron pair repulsion, 原子価殻電子対反発)理論
- ◎元素の種類と原子数および電荷について左右のバランスがとれた化学反応式, 組成式, モルの概念, アボガドロ定数, 化学量論に基づく計算, 密度, いろいろな濃度単位を使う計算(換算)

- ◎化学平衡，ルシャトリエの原理，濃度・圧力・モル分率を用いる平衡定数の算出
- ◎アレニウスとブレンステッドの酸・塩基，pH，水の電離，酸・塩基解離平衡の平衡定数，弱酸水溶液のpH，希薄溶液のpH，単純な緩衝液のpH，塩の加水分解
- ◎溶解度積と溶解度
- ◎錯形成反応，配位数の定義，錯形成定数の決定
- ◎分配係数一定義と簡単な計算
- ◎電気化学の基礎：起電力，ネルンストの式，電気分解，ファラデーの法則
- ◎化学反応の速度，素反応，反応速度に影響を及ぼす要因，均一反応と不均一反応の反応速度式，反応速度定数，反応次数
- ◎化学反応のエネルギー図，活性化エネルギー，アレニウスの式，触媒反応，触媒が反応の熱力学的性質と速度論的挙動に及ぼす影響
- ◎単純な一次反応およびゼロ次反応の反応速度式，指数関数の減衰，半減期
- ◎エネルギー，熱と仕事，エンタルピーとエネルギー，熱容量，ヘスの法則，ボルン—ハーバーサイクル，標準生成エンタルピー，溶解エンタルピー，溶媒和エンタルピー，結合エンタルピー
- ◎エントロピーとギブズエネルギーの定義と概念，熱力学の第二法則，自発変化の向き
- ◎標準エンタルピー・エントロピー値からの平衡定数の算出
- ◎理想気体の状態方程式，分圧
(分析化学)
- ◎直接滴定と間接滴定（逆滴定）
- ◎酸滴定とアルカリ滴定，酸滴定の滴定曲線，酸滴定における指示薬の色と選択
- ◎酸化還元滴定（過マンガン酸塩滴定，ヨウ素滴定）
- ◎単純な錯形成滴定と沈殿生成滴定
- ◎観察事実に基づいてイオンを同定する無機定性分析の基本的原理・炎色反応
- ◎光と色に関する基本概念，波長・振動数・波数・光子のエネルギー，ランベルト—ベールの法則
(無機化学)
- ◎1族・2族元素（sブロック元素）と水・酸素・ハロゲンとの反応，炎色反応の色
- ◎非金属の二元水素化合物（ H_2O ， H_2S ， NH_3 など）の化学量論・反応・性質
- ◎炭素/窒素/硫黄化合物（ CO ， CO_2 ， NO ， NO_2 ， N_2O_4 ， SO_2 ， SO_3 ）の一般的な反応
- ◎13～18族元素（pブロック元素）の酸化数，単純なハロゲン化物とオキソ酸（ HNO_2 ， HNO_3 ， H_2CO_3 ， H_3PO_4 ， H_3PO_3 ， H_2SO_3 ， H_2SO_4 ， HOCl ， HClO_3 ， HClO_4 ）の化学量論
- ◎ハロゲンと水の反応
- ◎主な第4周期遷移金属が通常有する酸化数とイオンの色
[Cr(III)，Cr(IV)，Mn(II)，Mn(IV)，Mn(VI)，Fe(II)，Fe(III)，Co(II)，Ni(II)，Cu(I)，Cu(II)，Ag(I)，Zn(II)，Hg(I)，Hg(II)]
- ◎上記の金属およびAlの両性水酸化物 [Al(OH)₃，Cr(OH)₃，Zn(OH)₂] の溶解挙動
- ◎過マンガン酸イオン，クロム酸イオン，ニクロム酸イオンの化学式と酸化還元反応
- ◎ヨウ素滴定（チオ硫酸イオンとヨウ素の反応）
- ◎ Ag^+ ， Ba^{2+} ， Fe^{3+} ， Cu^{2+} ， Cl^- ， CO_3^{2-} ， SO_4^{2-} の確認
(有機化学)
- ◎有機化合物の構造と反応性の相関（極性，求電子性，求核性，誘起効果，相対的な安定性）
- ◎有機化合物の構造と物性の相関（沸点，酸性度，塩基性度）

- ◎単純な有機化合物の命名法
- ◎炭素原子および他原子（酸素や窒素など）の混成軌道と結合の形（分子の形）
- ◎ σ 結合と π 結合，非局在化，芳香族性，共鳴構造
- ◎異性（構造異性，立体配置異性，立体配座異性，互変異性）
- ◎立体化学（*E-Z*表示，シス・トランス異性体，キラリティ（不斉），光学活性，*R-S*[Cahn-Ingold-Prelog]表示，フィッシャー投影図，D-L表示）
- ◎シクロヘキサン環の立体配座
- ◎一般的な求電子剤と求核剤
- ◎求電子付加反応：二重結合や三重結合への付加，位置選択性（マルコフニコフ則/*anti*-マルコフニコフ[Kharasch]則），立体化学
- ◎親電子(求電子)置換反応：芳香環への置換，反応性と位置選択性に対する置換基効果，親電子(求電子)剤
- ◎脱離反応： sp^3 炭素上での $E1 \cdot E2$ 反応，立体化学，酸触媒と塩基触媒，代表的な脱離基
- ◎求核置換反応： sp^3 炭素上での S_N1 反応と S_N2 反応，立体化学
- ◎求核付加反応：炭素-炭素や炭素-ヘテロ原子の二重結合・三重結合への付加および付加-脱離型反応(求核アシル置換)，酸触媒と塩基触媒
- ◎ラジカル置換反応：ハロゲンとアルカンの反応
- ◎酸化と還元：酸化還元状態の変化に伴う官能基変換（アルキン←アルケン←アルカン→[ハロゲン化アルキル，アルコール]→[アルデヒド，ケトン]→[カルボン酸誘導体，ニトリル]→炭酸塩）（矢印は 酸化される物質→酸化後の物質 を表す）
- ◎グリニャール反応，フェーリング反応，トレンス(Tollens)反応
（高分子化学・生物化学）
- ◎代表的によく知られた高分子とその合成法（ポリスチレン，ポリエチレン，ポリアミド，ポリエステル）
- ◎アミノ酸：分類，等電点，ペプチド結合，ペプチドとタンパク質
- ◎炭水化物：糖の鎖状構造・環状構造，グルコースとフルクトースの構造
- ◎脂質：ジおよびトリアシルグリセリドの一般的な構造式，飽和脂肪酸と不飽和脂肪酸
- ◎DNAとRNA：一般的な構造式，核酸塩基間での水素結合，複製および転写の概念
（有機化学・高分子化学（応用分野））
- ◎有機合成における一般的な保護基
- ◎比較的簡単な多段階有機合成
- ◎親水性基と疎水性基，ミセルや二分子膜（二重層）構造の形成
- ◎ポリマーとモノマー，連鎖重合，重付加と重縮合

参加生徒の全員が既習と考えてよい実験スキル

- ◎実験台上での加熱，加熱還流(還流加熱)
- ◎質量(重量)と体積の測定（電子天秤，メスシリンダー，ピペット，ビュレット，メスフラスコ）
- ◎非デジタル式温度計の温度の読み取り
- ◎溶液・標準溶液の調製・希釈
- ◎マグネチックスターラーの操作
- ◎試験管を使う化学反応（例えば，提示された実験手順に従って，有機化合物に含まれる官能基の定性分析を行うなど）
- ◎容量分析，滴定，安全ピペッターの使用
- ◎pHの測定（pH試験紙，またはpH校正済のpHメーターの使用）
- ◎重力濾過(自然濾過)

◎沈殿物の乾燥

◎詳細に記載された説明書に基づく単純な半自動デジタル測定機器(吸光光度計などを想定)の操作(特殊な応用には当たらないもの)

◎実験データのグラフ化, グラフの解析

準備問題に組み込めば本試験において出題可能な概念と実験スキルの例 (advanced difficultyに含めてもよい高度な範囲)

下記の項目(ないし同レベルの項目)から, 理論問題は6つまで, 実験課題は3つまで, 準備問題に組み込まれることがある。これらは, 基礎力のある生徒なら2~3時間の講義や実習, 質疑応答により習得できるレベルの内容を指す。下に列記されているものはあくまでも例であり, 「同レベルの項目」(類似した分野で同程度の難易度のもの)であれば準備問題に出されて, 大会でも出題されることがありうる。

理論問題

◎無機化合物の立体化学, 錯体の異性現象

◎固体原子配列, 単位格子(金属, NaCl構造, CsCl構造), 格子パラメーター, ブラッグの式, 剛体球モデル, 充填率, イオン半径の比

◎結晶場理論, 磁気モーメントの計算

◎熱力学サイクル, 断熱過程および断熱過程で行われる仕事, 断熱火炎温度, 熱機関効率

◎平衡定数の温度依存性, 熱力学的データからの平衡定数の複雑な計算

◎熱力学的データや平衡定数からの電気化学的データ(起電力など)の計算およびその逆計算

◎ラチマー図, フロスト図, プールベ図

◎単純なゼロ次, 一次以外の反応の速度式, 速度論的同位体効果

◎定常状態近似と擬平衡近似による複雑な反応の解析, 触媒反応の機構, 複雑な反応の反応次数と活性化エネルギーの決定(酵素触媒の速度論への応用も含む)

◎気体分子運動論, 気体分子衝突の理論

◎相図とクラウジウス-クラペイロンの式, 三重点と臨界点

◎高度な立体化学(軸不斉, 面不斉)

◎立体選択的反応(ジアステレオ選択的反応, エナンチオ選択的反応), 光学純度, エナンチオマー過剰率, ジアステレオマー過剰率

◎立体配座解析, ニューマン投影図の利用, アノマー効果

◎求核芳香族置換反応

◎多環芳香族化合物とヘテロ環化合物の親電子(求電子)置換反応

◎ペリ環状反応(付加環化・シグマトロピー転位・電子環状反応), 位置選択性・立体選択性・立体特異性

◎特殊な高分子: ゴム, 共重合体, 熱硬化性高分子, 重合反応の種類, 重合反応の各段階と速度論

◎単糖類, ピラノースとフラノース, ハース投影図と立体配座, オリゴ糖と多糖, グリコシド, 多糖の構造決定

◎アミノ酸の側鎖官能基, アミノ酸の反応と分離, タンパク質のアミノ酸配列決定

◎ペプチドやタンパク質の生合成: 翻訳, 遺伝暗号, mRNAとtRNA, コドン-アンチコドンの相互作用, アミノアシルt-RNA合成酵素

◎核酸塩基, ヌクレオシドとヌクレオチドの構造式, 機能性ヌクレオチド, ポリメラーゼ連鎖反応(PCR), DNAマイクロアレイ(DNAチップ)

◎タンパク質の二次・三次・四次構造, 非共有結合性相互作用, タンパク質の折りたたみと修飾(プロセッシング), 安定性と変性, 沈殿・クロマトグラフィー・電気泳動によるタンパク質の精製

◎酵素, 反応の種類による酵素の分類, 活性中心, 補酵素と補因子, 酵素(触媒)反応の機構, 触媒定数, 阻害剤と活性化剤

◎複雑な溶解度計算(アニオンの加水分解, 錯形成などに伴うもの)

- ◎量子力学：単純なシュレーディンガー方程式，井戸型ポテンシャル，軌道角運動量及びスピン角運動量の計算
- ◎分光学に関わる計算：単純なモデル理論を使った回転遷移・振動遷移・電子遷移のエネルギー計算
- ◎単純な分子軌道法 (MO)
- ◎質量スペクトルの基礎 (分子イオン，同位体存在比)
- ◎IR スペクトルの基礎 (振動型，官能基由来の特性ピークの帰属)
- ◎ ^1H ， ^{13}C -NMRスペクトルの解釈 (化学シフト，多重度，積分強度)
- ◎ ^1H ， ^{13}C 以外の核でのNMRスペクトルの解釈 (例えば， ^{11}B ， ^{19}F ， ^{31}P など)

実験課題

- ◎合成技術 (吸引濾過，薄層クロマトグラフィー (TLC))
- ◎マイクロスケールの化学合成 (数mLから数十mLの容量の器具での反応操作)
- ◎高度な無機イオン定性分析
- ◎分光光度計の使用
- ◎液-液抽出 (分液操作)
- ◎カラムクロマトグラフィー
- ◎再結晶
- ◎蒸留
- ◎減圧蒸留，計算図 (圧力-沸点換算図) の使用
- ◎溶液の粘度測定
- ◎表計算ソフトを用いる実験データの解析