

令和6年度 総合型選抜 I

課題解決型記述問題

注意事項

1. 問題は、**数学**と**理科**の2種類あります。
数学か理科のいずれかを選択し、解答用紙(表)の選択科目欄の科目を○で囲んで、解答してください。
2. 選択した科目の問題には、それぞれ問1、問2があります。解答用紙は1枚(表・裏)です。
問1の解答は(表)に、問2の解答は(裏)に記述し、2問とも解答してください。
3. 解答用紙の(表)の所定の欄に、本学の受験番号(5桁)を必ず記入してください。
解答用紙の(裏)には受験番号を記入する必要はありません。

数学

数学において最も有名な無理数の一つに円周率 π がある。円周率が 3 より少し大きいことは古代エジプトやバビロニア、インド、ギリシアの幾何学者の間では知られており、5 世紀には中国の祖冲之が小数点以下 6 桁まで求めることに成功している。日本では 17 世紀前半頃に円を対象とした和算的研究である「円理」が始まる。その最初のテーマの一つが円周率を数学的に計算する努力であり、村松茂清が『算組 (さんそ)』において幾何的な方法で小数点以下 21 桁まで算出している。これは実際の値と小数第 7 位まで一致している。その後、関孝和が小数第 16 位まで現代の値と同じ数値を算出した。

20 世紀以降、計算機の発達により計算された円周率の桁数は飛躍的に増大した。1949 年に電子計算機 ENIAC を使い 72 時間かけて、円周率は 2037 桁まで計算された。その後のスーパーコンピュータの開発とともに効率の良いアルゴリズムの考案も進み、1973 年には 100 万桁を超えた。また、1995 年には東京大学のグループにより開発された「スーパー π 」は相加平均と相乗平均を用いる「ガウス＝ルジャンドルのアルゴリズム」を利用した円周率の算出方法を利用しており、このプログラムは、コンピュータの計算速度チェックにも用いられるようになるなど、副次的な利用法も広まった。

近年では、2022 年 6 月に Google の技術者である岩尾エマはるか氏が、Google Cloud で 157 日 23 時間かけて 100 兆桁を計算したと発表されたり、2023 年 5 月には日本の高校生が発表した「高校生でも理解できる円周率の求め方」が、オーストラリアの国立ニューサウスウェールズ大学発行の数学雑誌に掲載されたりするなど、今なお円周率 π は追求されている。そこで、中学生と一緒に円周率 π を求めることを考える。

問1

円周率とはどのような数のことか説明せよ。

また、円周率 π を小数点以下1~2桁(有効数字2~3桁)の精度でよいので求めたい。値を求めるための方法を複数答えよ。

問2

大学生のあなたは、実験を通して数学に慣れ親しんでもらうように、中学生がチームで円周率 π を求める実験ワークショップを企画することとなった。問1で挙げた方法のうち2つを用いる企画を考案し、記述せよ。なお、2つの実験結果を比較し、考察する活動が含まれていることが望ましい。

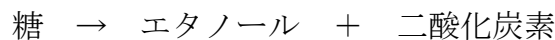
理科

高校では、エタノールが消毒薬や燃料としてのみならず、化学工業での様々な製品の原料として重要であること、砂糖などの糖を酵母が分解するとエタノールと二酸化炭素が生じること(アルコール発酵)、エタノールを含む水溶液に熱エネルギーを与えて蒸留するとエタノールと水を分離できることなどを学ぶ。

エタノールの工業的な製造法には大きく分けて発酵法と合成法の2種類がある。このうち今回はサトウキビを用いた発酵法について取り扱う。この方法は、サトウキビから砂糖を得る過程で生じる副産物を原料としてバイオエタノールを生産する。そのため、砂糖の精製と温室効果ガスの排出を低減できるエタノール製造が両立できる方法として注目されている。

この方法ではまずサトウキビを細かく裁断した後、水を加えて圧搾し、搾りかすと搾汁を得る。次に搾汁に消石灰を加えてろ過し、減圧条件下で加熱し、濃縮液(シラップ)を得る。ここからさらにシラップを減圧条件下で加熱し、砂糖を再結晶させ、遠心分離により固体部分(砂糖)と液体部分(糖蜜)に分離し、砂糖を得る。さらに糖蜜を発酵槽に入れ、水と酵母を加えて30℃で十分に発酵させたのち、遠心分離により発酵上清液と酵母に分離し、発酵上清液を蒸留し脱水してエタノールを得る。

なお、糖蜜を酵母に与えると次式のようにアルコール発酵が起こり、エタノールが生じる。



サトウキビ中の糖分量は決まっているので、糖蜜の生産量が多くなるほどより多くのエタノールが得られるが、砂糖の生産量は少なくなる。ただしこの方法においてはサトウキビの品種によりサトウキビ中の糖分量が砂糖になりやすいか糖蜜に残りやすいかが異なる。また搾りかすを燃焼することで得られる熱を利用すると、生産工程に必要なエネルギー量が少なくなる。

表1、2は、原料サトウキビ1000kgを用いてエタノールを生産した実証試験のデータである。

問1

原料サトウキビ1000kgから、エタノールをできるだけ多く、できるだけ少ないエネルギー量で生産したい。そのために必要な考え方や注意すべき点を、表1、2および問題文から読み取り、あなた自身がこれまで学んできた理科(物理、化学、生物、地学等)の知識やその他の知識・経験をもとにできるだけ多く考察し、記述せよ。

問2

問1で記述した考察の中からひとつを選び、その考察についてあなたがリーダーとなってチームで検証することとなった。どのような実験や観察、あるいは計算などをおこなえばよいか、計画を立て記述せよ。なおグループ外の人から助言を得る活動を含むことが望ましい。

表1 サトウキビを原料としたエタノール生産の実証試験データ
(化学工学論文集、44(2018) 260 より抜粋・一部改編)

	含まれる物質の名称	サトウキビ A	サトウキビ B
サトウキビの成分 [kg]	糖分など	153.5	161.5
	繊維	145.7	165.5
	水分	700.8	673.0
	合計	1000.0	1000.0
添加物 [kg]	水	447.7	489.5
	乾燥酵母	4.4	5.3
	消石灰	0.7	0.7
	合計	452.8	495.5
原料・添加物の合計 [kg]		1452.8	1495.5
生成物 [kg]	砂糖	65.7	55.0
	エタノール	13.2	15.3
	搾りかす	406.1	428.6
	水	738.0	721.9
	二酸化炭素	14.4	16.6
	酵母	29.3	32.8
	合計	1266.7	1270.2
工程内の残留物 [kg]		186.1	225.3
生成物・残留物の合計 [kg]		1452.8	1495.5

表2 エタノール 1kg を生産するのに必要なエネルギー量
(化学工学論文集、44(2018) 260 より抜粋・一部改編)

各工程		サトウキビ A	サトウキビ B
各工程 [kJ]	発酵時	940	939
	酵母の分離	290	306
	蒸留・脱水	10068	9978
合計 [kJ]		11298	11223