

【問1】(環境工学1)

次の文章を読んで、問題1～3に答えよ。

現在、aハーバー・ボッシュ法を実践する何百という工場が、大気を飲みこんでアンモニアを生産している。そのアンモニアからつくられた肥料のおかげで人類は増加を続けている。

ハーバー・ボッシュ法が開発される前には、大気から窒素を取り出し食物に変える方法は二つしかなかった。ひとつは(あ)であり、もう一つはバクテリアによる(い)である。後者はある種のバクテリアが大気中の窒素を取り込んで分解し植物が摂取できる形につくりかえるという、時間はかかるが着実な方法である。こうしたバクテリアの一部は植物の根についている根粒を住み家にする。ハーバー・ボッシュ法はこの「大気から窒素を取り出す」方法を加速させたものだ。今日、アンモニア生成工場で作られる固定窒素の量は自然につくられる量に匹敵する。大気中には大量((う)%)の(え)が存在しているので、それに比べればハーバー・ボッシュ法で使われる量などごくわずかだ。しかし、地上で生命体が住んでいる生物圏には大きな意味を持つ。

全てではないが人類が飢えずに済んでいるのはよいニュースだ。しかし、一方でよくないニュースもある。それはハーバー・ボッシュ法によって大量につくられるアンモニアは食物以外のところまで行きついていることだ。たとえば私たちを取り囲む大気や水の中に。ハーバー・ボッシュ法で固定された窒素の半分は食物ではなく大気と水に行き着いていると推定されている。1トンの肥料をb畑にまいたら、半分は穀物の栄養になり、一部は大気に戻り、残りのほとんどは灌漑用水に溶け、そして地面にしみこみ、やがて河川や湖沼などの水域へと流れ込む。そこでも窒素は動き回り、多くの違った分子とさまざまな形で結びつく。しかしその大半はいろいろなc(お)の形で水系に入る。

ハーバー・ボッシュ法で作られた窒素が大気に与える影響はまだよくわかっていない。大気中に行きつくもののなかには無害な(え)ではなく悪名高い(か)などの大気汚染物質になっているものもある。このほとんどは自動車のエンジンや工場で(き)を燃やすことで生じている。しかし大気中の窒素汚染のうち人為的に固定された窒素に由来する割合の15～50%は直接、間接を問わずハーバー・ボッシュ法の工場で作られたものだ。肥料を撒けばその一部はすみやかにアンモニアとなって大気に取り込まれるが、その大半はバクテリアが(い)したものを分解して気体として放出されたものだ。これは特に水田のような水をはった農地でみられる。気体の一部は、大気に含まれる無害な(え)である。しかし一部は(く)や(け)になる可能性がある(こ)として大気中に放出される。

「大気を変える錬金術 ハーバー、ボッシュと化学の世紀」トーマス・ヘイガー著、
渡会圭子訳 みすず書房、2010 より、一部改変

問題1

本文中の（あ）～（こ）を埋めよ。語句は選択肢より選べ。

<選択肢>

ダイオキシン類	温室効果ガス	マイクロプラスチック	農薬			
地震	稲妻	硫黄酸化物	窒素固定	分解	窒素分子	
硝酸塩	窒素酸化物	台風	木炭	54	19	78
化石燃料	水銀	亜酸化窒素	オゾン層破壊物質	DDT		

問題 2

次の（１）～（４）において、（さ）～（ぬ）を埋めよ。語句は選択肢より選べ。

（１）下線部 a について

フリッツ・ハーバーと、カール・ボッシュはそれぞれ、1919 年、1931 年にアンモニア合成の研究に対し（ さ ）を受賞した。しかし、フリッツ・ハーバーについてはアンモニア合成の研究の（ し ）の開発に従事したことから、彼の受賞は非難を浴びた。

（２）下線部 b について

畑地で施肥された（ す ）は、その好氣的条件下で（ せ ）に変化する。（ せ ）は（ そ ）なので、土壤にほとんど吸着されず、降雨の際の浸透により溶脱する。施肥窒素量は作物によって大きく異なるが、（ た ）、（ ち ）を栽培する畑地では施肥量が多く、溶脱量も多いことから硝酸汚染を引き起こす。

水田は湛水状態にあるため、（ つ ）にあり、施肥された（ す ）は（ せ ）に変化しにくい。

（３）下線部 c は、主に 1 歳未満の乳児に（ て ）を起こす可能性があり、ヒトの健康の保護に関する環境基準が定められている。

（４）（ す ）の定量法として、インドフェノール青法がある。この定量には（ と ）が使われる。（ と ）は、（ な ）の法則を利用したものである。インドフェノール青法で用いる波長は 630～640 nm を用いる。この波長を用いるのは、（ に ）だからである。セルは一般に、（ ん ）製のものが使われる。

<選択肢>

蛍光光度法	ガラス	石英	えんどうまめ	サツマイモ	いちご
とうもろこし	粒子状窒素	陽イオン	陰イオン	アンモニア態窒素	
酸化状態	亜硝酸態窒素	有機態窒素	モル吸光係数	ベースライン	
硝酸態窒素	じゃがいも	キャベツ	茶	硫酸塩	硫酸酸化
還元状態					
分光光度法	枯葉剤	原子爆弾	メトヘモグロビン血症	原子吸光分析法	
毒ガス	斑状歯	麦畑	ランペルト・ベール	ダイナマイト	吸収極大波長
京都賞	ノーベル賞	ヘンリー	プラスチック	アクリル	
ピューリッツァー賞	アカデミー賞	ラウール			

問題 3

次の問いに答えよ。

未知試料をインドフェノール青法により発色させ、光路長 $L = 1.0 \text{ cm}$ のセルを用いて波長 635 nm で吸光度を測定した。(す)の標準溶液濃度 ($C_1 = 2.0 \times 10^{-5} \text{ M}$) の吸光度は $A_1 = 0.360$ であった。ある未知試料を同様に処理して測定したところ、吸光度は $A_x = 0.270$ であった。この未知試料中の(す)のモル濃度 C_x を求めよ。ただし、この濃度範囲では(な)の法則が完全に成り立つものとする。途中式も記載せよ。有効数字は2桁とする。

【問2】(環境工学2)

次の問題1～4に答えよ。

問題1

以下の用語について簡潔に説明せよ。

- ・サーキュラーエコノミー
- ・バーチャルウォーター
- ・熱力学第一法則
- ・フーリエの法則

問題2

廃棄されたプラスチックをリサイクルする際に材料の品質や製品の価値が低下するダウンサイクルが問題となる。このダウンサイクルが発生する技術的な要因と社会的な要因について述べよ。また、それらの要因を克服して「水平リサイクル」を達成するための具体的なアプローチについて、技術的側面と制度的側面から述べよ。

問題3

使用済み PET ボトル 100 kg を回収し、リサイクル工場で処理したところ、80 kg の再生 PET フレークと、20 kg の廃棄物が得られた。このリサイクル工場のプロセス全体で消費された電力に起因する CO₂ 排出量は 200 kg-CO₂ であった。

再生 PET フレーク 1 kg あたりの CO₂ 排出量 (kg-CO₂/kg-フレーク) を求めよ。ただし、プロセスにおける環境負荷の配分 (アロケーション) は、生成物の「質量比」に基づいて行い、廃棄物にも同様に環境負荷を割り当てるものとする。

問題4

生ごみのメタン発酵を行う施設がある。生ごみの特性は水分が 80% であり、固形分 (TS: 可燃分+灰分) の炭素含有量が 45% である。この施設でのバイオガス発生量は生ごみ 1 kg あたり 150 L である。バイオガス中のメタンガス濃度は 60%、二酸化炭素濃度は 40% である。

この施設の排水処理施設から河川への放流水の BOD を測定したところ、15 mg/L であった。排水処理施設には A 系統と B 系統の 2 系統の流入水があり、A 系統の流入水の流量は 1,000 m³/日である。B 系統の流入水の流量は 120 m³/日、BOD 濃度は 500 mg/L である。この排水処理施設の BOD 除去率は 92.5% である。以下の数値を求めよ。

- (1) メタン発酵施設における固形分あたりのバイオガス発生量。
- (2) メタン発酵施設における炭素のガス化率（小数第 2 位まで求めよ）。
- (3) 純度 100% に精製されたメタンガスの高発熱量（総発熱量）が 39.8 MJ/m³N であるときの低発熱量（真発熱量）。ただし、水の蒸発潜熱を 2.0 MJ/m³N とする。
- (4) 排水処理前の A 系統と B 系統の流入水が完全に混合した状態での BOD 濃度。
- (5) A 系統の流入水の BOD 濃度。