

平成30年度技術士第二次試験

筆記試験問題・合格答案実例集
[衛生工学部門]

APEC-semi & SUKIYAKI 塾

問題文と正答

(必須科目)

平成30年度技術士第二次試験問題〔衛生工学部門〕

11 衛生工学部門【必須科目 I】

I 次の20問題のうち15問題を選び解答せよ。(解答欄に1つだけマークすること。)

I-1 平成30年4月に施行された改正大気汚染防止法及び同施行令においては、水銀排出施設のほかに自主的取組が定められている要排出抑制施設が規定されているが、次のうち要排出抑制施設はどれか。

- ① 産業用石炭燃焼ボイラー
- ② 製鉄の用に供する焼結炉（ペレット焼成炉を含む。）
- ③ 廃棄物の焼却設備
- ④ セメントクリンカーの製造設備
- ⑤ 非鉄金属製造に用いられる製錬及び焙焼の工程

I-2 我が国の酸性雨・黄砂に関する次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。

- ① 降水中に含まれる非海塩性硫酸イオンの濃度は冬季と春季に高く、国内の酸性沈着における大陸からの影響が示唆される。
- ② 粒子状非海塩性硫酸イオンは、大陸に近い地点ほど濃度が高く、大陸からの移流の寄与が大きいことが示唆され、特定の気象条件や黄砂の飛来現象に伴いイオン成分の上昇が確認された。
- ③ 生態系への影響については、一部の地点で、土壌pHの低下、湖沼や河川pHの低下等、大気沈着との関連性が示唆される経年変化が確認された。
- ④ 気象庁の観測によれば、2000年以降、我が国で黄砂が観測されることが多くなっている。
- ⑤ 黄砂観測延べ日数は、2010年度から2015年度の間で毎年、増加している。

I-3 悪臭に関する次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。

- ① 硫化水素は、腐った卵のような臭いがする。
- ② アンモニアは、し尿のような臭いがする。
- ③ 悪臭の規制基準には、敷地境界線の地表における規制基準、気体排出口の規制基準、排出水の規制基準がある。
- ④ 特定悪臭物質の濃度による規制手法にするか、臭気指数による規制手法にするかは、都道府県知事及び市長が定める。
- ⑤ 臭気指数は、臭気濃度を対数表示したものではなく、臭気強度を対数表示したものである。

I-4 次のうち、大気汚染物質の処理技術、発生抑制技術と汚染物質の組合せとして最も不適切なものはどれか。

- ① 石灰スラリー吸収法 …… 硫黄酸化物
- ② 二段燃焼法 …… 窒素酸化物
- ③ 活性炭吸着 …… ダイオキシン類
- ④ アンモニア接触還元法 …… 一酸化炭素
- ⑤ バグフィルター …… ばいじん

I-5 湖沼の富栄養化に関する次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。

- ① 富栄養化とは、湖沼に窒素やリンなどの栄養物質がある量以上流入すると、藻類が光合成を行いながら異常に増殖し、これが有機性汚濁物質となって水質汚濁が進行する現象である。
- ② 富栄養化とは、本来、湖沼の1日における栄養塩類の変化を示すものである。
- ③ 閉鎖性水域が富栄養化すると、湖沼では例えば藍藻類が異常増殖して、アオコと呼ばれるマット状の層が水面を覆うことがある。
- ④ 自然の湖沼は、長い年月をかけて、初期における水深が深くて栄養物質の少ない貧栄養湖から、流域からの栄養物質の流入を受けて中栄養湖となり、さらに水深が浅く栄養に富む富栄養湖になる。
- ⑤ 人為的な水質汚濁による富栄養化は、窒素やリンを含む排水の流入などの人為的要因により著しく栄養状態の変化速度が加速され、極めて短期間に湖沼が富栄養状態になる現象である。

I-6 膜ろ過による浄水処理に関する次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。

- ① 水道における膜ろ過は、精密ろ過 (MF)、限外ろ過 (UF)、ナノろ過 (NF) などがある。
- ② 膜モジュールとは、エレメントを膜ろ過装置に装填して使用できる形にしたもので、中空糸型などがある。
- ③ 膜ろ過流束とは、クロスフローろ過において、供給水を膜面に沿って水平方向に流すときの膜面上の流速をいう。
- ④ 膜の損傷などの検知には、圧力、濁度及び微粒子数が利用される。
- ⑤ 膜洗浄方式には、逆圧水洗浄や空気洗浄などによる物理洗浄に加え、酸やアルカリ剤などによる薬品洗浄がある。

I-7 水質の指標に関する次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。

- ① 浮遊物質 (SS) とは、水中に懸濁している固形物質をいい、おおむね粒径 $1 \mu\text{m}$ 以上の粒子であり、細菌や藻類などの微生物も含まれる。
- ② 強熱減量とは、溶解性物質や浮遊物質を強熱灰化したときに揮散する物質であり、溶解性物質に対する強熱減量 (VS) と浮遊物質に対する強熱減量 (VSS) がある。
- ③ 蒸発残留物質 (TS) とは、試料を蒸発乾固したときに残留する物質をいい、水中の固形物質と溶解性物質の析出分の総量を示す。
- ④ 濁度 (turbidity) とは、水の濁りの程度を示す指標で、土壌やその他の浮遊物質の混入による地表水や処理水の濁りを知るのに使用される。
- ⑤ 色度 (colour) とは、水中に含まれる溶存物質あるいはコロイド物質が呈する類黄色の程度をいい、河川水や地下水のフミン質による着色の程度を示すのに使われることが多い。

I-8 水中の微生物などに関する次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。

- ① 大腸菌が飲料水中に存在しても、直ちに対応が必要とされる危険な汚染であるとは限らない。
- ② ウイルスは、DNA若しくはRNAのどちらかを持ち、感染した細胞の中でないと増殖できない。
- ③ 硝化細菌とは、アンモニウム塩を亜硝酸塩に酸化するアンモニア酸化細菌（亜硝酸菌）と、亜硝酸塩を硝酸塩に酸化する亜硝酸酸化細菌（硝酸菌）の2群の細菌からなる。
- ④ レジオネラ属菌は、各種の環境水から分離される環境細菌で、冷却塔の水、給湯水、入浴施設などを介した集団感染が報告されている。
- ⑤ 放線菌は、糸状の形態をなし、水にカビ臭をつけるものもある。

I-9 平成28年度の我が国における一般廃棄物処理事業実態の次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。

- ① 全国のごみ総排出量 4,320万トン
- ② リサイクル率 45%
- ③ 発電施設を有する施設数 358施設
- ④ 1人1日当たりのごみ排出量 925g
- ⑤ 総発電電力量 8,760GWh

I-10 次に示す廃棄物の最終処分に関する用語の組合せのうち、最も不適切なものはどれか。

- ① 擁壁等 …… 水圧
- ② 遮水工 …… 透水係数
- ③ 浸出液処理設備 …… 保有水
- ④ コンクリート固形化物 …… 合理式
- ⑤ 地下水集排水設備 …… 管渠

I-11 下水汚泥のバイオマス活用事業を実施するに当たり、汚泥のメタンガス化を検討している。下記条件で検討した場合に期待される発電量として最も適切なものはどれか。

下水汚泥処理量 (t)	バイオマスガス 発生原単位 (Nm ³ /t)	メタン濃度 (%)	メタン発熱量 (MJ/Nm ³)	発電効率 (%)
1	12	60	35.8	30

- ① 100kWh ② 50kWh ③ 30kWh ④ 20kWh ⑤ 10kWh

I-12 平成28年度における全国の一般廃棄物排出量実績において、1人1日当たりのし尿排出量と浄化槽汚泥排出量の組合せとして、最も適切なものはどれか。

	し尿	浄化槽汚泥
①	1.54L/人日	2.82L/人日
②	2.52L/人日	2.52L/人日
③	1.54L/人日	0.81L/人日
④	2.52L/人日	1.54L/人日
⑤	2.52L/人日	2.82L/人日

I-13 各用途の建築物における空気調和設備を計画する上で、次の記述のうち最も不適切なものはどれか。

- ① 研究施設等で使用されるドラフトチャンバにおいて、有機溶剤中毒予防規則に定められた有機溶剤を使用する場合は、開口部の最小制御風速は1.0m/sである。
- ② 飲食施設等における厨房内の有効換気量は、酸素濃度の維持を目的とした基準であり、調理汚染物質の除去効率を考慮して定めたものでない。
- ③ 教育施設における教室等の環境に係る学校環境衛生基準により、二酸化炭素は1500ppm以下として換気量の基準を定めている。
- ④ 屋内型スポーツ施設の自然換気システムでは、給排気口を合計した全換気口面積は客席を含むアリーナ面積の1/20～1/50の範囲で計画されることが多い。
- ⑤ 空気中の浮遊微生物は、大部分は直径5μm以上の粉じんが付着して浮遊しており、医療施設等ではフィルターで粉じんを除去することにより、微生物の除去が可能と考えられている。

I-14 建築物の省エネルギーに関する次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。

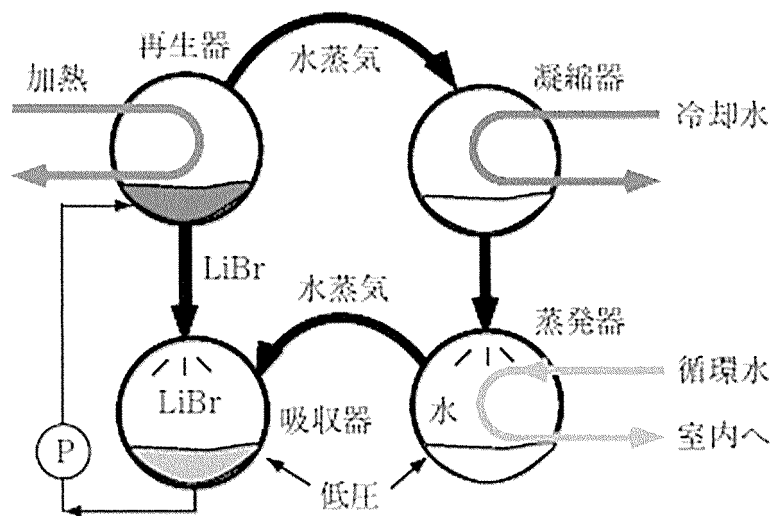
- ① 空調機の吐出側に設けるチャンバは、送風動力削減には不利に働く。
- ② 経済産業省の定義によれば、再生可能エネルギーを除き、基準一次エネルギー消費量から50%以上の一次エネルギー消費量削減、かつ再生可能エネルギーを加えて、基準一次エネルギー消費量から75%以上100%未満の一次エネルギー消費量削減を達成した建物は、Nearly ZEBと呼ぶことができる。
- ③ 建築物のエネルギー消費性能の向上に関する法律における建築設備は、空気調和設備その他の機械換気設備、放送設備、給湯設備、昇降機である。
- ④ ポンプやファンの回転数を変化させると、軸動力は回転数の3乗に比例して変化する。
- ⑤ 電動冷凍機では、蒸発温度がより高く凝縮温度がより低いほど成績係数が高くなる。

I-15 送風機の特性に関連する次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。

- ① 一般に送風機の選定線図は、温度273K、絶対圧力101.3kPa、相対湿度65%の湿り空気を吸い込む場合（標準吸込み状態という。）で、空気密度を1.20kg/m³とみなすときの性能で表してある。
- ② 送風機の発生する圧力は、吸込み空気の密度に比例し、密度は圧力一定の場合、ほぼ絶対温度に反比例する。
- ③ 2台又はそれ以上の同一性能の送風機を並列運転する場合、合成特性曲線は、等しい送風機全圧・静圧に対する各送風機の風量を加え合わせたものとなる。
- ④ 後向き・翼型送風機からの騒音は、最高効率点近くで最小となり、これから風量が増減するに従い上昇する傾向がある。
- ⑤ 送風機自体の振動レベルを下げる方法として、低速運転により加振力を小さくする方法があるが、性能や経済性の面で制約を受けやすい。

I-16 臭化リチウムを用いた下図の吸収冷凍機の作動原理に関する次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。

- ① 蒸発器で蒸発した冷媒蒸気（水蒸気）は、吸収器内のチューブ表面上に散布されている臭化リチウム水溶液に吸収される。このとき、吸収熱が発生する。
- ② 水蒸気を吸収して希釈された溶液は、溶液ポンプによって再生器に送られる。途中、熱交換器を通して再生器からの戻りの高温濃溶液との熱交換によって温度が上がる。
- ③ 希溶液は再生器でチューブ内を通る蒸気や高温水、又はガス・灯油の燃焼熱によって加熱されて沸騰する。吸収した冷媒（水）をここで分離する。そのために濃度を増し、濃溶液になる。
- ④ 濃溶液は、前述の熱交換器で吸収器から再生器に送られる低温希溶液に熱を与えた後、吸収器のチューブ表面上に散布され、凝縮器から水蒸気を吸引して冷媒を凝縮させる。
- ⑤ 再生器で溶液から分離した冷媒蒸気は凝縮器に入り、冷却水が通っているチューブに触れて熱を奪われ、凝縮する。凝縮・液化した冷媒液は、凝縮器からの絞りの作用をする細い管を通して圧力が下がり、蒸発器に入る。



吸収冷凍機作動原理図

I-17 給排水設備に関する次の語句の組合せとして、最も不適切なものはどれか。

- ① マニングの式 …… 排水横管の管内平均流速
- ② ジューコフスキーの式 …… 配管摩擦損失の算定
- ③ ウォッベ指数 …… ガスの入熱量を表現する指標
- ④ ヘーゼン・ウィリアムスの式 …… 給水管の流量算定
- ⑤ 器具排水負荷単位法 …… 排水管の管径決定

I-18 排水通気設備に関する次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。

- ① 節水Ⅱ形（6.0L）大便器は、節水Ⅰ形（9.0L）大便器よりも排水時間が長く、ピークとなる最大排水流量を小さくし、その勢いで搬送性能を高めている。
- ② 誘導サイホン作用とは、排水時に排水管内に圧力変動が生じ、主に負圧変動によってトラップ封水が排水管側へ吸引される現象である。
- ③ 特殊継手排水システムは、排水立て管継手部に負圧緩和用に通気調整と排水を減速させるガイドと、排水立て管と横主管との接続部に正圧緩和用の脚部継手を設置したものである。
- ④ 通気管の末端を窓・換気口などの付近に設ける場合は、その上端から600mm以上立ち上げるか、開口部から水平に3m以上離して大気中に開口する。
- ⑤ オイル阻集器は、駐車場、洗車場、給油所、修理工場などから出る排水中に含まれる油類が排水管中に流入して、爆発事故を起こすことを防止するために設ける装置である。

I-19 給湯温度60℃における年間平均の1日当たりの湯の使用量に関する次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。

- ① ホテルにおける湯の使用量は、客1名当たり200L/（日・人）程度である。
- ② 病院における湯の使用量は、1床当たり150L/（日・床）程度である。
- ③ レストランにおける湯の使用量は、厨房を含む床面積1m²当たり60L/（日・m²）程度である。
- ④ 事務所における湯の使用量は、在室者1名当たり100L/（日・人）程度である。
- ⑤ 集合住宅における湯の使用量は、250L/（日・戸）程度である。

I-20 音に関する次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。

- ① 等価騒音レベルは、作業環境を含む環境騒音を評価する場合の基本量として国際的に広く用いられている。
- ② NC曲線は、狭帯域スペクトルを持つ室内騒音を評価するための曲線群である。
- ③ 固体伝搬音とは、各種の振動数の振動が、建物構造体などの固体中を伝わり、それが壁、床、天井を振動させることによって放射される音のことをいう。
- ④ 床衝撃音とは、人の歩行や物の落下などによって、建物の床に衝撃が加えられたときに、その直下の室に発生する衝撃音のことをいう。
- ⑤ カクテルパーティー効果とは、2つ以上の音源が同時に提示されたとき、着目する音源のみを選択的に聴取できることである。

平成30年度技術士第二次試験筆記試験 択一式問題の正答

11. 衛生工学部門

問題番号	正答番号
I-1	2
I-2	5
I-3	5
I-4	4
I-5	2
I-6	3
I-7	2
I-8	1
I-9	2
I-10	4

問題番号	正答番号
I-11	4
I-12	4
I-13	1
I-14	3
I-15	1
I-16	4
I-17	2
I-18	1
I-19	4
I-20	2

問題文とA評価答案例

(選択科目)

～11-1 大気管理～

11-1 大気管理【選択科目Ⅱ】

Ⅱ 次の2問題（Ⅱ-1，Ⅱ-2）について解答せよ。（問題ごとに答案用紙を替えること。）

Ⅱ-1 次の4設問（Ⅱ-1-1～Ⅱ-1-4）のうち2設問を選び解答せよ。（設問ごとに答案用紙を替えて解答設問番号を明記し、それぞれ1枚以内にまとめよ。）

Ⅱ-1-1 排ガス中の水銀の測定について，測定対象と測定方式，さらに粒子状水銀について試料採取方法と濃度測定方法を簡潔に述べるとともに，排ガス中の水銀濃度の算出方法と単位及び水銀測定に当たっての留意すべき点について述べよ。

Ⅱ-1-2 ごみ焼却設備の排ガスに含まれる主要な大気汚染物質をとりあげて，代表的な処理方法を簡潔に述べよ。

Ⅱ-1-3 我が国では光化学オキシダントの原因物質の排出対策に取り組んでいるにも係わらず，光化学オキシダントの環境基準達成状況は，依然として極めて低い水準にある。この要因として考えられる事項について述べよ。

Ⅱ-1-4 平成29年版環境・循環型社会・生物多様性白書において，2015年度における我が国が排出する7種の温室効果ガスのCO₂換算での排出内訳が示されているが，二酸化炭素以外の主な温室効果ガスに関して近年の排出の動向について述べよ。また，我が国の2015年度における二酸化炭素の次に排出量の多い温室効果ガスを挙げ，その主な排出源と削減対策について述べよ。

平成 年度 技術士第二次試験 模擬答案用紙

受験番号	
問題番号	II-1-2

技術部門	
選択科目	
専門とする事項	

※

○受験番号、問題番号、技術部門、選択科目及び専門とする事項の欄は必ず記入すること。
 ○解答欄の記入は、1マスにつき1文字とすること。(英数字及び図表を除く。)

1	、	排	ガ	ス	に	含	ま	れ	る	主	要	な	大	気	汚	染	物	質					
	①	ば	い	じ	ん	量	、	②	硫	黄	酸	化	物	、	③	窒	素	酸	化	物	、	④	
化	水	素	、	⑤	ダ	イ	オ	キ	シ	ン	類	な	ど	が	挙	げ	ら	れ	る	。			
2	、	代	表	的	な	処	理	方	法														
	①	ば	い	じ	ん	量																	
	バ	グ	フ	ィ	ル	タ	ー	を	用	い	た	ろ	過	方	式	、	サ	イ	ク	ロ	ン	を	用
い	た	遠	心	力	方	式	、	及	び	そ	れ	ら	を	組	み	合	わ	せ	た	設	備	が	広
く	採	用	さ	れ	て	い	る	。															
	②	硫	黄	酸	化	物																	
	石	灰	ス	ラ	リ	ー	及	び	水	酸	化	マ	グ	ネ	シ	ウ	ム	吸	収	法	に	よ	る
湿	式	処	理	が	挙	げ	ら	れ	る	。	処	理	物	は	、	前	者	が	石	膏	と	し	て
回	収	さ	れ	、	後	者	が	無	害	な	硫	酸	マ	グ	ネ	シ	ウ	ム	と	な	る	。	前
者	の	石	灰	ス	ラ	リ	ー	法	は	技	術	的	に	確	立	し	て	お	り	、	最	も	実
用	化	さ	れ	て	い	る	。																
	③	窒	素	酸	化	物																	
	ア	ン	モ	ニ	ア	や	尿	素	を	用	い	た	接	触	還	元	法	、	お	よ	び	活	性
炭	に	吸	着	さ	せ	る	活	性	炭	法	が	挙	げ	ら	れ	る	。	活	性	炭	に	よ	る
処	理	で	は	前	述	の	硫	黄	酸	化	物	の	処	理	を	同	時	に	行	え	る	。	前
者	の	接	触	還	元	法	は	処	理	物	が	無	害	な	窒	素	と	水	蒸	気	と	な	り
最	も	実	用	化	さ	れ	て	い	る	。													
	④	塩	化	水	素																		
	ス	ク	ラ	バ	ー	に	よ	る	湿	式	処	理	が	挙	げ	ら	れ	る	。				
	⑤	ダ	イ	オ	キ	シ	ン	類															
	活	性	炭	等	に	よ	る	吸	着	除	去	、	触	媒	に	よ	る	分	解	処	理	が	挙
げ	ら	れ	る	。																			

Ⅱ－２ 次の２設問（Ⅱ－２－１，Ⅱ－２－２）のうち１設問を選び解答せよ。（解答設問番号を明記し，答案用紙２枚以内にまとめよ。）

Ⅱ－２－１ アスベスト（石綿）使用の有無が不明な既存の建築物を解体する場合について，石綿以外の大気汚染物質も含めて環境に配慮して施工する立場から，以下の問いに答えよ。

- （１）石綿も含めて事前に考慮し，調査する内容と手順
- （２）石綿使用が確認された場合の必要な手続，解体の計画と実施内容
- （３）上記（１）及び（２）の業務を実際に進める際に留意すべき具体的な事項

Ⅱ－２－２ 高い煙突をもつ大規模な煙源施設の工場敷地内に，同規模の煙源施設の増設を計画している。会社の環境部門は，意図的，非意図的を問わずデータの誤りをなくすことを方針としてあげている。あなたは大気管理の責任者として，既設施設の管理，新規施設の計画を進めるとき，下記について記述せよ。

- （１）調査すべき大気管理に関する重要なデータ
- （２）業務を進めるに当たって，会社内外の組織との連携
- （３）大気管理に関するデータの誤りを防ぐための工夫

11-1 大気管理【選択科目Ⅲ】

Ⅲ 次の2問題（Ⅲ-1，Ⅲ-2）のうち1問題を選び解答せよ。（解答問題番号を明記し，答案用紙3枚以内にまとめよ。）

Ⅲ-1 大気汚染物質の環境中での動態は，発生源の形態や，気象，発生源周辺の地形，建物などの影響を受ける。これらの条件によっては深刻な大気汚染を引き起こす可能性がある。このことを踏まえて以下の問いに答えよ。

- (1) 発生源の形態や，気象，地形，建物などの影響を受けて，大気汚染物質の濃度が高くなる可能性のある現象を3つ以上挙げて，その内容を説明せよ。
- (2) 都市部で開発が進んでいる地域に計画する固定煙源を対象に，大気汚染の発生を抑制するための方策を提案せよ。
- (3) あなたが提案する方策の有効性を示すとともに，そこに潜むリスクについても述べよ。

Ⅲ-2 石炭火力発電所を建設計画する場合，大気汚染物質や温室効果ガス等について計画に携わる技術士の立場から，次の問いに答えよ。

- (1) 石炭火力発電所のメリットとデメリットを挙げて近年の石炭火力発電所の動向を分析するとともに，大気汚染防止法の最近の改正も踏まえて，特に考慮すべき大気汚染物質を1つ挙げ，その選定理由，考慮すべき点，低減対策とその評価について考察せよ。
- (2) 石炭火力発電所において，特に問題となる二酸化炭素について，新設発電所の現状の温室効果ガス低減対策を2例以上挙げ，その評価について考察せよ。また，最近の石炭火力発電所建設計画の環境アセスメントにおいて，2030年削減目標達成への深刻な支障を懸念した環境大臣意見が出されているが，それを踏まえ二酸化炭素削減の抜本的な対策について2例以上，提案せよ。
- (3) (2) で提案した対策について，その効果，問題点とその解決方策や対処の方策について考察せよ。

平成 年度 技術士第二次試験 模擬答案用紙

受験番号	
問題番号	Ⅲ-2

技術部門	部門
選択科目	
専門とする事項	

※

○受験番号、問題番号、技術部門、選択科目及び専門とする事項の欄は必ず記入すること。
○解答欄の記入は、1マスにつき1文字とすること。(英数字及び図表を除く。)

(1)

① 石炭火力発電所のメリット

- ・安定供給が可能であること。
- ・安価であること。
- ・液体燃料や気体燃料に比べ、事故時のリスクが小さいこと。

② 石炭火力発電所のデメリット

- ・石炭中に含まれる硫黄分、窒素分および水銀による大気汚染があること。
- ・単位発熱量当たりの二酸化炭素が多いこと。
- ・原料を輸入に依存していること。

③ 近年の石炭火力発電所の動向

世界では前述の二酸化炭素排出量の高さから投資が控えられつつあるが、我が国では続けて使用され、なおかつ、現在も新設の動きが出ているなど、世界の流れとは逆にその存在が見直されている。

④ 特に考慮すべき大気汚染物質

水銀が挙げられる。

⑤ 選定理由

先日施行された改正大気汚染防止法では水銀排出施設の一つに挙げられ、その排出抑制が望まれているからである。

⑥ 考慮すべき点

国内の主要排出源別の水銀大気排出インベントリ一では上位に位置するからである。

問題文とA評価答案例

(選択科目)

～11-2 水質管理～

11-2 水質管理【選択科目Ⅱ】

Ⅱ 次の2問題（Ⅱ-1，Ⅱ-2）について解答せよ。（問題ごとに答案用紙を替えること。）

Ⅱ-1 次の4設問（Ⅱ-1-1～Ⅱ-1-4）のうち2設問を選び解答せよ。（設問ごとに答案用紙を替えて解答設問番号を明記し、それぞれ1枚以内にまとめよ。）

Ⅱ-1-1 水深10m以上の湖沼や貯水池における水温の鉛直分布について、停滞期と循環期に分けて説明せよ。

Ⅱ-1-2 次に示す水質項目に関する給水栓水での検査結果が水質基準を超えた場合において、実施すべき対応措置をそれぞれ述べよ。

(1) 大腸菌

(2) 2-メチルイソボルネオール

Ⅱ-1-3 生活排水処理施設に用いられるブロワのうち、電磁式ブロワ、ロータリ式ブロワ、ルーツ式ブロワの構造上の特徴及び維持管理上の注意点を述べよ。

Ⅱ-1-4 窒素除去型小型浄化槽の好気性生物反応槽におけるアンモニア性窒素、亜硝酸性窒素及び硝酸性窒素の測定結果の評価方法について述べよ。また、これらの項目を簡易水質測定器（比色法）で測定する際の留意事項を述べよ。

II-1-1 水深 10m 以上の湖沼や貯水池における水温の鉛直分布について、停滞期と循環期に分けて説明せよ。

○停滞期

- ・夏期など気温高温期では、上層水の水温が高く、下層水が低くなる傾向がある。
- ・水の比重は上層水が小さく、下層水が大きくなるため、層が安定して停滞する。

○循環期

- ・冬期等、気温が低い時期では、上層水の水温が低下、下層水は上層と比較して高くなる。
- ・したがって、上層水の比重が大きく、下層水の比重が小さくなり、層が不安定となる。
- ・そのため、上下層が逆転して入れ替わり、湖水が循環する。

・湖水の循環が起これないと、湖底が嫌気状態となり、底質からリンが溶出して富栄養化を引き起こす。

II-1-2 次に示す水質項目に関する給水栓水での検査結果が水質基準を超えた場合において、実施すべき対応措置をそれぞれ述べよ。

(1) 大腸菌

- ・給水停止または飲用不可としながら、飲用水の応急給水を行う。
- ・クリプトスポリジウム、その他の糞便由来の病原菌による汚染のおそれが考えられるので、それらの検査を実施する。
- ・塩素の濃度を、遊離塩素濃度 0.2 mg/l 以上、または結合残留塩素濃度を 1.5 mg/l 以上とする。
- ・応急給水に関して、近隣事業体の応援を依頼する。
- ・給水栓の水質から大腸菌が検出されなくなり、給水を再開したのちも、しばらくは上記の塩素濃度で対応する。

(2) 2-メチルイソボルネオール

- ・水質基準の生活関連項目であるので、「水質基準超過水の継続給水に関する考え方」を適用して、給水は継続しつつ、引用には適しない旨通知して、飲用水は応急給水で対応する。
- ・水質が改善されれば、給水を再開する。
- ・恒久的な対策として次の対策を行う。
水源：ダム湖水とうの発生源対策
浄水：活性炭処理、オゾン処理を行う。

Ⅱ－１－１ 水深 10m以上の湖沼や貯水池における水温の鉛直分布について、停滞期と循環期に分けて説明せよ。

1) 停滞期

停滞期には、夏季と冬季がある。夏季の場合は、春季に比べ、流入水の水温が高くなるのと表層水が太陽エネルギーにより水温が徐々に高くなり水温躍層が生じ、停滞期となる。低層域の水温は密度の関係で4℃が最も重いため、その温度で停滞する。

冬季になると、秋季に比べ、水温の低下した流入水が湖沼や貯水池に入り、表層の水温が低下し4℃以下になると密度が4℃よりも軽くなるため、表層水は停滞してくる。低層水は、4℃が最も密度が重いので、そのまま停滞する。

停滞期になると生物により酸素が消費され、底泥から鉄やマンガン、アンモニア態窒素、リンが還元状態で溶出してくる。

2) 循環期

循環期には、春季と秋季がある。春季は、冬季に比べ、水温が徐々に上昇した流入水が湖沼や貯水池に入り、また、湖沼及び貯水池の表層水の水温が4℃で低層域の水温と同じになり湖沼水全体が循環する。秋季は、夏季に比べ、水温が徐々に低下した流入水が湖沼や貯水池に入り、表層水より密度が重いので、低層域に侵入していき、これまでの水温躍層が破壊され、湖沼全体が循環してくる。循環期になると停滞期での低層域の水質状況が湖水全体に拡散されるので、湖沼や貯水池を水源にしている場合には、水質悪化に繋がる場合がある。

以上

Ⅱ－１－２次に示す水質項目に関する給水栓水での検査結果が水質基準を超えた場合において、実施すべき対応措置をそれぞれ述べよ。

(1) 大腸菌 (2) ２－メチルイソボルネオール

(1) 大腸菌

大腸菌は人の健康に関連する項目であるため、給水栓水において水質基準を超えた場合は、給水停止措置を直ちに講ずる。その際には、需要者への説明を図るため、HPや広報車、防災無線等を用いて公報を行う。また、給水確保に向けた対応として、近隣の水道事業体等からの応援給水や給水車や給水タンク等を活用して需要者に代替え給水を実施する。

なお、事前に水質汚染対応マニュアルや水安全計画の作成等を行い、安全な水の供給と確保に向けた対応を検討しておくことが必要である。

(2) ２－メチルイソボルネオール

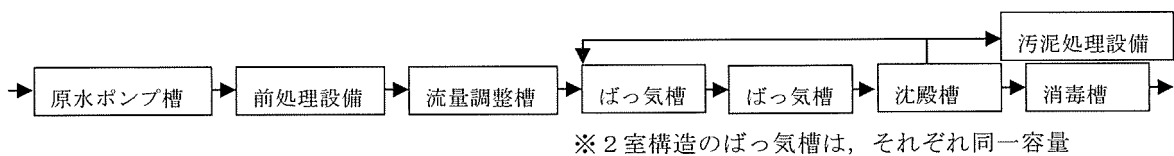
２－メチルイソボルネオール(2-MIB)は生活利用上に支障が生じる関連項目であり、人の健康に関連する項目でないことから、ただちに給水停止措置は取らなくても良い。しかし、水質基準を超えていることから、原因究明を直ちに行い、2-MIBの低減化を図ることが必要である。その際にも需要者への説明を公報等により行い、健康には影響ないことと原因と低減化対策及び回復期間などをその都度説明していくことが必要である。また、貯水水槽水道の場合は、貯水水槽タンク内で生物の繁殖で2-MIBが発生している可能性もあるので、貯水水槽設置者との連携も図り対応することが必要である。 以上

Ⅱ－２ 次の２設問（Ⅱ－２－１，Ⅱ－２－２）のうち１設問を選び解答せよ。（解答設問番号を明記し，答案用紙２枚以内にまとめよ。）

Ⅱ－２－１ 地下水を原水として塩素消毒のみを行ってきた水道施設において，原水中で嫌気性芽胞菌が検出され，クリプトスポリジウム等による汚染のおそれが生じるようになった場合について，以下の問いに答えよ。

- (１) クリプトスポリジウムの特徴と病原性について述べよ。
- (２) 他に水源を求めることが困難な場合に実施すべき恒久的な対策として，２種類の浄水処理方法を説明せよ。

Ⅱ－２－２ 流入汚水量を $100\text{m}^3/\text{日}$ として設計された，以下の処理フローシートに示す長時間ばっ気方式の生活排水処理施設（放流水のBODが $20\text{mg}/\text{L}$ 以下）において，流入汚水の水量及びBOD量が設計値の50%となっていた。



この施設について以下の問いに答えよ。

- (１) 現在の負荷条件における維持管理上の留意点を２つ述べ，運転上の対応方法を３つ述べよ。
- (２) 省エネルギーを考慮した施設の改造案を２つ提案し，それぞれの留意事項を述べよ。

II-2-1 地下水を原水として塩素消毒のみを行ってきた水道施設において、原水中で嫌気性芽胞菌が検出され、クリプトスポリジウム等による汚染のおそれが生じるようになった場合について、以下の問いに答えよ。

(1) クリプトスポリジウムの特徴と病原性について述べよ。

(2) 他に水源を求めることが困難な場合に実施すべき恒久的な対策として、2種類の浄水処理方法を説明せよ。

(1) クリプトスポリジウムの特徴と病原性

- ・ウシ、ブタ等の哺乳類の腸管で生育する原虫である。
- ・自然界では、オーシストという形で存在する。
- ・大きさは、数マイクロメートルである。
- ・通常の塩素処理では死滅しない。
- ・ヒト腸管内で生育し、下痢、脱水症状を起こし、場合によっては死に至る。
- ・国内外で、大規模な水道水質事故を引き起こしている。

(2) 恒久的な対策として、2種類の浄水処理方法

- ・クリプトスポリジウム対策指針では、危険度によりレベル分けがされている。
- ・本件では、原水が地下水で、クリプトスポリジウム指標菌が検出されているので、「レベル3」に相当する。
- ・レベル3で必要とされる対策は、1) 紫外線処理、2) ろ過出口で濁度0.1度以下を維持できるろ過設備（急速ろ過、緩速ろ過、膜ろ過）のいずれかである。

1) 紫外線処理

- ・紫外線(253.7 nm 付近、以下 UV)が常時 10 mJ/cm² のエネルギー強度で処理水の95%以上照射されること。
- ・原水水質が濁度2度以下、色度5度以下であること。
- ・UV強度計、濁度計を備えること。
- ・UV照射槽は非常時に備え、2系列以上設置すること。
- ・非常時に備え、緊急遮断弁を設置すること。
- ・UVランプは適切に処分すること。

2) ろ過出口で濁度0.1度以下を維持できるろ過設備（急速ろ過、緩速ろ過、膜ろ過）

- ・急速ろ過設備は、原水に凝集剤を加えフロックを形成させ、沈殿させ、その上澄み液を砂ろ過する。
- ・緩速ろ過設備は、砂ろ過面に生物膜を形成させて、膜のろ過作用のほか、生物作用による物質の除去が可能である。
- ・膜ろ過は、膜をろ材とするろ過法で、マイクロろ過法、ナノろ過法、逆浸透ろ過法がある。地下水のクリプトスポリジウム対策であれば、マイクロろ過で十分である。

Ⅱ-2-1 地下水を原水として塩素消毒のみを行ってきた水道施設において、原水中で嫌気性芽胞菌が検出され、クリプトスポリジウム等による汚染の恐れが生じるようになったばあいについて以下の問いに答えよ。

(1) クリプトスポリジウムの特徴と病原性について

(2) 他に水源をもとめることが困難な場合に実施すべき恒久的な対策として、2種類の浄水処理方法を説明せよ。

(1) クリプトスポリジウムの特徴と病原性について

1) 特徴について

クリプトスポリジウムは、孢子虫類に属する原虫で、大きさは3～5 μm程でウシ、イヌ、サル等の野生生物や人等の腸管に寄生して増殖し、糞便と共に外界に排出され、水系感染症（下痢症等）を起こす。感染力は、乾燥状態であれば1日～4日程度で感染力は無くなる。また、60℃以上で感染力は弱くなり、煮沸沸騰の1分間で感染力はなくなる。環境中ではオーシストと呼ばれる嚢包体の形で存在し、増殖はしない。

クリプトスポリジウムは、一般的には、塩素消毒には、耐性がある。

2) 病原性について

クリプトスポリジウムが経口摂取されると宿主の腸管上皮細胞の微絨毛に侵入し、寄生体胞を形成し、無性生殖をしてメロゾイドを形成する。遊離したメロゾイドは、再び微絨毛へ侵入し増殖を繰り返す。やがて有性生殖をして球形のオーシストが形成され、4個のスポロゾイドが発育し、感染症を有する状態となる。微絨毛から脱離したオーシストは自家感染を繰り返すと共に糞便と共に外界に排出されて、病原性を生じる。日本では、1996年に埼玉県越生町で8800人が感染した事例がある。健常者が感染すると下痢等の症状が1週間～2週間ほど続くが自然に回復する。免疫不全者や幼児や高齢者等が感染すると重篤になり、死亡する場合もある。

(2) 恒久的な対策

地下水でクリプトスポリジウムが検出されているので、リスクレベルは3となる。

1) 凝集沈殿急速ろ過法によってろ過水濁度を0.1度以下にする方法である。

①濁度上昇時にジャーテストにより濁度に基づく凝集剤の注入率管理を行い、適正な凝集及びフロック形成の状況管理、沈殿効果の確認、濁度計の更正管理や原水が低濁度でも凝集剤を使用し、凝集剤の注入量、ろ過池等の出口濁度等に関する記録を残す。

②ろ過池のろ過速度を急激に変更しない。ろ過池は、適切な間隔で洗浄を行う。ろ過池の洗浄は、通常、洗浄排水の最終濁度が2度以下となることを目標として行う。また、洗浄の終了時には逆流洗浄速度を段階的に減少する。ろ過池の洗浄等の直後はろ過機能が発現していないため、ろ過開始後のろ過速度を設定流量まで段階的に増加することやろ過池出口の濁度が0.1度以下になるまでの捨て水を行うこと等により、ろ過池出口の水の濁度が0.1度以下を維持できるようにする。

2) 紫外線設備によるクリプトスポリジウムの不活化処理

①原水の濁度が2度以下、色度が5度以下であること紫外線透過率が75%を超えることが必要である。②紫外線照射量は、紫外線照射槽の流入水量の95%以上に対し、10mJ/cm²以上の照射量とする。③紫外線ランプは適正な紫外線を照射できるランプを使用する。④紫外線照射槽は水流の偏りがないようにする。⑤紫外線ランプの揺れ対策や破損対策を施し、紫外線を常時照射できる様に非常用発電装置を設置する。⑥紫外線ランプの汚染防止のため、洗浄装置を設置する。

以上

11-2 水質管理【選択科目Ⅲ】

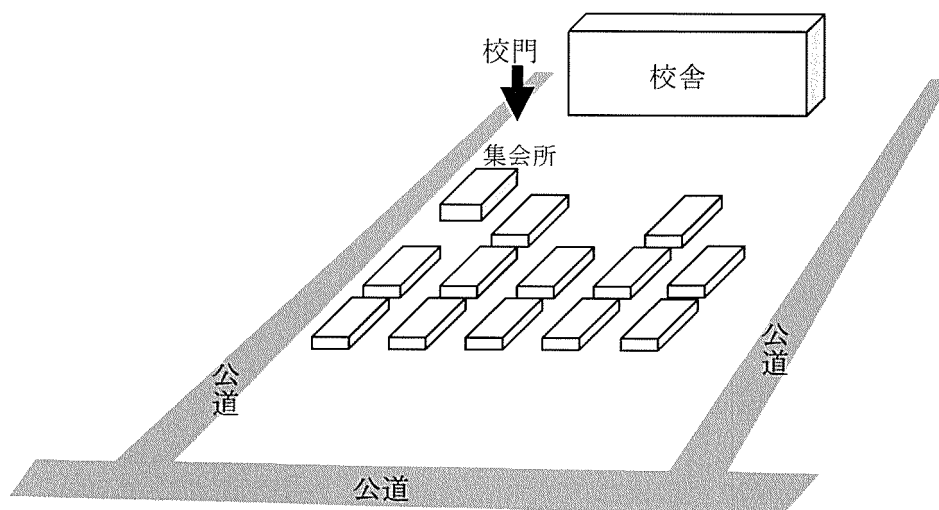
Ⅲ 次の2問題（Ⅲ-1，Ⅲ-2）のうち1問題を選び解答せよ。（解答問題番号を明記し，答案用紙3枚以内にまとめよ。）

Ⅲ-1 近年，カルキ臭の少ない水道水を供給するために，水道法施行規則で規定された給水栓水における残留塩素の濃度を保持しつつ，独自の上限目標値を設けて，従来よりも残留塩素の濃度を低減化しようとする水道事業者が多くなってきた。このような背景から，水道施設の維持管理を受託している民間企業に勤める技術者として，給水栓における残留塩素の濃度を低減化させる対策を策定する場合を想定して，次の問いに答えよ。

- (1) 送配水過程において時間とともに残留塩素の濃度が減少する要因について述べよ。
- (2) 浄水場での塩素注入を減らして残留塩素の濃度を低減させつつ給水区域全体での濃度を平準化させるために，水道施設の各過程で実施する対策について述べよ。

Ⅲ-2 大規模災害時に設置される応急仮設住宅の汚水処理に浄化槽を地上に設置する場合に，①適正な工事，②住民に対する安全性あるいは快適性の確保，③維持管理従事者の安全性あるいは作業性の確保，及び④浄化槽の処理機能の確保に留意しなければならない。①～④のそれぞれについて，具体的な対応事項を合計10事項述べよ。ただし，①～④の各項目につき1つ以上述べること。

なお，設置予定の応急仮設住宅は，図に示す学校施設の平坦地に10世帯を1棟としたものが12棟と集会所が設置され，周囲は側溝を有する公道で囲まれているものとする。また，公道と学校施設の境界には，校門以外にフェンスが設けられているものとする。



Ⅲ-1 近年、カルキ臭の少ない水道水を供給するために、水道法施行規則で規定された給水栓水における残留塩素の濃度を保持しつつ、独自の上限目標値を設けて、従来よりも残留塩素の濃度を低減しようとする水道事業者が多くなってきた。このような背景から、水道施設の維持管理を受託している民間企業に勤める技術者として、給水栓における残留塩素の濃度を低減化させる対策を策定する場合を想定して、次の問いに答えよ。

- (1) 送配水過程において時間とともに残留塩素の濃度が減少する要因について述べよ。
- (2) 浄水場での塩素注入を減らして残留塩素の濃度を低減させつつ給水区域全体での濃度を平準化させるために、水道施設の各過程で実施する対策について述べよ。

はじめに

水道浄水に塩素を加える目的は、次のとおりである。

- ①衛生上の措置：水道法により、給水末端で遊離残留塩素濃度は 0.1 mg/l、結合塩素は 0.4 mg/l、水道水が著しく汚染されている又はその恐れがある場合は遊離塩素 0.2 mg/l、結合塩素は 1.5 mg/l 以上となるように加えることとされている。
- ②マンガン砂の形成：急速ろ過砂でマンガン砂を形成させ、鉄、マンガンを除去する。
- ③原水の塩素要求量物質を除去する。
- ④沈殿池等における藻類生育防止

これらはいずれも塩素の強力な酸化力を利用したものであり、その強い酸化力が逆に塩素の減少要因となっている。

(1) 送配水過程における塩素濃度の減少要因

- ①送水管の内面の汚れによる塩素の消費
- ②水温高温時の塩素の揮散。特に、配水池等オープンスペースの場所や、配管の滞留場所で発生しやすい。
- ③浄水に含まれる塩素消費量物質。原水に含まれているアンモニア等の塩素消費量物質が浄水工程で十分に除去されないと、これらの物質が送水中に塩素を消費する。
- ④塩素の自己分解。水道の塩素は通常次亜塩素酸ナトリウムとして浄水に使用されるが、紫外線、高温等の影響で次亜塩素酸ナトリウムが分解する。この時、有害物質の塩素酸を生成する問題がある。

(2) 塩素注入量、残留塩素低減及び給水区域の塩素濃度平準化対策

①取水関係

- ・原水の水質モニタリングを行い、アンモニア、有機物等塩素消費量物質に留意する。

②着水井

- ・前塩素を適切に行う。

③沈殿槽～ろ過設備

- ・オゾン処理等で有機物を低減させ、塩素消費量物質の少ない浄水とする。

④送水

- ・送水管の洗管を適切に行い、管内の塩素消費を抑える。
- ・配水池等で塩素のモニタリングを行い、濃度を把握する。
- ・管が長い場合や、塩素が低減しやすい条件の水道システムでは、配水の途中で追加塩素設備を設ける。
- ・配水のブロック化により、塩素管理を強化する。

⑤その他

- ・水道システム全体で塩素低減要因等対策を講じるため、水安全計画を活用する。

Ⅲ-1 残留塩素の低減化について

1. 時間経過と共に低減化の原因について

1) 浄水処理に起因するもの

- ①水温-水温が高いと残留塩素濃度の生成反応が高くなり、残留塩素濃度の低減化が早まる。
- ②THM 前駆物質濃度-浄水処理において塩素を注入すると THM 前駆物質と反応し THM が生成する。そのため、THM 前駆物質の濃度が高いと残留塩素が消費され、濃度が低下していく。
- ③アンモニア態窒素-アンモニア態窒素は塩素と反応し結合塩素濃度となり、塩素が消費されるため、塩素濃度が低減化する。
- ④有機物-塩素は有機物と反応し有機物を酸化するため、有機物が送配水過程に多く存在すると塩素が消費され、塩素濃度が低下する。
- ⑤鉄やマンガン-塩素は鉄やマンガンを反応し、酸化物を生成する。送配水過程に存在すると塩素と反応し塩素濃度の低下が生じる。

2) 送配水過程によるもの

一般的に残留塩素濃度の消費式は次式により決定されている。

$$C_0 = C_t e^{-KT} \quad C_0 \text{ は初期の残留塩素濃度 (mg/l)、} C_t \text{ は、} t \text{ 時間後の残留塩素濃度 (mg/l)}$$

E は自然対数、 K は残留塩素消費速度係数 (/h)、 T は滞留時間 (h)

この式より残留塩素濃度の消費は K と T に依存していることがわかる。この K 値は水温等の水質や管の口径や材質等に依存して消費される。

- ①濁質-マンガンや鉄の酸化物等や送水濁度が低濃度でも管内で経年変化により、管内の濁質として堆積し、残留塩素と反応し、消費していく。
- ②異物-管内の内面にはライニング剤や塗装剤、腐食防止剤、シーリング剤等が塗布されているが、水量の急激の変化や施工上の養生不足等により、これらの物質が剥離流出し、残留塩素と反応し、塩素濃度が消費される。
- ③ポンプ等攪拌-ポンプや口径等で流速の急激な変化等により水流の攪拌や小径管やポンプとの摩擦等により残留塩素消費反応が進み、残留塩素濃度が消費される。
- ④pH 値-塩素濃度の反応は pH が高くなると反応が進み、残留塩素濃度が消費される。特に管内のモルタルライニング剤の養生が十分でないとアルカリ分が溶出し、残留塩素と反応し、塩素の消費がある。
- ⑤管剤の種類-管材にはいくつもの種類があるが（塩ビ管、ダクタイル鋳鉄管、鋼管、ポリエチレン管等）残留塩素との消費反応の違い生じることで消費する。
- ⑥管の腐食-水質的にランゲリア指数が低いと共に管の老朽化により腐食が進行し、漏水が進行することで残留塩素濃度が減少する。

2) 低減化対応について

①浄水施設

ア、THM 前駆物質-凝集沈殿急速ろ過の処理では、前塩素処理から中塩素処理に代え THM の生成を抑制する。また、粉末活性炭や粒状の活性炭処理を行う。

イ、アンモニア態窒素-不連続点塩素処理を十分に行い、遊離残留塩素濃度が検出されるように実施する。

ウ、有機物-塩素要求量に基づく消費される塩素量を注入し、有機物の低減化を図る。

エ、鉄・マンガン-鉄は前塩素注入の凝集沈殿処理やマンガン砂による接触酸化処理を実施する。

オ、ランゲリア指数の改善-ランゲリア指数-1 以下になる様にできるだけ 0 に近づけるように消石灰等のアリカリ調整をおこなう。

②送配水過程

ア、管の清掃-定期的に管内に堆積している濁質や異物をポリピック等を用いて管内の清掃や排水管を利用した排水を実施する。

イ、的確な水運用-送配水過程内の水に滞留している場所があると残留塩素の消費が大きくなるため、配水ブロック等を活用して的確な水運用を図り、塩素濃度の消費を抑えることで塩素の低減化を図る。

ウ、K 値や塩素濃度測定機器の設置-各地点の自動塩素濃度測定計を設置あるいは残留塩素消費速度係数の k 値を用いて、データ処理を行い、それに基づく末端の残留塩素を確保できるように塩素注入率を決めて、残留塩素濃度の低減化を図る。

エ、塩素の多点化-浄水場で塩素 1 点注入を行うと末端の給水栓の残留塩素濃度を確保するためには、どうしても塩素注入率を高めになり、途中の系統や配水池も高くなる。このため、途中の配水池や他系統ごとに塩素を注入する多点化を行うことで、末端の給水栓を低減化することができる。

オ、管の腐食対策-管の腐食を防止するために、管内の腐食調査を行い、必要な腐食対策（内面に腐食防止剤を塗布等）や漏水調査等を行い、場合によっては、管の更新計画を策定する。

以上

問 題 文

(選択科目)

～11-3 廃棄物管理～

11-3 廃棄物管理【選択科目Ⅱ】

Ⅱ 次の2問題（Ⅱ-1，Ⅱ-2）について解答せよ。（問題ごとに答案用紙を替えること。）

Ⅱ-1 次の4設問（Ⅱ-1-1～Ⅱ-1-4）のうち2設問を選び解答せよ。（設問ごとに答案用紙を替えて解答設問番号を明記し、それぞれ1枚以内にまとめよ。）

Ⅱ-1-1 循環型社会を形成するための法体系と、あなたの専門とする分野での循環型社会形成に向けた課題を述べよ。

Ⅱ-1-2 廃棄物系バイオマスの資源化技術である堆肥化について、原理、設備概要と導入に際しての留意点について述べよ。

Ⅱ-1-3 環境省が平成29年3月に示した「廃棄物エネルギー利用高度化マニュアル」では、廃棄物エネルギー利活用の「高度化」という観点から、今後の廃棄物処理施設の整備・改良・エネルギー利用を考えていく必要があるとしている。
あなたが考える廃棄物エネルギー利用の高度化について記述せよ。

Ⅱ-1-4 最終処分場の維持管理において必要な事項を3点挙げ、それぞれの内容について簡潔に述べよ。

Ⅱ－２ 次の２設問（Ⅱ－２－１，Ⅱ－２－２）のうち１設問を選び解答せよ。（解答設問番号を明記し，答案用紙２枚以内にまとめよ。）

Ⅱ－２－１ 厚生労働省が示している「廃棄物焼却施設関連作業におけるダイオキシン類ばく露防止対策要綱」では，焼却炉等の運転，点検等作業及び解体作業に従事する労働者のダイオキシン類へのばく露を未然に防ぐことが重要であるとしている。あなたが，廃棄物管理者として考える下記内容について記述せよ。

- （１）保護具の管理方法
- （２）運転，点検等作業において，事業者が講ずべき措置
- （３）空气中のダイオキシン類濃度の測定結果が第３管理区域となった場合の発散防止対策

Ⅱ－２－２ あなたが廃棄物処理の担当責任者として，廃棄物の不適正処理を防止するための取組を行うことになった。このような状況において，以下の問いに答えよ。

- （１）廃棄物の不適正処理防止策を３点述べよ。
- （２）（１）で挙げた項目から１点挙げ，具体的に対策を進めるための方策を述べよ。
- （３）（２）の方策を進める際に留意すべき事項を述べよ。

11-3 廃棄物管理【選択科目Ⅲ】

Ⅲ 次の2問題（Ⅲ-1，Ⅲ-2）のうち1問題を選び解答せよ。（解答問題番号を明記し，答案用紙3枚以内にまとめよ。）

Ⅲ-1 平成28年5月に閣議決定された「地球温暖化対策計画」における対策の削減量の根拠として、「廃棄物処理における取組」の1つとして廃棄物焼却施設の新設，更新又は基幹改良時に施設規模に応じて高効率発電設備を導入することにより，電気の使用に伴うエネルギー起源二酸化炭素の排出量を削減することが示されている。

一方，100t/日以下の能力のごみ焼却施設は全焼却施設数のほぼ半数を占めるが，ほとんどの施設で発電が行われていない。将来の人口減少を考慮すると，広域化による施設の大規模化による高度なエネルギー回収と併せ中小廃棄物処理施設でのエネルギー回収の促進も求められているところである。このような状況を考慮して以下の問いに答えよ。

- (1) 中小廃棄物処理施設（100t/日以下）におけるエネルギー回収の現状を踏まえ，中小廃棄物処理施設においてよりエネルギー回収を促進するために課題となっている事項を多様な視点から述べよ。
- (2) 上記の課題について，あなたが最も大きな技術的課題と考えられるものを1つ挙げ，それを解決するための方策を示せ。
- (3) あなたが示した提案がもたらす効果を具体的に示すとともに，そこに潜むリスク（負の効果）について論述せよ。

Ⅲ-2 あらゆるものがインターネットとつながるAI技術やIoT技術の進歩が近年目覚ましいものがある。このような状況を踏まえて以下の問いに答えよ。

- (1) 廃棄物処理施設におけるAI技術やIoT技術適応の可能性について，あなたの専門とする処理施設の現状を踏まえて考えを述べよ。
- (2) 上述の検討に当たって，あなたが最も大きな技術的課題と考えるものを1つ挙げ，それを解決する方策を示せ。
- (3) 上記技術の導入に当たり，そこに潜むリスク（負の効果）について論述せよ。

問題文とA評価答案例

(選択科目)

～11-4 空気調和～

11-4 空気調和【選択科目Ⅱ】

Ⅱ 次の2問題（Ⅱ-1，Ⅱ-2）について解答せよ。（問題ごとに答案用紙を替えること。）

Ⅱ-1 次の4設問（Ⅱ-1-1～Ⅱ-1-4）のうち2設問を選び解答せよ。（設問ごとに答案用紙を替えて解答設問番号を明記し、それぞれ1枚以内にまとめよ。）

Ⅱ-1-1 建築物の空気調和設備で利用される開放型冷却塔の熱的原理を空気と水の熱移動の面から説明せよ。

Ⅱ-1-2 空気調和設備に使用される冷却式除湿装置及び吸着式除湿装置について、それぞれの原理，採用上の留意点，及び適用可能な湿度条件について説明せよ。

Ⅱ-1-3 エネルギーの効率的利用の観点などから，近年採用が増えているコージェネレーションシステムについて以下の問いに答えよ。

(1) コージェネレーションシステムには，内燃機関を活用する形式や燃料電池を活用する形式などがある。両形式での代表的な種類を1つずつ挙げ，発電機構，総合効率，廃熱回収方法，メンテナンス上の留意点について説明せよ。

(2) コージェネレーションシステムを常用防災兼用発電設備として計画する場合，留意すべき事項について説明せよ。

Ⅱ-1-4 主に北欧諸国で利用されてきた置換換気・空調システムが，日本でも導入が進んでいる。この置換換気・空調システムについて，原理，メリット，デメリットなど主な特徴について説明せよ。

Ⅱ－２ 次の２設問（Ⅱ－２－１，Ⅱ－２－２）のうち１設問を選び解答せよ。（解答設問番号を明記し，答案用紙２枚以内にまとめよ。）

Ⅱ－２－１ 芸術を中心とした施設では，文化交流を目的として用途の複合化がみられる。ここに，市民文化ホールにおける空気調和設備の基本計画を行うことになった。以下の問いに答えよ。ただし，主な施設内容，規模は下表のとおりで，市民ミュージアム以外は災害時の避難施設として利用される。

表：市民文化ホールの施設内容

主用途	面積 (m ²)	利用時間	備考
音楽ホール	8,000	9:00～21:00 年間稼働率60%	利用時間はイベント内容による。 1階730席，2階370席，天井高15m，NC-20
多目的ホール	1,700	9:00～21:00 年間稼働率65%	利用時間はイベント内容による。 1階320席，楽屋，練習室を含む，NC-25
市民プラザ	1,500	9:00～19:00 月曜休館	託児室，飲食店舗，物販店舗，管理事務室
市民ミュージアム	2,000	9:00～19:00 月曜休館	美術工芸展示室，収蔵室3室，ワークショップ工房室

- (1) 音楽ホールの熱負荷の特性を3つ述べよ。
- (2) 音楽ホールで騒音レベルNC-20を実現するための空気調和設備における消音対策を3つ述べよ。
- (3) 市民ミュージアムにおける収蔵室の空気調和設備を計画する上で，留意すべき事項を3つ述べよ。
- (4) この市民文化ホールの熱源システムを構成する上で，留意する事項とその対応策をそれぞれ3つ述べよ。

Ⅱ－２－２ 24時間稼働の半導体デバイス製造工場の空気調和設備の設計に当たり、主な製造エリアのうち、製造室Aについて以下の問いに答えよ。条件は次のとおりである。

- ・規模：床面積400m²，天井高3.5m，グレーチング床（床下ユーティリティスペース）
- ・清浄度：ISO クラス3（Fed. Std. 209Dクラス1）
- ・室内温湿度：24℃±0.5℃，40%±5%（室内代表点）
- ・空調方式：一方向流（年間冷房）
- ・化学汚染物質対策：外気処理空調機にエアワッシャを設置（製造室A 単独系統），製造装置用にケミカルフィルタを装着した空調機を設置
- ・熱源：敷地内エネルギープラントから供給（冷水6℃，温水45℃，蒸気0.78MPa）

- (1) 製造室Aの冷却負荷の算出に当たり，構造体負荷，照明負荷，人体負荷以外の項目を挙げ，それぞれの留意点を簡潔に述べよ。
- (2) 製造室Aにおいて，プロセス欠陥に大きな影響を与える化学汚染物質の分類を2項目挙げ，それぞれの代表的な対象物質及び発生源を述べよ。
- (3) 製造室Aの環境測定のうち，気流方向確認試験の目的と測定方法を簡潔に述べよ。
- (4) 製造室Aのダクトフロー図及び配管フロー図を簡潔に記せ。ダクトフロー図は，外気処理空調機のコイル，フィルタ，エアワッシャなどの主要な構成要素を示せ。ただし，製造装置用にケミカルフィルタを装着した空調機は除く。また，配管フロー図は，製造室Aの循環系のみを対象とし，制御上必要な構成要素を示せ。

11-4 空気調和【選択科目Ⅲ】

Ⅲ 次の2問題（Ⅲ-1，Ⅲ-2）のうち1問題を選び解答せよ。（解答問題番号を明記し，答案用紙3枚以内にまとめよ。）

Ⅲ-1 我が国では、「循環型社会」の形成を目指し，循環型社会形成推進基本法に基づいて循環型社会形成推進基本計画（以下，「循環基本計画」という）が策定されている。この循環基本計画では，下表のように物質フロー指標として，資源生産性，循環利用率，最終処分量を定め，それぞれ目標が設定されている。これを踏まえて以下の問いに答えよ。

表：物質フロー指標と目標（第三次循環基本計画）

指標の種類	指標	指標の意味	2020年度目標 ()内は2000年比
入口	資源生産性	資源生産性 = GDP / 天然資源等投入量 なお，GDPとは国内総生産，天然資源等投入量とは国産・輸入天然資源及び輸入製品の合計量を指す。	46万円/トン (+85%)
循環	循環利用率	循環利用率 = 循環利用量 / (循環利用量 + 天然資源等投入量)	17% (+7ポイント)
出口	最終処分量	最終処分量 廃棄物の埋立量をいう。	1,700万トン (▲70%)

- (1) 空気調和の分野において，循環型社会の形成に向けてどのような対策を行うべきか，各指標に関連付けて，考え方のポイント及び対策を具体的に述べよ。
- (2) (1) で述べた対策を進めていく上での課題について述べよ。

Ⅲ-2 2015年9月に開催された国連サミットで採択された「SDGs (Sustainable Development Goals) (持続可能な開発目標)」に関連して以下の問いに答えよ。

- (1) SDGsの概要について説明せよ。
- (2) SDGsにおける具体的指標の1つとして「最終エネルギー消費量に占める再生可能エネルギー比率」がある。建物における再生可能エネルギーの利用技術を5つ挙げ，原理と適用上の留意点を簡潔に説明せよ。
- (3) 建物における再生可能エネルギーの利用量を拡大させる上で，技術的な課題を3つ挙げ説明せよ。また，それらの課題を克服するための方策を総合的に説明せよ。
- (4) 空気調和設備設計において，SDGsの達成に向けて貢献するには，組織・個人においてどのような活動を行う必要があるか。その体制や取組内容などについて具体的に説明せよ。

技術士 第二次試験 模擬答案用紙

受験番号		技術部門 衛生工学
問題番号	H30-III-2	選択科目： 空気調和
答案使用枚数	1枚目 3枚中	専門とする事項：冷房

1. SDGs の概要																								
SDGs は MDGs の後継として、2015年に国連サミットで採択された。持続可能な開発目標として、17の目標と169の詳細により構成され、地球のすべての人々から飢餓や貧困をなくすことを目標としている。																								
2. 再生可能エネルギー利用技術の原理と留意点																								
2.1 太陽光発電																								
原理： 太陽光を太陽光発電パネルで集熱する。発電素子により電気に変換し、電気エネルギーとして利用する。																								
留意点： 太陽光発電パネルを設置するためのスペースが必要となる。発電効率が低いため、まとまった発電量を確保するには、大きな面積が必要となる。また、発電コストが高いため、投資に留意が必要である。																								
2.2 太陽熱利用																								
原理： 太陽熱を集熱パネルで集熱し、温水を製造する。製造した温水は空調や給湯に利用される。																								
留意点： 日射などの天候により集熱量が変動し、不足する場合がある。集熱量の不足に対する留意が必要となる。																								
2.3 風力発電																								
原理： 風力により、発電機をまわし、電気の供給を行う。																								
留意点： 風向や風速など天候により発電量が変動する。発電量の変動に対する留意が必要である。																								

●裏面は使用しないで下さい。 ●裏面に記載された解答は無効とします。

24字×25字

技術士 第二次試験 模擬答案用紙

受験番号		技術部門 衛生工学
問題番号	H30-III-2	選択科目： 空気調和
答案使用枚数	2枚目 3枚中	専門とする事項：冷房

2.4	地中熱利用	
<p>原理：大気と比べて夏は冷たく冬は温かい地中の熱を空調のヒートポンプや寒冷地の融雪や凍結防止に利用する。</p>		
<p>留意点：地中熱交換器やヒートパイプは地中に埋設されるため、更新や修繕に留意する。また、施工においても水漏れに留意する。</p>		
2.5	大気熱利用	
<p>原理：大気を空調ヒートポンプの蒸発・凝縮熱として利用する。また中間期や冬期における自然換気や外気冷房に利用する。要求温度と外気の温度差を利用したものである。</p>		
<p>留意点：都市部における空調ヒートポンプの顕熱排熱は、ヒートアイランドの促進とまらないように留意する。自然換気は外候により成行となる。また、外気冷房は送風機動力の増大に留意する。</p>		
3.	再生可能エネルギー利用量を拡大する上での技術的課題と課題を克服するための方策	
3.1	技術の汎用化・標準化	
<p>課題：再生可能エネルギー技術は実績が少なく、不透明で途上な部分がある。この技術について、汎用化・標準化し、再生可能エネルギーの採用実績を増やすことが課題である。</p>		
<p>方策：再生可能エネルギーを採用した既設建物についての実績を収集し、データベース化を行う。このデ</p>		

●裏面は使用しないで下さい。 ●裏面に記載された解答は無効とします。

24×25字

技術士 第二次試験 模擬答案用紙

受験番号		技術部門 衛生工学
問題番号	H30-III-2	選択科目： 空気調和
答案使用枚数	3枚目 3枚中	専門とする事項：冷房

一	タベースを不透明部分や途上部分の分析に利用し、
	汎用化・標準化につなげる。
	3.2 コストの低廉化
	課題： 再生可能エネルギー技術は現状コスト高であり、この低廉化が課題である
	方策： 再生可能エネルギー技術の効率化について、投資対効果が向上されるよう、さらなる技術開発を行う。また、各補助金制度を確立し、再生可能エネルギー技術を実施しやすい環境とする。
	3.3 不安定な再生可能エネルギー利用
	課題： 太陽光や風力による再生可能エネルギーは天候に左右され、不安定である。これを安定化させることが課題である。
	方策： 建物単体ではなく、複数建物あるいは地域一帯でエネルギー管理を行い、エネルギーの面的利用による効率化を図る。また、余剰発電量を蓄積する蓄電池を設置する。
	4. SDGsの達成に向けて貢献するための体制や取組
	意識改革： SDGsをはじめとする環境問題の重要性について、個人・組織全員で理解を深めることが重要である。地球規模で解決すべき喫緊の課題であることを各人が自覚し、行動していくことが重要である。
	ZEBの推進： 建築主の理解を得て、省エネ施策であるZEBを推進・実施していくことが、SDGsに貢献するための確実な一歩となる。
	以上。

●裏面は使用しないで下さい。 ●裏面に記載された解答は無効とします。

24字×25字

問 題 文

(選択科目)

～11-5 建築環境～

11-5 建築環境【選択科目Ⅱ】

Ⅱ 次の2問題（Ⅱ-1，Ⅱ-2）について解答せよ。（問題ごとに答案用紙を替えること。）

Ⅱ-1 次の4設問（Ⅱ-1-1～Ⅱ-1-4）のうち2設問を選び解答せよ。（設問ごとに答案用紙を替えて解答設問番号を明記し、それぞれ1枚以内にまとめよ。）

Ⅱ-1-1 給水管の管径計算について、「器具給水負荷単位による方法」における設計手順を負荷単位や概略線図を用い、フロー図で示せ。

Ⅱ-1-2 住宅及び非住宅の省エネルギー基準で規定される節湯器具のうち2つを挙げ、それぞれの設置場所、適用条件、節湯効果を述べよ。

Ⅱ-1-3 大便器の洗浄方式を3つ挙げ、それぞれの排出方法、臭気の発散、洗浄音の観点から、特徴を述べよ。

Ⅱ-1-4 騒音を低減させる対策として、吸音・遮音・回折の方法がある。それらの騒音低減対策について、次の問いに答えよ。

(1) 吸音・遮音・回折ごとに、騒音低減のメカニズムについて述べよ。

(2) 吸音率と透過率を式で示し、各々の式の解説を述べよ。

Ⅱ－２ 次の２設問（Ⅱ－２－１，Ⅱ－２－２）のうち１設問を選び解答せよ。（解答設問番号を明記し，答案用紙２枚以内にまとめよ。）

Ⅱ－２－１ 高層事務所テナントビルにおける給排水衛生設備の基本計画策定業務を行うことになった。あなたがこの業務の主担当者に選ばれたとし，計画を進める上での検討事項に関して以下の問いに回答せよ。

建物概要

延床面積 : 50,000m²
基準階床面積 : 2,300m²
基準階 階高 : 4.5m
階数 : 地下1階，地上20階，塔屋1階
建物高さ : 95m
構造 : 鉄骨造
用途構成 : 地下1階 駐車場，機械室，1階エントランスロビー
2～20階 事務室

- (1) 省資源の観点から計画に反映すべき事項を述べるとともに計画給水量を算定せよ。
- (2) 給水機器の設置スペース効率とメンテナンス性を考慮し，安定した給水圧力で供給するための適切なゾーニングに基づいた給水システム計画と系統図を示せ。
- (3) 本建物の給排水設備におけるBCP対応を述べ，具体的な数値設定を示せ。

Ⅱ－２－２ 近くに地下鉄が走っている敷地に建設予定のコンサートホール（客席数1,500席，客席3階，クラシックコンサートにも利用される予定）にて，1階客席下部（後ろ側）にホワイエ用のトイレ，客席2階の両サイドの廊下に客用トイレが計画されている。各トイレには，節水型の洋風大便器・小便器（フラッシュバルブ方式）と手洗用の自動水栓が採用され，給水方式は加圧給水方式（別棟地下機械室設置，2poleモータ，3,000rpm）で水道用硬質塩化ビニルライニング鋼管を採用している。1階部分での空調の吸い込みは，舞台前面及び客席足元のマッシュルームからで，客席下部にホワイエ用トイレとも接している吸い込み用のコンクリートピットが設けられている。コンサートホールという建物用途を基に，次の問いに答えよ。

- (1) クラシックの演奏会にも使用されるコンサートホールの許容騒音値（NC（Noise Criterion）値による評価）を示し，決めた理由を述べよ。
- (2) 空調・電気・照明以外で，ホール内へ伝搬する騒音の発生源を全て挙げ，想定された発生源から伝搬する騒音を対象に，客席部での周波数特性（性状）を述べよ。
- (3) 建築計画及び設備計画において，想定した全ての発生源からの騒音を低減させる具体的な対策を述べよ。

11-5 建築環境【選択科目Ⅲ】

Ⅲ 次の2問題（Ⅲ-1，Ⅲ-2）のうち1問題を選び解答せよ。（解答問題番号を明記し，答案用紙3枚以内にまとめよ。）

Ⅲ-1 2015年9月25日第70回国連総会で「持続可能な開発のための2030アジェンダ」，いわゆるSDGsが採択された。これを受けて日本政府は以下の8つの優先課題を掲げている。1～8の優先課題のうち2つを取り上げて概要と現状の課題を説明し，これに対して給排水衛生設備に関わる今後の技術提案を各々2つ挙げて，その概要と解決すべき課題を述べよ。

表 2030アジェンダに掲げられている5つのPと日本の8つの優先課題との関係

People（人間）
1. あらゆる人々の活躍の推進
2. 健康・長寿の達成
Prosperity（繁栄）
3. 成長市場の創出，地域活性化，科学技術イノベーション
4. 持続可能で強靱な国土と質の高いインフラの整備
Planet（地球）
5. 省・再生可能エネルギー，気候変動対策，循環型社会
6. 生物多様性，森林，海洋等の環境の保全
Peace（平和）
7. 平和と安全・安心社会の実現
Partnership（パートナーシップ）
8. SDGs実施推進の体制と手段

Ⅲ－２ 環境省でまとめられた「再エネ加速化・最大化促進プログラム2018年版」では、太陽光、風力、水力、木質バイオマスや家畜糞尿、廃棄物エネルギー、地中熱、地熱発電、温泉熱など、再生循環する再生可能エネルギー（再エネ）の利用は、CO₂削減による脱炭素社会が形成されることで、我が国の持続可能な成長・発展の切り札とされている。ここでは、本プログラムに示されている、消費者・企業・地方公共団体と連携して再エネを拡大するための主要施策に示されている次の内容について述べよ。

- (1) 住まいやオフィスなどエネルギーを使う場において、再エネ・省エネ・蓄エネの導入によるメリットを説明し、再省蓄エネの1つであるZEBを対象に、その導入による効果と、ZEB実現に向けた国の補助対象となる設備と工事について述べよ。
- (2) 環境調和型バイオマスの活用において、家畜糞尿や食品残さ等をバイオマス発電に利用した際に、発電により発生する液肥の地下水汚染などが問題となっている。家畜糞尿を利用したバイオマス発電の概要について説明し処理フローを示し、併せて液肥の地下水汚染の対策について述べよ。
- (3) 廃熱・湧水等の未利用再エネの有効活用の中で、具体的な例として、①事業所空調やコジェネ等の廃熱地域利用、②地中熱・下水熱の活用、③地域熱供給の促進が挙げられている。これらについて、具体的な利用方法（フロー図も含む）と代表的なシステムについて述べよ。