

第4章 計画・設計

第1節 導入計画

§ 20 計画の手順

本システム導入に関する計画は、以下の手順で実施する。

- (1) 基本条件の設定
- (2) 基本計算
- (3) 施設計画の検討
- (4) 導入効果の検証
- (5) 導入計画の策定

【解説】

第3章での導入検討において、期待した導入効果が見込まれると判断された場合、その導入シナリオに基づき、図4-1に示す手順にて導入計画を立案する。

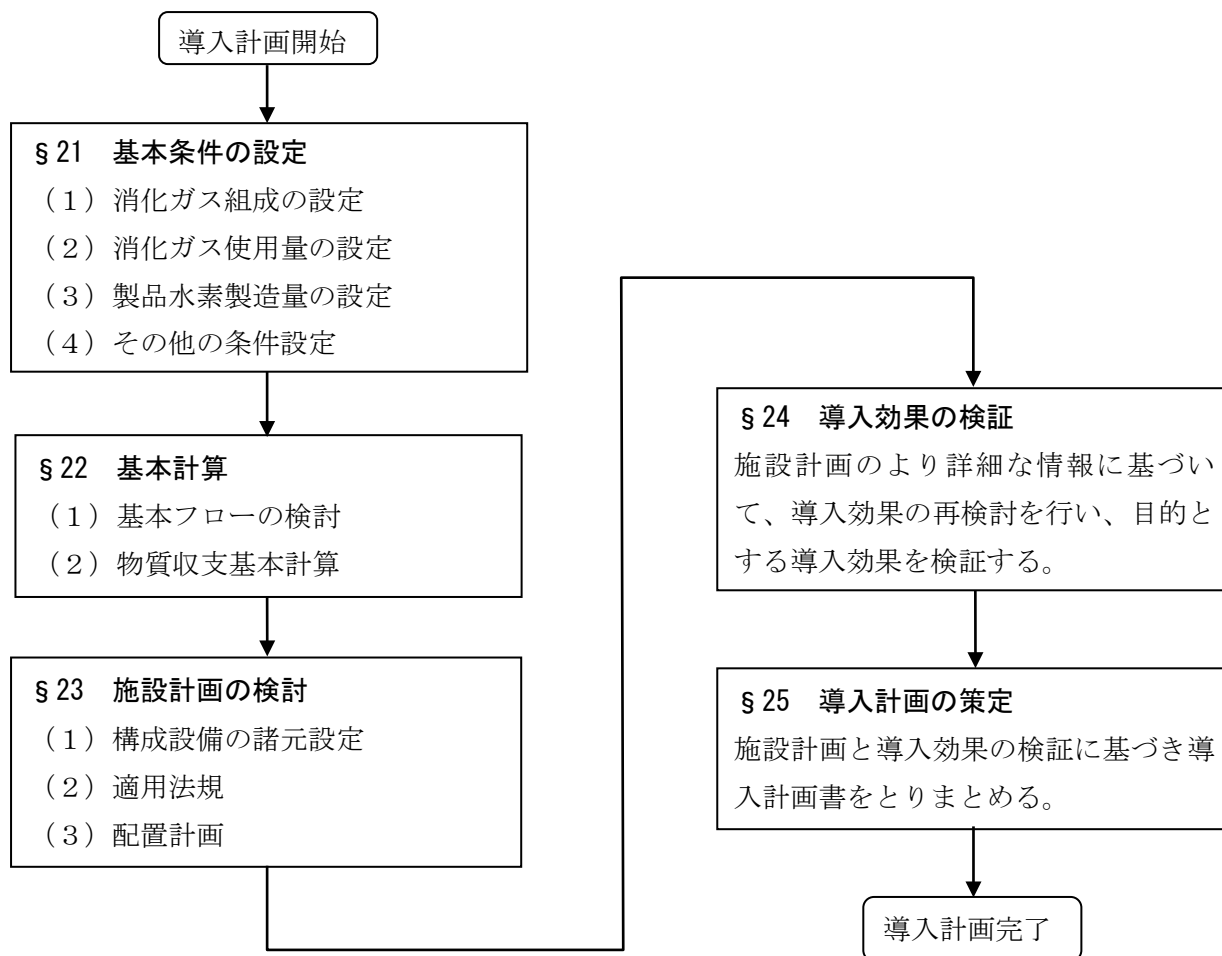


図4-1 導入計画手順

§ 21 基本条件の設定

導入計画の検討に先立ち、以下の基本条件の設定を行う。

- (1) 消化ガス組成の設定
- (2) 消化ガス使用量の設定
- (3) 製品水素製造量の設定
- (4) その他の条件設定

【解説】

(1) 消化ガス組成の設定

消化槽が既にある下水処理場に導入する場合は、既存施設の運転データを管理年報等から収集・整理し、年間変動を考慮して表 4 - 1 に示す項目について消化ガス組成を設定する。これらの情報で得られない項目がある場合は追加調査を行い、複数回測定した平均値等により年間変動を踏まえて設定する。

消化ガス中のシロキサン濃度は、消化ガス中のシロキサン濃度分析によって設定するが、変動幅が大きい場合は分析回数を増やし、変動幅と平均値を把握し反映させる。新たに消化槽を設置し、同時に本システムを導入する場合は、近隣の下水処理場の実績を参考にして設定する。

表 4 - 1 消化ガスの設定値及び変動幅

組成	単位	設定値	変動幅
CH ₄	vol%	データの平均値	最小値～最大値
CO ₂	vol%	〃	〃
N ₂	vol%	〃	〃
O ₂	vol%	〃	〃
水分	vol%	〃	〃
シロキサン	mg/Nm ³	〃	〃
高沸点炭化水素	mg/Nm ³	〃	〃
硫化水素	ppm	〃	〃

(2) 消化ガス使用量の設定

§ 18 において、消化ガス使用量の設定を行ったが、ここでは詳細な設定を行う。消化槽が既にある下水処理場に導入する場合は、既存施設の運転データを管理年報等から収集・整理し、年間変動を考慮して使用可能量を算出する。その使用可能量から時間あたりに使用できる消化ガス量を算出し、さらに、グラントフレアの種火で使用する消化ガス量を、§ 22 の物質収支計算から決定し、種火で使用するガス量を差し引いた消化ガス量を水素製造に使用できる原料としての消化ガス使用量とする。

また、水素製造量から消化ガス使用量を設定する場合は、水素製造に必要な精製ガスのメタン量を算出して、前処理設備の物質収支計算より必要な消化ガス量を算出し、グラントフレアの種火で使用する消化ガス量を加味して消化ガス使用量を設定する。

なお、CO₂液化回収設備がある場合は、CO₂液化回収設備から前処理設備へ入るベントガスがあるため、消化ガス使用量の詳細は § 22 における物質収支計算を踏まえて決定する。

(3) 製品水素製造量の設定

製品水素製造量の設定は、以下の通り行う。

1) 消化ガス使用量からの設定

上記(2)で設定した原料としての消化ガス使用量と(1)で設定したメタン濃度に基づく § 22 の物質収支計算より、水素製造量を決定する。

2) 水素ステーションにおける燃料電池自動車の顧客台数及び外部出荷量からの設定

§ 18 において設定した水素製造量を用いる。

(4) その他の条件設定

1) 施設稼働率

施設稼働率は、定期点検に20日かかるものとして、運転日数345日/年、稼働率95%を基本とするが、想定する水素ステーションの運転日数等に合わせ修正する。

2) 運転時間

1日当たりの運転時間は、昼間12時間運転を基本とするが、想定する水素ステーションの運転時間により修正する。

3) 夜間等の運転方式

夜間等の水素を製造・供給しない時間帯の運転方法として、アイドル運転と待機運転の2種類がある。アイドル運転では、水素供給設備とCO₂液化回収設備を停止するため、1時間当たりの電力使用量は昼間運転時に比べ概ね30%程度となる。待機運転では使用する燃料によらず、水素供給設備とCO₂液化回収設備に加え、前処理設備等も停止するため、1時間当たりの電力使用量は昼間運転時に比べ概ね15%程度となる。

夜間等の運転方式は、水素ステーションの運営パターン(1週間での運転日数や運転時間)に応じて検討を実施し、以下の判断基準に基づき選定する。なお、待機運転は通常運転への立上げに約2.5時間、立ち下げに約1時間が必要であり、ある程度の待機運転を実施するものとし、水素を製造・供給しない時間として約5時間を判断の目安としている。

- ① アイドル運転：夜間等の水素を製造・供給しない時間が短い場合(約5時間以内)。
- ② 待機運転：夜間等の水素を製造・供給しない時間が長く(約5時間以上)且つ当該時間帯の使用電力、消化ガス使用量を極力削減したい場合。

待機運転時に必要となる燃料については、規模によらず消化ガス（約 20Nm³/h）または都市ガス、LPG（約 10Nm³/h）を使用する。

§ 22 基本計算

基本条件の設定に基づき基本計算を行う。基本計算では以下の項目を実施する。

- (1) 基本フローの検討
- (2) 物質収支基本計算

【解説】

§ 21 にて設定した基本条件に基づき、基本計算を実施する。

- (1) 基本フローの検討

設定された基本条件に沿い、CO₂ 液化回収設備の有無、水素出荷設備の有無を踏まえ、設備全体の基本フローを設定する。図4-2 に基本フロー参考例を示す。

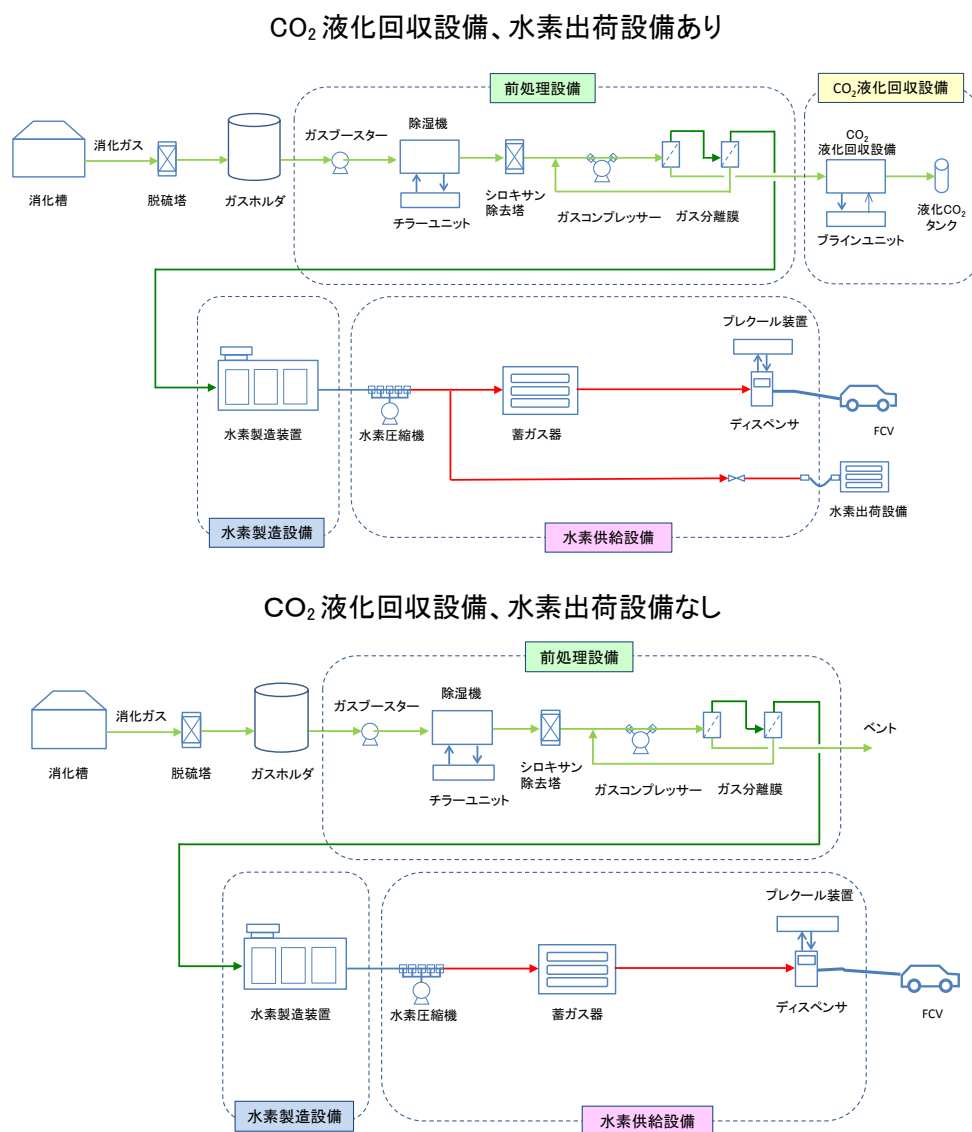


図4-2 基本フロー 参考例

(2) 物質収支基本計算

設定された基本フロー、基本条件に基づいて、各設備、機器の運転条件を設定して物質収支を計算する。物質収支の計算概要を図4-3に示す。

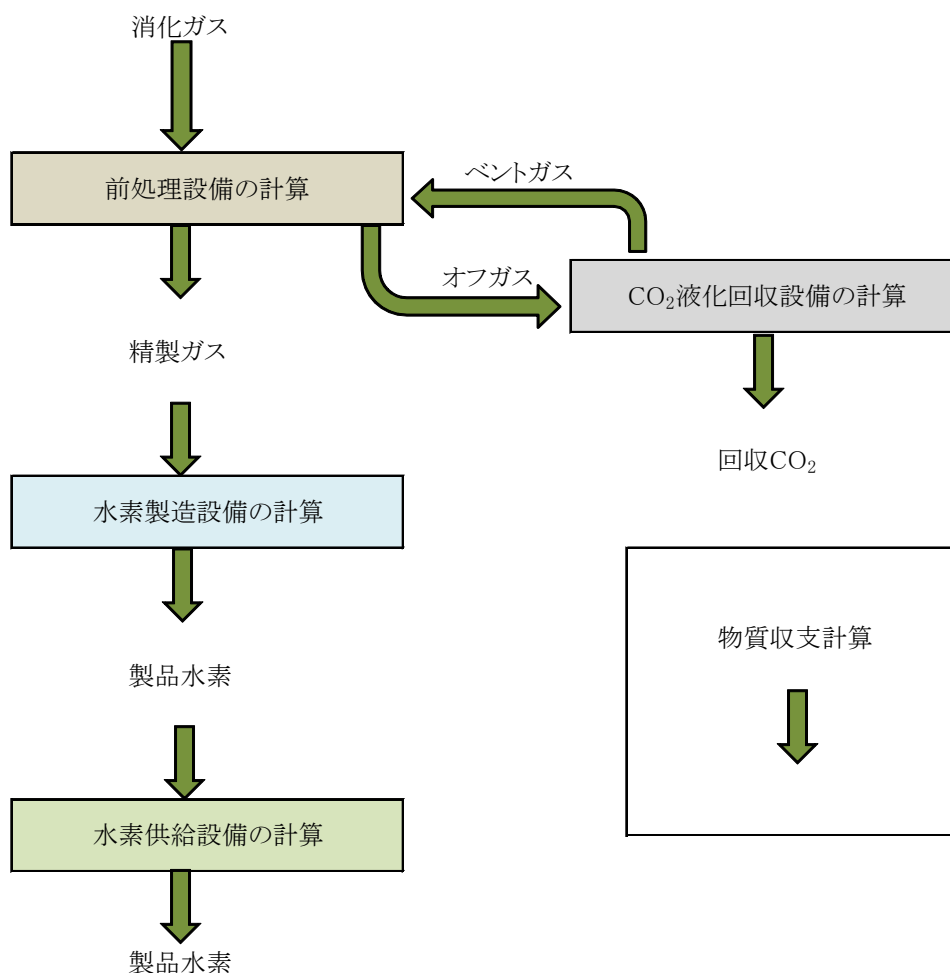


図4-3 物質収支の計算概要

各設備における基本計算の入出力値項目を以下に記す。

1) 前処理設備の入出力値項目

前処理設備には、消化ガスとCO₂液化回収設備（設置する場合）からのベントガスが合流して流入する。前処理設備の入力値項目としては、消化ガス量、メタン濃度、CO₂濃度があり、出力値項目としては、水素製造設備への精製ガス量、メタン濃度、CO₂濃度及びCO₂液化回収設備（設置する場合）へのオフガス量、メタン濃度、CO₂濃度がある。前処理設備の入出力値項目を図4-4に示す。

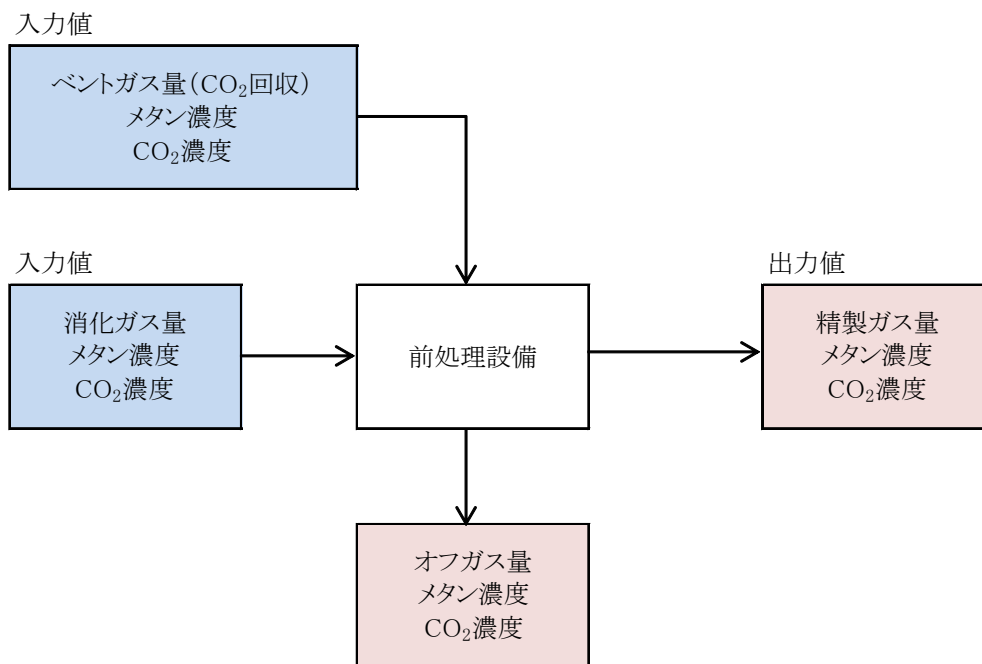


図 4 - 4 前処理設備の入出力値項目

2) 水素製造設備の入出力値項目

水素製造設備の入力値項目としては、前処理設備からの精製ガス量、メタン濃度、CO₂濃度が
あり、出力値項目としては、水素供給設備への製品水素量、改質反応に必要な純水量がある。水
素製造設備の入出力値項目を図 4 - 5 に示す。

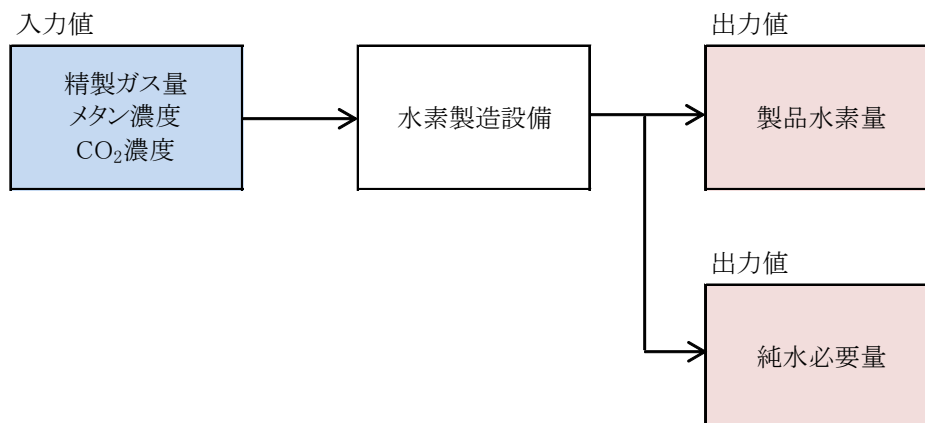


図 4 - 5 水素製造設備の入出力値項目

3) 水素供給設備の入出力値項目

水素供給設備の入力値項目としては、水素製造設備からの製品水素量があり、出力値項目としては、水素供給設備に必要なプレクール装置冷却能力がある。水素供給設備の入出力値項目を図4-6に示す。

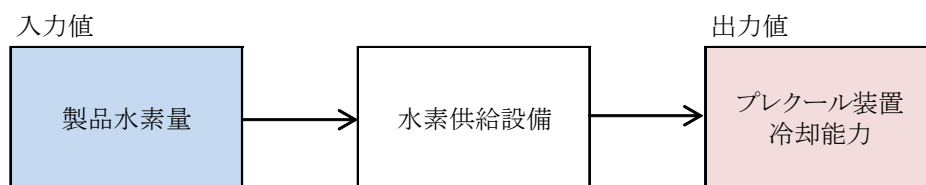


図4-6 水素供給設備の入出力値項目

4) CO₂ 液化回収設備の入出力値項目

CO₂ 液化回収設備の入力値項目としては、ガス分離膜装置からのオフガス量、メタン濃度、CO₂ 濃度があり、出力値項目としては、液化CO₂のCO₂回収量、ベントガス量、メタン濃度、CO₂ 濃度、ブラインクーラーに必要な冷却能力がある。CO₂ 液化回収設備の入出力値項目を図4-7に示す。

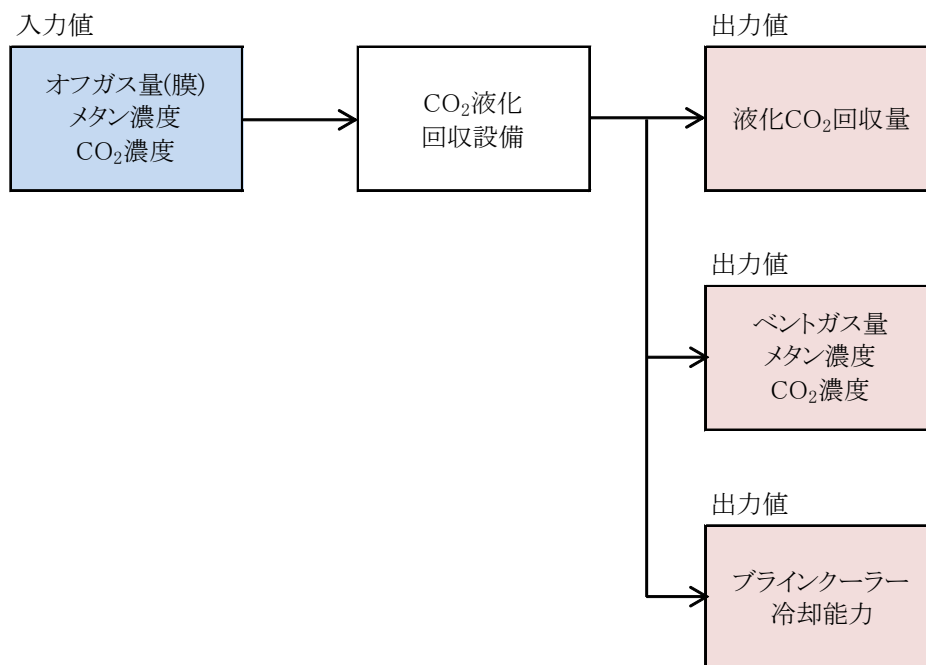


図4-7 CO₂ 液化回収設備の入出力値項目

§ 23 施設計画の検討

施設計画の検討に際しては、以下の項目について検討を行う。

- (1) 構成設備の諸元設定
- (2) 適用法規
- (3) 配置計画

【解説】**(1) 構成設備の諸元設定**

基本計算を基に、プロセスを構成する主要設備についての諸元を設定する。諸元項目を以下に記す。

- ① 型式
- ② 能力（流量、圧力等）
- ③ 形状、容量
- ④ 使用条件（温度、運転方案等）
- ⑤ 数量
- ⑥ その他、特記事項

(2) 適用法規

水素ステーションは、高圧ガスとなる水素を取り扱う設備であるため、以下の法規及び規格に従って設計・施工する必要がある。

1) 高圧ガス保安法

水素ステーションでは、高圧ガス保安法が中心的な役割を担う。高圧ガス保安法は、高圧ガスによる災害を防止するために定められており、高圧ガスの製造、貯蔵、販売、移動、消費、廃棄に至るまでの全般にわたり、公共の安全を確保することを目的としている。

高圧ガス保安法の適用にあたって、水素供給設備は一般高圧ガス保安規則第7条の3の基準とする。出荷設備を併設する場合は、一般高圧ガス保安規則第6条の基準も適用される。製造計画、機器仕様、配置計画等の製造設備に関する詳細は、設置場所の都道府県庁に事前協議を実施する。特に配慮すべきは、以下の各項目であり、設置場所によっては、障壁の設置、設置面積の増大が必要となり、建設費に大きな影響を及ぼす。

① 設備距離

高圧ガス製造設備及び貯蔵設備の外側からは、第一種保安物件（学校、病院、百貨店、映画館等）に対し第一種設備距離以上、第二種保安物件（一般住宅）に対し第二種設備距離以上の距離を確保することが必要となる。例として本実証事業の場合に必要な設備距離を表4-2に示す。なお、設置場所周囲に上記設備距離内に該当する物件がない場合は、障壁の設置義務はない。

表 4 - 2 本実証事業において必要となる設備距離

	第一種設備距離	第二種設備距離
水素圧縮機ユニット	17.3 m	11.5 m
蓄ガス器	17.0 m	11.4 m
プレクール装置用冷凍機	9.2 m	6.1 m

② 火気距離

製造設備の外側から火気を取り扱う施設に対し8 m以上の距離を確保することが必要となる。よって水素供給設備となる水素圧縮機から火気を取り扱う設備（水素製造設備等）は8 mの離隔距離を設けている。

また、一般高圧ガス保安規則関連業務の流れ（第一種製造設備の例）を図4-8に示す。

a) 高圧ガス設備設置に係わる申請業務

現地工事着工前に水素ステーションの設置場所の都道府県より、製造の許可を得る必要がある。都道府県により、協議等に要する期間は前後するが、概ね3～4ヶ月程度の期間が必要となる。

- ・事前協議：2ヶ月程度
- ・高圧ガス製造許可申請書の申請～許可：1～2ヶ月程度

また、事前協議に以下の資料等が必要となるため、事前協議前に基本設計を完了しておく必要がある。

- ・製造計画書
- ・機器等一覧表
- ・各機器図面
- ・全体配置図
- ・配管系統図
- ・保安距離図
- ・危険場所配置図
- ・基礎図
- ・高圧ガス設備における強度計算書
- ・火炎検知器、ガス検知器、地震計仕様書
- ・計装電気品防爆検定書一式

b) 高圧ガス設備設置に係わる完成検査業務

全ての工事完了後に完成検査を受検する。完成検査の受検に係る申請には、機器製作、配管工事後に作成される高圧ガス設備に関する材料証明書、耐圧、気密試験結果等の記録を添付する。完成検査は、現地にて書類確認及び全体気密による試験立会等が実施される。完成検査後2週間程度で、製造施設完成検査証が交付され、製造開始届の提出後、本設備の運転が可能となる。

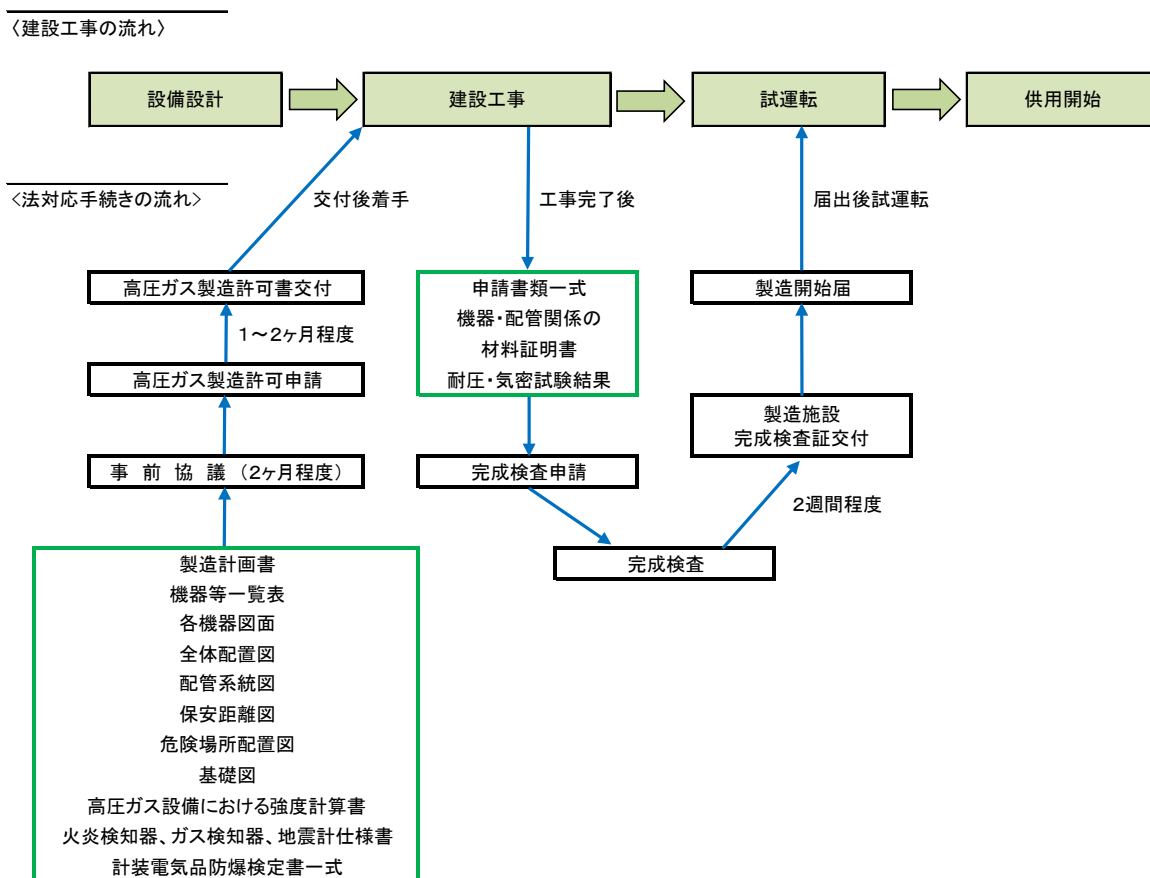


図 4 - 8 高圧ガス設備の建設に係わる手続き

c) 高圧ガス製造業務における有資格者の選任

建設が完了した水素ステーションが運用に入る際、一般高圧ガス保安規則第 64 条、第 65 条及び第 66 条に基づき保安統括者、保安技術管理者及び保安係員の選任が必要となる。

2) その他関連法規

その他の関連法規としては、以下の各法規、基準等に則り、設計を行う。

- ・ 消防法及び関係法令
- ・ 労働安全衛生法
- ・ 建築基準法及び建築学会標準仕様書
- ・ 公害防止関係法令 (騒音規制法、振動規制法、大気汚染防止法)
- ・ 建設リサイクル法
- ・ ボイラ及び圧力容器安全規則
- ・ 日本工業規格 (JIS)
- ・ 日本電機工業会規格 (JEM)
- ・ 電気学会電気規格調査会標準規格 (JEC)
- ・ 内線規程

(3) 配置計画

本システムは、前処理設備、水素製造設備、水素供給設備、CO₂液化回収設備及び共通設備をコンパクトに配置するために、高圧ガス設備に該当する水素供給設備とCO₂液化回収設備、ガス設備に該当する前処理設備と水素製造設備及び共通設備（ユーティリティ設備等）の非防爆設備をブロック分けした配置とする。なお、参考として水素製造設備の規模別に本システム全体の設置面積を表4-3に示す。消化槽の近くに全設備を配置することができれば、消化ガスの配管の延長が短くなりより経済的となる。また、本システムには高圧ガス設備に該当する装置が含まれるため、近隣に学校、病院、民家等がある場合は、離隔距離が必要となり、配置によっては障壁の設置を検討する必要がある。製造した水素を燃料電池自動車に充填及び外部出荷することを考えると、水素ステーションの設置場所は幹線道路に面している方が動線を確保しやすい。設置場所が工業専用地域の場合、製造した水素の販売ができないため、用途変更の手続きが必要となる。

なお、純水装置、計装空気装置、ブラインクーラー及び散水ポンプに関しては、屋内仕様となるため、防雨ボックスまたは建屋に収納する。また、分析計は管理棟内に収納する。

建築確認申請が必要となる建築物については、一般的に管理棟及びディスプレイ上部に設置するキャノピーが該当する。その他の設備に関しては、水素の滞留を防ぐ目的として、上部を開放する構造とするか、強制換気ファンを搭載したエンクロージャーを採用することとなる。

表4-3 本システム全体設置面積(参考)

	単位	規模別 設置面積(概略)			
		300 Nm ³ /h 機	200 Nm ³ /h 機	100 Nm ³ /h 機	50 Nm ³ /h 機
水素製造設備（公称）					
CO ₂ 液化回収設備あり	m ²	1,000	950	900	840
CO ₂ 液化回収設備なし	m ²	970	910	860	800

§ 24 導入効果の検証

§ 23 で決定した施設計画のより詳細な情報に基づいて、第3章第1節で評価した導入効果の再検討を行い、目的とする導入効果が得られるか検証する。

【解説】

以下の項目について、§ 23 にて策定した施設計画による詳細な情報に基づいて、第3章第1節において導入検討の際に評価した導入効果の再検討を行い、導入効果が得られるか検証する。

(1) 事業性の検証

施設計画に基づく詳細な情報により建設費、維持管理費、水素販売収入、CO₂ 販売収入（CO₂ 液化回収設備を設置する場合）を再計算し、これらの数値から経費回収年を計算して事業性の有無を検証する。

(2) エネルギー創出効果の検証

施設計画に基づく詳細な情報により水素製造によるエネルギー創出量を再計算し、エネルギー創出効果を検証する。

(3) 温室効果ガス排出量削減効果の検証

施設計画に基づく詳細な情報により温室効果ガス排出削減量を再計算し、温室効果ガス排出量削減効果を検証する。

§ 25 導入計画の策定

前節までに行った施設計画と導入効果の検証に基づいて、施設計画、導入効果、計画上の留意点を盛り込んだ導入計画書を取りまとめる。

【解説】

これまでの検討結果に基づいて、本システムの導入に関する導入計画書を作成する。導入計画書には、基本条件、基本計算結果、施設計画に加え、導入効果の検証結果、計画上の留意点を含めて取りまとめる。

第2節 施設設計

§ 26 前処理設備の設計

基本計算に基づいて設定した構成設備の諸元により、前処理設備の設計を行う。

- (1) シロキサン除去装置の設計
- (2) ガス分離膜装置の設計

【解説】

(1) シロキサン除去装置の設計

シロキサン除去装置は、主にシロキサン除去塔、セジメントトラップ、ガスブースター及び除湿機により構成される。フロー図を図4-9に示す。

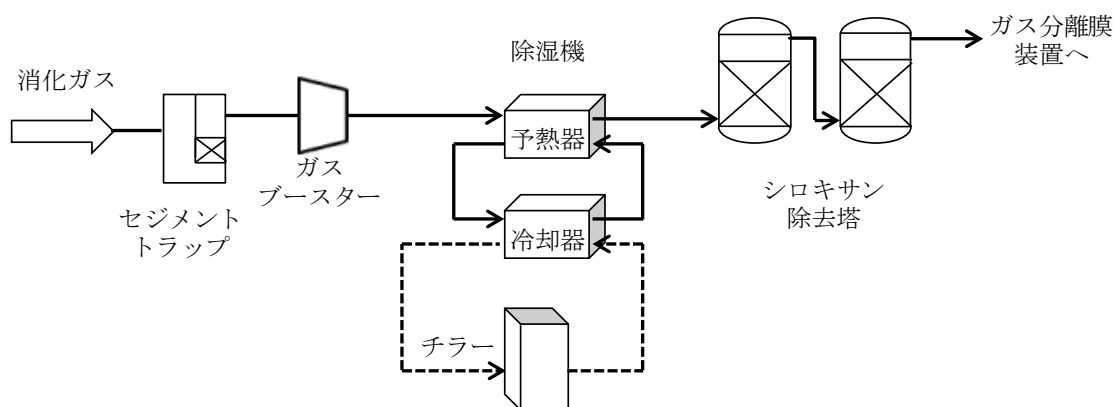


図4-9 シロキサン除去装置フロー図

セジメントトラップは、消化ガス中のミストを除去するもので、ガスブースターのミストによるトラブルを防止する。ガスブースターは、後段の除湿機及びシロキサン除去塔の圧力損失分を補うため、元圧の低い消化ガスを昇圧する。除湿機は、シロキサン除去用の活性炭が水分を吸着し、活性炭の吸着能力が低下するのを防止するものであり、相対湿度80%以下になるよう消化ガス中の水分を除去するため、消化ガス中の水分濃度を踏まえて設計する。

シロキサン除去塔は2塔直列式を推奨する。2塔直列式では、1塔目がシロキサンにより破過した場合、1塔目を切り離して2塔目で処理を継続し、1塔目の活性炭を交換した後は、消化ガスを2塔目、1塔目の順に通し処理を行う。次に2塔目が破過した場合は、同様に2塔目を切り離して、1塔目で処理を継続する。このように2塔直列式では、片方のシロキサン除去塔の活性炭を交換する間も消化ガスを継続して流すことができ、消化ガスを通す順序を交互にすることで、各塔の活性炭の吸着能力を十分活用できる。また、活性炭の充填量は1塔が1年間にて吸着破過する量を見込む。そうすることにより定期点検時に合わせて活性炭を交換することとなり、交換

に必要な工事費の削減になる。ただし、充填高さが高くなり作業性が悪い場合は、交換頻度を検討する。

消化ガス中の硫化水素濃度の本システムへの受け入れ基準は、10ppm 以下である。硫化水素濃度が高い場合、シロキサン除去塔での活性炭へのシロキサン吸着量の減少、後段のガス分離膜の劣化及び水素製造設備の触媒への硫黄分の析出による性能劣化が考えられる。硫化水素濃度が高い場合は、別途、脱硫器を設置する等の対策が必要である。

シロキサン除去塔の設計にあたっては、次の項目について設定する必要がある。

- ① 運転時間 (h/日) : 1 日の運転時間
- ② 交換頻度 (回/年) : 年間の交換回数
- ③ シロキサン出口濃度 : シロキサン除去塔の出口ガスのシロキサン濃度は、0.265mg/Nm³ 以下を基準とするが水素製造設備からの要求値に合わせる。

なお、シロキサンの濃度変動が大きい場合は、濃度の高いシロキサンが流入してきた場合でも、出口濃度が設計値以下になるようシロキサン除去塔の設計に留意する。

(2) ガス分離膜装置の設計

膜入口温度については、ガス中の水分が冷えてミストになるのを防ぐため、温度を約 50°C に上げる。温度を高くするとガスの透過性はよくなるが、メタンが抜けやすくなり、分離性能が低下する。膜入口圧力は、圧力が高いほどメタンと CO₂ の分離性能が良くなるが、圧力が 1 MPaG 以上となると高圧ガス設備となるため、ガスコンプレッサーの圧力を 0.9MPaG 程度に抑える必要がある。そのため、ガスフィルターの圧力損失を見込んで 0.85MPaG とする。

ガス分離膜の設計にあたっては、次の項目について、設定する必要がある。

- ① 膜入口温度 : 50°C (仮設定値)
- ② 膜入口圧力 : 0.85MPaG (仮設定値)
- ③ 透過側圧力 : 40kPaG (仮設定値)
- ④ 精製メタン濃度 : 92vol%以上 (水素製造設備からの要求値に合わせる)
- ⑤ メタン回収率 : 90%以上

なお、消化ガス中のメタン濃度が低下した時でも水素製造量を確保したい場合は、ガス分離膜装置に供給する消化ガス量を増加させる必要があるため、その点も考慮した設計とする。

§ 27 水素製造設備の設計

基本計算に基づいて設定した構成設備の諸元により、水素製造設備の設計を行う。

- (1) 水素製造設備の設計
- (2) 付帯機器の設計

【解 説】

(1) 水素製造設備の設計

水素製造設備の設計にあたっては、表 4 - 4 に示す仕様、条件に基づいて設計する。

表 4 - 4 水素製造設備の仕様、条件設定

装置能力	(1) 水素製造能力： § 22 の物質収支基本計算より設定 現有する水素製造設備のラインナップとしては、50、100、200、300 Nm ³ /h（水素製造量）であるため留意すること
	(2) 負荷変動速度： 1 %/min 平均
製品水素性状	(1) 露点： -70 °C以下（大気圧下）
	(2) 送出圧力： 0.7 MPaG
	(3) 送出温度： 常 温（10～20 °C）
主適用法規	ボイラー及び圧力容器安全規則（第二種圧力容器、簡易ボイラー、小型圧力容器） ボイラー及び圧力容器構造規格（第二種圧力容器、簡易ボイラー、小型圧力容器） 高圧ガス保安法（ガス設備）

水素製造設備に要求される主な機能を以下に記す。

- ・運転員の煩雑な運転操作を不要とするため、自動スタートアップ及び自動シャットダウン機能を搭載し、要求負荷または送出圧力に応じた自動負荷追従機能を有する。

なお、水素製造設備を1基のみ導入する場合の留意点として、CO₂液化回収設備を導入する場合で消化ガス中のメタン量（消化ガス量×メタン濃度）が112 Nm³/h 以上の場合、またCO₂液化回収設備を導入しない場合でメタン量が120 Nm³/h 以上の場合は、水素製造能力が現有するラインナップでは対応できない可能性があるため、適用する水素製造設備の検討が必要である。

また、窒素は水素製造設備におけるガス精製工程において、もっとも分離しにくい成分であるため、消化ガス中の窒素濃度が高いと製品水素中の窒素濃度がISO規格値を超える可能性がある。よって、消化ガス中の窒素濃度が2 vol%を超える場合は、水素製造設備の設計に留意する。

同様に、酸素により触媒上で燃焼反応が起こり、改質器の温度が上昇し、設計温度を超過する可能性があるため、消化ガス中の酸素濃度が1 vol%を超える場合は、水素製造設備の設計に留意する。

(2) 付帯機器の設計

付帯機器として主に純水装置、CO 分析計、排水複合槽がある。

① 純水装置

水蒸気改質反応に使用する純水を製造する装置である。

純水の純度として、比抵抗 $10\text{M}\Omega \cdot \text{cm}$ 以上が要求値である。

② CO 分析計

PSA 出口の製品水素中の CO 濃度を測定するものである。

改質器の異常時及び PSA の運転異常時に CO 濃度が上がることが想定されるため、水素品質の監視用に設置する。CO 濃度の最小検出感度は、10ppb 以下が要求仕様である。

③ 排水複合槽

水素製造設備から排出される、CO₂ が溶け込んだ酸性のドレン水 (pH : 4~4.5) を貯留し、バブリングによって中和処理するための槽である。排水処理設備等に流せる場合は不要である。

§ 28 水素供給設備の設計

基本計算に基づいて設定した構成設備の諸元により、水素供給設備の設計を行う。

- (1) 水素圧縮機の設計
- (2) 蓄ガス器の設計
- (3) ディスペンサーの設計
- (4) プレクール装置の設計

【解 説】

(1) 水素圧縮機の設計

水素圧縮機の設計仕様は以下の通りとする。なお、型式及び流量制御方式については、汎用性のあるものを例としてあげている。

- ・型式 : 電動機駆動によるレシプロ式
- ・吸入圧力 : 0.6 MPaG
- ・吐出圧力 : 常用 82 MPaG
- ・流量制御 : 制御範囲は定格の 30~100%とし、スピルバック方式とする。
- ・圧縮機運転停止時に圧縮機内の水素ガスを脱圧する場合は、脱圧する水素ガスを大気放散せず圧縮機吸入側ガスタンクへ回収する機構とする。また、圧縮機吸入側ガスタンクの設計にあたっては、この回収量を考慮し、全体負荷制御等に支障をきたさない容量とする。
- ・起動方式は、回転器の電源容量が大きいため、インバータ起動またはクローズドスターデルタ方式、リアクトルもしくはコンドルファ等、突入電流を削減する設計とする。

(2) 蓄ガス器の設計

蓄ガス器の設計仕様は以下の通りとする。

- ・容積・本数 : 300L×3本以上（散水付）
- ・常用圧力 : 82 MPaG
- ・設計圧力 : 99 MPaG 以上
- ・圧力運用 : 3バンク方式（低圧、中圧、高圧）

各タンクは、同じ仕様のタンクを使い、燃料電池自動車に対する充填の優先順位を決める。例えば、4本にした場合は、1本目を低圧、2本目を中圧 - 1、3本目を中圧 - 2、4本目を高圧として低圧から順次燃料電池自動車に水素を充填していく。各タンクの圧力の設定の考え方としては、燃料電池自動車がどの程度の残圧及び頻度で来場するかによって変更が必要となるが、現状燃料電池自動車の燃料タンク残量が、30MPaG程度（水素残量半分程度）での来場が多いため、上述した通り中圧を2本としている。

- ・容器材質は、一般高圧ガス保安規則第7条の3第1項第1号に準拠のうえ、一般高圧ガス保安規則関係例示基準9（出典：「高圧ガス保安法令関係 例示基準資料集（第7次改訂版）」（高圧ガス保安協会）⁹⁾）に示す材質、または高圧ガス保安法特定設備検査規則に基づき受験合格した容器とする。
- ・蓄ガス器及び蓄ガス器から圧縮水素を受け入れる配管等に取り付けた緊急時に圧縮水素の供給を遮断する装置等は地震時の転倒による破損を防止するため、一般高圧ガス保安規則第7条の3第2項第13号に準拠のうえ、一般高圧ガス保安規則関係例示基準59の6（出典：「高圧ガス保安法令関係 例示基準資料集（第7次改訂版）」（高圧ガス保安協会））に示すように、ひとつのフレームの内側に配置し固定する。このフレームの強度及びフレームへの固定の強度は、1,300galの地震動加速度に対応した設計とする。

（3）ディスペンサーの設計

ディスペンサーの設計仕様は以下の通りとする。

- ・型式 : 70 MPaG 充填用シングル型計量器
- ・常用圧力 : 過充填防止装置及びその上流 82 MPaG
過充填防止装置下流 70 MPaG
- ・設計圧力 : 過充填防止装置及びその上流 90.2 MPaG 以上
過充填防止装置下流 90.2 MPaG 以上
充填ホース 77 MPaG 以上
- ・関連法規 : 一般高圧ガス保安規則

（4）プレクール装置の設計

- ・ディスペンサーと一体となった水素冷却用熱交換器に冷媒を供給する冷凍機及び冷媒循環系等から構成される。
- ・プレクール装置の能力は、SAE J2601 充填プロトコルの規定（米国自動車技術会 技術規格）に従うこととし、充填する水素を規定された温度範囲（-40℃）まで冷却して充填を行えるものとする。また1時間当たり 300Nm³（5 kg タンク車両で5、6台）を継続して充填するのに必要な冷却及び熱交換能力にて計画する。

§ 29 CO₂ 液化回収設備の設計

基本計算に基づいて設定した構成設備の諸元により、CO₂ 液化回収設備の設計を行う。

- (1) 除湿機の設計
- (2) 凝縮器、分離機の設計

【解 説】

(1) 除湿機の設計

凝縮器での氷結を避け、液化 CO₂ 中の水分を除くため、原料ガスの水分露点は-40℃以下まで下げる必要がある。このため、原料ガスをチラー水で予冷してドレンを分離し、水分含有量を削減した後、TSA（熱再生方式）の除湿機で水分を除去する。なお、水分を含んだ TSA の再生ガスを、原料ガスの受け入れ側に戻すことにより CO₂ 回収率を高めることができる。

設計上の留意点としては、吸着時の温度（常温）及び脱着時（約 200℃）の温度制御が確実に達成できる機器設計とすること及び吸着剤の選定において平衡吸着量の温度依存性が高い吸着剤（ゼオライト系吸着剤）を選定することが重要である。

(2) 凝縮器、分離機の設計

凝縮器の運転圧力と温度は、CO₂ の回収率に影響するため注意が必要である。また、液化した CO₂ にはメタン等が含まれているため、分離機（脱気塔等）による脱気を考慮する。

§ 30 ユーティリティ設備の設計

基本計算に基づいて設定した構成設備の諸元により、ユーティリティ設備の設計を行う。

- (1) 計装空気設備の設計
- (2) その他設備の設計

【解 説】

(1) 計装空気設備の設計

1) ドライヤー付計装空気圧縮機

自動弁及び調節弁を駆動させるために圧縮空気を製造するための装置である。

自動弁及び調節弁の計装空気使用量から単位時間当たりの計装空気必要量を算出し、余裕率を掛けて圧縮機の能力を算定する。

2) レシーバータンク

自動弁が複数台作動すると、急激な計装空気の使用による圧力低下が生じる。レシーバータンクは、所定圧以下にならないようにするため、圧縮空気を貯留するタンクである。

(2) 冷却塔の設計

1) 冷却塔

各設備の機器を冷却して戻ってくる温水を冷却するための設備である。冷却が必要な機器の必要冷却水量の総和に余裕率を掛けて能力を選定する。参考例として、水素製造能力 300Nm³/h の設備における冷却水量を表 4 - 5 に示す。この場合の設備能力は、余裕率を 20% とし、80m³/h の冷却水循環量にて設計する。

表 4 - 5 冷却水の量と圧力

冷却水を必要とする機器	必要量 (m ³ /h)	必要圧力 (MPaG)
バイオガス圧縮機	12	0.2
水素製造設備	20	0.4
水素圧縮機	20	0.4
プレクール装置用冷凍機	11	0.2
CO ₂ 液化回収設備	1.5	0.2
合計	64.5	-

2) 冷却水ポンプ

各設備に冷却水を給水するためのポンプである。上記冷却塔の参考例の場合、冷却塔の設計に基づき、ポンプ能力は 80m³/h、吐出圧力 0.5MPaG にて設計する。

(3) 散水設備の設計

1) 貯留槽

蓄ガス器及び出荷用カードル等の表面温度が、一般高圧ガス保安規則で定められた温度を超えないように、温度が上昇した場合に散水するための水を貯留する槽である。

容量は30分間散水するのに必要な量とする。

2) 散水ポンプ

散水ポンプは、上記のような散水が必要になった場合の送水ポンプであり、一般高圧ガス保安規則で定められた容量が必要である。なお、散水ポンプは、停電時でも作動できるようエンジンポンプとする（非常用電源がある場合を除く）。

3) 散水配管

散水配管は、蓄ガス器及び出荷用カードル等の表面に均一に散水が当るようスプレーノズルを設置する。

(4) 窒素ボンベ保管設備の設計

水素製造設備停止時のPSAの吸着剤劣化防止及び前処理設備停止時のガス分離膜での結露防止を目的とした窒素パージを行うために必要な量の窒素ボンベを保管する。

(5) グランドフレアの設計

グランドフレアは、ガス分離膜装置から排出されるオフガスに含まれるメタンと、水素製造設備の起動時に排出される水素を燃焼処理するための設備である。

各設備の起動・停止及び通常運転での各工程で排出されるガス量とそれに含まれる水素量、メタン量を算出し、最大量が処理できる能力を選定する。

§ 31 安全対策と環境対策

本システムにおける安全対策と環境対策について検討する。

- (1) 安全対策
- (2) 環境対策

【解 説】

(1) 安全対策

水素及び消化ガスは可燃性ガスであるとともに、水素ステーションでは、水素を 82MPaG まで昇圧するため、安全対策には細心の注意が必要となる。消化ガスについては、従来の下水処理で実施されている対策と同じであるため、ここでは、従来の下水処理にはない水素に対する安全対策について記載する。水素の特性については以下の通りである。

- ・無色、無臭
- ・燃焼速度が速く、火炎温度は 2,000℃と高い。
- ・もっとも軽い気体で拡散が速い。
- ・着火性が高いが、自然発火しにくい。(水素の自然発火温度 570℃、ガソリンは 300℃)

本特性を理解し、安全対策を行うことで、化石燃料同様に安全な利用が可能である。必要な安全対策としては、次のことが挙げられる。

- ・水素を漏らさない。

特殊継手の使用、トルク管理による締め付け、耐圧試験による検査等を実施する。

- ・水素が漏れた場合は早期に検知し、拡大を防ぐ。

表 4 - 6 に示す安全装置を設置し、設備の運転停止を自動とする等の対策を行う。

- ・水素が漏れた場合に滞留させない。

漏れた場合に滞留しない構造とするために、基本的に水素を扱う設備は屋外設置とするとともに、エンクロージャーにて収納する場合は、強制換気機能を設ける。

- ・漏れた水素に火がつくことを防ぐ。

計装電気品に関しては、危険場所区分に基づき水素防爆品を採用する。

- ・火災が生じた場合、火の拡大を最小限にとどめる。

火の拡大を最小限にとどめるため、水素ステーションの周囲は障壁、防火扉で囲われる設計とする。

表 4 - 6 各設備の安全装置と設定値

設備名	計器名	設定値
前処理設備		
シロキサン除去塔	ガス検知器	爆発限界の25% 以上で作動
水素製造装置	地震検知器	150 gal 以上で作動
	ガス検知器	爆発限界の25% 以上で作動
水素供給設備		
水素圧縮機	ガス検知器	爆発限界の25% 以上で作動
蓄ガス器	火炎検知器	火炎検知で作動
	ガス検知器	爆発限界の25% 以上で作動
	圧力計	95 MPaG 以上で作動
	温度計	40 °C 以上で作動
ディスペンサー	火炎検知器	火炎検知で作動
	ガス検知器	爆発限界の25% 以上で作動
	衝撃検知装置	
カードル接続ユニット	火炎検知器	火炎検知で作動
	ガス検知器	爆発限界の25% 以上で作動
	温度計	40 °C 以上で作動
CO ₂ 液化回収設備	ガス検知器	爆発限界の25% 以上で作動
ユーティリティ設備		
グラウンドフレア	ガス検知器	爆発限界の25% 以上で作動
計装空気	圧力計	0.39 MPaG 以下で作動
管理棟	ガス検知器	爆発限界の25% 以上で作動
	保安電源断	停電時

(2) 環境対策

環境対策としては、大気汚染防止法、振動規制法、騒音規制法に基づき、排ガス、振動、騒音の各項目に対して市町村条例を遵守した設計を行う。