

令和7年度 BOG再利用施設整備調査設計等業務委託

BOG回収システムの概要

本資料は、JAXA能代ロケット実験場内の液化水素貯槽から自然発生するBOG等を回収するためのシステムに関する検討結果のポイントを整理したものである。3ケースの候補プロセス案に関して、基本的な設備構成、機器仕様、概算コスト等を示している。

令和8年3月28日

カーボンニュートラル技術センター 水素エネルギーグループ

松本俊一

Tel : 070-7601-5919 Email : t2-matsumoto@iae.or.jp

〒105-0003東京都港区西新橋1-14-2 新橋SYビル6階

目 次

実験場内のBOG及び廃液化水素の発生状況と回収可能性	2
BOGの回収と利用に関する検討（長所・短所）	3
BOG回収システム 設備構成の基本イメージ	4
BOG回収システム 3 ケースの候補案	5
ケース1：バッファタンク方式 プロセスフロー	6
ケース1：バッファタンク方式 主要構成機器の仕様案	7
ケース2：水素吸蔵合金方式 プロセスフロー	8
ケース2：水素吸蔵合金方式 主要構成機器の仕様案	9
ケース3：ハイブリッド方式 プロセスフロー	10
ケース3：ハイブリッド方式 主要構成機器の仕様案	11

実験場内のBOG及び廃液化水素の発生状況と回収可能性

実験場内での液化水素の利用に伴って発生するBOGや廃液化水素の主な発生場所と発生状況及び回収の可能性を以下に示す。

発生場所／状況	主な発生原因	低減策／回収の可能性
1) 液化水素貯槽 ／貯蔵時・充填時にBOG発生	貯槽への熱侵入、真空断熱の劣化等により自然発生、液水充填時のフラッシュ蒸発による排出ピーク発生	真空度監視、日射遮蔽、支柱の熱橋低減、再真空引き・MCD断熱健全化、穏やかな充填操作／ 自然発生分は安定して発生するため回収可能、ピーク発生時にはバッファタンクで対応して回収可能
2) 貯槽・配管系統・機器類 ／予冷時にBOG発生	貯槽・配管・機器類の予冷のための液化水素が気化してBOG発生	配管系統を冷却状態で維持、バイパス回路で冷却後に本系へ切替、段階的な流量で急激な膨張を低減／ 回収可能だが、パージガスとのコンタミ防止対策が必要
3) 配管系統 ／供給時の圧力変動（減圧、相分離）によるBOG発生	相分離器や減圧によりフラッシュ蒸発が発生	圧力差を抑えた弁操作、背圧安定化、相分離器の戻り配管での回収／ タイミングが非定常的に発生するため、回収の可能性は低い
4) 試験設備 ／試験時にBOG発生	試験体保持部・試験片・配線類からの熱侵入により自然発生	熱短絡の削減（薄肉・低熱伝導材）、輻射シールド、配線の熱設計、断熱真空の死角排除／ 非定常的に発生するため、回収の可能性は低い
5) 配管系統 ／試験時の圧力制御、パージ、安全弁作動によるBOG発生	PCVの制御ベント、計装パージ、SV微小リーク等で発生	回収系（コンプレッサ、バッファ）へ戻す、ベント回数・量のログ化とチューニング、微小リーク検知／ 非定常的に発生するため、回収の可能性は低い
6) 試験設備 ／終了時の設備内のドレン、残液として廃液化水素	相分離器・クライオスタット・低所に残る液化水素	重力ドレン設計、ポケット最小化、回収ポット（小型真空デュワー）への戻し／ 回収可能だが、パージガスとのコンタミや急激な膨張を防止するための対策が必要、試験の実施機関との連携が不可欠
7) 配管系統 ／終了時のパージ排ガス	試験設備・配管類に残留する液化水素をパージする際にBOG発生	パージ方式の最適化による／ パージガスとのコンタミや残留液化水素の急激な膨張を防止するための対策が必要であり、回収は困難

BOGの回収と利用に関する検討（長所・短所）

BOGの現場利用（燃料化：燃料電池／ガスエンジン等）

BOGをそのまま燃料として受け入れ側（燃料電池やガスエンジン）で消費して発電や駆動用として利用する。

長所：単純な設備構成となり、冷凍や再液化を行わないことでコスト負担を小さくしてエネルギー利用価値を得られる。

短所：BOGの変動流量等に対する需給調整・システム設計が必要となる。

BOGの回収方法：圧縮して気体として回収・再利用（コンプレッサ+バッファタンク）

BOGをバッファタンクで貯蔵し、コンプレッサで圧縮して高圧ガスとして貯蔵・利用（燃料電池、燃焼、供給）する。

長所：再液化より装置が単純で初期投資が小さく、エネルギー効率が良い場合もある。用途を確保できれば経済的である。

短所：高圧ガスとしての貯蔵能力や需要先が必要。貯蔵容量によっては長期貯蔵は体積効率で不利になる。

BOG発生量が小規模な場合の判断基準

BOG発生量が少ない（数 Nm^3/h 程度）場合の最も現実的な方法は、圧縮して利用（燃料電池やラボ用途）する方式である。バッファタンクを用いての定期的な再液化も考えられるが、小型再液化機は高価で効率が悪く、回収単価が非常に高くなる。

回収システムの検討作業要領

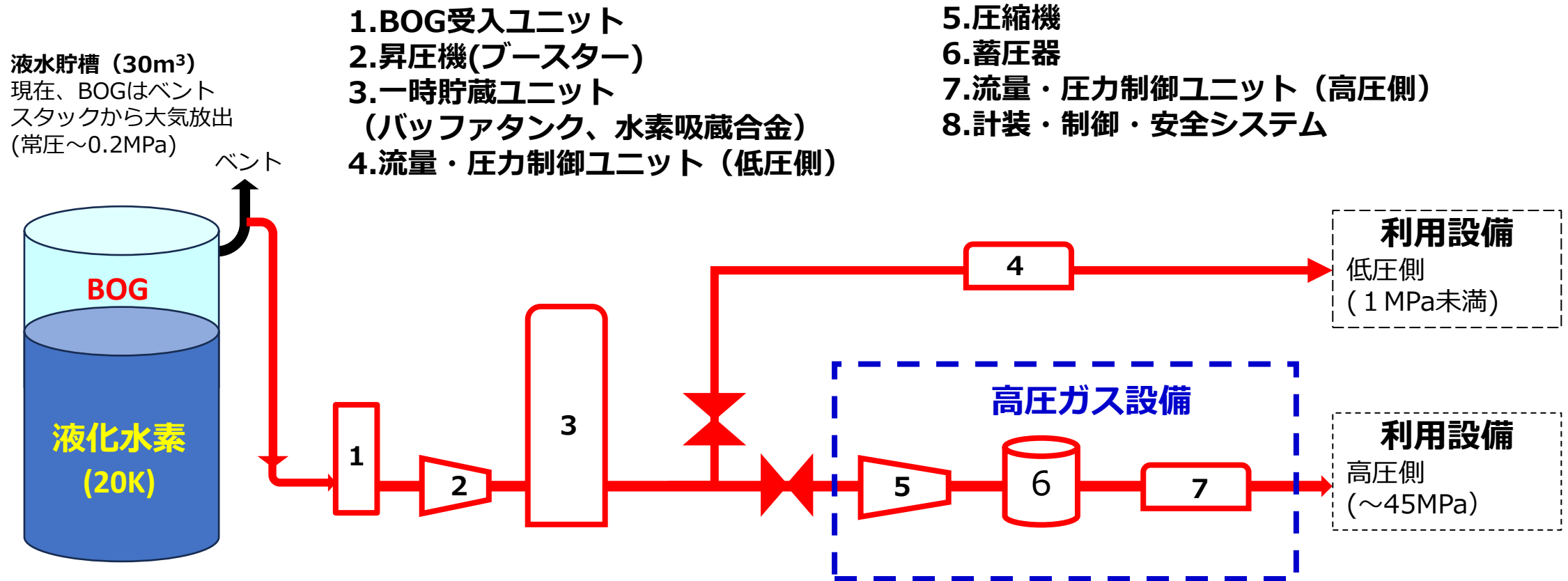
- 1.実測**：BOGの時系列（平常時： Nm^3/h 、操作時ピーク Nm^3/h 、発生頻度）の測定。定常時とピーク時への対応が判断材料。
- 2.需要確認**：BOGを消費できる用途（燃料電池、加熱、研究機器、供給先）を整理し、年間利用ポテンシャルを評価。
- 3.システム検討**：最も柔軟に運用でき、初期費用を抑えられる方式は、バッファタンク+コンプレッサ（小型）で構成できる。
利用先としては、試験研究に利用、燃料としての消費、必要時に蓄圧器等で外部に移送。
- 4.中長期対策**：BOGが安定的に発生し、量が多い場合には、小型再液化機の導入やゼロボイルオフ化を検討する。経済性は、電気料金・設備寿命・削減できる液化水素の購入量などに依存する。

結論

- ・技術的には可能である。但し、経済的な成立性は規模（処理量）、電力単価、回収後の利用価値、設備投資の回収期間に依存する。
- ・小規模実験場では バッファタンク+圧縮して現場消費が費用対効果で優位になる。BOGの再液化は大規模でないと割高になる。

BOG回収システム 設備構成の基本イメージ

BOG回収システムは、液化水素貯槽から連続的に発生するBOGを受入れて一時貯蔵し、利用側の条件に応じて供給することとし、供給圧力を低圧利用（1 MPa未満）および高圧利用（～45MPa）を想定した設備構成とする。貯蔵容量をBOG発生量（100 Nm³/d（約70 Nℓ/min））の2日分を目安とし、設備仕様を検討する。



BOG回収システム 3ケースの候補案

BOG回収・利用システムは、液化水素貯槽から自然発生するBOGを対象とし、その回収システムとしては、BOGの一時貯蔵用にバッファタンク及び水素吸蔵合金を用いることとして、3ケースの候補案を検討した。

各方式の主な特徴を下表に示す。

項目	ケース1：バッファタンク方式	ケース2：水素吸蔵合金方式	ケース3：ハイブリッド方式 (バッファタンク+水素吸蔵合金)
貯蔵原理	圧縮ガス（1MPa未満）	化学吸蔵	圧縮＋化学吸蔵の併用
圧力特性	変動（0.8→0.2 MPa程度）	一定（平衡圧、0.6MPa程度）	安定＋変動補完
応答性	非常に良い	遅い	良い
最大供給流量	大（数十～数百 Nm ³ /h）	小（数 Nm ³ /h）	中～大
低流量適合性	やや不適	適する	適する
圧力安定性	低い（供給に伴い低下する）	高い	高い
エネルギー	圧縮動力	圧縮＋熱（冷却/加熱）	圧縮＋熱（冷却/加熱）
安全性	高圧リスクあり	比較的安全（低圧運転）	中程度
設備コスト	低～中	高	高
運転柔軟性	高	低（温度依存）	高

各方式とも長短あるため、経済性（兼設備、運転費）や利用側のニーズ等を踏まえて評価・選定する必要がある。

ケース1：バッファタンク方式 プロセスフロー

液化水素貯槽からのBOGをバッファタンクを用いて一時貯蔵し、利用設備に供給するシステム。2基のタンクを交互に用いて、BOGの回収と供給を連続的に行う。**BOG発生量：100 Nm³/d (約70 Nℓ/min)**

液水貯槽 (30m³)
現在、BOGはベント
スタックから大気放出
(常圧～0.2MPa)

ベント

1. BOG受入ユニット

受入タンク（安全弁、圧力計）、逆止弁、緊急遮断弁、温度計、圧力計、流量計

2. 昇圧機(ブースター)

受入圧：常圧～0.2MPa、吐出圧：0.8MPa、流量：約5Nm³/h

3. 供給切替ユニット

均圧用ヘッダー、吸入弁、放出弁

4. バッファタンク (2基構成)

圧力：0.8MPa、容量：20m³ (10m³ × 2基)

5. 流量・圧力制御ユニット (低圧側)

MFC、流量計、圧力計、逆止弁、減圧弁、緊急遮断弁

6. 圧縮機

受入圧：0.8MPa、吐出圧：45MPa、容量：20Nm³/h

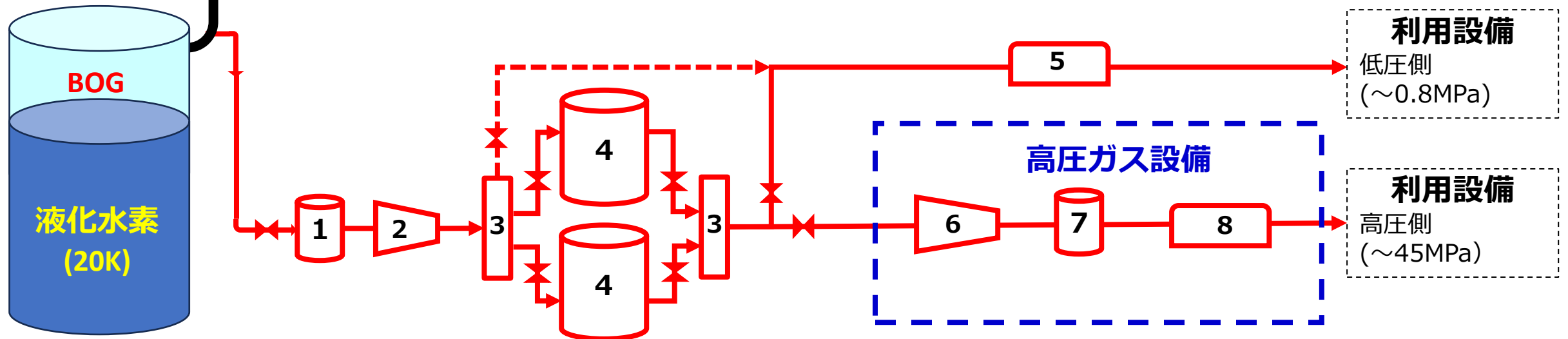
7. 蓄圧器

圧力：45 MPa、容量：300ℓ × 1基 (タイプ1、カードル)

8. 流量・圧力制御ユニット (高圧側)

減圧弁、圧力調整弁、流量計、圧力計、逆止弁、緊急遮断弁

9. 計装・制御・安全システム



MFC: Mass Flow Controller

ケース1：バッファタンク方式 主要構成機器の仕様案

No.	機器名称	仕様等	目安コスト	コスト（万円）
1	BOG受入ユニット	受入タンク（容量：1 m ³ 、常用圧力 0.2MPaG、SUS304、圧力計）、計測機器（圧力計、温度計、流量計）、配管類（逆止弁、緊急遮断弁、止弁、圧力調整弁等）	120～370	245
2	昇圧機（ブースター）	ダイヤフラム式（オイルフリー、水素対応）、定格流量：約 5 Nm ³ /h（24h運転で100Nm ³ /d、ピーク対応は別途検討）、吸込圧力：常圧～0.2 MPaG、吐出圧力：0.8 MPaG、水冷 or 空冷、モータ：約1 kW（防爆仕様）、付属：アンチサージ、逆流防止、圧力スイッチ、温度監視、非常停止	300～800	550
3	供給切替ユニット	均圧用ヘッダー、元弁（2系統、吸入弁、放出弁）、配管類、2基のバッファタンクの吸入・放出を交互に切替	バッファタンクに含む	—
4	バッファタンク（10m ³ ×2）	タンク（容量：20m ³ （10m ³ ×2基）、常用圧力0.8MPa、SUS304、屋外設置）、計測機器（圧力計）、配管類（逆止弁、安全弁（0.9 MPaG）、緊急遮断弁、ベント等）	540～1,350	1,890
5	流量制御ユニット	MFC (Mass Flow Controller)：熱式またはコリオリ式（低流量高精度、水素対応）、0-10 Nm ³ /h、SUS316L（接ガス部分）、4-20 mA or Modbus、附属：圧力計、温度計、配管類：減圧弁、逆止弁、緊急遮断弁	100～200	150
6	圧縮機	多段式ダイヤフラム式（オイルフリー、水素対応）、定格流量：約 20 Nm ³ /h（5時間運転で100Nm ³ ）、吸込圧：0.2～0.8MPaG、吐出圧：45MPaG、水冷、モータ：約22 kW（防爆仕様）、付属：アンチサージ、逆流防止、圧力スイッチ、温度監視、非常停止	4,000～6,000以上	5,000
7	蓄圧器	タイプ1、圧力：45 MPa、容量：300 ℓ（50 ℓ×6本）、設置架台、連結配管、安全弁、圧力計、緊急遮断弁等	800～1,400	1,100
8	流量制御ユニット	MFC (Mass Flow Controller)：熱式またはコリオリ式（低流量高精度、水素対応）、0-10 Nm ³ /h、SUS316L（接ガス部分）、4-20 mA or Modbus、附属：圧力計、温度計、配管類：減圧弁、逆止弁、緊急遮断弁	450～1,100	775
9	計装・制御システム	PLC/DCS、流量/圧力/温度/安全等監視パネル、インターロックシステム、防爆配線、ソフト開発・試運転等、（センサー類は各設備費に含む）	1,900～3,300	2,600
	機器費 小計			12,310
10	工事	機器費の20～30%程度	30%	3,693
11	検査・許認可関連	特定設備検査対応・許認可関連書類作成、他	500～1,000	750
	合計			16,753

* コストは機器の仕様に応じて変動するため、目安コストの平均値とした。

ケース2：水素吸蔵合金方式 プロセスフロー

液化水素貯槽からのBOGを水素吸蔵合金（MH）を用いて一時貯蔵し、利用設備に供給するシステム。2塔のMHユニットを交互に用いて、BOGの回収と供給を連続的に行う。**BOG発生量：100 Nm³/d (約70 Nℓ/min)**

1. BOG受入ユニット

受入タンク、流量計、圧力計、逆止弁、緊急遮断弁、圧力調整弁

2. 昇圧機(ブースター)

受入圧：常圧～0.2MPa、吐出圧：0.8MPa、流量：5Nm³/h

3. 供給切替ユニット

元弁(2系統)、吸入弁、放出弁、ベント弁、パージ弁、逆止弁

4. MH (Metal Hydride、水素吸蔵合金) ユニット (2塔構成)

容量：約200Nm³ (100Nm³/塔×2塔)

受入圧力：0.8MPa、放出圧力：0.6MPa

5. バッファタンク

容積：1m³、受入圧力：0.6MPa

6. 流量・圧力制御ユニット (低圧側)

MFC、流量計、圧力計、逆止弁、緊急遮断弁

7. 圧縮機

受入圧：0.6MPa、吐出圧：45MPa、容量：5Nm³/h

8. 蓄圧器

圧力：45 MPa、容量：300ℓ×1基 (タイプ1、カードル)

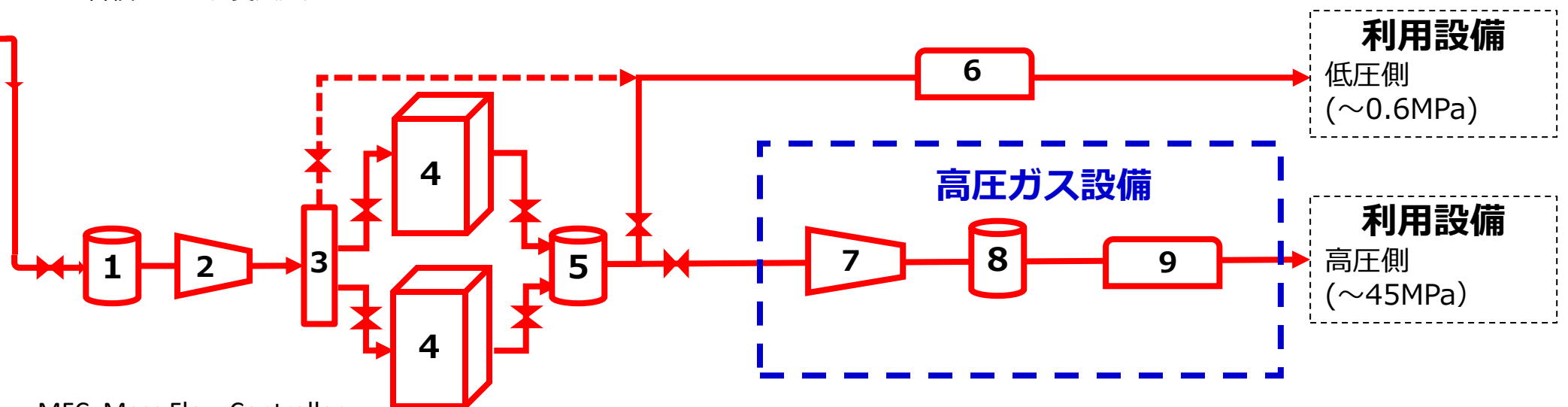
9. 流量・圧力制御ユニット (高圧側)

圧力調整弁、流量計、圧力計、逆止弁、緊急遮断弁

10. 計装・制御・安全システム

液化水素貯槽 (30m³)
現在、BOGはベント
スタックから大気放出
(常圧～0.2MPa)

ベント



MFC: Mass Flow Controller

ケース２：水素吸蔵合金方式 主要構成機器の仕様案

No.	機器名称	仕様等	目安コスト	コスト（万円）
1	BOG受入ユニット	受入タンク（容量 1 m ³ 、常用圧力 0.2MPaG、SUS304、圧力計）、計測機器（圧力計、温度計、流量計）、配管類（逆止弁、緊急遮断弁、止弁、圧力調整弁等）	120～370	245
2	昇圧機 （ブースター）	ダイヤフラム式（オイルフリー、水素対応）、定格流量：約 5 Nm ³ /h（24h運転で100Nm ³ /d、ピーク対応は別途検討）、吸込圧力：常圧～0.2 MPaG、吐出圧力：0.8 MPaG、水冷 or 空冷、モータ：約1 kW（防爆仕様）、付属：アンチサージ、逆流防止、圧力スイッチ、温度監視、非常停止	300～800	550
3	供給切替ユニット	均圧用ヘッダー、元弁（2系統、吸入弁、放出弁）、ベント弁、パージ弁、逆止弁	MHユニットに含む	—
4	水素吸蔵合金ユニット （100Nm ³ ×2）	合金質量(想定)：500kg（吸蔵効率 2 wt%、目安単価は約10,000円/kg）、受入圧力：0.8MPa、放出圧力：0.6MPa、モジュール化：製缶・内部熱交換器（電気ヒータ加熱/冷却水ループ）・配管・弁・試験 ⇒12Nm ³ /本のキャニスター9本でユニットを構成する	1,800	3,600
5	バッファタンク	タンク（容量1m ³ 、常用圧力0.8MPa、材質：SUS304、屋外設置）、計測機器（圧力計）、配管類（逆止弁、安全弁（0.9 MPaG）、緊急遮断弁、ベント等）（MH塔の切替時の変動対応）	250～600	450
6	流量制御ユニット	MFC (Mass Flow Controller)：熱式またはコリオリ式（低流量高精度、水素対応）、0-10 Nm ³ /h、SUS316L（接ガス部分）、4-20 mA or Modbus、附属：圧力計、温度計、配管類：減圧弁、逆止弁、緊急遮断弁	100～200	150
7	圧縮機	多段式のダイヤフラム式（オイルフリー、水素対応）、定格流量：約 5 Nm ³ /h（20時間運転で100Nm ³ ）、吸込圧：0.6MPaG、吐出圧：45MPaG、水冷、モータ：約18kW（防爆仕様）、付属：アンチサージ、逆流防止、圧力スイッチ、温度監視、非常停止	4,000 ～6,000	5,000
8	蓄圧器	タイプ1、圧力：45 MPa、容量：300 ℓ（50 ℓ×6）、設置架台、連結配管、安全弁、圧力計、緊急遮断弁等	800～1,400	1,100
9	流量制御ユニット	MFC (Mass Flow Controller)：熱式またはコリオリ式（低流量高精度、水素対応）、0-10 Nm ³ /h、SUS316L（接ガス部分）、4-20 mA or Modbus、附属：圧力計、温度計、配管類：減圧弁、逆止弁、緊急遮断弁	450～1,100	775
10	計装・制御システム	PLC/DCS、流量/圧力/温度/安全等監視パネル、インターロックシステム、防爆配線、ソフト開発・試運転等 センサー類は除く（各設備費に含む）	1,900～3,300	2,600
	機器費 小計			14,470
11	工事	機器費の20～30%程度	30%	4,341
12	検査、許認可関連	特定設備検査対応・許認可関連書類作成、他	500～1000	750
	合計			19,561

* コストは機器の仕様に応じて変動するため、目安コストの平均値とした。

ケース3：ハイブリッド方式 プロセスフロー

液化水素貯槽からのBOGをバッファタンク及び水素吸蔵合金（MH）を用いて一時貯蔵し、利用設備に供給するシステム。2基のバッファタンクと1基のMHユニットを用いて、BOGの回収と供給を連続的に行う。

1. BOG受入ユニット

受入タンク（安全弁、圧力計）、逆止弁、緊急遮断弁、温度計、圧力計、流量計

2. 昇圧機（ブースター）

受入圧：常圧～0.2MPa、吐出圧：0.8MPa、流量：約5Nm³/h

3. 供給切替ユニット

均圧用ヘッダー、吸入弁、放出弁

4. バッファタンク（2基構成）

圧力：0.8MPa、容量：20m³（10m³×2基）

5. MH（Metal Hydride、水素吸蔵合金）ユニット（1基）

容量：100Nm³

受入圧力：0.8MPa、放出圧力：0.6MPa

6. 流量・圧力制御ユニット（低圧側）

MFC、流量計、圧力計、逆止弁、緊急遮断弁

7. 圧縮機

受入圧：0.6MPa、吐出圧：45MPa、容量：5Nm³/h

8. 蓄圧器

圧力：45 MPa、容量：300ℓ×1基（タイプ1、カードル）

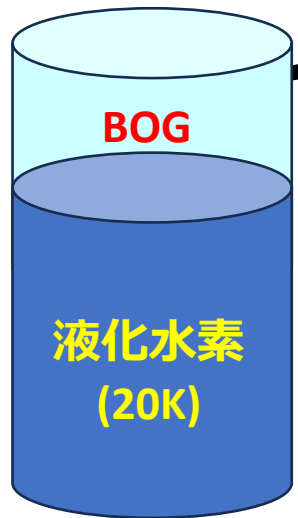
9. 流量・圧力制御ユニット（高圧側）

圧力調整弁、流量計、圧力計、逆止弁、緊急遮断弁

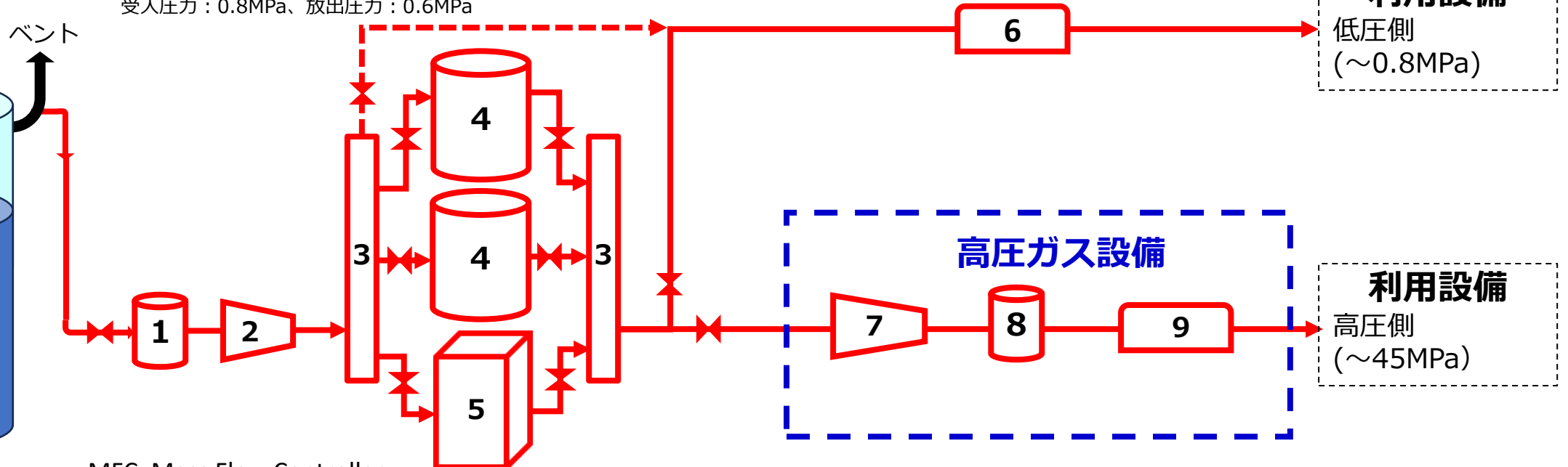
10. 計装・制御・安全システム

液化水素貯槽（30m³）
現在、BOGはベント
スタックから大気放出
（常圧～0.2MPa）

ベント



MFC: Mass Flow Controller



ケース3：ハイブリッド方式 主要構成機器の仕様案

No.	機器名称	仕様等	目安コスト	コスト (万円)
1	BOG受入ユニット	受入タンク（容量1m ³ 、常用圧力 0.2MPaG、SUS304、圧力計）、計測機器（圧力計、温度計、流量計）、配管類（逆止弁、緊急遮断弁、止弁、圧力調整弁等）	120～370	245
2	昇圧機 （ブースター）	ダイヤフラム式（オイルフリー、水素対応）、定格流量：約 5 Nm ³ /h（24h運転で100Nm ³ /d、ピーク対応は別途検討）、吸入圧力：常圧～0.2 MPaG、吐出圧力：0.8 MPaG、水冷 or 空冷、モータ：約1 kW（防爆仕様）、付属：アンチサージ、逆流防止、圧力スイッチ、温度監視、非常停止	300～800	550
3	供給切替ユニット	均圧用ヘッダー、元弁(3系統)、吸入弁、放出弁、ベント弁、パージ弁、逆止弁	MHユニットに含む	--
4	バッファタンク （10m ³ ×2）	タンク（容量10m ³ 、常用圧力0.8MPa、材質：SUS304、屋外設置）、計測機器（圧力計）、配管類（逆止弁、安全弁（0.9 MPaG）、緊急遮断弁、ベント等）（2基設置）	540～1,350	1,890
5	水素吸蔵合金ユニット （100Nm ³ ）	合金質量(想定)：500kg（吸蔵効率 2 wt%、目安単価は約10,000円/kg）、受入圧力：0.8MPa、放出圧力：0.6MPa、モジュール化：製缶・内部熱交換器（電気ヒータ加熱/冷却水ループ）・配管・弁・試験 ⇒12Nm ³ /本のキャニスター9本でユニットを構成する	1,800	1,800
6	流量制御ユニット （低圧側）	MFC (Mass Flow Controller)：熱式またはコリオリ式（低流量高精度、水素対応）、0-10 Nm ³ /h、SUS316L (接ガス部分)、4-20 mA or Modbus、附属：圧力計、温度計、配管類：減圧弁、逆止弁、緊急遮断弁	100～200	175
7	圧縮機	多段式のダイヤフラム式（オイルフリー、水素対応）、定格流量：約 5 Nm ³ /h（24時間運転で100Nm ³ ）、吸入圧：0.6MPaG、吐出圧：45MPaG、水冷、モータ：約18kW（防爆仕様）、付属：アンチサージ、逆流防止、圧力スイッチ、温度監視、非常停止	4,000 ～6,000	5,000
8	蓄圧器	タイプ1、圧力：45 MPa、容量：300 ℓ、設置架台、連結配管、安全弁、圧力計、緊急遮断弁等（1基）	800～1,400	1,100
9	流量制御ユニット （高圧側）	MFC (Mass Flow Controller)：熱式またはコリオリ式（低流量高精度、水素対応）、0-10 Nm ³ /h、SUS316L (接ガス部分)、4-20 mA or Modbus、附属：圧力計、温度計、配管類：減圧弁、逆止弁、緊急遮断弁	450～1,100	775
10	計装・制御システム	PLC/DCS、流量/圧力/温度/安全等監視パネル、インターロックシステム、防爆配線、ソフト開発・試運転等センサー類は除く（各設備費に含む）	1,900～3,300	2,600
	機器費 小計			14,135
11	工事	機器費の20～30%程度	30%	4,241
12	検査、許認可関連	特定設備検査対応・許認可関連書類作成、他	500～1,000	750
	合計			19,038

* コストは機器の仕様に応じて変動するため、目安コストの平均値とした。