

バルク貯槽ガス回収システム開発
プロジェクト評価事後報告書

平成 2 2 年 4 月
産業構造審議会産業技術分科会
評 価 小 委 員 会

はじめに

研究開発の評価は、研究開発活動の効率化・活性化、優れた成果の獲得や社会・経済への還元等を図るとともに、国民に対して説明責任を果たすために、極めて重要な活動であり、このため、経済産業省では、「国の研究開発評価に関する大綱的指針」（平成20年10月31日、内閣総理大臣決定）等に沿った適切な評価を実施すべく「経済産業省技術評価指針」（平成21年3月31日改定）を定め、これに基づいて研究開発の評価を実施している。

経済産業省において実施しているバルク貯槽ガス回収システム開発は、バルク貯槽の製造後20年経過時に義務づけられている検査を円滑かつ確実に実施するため、バルク貯槽の設置状況等の実態調査を行うとともに、ガス回収作業など安全に検査を実施するための方法等を確立していくための調査を行うため、平成19年度から平成20年度まで実施したものである。

今回の評価は、このバルク貯槽ガス回収システム開発の事後評価であり、実際の評価に際しては、省外の有識者からなるバルク貯槽ガス回収システム開発プロジェクト事後評価検討会（座長：田村 昌三 東京大学名誉教授）を開催した。

今般、当該検討会における検討結果が評価報告書の原案として産業構造審議会産業技術分科会評価小委員会（小委員長：平澤 冷 東京大学名誉教授）に付議され、内容を審議し、了承された。

本書は、これらの評価結果を取りまとめたものである。

平成22年4月

産業構造審議会産業技術分科会評価小委員会

産業構造審議会産業技術分科会評価小委員会
委員名簿

小委員長	平澤 洽	東京大学 名誉教授
	池村 淑道	長浜バイオ大学バイオサイエンス学部 教授
	伊澤 達夫	東京工業大学 理事・副学長
	大島 まり	東京大学大学院情報学環 教授 東京大学生産技術研究所 教授
	菊池 純一	青山学院大学法学部長・大学院法学研究科長
	鈴木 潤	政策研究大学院大学 教授
	辻 智子	日本水産株式会社 生活機能科学研究所長
	富田 房男	北海道大学 名誉教授
	中小路 久美代	株式会社S R A先端技術研究所リサーチディレクター
	山地 憲治	財団法人地球環境産業技術研究機構 理事・研究所長
	吉本 陽子	三菱UFJリサーチ&コンサルティング株式会社 経済・社会政策部主任研究員

(委員敬称略、五十音順)

事務局：経済産業省産業技術環境局技術評価室

バルク貯槽ガス回収システム開発プロジェクト事後評価検討会

委員名簿

座長	田村 昌三	国立大学法人東京大学 名誉教授
	越 光男	国立大学法人東京大学大学院 工学系研究科 特任教授
	佐藤 研二	東邦大学 理学部 生命圏環境科学科 教授
	辰巳 菊子	社団法人日本消費生活アドバイザー・コンサルタント協会 常任理事
	堀口 貞茲	独立行政法人産業技術総合研究所 安全科学研究部門 爆発利用・産業保安研究グループ シニアスタッフ

(敬称略、五十音順)

事務局：経済産業省原子力安全・保安院
液化石油ガス保安課

バルク貯槽ガス回収システム開発プロジェクトの評価に係る省内関係者

【事後評価時】

原子力安全・保安院液化石油ガス保安課長 北沢 信幸（事業担当課長）

産業技術環境局 技術評価室長 長濱 裕二

【事前評価時】（事業初年度予算要求時）

原子力安全・保安院液化石油ガス保安課長 志方 茂（事業担当課長）

審議経過

第1回事後評価検討会（平成21年12月16日）

- ・評価の方法等について
- ・プロジェクトの概要について
- ・評価の進め方について

第2回事後評価検討会（平成22年2月17日）

- ・評価報告書(案)について

産業構造審議会産業技術分科会評価小委員会（平成22年4月21日）

- ・評価報告書(案)について

目 次

はじめに

産業構造審議会産業技術分科会 評価小委員会 委員名簿

バルク貯槽ガス回収システム開発プロジェクト事後評価検討会 委員名簿

バルク貯槽ガス回収システム開発プロジェクトの評価に係る省内関係者

バルク貯槽ガス回収システム開発プロジェクト事後評価 審議経過

ページ

事後評価報告書概要	
第1章 評価の実施方法	
1. 評価目的	1
2. 評価者	1
3. 評価対象	2
4. 評価方法	2
5. プロジェクト評価における標準的な評価項目・評価基準	2
第2章 プロジェクトの概要	
1. 事業の目的・政策的位置付け	5
2. 研究開発等の目標	6
3. 成果、目標の達成度	9
4. 事業化、波及効果について	24
5. 研究開発マネジメント・体制・資金・費用対効果等	24
第3章 評価	
1. 事業の目的・政策的位置付けの妥当性	67
2. 研究開発等の目標の妥当性	69
3. 成果、目標の達成度の妥当性	71
4. 事業化、波及効果についての妥当性	73
5. 研究開発マネジメント・体制・資金・費用対効果等の妥当性	76
6. 総合評価	78
7. 今後の研究開発の方向等に関する提言	80
第4章 評点法による評点結果	82
参考 今後の研究開発の方向等に関する提言に対する対処方針	

事後評価報告書概要

事後評価報告書概要

プロジェクト名	バルク貯槽ガス回収システム開発
上位施策名	産業保安
事業担当課	原子力安全・保安院 液化石油ガス保安課

プロジェクトの目的・概要

LP ガスの供給を行うバルク供給システムは、平成 9 年から導入が開始され、平成 20 年までに約 20 万基が設置されているが、バルク貯槽の普及に伴い、バルク貯槽の保守点検実施件数が増えてきており、その際にはバルク貯槽内の LP ガスを安全に回収することが必要とされる。

バルク貯槽内の LP ガスの回収方法としては、空の容器への移し替えにより回収する方法、移動式製造設備により圧縮機を用いて回収する方法、バルク貯槽を取り外し充てん所へ移送して回収する方法があるが、これらの方法にはそれぞれ問題があり、このため、圧力を安全な方法で大気圧と同じ圧力に減圧し、活性炭にガスを吸着する方法を利用し、バルク貯槽内の LP ガスを安全かつ短時間で効率的に回収可能なバルク貯槽ガス回収システムの開発を行うものである。

本研究開発では、バルク貯槽内の LP ガスを安全かつ短時間で効率的に回収可能な LP ガス回収システムを開発するとともに、必要に応じ国の技術基準の策定に資することになる LP ガス回収技術に関する技術基準の検討を行う。

予算額等

(単位：千円)

開始年度	終了年度	中間評価時期	事後評価時期	事業実施主体
平成 19 年度	平成 20 年度	-	平成 21 年度	(株)エイムテック
H19FY 予算額	H20FY 予算額		総予算額	総執行額
67,665	78,534		146,199	130,693

目標・指標及び成果・達成度

(1) 全体目標に対する成果・達成度

全体の目標として次の 3 項目を設定した。

バルク貯槽からの LP ガス回収の現状に関するアンケート調査を実施し、回収に係る問題点を把握するとともに、活性炭吸着技術を用いた LP ガス回収装置の基礎的な評価を実施するため、小規模な実験装置を製作して、活性炭の選定・特性の確認・効率上昇方法の検討を行う。

実用化を想定した評価用の回収装置・再生装置を製作し、それらの評価を行う。

フィールドテスト等、バルク貯槽設置先での作業を可能とするため、LP ガス業界の自主基準としての作業基準を作成する。

これらの目標を達成するため、調査研究の実施内容について以下のような要素技術に分類し、それぞれの要素技術について目標を設定した。要素技術別の目標に対する成果の達成度は、以下

のとおりであり、プロジェクト全体の目標は達成された。

個別要素技術	目標・指標	成果	達成度
(1) バルク貯槽設置状況実態調査	LPガス充てん所・事業所を対象に、バルク貯槽設置状況・過去のLPガス回収事例・充てん所の設備状況などの情報を抽出し、分析する。	バルク貯槽ガス回収システム開発の仕様目標となる情報が得られ、特に製造後20年の告示検査に向けて、ガス回収に関して多くのニーズを確認した。	達成
(2) 小規模回収実験機器設計制作 1) 0.8L回収容器 2) 75L回収容器 3) 再生装置 4) 500L回収容器	都市ガスの吸着工法をバルク貯槽へ技術転用するにあたり、まず、LPガスに対する活性炭の特性を精査する必要がある。そこで基礎評価を段階的に行なえるように吸着材が充てんされた回収容器として三種類の小規模回収装置を設計製作、評価し、活性炭の特性を確認するとともに効率化を検討、その評価も行なう。	各種回収容器を設計製作した。また、活性炭の性能評価と選定を行い、本開発に適した活性炭を選定した。 1) 18種類の活性炭から、吸着量・充てん密度・入手難易度等を考慮して選定した結果、石炭系活性炭「HG1-162」を選定した。 2) 活性炭を冷却・加温が可能な75L回収容器を用いてその効果を評価した結果、回収・再生効率に大きな効果を上げるためには伝熱面積を大きくすることが必要との結果を得た。 3) 製作した再生装置を用いて、真空ポンプの性能による再生効率を評価した結果、回収容器容積に対して十分大きな排気速度を持つ真空ポンプが必要との結果を得た。75L回収容器に対して排気速度500L/minの真空ポンプを用いると、再生に必要な時間は20分となることを確認した。 4) 容積500Lの容器に活性炭216kgを充てんした500L回収装置を製作した。また、回収容器内部と表面から活性炭を加温・冷却する冷温熱発生装置を設置した。	達成

<p>(3) 小規模回収装置性能確認試験 500L 回収容器性能評価</p> <p>1) 冷温熱発生装置評価 2) 熱交換評価 3) 分散配管評価</p>	<p>1) 冷温熱発生装置によりガス回収時に活性炭の温度上昇を冷却、逆にガス再生時に温度低下を加熱し、ガス回収・再生における効率化のための改善要素を確認する。</p> <p>2) 75L 回収容器での結果により 500L 回収容器には改良した冷温熱発生装置に加えて、ガス回収時に起こるバルク貯槽内で LP ガスが気化した際に発生する蒸発潜熱(冷却)を利用する熱交換設備を準備、評価する。</p> <p>3) また、他の方法でもガス回収の効率を確認するためにガスを分散して吸着させるための分散配管を回収容器内に設け、その性能を確認する。</p>	<p>500L 回収容器を用いて、安全性・回収再生性能・改善要素を確認した。</p> <p>1) 回収容器内部の配管設置による活性炭充てん量の低下を補うだけ回収性能高効率化が得られなかったため、冷温熱発生装置は採用しないこととした。</p> <p>2) 回収時に熱交換を行うことで、回収効率はほとんど改善されないが、LP ガス回収容器での気化効率は上昇した。バルク貯槽側にて気化熱を補うための加温措置が必要であるとの結果を得た。</p> <p>3) 分散配管による回収時間短縮の効果は確認できなかったため、分散配管は採用しないこととした。</p>	<p>達成</p>
<p>(4) 分離型回収システム設計製作</p>	<p>充てん所には配送のための予備車両があり、有効利用するために 3t 程度の小型トラックに 2000L の回収容器を搭載した分離型回収システムを設計製作する。</p> <p>また、安全な作業を確保する目的として圧力計の値から電磁弁の開閉・警報を行う制御装置を設計製作し、2000L 回収装置に設置する。</p>	<p>活性炭 890kg を充てんした容積 2000L 回収容器と制御装置・操作箱を 3t トラックに積載した 2000L 回収装置を製作した。</p>	<p>達成</p>

<p>(5) 分離型回収システム性能確認試験</p> <p>1) 2000L 回収装置基礎性能評価</p> <p>2) 活性炭危険性評価</p>	<p>2000L 回収装置の性能及び動作確認等を行い、システムの安全性及び効率性を検討する。</p> <p>1) バルク貯槽の形状毎にガス回収量を設定し、ガス回収に要する時間等の基礎的な性能を確認する。</p> <p>2) LP ガスを吸着した活性炭の危険性評価を行う。</p>	<p>2000L 回収装置の性能確認を実施した。また、本回収装置を使用する条件を定め、回収対象となる残 LP ガス量の試算を行った。</p> <p>1) 回収容器圧力を -90kPa(G) まで減圧した状態で回収を開始すると 60 分で 40kg 回収可能との結果を得た。従来方式である燃焼方式と比較すると回収に要する時間は 1/2 以下となり、回収時間短縮の効果は非常に高いとの結果を得た。</p> <p>2) 回収装置においては、消火器の設置等 LP ガスの着火に対する安全対策で十分であるとの見解を得た。</p>	<p>達成</p>
<p>(6) ガス回収高効率化対策の検討</p> <p>1) 気化速度の高効率化対策</p> <p>2) 活性炭経時劣化の評価</p>	<p>1) ガス回収の高効率化に向けて課題となっている回収時にバルク貯槽の気化が追いつかない現象を解決するためにバルク貯槽を加温することで気化速度の高効率化を図る。</p> <p>2) 回収・再生の繰り返しは活性炭の回収性能に及ぼす影響を確認する。</p>	<p>1) 気化速度の高効率化のための、バルク貯槽加温方法について検討した。その結果、バルクジャケット方式よりも IH 方式が適していることを確認した。</p> <p>2) LP ガスの回収・再生を 300 回繰り返して性能比較を行った結果、活性炭は回収・再生の繰り返しによる経時劣化の影響は受けにくいとの結果を得た。</p>	<p>達成</p>
<p>(7) 回収再生ガスの分析</p> <p>1) 再生方法の検討</p> <p>2) 回収再生ガスの分析</p>	<p>実用化に向けて、回収した LP ガスの適切な再生方法、ガス再利用の可能性について検討を行う。</p> <p>1) 真空ポンプ排気速度と再生効率の関係を確認し、実用上 2 時間以内で再生できる再生方法としてガスコンプレッサによる充てん所の容器への充てんを試みる。</p> <p>2) LP ガス回収後、再生した LP ガスの成分分析を行う。</p>	<p>1) 排気速度 2000L/min の真空ポンプを備えた再生装置を製作した。また、回収した LP ガスが再生装置により、充てん所のタンクに再生可能であることを確認した。</p> <p>2) LP ガス回収後、再生した LP ガスの成分分析を行った結果、大きな成分変化は示さず、い号液化石油ガスに該当することを確認した。</p>	<p>達成</p>

<p>(8) 一体型回収システム設計製作及び性能確認試験</p> <p>1) 5000L回収装置の設計製作</p> <p>2) 5000L回収装置の性能確認試験</p>	<p>1) 一体型回収システムは出来る限り多くのガスを回収することを目指して専用車両に搭載した5000L回収装置を検討する。</p> <p>2) 製作した装置の性能及び動作確認を行い、システムの安全性・作業効率を検討する。</p>	<p>1) 活性炭2280kgを充てんした容積5000L回収容器と制御装置・操作箱を4tトラックに積載した5000L回収装置を製作した。</p> <p>2) 回収容器圧力を-90kPa(G)まで減圧した状態で回収を開始すると100kg回収可能との結果を得た。また50kgの回収に要する時間は1時間未満である。</p>	<p>達成</p>
<p>(9) 技術基準の検討</p>	<p>バルク貯槽のLPガス回収システムの実用化を目指し、専門メンバーによる安全工学的な見地から、設備基準、作業基準等の検討を行う。</p>	<p>LPガス業界自主基準と位置づけられる、「バルク貯槽ガス回収システムLPガス吸着工法に係る技術基準(案)」を作成した。</p>	<p>達成</p>

(2) 目標及び計画の変更の有無

無

< 共通指標 >

特許等件数(出願を含む): 1件

評価概要

1. 事業の目的・政策的位置付けの妥当性

本プロジェクトは、法令で義務付けられているバルク貯槽の製造20年経過時の検査の際に必要な貯槽内のLPガス回収を安全かつ効率的に行うシステムを開発するものであり、民間企業の実施に委ねるのではなく、国が積極的に行う必要がある。

また、バルク貯槽からのガス回収技術は、現状では効率の点、環境影響の点から多くの問題を抱えており、活性炭によるガス吸着法は、LPガス回収では初めて適用されるものであり、安全性の高い回収方法を確立し、普及させることは国の施策として重要である。

2. 研究開発等の目標の妥当性

バルク貯槽内のLPガスの安全かつ効率的な回収システムの開発のため、小規模装置から実用規模装置まで段階的な研究目標が設定されているとともに、システムの普及に必要な作業基準案の作成まで目標に設定されており、目標は適切に設定されている。

ただし、目標設定の一部において、用語の使い方の違いが分かりにくい表現や、仕様が明確でない設備があった。

3．成果、目標の達成度の妥当性

バルク貯槽内の最大100kgのLPガスが回収可能であることの確認し、回収したLPガスの再生可能な再生装置の製作及び、システムの普及に必要な作業基準案の作成が実施されており、当初の目標は十分に達成したと評価できる。本システムの実用化にあたり重要な要素となる回収時間の短縮を図る技術の検討に重点をおき、種々の可能性を探る努力をし、技術評価を密に行ったことは、今後の技術の発展の方向性の検討にも資すると考えられる。また、論文の発表や工業所有権の取得等も行われており、本プロジェクトの成果として評価できる。

なお、活性炭の伝熱効果がほとんどないことを考慮すれば、回収装置に使用する容器は、既存の容器の改造利用ではなく、伝熱効果の増加等を考慮し、当該容器の新たな設計製作についても検討すべきであったと考えられる。

4．事業化、波及効果についての妥当性

実用化に向けたLPガス回収システムの試作及び確認試験が実施されており、また、LPガスの回収に使用する活性炭の繰り返し使用による耐久性の評価も行われており、事業化の見通しは十分にあると考えられる。また、本プロジェクトにより、従来の回収システムの課題を克服するとともに、これまで回収時に燃焼処理していたLPガスの再利用が可能になり、バルク貯槽がこれまで約20万基が設置されていることを勘案すると、本プロジェクトで開発された技術の波及効果は大きい。

なお、事業化に当たっては次の項目について、検討・考慮等することが必要と考えられる。

- ・ガス回収に使用する活性炭に、付臭剤である硫黄化合物を含むLPガスが脱着を繰り返すことになることを踏まえ、活性炭の使用壽命、回収したLPガスの再利用時における付臭剤の添加方法の検討及び自然発火の危険性がないことの検証など吸着時の安全性等について幅広い視点からの検討を行うこと。
- ・作業手順の誤り等で回収容器内への空気の混入など、異常状態の発生が考えられることから、バルク貯槽設備へのホース接続等を行う作業者は慎重に選任すること
- ・圧縮機を利用した回収方法など本技術とは別のバルク貯槽内のLPガスを回収する方法との安全性、経済性、実用性、LCA（ライフサイクルアセスメント）に関する比較検討を行うこと。

5．研究開発マネジメント・体制・資金・費用対効果等の妥当性

本プロジェクトの実施にあたっては、専門家、機器メーカー、行政関係者からなる開発委員会が組織され、LPガス供給に長年携わった人をチームリーダーとし、システムの開発が計画的に進められており、本プロジェクトの研究開発計画、実施体制及び運営は適切であったと考えられる。

また、開発費は効率的な運用がなされており、消費者が安心できるくらしに投資されたと考えると、投入した開発費に見合った効果が期待できる。

なお、本プロジェクトの総合的な費用対効果を判断するためには、活性炭の処理技術及び回収したLPガスの再利用技術から総合的に判断する必要がある。

6. 総合評価

LPガス回収の安全かつ効率的なシステムの開発を行い、LPガス業界の自主基準の位置づけとなる作業基準案を作成しており、所定の開発目標をほぼ達成しており、今後の成果の事業化と波及が期待され、今後のバルク貯槽の需要を考えると社会的インパクトも大きい。従来のLPガス回収技術とは大きく異なる活性炭による回収システムを構築し、その有効性を確認したことは高く評価でき、時機を得た開発であり、成果は大きいと考えられる。

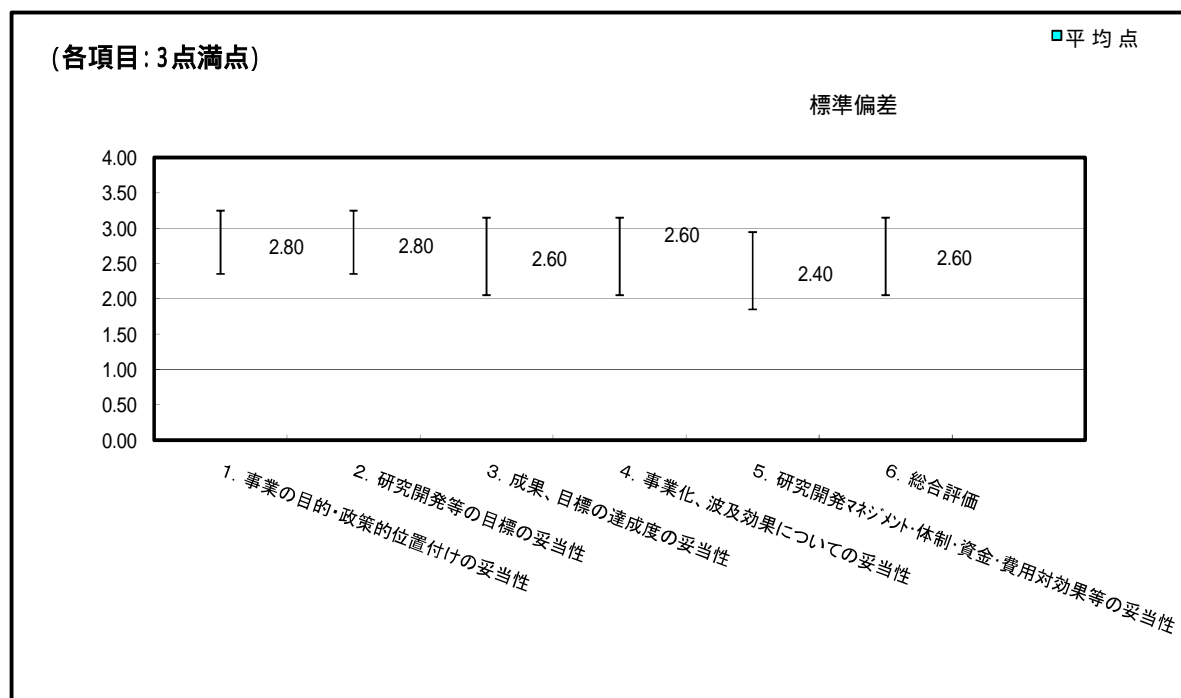
また、本プロジェクトでは、重要な成果が得られているので、学会において発表するなど、成果についての情報発信が望まれる。

なお、活性炭にLPガスが吸着されることを考えると、幅広い視点での安全性の確認をしておく必要があり、新しい技術だけに慎重を要する点もあるため、継続的な安全性に関する試験・研究が必要である。

7. 今後の研究開発の方向等に関する提言

- ・ガス回収技術の普及に向けて、バルク貯槽内の液を回収するシステム及び回収したガスの高効率で再生するシステムの技術開発が望まれる。
- ・今後、国によるガス回収システムの安全に関する技術基準の策定が必要になる場合には、技術上又は運用上の留意点を適確に把握するためフィールドテストによるデータの蓄積が必要と考えられる。
- ・活性炭に吸着させたLPガスは、事故時など通常の使用状況と異なる条件下で、脱着する可能性も考えられるので、より安全な技術を目指し、継続的な技術の高度化が望まれる。

評点結果



第 1 章 評価の実施方法

第1章 評価の実施方法

本プロジェクト評価は、「経済産業省技術評価指針（平成21年3月31日改定、以下「評価指針」という。）に基づき、以下のとおり行われた。

1. 評価目的

評価指針においては、評価の基本的考え方として、評価実施する目的として

- (1)より良い政策・施策への反映
- (2)より効率的・効果的な研究開発の実施
- (3)国民への技術に関する施策・事業等の開示
- (4)資源の重点的・効率的配分への反映

を定めるとともに、評価の実施にあたっては、

- (1)透明性の確保
- (2)中立性の確保
- (3)継続性の確保
- (4)実効性の確保

を基本理念としている。

プロジェクト評価とは、評価指針における評価類型の一つとして位置付けられ、プロジェクトそのものについて、同評価指針に基づき、事業の目的・政策的な位置付けの妥当性、研究開発等の目標の妥当性、成果、目標の達成度の妥当性、事業化、波及効果についての妥当性、研究開発マネジメント・体制・資金・費用対効果等の妥当性の評価項目について、評価を実施するものである。

その評価結果は、本プロジェクトの実施、運営等の改善や技術開発の効果、効率性の改善、更には予算等の資源配分に反映させることになるものである。

2. 評価者

評価を実施するにあたり、評価指針に定められた「評価を行う場合には、被評価者に直接利害を有しない中立的な者である外部評価者の導入等により、中立性の確保に努めること」との規定に基づき、外部の有識者・専門家構成の検討会を設置し、評価を行うこととした。

これに基づき、評価検討会を設置し、プロジェクトの目的や研究内容に即

した専門家や経済・社会ニーズについて指摘できる有識者等から評価検討会委員名簿にある5名が選任された。

なお、本評価検討会の事務局については、指針に基づき経済産業省原子力安全・保安院液化石油ガス保安課が担当した。

3．評価対象

バルク貯槽ガス回収システム開発（実施期間：平成19年度から平成20年度）を評価対象として、研究開発実施者（株式会社エムテック）から提出されたプロジェクトの内容・成果等に関する資料及び説明に基づき評価した。

4．評価方法

第1回評価検討会においては、研究開発実施者からの資料提供、説明及び質疑応答、並びに委員による意見交換が行われた。

第2回評価検討会においては、それらを踏まえて「プロジェクト評価における標準的評価項目・評価基準」、今後の研究開発の方向等に関する提言等及び要素技術について評価を実施し、併せて4段階評点法による評価を行い、評価報告書(案)を審議、確定した。

また、評価の透明性の確保の観点から、知的財産保護、個人情報で支障が生じると認められる場合等を除き、評価検討会を公開として実施した。

5．プロジェクト評価における標準的な評価項目・評価基準

評価検討会においては、経済産業省産業技術環境局技術評価室において平成21年6月1日に策定した「経済産業省技術評価指針に基づく標準的評価項目・評価基準について」のプロジェクト評価（中間・事後評価）に沿った評価項目・評価基準とした。

1．事業の目的・政策的位置付けの妥当性

(1) 事業目的は妥当で、政策的位置付けは明確か。

- ・事業の政策的意義（上位の施策との関連付け等）
- ・事業の科学的・技術的意義（新規性・先進性・独創性・革新性・先導性等）
- ・社会的・経済的意義（実用性等）

(2) 国の事業として妥当であるか、国の関与が必要とされる事業か。

- ・国民や社会のニーズに合っているか。
- ・官民の役割分担は適切か。

2．研究開発等の目標の妥当性

(1) 研究開発等の目標は適切かつ妥当か。

- ・目的達成のために具体的かつ明確な研究開発等の目標及び目標水準を設定しているか。特に、中間評価の場合、中間評価時点で、達成すべき水準（基準値）が設定されているか。
- ・目標達成度を測定・判断するための適切な指標が設定されているか。

3．成果、目標の達成度の妥当性

(1) 成果は妥当か。

- ・得られた成果は何か。
- ・設定された目標以外に得られた成果はあるか。
- ・共通指標である、論文の発表、特許の出願、国際標準の形成、プロトタイプの作製等があったか。

(2) 目標の達成度は妥当か。

- ・設定された目標の達成度（指標により測定し、中間及び事後評価時点の達成すべき水準（基準値）との比較）はどうか。

4．事業化、波及効果についての妥当性

(1) 事業化については妥当か。

- ・事業化の見通し（事業化に向けてのシナリオ、事業化に関する問題点及び解決方策の明確化等）は立っているか。

(2) 波及効果は妥当か。

- ・成果に基づいた波及効果を生じたか、期待できるか。
- ・当初想定していなかった波及効果を生じたか、期待できるか。

5．研究開発マネジメント・体制・資金・費用対効果等の妥当性

(1) 研究開発計画は適切かつ妥当か。

- ・事業の目標を達成するために本計画は適切であったか（想定された課題への対応の妥当性）。
- ・採択スケジュール等は妥当であったか。
- ・選別過程は適切であったか。

- ・採択された実施者は妥当であったか。
- (2) 研究開発実施者の実施体制・運営は適切かつ妥当か。
- ・適切な研究開発チーム構成での実施体制になっているか、いたか。
 - ・全体を統括するプロジェクトリーダー等が選任され、十分に活躍できる環境が整備されているか、いたか。
 - ・目標達成及び効率的実施のために必要な、実施者間の連携 / 競争が十分に行われる体制となっているか、いたか。
 - ・成果の利用主体に対して、成果を普及し関与を求める取組を積極的に実施しているか、いたか。
- (3) 資金配分は妥当か。
- ・資金の過不足はなかったか。
 - ・資金の内部配分は妥当か。
- (4) 費用対効果等は妥当か。
- ・投入された資源量に見合った効果が生じたか、期待できるか。
 - ・必要な効果がより少ない資源量で得られるものが他にないか。
- (5) 変化への対応は妥当か。
- ・社会経済情勢等周辺の状況変化に柔軟に対応しているか (新たな課題への対応の妥当性) 。
 - ・代替手段との比較を適切に行ったか。

6 . 総合評価

第2章 プロジェクトの概要

第2章 プロジェクトの概要

1. 事業の目的・政策的位置付け

1-1 事業の目的

LP ガスを充てんしたシリンダー容器の交換方式による供給形態と異なる、消費場所に設置したバルク貯槽等に直接ローリー（LP ガス充てん車）で、LP ガスの供給を行うバルク供給システムは、平成 8 年の液化石油ガスの保安の確保及び取引の適正化に関する法律（以下、「液石法」という。）の改正により、平成 9 年から導入が開始され、平成 20 年までに約 20 万基が設置されている。一方、バルク貯槽の普及に伴い、バルク貯槽の保守点検実施件数が増えてきており、その際にはバルク貯槽内の LP ガスを安全に回収することが必要とされる。

バルク貯槽内の LP ガスの回収方法としては、空の容器への移し替えにより回収する方法、移動式製造設備により圧縮機を用いて回収する方法、バルク貯槽を取り外し充てん所に移送して回収する方法がある。しかしながら、これらの方法にはそれぞれ、容器への移し替えに長時間を要するため事故リスクが大きいこと、高圧ガス保安法に基づく保安距離の確保が困難であること、移送車両へのバルク貯槽の積み卸し時の事故リスクが大きいこと等の問題がある。

このため、都市ガスの配管内ガスの回収法として開発されたパージガス吸着工法（圧力を安全な方法で大気圧と同じ圧力に減圧し、活性炭にガスを吸着する方法を利用し、バルク貯槽内の LP ガスを安全かつ短時間で効率的に回収可能なバルク貯槽ガス回収システムの開発を行うものである。

1-2 政策的位置付け

本研究開発事業は、「原子力安全・産業保安施策」のうち「産業保安」施策の一環として位置付けられている。LP ガスの保安については、近年事故発生件数が高止まりにあることから、事業者への法令遵守の指導強化や安全普及の促進、保安に係る技術開発等の施策の重点化を図っており、本プロジェクトもこの一環として実施した研究開発事業である。

1-3 国の関与の必要性

国においては、液化石油ガスによる災害を防止するため、液石法に基づき、一般消費者等に対する保安の確保を図っている。

バルク供給システムについては、供給設備の技術上の基準としてバルク貯槽等に係る技術基準を、充てん設備の技術上の基準としてバルクローリーの技術基準を定め、液化石油ガス販売事業者及び供給設備に充てんしようとする者に技術基準への適合義務を課し、災害の防止を図っている。

本研究開発では、バルク貯槽内の LP ガスを安全かつ短時間で効率的に回収可能な LP ガス回収システムを開発するとともに、必要に応じ国の技術基準の策定に資することになる LP ガス回収技術に関する技術基準の検討を行う事業であり、このような事業を民間企業のみの実施に委ねられることは困難なため、国が積極的に行う必要がある。

2. 研究開発目標

2-1 研究開発目標

緊急ではない作業で、5～7年毎に行なわれるバルク貯槽附属機器交換作業等の保守点検やバルク貯槽製造後20年経過時の告示検査において、残LPガスを安全でかつ容易、迅速に回収できることを目標とし、バルク貯槽の残ガス回収時の事故ゼロ件を目指す。

これらの作業時は、バルク貯槽を開放する必要があるため、貯槽内の残ガスを回収し、爆発下限界未満の安全な雰囲気にしなければならない。従来は、流し込み充填で、まず、液を回収し、次に回収しきれない液と気体(1000kg横型バルク貯槽では液10kg+気体40kg)を大型バーナーで長時間かけて燃焼させなければならなかった。

本事業では、バルク貯槽のLPガスを計画的に消費させた後、LPガスが活性炭に吸着される現象を利用することで、燃焼することなく、バルク貯槽内の残LPガスを大気圧未満まで回収する装置の開発と更に回収したLPガスを再生して再利用可能な装置の開発を行う。

また、吸着技術を用いたガス回収は、LPガス業界にとって新しい技術であるため、現地での作業が可能となるようにLPガス業界の自主基準としての作業基準案を作成する。

2-1-1 全体の目標設定

表2-1-1：全体の目標

目標・調査	設定理由・根拠等
<p>バルク貯槽からのLPガス回収の現状に関するアンケート調査を実施し、回収に係る問題点を把握する。</p> <p>活性炭吸着技術を用いたLPガス回収装置の基礎的な評価を実施するため、小規模な実験装置を製作して、活性炭の選定・特性の確認・効率上昇方法の検討を行う。</p> <p>(1)バルク貯槽設置状況実態調査 (2)小規模回収実験機器設計製作 (3)小規模回収装置性能確認試験</p>	<p>活性炭吸着技術を用いたLPガス回収は業界で初めての技術であるため、まず、ユーザーとなるLPガス事業者にLPガス回収における現状と要望を調査し、市場要求に見合ったシステムを検討する。また、活性炭は様々な種類があり、LPガスの吸着に適した活性炭を選定すること、活性炭の特性評価で、例えば、吸着時には吸着熱の発生により回収効率が低下するが、冷却することで効率を上げることを検討するため、0.8、75、500μmの小規模回収実験機器を設計製作し、段階的に性能確認試験する。</p>
<p>実用化を想定した評価用の回収装置・再生装置を製作し、それらの評価を行う。</p> <p>(4)分離型回収システム設計製作 (5)分離型回収システム性能確認試験 (6)ガス回収高効率化対策の検討 (7)回収再生ガスの分析 (8)一体型回収システム設計製作及び性能確認試験</p>	<p>分離型回収システムはLPガス充てん所の予備車両に積載することを想定して2000L回収装置、一体型回収システムは出来る限り多くのガスを回収することを目指して専用車輛に搭載した5000L回収装置を検討する。また、回収したガスを再利用するための設備として真空ポンプとガスコンプレッサを備えた再生装置が必要となる。ガス回収時にバルク貯槽内のガスは非常に早く気化し、冬場などは気化が追いつかないことが想定されるのでガス回収高効率化としてバルク貯槽の気化対策が必要となる。一方、ガスの再利用では、その品質を確認することが必要であるため、分析を実施する。</p>
<p>フィールドテスト等、バルク貯槽設置先での作業を可能とするため、LPガス業界の自主基準としての作業基準を作成する。</p> <p>(9)技術基準の検討</p>	<p>LPガス回収装置を標準化するためには、製造や回収作業に係る基準が必要で、専門家により技術基準を検討する。</p>

2-1-2 個別要素技術の目標設定

表 2-1-2：個別要素技術の目標

要素技術	目標・指標	設定理由・根拠等
(1) バルク貯槽設置状況実態調査	LP ガス充てん所・事業所を対象に、バルク貯槽設置状況・過去のLP ガス回収事例・充てん所の設備状況などの情報を抽出し、分析する。	吸着技術による回収というLP ガス業界で初めての技術を使用するため、業界の現況・ニーズを調査し、それらに対応した開発を行う必要がある。
(2) 小規模回収実験機器設計制作 1) 0.8L 回収容器 2) 75L 回収容器 3) 再生装置 4) 500L 回収容器	都市ガスの吸着工法をバルク貯槽へ技術転用するにあたり、まず、LP ガスに対する活性炭の特性を精査する必要がある。そこで基礎評価を段階的に行なえるように吸着材が充てんされた回収容器として三種類の小規模回収装置を設計制作、評価し、活性炭の特性を確認するとともに効率化を検討、その評価も行なう。	活性炭の特性確認と選定は小容量の設備で十分なため0.8L 回収容器を準備する。75L 回収容器は活性炭の特性である回収時の吸着熱、再生時の脱着冷却を解消し、効率化を検討するために準備する。再生装置は小規模回収実験機器を繰返し評価する必要があるため、真空ポンプと燃焼装置を組み合わせた簡易的な再生装置とする。500L 回収容器では75L 回収容器での結果を踏まえ、更に効率的な実験仕様とする。
(3) 小規模回収装置性能確認試験 500L 回収容器性能評価 1) 冷温熱発生装置評価 2) 熱交換評価 3) 分散配管評価	1) 冷温熱発生装置によりガス回収時に活性炭の温度上昇を冷却、逆にガス再生時に温度低下を加熱し、ガス回収・再生における効率化のための改善要素を確認する。 2) 75L 回収容器での結果により500L 回収容器には改良した冷温熱発生装置に加えて、ガス回収時に起こるバルク貯槽内でLP ガスが気化した際に発生する蒸発潜熱（冷却）を利用する熱交換設備を準備、評価する。 3) また、他の方法でもガス回収の効率を確認するためにガスを分散して吸着させるための分散配管を回収容器内に設け、その性能を確認する。	1) 吸着技術を利用したLP ガス回収の場合、LP ガス回収時には活性炭の温度が上昇し、LP ガス再生時には温度が低下する性質があり、それぞれの作業効率が低下する。回収・再生の効率化を必要とするため、冷温熱発生装置により評価する。 2) 500L 回収容器には冷温熱発生装置とバルク貯槽の蒸発潜熱を相互利用する熱交換設備を連結させて、それぞれの作業時に必要な熱量を補間することで作業の効率化を確認する。 3) LP ガス回収時に回収容器内で活性炭の吸着反応にむらが生じる可能性があり、対策としてガスの流入を分散させる配管を設置した時の性能を確認する。

<p>(4) 分離型回収システム設計製作</p>	<p>充てん所には配送のための予備車両があり、有効利用するために3t程度の小型トラックに2000Lの回収容器を搭載した分離型回収システムを設計製作する。</p> <p>また、安全な作業を確保する目的として圧力計の値から電磁弁の開閉・警報を行う制御装置を設計製作し、2000L回収装置に設置する。</p>	<p>小規模回収装置による基礎実験の結果を基に、実用化を目的としてバルク貯槽設置場所で作業可能な2000L回収装置を製作する。</p> <p>また、回収・再生作業の安全を確保するために、圧力・温度の計測情報から電磁弁の操作・警報が可能な制御装置を製作する。</p>
<p>(5) 分離型回収システム性能確認試験</p> <p>1) 2000L回収装置基礎性能評価</p> <p>2) 活性炭危険性評価</p>	<p>2000L回収装置の性能及び動作確認等を行い、システムの安全性及び効率性を検討する。</p> <p>1) バルク貯槽の形状毎にガス回収量を設定し、ガス回収に要する時間等の基礎的な性能を確認する。</p> <p>2) LPガスを吸着した活性炭の危険性評価を行う。</p>	<p>1) 2000L回収装置の使用条件を決定するため、回収時間・回収容器温度や圧力の変化等、回収時の状況を確認する。</p> <p>2) 活性炭・LPガスそれぞれの危険性については既知であるが、LPガスを吸着した活性炭についての安全性を確認する必要がある。</p>
<p>(6) ガス回収高効率化対策の検討</p> <p>1) 気化速度の高効率化対策</p> <p>2) 活性炭経時劣化の評価</p>	<p>1) ガス回収の高効率化に向けて課題となっている回収時にバルク貯槽の気化が追いつかない現象を解決するためにバルク貯槽を加温することで気化速度の高効率化を図る。</p> <p>2) 回収・再生の繰り返しが活性炭の回収性能に及ぼす影響を確認する。</p>	<p>1) バルク貯槽を加温することで気化速度の高効率化を図り、回収効率を確認する。</p> <p>2) 活性炭において、回収・再生を繰り返すことでLPガス成分が蓄積されて、回収性能が劣化することが懸念されるため、その影響を確認する。</p>
<p>(7) 回収再生ガスの分析</p> <p>1) 再生方法の検討</p> <p>2) 回収再生ガスの分析</p>	<p>実用化に向けて、回収したLPガスの適切な再生方法、ガス再利用の可能性について検討を行う。</p> <p>1) 真空ポンプ排気速度と再生効率の関係を確認し、実用上2時間以内で再生できる再生方法としてガスコンプレッサによる充てん所の容器への充てんを試みる。</p> <p>2) LPガス回収後、再生したLPガスの成分分析を行う。</p>	<p>1) 充てん所のアンケート結果を反映して、再生時間を2時間以内とする再生方法を確立するためにそれに相当する能力の真空ポンプと充てん所に設置してある既存のガスコンプレッサを組合せた再生設備を評価し、適切な設備を検討する。</p> <p>2) 再生ガスの再利用するために、活性炭から脱着されたLPガスの成分を確認する。</p>
<p>(8) 一体型回収システム設計製作及び性能確認試験</p> <p>1) 5000L回収装置の設計製作</p> <p>2) 5000L回収装置の性能確認試験</p>	<p>1) 一体型回収システムは出来る限り多くのガスを回収することを目指して専用車両に搭載した5000L回収装置を検討する。</p> <p>2) 製作した装置の性能及び動作確認を行い、システムの</p>	<p>1) 実用化での最大規模は民生用バルクローリー程度に抑える必要があるため、4t車両に積載できる5000L回収装置とする。</p> <p>2) 大容量であっても回収1時間・再生2時間作業可能な</p>

	安全性・作業効率を検討する。	措置とその評価により実用化できるシステムを構築する。
(9) 技術基準の検討	バルク貯槽のLPガス回収システムの実用化を目指し、専門メンバーによる安全工学的な見地から、設備基準、作業基準等の検討を行う。	新しい技術を使用した装置のため、その作業に際しては安全性を担保するための基準がない。そのため、業界の自主基準として本回収装置の技術基準を定める必要がある。

3. 成果・目標の達成度

3-1 成果

3-1-1 全体成果

活性炭の吸着技術を用いて、可能な限り液回収を行ったバルク貯槽内に残るLPガスを、安全かつ容易に回収可能なLPガス回収装置の開発・評価を行った。具体的には、活性炭の基礎評価・選定と回収・再生効率の検討をした上で、2000Lの回収容器を3t車に搭載した2000L回収装置と5000Lの回収容器を4t車に搭載した5000L回収装置を製作・評価した。合わせて、回収したLPガスを再生可能な再生装置も製作・評価した。更に、LPガス業界の自主的な作業基準案を作成した。

表 3-1-1-1：用語の定義

2000L回収装置	容積 2000L の回収容器を備えた回収装置で、19 年度製作した分離型回収システムのことをいう。
5000L回収装置	容積 5000L の回収容器を備えた回収装置で、20 年度製作する一体型回収システム（大容量回収システム）のことをいう。
吸着	気体分子が固体表面に付着することをいう。 特に本事業では、バルク貯槽から回収したLPガスを活性炭に吸着させることを指す。
脱着	吸着している気体分子が、固体表面から離れることをいう。 特に本事業では、減圧することで活性炭に吸着したLPガスを脱着させることを指す。
回収	バルク貯槽内のLPガスを回収装置に移動することをいう。 特に本事業では、ガス状態でLPガスを回収する。
再生	活性炭に回収したLPガスを回収容器の減圧により脱着させ、脱着したLPガスを処理することをいう。また、処理とは脱着ガスを容器に充てんすることと消費することとの2通りがある。
可能な限りの液回収	液面が液取出弁ノズル先端位置になるまで、バルク貯槽から液状のLPガスを回収することをいう。
残液量	バルク貯槽から可能な限りの液回収を実施後、バルク貯槽内のLPガスのうち、液状のLPガス量のことをいう。
残ガス量	バルク貯槽から可能な限りの液回収を実施後、バルク貯槽内のLPガスのうち、ガス状のLPガス量のことをいう。
残LPガス量	バルク貯槽から可能な限りの液回収を実施後、バルク貯槽内に残るLPガス量のことをいう。残LPガス量は残液量と残ガス量を合わせた量である。

3-1-2 個別要素技術成果

(1) バルク貯槽設置状況実態調査

全 80 社(充てん所・営業所 145 件) に調査表を送付した結果、54 社(サンプル数 127 件) の回答を得た。主な調査結果を下記に示す。

(a) バルク貯槽からの LP ガス回収事例について

LP ガス回収の理由としては、燃料転換・販売店変更・ユーザー廃業等のバルク貯槽を継続使用しない理由が 60% を占めており、修理・点検等のバルク貯槽を継続使用する理由は 32% であった。また、LP ガス回収の方法としてはバルク貯槽本体の移送が 44% を占めており、移充てん・移動式製造設備による回収は 20% 程度実施されている結果が得られた。

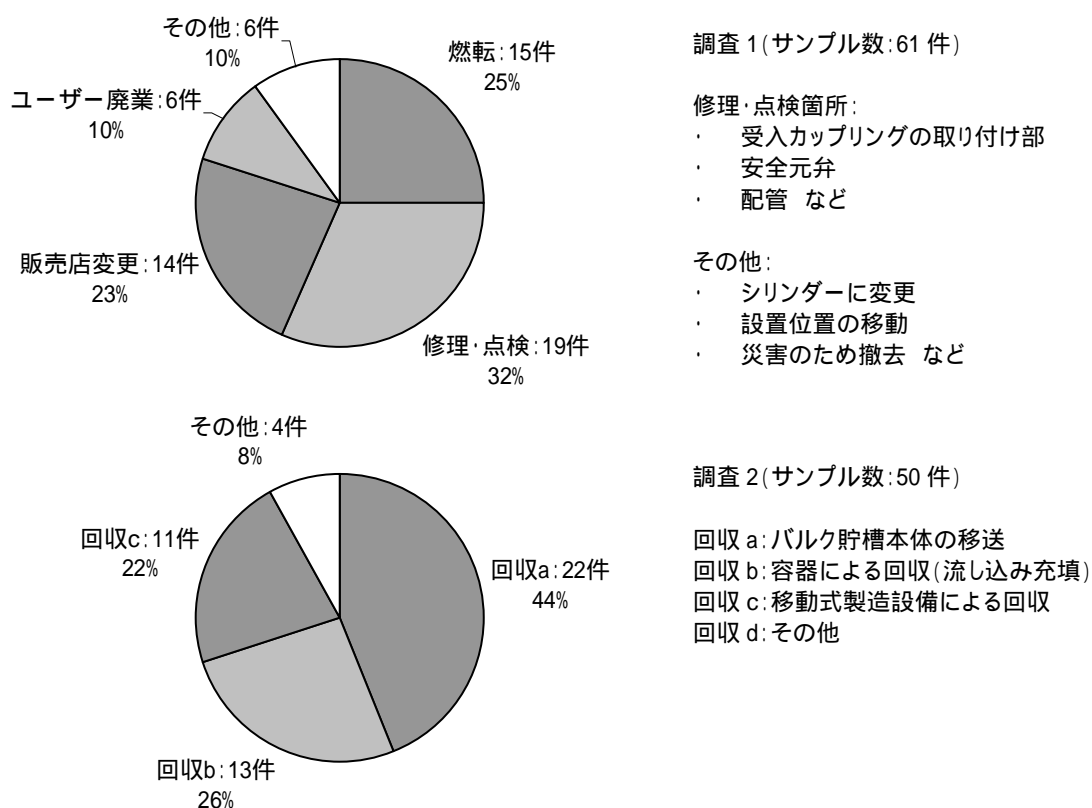


図 3-1-2-1 : LP ガス回収理由(調査 1) と方法(調査 2)

(b) 本開発装置に関する事項

- ・ 再生装置は充てん所既設のガスコンプレッサ・貯槽を利用する予定であるが、可能な連続使用時間は 2 時間未満が過半数を占めたため、再生時間 2 時間未満を目指す。
- ・ バルク貯槽内の LP ガスは計画的に減量する予定であるが、貯蔵量の 20% ~ 40% まで減量可能であることがわかった。
- ・ バルク貯槽から回収した LP ガスには、成分変化・異物の混入等の可能性が考えられるため、成分分析の必要が有る。
- ・ バルク貯槽製造後 20 年の告示検査に向けて、ガス回収に関して多くのニーズがある。

上記の結果から、バルク貯槽ガス回収システム開発の仕様目標となる情報が得られ、特に、製造後 20 年の告示検査に向けて、ガス回収に関して多くのニーズを確認した。

(2) 小規模回収実験機器設計制作

1) 0.8L 回収容器

容積 0.8L の回収容器を製作し、活性炭の基礎評価・選定を実施した。

(a) 活性炭の基礎評価

活性炭は、LP ガスを吸着 (= 回収) する際に、吸着熱を発生し、その発生熱量 (= 回収容器温度上昇) は、LP ガス回収量に比例することを確認した。

また、活性炭を初めて使用する際には高い吸着量を示すが、2 回目以降は 1 回目の 60% 程度の吸着量となることが確認されたので、2 回目以降の吸着量を回収量とし、活性炭の選定を行うこととした。

(b) 活性炭の選定

原材料・製造方法が異なる 18 種類の活性炭から、活性炭単位量当たりの吸着量・充てん密度・入手難易度等を考慮して活性炭 100g 当たり 10g の LP ガスが吸着可能であり、充てん密度が 0.46kg/L で最大の能力を示した日本エンバイロケミカルズ株式会社製の石炭系活性炭 HGI-162 を選定した。

2) 75L 回収容器

容積 75L の容器に、活性炭 29kg と冷却・加温した液体 (= ブライン) を循環させるための銅パイプを備えた 75L 回収容器を製作した。回収時の冷却・再生時の加温がそれぞれの効率に及ぼす影響を評価した。

(a) 評価結果

回収量を増加させるために冷温熱発生装置を設置したが、回収・再生の効果はわずかであった。理由として、活性炭は熱伝導性が悪く、銅パイプの伝熱面積の不足が原因と考えられ、伝熱面積を増やすためのプレートフィンの設置や回収容器表面からの熱量補間が必要であることが分かった。

3) 再生装置

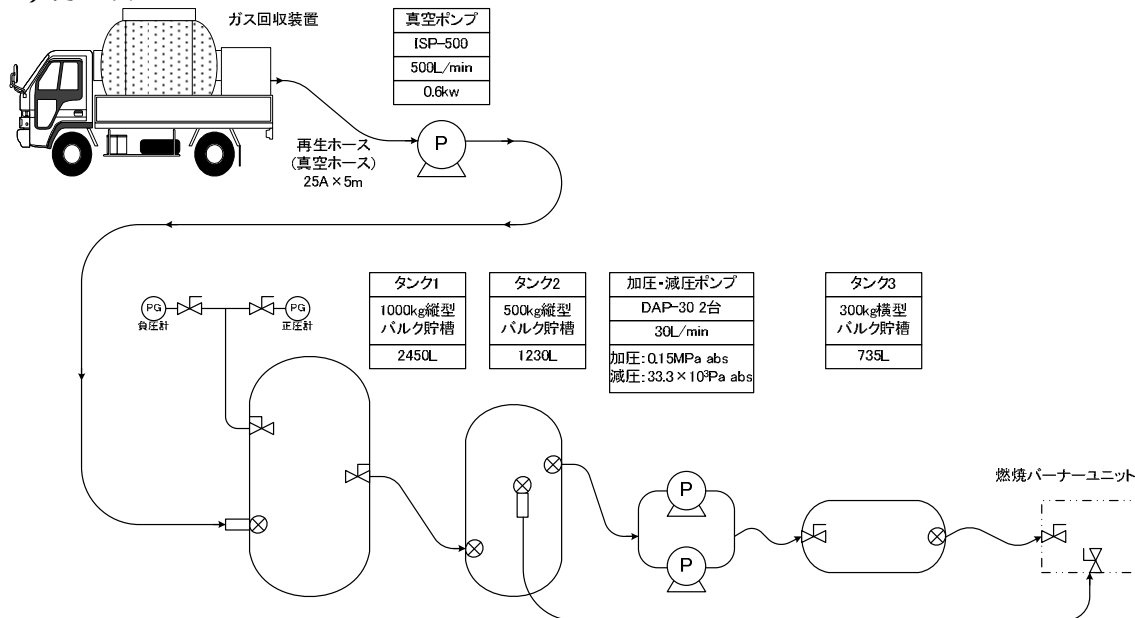


図 3-1-2-2 : 再生装置概略図

図のように小規模回収実験を繰り返す行なうために、再生手段として真空ポンプ・脱着された LP ガスを一時的に充てんするためのバランスタンク・充てんされた LP ガスを燃焼処理させるための燃焼バーナーユニットを備えた再生装置を製作した。

(a) 評価結果

真空ポンプの選定は、調査した結果、防爆仕様のモーターで再生ガスの成分に影響しないオイルフリーが適切と判断し、排気速度 500L/min のアネスト岩田株式会社製オイルフリースクロール真空ポンプを採用した。75L 回収容器に対して、約 20 分で-90kPa(G) 未満まで減圧する能力があり、繰返し実験が容易となった。

真空ポンプで回収容器を減圧することで脱着される LP ガス量 (= 再生量) について、回収容器内の真空度が増すと再生量が増加することを確認した。また、再生を短時間で実施するためには、回収容器容積に対して、十分大きな排気速度を持つ真空ポンプの選定が必要であることが分かった。

4) 500L 回収容器

容積 500L の容器に、活性炭 216kg を充てんした 500L 回収容器を製作した。75L 回収容器の評価で得られた改善点を反映して、500L 回収容器には、冷温熱発生装置と接続したブライン循環配管を容器内部と表面に設置しており、内部のブライン循環配管にはプレートフインを取り付けている。また、LP ガスを分散して流入する分散配管を備えている。

(3) 小規模回収装置性能確認試験

(2) 4) の 500L 回収容器を用いて、その評価を行った。

1) 冷温熱発生装置評価

冷却・加温したブラインを回収容器内外に循環させ、回収・再生の効率化を図ったところ、効果が確認された。しかしながら、内部にフィン付ブライン循環用配管を設置すると場所をとり、活性炭充てん率の低下 (= 回収量の低下) につながり、その低下を補うだけの高効率化は望めないため、冷温熱発生装置は LP ガス回収装置には採用しないこととした。

2) 熱交換評価

ブライン循環用配管を用いて、回収時に発生した吸着熱を LP ガス容器内の気化により発生する気化熱 (冷却) との熱交換を試みた結果、回収時間が 50 分から 23 分に短縮され、気化の効率化が確認された。しかし、上記 1) の通り、ブライン循環用配管は LP ガス回収装置には採用しないこととしているので、これに替わる加温措置が必要となる。

3) 分散配管評価

回収時の吸着ムラを防ぐための分散配管の効果を、分散せずに回収した場合と比較することで評価した結果、双方の回収時間に差がないため、LP ガス回収装置に分散配管は必要ないことを確認した。

(4) 分離型回収システム設計製作

活性炭を 890kg 充てんした容積 2000L の回収容器と制御装置・操作箱を 3t トラックに積載した分離型回収システムを製作した。仕様については、初めての開発となるため、安全性、操作性を考慮し、民生用バルクローリーで使用している部品を主に使用した。

図のように制御装置は、圧力計・熱電対・ガス漏れ検知設備の値を読み取り、必要に応じて電磁弁の開閉・警報などの作業制御・安全制御を行うものである。回収容器には圧力計と活性炭の吸着状態を確認するために容器内各所の温度データを採取する必要があることから熱電対を 11 箇所に設置した。

また、タッチパネルを備え、作業条件の入力や作業中の温度・圧力の確認等が表示される。作業中の各計測データは制御装置の記憶メディアに保存され、パソコンに出力するこ

と

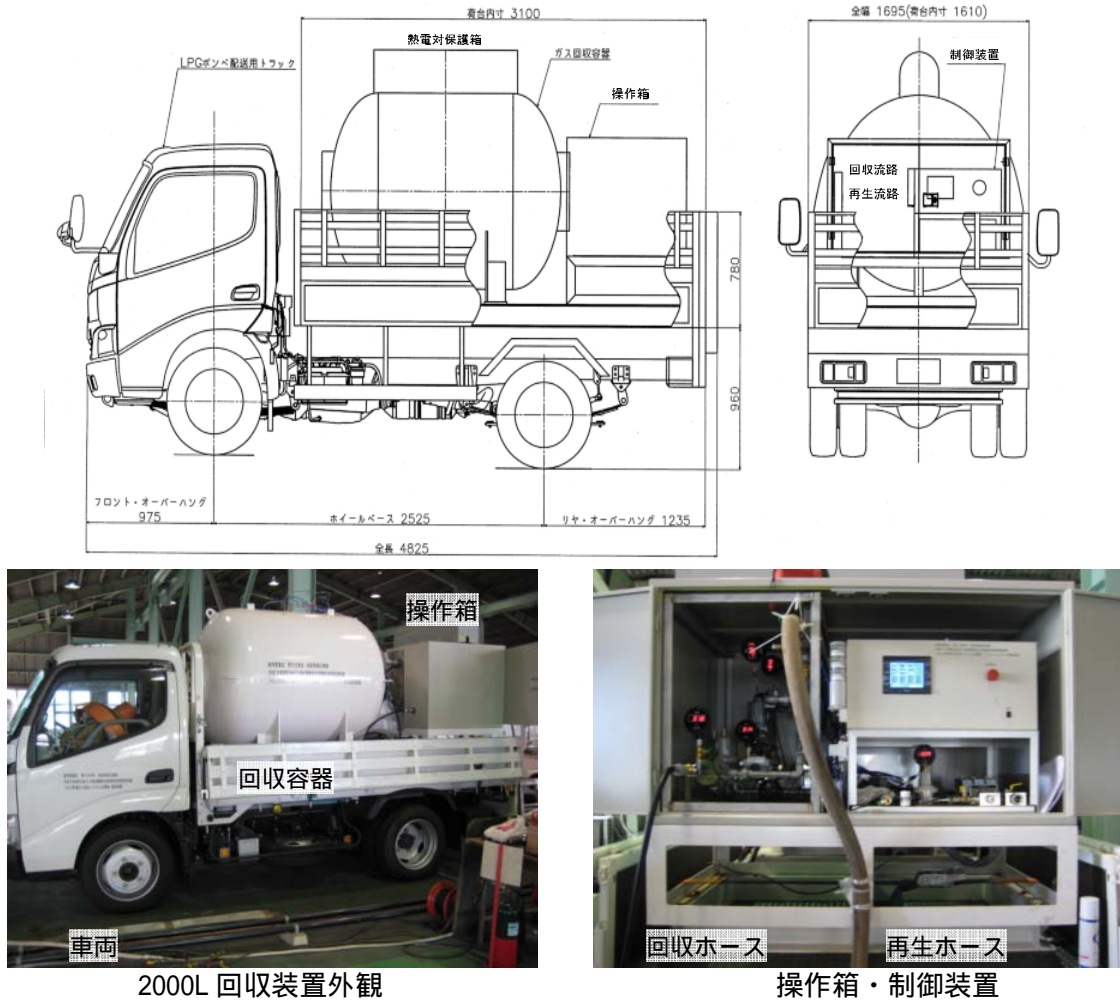


図 3-1-2-3 : 2000L 回収装置

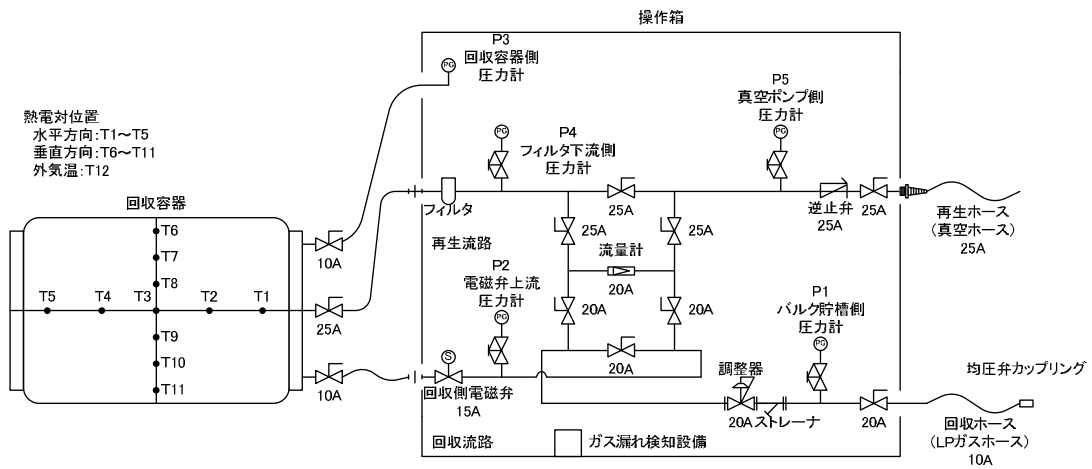


図 3-1-2-4 : 2000L 回収装置配管系統図

(5) 分離型回収システム性能確認試験

性能確認試験として、2000L 回収装置の基礎性能評価と活性炭危険性評価を実施した。

1) 2000L 回収装置の基礎性能評価

2000L 回収装置の回収性能はシミュレーションでは約 50kg であったため、可能な限りの液回収を実施したバルク貯槽を想定して、下の表のように残 LP ガス量を試算した。

1000kg 横型は 20 時に残 LP ガス量が 46.3kg(液 9.1kg + 気体 37.2kg)で 50kg 以下となることから 1000kg 横型を選定し、比較実験として 1000kg 縦型、300kg 縦型にガスを充てんして評価した。

バルク貯槽内の LP ガス量が、バルク貯槽圧力が大気圧未満となる量になるまで回収を行った結果、2000L 回収装置の回収能力は約 40kg となる結果が得られ、シミュレーション約 50kg との差はバルク貯槽側での気化効率の低下が原因と考えられることから気化速度の効率化対策が必要であることが判明した。

一方、2000L 回収装置内は吸着熱による温度が約 20 上昇したが、回収装置の表面に温度変化はなかったこと及び可能な限り液回収を実施したバルク貯槽に対して、60 分以内でバルク貯槽圧力を大気圧未満とすることが確認できた。

表 3-1-2-1：バルク貯槽の型式毎の残 LP ガス量

温度		-10	0	10	20	30	40
ガス密度 ρ_g	kg/m ³	2.09	2.01	1.94	1.87	1.81	1.75
液密度 ρ_L	kg/L	0.535	0.522	0.508	0.492	0.476	0.462
貯槽圧力 P	kPa(G)	270	370	530	730	970	1250
残 LP ガス量 [kg]	1000kg 横型	28.4 (9.9)	32.3 (9.6)	38.6 (9.4)	46.3 (9.1)	55.2 (8.8)	65.1 (8.5)
	1000kg 縦型	22.0 (3.4)	26.0 (3.3)	32.6 (3.2)	40.5 (3.1)	49.6 (3.0)	59.8 (2.9)
	500kg 横型	16.9 (7.6)	18.7 (7.4)	21.9 (7.2)	25.6 (6.9)	30.0 (6.7)	34.9 (6.5)
	500kg 縦型	11.9 (2.5)	13.9 (2.5)	17.2 (2.4)	21.2 (2.3)	25.7 (2.3)	30.8 (2.2)
	300kg 横型	12.1 (6.5)	13.1 (6.4)	14.9 (6.2)	17.1 (6.0)	19.7 (5.8)	22.5 (5.6)
	300kg 縦型	7.6 (2.0)	8.8 (2.0)	10.7 (1.9)	13.1 (1.8)	15.8 (1.8)	18.8 (1.7)

また、燃焼方式との比較実験として、残 LP ガス量を本回収装置による実験と同量(約 34kg)に設定した 1000kg 縦型に対して、燃焼方式による残 LP ガス回収を実施した。その結果、バルク貯槽圧力が大気圧付近となるまでの時間は 130 分を要した。よって、燃焼方式と比べて本回収装置による回収時間は 1/2 以下であり、本回収装置による回収時間短縮の効果は非常に大きいことが確認できた。

2) 活性炭危険性評価

LP ガスを吸着した活性炭の着火・発火の危険性を、小ガス炎法による BAM 着火性試験・発火点測定試験・熱重量示差熱同時測定・熱重量質量分析同時測定にて評価した結果、LP ガスの吸着または吸脱着の繰り返しによる危険性は大きな影響がなかったため、回収装置においては、消火器の設置等 LP ガスの着火に対しての安全対策で十分であることが確認できた。

ただし、実用時は 100kg 以上の LP ガスが吸着されていることから、LP ガスに着火した場合、燃焼が長時間継続するため活性炭に燃え移る可能性があることを認識し火気に注意すべきである。

(6) ガス回収高効率化対策の検討

1) 気化速度の高効率化対策

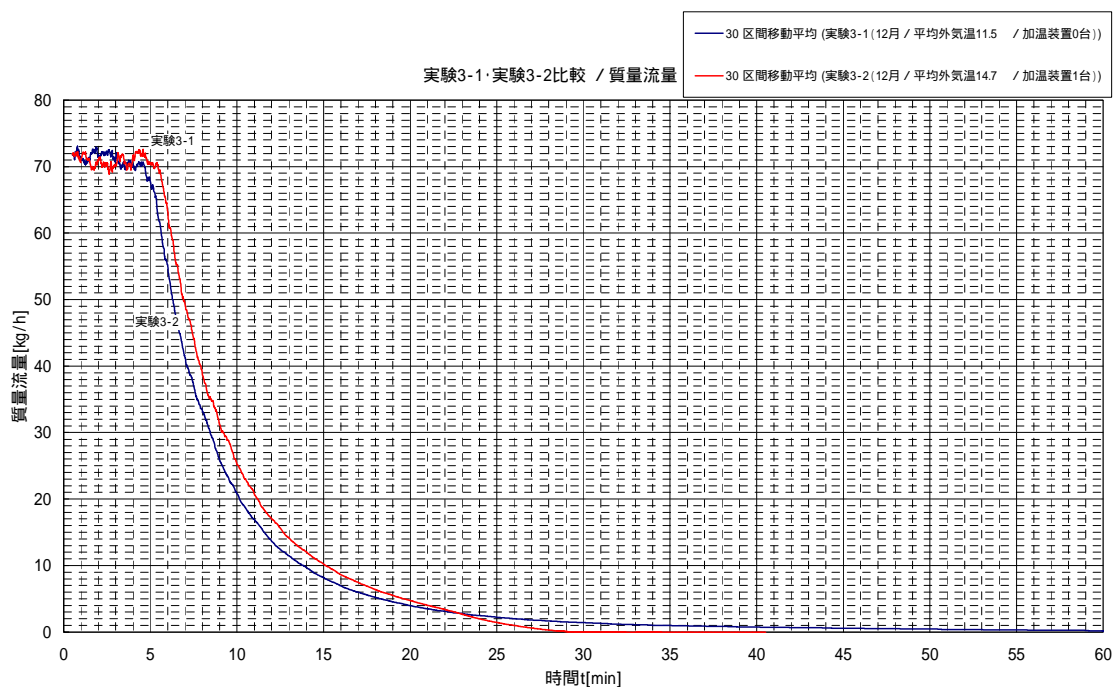
ガス回収高効率化対策として、バルク貯槽を加熱することによる気化速度の高効率化対策を検討した。そこで加熱方式としてバルクジャケット方式と IH (誘導加熱) 方式との比較を行い、現地での取付・撤去が容易で全ての貯槽に設置可能であることなど、本事業での運用方法に適合することから、IH 方式の加熱装置を採用した。表 3-1-2-2 にバルクジャケット方式と IH 方式の比較を示す。

加熱装置の設置により気化熱を補い気化速度の高効率化を図ることが可能であり、回収時間が短縮されることを確認した。特に冬期の回収や残液量が多い場合また圧力が平衡に至るまで回収を行う場合には加熱装置の使用が有効である。グラフ 3-1-2-1 に加熱装置の有無による回収流量の比較を示す。

また、回収終了後にバルク貯槽の加熱を継続すれば、万一、バルク貯槽内の残液が存在していても気化させることで圧力が上昇するので、確実にバルク貯槽内が大気圧未満であることを確認するための手段として利用することも考えられる。

表 3-1-2-2: バルクジャケット方式と IH 方式の比較

項目	評価項目	A. IH	B. バルクジャケット	補足説明
機能性能	全ての貯槽に対応			A.全ての貯槽に対応可能。 B.対応できない貯槽もある。
	拡張性			A.必要に応じて加熱ユニットを増減できる。 (電源供給について、台数により発電機が必要になることも考えられる。) B.増減が困難
使い勝手	現地での取付・撤去			A.マグネットで貯槽に取り付ける方式であり、大変に簡便である。 B.温水マット取り付けや温水配管工事・空気抜きが必要。
	運搬・保管の容易性			A.コントローラと電源コード関係が主な部品であり収納は容易である。 B.温水マットと配管の他、不凍液の回収保管も必要。
安全性	防爆性			A・Bともに基準を満たしており、問題ない。
	電磁波			A.機器単独での検証及び貯槽への組込運転時の確認が必要。
	漏電			A.電気を使用するため、使用時に注意が必要。 (機器側での対応も必要)
省エネルギー性	有効加熱			A.貯槽鉄板を直接加熱するため高効率。 B.保温材等により熱損失を抑えている。
メンテナンス性	日常点検の省略			A・Bともに基準に基づく点検・部品交換を行う必要がある。 B.不凍液を使用するため液の確認と補充が必要。
耐久性	長期間の安定性能			A.設計段階での予想寿命を7~10年で設定。 B.配管継手部をカップリング形式とし耐久性向上。
合計ポイント		22	17	配点 :3 :2 :1 ×:0



グラフ 3-1-2-1：加温装置の有無による回収流量の比較

2) 活性炭経時劣化の評価

LP ガスの吸着・脱着を 300 回繰り返した場合、活性炭での回収成分の蓄積が LP ガス回収性能に及ぼす影響は確認されなかった。よって、回収性能は回収・再生の繰り返しによる経時劣化の影響は受けにくい。

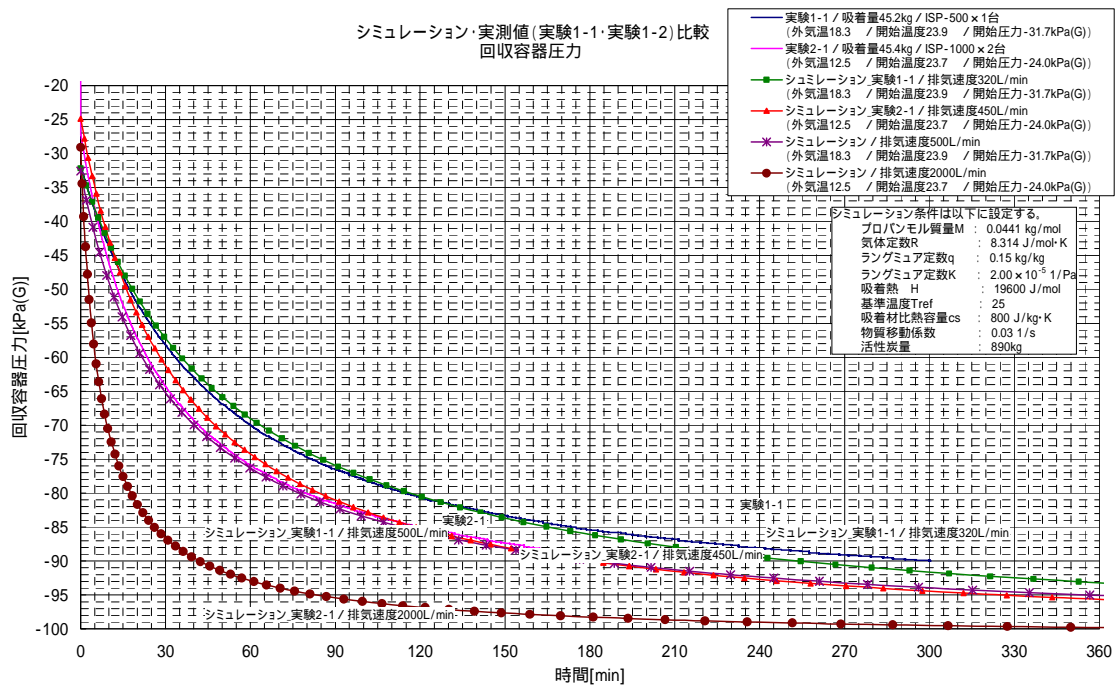
(7) 回収再生ガスの分析

1) 再生方法の検討

実用化に向けて、回収したガスを再利用するため、図 3-1-2-5 のように、回収容器を減圧するための真空ポンプ、真空ポンプにより脱着された LP ガスを一時的に充てんするバランスタンク、バランスタンクに充てんされた LP ガスを貯槽に加圧充てんするためのガスコンプレッサを備えた再生装置を製作し、充てん所に設置した。

真空ポンプの排気速度を 500L/min から 2000L/min に増すことで再生時間が短縮されることを確認した。ただし、排気速度の増加幅 (4 倍) 通りの効果は確認できなかったが、これは回収装置再生流路の配管口径が真空ポンプの吸気口径よりも小さいことが原因の一つと考えられる。シミュレーションによると、メーカー仕様通りの排気速度が発揮されたときの再生時間は 45 分となり、大幅な短縮が可能である。グラフ 3-1-2-2 に実測値とシミュレーションによる回収容器圧力の経時変化の比較を示す。

充てん所に設置されているガスコンプレッサを利用することで容器への充てんが可能である。バランスタンクを介して真空ポンプ吐出側とガスコンプレッサ吸気側を接続し、圧力スイッチ等の利用により、ガスコンプレッサ上流側の圧力でその運転を制御することで、真空ポンプ・ガスコンプレッサに負荷をかけることなく運用が可能である。また、実用上想定される条件にて、脱着したガスを充てんタンクへ液で効率良く充てんする場合は、ガスコンプレッサから排出された LP ガスを冷却する手段が必要となる。



グラフ 3-1-2-2 : に実測値とシミュレーションによる回収容器圧力の経時変化の比較

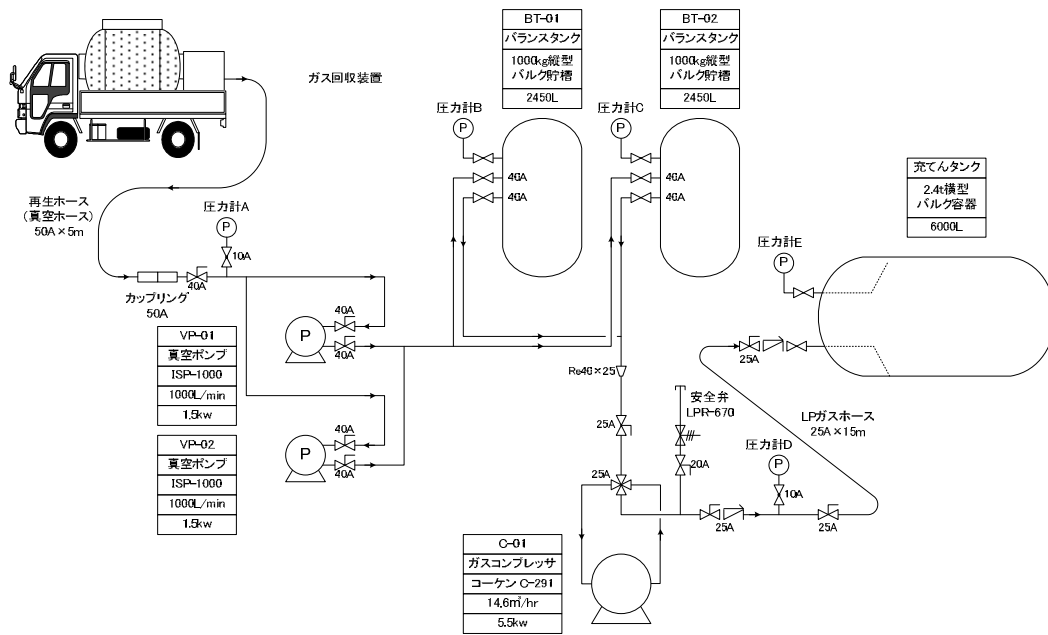


図 3-1-2-5 : 再生装置概略図

2) 回収再生ガスの分析

回収・再生（活性炭への吸着・脱着）によるLPガス成分への影響を確認した。再生ガスは回収前のガスと比べて、その成分に大きな変化を示さず、I号液化石油ガスに該当することがわかった。表3-1-2-3に再生ガスの主成分定量結果を示す。

ただし、着臭剤成分は回収装置に回収・再生することで、活性炭内に吸着されたままとなり、再生ガスは着臭剤をほとんど含まない無臭ガスとなった。そのため、再生ガスの活用については着臭剤の再添加などの措置が必要となる。一方で、活性炭に吸着された着臭剤は回収容器の減圧では脱着されないため、一定回数以上の回収の繰り返しにより飽和し、その後の再生ガスには着臭剤が含まれる可能性が考えられる。よって、実用化にあたっては、再生ガスの着臭剤濃度を最適にするための検討が必要である。

表3-1-2-3：再生ガスの主成分定量結果

成分名	単位	mol %	vol %	mass %
エタン		1.0	1.0	0.7
プロパン		97.8	97.5	97.6
プロピレン		0.0	0.0	0.0
イソブタン		0.8	1.0	1.1
n-ブタン		0.4	0.5	0.6
1-ブテン/イソブチレン		0.0	0.0	0.0
T-2-ブテン		0.0	0.0	0.0
C-2-ブテン		0.0	0.0	0.0
1,3-ブタジエン		0.0	0.0	0.0
イソペンタン		0.0	0.0	0.0
n-ペンタン		0.0	0.0	0.0

(8) 一体型回収システム設計製作及び性能確認試験

1) 5000L 回収装置の設計製作

活性炭 HGI-162 を 2280kg 充てんした容積 5000L の回収容器と制御装置・操作箱を 4t トラックに積載した一体型回収システム(以下、「5000L 回収装置」と記す。)を製作した。2000L 回収装置と同様に、熱電対・圧力計・ガス漏れ検知設備などのセンサと電磁弁を設けた制御装置によって、作業制御・安全制御がなされる。また、制御装置はタッチパネルを備え、作業条件の入力や作業中の温度・圧力の確認等が表示される。さらには、作業中の各計測値の値は制御装置の記憶メディアに保存され、パソコンに出力することが可能である。

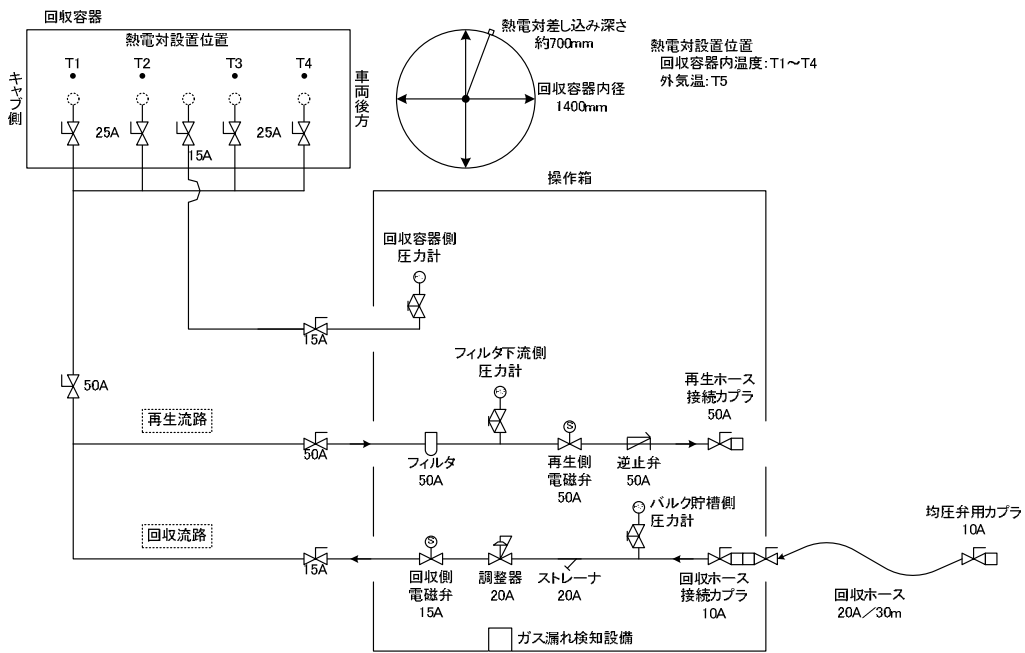
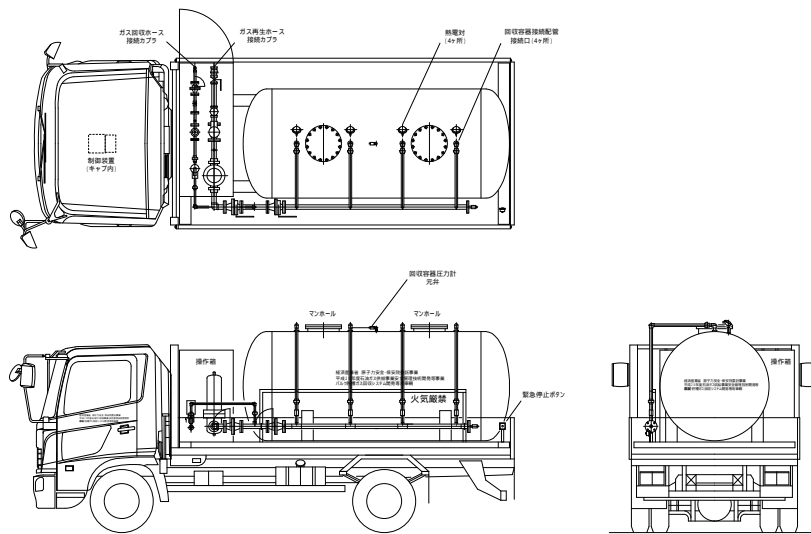
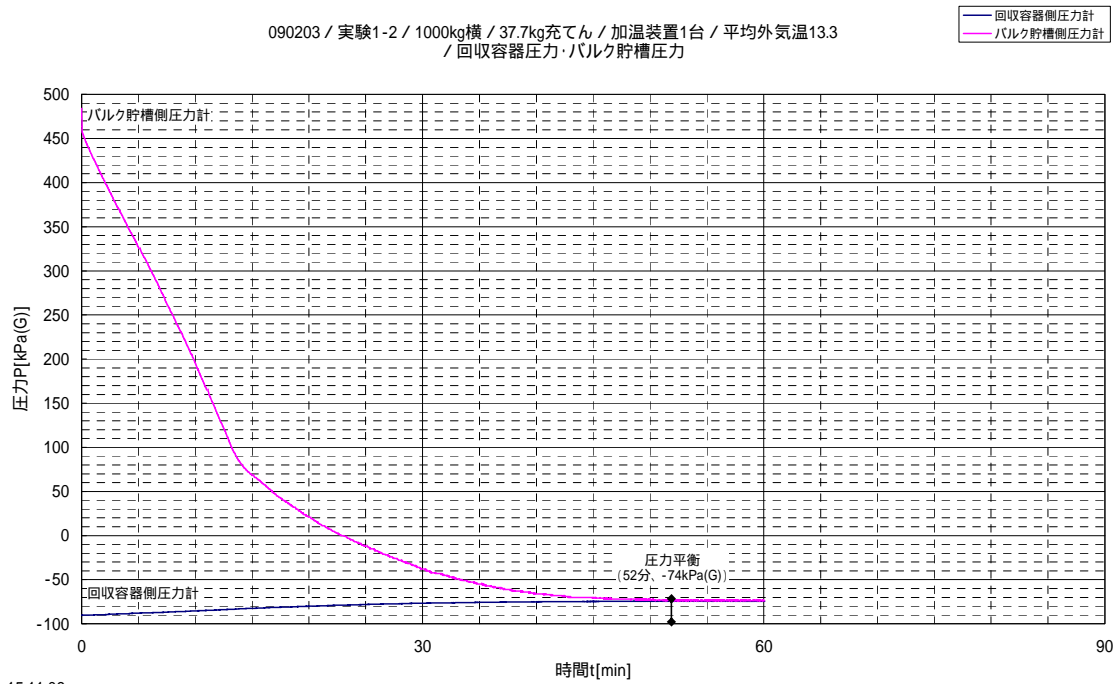


図 3-1-2-6 : 5000L 回収装置

2) 5000L 回収装置の性能確認試験

可能な限りの液回収を実施した 1000kg 横型バルク貯槽から 1 時間以内にガス回収をすることが確認され、さらに加温装置を使用することで回収時間を短縮できる。また、1000kg 横型バルク貯槽は残 LP ガス量・残液量が最も多いことから、残 LP ガス量が少ない他の型式の全てのバルク貯槽に対して、1 時間以内にガス回収が可能である。グラフ 3-1-2-3 に 1000kg 横型バルク貯槽からの残ガス回収実験におけるバルク貯槽・回収容器の圧力変化を示す。

また、5000L 回収装置の最大回収量は 105kg と推定される。このため、5000L 回収装置は可能な限りの液回収を実施した 1000kg 横型バルク貯槽(残 LP ガス量:約 50kg)に対して、2 件連続で回収することが可能である。



15:11:06

グラフ 3-1-2-3 : 1000kg 横型バルク貯槽からの残ガス回収実験における
バルク貯槽・回収容器の圧力変化

(9) 技術基準の検討

バルク貯槽の LP ガス回収システムについて、専門メンバーにより安全工学的な見地から、設備基準、作業基準等の検討・作成を行った。その結果、「バルク貯槽ガス回収システム技術基準 LP ガス吸着工法に係る技術基準(案)」が作成し、この技術基準については将来、「LP ガス業界の自主基準」として位置付けられることを確認した。

3-1-3 特許出願状況等

表 3.1.3.1：特許・論文件数

要素技術	論文数	論文の被引用度数	特許等件数(出願を含む)	特許権の実施件数	ライセンス供与数	取得ライセンス料	国際標準への寄与
回収技術	0	0	1	0	0	0	0
計	0	0	1	0	0	0	0

表 3.1.3.2：論文、投稿、発表、特許リスト

	題目・メディア等	時期
発表	日本液化石油ガス協議会 平成 21 年度 第 1 回講習会	H.21.9.9
	九州液化石油ガス協議会 講習会	H.21.9.16
	関東液化石油ガス協議会 講習会	H.21.9.18
	東京都エルピーガス協会 講習会(2会場)	H.21.10.2・7
	LP ガス IT 推進協議会 09LP ガス安全・安心・ソリューション展 パネル展示	H.21.9.8
	エルピーガス協会 講習会	日程調整中
特許出願	公開番号：特開 2009-68627 「LPG 回収装置および LPG 再生装置」	H19.9.14

3-2 目標の達成度

要素技術	目標・指標	成果	達成度
(1)バルク貯槽設置状況実態調査	LP ガス充てん所・事業所を対象に、バルク貯槽設置状況・過去のLP ガス回収事例・充てん所の設備状況などの情報を抽出し、分析する。	バルク貯槽ガス回収システム開発の仕様目標となる情報が得られ、特に製造後 20 年の告示検査に向けて、ガス回収に関して多くのニーズを確認した。	達成
(2)小規模回収実験機器設計制作 1) 0.8L 回収容器 2) 75L 回収容器 3) 再生装置 4) 500L 回収容器	都市ガスの吸着工法をバルク貯槽へ技術転用するにあたり、まず、LP ガスに対する活性炭の特性を精査する必要がある。そこで基礎評価を段階的に行なえるように吸着材が充てんされた回収容器として三種類の小規模回収装置を設計製作、評価し、活性炭の特性を確認するとともに効率化を検討、その評価も行なう。	各種回収容器を設計製作した。また、活性炭の性能評価と選定を行い、本開発に適した活性炭を選定した。 1) 18 種類の活性炭から、吸着量・充てん密度・入手難易度等を考慮して選定した結果、石炭系活性炭「HG1-162」を選定した。 2) 活性炭を冷却・加温が可能な 75L 回収容器を用いてその効果を評価した結果、回収・再生効率に大きな効果を上げるためには伝熱面積を大きくすることが必要との結果を得た。 3) 製作した再生装置を用いて、真空ポンプの性能による再生効率を評価した結果、回収容器容積に対して十分大きな排気速度を持つ真空ポンプが必要との結果を得た。75L 回収容器に対して排気速度 500L/min の真空ポンプを用いると、再生に必要な時間は 20 分となることを確認した。 4) 容積 500L の容器に活性炭 216kg を充てんした 500L 回収装置を製	達成

		作した。また、回収容器内部と表面から活性炭を加温・冷却する冷温熱発生装置を設置した。	
<p>(3)小規模回収装置性能確認試験</p> <p>500L 回収容器性能評価</p> <p>1)冷温熱発生装置評価</p> <p>2) 熱交換評価</p> <p>3) 分散配管評価</p>	<p>1)冷温熱発生装置によりガス回収時に活性炭の温度上昇を冷却、逆にガス再生時に温度低下を加熱し、ガス回収・再生における効率化のための改善要素を確認する。</p> <p>2) 75L 回収容器での結果により 500L 回収容器には改良した冷温熱発生装置に加えて、ガス回収時に起こるバルク貯槽内でLPガスが気化した際に発生する蒸発潜熱(冷却)を利用する熱交換設備を準備、評価する。</p> <p>3) また、他の方法でもガス回収の効率を確認するためにガスを分散して吸着させるための分散配管を回収容器内に設け、その性能を確認する。</p>	<p>500L 回収容器を用いて、安全性・回収再生性能・改善要素を確認した。</p> <p>1) 回収容器内部の配管設置による活性炭充てん量の低下を補うだけ回収性能高効率化が得られなかったため、冷温熱発生装置は採用しないこととした。</p> <p>2) 回収時に熱交換を行うことで、回収効率はほとんど改善されないが、LP ガス回収容器での気化効率は上昇した。バルク貯槽側にて気化熱を補うための加温措置が必要であるとの結果を得た。</p> <p>3) 分散配管による回収時間短縮の効果は確認できなかったため、分散配管は採用しないこととした。</p>	達成
<p>(4)分離型回収システム設計製作</p>	<p>充てん所には配送のための予備車輛があり、有効利用するために3t程度の小型トラックに2000Lの回収容器を搭載した分離型回収システムを設計製作する。</p> <p>また、安全な作業を確保する目的として圧力計の値から電磁弁の開閉・警報を行う制御装置を設計製作し、2000L回収装置に設置する。</p>	<p>活性炭 890kg を充てんした容積 2000L 回収容器と制御装置・操作箱を 3t トラックに積載した 2000L 回収装置を製作した。</p>	達成
<p>(5)分離型回収システム性能確認試験</p> <p>1) 2000L 回収装置基礎性能評価</p> <p>2) 活性炭危険性評価</p>	<p>2000L 回収装置の性能及び動作確認等を行い、システムの安全性及び効率性を検討する。</p> <p>1)バルク貯槽の形状毎にガス回収量を設定し、ガス回収に要する時間等の基礎的な性能を確認する。</p> <p>2)LP ガスを吸着した活性炭の危険性評価を行う。</p>	<p>2000L 回収装置の性能確認を実施した。また、本回収装置を使用する条件を定め、回収対象となる残 LP ガス量の試算を行った。</p> <p>1)回収容器圧力を-90kPa(G)まで減圧した状態で回収を開始すると60分で40kg回収可能との結果を得た。従来の方式である燃焼方式と比較すると回収に要する時間は1/2以下となり、回収時間短縮の効果は非常に高いとの結果を得た。</p> <p>2) 回収装置においては、消火器の設置等 LP ガスの着火に対する安全対策で十分であるとの見解を得た。</p>	達成

<p>(6) ガス回収高効率化対策の検討</p> <p>1) 気化速度の高効率化対策</p> <p>2) 活性炭経時劣化の評価</p>	<p>1) ガス回収の高効率化に向けて課題となっている回収時にバルク貯槽の気化が追いつかない現象を解決するためにバルク貯槽を加温することで気化速度の高効率化を図る。</p> <p>2) 回収・再生の繰り返しは活性炭の回収性能に及ぼす影響を確認する。</p>	<p>1) 気化速度の高効率化のための、バルク貯槽加温方法について検討した。その結果、バルクジャケット方式よりも IH 方式が適していることを確認した。</p> <p>2) LP ガスの回収・再生を 300 回繰り返して性能比較を行った結果、活性炭は回収・再生の繰り返しによる経時劣化の影響は受けにくいとの結果を得た。</p>	<p>達成</p>
<p>(7) 回収再生ガスの分析</p> <p>1) 再生方法の検討</p> <p>2) 回収再生ガスの分析</p>	<p>実用化に向けて、回収した LP ガスの適切な再生方法、ガス再利用の可能性について検討を行う。</p> <p>1) 真空ポンプ排気速度と再生効率の関係を確認し、実用上 2 時間以内で再生できる再生方法としてガスコンプレッサによる充てん所の容器への充てんを試みる。</p> <p>2) LP ガス回収後、再生した LP ガスの成分分析を行う。</p>	<p>1) 排気速度 2000L/min の真空ポンプを備えた再生装置を製作した。また、回収した LP ガスが再生装置により、充てん所のタンクに再生可能であることを確認した。</p> <p>2) LP ガス回収後、再生した LP ガスの成分分析を行った結果、大きな成分変化は示さず、I 号液化石油ガスに該当することを確認した。</p>	<p>達成</p>
<p>(8) 一体型回収システム設計製作及び性能確認試験</p> <p>1) 5000L 回収装置の設計製作</p> <p>2) 5000L 回収装置の性能確認試験</p>	<p>1) 一体型回収システムは出来る限り多くのガスを回収することを目指して専用車両に搭載した 5000L 回収装置を検討する。</p> <p>2) 製作した装置の性能及び動作確認を行い、システムの安全性・作業効率を検討する。</p>	<p>1) 活性炭 2280kg を充てんした容積 5000L 回収容器と制御装置・操作箱を 4t トラックに積載した 5000L 回収装置を製作した。</p> <p>2) 回収容器圧力を -90kPa(G) まで減圧した状態で回収を開始すると 100kg 回収可能との結果を得た。また 50kg の回収に要する時間は 1 時間未満である。</p>	<p>達成</p>
<p>(9) 技術基準の検討</p>	<p>バルク貯槽の LP ガス回収システムの実用化を目指し、専門メンバーによる安全工学的な見地から、設備基準、作業基準等の検討を行う。</p>	<p>LP ガス業界自主基準と位置づけられる、「バルク貯槽ガス回収システム LP ガス吸着工法に係る技術基準(案)」を作成した。</p>	<p>達成</p>

4. 事業化・波及効果

4-1 事業化の見通し

本開発は、現地でのバルク貯槽附属機器等の保守点検時に必要とされる LP ガス回収作業を目的として開発されたものである。委託事業における 2 年間の研究開発において、基礎的な評価は終了しており、最大で 100kg の LP ガスが回収可能で、かつ、回収した LP ガスは再生装置によって、別の貯槽または容器に再充てん可能であることが確認された。今後は、回収装置・再生装置の構成要素の簡略化とシステム化を図り、フィールドテストを繰り返すことで、商品価値と信頼性を高めていくことが必要である。

また、バルク貯槽を開放して作業するために貯槽内の雰囲気爆発下限界未満の安全な雰囲気にするためには、「残 LP ガス回収」の前に「液回収」、「残 LP ガス回収」の後に「窒素置換」の工程が必要となる。事業化のためには、本開発の回収装置を応用した「液回収」「窒素置換」方法の確立が必須となると考えられる。

上記のように、事業化に向けて開発を継続し、平成 23 年までの製品化を目指す。

4-2 波及効果

本開発の LP ガス回収装置は、トラック積載により現地まで移動することが可能であり、その回収方法においては差圧により LP ガスを気体状で回収し、回収容器内の活性炭の吸着能力により、回収容器内の圧力を大気圧未満に保つことが可能である。また、その回収については消費とみなされ、高圧ガスの製造行為に該当しないというメリットがある。

また、平成 29 年から本格的に開始されるバルク貯槽製造後 20 年の告示検査では、設置場所で検査することで作業手順の作成が検討されているので、燃焼をとまなわない、安全・容易・迅速な LP ガス回収方法として使用が見込まれる。

また、簡易ガス・集合住宅の共用配管などの大容量配管からの LP ガス回収でも需要が見込まれる。

5. 研究開発マネジメント・体制・資金・費用対策効果等

5-1 研究開発計画

表 5-1-1：研究開発計画

実施項目	平成19年度	平成20年度
①バルク貯槽設置状況実態調査	→	
②小規模回収実験機器設計制作	→	
③小規模回収装置性能確認試験	→	
④分離型回収システム設計製作	→	
⑤分離型回収システム性能確認試験		→
⑥ガス回収高効率化対策の検討		→
⑦回収再生ガスの分析		→
⑧一体型回収システム設計製作及び性能確認試験		→
⑨技術基準の検討		→

5-2 研究開発実施者の実施体制・運営

(1) 調査研究実施者の実施体制

本研究開発は、一般競争入札により、株式会社エムテックが落札し、経済産業省からの委託を受けて実施した。エムテックは、研究計画の立案・調査内容の策定・調査実験・データ収集・解析などの調査研究を実施し、その結果のとりまとめを行った。

(2) 調査研究委員会等

本事業に実施にあたっては、学識経験者・関係団体・機器メーカー・ガス事業者などからなる「バルク貯槽ガス回収システムの開発委員会」を設置し、各年4回開催して、研究目標の決定・産業界における技術動向などの実情や事業の進捗状況に基づく計画目標の見直し・事業成果の評価など、研究プロジェクトの総合的な方向性に関する審議・指導を仰いだ。

また、新技術を用いるLPガス回収システムについて、専門メンバーにより安全工学的な見地から、設備基準・作業基準等の検討を行い、LPガス業界の自主基準案を作成するため、「バルク貯槽ガス回収システムの開発 技術基準検討ワーキンググループ」を設置した。

経済産業省（原子力安全・保安院 液化石油ガス保安課）

株式会社エムテック

平成19年度バルク貯槽ガス回収システムの開発委員会
平成20年度バルク貯槽ガス回収システムの開発委員会
バルク貯槽ガス回収システムの開発
技術基準検討ワーキンググループ

平成19年度バルク貯槽ガス回収システムの開発委員会		
学識経験者	委員長	東京工業大学 精密工学研究所 香川 利春 教授 関東学院大学 工学部物質生命科学科 香川 詔士 教授 有限責任中間法人 吸着の研究舎 廣瀬 勉 熊本大学名誉教授
	委員	関連団体
機器メーカー		株式会社桂精機製作所、株式会社関東高圧容器製作所 富士車輛株式会社
	関係者	経済産業省 原子力安全・保安院 液化石油ガス保安課 業務班長（課長補佐） 五十嵐 誠 業務一係長 高橋 千代子

平成20年度バルク貯槽ガス回収システムの開発委員会		
学識経験者	委員長	東京工業大学 精密工学研究所 香川 利春 教授 関東学院大学 工学部物質生命科学科 香川 詔士 教授 有限責任中間法人 吸着の研究舎 廣瀬 勉 熊本大学名誉教授
	委員	関連団体
機器メーカー		株式会社桂精機製作所、株式会社関東高圧容器製作所 陽品運輸倉庫株式会社
	関係者	経済産業省 原子力安全・保安院 液化石油ガス保安課 業務班長（課長補佐） 五十嵐 誠 業務一係長 高橋 千代子

バルク貯槽ガス回収システムの開発 技術基準検討ワーキンググループ		
機器 メーカー	委員長	株式会社ミツウロコ 保安統括室 保安企画部 飯田 正史 部長
	委員	富士工器株式会社、日本車輛製造株式会社、矢崎総業株式会社 株式会社宮入バルブ製作所、株式会社サイサン、株式会社ハマイ
	研究 委員	社団法人全国エルピーガス卸売協会 保安技術部 部長 齋藤 均 北邨 真智子
		関係者

* 旧卸協（現エルピーガス協会）への再委託により実施した。

5-3 資金配分

本事業は、2年間で1.3億円を投入して実施したプロジェクトであり、次表にその予算配分・推移を示す。

表 5-3-1：資金配分

（単位：百万円）

要素技術	平成 19 年度	平成 20 年度	合計
バルク貯槽設置状況実態調査	2.6	-	2.6
小規模回収実験機器設計製作	22.7	-	22.7
小規模回収装置性能確認試験	5.8	-	5.8
分離型回収システム設計製作	28.9	-	28.9
分離型回収システム性能確認試験	-	22.8	22.8
ガス回収高効率化対策の検討	-	4.7	4.7
回収再生ガスの分析	-	1.9	1.9
一体型回収システム設計製作 及び性能確認試験	-	38.9	38.9
技術基準の検討	-	1.7	1.7
合計	60	70	130

平成 19 年度では、吸着技術の基礎データを得るための機器製作・評価（ ）と試作機（ ）の製作に主な資金配分を行った。平成 20 年度では、前年度よりも実用的な条件での評価・高効率化検討・安全性検討（ ）と大容量の試作機製作（ ）について重点的に配分した。

5-4 費用対効果

本事業は、総額 1.3 億円を投じて実施したプロジェクトである。

現在、バルク貯槽からの LP ガス回収は、貯槽撤去や附属品の交換等実施されているが、その方法は主に「移充てんによる方法」と「移動式製造設備による方法」である。「移充てんによる方法」は、多数の空容器を必要とし、その回収に時間と手間を要することからその危険性も指摘される。また、「移動式製造設備による方法」では、高圧ガスの製造行為とな

るため、十分な保安距離を確保する必要がある。また、バルク貯槽製造後 20 年経過時の告示検査の開始もせまっておき、年間 2 万基ペースでその対象となるバルク貯槽が存在している。よって、事業者からは、安全かつ容易に回収可能な LP ガス回収システムの確立が望まれている。

本事業による LP ガス回収システムが確立することで、LP ガス回収の際の安全性が増し、回収時間の短縮も図れるため、事業者・LP ガス消費者の負担軽減は確実である。また、回収した LP ガスは、本来燃焼処理される LP ガスであるが、本システムによると、回収した LP ガスを再生装置で再利用することが可能であり、省エネルギーの観点からも、社会に大きく貢献するものと考えられる。また、バルク貯槽設置先で「火」を使わないことにより、LP ガス＝危険という悪いイメージが払拭される。

5-5 変化への対応

研究開発を実施した 2 年間において、研究開発に影響を及ぼすような社会的・技術的情勢の変化はなかったが、情勢の変化が起こった場合にも対応できるよう情報収集を行いながら、LP ガス回収システムの確立（＝事業化）を目指して開発を継続していく。

特に、本システムの主なターゲットである、バルク貯槽の告示検査については、平成 21 年度石油ガス供給事業安全管理技術開発等事業により「バルク貯槽 20 年検査体制導入整備調査研究」が開始され、告示検査の技術に関する調査や告示検査手順書の作成を検討しており、その動向について確認しながら、対応可能なシステムを目指す。

バルク貯槽ガス回収システム技術基準 L P ガス吸着工法に係る技術基準（案）

第 1 章 総 則

- 1.1 目 的
- 1.2 適用範囲
- 1.3 用語の定義
- 1.4 関係法令及び適用規格

第 2 章 ガス回収

- 2.1 ガス回収の概要
- 2.2 回収装置
- 2.3 回収装置の各部の名称
- 2.4 その他回収装置の機器類の固定・運搬方法
- 2.5 設 備
- 2.6 安全装置

第 3 章 ガス回収に係る作業の内容、方法及び維持管理

- 3.1 ガス回収作業
- 3.2 維持管理
- 3.3 点 検
- 3.4 運行上の安全

第 4 章 ガス再生

- 4.1 ガス再生の概要
- 4.2 再生装置
- 4.3 再生装置の名称
- 4.4 安全装置

第 5 章 ガス再生に係る作業の内容、方法及び維持管理

- 5.1 ガス再生作業

第1章 総則

1.1 目的

本基準は、L Pガス吸着工法によるバルク貯槽ガス回収システム（以下「ガス回収システム」という。）を用いてバルク貯槽のガス回収及びガス再生に関する作業を安全かつ適切に実施するために、法定遵守事項に加え、保安上実施することが望まれる措置を定め、L Pガス回収作業時における災害防止を図り、もって公共の安全に資することを目的とする。

1.2 適用範囲

本基準は、L Pガス吸着工法によるバルク貯槽ガス回収システムの構造及びその装置を取扱う作業に適用する。

1.3 用語の定義

本基準において使用する用語の定義は、液化石油ガスの保安の確保及び取引の適正化に関する法律（以下「液化石油ガス法」という。）で定めるほか、次のとおりとする。

ガス回収：

L Pガスを回収装置に移動して、バルク貯槽の圧力を大気圧以下にすることをいう。

L Pガス吸着工法：

バルク貯槽と回収容器との差圧を利用して、バルク貯槽内のL Pガスを回収容器に移動させ、回収容器に充てんされた吸着材の吸着能力を用いて回収容器にL Pガスを貯蔵する方法をいう。

回収装置：

吸着材の吸着能力によってバルク貯槽のL Pガスを回収する装置のことをいう。

回収作業者：

回収作業の教育を受けた者で、回収装置によりバルク貯槽からL Pガスを回収する作業を行う者をいう。

バルク貯槽：

充てん設備からL Pガスの供給を受けるための貯槽（地盤面に対して移動できないもの）であって、液化石油ガス法施行規則第1条第2項第2号に規定する貯蔵能力3,000kg未満で、均圧弁を装備したもの、あるいは装備可能なものとする。同規則第1条第2項第1号に規定される貯槽は含まれない。

附属機器：

液化石油ガス法規則第19条第3号八（1）から（7）に掲げる機器（安全弁・液面計・過充てん防止装置・カップリング用液流出防止装置を取り付けた液取入弁・ガス放出防止器又は緊急遮断装置を取り付けたガス取出弁・ガ

ス放出防止器又は緊急遮断装置を取り付けた液取出弁・均圧弁)をいう。

吸着材：

活性炭・シリカゲル・ゼオライト等、ガスを吸着可能な細孔をもつ多孔体の材料をいう。

ガス再生：

回収容器を減圧し、回収したL Pガスを吸着材から脱着し、再利用(再生)することをいう。

減圧手段：

回収容器を減圧するための真空ポンプ等をいう。

再生装置：

減圧手段を使用してL Pガスを回収した容器を減圧してL Pガスを吸着材から脱着し、さらに脱着したL Pガスを加圧して充てん所の貯槽等にL Pガスを戻す装置をいう。

再生作業員：

充てん所保安係員の指示のもとか、保安係員が任命した者の立合いでL Pガスの再生作業を行う者をいう。

1.4 関係法令及び適用規格

本基準に規定されていない内容は、関係法令及び適用規格に準拠する。

第2章 ガス回収

2.1 ガス回収の概要

回収装置とバルク貯槽を回収ホースで接続して、その差圧を利用してバルク貯槽から回収装置へガスを移動させて、吸着材の吸着能力により貯蔵することで、バルク貯槽の圧力が大気圧以下になるまでL Pガスの回収を行う。

2.2 回収装置

バルク貯槽に残るL Pガスを吸着材の吸着能力によって、回収することができる機能を有するように製作された装置で、2.3項の機器類から構成される。

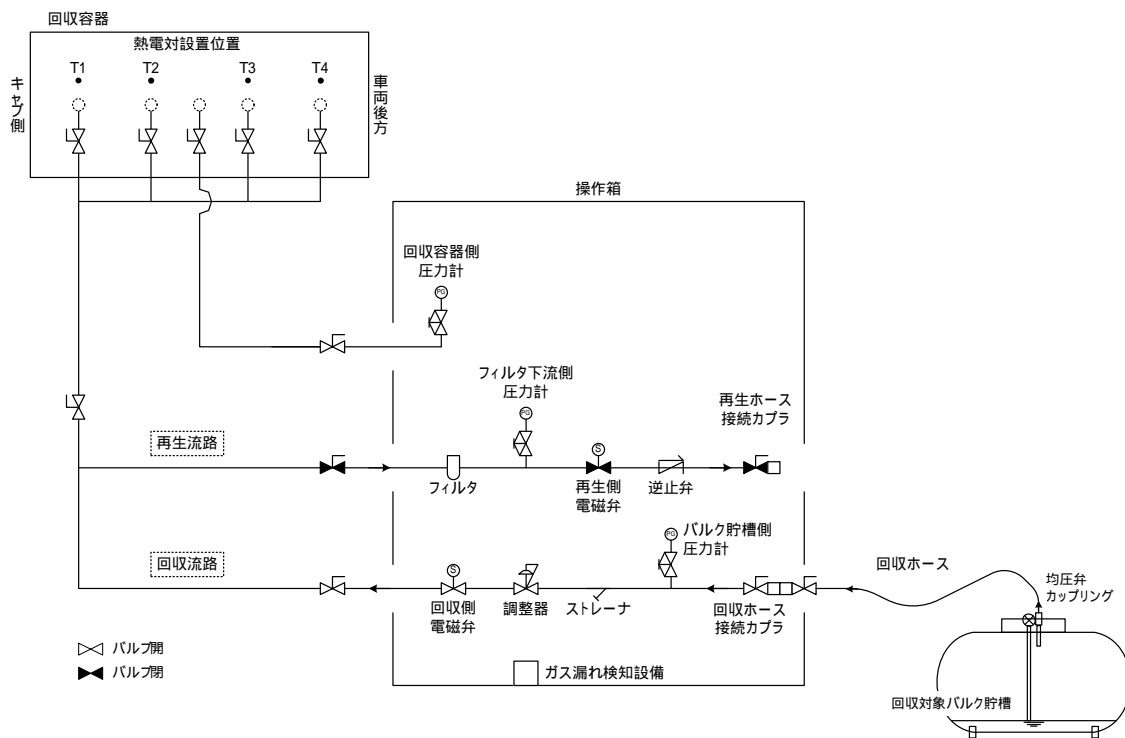


図 1：回収装置の系統図例（回収作業中）

2.3 回収装置の各部の名称

この基準で使用する各部の名称は次による。

車両 …………… 回収容器・操作箱・回収ホース収納箱・制御装置を搭載する。

回収容器 …… 吸着材が充てんされている。

操作箱 …… 制御用センサ（圧力計・ガス漏れ検知設備）・回収流路・再生流路が設置されている。

回収ホース収納箱…回収ホースが収納される。

制御装置 …… 電磁弁の開閉を行う。

警報ブザー・警告灯による注意・警告を行う。

作業状況を確認するためのデータ収集を行う。

2.4 その他 回収装置の機器類の固定・運搬方法

車両上における回収装置の機器類の固定

機器類は車両に搭載し、運搬するため、運搬時の振動及び衝撃により動かないように固定すること。

- ・車両の最大積載量を超えて搭載しないこと。
- ・回収容器は、車両と十分な強度を有するロープ、ワイヤロープ、荷締め器、ネット等（以下、ロープ等と記す。）を使用して確実に緊縛すること。
- ・車両の側板は正常な状態に閉じた上、確実に止金を掛けること。

車両の運転について

- ・運転中は、機器類を固定したロープ等に多大な力が加わらないように、加

- 速・減速等またはカーブ等の運転には十分注意すること。
- 車両の運転にあたっては、道路交通法等の法令についても遵守すること。

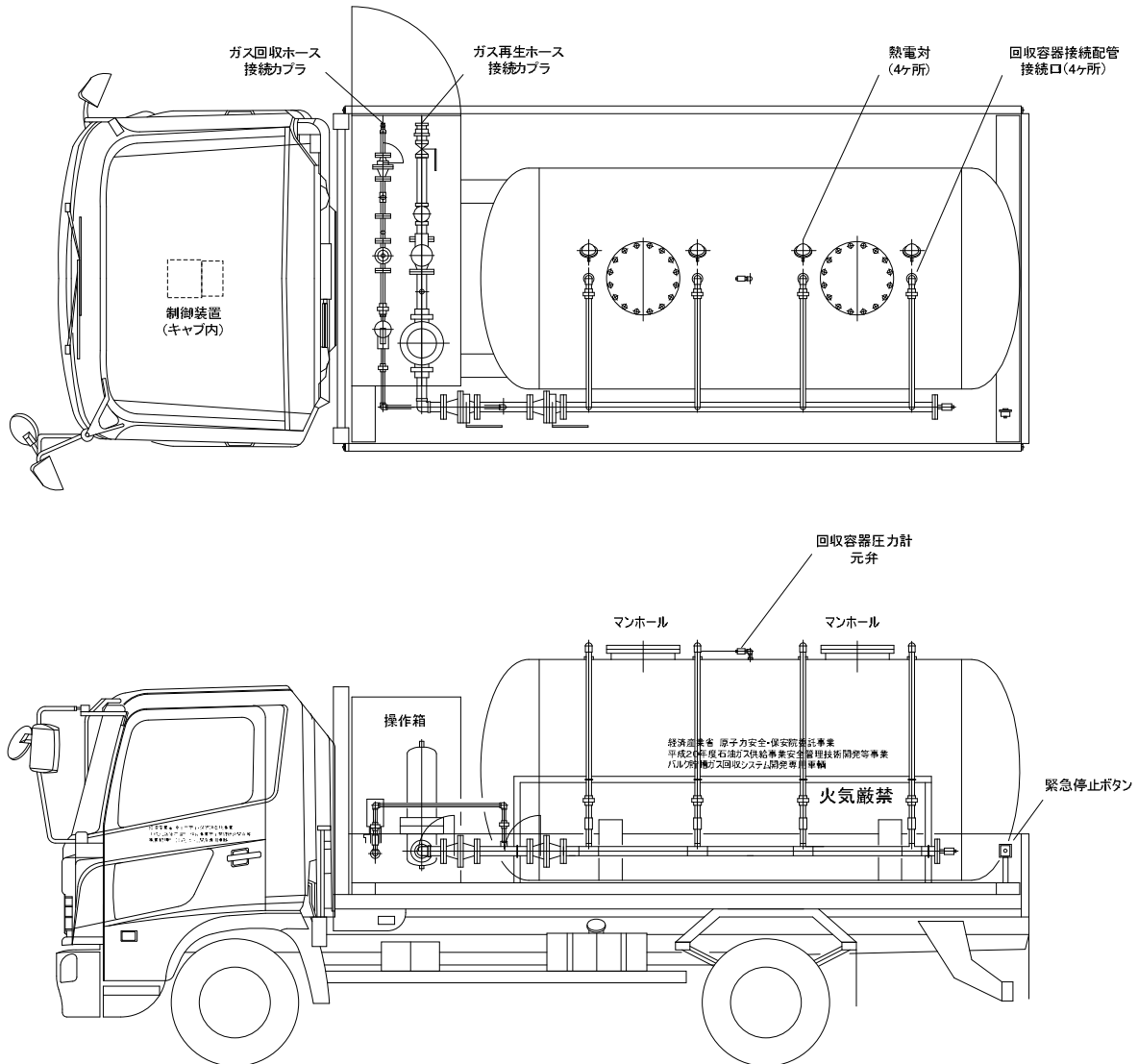


図 2 . 回収装置車両図の例

2.5 設備

回収容器

100kPa (G) 以上の気密性能を十分に保たれる構造とし、負圧及び車両の走行時の振動に十分耐え得る構造とする。

回収ホース

L P ガス回収ホースは日本工業規格 K6347(1995)に規定される鋼線編組式ホースとする。また、ホース内部圧力が負圧の状態ではホースが変形しないこと及び外部から空気等が混入しないものであること。

調整器

調整器は供給機器工業会自主基準 J L I A - B - 2 (平成 18 年 12 月改訂)

に規程される二段減圧式分離型一次調整器とし、30kg/hを超える容量のもので、99kPaの圧力に耐えるものとする。

調整器の調整圧力は100kPa以下とすること。

高圧ガス配管

高圧ガス配管は、高圧ガス保安協会自主基準 KHK S 0801(2004) 高圧ガス配管に関する基準に従い設計、施工するものとする。

操作箱

高圧ガス保安法令関係例示基準液石則関係第48節「附属品操作箱」の基準に準ずる。

消火設備ならびに資材等

消火器、携行資材及び工具等は、高圧ガス保安法令関係例示基準液石則関係第53節「充てん容器等の移動時に携行する消火設備並びに資材等」の基準に準ずる。

警戒標

- ・LPガス回収作業中、LPガス再生作業中、及び火気厳禁の標示
標識は、LPガスの回収作業中又は再生作業中であること及びその付近での火気使用を禁止する旨の標示が第三者に明瞭に識別できるものであること。

表示

回収装置の見やすい箇所に「LPガス回収車」、及び朱書きで「火気厳禁」を表示すること。

2.6 安全装置

ガス回収作業中のトラブルや事故など、不測の事態によるガス回収装置への空気の混入、ガス漏れ、回収容器の圧力上昇を防ぐために以下の安全装置を設置する。

緊急停止スイッチ

緊急停止スイッチは、回収装置の操作箱から離れた位置に設けた固定式のものを設置する。緊急停止スイッチを作動した場合、回収・再生流路に設けた電磁弁の閉止を行い、警報を発するもの又は表示するものとする。

ガス漏れ検知設備

操作箱内には、附属機器及び配管から漏れたガスを検知するガス漏れ検知設備を設置する。回収・再生作業中に漏れたガスの濃度が爆発下限界の1/4以下に達した時に、回収・再生流路に設けた電磁弁の閉止を行い、警報を発するもの又は表示するものとする。

圧力異常停止装置

操作箱内には、圧力センサの値により回収流路に設けた電磁弁の開閉操作を行う制御装置を設置する。回収時に回収容器内の圧力が設定した値を超えた場合、回収流路に設けた電磁弁の閉止を行い、警報を発するもの又は表示するものとする。

第3章 ガス回収に係る作業の内容、方法及び維持管理

3.1 ガス回収作業

(1) ガス回収作業前

回収装置の停止位置等

回収装置を停止する場合には、その位置が、次に掲げる事項が満足できる場所であることを確認して行わなければならない。

a) 回収装置及びバルク供給設備の周辺 2m以内に火気等がないこと。

回収装置の駐車中の保安措置等

回収装置の停車後、回収作業者は次の措置を講じること。

a) エンジンを停止し駐車ブレーキをかけ、非常点滅表示灯を点灯すること。

b) 車輪に輪止め等を設け、車両を固定すること。

c) 「LPガス回収作業中」及び「火気厳禁」の標識を掲げること。

d) 回収装置に設置した消火器が直ちに使用できるように準備すること。

e) 回収装置に装備された圧力計等の保安機器の状態を点検し、故障がないことを確認する。

バルク貯槽の設置状態の確認

a) バルク貯槽が基礎上に確実に設置され、安全に回収が行えることをあらかじめ確認する。

b) バルク貯槽内に残るLPガス量が、回収装置の性能以下であることを確認する。

回収ホースの保護

a) 回収ホースをバルク貯槽まで引き延ばした状態で、当該回収ホース等の上を車両が通過しないように措置すること。

b) 回収ホースを取りまわす際は、からみ、引っ掛かり等により必要以上の荷重が当該回収ホースに作用しないよう注意すること。

回収ホースの接続

a) バルク貯槽に設けた均圧用カップリング(プラグ)を接続する前に、接続する部分からLPガスの漏えいがないことをあらかじめ確認すること。

b) 回収ホースの均圧用カップリング(ソケット)のキャップを外す時は、ブリーダ弁を開いて圧力がないことを確認してから行うこと。

c) 回収ホースの均圧用カップリング(ソケット)とバルク貯槽に設けた均圧用カップリング(プラグ)を接続後、接続部分にLPガスの漏えいがないことを確認する。

(2) ガス回収作業中

回収装置を起動するとき及び運転中は、異常があった場合に直ちに作業を停止できるように緊急停止スイッチが操作できる状態で行うこと。

回収装置の圧力を確認する。

緊急時対応

a) 回収作業者は、ガス回収作業中に異常を感じた場合、通常のガス回収と異なる事象が生じた場合又は適切にガス回収ができないと判断した場合、直ちにガス回収作業を中止し、適切な修理等の応援が得られる場所に移動すること。

b) ガス回収作業中において、LPガスの漏えい、火災等の災害が発生した場合の緊急連絡体制及び具体的な緊急措置内容について、ガス回収事業者があらかじめ整備しておくこと。

ガス回収終了の確認は、バルク貯槽の圧力が再び上昇しないことを確認して終了とする。

(3) ガス回収作業後

ガス回収作業が終了した後、バルク貯槽に設けた均圧カップリングから回収ホースを取り外し、カップリングに異常がないことを確認した後、キャップを装着しブリーダ弁を閉じること。

回収ホースの収納

a) 回収ホースの取りまわしは、必要以上の荷重が回収ホース等に作用しないように注意すること。

b) 回収ホースの収納については、回収装置内の適切な位置に収納すること。

回収装置の点検等

圧力計・ガス漏れ検知設備が正常な状態にあることを確認する。

その他ガス回収作業終了後の措置

a) カップリングのキャップが確実に取り付いていることを確認すること。

b) ブリーダ弁が確実に閉じていることを確認すること。

c) プロテクターのふたが施錠されていたものは、確実に施錠しなおすこと。

d) 回収装置のバルブの開閉状態が正規の状態であるか確認すること。

e) 消火器・輪止め等を回収装置内に収納すること。

f) 必要に応じ、ガス回収記録（実施日時・ガス回収先・ガス回収量等）を記録簿等に記録すること。

g) 警戒標を収納すること。

(4) ガス回収作業の流れ

	No	操作内容
回収装置の停車	1	回収装置を停車する。
	2	エンジンを停止する。
	3	駐車ブレーキを引く。
	4	非常点滅表示灯を点灯する。
	5	制御装置により、圧力計・ガス漏れ検知設備の値が正常であることを確認する。
	6	輪止めを施す。
	7	警戒標を掲示する。
	8	消火器を準備する。
	9	バルク貯槽の設置状況を確認する。
	10	バルク貯槽内の残LPガス量が回収可能な量であることを確認する。
回収ホースの接続	11	回収ホースを回収ホース収納箱からバルク貯槽まで引き出す。
	12	回収ホース上を車両が通過しないように措置する。
	13	バルク貯槽の均圧用カップリングのキャップを外す。
	14	回収ホースのカップリングのブリーダ弁を開き、キャップを外す。
	15	カップリングを接合する。
	16	均圧弁を一度開閉して、カップリング内を大気圧以上とし、その接続部分でLPガスの漏えいがないことを確認する。
回収作業開始	17	均圧弁・カップリング及び回収流路のバルブを開く。
	18	制御装置の回収開始ボタンにより、電磁弁を開く。
回収中		
回収作業終了	19	バルク貯槽側圧力計の値が所定圧力（大気圧未満）に到達したら、制御装置の回収終了ボタンにより、電磁弁を閉じる。
	20	電磁弁を閉じてもバルク貯槽側圧力計の値が所定圧力（大気圧未満）であれば、回収終了とする。 バルク貯槽側圧力計の値が大気圧以上となれば、再度電磁弁を開き、回収を継続する。
	21	回収流路のバルブ・カップリング及び均圧弁を閉じる。
回収ホースの離脱	22	カップリングを分離する。
	23	回収ホースのカップリングにキャップを取り付け、ブリーダ弁を確実に閉じる。
	24	バルク貯槽のカップリングにキャップを取り付ける。
	25	回収ホースを回収ホース収納箱に収納する。
車両の移動	26	周囲にガスの滞留のないことを確認する。
	27	輪止め・警戒標・消火器を収納する。
	28	ガス回収記録を記録する。

3.2 維持管理

回収装置は、日常及び定期的に点検、整備を行い、不完全な箇所があれば直ちに修理して常に最良の状態に保たなければならない。

3.3 点検

(1) 日常点検

運転前車両の日常点検

車両の点検は、道路運送車両法に基づく自動車運行前点検基準（運輸省令第223号）により行う。

なお、異常が認められた場合は、速やかに修理をすること。点検の詳細については、別表 - 1「運転前車両の日常点検」を参照のこと。

回収装置の移動開始前及び移動終了時の日常点検

移動開始及び一日の作業が終了し、車庫に保管後車庫を離れる場合に点検を行う。なお、異常が認められた場合は、速やかに修理その他危険を防止する措置を講じること。

点検の詳細については、別表 - 2「移動開始前及び移動終了時の日常点検」を参照のこと。

ガス回収作業開始前及び終了後の日常点検

ガス回収作業前と終了後に点検を行う。なお、作業前に異常が認められた場合は、ガス回収作業を中止し、速やかに修理その他危険を防止する措置を講じること。点検の詳細については、別表 - 3「ガス回収作業開始前及び終了後の日常点検」を参照のこと。

(2) 定期点検

車両の定期点検

道路運送車両法による自動車検査登録制度により行うこと。

回収装置の定期点検

回収装置の定期点検は法的な規制はされていない。しかし、取り扱うガスがLPガスであることを認識し、安全確保の上で常に正常な状態を維持管理することが必要である。したがって、別表 - 4「回収装置の定期点検」により定期的に点検を行うことが望ましい。

(3) 修理、清掃等

回収装置に係る本技術基準を適合維持するために実施する修理（緊急を要しないものに限る。）又は清掃（以下「修理等」という。）及びその後の使用は、次に掲げる基準により保安上支障のない状態で行うこと。

修理等をするときは、あらかじめ、修理等の作業計画を作成し、かつ、当該作業に係る責任者を定め、当該責任者の監督の下、当該作業計画に基づき修理等を適切に行うこと。

修理等を実施中、異常があったときは、直ちにその旨を当該責任者に通報すること。また、本措置のための通報連絡体制についてもあらかじめ定めてお

くこと。

修理等をするときは、あらかじめ、回収装置内のLPガスをLPガスと反応しにくい不燃性のガス又は液体で置換する等、危険を防止する措置を講ずること。

LPガスが残留している恐れがある状態でやむを得ず修理を行う場合には、次の事項に留意すること。

- a) マッチ、ライター等の所持及び喫煙をしてはならない。
- b) 火気を用いる作業を行ってはならない。
- c) 作業の場所は、通風の良い環境を選び、ガス検知警報器で周囲にガスが存在していないことを確認しなければならない。
- d) 電気機器、灯火等は防爆型のものを使用することが望ましい。
- e) 工具類はベリリウム銅合金等、火花を飛ばさない安全工具を使用することが望ましい。
- f) 設備ならびに作業員の静電気を除去する措置を講じることが望ましい。
修理等終了後の回収装置は、正常に作動することを確認した後でなければ使用してはならない。

3.4 運行上の安全

一般的注意事項

運転者は、回収装置内に可燃性のLPガスがあることを常に認識し、一般公道を移動（走行）する関係上、移動中に万一事故等による火災、爆発等の災害が発生した場合の社会的な影響及び第三者に及ぼす被害の重大性を考慮し、取り扱いのみならず移動に関しては、次に掲げる事項を念頭におき安全運行に努めなければならない。

安全運転

運転者は、交通安全の一般的規制を遵守し、事故防止について細心の注意を払い常に安全運転を心掛けなければならない。車両の整備はもちろんのこと、運転者自身の健康管理にも注意する必要がある、特に過労による「居眠り運転」につながるような生活は改善しなければならない。

交通規則の他、次の点に注意すること。

- a) 回収容器内に常に吸着材があることから一般貨物と異なり、カーブを曲がる時など重心移動が大きいから、制限速度は遵守すること。
- b) 重心移動に加え車両の重量が重いことから、急ブレーキが効きにくいこともあるため、車間距離は十分とること。
- c) 追従車にも気を配り、特にコンクリート電柱運搬車、クレーン車、鋼材運搬車等が後方についた時は、万一の追突による回収容器等の損傷を未然に防止する意味からも道をゆずり、先に走行してもらうことも考慮しておくこと。
- d) 付近に火災が発生している場合は、離れた位置で退避するか迂回して走

行すること。

- e) 雷雨、荒天時等視界が不良な状況では安全な場所に駐車し、天候の回復を待つこと。

禁煙

運転中、あるいは駐停車中でも許可された場所以外では喫煙してはならない。許可された場所であっても喫煙後は吸い殻を所定の灰皿に入れ、消火を確保する必要がある。

駐車

移動（輸送）途中、駐車する場合は、保安物件が密集する地域を避け、かつ、交通量が少ない安全な場所及び他の車両の移動に支障がない場所を選び、駐車しなければならない。回収装置は一般車両と同様道路交通法が適用され、駐停車禁止場所では交通違反になるため、ルールは遵守する必要がある。また、乗務員は車両から離れないようにすること。食事その他やむを得ず車両から離れる場合は、常に目の届く範囲に居るようにしなければならない。なお、やむを得ず坂道に止める場合は、駐車ブレーキを確実にかけ、輪止めをタイヤに挟む等無人の状態でも車両が絶対に移動できないよう配慮すること。

回収装置を移動するときは、移動中の災害防止のために必要な注意事項を記載した書面を運転者に交付し、移動中携帯させ、これを遵守させること。（イエローカード）

第4章 ガス再生

4.1 ガス再生の概要

回収容器を減圧手段で減圧し、L Pガスを吸着材から脱着させ、脱着したL Pガスをバランスタンクに貯留させ、ガスコンプレッサで吸引・加圧し、充てん所の貯槽などに再生を行う。

4.2 再生装置

回収装置で回収したL Pガスを吸着材から脱着させ、そのL Pガスを充てん所の貯槽などに再生させることができる機能を有するように製作をした装置で4.3項の機器類から構成される。

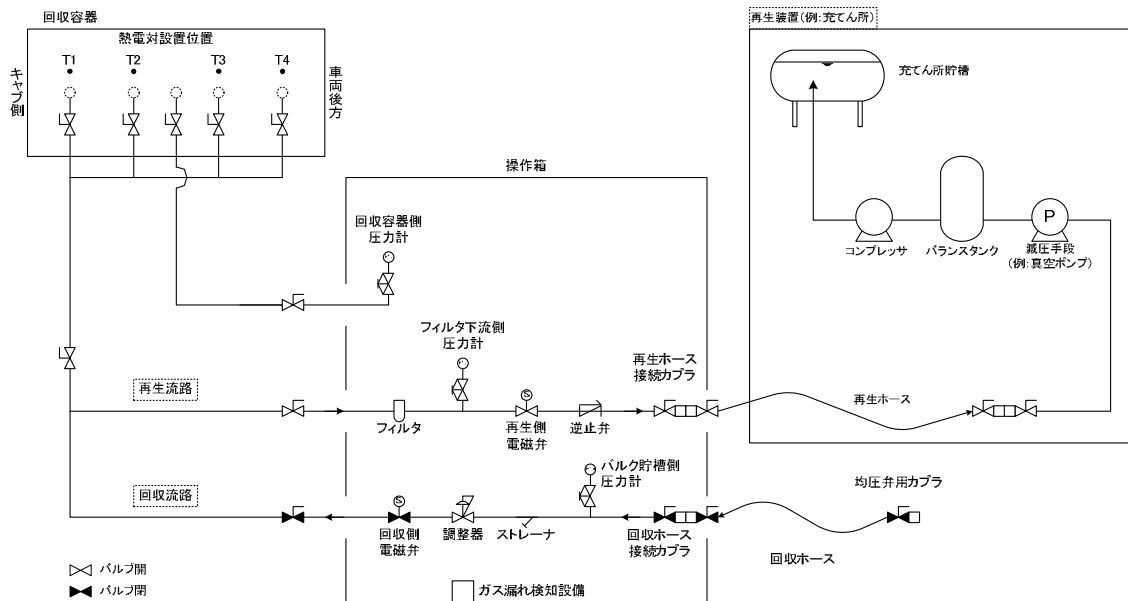


図 3：再生装置の系統図例（再生作業中）

4.3 再生装置の名称

この基準で使用する各部の名称は次による。

減圧手段 …… 回収容器を減圧するための真空ポンプ等のことをいう。

バランスタンク… 脱着したLPガスを一時的に貯留させるタンクのことをいう。

ガスコンプレッサ… バランスタンクに貯留したLPガスを吸引・加圧するコンプレッサのことをいう。

充てん所貯槽… ガスコンプレッサにより加圧したLPガスを充てんする貯槽のことをいう。

4.4 安全装置

ガス再生作業中のトラブルや事故など、不測の事態による再生装置への空気混入、ガス漏れを防ぐために以下の安全装置を設置する。

緊急停止スイッチ

緊急停止スイッチは、回収装置の操作箱から離れた位置に設けた固定式のものを設置する。緊急停止スイッチを作動した場合、回収・再生流路に設けた電磁弁の停止を行い、警報を発するもの又は表示するものとする。

ガス漏れ検知設備

操作箱内には、附属機器及び配管から漏れたガスを検知するガス漏れ検知設備を設置する。回収・再生作業中に漏れたガスの濃度が爆発下限界の1/4以下に達した時に、回収・再生流路に設けた電磁弁の閉止を行い、警報を発するもの又は表示するものとする。

第5章 ガス再生に係る作業の内容、方法及び維持管理

5.1 ガス再生作業

(1) 回収装置の駐車中の保安措置等

回収装置の駐車中の保安措置等

回収装置の停車後、再生作業者は次の措置を講じること。

- a) エンジンを停止し駐車ブレーキをかける。
- b) 車輪に輪止め等を設け、車両を固定すること。
- c) 「LPガス再生作業中」及び「火気厳禁」の標識を掲げること。
- d) 回収装置に設置した消火器が直ちに使用できるように準備すること。
- e) 回収装置に装備された圧力計等の保安機器の状態を点検し、故障がないことを確認する。

(2) ガス再生作業中

再生装置を起動するとき及び運転中は、漏えい等の異常があった場合に直ちに作業を停止できるように緊急停止スイッチが操作できる状態で行うこと。
バランスタンクの圧力を確認する。

再生装置の圧力、及び温度を確認する。

真空ポンプ・ガスコンプレッサが正常に動いていることを確認する。

緊急時対応

- a) 再生作業者は、ガス再生作業中に異常を感じた場合、通常的气体再生と異なる事象が生じた場合又は適切にガス再生ができないと判断した場合、直ちにガス再生作業を中止し、適切な修理等の応援が得られる場所に移動すること。
- b) ガス再生作業中において、LPガスの漏えい、火災等の災害が発生した場合の緊急連絡体制及び具体的な緊急措置内容について、ガス再生事業者があらかじめ整備しておくこと。

(3) ガス再生作業後

回収装置の点検等

圧力計・ガス漏れ検知設備が正常な状態にあることを確認する。

その他ガス再生作業終了後の措置

- a) 回収装置のバルブの開閉状態が正規の状態であるか確認すること。
- b) 消火器・輪止め等を回収装置内に収納すること。
- c) 必要に応じ、ガス再生記録（実施日時・ガス再生先・ガス再生量等）を記録簿等に記録すること。
- d) 警戒標を収納すること。

(4) ガス再生作業の流れ

	No	操作内容
回収装置の停車	1	回収装置を停車する。
	2	エンジンを停止する。
	3	駐車ブレーキを引く。
	4	制御装置により、圧力計・ガス漏れ検知設備の値が正常であることを確認する。
	5	輪止めを施す。
	6	警戒標を掲示する。
	7	消火器を準備する。
	8	再生装置の設置状況を確認する。
再生ホースの接続	9	再生装置から回収装置まで再生ホースを引き出す。
	10	再生装置のカップリング(ソケット)と再生流路のカップリング(プラグ)を接合する。
再生作業開始	11	再生装置・再生流路のバルブを開く。
	12	減圧手段の運転を始める。
	13	制御装置の再生開始ボタンにより、電磁弁を開く。
	14	ガスコンプレッサの運転を始める。
再生中		
再生作業終了	15	回収容器側圧力計の値が所定圧力に到達したら、ガスコンプレッサ・真空ポンプの運転を終了し、制御装置の再生終了ボタンにより電磁弁を閉じる。
	16	再生装置・再生流路のバルブを閉める。
再生ホースの離脱	17	カップリングを分離する。
車両の移動	18	周囲にガスの滞留のないことを確認する。
	19	車止め・警戒標・消火器を収納する。
	20	ガス再生記録を記録する。

回収装置の日常及び定期点検表

(1) 運転前車両の日常点検

(別表-1)

点検項目		点検内容	点検結果
前日の異常箇所		当該箇所の異常	前日または前回の運行中に異常を認めた箇所について、運行に支障がないか点検する。
運転席の点検	ブレーキペダル	踏みしろ、ブレーキのきき、片ぎき	ペダルをいっぱい踏み込んだとき、床板とのすき間(ふみ残ししろ)や踏みごたえが適当であるかを点検する。床板とのすき間が少なくなっている時や踏みごたえがやわらかく感じるときは、ブレーキ液の漏れ、空気の混入によるブレーキのきき不良や片ぎきの恐れがある。
	駐車ブレーキおよびレバー	引きしろ	レバーをいっぱい引いたとき、引きしろが多すぎたり、少なすぎたりしないかを点検する。
	燃料装置	燃料の量	エンジンスイッチを入れ、燃料計により燃料の量が十分であることを確認する。
	空気圧力計	空気圧力の上がり具合	エンジンをかけ、空気圧力の上がり具合が極端に遅い等の異常がないかを点検する。
		空気圧力	エンジンをかけ、空気圧力が圧力計の表示された範囲にあるかを点検する。
	ブレーキバルブ	排気音	ブレーキペダルを踏み込んで離れた場合に、ブレーキバルブから排気音が正常であることを点検する。
	バックミラー	写影	運転席から見て、後方や側方の状況が十分に確認できるかを点検する。
アンダーミラー	写影	運転席から見て、車の直前や左側の状況が十分に確認できるかを点検する。	
エンジンルームの点検	ブレーキのリザーバタンク	液量	ブレーキオイル用タンク内の液量が不足していないかを点検する。
	ラジエターの冷却装置	水量	ラジエター用のリザーバタンク内の水量が不足していないかを点検する。リザーバタンクの無いものは、ラジエターキャップを外して点検する。
		水漏れ	ラジエター本体およびラジエターホースなどから水漏れがないかを点検する。
	潤滑装置	エンジンオイルの量	オイルの量がオイルレベルゲージに示された範囲にあるかを点検する。
ファンベルト	張り具合、損傷	(1) ベルトの中央部を手で押し、ベルトが少したわむ程度であることを点検する。 (2) ベルトに損傷がないかを点検する。	
車の周囲からの点検	灯火装置、方向指示器	点滅具合、汚れ、損傷	(1) エンジンキーを入れ、前照灯、尾灯、番号灯、制動灯、車巾灯などの点灯装置や方向指示器の点滅具合が不良でないかを点検する。 (2) レンズに汚れや損傷がないかを点検する。
	タイヤ	空気圧	タイヤの接地部のたわみ状態により、空気圧が不足していないかを点検する。
		き裂、損傷	タイヤの接地面や側面に、著しいき裂や損傷がないかを点検する。
		異常な摩耗	タイヤの接地面が異常に摩耗していないかを点検する。
		金属片、石など異物	タイヤの接地面や側面に、釘、石その他異物が刺さったり、くい込んでいないかを点検する。
		溝の深さ	溝の深さに不足がないかを、ウエアインジケータなどにより点検する。
	反射板	汚れ損傷	反射板に汚れや、損傷がないかを点検する。
自動車登録番号標または車両番号標		自動車登録番号標または車両番号標に汚れや、損傷がないか、確実に取り付けられているか、また、番号などが明確に表示されているかを点検する。	
エアータンク	タンク内の凝水	ドレンコックを開いて、タンク内に水が溜まっていないかを点検する。	

- 備考 1 . 印の点検項目は、80 km / 時以上で走行できる高速道路などを走行する予定がない場合には、行わなくてもよいものを示す。
- 2 . 印の点検箇所は、エアブレーキが装着されている場合には点検を行う。

(2) 移動開始前及び移動終了時の日常点検

(別表-2)

点検項目		点検内容	点検結果	
			前	後
車両関係		運行前点検(運輸省告示参照)で異常はないか。		
警戒標		「火気厳禁」等の表示は明瞭で汚損等はないか。		
回収容器	外面	打痕、スリ傷、塗装の剥がれ、錆の発生等はないか。		
	マンホール	1. ボルトの取付に緩みはないか。		
		2. 漏れの有無確認		
表示関係	「L P ガス回収車」「火気厳禁」の表示は明瞭で汚損はないか。			
操作箱		1. 開閉が容易で変形損傷がなく、ロック装置に異常はないか。 2. 内部の清掃(油付着のウェス等自然発火のおそれのあるものはおかない)		
弁類等	電磁弁	1. 閉止状態確認(圧力計元弁除く) 2. グランド部、シート部の漏れはないか。		
	調整器	1. キャップは外れていないか。 2. 漏れの有無確認		
計器類	圧力計	1. 接続部に漏れはないか。		
		2. ガラスに損傷がなく指示値は正常か。		
配管		1. 変形、錆、漏れはないか。 2. ボルトの緩み、腐食はないか。		
回収ホース	回収ホース	1. 摩擦状態、膨らみ、異常なねじれはないか。 2. 漏れはないか。		
		1. 漏れ、変形、損傷はないか。 2. キャップは閉じてあるか。 3. 脱着は容易か。 4. 操作レバーの機能は正常か。 5. Oリングは損傷していないか。		
	緊急停止スイッチ	変形、損傷がなく、制御装置にて正常動作を確認		
	ガス漏れ検知設備	変形、損傷がなく、制御装置にて正常動作を確認		
	圧力異常停止装置	制御装置にて正常動作を確認		
安全装置関連機器	警報表示関係	ブザー等は正常状態にあるか。		
消火器		1. 取り付けは確実か。 2. 脱着金具の機能は正常か。		
携行資材等		品目、数量などはそろっているか。		
必要書類		イエローカード(注意書面)、資格証等は携行しているか。		

(3) ガス回収作業前及び終了後の日常点検

(別表 - 3)

点検項目		点検内容	点検結果	
			前	後
弁 類 等	電磁弁	漏れがないこと。(開閉時)		
		確実に閉止されていること。(終了後)		
		開閉操作に異常がないこと。(開閉時)		
計 器 類	圧力計	指示値が正常であること。		
配管		漏れがないこと。(作業前後)		
カップリング		Oリングに損傷がないこと。(キャップ取り外し時)		
		確実に取り付けること。(終了後)		
操作箱		ロック装置が損傷していないこと。(発進前)		

(4) 回収装置の定期点検

(別表 - 4)

点検項目	点検内容	点検結果	
警戒標	「火気厳禁」等の表示は明瞭で汚損等がないこと。		
回収容器	外面	打痕、スリ傷、塗装の剥がれ、錆の発生等がないこと。	
	マンホール	1. ボルトの取付に緩みがないこと。 2. 漏れの有無確認	
	表示関係	「LPガス回収車」「火気厳禁」等の表示は明瞭で汚損がないこと。	
付属品操作箱	1. 開閉が容易で変形損傷がなく、扉は確実にロックできること。 2. 内部の清掃。(油付着ウエス等自然発火のおそれのあるものはおかない)		
弁類	止め弁	1. 完全閉止点検、閉止操作がスムーズであり、ガタがないこと。 2. グランド部、シート部等から漏れがないこと。 3. 表面に有害な傷、腐食および取付ボルトの緩み、腐食のないこと。	
		電磁弁	1. 緊急閉止操作による作動点検を行うこと。 2. 緊急閉止機構との連動による閉止を確認 3. 表面に有害な傷、腐食および取付ボルトの緩み、腐食のないこと。
			圧力計
配管	1. 変形、傷、腐食および取付ボルトの緩み、腐食のないこと。 2. フランジ部、溶接部等からの漏れがないこと。		
回収ホース	回収ホース	1. 漏れ、異常な摩耗、偏摩耗、ねじれがないこと。 2. 表示に切り傷等がなく、ねじ結合部に緩みがないこと。	
		カップリング	1. 漏れ、変形、損傷がないこと。 2. レバー操作がスムーズにあること。 3. キャップの取付は正常か、ブリーダ弁から漏れはないか、脱着は容易か。 4. パッキンの膨張および劣化はないか。
	安全装置 関連機器類		ガス漏れ検知設備
		緊急停止スイッチ	1. 変形、損傷がなく、取付位置、固定状態の確認 2. 電気系統の配線状況の確認
圧力異常停止装置		電気系統の配線状況の確認	
警報表示関係	ブザー等が正常状態であり、電気系統の配線状況の確認		
	消火器	1. 能力単位、取り付け数量(B10-2個以上)は規定通りであること。 2. 安全ピン、封印の有無、変形、損傷、腐食状態の有無、固定バンドの機能の確認	
携行資材等	必要な次の資材が積載されていること。 赤旗、赤色合図灯、メガホン、漏えい検知剤、ロープ(15cm以上2本)、革手袋、輪止め(2ヶ以上)		
必要書類	イエローカード(注意書面)、資格証等は携行すること。 車検証、運転免許証、道路占有許可証、運転日誌等		

7.3 2000L ガス回収装置の性能確認 / 活性炭危険性評価

100：分離型回収システム性能確認試験

120：2000L ガス回収装置の性能確認 / 活性炭危険性評価

(1) 目的

本事業で開発中の 2000L ガス回収装置（以下、回収装置と記す。）は、回収容器内に充てんされた活性炭に LP ガスを吸着させることで回収を行う。回収前の減圧した状態（回収容器圧力：-90kPa(G)）でも、活性炭は 50kg の LP ガスを吸着しており、また回収を終えた状態（回収容器圧力：大気圧未満）では最大 100kg の LP ガスを吸着している。

一般的に LP ガス、活性炭それぞれ単独での危険性は評価されているものの、LP ガスを吸着した状態での活性炭の危険性評価はなされていない。

そこで、LP ガスを吸着させた活性炭について、着火源や熱を与えた場合の危険性評価分析を行い、LP ガスを吸着する前後での活性炭の危険性を比較し、加えて、吸脱着の繰り返しによる活性炭の危険性を評価する。

(2) 分析日時・場所

活性炭の危険性評価にかかわる分析は、株式会社住化分析センターに委託して実施した。

場所：株式会社住化分析センター 愛媛事業所

平成 20 年 11 月 26 日 / BAM 着火性試験（小ガス炎法）

平成 20 年 12 月 1 日～5 日 / 発火点測定試験

平成 20 年 12 月 17 日 / 熱重量示差熱同時測定・熱重量質量分析同時測定

(3) 分析サンプル

分析対象として以下の活性炭サンプルを作成した。

サンプル 1：LP ガスの吸脱着を 100 回繰り返した後、101 回目の吸着を行った活性炭

サンプル 2：LP ガスの吸着を 1 回行った活性炭

サンプル 3：LP ガスを吸脱着する前の活性炭

* 吸着ガスは直前に購入したガスボンベからの新しい LP ガスを使用した。

参考として、表 7.3.1・7.3.2 に活性炭・LP ガス（プロパン・ブタン）の物理的及び化学的性質をそれぞれの製品安全データシートから転載する。

表 7.3.1：活性炭の物理的及び化学的性質

引火点	引火しない
発火点	450（JIS K-1474 に準じた試験結果）
燃焼又は爆発範囲の上限及び下限	爆発しない
比重	2.0～2.2g/ml（真密度）
かさ密度	0.42～0.50g/ml（JIS K-1474 充てん密度）

* 日本エンバイロケミカルズ株式会社 / 粒状白鷺 G5x4/6 (HGI-162) 製品安全データシートより転載

表 7.3.2：LP ガス（プロパン・ブタン）の物理的及び化学的性質

	プロパン	ノルマルブタン	イソブタン
融点	- 189.7	- 138	- 160
沸点	- 42	- 0.5	- 12
引火点	- 104	- 60	引火性ガス
燃焼範囲	2.1～9.5%	1.8～8.4%	1.8～8.4%
蒸気圧（40℃）	1.275MPa(G)	0.278MPa(G)	0.427MPa(G)
発火温度	450	287	460
分子量	44.1	58.1	58.1

* 昭和シェル石油株式会社 / クリーンプロパン（液化石油ガス）製品安全データシートより転載

(4) 分析内容

サンプル 1~3 に対して以下の 3 つの分析を実施した。

BAM 着火性試験 (小ガス炎法)

火薬類およびその他の不安定物質の外からの着火源に対して発火しやすいかどうかを調べる。セリウム鉄火花・導火線の火花・小ガス炎および 800 に赤熱した鉄棒で 3mL 程度の試料に着火を試みて、着火するかどうか、また、着火した場合は燃焼を継続するかどうかを確認する。

今回は最も基本的な方法である小ガス炎法を選択した。ブンゼンバーナー (チャッカマン) からの炎の先端を最大 10 秒間試料に当て着火するかどうかを調べる。

(試験は 5 回繰り返す。)

この試験においては、動画の撮影も実施した。

発火点測定試験 (ASTEM E-659 に準ずる。)

空気雰囲気中で他から火炎・電気火花・赤熱個体などの着火源を与えないで、試料を入れた容器を加熱することで、発火を起こさせる最低温度を測定する。

消防法 4 類の発火点測定として用いられている ASTM 規格 E-659 に準じて実施する。

熱重量示差熱同時測定 (TG-DTA) / 熱重量質量分析同時測定 (TG-MS)

試料を昇温した時の試料重量変化 (TG) 及び吸熱・発熱の追跡 (DTA) と、昇温により発生したガスのリアルタイム質量分析 (TG-MS) を行う。

熱重量質量分析同時測定装置 TG-DTA2020SA/MS9610(Bruker AXS)を用いる。

(5) 分析結果

以下に、株式会社住化分析センターによる BAM 着火性試験 (小ガス炎法) 結果報告書・発火点測定試験結果報告書・熱重量示差熱同時測定 / 熱重量質量分析同時測定結果報告書を示す。

(5.1) BAM 着火性試験 (小ガス炎法) 結果報告書

2008年12月 9日

受注番号 8095661-00

BAM着火性試験 (小ガス炎法) 結果報告書

ご高承のことと存じますが、この測定値は、以下に記載の方法と条件のもとで測定したものです。したがって、次の点にご留意下さい。

- (1) 測定値は、組成の変化および微量の混合物、粒度、水分等によって変わることがあります。
- (2) 測定条件と実際の取り扱い条件との違いを考慮の上、測定値をご利用下さい。

1. 試験実施日 : 2008年11月26日
2. 試験場所 : 株式会社 住化分析センター 愛媛事業所 安全工学研究室
3. 試験実施者 : 山内 正司, 高橋 基
4. 試験物品名 : サンプル1
サンプル2
サンプル3 計3検体
5. 試験条件 : 温度: 14℃
湿度: 58%
6. 判定 : 表1に示す。

表1. 判定方法

現象	記号
不着火	—
着火するが消える。	(+)
着火して燃える。	+
着火して輝く。	+
着火して煙を出す。	+
着火して火を噴く。	+Vp
着火して爆発する。	+
無炎分解発煙	Ab r

7. 試験

7. 1 試験方法 (小ガス炎法)

断熱板 (厚さ10mm, 0℃における熱伝導率0.1W/m・K以下) 上に、試料約0.5mLを円錐状に盛り、液化石油ガスの着火器具を用いて、長さ約20mm, 幅約5mmの拡散炎の先端を最大10秒間試料に接触させ、着火するかどうかを調べる。試験は5回繰り返す。

但し、本試料は粒状であり円錐状に盛ることが出来なかったため、適当量の試料を断熱板にのせて試験を実施した。

着火しない場合は、炎を最大60秒間試料に接触させ、着火するかどうかを見た。また、試験の様子はビデオ撮影を行った。

7. 2 試験結果

表2～4に示す。

表 2. サンプル1の試験結果

No.	判定 (炎接触時間 [sec])
1	+ [< 1]
2	+ [< 1]
3	+ [< 1]
4	+ [< 1]
5	+ [< 1]

着火確率 5 / 5

表 3. サンプル2の試験結果

No.	判定 (炎接触時間 [sec])
1	+ [< 1]
2	+ [< 1]
3	+ [< 1]
4	+ [< 1]
5	+ [< 1]

着火確率 5 / 5

表 4. サンプル3の試験結果

No.	判定 (炎接触時間 [sec])
1	- [60]
2	- [60]
3	- [60]
4	- [60]
5	- [60]

着火確率 0/5

8. 考察

- (1) サンプル1, 及びサンプル2は、小ガス炎法において炎を近づけると直ちに着火したことから、BAMによる判定は、着火+である。
強い摩擦、火花等の着火源には十分注意する必要がある。
- (2) サンプル3は、小ガス炎法において炎を10秒間接触させても着火しなかったことからBAMによる判定は、不着火-である。
60秒間接触させても着火しなかったことから、小火炎（裸火）等の着火源では着火する可能性は低いと考えられる。
しかし、大量の試料を取り扱う等条件が変わると、着火燃焼することもありえるので、着火源には十分注意する必要がある。

(5.2) 発火点測定試験結果報告書

2008年12月5日

受注番号 8095661-00

発火点測定試験結果報告書

ご高承のことと存じますが、この測定値は、報告書に記載の方法と条件のもとで測定したものです。したがって、次の点にご留意下さい。

- (1) 測定値は、組成の変化および微量の混合物、粒度、水分等によって変わることがあります。
- (2) 測定条件と実際の取り扱い条件との違いを考慮の上、測定値をご利用下さい。

1. 試料及び試料数

サンプル1
サンプル2
サンプル3

計3件

2. 分析試験方法

ASTM E-659 マニュアルに準ずる。

3. 分析試験結果

次頁以降に示す。

試 験 名	発火点測定試験
測 定 方 法	ASTM E659
試 験 実 施 日	2008年12月3日
試 験 場 所	(株)住化分析センター 愛媛事業所 安全工学研究室
試 験 実 施 者	直野 福司
試 験 条 件	温度 (23 ℃) 湿度 (55 %) 気圧 (1022 hPa)
試 験 物 品 名	サンプル1
確 認 結 果	510 ℃
備 考	

試 験 名	発火点測定試験
測 定 方 法	ASTM E659
試 験 実 施 日	2008年12月5日
試 験 場 所	(株)住化分析センター 愛媛事業所 安全工学研究室
試 験 実 施 者	直野 福司
試 験 条 件	温度 (21 ℃) 湿度 (53 %) 気圧 (1018 hPa)
試 験 物 品 名	サンプル2
確 認 結 果	519 ℃
備 考	

試 験 名	発火点測定試験
測 定 方 法	ASTM E659
試 験 実 施 日	2008年12月1日
試 験 場 所	(株)住化分析センター 愛媛事業所 安全工学研究室
試 験 実 施 者	直野 福司
試 験 条 件	温度 (22 ℃) 湿度 (39 %) 気圧 (1025 hPa)
試 験 物 品 名	サンプル3
確 認 結 果	700 ℃以上
備 考	

(5.3) 熱重量示差熱同時測定 / 熱重量質量分析同時測定結果報告書

2008年12月19日

受注番号	8095661-00
------	------------

活性炭の危険性評価

1. 目的

- ・受領試料の熱挙動データの取得
- ・加熱時の発生ガス定性

2. 試料及び試料数

- ・サンプル1
- ・サンプル2
- ・サンプル3

計 3 検体

3. 分析・試験方法

3.1 分析項目

- ・熱重量示差熱同時測定 (TG-DTA)
- ・熱重量質量分析同時測定 (TG-MS)

3.2 使用装置

- ・熱重量質量分析同時測定装置 TG-DTA2020SA/MS9610 (Bruker AXS)

3.3 前処理・測定条件

供試料の小片を選択し、そのまま測定試料とした。試料重量に関しては室温で減量が認められたため、天秤導入後の表示値を試料重量とした。

測定は試料導入後、約5分後を初期重量とし開始した。

(TG-DTA)

セル : Pt (開放式)
試料量 : 約 17 ~ 23 mg
測定範囲 : RT ~ 1000 °C
昇温速度 : 10 °C / min
雰囲気 : Air 100 mL / min

(MS)

イオン化 : EI
走査範囲 : $m/z=1 \sim 100$

4. 分析試験結果

TG-DTA チャートを図 1, 2, 3 に示した。図中、熱重量 (TG)、示差熱曲線 (DTA) を示し、DTA は正方向を発熱とする。

TG-DTA より、いずれの試料も室温から約 250°C において吸熱を伴った減量が認められた。この減量の終了温度はサンプル 1 > サンプル 2 > サンプル 3 の傾向が示された。

約 400 ~ 870°C において発熱を伴った減量が認められ、恒重量に達した。各減量値を表 1 にまとめた。

表 1 重量変化読取値 (wt%, 括弧内は読取温度を示す)

試料名	/ wt% (/ °C)	
サンプル 1	-5 (242)	-87 (871)
サンプル 2	-7 (186)	-90 (825)
サンプル 3	-2 (125)	-90 (854)

サンプル 1 のマスクロマトグラムを図 4 に示した。質量分析より推定された化合物を表 2 にまとめた。

室温から約 300°C において、プロパン、ブタン由来と推測されるイオンが検出された。又、約 100°C から 300°C において、微量ながら、ペンタン由来と推測されるイオンが検出された。活性炭に吸着した LP ガスに由来するものと考えられる。 $t = 8 \text{ min}$ (約 80°C) におけるマススペクトルを図 5 に示した。上段が測定により得られたマススペクトル、下段がライブラリのスペクトルを示す。

約 350°C から水、約 400°C から二酸化炭素由来と推測されるイオンが検出された。二酸化炭素に関しては、炭化水素の酸化したものが先ず検出され、続いて重量変化と同期し活性炭そのものが酸化していると考えられる。

微量成分については空気中での測定であり、酸化、燃焼等が生じている可能性があり、定性には至らなかった。

参考として、*n*-プロパン、*n*-ブタン、*n*-ペンタンのライブラリマススペクトルを図 6 に示した。

室温から約 300°C の温度域で *n*-プロパン、*n*-ブタン、*n*-ペンタンが発生していると仮定し、各マスクロマトグラムの面積比より発生したガスの割合を見積もった。結果を表 3 に示した。

表2 マスクロマトグラム解析結果

試料名；		
推定化合物	m/z	検出温度 (°C)*
H ₂ O	18, 17	~ 300 400 ~ 900
C ₃ H ₈ プロパン	44, 39, 43	~ 300
C ₄ H ₁₀ ブタン	58, 43,	~ 300
C ₅ H ₁₂ ペンタン	72, 41, 42, 43, 57	100 ~ 300
CO ₂	44	350 ~ 800

*ベースライン安定化前に測定を開始しているため、約 200°C 以下の検出挙動と温度との関係性は確度が低い。

表3 発生ガス割合 (%、RT ~ 約 300°C)

試料名；サンプル 1	
C ₃ H ₈ プロパン	86
C ₄ H ₁₀ ブタン	14
C ₅ H ₁₂ ペンタン	0.6

*当該温度域において、上記 3 種以外のガスは発生していないと仮定した。

**イオン化率、熱安定性は同等と仮定した。

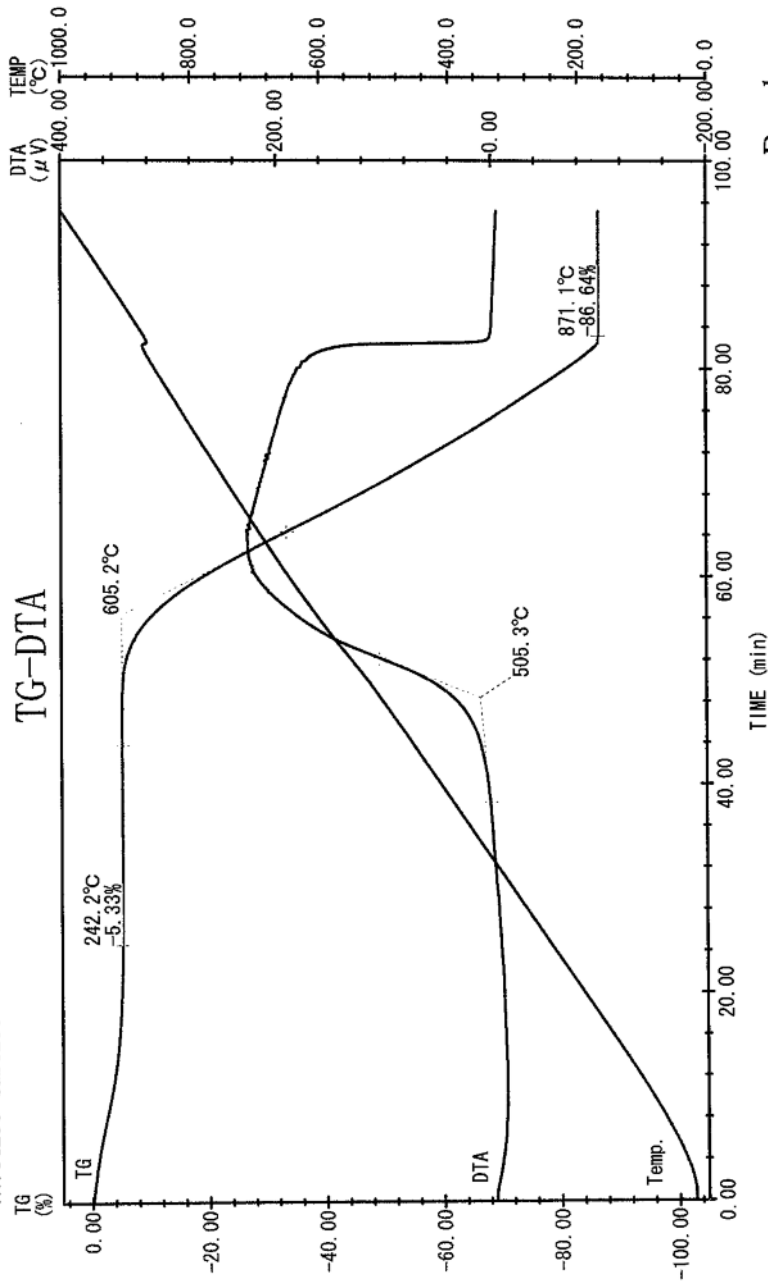
添付資料

- ・TG-DTA チャート 3 枚
- ・マスクロマトグラム 1 枚
- ・マススペクトル 2 枚

以上

ファイル名 : data-03.MRD
 測定者名 : shibahara
 試料名 : サンプル1
 コメント : N2 80 02 20
 inlet250 tube250

測定日時 : 2008-12-17 14:59
 サンプルリング : 0.5 sec
 試料重量 : 23.10 mg
 昇温速度 : 10.0 deg/min

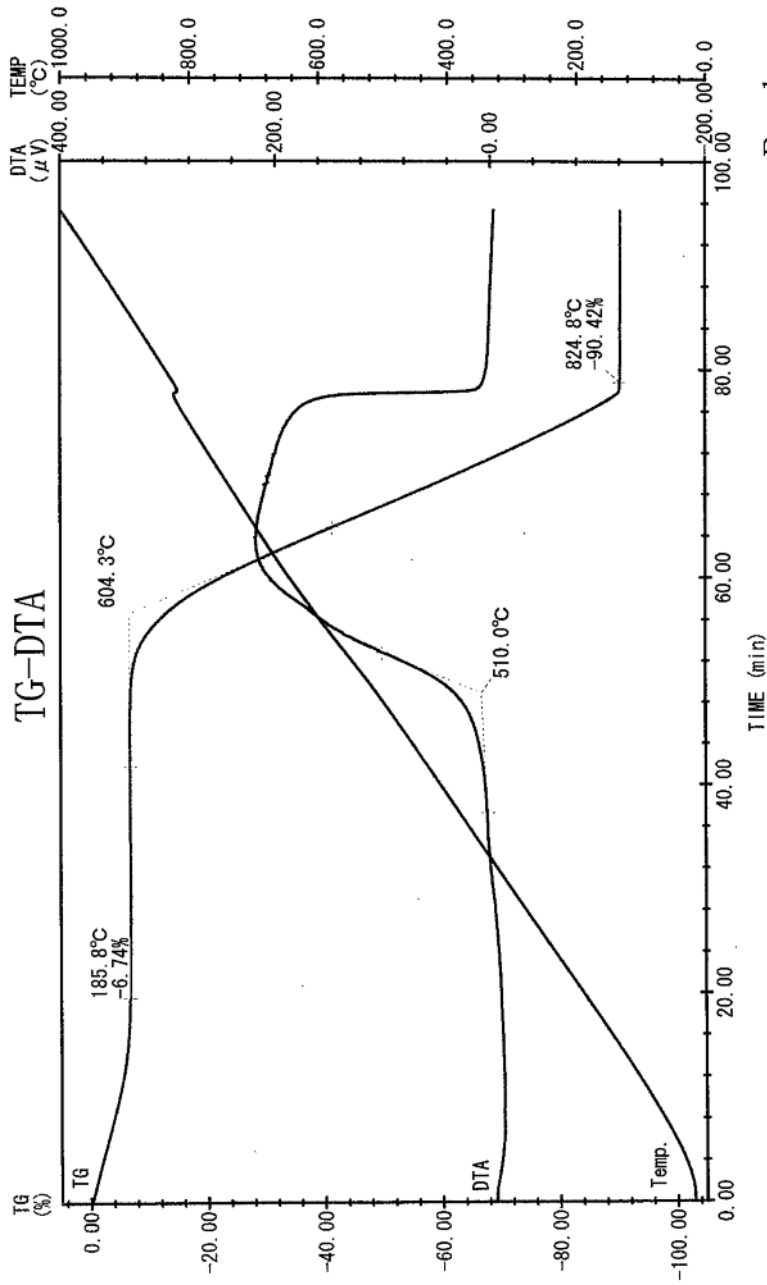


Broker AXS

図 1 サンプル1 TG-DTAチャート

ファイル名 : data-02.pd0
 測定者名 : shibahara
 試料名 : サンプル2
 コメント : N2 80 02 20

測定日時 : 2008-12-17 12:00
 サンプルング : 0.5 sec
 試料重量 : 17.20 mg
 昇温速度 : 10.0 deg/min

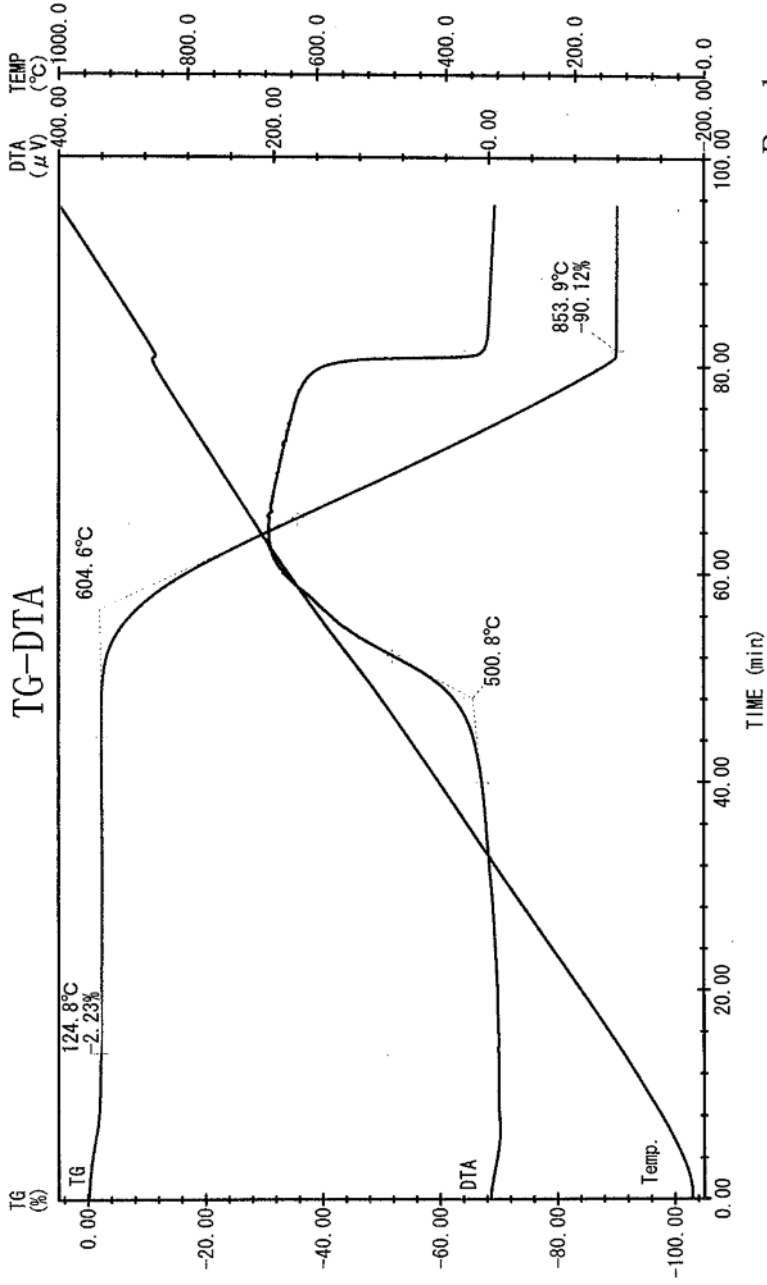


Broker AXS

図 2 サンプル2 TG-DTAチャート

ファイル名 : data-01.MRD
 測定者名 : shibahara
 試料名 :
 コメント : N2 80 02 20

測定日時 : 2008-12-17 09:28
 サンプルング : 0.5 sec
 試料重量 : 18.23 mg
 昇温速度 : 10.0 deg/min



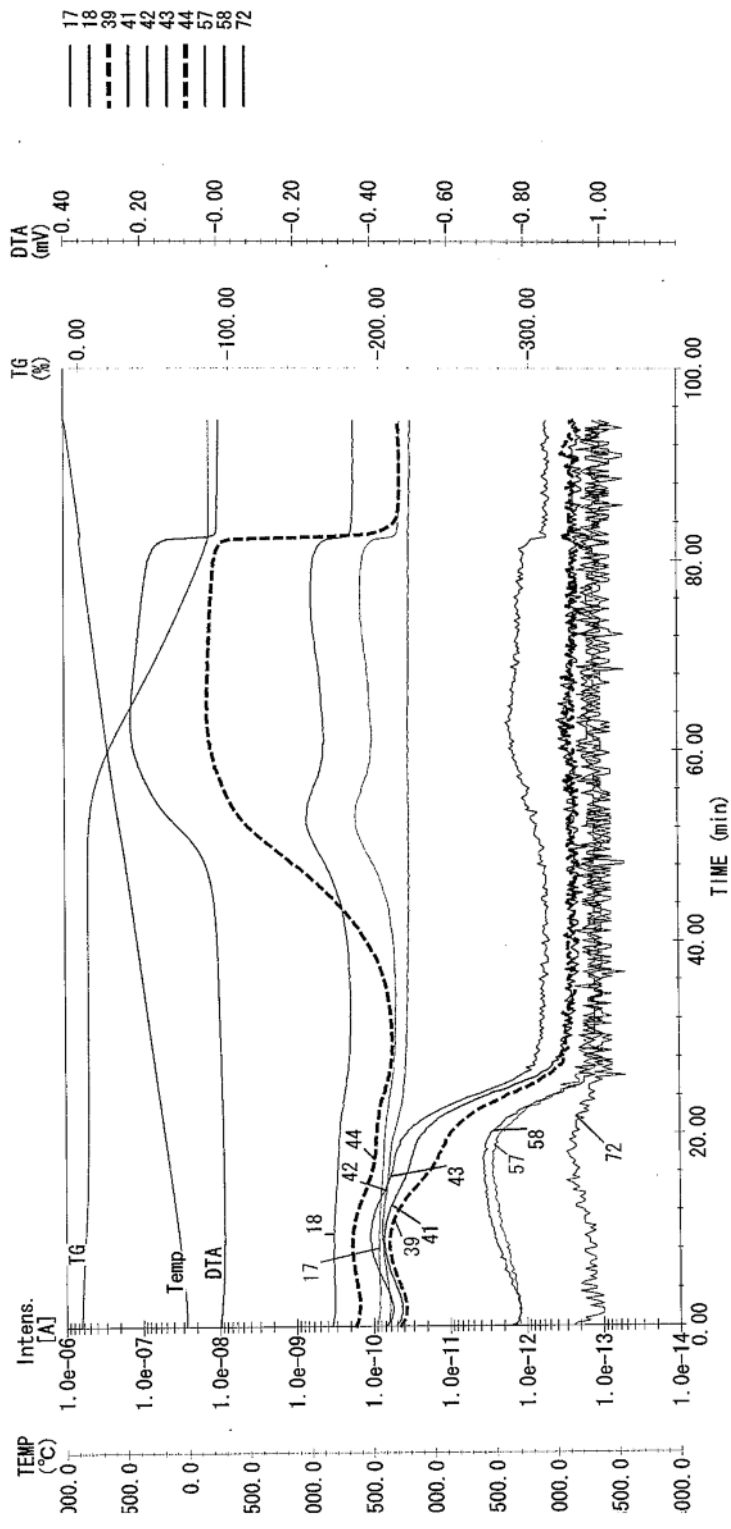
Broker AXS

図 3 サンプル3 TG-DTAチャート

ファイル名 : data-03.mmd
 測定者名 : shibahara
 試料名 : サンプル1
 コメント : N2 80 02 20
 inlet250 tube250

測定日時 : 2008-12-17 14:59
 試料重量 : 23.10 mg

SEM 電圧 : 960V
 イミジョン : 100 uA
 スキャン速度 : AUTO
 フィルタ : AUTO
 イオン化電圧 : 70.00 eV



Broker AXS

図 4 サンプル1 マスクロマトグラム

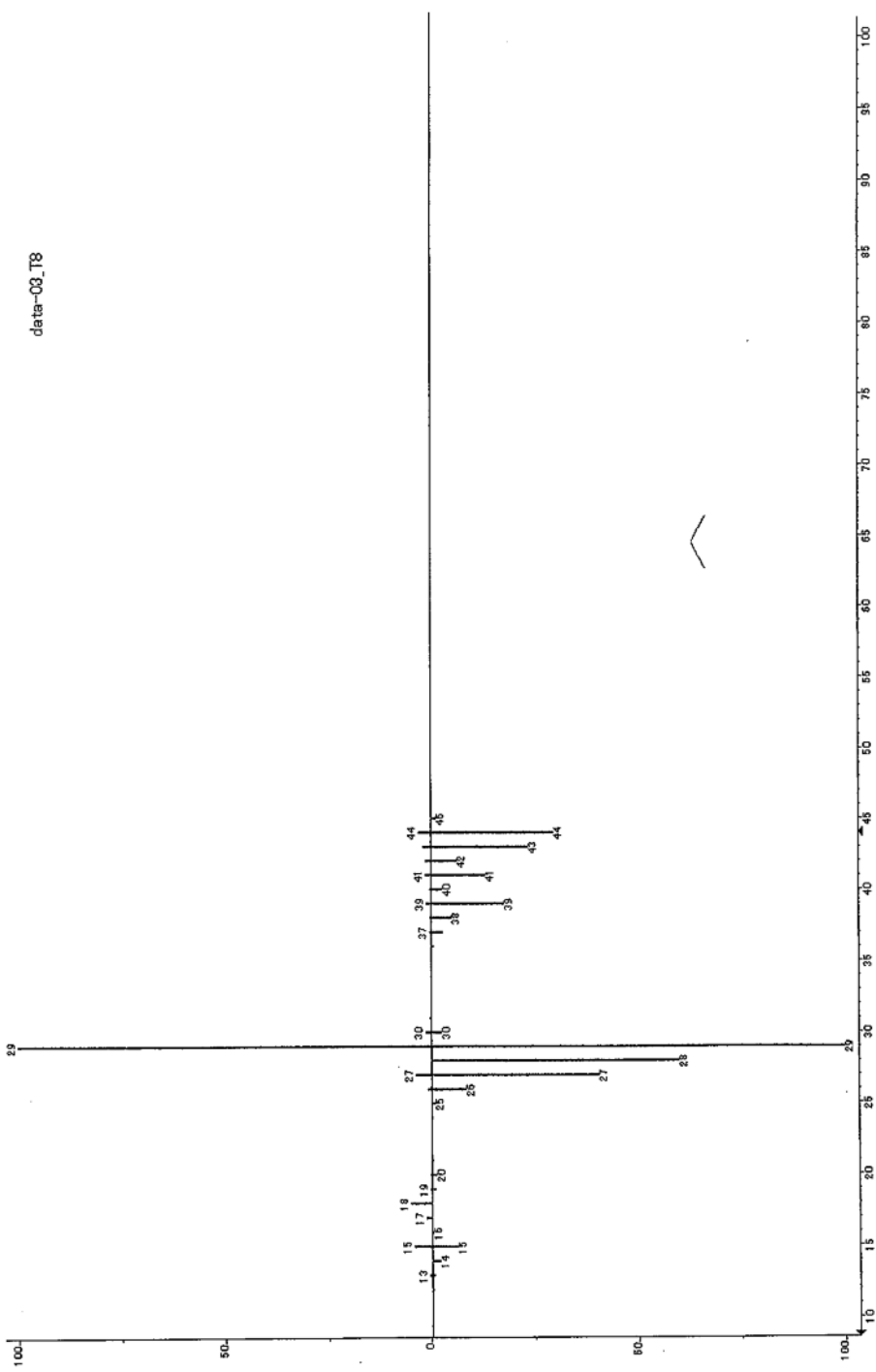


図 5 サンプル1 マススペクトル (t=約98min)

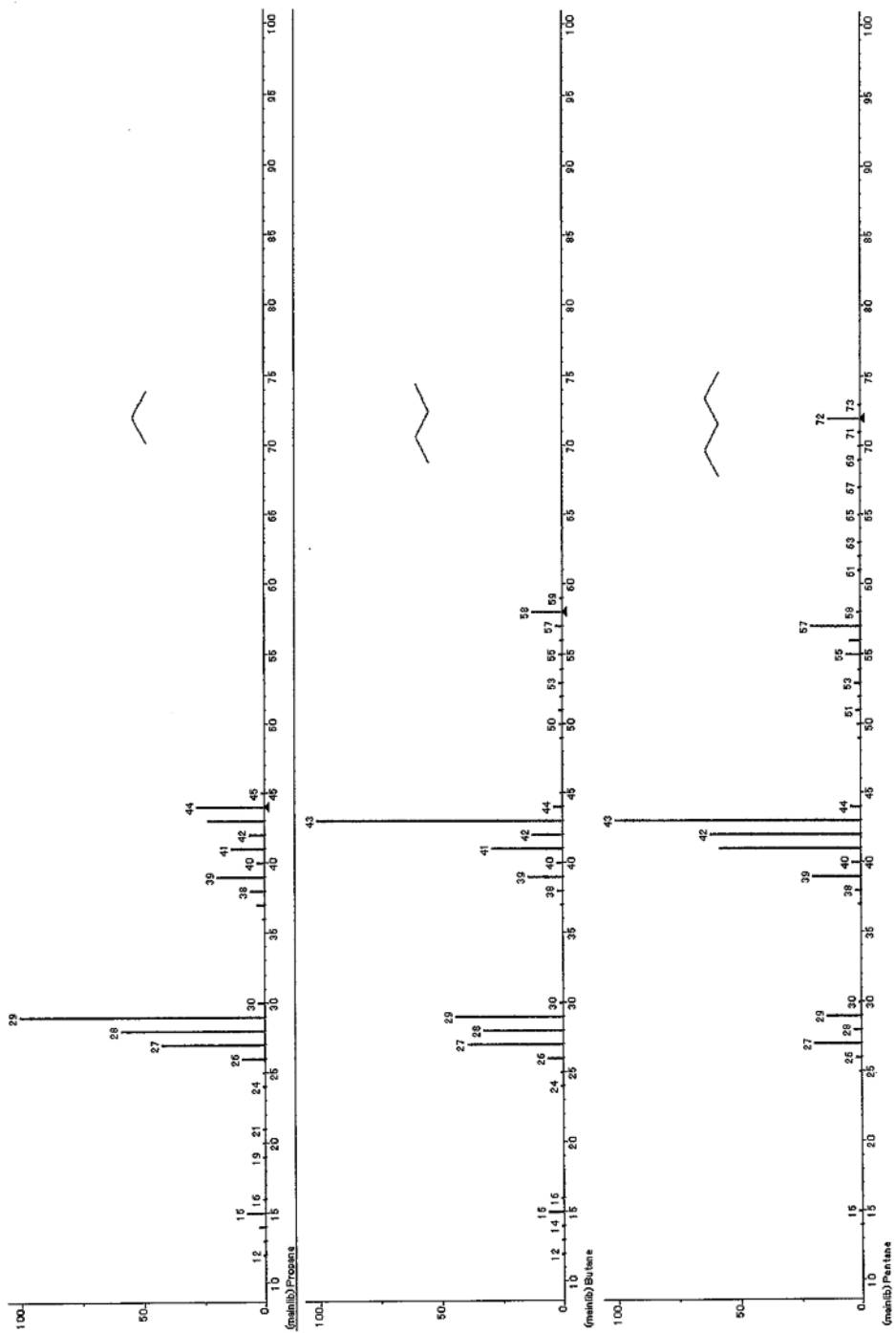


図 6 参考 マススペクトル (NISTライブラリ)

(6) 考察

(6.1) 着火性について

サンプル1・2では、炎を近づけると直ちに着火することが確認された。これは活性炭に吸着していたLPガスが脱着してその脱着ガスに着火していると考えられ、活性炭内にLPガスが存在する間、燃焼は継続する。この時、活性炭には着火が確認できない。また、サンプル3では炎を60秒接触させても、着火は確認されなかった。

よって、LPガスの吸着または吸脱着の繰り返しによって活性炭の着火性は影響を受けないため、回収装置においてはLPガスの着火に対する安全対策で十分である。

ただし、LPガスに着火した場合、2000L回収装置には100kg以上のLPガスが吸着されていることから燃焼が長時間継続されるため、活性炭に燃え移る可能性を認識すべきである。

(6.2) 発火点について

サンプル1・2では、周囲温度の上昇により、510・519で発火することがわかる。これは、プロパンの発火温度450よりも高い温度で測定されている。その理由は不明であるが、活性炭の持つ熱容量によって燃焼熱が吸収され、酸化反応の連鎖が継続しにくいためとも考えられる。また、LPガスの吸脱着回数による影響は確認できない。

一方、サンプル3では、700まで昇温したが発火は確認できなかった。活性炭自身の発火温度も450であるが、本試験では発火の様子は確認されない。これは、活性炭の発火試験はJIS K1474に基づいて測定された数値であり、本試験は昇温により試料から発生したガスの発火点を測定することが目的であるためだと考えられる。

よって、本試験で測定された発火点は510・519であったが、活性炭・LPガスの製品安全データシートによる発火点は450とされているため、回収容器内温度が450以下であれば発火の危険性は少ないと考えられる。

(6.3) 昇温時における試料重量変化と発生ガスの定性について

サンプル1・2・3ともに、室温から約400までに吸熱を伴った減量が確認されており、これは吸着していたLPガス成分や水蒸気(サンプル3では主に水蒸気)が全部脱着されたと考えられる。また、500以降において発熱を伴った減量は活性炭本体の挙動であり、この部分を比較するとサンプル1・2とサンプル3はほぼ同じ挙動を示している。着火温度・発熱量・灰分(燃焼残渣)の数値に少々の差が認められるが、本試験結果においてはこの差を詳細に識別するのは難しい。よって、LPガスの吸着や吸脱着の繰り返しを行った活性炭自身の危険性については、未使用の活性炭と同等であると考えられる。

「表3：発生ガス割合」において、ブタンが14%となっており、通常のLPガス(ブタン1%程度)に比べて高い値を示している。活性炭の性質として、同じ濃度であればプロパンに比べてブタンは高い吸着量を示すので不思議なことではないが、吸脱着を繰り返したため活性炭中のブタン濃度が徐々に蓄積されていった可能性も考えられる。

(7) まとめ

LP ガスを吸着した活性炭の熱的危険性を評価した結果、LP ガスの吸着または吸脱着の繰り返しによりその危険性は大きな影響を受けなかった。よって、回収装置においてはLP ガスの熱的危険性に対する安全対策で十分である。

ただし、実用時は 100kg 以上の LP ガスが吸着されていることから、LP ガスに着火した場合、燃焼が長時間継続するため活性炭に燃え移る可能性があることを認識すべきである。

また、長年の使用により高沸点成分が濃縮されたバルク貯槽内の LP ガスを対象とした吸着及び吸脱着の繰り返しによる活性炭の熱的危険性の増加については、今後評価が必要である。

第3章 評価

第3章 評価

1. 事業の目的・政策的位置付けの妥当性

本プロジェクトは、法令で義務付けられているバルク貯槽の製造20年経過時の検査の際に必要な貯槽内のLPガス回収を安全かつ効率的に行うシステムを開発するものであり、民間企業の実施に委ねるのではなく、国が積極的に行う必要がある。

また、バルク貯槽からのガス回収技術は、現状では効率の点、環境影響の点から多くの問題を抱えており、活性炭によるガス吸着法をLPガス回収に初めて適用し、回収したガスの再利用が可能な安全性の高い回収方法を確立・普及させることは、検査時期が近づいていること及びCO₂削減の観点からも国の施策として重要であり、かつ、実施時期も適切である。

【肯定的意見】

・本研究開発は、産業保安施策の一環としてのLPガス保安に係るものであり、バルク貯槽の製造20年経過時の耐圧・機密試験を含む告示検査に際してのLPガス回収を安全かつ効率的に行うシステムの開発およびLPガス回収技術に関する技術基準の検討に資するものであり、民間企業の実施に委ねるのではなく、国が積極的に関与して行うのが妥当と思われる。

・バルク貯槽の設置台数からして、今後ガス回収の問題は非常に重要になるとと思われる。バルク貯槽からのガス回収技術は現状では効率の点、環境影響の点から実用化には多くの問題を抱えていて高効率、クリーンな新規技術の開発が必要であるが、このような開発を業者が行うには技術的にも予算的にも困難であり、国の事業として妥当である。

・本事業は、平成9年に導入されたLPガスのバルク供給システム用のバルク貯槽内からLPガスを安全かつ短時間で回収するシステムの開発・実用化を図るものである。システム構築のために採用された活性炭によるガス吸着法は、都市ガスの配管内のガス回収に開発された技術でその分野で実績があるが液化状態で貯蔵されるLPガスの回収には初めて適用されるものであり、したがって本事業は新規性の高い技術を中心に据えた事業と考えられる。新システムは、移動式製造設備によるLPガス回収時に必要な保安距離の確保が困難な設置状況にある貯槽にも適用できるため、普及すれば回収時の事故リスクの軽減が広く期待できると考えられ、本事業は保安に関する技術開発を重点的に進める国の施策に沿った適切な事業といえる。

・LPガスの供給を行なうバルク供給システムは、平成9年より導入が開始され、すでに国内では約20万基が設置されている。バルク貯槽は、製造後20年経過時には、告示検査を行なう必要があるが、このとき貯槽内のLPガスの回収が必要となる。しかし現

在の回収方法では、多くの時間や手間がかかり、危険性が伴う可能性も否定できない。さらに、現システムでは最終的に燃焼処理を必要としているとのこと。その量もさることながら、低炭素社会に向け、化石エネルギーの無駄な燃焼は絶対に避けるべきである。また消費者としても、身近な所で火を見るのは絶対に心地よくない。

したがって、安全且つ短時間で効率よくLPガスを回収するための回収システムの開発を進めることは、安心できる社会の構築につながるものであり、さらには、国の技術基準の策定に資するものでもあり、民間だけの実施に委ねるのではなく、国の事業として積極的に行なう必要があると判断する。

・LPバルク貯槽内のLPガスを回収する必要性は今後増すことになり、安全性の高い回収方法を確立し、普及させることは国の施策として重要であると思う。

【問題点・改善すべき点】

・バルク貯槽内のLPガスの回収方法としては他にもあり、すでに実施されている方法もあるので、国の施策として実施する以上は、安全性、経済性、実用性、LCA（ライフサイクルアセスメント）面等も考慮して比較検討を行う必要があると思う。

2. 研究開発等の目標の妥当性

バルク貯槽内のLPガスの安全かつ効率的な回収システムの開発のため、小規模装置から実用規模装置まで段階的な研究目標が設定されているとともに、システムの普及に必要な作業基準案の作成まで目標に設定されており、目標は適切に設定されている。

ただし、目標設定において、高効率などの用語の使い方が分かりにくい箇所があった。

【肯定的意見】

・バルク貯槽内のLPガスの安全かつ効率的な回収システムの開発のため、バルク貯槽設置状況の実態調査、小規模回収実験機器の設計制作と性能確認、分離回収システムの設計制作と性能確認、ガス回収効率化対策の検討、回収再生ガスの分析、一体型回収システムの設計制作と性能確認、技術基準の検討等適正な要素技術を取り上げ、概ね妥当な目標・指標を定めているといえる。

・本事業は新規技術開発を含むが、この新規技術開発のために必要な要素開発を小規模装置から実用規模装置まで段階的に研究目標が設定されている。目標設定は回収回数などの具体的な数値が設定されていて明解である。

・システム構築に用いた新しい技術の特性を十分把握しその特性を生かしたシステムを円滑に実用化に結びつけるために、2年間の限られた事業期間の間に、個別要素技術の研究・開発・評価の過程が全体として手際よく配置され、また個々の要素技術においても有効な目標が設定されていたと考えられる。

・バルク貯槽内のLPガスを安全かつ容易に回収できるシステムの開発を行なうこと、新しい技術を使用した回収装置の業界内技術基準を定めることが目標である。

LPガス充填所や事業所のニーズに対応した開発を行なうために、バルク貯槽設置状況や充填所の設備状況などの実態調査からスタートし、活性炭の特性精査のための小規模回収実験の機器設計、さらに回収装置の性能の確認と順次クリアする目標水準を設定し、最終的には新しい技術を使用した装置の技術基準を定めるという目標水準に持っていく様に設定されている。

また、それぞれの目標水準ごとに、達成度を測るための指標が作成され、それをクリアすると次の段階の検討に入る様に設定されており、研究開発等の目標は適切かつ妥当と考える。

・今後必要性が増すバルク貯槽内のLPガスの回収を安全に行うシステムの開発とシステムの普及に必要な作業基準案の作成を目標としており、目標の設定及びその目標水準は適切に設定されていると考えられる。

【問題点・改善すべき点】

- ・活性炭に硫黄化合物の付臭剤を含むLPガスが吸着することを考えると、種々の視点からの安全性の検討による確認が必要と思われる。
- ・(3)項に挙げられている冷熱発生装置、熱交換評価、分散配管評価に関しては「蒸発潜熱を利用する熱交換設備」の仕様が明確でない。
- ・高効率、効率化など、「効率」を用いた用語が比較的ひんばんに用いられているが、時間や作業の手間の削減の意味か、エネルギー効率の意味か、利用効率の意味か、あるいは他の面からみた効率のことなのか違いがわかりにくいと思われる表現がいくつか見受けられた。

3. 成果、目標の達成度の妥当性

バルク貯槽内の最大100kgのLPガスが回収可能であることを確認し、回収したLPガスを再生可能な装置の製作及び、システムの普及に必要な作業基準案の作成が実施されており、当初の目標は十分に達成したと評価できる。本システムの実用化にあたり重要な要素となる回収時間の短縮を図る技術の検討に重点をおき、種々の可能性を探る努力をし、技術評価を密に行ったことは、今後の技術の発展の方向性の検討にも資すると考えられる。また、論文の発表や工業所有権の取得等も行われており、本プロジェクトの成果として評価できる。

なお、活性炭の伝熱効果がほとんどないことを考慮すれば、回収装置に使用する容器は、既存の容器の改造利用ではなく、伝熱効果の増加等を考慮し、当該容器の新たな設計製作についても検討すべきであったと考えられる。

【肯定的意見】

・容積2,000L及び5,000Lの回収容器に活性炭を充填したLPガス回収装置の設計製作と性能評価を実施し、最大100kgのLPガスを回収可能であることを確認し、また、回収したLPガスの再生可能な再生装置を製作し、さらに、LPガス業界の自主基準と位置づけられる作業基準案を作成しており、概ね目標を達成したといえる。

・最終的に実用化可能な2,000L回収装置を試作し、性能評価を行っている。その結果、回収時間の短縮、繰り返し回数などについて当初の目標設定を達成していると認められる。また安全性についての検討も行っている。

・本システムの実用化のうえで重要な要素となる現場での作業時間の短縮を図る技術の検討に重点をおきそのために種々の可能性を探る努力をし、それぞれについて技術評価を密に行ったことは、今後の技術の発展の方向性の検討にも資すると考えられ、高く評価できると考えられる。

・成果として、主目的であるLPガスの回収については、最大100kgのガスが回収可能であることが確認でき、さらに、回収されたLPガスを再生できる再生装置も制作されている。また、LPガス業界の自主基準と位置づけられる作業基準案も作成されたことなど多くの成果があった。

設定された目標以外に得られた成果としては、当初のニーズ調査では、回収にかかる時間は2時間以内を期待されていたが、50kgの回収に要する時間は1時間未満であることが確認できたこと。また、何よりも燃焼処理がなくなったことは、地域住民にとって大歓迎すべき成果であり、回収したガスが再利用できる点も低炭素社会構築に向けて、大きな成果である。

まずは、当初の目標の基準は十分に達成できていると判断できる。また、論文の発表、特許の出願などもいくつか行なわれていることが報告されている。

・活性炭を用いたLP回収装置について小規模装置による性能評価試験から実規模装置

による運転性能試験を実施し、システムの性能評価を行っており、さらに作業の技術基準案を作成しており、所期の目標を達成していると考えられる。また、工業所有権の取得及び技術の普及のための活動にも努力が見られ、それらも成果として評価することができる。

【問題点・改善すべき点】

・ L P ガスの回収に伴い、L P ガスの付臭剤である硫黄化合物が活性炭に吸着するが、それらの経時変化による吸着量の増加に伴う安全性について、明らかにする必要がある。活性炭への硫黄化合物の吸着は自然発火性を増大するおそれがあるため、自然発火性のおそれの可否に関する知見と、必要によりその知見をふまえた安全な取扱基準の策定を検討する必要がある。

・ 冷温熱発生装置に関しては当初の目標の性能が得られていない。この点に関しては、技術的なハードルが高い開発目標であり、限られた時間内で開発するのは困難なテーマであるので仕方がない面もあるが、当初の目標設定が適切でなかったともいえる。

・ L P ガスを吸着した状態の活性炭の安全性については、実験室規模での基礎的な実験で確認がされているが、使用後の活性炭が大量に空気中にさらされると考えられる詰め替え作業時の際の安全性についてはさらに将来フィールドテスト等を通じて確認することが望ましいと思われる。

・ 活性炭は伝熱効果がほとんど期待できないことは明らかですので、回収装置に使用する容器としては既存の容器の改造ではなく、伝熱効果の増加を考慮に入れた構造のもので、しかも、充てん物である活性炭の入替が容易に行えるようなものを新たに設計製作して検討するべきであったと思われる。

4. 事業化、波及効果についての妥当性

実用化に向けたLPガス回収システムの試作及び確認試験が実施されており、また、LPガスの回収に利用する活性炭の繰り返し使用による耐久性の評価も行われており、事業化の見通しは十分にあると考えられる。また、本プロジェクトにより、従来の回収システムの課題を克服するとともに、これまで回収時に燃焼処理していたLPガスの再利用が可能になり、バルク貯槽がこれまで約20万基が設置されていることを勘案すると、本プロジェクトで開発された技術の波及効果は大きい。

なお、事業化に当たっては次の項目について、検討・考慮等することが必要と考えられる。

- ・ガス回収に使用する活性炭に、付臭剤である硫黄化合物を含むLPガスが脱着を繰り返すことになることを踏まえ、活性炭の使用壽命、回収したLPガスの再利用時における付臭剤の添加方法の検討及び自然発火の危険性がないことの検証などLPガス及び硫黄化合物を吸着した活性炭の安全性等について幅広い視点からの検討を行うこと。

- ・作業手順の誤り等で回収容器内への空気の混入など、異常状態の発生が考えられることから、バルク貯槽設備へのホース接続等を行う作業者は慎重に選任すること。

- ・圧縮機を利用した回収方法など本技術とは別のバルク貯槽内のLPガスを回収する方法との安全性、経済性、実用性、LCA（ライフサイクルアセスメント）に関する比較検討を行うこと。

【肯定的意見】

- ・開発した回収装置・再生装置の構成要素の簡略化・システム化、フィールドテストの繰り返しによる信頼性の向上、LPガス回収作業における液回収と窒素置換工程における本回収装置を応用した方法の確立等は事業化において重要な課題であり、また、本回収装置のメリットを生かすことにより、平成29年から本格的に開始されるバルク貯槽製造後20年の告示検査に活用されることをはじめ、簡易ガス・集合住宅の共用配管等の大容量配管からのLPガス回収等への本開発技術の波及が期待される。

- ・実用化に向けた試作装置はこのプロジェクトにおいて完成しており、耐久性、また活性炭に関する繰り返し使用回数、価格などが検討されている。したがって実用化に関する見通しは十分にあると考えられる。また、今後のバルク貯槽の需要拡大やすでに設置されている台数を勘案するとこのプロジェクトで開発された技術の波及効果は大きい。

- ・本事業で開発されたシステム・手法は、想定される大きさの回収車両が一回あたりに回収できるLPガス量がガス吸着法の特性的ためにそれほど大きくならないために残液量が少ない状態にした後の貯槽が対象となるという制約があるが、現場での回収時間を短縮でき実用性の高い方法であるとともに、安全性の観点からみて従来の回収システムの課題を克服できる方法でもあり、具体化・普及の可能性は十分高いと考えられる。

今後、製品化にあたってさらに検討すべき課題の項目についても十分な認識が得られていると考えられる。

・平成23年からの事業化に向けて、自前での製品化を目指しているとの報告であり、ロードマップでもフィールドテストを重ねて商品の価値と信頼性を高めていくとの説明であった。

回収装置はトラックに積載することで現地まで移動でき、その内圧は大気圧未満で安全であり、これからバルク貯槽製造後20年の告示検査や、集合住宅の共用配管などからのLPガス回収の需要が見込まれ、事業化は期待できると思われる。

また、波及効果としては、何よりも燃焼処理がなくなることである。これは、地域住民にとって大歓迎すべき成果であり、安心できるらしにつながる上に、CO₂排出削減に多いに寄与する。さらに、回収したガスが再利用できる点も低炭素社会構築に向けて、大きなメリットである。

・事業化のために解決すべき項目の抽出が行われており、製品化のスケジュールも決められている。したがって事業化の見通しは立てられていると判断できる。また、LPガスの回収技術として普及する可能性が高く波及効果が期待される。

【問題点・改善すべき点】

・事業化および波及においては、開発したLPガスの回収・再生システムが活性炭を用いたものであり、LPガスが付臭剤として硫黄化合物を用いている限り、長期間使用に伴う硫黄化合物が吸着した活性炭およびそれにLPガスが共存する系での自然発火の危険性を明らかにし、必要により安全を考慮した適正取扱方法を明確にする必要がある。

・実用化に関してもっとも重要な点は安全性である。この点に関しても本プロジェクトで検討されていて、安全性に関しても問題ないとの結論が得られているが、重要な問題なので今後もさらなる検討（極端条件における安全性など）が望まれる。

・回収後の貯槽内の残LPガスの量を少なくできることと、回収したLPガスを再利用できることは省エネルギーにプラスになる要素であるが、機器の運転に要するエネルギーの使用量も含めた全体的な省エネルギー性に関しては、今後さらに技術が成熟した段階で詳しい評価をする必要があると思われる。

・事業化に向けた課題として、開発した回収装置、再生装置の構成要素の簡略化、システム化を上げているが、事業として確立するには、コストがネックとなる可能性を少しでも小さくしなければならないのは当然であるが、現状の方式と比較してとてもメリットが大きいことを理解されるような説明も重要と考える。

・新しい回収技術として実用化が期待されるが、従来技術と異なる点として減圧系の取り扱いになることにより、適切な作業手順を間違えると空気の混入等の異常状態の発生が予想される。また、回収作業は高圧ガスの製造行為に該当しないとのことであるが、

バルク貯槽設備へのホース接続などの行為があるので作業者の選任は慎重にするべき
であるとする。

5. 研究開発マネジメント・体制・資金・費用対効果等の妥当性

本プロジェクトの実施にあたっては、専門家、機器メーカー、行政関係者からなる開発委員会が組織され、L P ガス供給に長年携わった人をチームリーダーとし、システムの開発が計画的に進められており、本プロジェクトの研究開発計画、実施体制及び運営は適切であったと考えられる。

また、開発費は効率的な運用がなされており、消費者が安心できるくらいに投資されたと考え、投入した開発費に見合った効果が期待できる。

なお、本技術の成果を含めた実際のガス回収時における総合的な費用対効果を判断するためには、活性炭の処理技術及び回収したL P ガスの再利用技術も含め総合的に判断する必要がある。

【肯定的意見】

・研究開発実施者の選定方法は適切であり、実施者の体制・運営は、2つの調査研究委員会等を設けて行う等妥当といえる。また、資金配分も概ね妥当であり、バルク貯槽製造後20年経過時の告示検査の際に必要なL P ガス回収の安全かつ効率的なシステムを開発したものであり、概ね十分な成果を上げたといえる。

・専門家、機器メーカー、行政関係者からなる開発委員会が組織されており、人選も適切である。実施体制、運営は適切である。また研究計画についても、スケジュール管理や適切なテーマの見直しなどが行われており、妥当である。開発費についても効率的な運用がなされている。成果発表に関しては特許が1件出されていて妥当である。

・研究開発はL P ガス供給に長年携わった人をチームリーダーとし、活性炭に詳しい委員を含んだ開発委員会の協力を得て実施されており、多岐にわたる検討事項に適切に対応できていたと考えられる。

・本事業の研究開発計画、研究開発実施者の実施体制・運営など仔細に報告され、適切と判断できる。また、資金配分や費用対効果等も計るのは難しいが、消費者が安心できるくらいに投資されたと考え、投入された資源量に見合った効果を生じると期待できる。

もちろん、L P 事業者にとってもニーズにかなったガス回収システムとなると想定され、研究開発計画は適切であったと考える。

・バルク貯槽のガス回収システムについて性能試験、高効率化の検討及び技術基準の検討などが計画的に進められており研究開発計画は適切であったと考えられる。外部のメンバーも加えた開発委員会のもとで見直し及び評価、指導が行われており、研究開発実施体制と運営は妥当なものであったと考えられる。

【問題点・改善すべき点】

・重要な成果がえられているので、学会における発表が行われるのが望ましい。

・本事業のLPガス回収システムを実用化することにより安全性が高く、作業性の良い回収作業を行うことができれば、事故やトラブルの低減化に寄与することができ、その経済効果は大きいと期待されるが、活性炭の処理技術及び回収されたLPガスの利用技術などを早急に検討する必要があると思われる。

6. 総合評価

LPガス回収の安全かつ効率的なシステムの開発を行い、LPガス業界の自主基準の位置づけとなる作業基準案を作成しており、所定の開発目標をほぼ達成している。今後の成果の事業化と波及が期待され、これからのバルク貯槽の需要を考えると社会的インパクトも大きい。従来のLPガス回収技術とは大きく異なる活性炭による回収システムを構築し、その有効性を確認したことは高く評価でき、時機を得た開発であり、成果は大きいと考えられる。

また、本プロジェクトでは、重要な成果が得られているので、学会において発表するなど、成果についての情報発信が望まれる。

なお、活性炭にLPガスが吸着されることを考えると、幅広い視点での安全性の確認をしておく必要があり、新しい技術だけに慎重を要する点もあるため、継続的な安全性に関する試験・研究が必要である。

【肯定的意見】

・バルク貯槽製造後20年経過時の告示検査の際に必要なLPガス回収の安全かつ効率的なシステムの開発を行い、活性炭を充てんしたLPガス回収装置の設計制作・評価を実施し、LPガスの回収が可能であることを確認するとともに、回収したLPガスを再生可能な再生装置を制作した。また、LPガス業界の自主基準の位置づけとなる作業基準案を作成しており、国が実施する上で適正な事業において、所定の開発目標をほぼ達成しており、今後の成果の事業化と波及が期待される。

・適切な計画の下で、当初の目標をほぼ達成する新しいLPガス回収技術が開発され、実用化のための試作装置も製作されて、実証試験も行われている。その結果、実用の見込みも立っているので本プロジェクトは成功と判断される。今後のバルク貯槽の需要を考えると、社会的インパクトも大きい。

・従来のLPガス貯槽からのLPガス回収の技術とは大きく異なる活性炭によるLPガス吸着現象を中心とした新しい手法を積極的に採用して従来からの課題を解決できる回収システムを構築し、その有効性を確認したことは、高く評価できると考えられる。

・バルク貯槽は平成20年までに20万基設置され、保守点検などの実施件数も増えている。点検時にはバルク貯槽内のLPガスを回収しなければならず、現状の回収システムには事故のリスクなど課題が山積している現状である。そのため、LPガス事業者からは、LPガスの容易な回収システムが望まれており、安全で且つ短時間で効率的に回収可能なバルク貯槽ガス回収システムの開発が喫緊の課題となっているところである。

そういう状況にあって、今回の開発事業は時機を得た開発であり、成果は大きいと考えられる。燃焼処理をしないという点だけを取り上げても、さまざまな観点から、大きく社会に貢献できるものである。国の事業として、社会的意義も大きいものであったといえる。

・バルク貯槽内の残留LPガスを回収する技術として活性炭を用いた低圧システムを開発し実用化の検討を技術基準案の作成も含めて行ったことは評価できます。具体的な製品化に向けてスケジュールを立て努力されていることも認められます。

【問題点・改善すべき点】

・活性炭に付臭剤の硫黄化合物を含むLPガスが吸着されることを考えると、幅広い視点での安全性の確認をしておく必要がある。

・今までになかった新しい技術開発がなされたが、新しい技術だけに慎重を要する点もある。今後も継続的な安全性に関する試験・研究がなされることを望む。また学会発表などで専門家の批判を受けることも必要であり、有用であろう。

・回収LPガスを再利用するに当たって必要な着臭剤の添加方法及び活性炭の使用壽命等、実用化のために未解決あるいは未解明の点があるので引き続き検討を行うことが望まれる。

7. 今後の研究開発の方向等に関する提言

- ・活性炭に吸着させたLPガスは、事故時など通常の使用状況と異なる条件下で、脱着する可能性も考えられるので、より安全な技術を目指し、継続的な技術の高度化が望まれる。
- ・ガス回収技術の普及に向けて、バルク貯槽内の液化石油ガスの計画的な削減ができず貯槽内に液状で液化石油ガスが残っている場合には、貯槽内の気化した液化石油ガスの回収に加えて液状で液化石油ガスを回収することが必要になることから、バルク貯槽内の液を回収するシステム及び回収したガスを更に高効率で再生するシステムの技術開発が望まれる。
- ・今後、国によるガス回収システムの安全に関する技術基準の策定が必要になる場合には、技術上又は運用上の留意点を適確に把握するためフィールドテストによるデータの蓄積が必要と考えられる。

【各委員の提言】

・今回のバルク貯槽LPガス回収システムの開発等においては、安全の問題はきわめて重要な要素であり、研究開発を進めていく上で、種々の視点からの安全について検討する必要がある。

その意味では、LPガスの付臭剤である硫黄化合物の活性炭への吸着挙動の経時変化、硫黄化合物が吸着した活性炭およびそれにLPガスが共存する系での安全性について、評価、確認するとともに、必要によっては、取扱方法を考慮することが重要となる。適宜、安全の専門家に相談する必要がある。

・このプロジェクトで開発されたLPガスの回収技術はこれまでにない技術であり、安全性に関しては今後とも継続的な研究が必要である。特に、通常条件ではこのプロジェクトでも検討されているように安全性は問題ないとしても、たとえば車両火災などより過酷な条件での安全性も実用化に際しては検討されるべきである。

本技術はLPガスを活性炭に吸着させて、容器内の圧力を下げる技術であるが、忘れてはならないのは物質としてのLPガスは化学組成を変えずに容器内に存在している、ということである。この点で、法律的にも適合性の検討が必要なものと思われる。また、事故時などの極端条件では吸着されているLPガスが脱着する可能性は常にあるので、より安全な技術を目指した継続的な改良が必要であると考えられる。

・本事業ではフィールドテストが行われていないが、安全に関する国の技術基準の策定が将来必要となる場合には、技術上あるいは運用上の留意点等をよりの確に把握できるフィールドテストにより得られる情報の蓄積も有効であると考えられる。フィールドテストは製品等の開発を目指す立場の民間が行うのが適当との考えもあると思われるが、上記の理由から新しい技術が多く含まれる事業においては基本的な範囲のフィールド

テストは多少実施期間が延びても事業内に設定しておくのがよいと思われる。

・液化石油ガスによる災害を防止するため、液石法に基づき、一般の消費者に対する保安の確保を図っている。そのための点検などのために行うLPガス回収に伴い、事故が起こったのでは、元も子もない。

今回の事業は、今までの回収システムとは異なり、都市ガスの配管内ガスの回収法として開発されたパージガス吸着工法を利用したバルク貯槽ガス回収システムであり、多くのメリットがあるが、特に消費者にとって、燃焼処理がなくなるというのは、最大のメリットと考える。

一方、回収したLPガスを100kgも吸着した活性炭に、もし何かが原因で着火した場合、多量のガスが燃え切るには長時間を要し、活性炭自身も燃える可能性があるなど、まだ不安な点も残っている。また活性炭は繰り返しの使用が可能とのことであり、少しずつ蓄積された残留ガスの危険性なども潜在的に残っているとのこと。

今後、さらに安全で地球環境にも配慮された、完璧な回収方法となるような研究を続けてほしいと思う。

・バルク貯槽内のLPガスを回収する必要性の生じることはバルク貯槽の利用当初から明らかであったにもかかわらず、安全性が高く、信頼性の高い技術開発が検討されてこなかったことは残念に思われるが、本事業は都市ガスの分野で使われている技術を応用した新しい回収方法として期待される。回収に要する時間のさらなる短縮、活性炭の再生あるいは処理及び再生ガスの利用等、いくつかの課題があるが実用技術の普及に向けて今後も検討されることを望む。その際、バルク貯槽からの液回収も含めたシステムあるいはガス再生の高効率化を考慮したシステムについても技術開発の可能性を追求されることを期待する。

第4章 評点法による評点結果

第4章 評点法による評点結果

「バルク貯槽ガス回収システム開発」に係るプロジェクト評価の実施に併せて、以下に基づき、本評価検討会委員による「評点法による評価」を実施した。その結果は「3．評点結果」のとおりである。

1．趣 旨

評点法による評価については、産業技術審議会評価部会の下で平成11年度に評価を行った研究開発事業(39プロジェクト)について「試行」を行い、本格的導入の是非について評価部会において検討を行ってきたところである。その結果、第9回評価部会(平成12年5月12日開催)において、評価手法としての評点法について、

(1)数値での提示は評価結果の全体的傾向の把握に有効である、

(2)個々のプロジェクト毎に評価者は異なっても相対評価はある程度可能である、との判断がなされ、これを受けて今後のプロジェクト評価において評点法による評価を行っていくことが確認されている。

また、平成21年3月31日に改定された「経済産業省技術評価指針」においても、プロジェクト評価の実施に当たって、評点法の活用による評価の定量化を行うことが規定されている。

これらを踏まえ、プロジェクトの中間・事後評価においては、

(1)評価結果をできる限りわかりやすく提示すること、

(2)プロジェクト間の相対評価がある程度可能となるようにすること、

を目的として、評価委員全員による評点法による評価を実施することとする。

本評点法は、各評価委員の概括的な判断に基づき点数による評価を行うもので、評価報告書を取りまとめる際の議論の参考に供するとともに、それ自体評価報告書を補足する資料とする。また、評点法は研究開発制度評価にも活用する。

2．評価方法

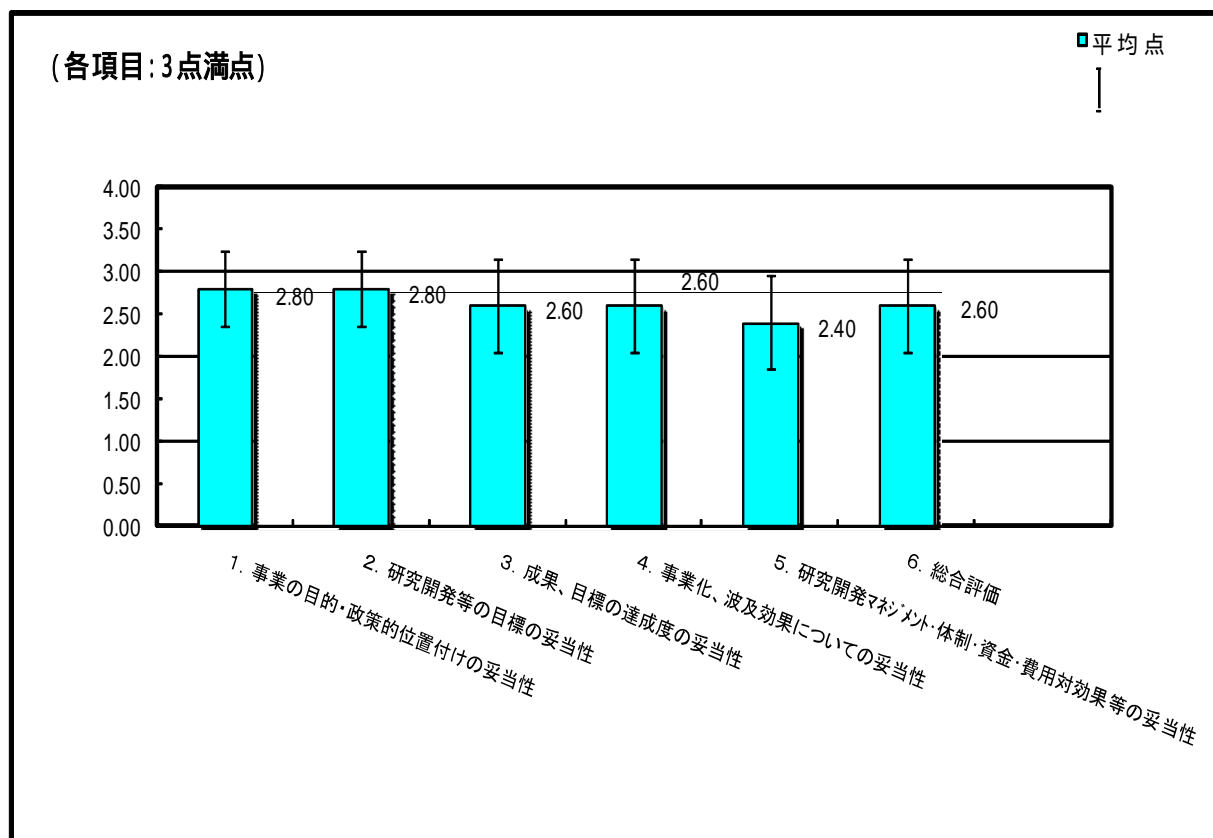
- ・各項目ごとに4段階(A(優)、B(良)、C(可)、D(不可)<a, b, c, dも同様>)で評価する。
- ・4段階はそれぞれ、A(a)=3点、B(b)=2点、C(c)=1点、D(d)=0点に該当する。
- ・評価シートの記入に際しては、評価シートの《判定基準》に示された基準を参照し、該当と思われる段階に を付ける。
- ・大項目(A, B, C, D)及び小項目(a, b, c, d)は、それぞれ別に評点を付ける。
- ・総合評価は、各項目の評点とは別に、プロジェクト全体に総合点を付ける。

3. 評点結果

評点法による評点結果

バルク貯槽ガス回収システム開発

評価項目	平均点	標準偏差
1. 事業の目的・政策的位置付けの妥当性	2.80	0.45
2. 研究開発等の目標の妥当性	2.80	0.45
3. 成果、目標の達成度の妥当性	2.60	0.55
4. 事業化、波及効果についての妥当性	2.60	0.55
5. 研究開発マネジメント・体制・資金・費用対効果等の妥当性	2.40	0.55
6. 総合評価	2.60	0.55



「バルク貯槽ガス回収システム開発」プロジェクト評価(事後)

今後の研究開発の方向等に関する提言に対する対処方針

提 言	対 処 方 針
<p>活性炭に吸着させたLPガスは、事故時など通常の使用状況と異なる条件下で、脱着する可能性も考えられるので、より安全な技術を目指し、継続的な技術の高度化が望まれる。</p> <p>ガス回収技術の普及に向けて、バルク貯槽内の液化石油ガスの計画的な削減ができず貯槽内に液状で液化石油ガスが残っている場合には、貯槽内の気化した液化石油ガスの回収に加えて液状で液化石油ガスを回収することが必要になることから、バルク貯槽内の液を回収するシステム及び回収したガスを更に高効率で再生するシステムの技術開発が望まれる。</p> <p>今後、国によるガス回収システムの安全に関する技術基準の策定が必要になる場合には、技術上又は運用上の留意点を適確に把握するためフィールドテストによるデータの蓄積が必要と考えられる。</p>	<p>開発実施者において、本システムの普及に向けて、引き続き安全性の検証を続けており、さらなる技術の高度化を図り、より安全な技術を目指し検討を続けているところである。</p> <p>開発実施者において、バルク貯槽内の液を回収するシステムの検討が進められている。当省では、バルク貯槽製造20年後の告示検査を安全に実施するための調査の一環としてガス回収作業のガイドラインの策定を進めているところであり、当該システムについてもガイドラインの検討対象とすることにより安全性の検証を行う予定。また、回収したガス再生の効率化については、本プロジェクトの開発実施者が、引き続き事業化に向けて検討を行っているところである。</p> <p>開発実施者において、今後実施していくフィールドテスト等も含めた今後実施される予定の必要な実証試験データの蓄積を図り、安全性の検証を続けていく予定。</p>