

豊田PCB廃棄物処理施設において生じたPCB漏洩事故について

(中間報告)

平成18年1月

日本環境安全事業株式会社
事故対策委員会

目 次

1.はじめに.....	- 1 -
2.発生した漏洩事故の内容.....	- 2 -
(1) 事故の経過.....	- 2 -
(2) 漏洩した PCB 濃縮洗浄油の性状.....	- 5 -
(3) 周辺への影響.....	- 5 -
①排気中の PCB 濃度と量.....	- 5 -
②環境中の PCB 等の濃度.....	- 6 -
3.発生した漏洩事故の原因と対策.....	- 11 -
(1) 圧力計の脱落.....	- 11 -
①事実確認.....	- 11 -
②圧力計脱落再現試験.....	- 11 -
③流体関連振動.....	- 12 -
④結論.....	- 12 -
(2) PCB 排気の漏洩.....	- 13 -
①事実確認.....	- 13 -
②PCB 蒸気の漏洩経路.....	- 14 -
③結論.....	- 15 -
(3) 活性炭処理ラインへの切り替えが遅れた原因.....	- 15 -
(4) 対策案.....	- 15 -
①圧力計の脱落.....	- 15 -
②PCB 蒸気の漏洩.....	- 16 -
③全般的事項.....	- 16 -
4.緊急時の連絡.....	- 17 -
(1) 運転会社の対応.....	- 17 -
(2) JESCO の対応.....	- 18 -
5.安全に係る総点検.....	- 19 -
(1) 配管のゆるみ.....	- 19 -
(2) 配管等貫通部の開口仕舞.....	- 19 -
(3) 建築工事の隙間シール仕舞.....	- 20 -
(4) その他類似設備への展開.....	- 20 -
6.おわりに.....	- 21 -

(中間報告 概要)

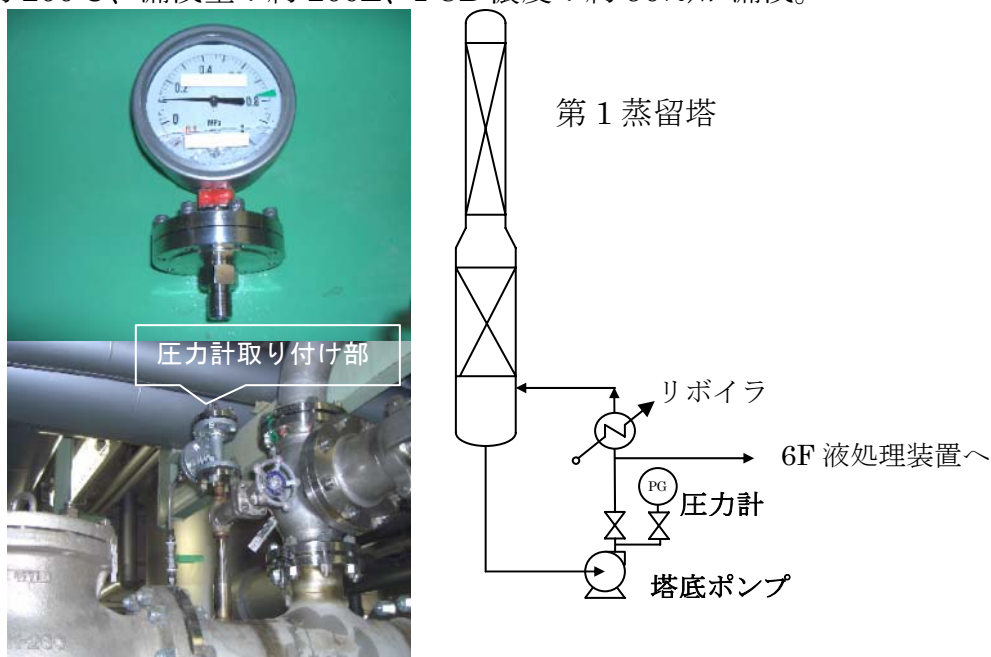
豊田 PCB 廃棄物処理施設において生じた PCB 漏洩事故により、関係の皆さまに多大なるご心配、ご迷惑をおかけしましたこととお詫び申し上げます。

当社は、豊田 PCB 廃棄物処理施設はもちろん、他の処理施設でも二度とこのような事故を起こさないよう事故原因の解明と再発防止策の策定を最優先で実施するため、事業担当取締役を委員長とした事故対策委員会を設置し、原因を徹底的に究明し、中間報告をとりまとめました(委員会4回、事前打合せ4回)。今後、対策の実施、試運転結果の評価等を加味して、最終報告を作成いたします。

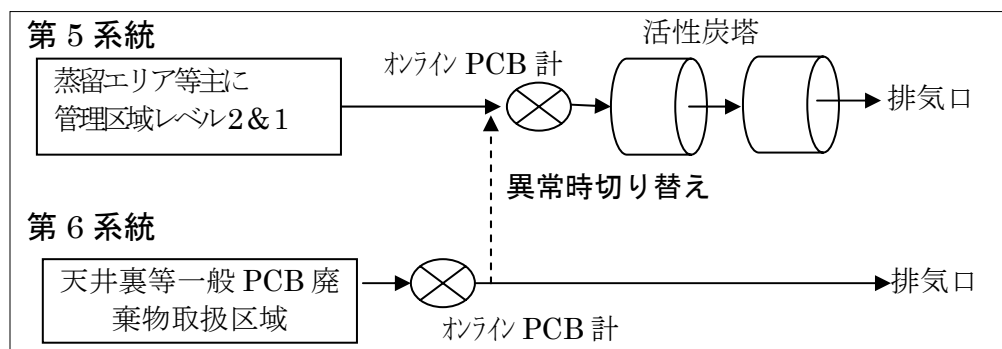
当社としては、本施設を設置、管理している立場から、当社が直接的に行った行為に起因する事項はもちろんのこと、建設JV等が行った行為に起因する事項についても、当社の管理・監督を含め、万全の対策を講じます。

1.事故内容

- ① 第1蒸留塔塔底ポンプの圧力計が脱落し、防油堤内に PCB 濃縮洗浄油(温度：約 200℃、漏洩量：約 200L、PCB 濃度：約 90%)が漏洩。



- ② 蒸留エリアに隣接した天井裏に PCB 蒸気が一部移行。
③ 中央制御室作業員の操作対応が遅れ、第6系統排気口から PCB 蒸気漏洩。



④ 環境に漏洩した PCB の濃度等は以下のとおり。

1) 事故当日のサンプリング測定値より推計した PCB 排出量等

- 排気中 PCB 濃度 0.17mg/m³_N
施設設置許可申請 維持管理値(最大 0.1mg/m³_N)
豊田市との協定 管理目標値(0.01mg/m³_N) を超過
- PCB 排出量 21g (5.3g/h)
- 大気中 PCB 濃度 0.011 μg/m³(シミュレーション最高値)
環境大気暫定目標(0.5 μg/m³)を十分下回る

2) 11月22日～23日、12月2日に採取した周辺環境調査結果

- 大気・水質・底質・土壌・河川中 PCB 濃度 全測定点で不検出
- 大気・水質等中ダイオキシン類濃度 全て環境基準を十分下回った

2.推定された事故原因

事実確認や圧力計脱落再現試験、壁貫通部の仕舞確認調査等を基に、下記のとおり事故原因を推定しました。

- ① 圧力計の接続に袋ネジを使用しているため、フランジや溶接接続と比較すると緩みやすい構造であった。
- ② 事故の約50時間前にパッキン材質をテフロン製に変更しており、使用温度等の運転条件に対して不適切であったため締付トルクが低下。
- ③ 圧力計取り付けの袋ネジ部締付トルクが、吐出弁を開けたときの異常振動(流体関連振動)によりさらに低下。
- ④ その後、ポンプ運転による微振動で徐々に緩み、脱落に至った。
- ⑤ 蒸留エリア、小型トランス解体エリアの天井裏等の配管貫通部等の仕舞いが不十分で隙間が空いていたため、この天井裏が負圧となり、蒸留エリアで漏洩したPCBが天井裏を介して漏洩。
- ⑥ 運転会社に対する教育が不十分であったため、活性炭処理系統への合流操作に遅れが発生。

3.主な対策と安全総点検

推定した事故原因を鑑みて必要な対策は、以下の通りと考え実施します。また、施設の安全性において、設計、製作、据付・施工及び試運転段階の各フェーズでの総点検を進めています。

[圧力計の脱落]

- ① 袋ネジ式の接合部をなくし、フランジ式に変更(計測系統全般)。
- ② 異常振動(流体関連振動)の発生を防止するため、ポンプ吐出側及びリボイラー入口弁の上流側にオリフィス(流路の絞り)を挿入し、ポンプ吐出圧を下げる。

- ③ さらに万全を期して、現状の塔底ポンプ及び追設オリフィスを撤去し、吐出量等の仕様が異なるリボイラー循環と送液用ポンプを設置することも検討。

[PCB 蒸気の漏洩]

- ④ 各エリアの気密性を確保するため開口仕舞を確認し、必要な対策を実施。
- ⑤ 第6系統排気も常時活性炭処理を実施し、万が一漏洩事故があっても施設外にPCBを排出させないように、PCB廃棄物取扱区域の換排気全てを常時処理。

[安全総点検]

- ⑥ PCB配管のほか可燃性流体配管及び窒素ガス配管について、接続方法や接続状況(緩み等)を網羅的に点検し、必要な原因調査、対策を実施。
- ⑦ 配管、電気ケーブル、ダクト他の壁等貫通部の開口仕舞、建築工事の間仕切り、天井目地、シャッター周り、建築設備配管等の隙間シール仕舞を網羅的に点検し、必要な原因調査、対策を実施。
- ⑧ 各装置・機器について、環境・安全という観点から健全性を再検証し、必要に応じた対策を実施。

[全般的事項]

- ⑨ 当初の設計と異なる事項の実施にあたっては、安全性の再評価を実施。
- ⑩ 運転会社職員が緊急時対応を適切に行えるよう、非定常操作のマニュアルを再作成し、十分な指導・教育を実施。
- ⑪ 施工や運転上の周知に係る手順を改善し、その実施を徹底。
- ⑫ 緊急時の連絡方法を見直し、また、緊急時に適切な対応ができるよう様々な状況を想定した訓練を実施。

1.はじめに

平成 17 年 11 月 21 日、当社(以下「JESCO」と言います。)の豊田 PCB 廃棄物処理施設内で PCB 油が漏洩し、この漏洩した PCB 油から揮発した PCB 蒸気の一部が未処理のまま外部に排出するという事故が発生しました。あらためまして事故に関して多大なるご心配、ご迷惑をおかけしました皆様方に心からお詫び申し上げます。

JESCO では、現在、豊田 PCB 廃棄物処理施設の操業を停止し、原因の究明と対策に全力を挙げており、万全の対策を講じ、行政当局から再開の承認を得た上で操業を再開することとしています。また、JESCO は今回の事故を踏まえ、豊田 PCB 廃棄物処理施設はもちろん他の処理施設でも二度とこのような事故を起こさないよう事故原因の解明と再発防止策の策定を最優先で実施し、PCB 廃棄物の安全かつ確実な処理に全力で取り組んでまいります。

このような観点から、事業担当取締役を委員長とし、JESCO 職員のほか財団法人産業廃棄物処理事業振興財団の専門家にアドバイザーとして参画いただいた「事故対策委員会」を設置し、この問題に全社を挙げて取り組むこととしました。今後、「6.おわりに」で記載した各事項を加味した上で報告書の作成に向けて検討してまいります。

[事故対策委員会開催履歴]

第1回	平成17年12月 7日 金曜日	9:00～14:40	(途中12:10～13:00 中断)
第2回	平成17年12月16日 金曜日	13:00～20:00	
第3回	平成17年12月22日 木曜日	13:00～18:00	
第4回	平成18年 1月13日 金曜日	13:00～18:00	

2.発生した漏洩事故の内容

(1) 事故の経過

平成17年11月21日午前2時頃、蒸留エリアにある第1蒸留塔からPCB濃縮洗淨油を取り出す塔底ポンプAに取付けた圧力計が脱落し、約200LのPCB濃縮洗淨油がエリア内の防油堤に漏洩しました。このPCB濃縮洗淨油から揮発したPCB蒸気が、PCBが存在しないはずの一般PCB廃棄物取扱区域を經由し、外部に漏洩しました。

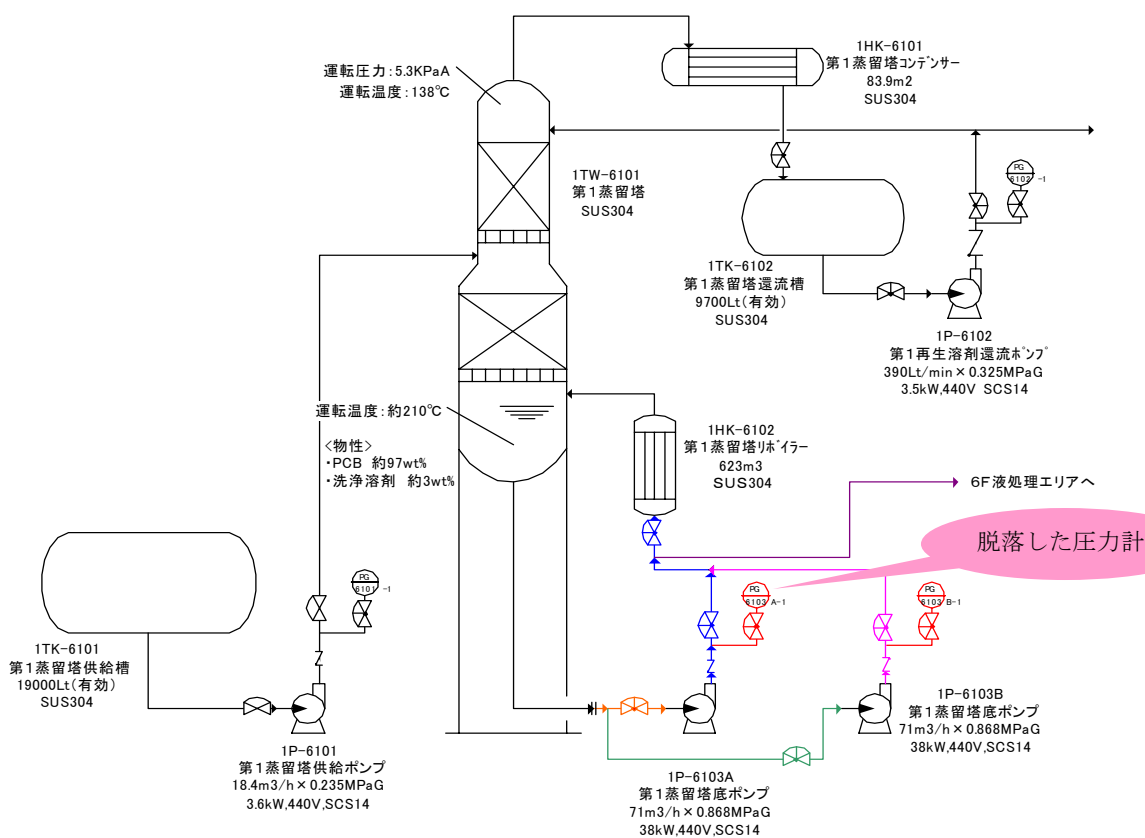


図2-1 第1蒸留塔塔底ポンプ周りフロー

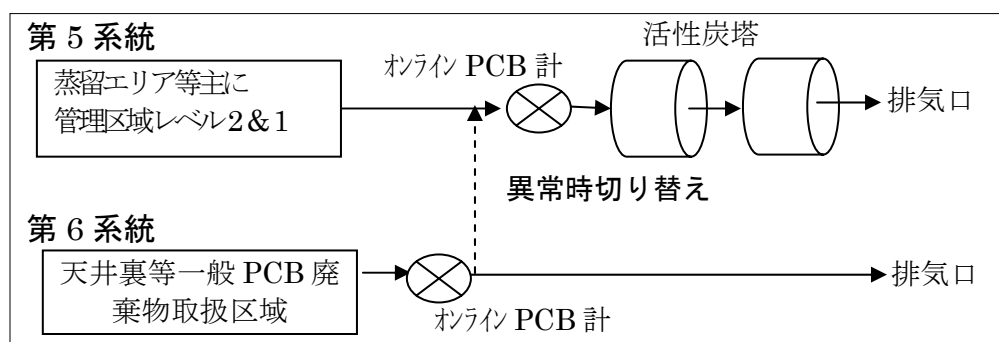
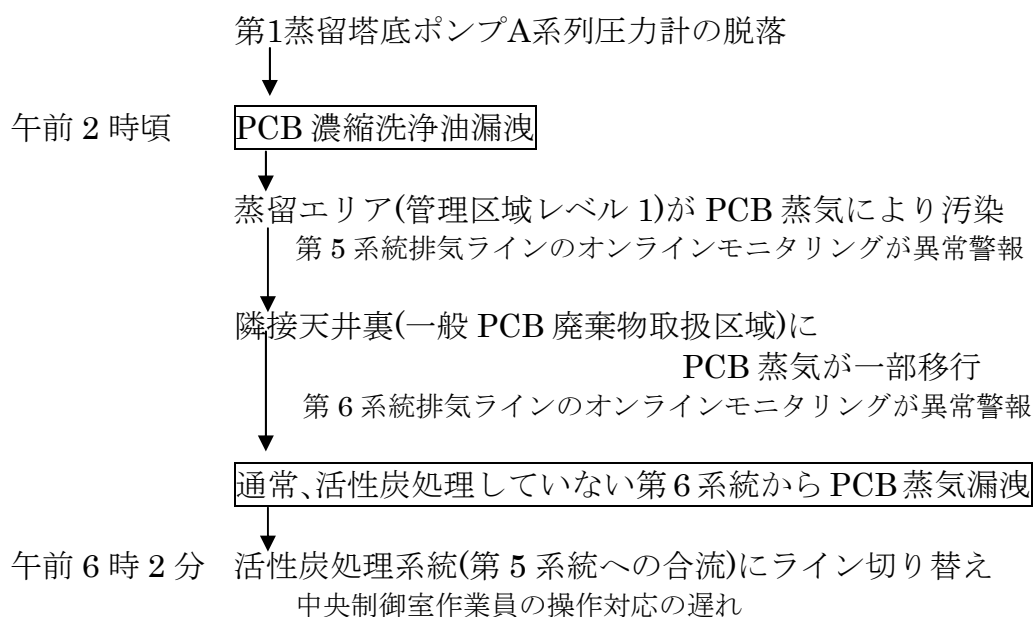


図2-2 PCB漏洩事故経過概要

当日の経過は表2-1のとおりです。

表2-1 PCB漏洩事故当日の経過

時刻	事象	作業員等対応
勤務 状況		勤務中：運転会社職員（6名） 残業中：　　〃　　（1名） 他　　：建設JV指導員(1名)
2:02	火災報知器で煙濃度上昇。	
2:05 頃	運転会社職員が1階通路通過時に異臭に気づき、発生源をたどったところ、蒸留エリアで異常な白煙(PCB蒸気)を確認。	
2:07	火災警報発報(蒸気を感知)。	

2:08	第 1 蒸留塔底ポンプ A が過負荷により停止。これに伴い第 1 蒸留塔がインターロックにより緊急停止。	運転会社職員及び建設 JV 指導員が現場を確認し、火災でなく、漏洩であることを確認。
2:24		運転会社職員が運転会社職員*に緊急電話連絡。
2:35	第 5 系統オンライン PCB 計異常値アラーム。	運転会社職員が中央制御室にて異常値アラームを確認するも、オンライン計の異常と思い、行動せず。
2:47	第 6 系統オンライン PCB 計異常値アラーム。	
3:00 頃	漏洩 PCB の回収作業を開始。	運転会社職員、建設 JV 指導員及び同応援者が漏洩 PCB の回収作業を開始。
3:10 頃		運転会社職員が運転会社所長*の携帯電話に電話するも不通(以降 2 回試みるも不通)。
4:02		運転会社職員*が JESCO 副所長*に電話連絡。副所長が所長*及び JESCO 職員に電話連絡。
4:05		運転会社職員*が運転会社所長*の自宅電話に連絡。
4:30 頃	床面漏洩油回収完了。	JESCO 指揮開始。
5:30 頃		JESCO 副所長*が第 6 系統排気のオンライン PCB 計が異常に高い値を示している(210 μ g/m ³)ことに気づき、中央制御室の運転会社職員に即時切り替えを指示。
6:02	第 6 系統排気を活性炭処理系統(第 5 系統への合流)に切り替え。	運転会社職員が中央制御室にて、建設 JV 管理技術者の説明を受け、第 6 系統排気を第 5 系統への合流に切り替え。
8:50 頃		JESCO 所長*が豊田市環境部に電話連絡。

* 緊急時対応マニュアル上の管理職等職員

(2) 漏洩した PCB 濃縮洗浄油の性状

漏洩した PCB 濃縮洗浄油は、温度が約 200℃で PCB 約 90%、洗浄溶剤(主として C13 級 n-パラフィン)約 10%の混合液体です。PCB の同族体分布は図 2 のとおりでした。

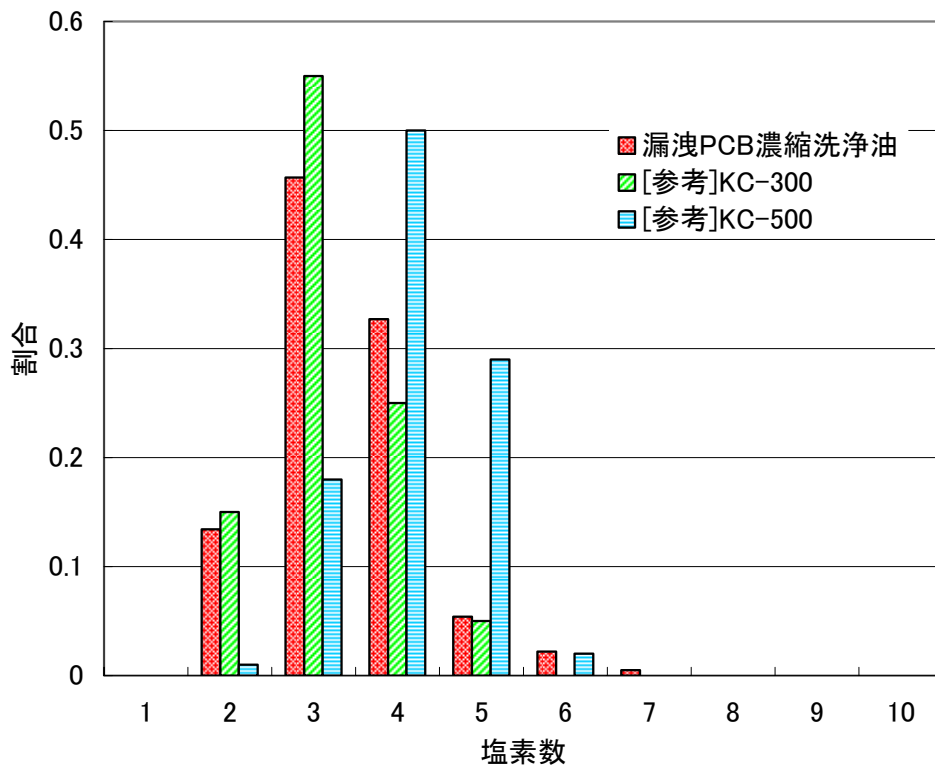


図 2-3 漏洩した PCB の同族体分布

(3) 周辺への影響

① 排気中の PCB 濃度と量

外部に PCB が漏洩した第 6 系統排気について、第 5 系統排気に合流させる状態で排気口にて当日 15 時 42 分にサンプリングした結果、PCB 濃度は $0.17\text{mg}/\text{m}^3_{\text{N}}$ *でした。この値は、施設設置許可申請における維持管理値のうちの最大値 ($0.1\text{mg}/\text{m}^3_{\text{N}}$) 及び豊田市との協定書に基づく管理目標値 ($0.01\text{mg}/\text{m}^3_{\text{N}}$) を超過した結果となります。

また、PCB の排出量は、濃度と第 6 系統の排気量、漏洩時間の積

$$0.17\text{mg}/\text{m}^3_{\text{N}} \times 31,000\text{m}^3_{\text{N}}/\text{h} \times 4\text{h} = 5.3\text{g}/\text{h} \times 4\text{h} \div 21\text{g}$$

と算定されます。なお、施設設置許可申請の際に提出した生活環境影響調査における濃度と排気量の積から算出される通常時 PCB 排出量は $7.3\text{g}/\text{h}$ です。

※ PCB オンライン計の表示値では $0.21\text{mg}/\text{m}^3\text{N}$ 以上でしたが、この値には炭化水素も含まれています。なお、ダイオキシン類の測定は、必要な空気を確保できなかったため実施していません。

②環境中の PCB 等の濃度

大気中 PCB 濃度について、当日の風向(一貫して北北東)・風速により計算*した結果、最大着地地点における濃度推定値の推移は図 2-4 のとおりとなりました(計算条件を表 2-2 に示します)。最高濃度は $0.011\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ と算定され、「PCB 等を焼却処分する場合における排ガス中の PCB 暫定排出許容限界について」(昭和 47 年環大規第 141 号)において示された環境大気の暫定目標値 $0.0005\text{mg}/\text{m}^3(0.5\ \mu\text{g}/\text{m}^3)$ を十分下回ったことから、健康への影響のおそれはないと考えられます。

また、事故発生後、直ちに周辺環境調査の手配を行い、翌日等(河川水質は事故後初めての降雨時に測定)に豊田処理施設周辺の大気、水質、底質及び土壌中の PCB 濃度等を測定しました。この結果、表 2-3 に示したとおり、PCB については、暫定目標等より十分低い濃度に定量下限値を設定し*2測定しましたが、いずれの検体からも検出されませんでした。また、PCB の成分として含まれているコプラナ PCB に由来するダイオキシン類も環境基準(平成 14 年環境省告示第 46 号)を下回りました。

以上のように、最大着地地点における環境大気中 PCB 濃度推定値が環境大気の暫定目標値を十分に下回ったこと、事故発生後の環境濃度測定結果においても PCB 濃度は全て不検出であり、ダイオキシン類に関しても環境基準等と比較して十分低い値であったことから、健康への影響のおそれはないと考えられます。

なお、今後とも環境測定は定期的を実施する考えです。

※ 拡散式にはプルーム式(窒素酸化物総量規制マニュアル準拠)、上昇式には CONCAWE を使用した短期予測結果。

*2 施設設置許可申請にあたって実施した環境調査では、さらに定量下限値が低い方法により測定を実施しています。

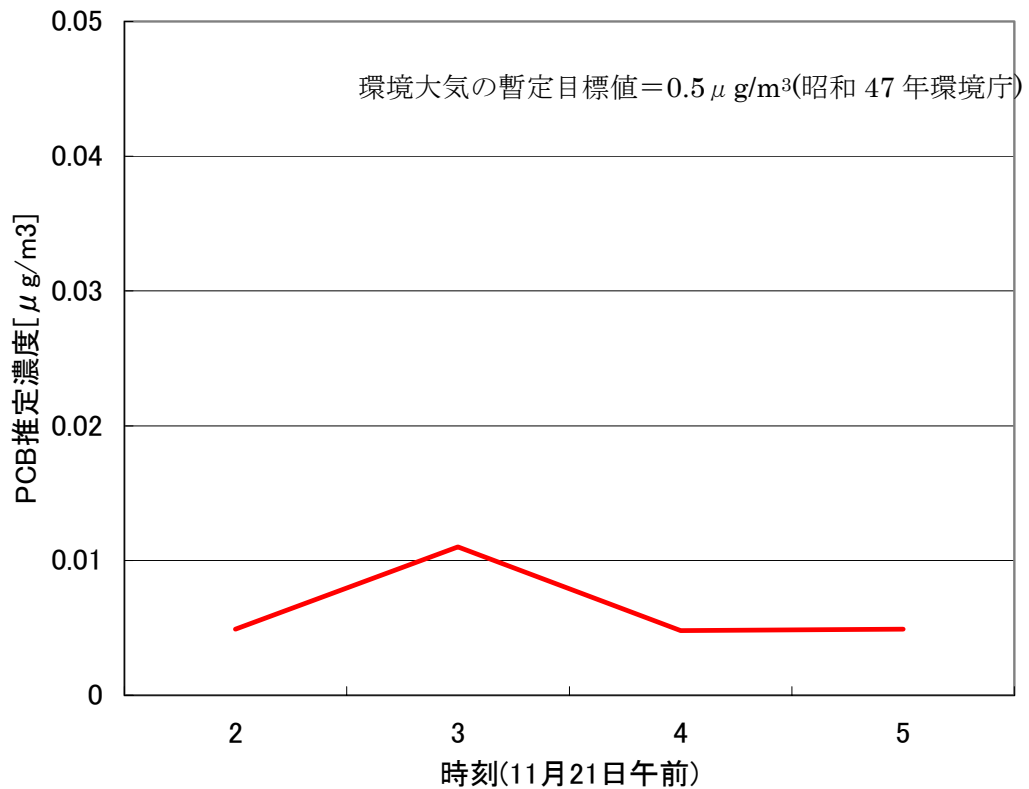


図 2-4 事故当日の最大着地地点*における大気中 PCB 濃度推定値の推移
 (* 施設の南南西 午前 3 時は 1.9km、他は 10km の地点)

表2-2 大気中PCB濃度の計算条件

a)PCB排気条件

PCB排気濃度	170 μg/m ³	第6系統ダクト内残留排気の分析値
排気量	31,000m ³ /h	第6系統排気量
排気温度	15℃	(仮定)
排気高さ	32.4m	ガラリの中央部の高さ
ガラリの向き	北向きに開口	チャンバー(11)
ガラリ開口	3,700mm 2,700mm	幅 EAG2R 高さ

b)気象条件 場所：平成17年11月21日 豊田市中心部大気測定局(衣丘小学校)

時刻	風向	風速[m/s]	温度[℃]	湿度[%]	大気安定度
am2	北北東	1.8	2.2	79	G
am3	北北東	2.2	1.7	81	E
am4	北北東	1.7	1.5	83	G
am5	北北東	1.8	1.4	82	G

表 2-3 周辺環境調査結果

①大気(採取日 11月22日～11月23日)

採取場所	項目	測定結果	基準等	参考(設置前測定値)*3
①-1 敷地境界 (北側)	PCB	不検出*1	0.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ *2	0.00027 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ *4
	ダイオキシン類	0.058 pg-TEQ/ m^3	0.6pg-TEQ/ m^3 (年平均)	0.063 pg-TEQ/ m^3
①-2 敷地境界 (南側)	PCB	不検出*1	同上	0.00027 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ *4
	ダイオキシン類	0.057 pg-TEQ/ m^3		0.072 pg-TEQ/ m^3
①-3 敷地境界 (東側)	PCB	不検出*1	同上	—
	ダイオキシン類	0.058 pg-TEQ/ m^3		—
①-4 敷地境界 (西側)	PCB	不検出*1	同上	—
	ダイオキシン類	0.065 pg-TEQ/ m^3		—
①-5 最大着地点	PCB	不検出*1	同上	—
	ダイオキシン類	0.049pg-TEQ/ m^3		—

*1 定量下限値：0.005 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (GC/ECDによる定量)

*2 「PCB等を焼却処分する場合における排ガス中のPCB暫定排出許容限界について」(昭和47年環大規第141号)における環境大気の暫定目標

*3 年平均値(平成13年及び平成15年の平均値)

*4 定量下限値：0.00000005 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (高分解能GC/MSによる定量)。施設設置許可申請にあたって実施した生活環境影響調査では、最高で0.00285 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ になると算定している。

②水質(採取日 11月23日)

採取場所	項目	測定結果	基準等	参考(設置前測定値)*3
②-1 放流口上流	PCB	不検出*1	検出されないこと*2	0.0000034mg/L *4
	ダイオキシン類	0.13 pg-TEQ/L	1pg-TEQ/L(年平均)	0.39 pg-TEQ/L
②-2 放流口下流	PCB	不検出*1	同上	0.0000015mg/L *4
	ダイオキシン類	0.17 pg-TEQ/L		0.096 pg-TEQ/L
②-3 最終放流口	PCB	不検出*1	0.0005mg/L (排出管理目標値)	—
	ダイオキシン類	0.56 pg-TEQ/L	5pg-TEQ/L (排出管理目標値)	—

*1 定量下限値：0.0005mg/L(GC/ECDによる定量)

*2 0.0005mg/L未満を示す

*3 平成15年2月(冬季)の測定値

*4 定量下限値：0.000000005mg/L(高分解能GC/MSによる定量)

③底質(採取日 11月23日)

採取場所	項目	測定結果	基準等	参考(設置前測定値)*3
③-1 放流口上流	PCB	不検出*1	*2	—
	ダイオキシン類	1.4 pg-TEQ/g	150pg-TEQ/g	—
③-2 放流口下流	PCB	不検出*1	同上	0.001 μg/g *4
	ダイオキシン類	2.7 pg-TEQ/g		1.2 pg-TEQ/g

*1 定量下限値：0.01 μg/g(GC/ECDによる定量)

*2 参考値：細谷町(逢妻男川)の平成14年度の測定値 0.017 μg/g
(豊田市環境報告書 平成15年版より)

*3 平成15年2月の測定値

*4 定量下限値：0.00001 μg/g(高分解能GC/MSによる定量)

④土壌(採取日 11月23日)

採取場所	項目	測定結果	基準等	参考(設置前測定値)*2
④ 敷地内	PCB(含有量)	不検出*1	—	0.01 μg/g 未満
	ダイオキシン類	0.51pg-TEQ/g	1000pg-TEQ/g	0.078~3.9 pg-TEQ/g

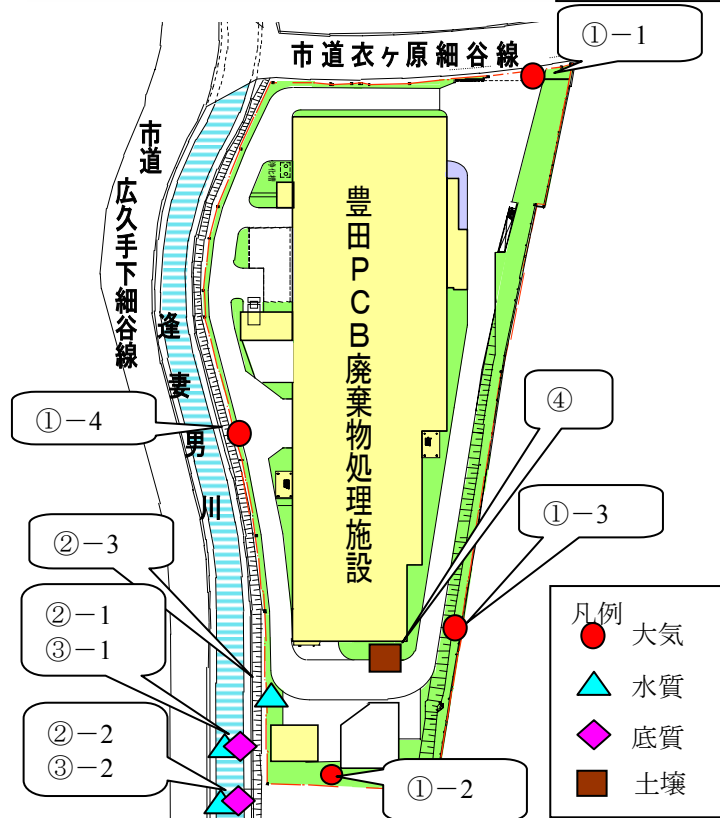
*1 定量下限値：0.01 μg/g(GC/ECDによる定量)

*2 平成16年4月の測定値

⑤河川(降雨後：採取日 12月2日)

採取場所	項目	測定結果	基準等
⑤-1 放流口上流	PCB	不検出*	検出されないこと (0.0005 mg/L 未満)
⑤-2 鴻巣橋	PCB	不検出*	
⑤-3 宮前橋	PCB	不検出*	
⑤-4 雲目橋	PCB	不検出*	
⑤-5 ①-5 近傍 雨水槽	PCB	不検出*	

* 定量下限値：0.0005mg/L(GC/ECDによる定量)



3.発生した漏洩事故の原因と対策

(1) 圧力計の脱落

① 事実確認

脱落した圧力計及びその取り付け部は図3-1のとおりで、圧力計(隔膜式圧力計)は袋ネジで接続される形式です。



図3-1 脱落した圧力計

この圧力計については、以下の事項が確認されています。

- 脱落した圧力計のネジ先端部を実体顕微鏡等により観察した結果、ねじ山の一部分が根本側に変形していたが、その他は正常であったこと。
- 事故前の11月18日の21時頃、銅製パッキンがつぶれていたため、建設JVの現場判断によりこれを取外し、耐熱性に劣るテフロン製パッキンに取り替えを行ったこと。

パッキン変更後、液処理設備への液送のためのバルブ開閉操作過程において吐出バルブの振動が一時的に生じましたが、バルブ開度調整を行うことにより、その振動はこの時点では解消され、11月20日より液処理施設側への送液を開始しました。

② 圧力計脱落再現試験

脱落した圧力計のネジ先端部は、ねじ山の一部分が根本側に変形していたが、その他は正常であったことから、脱落落下時に配管もしくは床面との衝突により生じたものであり、圧力計の脱落は、ネジ部が緩んで外れたものと推定されます。このこと及び事故当時の状況から、不適切なパッキンの使用のもと、配管に生じた振動により、圧力計ネジ部が緩み、落下したものと推定されました。

この推定を踏まえ、圧力計の脱落を再現するため、実機と同一モデルを使用した振動実験を行った結果、以下の事項が判明しました。

- テフロン製パッキンを使用して、初期締付トルク*を $30\text{N}\cdot\text{m}$ で締め付けると(人がスパナを用いてきつく締めた状態)、熱変形により緩むトルク*2が締結後1時間以上で、 40°C において $10.5\text{N}\cdot\text{m}$ 、 60°C において $9\text{N}\cdot\text{m}$ まで低下。
- 流体関連振動*3を模擬した振動(圧力計枝管の固有振動数*4、

16.25Hz)を与えた結果、袋ネジ部の締付トルク10N・m以下で緩みが発生。

- ポンプ振動を模擬した振動(340Hz)を与えた結果、袋ネジ部の締付トルク5N・m以下で緩みが発生。
- * ネジ部を締め付けて固定する際のトルク。
- *2 ネジ部を締め付けた後、緩めるために必要なトルク。
- *3 流体運動によって起振される構造体の振動。③参照。
- *4 構造体が振動する際には決まった振動数で振動するがその振動数。

③流体関連振動

第1蒸留塔塔底ポンプの起動の際、流体関連振動と考えられるバルブの振動が確認されており、この振動はバルブ操作によりいったんは解消されていますが、流量変化等によりバルブの振動が再発する可能性があります。

当該ポンプの機能は、リボイラー循環と液処理装置への送液の二つであり、以下に示すとおり流量及び揚程の送液条件が大きく異なっていますが、設計においては、1台のポンプで両者を満足させることを意図し、71m³/hrの流量と70mの揚程を条件としています。

- リボイラー循環 流量： 71m³/hr、 揚程： 30m
- 液処理装置への送液 流量： 0.12m³/hr、 揚程： 70m

この送液条件では、リボイラー循環に対しては揚程が過剰となるため、リボイラー循環運転においてはポンプ吐出弁あるいはリボイラー入口弁を絞り、余分な揚程分を吸収させるという操作を要求する設計となっています。弁の下流側が減圧状態にあれば、流体が減圧沸騰する可能性が大きく、事故が生じる前の操作(蒸留塔圧力を復圧せずにポンプを起動し、リボイラー入口弁を少し閉め、吐出弁Aを微開)が圧力計に振動を与える原因の一つであったと考えられます。

[ポンプキャビテーション*について]

ポンプのNPSH_{rq}(必要NPSH)に対して、NPSH_{av}(有効NPSH)が小さくなると、ポンプキャビテーションが発生することになるが、ポンプの安定かつ安全運転のためには、設計段階でNPSH_{av}の余裕があるポンプを選定することが一般的とされています。

当該ポンプのNPSH_{av}については、NPSH_{av}(=2.4m)≥NPSH_{rq}(=2.0m)となっていますが、ポンプメーカーは0.5m以上の余裕を持つよう要求しており、余裕が小さい設計となっていますので、キャビテーションが生じていた可能性も否定しきれません。本件は、引き続き検討してまいります。

* NPSH(有効吸込みヘッド:Net Positive Suction Head)の不足等により、液体の流れ中で気泡が生じる現象で気泡がつぶれるときに衝撃が発生する現象です。

④結論

当該圧力計は下記の主要原因により脱落したものと推定されます。

- 圧力計の接続が袋ネジを使用しているためフランジや溶接接続と比較すると緩みやすい構造であった。
- さらに事故前にパッキン材質をテフロン製に変更しており、使用温度条件等の運転条件に対して不適切であったため、締付トルクが低下した。
- 圧力計取り付けの袋ネジ部が吐出弁Aを開けたときの流体関連振動と考えられる異常振動によりさらに締付トルクが低下した。
- その後、ポンプ運転による微振動で徐々に緩み、脱落に至った。

また、今般の調査過程において、これらの脱落原因が生じた理由として、以下の問題点が明らかになりました。

- 設計時において圧力計の接続方法として袋ネジ方式としているが、これは当初の安全思想と整合していなかった。
- 銅製からテフロン製へのパッキン変更が建設JV作業者の現場判断のみで行われており、仕様変更の安全性確認に対する配慮がここでも欠如していた。さらに、パッキンの交換について、建設JVから運転会社への申し送りが十分でなかった。
- 上記不適合が生じた部分の接続方法が配管計装線図(以下、P&ID)に記載されておらず、P&IDを見て判断することは難しい状態であった。

以上から、建設JVにおける施工時のチェック機能、日常における意思伝達を含む意思決定手順が適切に機能していなかったため、当初想定していた安全性が欠如してしまったものと考えます。また、P&IDに不適合のあった部分の仕様が記載されていないことや追加された箇所が反映されていないこと等を含めて、品質保証の観点で適合していなかったと考えます。

(2) PCB 排気の漏洩

①事実確認

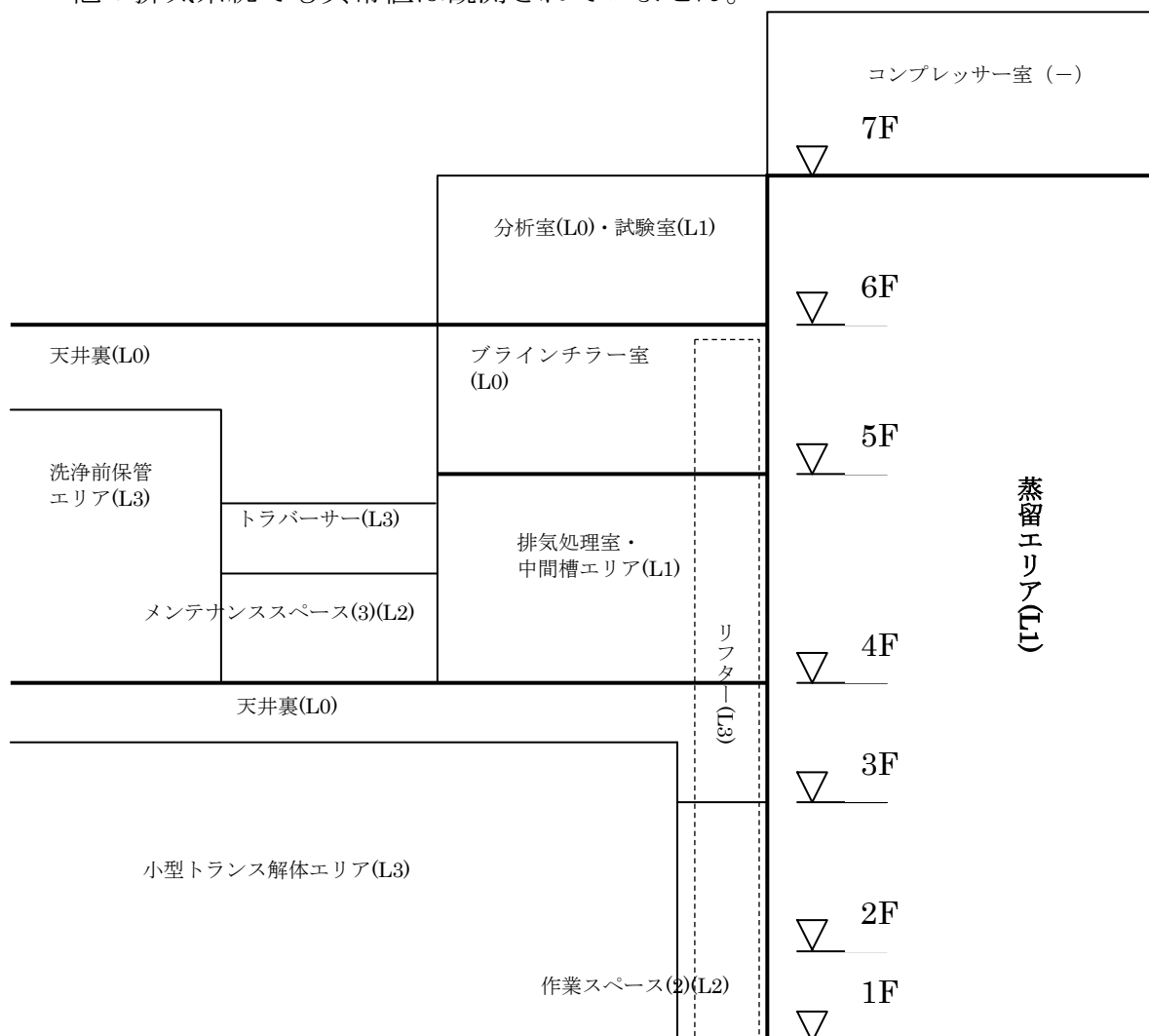
排気口におけるPCB濃度が $0.17\text{mg}/\text{m}^3$ となった第6系統につないでいる各エリアのPCB濃度を測定したところ、小型トランス解体エリアの天井裏が $0.40\text{mg}/\text{m}^3$ と高濃度になっていることが判明しました。

PCB濃縮洗浄油の漏洩が起きた蒸留エリアは、管理区域レベル1でマイナス 20Pa (11月17日の測定記録においてはマイナス 36Pa)で管理される区域であり、そこに隣接する小型トランス解体エリアは管理区域レベル3と同等でマイナス 70Pa (同マイナス 81Pa)で管理される区域です。図3-2に示すとおり、これら両区域に壁で仕切られた空間が存在し、当該解体エリア天井裏と通じており、一般PCB廃棄物取扱区域として換気されています。

一般PCB廃棄物取扱区域は本来常圧なので、管理区域レベル1の中の空気が流れ込むことは通常ありませんが、事故後の調査の結果、当該解体エリア天井裏の圧力がマイナス 35Pa であること及び壁貫通部の仕舞いが不十分で明らかな隙間があることを確認しました。

なお、PCB濃縮洗浄油の漏洩が起きた蒸留エリアの排気は第5系統となっており、第5系統の活性炭吸着塔の上流側ではPCB濃度は $0.24\text{mg}/\text{m}^3$ (11月

21日16時)となりましたが、排気口では0.00014 mg/m³(同11時)となっており、豊田市との協定に基づく管理目標値を満足していました。また、その他の排気系統でも異常値は観測されていません。



L3 : レベル 3、L2 : レベル 2、L1 : レベル 1、L0 : 一般 PCB 廃棄物取扱区域、- : 非管理区域

図3-2 蒸留エリア隣接区画概念立面図

②PCB 蒸気の漏洩経路

PCB蒸気の漏洩は、壁貫通部の仕舞い確認で見つかった隙間が経路となり、小型トランス解体エリアの天井裏にPCB蒸気の一部が移行したことにより生じたものと推定されます。また、当該天井裏が①に記載したとおり負圧となったのは、壁貫通部の仕舞い確認で見つかった隙間を通じて、管理区域レベル3相当の小型トランス解体エリア等から吸引されていたためと推定されます。

なお、PCB濃縮洗浄油の漏洩が起きた蒸留エリア等の排気が合流する第5

系統には、①に記載したとおり、管理目標値等を超過する濃度のPCB蒸気が混入したものの、活性炭吸着塔により適切に除去されました。また、小型トランス解体エリアにもPCB蒸気が混入したと考えられますが、PCB濃度に係る異常値は観測されておらず、オイルスクラバー等の排気処理装置により適切に除去されたものと推定されます。

これらの推定を念のため検証することを目的として、第5系統排気に統合させて排気している第6系統の排気(1月10日時点でPCB濃度は0.001mg/m³)について、事故以前と同様に単独排気に戻し、事故時の排気状況を再現することにより、漏洩経路の検証及び評価を行う予定です。この確認調査にあたっては、第6系統排気に活性炭処理設備を仮設し安全を確保した上で、模擬の発煙物質を用いたスモークテストを実施することを予定しています。

③結論

小型トランス解体エリアの天井裏(一般PCB廃棄物取扱区域)の配管貫通部等の仕舞いが不十分で隙間が空いていたため、天井裏が負圧となり、蒸留エリア(管理区域レベル1)で漏洩したPCBが天井裏を介して漏洩したものと推定されます。

また、以上の状況については、建設JVによる施工確認が十分に行われていなかったと判断せざるを得ないと考えます。

(3) 活性炭処理ラインへの切り替えが遅れた原因

2(1)で整理したとおり、切り替え操作が遅れた原因として、第6系統の活性炭処理ラインへの切り替えに関する運転会社職員に対する教育が不足していたと考えられることから、当該作業に関する教育記録を調査しました。

この結果、作業手順書が中央制御室で保管されていなかったこと、運転会社職員に対する教育が実施されていなかったことが判明しました。

これらは、建設JVから運転会社への教育プログラム及びマネージングが不十分であり、結果として運転会社の意識・技術レベルが十分でなかったことが原因と考えられます。

(4) 対策案

以上の状況に鑑みて必要な対策は以下のとおりと考えます。

①圧力計の脱落

- 圧力計取り付け部の緩みが生じにくくなるよう、袋ネジ式の接合部をなくし、フランジ式に変更する。また、圧力計への配管振動の影響を排除するとともに、熱伝導を抑制するため、圧力計を配管とは別の支持に固定し、キャピラリー(導圧管)で接続する。さらに圧力計脱落の主因ではないが、振動の増大を起こしうる仮設サンプリング配管は撤去する。

以上の方針で詳細な形式決定後、想定される配管振動でフランジ接合部に緩みが発生しないことを建設JV研究所の加振実験装置で確認する。

- 流体関連振動の発生を防止するため、リボイラ入口弁及び吐出弁を全開で運転できるように、次項の新規ポンプの製作までの間、ポンプ吐出側及びリボイラ入口弁の上流側にオリフィスの挿入を行う。
- さらに万全を期してNPSH_rを下げるため、現状ポンプ及び上記の追設オリフィスを撤去し、吐出量等の仕様が異なるリボイラー循環と送液用ポンプを設置することも検討する。

②PCB 蒸気の漏洩

- 各エリアの気密性を確保するため開口仕舞を確認し、必要に応じてシール剤の充填等を行う。
- 一般PCB廃棄物取扱区域が万が一PCBにより汚染されても施設外にPCBを排出させないように、第6系統排気を常時活性炭処理する。

③全般的事項

- ①～②の改造のうち、当初の設計と異なる事項の実施にあたっては、安全性に影響が生じないか再評価を行う。
- ①～②の改造を実施した上で、運転会社職員が緊急時の対応を適切に行えるよう、ポンプの起動、切り替え等の非定常操作の操作マニュアルを再作成し、建設JVによる十分な指導・教育を行う。
- 建設JVにおいて設計どおりの施工がなされるよう、また、このことが適切に検証されるよう手順を改善し、その徹底を図る。さらに運転段階において、関係者が協議して決定した事項や現場判断で変更した事項が職員に適切に周知されるよう手順を改善し、その徹底を図る。
- PCB又は危険物関係の部品の交換にあたっては、原則としてJESCO又は運転会社職員が立ち会うことの徹底を図る。また、工事の一環として部品の交換を行う場合は、予め、施工会社に施工計画書を提出させ、施工計画書の承認後に工事に着手させることの徹底を図る。

4.緊急時の連絡

(1) 運転会社の対応

今回の漏洩事故は、豊田事業所緊急時対応マニュアル第2条(1)で定義される緊急異常事態です。

夜間又は休日の緊急時通報系統図は次ページのとおりとされており、運転会社職員は、必要に応じて消防及び警察に通報し、また、同社管理職等職員を通じてJESCO豊田事業所職員に通報したうえで防災管理者(JESCO豊田事業所長)が防災対策本部を設置し、豊田市環境部等関係機関に連絡することとなっています。

事故が発生したとき、緊急時対応マニュアルに位置づけられている運転会社管理職等職員は勤務していませんでしたが、2(1)で整理したとおり、午前2時30分頃には緊急時対応マニュアル上の管理職等職員と連絡が通じており、この段階で速やかにJESCO豊田事業所職員への連絡がなされるべきでした。また、JESCO豊田事業所職員への連絡が遅れたことの一因に、運転会社社長への連絡に時間を要したことがあると思われませんが、

- 連絡しようと思った相手に連絡できなかった場合の対処方法の確立
- 携帯電話以外の連絡先の確保

がなされることが必要と考えます。

豊田事業所緊急時対応マニュアル第2条(1)

(用語の定義)

第2条 このマニュアルにおいて、次の各号に掲げる用語の定義は、それぞれ当該各号に定めるところによる。

(1)緊急異常事態 災害その他の異常現象の発生により、①施設の外部にPCB液その他有害な物質が流出又は流出するおそれが生じた場合、②施設の敷地内でPCB液その他有害な物質が漏洩した場合、③地震、火災等によって施設の一部が損壊した場合、及び④施設の異常によって外部の施設等第三者の財産等に何らかの損害を与えるおそれが生じた場合、に緊急措置を講じなければならない状態をいう。

ただし、次に掲げる少量の漏洩で、保安上の措置を必要としない程度のものを除く。

ア PCB液その他有害な物質を取り扱う設備に係る温度、圧力、流量等の異常な状態に対し、正常状態への復帰のために行う設備の正常な作動又は操作による漏洩

イ 発見時に既に漏洩が停止している場合又は設備の正常な作動若しくは操作により、漏洩が直ちに停止した場合

(2) JESCO の対応

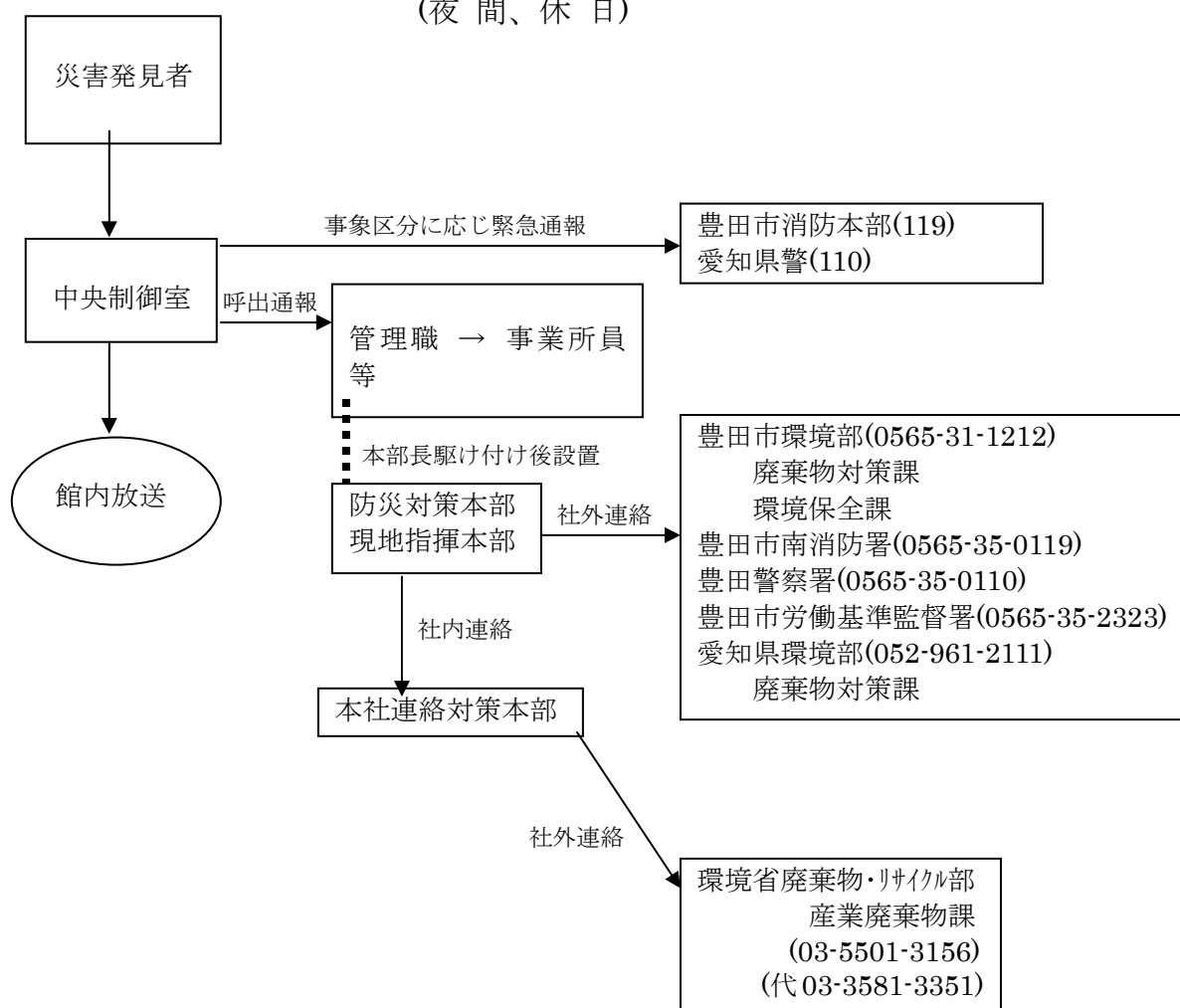
JESCO豊田事業所の防災管理者は、下図(緊急時対応マニュアル別表3-2)に基づき、地元関係機関に通報すべきとされています。

2(1)で整理したとおり、今回の漏洩事故がJESCO豊田事業所に知らされた時点で発生時刻から相当の遅れが生じましたが、地元関係機関への連絡はさらに遅れてしまいました。今後、様々な状況を想定した訓練の実施等により、遅れのない適切な対応を確保することが必要と認識します。

別表-3-2(第9条第2項関係)

緊急時通報系統図

(夜間、休日)



5.安全に係る総点検

事業の再開にあたっては、施設の安全性について総点検を行うことが重要と認識しています。このため、建設JVにおいて、設計、製作、据付・施工及び試運転段階の各フェーズにおいて施設の安全性を点検するための計画を作成し点検作業を進めます。また、点検計画及び点検結果については、JESCOがその健全性を確認し、安全性の再確認を実施します。

(1)配管のゆるみ

PCB配管、危険物配管及び窒素ガス配管について、下記要領及び判定方法により点検し、施設の安全を再確認します。

[点検要領]

- P&IDにフランジ箇所の番号付けを行う。
- 現場にてP&IDとおりのフランジ部であるかを確認し、点検記録にライン名、番号、口径を記入する。
- 保温・保冷が施工されている場合は事前に取り外す。
- フランジ接合部のパッキン、フランジ接合部のずれ及びボルトの出代の確認を行う。
- トルクレンチにてボルト1本ずつの締付トルクをチェックし(締付すべき順にチェック)、基準値以上であることを確認する。また、締め付け前にゆるみ箇所・状態(1/4回転回った等)について記録する。
- ボルトの締付け確認後、油配管に関しては目視で、窒素ガス配管に関しては漏洩検知スプレーを用いて漏洩確認を行う。なお、窒素ガス配管の点検にあたっては、酸素計を用いて作業環境が低酸素状況となっていないことを確認すること。
- 点検結果をP&ID及び点検記録シートに記録する。

[判定方法]

- パッキンが入っていること
- フランジずれが無いこと
- ボルト出代が2山以上あること
- 漏れが無いこと
- 締付トルクが基準値以上であること

(2)配管等貫通部の開口仕舞

配管、電気ケーブル、ダクト他(以下配管等)の壁等貫通部の開口仕舞について、下記要領及び判定方法により点検し、施設の気密性を再確認します。

[点検要領]

- 全室を対象とした現場目視に基づき、開口位置を確認し、開口チェック位置図及び開口部シール調査チェックリストに記入する。なお、天井、壁又は床を貫通している配管等の開口部全数を対象とする。

- 点検はプラント機械、換気・空調、電気設備など工種毎に実施する。その際、シール品質を設計仕様書に基づき確認する。また、開口部全数についてシール状況の写真撮影を行う。なお、写真用の黒板には予め採番した開口番号を記載する。

[判定方法]

- 設計仕様と整合していること
- コンクリートの割れがないこと
- シーリングの割れがないこと
- シーリングの界面剥離がないこと

(3) 建築工事(建築設備を含む)の隙間シール仕舞

建築工事の間仕切り、天井目地、シャッター周り、建築設備配管等の隙間シール仕舞について、下記要領及び判定方法(建築設備の判定方法は(2)の判定方法に準ずる。)により点検し、施設の気密性を再確認します。

[点検要領]

- 全室を対象とした現場目視に基づき、隙間シールの不良部を確認し、開口チェック位置図及び間仕切り貫通開口の調査チェックリストに記入する。
- 隙間シールの品質を建築図(設計図)に基づき確認する。また、不良部の隙間シールについては状況の写真撮影を行う。

[判定方法]

- 設計仕様と整合していること
- 間仕切りとスラブの隙間が無いこと
- 鉄骨梁および柱の貫通部の隙間が無いこと
- シャッター周りの隙間が無いこと
- 天井目地の隙間が無いこと

(4) その他類似設備への展開

環境、安全という観点から、各装置・機器について、想定されるリスクと対策、設計上の要求事項と対応、製作時及び据付・施工時検査記録、試運転記録等により健全性を再検証し、そのうえで必要に応じた対策の立案、その安全性等の確認を行います。

また、静的状態における点検が完了した後、必要な項目について、安全性を十分確保した状況で動的状態における点検を実施します。

今後、動的状態における点検の立案、具体化を図ります。

6.おわりに

今後、事故原因及び関連事項に係る対策、並びに安全に係る総点検及び点検結果に基づく対策を実施し、再立ち上げの試運転の中で、再度、環境性能を確認してまいります。この試運転結果の評価までの一連の対応を加味して、最終報告案を作成いたします。

また、作業安全衛生の問題についても、必要なデータが得られた段階で速やかに評価等を行ってまいります。

当社としては、本施設を設置、管理している立場から、当社が直接的に行った行為に起因する事項はもちろんのこと、建設JV等が行った行為に起因する事項についても、当社の管理・監督を含め、万全の対策を講じますので、皆さまのご理解を賜りたくお願い申し上げます。

お問い合わせ先

日本環境安全事業株式会社

本社事業部 安全・技術開発課 TEL (03)5765-1930

豊田事業所 運転管理課 TEL (0565)25-3110