

安全データシートを活用した排水処理教育における PDCA サイクルの報告

出川強志*¹, 田中孝国*²

A Report of PDCA cycle for education of waste liquid utilized for Safety Date Sheet

Tsuyoshi DEGAWA, Takakuni TANAKA

The students do not understand the treatment method of waste water of the chemical experiments. And then, they do not understand the treatment method of factory waste liquid, safety of the worker. Therefore we performed a study session that a student planned drainage processing and carried out with chemical experiment waste water as factory waste liquid. They have utilized Safety Data Sheet (SDS), made a work process in consideration of safety measures. And they examined each process using PDCA cycle and tried improvement such as a safe increase in the drainage processing or the reduction of the cost.

KEYWORDS : waste water of chemical experiments , factory waste liquid, Safety Data Sheet (SDS) , PDCA cycle

1. はじめに

高専は、実験・実習を重視した専門教育課程を有し、卒業生の多くは研究開発ができる実践型技術者として、新規開発や製品製造現場の第一線において高い評価を受けている。現在の産業界は、環境負荷に配慮したモノづくりは必須である。また様々な専門領域を越えた技術開発は当たり前であり、狭い専門領域だけを習得する従来の高専の教育課程ではこれをカバーできない。したがって次世代の技術者を育成する高専において、環境に

配慮しながら専門領域を超えて問題解決ができる技術者育成が求められている。

これまで、共著者の環境に関する通常の講義科目と同時に、著者が指導している物質工学科 2 年生の分析化学実験において、学生実験における廃液教育の試み¹⁾ (平成 25 年度奨励研究採択 課題番号 25910030) を導入し、学生実験時の廃液中の有害物質の測定を行った。また学科を問わず募集した学生を対象とした工業製品中の有害物質測定の試み²⁾ (平成 26 年度奨励研究採択 課題番号 26910028) を行い、工業製品中の有害物質の測定を通してこれらの試みは環境意識の高い自立し

*1 技術室 (Technical Office) E-mail: degawa@oyama-ct.ac.jp

*2 物質工学科 (Dept. of Materials Chemistry and Bioengineering)

た技術者の育成に関与し、環境負荷を考える人材の育成を目指してきた。

物質工学科の化学実験では有害な実験廃液が排出されるが、学生は自分の排出する有害廃液の処理方法を理解していない。また実際の工場等生産現場における排水中の有害物質の処理方法、処理コストや環境負荷、処理作業者の安全について深い理解を得る機会がなかった。

そこで、学生が排出した実験廃液を工場の模擬排水として、学生自身による排水処理工程の計画立案およびその実行を着想した。この過程において、学生は廃水処理のコスト、作業上の安全衛生、環境負荷等に考えを及ぼし作業工程を作成することになるが、その際は試薬の安全データシート(以下、SDS)を参考に、含まれる有害物質の危険性や、その安全対策を考慮して具体的な作業工程を作成する。同廃液で複数回の処理実験を行い、PDCAサイクルを用いて各工程の情報を整理・検討することにより、排水処理における安全性の増進やコストの低減などの改善(正のスパイラル)を目指す。これらの過程で、学生は有害物質の処理のコスト、作業環境の安全衛生、環境負荷などの理解と、作業工程の改善作業を通じて問題解決能力の向上をはかることができる。

今回の取り組みの目的は実験廃液を工場から排出された排水に見立てて、その排水処理を計画立案することにより、高専が目指す将来のゼロエミッション社会の技術者教育の実践に好適であり、学生に有害物質の処理方法、環境負荷などの理解と、PDCAサイクルを用いた問題解決能力の醸成を図り、産業界において環境負荷を念頭に入れた、技術開発および製造を行える人材育成を目指すものである。

2. 実施内容

勉強会は2014年10月から2015年1月に8回にわたり行った。今回の試みは、化学工学を基礎に置き、分析化学や無機化学の知識を活用した排水処理工程の実践でもあり、水処理を専門とする田中孝国教員に協力を得て、同研究室に配属された物質工学科4年生4名が勉強会に参加した。勉強会は地域連携共同開発センターを中心に展開した。勉強会は2人1組のチームで行い、各回2時間～3時間の時間内において、各回のテーマに基づき講義においてまず問題呈示を行い、この呈示された問題

について学生同士の班内ディスカッションを行う。そのうち検証実験を行う事により、理解を深めるといったアクティブラーニング的手法を用い、排水処理の勉強会を行った。表1に4年生に行った勉強会のスケジュールを記す。

表1 4年生グループのスケジュール

	日	内容
1	10/16	環境を考えたモノづくり、PDCAサイクル、Cr(VI)排水処理工程を考える。
2	10/23	PDCAサイクルの構築(PLAN策定)、Cr(VI)排水処理の予備実験。
3	10/29	PDCAサイクルの構築(PLAN策定)
4	11/13	排水の処理作業を行いCHECKデータを得る。
5	12/11	CHECKデータを用いてACTION(改善)を行い次回のPLAN策定およびDOを行う。
6	12/18	CHECKデータを用いてACTION(改善)を行い次回のPLAN策定およびDOを行う。知りえた知見を整理検討し、発表の方針を決める。
7	1/8	勉強会で学び得た事を中心に口頭発表をする。排水処理実験(鉄塩(II)還元法)。
8	1/22	工業製品(クロメート製品)と、クロメート製品中の六価クロムの機器分析(UV, ICP, FE-SEM, XPS)

模擬排水(以下、排水)には物質工学科2年生が行った分析化学実験において排出された、六価クロムを含む実際の実験廃液を希釈して使用した。

六価クロム含有排水処理は一般的に広く行われている薬品還元法(水酸化物法)^{3), 4), 5)}を用いた。本法は、溶解度が大きく毒性の強い六価クロムを溶解度が小さく、毒性が非常に低い三価クロムに還元して排水よりろ過、沈殿させ取り除く方法である。一般的に亜硫酸還元法と鉄塩(II)還元法がある。両者は六価クロム排水の条件より選択される。その中で特に広く行われている亜硫酸塩還元法を選択した。これは六価クロム含有排水を、酸性化で亜硫酸水素ナトリウムを加えて三価クロムに還元し、その後アルカリを加えて水酸化クロムとして沈殿するものである。

処理水中の六価クロムの検査は、その操作の簡便さによる時間短縮が期待できるジフェニルカルバジド法を準用した市販パックテストキットを用

いた。六価クロム排水の処理方法は、試薬の SDS 等を参考にして、汚泥量、溶液濃度、pH、共存物質の有無などの条件を精査させ、その中で特に広く行われている亜硫酸塩還元法^{3), 4), 5)}を選択した。これは六価クロム含有排水を、酸性化で亜硫酸水素ナトリウムを加えて三価クロムに還元し、その後アルカリを加えて水酸化クロムとして沈殿するものである。処理法を選択し、必要な器具、試薬、安全器具等を検討選択して、予備実験を行い、排水処理工程作成の基本的データを取得した。このデータを基に作業工程計画と、処理水中の六価クロム含有率、作業時間、汚泥量、処理水量等の設置した項目において目指すべき目標値を作成させた (PLAN)。次に計画に従い排水処理作業を行った (DO)。終了後、結果が目標値に達しているか確認させた (CHECK)。その後作業中の安全面も含め、実際の作業において目標値に沿わなかった点や、より高い目標値を決めて、達成のための改善点をチーム内で検討整理し (ACTION)、その改善点を基に処理工程の手直しを行い、2 回目の排水処理をおこなった。2 回目終了後結果から改善点の検討および、処理工程の手直しを行った。以上の過程をチーム内でまとめ、理解発見した事を中心に各自でテーマを決定して、公開発表会で口頭発表会による成果発表を行い、討議を経て理解を深める。また勉強会全体で理解発見した知見についてレポートにて報告させた。口頭発表終了後捕捉の実験として行わなかった薬品還元法(水酸化物法)のもう一つの方法である鉄塩(II)還元法の模擬実験を行った。また実際の工業製品(クロメート製品)の説明および、これらクロメート製品中に含有する六価クロムを地域連携共同開発センターにある分析機器 (UV, ICP, FE-SEM, XPS) で機器分析を行ったと、最終的にアンケート調査とあわせて最終的に評価した。PDCA サイクルの概念図を図 1 に、勉強会の様子を図 2~7 に記す。

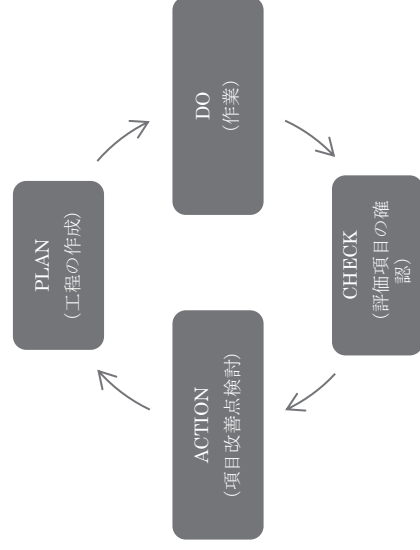


図 1 PDCA サイクル



図2 班内ディスカッション



図3 参考資料



図4 実験操作

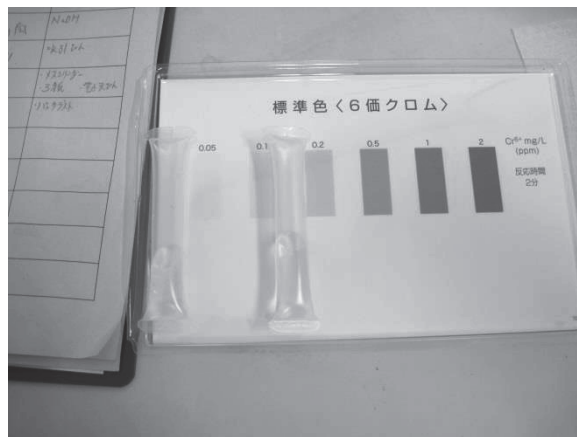


図7 排水中の六価クロムの測定



図5 実験装置

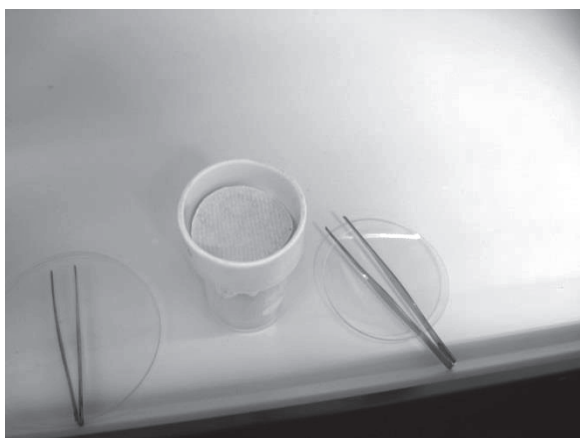


図6 濾過作業

3. 結果

参加学生は排水処理工程におけるPDCAサイクルを構築して、そのサイクルを2回まわした。実習前に設定した目標に対して、1回目に実習後目標値に達しなかった項目について、2回目の作業において改善をめざし、自分達が考えた作業工程の改善を織り込み、2回目のPDCAサイクルを遂行した。表2に排水処理作業における目標設定とPDCAサイクル1回目、及び2回目のチェック項目の結果を表2に記す。

表2 排水処理作業の目標とチェック項目

	目標	1回目の チェック	2回目の チェック
Cr(VI) 濃度 (mg/L)	0.5	≤0.05	≤0.05
Cr (全濃度) (mg/L)	2.0	7.24	0.238
放流水の pH	5.8~8.6	7.9	8.3
汚泥量乾燥重量 (g)	0.1300	0.0546	0.8641
処理水量 (mL)	≤300	248	288.8
作業時間	2 時間 30 分	<u>2 時間</u> <u>50 分</u>	<u>2 時間</u> <u>20 分</u>
排水総量 (mL)	200	200	200

全クロムの含有率測定は、地域連携共同開発センター内分析機器 ICP-OES を用いた。

設定された目標とチェック項目について、PDCA サイクルを回すことにより、改善が認められた例があった。

表2の作業時間において1回目のチェック項目では2時間50分となり、目標としていた2時間30分を20分超過した。そこで学生は改善項目として目標時間を超過した作業時間を選択した。作業時間短縮の為に汚泥分離に使用する吸引ロートを大型にするなどの作業工程の改善を施したところ、30分の時間短縮が図られ、作業状況が改善された。これら作業工程における PDCA サイクル導入による改善作業を通じて問題解決能力の向上が進んだ。また事前の知識と事後の内容理解を調査するため勉強会の前後においてアンケートを実施した。その一部を図8, 9 及び表3, 4に記す。

(2015年10月16日及び2016年1月8, 22日4名中4名回答)

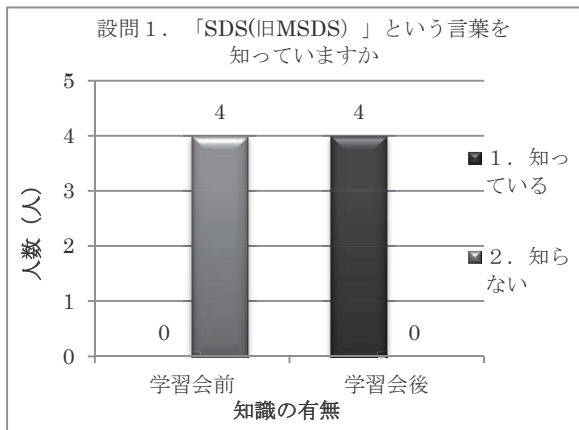


図8 アンケート結果

表3 アンケート結果

設問2. (設問1で1を選んだ人)「SDS」について何でもいいので思いつく事を述べて下さい。

学習会前	
学習会后	安全データシート、薬品の詳細、危険性等
	薬品の危険性などについて書かれている
	工場からの排水に含まれている有害物質についてまとめた物
	会社等が出された排水などについての危険性や排水情報についてまとめたもの

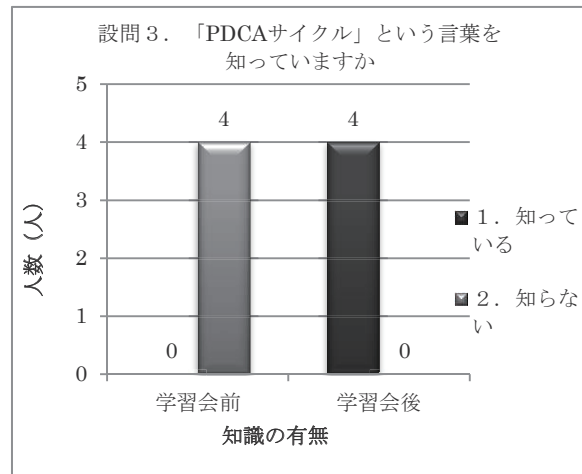


図9 アンケート結果

表4 アンケート結果

設問4. (設問3で「1. 知っている」を選んだ人)「SDS」について何でもいいので思いつく事を述べて下さい。

学習会前	
学習会后	計画→実行→評価→改善を繰り返す
	Plan→Do→Check→Actionと進めていく
	Plan, Do, Check, Actionを通して改善点を洗い出して積み重ねていく
	Plan, Do, Check, Action を繰り返していつて物事を確実に改善させていく過程

これらの結果は、参加学生のSDSやPDCAサイクルに関する知識習得を示している。設問1, 2についての回答では、勉強会前は、SDSについてまったく知識がない状態が 学習会後は、「安全データシート」「排水に含まれる有害物質」など勉強会で知ることが出来たSDSについて具体的なキーワードが並んでいる。また設問3, 4についての回答では、同様にPDCAサイクルについてまったく知識がない状態が 学習会後は、「PLAN→DO→CHECK→ACTION」「計画→実行→評価→改善」など勉強会で知ることが出来たPDCAサイクルを簡潔に表現している。これら自らの頭で考え実際の作業を通じての学習が有益であることを示している。今後この勉強会を継続した際、さらに詳細なアンケート調査を行い、勉強会の効果を確かめたい。

勉強会終了後、4人の学習者は勉強会において学んだことを指導者との相談しながら自分達でテ

一マを決めて10分の口頭による全体発表会を行った。表5に講演題目と要旨、図10に全体発表会の様子を記す。

表5 講演題目と要旨

講演題目	要旨
六価クロム排水処理における時間短縮	今回の排水処理過程において PDCA サイクルを用い時間短縮を図った。結果時間短縮が図られたが、さらなる時間短縮の方法を考察した。
処理排水中の三価クロムの低減	排水処理実験の結果、処理排水の六価クロム含有量は基準値未満への低減ができたが、三価クロム含有量が2回の実験で共に基準値を超える値を示した。その原因を考察する。
六価クロムが環境及び人体に与える影響と対策	六価クロムは人体や環境に多大な悪影響を与えるため、基準値以下の濃度にして排出しなければならない。実験の結果を通して、適切な安全対策と処理方法を報告する。
クロムの工業的利用とクロム含有排水の処理	クロムは様々な工業製品に利用され、それらの工場排水には六価クロムが含まれる場合が多い。六価クロム含有排水の処理実験とその検討を行った結果を報告する。



図10 全体発表会

この題目と要旨は六価クロム排水を主軸において処理工程の改善に PDCA サイクルを用いての時間短縮や、排水基準値への達成過程や、六価クロムの人体への影響、クロムの工業的利用法など、参加学生の興味が様々な方面にわたっていることを示している。

以上の結果より化学工学を専門に勉強しようとする学生が、クロム排水処理工程の計画と実践という普段の授業で行わないが、非常に重要な産業における化学技術の活用的一端を知ることが出来た。またその計画・実践の過程において SDS を中心とした文献調査を自らの手で行い様々な分野の知識を包括的に捉えた、これを基に組み上げた排水処理計画を PDCA サイクルで改善することにより、学生は、開発・製造で具体的に化学の知識がどう活用されているかを知り、また開発・製造の現場では従来の基礎的な化学知識を越えた多様な知識と問題解決能力が必要であることを体感することが出来た。

2015年度に行った勉強会は、参加人数が計4名と少なかった。今後は、例えば HR においてデモ実験による紹介の実施などにより、多くの学生が参加してもらえるように工夫していきたい。

4. 謝辞

本研究は平成 27 年度奨励研究（課題番号 15H00234）に採択されています。本研究で小山高専内の関係される先生方には多くの御支援を頂きました。深謝いたします。

参考文献

- 1) 出川強志, 高屋朋彰, 加島敬太, 糸井康彦, 上田誠, 田中孝国 「学生実験における廃液教育の試み」, 小山高専研究紀要第 47 号 pp. 105-110 (2014)
- 2) 出川強志, 渥美太郎, 田中孝国 「RoHS/ELV 指令に基づく有害物質教育の試み」, 小山高専研究紀要第 48 号 pp. 123-128 (2015)
- 3) 吉村二三隆 著: 『これでわかる水処理技術』, 技術評論社, pp. 73-77, 138-139 (2011)
- 4) 藤田賢二 著: 『水処理薬品ハンドブック』, 技報道出版, pp. 28-29 (2003)
- 5) 公害防止の技術と法規 編集委員会編: 『新・公害防止の技術と法規 2009 II』, (社) 産業環境管理協会, pp. 212-217 (2008)

【受理年月日 2016年 9月 29日】