บทที่ 4

ผลการศึกษาและวิจารณ์

4.1 ข้อมูลโดยทั่วไป

จากการรวบรวมข้อมูลโดยวิธีการสอบถามเจ้าหน้าที่ประจำห้องปฏิบัติการวิเคราะห์น้ำและน้ำเสีย ซึ่งได้มีการสุ่มตัวอย่างห้องปฏิบัติการมา 10 แห่ง (ตารางที่ 4.1) โดยเป็นห้องปฏิบัติการของหน่วยราชการ 2 แห่ง ห้องปฏิบัติการของเอกชน 6 แห่ง และห้องปฏิบัติการของโรงงานอุตสาหกรรมอีก 2 แห่ง เพื่อเป็นตัวแทนห้องปฏิบัติการวิเคราะห์น้ำเสียในประเทศไทย โดยมีการพิจารณาแง่ต่าง ๆดังนี้

4.1.1 ข้อมูลเกี่ยวกับแหล่งที่มาของน้ำเสีย ที่นำมาทำการวิเคราะห์ซีโอดี

แหล่งที่มาของน้ำที่นำมาทำการวิเคราะห์หาค่าซีโอดีนั้น กรณีที่เป็นห้องปฏิบัติการเอกชน และห้องปฏิบัติการของโรงงานอุตสาหกรรม จะมาจากน้ำเสียจากกระบวนการผลิตและน้ำเสียอื่น ๆในโรงงานอุตสาหกรรม แต่ละโรงงานจะมีกระบวนการผลิตที่แตกต่างกันไป รวมกับในส่วนของห้องปฏิบัติการของราชการ ซึ่งมีทั้งรับวิเคราะห์น้ำเสียโรงงานอุตสาหกรรม น้ำเสียจากโรงแรม และอาคารสูงที่อยู่ในความควบคุมของกรุงเทพมหานคร ตลอดจนน้ำจากแม่น้ำลำคลอง ดังนั้นน้ำเสียที่นำมาทำการศึกษาจากแหล่งต่าง ๆเหล่านี้จะมีความหลากหลายในแง่กระบวนการผลิต สารเคมีที่ใช้ ดังนั้นน้ำเสียที่ออกมาจึงค่อนข้างมีชนิดของสารปนเปื้อนอยู่มาก อาจเกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อนได้ และในการนำมาทำการวิเคราะห์ค่าซีโอดีนั้นเป็นการเพิ่มความยากในการบำบัดมากขึ้น

4.1.2 วิธีการที่ใช้ในการวิเคราะห์ค่าซีโอดี

วิธีการที่ใช้ในการวิเคราะห์ค่าซีโอดีมีอยู่ 2 วิธีการคือ

ก. วิธีการรีฟลักซ์แบบเปิด (open dichromate reflux method)

ข. วิธีการรีฟลักซ์แบบปิด (close dichromate reflux method)

ซึ่งวิธีการนี้เป็นไปตามวิธีมาตรฐาน (standard methods) และจากการสอบถามเจ้าหน้าที่ประจำห้องปฏิบัติการทั้ง 10 แห่ง มี 8 แห่งที่ใช้วิธีการรีฟลักซ์แบบเปิด และ 2 แห่ง จะใช้วิธีการรีฟลักซ์แบบปิด ซึ่งทั้ง 2 แห่งนี้มีจำนวนตัวอย่างน้ำเสียที่ทำการวิเคราะห์ซีโอดีสูงคือประมาณ 100 และ 500 ตัวอย่างต่อเดือน ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1ข้อมูลทั่วไปในการวิเคราะห์ค่าซีโอดี

รายชื่อห้องปฏิบัติการ	วิธีการวิเคราะห์ (แบบเปิด/แบบปิด)	จำนวนตัวอย่างเฉลี่ยต่อเดือน	ค่าวิเคราะห์ต่อตัวอย่าง (บาท)	การบำบัดน้ำเสีย
1.กรมวิทยาศาสตร์บริการ	แบบเปิด	100	200	ไม่มี
2.สำนักระบายน้ำ กรุงเทพมหานคร	แบบเปิด	20-30	200	ตกตะกอนด้วยโซเดียมไบซัลไฟต์
3.บ.ที่ดินอุตสาหกรรม สระบุรี	แบบเปิด	20-30	200	ไม่มี
4.บ.โมเดิร์น ทรีทแอนด์เทค	แบบเปิด	30	300	ไม่มี
5.บ.ยูไนเต็ด แอนทาลิสต์	แบบเปิด	>30	300	ตกตะกอนปรอท
6.บ.เทสท์เทค	แบบเปิด	150	200	ไม่มี
7.โกชู เคมีคอล	แบบเปิด	100	300	ตกตะกอนด้วยโซเดียมคลอไรด์
8.ไอ คิว เอ	แบบเปิด	>100	300	ไม่มี
9.บ.แซนอี 68	แบบปิด	80-100	250	ไม่มี
10.บ.วอเตอร์เทสท์	แบบปิด	500-600	300	ไม่มี
ค่าเฉลี่ย		113	255	

จากวิธีการวิเคราะห์ซีโอดีที่แตกต่างกันทั้งแบบเปิดและแบบปิด จะมีผลให้ปริมาณน้ำเสียที่เกิดขึ้นจากวิธีการดังกล่าวมีค่าที่ต่างกันด้วย ทั้งนี้สามารถดูวิธีการวิเคราะห์ได้จากภาคผนวก ก. ในวิธีการแบบปิดจะได้น้ำเสียที่เกิดขึ้นแต่ละตัวอย่างประมาณ 7.5-10.0 มิลลิลิตร ในขณะที่วิธีการแบบเปิดจะได้น้ำเสียที่เกิดขึ้นในแต่ละตัวอย่างประมาณ 150-350 มิลลิลิตร ทั้งนี้จะขึ้นอยู่กับความสกปรกของน้ำเสียที่นำมาทำการวิเคราะห์ค่าซีโอดี โดยจะใส่ปริมาณของน้ำที่จะนำมาทำการวิเคราะห์กับปริมาณสารเคมีที่แตกต่างกันดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ปริมาณสารเคมีที่ใช้กับขนาดของตัวอย่างต่าง ๆในการวิเคราะห์ซีโอดีแบบเปิด (กรรณิการ์,2525)

Sample size (ml)	0.25N Standard dichromate (ml)	conc.H_2SO_4 with Ag_2SO_4 (ml)	$HgSO_4$ g.	Normality of $Fe(NH_4)_2(SO_4)_2$	Final volume before titration(ml)
10.0	5.0	15	0.2	0.05	70
20.0	10.0	30	0.4	0.10	140
30.0	15.0	45	0.6	0.15	210
40.0	20.0	60	0.8	0.20	280
50.0	25.0	75	1.0	0.25	350

4.1.3 จำนวนตัวอย่างที่ใช้ในการวิเคราะห์ต่อเดือน

จำนวนตัวอย่างที่วิเคราะห์ในแต่ละห้องปฏิบัติการมีความแตกต่างกันแล้วแต่ขนาดของห้องปฏิบัติการแต่ละแห่ง เครื่องมือที่ใช้ และ วิธีการวิเคราะห์ เช่น ถ้าใช้วิธีรีฟลักซ์แบบเปิดจะต้องทำการรีฟลักซ์ โดยมีเครื่องมือรีฟลักซ์ ดังแสดงในภาคผนวก ก ซึ่งจะทำได้ครั้งละไม่มากตัวอย่าง แต่จะใช้สารเคมีสำหรับการวิเคราะห์มากกว่า ในแต่ละเดือนจึงทำการวิเคราะห์ได้ในช่วง 20-150 ตัวอย่าง หรือเฉลี่ยแล้วประมาณ 113 ตัวอย่างต่อเดือน ส่วนวิธีรีฟลักซ์แบบปิดนั้นจะใช้เตาอบในการให้ความร้อน เพื่อให้เร่งปฏิกิริยาการออกซิไดส์สารอินทรีย์ ทำให้สามารถวิเคราะห์ได้ทีละมาก ๆ โดยจะสามารถวิเคราะห์อยู่ในช่วง 100-600 ตัวอย่างต่อเดือน จากข้อมูลของพวงรัตน์ แก้วล้อม (2537) ที่ได้ทำการเก็บข้อมูลจำนวนตัวอย่างในการวิเคราะห์ต่อเดือนในปีพ.ศ.2533 จนถึง 2537 เพื่อดูแนวโน้มการเพิ่มขึ้นจำนวนตัวอย่างและปริมาณน้ำเสียจากการวิเคราะห์ทำการรวบรวม และหาข้อมูลเพิ่มเติมจากห้องปฏิบัติการอื่นไว้ในตารางที่ 4.3 ซึ่งสรุปได้ว่าจำนวนตัวอย่างที่ทำการวิเคราะห์แบบเปิดต่อเดือนในแต่ละปีมีปริมาณโดยรวมเพิ่มขึ้นมีบางส่วนทำการวิเคราะห์ลดลง สาเหตุมาจากห้องปฏิบัติการสำนักระบายน้ำยังทำการวิเคราะห์น้ำคลอง ในช่วงปีพ.ศ.2533-2534 แต่เนื่องจากการวิเคราะห์ซีโอดีจะเป็นการเพิ่มสิ่งสกปรกลงน้ำมากขึ้น จึงไม่นำมาทำการวิเคราะห์ค่าซีโอดีทำให้ข้อมูลตัวอย่างลดลง ส่วนห้องปฏิบัติการของเอกชนในปัจจุบันมีปริมาณเพิ่มขึ้นกว่าในอดีตทำให้มีการกระจายของงานมากขึ้น ปริมาณน้ำเสียรวมการวิเคราะห์แบบเปิดที่เกิดขึ้นเมื่อเปรียบเทียบตั้งแต่ปีพ.ศ. 2533-2537 พบว่าปริมาณน้ำเสียรวมเพิ่มขึ้น 2 เท่าในระหว่างปีพ.ศ 2533-2534 คือจากปริมาณ 54.9 ลิตรไปเป็น 101.40 ลิตร ปี ต่อมาค่อนข้างลดลงเล็กน้อยเป็น 97.5 ลิตร จากนั้นเพิ่มขึ้นถึง 4 เท่าในปีพ.ศ. 2536 เป็น404.10 ลิตร และเพิ่มขึ้นอีกในปีพ.ศ. 2537 เป็น 448.80 ลิตร

ตารางที่ 4.3 ปริมาณน้ำเสียที่เกิดขึ้นจากการวิเคราะห์ค่าซีโอดีตั้งแต่ปี พ.ศ.2533-2538

รายชื่อห้องปฏิบัติการ	จำนวนตัวอย่างต่อเดือน						ปริมาณน้ำเสียต่อ 1ตัวอย่าง (มล.ตย.)	ปริมาณน้ำเสียรวม(ลิตร/เดือน)					
	ปี 33	ปี 34	ปี 35	ปี 36	ปี 37	ปี 38		ปี 33	ปี 34	ปี 35	ปี 36	ปี 37	ปี 38
1.กรมวิทยาศาสตร์บริการ	80*	100*	100*	150*	225*	100	300	24	30	30	45	67.5	30
2.สำนักระบายน้ำ กรุงเทพมหานคร	53	41	13	13	13	21	300	15.9	12.3	3.9	3.9	3.9	6.3
3.บ.ที่ดินอุตสาหกรรม สระบุรี	-	-	-	-	27	23	300	-	-	-	-	8.1	6.3
4.บ.โมเดิร์น ทรีท แอนด์ เทค	-	100*	95*	30*	30*	30	300	-	30	28.5	9.0	10.8	9.0
5.บ.ยูไนเต็ดแอนทาลิสต์	-	28*	30*	50*	70*	30	300	-	8.4	9.0	15.0	21.0	9.0
6.บ.เทสท์เทค	20*	34*	47*	50*	60*	150	300	6.0	10.2	14.1	15.0	18.0	45.0
7.โกชู เคมีคอล	-	-	-	1000	1000	1000	300	-	-	-	300	300	300
8.ไอคิวเอ	30*	35*	40*	54*	65*	100	300	9.0	10.5	12.0	16.2	19.5	30.0
ปริมาณน้ำเสียรวมแบบเปิด								54.9	101.4	97.5	404.1	448.8	435.6
9.บ.แซนอี 68	-	18*	20*	25*	30*	80	10	-	0.18	0.2	0.25	0.3	0.8
10.บ.วอเตอร์เทสท์	-	-	60*	200*	240*	500	10	-	-	0.6	2.0	2.4	5.0
ปริมาณน้ำเสียรวมแบบปิด								-	0.18	0.8	2.25	2.7	5.8

* ข้อมูลจาก พวงรัตน์,2537.

ในปีพ.ศ. 2538 จำนวนตัวอย่างลดลงเป็น 435.6 ลิตร ส่วนการวิเคราะห์แบบปิดเริ่มมีการวิเคราะห์ในปีพ.ศ. 2534 ปริมาณตัวอย่างในปีนี้ยังมีน้อยอยู่แต่เพิ่มปริมาณขึ้นตลอดจนถึงปีพ.ศ. 2538 มีปริมาณดังนี้คือ 0.18 , 0.80 , 2.25 , 2.7 และ 5.8 ลิตรตามลำดับ

4.1.4 อัตราค่าวิเคราะห์ตัวอย่าง

ห้องปฏิบัติการแต่ละที่จะคิดค่าใช้บริการในอัตราที่ไม่เท่ากันเนื่องจากมีทั้งของรัฐบาล ของเอกชน ค่าบริการจะเริ่มตั้งแต่ 200-300 บาท

4.1.5 วิธีการบำบัดน้ำเสียที่เกิดขึ้นจากการวิเคราะห์ค่าซีโอดี

จากการสอบถามห้องปฏิบัติการทั้ง 10 แห่ง มี 7 แห่งไม่มีการบำบัดเนื่องจากโดยส่วนใหญ่ห้องปฏิบัติการมักจะคิดว่าสามารถเจือจางกับน้ำทิ้งจากส่วนอื่นได้ หรือทิ้งรวมกับระบบบำบัดใต้อาคาร สำหรับห้องปฏิบัติการที่มีวิธีการบำบัดเช่น ห้องปฏิบัติการของสำนักระบายน้ำจะเน้นที่การนำเอาปรอทออกก่อน โดยจะใช้โซเดียมไบซัลไฟต์ในการกำจัด ห้องปฏิบัติการของโกชู เคมีคอลกำจัดปรอท โดยใช้โซเดียมคลอไรด์ ส่วนโลหะหนักตัวอื่นที่มีไม่ได้มีวิธีการในการกำจัด และมีห้องปฏิบัติการของบริษัทที่ดินอุตสาหกรรมที่สระบุรี จะเก็บน้ำเสียไว้ เพื่อรอให้มีวิธีการที่เหมาะจึงจะนำมาบำบัดต่อไป

4.2 ลักษณะสมบัติของน้ำเสียซีโอดี

การศึกษาวิจัยครั้งนี้ได้นำน้ำเสียมาจากห้องปฏิบัติการทั้ง 10 แห่ง มาทำการวิเคราะห์ปริมาณของแข็งแขวนลอย สภาพการนำไฟฟ้า ค่าพีเอชและปริมาณโลหะโครเมียม เงิน เหล็กที่ห้องปฏิบัติการศูนย์ฝึกอบรมกลางการประปาแห่งชาติ และหาปริมาณปรอทที่ห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ทางด้านสิ่งแวดล้อมของกรมโรงงานอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม โดยเป็นห้องปฏิบัติการของราชการ 2แห่ง ห้องปฏิบัติการเอกชน 6 แห่งและห้องปฏิบัติการโรงงานอุตสาหกรรม 2แห่ง น้ำเสียซีโอดีที่ผ่านการรีฟลักซ์แล้วจะมีสีน้ำตาลในช่วงแรก จากนั้นจะเปลี่ยนเป็นสีฟ้าอมเขียว ลักษณะสารละลายใส แต่เมื่อทำการหาค่าปริมาณของแข็งแขวนลอยในน้ำ พบว่ามีค่าเฉลี่ย 42.48 มก./ล. เมื่อทำการวัดพีเอชดูพบว่าน้ำเสียซีโอดีมีความเป็นกรดสูงมากในทุกตัวอย่างที่ทำการตรวจวัด ค่าพีเอชที่ได้ต่ำกว่า 1 มก./ล. ทั้งนี้เนื่องมาจากในการทดลองหาค่าซีโอดีมีการใช้กรดซัลฟุริกที่เข้มข้น เพื่อใช้ออกซิไดซ์สารอินทรีย์ สำหรับสภาพการนำไฟฟ้าที่วัดได้จะมีค่า 114.37 ms ซึ่งจะขึ้นกับปริมาณอิออนที่มีอยู่ในน้ำเสียนั้น ปริมาณโลหะหนักที่ทำการตรวจวัดได้แก่ โครเมียม เงิน ปรอทและเหล็ก จะมีค่าเฉลี่ย 288.45 , 921.10 , 1341.20 และ 153.18 มก./ล.ตามลำดับซึ่งจะดูรายละเอียดได้จากตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 ลักษณะของน้ำเสียซีโอดีก่อนบำบัด

รายชื่อห้องปฏิบัติการ	ปริมาณ SS (มิลลิกรัมต่อลิตร)	สภาพการนำไฟฟ้า (ms)	ค่าพีเอช	ปริมาณโลหะหนัก(มิลลิกรัมต่อลิตร)			
				Fe	Cr	Hg	Ag
1.กรมวิทยาศาสตร์บริการ	21.1	143	<1	148.43	254.5	1683	800
2.สำนักระบายน้ำ กรุงเทพมหานคร	4.8	153.4	<1	139.87	345	1235	1014
3.บ.ที่ดินอุตสาหกรรม สระบุรี	121.1	100.7	<1	116.13	253.5	2060	808
4.บ.โมเดิร์น ทรีท แอนด์ เทค	10	88.3	<1	199.53	244.5	1191	1022
5.บ.ยูไนเต็ดแอนทาลิสต์	9.4	87.1	<1	151.73	234.5	1312	1532
6.บ.เทสท์เทค	5.3	96	<1	182.43	300	301	186
7.โกชู เคมีคอล	191	100.2	<1	121.6	311.5	1272	174
8.ไอคิวเอ	8.8	118	<1	154.1	229	2356	1736
9.บ.แซนอี 68	19.5	120	<1	172	358	1080	926
10.บ.วอเตอร์เทสท์	33	137	<1	146	354	922	1013
ค่าเฉลี่ย	42.48	114.37	<1	153.18	288.45	1341.2	921.1

นำผลที่ได้มาทำการเปรียบเทียบกับผลงานวิจัยที่ผ่านมาดังตารางที่ 4.5 จะพบว่าค่าพีเอชที่วัดได้มีค่าต่ำเหมือนกัน ปริมาณของแข็งแขวนลอยที่วัดได้มีค่าแตกต่างกันและในปริมาณโลหะหนักที่วัดได้ก็มีความแตกต่างกัน ดังนี้

ปริมาณโครเมียมที่วัดได้มีค่าอยู่ระหว่าง 288.45 ถึง 700 มก./ล. เฉลี่ยเท่ากับ 494.3มก./ล.

ปริมาณปรอทที่วัดได้มีค่าอยู่ระหว่าง 703 ถึง 1804 มก./ล. เฉลี่ยเท่ากับ 1253.5มก./ล.

ปริมาณเหล็กที่วัดได้มีค่าอยู่ระหว่าง 153.2 ถึง 670มก./ล. เฉลียเท่ากับ 411.6 มก./ล.

ปริมาณเงินที่วัดได้มีค่าอยู่ระหว่าง 921.1 ถึง 1150 มก./ล. เฉลี่ยเท่ากับ 1035.55 มก./ล.

ปริมาณโลหะหนักที่มีความแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับเทคนิคการวิเคราะห์ซีโอดี ห้องปฏิบัติการแต่ละแห่งจะมีวิธีการวิเคราะห์แตกต่างกันในด้านปริมาณน้ำตัวอย่าง ซึ่งจะมีผลต่อการวิเคราะห์ปริมาณโลหะหนักทำให้ได้ค่าที่ไม่เหมือนกันได้ ในการวิจัยในครั้งนี้ผู้วิจัยได้ใช้น้ำเสียจริงจากการวิเคราะห์ซีโอดี ซึ่งมีความแปรผัน อีกทั้งในการวิจัยต้องใช้น้ำเป็นจำนวนมาก จึงต้องมีการวิเคราะห์หาปริมาณโลหะหนักทุกครั้งก่อนนำน้ำมาใช้ในการวิจัย

ตารางที่ 4.5 ลักษณะของน้ำเสียซีโอดีที่ศึกษาเปรียบเทียบกับงานวิจัยที่ผ่านมา

ลักษณะสมบัติ	งานวิจัย			
	YOUN (1990)	พงรัตน์ (2537)	นฤมิต (2538)	การศึกษานี้
ค่าพีเอช	<1	<1	<1	<1
ของแข็งแขวนลอย (มก./ล.)	-	18	-	42.48
สภาพการนำไฟฟ้า (ms)`	-	-	38.2	114.37
ปรอท(มก./ล.)	927	1804	703	1341.20
โครเมียม(มก./ล.)	355	700	490	288.45
เงิน(มก./ล.)	-	1150	-	921.10
เหล็ก(มก./ล.)	-	670	540	153.18

4.3 การทดสอบการตกตะกอนผลึกโลหะหนักด้วยสารเคมี

4.3.1 การทดสอบการตกตะกอนด้วยโซเดียมคลอไรด์และโซเดียมไฮดรอกไซด์

การตกตะกอนผลึกด้วยโซเดียมคลอไรด์ โดยเติมเป็นเท่าปริมาณที่ต้องการทางทฤษฎีดังนี้ 0.1 , 0.5 , 1.0 , 2.0 , 3.0 และ 4.0 ซึ่งคิดเป็นกรัมของโซเดียมคลอไรด์เท่ากับ 0.08 , 0.4 , 0.8 , 1.6 , 2.4 และ 3.2 กรัมต่อน้ำเสีย 500มล.ตามลำดับ จากนั้นตั้งทิ้งให้ตะกอนจมตัวแล้วนำน้ำไปทำการวิเคราะห์ปริมาณโลหะหนักที่เหลือ ซึ่งปริมาณโลหะหนักที่เหลือที่ทำการวิเคราะห์ได้แก่ ปรอท โครเมียม เงินและเหล็ก ดังแสดงผลการทดลองในตารางที่ 4.6 จากนั้นนำมาพิจารณาค่าที่เหมาะสมของการตกตะกอนผลึก โดยเทียบกับค่ามาตรฐานน้ำทิ้งในประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 12 (ดังมีรายละเอียดในภาคผนวก จ)

ตารางที่ 4.6 ผลการทดลองการตกตะกอนผลึกโลหะด้วยโซเดียมคลอไรด์ที่ความเข้มข้นค่าต่าง ๆ

ปริมาณNaCl ปริมาณเทียบกับทฤษฎี (เท่า)	ปริมาณโลหะหนักที่เหลือและประสิทธิภาพการบำบัด							
	Hg		Ag		Cr		Fe	
	(มก/ล)	(%)	(มก/ล)	(%)	(มก/ล)	(%)	(มก/ล)	(%)
0.1	0.004	100	148.2	91.90	168	44.28	133.5	56.54
0.5	0.004	100	67.20	96.33	153	49.25	94.8	69.14
1.0	0.004	100	39.90	97.82	174	42.29	100.5	67.29
2.0	0.005	100	5.10	99.72	173.1	42.59	111.6	63.67
3.0	0.008	100	0.90	99.95	152.1	49.55	118.8	61.33
4.0	0.009	100	0.30	99.98	219.6	27.16	144	53.13

หมายเหตุ ค่าโลหะเริ่มต้นของปรอท โครเมียม เงิน และเหล็ก เท่ากับ 1500 , 1830 , 301.5 และ307.2มก./ล. ตามลำดับ

ตามทฤษฎีแล้วปริมาณโซเดียมคลอไรด์ที่เติมลงในน้ำเสีย เพื่อตกตะกอนปรอทและเงินออกจากน้ำเสียในรูปของเมอร์คิวรีคลอไรด์และซิลเวอร์คลอไรด์ตามลำดับ ทั้ง 2ตัวนี้จะมีความสามารถในการละลายต่างกัน โดยเมอร์คิวรีคลอไรด์จะมีค่าKsp เท่ากับ 1.3×10^{-18} และซิลเวอร์คลอไรด์มีค่าKsp เท่ากับ 1.82×10^{-10} นั่นคือเมอร์คิวรีคลอไรด์จะสามารถแยกตัวจากน้ำได้ดีกว่าซิลเวอร์คลอไรด์ เมื่อพิจารณาร่วมกับตารางที่ 4.6 จะเห็นได้ว่า ในการเติมโซเดียมคลอไรด์ตั้งแต่ 0.1-2.0 เท่าของปริมาณความต้องการทางทฤษฎี ปรอทสามารถทำปฏิกิริยากับคลอไรด์และแยกจากน้ำได้ดีค่าปริมาณปรอทที่เหลือต่ำกว่ามาตรฐานน้ำทิ้ง ส่วนเงินจะถูกกำจัดได้น้อยกว่า (สังเกตได้จากค่าประสิทธิภาพการบำบัด) ที่ปริมาณโซเดียมคลอไรด์เท่ากับ 3.0-4.0 เท่าของ

ตารางที่ 4.7 ผลการทดลองการตกตะกอนโลหะ (ก)เงิน (ข) โครเมียม (ค) เหล็ก ด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์หลังตกตะกอนด้วยโซเดียมคลอไรด์แล้ว

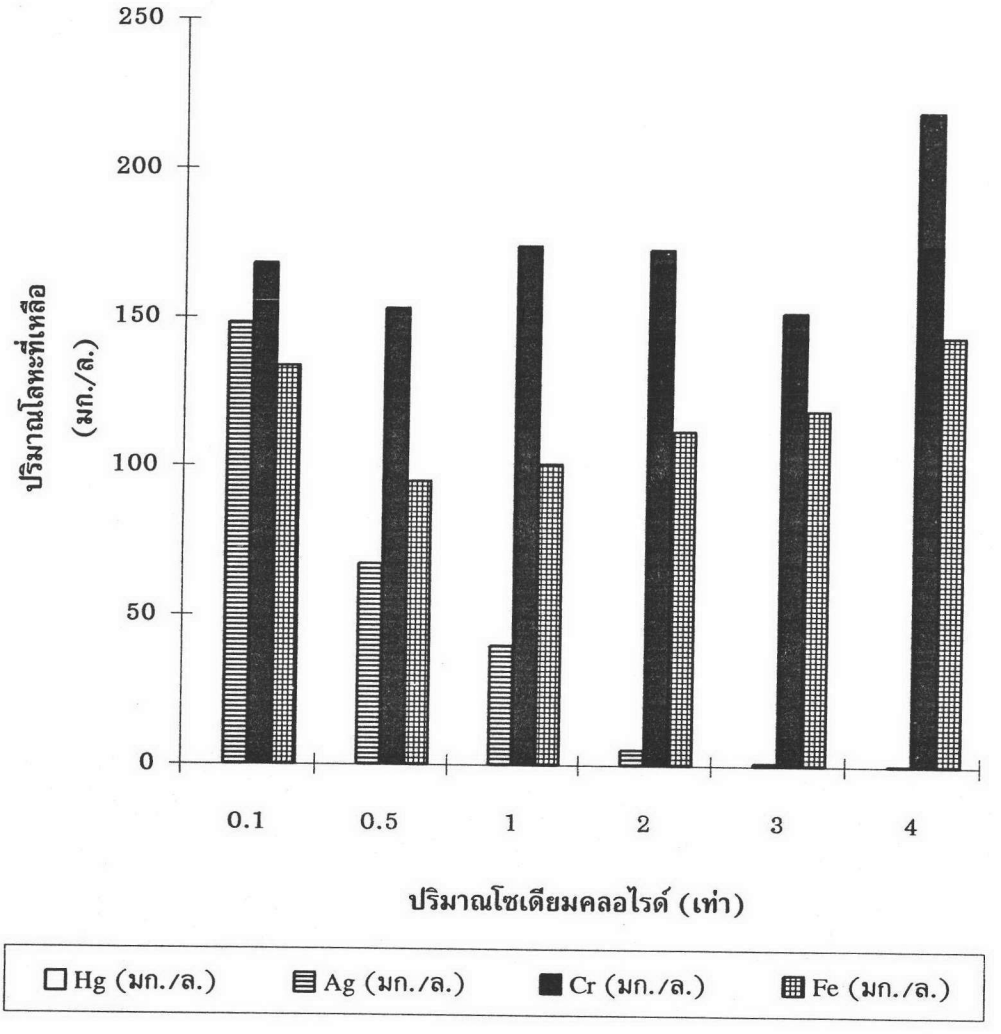
(ก) พีเอช	ปริมาณเงินที่เหลือและประสิทธิภาพการบำบัดหลังตกตะกอนด้วยNaClความเข้มข้นต่าง ๆ							
	0.1เท่า		0.5เท่า		1.0เท่า		2.0เท่า	
	(มก./ล.)	(%)	(มก./ล.)	(%)	(มก./ล.)	(%)	(มก./ล.)	(%)
5	147.4	91.95	0.73	99.96	0.76	99.96	0.47	99.97
6	137.6	92.48	1.53	99.92	1.03	99.94	0.50	99.97
7	139.8	92.36	1.23	99.93	0.75	99.96	0.46	99.97
8	96.8	94.71	0.96	99.95	-	-	-	-
9	2.12	99.88	0.52	99.97	-	-	-	-

(ข) พีเอช	ปริมาณโครเมียมที่เหลือและประสิทธิภาพการบำบัดหลังตกตะกอนด้วยNaClความเข้มข้นต่าง ๆ							
	0.1เท่า		0.5เท่า		1.0เท่า		2.0เท่า	
	(มก./ล.)	(%)	(มก./ล.)	(%)	(มก./ล.)	(%)	(มก./ล.)	(%)
5	7.82	97.40	4.64	98.46	1.42	99.53	1.40	99.54
6	7.39	97.55	1.90	99.37	2.03	99.33	4.02	98.67
7	13.85	95.41	2.40	99.20	4.39	98.54	1.56	99.48
8	36.35	87.94	5.31	98.24	-	-	-	-
9	64.30	78.67	40.30	86.63	-	-	-	-

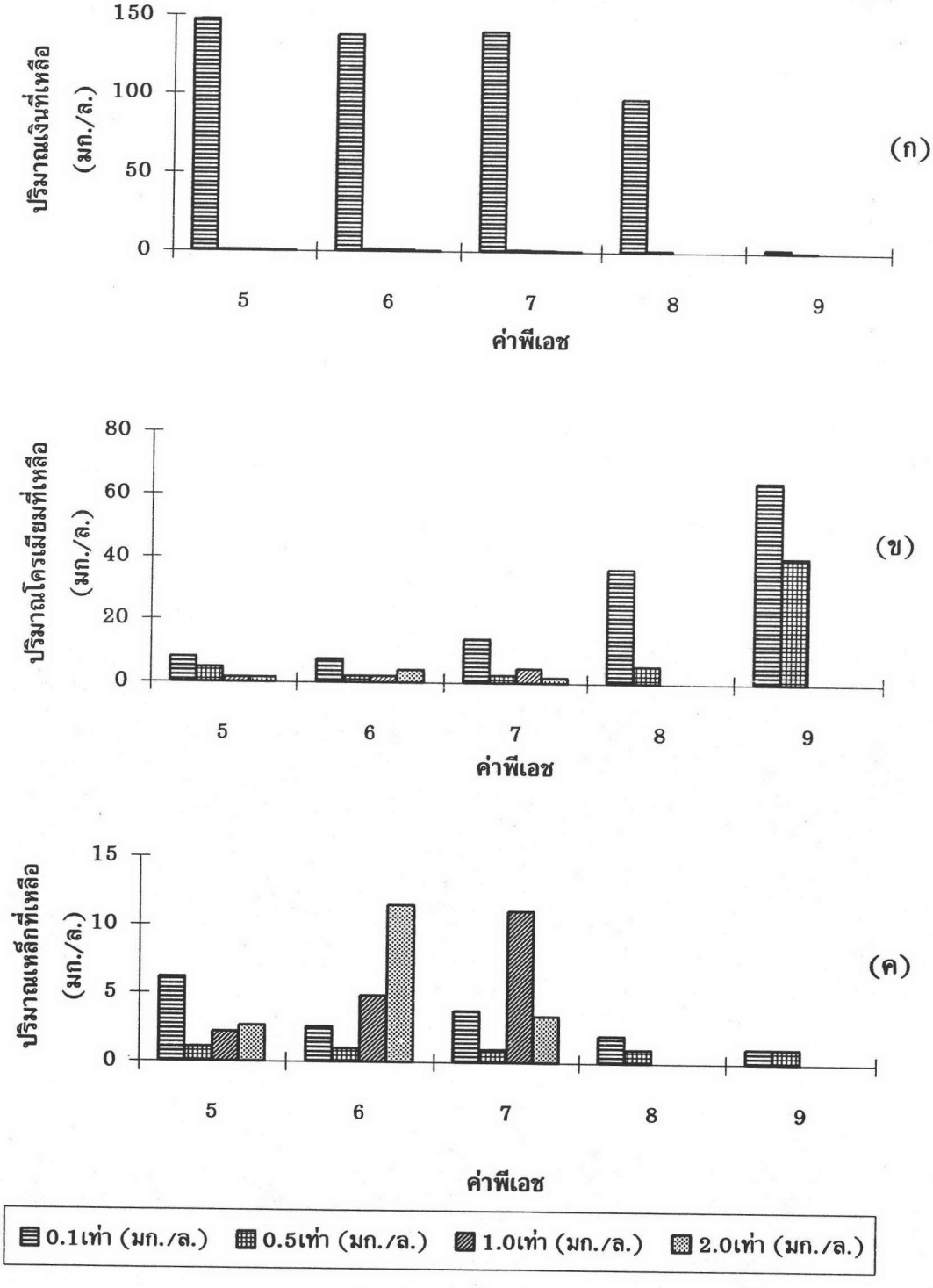
ตารางที่ 4.7 (ต่อ)

(ค) พีเอช	ปริมาณเหล็กที่เหลือและประสิทธิภาพการบำบัดหลังตกตะกอนด้วยNaClความเข้มข้นต่าง ๆ							
	0.1เท่า		0.5เท่า		1.0เท่า		2.0เท่า	
	(มก./ล.)	(%)	(มก./ล.)	(%)	(มก./ล.)	(%)	(มก./ล.)	(%)
5	6.16	97.99	1.06	99.65	2.17	99.29	2.64	99.14
6	2.53	99.18	0.99	99.68	4.85	98.42	11.47	96.27
7	3.74	98.78	0.93	99.70	11.06	96.40	3.36	98.91
8	1.95	99.37	1.00	99.67	-	-	-	-
9	1.05	99.66	1.06	99.65	-	-	-	-

หมายเหตุ ค่าโลหะเริ่มต้นของปรอท โครเมียม เงิน และเหล็ก เท่ากับ 1500 , 1830 , 301.5 และ 307.2มก./ล. ตามลำดับ

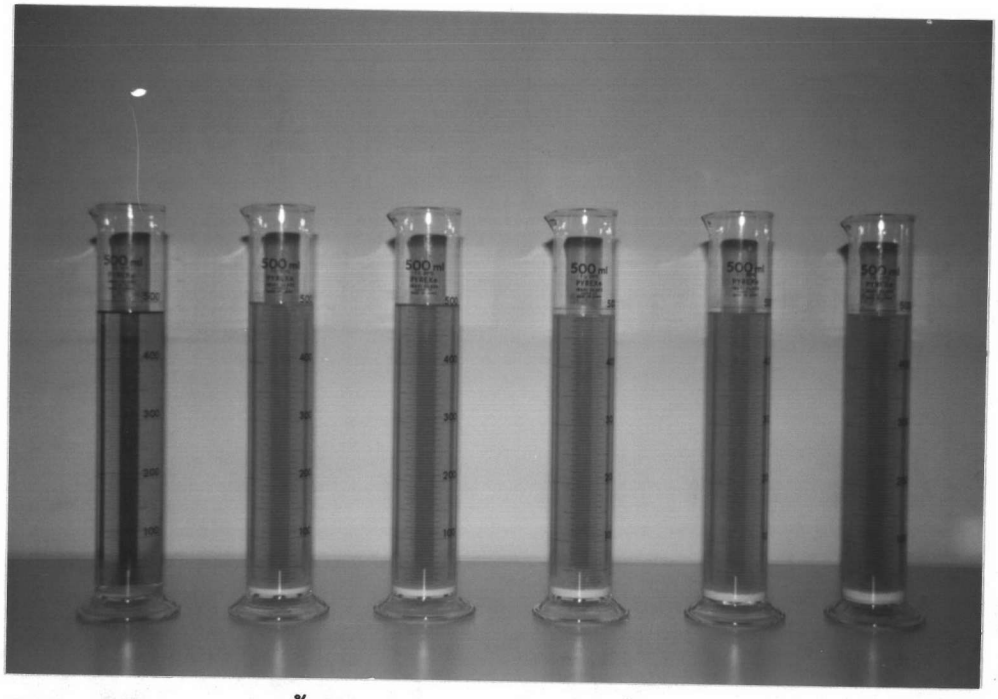


รูปที่ 4.1ผลการตกตะกอนโลหะด้วยโซเดียมคลอไรด์ที่ความเข้มข้นค่าต่าง ๆ



รูปที่4.2 ผลการตกตะกอนโลหะ (ก)เงิน (ข)โครเมียม (ค)เหล็ก ด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์หลังตกตะกอนด้วยโซเดียมคลอไรด์แล้ว

ก.ขณะทำการทดลองด้วยจาร์เทสต์



ข.ทำการแยกตะกอน และน้ำใส

รูปที่ 4.3 การตกตะกอนโลหะด้วยโซเดียมคลอไรด์ที่ความเข้มข้นค่าต่าง ๆ

ปริมาณความต้องการทางทฤษฎีสามารถตกตะกอนเงินได้ดีปริมาณเงินที่เหลือมีค่าน้อยกว่า 1 มก./ล. ส่วนการตกตะกอนของโครเมียมและเหล็กนั้น เนื่องจากว่าโลหะทั้ง 2 ตัวนี้ ไม่สามารถตกตะกอนได้ดีในรูปคลอไรด์ แต่จะตกตะกอนได้ดีในรูปผลึกไฮดรอกไซด์ที่ค่าพีเอช 7 และ 4 ตามลำดับ ดังนั้นจึงใช้วิธีการปรับพีเอชของสารละลายด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้ามาช่วยตกตะกอนโลหะทั้ง 2 ตัวดังกล่าวในการทดลอง โดยการทดลองตกตะกอนด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์นี้ จะเป็นการปรับพีเอชอยู่ในช่วงตั้งแต่ 5-9 และใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เข้มข้น 50% น้ำหนักโดยปริมาตรในปริมาตร 276, 278 , 295 , 306 และ309 มล.ต่อน้ำเสีย 500 มล.ตามลำดับ เมื่อคิดเป็นกรัมของโซเดียมไฮดรอกไซด์จะเท่ากับ 138 , 139 , 147.5 , 153 และ154.5 กรัมต่อน้ำเสีย 500 มล.ตามลำดับ แล้วทิ้งให้ตะกอนจมตัวจากนั้นนำไปวิเคราะห์ปริมาณโลหะหนักที่เหลือ ซึ่งจะแสดงผลการทดลองในตารางที่ 4.7 ก ถึง 4.7 ค

ผลที่ได้จากตารางที่ 4.7 ก ถึง 4.7 ค เมื่อพิจารณาค่าปริมาณโซเดียมคลอไรด์และค่าพีเอชที่เหมาะสมกำจัดโลหะหนักทั้ง 4 ชนิดในน้ำ พบว่าปริมาณโซเดียมคลอไรด์ 1.0 เท่าของปริมาณความต้องการทางทฤษฎีที่พีเอช 5 จะสามารถบำบัดน้ำเสียให้มีค่าโลหะหนักที่เหลือต่ำที่สุด (โดยพิจารณาปริมาณปรอทและโครเมียมเป็นหลัก) โดยจะมีปริมาณโครเมียม เงินและเหล็กที่เหลือ ดังต่อไปนี้ 1.42 , 0.76และ 2.17 มก./ล.ตามลำดับ คิดเป็นประสิทธิภาพได้ร้อยละ 99.53 , 99.96และ 99.29 ตามลำดับ เนื่องจากในการทำวิจัยนี้วิเคราะห์โลหะหนัก 4 ชนิดแต่มาตรฐานน้ำทิ้งกระทรวงอุตสาหกรรมได้กำหนดมาตรฐานของปรอทและโครเมียมเท่านั้น ส่วนเงินและเหล็กไม่ได้มีการกำหนดเป็นมาตรฐาน ดังนั้นในการพิจารณาเลือกปริมาณสารเคมีที่เหมาะสมจะดูที่ปริมาณสารเคมีที่สามารถบำบัดปรอทและโครเมียมให้ได้ตามมาตรฐาน คือน้อยกว่า 0.005 , 0.5 มก./ล.ตามลำดับ ส่วนปริมาณเงินและเหล็กนั้นจะให้เหลือปริมาณที่อยู่ในน้ำต่ำกว่า 1 มก./ล.หรือมีค่าไม่สูงเกิน 3 มก./ล.ตามลำดับ แต่ในการทดลองการตกตะกอนโลหะหนักด้วยโซเดียมคลอไรด์ และโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ความเข้มข้นต่างๆ พบว่าไม่สามารถกำจัดโครเมียมให้เหลือต่ำกว่ามาตรฐานได้ แต่สามารถกำจัดให้เหลือต่ำสุดได้เท่ากับ 1.42 มก./ล. โดยใช้โซเดียมคลอไรด์ 1 เท่าของปริมาณความต้องการทางทฤษฎีและโซเดียมไฮดรอกไซด์ปรับพีเอชเท่ากับ 5 ซึ่งที่ปริมาณสารเคมีดังกล่าวสามารถกำจัดปรอทให้ได้ต่ำกว่ามาตรฐาน ส่วนเงินและเหล็กก็สามารถถูกกำจัดให้เหลือต่ำมากเช่นกัน (0.76และ 2.17มก./ล.ตามลำดับ)

4.3.2 การทดสอบการตกตะกอนด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์และโซเดียมซัลไฟด์

การตกตะกอนผลึกโลหะหนักด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ เพื่อทำการปรับพีเอชตั้งแต่ 5-9 ซึ่งจะเติมโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 50% น้ำหนักโดยปริมาตร ในปริมาตร 305 , 308 , 310 , 312 และ314 มล.ต่อน้ำเสีย 500มล.ตามลำดับ โดยคิดเป็นกรัมของโซเดียมไฮดรอกไซด์จะเท่ากับ 152.5 , 154 , 155 , 156 และ157 กรัมต่อน้ำเสีย 500 มล.ตามลำดับ ตั้งทิ้งให้ตะกอนจมตัว แล้วนำน้ำไปทำการวิเคราะห์ปริมาณโลหะหนักที่เหลือ จากนั้นนำมา

พิจารณาค่าที่เหมาะสมของการตกตะกอนผลึกเทียบกับค่ามาตรฐานน้ำทิ้งในประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 12 (ดังมีรายละเอียดในภาคผนวก จ)

ตามทฤษฎีการตกตะกอนผลึกด้วยไฮดรอกไซด์ เมื่อโลหะหนักรวมตัวกับไฮดรอกไซด์อิออนจะได้โลหะไฮดรอกไซด์ ซึ่งมีคุณสมบัติเป็นพวกแอมโฟเทอริค คือค่าพีเอชที่เปลี่ยนแปลงไปอาจทำให้มีความสามารถในการละลายเปลี่ยนไปด้วย ดังเช่นในตารางที่ 4.8 เมื่อปรับพีเอชของน้ำเสียด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์จนได้พีเอช 5 พบว่าสามารถกำจัดปรอทได้ตามมาตรฐานน้ำทิ้งโดยมีปริมาณปรอทเหลือไม่เกิน 0.005มก./ล. ส่วนโครเมียมมีปริมาณเกินมาตรฐาน (2.69มก./ล.) และทั้งเงินกับเหล็กยังมีปริมาณสูงอยู่ที่พีเอช 6 พบว่าสามารถกำจัดปรอทและโครเมียมได้ตามมาตรฐานน้ำทิ้ง โดยปริมาณโครเมียมลดลงจนถึงค่า <0.03 มก./ล. แต่ปริมาณเงินยังสูงมากโดยมีค่าเท่ากับ 262.4 มก./ล. และเมื่อเปลี่ยนพีเอชเป็น 8 ปริมาณของโครเมียมที่เหลือเพิ่มขึ้นเป็น 14.65 มก./ล. แต่เมื่อเปลี่ยนค่าพีเอชเป็น 7 ค่าปรอทที่เหลือเพิ่มเป็น 0.008 มก./ล. สำหรับเหล็กช่วงพีเอชที่ 5-9 จะเป็นช่วงที่ค่าปริมาณเหล็กเปลี่ยนแปลงไม่มากนัก จากผลการทดลองที่ได้ พบว่าไม่มีปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เหมาะสม ในการตกตะกอนไฮดรอกไซด์โลหะหนักทั้ง 4 ชนิด เนื่องจากโลหะไฮดรอกไซด์จะมีความสามารถในการละลายที่แตกต่างกัน ดังตารางที่ 2.3 ซึ่งจะทำให้การตกตะกอนโลหะหลายชนิดเป็นไปได้ยากในการที่จะได้ปริมาณโลหะหนักที่เหลือได้ค่าต่ำกว่ามาตรฐานน้ำทิ้ง แม้ว่าประสิทธิภาพการวัดโลหะหนักแต่ละตัวจะสูงมาก จึงจำเป็นที่จะต้องนำสารอื่นมาช่วยในการตกตะกอนคือ โซเดียมซัลไฟด์ และโซเดียมไฮโดรเจนซัลไฟด์

ตารางที่ 4.8 ผลการทดลองการตกตะกอนด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่พีเอชตั้งแต่ 5-9

พีเอช	ปริมาณโลหะหนักที่เหลือและประสิทธิภาพการบำบัด							
	Hg		Ag		Cr		Fe	
	(มก./ล.)	(%)	(มก./ล.)	(%)	(มก./ล.)	(%)	(มก./ล.)	(%)
5	0.002	100	373.8	79.57	2.69	99.11	2.52	99.18
6	0.002	100	262.4	69.27	2.43	99.19	1.39	99.55
7	0.008	100	179.8	57.39	4.87	98.38	1.33	99.57
8	0.007	100	69.96	94.76	14.65	96.43	1.46	99.82
9	0.006	100	0.81	99.94	16.38	96.00	1.4	99.83

หมายเหตุ ค่าโลหะเริ่มต้นของปรอท โครเมียม เงิน และเหล็ก ที่พีเอช 5-7 เท่ากับ 1500 , 1830 , 301.5 และ 307.2 มก./ล. ตามลำดับ ค่าโลหะเริ่มต้นของปรอท โครเมียม เงิน และเหล็ก ที่พีเอช 8-9 เท่ากับ 1080 , 1334 , 410 และ 830.4 มก./ล. ตามลำดับ

ในการตกตะกอนซัลไฟด์ด้วยโซเดียมซัลไฟด์ นั้นจะเป็นการทดลองต่อจากการปรับค่าพีเอชด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่พีเอช 5-9 ตั้งทิ้งให้ตะกอนผลึกจมตัว แยกน้ำออกจากตะกอน แล้วนำไปทดลองการกำจัดโลหะหนักที่เหลือต่อ ด้วยโซเดียมซัลไฟด์ โดยเติมสารเป็นจำนวนเท่าปริมาณความต้องการทางทฤษฎี ดังนี้คือ 0.1 , 0.5 , 1.0 , 2.0 , 3.0 และ4.0 เมื่อคิดเป็นกรัมของโซเดียมซัลไฟด์จะได้เท่ากับ 0.05 , 0.25 , 0.5 , 1.0 , 1.6 และ2.2 กรัมต่อน้ำเสีย 500 มล.ตามลำดับจากนั้นตั้งทิ้งให้ตะกอนจมตัว แล้วนำไปวิเคราะห์โลหะหนักที่เหลือ ผลการทดลองการตกตะกอนต่อด้วยโซเดียมซัลไฟด์ ดังแสดงในตารางที่ 4.9 ก ถึง 4.9 ง

จากผลการทดลองการตกตะกอนด้วยโซเดียมซัลไฟด์ ดังตารางที่ 4.9 ก ถึง 4.9 ง เมื่อพิจารณาการกำจัดโลหะหนักด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่พีเอช 5 พบว่าสามารถกำจัดปรอทได้ค่าต่ำกว่ามาตรฐานน้ำทิ้งคือ ไม่เกิน 0.005 มก./ล. ส่วนโลหะหนักตัวอื่นยังคงมีค่าเกินมาตรฐานอยู่ จึงได้นำน้ำเสียมาทำการบำบัดต่อด้วยโซเดียมซัลไฟด์ พบว่าที่ปริมาณความเข้มข้น 0.1 เท่าของปริมาณความต้องการทางทฤษฎี จะไม่สามารถกำจัดโครเมียมให้เหลือในน้ำต่ำกว่ามาตรฐานกำหนดได้ (2.41 มก./ล.) และปริมาณเงินที่เหลือในน้ำมีปริมาณสูงเช่นกัน (393 มก./ล.) เมื่อเพิ่มปริมาณโซเดียมซัลไฟด์เป็น 0.5 เท่าปริมาณต้องการทางทฤษฎี ก็พบว่าสามารถกำจัดโครเมียมให้มีปริมาณต่ำกว่ามาตรฐานได้คือ <0.5 มก./ล. แต่ในกรณีนี้ปริมาณเงินที่เหลือจะมีปริมาณสูงอยู่คือเท่ากับ 106 มก./ล. และเมื่อทำการเพิ่มปริมาณโซเดียมซัลไฟด์เป็น 1.0 เท่าของปริมาณความต้องการทางทฤษฎี พบว่าสามารถกำจัดเงินให้มีปริมาณต่ำลงหรือเท่ากับ 1.38 มก./ล. ดังนั้นจึงเลือกใช้ปริมาณโซเดียมซัลไฟด์ที่ 1.0 เท่าปริมาณความต้องการทางทฤษฎีและใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ปรับพีเอชที่พีเอช 5จะสามารถกำจัดโลหะหนักทั้ง 2 ชนิดได้ค่าต่ำกว่ามาตรฐานน้ำทิ้ง ส่วนเงินและเหล็กมีปริมาณต่ำกว่าประมาณ 2 มก./ล. (1.38 และ1.57 มก./ล.ตามลำดับคิดเป็นประสิทธิภาพได้ร้อยละ 99.92 และ 99.49 ตามลำดับ) ส่วนที่พีเอช 6 ให้ผลการทดลองเช่นเดียวกับที่พีเอช 5 โดยปริมาณโซเดียมซัลไฟด์ที่เหมาะสมคือ 1.0 เท่าของปริมาณความต้องการทางทฤษฎี ที่พีเอช 7-9 ปริมาณโครเมียมในน้ำกลับละลายสูงขึ้นในการเพิ่มค่าพีเอชที่สูงขึ้นแม้ว่าจะเพิ่มปริมาณโซเดียมซัลไฟด์ สำหรับการทดลองที่ใช้การตกตะกอนซัลไฟด์จะมีปริมาณของซัลไฟด์อิออนที่เหลือในน้ำ กรณีที่มีปริมาณซัลไฟด์อิออนเกิน 1 มก./ล. จะต้องทำการบำบัดซัลไฟด์ก่อนทิ้งน้ำลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะ ซึ่งจะต้องเสียค่าใช้จ่ายส่วนนี้เพิ่มด้วย และในกรณีนี้จะมีปริมาณซัลไฟด์เหลือเท่ากับ 1.58 มก./ล. (โดยวิธีการวิเคราะห์หาปริมาณซัลไฟด์อิออนแสดงในภาคผนวก ก)

ตารางที่ 4.9 ผลการทดลองการตกตะกอนโลหะ (ก) ปรอท (ข) เงิน (ค) โครเมียม (ง) เหล็ก ด้วยโซเดียมซัลไฟด์หลังตกตะกอนด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์แล้ว

(ก) พีเอช	ปริมาณปรอทที่เหลือและประสิทธิภาพการบำบัดหลังตกตะกอนด้วยNa_2Sความเข้มข้นต่าง ๆ											
	0.1เท่า		0.5เท่า		1.0เท่า		2.0เท่า		3.0เท่า		4.0เท่า	
	(มก/ล)	(%)	(มก/ล)	(%)	(มก/ล)	(%)	(มก/ล)	(%)	(มก/ล)	(%)	(มก/ล)	(%)
5	<0.0002	100	<0.0002	100	<0.0002	100	<0.0002	100	<0.0002	100	<0.0002	100
6	0.002	100	0.002	100	0.002	100	0.002	100	0.002	100	0.002	100
7	0.002	100	<0.0002	100	<0.0002	100	<0.0002	100	<0.0002	100	<0.0002	100
8	0.002	100	<0.0002	100	0.002	100	<0.0002	100	0.007	100	0.001	100
9	<0.0002	100	<0.0002	100	<0.0002	100	<0.0002	100	<0.0002	100	<0.0002	100

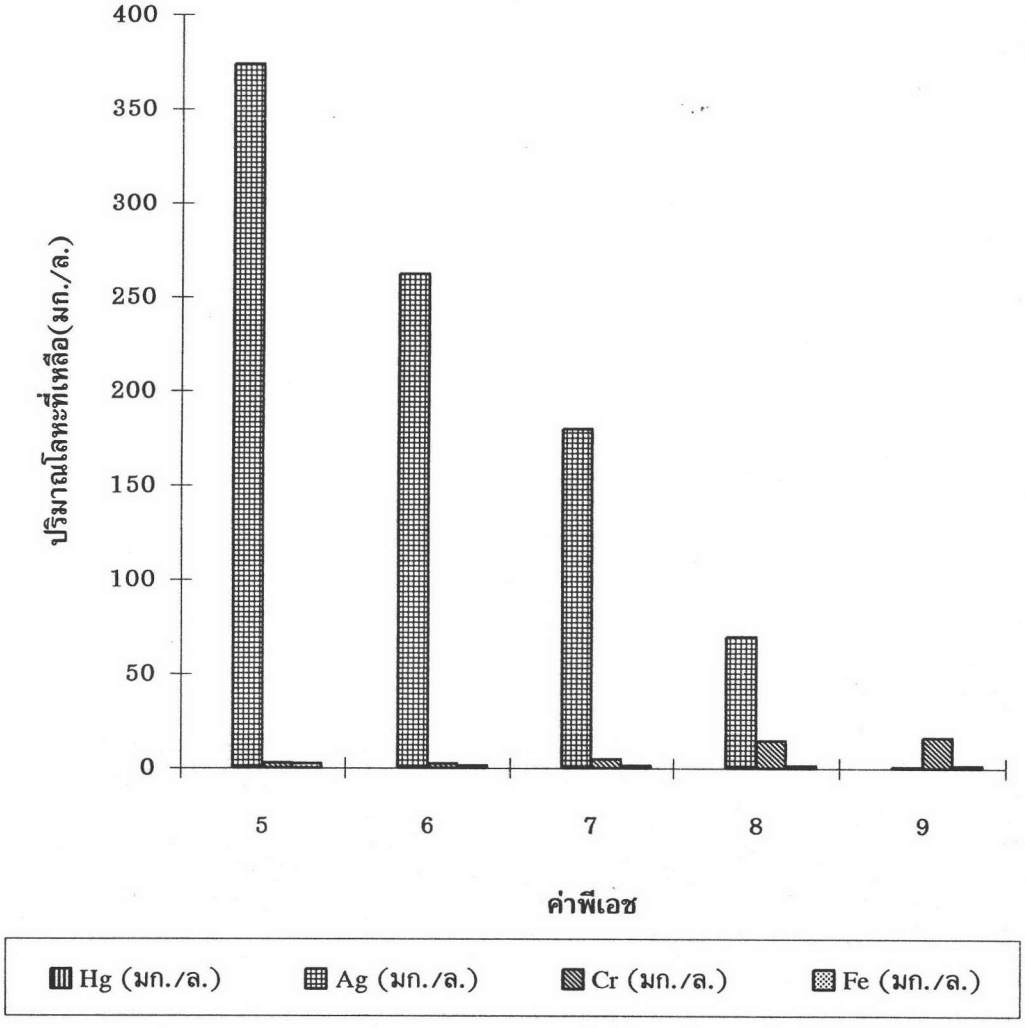
(ข) พีเอช	ปริมาณเงินที่เหลือและประสิทธิภาพการบำบัดหลังตกตะกอนด้วยNa_2Sความเข้มข้นต่าง ๆ											
	0.1เท่า		0.5เท่า		1.0เท่า		2.0เท่า		3.0เท่า		4.0เท่า	
	(มก/ล)	(%)	(มก/ล)	(%)	(มก/ล)	(%)	(มก/ล)	(%)	(มก/ล)	(%)	(มก/ล)	(%)
5	339	81.48	106	94.21	1.38	99.92	1.11	99.94	0.80	99.96	0.80	99.96
6	188	89.73	160	91.26	0.92	99.95	0.81	99.96	0.80	99.96	0.80	99.96
7	146	92.02	36	98.03	0.96	99.95	0.44	99.98	0.38	99.98	0.41	99.98
8	68	94.90	0.55	99.96	0.43	99.97	0.40	99.97	0.40	99.97	0.52	99.96
9	0.40	99.97	0.55	99.96	0.38	99.97	0.44	99.97	0.44	99.97	0.41	99.97

ตารางที่ 4.9 (ต่อ)

(ค) พีเอช	ปริมาณโครเมียมที่เหลือและประสิทธิภาพการบำบัดหลังตกตะกอนด้วยNa_2Sความเข้มข้นต่าง ๆ											
	0.1เท่า		0.5เท่า		1.0เท่า		2.0เท่า		3.0เท่า		4.0เท่า	
	(มก/ล)	(%)	(มก/ล)	(%)	(มก/ล)	(%)	(มก/ล)	(%)	(มก/ล)	(%)	(มก/ล)	(%)
5	2.41	99.20	<0.03	100	<0.03	100	<0.03	100	<0.03	100	<0.03	100
6	<0.03	100	<0.03	100	<0.03	100	1.52	99.50	1.99	99.34	1.01	99.67
7	1.85	99.39	0.88	99.71	2.41	99.20	2.12	99.30	3.30	98.91	3.83	98.73
8	7.64	98.14	12.2	97.02	1.24	99.70	6.2	98.49	0.67	99.84	1.22	99.70
9	14.9	96.37	15.9	96.12	8.20	98.00	12.9	96.85	4.73	98.85	9.85	97.60

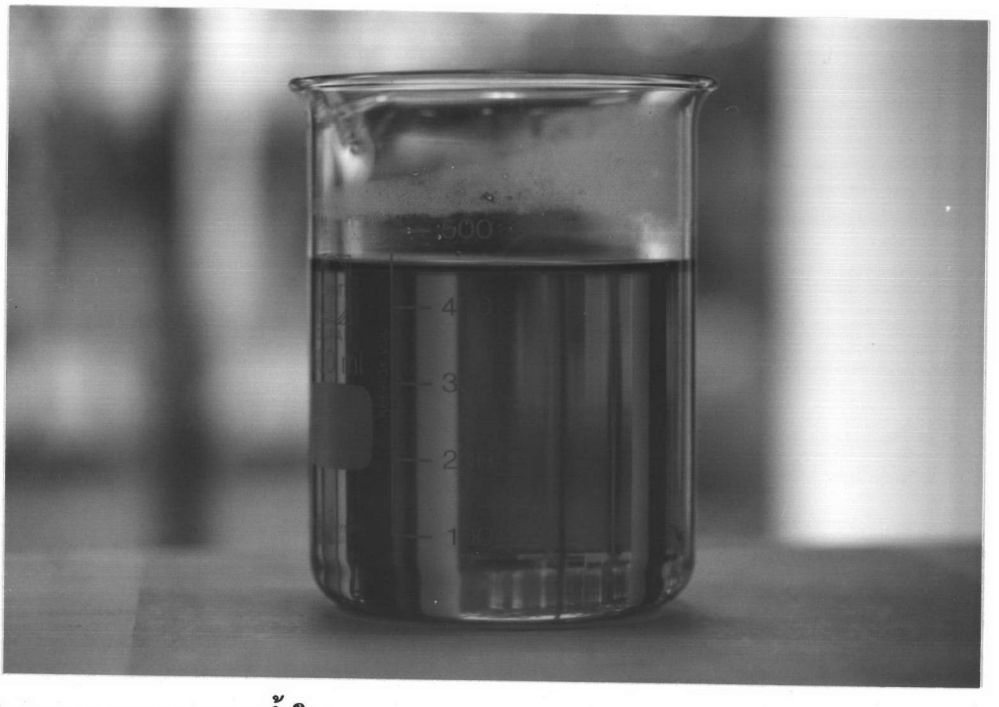
(ง) พีเอช	ปริมาณเหล็กที่เหลือและประสิทธิภาพการบำบัดหลังตกตะกอนด้วยNa_2Sความเข้มข้นต่าง ๆ											
	0.1เท่า		0.5เท่า		1.0เท่า		2.0เท่า		3.0เท่า		4.0เท่า	
	(มก/ล)	(%)	(มก/ล)	(%)	(มก/ล)	(%)	(มก/ล)	(%)	(มก/ล)	(%)	(มก/ล)	(%)
5	1.66	99.46	1.67	99.46	1.57	99.49	1.61	99.48	1.49	99.51	1.49	99.51
6	1.36	99.56	1.40	99.54	1.37	99.55	1.42	99.54	1.39	99.55	1.39	99.55
7	1.23	99.60	1.26	99.59	1.27	99.59	1.31	99.57	1.29	99.58	1.31	99.57
8	1.34	99.84	1.26	99.85	1.16	99.86	1.23	99.85	1.24	99.85	1.16	99.86
9	1.20	99.86	1.22	99.85	1.24	99.85	1.13	99.86	1.20	99.86	1.25	99.85

หมายเหตุ ค่าโลหะเริ่มต้นของปรอท โครเมียม เงิน และเหล็ก ที่พีเอช 5-7 เท่ากับ 1500 , 1830 , 301.5 และ 307.2 มก./ล. ตามลำดับ ค่าโลหะเริ่มต้นของปรอท โครเมียม เงิน และเหล็ก ที่พีเอช 8-9 เท่ากับ 1080 , 1334 , 410 และ 830.4 มก./ล. ตามลำดับ



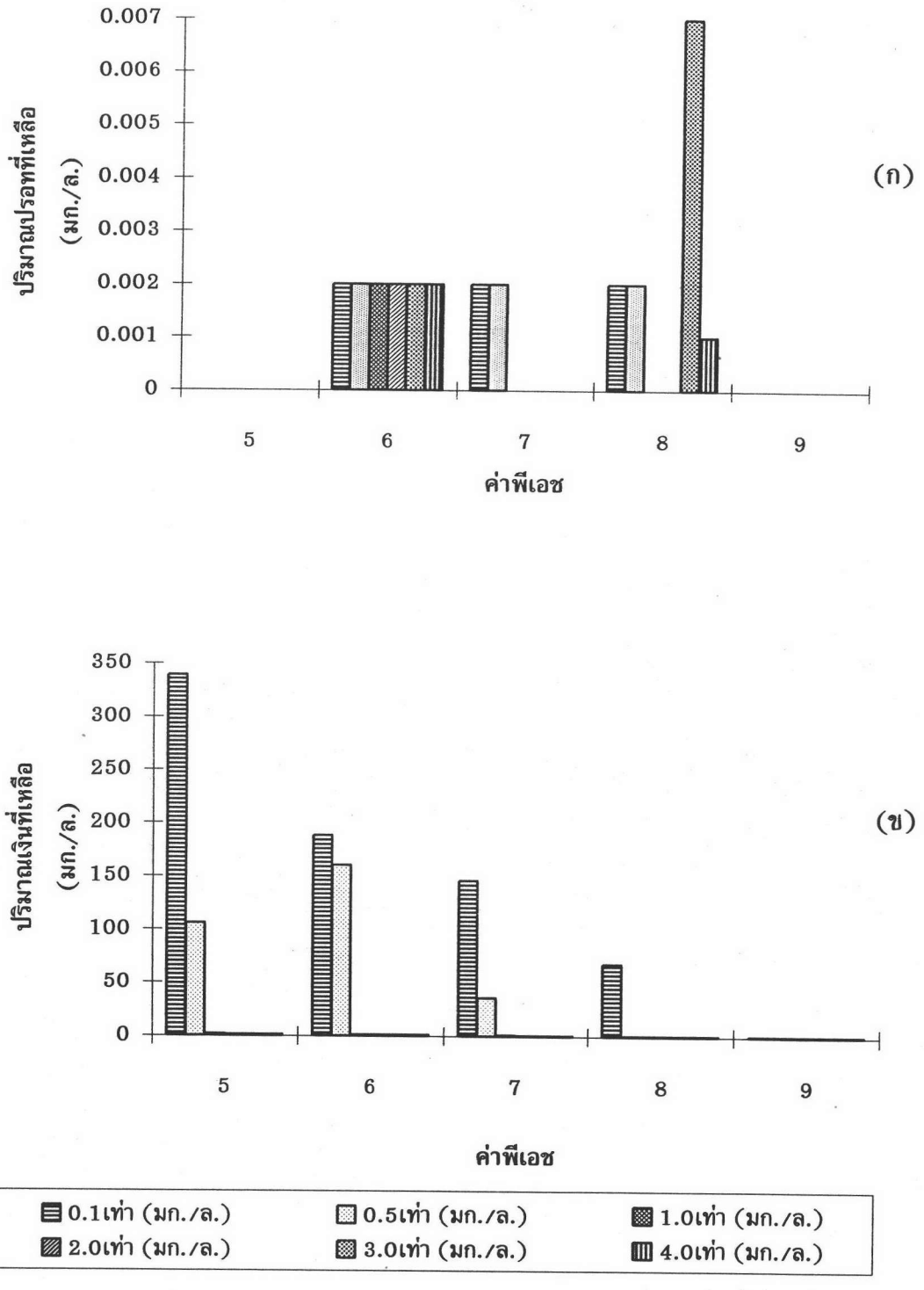
รูปที่ 4.4 ผลการตกตะกอนโลหะด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ความเข้มข้นค่าต่าง ๆ

ก.ขณะทำการทดลองด้วยเครื่องกวนแม่เหล็ก

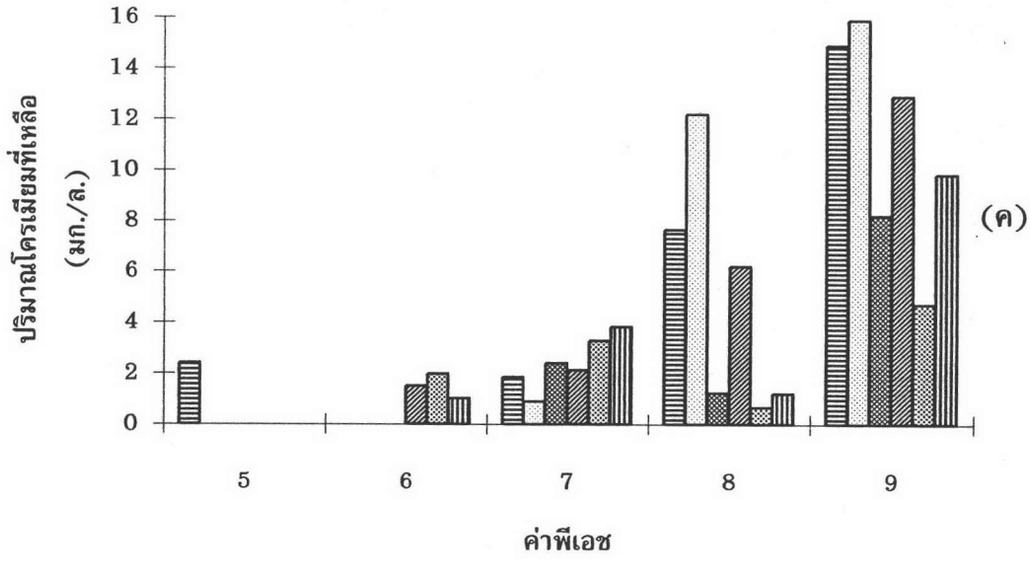


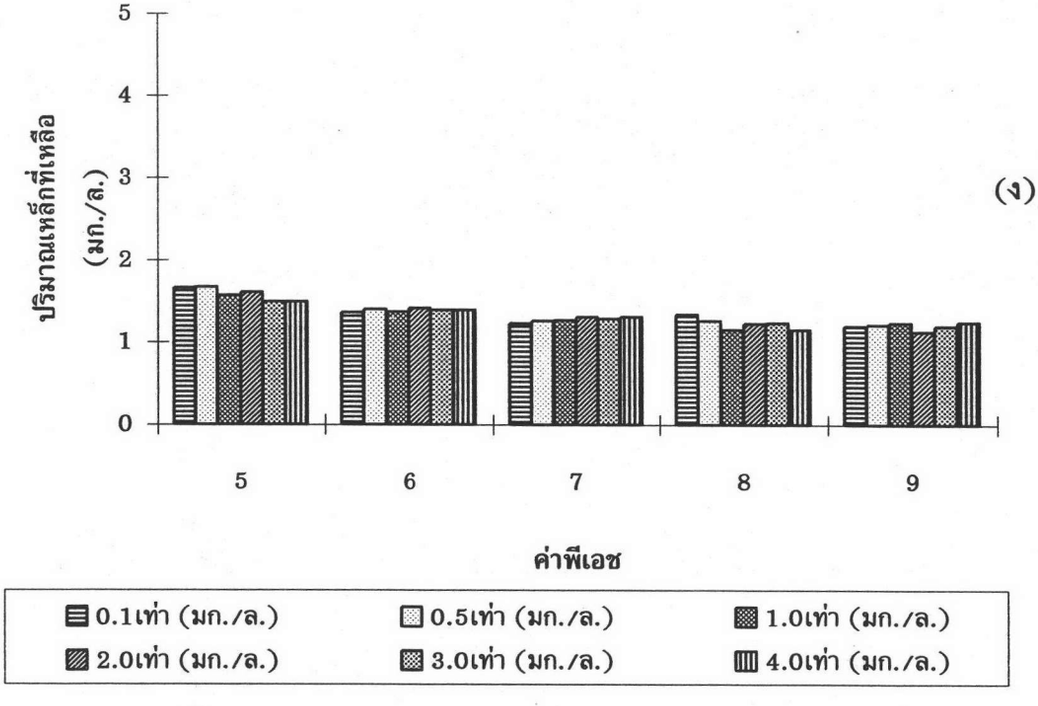
ข.ทำการแยกตะกอน และน้ำใส

รูปที่ 4.5 การตกตะกอนโลหะด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่พีเอชค่าต่าง ๆ



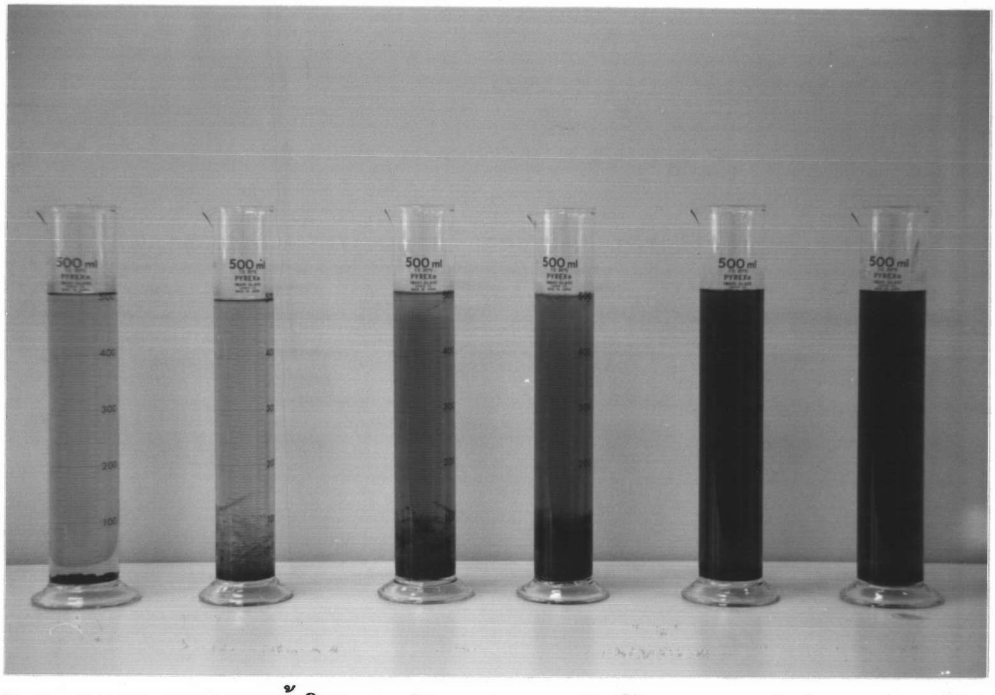
รูปที่ 4.6 ผลการตกตะกอนโลหะ (ก) ปรอท (ข) เงิน (ค) โครเมียม (ง) เหล็ก ด้วยโซเดียมซัลไฟด์หลังตกตะกอนด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์แล้ว


ปริมาณโครเมียมที่เหลือ
(มก./ล.)
16
14
12
10
8
6
4
2
0
5
6
7
8
9
ค่าพีเอช
(ค)


ปริมาณเหล็กที่เหลือ
(มก./ล.)
5
4
3
2
1
0
5
6
7
8
9
ค่าพีเอช
(ง)
0.1เท่า (มก./ล.)
0.5เท่า (มก./ล.)
1.0เท่า (มก./ล.)
2.0เท่า (มก./ล.)
3.0เท่า (มก./ล.)
4.0เท่า (มก./ล.)

รูปที่ 4.6 (ต่อ)

ก.ขณะทำการทดลองด้วยจาร์เทสต์



ข.ทำการแยกตะกอน และน้ำใส

รูปที่ 4.7 การตกตะกอนโลหะด้วยโซเดียมซัลไฟด์ที่ความเข้มข้นค่าต่าง ๆ

4.3.3 การทดสอบการตกตะกอนด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ และโซเดียมไฮโดรเจนซัลไฟด์

ในการตกตะกอนซัลไฟด์ด้วยโซเดียมไฮโดรเจนซัลไฟด์นั้น จะเป็นการทดลองต่อจากการปรับค่าพีเอชด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่พีเอช 5-9 ตั้งทิ้งให้ตะกอนผลึกจมตัว แยกน้ำออกจากตะกอน แล้วนำไปทดลองการกำจัดโลหะหนักที่เหลือต่อ ด้วยโซเดียมไฮโดรเจนซัลไฟด์ โดยเติมสารเป็นจำนวนเท่าปริมาณความต้องการทางทฤษฎี ดังนี้คือ 0.1 , 0.5 , 1.0 , 2.0 , 3.0 และ4.0 เมื่อคิดเป็นกรัมของโซเดียมไฮโดรเจนซัลไฟด์เท่ากับ 0.03 , 0.13 , 0.26 , 0.52 , 0.78 และ 1.06กรัมต่อน้ำเสีย 500มล.ตามลำดับ จากนั้นตั้งทิ้งให้ตะกอนจมตัว แล้วนำไปวิเคราะห์โลหะหนักที่เหลือ ผลการทดลองการตกตะกอนต่อด้วยโซเดียมไฮโดรเจนซัลไฟด์แสดงในตารางที่ 4.10 ก ถึง 4.10 ง

จากผลการทดลองการตกตะกอนด้วยโซเดียมไฮโดรเจนซัลไฟด์ ดังตารางที่ 4.10 ก ถึง 4.10 ง เมื่อพิจารณาการกำจัดโลหะหนักด้วยโซเดียมไฮโดรเจนซัลไฟด์ที่พีเอช 5 พบว่าสามารถกำจัดปรอทได้ค่าต่ำกว่ามาตรฐานน้ำทิ้งคือ ไม่เกิน 0.005 มก./ล. ส่วนโลหะหนักตัวอื่น ๆยังคงมีค่าสูงเกินกว่ามาตรฐาน จึงนำน้ำเสียมาทำการบำบัดต่อด้วยโซเดียมไฮโดรเจนซัลไฟด์ พบว่าที่ความเข้มข้นตั้งแต่ 0.1 ถึง 4.0 เท่าของปริมาณความต้องการทางทฤษฎี จะไม่สามารถกำจัดโครเมียมให้มีปริมาณต่ำกว่าค่ามาตรฐานกำหนดคือ ไม่เกิน 0.5 มก./ล แม้ว่าจะทำการปรับค่าพีเอชเป็น 6 และ 7 รวมทั้งเปลี่ยนค่าปริมาณโซเดียมไฮโดรเจนซัลไฟด์ แต่ปริมาณโครเมียมที่เหลืออยู่ในน้ำจะมีปริมาณสูงเช่นเดิม ซึ่งเมื่อทำการปรับพีเอชเป็น 8 และเติมปริมาณโซเดียมไฮโดรเจนซัลไฟด์จนได้ 0.5 เท่าของปริมาณความต้องการทางทฤษฎี พบว่าปริมาณโครเมียมที่เหลือในน้ำลดต่ำกว่ามาตรฐานน้ำทิ้ง (0.45 มก./ล. คิดเป็นประสิทธิภาพได้ร้อยละ 99.89) ส่วนปริมาณเงินที่เหลือในน้ำนั้นถูกกำจัดให้มีค่าต่ำประมาณ 1 มก./ล. ตั้งแต่ที่พีเอช 5 และปริมาณโซเดียมไฮโดรเจนซัลไฟด์ 0.5 เท่าของปริมาณความต้องการทางทฤษฎี (0.59 มก./ล. คิดเป็นประสิทธิภาพได้ร้อยละ 99.96) แต่เมื่อต้องปรับค่าพีเอชเป็น 8 และปริมาณโซเดียมไฮโดรเจนซัลไฟด์ 0.5 เท่าปริมาณความต้องการทางทฤษฎี จะมีปริมาณเงินที่เหลือในน้ำเท่ากับ 0.64 มก./ล.คิดเป็นประสิทธิภาพได้ร้อยละ 99.95 กรณีของเหล็กที่เหลือในน้ำเมื่อปรับพีเอช 5 และเติมโซเดียมไฮโดรเจนซัลไฟด์ 0.1 เท่าของปริมาณความต้องการทางทฤษฎีจะมีปริมาณเหล็กที่เหลือเท่ากับ 1.37 มก./ล. ปริมาณของเหล็กที่เหลือ เมื่อเปลี่ยนความเข้มข้นของโซเดียมไฮโดรเจนซัลไฟด์ หรือเปลี่ยนค่าพีเอชไปก็ตามจะมีปริมาณคงที่ คือเปลี่ยนแปลงไปน้อย ดังนั้นเมื่อพิจารณาปริมาณโซเดียมไฮโดรเจนซัลไฟด์และค่าพีเอชที่เหมาะสม พบว่าต้องเติมโซเดียมไฮโดรเจนซัลไฟด์ที่ 0.5 เท่าของปริมาณความต้องการทางทฤษฎี และใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ในการปรับพีเอชที่พีเอช 8 จะสามารถกำจัดโลหะหนักทั้ง 2 ชนิดได้ค่าต่ำกว่ามาตรฐานน้ำทิ้ง สำหรับการทดลองที่ใช้การตกตะกอนซัลไฟด์จะมีปริมาณของซัลไฟด์อิออนที่เหลือในน้ำ กรณีที่มีปริมาณซัลไฟด์อิออนเกิน 1 มก./ล. จะต้องทำการบำบัดซัลไฟด์ก่อนทิ้งน้ำลง

ตารางที่ 4.10 ผลการทดลองการตกตะกอนโลหะ (ก) ปรอท (ข) เงิน (ค) โครเมียม (ง) เหล็ก ด้วยโซเดียมไฮโดรเจนซัลไฟด์หลังตกตะกอนโซเดียมไฮดรอกไซด์แล้ว

(ก) พีเอช	ปริมาณปรอทที่เหลือและประสิทธิภาพการบำบัดหลังตกตะกอนด้วยNa_2Sความเข้มข้นต่าง ๆ											
	0.1เท่า		0.5เท่า		1.0เท่า		2.0เท่า		3.0เท่า		4.0เท่า	
	(มก/ล)	(%)	(มก/ล)	(%)	(มก/ล)	(%)	(มก/ล)	(%)	(มก/ล)	(%)	(มก/ล)	(%)
5	0.002	100	0.002	100	0.002	100	0.002	100	0.002	100	0.002	100
6	0.002	100	0.002	100	0.002	100	0.002	100	0.002	100	0.002	100
7	0.002	100	0.002	100	0.002	100	0.002	100	<0.0002	100	<0.0002	100
8	0.002	100	0.002	100	0.002	100	0.002	100	0.002	100	0.002	100
9	0.002	100	0.002	100	0.002	100	0.002	100	0.002	100	0.002	100

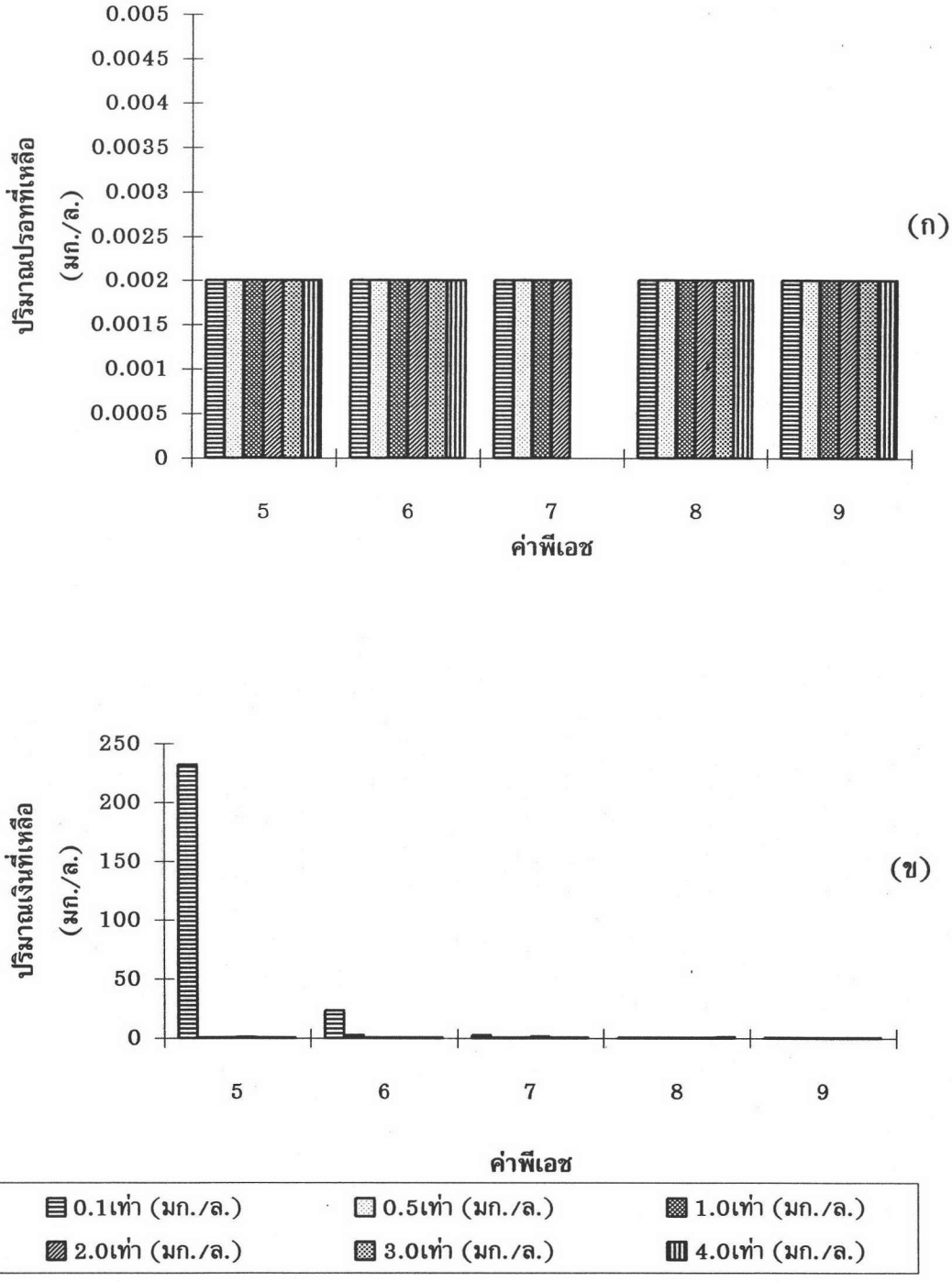
(ข) พีเอช	ปริมาณเงินที่เหลือและประสิทธิภาพการบำบัดหลังตกตะกอนด้วยNa_2Sความเข้มข้นต่าง ๆ											
	0.1เท่า		0.5เท่า		1.0เท่า		2.0เท่า		3.0เท่า		4.0เท่า	
	(มก/ล)	(%)	(มก/ล)	(%)	(มก/ล)	(%)	(มก/ล)	(%)	(มก/ล)	(%)	(มก/ล)	(%)
5	232	82.61	0.59	99.96	0.61	99.95	0.81	99.94	0.43	99.97	0.51	99.95
6	23.4	98.25	2.53	99.81	0.55	99.95	0.47	99.96	0.47	99.97	0.46	99.97
7	2.7	99.80	0.44	99.97	0.58	99.95	1.26	99.91	0.55	99.95	0.51	99.95
8	0.54	99.96	0.64	99.95	0.56	99.95	0.63	99.95	0.43	99.97	0.94	99.93
9	0.48	99.97	0.46	99.97	0.44	99.97	0.45	99.97	0.43	99.97	0.44	99.97

ตารางที่ 4.10 (ต่อ)

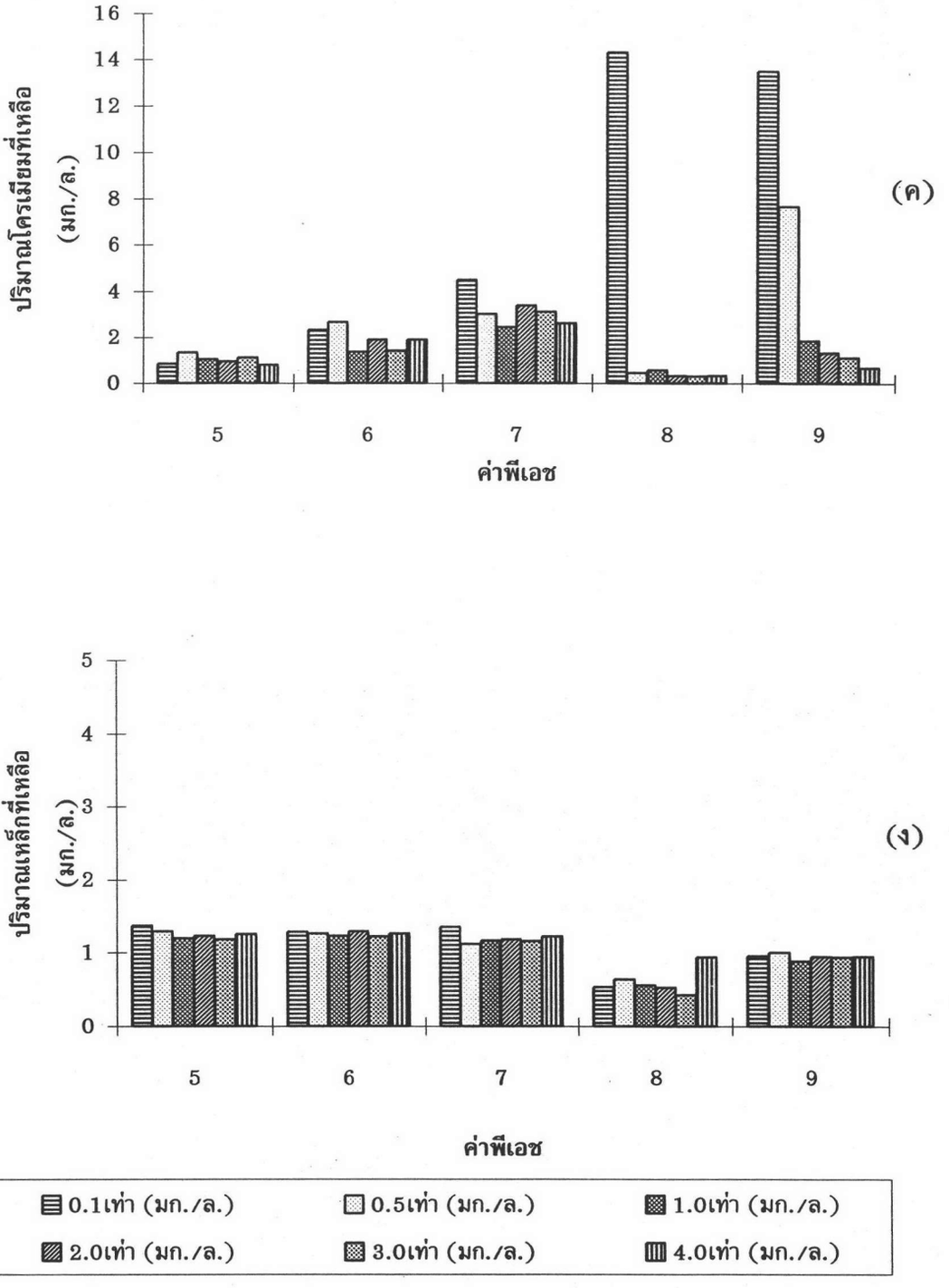
(ค) พีเอช	ปริมาณโครเมียมที่เหลือและประสิทธิภาพการบำบัดหลังตกตะกอนด้วยNa_2Sความเข้มข้นต่าง ๆ											
	0.1เท่า		0.5เท่า		1.0เท่า		2.0เท่า		3.0เท่า		4.0เท่า	
	(มก/ล)	(%)	(มก/ล)	(%)	(มก/ล)	(%)	(มก/ล)	(%)	(มก/ล)	(%)	(มก/ล)	(%)
5	0.84	99.80	1.34	99.67	1.03	99.75	0.94	99.70	1.11	99.73	0.80	99.80
6	2.32	99.43	2.65	99.35	1.35	99.67	1.89	99.54	1.40	99.66	1.89	99.54
7	4.47	98.91	3.01	99.27	2.44	99.40	3.38	99.18	3.11	99.24	2.61	99.36
8	14.3	96.51	0.45	99.89	0.57	99.86	0.33	99.92	0.29	99.93	0.33	99.92
9	13.5	95.82	7.65	97.63	1.84	99.43	1.33	99.59	1.11	99.66	0.66	99.80

(ง) พีเอช	ปริมาณเหล็กที่เหลือและประสิทธิภาพการบำบัดหลังตกตะกอนด้วยNa_2Sความเข้มข้นต่าง ๆ											
	0.1เท่า		0.5เท่า		1.0เท่า		2.0เท่า		3.0เท่า		4.0เท่า	
	(มก/ล)	(%)	(มก/ล)	(%)	(มก/ล)	(%)	(มก/ล)	(%)	(มก/ล)	(%)	(มก/ล)	(%)
5	1.37	99.84	1.29	99.84	1.20	99.86	1.23	99.85	1.18	99.86	1.25	99.85
6	1.28	99.85	1.26	99.85	1.23	99.85	1.29	99.84	1.22	99.85	1.26	99.85
7	1.35	99.84	1.12	99.87	1.17	99.86	1.18	99.86	1.16	99.86	1.22	99.85
8	0.54	99.93	0.64	99.92	0.56	99.93	0.53	99.93	0.43	99.95	0.94	99.59
9	0.96	99.58	1.00	99.56	0.89	99.61	0.95	99.58	0.94	99.59	0.95	99.58

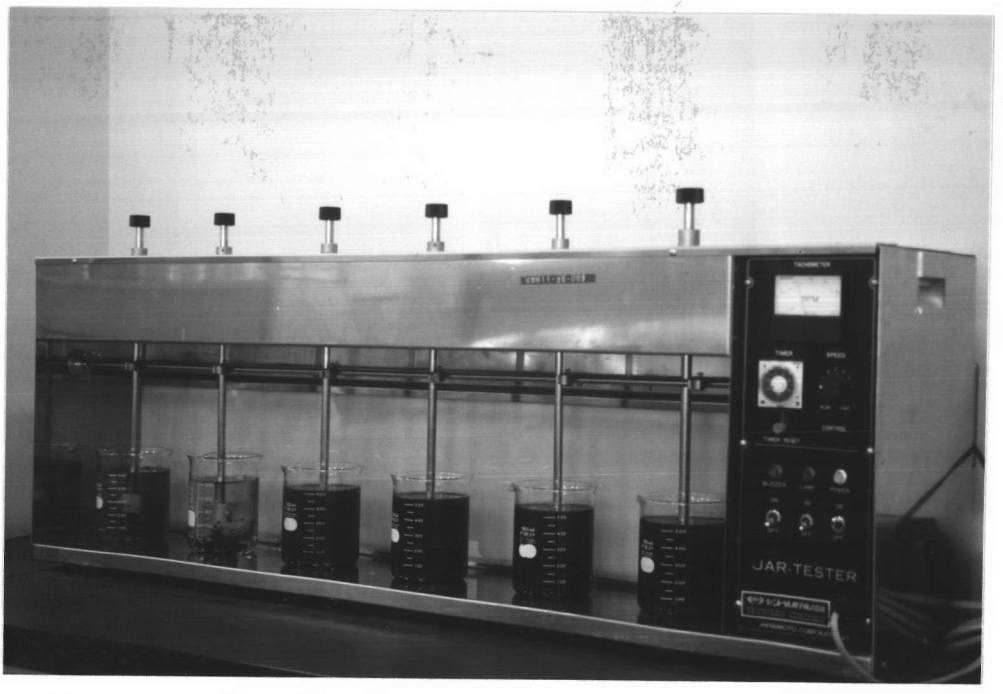
หมายเหตุ ค่าโลหะเริ่มต้นของปรอท โครเมียม เงิน และเหล็ก ที่พีเอช 5-7 เท่ากับ 1500 , 1830 , 301.5 และ 307.2 มก./ล. ตามลำดับ ค่าโลหะเริ่มต้นของปรอท โครเมียม เงิน และเหล็ก ที่พีเอช 9 เท่ากับ 828 , 1724 , 323 และ 228.4 มก./ล. ตามลำดับ



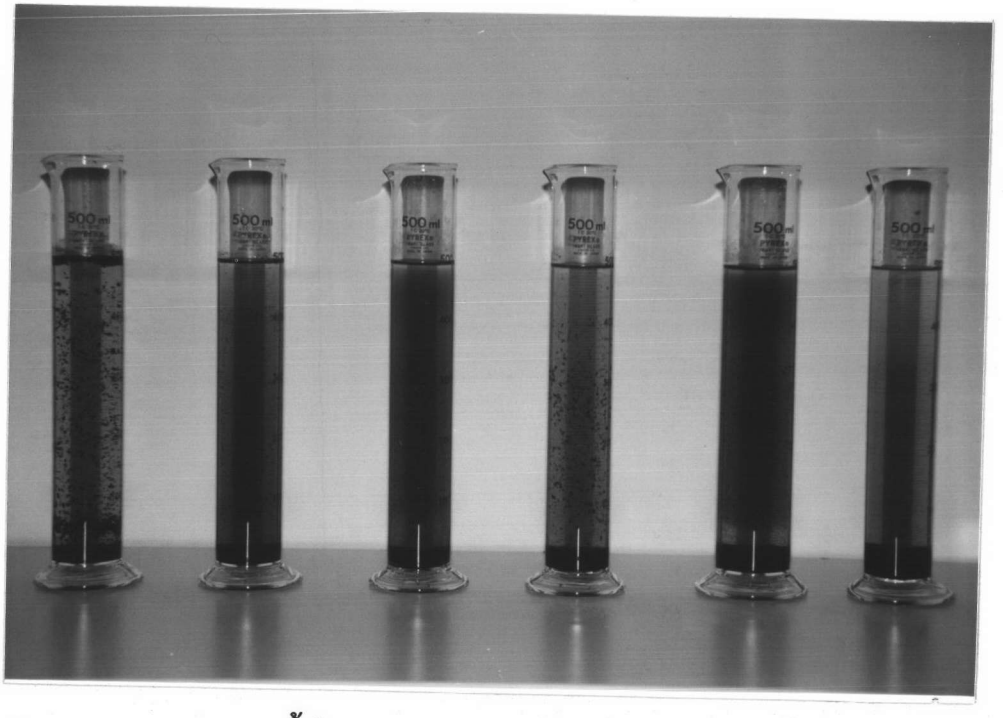
รูปที่ 4.8 ผลการตกตะกอนโลหะ (ก) ปรอท (ข) เงิน (ค) โครเมียม (ง) เหล็ก ด้วยโซเดียมไฮโดรเจนซัลไฟด์หลังตกตะกอนด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์แล้ว


ปริมาณโครเมียมที่เหลือ
(มก./ล.)
16
14
12
10
8
6
4
2
0
5
6
7
8
9
ค่าพีเอช
(ค)
ปริมาณเหล็กที่เหลือ
(มก./ล.)
5
4
3
2
1
0
5
6
7
8
9
ค่าพีเอช
(ง)
0.1เท่า (มก./ล.)
0.5เท่า (มก./ล.)
1.0เท่า (มก./ล.)
2.0เท่า (มก./ล.)
3.0เท่า (มก./ล.)
4.0เท่า (มก./ล.)

รูปที่ 4.8 (ต่อ)



ก.ขณะทำการทดลองด้วยจาร์เทสต์



ข.ทำการแยกตะกอน และน้ำใส

รูปที่ 4.9 การตกตะกอนโลหะด้วยโซเดียมไฮโดรเจนซัลไฟด์ที่ความเข้มข้นค่าต่าง ๆ

สู่แหล่งน้ำสาธารณะ ซึ่งจะต้องเสียค่าใช้จ่ายส่วนนี้เพิ่มด้วย และในกรณีนี้จะมีปริมาณซัลไฟด์เหลือเท่ากับ 1.32 มก./ล. (โดยวิธีการวิเคราะห์หาปริมาณซัลไฟด์อิออนแสดงในภาคผนวก ก)

4.3.4 การทดสอบการตกตะกอนด้วยโซเดียมไธโอซัลเฟตและโซเดียมไฮดรอกไซด์

การตกตะกอนผลึกโลหะด้วยโซเดียมไธโอซัลเฟตโดยเติมลงในน้ำเสียซีโอดีปริมาณต่าง ๆดังนี้ 5 ,10 , 20 , 30 , 40 กรัมต่อน้ำเสียปริมาตร 500 มล.และเติมโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เข้มข้น 30% น้ำหนักโดยปริมาตร ในปริมาตร 300 มล. ตั้งทิ้งให้ตะกอนผลึกจมตัว แยกน้ำออกไปทำการวิเคราะห์ปริมาณโลหะหนักที่เหลือ จากนั้นนำมาพิจารณาค่าที่เหมาะสมของการตกตะกอนผลึกไปเทียบกับค่ามาตรฐานน้ำทิ้งในประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม

ตารางที่ 4.11 ผลการทดลองการตกตะกอนโลหะด้วยโซเดียมไธโอซัลเฟตที่ปริมาณต่าง ๆ

ปริมาณ$Na_2S_2O_3$ (กรัม)	ปริมาณโลหะหนักที่เหลือและประสิทธิภาพการบำบัด							
	Hg		Ag		Cr		Fe	
	(มก/ล)	(%)	(มก/ล)	(%)	(มก/ล)	(%)	(มก/ล)	(%)
5	0.001	100	1.20	99.93	231.7	23.15	122.4	60.16
10	0.001	100	0.60	99.97	184.9	38.67	63.6	79.30
20	0.001	100	0.60	99.97	154.8	48.66	80.7	73.73
30	0.002	100	0.60	99.97	154.2	48.86	102.2	66.73
40	0.001	100	0.30	99.98	183.3	39.20	66.3	78.42

หมายเหตุ ค่าโลหะเริ่มต้นของปรอท โครเมียม เงิน และเหล็ก เท่ากับ 1500 , 1830 , 301.5 และ 307.2 มก./ล. ตามลำดับ

ผลจากตารางที่ 4.11 พบว่าปริมาณโซเดียมไธโอซัลเฟตตั้งแต่ 5-40กรัม เหมาะสมในการกำจัดปรอทและเงิน เพราะจะทำให้ปริมาณปรอทมีปริมาณต่ำกว่ามาตรฐานน้ำทิ้ง คือ ไม่เกิน 0.005 มก./ล. และเงินที่เหลือในน้ำมีปริมาณต่ำกว่า 1 มก./ล. ที่ปริมาณโซเดียมไธโอซัลเฟตเท่ากับ 5 กรัม ปริมาณโครเมียมและเหล็กยังคงเหลือในน้ำปริมาณมาก ซึ่งตามทฤษฎีแล้วการตกตะกอนของโครเมียมและเหล็กนั้น จะสามารถตกตะกอนได้ดีที่ค่าพีเอช 7 และ 4ตามลำดับ แต่จากการทดลองบำบัดน้ำเสียด้วยโซเดียมไธโอซัลเฟตน้ำเสียซีโอดีที่นำมาทดลองมีสภาพเป็นกรดสูงค่าพีเอชต่ำกว่า 1 รวมทั้งการตกตะกอนด้วยโซเดียมไธโอซัลเฟต เป็นการเปลี่ยนค่าของพีเอชไปเพียงเล็กน้อย เนื่องจากเติมโซเดียมไฮดรอกไซด์เพียง 90 กรัม หรือปรับค่าพีเอชที่สูงที่สุดคือ 2.54 จึงมีผลทำให้โลหะทั้ง 2 ตัวไม่สามารถตกตะกอนได้ ดังนั้นจึงมี

การนำการปรับพีเอชด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้ามาช่วยในการทดลอง โดยการทดลองตกตะกอนด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์นี้ จะเป็นการปรับพีเอชตั้งแต่ 5-9 และใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เข้มข้น 50% น้ำหนักโดยปริมาตร ในปริมาตร 292, 293 , 294 , 295 และ296 มล. ต่อน้ำเสีย 500 มล.ตามลำดับ เมื่อคิดเป็นกรัมของโซเดียมไฮดรอกไซด์จะเท่ากับ 146 , 146.5 , 147 , 147.5 และ148 กรัมต่อน้ำเสีย 500มล.ตามลำดับ แล้วทิ้งให้ตะกอนจมตัวจากนั้นนำไปวิเคราะห์ปริมาณโลหะหนักที่เหลือ ซึ่งจะแสดงผลการทดลองในตารางที่ 4.12 ก ถึง 4.12 ง

จากตารางที่ 4.12 ก ถึง 4.12 ง เมื่อพิจารณาการตกตะกอนโลหะหนักด้วยโซเดียมไธโอซัลเฟตที่ปริมาณตั้งแต่ 5-40 กรัม พบว่าสามารถกำจัดปรอทได้ค่าต่ำกว่ามาตรฐานน้ำทิ้ง คือ ไม่เกิน 0.005 มก./ล.และสามารถกำจัดเงินให้มีปริมาณต่ำกว่า 1 มก./ล.ได้ จึงทดลองเพิ่มโดยเติมโซเดียมไธโอซัลเฟตที่ 1 กรัม และปรับค่าพีเอชที่ 5-9 เช่นเดียวกับการเติมโซเดียมไธโอซัลเฟตที่ 10 กรัมและ20กรัม ผลการทดลองที่ได้เมื่อเติมโซเดียมไธโอซัลเฟตที่ 1 กรัม และปรับค่าพีเอช 5 พบว่าสามารถกำจัดปรอทได้ค่าต่ำกว่ามาตรฐานน้ำทิ้ง ส่วนโลหะหนักตัวอื่น ๆยังมีปริมาณที่สูงเกินมาตรฐานอยู่ เมื่อค่าพีเอชสูงขึ้นเป็น 6ปริมาณของโลหะโครเมียมและ เงินมีปริมาณลดลงแต่ยังมีค่าสูงอยู่ส่วนเหล็กจะเหลืออยู่ในน้ำปริมาณต่ำโดยมีค่าประมาณ 1 มก./ล. (1.56 มก./ล.คิดเป็นประสิทธิภาพได้ร้อยละ 99.77) ที่พีเอช 9 ปริมาณของโครเมียมและเงินก็ยังคงมีปริมาณที่สูงกว่ามาตรฐาน ส่วนผลการทดลองตกตะกอนโลหะด้วยโซเดียมไธโอซัลเฟตปริมาณ 10 กรัม และที่พีเอช 5 พบว่าปริมาณโครเมียม และเหล็กมีปริมาณสูง ส่วนเงินสามารถกำจัดได้และมีค่าต่ำกว่า 1 มก./ล. (0.52 มก./ล. คิดเป็นประสิทธิภาพได้ร้อยละ 99.95) ที่ค่าพีเอช 6 พบว่าปริมาณโครเมียมและเหล็กในน้ำยังสูง ที่พีเอช 7 ปริมาณโครเมียมที่เหลือในน้ำมีปริมาณต่ำกว่ามาตรฐานน้ำทิ้ง (0.01 มก./ล. คิดเป็นประสิทธิภาพได้ร้อยละ 100) และเหล็กมีปริมาณเหลือประมาณ 1 มก./ล. (1.32 มก./ล. คิดเป็นประสิทธิภาพได้ร้อยละ 99.80) ดังนั้นปริมาณโซเดียมไธโอซัลเฟตและค่าพีเอชที่เหมาะสมสำหรับการกำจัดโลหะหนักทั้ง 4ชนิดในน้ำ จะใช้ปริมาณโซเดียมไธโอซัลเฟต 10กรัมที่พีเอช 7 จะสามารถบำบัดน้ำให้มีค่าโลหะหนักต่ำกว่าค่ามาตรฐานน้ำทิ้งได้โดยจะมีปริมาณโลหะปรอท โครเมียม เงินและเหล็กที่เหลือดังต่อไปนี้ 0.001 ,0.01 ,0.50และ1.32มก./ล.ตามลำดับ คิดเป็นประสิทธิภาพได้ร้อยละ 100 ,100 ,99.96 และ99.80 ตามลำดับ

<u>สภาวะที่มีความเหมาะสมของแต่ละการทดลองสามารถสรุปได้ดังนี้คือ</u>

1. การตกตะกอนโลหะหนักด้วยโซเดียมคลอไรด์ และ โซเดียมไฮดรอกไซด์ ปริมาณที่เหมาะสมคือ โซเดียมคลอไรด์ปริมาณ 1.0 เท่าของปริมาณความต้องการทางทฤษฎี และที่พีเอช 5 โดยพีเอชสุดท้ายเท่ากับ 5

ตารางที่ 4.12 ผลการทดลองการตกตะกอนโลหะ (ก) ปรอท (ข) เงิน (ค) โครเมียม (ง) เหล็ก ด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์หลังตกตะกอนด้วยโซเดียมไธโอซัลเฟตแล้ว

(ก) พีเอช	ปริมาณปรอทที่เหลือและประสิทธิภาพการบำบัดหลังการตกตะกอนด้วย$Na_2S_2O_3$ปริมาณต่าง ๆ					
	1กรัม		10กรัม		20กรัม	
	(มก./ล.)	(%)	(มก./ล.)	(%)	(มก./ล.)	(%)
5	0.002	100	0.004	100	0.001	100
6	0.002	100	0.004	100	0.001	100
7	0.002	100	0.001	100	0.001	100
8	0.002	100	0.001	100	0.001	100
9	0.002	100	0.015	100	0.001	100

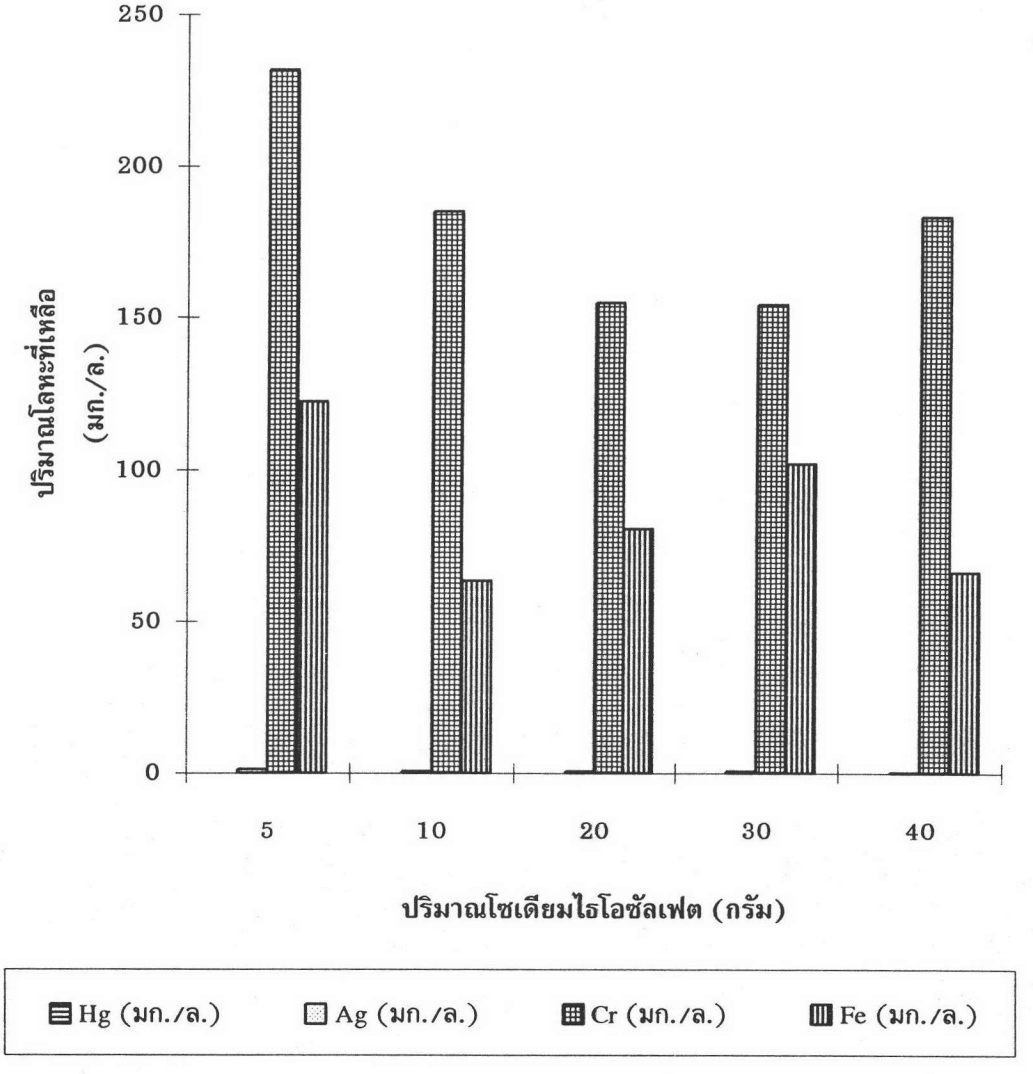
(ข) พีเอช	ปริมาณเงินที่เหลือและประสิทธิภาพการบำบัดหลังการตกตะกอนด้วย$Na_2S_2O_3$ปริมาณต่าง ๆ					
	1กรัม		10กรัม		20กรัม	
	(มก./ล.)	(%)	(มก./ล.)	(%)	(มก/ล.)	(%)
5	274.5	75.45	0.52	99.95	0.63	99.94
6	3.96	99.65	0.52	99.95	0.67	99.94
7	1.82	99.84	0.50	99.96	0.76	99.93
8	1.60	99.86	0.49	99.96	0.69	99.94
9	1.34	99.88	0.48	99.96	0.56	99.95

ตารางที่ 4.12 (ต่อ)

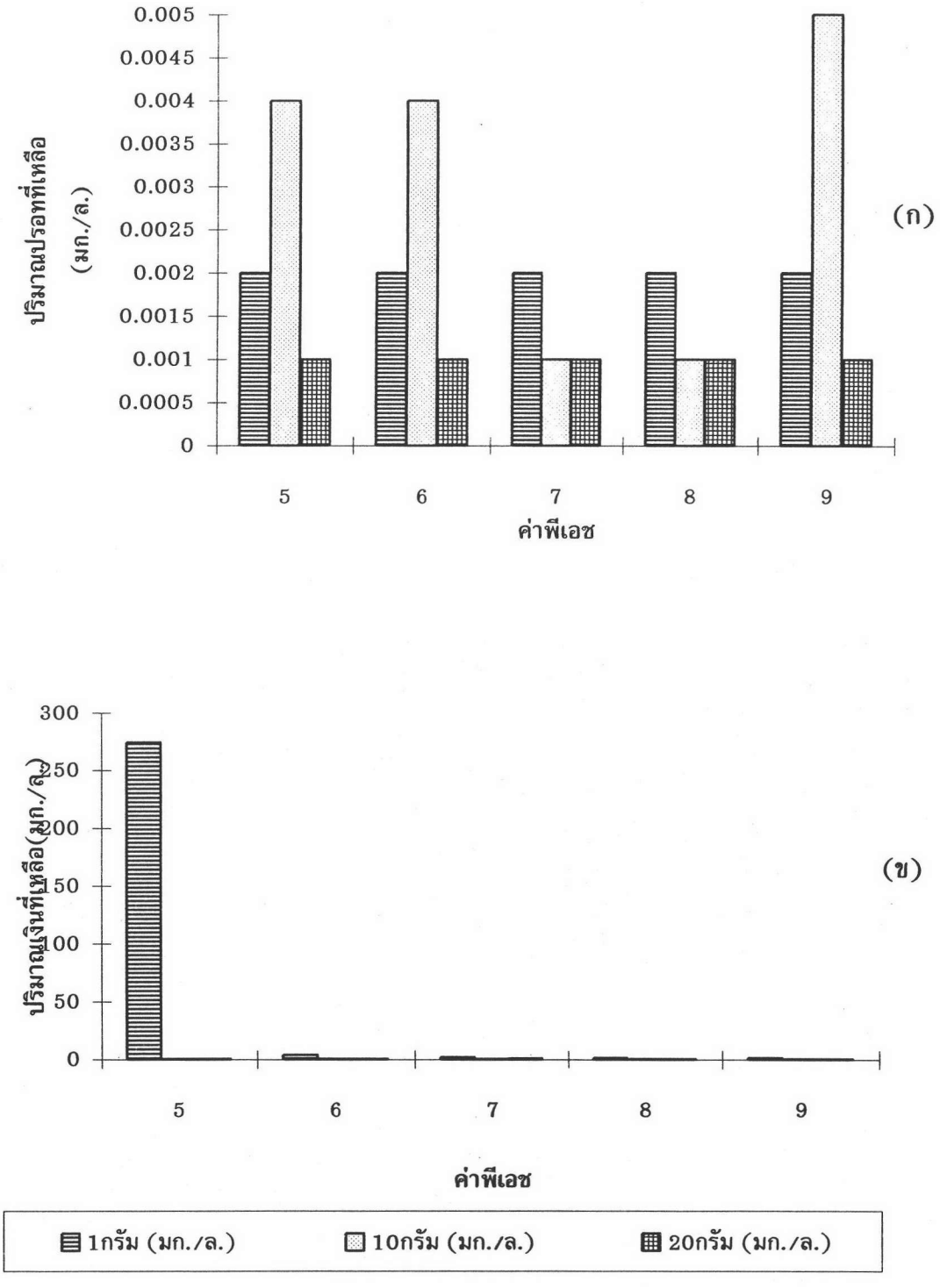
(ค) พีเอช	ปริมาณโครเมียมที่เหลือและประสิทธิภาพการบำบัดหลังการตกตะกอนด้วย$Na_2S_2O_3$ปริมาณต่าง ๆ					
	1กรัม		10กรัม		20กรัม	
	(มก./ล.)	(%)	(มก./ล.)	(%)	(มก/ล.)	(%)
5	14.86	97.94	169.7	76.46	152.3	78.88
6	1.51	99.79	17.49	97.57	75.9	89.47
7	1.67	99.77	0.01	100	5.6	99.22
8	11.87	98.35	3.00	99.58	7.80	98.92
9	13.82	98.08	14.50	97.99	14.40	98.00

(ง) พีเอช	ปริมาณเหล็กที่เหลือและประสิทธิภาพการบำบัดหลังการตกตะกอนด้วย$Na_2S_2O_3$ปริมาณต่าง ๆ					
	1กรัม		10กรัม		20กรัม	
	(มก./ล.)	(%)	(มก./ล.)	(%)	(มก/ล.)	(%)
5	2.35	99.65	86.20	87.21	81	87.98
6	1.56	99.77	62.20	90.77	90.60	86.56
7	1.65	99.76	1.32	99.80	89.40	86.74
8	1.82	99.73	1.21	99.82	6.03	99.11
9	1.56	99.77	1.22	99.82	1.21	99.82

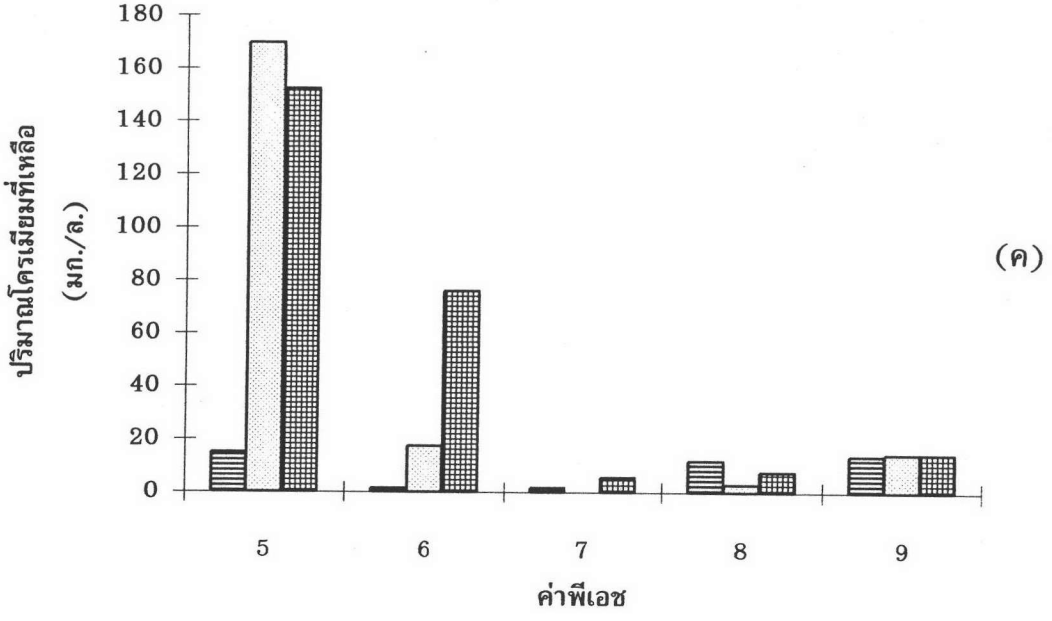
หมายเหตุ ค่าโลหะเริ่มต้นของปรอท โครเมียม เงิน และเหล็ก เท่ากับ 828 , 1118 , 721 และ 674 มก./ล. ตามลำดับ



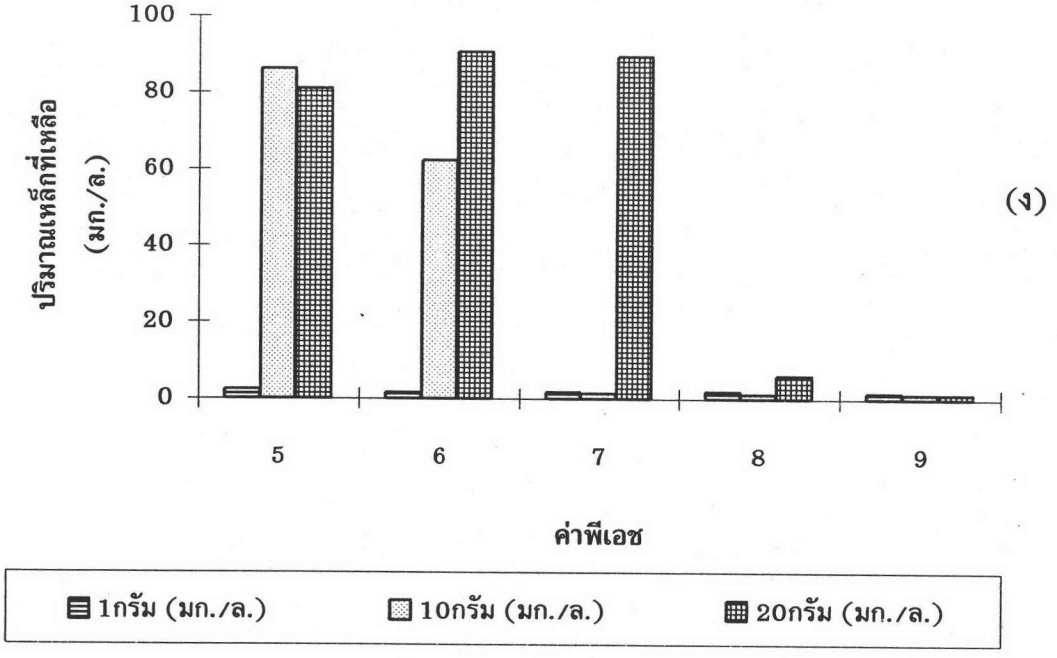
รูปที่ 4.10 ผลการตกตะกอนโลหะด้วยโซเดียมไธโอซัลเฟตที่ปริมาณต่าง ๆ



รูปที่ 4.11 ผลการตกตะกอนโลหะ (ก) ปรอท (ข) เงิน (ค) โครเมียม (ง) เหล็ก ด้วยโซเดียมไธโอซัลเฟตหลังตกตะกอนด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์แล้ว


ปริมาณโครเมียมที่เหลือ
(มก./ล.)
180
160
140
120
100
80
60
40
20
0
5
6
7
8
9
ค่าพีเอช

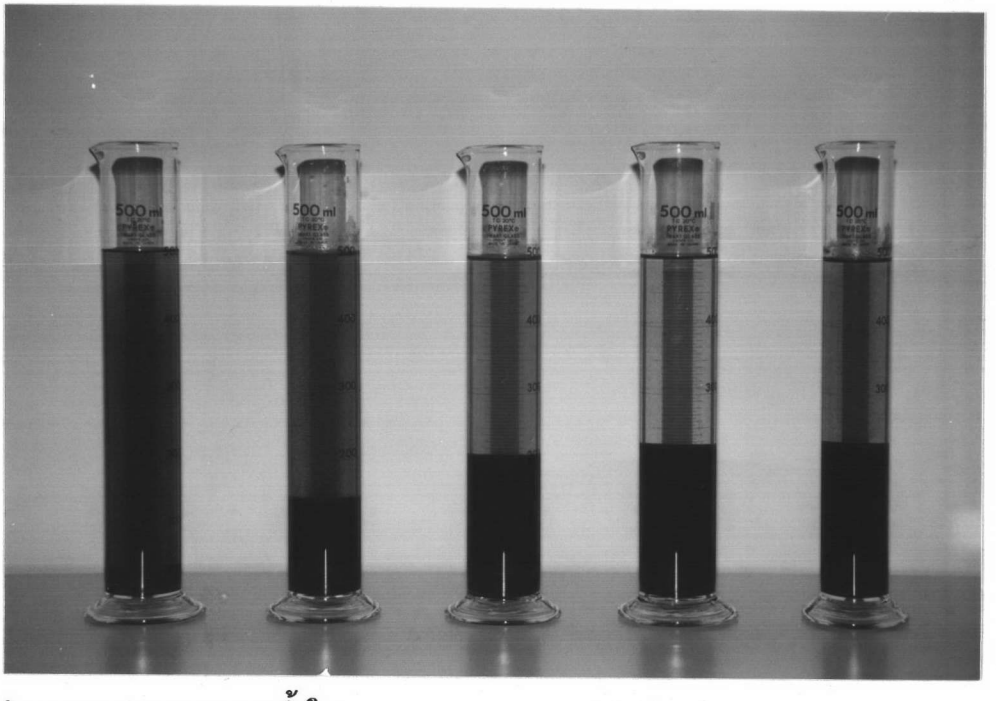
(ค)


ปริมาณเหล็กที่เหลือ
(มก./ล.)
100
80
60
40
20
0
5
6
7
8
9
ค่าพีเอช
1กรัม (มก./ล.)
10กรัม (มก./ล.)
20กรัม (มก./ล.)

(ง)

รูปที่ 4.11 (ต่อ)

ก.ขณะทำการทดลองด้วยเครื่องกวนแม่เหล็ก



ข.ทำการแยกตะกอน และน้ำใส

รูปที่ 4.12 การตกตะกอนโลหะด้วยโซเดียมไธโอซัลเฟตที่ความเข้มข้นค่าต่าง ๆ

2. การตกตะกอนโลหะหนักด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ และ โซเดียมซัลไฟด์ ปริมาณที่เหมาะสมคือ โซเดียมซัลไฟด์ปริมาณ 1.0 เท่าของปริมาณความต้องการทางทฤษฎีและที่พีเอช 5 โดยพีเอชสุดท้ายเท่ากับ 9.2

3. การตกตะกอนโลหะหนักด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ และ โซเดียมไฮโดรเจนซัลไฟด์ปริมาณที่เหมาะสมคือ โซเดียมไฮโดรเจนซัลไฟด์ปริมาณ 0.5 เท่าของปริมาณความต้องการทางทฤษฎีและที่พีเอช 8 โดยพีเอชสุดท้ายเท่ากับ 9.7

4. การตกตะกอนโลหะหนักด้วยโซเดียมไธโอซัลเฟต และ โซเดียมไฮดรอกไซด์ ปริมาณที่เหมาะสมคือ โซเดียมไธโอซัลเฟต ปริมาณ 10 กรัม และที่พีเอช 7โดยพีเอชสุดท้ายเท่ากับ 7

จากการศึกษาระยะเวลาในการจมตัวของตะกอนที่เกิดขึ้นจากการบำบัดน้ำเสียโดยการตกตะกอนด้วยสารเคมีชนิดต่าง ๆ (ดังแสดงในภาคผนวก ฉ ตารางที่ 1 ,รูปที่ 1) พบว่าเวลาในการตกตะกอนของโลหะในรูปของไฮดรอกไซด์ , คลอไรด์ , ซัลไฟด์ , ไฮโดรเจนซัลไฟด์ และไธโอซัลเฟต เท่ากับ 15 นาที , 1 ชม. , 1 วัน , 1วัน และ 1 วันตามลำดับ ดังนั้นในการบำบัดน้ำเสียจากการวิเคราะห์ค่าซีโอดี โดยการเติมสารเคมีทั้ง 4 ชุดดังกล่าวข้างต้น จึงใช้วิธีการตั้งทิ้งให้ตกตะกอนหลังจากการกวนเร็ว และกวนช้าแล้ว เป็นเวลาอย่างน้อย 1 วัน เพื่อให้การตกตะกอนเกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์

ในการศึกษาทดลองนี้ได้ศึกษาผลของการกรองที่มีต่อประสิทธิภาพการกำจัดโลหะที่เหลือในน้ำหลังการทดลองการตกตะกอนผลึก โดยใช้สารเคมีชนิดต่าง ๆ ซึ่งผลการทดลองวิเคราะห์โลหะหนักที่เหลือในตัวอย่างน้ำที่ผ่านการกรองด้วยกระดาษกรอง GF/C (ดังแสดงในภาคผนวก ข) พบว่าไม่สามารถลดปริมาณโลหะหนักที่เหลือลงได้ต่ำกว่า การตกตะกอน 1 วัน แล้วนำน้ำไปวัดปริมาณโลหะหนักที่เหลือทันทีโดยไม่ต้องกรองน้ำ

4.4 วิเคราะห์ค่าใช้จ่ายในการบำบัด

จากผลการทดลองที่มีความเหมาะสมนำมาทำการศึกษาค่าใช้จ่ายด้านสารเคมี และการบำบัดกากตะกอน โดยมีขั้นตอนการศึกษาดังนี้ คำนวณค่าสารเคมีที่ต้องใช้ในการทำปฏิกิริยาการตกตะกอน แล้วนำตะกอนที่เกิดขึ้นจากแต่ละการทดลอง มาคำนวณค่าใช้จ่ายในการบำบัดกากตะกอนโดยคิดค่าบริการตามศูนย์บริการกำจัดกากแสมดำ (ปริมาณสารเคมีและปริมาณตะกอนที่เกิดขึ้นแสดงรายละเอียดในภาคผนวก ช ตารางที่ 1.1ถึงตารางที่ 1.4 และตารางที่ 2.1 ถึงตารางที่ 2.4 ตามลำดับ) และทำการเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายในการบำบัด ในสารเคมีแต่ละชนิด

4.4.1. คำนวณค่าสารเคมีที่ต้องใช้

จากการวิเคราะห์และเปรียบเทียบผลการทดลองทั้ง 4 การทดลอง ซึ่งในแต่ละการทดลอง จะใช้สารเคมีปริมาณแตกต่างกัน จากนั้นนำมาคำนวณปริมาณสารเคมีที่ใช้ในแต่ละการทดลองซึ่งสารเคมีแต่ละตัวที่นำมาทำการทดลองมีราคา และเปอร์เซนต์ความบริสุทธิ์ที่แตกต่างกันดังตารางที่ 4.13 (สารโซเดียมไฮโดรเจนซัลไฟด์ประเภทที่ใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมเป็นสารเคมีที่ไม่มีจำหน่ายในประเทศไทย ดังนั้นจึงใช้วิธีการเทียบราคาจากโซเดียมซัลไฟด์ ซึ่งจะได้ราคาของโซเดียมไฮโดรเจนซัลไฟด์ประมาณ 10.70 บาทต่อ 1 กิโลกรัม) จากนั้นนำปริมาณสารเคมีที่ใช้มาคำนวณค่าใช้จ่ายดังตารางที่ 4.14 ซึ่งจะเห็นได้ว่าการตกตะกอนด้วยโซเดียมคลอไรด์ปริมาณ 1.0 เท่า ที่พีเอช 5 จะเสียค่าใช้จ่ายด้านสารเคมีน้อยที่สุด คือ 5,737.67 บาท ต่อน้ำเสีย 1 ลบม. ส่วนการทดลองตกตะกอนด้วยโซเดียมไฮโดรเจนซัลไฟด์ปริมาณ 0.5 เท่าปริมาณความต้องการทางทฤษฎีที่พีเอช 8 จะเสียค่าใช้จ่ายในด้านสารเคมีแพงที่สุด คือ 6,477.17 บาท ต่อน้ำเสีย 1 ลบม. เนื่องจากการตกตะกอนนี้ใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ ในการปรับพีเอชมากที่สุดเท่ากับ 318.37 กิโลกรัมต่อน้ำเสีย 1 ลบม.

ตารางที่ 4.13 ราคาสารเคมี (เทียนนำเคมีเคิล อินดรัสเทรียล เทรด , มีนาคม 2539)

สารเคมี	ความบริสุทธิ์(%)	ราคา(รวมภาษี) บาท ต่อกิโลกรัม
NaOH	98	20.33
NaCl	99	7.49
Na_2S	60	25.68
NaHS	-	-
$Na_2S_2O_3$	99	11.77

ตารางที่ 4.14 ค่าสารเคมีที่ใช้ในการบำบัดน้ำเสีย 1 ลบม.

การทดลอง	ปริมาณสารเคมีที่ใช้		ค่าใช้จ่าย (บาท)
	NaOH (Kg)	NaCl,Na_2S ,NaHS , $Na_2S_2O_3$(Kg)	
NaCl 1.0 เท่า ที่พีเอช 5	281.63	1.62	5,737.67
Na_2S 1.0 เท่าที่พีเอช 5	311.24	1.67	6,370.40
NaHS 0.5 เท่าพีเอช 8	318.37	0.44	6,477.17
$Na_2S_2O_3$ 10 กรัมที่พีเอช 7	300.00	20.20	6,336.75

4.4.2. คำนวณค่าใช้จ่ายในการบำบัดกากตะกอนที่ศูนย์บริการกำจัดกากแสมดำ

ในการทดลองตกตะกอนด้วยสารเคมีจะแยกน้ำ เพื่อทำการวิเคราะห์ปริมาณโลหะหนักที่เหลือ ส่วนตะกอนที่เกิดขึ้นจะส่งไปกำจัด ที่ศูนย์บริการกำจัดกากตะกอนแสมดำ โดยค่าใช้จ่ายในการฝังกากมีอัตราดังนี้คือ

ค่าขนส่งตะกอนจากห้องปฏิบัติ	2.5	บาท/ตัน-กม.
ค่าขนส่งตะกอนจากศูนย์กำจัดกากไปยังราชบุรี	2.5	บาท/ตัน-กม.
ค่าบำบัดตะกอนที่ศูนย์กำจัดกากแสมดำ	450	บาท/ตัน
ค่าจัดการฝังตะกอนที่ราชบุรี	100	บาท/ตัน
ระยะทางจากศูนย์กำจัดกากแสมดำไปราชบุรี	100	กม.

ในกรณีค่าขนส่งตะกอนจะขึ้นอยู่กับระยะทางจากแต่ละห้องปฏิบัติการไปและกลับมายังศูนย์กำจัดกากแสมดำ ซึ่งสมมติว่าการคำนวณระยะทางได้ประมาณ 30 กม. รวมระยะทางทั้งไปและกลับเท่ากับ 60 กม.

ค่ากำจัดกากตะกอน = ค่าขนส่งกากตะกอนจากห้องปฏิบัติการไปยังศูนย์กำจัดกากแสมดำ + ค่าขนส่งตะกอนจากแสมดำไปราชบุรี + ค่าบำบัดตะกอนที่ศูนย์กำจัดกากแสมดำ + ค่าจัดการฝังตะกอนที่ราชบุรี

ตัวอย่างการคำนวณ สมมติปริมาณตะกอนที่เกิดขึ้นเท่ากับ 30กิโลกรัม

$$\text{ค่ากำจัดกากตะกอน} = (2.5 \times 60 \times 30 \times 10^{-3}) + (2.5 \times 100 \times 30 \times 10^{-3}) + (450 \times 30 \times 10^{-3}) + (100 \times 30 \times 10^{-3})$$

$$= 4.5 + 7.5 + 13.5 + 3$$

$$= 28.50 \text{ บาท}$$

ค่าใช้จ่ายในการกำจัดกากตะกอนของ แต่ละการทดลองแสดงในตารางที่ 4.26 (ค่าใช้จ่ายโดยละเอียดแสดงในภาคผนวก ช ตารางที่ 3.1 และตารางที่ 3.2) จากตารางที่ 4.15 พบว่าค่าใช้จ่ายสำหรับการกำจัดกากตะกอนจากการตกตะกอนโดยใช้โซเดียมซัลไฟด์ปริมาณ 1.0 เท่าของปริมาณความต้องการทางทฤษฎีที่พีเอช 5 จะเสียค่าใช้จ่ายน้อยที่สุด หรือเท่ากับ 48.37 บาท ต่อการบำบัดน้ำเสีย 1 ลบม. ส่วนการตกตะกอนโดยใช้โซเดียมคลอไรด์ปริมาณ 1.0 เท่าของปริมาณความต้องการทางทฤษฎีที่พีเอช 5 จะเสียค่าใช้จ่ายสูงที่สุด หรือเท่ากับ 69.65 บาท ต่อการบำบัดน้ำเสีย 1 ลบม. ค่าใช้จ่ายการกำจัดกากตะกอน จะขึ้นอยู่กับปริมาณตะกอนที่เกิดขึ้นจากการตกตะกอนผลึกคือ การตกตะกอนโดยใช้โซเดียมคลอไรด์ปริมาณ 1.0 เท่าของปริมาณความต้องการทางทฤษฎีที่พีเอช 5 จะเกิดตะกอนในปริมาณที่มากที่สุด คือ 73.30 กก.

ตารางที่ 4.15 ค่าบำบัดกากตะกอนต่อน้ำเสีย 1 ลบม.

การทดลอง	ปริมาณตะกอน(กิโลกรัม)	ค่าบำบัดกากตะกอน(บาท)
NaCl 1.0 เท่า ที่พีเอช 5	73.30	69.65
Na_2S 1.0 เท่าที่พีเอช 5	50.90	48.37
NaHS 0.5 เท่าพีเอช 8	64.78	61.55
$Na_2S_2O_3$ 10 กรัมที่พีเอช 7	62.00	58.90

จากตารางที่ 4.14 และ 4.15 นำมาคำนวณค่าใช้จ่ายรวม ซึ่งแสดงในตารางที่ 4.16 ดังจะเห็นได้ว่าการทดลองทั้ง 4 ที่นำมาทำการคำนวณนี้การทดลองการตกตะกอนด้วยโซเดียมคลอไรด์ปริมาณ 1.0 เท่าของปริมาณความต้องการทางทฤษฎีที่พีเอช 5 จะเสียค่าใช้จ่ายน้อยที่สุดคือ 5,807.32 บาท และการทดลองการตกตะกอนด้วยโซเดียมไฮโดรเจนซัลไฟด์ปริมาณ 0.5 เท่าของปริมาณทางทฤษฎีที่พีเอช 8 จะเสียค่าใช้จ่ายในการบำบัดสูงที่สุดคือ 6,538.72 บาทต่อการบำบัดน้ำเสีย 1 ลบม.

ตารางที่ 4.16 ค่าบำบัดรวม

การทดลอง	ค่าสารเคมี(บาท)	ค่าบำบัดกาก(บาท)	ค่าบำบัดรวม(บาท)
NaCl 1.0 เท่า ที่พีเอช 5	5,737.67	69.65	5,807.32
Na_2S 1.0 เท่าที่พีเอช 5	6,370.40	48.37	6,418.77
NaHS 0.5 เท่าพีเอช 8	6,477.17	61.55	6,538.72
$Na_2S_2O_3$ 10 กรัมที่พีเอช 7	6,336.75	58.90	6,395.65

แม้ว่าการทดลองการตกตะกอนด้วยโซเดียมคลอไรด์ปริมาณ 1.0 เท่าของปริมาณความต้องการทางทฤษฎีที่พีเอช 5 จะเสียค่าใช้จ่ายน้อยที่สุด แต่ปริมาณโครเมียมที่เหลือมีค่าสูงเกินค่ามาตรฐานน้ำทิ้ง จึงไม่พิจารณาวิธีนี้ในการกำจัดน้ำเสียจากการวิเคราะห์ค่าซีโอดีและพิจารณาวิธีการตกตะกอนด้วยซัลไฟด์ซึ่งจะทำให้น้ำทิ้งหลังการบำบัดได้มาตรฐาน ซึ่งจากการคำนวนค่าใช้จ่ายทั้ง 3 วิธี พบว่าพบว่าการตกตะกอนด้วยโซเดียมไธโอซัลเฟตปริมาณ 10 กรัม ที่พีเอช 7 มีความเหมาะสมที่สุดเนื่องจาก

1.สามารถกำจัดโลหะหนักได้ค่าต่ำกว่ามาตรฐานน้ำทิ้ง

2.วิธีการทดลองการตกตะกอนด้วยโซเดียมไธโอซัลเฟต มีความเหมาะสมที่จะนำไปใช้ในทางปฏิบัติ เพราะขั้นตอนการทดลองจะเติมสารเคมีที่ปริมาณต้องการ แล้วกวนและทิ้งให้ตกตะกอนทีเดียว

3.การทดลองตกตะกอนด้วยโซเดียมไธโอซัลเฟตนี้ จะไม่มีปริมาณของอิออนซัลไฟด์เกิดขึ้น

4.การทดลองตกตะกอนด้วยโซเดียมไธโอซัลเฟต ไม่ต้องปรับค่าพีเอชของน้ำหลังทำการบำบัดแล้วเพราะมีค่าพีเอชเป็นกลาง

4.5 การนำไปใช้ในห้องปฏิบัติการจริง

จากผลการทดลองที่ได้สามารถนำปริมาณสารเคมี และพีเอชที่มีความเหมาะสมมาทำการคำนวณค่าใช้จ่ายเรื่องสารเคมีและ คำนวณค่าใช้จ่ายในการบำบัดกากตะกอนที่เกิดขึ้น และพบว่าสารเคมีที่มีความเหมาะสมคือ โซเดียมไธโอซัลเฟตปริมาณ 10 กรัมที่พีเอช 7 โดยการปรับพีเอชด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ ต่อน้ำเสีย 500 มล. เนื่องจากเป็นการทดลองที่มีความเหมาะสมมากที่สุด โดยจะเสียค่าใช้จ่ายเท่ากับ 6,395.65 บาทต่อน้ำเสีย 1 ลบม. หรือ 1.95 บาทต่อ 1 ตัวอย่างน้ำเสียซีโอดี (300 มล.) และวิธีการในการทดลองมีความเหมาะสม สำหรับในทางปฏิบัติ โดยจะมีขั้นตอนในการนำไปใช้ดังต่อไปนี้

1.การเก็บรวบรวมน้ำเสีย

ทางห้องปฏิบัติการควรมีการเก็บรวบรวมน้ำที่ทำการวิเคราะห์ค่าซีโอดี ในภาชนะที่ทนกรดและมีฝาปิด

2.การตกตะกอนผลึกโลหะด้วยโซเดียมไธโอซัลเฟตและโซเดียมไฮดรอกไซด์

เมื่อทำการรวบรวมน้ำได้ปริมาณที่ต้องการ แล้วนำมาทำการตกตะกอนผลึกด้วยโซเดียมไธโอซัลเฟตปริมาณ 10 กรัมต่อปริมาตรน้ำเสีย 500มล. หรือ ปริมาณ 20 กรัมต่อปริมาตรน้ำเสีย 1 ลิตร แล้วทำการปรับพีเอชด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 50% น้ำหนักโดยปริมาตร ในปริมาตร 300 มล. หรือจนพีเอชของสารละลายเท่ากับ 7 แล้วใช้เครื่องกวนแม่เหล็กกวนสารละลาย โดยกวนเร็วเป็นเวลา 3 นาที ตามด้วยการกวนช้าเป็นเวลา 40 นาที ในระหว่างการทดลองการตกตะกอนผลึกนี้ ควรจะต้องทำในตู้ดูดควัน เพราะจะเกิดปฏิกิริยาและกลิ่นรุนแรงมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งในระหว่างการปรับพีเอชด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ จากนั้นทิ้งให้ตะกอนผลึกจมตัวประมาณ 1 วัน จะได้ตะกอนผลึกโลหะที่สามารถแยกออกจากน้ำใสได้ (ระยะเวลาในการตกตะกอนของการทดลองทั้ง 4การทดลอง มีรายละเอียดในภาคผนวก ฉ ตารางที่ 1, รูปที่ 1)

3.รินแยกน้ำใสทิ้ง ส่วนตะกอนนำไปทำการบำบัดต่อ ที่ศูนย์บริการกำจัดกากแสมดำ