



-

⋮

⋮

⋮

⋮



1.

3.

(Precipitation)

1.

- การปรับค่า pH ให้สูงขึ้นโดยการเติมโซดาไฟ (NaOH) หรือปูนขาว (CaO)
- การปรับค่า pH ให้ต่ำลงโดยการเติมกรดกำมะถัน(H_2SO_4)

2.

หมายถึงการเติมสารเคมีลงไป在水里เพื่อลดประจุไฟฟ้าทำให้อุณหภูมิที่แขวนลอยอยู่ในน้ำมีขนาดใหญ่ขึ้นสามารถแยกออกจากน้ำได้ง่าย คือ

2

1. Coagulant

floc

- Polyaluminium Chloride (PAC PACl)
- Ferric Chloride ($\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$)

2. Coagulant Aid

Coagulant	Coagulant Aid
Coagulant	

- Polymer (Cationic Polymer, Anionic Polymer
Nonionic Polymer)

- Activated Silica Sodium Silicate and Sulfuric
Acid

-

1. (Diffuse Layer)

(ในชั้นกระจายให้มากขึ้น)

ซึ่งจะทำให้ค่าศักย์ไฟฟ้า (Zeta Potential)

กล่าวคือไอออนที่มี valence สูงกว่าจะมีอำนาจมากกว่า

2. (Adsorption and Charge Neutralization)

โดยใส่สารเคมีบางหมู่ที่มีความสามารถให้ประจุตรงกันข้ามกับอนุภาคคอลลอยด์และดูดติดผิวได้ ซึ่งจะมีผลในการลดศักย์ไฟฟ้าของคอลลอยด์ ซึ่งเป็นการทำลายเสถียรภาพนั่นเอง

3.

(Floc)

4.
Bridging)

(Polymer

(Flocculation)

1. ทำให้อนุภาคคอลลอยด์เคลื่อนที่ไปมาในน้ำจนกว่าจะมีการสัมผัสเกิดขึ้น วิธีปฏิบัตินี้เป็นที่นิยม ในลักษณะที่ส่วนต่างๆของน้ำมีอัตราเร็วในการไหลแตกต่างกัน เป็นเหตุให้อนุภาคต่างๆมีอัตราเร็วในการเคลื่อนที่ไม่เท่ากันจึงมีการสัมผัสกันเกิดขึ้น และเรียกวิธีการสร้างสัมผัสแบบนี้มีชื่อเทคนิคว่า Orthokinetic Flocculation อนุภาคคอลลอยด์ที่มีฟล็อกคูเลชันแบบนี้ควรมีขนาดใหญ่กว่า ไมครอน (ใช้พลังงานภายนอกมากระทำ

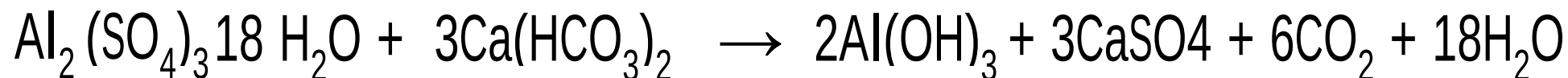
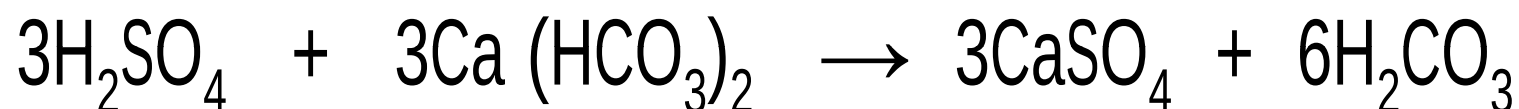
2. การสัมผัสของอนุภาคคอลลอยด์ อาจเกิดขึ้นได้เองโดยอาศัยการเคลื่อนที่แบบบราวเนียน ซึ่งเกิดขึ้นเนื่องจากอนุภาคคอลลอยด์กระทบกันเองหรือถูกชนด้วยโมเลกุลของน้ำ เนื่องจากการเคลื่อนที่ของโมเลกุลของน้ำขึ้นกับอุณหภูมิ จึงอาจกล่าวได้ว่าการเคลื่อนที่แบบบราวเนียน(brownian motion) เรียกว่า Perikinetic Flocculation อนุภาคคอลลอยด์ที่มีฟล็อกคูเลชันแบบนี้ควรมีขนาดน้อยกว่า (ไม่มีพลังงานภายนอกมากระทำ ขึ้นกับอุณหภูมิ ความเข้มข้นของอนุภาค ความหนืดของน้ำและการเคลื่อนไหว) ในทางปฏิบัติไม่เหมาะที่จะใช้ในระบบประปา

coagulation

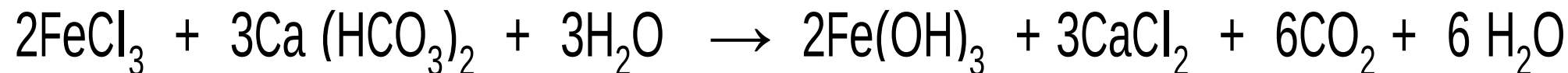
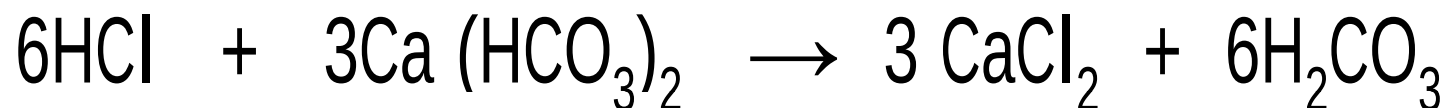
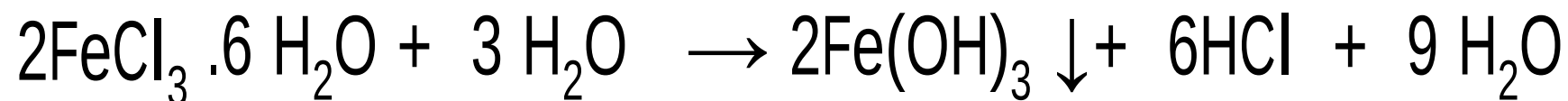
เกิดจากสารประกอบเชิงซ้อน ที่มีประจุบวก ทำลาย
เสถียรภาพของ ให้เป็นกลาง
(Neutralization) เป็นการสร้างโอกาสสัมผัสให้อนุภาครวมตัวกันจนมี
ขนาดใหญ่และสามารถตกตะกอนด้วยน้ำหนักเพียงลำพัง

ในกรณีความเข้มข้นของ จนปฏิกิริยาดำเนินต่อไปจน
ได้ การทำลายเสถียรภาพของอนุภาคคอลลอยด์ด้วยกลไกนี้
จะเกิดขึ้นเมื่อมีการเติมสารส้มเป็นจำนวนมากพอ จนมีความเข้มข้น
เกินจุดอิ่มตัว ซึ่งทำให้เกิดผลึกของ ซึ่งมีลักษณะเหนียว
สามารถห่อหุ้มอนุภาคและทำให้ผิวอนุภาคมีความเหนียว ไม่แสดง
อิทธิพลของประจุไฟฟ้า

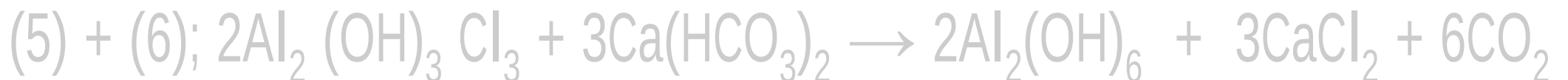
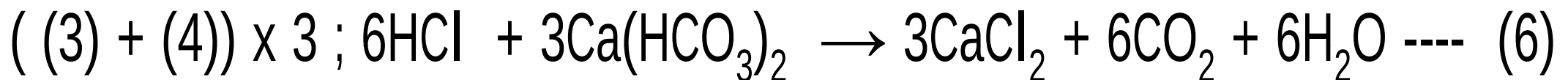
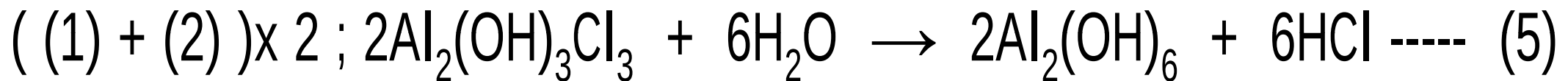
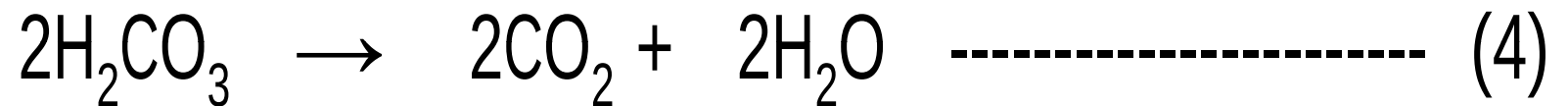
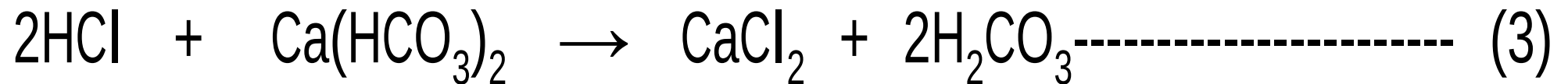
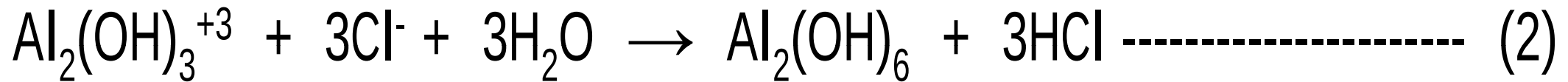
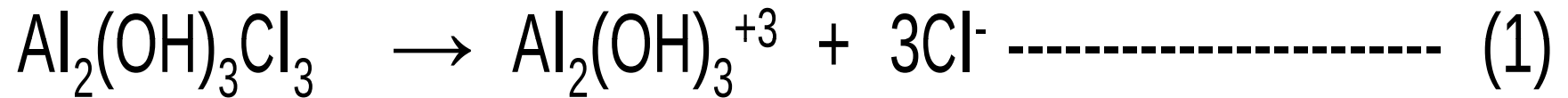
1. Aluminium Sulfate (Alum) : $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot X \text{H}_2\text{O}$



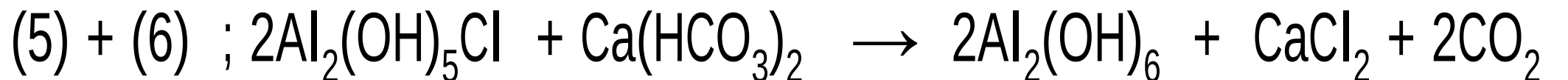
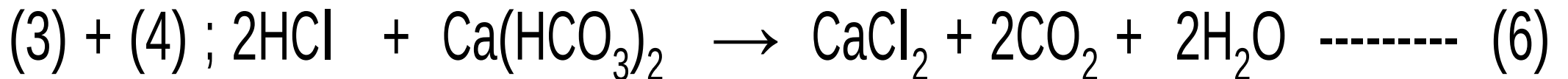
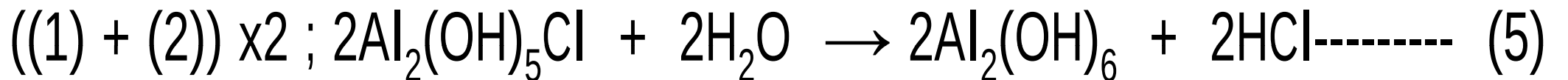
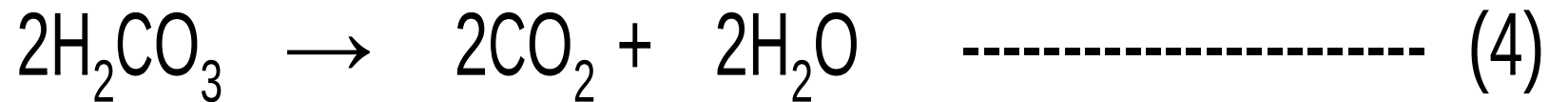
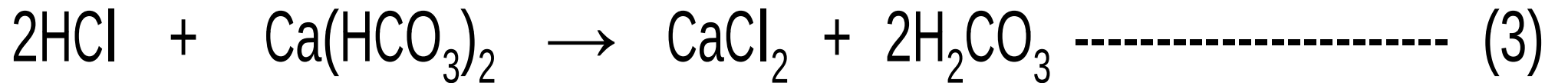
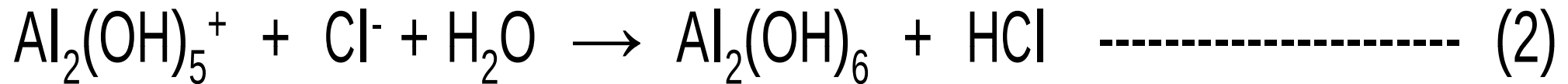
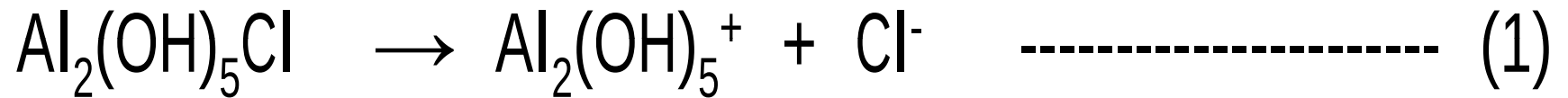
2. Ferric Chloride : $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$



3. Polyaluminium Chloride : PACl



4. Aluminium Chlorohydrate : ACH



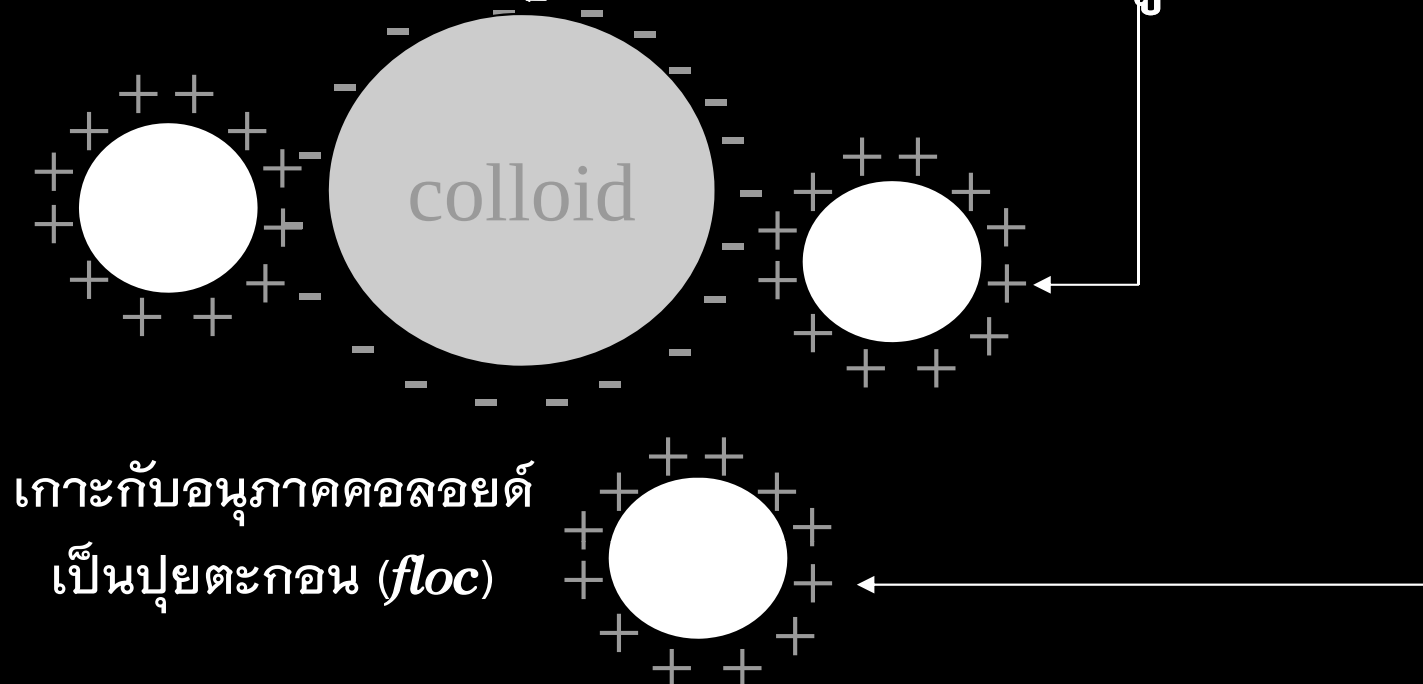
(coagulation and flocculation)

สารสร้างตะกอน เมื่อละลายน้ำจะมีการแตกตัวทำให้เกิดอิออนที่มีประจุบวกในช่วง pH ที่เหมาะสม

- สารประกอบเหล็ก ($FeCl_3$ หรือ $FeSO_4$) $\rightarrow Fe^{3+}, Fe^{2+}$

- สารส้ม ($Al_2(SO_4)_3 \times *H_2O$) $\rightarrow Al^{3+}, Al(OH)^{2+}, Al(OH)_2^+$

(pH 5.0–7.0 อาจเติมปูนขาวเพื่อปรับ pH ลด)



	Coagulant	Coagulant Aid
		(Optimum
Dose)		Jar
Test	(Zeta potential)	

➤ Zeta potential

Z_p

0

Coagulant



Coagulant aid



50%(W/W)

1%(W/V)

50%

100 gm

50 gm

1%

$$\frac{1 \text{ kg}}{100 \text{ l}} = \frac{1000 \text{ g}}{100 \text{ l}} = \frac{1000 \text{ g} \times 1000 \text{ mg}}{100 \times 1000 \text{ ml}} = \frac{10 \text{ mg}}{1 \text{ ml}}$$

$$1 \text{ ml} = 10 \text{ mg}$$

$$1000 \text{ ml} = \frac{1000 \times 10}{1} = 10,000 \text{ mg}$$
$$= 10 \text{ g}$$

Stock Solution

50 gm

= 100

10 gm

$$= 100 \times \frac{50}{100}$$

$$= 20$$

50% 20

1,000 ml

1%

20

สูตร

$W = Vsd$

$$W = \dots ()$$

$$V = ()$$

$$S = \dots$$

$$d = 1 (/)$$

25°C

$$\begin{aligned}
 S & 50\% = 1.273 \\
 20 & = V \times 1.273 \times 1 \text{ ml} \\
 V & = 15.71 \text{ ml}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 & 50\% \quad 15.71 \text{ ml} \\
 20 &
 \end{aligned}$$

การเตรียม PACl น้ำ 1 %(W/V) จาก PACl น้ำ 35 %(W/W)

จาก PACl น้ำ 35 % หมายถึง สารละลาย PACl 100 มิลลิกรัม มีเนื้อ PACl อยู่จริง 35 มิลลิกรัม

ถ้าเราต้องการเตรียม PACl น้ำ 1 % หมายถึงเนื้อ PACl 10 มิลลิกรัมละลายน้ำให้ได้ 1 มิลลิลิตร

จาก Stock Solution PACl น้ำ 35 มิลลิกรัมมาจากสารละลาย PACl = 100 มิลลิกรัม

$$\begin{aligned} \text{ถ้าเราต้องการเตรียม PACl 10 มิลลิกรัมจะได้จากสารละลาย PACl} &= \frac{100 \times 10}{35} \\ &= \text{มิลลิกรัม} \end{aligned}$$

นั่นคือ ชั่งสารละลาย PACl 35 % มา 0.0286 กรัมละลายน้ำให้ได้ 1 มิลลิลิตรจะได้ความเข้มข้น PACl

$$= 0.0286 \times 100 \text{ กรัม} = 2.86 \text{ กรัม}$$

FeCl_3 40% (W/W) 1%(W/V)

FeCl_3 1 % หมายถึง FeCl_3 มิลลิกรัมละลายน้ำให้ได้ 1 มิลลิลิตรการ
ใช้สูตร $N_1V_1 = N_2V_2$ จะทำไม่ได้เพราะจะเป็น W/W แต่ที่เราต้องการคือ
W/V ดังนั้น

จากเนื้อ FeCl_3 40 มิลลิกรัมของ FeCl_3 มาจากสารละลาย $\text{FeCl}_3 = 100$ มิลลิกรัม
ถ้าต้องการ FeCl_3 มิลลิกรัมจะต้องใช้สารละลาย $\text{FeCl}_3 = \frac{x100}{40}$

 $= 25$ มิลลิกรัม

FeCl₃ 40 % 25

FeCl₃ 1 %

1

$$W = vds \quad (s \text{ FeCl}_3 = 1.438)$$

$$0.025 \text{ gm} = V \times 1 \times 1.438$$

$$V = 0.0173$$

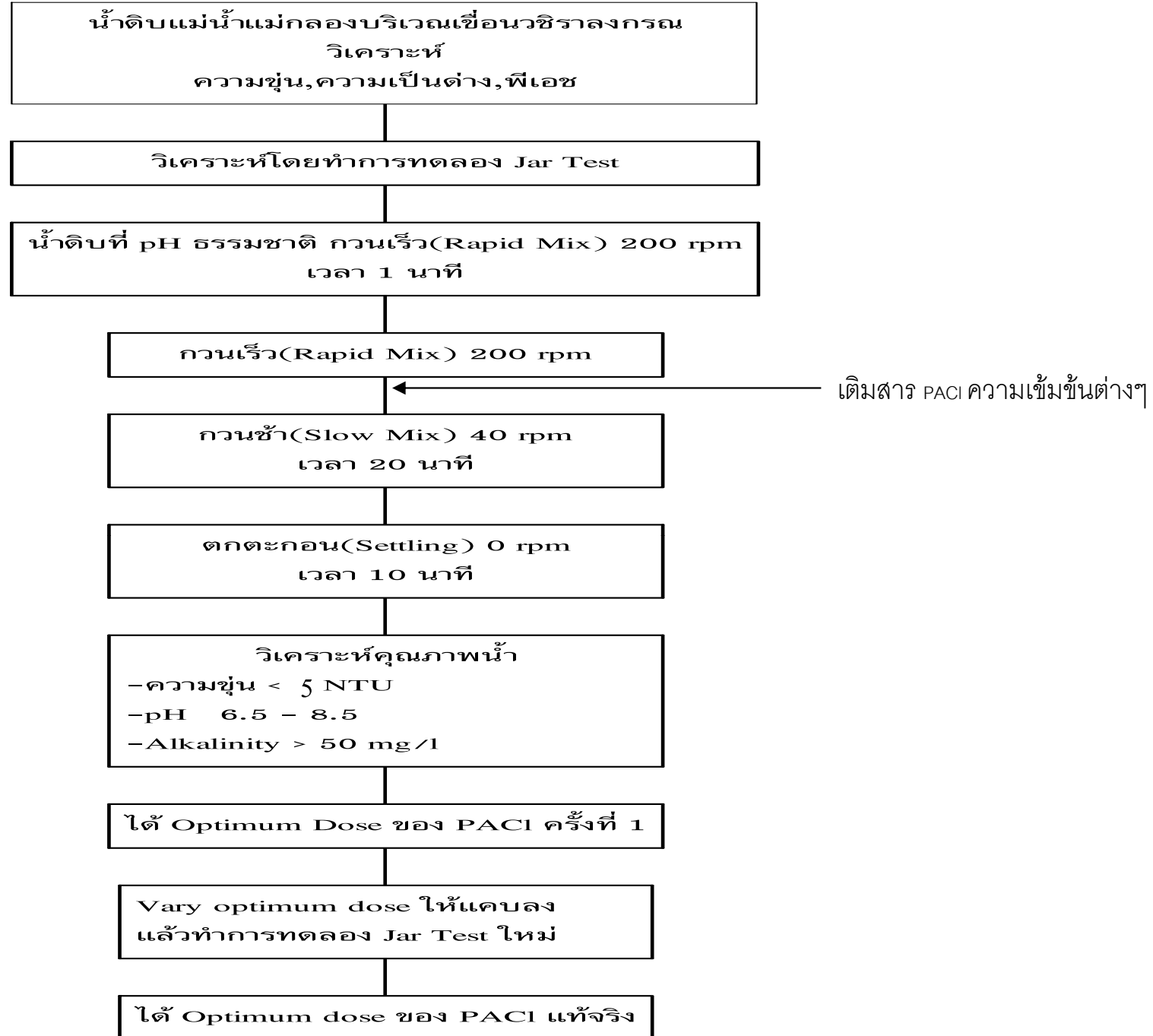
1. Flow Chart

2.

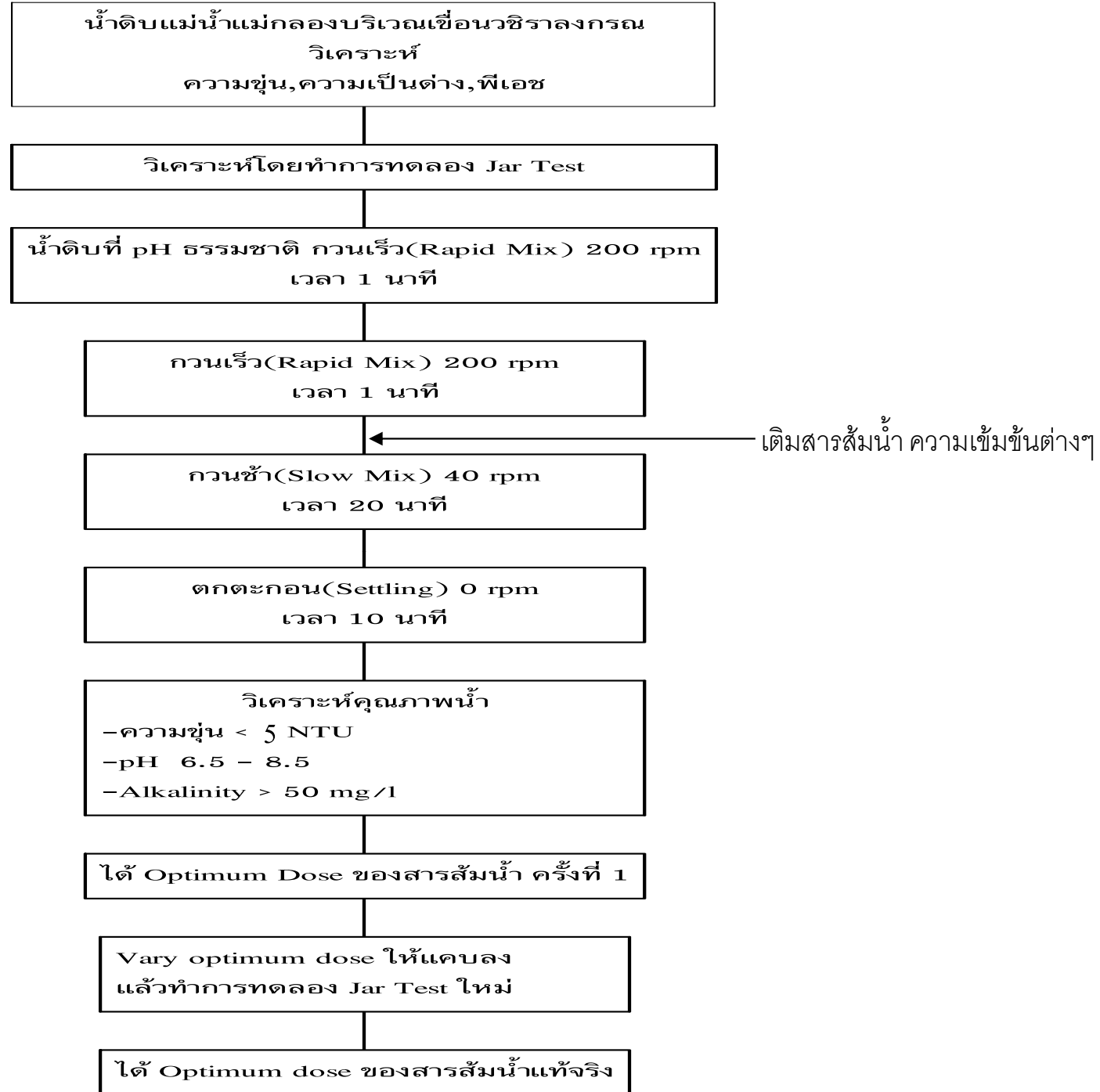
3.

3.1. สารเคมีชนิด Coagulant 2 ชนิด คือ สารส้ม (Aluminium Sulfate) และโพลีอะลูมิเนียมคลอไรด์ (Polyaluminium Chloride)

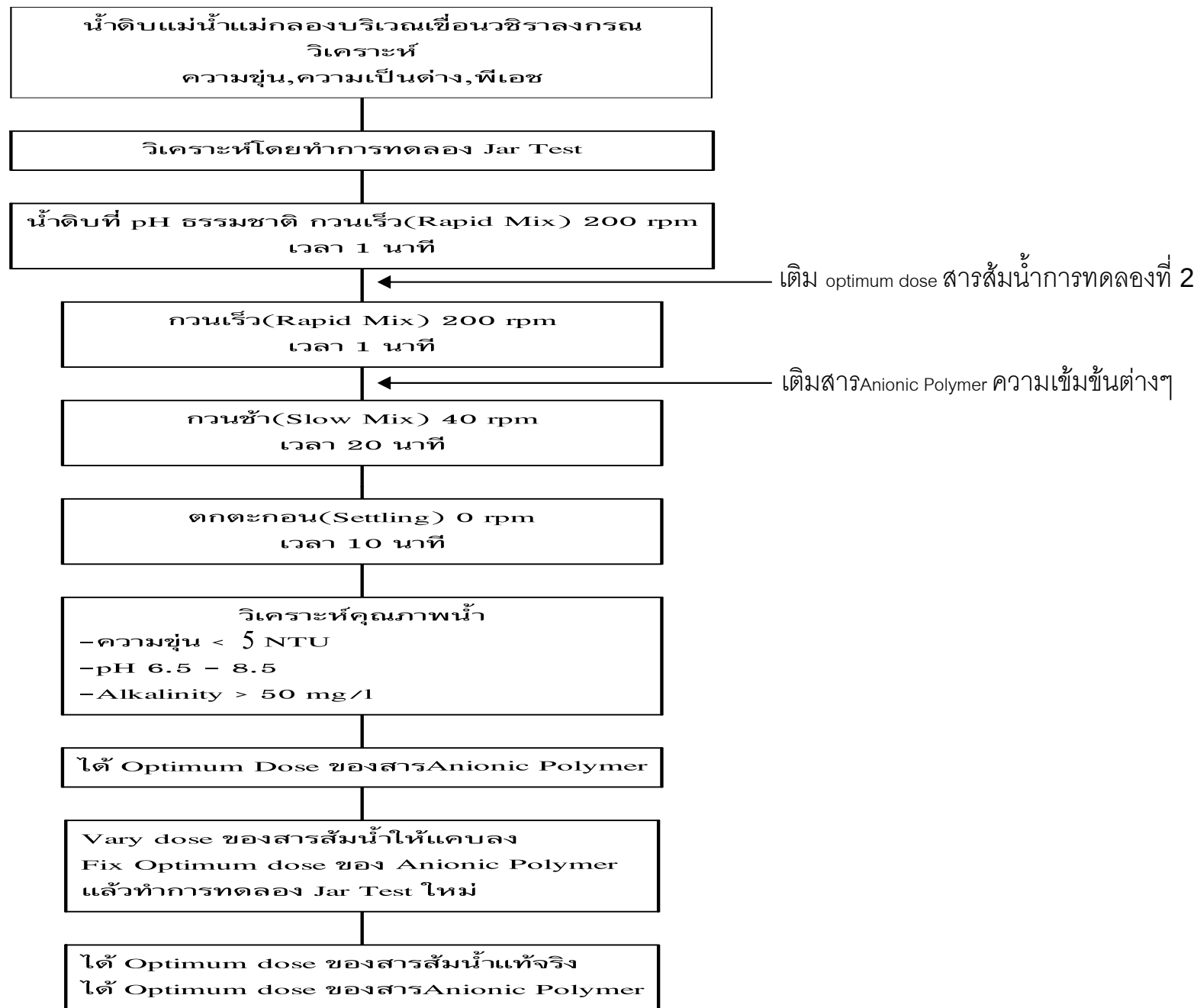
3.2. สารเคมีชนิด Coagulant Aid ชนิด Anionic Polymer



ภาพที่ 1 แสดงการทดลองเพื่อหาปริมาณสารเคมีที่เหมาะสม ชนิดสาร PACl



ภาพที่ 2 แสดงการทดลองเพื่อหาปริมาณสารเคมีที่เหมาะสม ชนิดสารส้มน้ำ



ภาพที่ 3 แสดงการทดลองเพื่อหาปริมาณสารเคมีที่เหมาะสม ชนิดสารส้มน้ำและ Anionic Polymer(หลัง)

1.

1

Dosage PACl ppm	10		20	25	30	35
Dosage Polymer ppm	-	-	-	-	-	-
Turbidity NTU	9.13		6.77	28.2	51.2	75.2
pH	7.09	7.00	6.84	6.71	6.65	6.49
Alkalinity mg/l as CaCO ₃	30	28	26	22	20	20

10 mg/l

15 mg/l

20 mg/l

25 mg/l

30 mg/l

35 mg/l

10 mg/l

15 mg/l

20 mg/l

25 mg/l

30 mg/l

35 mg/l

1.

2

Dosage PACl ppm	14		18	-	-	-
Dosage Polymer ppm	-	-	-	-	-	-
Turbidity NTU	7.63		4.30			
pH	7.07	7.04	6.98			
Alkalinity mg/l as CaCO ₃	28	28	28			

14 mg/l

16 mg/l

18 mg/l

14 mg/l

16 mg/l

18 mg/l

2.

1

Dosage Alum ppm	20	25	30		40	45
Dosage Polymer ppm	-	-	-	-	-	-
Turbidity NTU	10.2	7.98	6.92		2.43	2.55
pH	6.91	6.86	6.28	6.62	6.58	6.50
Alkalinity mg/l as CaCO ₃	38	16	14	20	18	18

20 mg/l

25 mg/l

30 mg/l

35 mg/l

40 mg/l

45 mg/l

20 mg/l

25 mg/l

30 mg/l

35 mg/l

40 mg/l

45 mg/l

2.

2

Dosage Alum ppm	28	30		34	36	38
Dosage Polymer ppm	-	-	-	-	-	-
Turbidity NTU	5.92	6.16		3.61	2.93	3.00
pH	6.52	6.58	6.55	6.50	6.46	6.47
Alkalinity mg/l as CaCO_3	24	24	30	22	20	22

28 mg/l

30 mg/l

32 mg/l

34 mg/l

36 mg/l

38 mg/l

28 mg/l

30 mg/l

32 mg/l

34 mg/l

36 mg/l

38 mg/l

3

2.

+

1

	1	2	3	4	5	6
Dosage Alum ppm						
Dosage Polymer ppm	0.01	0.02		0.04	0.05	0.06
Turbidity NTU	7.52	6.41		3.56	3.00	3.87
pH	6.38	6.52	6.55	6.57	6.56	6.59
Alkalinity mg/l as CaCO_3	20	24	22	22	24	22

3

2.

+

2

	1	2	3	4	5	6
Dosage Alum ppm	28	30		34	36	38
Dosage Polymer ppm	0.03	0.03		0.03	0.03	0.03
Turbidity NTU	6.70	8.10		6.33	3.75	3.29
pH	6.56	6.58	6.58	6.71	6.67	6.63
Alkalinity mg/l as CaCO ₃	24	24	22	24	20	20

0.03 mg/l 0.03 mg/l 0.03 mg/l 0.03 mg/l 0.03 mg/l 0.03 mg/l

Alum

32 mg/l

Polymer = 0.03 mg/l

Polymer = 0.03 mg/l

Alum = 32 mg/l
Polymer = 0.03 mg/l

Polymer = 0.03 mg/l

Polymer = 0.03 mg/l

Polymer = 0.03 mg/l

Polymer = 0.03 mg/l

Polymer = 0.03 mg/l

Alum = 32 mg/l
Polymer = 0.03 mg/l

Polymer = 0.03 mg/l

Polymer = 0.03 mg/l

Polymer = 0.03 mg/l

3

2.

+

3

	1	2	3	4	5	6
Dosage Alum ppm	22	24	26	28	30	32
Dosage Polymer ppm						
Turbidity NTU	22.70	22.60	12.80	11.30	9.88	6.38
pH	6.89	6.86	6.82	6.78	6.75	6.71
Alkalinity mg/l as CaCO_3	28	18	34	24	24	24

1.

2.

Optimum Dose = 32 mg/l as $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$

3.

+

- Optimum Dose Polymer = 0.03 mg/l as Polymer

$$1. \quad \text{PACI} = \frac{4,480}{35 \%(\text{W/W})(\text{PACI})}$$

$$\text{PACI} = \frac{4,480}{35 \%(\text{W/W})(\text{PACI})}$$

$$\text{PACI} = \frac{4,480}{35 \%(\text{W/W})(\text{PACI})}$$

$$\text{PACI} = \frac{4,480}{35 \%(\text{W/W})(\text{PACI})}$$

$$\therefore \text{PACI} = \frac{4,480}{35 \%(\text{W/W})(\text{PACI})}$$

$$\text{PACI} = \frac{4,480}{35 \%(\text{W/W})(\text{PACI})}$$

$$\text{PACI} = \frac{4,480}{35 \%(\text{W/W})(\text{PACI})}$$

$$\text{PACI} = \frac{4,480}{35 \%(\text{W/W})(\text{PACI})}$$

Optimum Dose PACI 16 mg/l

$$\text{จากเนื้อ PACI } 1,000,000 \text{ มิลลิกรัม ราคา} = \frac{4,480}{350} \text{ บาท}$$

$$\begin{aligned} \text{ถ้าเนื้อ PACI } 16 \text{ มิลลิกรัม ราคา} &= \frac{4,480}{350} \times \frac{16}{1,000,000} \text{ บาท} \\ &= 0.0002048 \text{ บาท/ลิตรน้ำดิบ} \\ &= 0.2048 \text{ บาท/ลบ.เมตรน้ำดิบ} \end{aligned}$$

2.

50 %(W/W)

$$= \frac{3,860}{100} \times 100 \%$$

$$1 = 500$$

$$500 = 3,860$$

$$1,000 = 3,860 \times 2$$

$$1,000,0000 = 3,860 \times 2$$

$$\therefore 1,000,0000,0000 = 3,860 \times 2$$

$$1,000,0000,000 = 3,860 \times 2$$

$$32 = \frac{3,860}{1,000,000,000} \times \frac{32}{1} \times 2$$

3.1 สารส้ม น้ำ 50 % ราคา = 3,860 บาท/ตัน

เนื้อสารส้ม 500 กิโลกรัม ราคา = 3,860 บาท

เนื้อสารส้ม 1,000 กิโลกรัม ราคา = 3,860x2 บาท

เนื้อสารส้ม 1,000,0000 กรัม ราคา = 3,860x2 บาท

∴ เนื้อสารส้ม 1,000,0000,000 มิลลิกรัม ราคา = 3,860x2 บาท

Optimum Dose 32 mg/l

จากเนื้อสารส้ม 1,000,0000,000 มิลลิกรัม ราคา = 3,860x2 บาท

ถ้าเนื้อสารส้ม 32 มิลลิกรัม ราคา = $\frac{3,860}{1,000,000,000} \times \frac{32}{1} \times 2$ บาท

= 0.000247 บาท/ลิตรน้ำดิบ

= 0.247 บาท/ลบ.เมตรน้ำดิบ

$$3.2 \quad 100\% = 108,000 /$$

$$100\% \ 1,000 = 108,000$$

$$100\% \ 1,000,000 = 108,000$$

$$\therefore \quad 100\% \ 1,000,000,000 = 108,000$$

$$100\% \ 1,000,000,000 = 108,000$$

$$0.03 = \frac{108,000 \times 0.03}{1,000,000,000}$$

ชนิดสารเคมี	ราคา (บาท/ตัน)	Optimum Dose (mg/l)	ค่าใช้จ่ายต่อการ ผลิตน้ำ 1 ลบ.ม (บาท)
1.	4,480	16	0.205
2.	3,860	32	0.247
3. +	3,860 108,000	32 0.03	

การตกผลึกจะเป็นการ
เปลี่ยนรูปเป็นผลึก
ที่ไม่ต้องการในน้ำให้
โดยการเติมสารเคมี เช่น การกำจัด
ความกระด้าง การกำจัดเหล็กและแมงกานีส เป็นต้น

3.1 (Hardness Removal)

เป็นการกำจัดแคลเซียมและแมกนีเซียมออกจากน้ำ โดยการเติมปูน
ขาว (CaO) และโซดาแอช (Na_2CO_3) หรือโซดาไฟ (NaOH) ให้ทำปฏิกิริยากัน
กลายเป็นผลึก CaCO_3 และ $\text{Mg}(\text{OH})_2$

3.2 (Iron and Manganese Removal)

เป็นการเปลี่ยนแปลงของเหล็กและแมงกานีสที่สามารถละลายน้ำ

ได้ง่าย (Fe^{2+} , Mn^{2+}) เป็นรูปแบบที่ไม่ละลายน้ำ (Fe^{3+} , Mn^{4+})

ที่มีลักษณะเป็นผลึก ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นเป็นปฏิกิริยาออกซิเดชัน โดยการเติมออกซิเจน, คลอรีน, โพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนตและโอโซน เป็นต้น

4. (Disinfection)

การฆ่าเชื้อโรคเป็นกระบวนการสุดท้ายของระบบผลิตน้ำประปา โดยทั่วไปแล้วนิยมใช้การเติมสารเคมี เช่น คลอรีน สารประกอบคลอรีน (โซเดียมไฮโปคลอไรต์ แคลเซียมไฮโปคลอไรต์) คลอรีนไดออกไซด์ โอโซน โพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนตและ UV

เชื้อโรคที่มากับน้ำ

ชนิด	ขนาด (μm)	ความทนทาน ต่อสารเคมี	% * การกำจัด
ไวรัส	0.01-0.1	มากกว่าเซลล์ปกติของ แบคทีเรีย	99.99
โปรโตซัว	4-20	มากกว่าไวรัส	99.9

มาตรฐานน้ำดื่มทางด้านแบคทีเรีย

Items	Unit	Max. Allowable	
Coliform Bacteria	MPN / 100mL.	< 1.1	-

กลไกการฆ่าเชื้อโรค

1. ทำลาย membrane' s lipoprotein
2. ทำให้ enzyme ในเซลล์เสียสภาพ
3. ทำลาย DNA

Chlorine(Cl_2) and Chlorine compounds

$\text{Ca}(\text{OCl})_2$: Calcium Hypochlorite (white granule)

NaOCl : Sodium Hypochlorite (yellowish-green liquid)

Chlorine Dioxide (ClO_2)

Ozone (O_3)

Hydrogen peroxide (H_2O_2)

Chloramines

UV

1. Performances

pH affecting

Selectivity

Biofilm Removal

Kinetics

Bacterial Recovery

2. Environmentally Friendly

THMs (Trihalomethane)

TOX (Total organic halides)

HAA5 (Five Haloacetic acid)

3. Safety

Easy to Handle

Easy to Use

4. Economics

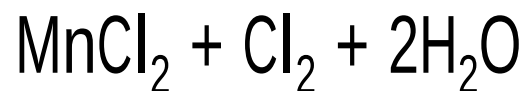
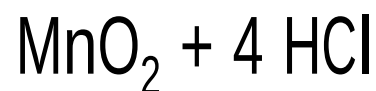
Clean System

Contaminated System



. . 720 – 810 Geber aqua regia
(3 part HCl + 1 part HNO₃)

. . 1774 Karl W. Scheele Swedish



. . 1814 Sir Humphry Davy Scheele
“Chlorine”
“Chloros”

. . 1883 Michael Faraday
(Electrolytic Cell)

. . 1900
(Mercury Electrolytic Cell)

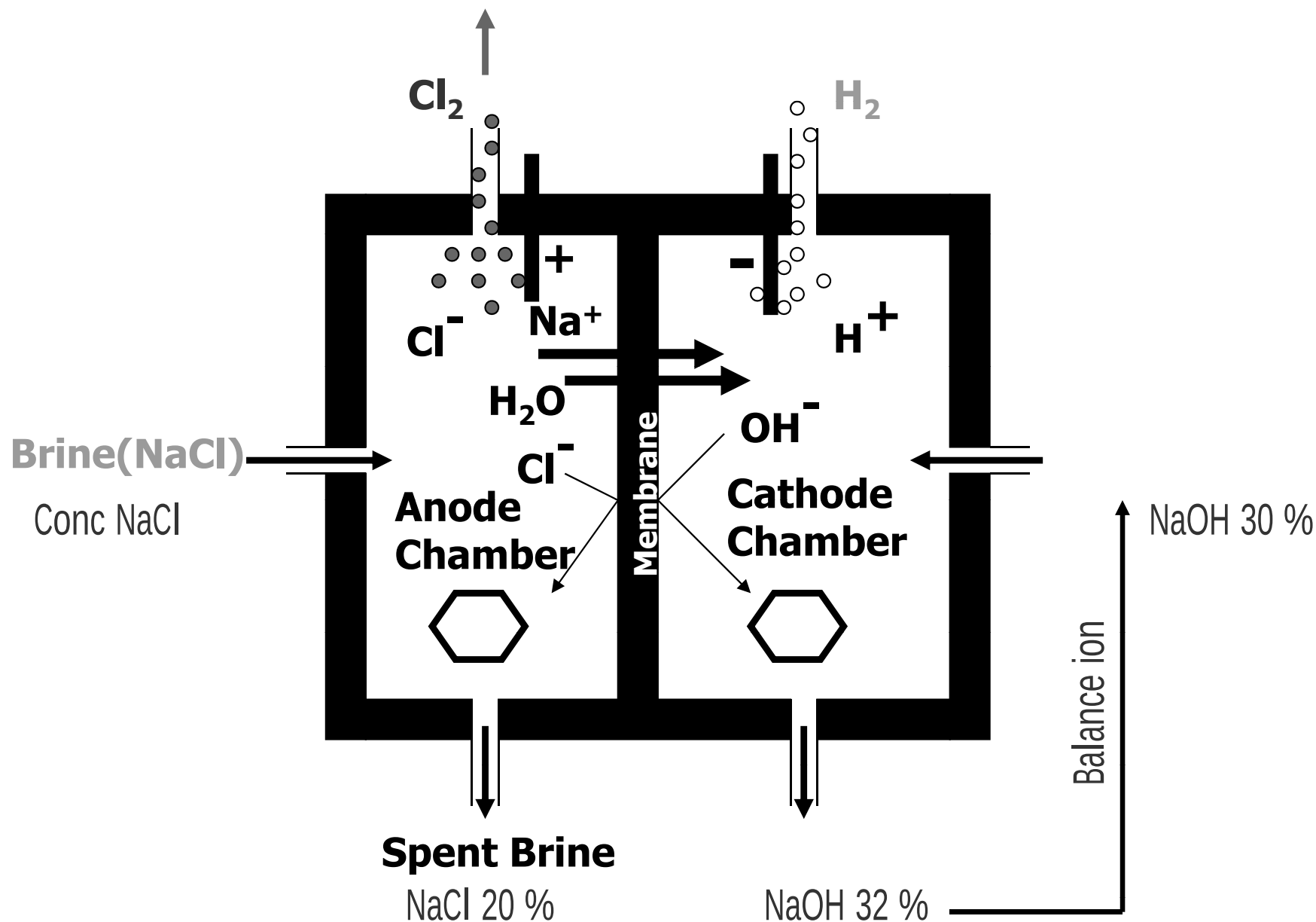
. . 1990
(Mercury Electrolytic Cell)

1. Mercury Electrolytic Cell

2. Diaphragm Electrolytic Cell
Caustic (NaOH) 10-12 %

3. Membrane Electrolytic Cell

Membrane Electrolytic Cell



The ideal membrane Cell

Chlorine Manufacturer in Thailand

1. Thai Asahi

Process Membrane Cell , Mercury Cell

Asahi Glass Technology

2. Siam PVS

Process Membrane Cell

Oxy Tech Technology

3. Thai Organic

Process Membrane Cell

ขนาดบรรจุ

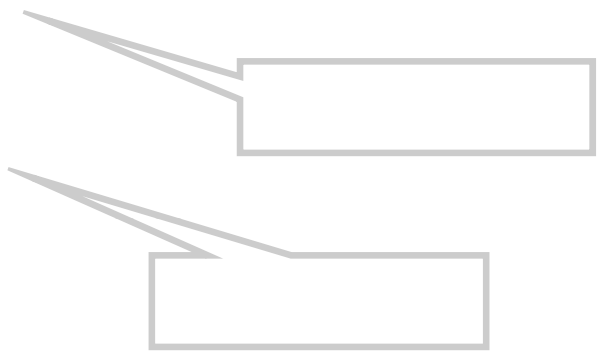
1 Ton Container

100 kg. Cylinder

การจ่ายคลอรีนก๊าซ

Gas phase

Liquid Chlorine (Evaporator employed)



คุณสมบัติของคลอรีน

Gas phase yellowish green , Liquid Opal

สีเขียวทองอ่อน

boiling point - 34.6 ° C

melting point - 100.98 ° C

Liquid to Gas Volume increase 460 Times

times to air in weight

dry chlorine not corrosive

slightly dissolves in water



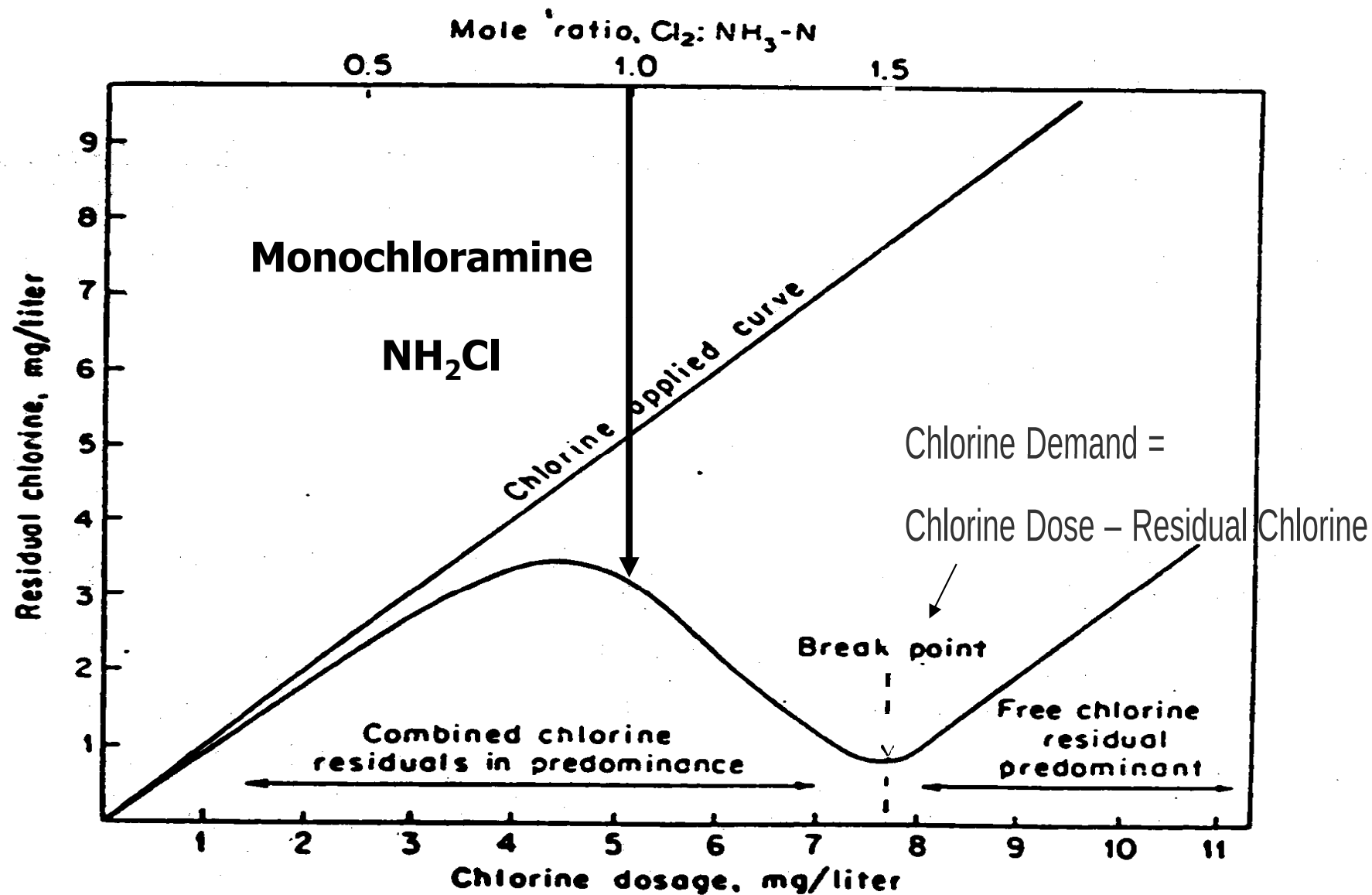
คลอรีนในรูป Cl_2 HOCl OCl^- เรียกว่า **Free Residual Chlorine**

ปฏิกิริยากับแอมโมเนีย

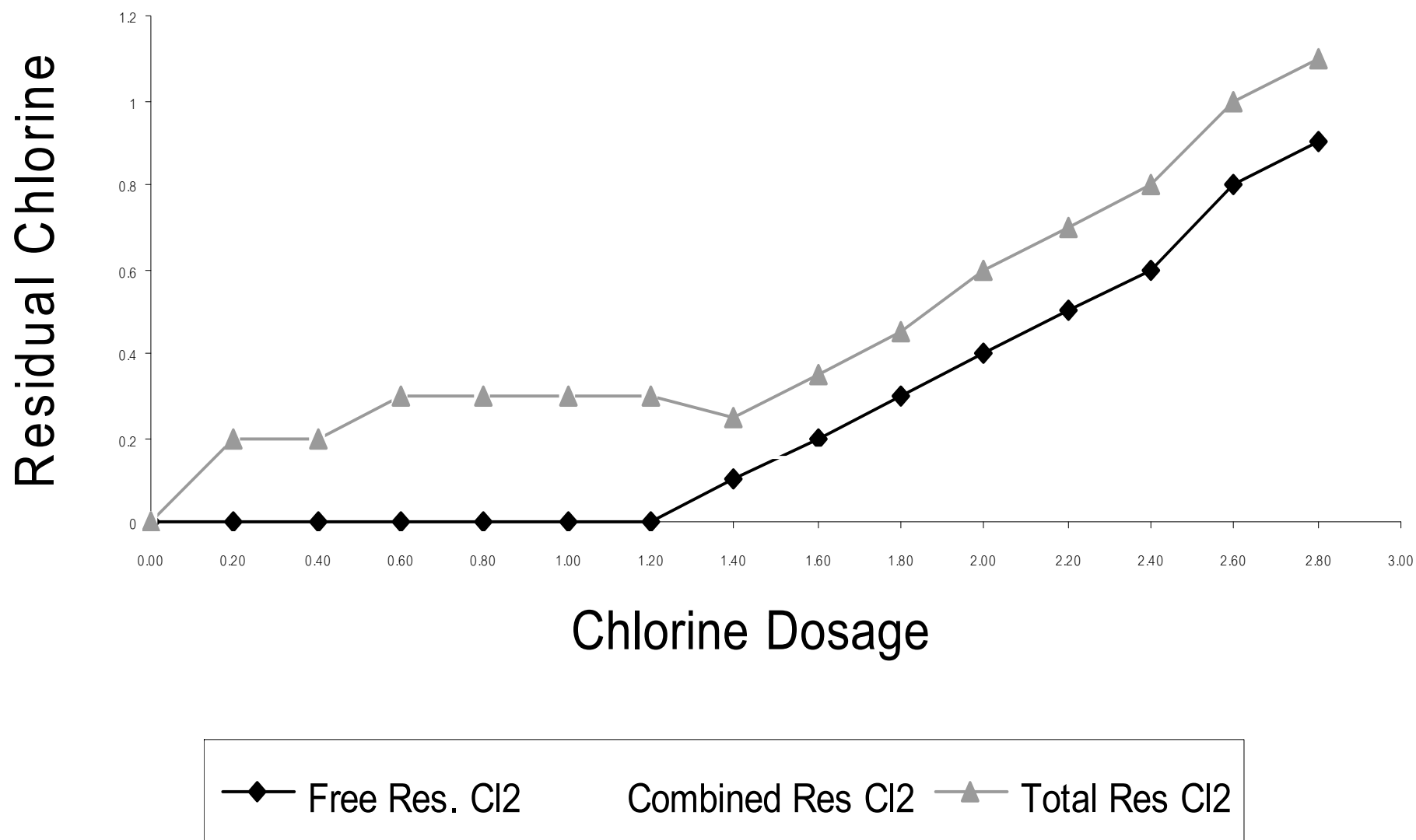


Mono Di Tri Chloramine เรียกว่า **Combined Res Chlorine**





Chlorine Demand of water at Bangkhen water treatment plant



ประสิทธิภาพของคลอรีนในรูปแบบต่างๆ

Type	Chemical formula	Estimated Effectiveness Compared to HOCl
Hypochlorous acid		1
Hypochlorite ion	OCl^-	1/100
Trichloramine	NCl_3	No estimate
Dichloramine	NHCl_2	1/80
Monochloramine	NHCl_3	1/150

คลอรีนในรูปแบบอื่นๆ

Sodium Hypochlorite (NaOCl)

Product Identification

Product Name : Liquichlor / Sodium Hypochlorite

Synonyms : Liquid Chlorine , Liquid Bleach , Pure Chlor ,Top chlor

Formula : NaOCl

Family : Hypochlorite

Physical Data

Appearance : Greenish-yellow Liquid

M.W. 74.5

pH : >11

S.G. 1.08 - 1.26

Product Identification

Product Name : Calcium Hypochlorite

Synonyms : Cal Hypo Granules , Calcium Hypochlorite Granular

Formula : $\text{Ca}(\text{OCl})_2$

Family : Hypochlorite

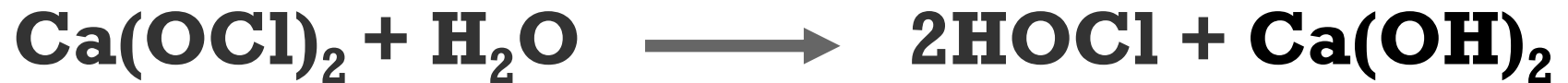
Physical Data

Appearance : White

M.W. : 143

Bulk Density : 65-67 lbs/cu.ft

Chemical Rx. of Hypochlorite in water



ปฏิกิริยาทางไฟฟ้าเคมี



Net Equation



Available Chlorine of various Chlorine Compounds

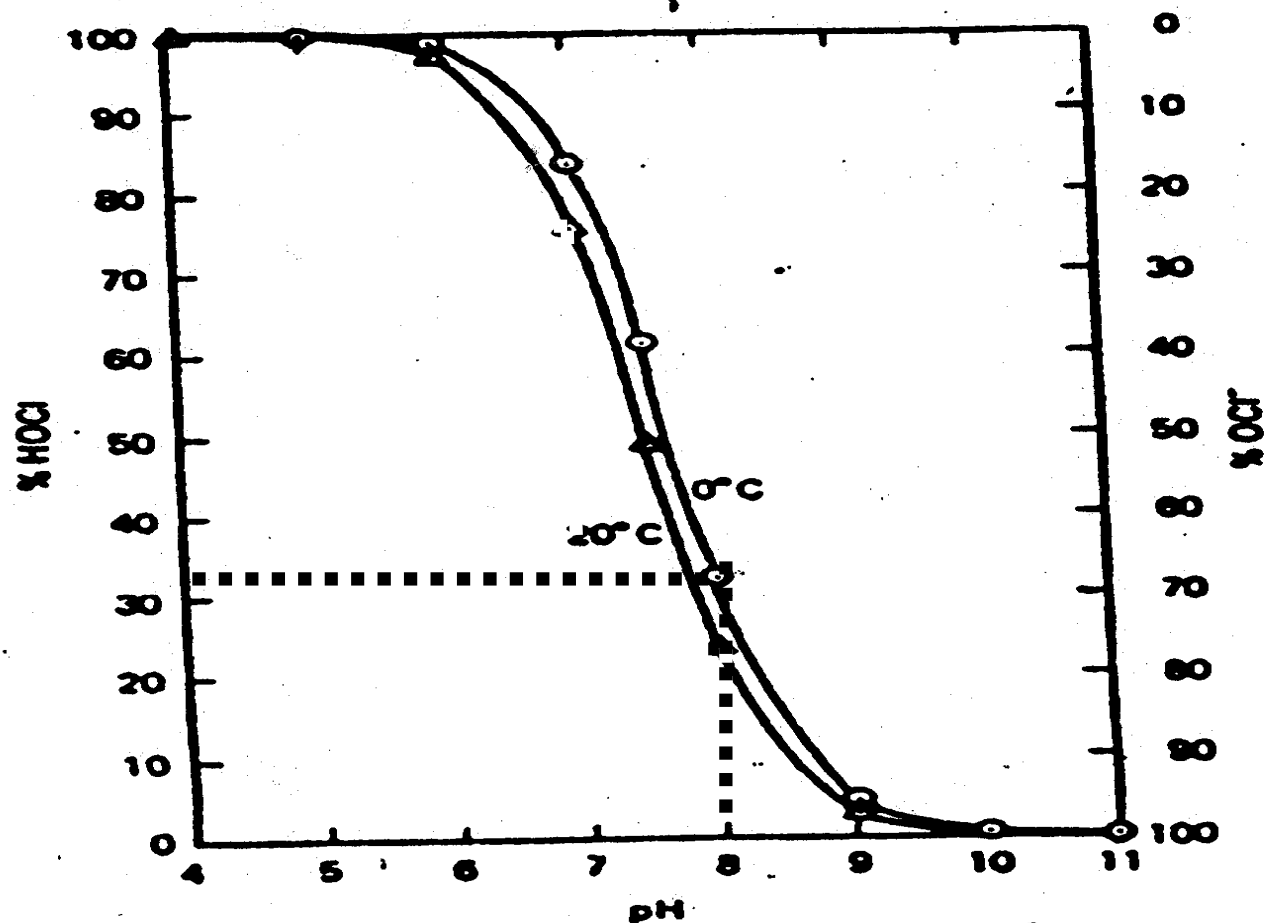
Compound	Mol wt.	Mol of eq. Cl ₂	Percent Actual	Percent Available
Cl ₂	71	1	100	100
HOCl	52.5	1	67.6	135.2
NaOCl	74.5	1	47.65	95.3
Ca(OCl) ₂	143	2	49.65	99.3

Available Chlorine of various Chlorine Compounds

Compound	Mol wt.	Mol of eq. Cl ₂	Percent Available	
Cl ₂	71	1	$100 \times 71 / 71$	100
HOCl	52.5	1	$100 \times 1 \times 71 / 52.5$	135.2
NaOCl	74.5	1	$100 \times 1 \times 71 / 74.5$	95.3
Ca(OCl) ₂	143	2	$100 \times 2 \times 71 / 143$	99.3

1. pH
2. Temperature
3. NH_3 and Organics substances

Effect of pH & Temp on Cl_2 effectiveness



The following is a tabulation from the above graph at 20 degrees C.

<u>TABLE 1</u>	pH	%HOCl	%OCl ⁻	TOTAL %
	4	100	0	100
	6	96.8	3.2	100
	7	75.2	24.8	100
	7.5	49.1	50.9	100
	8	23.2	76.8	100
	9	2.9	97.1	100
	11	0	100	100

ΣHClO

100

90

80

70

60

50

40

30

20

10

0

0

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

pH-Wert

Cl_2

HClO

HOCl

ClO^-

ΣClO^-

0

10

20

30

40

50

60

70

80

90

100



1.	pH	1 Residual Chlorine	Cl_2
2.	pH HOCl	1 – 3.5 Residual Chlorine	Cl_2
3.	pH HOCl	3.5 – 5.5 Residual Chlorine	
4.	pH HOCl OCl ⁻	5.5 – 9.0 Residual Chlorine	
5.	pH	9.0 Residual Chlorine	OCl ⁻

	phenol chloro-phenol
	THMs HAA5

(WHO)

Free Residual Chlorine not less than 0.5 mg/L

Contact time 30 min.

pH must be lower than 8

Water Turbidity must be less than 1 NTU

Normal Circumstance : Free Residual Cl_2 0.2 - 0.5 mg/L

Outbreak : Free Residual Cl_2 must be higher than 0.5 mg/L

Organisms	Ct-Value
E. coli	0.034
Polio 1	1.1 - 2.5
Rotavirus	0.01 - 0.05
Giardia lamblia	150 - 300
Cryptosporidium parvum	7,000

Ct-Values for achieving 2log (99%) inactivation

C = Residual Concentration mg/L

t = Contact Time in Minute

$$X = -\log (1-N)$$

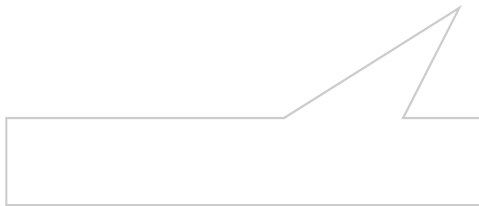
$X = \log$ Reduction

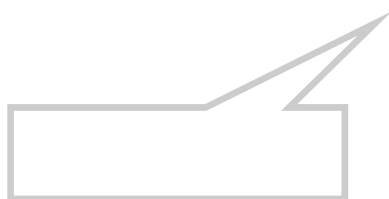
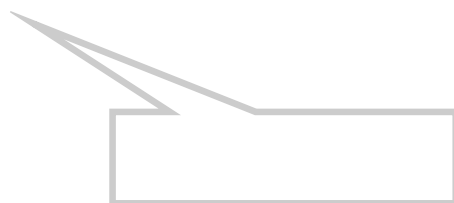
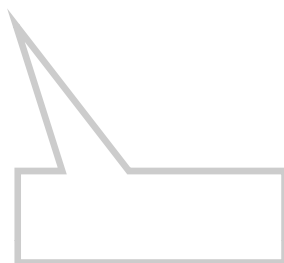
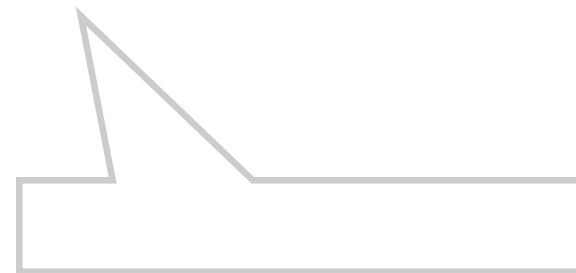
$N =$ fraction of pathogen removed / inactivate

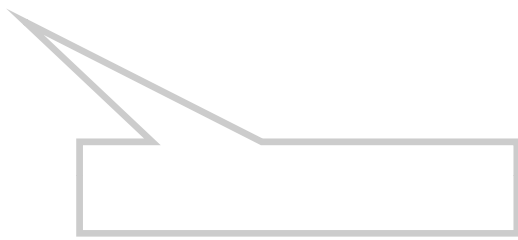
Example 99.9 % removal

$$\begin{aligned} X &= -\log (1-0.999) \\ &= -\log 10^{-3} \\ &= 3 \end{aligned}$$

การจ่ายคลอรีน

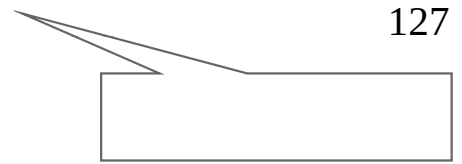


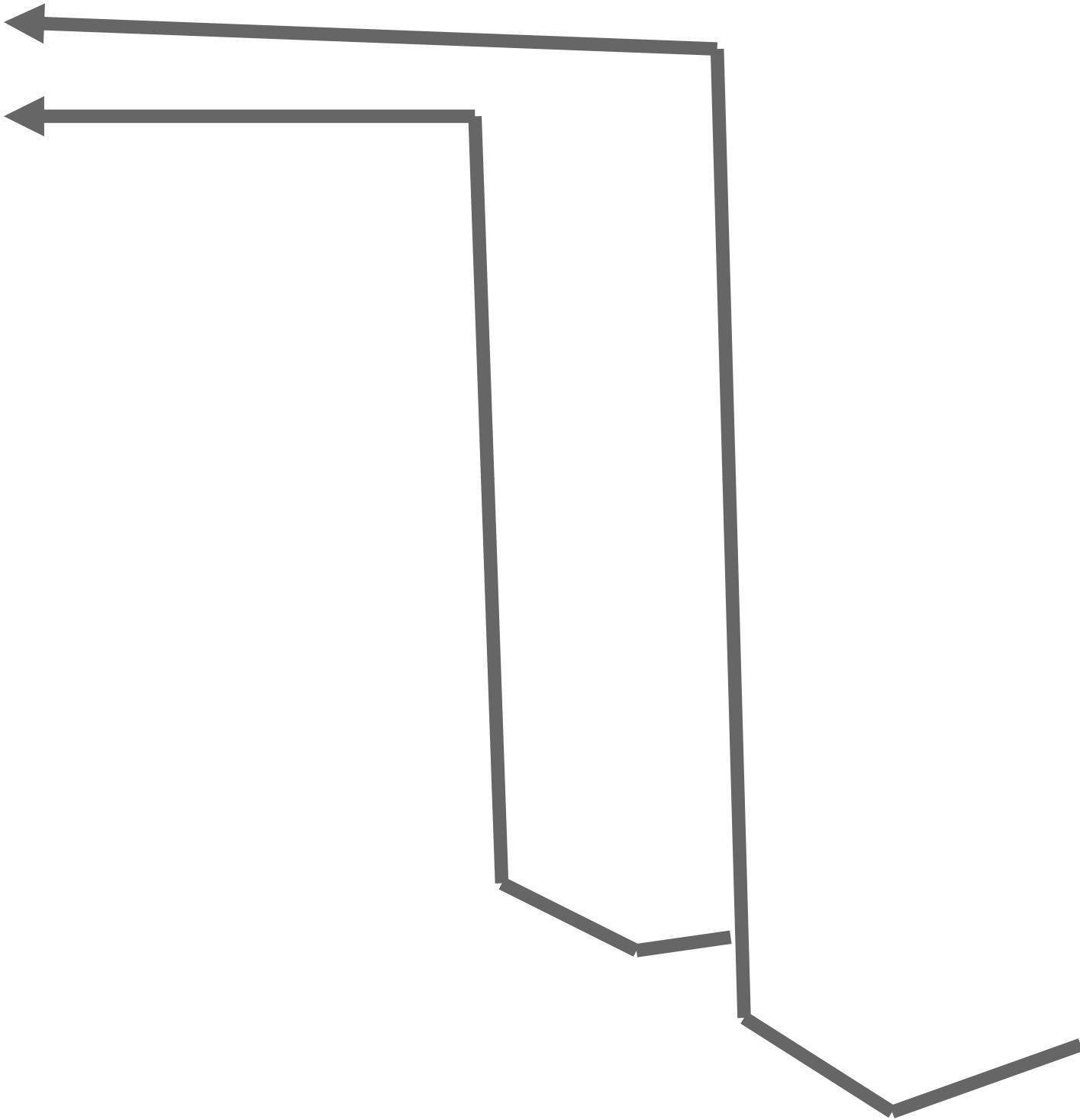






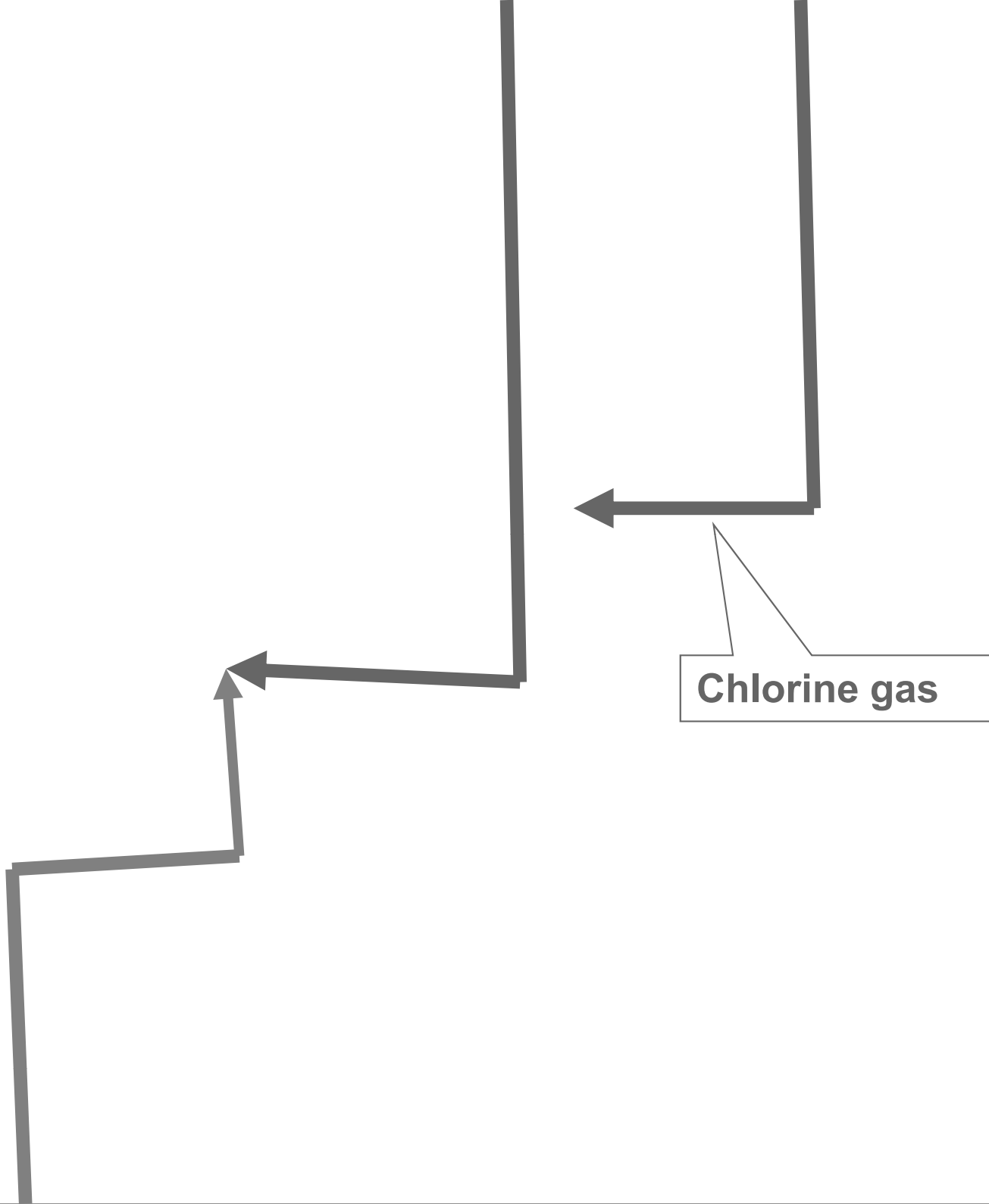


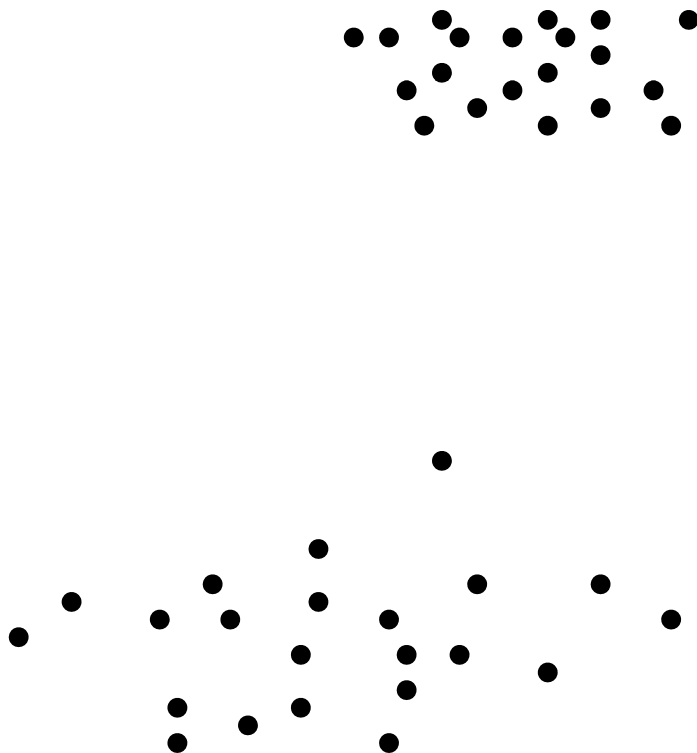




Water

Chlorine gas



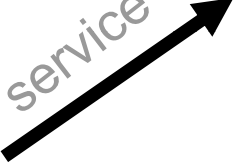


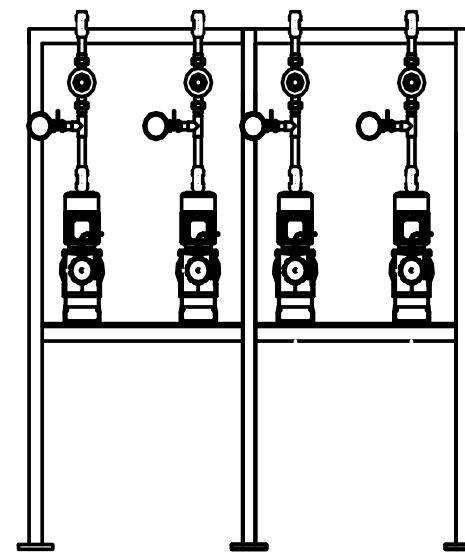


2. Flow meter

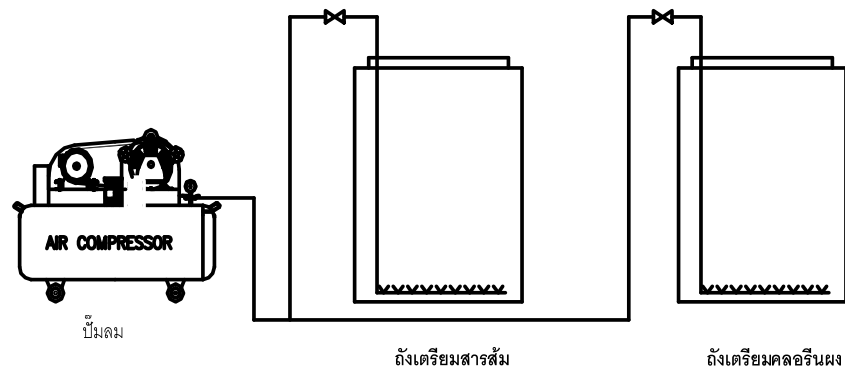
Chlorine gas

Water service





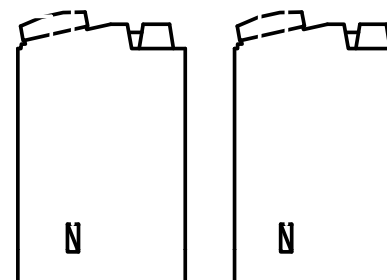
ระบบจ่ายสารเคมี



ปั๊มลม

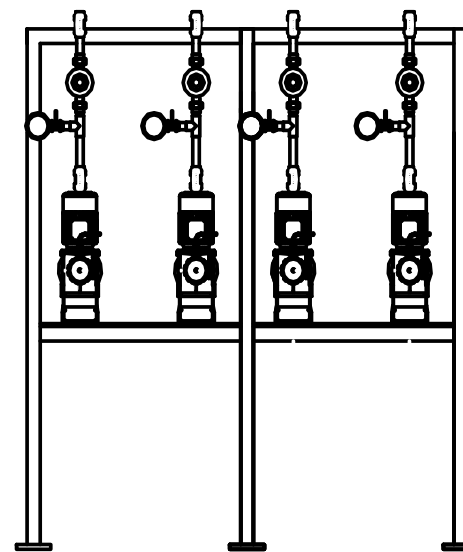
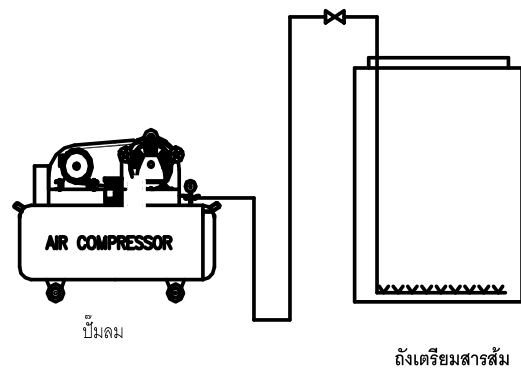
ถังเตรียมสารส้ม

ถังเตรียมคลอรีนผง

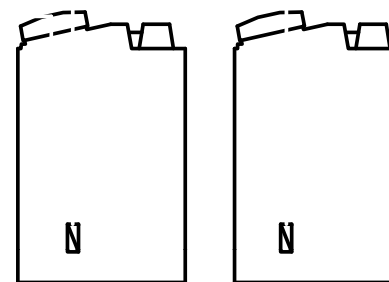


ถังจ่ายสารส้มน้ำ

ถังจ่ายคลอรีน



ระบบจ่ายสารเคมี



ถังจ่ายสารส้มน้ำ

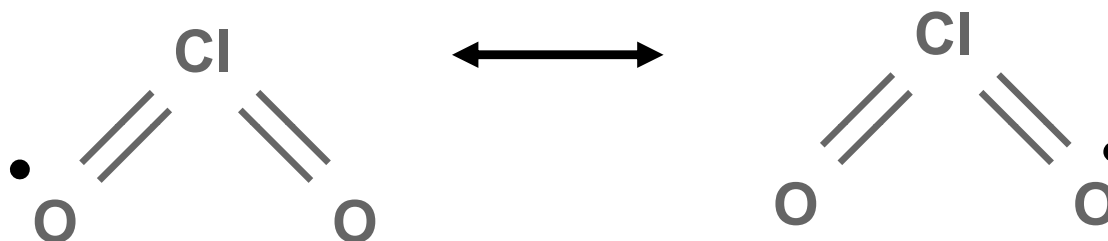
ถังจ่ายคลอรีนเหลว

Chlorine Dioxide

ประวัติ

➤ ต้น ค.ศ. 1800 Sir Humphrey Davy เป็นผู้พบ จากปฏิกิริยาระหว่าง
โปแตสเซียมคลอเรตกับกรดกำมะถัน

สูตรโครงสร้าง



เขี้ยวเหลือง

เขี้ยวเหลือง

กลิ่น

ฉุนเหมือนคลอรีน

สามารถได้กลิ่นที่ความเข้มข้นในอากาศ 0.1 ppm

สมบัติทางฟิสิกส์

น้ำหนักโมเลกุล 67.45

จุดหลอมเหลว -59°C

จุดเดือด $+11^{\circ}\text{C}$

หนักกว่าอากาศ 2.4 เท่า

ละลายน้ำได้ดีกว่าคลอรีน (1% solution)

เป็นสารออกซิไดซ์

ระเบิดเมื่อความเข้มข้นในอากาศเกิน 10 %

ในสภาพเหลวระเบิดได้ถ้าอุณหภูมิสูง

สลายตัวโดยแสง(photo-oxidation)ให้ Cl_2 and O_2

การใช้ ClO_2 ในอุตสาหกรรมต่างๆ

Water and Waste Water Treatment (Disinfection)

Paper / Pulp Machines (Slimicide)

Industrial Water Treatment : cooling water utilities (Slimicide)

Food & Beverages (Disinfectant)

Fruit & Vegetables (Disinfectant)

Electronics (Circuit Board Cleansing)

Oil Industry (Treatment of Sulfides)

Textile (Bleaching)

Industrial Air Cleaning (Biocide and Virucide)

I. Chlorite Based

- Sodium Chlorite (NaClO_2)

II. Chlorate Based

- Sodium Chlorate(NaClO_3)

III. Others

- Chlorine Gas (Cl_2)

1. Acid : Chlorite Solution*



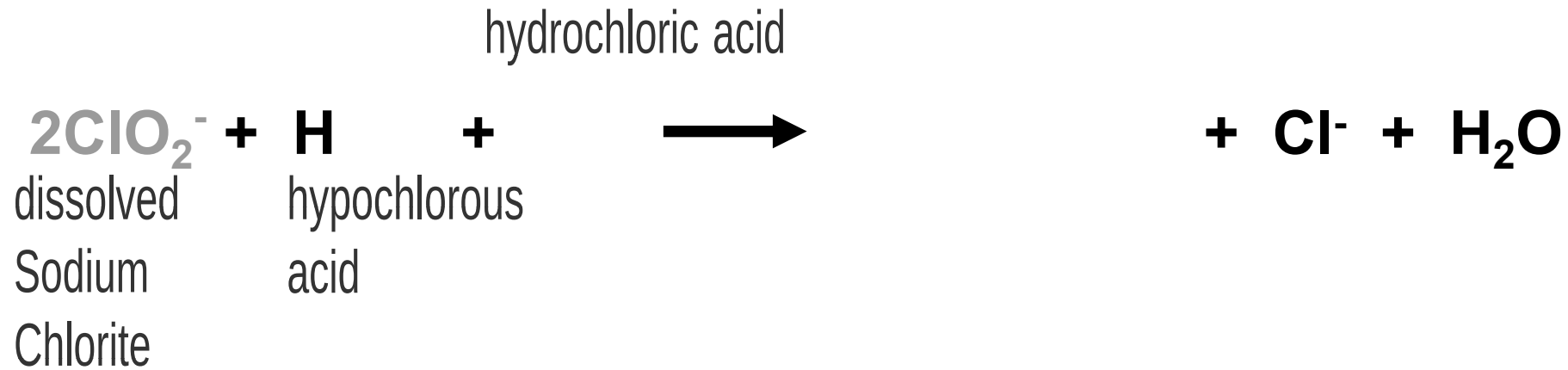
Generator employing Acid :Chlorite solution process are available from



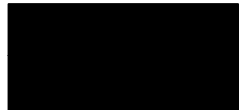
Reference : G.C. White. Handbook of Chlorination and Alternative Disinfectants.

4 th Edition. Wiley Interscience Publication, JOHN WILEY & SONS , INC. 1999

2. Chlorine Solution : Chlorite Solution (Three Compartment)



Manufacturer :	Drew Industrial	USA
	Wallace & Tierman	USA
	Capital Control	USA
	CIFEC	France

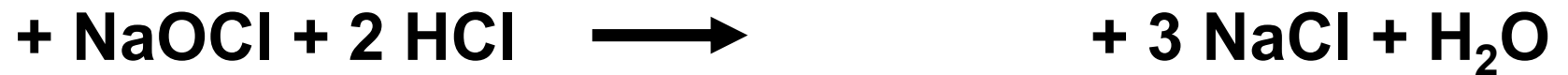


3. Chlorine Gas : Vaporized Chlorite Solution

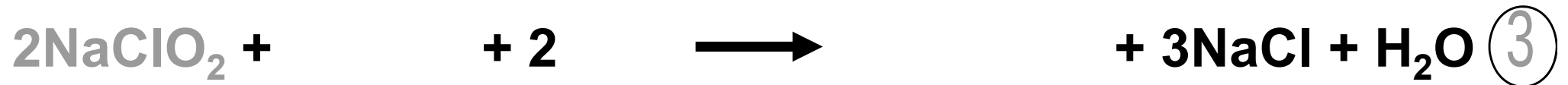
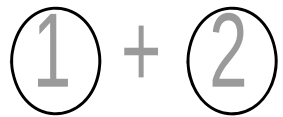


Manufacturer : Vulcan Chemical Tech. USA

4. Chlorite : Hypochlorite : Acid * (Three Component Process)



Three component process

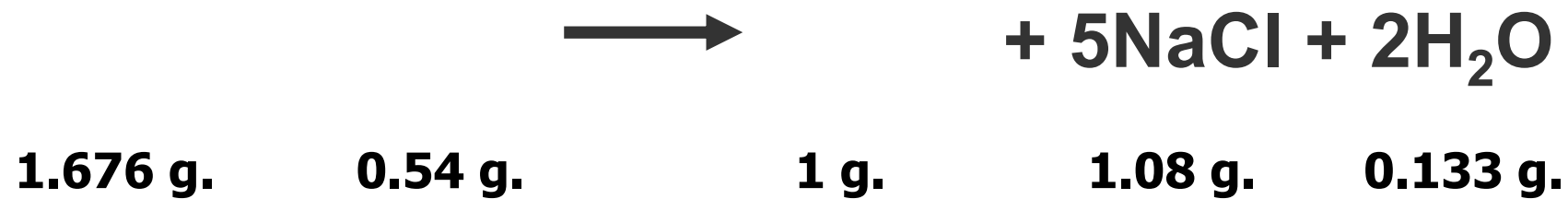


5. Chlorine Gas : Solid Chlorite (Gas : Solid Method)

Rosenblatt and Co-workers



Manufacturer : CDG Tech. USA

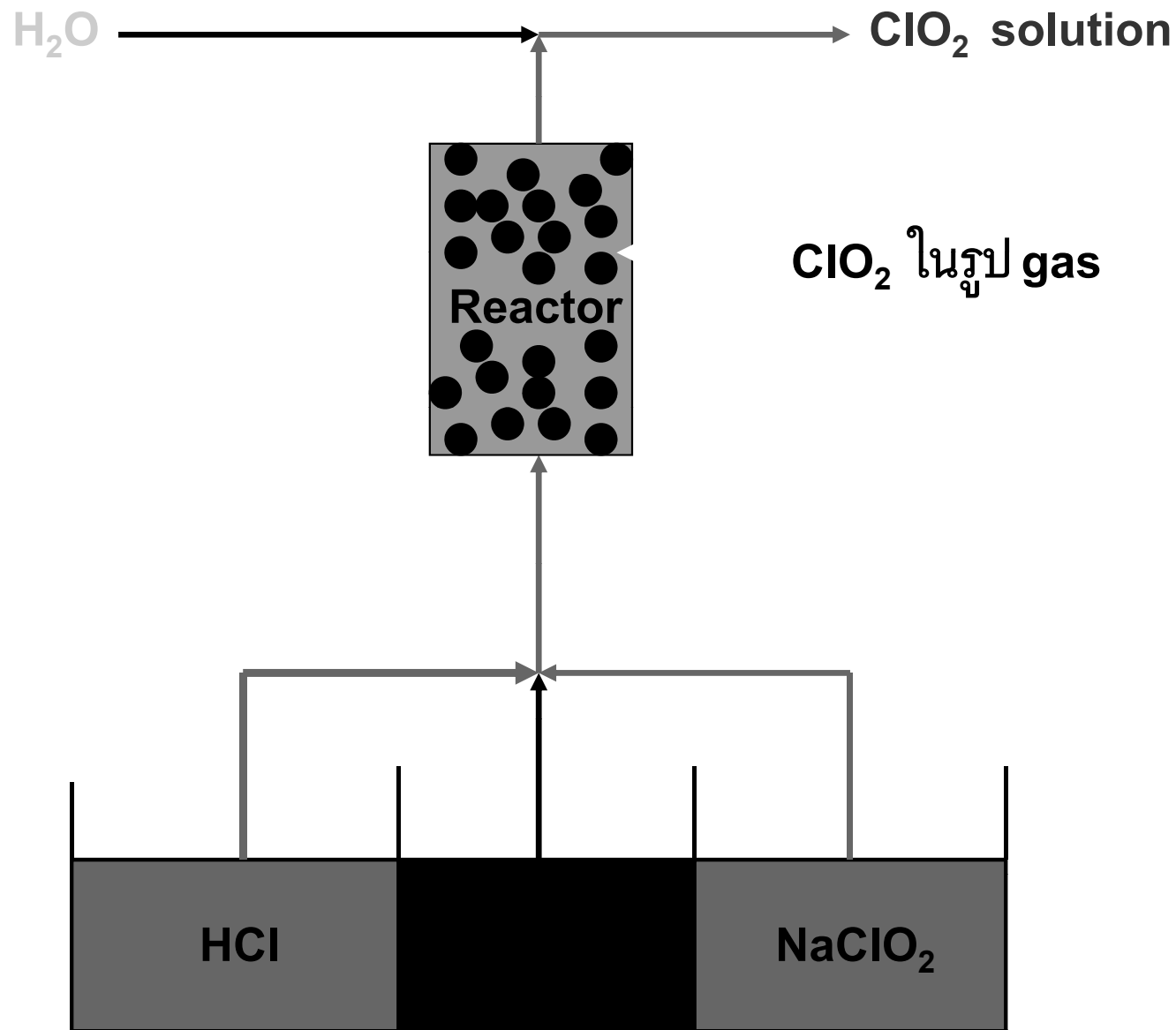


$$\text{HCl} : \text{NaClO}_2 = 0.54 : 1.676 = 0.3$$

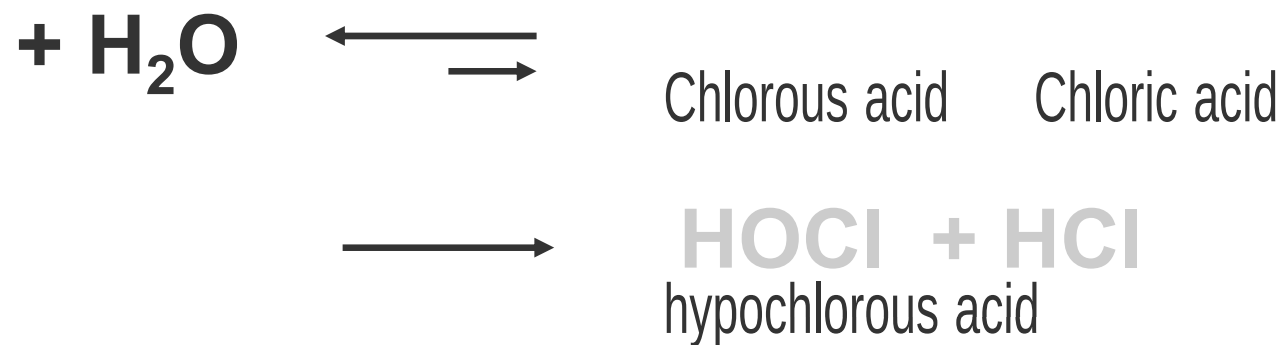


Actual Condition 1.2

Schematic of ClO_2 Production



ปฏิกิริยาของ ClO_2 ในน้ำ



Name	formula	Oxidation Potential (volts)	Oxidation Capacity (e ⁻ Transfer)

Oxidation Potential เป็นค่าที่บ่งบอกถึงความสามารถในการทำปฏิกิริยากับ substance ต่างๆที่อยู่ในน้ำ

Oxidation Capacity เป็นค่าที่บ่งบอกถึงจำนวน electron transfer จนปฏิกิริยาลิ้นสุด

ปริมาณคลอรีนเทียบเท่าใน ClO_2



Chlorine in Chlorine Dioxide in weight = $35.5 \times 100 / 67.5$

= 52.6 percent

Equivalent available chlorine = $52.6 \times 5 = 263$ percent

2.63 Time of Chlorine

ข้อดีของ ClO_2

มีประสิทธิภาพในการกำจัด Poliovirus I

ดีกว่าคลอรีน

Control of Poliovirus I (Log Reduction)				
	Contact Time (Min.)			
	1.9	2.7	3.0	3.0
	3.2	3.7	4.0	4.7
	Contact Time (Min.)			
	0.2	0.3	0.4	1.0
	1.2	2.0	2.4	2.5

P.V. Roberts , E.M. Aieta , J.D. Berg , B.M. Chow , Chlorine Dioxide for Wastewater

- มีประสิทธิภาพในการทำลาย Spore ของ
แบคทีเรียดีกว่าคลอรีน

Sporicidal Activity

Chlorine	2.6	5.0
Chlorine Dioxide	2.7	2.7
PAA(Peracetic acid)	7.2	>32.0

หมายเหตุ **Spore : Bacillus sp.**

Condition : Temp 35 ° C
Contact Time 40 Min.

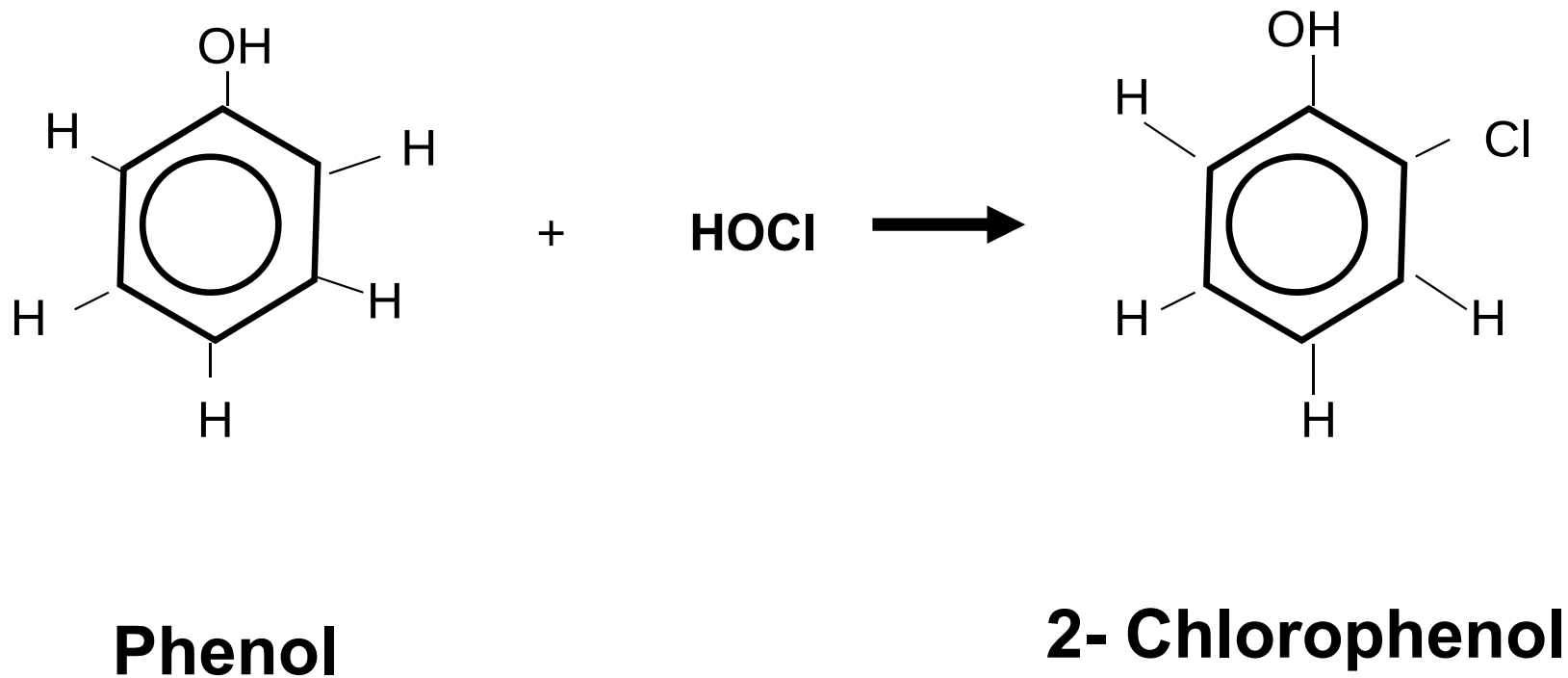
ทำลายเชื้อ Protozoa *Giardia sp*
and *Cryptosporidium sp.* ได้ดีกว่าคลอรีน

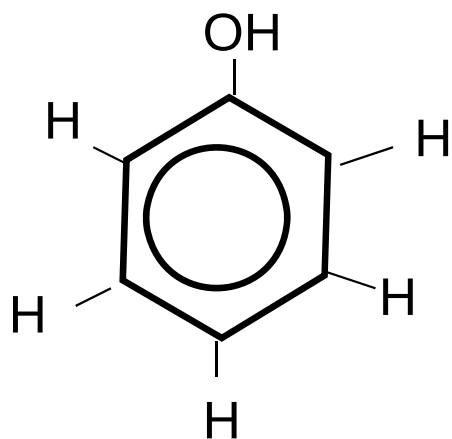
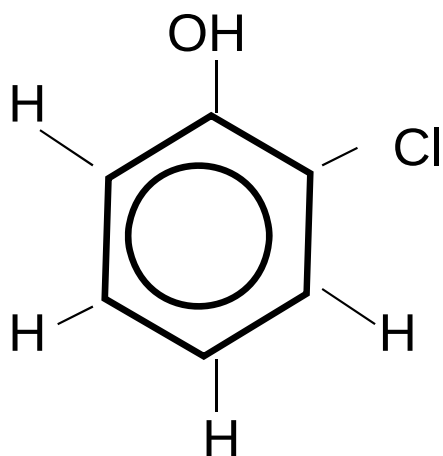
Comparison of effectiveness for inactivating Protozoa ClO₂ VS Cl₂

Protozoa	C . t value (mg.min/l) สารเคมีฆ่าเชื้อโรค pH 6-7		หมายเหตุ
	ClO ₂	Cl ₂	
<i>Giardia lamblia</i> (cyst)	26	47 - >150	99.9% , 99%
<i>Cryptosporidium parvum</i> (oocyst)	78	7200	90%

กำจัดกลิ่นในน้ำซึ่งเกิดจากสาร Geosamin และ
2-MIB(2-methylisoborneol) ที่สร้างโดยสาหร่าย

ไม่ทำปฏิกิริยากับสาร Phenol ทำให้ไม่เกิด
chlorophenol ซึ่งเป็นสารที่ทำให้เกิดกลิ่นในน้ำ

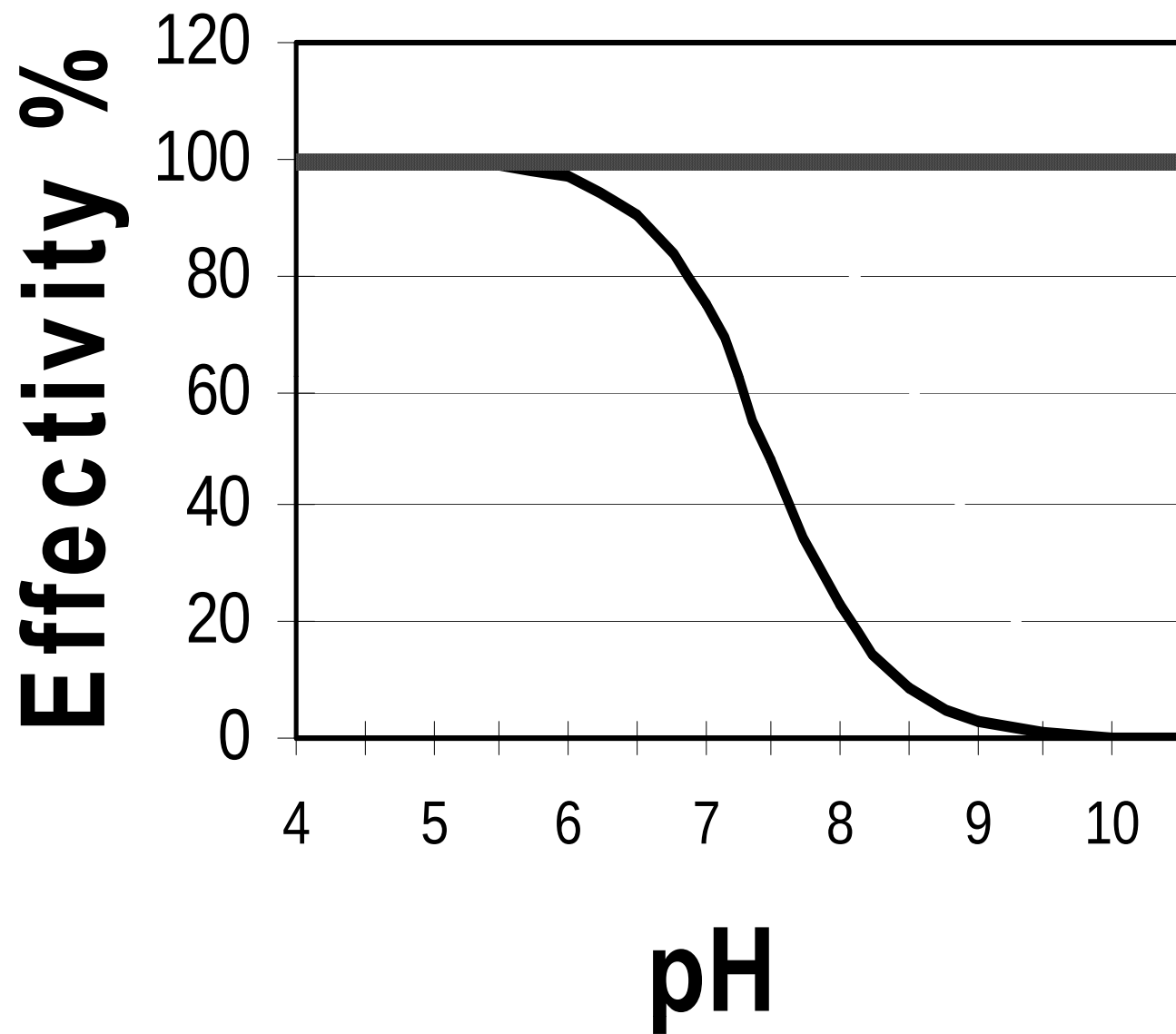


**Phenol****2- Chlorophenol**

ไม่ทำปฏิกิริยากับสารอินทรีย์ในน้ำทำให้ไม่เกิดสาร
THMs และ HAA5

**ลดสารอินทรีย์ในน้ำที่เป็นสารตั้งต้นของ
THMs และ HAA5(Five Haloacetic acid)**

ทำงานได้ดีในช่วง pH ที่กว้าง



Chlorine

Chlorine
Dioxide

มีความจำเพาะเจาะจงต่อเชื้อโรคสูง

กำจัด biofilm ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

Ozone (O_3)

ประวัติ

Ozone is defined as activated oxygen or triple O first found by Van Marum ในปี ค.ศ. 1785

Ozone is derived from Greek word “Ozein” meaning “to smell” because of its strong smell.

คุณสมบัติทางกายภาพ

M.W. 48

Melting Point -192°C

Boiling Point -112°C

Colorless Gas

Blue color in liquid phase

Density 2.14 kg/m^3 (STP)

ข้อกำหนดด้านความปลอดภัยของ O_3

OSHA

(Occupational Safety and Health Administration)

0.1 ppm. ในอากาศ 8 ชม./วัน 5 วัน/อาทิตย์

0.3 ppm. ในอากาศ 15 นาที

การผลิตโอโซน

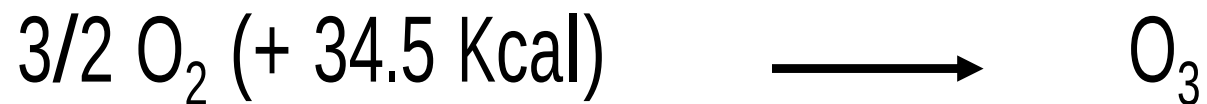
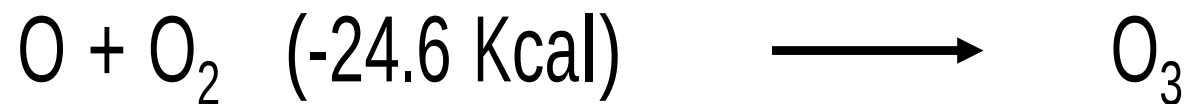
1. ใช้แสง UV

2. ไฟฟ้าแรงดันสูง (Corona Discharge)

(Corona Discharge)

4,000 – 30,000 V

Ozone



$$\text{Kcal} = \text{KJ}$$

$$34.5 \text{ Kcal} = 4.2 \times 34.5 \text{ KJ}$$

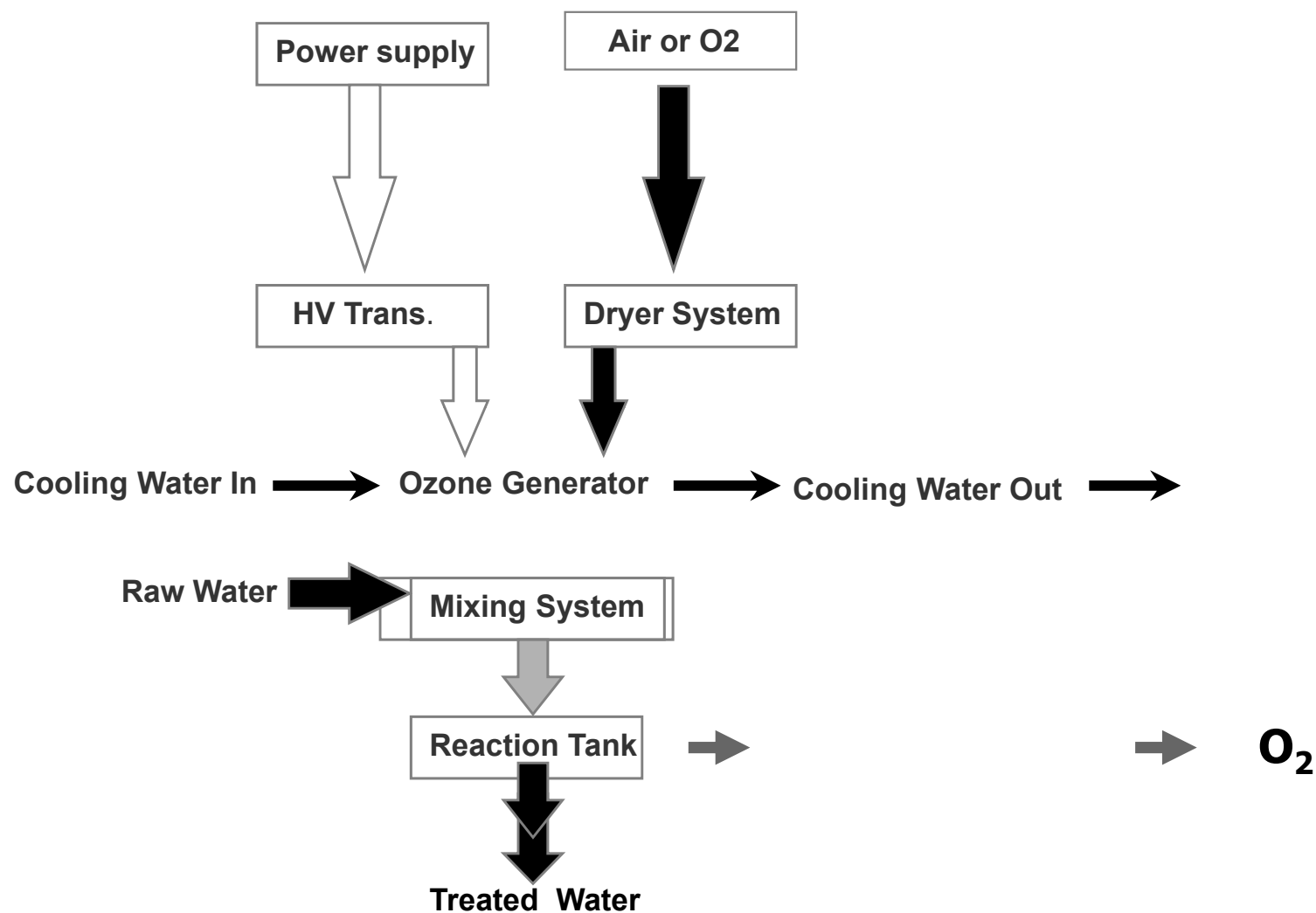
$$\text{KJ} = \text{KWh}$$

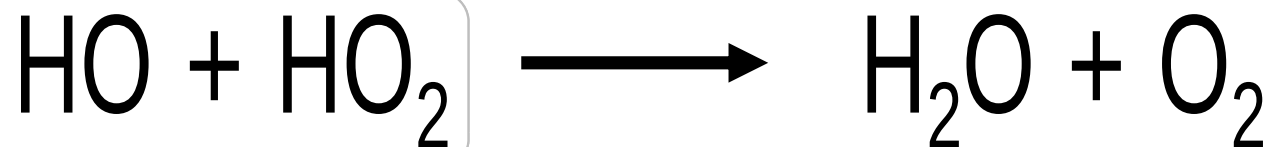
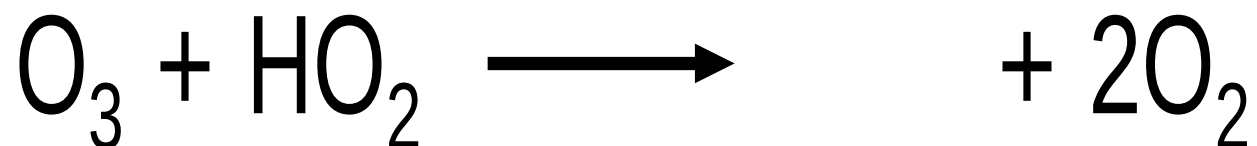
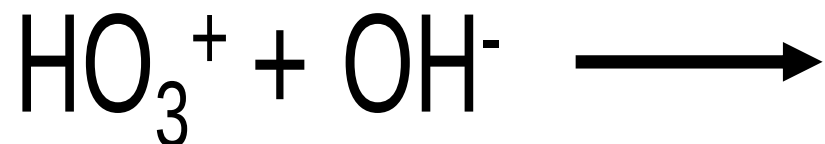
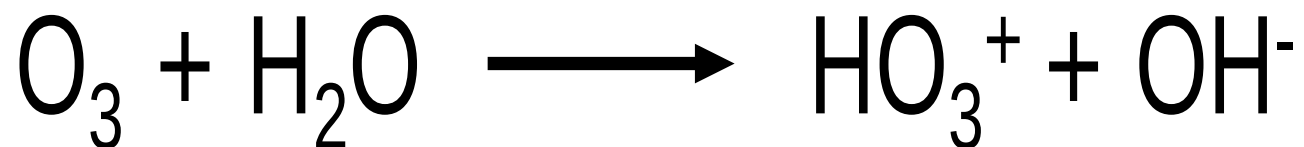
$$4.2 \times 34.5 \text{ KJ} \quad \text{KWh}$$

$$= 4.2 \times 34.5 / 3600$$

$$\text{Ozone } 48 \text{ g} = 0.04 \text{ KWh}$$

Flow Sheet of an Ozonation System





Hydroperoxyl radical

Hydroxyl radical

- ที่สภาพน้ำมีค่า pH น้อยกว่า 6.5 และอุณหภูมิต่ำ (Cold Temperature) อัตราการสลายตัวของโอโซนจะต่ำและอุณหภูมิสูง(Hot Temperature) อัตราการสลายตัวของโอโซนจะเร็ว
- ที่สภาพน้ำมีค่า pH มากกว่า 8 อัตราการสลายตัวของโอโซนจะเร็วเมื่ออุณหภูมิสูง
- ที่สภาพน้ำมีค่า pH มากกว่า 10 และทุกอุณหภูมิ อัตราการสลายตัวของโอโซนจะเร็ว

ความเข้มข้นและเวลาสัมผัส

จุลินทรีย์	C*t มก.-นาที/ลิตร
Coliforms / E.coli	0.9 (0.3 , 3)
Virus	1
<i>Giardia lamblia</i>	1.43
<i>Cryptosporidium sp.</i>	5 - 10

Advantages and Disadvantages of O₃

Advantages	Disadvantages
No cost for raw material (air)	High capital cost
Strong oxidant	High energy consumption
Effectively remove Taste & Odor.	Rapidly decompose No residual in water
No THMs. formation	

Disinfectant	Biocidal Efficiency	Stability
Ozone	1	4
Chlorine Dioxide	2	3
Free Chlorine	3	2
Chloramine	4	1

Disinfectant	1-log Inactivation 90%	2-log Inactivation 99%	3-log Inactivation 99.9%
Chlorine	35	69	104
Chloramine	615	1,230	1,850
Chlorine Dioxide	7.7	15	23
Ozone	0.48	0.95	1.43

Disinfectant	2-log Inactivation 99%
Chlorine	7,000
Chlorine Dioxide	78
Ozone	5-10

Name	formula	Oxidation Potential (volts)	Oxidation Capacity (e ⁻ Transfer)
Ozone	O ₃	2.07	2e ⁻
Hypochlorous Acid	HOCl	1.49	2e ⁻
Chlorine	Cl ₂	1.33	2e ⁻
Chlorine dioxide	ClO ₂	0.95	5e ⁻

Oxidation Potential เป็นค่าที่บ่งบอกถึงความสามารถในการทำปฏิกิริยากับ substance ต่างๆที่อยู่ในน้ำ

Oxidation Capacity เป็นค่าที่บ่งบอกถึงจำนวน electron transfer จนปฏิกิริยาสิ้นสุด

Disinfection by-products

Inorganic byproducts	Halogenated organic byproducts (THMs)	Haloacetic acid byproducts (HAA5)
Bromate ion	Chloroform	Monochloroacetic acid
Chlorite ion	Bromodichloromethane	Dichloroacetic acid
	Dibromochloromethane	Trichloroacetic acid
	Bromoform	Monobromoacetic acid
		Dibromoacetic acid

Disinfectant & Disinfection by-product

Disinfectants

Byproduct	Disinfectants		
	Cl ₂	ClO ₂	O ₃

HAA = Haloacetic Acid

THMs = Trihalomethanes

ข้อสารเคมี	ระดับที่ควรจะมีได้สูงสุด (MCLs: mg/L)	หมายเหตุ
TTHMs		เฉลี่ยตลอดปี
HAA5		เฉลี่ยตลอดปี
Bromate ion		เฉลี่ยตลอดปี
Chlorite ion		เฉลี่ย 3 ตัวอย่าง

1. (Aluminum Sulfate)

- สำหรับในรูปของแข็งนั้นมีทั้งชนิดก้อนและชนิดผง (Grains and Powder) มีสูตรทางเคมี $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$ โดยทั่วไปจะกำหนดความบริสุทธิ์ ในส่วนของ Al_2O_3 ประมาณ 17 เปอร์เซ็นต์ ความหนาแน่นประมาณ 1,000 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์
- สำหรับในรูปของเหลวนั้นโดยทั่วไปจะกำหนดส่วนของ Al_2O_3 ระหว่าง 8 ถึง 8.5 เปอร์เซ็นต์ หรือ 630 ถึง 650 กรัมของ $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$ ต่อลิตรของสารส้มเหลว

เนื่องจากสารส้มเป็นเกลือของด่างอ่อน (Aluminium Hydroxide) ผสมกับกรดแก่ (Sulphuric Acid) ดังนั้นสารละลายจึงมีฤทธิ์เป็นกรดมีค่า pH อยู่ระหว่าง 2 ถึง 3.8

2. (Ferric Chloride) มีทั้งในรูปของแข็งหรือของเหลว ส่วนใหญ่นิยมใช้ในรูปแบบของเหลว ในรูปของแข็งจะเป็นผลึก (Crystal) สีน้ำตาลเหลืองมีสูตรทางเคมีคือ $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ในรูปของเหลวที่ใช้ในทางการค้าจะประกอบด้วย สารเฟอร์ริกคลอไรด์นี้เป็นสารกัดกร่อนอย่างแรง ดังนั้นจึงไม่ควรเก็บในถังเหล็ก

3. (Ferrous Sulphate ; $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) มีลักษณะเป็นผงสีเขียว มีความหนาแน่นประมาณ 900 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร สามารถละลายน้ำได้อย่างสมบูรณ์ มีส่วนประกอบของเหล็ก 19 เปอร์เซ็นต์ ค่าพีเอชของสารละลายที่มีความเข้มข้น 10 เปอร์เซ็นต์ ประมาณ 2.8 เพราะฉะนั้นภาชนะที่ใช้เก็บไม่ควรใช้โลหะถ้าเป็นถังพลาสติกสามารถใช้งานได้ดี

4. (Ferric Sulphate ; $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$) มีลักษณะเป็นผงสีขาว ละลายน้ำได้ดี มีความหนาแน่นประมาณ 1,000 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ในรูปของสารละลายจะเกิดการ Hydrolysis เกิดเป็นกรดซัลฟูริกได้ ดังนั้นต้องระวังในการใช้งาน

5. (Polyaluminium Chloride) หรือเรียก

อย่างย่อว่า PACl ใช้กันอย่างแพร่หลายในต่างประเทศโดยเฉพาะประเทศญี่ปุ่น ประเทศจีนและประเทศอินเดีย ทั้งนี้เนื่องจากประเทศเหล่านี้สามารถผลิต PACl ได้เอง

- สำหรับประเทศไทยได้เริ่มมีการผลิตและการนำเข้ามาจำหน่ายแต่ยังไม่นิยมแพร่หลายเท่ากับสารส้ม ทั้งนี้เนื่องจากปัจจัยด้านราคาเพราะ PACl มีราคาสูงกว่าสารส้มประมาณ 3 เท่าปัจจุบันราคาเริ่มลดลงมาแข่งขันกับสารส้มแล้ว

- PACl มีคุณสมบัติในการช่วยตกตะกอนได้ดีกว่าการใช้สารส้มในหลายด้าน โพลีอะลูมิเนียมคลอไรด์เป็นเกลืออะลูมิเนียมที่มีสูตรเคมีคือ $Al_n(OH)_mCl_{(3n-m)}$

- ลักษณะทั่วไปของ PACl อาจอยู่ในรูปของสารละลายใสหรือขุ่นเล็กน้อย (ความเข้มข้นประมาณ 33 – 35 %) และอาจอยู่ในรูปของผงสีขาว เติร์ยมที่ 10 ถึง 20 % (10 ถึง 20 กิโลกรัมต่อน้ำ 100 ลิตร)

คุณลักษณะทางเคมีของ Polyaluminium Chloride (มอก. 2150 -2546)

รายการที่	คุณลักษณะ	เกณฑ์ที่กำหนด
1	อะลูมิเนียมออกไซด์ (Al_2O_3) ร้อยละโดยน้ำหนัก	10.0 ถึง 11.0
2	ความเป็นด่าง ร้อยละโดยน้ำหนัก	45 ถึง 65
3	ความเป็นกรด – ด่าง เมื่อทำเป็นสารละลายที่มีความเข้มข้น 10 กรัมต่อลูกบาศก์เดซิเมตร	3.5 ถึง 5.0
4	ซัลเฟตไอออน (SO_4^{2-}) ร้อยละโดยน้ำหนักไม่เกิน	3.5

6. Cationic Polymer เช่น Polydiallyldimethylammonium มีลักษณะ
เป็นของเหลว 0.2–0.5 % (0.2 – 0.5 100)

7. Anionic Polymer เช่น Polystyrene sulphonate มีลักษณะในขั้น
แรกเป็นผง 0.2–0.5 % (0.2 – 0.5 100)

8. Nonionic Polymer เช่น Polyethylene Oxide มีลักษณะเป็นผง
0.2–0.5 % (0.2 – 0.5 100)

9. (Sodium Carbonate ; Na_2CO_3) มีลักษณะเป็นผงสีขาว
สามารถละลายน้ำได้ มีความหนาแน่นประมาณ 500 ถึง 700 กิโลกรัม
ต่อลูกบาศก์เมตร ขึ้นอยู่กับสภาพการอัดตัวแต่ความสามารถในการละลายน้ำต่ำ
คือ ประมาณ 100 กรัมต่อลิตรที่อุณหภูมิ 20 °C

10. (Sodium Bicarbonate ; NaHCO_3) อยู่
ในรูปผง มีความหนาแน่นประมาณ 800 ถึง 1,200 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์
เมตร ขึ้นอยู่กับสภาพการอัดตัว การละลายน้ำน้อยกว่าโซเดียม
คาร์บอเนต คือ ประมาณ 96 กรัมต่อลิตรที่อุณหภูมิ 20 °C

11. (Sodium Hypochlorite ; NaOCl) ใช้
เป็นสารฆ่าเชื้อโรค โดยทั่วไปอยู่ในรูปของเหลว ประมาณร้อยละ 20
5 10 % (5 10 100
) ปัจจุบันโรงงานผู้ผลิตจะเตรียมที่ความเข้มข้น 10 % เพื่อให้สม
ารถใช้งานได้ทันที

รายการที่	คุณลักษณะ	โซเดียมไฮโปคลอไรท์	
		ชั้นคุณภาพ 1	ชั้นคุณภาพ 2
1	อะเวละเบิลคลอรีน ร้อยละโดยน้ำหนัก	ไม่น้อยกว่า 10	ไม่น้อยกว่า 5
2	เสถียรภาพต่อความร้อน อะเวละเบิลคลอรีนที่เหลืออยู่ ร้อยละโดยน้ำหนัก ไม่น้อยกว่า	7.7	4.9
3	สารที่ไม่ละลายในน้ำ ร้อยละโดย น้ำหนักไม่เกิน	-	-
4	ด่างอิสระ (คำนวณเป็น NaOH) ร้อยละ โดยน้ำหนักไม่เกิน	1.5	0.5

12.

(Calcium Hypochlorite ; $\text{Ca}(\text{OCl})_2$ ใช้เป็นสาร

ฆ่าเชื้อโรค โดยทั่วไปจะอยู่ในรูปของแข็ง (เป็นผง) ซึ่งประกอบด้วย $\text{Ca}(\text{OCl})_2$ ร้อย
ละ 65 ถึง 70 หรือประมาณ 650 ถึง 700 กรัมต่อกิโลกรัมของ Active

Chlorine ความหนาแน่นประมาณ 1,000 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร

5 10 % (5 10 100)

รายการที่	คุณลักษณะ	เกณฑ์ที่กำหนด
1	อะเวละเบิลคลอรีน ร้อยละโดยน้ำหนัก	ไม่น้อยกว่า 6
2	เสถียรภาพต่อความร้อนอะเวละเบิลคลอรีนที่เหลืออยู่ ร้อยละโดยน้ำหนักไม่น้อยกว่า	5.0
3	สารที่ไม่ละลายในน้ำ ร้อยละโดยน้ำหนักไม่เกิน	1.0
4	ด่างอิสระ (คำนวณป็น NaOH) ร้อยละโดยน้ำหนัก ไม่เกิน	-

13. (Chlorinated Lime)

CaOCl₂ เป็นผงมีความ

บริสุทธิ์ 70 % และมี Available Chlorine 27 – 37 %

5

10 % (5 10 100)

รายการที่	คุณลักษณะ	เกณฑ์ที่กำหนด
1	อะเวละเบิลคลอรีน ร้อยละโดยน้ำหนัก	27 ถึง 37
2	เสถียรภาพต่อความร้อนอะเวละเบิลคลอรีนที่เหลืออยู่ ร้อยละโดยน้ำหนักไม่น้อยกว่า	24
3	สารที่ไม่ละลายในน้ำ ร้อยละโดยน้ำหนักไม่เกิน	-
4	ด่างอิสระ (คำนวณป็น NaOH) ร้อยละโดยน้ำหนัก ไม่เกิน	-

14. (Sulphuric acid ; H_2SO_4) ใช้ในการทำให้เกิดการแลกเปลี่ยนประจุบวก (Cation Exchangers) ปรับความเป็นกรด-ด่าง (pH correction) และใช้ในการเตรียม Activated Silica

สำหรับกรดกำมะถันที่ใช้ในการผลิตน้ำประปา มีความหนาแน่น 1,830 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตรและ 92 - 98 ความหนืดที่ 20°C 25 mPa/s (25 centipoises)

15. (Hydrochloric acid ; HCl) ใช้ในการทำให้เกิดการแลกเปลี่ยนประจุบวก (Cation Exchangers) ปรับความเป็นกรด-ด่าง (pH correction) และใช้ในการเตรียม Chlorine Dioxide กรดเกลือที่ใช้ในการผลิตน้ำสะอาด เป็นกรดชนิดที่เรียกว่า Technical Grade ซึ่ง 31 - 36

และมีความหนาแน่น 1,170 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร

16. (Quick lime ; CaO) ช่วยทำให้เกิดความเป็นกลาง ทำให้เกิดการตกตะกอนและเป็นการกำจัดพวกคาร์บอเนต ควิกไลม์ที่ใช้ในการผลิต น้ำสะอาด จะอยู่ในรูปที่เป็นผง ก่อนนำไปใช้จะต้องทำให้เป็นของเหลวก่อน โดยการผสมกับน้ำในถังผสมปฏิกิริยานี้จะให้ความร้อนออกมา ส่วนผสมที่ได้นี้จะมี ความหนาแน่นตั้งแต่ 800 ถึง 1,200 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร เตรียมที่ 1 ถึง 2 % (Ca(OH)_2) 1 ถึง 2 กิโลกรัมต่อน้ำ 100 ลิตร)

17. (Slake lime ; Ca(OH)_2) มีลักษณะเป็นผง ส่วนใหญ่ประกอบด้วย แคลเซียมไฮดรอกไซด์ แมกนีเซียมไฮดรอกไซด์และสิ่งเจือปนอื่นๆ (Calcium carbonate และ silica) ความหนาแน่นตั้งแต่ 400 ถึง 600 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร(Ca(OH)_2 5 ถึง 10 % (5 ถึง 10 กิโลกรัมต่อน้ำ 100 ลิตร)

18. โซดาไฟ (Caustic soda ; NaOH) โซดาไฟที่ใช้มีทั้งที่เป็นของแข็ง(เป็นก้อนหรือเกล็ด) และเป็นของเหลว (ซึ่งมีความเข้มข้นต่างๆ) โซดาเกล็ดมีความหนาแน่น 800 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร และประกอบด้วย NaOH ร้อยละ 98

การใช้โซดาไฟต้องระมัดระวัง เนื่องจากจะเกิดความร้อนขึ้นในขณะที่ทำให้เป็นสารละลาย ในการเตรียมสารละลายที่ความเข้มข้น 5% จะมีความร้อนเกิดขึ้นประมาณ 1.066 kJ/kg

19. คาร์บอนไดออกไซด์ (Carbon Dioxide) มีสูตรทางเคมี คือ CO_2 เป็นของเหลวที่มีความเข้มข้น 99.5 %

20. ก๊าซคลอรีน มีสูตรทางเคมี คือ Cl_2 ในการจัดส่งเป็นของเหลวมีความบริสุทธิ์ 99.8 %

21. โอโซน (Ozone) มีสูตรทางเคมี คือ O_3 ใช้งานโดยใช้เครื่องกำเนิดติดตั้งบริเวณที่ใช้งาน ความเข้มข้นที่ใช้งานระหว่าง 1 – 5.3 mg/l (วัด Residual Ozone ให้ได้ 0.5 – 1.0 mg/l)

22. Chlorine Dioxide มีสูตรทางเคมี คือ ClO_2 ใช้งานโดยผสม $NaClO_2$ กับ Cl_2 ซึ่งจะต้องนำไปใช้งานทันที

23. Potassium permanganate มีสูตรทางเคมี คือ $KMnO_4$ ลักษณะเป็นผงมีความบริสุทธิ์ 97 – 99% สำหรับฆ่าเชื้อโรคและกำจัดแมลงกาน้ำในน้ำ เติรียมที่ 2 ถึง 5 % (2 ถึง 5 กิโลกรัมต่อน้ำ 100 ลิตร) และ Degremont กำหนดความเข้มข้นที่เติรียมระหว่าง 5 กรัม/ลิตร ถึง 30 กรัม/ลิตร (0.5 ถึง 3%) ที่อุณหภูมิ $20^{\circ}C$ ที่ระยะเวลาสัมผัส 15 ถึง 60 นาที ถ้าเติรียมมากกว่า 15 กรัม/ลิตร (1.5 %) จะมีโอกาสเกิดการตกตะกอนได้

1. การคำนวณอัตราการจ่ายสารเคมี กรณีสารเคมีอยู่ในรูปของแข็ง 100 % (W/W)

Example

กำหนดให้ Flow น้ำดิบ = A m^3/hr

Optimum dose ของสารเคมีที่จ่าย = B mg/l

Stock Solution ของสารเคมีเตรียมที่ = C $\%(\text{W}/\text{V})$

= C $\text{Kg}/100 \text{ L}$

= Cx10 $\text{g}/$

จากน้ำดิบ 1 ลิตร ใช้สารเคมี = B mg

เพราะฉะนั้นจาก Flow น้ำดิบ A m³ = A x 1,000 ลิตร ใช้สารเคมี = A x 1000 x B มิลลิกรัม

แต่ Stock Solution ของสารเคมี C x 10 กรัม มาจากสารเคมี = 1 ลิตร

ถ้าใช้ Stock Solution สารเคมี $\frac{A \times 1000 \times B}{1000}$ กรัมจะใช้สารเคมี = $\frac{A \times 1000 \times B \times 1}{1000 \times C \times 10}$

= $\frac{A \times B}{C \times 10}$ ลิตร/ชั่วโมง

เป็นที่มาของสูตร สำหรับการปรับ Metering Pump

$$\frac{Flow(m^3 / hr) \times ppm}{10 \times \% Stock Solution} = l / hr$$

2. การคำนวณอัตราการจ่ายสารเคมี กรณีสารเคมีอยู่ในรูปของแข็ง D % (W/W)

Example

กำหนดให้ Flow น้ำดิบ = A m^3/hr

Optimum dose ของสารเคมีที่จ่าย = B mg/l

Stock Solution ของสารเคมีเตรียมที่ = C %

= C Kg/L

หมายถึงเนื้อสารเคมี C กิโลกรัมละลายน้ำ 100 ลิตรจะได้ความเข้มข้น C %

Raw Chemical ที่นำมาเตรียม D % หมายถึงเนื้อสารเคมี D กิโลกรัมมาจากสารเคมี 100 กิโลกรัม

$$\begin{aligned} \text{ดังนั้นเนื้อสารเคมี D} \quad \text{กิโลกรัมมาจากสารเคมี} &= 100 \quad \text{กิโลกรัม} \\ \text{ถ้าต้องการเนื้อสารเคมี C} \quad \text{กิโลกรัมมาจากสารเคมี} &= \frac{C \times 100}{D} \quad \text{กิโลกรัม} \end{aligned}$$

$$\therefore \text{Stock Solution สารเคมีที่เตรียม} = \frac{C \times 100}{D \times 100} \quad \text{กิโลกรัม/ลิตร} = \frac{C \times 1000}{D} \quad \text{กรัม/ลิตร}$$

$$\text{จากน้ำดิบ 1 ลิตร ใช้สารเคมี} = B \quad \text{มิลลิกรัม}$$

$$\text{เพราะฉะนั้นจาก Flow น้ำดิบ A m}^3 = A \times 1,000 \text{ ลิตร ใช้สารเคมี} = A \times 1000 \times B \quad \text{มิลลิกรัม}$$

$$\text{แต่ Stock Solution ของสารเคมี } \frac{C \times 1000}{D} \text{ กรัม มาจากสารเคมี} = 1 \quad \text{ลิตร}$$

$$\begin{aligned} \text{ถ้าใช้ Stock Solution สารเคมี } \frac{A \times 1000 \times B}{1000} \text{ กรัมจะใช้สารเคมี} &= \frac{A \times 1000 \times B \times D}{1000 \times C \times 1000} \\ &= \frac{A \times B \times D}{C \times 1000} \text{ ลิตร/ชั่วโมง} \end{aligned}$$

เป็นที่มาของสูตร สำหรับการปรับ Metering Pump

$$\frac{\text{Flow(m}^3 \text{ / hr)} \times \text{ppm} \times \% \text{Raw Chemical(w / w)}}{1,000 \times \% \text{Stock Solution(w / v)}} = \text{l / hr}$$

3.

D % (W/W)

Example

กำหนดให้ Flow น้ำดิบ = A m³/hr

Optimum dose ของสารเคมีที่จ่าย = B mg/l

Specification

1. Raw Chemical ที่นำมาเตรียม D % หมายถึงเนื้อสารเคมี D กิโลกรัมมาจากสารเคมี 100 กิโลกรัม
 2. ค่าความถ่วงจำเพาะ (Specific Gravity) (SG) เท่ากับ C ที่อุณหภูมิใช้งาน
- ต้องเปลี่ยนน้ำหนัก 100 กิโลกรัมให้เป็นปริมาตรจากสูตร

$$\rho = \frac{m(\text{kg})}{V(\text{m}^3).SG} \quad \text{kg / m}^3$$

จากความหนาแน่นของน้ำที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียสให้ค่า = 997.1 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร
แทนค่าลงในสูตร

$$997.1 = \frac{100kg}{V(m^3).C}$$

$$V = \frac{100}{997.1C} m^3$$

$$\begin{aligned} \therefore \text{สารเคมีที่นำมาเตรียมเป็น Stock Solution มีความเข้มข้น} &= \frac{D}{\left(\frac{100}{997.1C}\right)} kg / m^3 \\ &= \frac{997.1CD}{100} \text{ กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร} \\ &= \frac{997.1CD}{(100 \times 1,000)} \text{ กิโลกรัม/ลิตร} \end{aligned}$$

$\therefore$ สารเคมีที่นำมาเตรียมเป็น Stock Solution มีความเข้มข้นในรูป W/V จะเท่ากับ

$$0.9971CD \left(\frac{kg}{100L} \right) = 0.9971CD \% (W / V)$$

$$\text{จากน้ำดิบ 1 ลิตร ใช้สารเคมี} = B \text{ mg}$$

$$\text{เพราะฉะนั้นจาก Flow น้ำดิบ } A \text{ m}^3 = A \times 1,000 \text{ ลิตร ใช้สารเคมี} = A \times 1,000 \times B \text{ มิลลิกรัม}$$

$$\text{แต่ Stock Solution ของสารเคมี } \frac{997.1CD \times 1000}{100 \times 1000} \text{ กรัม มาจากสารเคมี} = 1 \text{ ลิตร}$$

$$\text{ถ้าใช้ Stock Solution สารเคมี } \frac{A \times 1,000 \times B}{1,000} \text{ กรัม จะใช้สารเคมี} = \frac{A \times 1,000 \times B \times 100 \times 1,000}{1,000 \times 997.1CD \times 1,000} \text{ ลิตร}$$

$$= \frac{A \times B}{9.971 \times C \times D} \text{ ลิตร}$$

$$\text{ดังนั้นอัตราการจ่ายสารเคมี} = \frac{A \times B}{9.971 \times C \times D} \text{ ลิตร/ชั่วโมง}$$

เป็นที่มาของสูตร สำหรับการปรับ Metering Pump

$\frac{\text{Flow}(\text{m}^3 / \text{hr}) \times \text{ppm}}{9.971 \times \text{specific Gravity} \times \% \text{Raw Chemical}(\text{w} / \text{w})}$	$=$	l / hr
---	-----	------------------------

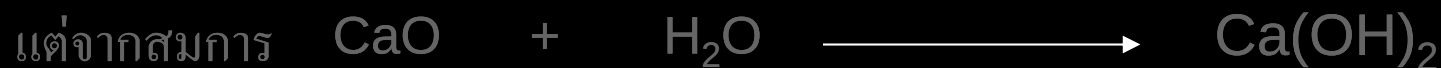
4. การคำนวณปริมาณปูนขาว (Quick lime)

สมมุติ เตรียม Stock Solution Ca(OH)_2 = A กรัม/ลิตร

เตรียม Stock Solution Ca(OH)_2 ปริมาตร = B ลูกบาศก์เมตร

จาก Stock Solution Ca(OH)_2 ปริมาตร 1 ลิตร มีเนื้อ Ca(OH)_2 = A กรัม

ถ้าเตรียม Stock Solution Ca(OH)_2 ปริมาตร $B \times 1000$ ลิตร มี Ca(OH)_2 = $A \times B \times 1000$ กรัม



Molecular weight 56 74

เพราะฉะนั้น Ca(OH)_2 74 กิโลกรัม มาจาก CaO = 56 กิโลกรัม

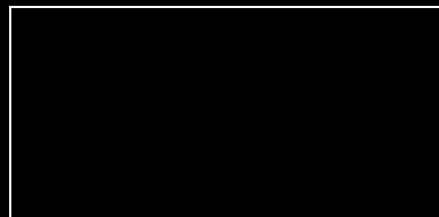
ถ้า Ca(OH)_2 $A \times B$ กิโลกรัม มาจาก CaO = $\frac{A \times B \times 56}{74}$ กิโลกรัม

แต่จาก Grade ปูนขาวเป็น industrial grade = C % as CaO

เพราะฉะนั้น CaO น้ำหนัก C กิโลกรัม ได้จากปูนขาว = 100 กิโลกรัม

ถ้า CaO น้ำหนัก $\frac{A \times B \times 56}{74}$ กิโลกรัม ได้จากปูนขาว = $\frac{A \times B \times 56 \times 100}{74 \times C}$

ดังนั้นถ้าต้องการเตรียม Stock Solution Ca(OH)_2 ความเข้มข้น A กรัม/ลิตรให้ได้ ปริมาตร B ลูกบาศก์เมตร จะต้องใช้ปูนขาว (CaO)



กิโลกรัม

โดยที่

$$\begin{aligned}
 &= \text{ความเข้มข้นของ Stock Solution } \text{Ca(OH)}_2 \text{ กรัม/ลิตร} \\
 &= \text{ปริมาตรของ Stock Solution } \text{Ca(OH)}_2 \text{ ลูกบาศก์เมตร} \\
 &= \text{Grade ปูนขาวเป็น industrial grade} = C \% \text{ as CaO}
 \end{aligned}$$

ตัวอย่าง ปูนขาว CaO 90 % ให้ได้ Stock Solution $\text{Ca(OH)}_2 = 30$ กรัม/ลิตร เตรียมที่ 1 ลูกบาศก์เมตร จะใช้ปูนขาวน้ำหนักเท่าใด

$$\begin{aligned}
 \text{แทนค่าลงในสูตร} &= \frac{30 \times 1 \times 56 \times 100}{74 \times 90} \\
 &= 25.225 \quad \text{กิโลกรัม}
 \end{aligned}$$

วิธีการเตรียม STOCK SOLUTION จากสารเคมีในรูปแข็ง(W/W)ยกเว้นปูนขาว

ใช้สำหรับสารส้มชนิดของแข็ง(ก้อนหรือเกล็ด), $PACl$ ชนิดผงหรือเกล็ด , โพลีเมอร์ชนิดผง ต่างทั้งชนิดก้อนหรือเกล็ด คลอรีนชนิดผงหรือเกล็ดยกเว้นปูนขาวและโซดาซักผ้า

วิธีทำ

100

65

∴ ถ้าต้องการเตรียม Stock Solution เนื้อสารเคมี = 10

= 10 100

= 100 1

จะใช้สารเคมี เท่าใด ?

จากเนื้อสารเคมี = 65 กรัม จะต้องใช้สารเคมี = 100 กรัม

∴ ถ้าต้องการเตรียมเนื้อสารเคมี = 100 กรัม จะต้องใช้สารเคมี = $\frac{100 \times 100}{65}$ กรัม

$$= 153.85 \text{ กรัม}$$

$$\therefore \text{นั่นคือจะต้องใช้สารเคมี} = 153.85 \text{ กรัม ละลายน้ำ } 1$$

$$= 10$$

$$\text{เตรียมถัง STOCK SOLUTION ที่ปริมาตร} = 200 \text{ ลิตร}$$

$$= 200 \times 153.85$$

$$= 30,769.23 \text{ กรัม}$$

$$= 30.76 \text{ กิโลกรัม}$$

วิธีการเตรียม STOCK SOLUTION จากสารเคมีในรูปของเหลว(W/W)

ใช้สำหรับสารเคมีชนิดของเหลวทุกชนิด เช่น คลอรีนเหลว , ปูนขาวชนิด Slack Lime (Ca(OH)_2) เป็นต้น

1. โดยการเตรียมจากสารเคมี(Raw Chemical)ชนิดเหลวมีความเข้มข้น = % (weight/weight)

หมายถึงสารเคมี กิโลกรัม มีเนื้อสารเคมี = กิโลกรัม

2. สารเคมี(Raw Chemical)มีค่าความถ่วงจำเพาะ(specific gravity)(S.G) =

3. จากความหนาแน่นของน้ำที่อุณหภูมิ องศาเซลเซียสให้ค่า = กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร

4. ต้องการเตรียมสารเคมี (Stock Solution) ที่ความเข้มข้น = % (weight/volume)

หมายถึงเนื้อสารเคมี กิโลกรัม ละลายน้ำให้ได้ = ลิตร

วิธีทำ

จากสมการ

$$\rho = \frac{m(kg)}{V(m^3).(S.G)}$$

ต้องเปลี่ยนหน่วยน้ำหนักของสารเคมี(Raw Chemical) ชนิดเหลว 100 กิโลกรัมให้เป็นปริมาตรดังนี้

$$V(m^3) = \frac{m(kg)}{\rho.S.G}$$

$$\text{ปริมาตรของสารเคมี(Raw Chemical) ชนิดเหลว 100 กิโลกรัม} = \frac{100}{997.1 \times 1.2}$$

$$= \text{ลูกบาศก์เมตร}$$

$$\text{สารเคมีที่นำมาเตรียม เป็น Stock Solution มีความเข้มข้น} = \text{กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร}$$

$$= \text{กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร}$$

ดังนั้นสารเคมี Raw Chemicalหนัก

$$\text{กิโลกรัมได้สารละลาย} = \text{ลูกบาศก์เมตร}$$

ถ้าต้องการสารเคมี Stock Solutionหนัก

$$\text{กิโลกรัมได้สารละลาย} = \text{ } \times \text{ ลูกบาศก์เมตร}$$

= ลูกบาศก์เมตร

ดังนั้น Stock Solution ที่ต้องการเตรียมจากสารเคมี(Raw Chemical)

= ลูกบาศก์เมตร/น้ำ 100 ลิตร

= ลิตร/ละลายน้ำให้ได้ 100 ลิตร

10

ในทางปฏิบัติการวัดปริมาตร 29.848465 ลิตรทำได้ยากดังนั้นจึงต้องแปลงหน่วยให้เป็นน้ำหนัก โดยนำ
ความถ่วงจำเพาะมาคำนวณดังนี้

$$V(m^3) = \frac{m(kg)}{\rho.S.G}$$

$$= \frac{\quad}{997.1 \times}$$

จะต้องใช้สารเคมี

=

กิโลกรัม/ละลายน้ำให้ได้ 100 ลิตร

Q

uestions ?

