



มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์  
คณะวิศวกรรมศาสตร์

การสอบปลายภาค ประจำปีการศึกษาที่ 2

วันที่ 6 มีนาคม 2557

วิชา 223-515 Hazardous Waste Management and Design

ปีการศึกษา 2556

เวลา 9.00-12.00 น.

ห้องสอบ A303

**คำชี้แจง**

- ข้อสอบทั้งหมดมี 6 ข้อ รวม 100 คะแนน
- ข้อสอบมี 13 หน้า ไม่มีหน้าใดที่ไม่มีข้อความ ห้ามแกะหรือฉีกข้อสอบออกจากเล่ม
- ห้ามนำเอกสารใดๆ เข้าห้องสอบ ทุกกรณี
- ทุจริตในการสอบ โทษขั้นต่ำปรับตกในรายวิชานั้นและพักการเรียน 1 ภาคการศึกษา โทษสูงสุดให้ออก
- ให้เขียนชื่อ-รหัส ที่หัวกระดาษทุกแผ่น
- ห้ามหยิบหรือยืมสิ่งของใดๆ ของผู้อื่นในห้องสอบ
- ถ้าพิจารณาเห็นว่าค่าคงที่ต่างๆหรือข้อสมมุติฐานที่โจทย์กำหนดให้ไม่เพียงพอต่อการคิดคำนวณให้สมมุติขึ้นมาเองตามความเหมาะสม

ตารางแสดงคะแนนสอบปลายภาค

ข้อ	คะแนนเต็ม	คะแนนที่ได้
1	10	
2	25	
3	25	
4	15	
5	10	
6	15	
<b>รวม</b>	<b>100</b>	

จรงค์พันธ์ มุสิกวงค์

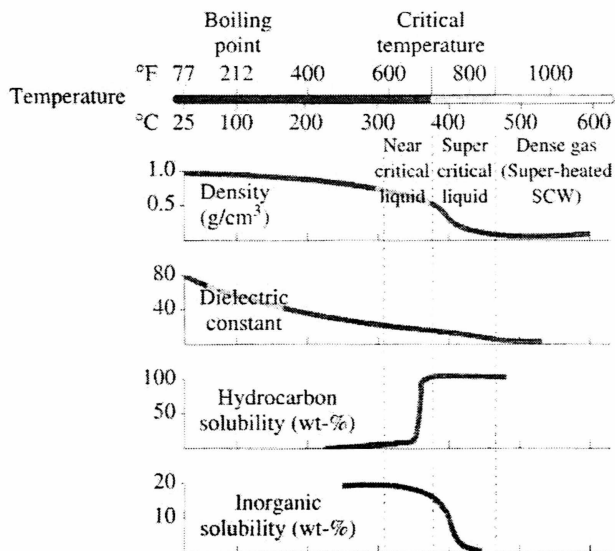
ผู้ออกข้อสอบ

มีนาคม 2556

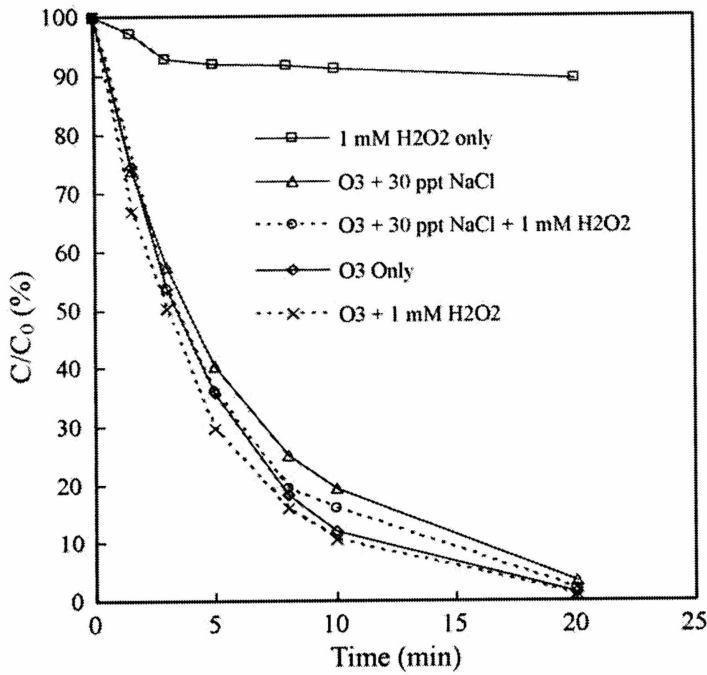
**ข้อที่ 1 จงตอบคำถามต่อไปนี้ (10 คะแนน)**

1-1 กระบวนการ chemical oxidation ใช้สารไดออกไซด์อย่าง 3 ชนิด กระบวนการดังกล่าวใช้ค่าใดในการกำหนดปฏิกิริยาการกำจัดสารไฮยาโนตินในน้ำเสียด้วยกระบวนการ chemical oxidation นิยมใช้สารใดและต้องดำเนินการที่ค่าความเป็นกรดเป็นด่างเท่าไร จงอธิบายโดยสังเขป (2 คะแนน)

1-2 จงอธิบายว่า supercritical fluid คืออะไร และอธิบายการใช้ supercritical fluid ดังภาพในการกำจัดสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ (2 คะแนน)



1-3 จากรูปแสดงการใช้ H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> และ O<sub>3</sub> ร่วมกับ NaCl เพื่อกำจัดสารกลุ่ม butylated hydroxyanisole (BHA) ซึ่งจัดเป็นกากของเสียอันตราย จงตอบคำถามต่อไปนี้ (6 คะแนน)



กำหนดให้

ค่าที่ใช้ในการทดลอง

pH = 7

Ozone dose = 1 mg/L-min

- กรณีที่ (1) ใช้โอโซนเพียงอย่างเดียว (2) ใช้ H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> เพียงอย่างเดียว (3) ใช้โอโซนร่วมกับ H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> เพื่อบำบัดสาร BHA 500 µg/L ให้ลดลงเหลือ 50 µg/L ในน้ำบาดาลที่มีอัตราไหลเท่ากับ 1000 L/min ต้องใช้ปริมาณโอโซนอย่างน้อยที่สุดในเท่าไรแต่ละกรณี (kg/day)
- เปรียบเทียบปริมาณโอโซนที่ใช้ในกรณีที่ (1) และ (3) แล้วให้ข้อคิดเห็นว่าเป็นหรือไม่ที่ต้องใช้โอโซนร่วมกับ H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>
- การเติม NaCl มีผลต่อการกำจัด BHA อย่างไร
- วิธีใดกำจัดสารกลุ่ม BHA ได้ดีที่สุด

## ข้อที่ 2 จงตอบคำถามต่อไปนี้ (25 คะแนน)

2-1 สาร petroleum refinery ถูกนำไปบำบัดโดยกระบวนการบำบัดโดยดิน โดยทำการเทสาร 50 ตัน ความเข้มข้น 30 เปอร์เซ็นต์ลงในพื้นที่ขนาดกว้าง 50 เมตร ยาว 50 เมตร ลึก 0.1 เมตร หลังจากทิ้งไว้ 365 วันพบว่าความเข้มข้นลดลงเหลือ 0.5 เปอร์เซ็นต์ จงหา (1) degradation rate constants (k) (2) ระยะเวลาครึ่งชีวิตในการย่อยสลาย petroleum Refinery (8 คะแนน)

กำหนดให้ ค่าความหนาแน่นของดินมีค่าเท่ากับ  $1,540 \text{ kg/m}^3$ , 1 ตันเท่ากับ 1,000 กิโลกรัม

$$\text{Incremental increase} = \frac{\text{Loading of oil}}{(\text{area of plot})(\text{depth of sampling})(\text{density of ZOI})}$$

$$\text{สมการการหาระยะเวลาครึ่งชีวิต} \quad S = S_0 e^{-k}$$

2-2 กำหนดให้ Plume ของน้ำบาดาลปนเปื้อน Trichloroethylene (TCE)  $20 \text{ mg/L}$  ไหลสู่หมู่บ้านซึ่งตั้งอยู่ห่างจากแหล่งกำเนิดเท่ากับ  $500 \text{ m}$  ด้วยความเร็ว  $0.1 \text{ m/day}$  ในชั้นใต้ผิวดินที่มีความพรุนเท่ากับ  $0.4$  โดยชาวบ้านในหมู่บ้านดังกล่าวใช้น้ำบาดาลเพื่อการบริโภค การฟื้นฟูตามธรรมชาติมีอัตรา (k)  $0.005/\text{day}$  และมาตรฐานน้ำบาดาลกำหนดให้ค่า TCE ต้องน้อยกว่า  $5 \mu\text{g/L}$  จงหาว่ากรณีที่บำบัดตามธรรมชาติผู้บริโภคจะดื่มน้ำที่มีค่า TCE สูงกว่ามาตรฐานหรือไม่ และในกรณีที่ค่า TCE มีค่าสูงกว่าค่ามาตรฐานต้องทำการเติมอากาศให้ค่าอัตราการฟื้นฟู (k) มีค่าเท่าไร ค่า TCE ถึงจะมีค่าต่ำกว่าค่ามาตรฐาน (7 คะแนน)

กำหนดให้ การย่อยสลายเป็นประเภท First order approximation ดังสมการ  $\ln C = \ln C_0 - kt$

2-3 ระบบ Bioventing ได้รับการเลือกเพื่อใช้ฟื้นฟูชั้นใต้ผิวดินที่ปนเปื้อนจากของเสียอันตรายอินทรีย์ จากการทดลอง Air pressure, oxygen influence และ *in situ* respirometry test โดยใช้เติมอัตราการเติมอากาศเท่ากับ 100 L/min ได้ผลการทดลองดังต่อไปนี้

Pressure test (mbars above 1 atm) and oxygen influence test

Well	Distances, m	Pressure test (mbars above 1 atm)		Oxygen influence test	
		Initial pressure, mbar	100 L/min at 5 mbars	Initial O <sub>2</sub> reading	100 L/min at 5 mbars
BW1	2	0	2	2	19.2
BW2	4	0	0.3	5	18.1
BW3	6	0	0.7	3	17.0
BW4	8	0	0.4	3	16.2
BW5	12	0	0.14	5	6
BW6	14	0	0	3	5

In situ respirometry test

Lapse time, h	% O <sub>2</sub>	%CO <sub>2</sub>	%He
0	17.6	0	1.50
2	17.0	0.4	1.45
4	15.5	0.6	1.45
6	14.2	1.0	1.45
12	13.0	1.2	1.40
14	12.1	1.4	1.35
16	11.0	1.6	1.35
24	9.0	1.8	1.25
26	7.8	1.9	1.25
28	7.0	2.0	1.2
34	5.2	2.2	1.15
36	4.6	2.4	1.15
42	3.1	2.8	1.1
52	2.6	3.0	1.1

กำหนดให้

$$K_{bio} = K_{Ox} V D_{Ox} M_{H_2O} / 100$$

ปริมาณออกซิเจนในชั้นปนเปื้อนต้องมีค่าไม่น้อยกว่า 5 เปอร์เซ็นต์ และค่าออกซิเจนในชั้นไม่ปนเปื้อนมีค่าอยู่ระหว่าง 19 ถึง 21 เปอร์เซ็นต์

ค่าความพรุนมีค่าเท่ากับ 0.3

Soil bulk density เท่ากับ 1600 kg/m<sup>3</sup>

Density of oxygen in air (D<sub>Ox</sub>) เท่ากับ 1330 mg/L

Mass ratio of hydrocarbon (hexane) to oxygen เท่ากับ 1 ต่อ 3.5

จงตอบคำถามต่อไปนี้ (10 คะแนน)

1. จงหารัศมีของการกระจายตัวของค่าออกซิเจนที่เติมลงไป
2. จงหาค่าอัตราการใช้ออกซิเจนต่อวัน
3. จงหาค่า Biodegradation rate
4. จงหาค่ารอบของการเติมอากาศ

ข้อที่ 3 จงตอบคำถามต่อไปนี้ (25 คะแนน)

3-1. การเผาไหม้ของเสียอันตรายในสถานะ (1) ก๊าซ (2) ของเหลว และ (3) ของแข็งนั้น เมื่อเผาแยกกันต้องใช้เตาเผาประเภทใดและอุปกรณ์ใดเพิ่มเติมสำหรับการเผาของเสียแต่ละชนิดจงอธิบาย (3 คะแนน)

3-2 จงอธิบายความหมายของ Higher explosive limit (HEL) และ Lower explosive limit (LEL) ตลอดจนแนะนำว่าในการทำงานต้องควบคุมให้ก๊าซมีความเข้มข้นในช่วงใด (3 คะแนน)

3-3 จากการเผาโทลูอีน อะซิโตน และ น้ำ ได้ค่า  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{O}_2$  และ  $\text{N}_2$  ในก๊าซที่ออกจากระบบแสดงดังตาราง กำหนดให้ค่าเปอร์เซ็นต์โดยโมลมีค่าเท่ากับเปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร จงหาเปอร์เซ็นต์ของสารต่างๆ ในก๊าซ และเมื่อกำหนดให้ค่าเปอร์เซ็นต์  $\text{O}_2$  ในก๊าซที่ออกจากระบบต้องมีค่ามากกว่า 5 เปอร์เซ็นต์ เตาเผาดังกล่าวผ่านมาตรฐานหรือไม่ (5 คะแนน)

	$\text{CO}_2$ (lb-mol/h)	$\text{H}_2\text{O}$ (lb-mol/h)	$\text{O}_2$ (lb-mol/h)	$\text{N}_2$ $\text{CO}_2$ (lb-mol/h)
โทลูอีน	19.56	13.04	5.87	132.46
อะซิโตน	33.63	33.63	8.99	202.50
น้ำ	-	2.78	-	-

3-4 กากของเสียอันตรายดังแสดงในตารางด้านล่างถูกนำมาเผาในเตาเผาที่ 2200 °F และ 50% excess air และมีเวลาในเตาเผาเท่ากับ 2.3 วินาที Principal Organic Hazardous Constituents (POHCs) ในกากของเสียอันตรายได้แก่ Benzene และ Toluene อัตราการไหลของก๊าซในเตาเผาที่มีค่าเท่ากับ 37,500 dscfm (dry standard cubic feet per meter) ความเข้มข้นของก๊าซออกซิเจนใน Flue gas มีค่าเท่ากับ 7.0%

Compound	Formula	MW	Inlet, lb/h	Outlet, lb/h
Benzene	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	78.11	1025	0.087
Chlorobenzene	C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> Cl	112.5	278	0.034
Toluene	C <sub>7</sub> H <sub>8</sub>	92.10	756	0.091
Hydrochloric acid	HCl	36.45	0	4.3

1. จงหาค่า Destruction and removal efficiency (DRE) ของสารอินทรีย์ทุกสาร

2. จงหาค่าต่อไปนี้ผ่านมาตรฐานหรือไม่

(a) POHCs

(b) HCl

(c) เตาเผาผ่านมาตรฐานหรือไม่ (9 คะแนน)

#### กำหนดให้

Federal performance standard สำหรับใช้เพื่อควบคุมมลพิษจากเตาเผาของเสียอันตราย

- Emission of HCl—4 lb/hour or 99% control. RCRA regulation will be probably changed to risk based limits for HCl and chlorine. MW of chlorine = 35.45
- Destruction and removal efficiency— The incinerator must demonstrate its capability to achieve a 99.99% DRE on one more selected Principal Organic Hazardous Constituents a supervised Trial Burn DRE is defined as:

$$DRE = \frac{W_{in} - W_{out}}{W_{in}} \times 100$$

เมื่อ DRE คือ destruction and removal efficiency (%)

$W_{in}$  คือ mass feed rate of a particular POHC

$W_{out}$  คือ mass emission rate of a particular POHC



3-5 จงออกแบบขนาดเตาเผาของเสียอันตรายแบบ Rotary Klin โดยไม่จำเป็นต้องใช้ 1 เตาเพื่อใช้เผาของเสียอันตราย ดังต่อไปนี้ (5 คะแนน)

Compound	Formula	MW	Inlet, lb	Heating value Btu/lb
Benzene	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	78.11	200	18900
Toluene	C <sub>7</sub> H <sub>8</sub>	92.10	200	18440
Hazardous waste (solid phase)	-	-	150	7250

**กำหนดให้**

Nominal heat release ของ Rotary Klin มีค่าเท่ากับ 17,500 Btu/(h-ft<sup>3</sup>)

เวลาในการเผาไหม้เท่ากับ 6.5 นาที

Rotary Klin โดยทั่วไปมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 - 10 ft และยาวประมาณ 25 - 35 ft

**ข้อที่ 4 จงตอบคำถามต่อไปนี้ (15 คะแนน)****4-1 จงอธิบายว่าทำไม Cement Based Stabilization จึงได้รับความนิยม (3 คะแนน)****4-2 Stabilization และ Solidification มีความเหมือนและความแตกต่างกันอย่างไรจงอธิบาย (3 คะแนน)****4-3 การดูดติดสารอินทรีย์ต้องใช้ดินเหนียวประเภทใด (Organophobic Clay) และ (Organophilic Clay) ดินเหนียวตามธรรมชาติเป็นดินเหนียวประเภทใด (3 คะแนน)****4-4 จากการสำรวจสถานที่ปนเปื้อนกากของเสียอันตรายแห่งหนึ่ง กว้าง 100 เมตร ยาว 200 เมตร และลึก 2 เมตร ดินมีความพรุนเป็น 0.4 วิศวกรได้ตัดสินใจที่จะใช้กระบวนการ *in situ* vitification ในการจัดการจากการศึกษาพบว่าต้องใช้ไฟฟ้า 1000 kWh/ton ดิน จงหาว่าต้องใช้พลังงานไฟฟ้าเท่าไร (kWh) ในการดำเนินการตลอดจนระยะการทรุดตัวของดินหลังจากการดำเนินการเสร็จสิ้นแล้วและปริมาตรดินที่ต้องการในการถมให้พื้นที่กลับสู่สภาพเดิม (6 คะแนน)****กำหนดให้**ดินในพื้นที่ศึกษามีค่าความหนาแน่นเท่ากับ  $1.9 \text{ ton/m}^3$ ;

**ข้อที่ 5 จงตอบคำถามต่อไปนี้ (10 คะแนน)**

จงวาดรูปแสดงระบบการฝังกลบกากของเสียอันตราย โดยในรูปต้องแสดงถึงชั้นต่างๆของระบบชั้นดาด ระบบเก็บน้ำชะขยะ ชั้นต่างๆของระบบคลุมทับ และระบบระบายน้ำฝน ตลอดจนอธิบายการติดตามเมื่อเลิกใช้งานหลุมแล้ว นอกจากนี้จงอธิบายว่าการฝังกลบกากของเสียอันตรายนั้นมีการดำเนินการเหมือนและต่างจากการดำเนินการฝังกลบกากของเสียชุมชนอย่างไร (8 คะแนน)

**ข้อที่ 6 จงตอบคำถามต่อไปนี้ (15 คะแนน)**

6-1 จงอธิบายวัตถุประสงค์ของการฟื้นฟูสถานที่ปนเปื้อนของเสียอันตราย (2 คะแนน)

6-2 การดำเนินการฟื้นฟูสถานที่ปนเปื้อนของเสียอันตรายแบบ active system ต่างกับแบบ passive System อย่างไรจงอธิบาย (3 คะแนน)

6-3 การควบคุมน้ำใต้ดิน แบบ Vertical Barriers มีกี่ประเภท จงวาด Plan view และอธิบายโดยสังเขป (5 คะแนน)

6-4 จงวาดภาพแสดงระบบ Soil Vapor Extraction (5 คะแนน)