เทคโนโลยีควบคุมสารเคมีอันตราย Technologies for Hazardous Waste Management

คม 200 การจัดการสารเคมีอันตรายและวัตถุมีพิษ 25/07/2556

อ.ดร.นเร ผิวนิ่ม Naray Pewnim 1800-2000 น.

สรุปเทคโนโลยีควบคุมสารเคมีอันตรายและวัตถุมีพิษ

1. ลดปริมาณของเสีย (Waste reduction)
2. ลดอันตรายของเสีย (Hazard reduction alternatives:)
   การจัดการและการกำจัดทิ้ง (treatment and disposal)
3. การกำจัดลงมหาสมุทร : การทิ้งและการกระจาย
   (Ocean use: disposal and dispersal)
4. แหล่งทิ้งที่ไม่ได้มีการควบคุม (Uncontrolled sites)

1. Waste reduction alternatives

1.1 การคัดแยกที่แหล่ง Source segregation

1.2 การเปลี่ยนแปลงกระบวนการผลิต Process modification

1.3 การทดแทนผลิตภัณฑ์ End product substitution

1.4 การกู้คืนและ/หรือแปรรูปแล้วนำกลับมาใช้ใหม่
Recovery and Recycling

Table 27.—Description of Technologies Currently Used for Recovery of Materials

Technology/description	stage of development	Economics	Types of waste streams	Separation efficiency	Industrial applications
Physical separation:					
Gravity settling:					
Tanks, ponds provide hold-up time allowing solids to settle; grease skimmed to overflow to another vessel	Commonly used in wastewater treatment	Relatively inexpensive; dependent on particle size and settling rate	Slurries with separate phase solids, such as metal hydroxide	Limited to solids (large particles) that settle quickly (less than 2 hours)	industrial wastewater treatment first step
Filtration:					
Collection devices such as screens, cloth, or other; liquid passes and solids are retained on porous media	Commonly used	Labor intensive; relatively inexpensive; energy required for pumping	Aqueous solutions with finely divided solids; gelatinous sludge	Good for relatively large particles	Tannery water
Flotation:					
Air bubbled through liquid to collect finely divided solids that rise to the surface with the bubbles	Commercial application	Relatively inexpensive	Aqueous solutions with finely divided solids	Good for finely divided solids	Refinery (oil/water mixtures); paper waste; mineral industry
Flocculation:					
Agent added to aggregate solids together which are easily settled	Commercial practice	Relatively inexpensive	Aqueous solutions with finely divided solids	Good for finely divided solids	Refinery; paper waste; mine industry
Centrifugation:					
Spinning of liquids and centrifugal force causes separation by different densities	Practiced commercially for small-scale systems	Competitive with filtration	Liquid/liquid or liquid/solid separation, i.e., oil/water; resins; pigments from lacquers	Fairly high [illegible]	Paints
Component separation					
Distillation:					
Successfully boiling off of materials at different temperatures (based on different boiling points)	Commercial practice	Energy intensive	Organic liquids	Very high separations achievable (99 + % concentrations) of several components	Solvent separations; chemical and petroleum industry
Evaporation:					
Solvent recovery by boiling off the solvent	Commercial practice in many industries	Energy intensive	Organic/inorganic aqueous streams; slurries, sludges, i.e., caustic soda	Very high separations of single, evaporated component achievable	Rinse waters from metal-plating waste

Technology/description	Stage of development	Economics	Types of waste streams	Separation efficiency	Industrial applications
Electrolysis:					
Separation of positively/negatively charged materials by application of electric current	Commercial technology; not applied to recovery of hazardous materials	Dependent on concentrations	Heavy metals; ions from aqueous solutions; copper recovery	Good	Metal plating
Carbon/resin absorption:					
Dissolved materials selectively absorbed in carbon or resins. Absorbents must be regenerated	Proven for thermal regeneration of carbon; less practical for recovery of adsorbate	Relatively costly thermal regeneration; energy intensive	Organics/inorganics from aqueous solutions with low concentrations, i.e., phenols	Good, overall effectiveness dependent on regeneration method	Phenolics
Solvent extraction:					
Solvent used to selectively dissolve solid or extract liquid from waste	Commonly used in industrial processing	Relatively high costs for solvent	Organic liquids, phenols, acids	Fairly high loss of solvent may contribute to hazardous waste problem	Recovery of dyes
Chemical transformation:					
Precipitation:					
Chemical reaction causes formation of solids which settle	Common	Relatively high costs	Lime slurries	Good	Metal-plating wastewater treatment
Electrodialysis:					
Separation based on differential rates of diffusion through membranes. Electrical current applied to enhance ionic movement	Commercial technology, not commercial for hazardous material recovery	Moderately expensive	Separation/concentration of ions from aqueous streams; application to chromium recovery	Fairly high	Separation of acids and metallic solutions
Chlorinolysis:					
Pyrolysis in atmosphere of excess chlorine	Commercially used in West Germany	Insufficient U.S. market for carbon tetrachloride	Chlorocarbon waste	Good	Carbon tetrachloride manufacturing
Reduction:					
Oxidative state of chemical changed through chemical reaction	Commercially applied to chromium; may need additional treatment	Inexpensive	Metals, mercury in dilute streams	Good	Chrome-plating solutions and tanning operations
Chemical dechlorination:					
Reagents selectively attack carbon-chlorine bonds	Common	Moderately expensive	PCB-contaminated oils	High	Transformer oils
Thermal oxidation:					
Thermal conversion of components	Extensively practiced	Relatively high	Chlorinated organic liquids; silver	Fairly high	Recovery of sulfur, HCl

[a]Good implies 50 to 80 percent efficiency, fairly high implies 80 percent, and very high implies 90 percent

SOURCE: Office of Technology Assessment.

2013 07 25

5

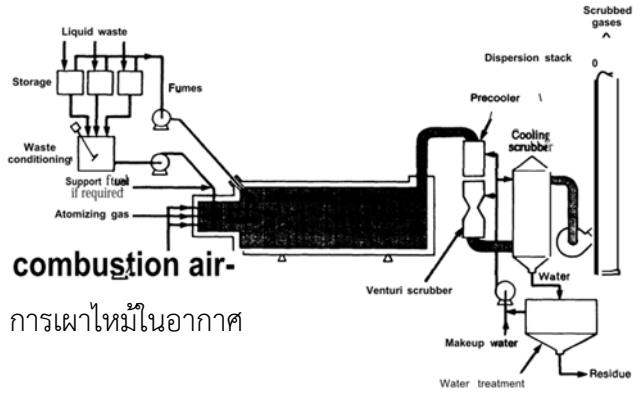
2. Hazard reduction alternatives

- การเผา Thermal and/or thermal treatment
- การฝังกลบ Landfill disposal
- การฝังกลบขั้นสูง Advanced landfills, injection wells
- การตรวจสอบการรั่วไหล Indirect monitoring, e.g. aquifer contamination
- การจัดการน้ำเสีย Waste water treatment: chemical, physical, and biological

2013 07 25

6

Figure 8.— Injection Liquid Incineration



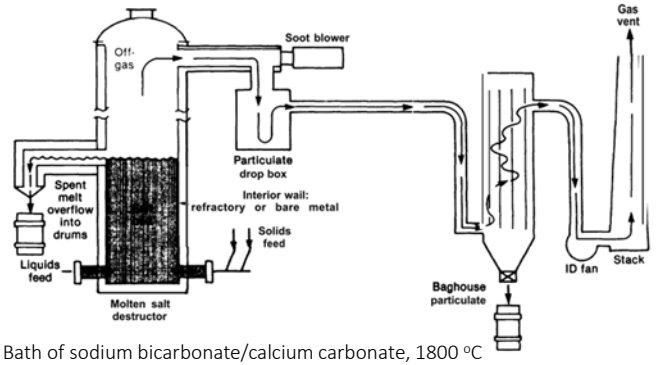
การเผาไหม้ในอากาศ

2013 07 25

7

การหลอมละลายของเสีย

Figure 9.—Molten Salt Destruction: Process Diagram

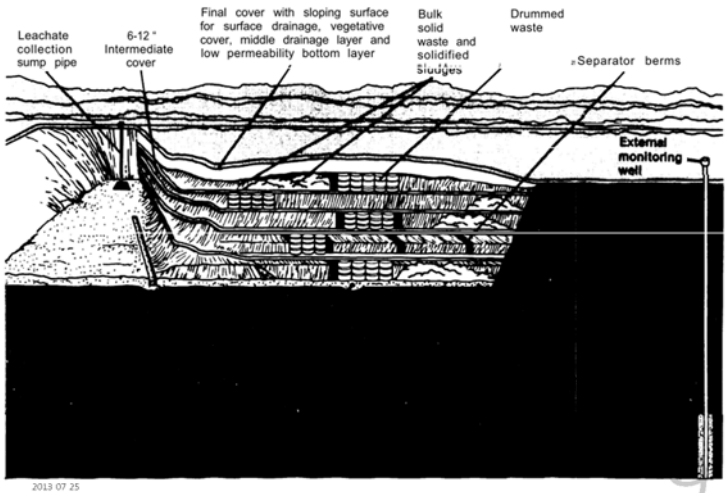


Bath of sodium bicarbonate/calcium carbonate, 1800 ^{o}C

2013 07 25

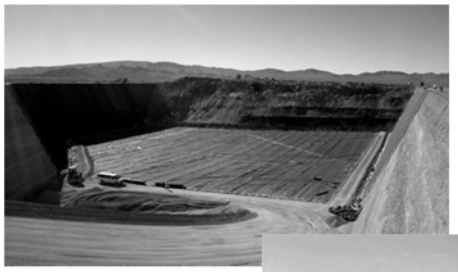
8

Figure 10.—Generalized Depiction of a Hazardous Waste Landfill Meeting Minimum Federal Design Criteria

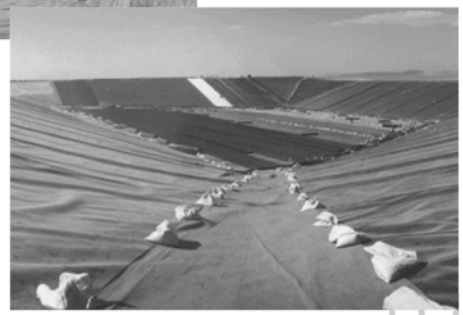


2013 07 25

9

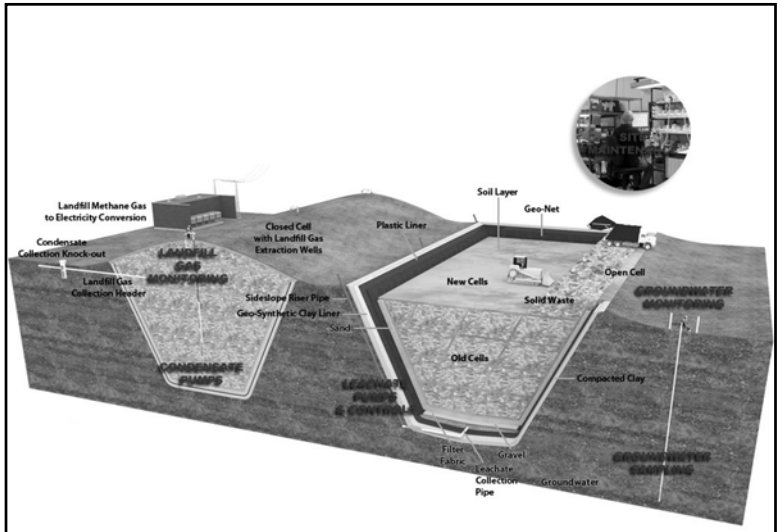


การปูพื้นป้องกัน
การรั่วซึม



2013 07 25

10



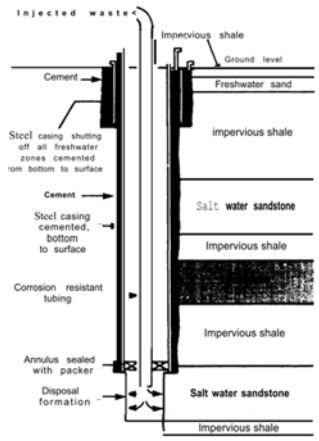
2013 07 25

11

การ “ฉีด” ของเสีย
ใต้ชั้นหินแล้วฝังกลบ
(Injection well)

Industry type	*Percent*
Chemical and allied products	49
Petroleum refining	20
Sanitary service	9
Oil and gas extraction	6
Primary metals	6
All others	10

Figure 13.—Schematic of Typical Completion Method for a Deep Waste Injection Well



SOURCE: R. B. Pojasek, Toxic and Hazardous Waste Disposal, vol. 4, Ann Arbor Science, 1980.

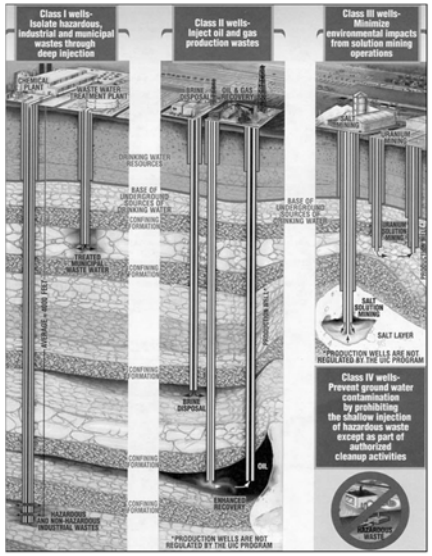
2013 07 25

12

น้ำเสียจากชุมชน

1,200 เมตร

โรงงาน
อุสาหกรรม



เหมืองแร่

2013 07 25

13

3. Ocean use: disposal and dispersal

- การฝังใต้ดินที่มีค่าใช้จ่ายสูง จึงมีการพยายามหาวิธีทดแทน
- แนะนำเมื่อไม่มีทางเลือกอื่น (พื้นที่จำกัด)
- มีการทดลองที่ระดับความลึก 60 m (Orange County, 1972) พบว่าใช้ระยะเวลากว่า 1 ปี กว่าจะเห็นผลกระทบต่อสภาพแวดล้อม
- หลังจากหยุดการทดลองพบว่ามีการฟื้นฟูสู่สภาพเดิมภายใน 2 ปี
- ข้อเสียหลักคือไม่มีข้อมูลเพียงพอเกี่ยวกับผลกระทบระยะยาว

2013 07 25

14

4. Uncontrolled sites

- แหล่งที่ยังใช้งานและมีการปลดปล่อยสารสู่สภาพแวดล้อมแต่ไม่จัดว่าอันตราย
- แหล่งที่ไม่มีการใช้งาน (เต็ม/รับของเสียเพิ่มไม่ได้) แต่ยังต้องตรวจสอบเป็นระยะ
- แหล่งที่ถูกทิ้งหรือปล่อยให้ร้างหรือมีการทิ้งผิดกฎหมาย

- การจัดการขึ้นอยู่กับสถานการณ์ ความอันตรายของสารเคมี? ใกล้แหล่งน้ำ?

2013 07 25

15

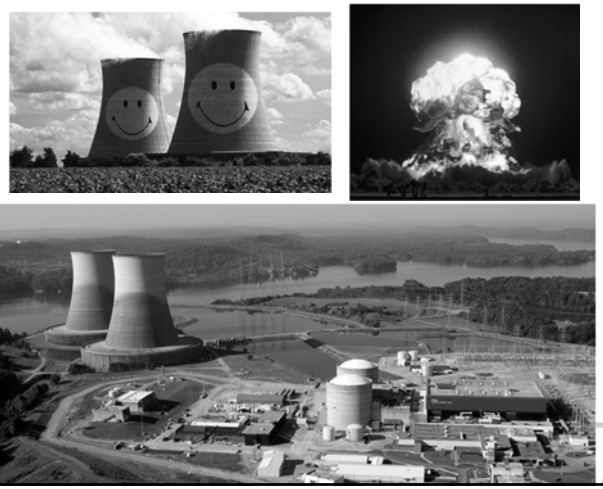
กรณีศึกษา Case studies

- Chernobyl, Ukraine (ex. USSR)	26 April 1986
- Fukushima, Japan	11 March 2011
- BP oil spill, Gulf of Mexico	20 April 2010
- Smethwick fire, UK	1 July 2013
- West Texas Fertilizer Plant Explosion, USA	17 April 2013

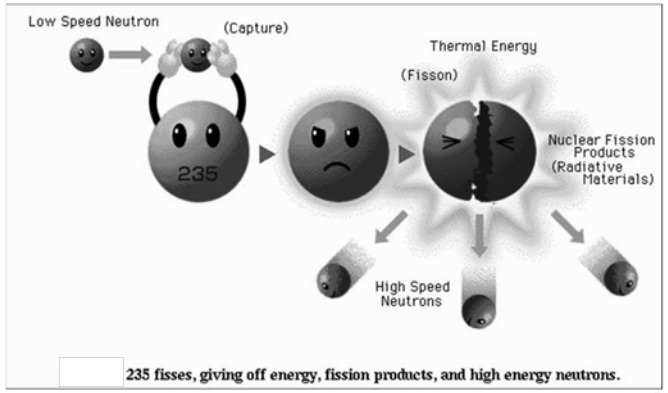
2013 07 25

16

พลังงานนิวเคลียร์ Nuclear Power

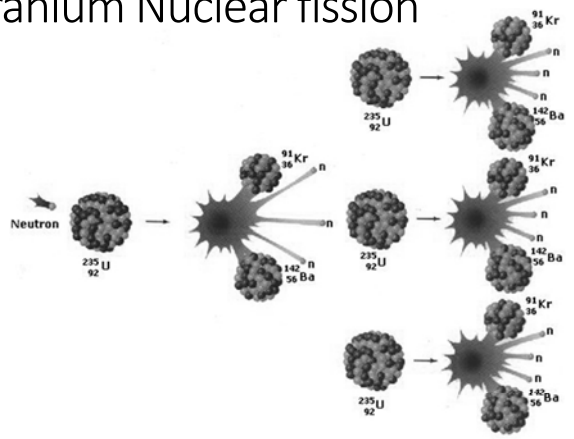


Nuclear fission

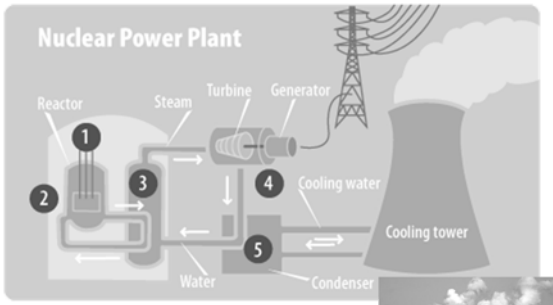


235 fisses, giving off energy, fission products, and high energy neutrons.

Uranium Nuclear fission



โรงงานไฟฟ้านิวเคลียร์ Nuclear power plant

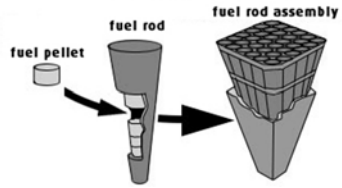


1. Fuel Rods
2. Uranium fission
3. Water → steam
4. Turbine
5. Steam → water

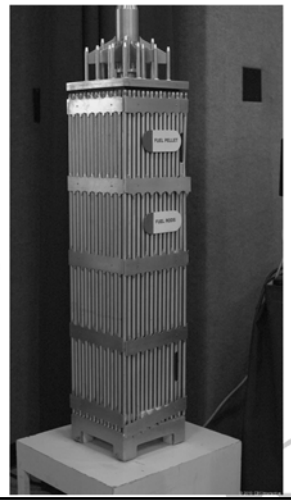
1. แท่งเชื้อเพลิง
2. Uranium ฟิชชัน
3. น้ำ → ไอน้ำ
4. เครื่องปั่นไฟฟ้า
5. ไอน้ำ → น้ำ

280 °C – Normal
1,200 °C – Meltdown!

แท่งเชื้อเพลิง fuel rods



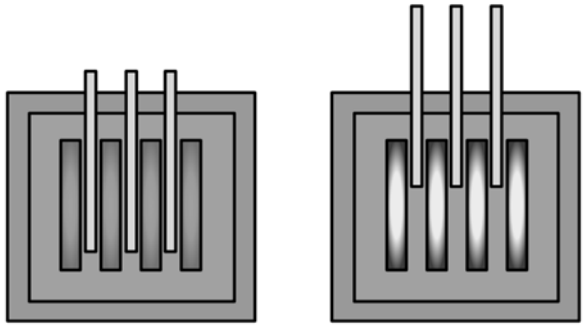
3.6 m long



2013 07 25

1

แท่งควบคุม Control rods



ลดปฏิกิริยา (COOL)

เพิ่มปฏิกิริยา (HOT!!!)

2013 07 25

22

Control rods (silver, indium, cadmium)

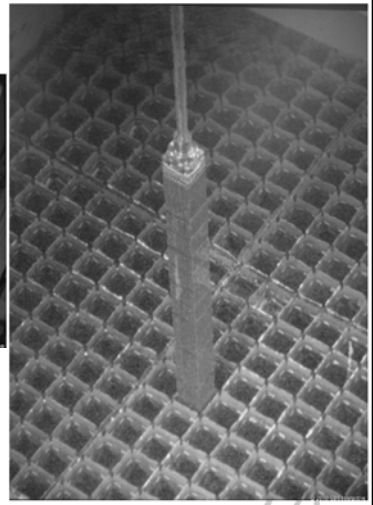
Can absorb neutrons without fissioning themselves

80% Ag, 15% In, and 5% Cd alloy

2013 07 25

23

การเปลี่ยนแท่งเชื้อเพลิง



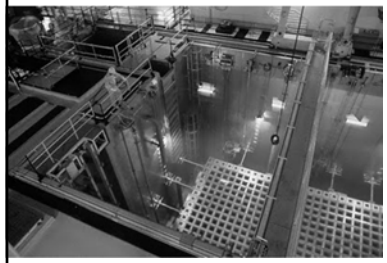
Rods are in “heavy” water, D_2O aka deuterium

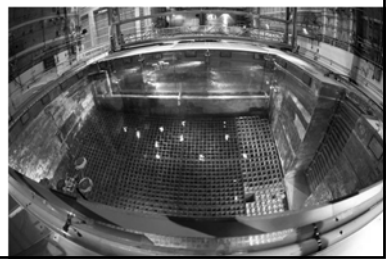
Normal water, nucleus = 1 proton
Heavy water, nucleus = 1 proton + 1 neutron

2013 07 25

24

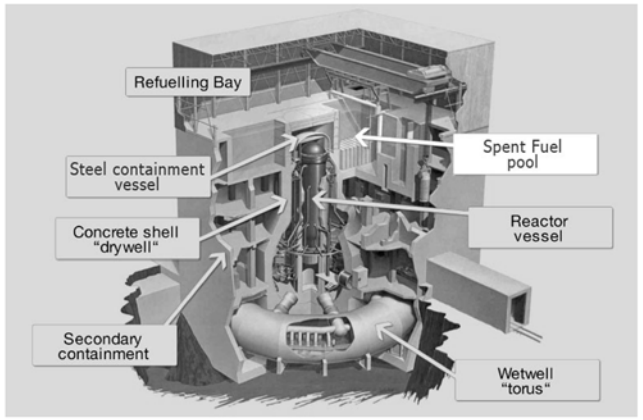
การจัดเก็บแท่งเชื้อเพลิงที่ใช้แล้ว Spent fuel rods





แท่งเชื้อเพลิงใช้เวลา“เย็นตัว” > 19 เดือน

บางแห่งบรรจุได้มากกว่า 6,000 แท่ง

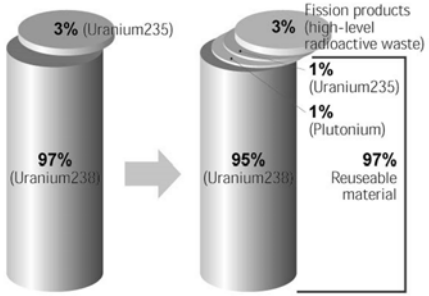


2013 07 25

26

Spent fuel rods reprocessing

- แยก Plutonium ออก ใช้ในส่วนประกอบระเบิดนิวเคลียร์
- ลดปริมาตร Uranium ให้น้อยลง ง่ายต่อการจัดการ ประหยัดพื้นที่
- อันตราย/กัมมันตภาพรังสีไม่ได้ลงลด ยังจำเป็นต้องฝัง



2013 07 25

27

Chernobyl Disaster
26 April 1986

2013 07 25

28

What went wrong?

-Reactor 4 at Chernobyl consisted of about 1,600 individual fuel channels; each required a coolant flow of 28 metric tons (28,000 L) per hour

-Testing of low power output

-Human error, power dropped to 1% instead of 30%

-Emergency shut down, all control rods lowered

-Control rods were graphite tipped, as they entered the core a power surge occurred

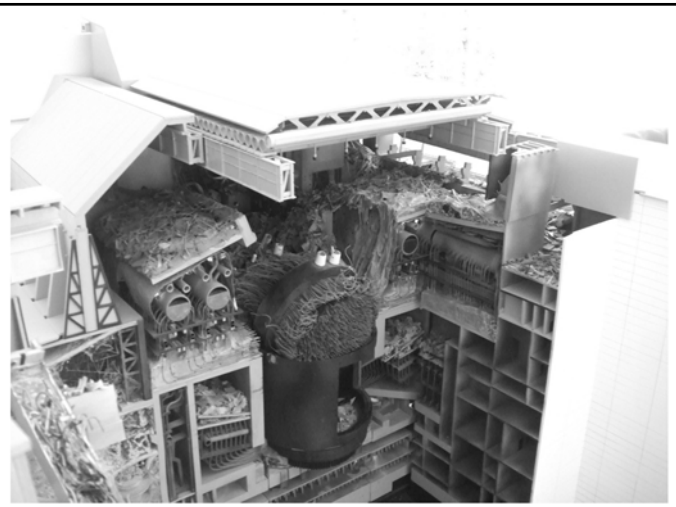
-Power surge → increase steam → explosion

2013 07 25 29

เกิดอะไรขึ้น?

- เตาปฏิกรณ์ 4 มีแท่งเชื้อเพลิง 1,600 แท่ง ซึ่งต้องการน้ำปริมาณ 28 ตัน (28,000 ลิตร) ต่อชั่วโมงในการทำให้เย็นตัว
- ได้มีการทดสอบการปฏิบัติงานเมื่อพลังงานต่ำ (ไฟฟ้าดับ)
- ผู้ควบคุมทำงานผิดพลาด ปรับพลังงานมาที่ระดับ 1% (ควรจะเป็น 30 %)
- อุณหภูมิเพิ่มขึ้นสูงเกินไป ระบบให้ความเย็นทำงานไม่ทัน
- หยุดการทำงานฉุกเฉิน แท่งควบคุมทั้งหมดถูกใส่ไปในเตาปฏิกรณ์
- แท่งควบคุมมี graphite เคลือบปลาย ทำให้เกิดไฟกระชากเมื่อเข้าสู่เตาปฏิกรณ์
- ไฟกระชาก → ควบคุมระบบไม่ได้ → ไอน้ำเพิ่มขึ้น → ระเบิด

2013 07 25 30



2013 07 25 31

Fukushima Daiichi Nuclear Disaster
11 March 2011

What went wrong?

- Control rods rose into reactor to stop fusion
- But fuel rods were still hot
- Power outage after earthquake, water pumps dead
- 2nd emergency, diesel powered generator sprays rods with coolant
- Tsunami hits, emergency generators stopped
- 3rd safety converts steam → water to cool the rods, but water levels were low, temp. still rose
- Emergency sea water pumped in

เกิดอะไรขึ้น?

- แผ่นดินไหว วันที่ 11 มีนาคม หยุดการทำงานโดยแท่งควบคุม
- แต่แท่งเชื้อเพลิงยังร้อนอยู่
- ไฟฟ้าดับหลังจากแผ่นดินไหว ปั๊มน้ำไม่ทำงาน
- Backup 2, เครื่องยนต์น้ำมันดีเซลทำงานฉีดน้ำเข้าสู่เตาปฏิกรณ์
- Tsunami hits! เครื่องยนต์ดีเซลหยุดทำงาน
- Backup 3, เครื่องควบแน่นเปลี่ยนไอน้ำ → น้ำเพื่อให้แท่งเชื้อเพลิงเย็น
- แต่ว่าระดับน้ำในเตาปฏิกรณ์ต่ำ(มีการรั่ว)ทำให้อุณหภูมิเพิ่มขึ้นจนระเบิด
- มีการพยายามสูบน้ำทะเลเย็นเข้าสู่เตาปฏิกรณ์ 4 แต่สายเกินไป...ระเบิด วันที่ 15 มีนาคม