

อุบัติเหตุที่ JCO  
แปลจากเอกสารของ  
SHINICHI SUGA

Nuclear Technology and Education Center, JAERI

แปลและสรุปโดย  
มงคล จุลละนันท์  
สำนักงานปรมาณูเพื่อสันติ

## 1. บทนำ

ความปลอดภัยที่แท้จริงต้องปลอดภัยแค่ไหน ความปลอดภัยขึ้นอยู่กับหลายอย่าง เช่น ความเสี่ยง อันตรายที่อาจเกิดขึ้น ปัจจัยจากมนุษย์ และความเข้มข้นของวัฒนธรรมความปลอดภัย ในย่อหน้าที่ 4 ของหนังสือ ICRP 63 เขียนไว้ว่า

*มาตรการแรกของการป้องกันประชาชนและผู้ปฏิบัติงานจากความเสียหายใดๆที่มีอยู่ในสถานปฏิบัติการทางนิวเคลียร์หรือสถานที่ใช้สารรังสี มาจากความรู้ความสามารถของกลุ่มผู้ปฏิบัติงาน (ทั้งผู้ปฏิบัติงานและผู้ซ่อมบำรุง) การพิทักษ์ความปลอดภัยด้านวิศวกรรมการออกแบบ คุณภาพของการก่อสร้างความรู้ถึงลักษณะตำแหน่งของสารรังสี และ ประสิทธิภาพของการควบคุมคุณภาพในการปฏิบัติงานและซ่อมบำรุง มาตรการนี้จะช่วยลดทั้งโอกาสที่จะเกิดอุบัติเหตุและความรุนแรงของการเกิดอุบัติเหตุลงไปได้*

*ถึงแม้จะมีการใช้มาตรการดังกล่าวข้างต้นทั้งหมดแล้วก็ตามก็ไม่ได้หมายความว่าจะไม่เกิดอุบัติเหตุขึ้น เพื่อการป้องกันเป็นระดับที่สองจึงจำเป็นต้องมีการเตรียมแผนฉุกเฉินทางรังสีเพื่อลดและบรรเทาผลของอุบัติเหตุทางรังสี*

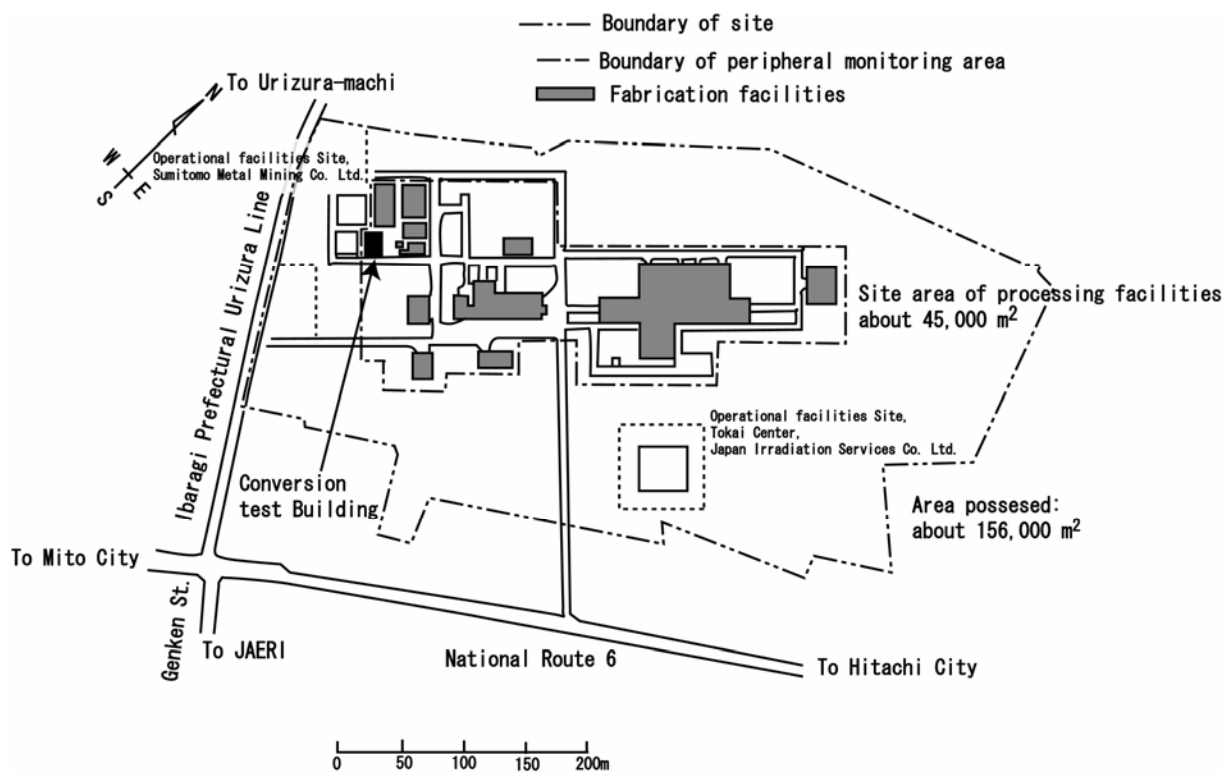
## 2. อุบัติเหตุจากการเกิดวิกฤติที่ JCO

### 2.1 ทั่วไป

อุบัติเหตุเกิดขึ้นในวันที่ 30 กันยายน 2542 ที่โรงงานแปรรูปเชื้อเพลิงนิวเคลียร์ในหมู่บ้านโตไก ซึ่งอยู่ห่างจากกรุงโตเกียวขึ้นไปทางเหนือประมาณ 100 ก.ม. อุบัติเหตุครั้งนี้เป็นครั้งที่รุนแรงที่สุดเท่าที่เคยเกิดขึ้นในสถานปฏิบัติการทางนิวเคลียร์ของญี่ปุ่น คนงาน 3 คน ได้รับรังสีนิวตรอนในปริมาณที่สูงมาก 2 คนเสียชีวิตในเวลาต่อมา ผู้ปฏิบัติงานคนอื่นๆ ผู้ที่เข้าไปให้ความช่วยเหลือ(หน่วยบรรเทาสาธารณภัย) และประชาชนที่อาศัยอยู่ในบริเวณใกล้เคียงโรงงาน ได้รับรังสีในปริมาณที่ต่ำกว่า สภาวะวิกฤติเกิดขึ้นนานถึง 20 ชม. จึงมีการอพยพผู้คนที่อยู่ใกล้เคียงโรงงานนี้ถึง 2 วัน

## 2.2 สาเหตุของอุบัติเหตุ

รูปที่ 1 เป็นแผนที่แสดงที่ตั้งของ JCO ในโตไก ในโรงงานแปรรูปยูเรเนียมของ JCO วันที่ 29 กันยายน 2542 คนงาน 3 คนกำลังทำยูเรเนียมในเตาความเข้มข้น 18.8% จากผงยูเรเนียม เพื่อที่จะนำไปใช้กับเครื่องปฏิกรณ์ทดลองชื่อ JOYO ของสถาบันพัฒนาวิจัยเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์ของ JNC



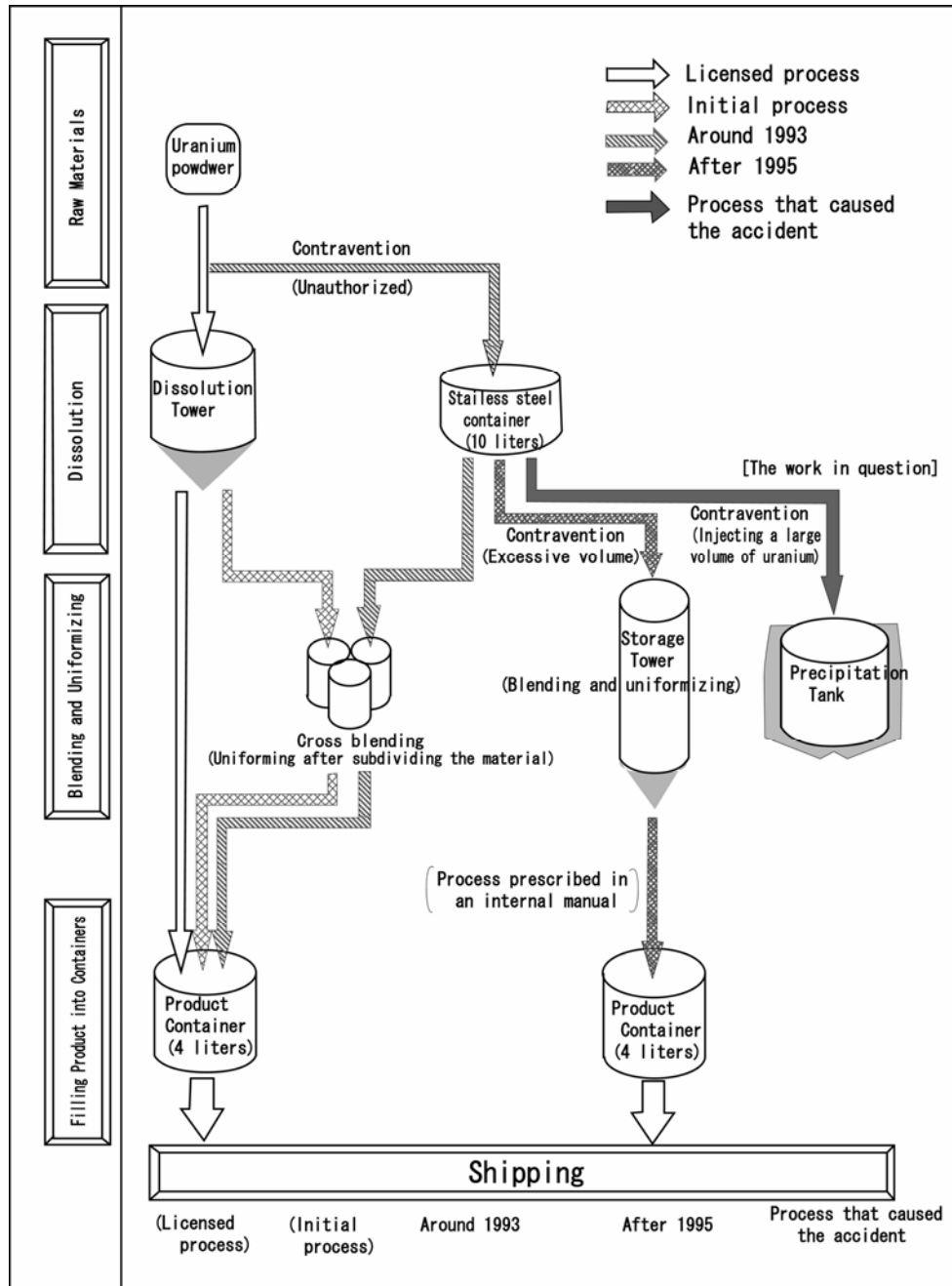
รูปที่ 1 แผนที่แสดงที่ตั้งของ JCO

เชื้อเพลิงนิวเคลียร์จะเข้าสู่สถานะวิกฤติ (เกิดปฏิกิริยานิวเคลียร์อย่างต่อเนื่อง) ได้ถ้าอยู่ในสภาพที่เพียงพอ ในโรงไฟฟ้านิวเคลียร์จะควบคุมสถานะวิกฤติของเครื่องปฏิกรณ์ให้เป็นไปอย่างต่อเนื่องและคงที่แล้วนำพลังงานที่เกิดขึ้นไปใช้ ส่วนในโรงงานผลิตเชื้อเพลิงนิวเคลียร์จะต้องป้องกันไม่ให้เกิดสถานะวิกฤติขึ้น โดยการจำกัดปริมาณของเนื้อเชื้อเพลิง ความเข้มข้น และขนาดรูปร่างของภาชนะที่บรรจุเชื้อเพลิงนิวเคลียร์ซึ่งระบุไว้ในการบริหารความปลอดภัยของโรงงาน

ในกรณีของ JCO อุบัติเหตุเกิดจากการทำงานในทางที่ไม่ถูกต้อง แทนที่จะผสมกรดไนตริกกับผงยูเรเนียมใน dissolution tower ตามขบวนการที่ได้ขออนุญาตไว้ กลับผสมในถังสแตนเลสถึงผสมที่ได้รับอนุญาตจะใส่ยูเรเนียมได้ไม่เกิน 2.4 กิโลกรัม ซึ่งจะไม่ทำให้เกิดสถานะวิกฤติขึ้นได้ ขบวนการที่แตกต่างไปจากขบวนการที่ได้รับอนุญาตนี้แสดงในรูปที่ 2

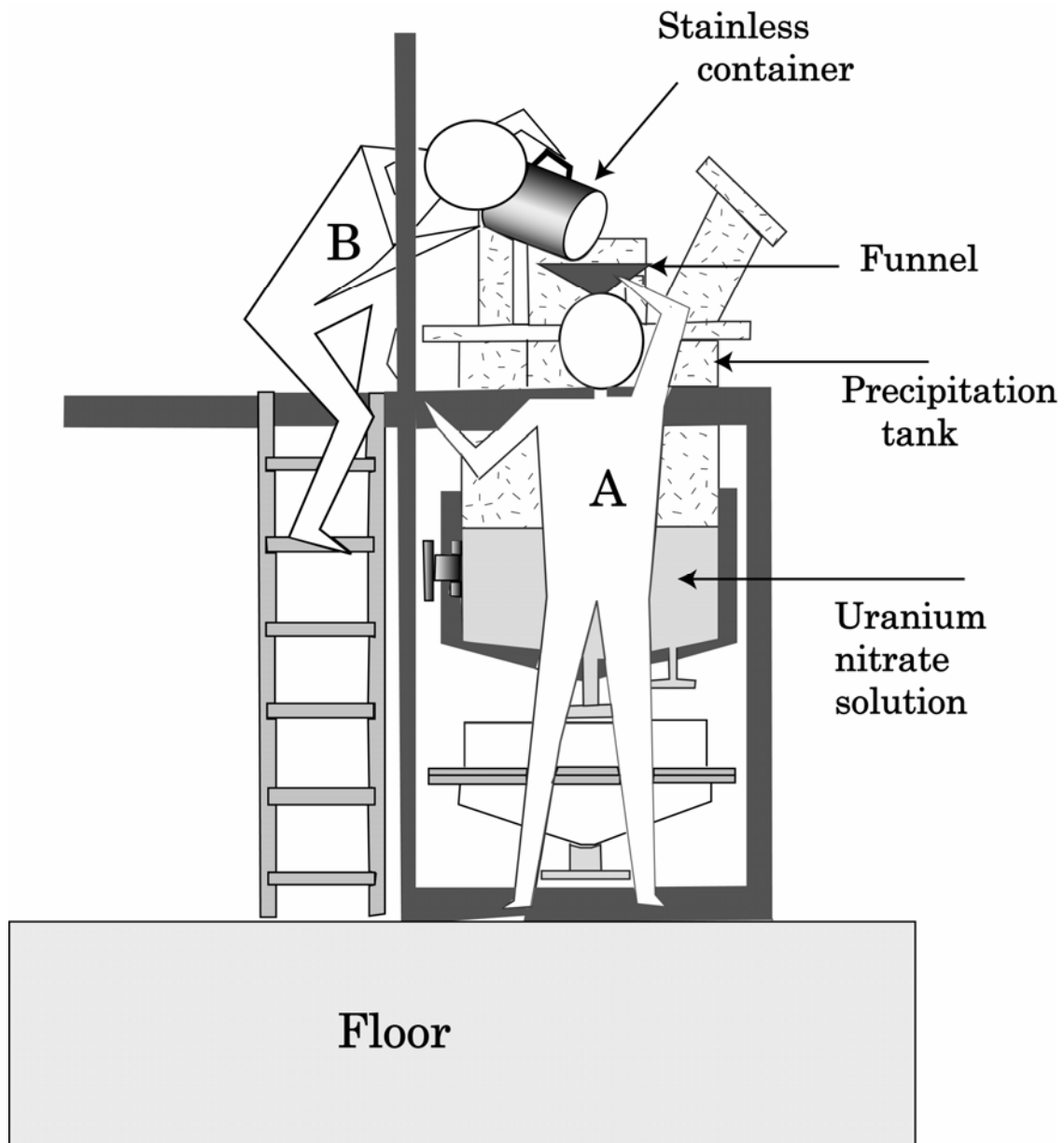
ในปี พ.ศ. 2542 JCO ได้รับใบสั่งงานให้ผลิตสารละลายยูเรเนียมในเตาปริมาณ 160 ลิตร (ยูเรเนียม 60 กิโลกรัม) จาก PNC ในวันที่ 30 กันยายน 2542 คนงานได้ทำงานนี้ในขั้นตอนสุดท้ายคือการทำให้ความเข้มข้นของส่วนผสมของผลผลิตจากแต่ละล็อตมีค่าเท่ากัน โดยการทดสอบละลาย

ที่ได้จากแต่ละล็อตรวมกันในถังผสม ในวันที่ 29 กันยายน ได้มีการทดสอบละลาย 4 ล็อต (แต่ละล็อตมียูเรเนียม 2.4 กิโลกรัม รวมเป็น 9.6 กิโลกรัม) ไว้ในถังผสมแล้ว



รูปที่ 2 ขบวนการผลิต

เวลา 10:35 น. วันที่ 30 กันยายน สารละลายถูกเทเพิ่ม ไปอีก 2 ล็อต ขณะที่คนงาน 2 คน กำลังเทล็อตที่ 3 ตามรูปที่ 3 และมีคนงานอีกคนหนึ่งทำงานอยู่ในบริเวณใกล้เคียงกันนั้น การเทครั้งนี้ทำให้มีปริมาณยูเรเนียมรวมกันถึง 16 กิโลกรัม โดยมีปริมาณสารละลาย 44 ลิตร สัญญาณเตือนภัยจากเครื่องวัดรังสีแกมมาก็ดังขึ้น คนงานคนหนึ่งป่วยและล้มลงทันที คนงานอีกคนหนึ่งบอกในภายหลังว่าเขาเห็นแสงสีฟ้าสว่างวาบขึ้นมาในตอนนั้น มันเป็นแสงที่เกิดจากการเข้าสู่สภาวะวิกฤติครั้งแรกของอุบัติเหตุครั้งนี้



รูปที่ 3 การปฏิบัติงานขณะเกิดอุบัติเหตุ

ตารางที่ 1 แสดงสรุปเหตุการณ์สำคัญของอุบัติเหตุในครั้งนี้ คนงานที่ประสบเหตุหยุดปฏิบัติงานรีบออกไปห้องอื่นของอาคารผู้ที่ได้รับรังสีสูงสุดได้รับการช่วยเหลือออกมา มีการรายงานเหตุไปยังผู้บริหาร และเรียกรถพยาบาล เจ้าหน้าที่ฉุกเฉินจากท้องถิ่นเข้าไปในอาคารโดยไม่ได้รับรู้ว่าเกิดอุบัติเหตุทางนิวเคลียร์ขึ้นที่นั่น

ผู้บริหารของ JCO สั่งอพยพคนงานออกพื้นที่รวมถึงอาคารอื่นด้วย และรายงานเหตุไปยังกระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี รวมถึงเขตและจังหวัดด้วย จากคำให้การที่บอกว่า “แสงวาบสีฟ้า” และการที่มีรังสีเพิ่มขึ้นโดยทันที จะบ่งบอกถึงอุบัติเหตุจากการเข้าสู่สภาวะวิกฤติ แต่ในรายงานที่รายงานไปมีเพียงคำว่า “เป็นไปได้” เท่านั้น

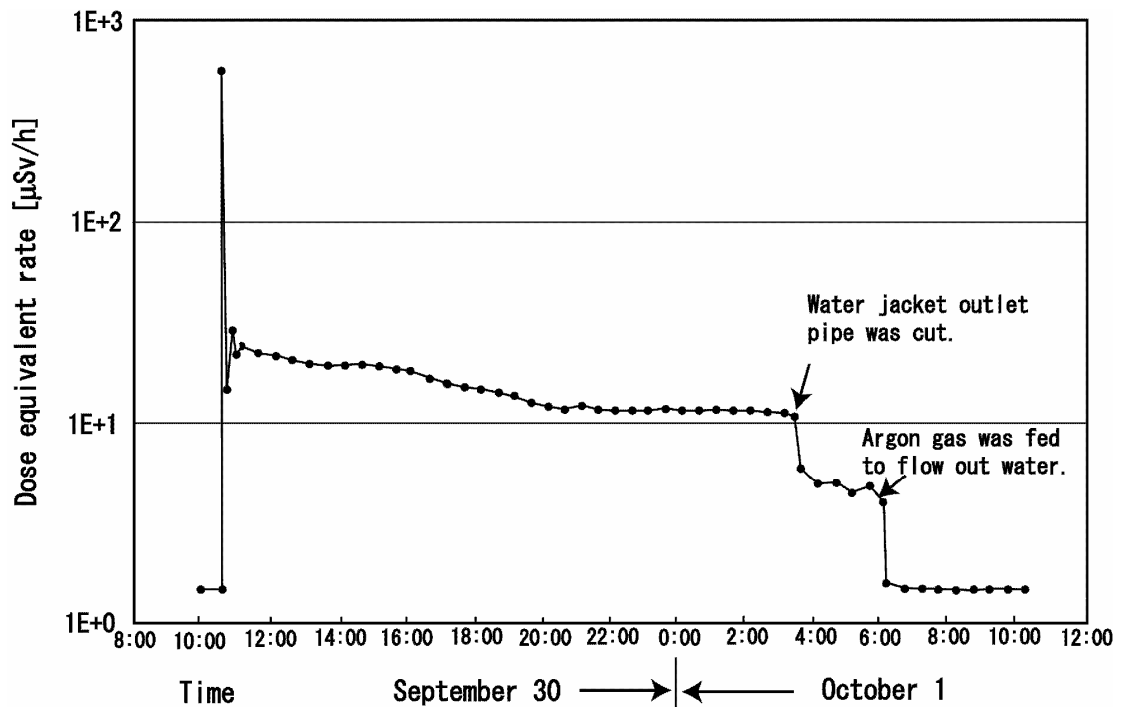
**Table 1** Main Chronology of the accident

Date	Physical Incidents	Formal Actions
Sept. 30 1999	10:35 Accident (Burst part)	~11:15 Report to Tokai-mura 11:19 municipality 15:00 Report to the government Counsel by the mayor of Tokai-mura to evacuate for residents within 350 meters
	12:07 Arrival of the three workers at Mito Hospital	~15:30 On-site Countermeasure Headquarter (government) established
	15:25 Transport of the three to NIRS (National Institute of Radiological Sciences) by helicopter	
	16:30 Neutron monitoring started	22:30
	~17:00 Continuation of criticality confirmed	Counsel of indoor sheltering for the residents within 10 km by the governor of Ibaraki Prefecture
Oct. 1	~2:00 Start draining of cooling water	16:30 The counsel of indoor sheltering canceled.
	6:03 End of criticality	
	8:30 Injection of boron water into the tank	
Oct. 2		18:30 The counsel to evacuate canceled.
Dec. 21	Death of a personnel	
April 27 2000	Death of another personnel	

ผู้ป่วย 3 คนถูกนำส่งโรงพยาบาลแห่งชาติที่ มิโตะ และต่อมาถูกนำส่งสถาบันวิทยาศาสตร์ทางรังสีแห่งชาติที่ ชิเบะ โดยเฮลิคอปเตอร์ (ต่อมาหลังจากนั้น 2-3 เดือน ผู้ป่วย 2 คนก็เสียชีวิต ส่วนอีกคนหนึ่งสามารถรักษาได้)

ในช่วงบ่ายของวันนั้น สถานีโทรทัศน์หลายสถานีเริ่มออกข่าวเกี่ยวกับอุบัติเหตุ สถาบันวิจัยสองแห่ง ได้แก่ JAERI และ JNC เริ่มรวบรวมทีมป้องกันสาธารณะภัย สถานีวัดรังสีนิวตรอนหลายสถานี ของ JAERI ที่ Naka สามารถวัดการเพิ่มของนิวตรอนในช่วงสั้นๆ ได้ แล้วก็กลับเข้าสู่ระดับปกติ แต่ก็ไม่ได้ให้ความสนใจมากนักในเวลานั้น

ที่ JCO ไม่มีเครื่องวัดนิวตรอน ใดๆก็ตามเครื่องวัดรังสีแกมมาก็บันทึกการเปลี่ยนแปลงของระดับรังสีไว้ดังแสดงในรูปที่ 4 พวกเขาหวังเรื่องระดับรังสีแกมมาที่สูงขึ้นเรื่อยๆ โดยไม่เข้าใจอย่างชัดเจนหรือเห็นว่าได้เกิดสภาวะวิกฤติขึ้น พวกเขาขอให้เจ้าหน้าที่ของหมู่บ้านอพยพผู้ที่อาศัยอยู่รอบๆ โรงงาน



รูปที่ 4 ระดับรังสีแกมมาจากเครื่องวัดรังสีของ JCO

เวลาประมาณ 15:00 น. หัวหน้าหมู่บ้านตั้งอพยพผู้อยู่อาศัยในรัศมี 350 เมตรรอบโรงงาน JCO มีผู้อพยพประมาณ 200 คนจาก 52 ครอบครัว

เวลาประมาณ 15:30 น. ได้จัดตั้งศูนย์บัญชาการของรัฐบาลจีนที่ JAERI ผู้เชี่ยวชาญของ JAERI ได้แนะนำว่าอาจเกิดภาวะวิกฤตอย่างต่อเนื่อง จากคำแนะนำจึงมีการวัดนิวตรอนรอบๆ บริเวณ JCO จนกระทั่งเวลา 18:00 น. จึงมีความเห็นพ้องต้องกันว่ายังคงเกิดสถานะวิกฤตอยู่ สมาชิกของศูนย์บัญชาการเริ่มหาวิธีที่จะหยุดปฏิกิริยานี้ มีการเตรียม สาร โบรอน และการปฏิบัติการอื่นๆ

เวลา 22:30 ผู้ว่าการอิบารากิออกคำสั่งให้ประชาชนในรัศมี 10 กิโลเมตรต้องอยู่ในบ้าน หรืออาคารซึ่งส่งผลถึงประชาชน 310,000 คน ก่อนหน้านี้อินนและการขนส่งทางรถไฟในบริเวณใกล้เคียง ได้ถูกปิดลงแล้ว

เวลาใกล้เคียงกันศูนย์บัญชาการได้รับแบบแสดงรายละเอียดของภาชนะที่เกิดปัญหา ในแบบแสดงให้เห็นว่ามีน้ำหล่อเย็นล้อมรอบภาชนะนี้อยู่ จากการคำนวณแสดงว่าหากระบายน้ำออก จะทำให้ถังนี้อยู่ในสถานะได้วิกฤต(หยุดปฏิกิริยาถูกโซ่) ได้ ท่อน้ำที่ป้อนน้ำหล่อเย็นของถังนี้อยู่ นอกอาคาร ชุดปฏิบัติการพิเศษถูกแต่งตั้งจากกลุ่มคนงานของ JCO เพื่อที่จะทำการปิดวาล์วและตัดท่อน้ำ

การปฏิบัติการเริ่มขึ้นตอน 02:35 น. ของวันที่ 1 ต.ค. 2542 การปฏิบัติการมีขึ้นหลายครั้ง แต่แต่ละครั้งใช้คน 2-3 คน เพื่อป้องกันไม่ให้แต่ละคนได้รับรังสีเกินขีดจำกัด ถ้าไม่นับรวมคนงาน 3 คนแรกแล้ว ผู้ที่ได้รับรังสีสูงสุดจากอุบัติเหตุอยู่ในกลุ่มผู้ปฏิบัติการครั้งนี้

การระบายน้ำหล่อเย็นสำเร็จเมื่อเวลา 6:03 น. ระดับรังสีนิวตรอนลดลงอย่างมาก รวมเวลาที่เกิดสภาวะวิกฤติเท่ากับ 20 ช.ม. เมื่อระดับรังสีลดลงแล้วคนงานจึงเข้าไปเติมน้ำผสมโบรอนเข้าไปในถังเพื่อรักษาสภาพได้วิกฤติไว้

ถึงแม้ปฏิกิริยาถูกโซ่จะหยุดลงแล้ว แต่ผลพวงของปฏิกิริยาถูกโซ่ยังทำให้กัมมันตรังสีแกมมาในระดับที่ถือว่าสูงอยู่ จึงมีการก่องกระสอบทรายรอบๆอาคารไว้ ต้องใช้เวลามากกว่าจะยกเลิกคำสั่งที่มีต่อประชาชน คำสั่งให้อยู่แต่ในบ้านยกเลิกเมื่อ 16:30 น. และคำสั่งอพยพคนในรัศมี 350 เมตรยกเลิกเมื่อ 18:30 น. ของวันที่ 2 ตุลาคม 2542 ซึ่งเป็นวันที่ 3 หลังวันที่เกิดอุบัติเหตุ

### 2.3 การประมาณค่าการเกิดปฏิกิริยาและรังสี

ตารางที่ 2 แสดงคุณลักษณะทางนิวเคลียร์ของการเกิดอุบัติเหตุในครั้งนี้ ช่วงเวลาของการเกิดภาวะวิกฤติแบ่งออกเป็นสองส่วนใหญ่ๆ ส่วนแรกคือการเกิดวิกฤติครั้งแรก (พลังงานพุ่งขึ้นสูงมากในช่วงเวลาสั้นๆ) และส่วนหลังที่มีการที่มีการเกิดวิกฤติเป็นช่วงสั้นๆ หลายครั้ง จากการวิเคราะห์สารละลายของยูเรเนียมได้ค่าการแตกตัวทั้งหมดเท่ากับ  $2.5 \times 10^{18}$  ครั้ง(สองล้านห้าแสนล้าน ล้าน ครั้ง) พลังงานทั้งหมดของสองส่วนคิดเป็น 11% และ 89% ตามลำดับ

**Table 2** Summary of fission in the accident

Item	Data
Fission Total number	$2.5 \times 10^{18}$
Total heat production	$8.0 \times 10^7$ joule
Fraction of burst / continuous parts	11 % / 89 %
Uranyl-nitrate solution Enrichment	18.8 %
Total uranium weight	16.6 kg
Amount of some fission products*)	
$^{131}\text{I}$ (8.02 d)	$7.22 \times 10^{10}$ Bq
$^{133}\text{I}$ (20.8 h)	$1.55 \times 10^{12}$ Bq
$^{133}\text{Xe}$ (5.24 d)	$2.56 \times 10^{11}$ Bq
$^{137}\text{Cs}$ (30.1 y)	$1.13 \times 10^8$ Bq
$^{138}\text{Cs}$ (32,2 m)	$6.0 \times 10^{13}$ Bq

\*) Calculated assuming fission during an infinitesimal period.

ความร้อนที่เกิดจากภาวะวิกฤติครั้งแรกทำให้อุณหภูมิของสารละลายเพิ่มขึ้นประมาณ 50 องศาเซลเซียส ซึ่งยังไม่ถึงจุดเดือด จากนั้นอุณหภูมิของสารละลายจะเย็นลงจากการที่มีน้ำหล่อเย็นอยู่ จึงเกิดภาวะวิกฤติตามมาอีกหลายครั้ง การเกิดปฏิกิริยาถูกโซ่ถูกควบคุมโดยอุณหภูมิของสารละลายยูเรเนียมด้วยตัวของมันเอง

ตารางที่ 3 แสดงถึงการได้รับรังสีของแต่ละบุคคล แบ่งเป็น 3 กลุ่ม คือ กลุ่มคนงานของ JCO กลุ่มบรรณาธิการณะภัย และกลุ่มบุคคลทั่วไป

ประชาชนจำนวนมากมีความกังวลเกี่ยวกับความเปราะบางของรังสีจากอุบัติเหตุในครั้งนี้ สารรังสีส่วนใหญ่ยังคงถูกกักอยู่ในอาคาร จากการตรวจวัดภายนอกอาคารพบสารรังสีที่มีค่าครึ่งชีวิตสั้น ในปริมาณเล็กน้อยเท่านั้น

**Table 3** Dose estimation of individuals involved in the JCO accident

Classification		Number	Remarks
Employees			
Whose dose was evaluated by measurement	Operators who were working at outburst time of accident	3	Approximately 1~4.5 Gy Equivalent (Leave from NIRS hospital on 20 Dec. 1999) Approximately 6.0~10 Gy Equivalent (Death on 27 April 2000) Approximately 16~20 Gy Equivalent (Death on 21 December 2000)
	Those who worked to remove water	18	3.8~48 mSv, effective dose equivalent Detected by whole-body counter, dosimeter, etc.
	Those who injected boric water	6	0.7~3.5 mSv, effective dose equivalent Detected by dosimeter, etc.
	Those who are working at the site	49	0.6~47.4 mSv, effective dose equivalent Detected by whole body counter and film badge
Whose dose was evaluated by estimation		96	0.06~16.6 mSv, effective dose equivalent Evaluated from dose rate of radiation field in the site and survey by the JCO on the movements of individual
Disaster prevention personnel			
Whose dose was evaluated by measurement	Governmental bodies (personnel of JAERI and JNC)	57	0.1~9.2 mSv, effective dose equivalent Doses to 57 out of 206 personnel were above detectable level of film badge or TLD.
	Firemen (who engaged in rescue operation)	3	4.6~9.4 mSv, effective dose equivalent Detected by whole body counter
Nearby residents			
Whose dose was evaluated by measurement		7	6.7~16 mSv, effective dose equivalent Detected by whole body counter
Whose dose was evaluated by estimation		200	0.01~21 mSv, effective dose equivalent Evaluated from a survey on the movements of individual

The values are results of evaluation by 31 December 2000.

(Referred to the **White Paper on Nuclear Safety 1999**, in Japanese, p.17)

### 3. บทเรียนจากอุบัติเหตุ

จากอุบัติเหตุโรงไฟฟ้าที่ TMI ในสหรัฐอเมริกาเมื่อปี พ.ศ. 2522 ทำให้มีการปรับปรุงเรื่อง การรับมือกับภาวะฉุกเฉินของสถานปฏิบัติการทางนิวเคลียร์ให้ดีขึ้น แผนฉุกเฉินได้ถูกพัฒนาขึ้น มากโดยเจ้าหน้าที่ของรัฐบาล อย่างไรก็ตาม อุบัติเหตุที่ JCO ครั้งนี้สะท้อนให้เห็นจุดอ่อนในการ เตรียมการรับมือกับภาวะฉุกเฉินคือ

- (ก) การฝ่าฝืนสภาพการปฏิบัติงานที่ได้รับอนุญาต(การใช้ถังสแตนเลส และการเติม สารละลายยูเรเนียมรวมกันมากเกินไป)ไม่ได้มีการระบุไว้ก่อนเกิดอุบัติเหตุ
- (ข) การขาดความเข้าใจอย่างทันทีและเพียงพอถึงสาเหตุของอุบัติเหตุ ส่งผลถึงความล่าช้า ในการพิจารณาและตัดสินใจปฏิบัติการเพื่อการป้องกันประชาชน



จากเหตุผลนี้ทำให้เรื่องการเตรียมพร้อมเพื่อกรณีฉุกเฉินได้ถูกนำมาบังคับใช้อีกครั้งโดยเริ่มจากการปรับปรุงกฎหมายและระเบียบต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง

#### เอกสารอ้างอิง

- (1) Nuclear Safety Commission: “White Paper on Nuclear Safety 1999.” Ministry of Finance Printing Bureau, Tokyo, 2000.
- (2) Masaaki Uchida: “Criticality Accident at Tokai-mura.” Paper presented at the IAEA Regional Workshop on “Accident Management and Emergency Response for Research Reactors”, 29 April – 3 May 2002, Daejon, Korea.
- (3) Nuclear Safety Commission: “White Paper on Nuclear Safety 2000.” Ministry of Finance Printing Bureau, Tokyo, 2001.