

JCO ウラン加工工場での臨界事故 【1999年9月30日、茨城県東海村】

小林光夫（東京大学大学院 新領域創成科学研究科）

田村昌三（東京大学大学院 新領域創成科学研究科）

1999年9月30日、茨城県の原子力関連施設が集まっている地域にあるウラン燃料加工施設のJCO社東海工場で、臨界事故が起こった。この事故により作業員3名を含む150名が被曝し、作業員の内2名が死亡するという日本の原子力関連事故の中で史上最悪のものとなった。

事故は高速増殖実験炉「常陽」に使用する高濃縮ウラン（ウラン235濃度18.8%）の製造を低濃縮ウラン（ウラン235濃度3~5%）製造用のラインを一時的に使用して行っていたときに起こった。JCOは燃料加工工程の一部であるウラン燃料の濃縮を行っていたが、最終工程に近い、幾つかのバッチの生産品を均一化する工程で、会社ぐるみの違法行為の作業を行っており、その工程で事故が起こった。専門家の表現によれば事故の直接原因は、「本来、使用目的が異なり、また、臨界安全形状に設計されていない沈殿槽に、臨界質量以上のウランを含む硝酸ウラニル溶液を注入したこと」とされる。

臨界状態は直ぐに停止せず長時間続いた。日本初の臨界事故でもあり、当時の小淵首相を委員長とする政府対策本部、科学技術庁長官を長とする事故対策本部が設置され、さらに政府現地対策本部が設置された。臨界状態の収束に向けての対応が現地対策本部で検討され、臨界状態になっている沈殿槽ジャケットの水を抜くことが決定された。これは非常に危険な作業で、放射線が漏洩している沈殿槽に近づいて作業する必要がある。JCOの有志社員が決死的な行動をして、ようやく臨界状態は停止した。実に20時間近い臨界状態だった。

儲からない請負生産のうえ、その作業も複雑であった。そのため本質的な安全対策を忘れ、余りにも安易に違法な作業方法を認めていたことにより事故が発生した。事故の発生だけでなく、臨界事故が起こった場合の対処、対策など事前の準備が殆どなかったこと、原子力政策の根幹部分を民間企業に任せ具体的な方法を確認していなかったことなども問題であろう。

核燃料工場の臨界事故は多数報告されているが、何れも50~60年代の原子力開発初期の時代に米国や旧ソ連で起こったもので、人類がとっくの昔に克服したはずの事故であった。それが「事故の最も少ない原子力先進国」と自認してきた日本で起こったインパクトは非常に大きい。

この事故は高速増殖原型炉“もんじゅ”の金属ナトリウムの漏洩事故などと相まって日本の原子力政策を従来の方針のまま続行することを困難にした。

技術面の話ではないが、事故を聞いて工場周囲 350 メートルの範囲で住民避難をさせた村長、あるいは省庁の枠を超えた政府対策本部を設置した判断、的確に臨界状態収束の方策を指示した現地対策本部など事故対策として見習うべき部分もあるが、全体に混乱した感じの事故処理だった印象を受ける。

臨界現象：原子核の崩壊で

発生した中性子が別の原子核に衝突すると、再び原子核が崩壊する。その時大きなエネルギーを発生すると同時に、原子核の崩壊毎に 2, 3 個の中性子が発生する。発生した中性子の 1 個以上が再崩壊を引き起こせば、連鎖反応で多大の原子核崩壊が起こる。この現象を臨界現象といい、制御下で持続的にエネルギーを取り出せば原子炉であり、瞬間的に大きなエネルギーを発散させれば原子爆弾になる。

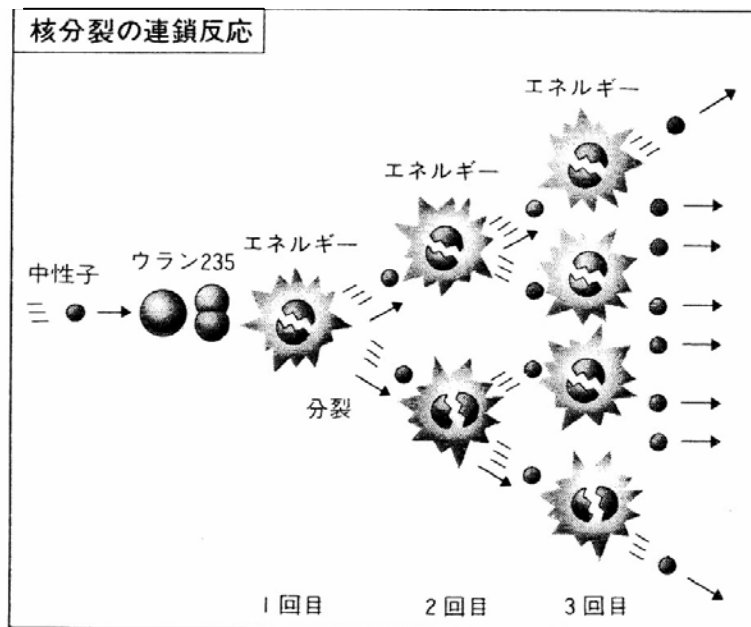


図 1 連鎖反応の模式図

なお、以降に詳細を記すが、ここでは事故の原因、対処などの技術面とそれに到ったことに限定し、原子力政策、被害者の治療、風評被害の実態などには触れないでおく。

1. 事象

先ず原子力のウラン燃料の製造について簡単に説明する。ウラン原鉱から六フッ化ウラン UF_6 ガスを製造する変換工程があり、次にそのガスを粉末状の八酸化三ウラン U_3O_8 を製造する工程があり、さらに純度を上げるために硝酸に溶解して不純物を取り除き濃度を調整する工程とがある。JCOではこの内最後の工程を請け負っていた。(報告書などでは六フッ化ウランからの加工とするものもあるが。) 高濃度ウラン燃料は、実験炉常陽だけがユーザーのため生産量は少なく、通常の低濃度の生産設備では加工できないため、転換試験棟に設けられた設備を使用していた。

加工は先ず持ち込まれた八酸化三ウランを硝酸に溶かし、溶媒により不純物を抽出し、沈殿槽で不純物を分離後、仮焼炉で固体の精製八酸化三ウランとする。さらに製品の性状を均一にするため、再び硝酸に溶かし 18%のウラン 235 を含む硝酸ウラニルとし、いくつ

かのバッチを混ぜて均一化してウラン 235 含有量 18%の液状製品として出荷される。臨界事故はこの再溶解・均質化の工程で起こった。

この最後の工程は（他の工程も同じだろうが）その設備と運転方法について、科学技術庁の許可が必要であった。公式の運転作業書は“表マニュアル”と称されていた。しかし、再溶解・均質化工程の作業に手間暇が掛かるため、JCO は“JCO 社内マニュアル”として設備と作業方法を許可を得ずに変えていた。

事故が起こった生産は前回の生産から何ヶ月か経過した臨時の生産である。高濃度品の発注は少量なので、生産は常に臨時作業である。この運転の時、問題の再溶解・均一化工程は、これでもまだ厄介だとして、作業現場では再変更をしていた。この3つの工程の比較を図2に示す。

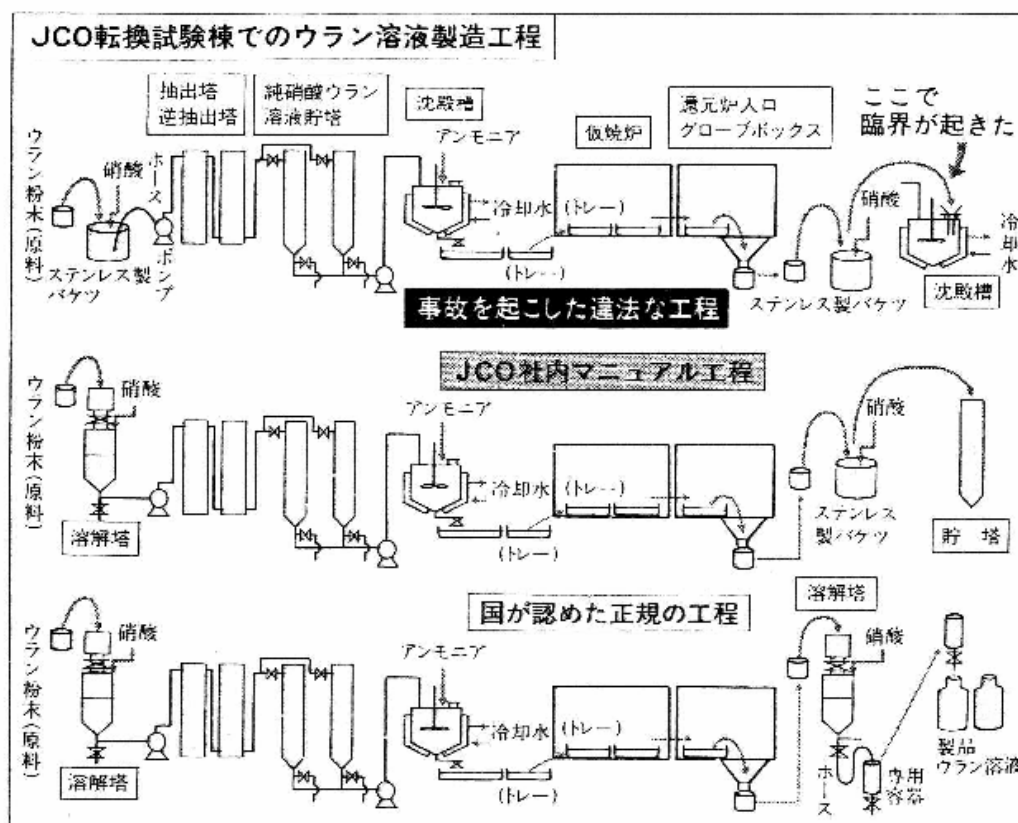


図2 ウラン溶液製造工程の変遷

最終的な工程は“事故を起こした違法な工程”と書かれているものである。図を補足すると最初の変更は溶解塔で溶解し専用容器で運んで製品容器に小分けしていた作業を、ステンレス製バケツで溶解し、それを縦長の貯塔に入れ均一化後製品容器に入れた。貯塔は高さ 3.5m、直径 17.8 cm で底部のバルブは地上 10cm しかなく、貯塔への張り込み、抜き出しがやりにくいとして、さらに変更した。それが事故に繋がった工程変更で、貯塔の代わりに直径が大きく高さが低い沈殿槽で均一化を図った。さらに悪いことには、沈殿槽に

はジャケットが付いていた。沈殿槽の概略を図3に示す。

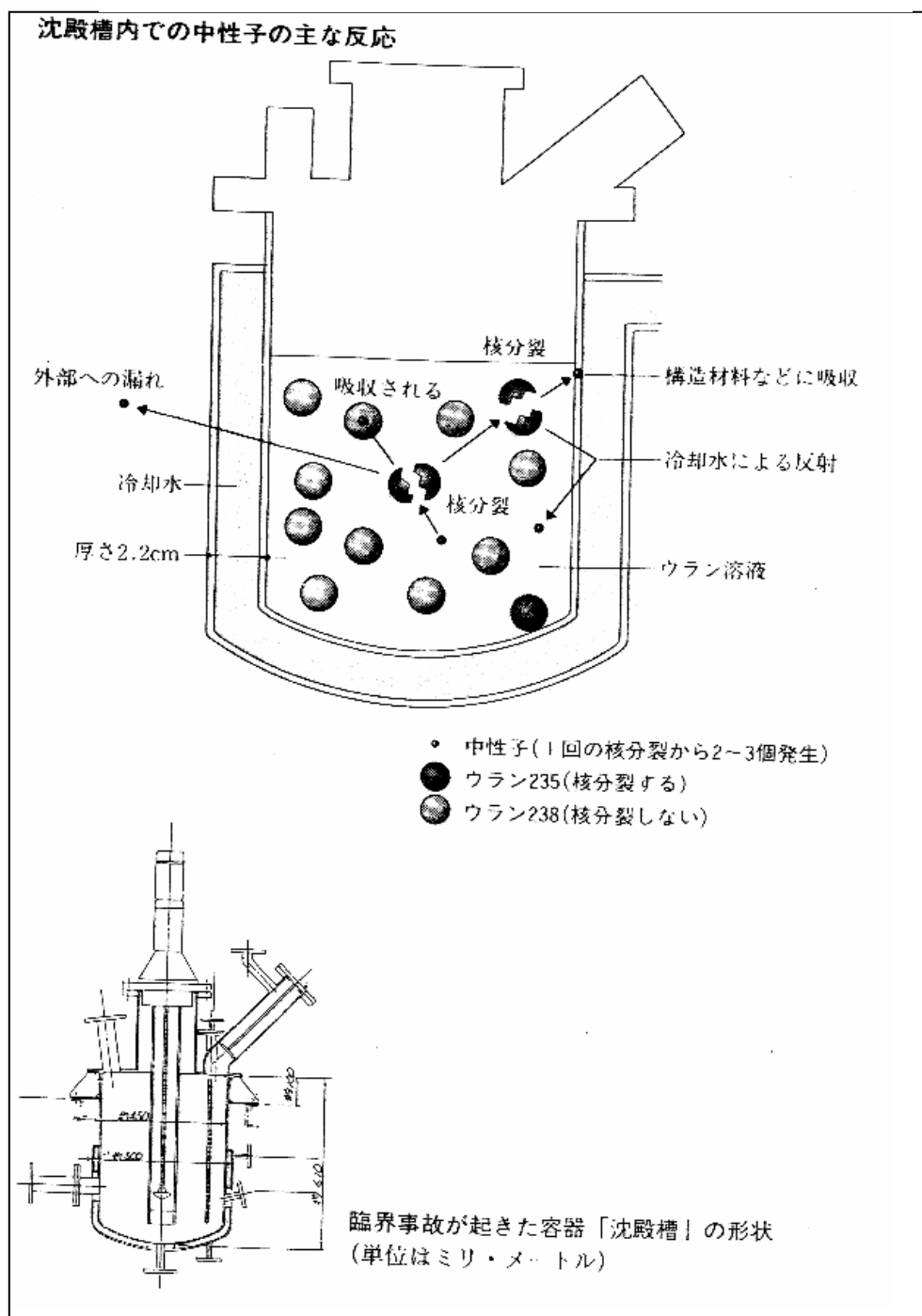


図3 沈殿槽イメージ図

運転上のとんでもない勘違い、思い違いもあった。固形化し硝酸で再溶解するところまでは1バッチ 2.4kg で作業するように決められており、貯塔での作業のみ1ロット=7バッチを混合していた。沈殿槽で7バッチ分を混合することも初めてで、この許可を作業者

は上司に求めていたが、上司は原子力工学科修士課程を終了した同僚に相談し、大丈夫だろうとの助言を得て、作業を許可した。ところが同僚は濃度を通常作業している低濃度品の5%程度と勘違いし、特に確認も計算もせずに判断していた。この結果、何バッチ目かの硝酸溶液を沈殿槽に加えた後に、臨界状態に達し、沈殿槽内のウランは暴走を始めた。小型原子炉が作業者の直ぐ隣に発生したようなものである。この事故についてある報文では、最初の大きな放射線発生時は、超小型の原子爆弾が爆発したようだとも書いてある。臨界状態は収束することなく持続し、工場周辺に放射線を漏洩し続けた。

臨界状態発生のため、政府現地対策本部の検討結果を受けて、JCO は放射線を漏洩し続けている沈殿槽の直近で作業をしなければならない決死隊を結成した。決死隊は沈殿槽ジャケットの水を抜き出すことより、臨界状態を停止した。臨界状態の完全収束は中性子吸収剤の硼酸水を沈殿槽に注入することで確かにされた。ジャケット水を抜き出して臨界状態が停止したのは、核分裂で生成する中性子の一部をジャケット内の水が跳ね返して、沈殿槽内の核分裂を持続させているからであり、もし沈殿槽の形状がもっと円に近かったり、濃度なり温度条件がより臨界状態を起こしやすい条件だったりしたら、沈殿槽そのものを破壊するか、もっと決死隊的覚悟の必要な硼酸水の注入が必要になったであろう。僅か2.5cmの厚さの水層でも中性子の跳ね返りが起こり沈殿槽内に戻り、ウラン 235 の原子核との衝突確率を上げていたので、水抜きが有効な手段だった。

なお、臨界状態が持続する間、放射線は漏洩し続けていた。沈殿槽の直近で作業をしていた作業員3人は被曝の程度がひどく、入院加療したが、2名は放射線障害で死亡した。さらに工場従業員や近隣住民約150人が被曝した。工場の周辺350mの住民は避難し、10km範囲の交通規制が敷かれたなど社会への影響も大きかった。

2. 経過

2.1. 臨界状態の発生から終息に至る経過と周辺状況

JCOでは、9月中旬から固体の精製八酸化三ウランに加工する作業を開始し、28日に終了した。29日に精製八酸化三ウランを硝酸に溶解し、硝酸ウラニル溶液を製造する作業を開始した。この時、認められた溶解塔を使わずステンレス製バケツを使用した。

29日に硝酸ウラニルの均一化も始めた。4バッチの硝酸ウラニル溶液を沈殿槽に注入した。1バッチ6.5リットルでウラン量は2.4kgだった。

30日にさらに3バッチの硝酸ウラニルを沈殿槽に加えたところ、10時35分に臨界事故が起こり、作業員3人が被曝した。10時43分に119番通報し、“てんかん症状”としての救急要請を行った。救急隊が現場到着した時、周囲の状況がおかしいので、情報収集をしたところ、てんかん症状患者は実は放射線事故で被曝したと判明した。

JCOは11時19分に(当時の)科学技術庁に、さらに11時22分に茨城県へ最初の通報を行った。地元の東海村にJCOからファックス連絡があったのは11時34分だった。

11時49分に被爆者を乗せた救急車は国立水戸病院に出発した。被爆者はさらに千葉市内

にある放射線医学研究所に転送され、同研究所到着は 15 時 23 分だった。

12 時 15 分に東海村に事故対策本部が設置された。12 時 30 分に東海村村長は周辺住民の屋内待避を要請した。さらに 15 時には村長は半径 350m 以内の住民の避難を決定した。

14:30 に科学技術庁に事故対策本部が設置された。15 時に政府事故対策本部が設置された。当初は科学技術庁長官が長であったが、後に首相が本部長になった。

22 時 30 分に茨城県知事は半径 10km 以内の住民に屋内待避勧告をした。

22:30 頃 政府現地対策本部は沈殿槽ジャケットの水抜きを決定した。それを受けて、1 日 2 時 35 分に JCO 決死隊第一陣 2 名が水抜き作業に着手した。そして朝 6 時 4 分 JCO 決死隊第十陣でようやく水抜きに成功し、臨界は休止した。

8 時 39 分に沈殿槽に硼酸水の注入を終了し、臨界状態はようやく収束した。

16 時 30 分、茨城県知事は半径 10km の屋内避難勧告を解除した。

その後、放射線汚染関係の調査や健康診断などが行われた。

2.2. JCO での高濃度ウラン燃料加工の歴史

JCO は 1980 年 11 月に濃縮度 12% の粉体ウランの製造許可を受け、1984 年 6 月には濃縮度 20% までの液体製品まで製造可能な設備として許可を受けた。1986 年頃までは正規の許可された製造方法で製造した。

1993 年頃の運転では再溶解工程の溶解塔の使用をやめて、ステンレスバケツを使用した。均一化操作は 1 バッチをいくつかの小分け容器に分け入れ、次のバッチも同様に小分け容器に増入れをする。いくつかのバッチでそれを繰り返して行い均一化していた模様である。それは許可された正規の方法と同じであった。

1995 年頃の運転では均一化工程に貯塔を使用していた。作業の効率化を図ったものとおもわれる。さらに臨界事故が発生した 1999 年の発災時には、均一化工程に貯塔に変わり沈殿槽を使用した。さらに一層の効率化を図ったと思われる。

なお、事故時の経過などは読売新聞編集局著、中央公論新社発行の“青い閃光 ドキュメント東海臨界事故”に詳しい。

3. 原因

概要でも記したが、原因は「本来、使用目的が異なり、また、臨界安全形状に設計されていない沈殿槽に、臨界質量以上のウランを含む硝酸ウラニル溶液を注入したこと」で、原子力の専門家から見れば余りにも酷すぎる原因であろう。

ウラン 235 は核崩壊物質で崩壊時に出る 3, 4 個の中性子の 1 個以上が次の核崩壊を引き起こすなら、核崩壊数はねずみ算的に増加しその発生エネルギーは巨大になり、多量の中性子線を放射する。これを臨界状態と言い、コントロールすれば原子力発電であり、コントロールできなければ原子爆弾かチェルノブイリやスリーマイル島の原発事故であることは少なくとも専門業界なら全員が理解している事項であろう。

臨界状態に達するには、原子核の数が限界以上に多いことと生成した中性子がウラン 235 にぶつかる確率が高いことが必要である。燃料容器の表面から中性子が逃げていくことを考えれば、表面積の大きい容器、言い換えれば細長い容器が臨界状態になりにくい。

現場からの要請とは言え、臨界質量以上の酸化ウラニルの均質化に細長い容器から寸胴の表面積の小さな沈殿槽に変更することを、濃度 18%を濃度 5%の低濃度運転と勘違いして計算も確認もせずに、管理職が認めたことがトリガーであった。

根本的には違法な変更が会社ぐるみで行われており、その体質が真の原因であろう。

- 1) 会社ぐるみと言うより、会社が先導して行ってきたとも思われる違法な作業変更の結果が事故になった。原子炉燃料ではその危険性に鑑み、設備、作業方法などについて監督官庁の許可が必要であるのに無断で変更している。JCO はこの違法性を自覚して、隠していた。
- 2) 最後の変更時には、直接の責任者ではないと思われる技術者が、状況の確認も正式な計算も行わずに“大丈夫だろう”的な発言で根拠を示した。それに基づき、マニュアルの最終責任者の工場トップではない下位の責任者が使用許可を出している。原子力産業でなくとも信じられない杜撰さである。
- 3) 工場全体に臨界状態の意識がない。臨界状態は究極的な事故につながるもので、臨界状態についての意識は原子力産業の最初から最後まで必要なものであるはずである。現場からの改善が日本の産業の最大の活力だから現場提案は重要視すべきだなどの論調を見たことがあるが、あくまでも安全を損ねないことが前提である。志気の低下と安全意識の希薄さを感じる。

他の用途に使う設備を共用するとか同一建物内に他設備が混在すること等、監督官庁の指揮監督を問題視する論調もある。

4. 原因解明のプロセス

負傷者が放射線熱傷であり、熱傷を受けた場で強度の中性子線が確認され、発災場所での作業状態が聞き取り調査で分かれば、原因は明らかになる。

5. 対処

- 1) 119 番通報後救急車が救護に向かい、負傷者は放射線被害を確認後 救急病院へ搬送された。その後専門知識がある千葉市内の放射線医学総合研究所へヘリコプターで移送された。
- 2) 住民などへの規制としては、半径 350m 以内の住民の避難、半径 10km 以内の住民の屋内待避勧告、各種交通機関の停止、飲料水の水源変更が行われた。
- 3) 臨界状態の停止は沈殿槽ジャケットの水抜きと沈殿槽への硼酸水の注入により行われた。

- 4) 汚染除去などの後始末；省略

6．対策

再発防止対策は、決められた設備で決められた作業方法で加工工程を運転することにつ
きる。設備そのものが運転しにくいのが、原因の一つであるから、改造する方が望ましい
が、あくまでも原子力という世界中で、歴史上で最も危険な技術を扱っているという意識
を持ち、確立された手法で設計・建設する。運転員のみならず技術者も管理職も原子力産
業の基本について再認識すべきである。

“基本に戻れ。”それ以外に再発防止対策はない。
(その他の住民対策他は省略する。)

7．教訓（知識化）

- 1) 作業手段や作業方法の安易な変更は危険をもたらす。JCO のみならず各所で、同じ
ように安易な変更が繰り返されているが一向に減らない。
- 2) 事故直前の作業方法の変更への安全確認を、状況の確認も計算もせずに、安易な類推
から行っている。また、そのことだけを根拠にして上司は許可を出している。原子力
という余りにも巨大な危険を内蔵しているところだけでなく、どのような産業でも避
けねばならないことである。
- 3) 各種の報告を読むと、事前に最悪の事態を想定し対策を考え、起こった後は速やかな
情報伝達の徹底という最低限の安全管理、危機管理の基本がおろそかになっている。
特に重大なことが予想される場合は、再確認を待つまでもなく、最高責任者に伝達す
ることが重要ではある。

8．失敗の影響

人的被害では、作業員 3 人が重篤な放射能障害で入院し、2 名が死亡した。被曝は 1 5
0 名となった。そして、半径 350m 以内の住民が避難命指示を受け避難し、半径 10km 以
内の住民が屋内待避をした。

社会的影響として、発災直近では半径 10km 以内の JR、高速道路などで交通制限が行わ
れた。また、学校、保育所などが臨時休校した。中期的には、茨城県産の農産物が放射能
汚染の恐れありとして売れなくなるといった風評被害が起こった。そして、国の原子力政
策に多大の影響を与えた。

JCO 自身に及んだ損害は、死者、負傷者への見舞金、風評被害への賠償金などの金銭的
負担も大きいですが、それ以上に親会社を含めての社会的評価、経済的評価の損失は計り知れ
ない。

9．よもやま話

この事故も変更管理に起因している。何かを変更した時は状況の変化があり、それまでと同じではないのに、それに対する認識がない。

旧動燃のアスファルト固化体の事故とは異なり、原子力産業の技術だけで解決できる問題、と言うよりも何処でも起こりかねない安易な運転法を望む現場に技術屋が負けた、あるいは、技術が未熟なため妥協したためと考えられよう。改善とか5Sと言った現場からの問題提起が日本企業の活力の源泉の一つであることは疑いの余地がない。しかし、理論的に危険であることを回避することや、技術的な詰めを行いより良いものにするのが、技術陣の義務であり、管理監督者に課せられた課題であることを忘れてはならない。

参考文献

- ・ 読売新聞編集局 青い閃光 - ドキュメント東海臨界事故 中央公論新社 2000
- ・ 大島榮次、事故防止対策の盲点、災害の研究 31、PAGE43 49 (2000)
- ・ 上原陽一、安全技術者の見た JCO 事故、災害の研究 32、PAGE5 13 (2001)
- ・ 水戸地方裁判所、平成 12 年(わ)第 865 号核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律違反等被告事件 下級裁主要判決情報、水戸地方裁判所ホームページ、(2003)
- ・ 渡辺憲夫・玉置等史、海外の核燃料施設における臨界事故に関する事例集、JAERI-Review2000-006、日本原子力研究所(2003)
- ・ 佐相邦秀、ウラン加工工場臨界事故とヒューマンファクター、安全工学 Vol.39、Page326-333(2000)