

(((((技術・行政情報)))))

東海村臨海事故の危険性とその持つ意味

1999年9月30日におきた、東海村ジェーシーオー（JCO）ウラン転換加工工場における「臨界事故」は、避難を余儀なくされた東海村住民の方々のみならず、多くの国民に原子力の危険性を強く印象づける結果となった。臨界事故は、過去海外でもおきており、それと比較した場合、東海村事故はどれほど深刻であったのか。現在公表されているデータをベースに検証してみる。

東海村臨界事故の評価：過去の事故との比較

臨界事故は、資料によると、過去欧米で8件、ロシアで12件報告されている（表）。ほとんどが50年代から60年代におきており、しかも軍事工場での事故が多い。（注：最近、ロシアにおいて数年前に臨界事故がおきたと言われている）。事故の大きさとしては、全核分裂数や被曝量等が参考になる。これまでの事故の核分裂数を見ると最高で10の18乗程度、被曝量としては100Sv以上で死亡事故に至った例も何件かある。臨界反応の継続時間としては、通常秒単位か長くても分単位であるが、1962年のハンフォードにおけるプルトニウム臨界事故は、37時間にもわたって臨界が継続した。

これらの事故と比べると、今回の事故はどの程度の規模であったのだろうか。18.8%の濃縮ウラン16kgには、ウラン235が約3kg含まれている。これが全部核分裂を起こすと、 3×10^{24} 乗という核分裂数になる。おそらく、被曝線量や、中性子線量などから推測すると、核分裂数は10の16-18乗程度と推測されており、これまでの事故と比肩できる事故であった。また、継続時間も17時間と、これもハンフォードについて、2番目に長い。継続時間が長いということは、反応度にもよるが、それだけ核分裂生成物が蓄積している、ということであり、外部への放射性物質の漏れの可能性や、今後の除染の困難度などがますますことになる。

上記にも述べたように、ほとんどの臨界事故は最初のバーストのあと、短時間で臨界反応が収束する。今回の場合も、ほとんどの専門家がそういう見方をしていた。しかし、今回は最初のバースト以降、容器の周

りに冷却水が存在しており、これが中性子を反射する役割と、温度上昇効果（すなわち負の反応度制御機能）を相殺する二つの役割を果たしてしまったようで、臨界反応がその後も継続したと見られる。冷却水を抜くことによって、臨界反応は収まったようであるが、冷却水の流れを止めるだけでも反応度が少しは下がった可能性もある。また、原子炉の制御棒に使われる中性子吸収材のホウ素（実際にはほう酸水）を注入することにより、反応の停止を完全に担保した。

危険性はどの程度であったか

最初のバースト直後のリスクとしては、バースト出力によっては、容器のフタを飛ばし、ガスが排気筒から勢いよく放出される可能性がある（今回はそれは起きなかった）。また、瞬間的に中性子線が建物（遮へいになっていない）を突き抜け、周辺の従業員や一般住民に多量の外部被曝線量を与えた可能性もある。どうやら、容器は損傷していなかったようなので、今回の場合は中性子線被曝が最も危険であった、ということになる。ただ、もし容器が損傷していれば、核物質も飛散し、おそらく臨界反応は短時間に収束したであろう。しかし、容器が損傷せず、しかも冷却水の存在で溶液が沸騰することもなく、負の反応度も働かないままちょうど臨界反応が継続するような条件が残ってしまった可能性が高い。ここが、今回の事故の特殊な要因であった。

中性子線被曝を避けるには、早めに遮へいをおこなう（例えば土のうを建物の周りに積む）か、それが難しい場合（直後の放射線レベルが高い場合）はできるだけ遠くへの避難が望ましい。10mのところから100mのところへ避難するだけで、線量は100分の1になる。350メートル圏の住民避難は極めて妥当な判断だったといえるだろう。しかし、その後も臨界反応が継続している状況で、10km圏以内の住民屋内退避はどのような意味を持つのであろうか。放射線モニタリングのデータでは、放射性物質が大量に出ている可能性は少なかった。中性子線は、屋内退避でも避けられないので（木材はある程度遮蔽の役割をはたすが）、屋内

(((((技術・行政情報)))))

退避の勧告は、放射性物質が少量と言えども外部に放出されている、あるいはその可能性がある、との判断があったと思われる。中性子線被曝を考えれば、できるだけ早く遮へい行動に出るか、圏外への避難も考える必要があったであろう。放射能汚染と放射線被曝の相違を正確に理解することが、極めて重要であることがよくわかる。

この事故の持つ意味

東海村事故について過去の事故との比較を述べてきた。このような事故の最も重要なポイントは、科学情報・データをいかに早く、かつ正確に早くし、かつ伝達するか、と言うことである。また、常日頃から、放射能と放射線の違いや、核事故の持つリスクについて、情報を共有しておくことも重要である。またより大きなことは周辺住民の方々がどの程度安全なのか、今後影響があり得るのかについて判断できる材料を与えることと思う。

規制行政や原子力産業全体の自主規制の在り方にも大きな課題を残した。まず、安全審査への信頼回復のためには、そのプロセスの透明性、公開性を高めると同時に、審査後の保安／検査体制の充実が不可欠であ

る。さらに、原子力安全委員会の監査機能の強化、安全専門家の育成なども重要な課題だ。産業界の自主規制強化策として、すでにニュークリア・セーフティ・ネットワーク（仮称）のような機関が提案されているが、ここでも自主的な監査機能を強化する必要がある。

最後に、原子力行政への不信感にも触れざるを得ない。今回の事故は、海外においても日本の原子力行政／管理体制全体への不信につながっている。信用回復のためには、原子力行政が大きく変わったという、目に見える形の根本的な改革が必要と考えられる。今回の事故のもつ意味は極めて重い。

参考文献

- 1) 日本原子力研究所, 「JAERI 1340臨界安全ハンドブック」第2版, 1999年3月.
- 2) 鈴木篤之, 清瀬量平, 「核燃料サイクル工学」, 日刊工業社, 昭和56年11月.
- 3) William R. Stratton, (revised by David R. Smith), "A Review of Criticality Accidents, DOE/NCT--04," Nuclear Criticality Information System Lawrence Livermore National Laboratory, March 1989.
- 4) 近藤駿介, 「原子力の安全性」, 同文書院, 平成2年1月.

海外での臨界事故例 欧米の核燃料施設における臨界事故

施設名 発生日月	事故概要と 全核分裂数	臨界時の状況	警報発生の有無と 退避状況	事故現場の 線量率状況	臨界モニタの形式 とアラーム設定値	被爆状況
ORNL Y-12 (Oak Ridge, Tenn.) 1958. 6. 16	濃縮U液がリーク テスト用の水と一 緒に208Lドラム 缶に入り臨界。 1.3×10^{18}	U水溶液56.2中 ^{235}U 2.1kgで臨界, 出力スパイク 10^{15} , プラトー出力 1.29 $\times 10^{18}$ (約3 min). 継続時間18min, 遮蔽なし.	現場で8人作業中, 事故と同時に警報 が吹鳴, 迅速な退 避が行われた.	事故直後, 現場よ り107mの所で, 100mR/hr, 3 hr 後ドラム缶より 30.5mの所で60 mR/hr.	CM使用, 工場の 中心より約24.4m 点に8個設置. ア ラーム設定点は1 mR/hr, 事故後 は3mR/hrに変更.	8名被爆 28~461rem
LASL (Los Alamos N. Mexico) 1958. 12. 30	廃液からPuを回 収する工程で計量 作業のためPu含 有液を処理タンク にいれ攪拌した時 に臨界。 1.5×10^{17}	96.5cm φの850L 処理槽, Pu溶液 160L中Pu3.27kg, Puは溶媒側に分 配, 攪拌時に臨界. 出力スパイク 1.5 $\times 10^{13}$, 継続時間 2 sec, 遮蔽なし.	事故発生と同時に 警報吹鳴全員退避, 付近にいた2名は 救助活動を行う.	事故直後, 現場よ り53.5m離れた場 所の臨界警報が吹 鳴, 処理槽より7.6 m離れた場所で20 R/hr.	電離箱使用, 2個 以上の信号で警報 発生, 内蔵線源に より故障続出. ア ラーム設定値は1 と10mR/hr.	12000rem 被爆1名死 亡. 他は 53~134rem
ICPP (Idaho Falls, Idaho) 1959. 10. 16	硝酸ウラニルをサン プリングのため 空気攪拌, サイホ ン作用発生, 非安 全形状タンクへ移 送, 臨界。 $\sim 4 \times 10^{19}$	18900Lのタンク に170g ^{235}U /L溶 液200Lを流入. 全水溶液量800L, ^{235}U 34.0kgで臨界. 出力スパイク 10^{17} , 遮蔽あり.	貯留タンク区域の ペントラインを通 してプロセス建屋 空気汚染, モニタ 吹鳴, 口頭及び電 話により退避.	退避地点で建屋の 外側及び入口西方 119mの所で5 R /hr以上(放射性 ガスによる.)	電離箱型検出器20 個の臨界警報装置 を設置. アラーム 設定値は20mR/ hr.	11名被爆 2~50rem

(((((技術・行政情報)))))

欧米の核燃料施設における臨界事故（前頁に続く）

施設名 発生日	事故概要と 全核分裂数	臨界時の状況	警報発生の有無と 退避状況	事故現場の 線量率状況	臨界モニタの形式 とアラーム設定値	被爆状況
ICPP (同上) 1961. 1. 25	蒸発缶ポンプの詰り物除去作業中、非安全形状部に溶液が吹き上げられ臨界。 6×10^{17}	蒸発缶上部の径は61cm非安全形状、U液40L中 ²³⁵ U 8kgが吹き上げ臨界。出力スパイク 6×10^{17} 、遮蔽あり。	臨界と同時に放射線警報吹鳴、手で緊急退避警報を鳴らす。	事故直後の施設内は通常のバックグラウンド、施設の風下地点で放射性雲により30mR/hr.	同上	被爆はγ線のみ 0~65mrem
Recuplax (Richland, wash.) 1962. 4. 7	施設洗浄作業中、床のサンプにたまったPu液が非安全形状容器に吸い上げられ臨界。 8×10^{17}	46cmφ69L円筒容器、Pu液46L、Pu1.5kgで臨界。出力スパイク 10^{16} 、継続時間37hr、遮蔽なし。	臨界警報吹鳴、退避は迅速、事故時、容器の最も近くの人までの距離は1.5~8m.	事故現場の線量は不明、スタックより約1200Ci希ガス放出。	234-5建屋にはNaI検出器10個よりなる臨界モニタあり、アラーム設定値500mR/hr.	3名被爆 19~110rem
LNC Wood River Junction 1964. 7. 24	ラベル不備、濃縮Uを非安全形状のメークアップタンクに入れ臨界。 1.2×10^{17}	45.7cmφ66cm深さの円筒容器。0.54MN ₂ CO ₃ 41L中に10L中 ²³⁵ U2.6kgを含む酸を入れ臨界、出力スパイク 10^{17} 、遮蔽なし。	警報吹鳴については不明、事故当事者は青白い光と液の噴出を見て退避。	事故直後タンク付近は最高100mR/hrのサーベイでフルスケール、線量の詳細は不明。	-	骨盤 46000rem、頭部 14000rem死亡。
U. K. AEA Windscale 1970. 8. 24	Pu回収工程中非安全形状の容器に溶液を移送し終わったときに臨界。 1×10^{18}	61cmφ、68.6cm深さの容器、55gPu/Lと6~7gPu/L液50Lで臨界、出力スパイク 10^{15} 、継続時間5~10sec、遮蔽あり。	臨界警報吹鳴、全員迅速に退避、被爆検査を受ける。	事故10min後4階コントロール区域で200mR/hr、スタックより約5mCl放出。	-	2名被爆 2rmd以下
ICPP (Idsho Falls, Idsho) 1978. 10. 17	洗浄用の硝酸アルミニウム濃度低下、ウラン濃度上昇で臨界。 2.74×10^{18}	溶媒抽出工程第1サイクル洗浄塔の硝酸アルミニウム濃度が低下、ウラン濃度22.2gU/Lで臨界。遅発臨界、遮蔽あり。	-	-	-	なし

出典：「JAERI 1340 臨界安全ハンドブック第2版」日本原子力研究所（1999年3月）

ロシアの臨界事故

No.	年月日/場所	発生状況/原因	停止機構	核分裂数	被爆線量	その他
1	1953. 3. 15 Mayak Enterprise, Urals Pu溶液受槽	セル内の2槽のPu硝酸溶液を、セル外の1槽に移した。溶液は26L(650gPu)の予定であったが31Lだった。	溶液を元の槽に戻した。	バースト 2.5×10^{17}	1名：1000rad (重症) 1名：100rad	放射線モニタなし。スタッフへの指示、事故訓練なし。直後の報告せず。
2	1957. 4. 21 Marak Enterprise, Urals U精製容器	精製容器内に高濃縮U-シュウ酸塩(Oxalate)の沈殿3.4kgが蓄積。いつ臨界に達したかは不明。作業員が、フィルタの膨れ、沈殿からのガス発生を発見。	液の一部を真空トラップに排出。	2×10^{17}	1名：12日後に死亡 5名：障害	放射線モニタなし。定期的なクリーンアウト行わず。
3	1958. 1. 2 Marak Enterprise, Urals 臨界実験装置	高濃縮U溶液の実験後、タンクの固定ボルトを外し、溶液を排出しようとしてタンクを傾けたところ臨界。作業員3人の反射体効果もあった。	液の飛散。	スパイク 2.3×10^{17}	3名：5~6日後に死亡 1名：重症、失明 (3mの距離)	規則違反及び安全対策十分。装置は解体された。

(((((技術・行政情報)))))

ロシアの臨界事故 (前頁に続く)

No.	年月日/場所	発生状況/原因	停止機構	核分裂数	被爆線量	その他
4	1960. 12. 5 Marak Enterprise, Urals Pu溶液フィルタ容器	非安全形状の容器内にPu170gを含む沈殿。830gPuを含む溶液が注入。第1パルス後、液が配管に押し出され、反応が停止したが、緊急措置で真空系を停止したため、液が容器に戻り2回目の臨界。		トータル 10 ¹⁷	数名:最大5rad	警報システム有り。工程の記録管理不良。Pu質量の分析誤差が多数のケースで100%(規定では20%)
5	1961. 8. 14 Siberian Chemical Combine UP濃縮・蒸発系	濃縮液22.6%のUF ₆ ガスの冷却容器に接続されたポンプのオイル容器(60L)にUF ₆ が蓄積。濃度400gU/Lとなり臨界。警報作動、作業者退避。その後のサーベイで異常が認められず再起動。再び臨界。	温度上昇, オイル排出。	トータル10 ¹⁸ 5×10 ¹⁵ が2回	1名:200rad	プロセス量のモニタなし。UF ₆ ガスの冷却不十分。設備を再設計、再建設、マニュアルを改訂。
6	1962. 9. 7 Mayak Enterprise, Urals Puスクラップ溶解槽	Pu溶解槽(450mmD, 100L)にて最終溶解作業終了(攪拌及びヒーター停止)後、警報作動、作業者退避。第1スパイクの後、40~50分間に2つのスパイク。槽内に1.32kgのPuが有り、一部未溶解だった。	溶液の排出。	トータル 2×10 ¹⁸	有意な被爆なし	溶解槽は5cmの鉛遮蔽有り。近くに人はいなかった。
7	1963. 1. 30 Siberian Chemical Combine Uスクラップ再処理	溶解する高濃縮U金属片のU量5%U(50gU/kg)を5gU/kgと認識。溶解後の分析でエラーを発見。液は分けられたがその後の分析で再び1/10に評価。40L(71gU/L)の溶液が非安全形状タンクに移され臨界。6時間の出力振動後(液の排出一戻り)、準定常状態に。	10時間後に、液を移送。	トータル 7.9×10 ¹⁷	4名:6~17rad	第1スパイクで警報作動、作業者は退避した。
8	1963. 12. 13 Siberian Chemical Combine U抽出施設	高濃縮U移送管に接続された真空系のトラップ(100L)に抽出剤が混入。オーバーフローしたU溶液と接触し、Uを抽出。トラップ内が33gU/Lの溶液で満たされ、臨界。第1パルス後、6時間に16回の出力振動。真空系を停止したところ、液が再混入し、スパイクと出力振動発生後、準定常状態に。	カドミウム溶液の注入による。	第1パルス 1.6×10 ¹⁵ トータル(1Bhr) 2×10 ¹⁷	被爆なし	警報作動により、退避。
9	1965. 11. 13 Electrostal Fuel Fabrication Plant U転換施設	6.5%濃縮UO ₂ 粉末を汚過する2重のフィルタに穴が開き、粉末(スラリー)が真空ポンプの水リザーバ(300mmD×650mmH)に157kg(U:51kg)蓄積し臨界。		スパイク 10 ¹⁵	1名:3.5rad	フィルタの点検が殆ど行われていなかった。NDAは行っていない。警報作動により、退避、装置は解体された。
10	1965. 12. 16 Mayak Enterprise, Urals Uスクラップの溶解	高濃縮Uスクラップ2.2kgが溶解槽(450mmD)に装着され、臨界。手順では1.5時間溶解する工程を40分で停止した(予定されていた室内清掃のため)。10分後に警報作動。7時間で11のスパイク発生。	カドミウム溶液の注入による。	トータル 7×10 ¹⁷	最大0.03rad	規則違反。燃料管理の不備。溶解槽の臨界量は2kgU以下。
11	1968. 12. 10 Marak Enterprise, Urals Pu抽出施設	低濃度Pu溶液の入った4000Lのタンク内に有機溶液が混入。有機溶液の除去作業中。約40Lの液を60Lの非安全形状容器に移したため、臨界。有機溶液中に高濃度のPuが存在していた。直長が排液しようとし、再び臨界に。	排液による。	1回目 10 ¹⁸ 2回目 5×10 ¹⁸	1名:死亡(直長) 1名:重症(両足切断)	警報作動で作業者は退避したが、直長が現場に戻り、容器内の液を排出しようとして被爆した。
12	1978. 12. 13 Siberian Chemical Combine Pu金属保管容器	Pu金属塊(インゴット)の保管容器に、インゴットを3個入れ、4個目を入れようとしたときに、臨界となった。4個目は弾き飛ばされた(ejectされた)。	作業者が手でインゴットを取り除いた。	3×10 ¹⁸	1名 全身:250rad 手:2000rad 7名:5~60rad	容器にはポリエチレンとカドミを入れる空間があったが、Puインゴットも入る作りであったため、複数のインゴットが入れられた。

出典:「JAERI 1340 臨界安全ハンドブック第2版」日本原子力研究所(1999年3月)

(東京大学大学院工学系研究科客員助教授, (財)電力中央研究所 上席研究員 鈴木 達治郎)