

福島原発再臨界の危惧とその対策 地球科学からの提言

Possibility of recriticality of the meltdown uranium nuclear fuel at the Fukushima nuclear power station

小嶋 稔^{1*}, 羽場麻希子¹Minoru Ozima^{1*}, Makiko Haba¹¹ 東京大学理学研究科¹ University of Tokyo

地球科学的考察から、我々は福島第一原発1号炉のメルトダウンしたウラン核燃料(約35トン)が再臨界を起こし核分裂連鎖反応を起こすのでは、との危惧を払拭し切れない。加えて、原子力安全基盤機構(JNES)が公開した福島原子力第一発電所事故に係る資料には、たいへんショッキングな研究結果の報告書が含まれていた。この中でJNESは、3.11原発事故の直後にウランの核分裂連鎖反応の再臨界の可能性を調べ、計算結果から連鎖反応の可能性が高かったと推定していた。だが、大規模なウランの核分裂連鎖反応は起きなかった。然し此の幸運は、海水の注入により予想もしなかった中性子吸収効果(35Clによる)と言う全くの偶然に助けられた結果だったと述べている(1)。

1昨年11月、東電は福島原発2号炉内でキセノン133、135を検出した、と発表した。何れも核分裂反応で出来る希ガスである。しかしその量が極めて微量な事から超ウラン元素起源のもので、核分裂連鎖反応を起こすウラン235U起源のものではない、と結論した。しかしこの結論は検討の余地が残る。なぜなら、1昨年11月の時点ではメルトダウンしたデブリ(ウラン燃料の残骸)は冷却水の注入で表面近くでは100以下に保たれていたとすると、デブリからのキセノンの拡散は極めて遅く、キセノンの観測値が過小評価された可能性が高い故である。したがって観測されたキセノンの絶対量からだけでその起源が235Uではないと結論するのは早計であろう。

原子炉のメルトダウンについては多くの研究が発表されている(2)。然しさらに深刻な再臨界の議論は専門家の間ですら皆無に近い。1972年中央アフリカで発見された「オクロ天然原子炉」は、臨界は原子炉内に限らず自然界でも起きる事を証明した(3)。福島第一原発1号炉のメルトダウンしたウラン核燃料が現在どのような状態なのかよく分からない。しかし、メルトダウンしたウラン燃料は、通常の原子炉燃料より「オクロ天然原子炉」の“火元”になったオクロ・ウラン鉱床により近い可能性も否定出来ない。事実、高温になった原子炉内では、ステンレスに中性子吸収剤ホウ素(B4C)を包んだ制御棒が最初に溶融落下し、其の後に融点の高い燃料被覆管とウラン燃料が溶融落下し原子炉格納容器の底部に堆積した、と推定されている(4)。またウランは中性子反応の制御に使用しているホウ素に比べ一桁以上も比重が大きく、メルトダウン堆積物中でウランとホウ素の分離が起きた考えるのが自然であろう。従って中性子吸収剤ホウ素と濃縮ウランがコンパクトに配置されている正常の原子炉運転状態と異なり、ホウ素に依る中性子反応の制御が効き難くなる事態も考えられる。加えて、現在周りに多量の冷却用水が取り囲んでおり、メルトダウン堆積物の環境は「オクロ天然原子炉」により近くなっているとの推定も否定出来ない(5)。更にメルトダウン堆積物とコンクリート床面との化学反応が再臨界を起こす、と言う指摘もある(6)。

東電原発事故の対応は、現状では汚染除去等の緊急対策に重点が置かれているが、将来の再臨界の可能性の議論は、その結果の重要性から看過されてはならない。我々は核分裂連鎖反応のモニターとして現行のキセノンの定量測定に代え、より迅速で精度の高いヘリウム等の常時観測を提案したい(5)。さらに根本的な対策として、メルトダウン堆積物の物理・化学的状態の解明の早急な着手を訴える。この為には原子炉の専門家に加え、地球科学研究者の参加は重要である。一時3000Kを超えていた(4)と推定されるメルトダウン堆積物の物理・化学的状態はよく分かっていない。噴火の際のマグマ流出機構、さらには巨大隕石の衝突機構等、地球科学的研究の蓄積(鉱物科学、地球化学、地球物理、地質学、惑星科学等)は、こうした未知のメルトダウン堆積物の物理・化学的状態の解明に有用な手掛かりを与える事が期待される。

1. 原子力安全基盤機構、http://www.jnes.go.jp/jyohou/kouhyo/kaiseki_published.html, 2011。2. Kataoka I., Jour. Nuclear Science and Technology, 50, 1, 2013。3. Kuroda P.K., J. Chem. Phys. 25, 781, 1956。4. 田辺文也、メルトダウン、2012、岩波書店。5. 羽場麻希子、小嶋稔、科学、12月号、2012、岩波書店。6. Izawa et al., J. Nuclear Science and Technology, 49, 1043, 2012。

キーワード: 福島原発, メルトダウン核燃料, 再臨界, オクロ天然原子炉, 臨界モニター

Keywords: Fukusima nuclear power station, meltdown nuclear fuel, re-criticality, Oklo natural reactor, re-criticality monitor