

原発の物理条件

原子力発電所は、原子炉内の核分裂による発熱を行わせ、その熱を水の蒸発熱に転化して水蒸気発生させ、発電用タービンを回転させて、復水を循環させるというシステムである。石油・石炭・LNG等を燃焼して水蒸気を発生させる火力発電所と違うところは、ボイラを原子炉に置き換えたところである。しかしながら、ボイラの発熱原理は炭化水素と酸素の化合という化学反応（燃焼）であるのに対し、原子炉はウラン 235 の核分裂である。その容積あたりの発熱密度はおおよそ左のとおりである(注1)。

火力発電用ボイラ（微粉炭燃焼・水冷壁）	500 kW/m ³
沸騰水型原子炉（BWR）	50 kW/L
加圧水型原子炉（PWR）	100kW/L

つまり、発熱密度が2～3桁原子炉の方が大きい。そのことによって、従来化学プラントで積み重ねて来た圧力容器の機械的設計よりも厳しい条件が要求され、また、始動・停止に際しての単位時間の熱変動速度が大きくなるので、制御システムの追従速度が高くなり、運転者の判断速度も高いことが要求される。

このことを、安富歩は巧みに説明している（注2）。

核分裂反応は、必要とする燃料に対して、出てくるエネルギーの量がケタ違いに大きいので、入れるべき燃料が非常に少ないのです。1回、燃料を入れたら、毎時100万キロワットというような膨大な電気を、1年以上、連続して発電する、というのが今の原発の使い方です。

これは一面ではよいことです。燃焼によって発電する火力発電所では、大量の燃料を常時送りこまないといけないので、その輸送が本当に大変なのです。また、均質の燃料を調達・維持・管理して、安全に投入し続ける、というのも物理的にも、精神的にも、大変な仕事です。これに対して原発は、1回、燃料を入れたら、あとは何もしないで放っておけば、電気が出続けるのですから、楽でたまりません。その面では、火力発電より優れているのです。

しかし逆に、これはとても恐ろしいことでもあります。火力発電所が爆発したら、もちろん大変なことになりますが、放っておいても、燃料が燃え尽きてしまえば、いつかは止まります。つまり、被害の「最大限」が見込めるのです。

ところが原子力発電所は、連続して1年以上も発電し続けられるほどのエネルギー源が小さな原子炉に詰まっているわけですから、いったん暴走し始めると止まらないので

す。どこまでもどこまでも熱を出し続けるので、人間が抑え込まない限り止まりませんから、決して放っておくことができません。

しかも、原発は放射能をもつ物質を大量に作り出します。事故が起きて放射性廃棄物質が溢れ出すと、激しい放射線が出ますから、人間は近づくことができません。つまり、放っておいたら止まらないうえに、止めようと思って近づくと、放射線を浴びる、ということになります。止めるために近づかないといけないのに、近づくことができません。それゆえ、被害の「最大限」が見込めないのです。

化学反応の燃料は、燃焼の継続と完了との境がはっきりしている。燃焼完了と同時に燃料は消滅している。しかし、核燃料においては、核分裂がすべての原子で終了したわけではなく、大部分の分裂が終了したというにすぎない。したがって、使用済み核燃料は崩壊熱を出し続け、一定期間使用済み核燃料プールに保管して冷却を続けなければならない。

発熱の量のみならず、反応速度もそれに比例してケタが違いに大きい。燃焼反応の発熱速度は、人類が長年付き合ってきた感覚になじんでいる。しかし、核分裂の場合は、臨界に達したと思った瞬間に膨大な発熱が生じる。それで、制御棒の出し入れに不具合が生じると一挙に大変なことになる。たとえば、運転休止中に数本の制御棒が脱落すると意図せざる臨界が生じる（注3）。運転中に地震が発生して制御棒を差し込んで停止を意図しても、制御棒の曲がりなどで途中で引っかかったりすると、高い発熱は止まらず、冷却水は来ないという現象が起こって、炉心溶融につながる恐れがある（注4）。

炉心での核分裂の連鎖反応の一代は軽水炉では約 0.1 秒なので、増倍の割合が一代で 1.01 の状態だと、1~2 分で何億倍かに増える激しさになってしまう（注5）。

PWR では、制御棒の挿入速度（設計値）を 2 秒前後に規定しているが、重力落下に頼っているため、燃料棒の製造寸法精度と運転時の変形管理が、安全上きわめて重要な要素となっている。

注1. 千葉幸『火力発電所』電気書院、1973年、P.153

岡芳明『原子炉設計』オーム社、2010、P.110

神田誠、ほか『原子力プラント設計』オーム社、2009、P.26 & 109

注2. 安富歩『原発危機と「東大話法」』明石書店、2011、P.27

注3. 制御棒脱落事故は各地の原発で発生している。たとえば、1971年福島第1・3号炉で制御棒5本が脱落、臨界（2007年まで隠ぺい）。1999年志賀原発1号炉で制御棒3本が脱落、臨界（2007年まで隠ぺい）、

注4. 2008年柏崎刈羽6号炉で制御棒1本が駆動装置から外れているのを確認。前年の地震による挿入不能が疑われている。

注5. 柴田俊一『新原子炉お節介学入門』エネルギーフォーラム、2005、P.205