

トカマク型核融合原型炉のコストモデルの比較検討 Comparative Study of Cost Models for Tokamak DEMO Reactors

大石鉄太郎, 近藤拓也
Tetsutarou Oishi, Takuya Kondo

名古屋大学 〒464-8603 名古屋市千種区不老町
Nagoya University, Furo-cho, Chikusa-ku, Nagoya 464-8603, Japan

原型炉には核融合実用化以降の経済的展望を示すことが求められるため、その概念の構築にあたっては経済的側面の検討が重要になる。また、原型炉の設計パラメータの選定にあたっては、費用対効果に対する見通しを提示する必要がある。そこで本研究では、国内外で提案されてきた核融合炉の経済性評価例及びその手法を調査する。各手法の特徴を明らかにし、原型炉のコスト評価に適したコストモデルの提案を目指す。

まず、コストモデルによらず広範に用いられている商用炉の経済性指標は発電単価(Cost Of Electricity: COE)であり、「発電単価(\$/kWh) = 総発電経費(\$) / (送電端出力(kW) × 運転時間(h) × 設備利用率)」の式で表せる。ここで、総発電経費は、「総資本費 (= 直接建設費 + 間接費 + 建設中利子)」, 炉のライフサイクルにわたる「運転経費」「定期交換費」「燃料費」, および「廃炉・廃棄物処理費」の和である。ただし原型炉の場合は発電単価が適切な経済性指標であるかは自明ではなく、まずは建設費に相当する総資本費を正確に求めることが重要である。総資本費の求め方の一例を図1に示す。炉心機器 (Fusion Island) 内の各コンポーネントの物量がコスト評価の基礎データとなり、物量に単価をかけ合せて価格を算出し加算する。熱交換機やタービンなどの付帯設備 (Balance Of Plant) は熱出力や電気出力、体積などのスケールングを用いて価格を算出することが多い。このようにして求めた価格に、必要に応じて諸経費を加算して直接建設費を求め、さらに間接費を考慮して総資本費を求める。

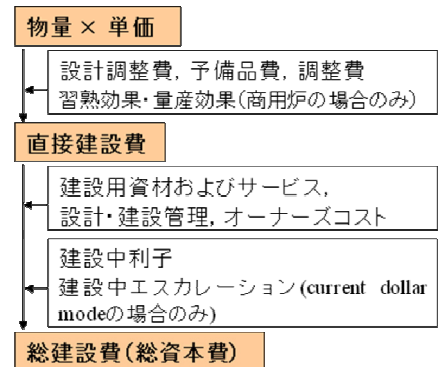


図1: 核融合炉総資本費の計算フロー。

上記の考え方に基づき、主に米国・欧州・日本でコストモデルの評価研究が行われてきた。具体的な概念設計に基づく研究の例としては、日本原子力研究所 (原研, 現日本原子力研究開発機構) により設計された原型炉 Steady State Tokamak Reactor (SSTR)[1]の総資本費の試算がある。その結果は、原研による評価では7146億円[2], 未来工学研究所の評価では9335億円[3]とされている。両者とも具体的な設計に基づき、同じ勘定項目を用いて物量を積み上げる評価方法がとられているが、加工費や間接費の仮定が両者で異なる可能性があるため、計算手法の根拠を明らかにして、仮定の妥当性を議論する必要がある。

一方、設計パラメータのスキャンを行い、各パラメータがコストに及ぼす影響を調べるためには、システムコードによる炉設計とコスト評価という手法が便利である。例として、プラズマ性能とエネルギーフローから炉設計パラメータを決定するモデル計算を用いた名古屋大学の炉設計・コスト評価システムコードPEC (physics-engineering-cost) による研究がある[4]。図2に、PECコードを用いてSSTRと同等の炉の設計とコスト評価を行い、総資本費・プラズマ大半径・炉心機器コストの規格化 β_N 依存性を調べた結果を示す。低 β_N で装置サイズや電流駆動コストが増加していることがわかり、設計パラメータによって影響を受ける部分を明確にできている。

平成23年度BA原型炉設計共同研究「核融合炉のコストモデルの比較検討と原型炉への提案 (代表: 大石鉄太郎)」の援助を受けた。

- [1] M. Kikuchi, R.W. Conn, F. Najmabadi and Y. Seki: Fusion Engineering and Design **16** (1991) 253.
- [2] Fusion Reactor System Laboratory: JAERI-M (1991) 91-081.
- [3] 神前康次 他, 「核融合炉の経済性評価手法の開発」, 日本原子力研究所委託研究, (財)未来工学研究所 (1992).
- [4] K. Yamazaki, S. Uemura, T. Oishi, J. Garcia, H. Arimoto and T. Shoji: Nuclear Fusion **49** (2009) 055017.

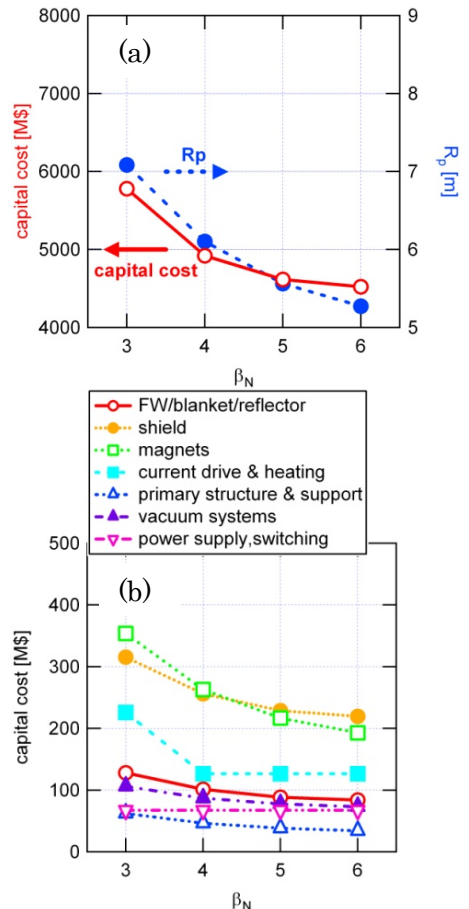


図2: PECコードにより計算された、SSTR-likeなトカマク炉の(a)総資本費、プラズマ大半径、および(b)炉内機器コストの規格化 β_N 依存性。