原子力施設廃止措置費用簡易評価コードの開発

立花 光夫^{1,*}, 白石 邦生¹, 石神 努¹

Development of Simplified Decommissioning Cost Estimation Code for Nuclear Facilities

Mitsuo TACHIBANA^{1,*}, Kunio SHIRAISHI¹ and Tsutomu ISHIGAMI¹

¹Nuclear Cycle Backend Directorate, Japan Atomic Energy Agency,

2-4 Shirane, Shirakata, Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki 319-1195, Japan

(Received December 4, 2009 and accepted in revised form April 22, 2010)

The simplified decommissioning cost estimation code for nuclear facilities (DECOST code) was developed in consideration of features and structures of nuclear facilities and similarity of dismantling methods. The DECOST code could calculate 8 evaluation items of decommissioning cost. Actual dismantling in the Japan Atomic Energy Agency (JAEA) was evaluated; unit conversion factors used to calculate the manpower of dismantling activities were evaluated. Consequently, unit conversion factors of general components could be classified into three kinds. Weights of components and structures of the facility were necessary for calculation of manpower. Methods for evaluating weights of components and structures of the facility were studied. Consequently, the weight of components in the facility was proportional to the weight of structures of the facility. The weight of structures of the facility was proportional to the total area of floors in the facility. Decommissioning costs of 7 nuclear facilities in the JAEA were calculated by using the DECOST code. To verify the calculated results, the calculated manpower was compared with the manpower gained from actual dismantling. Consequently, the calculated manpower and actual manpower were almost equal. The outline of the DECOST code, evaluation results of unit conversion factors, the evaluation method of the weights of components and structures of the facility are described in this report.

KEYWORDS: decommissioning, decommissioning cost estimation, engineering system, DECOST code

I. はじめに

日本原子力研究開発機構(以下、「原子力機構」とする)は、原子炉施設、核燃料施設、研究施設等の多種多様な原子力施設を約230有している。これら原子力施設は、昭和30年代以降に原子力に関する各種研究開発のために建設され、その使命が終了した施設や老朽化した施設から、順次、廃止措置が進められている。

これら原子力施設をすべて廃止措置するには非常に多くの時間と費用を要する。多種多様な原子力施設の廃止措置を効率的に実施するには、廃止措置計画に関する事前の検討と、その廃止措置実施に要する費用の十分な評価が必要である。

我が国における原子力発電所の廃止措置費用については、解体引当金の算出のための検討が行われ、原子炉の運

転終了から解体撤去までの標準工程について、110万kW軽水炉の場合約300億円、廃止措置に伴って発生する放射性廃棄物の処理処分費用は110万kWのBWRで178億円、PWRで192億円と見積もられている。この際、費用の算定のために解体廃棄物量を変数とする物量一次近似法が適用されている¹⁾。なお、廃止措置費用については、クリアランス制度の導入に伴い、過不足について見直されている²⁾。

また、旧日本原子力研究所では、動力試験炉(JPDR)廃止措置プロジェクトにおいて開発したCOSMARDコードを用いて、単一の原子炉施設の解体に関する廃止措置費用の評価が行われた^{3,4)}。

一方、諸外国では、スロバキアにおいて原子力発電所を対象とした廃止措置費用の評価を行うOMEGAコードが開発されている⁵⁾。また、OECD/NEAでは費用項目の標準化などを目的として、原子力発電所の廃止措置に必要な費用項目に関する検討が行われた⁶⁾。さらに、この定義された費用項目ごとにその費用を算出し、廃止措置の政策、

¹ ㈱日本原子力研究開発機構 バックエンド推進部門

* Corresponding author, E-mail: tachibana.mitsuo@jaea.go.jp

廃棄物量, 施設特性等が廃止措置費用に及ぼす影響について考察が加えられた⁷⁾。

COSMARD や OMEGA コードは, いずれも原子力発電所を対象としており, 多種多様な複数の原子力施設の廃止措置費用を評価する計算コードはまだない。

そこで, 多種多様な原子力施設を対象に複数の原子力施設の廃止措置費用の検討が可能な原子力施設廃止措置費用簡易評価コード(以下「DECOST コード」という)を開発した。ここでは, DECOST コードの概要と本システムを用いた原子力機構の原子力科学研究所(以下「NSRI」という)で行われている主な原子力施設の廃止措置費用の評価結果について報告する。

II. DECOST コードの概要

DECOST コードは, 原子力施設の種類, 解体工法に応じた費用評価式を用いて, 8 評価項目の廃止措置費用を評価する。

1. システムの概要

原子力機構の統合に先立って, 事業計画に基づき原子力機構が有する原子力施設の廃止措置費用の評価が行われた。そこでの費用評価手法は, 評価項目ごとに原子力施設の機器・建造物の重量等に応じた人工数との相関係数を用いて廃止措置費用を算出する方法である^{8~10)}。

DECOST コードでは, 本費用評価手法に基づいて原子力施設の特徴や構造, 解体工法の類似性を考慮して評価方法を分類し, 8 評価項目の廃止措置費用を計算する。

廃止措置費用の評価項目のうち解体作業費の評価に用いる解体作業に要する人工数を算出するための単位作業係数は, 原子力機構におけるこれまでの解体作業や改修工事の実績データを分析して求めた。ここで, 単位作業係数とは, 機器・建造物の重量単位, 作業対象となる領域の面積単位または系統等の数量単位当たり各種解体作業の実施に

要する人工数をいう。

また, 人工数の算出に必要な建屋・建造物の重量や設備・機器の重量は, 実際の重量を用いるのが基本であるが, 不明な場合は, 原子力施設の施設情報に基づいて施設区分ごとに整備した建屋・建造物に対する設備・機器の重量換算係数を用いて評価できる。

2. システム構成

DECOST コードは, 廃止措置費用評価機能, 重量簡易評価サブ機能, 施設情報データ, 物量データ, 費用評価式データ, 重量計算式データ, 単位作業係数データ, 人工数計算式データから構成される。Fig. 1 に DECOST コードのシステム構成を示す。

廃止措置費用評価機能は, 計算条件に応じて廃止措置費用の評価項目ごとに費用評価式を用いて算出する。

重量簡易評価サブ機能は, 建屋・建造物の重量換算係数を用いて施設の延床面積より施設における建屋・建造物の重量を評価し, 設備・機器の重量換算係数を用いて建屋・建造物の重量より設備・機器の重量を評価する。

物量データは, 廃棄物レベルごとに区分した施設における設備・機器, 機器・建造物に関する重量である。

費用評価式データは, 評価項目ごとの廃止措置費用を算出するために使用する計算式である。

重量計算式データは, 重量簡易評価サブ機能で使用する建屋・建造物の重量, 設備・建造物の重量を算出するために使用する計算式である。

単位作業係数データは, 費用計算式の作成に使用する単位作業係数, 人工数計算式の作成に使用する単位作業係数等である。

人工数計算式データは, 費用評価式の中で使用する解体作業に要する作業員の人工数を算出するために使用する計算式である。

Fig. 1 Structure of the DECOST code

3. 廃止措置費用の評価項目と費用評価式

DECOST コードにおける廃止措置費用の評価項目は、**Table 1** に示す調査計画費、解体前除染、安全貯蔵費、解体作業費、設備・資材費、作業管理費、解体中の維持管理費、諸経費の8項目である。さらに、解体作業費は、機器解体費、建屋除染費、確認測定費、建屋・構造物解体費に分かれる。なお、一般に廃止措置費用には、解体廃棄物の処理・処分費が含まれるが、DECOST コードでは本費用は評価の対象外である。

4. 費用評価式

DECOST コードでは、廃止措置に関する費用評価手法^{8~10)}に基づいて8評価項目の廃止措置費用を評価する。**Table 2** に各評価項目の費用評価式を示す。このうち、解

体前除染費や解体作業費の算出に使用する人工数は、作業の種類(解体前除染、機器解体、建屋除染、確認測定、建屋・構造物解体)に応じた算出が必要である。

III. 人工数の評価方法の検討

ここでは、作業の種類に応じた人工数の評価方法と人工数の算出に使用する単位作業係数の検討結果を述べる。

1. 人工数の評価方法

人工数は、作業の種類に応じた重量依存型、面積依存型、数量依存型の単位作業係数を用いて作成した人工数計算式により算出する。

単位作業係数は、施設の種類、解体工法等に応じて、原子力機構における解体作業や改修工事等の実績データを用

Table 1 Main items of cost evaluation of decommissioning

Evaluation items	Detailed items	Outline of evaluation items
Pre-decommissioning actions cost		Cost concerning survey & arrangement of weight of components and structures, planning of dismantling activities, evaluation of radioactive inventory, making of application for approval of decommissioning <i>etc.</i>
Safe storage cost		Cost concerning safe storage for decreasing residual radioactivity in the facility
Facility shutdown activity cost		Cost concerning system decontamination or decontamination on cell for protecting external radiation exposure of workers by decreasing dose equivalent rate in working environment
Dismantling activity cost	Dismantling cost of equip.	Cost concerning dismantling of equipments
	Building decontamination cost	Cost concerning decontamination on surface of building
	Confirmation measurement cost	Cost concerning radiation survey for release radiation control of building or confirmation survey of non-contaminated waste
	Demolition cost of building	Cost concerning demolition of structures and building
Procurement of equip. and material cost		Cost concerning purchase of general material for dismantling activities, design and manufacture of remote dismantling machine and waste package
Work management cost		Cost concerning radiation control and work management during dismantling activities
Maintenance cost during dismantling		Cost concerning maintenance of existing installation and devices during dismantling activities
Expenses		Field management cost such as labor management cost, employee salary, tax and charge, insurance fee, legal welfare expense, office supplies expense, communication charge, transportation cost, <i>etc.</i>

Table 2 Cost evaluation formula

Evaluation items	Cost evaluation formulas
Pre-decommissioning actions cost	$\{(\text{Facility shutdown activity cost}) + (\text{Dismantling activity cost}) + (\text{Procurement of equip. and material cost}) + (\text{Work management cost})\} \times \text{Ratio}$
Safe storage cost	$\{(\text{Pre-decommissioning actions cost}) + (\text{Dismantling activity cost}) + (\text{Procurement of equip. and material cost}) + (\text{Work management cost})\} \times (\text{Period of safe storage}) \times \text{Ratio}$
Facility shutdown activity cost	$(\text{Manpower}) \times (\text{Labor unit cost})$
Dismantling activity cost	$(\text{Manpower}) \times (\text{Labor unit cost})$
Procurement of equip. and material cost	$\{(\text{Dismantling activity cost}) + (\text{Work management cost})\} \times \text{Ratio}$
Work management cost	$(\text{Number of remote dismantling device}) \times \text{Ratio}$
Maintenance cost during dismantling	$\{(\text{Facility shutdown activity cost}) + (\text{Dismantling activity cost})\} \times \text{Ratio}$
Expenses	$\{(\text{Pre-decommissioning actions cost}) + (\text{Safe storage cost}) + (\text{Facility shutdown activity cost}) + (\text{Dismantling activity cost}) + (\text{Procurement of equip. and material cost}) + (\text{Work management cost})\} \times \text{Ratio}$
	$\{(\text{Dismantling activity cost}) + (\text{Procurement of equip. and material cost})\} \times \text{Ratio}$

いて解体作業に要する人工数と機器・構造物の重量, 対象物の面積または数量との相関関係を求めた。

以下に重量依存型, 面積依存型, 数量依存型の人工数の評価方法の概要を示す。

(1) 重量依存型の人工数の評価

重量依存型の人工数 Y_w (man-day) は, 機器・構造物の重量と人工数との相関関係に基づいて以下の人工数計算式で評価できる。本計算式は, 設備・機器の解体作業や建屋・構造物の解体作業に要する人工数の算出に用いる。

$$Y_w = W \times CF_w \quad (1)$$

ここで,

CF_w : 重量依存型の単位作業係数 (man-day/t)

W : 機器・構造物の重量 (t)

(2) 面積依存型の人工数の評価

面積依存型の人工数 Y_a (man-day) は, 作業対象となる領域の面積と人工数との相関関係に基づいて以下の人工数計算式で評価できる。本計算式は, 解体前除染のうちセル除染, 建屋除染等の作業に要する人工数の算出に用いる。

$$Y_a = S \times CF_a \quad (2)$$

ここで,

CF_a : 面積依存型の単位作業係数 (man-day/m²)

S : 作業対象となる領域の面積 (m²)

(3) 数量依存型の人工数の評価

数量依存型の人工数 Y_n (man-day) は, 系統等の数量と人工数との相関関係に基づいて以下の人工数計算式で評価できる。本計算式は, 解体前除染のうち系統除染に要する人工数の算出に用いる。

$$Y_n = N \times CF_n \quad (3)$$

ここで,

CF_n : 数量依存型の単位作業係数 (man-day/number)

N : 数量 (number)

2. 単位作業係数の検討

III-1 節に示す人工数計算式により, 解体作業等に要する人工数を適切に評価するには, 評価方法に応じた各種単位作業係数の整備が必要である。

解体作業等のうち設備・機器の解体に要する人工数は, 設備・機器の特性や解体工法に応じて, 一般機器解体作業, 重装備による解体作業, 特殊機器の解体作業, 遠隔解体作業に分類し, 重量依存型の単位作業係数を用いて評価できる。

ここでは, 一般機器および特殊機器のうちグローブボックスの解体作業に要する単位作業係数の検討結果を示す。

(1) 一般機器解体作業のための単位作業係数

一般機器解体作業は, 空間線量当量率が低い区域での解体作業である。解体作業は, グリーンハウスを設置し, 軽装備の作業者がバンドソーやガス切断機等の既存の切断工法により, 設備・機器を解体し, 切断片を廃棄物容器に収納する。

一般機器解体作業として, JPDR における汚染のない設備・機器の解体作業や低レベル放射能の設備・機器の解体作業¹¹⁾, 再処理施設の分離精製工場, 製錬転換施設等での解体作業における実績データを分析した。

その結果, 一般機器解体作業における設備・機器の重量と人工数との関係については, **Fig. 2** に示すように汚染のない設備・機器, $\beta\gamma/U$ 系の汚染のある設備・機器, TRU 系の汚染のある設備・機器の 3 種類に分割できることがわかった。また, その際の設備・機器の重量と人工数の相関係数は, それぞれ 0.899, 0.848, 0.948 とかなり強い相関性のあることがわかった。

さらに, 実績データの単回帰分析を行った結果, 汚染のない設備・機器, $\beta\gamma/U$ 系の汚染のある設備・機器, TRU 系の汚染のある設備・機器の解体作業に要する人工数の計算に使用する単位作業係数として, それぞれ 5.7 man-day/t, 15.1 man-day/t, 36.0 man-day/t が得られた。

(2) 特殊機器解体作業のための単位作業係数

ライニング, 遠心分離機等の特殊機器のうちグローブボックスを解体する際の人工数とグローブボックス重量について, Pu 第 3 開発室での予備焼結炉, Pu 第 1 開発室での Pu 廃棄物焼却設備等の解体作業に関わる実績データを分析した。

その結果, **Fig. 3** に示すようにグローブボックス重量と人工数との関係が得られた。これより, グローブボックス重量と人工数の相関関係は, グローブボックスのサイズにより 9 m³ の大型と 9 m³ 未満の小型の 2 種類に分割でき, その際の相関係数は, それぞれ 0.918, 0.949 とかなり強い相関性のあることがわかった。

また, 実績データの単回帰分析を行った結果, グローブボックス解体作業に要する人工数の計算に使用する単位作業係数として, 大型グローブボックスで 286.5 man-day/t, 小型グローブボックスで 159.8 man-day/t が得られた。

Fig. 2 Relationship between manpower and weight of equip. incl. TRU, beta/gamma nuclide, without contamination

Fig. 3 Relationship between manpower and weight of different size glove box

IV. 施設物量の評価方法の検討

III章で述べたように、重量依存型の人工数の算出には施設物量である設備・機器の重量や建屋・構造物の重量が必要となる。

施設物量には、各施設における実際の設備・機器および建屋・構造物の重量を使用することが基本であり、廃止措置前の事前調査により詳細に調査を行う必要がある。しかし、廃止措置計画の検討においては、あらかじめすべての施設について適切な施設物量を迅速に把握することは容易ではない。

このため、詳細な事前調査を行わずに、容易に施設物量の評価が可能となる評価方法について、建屋・構造物および設備・機器ごとに検討した。

(1) 建屋・構造物の重量の評価方法

原子力機構における各原子力施設の施設区分ごとの延床面積と建屋・構造物の重量について調査した。Table 3に原子力施設の施設区分を示す。Fig. 4は、そのうち $\beta\gamma$ 取扱施設の延床面積と建屋・構造物の重量の関係を示したものである。 $\beta\gamma$ 取扱施設の延床面積と建屋・構造物の重量について単回帰分析(高減容処理棟等は以下に記述するように設備・機器が他に比べて特殊であるため対象外とした。)を行った結果、回帰係数(建屋・構造物の重量換算係数)が2.713 t/m²、相関係数が0.910となり、 $\beta\gamma$ 取扱施設の延床面積と建屋・構造物の重量の間には強い相関性のあることがわかった。

これより、簡易重量評価サブ機能では、建屋・構造物の重量 $W_c(t)$ を施設の延床面積から次式で評価することとした。

$$W_c = S_f \times V_f \quad (4)$$

ここで、

S_f : 延床面積(m²)

V_f : 建屋・構造物の重量換算係数(t/m²)

Fig. 4 Relationship between area of floor and weight of structures ($\beta\gamma$ treatment facilities)

しかし、 $\beta\gamma$ 取扱施設のうち高減容処理棟は、廃棄物処理のための熔融炉等の重量の大きい特殊な設備・機器が設定されているため、他の施設に比べて頑丈に作られており、 $\beta\gamma$ 取扱施設の延床面積と建屋・構造物の重量の回帰直線から大きくずれる結果となった。このため、このような特殊な施設については、個別の評価が必要であることがわかった。

さらに、他施設区分についても同様の検討を行った結果、(4)式が適用できることがわかった。Table 3に施設区分ごとに検討した建屋・構造物の重量換算係数を示す。

(2) 設備・機器の重量の評価方法

原子力施設において必要な設備・機器は、施設の種類によって決まっている。例えば、原子炉施設には、原子炉本体、冷却系設備、換気設備等の必要な設備・機器はほぼ同一であり、通常、これらの設備・機器は出力に応じてその仕様が大きくなるだけである。そこで、原子力機構における原子力施設の施設区分ごとの設備・機器の重量と建屋・構造物の重量を調査した。Fig. 5は、そのうち $\beta\gamma$ 取扱施設の設備・機器の重量と建屋・構造物の重量の関係を示したものである。

$\beta\gamma$ 取扱施設のうち解体分別保管棟は、大型機器の解体スペースのため延床面積が大きい、その割に設備・機器の重量が他の $\beta\gamma$ 取扱施設に比べて小さくなっていた。一方、高減容処理棟は熔融炉等の重量機器を有しているため他の $\beta\gamma$ 取扱施設に比べて設備・機器の重量がかなり多くなっていた。このため、これらの特殊な施設を除いて単回帰分析を行った結果、回帰係数(設備・機器の重量換算係数)が0.027、相関係数が0.805となり、 $\beta\gamma$ 取扱施設の設備・機器の重量と建屋・構造物の重量の間には強い相関性のあることがわかった。Table 3に施設区分ごとに検討した設備・機器の重量換算係数を示す。

これより、簡易重量評価サブ機能では、設備・機器の重量 $W_m(t)$ を建屋・構造物の重量 $W_c(t)$ から以下の式で評価することとした。

Table 3 Classification of facilities and weight conversion factor

Classification of facilities		Outline of classification of facilities	V_f	f_{mc}
Class I	Class II		(t/m ²)	(—)
Reactor facility		Reactor facility is research reactors such as JRR-3 and power reactors such as FUGEN nuclear power plant.	2.022	0.047
Nuclear fuel treatment facility	Uranium treatment facility	Uranium treatment facility contains low radioactive alpha nuclide.	1.449	0.092
	Reprocessing facility	Reprocessing facility is built in cell structure and contain high radioactivity.	4.863	0.035
	MOX-related facility	MOX-related facility is built in glove box structure. The facility handles Pu fuels.	4.567	0.022
	$\beta\gamma$ treatment facility	$\beta\gamma$ treatment facility is liquid waste treatment facility, solid waste treatment facility, etc. The facility handle wastes including $\beta\gamma$ nuclides and is composed of glove boxes, hoods and tanks, etc.	2.713	0.027
	TRU treatment facility	TRU treatment facility is composed of glove boxes, hoods, tanks. The facility handles wastes including TRU nuclides.	5.461	0.019
Research facility	Hot laboratory	Hot laboratory has hot cells for treating spent fuels. Manipulators are installed in the hot cells.	4.348	0.058
	Accelerator facility	Accelerator facility is accelerator and laboratory building of JT-60, etc. Accelerator is composed of irradiating device, oscillator and target, etc.	7.220	0.040
	Unsealed radioactive material treatment facility	Unsealed radioactive material treatment facility is CRF, PRF-2, RTE, ISRF and MRF, etc. The facility has hoods for radiochemical analysis and laboratory.	1.674	0.032
General facility	Storage facility	Storage facility is uranium storage facility, waste storage facility, etc.	3.665	0.005
	Irradiation facility	Irradiation facility is Co-60 irradiation building and γ irradiation building, etc.	5.255	0.060
	Second experimental facility	Second experimental facility is warehouse, experimental building, etc. The facility is composed of experimental device, waste box, sealed source, etc.	2.013	0.034

V_f (t/m²) : Weight conversion factor of building & structure,
 f_{mc} (—) : Weight conversion factor of component & equipment.

Fig. 5 Relationship between weight of structures and weight of equipments ($\beta\gamma$ treatment facilities)

$$W_m = W_c \times f_{mc} \quad (5)$$

ここで,

f_{mc} : 設備・機器の重量換算係数(—)

以上のように、詳細な施設物量が不明な場合は、施設区分に応じて施設のエリア面積から(4)式を用いて建屋・構造物の重量を算出し、算出した建屋・構造物の重量から(5)式を用いて設備・機器の重量を算出することが可能となった。

V. 廃止措置費用の試算

原子力機構のNSRIで廃止措置を進めている原子力施設について、DECOSTコードにより廃止措置費用を評価した。廃止措置費用の評価は、セラミック特研(CRF)、Pu研究2棟(PRF-2)、再処理試験室(RTF)、同位体分離研究施設(ISRF)、冶金特研(MRF)、高性能トカマク試験装置(JFT-2M)、高温ガス炉臨界実験装置(VHTRC)の7施設を対象とし、各施設の物量には、それぞれ事前調査で得られた1,060 t, 360 t, 1,090 t, 340 t, 2,230 t, 30 t, 1,460 tを入力した。また、解体作業の項目は、設備・機器の撤去、建屋除染、建屋解体、整地とし、JFT-2Mについては、設備・機器の撤去後、管理区域解除とした。

Table 4 に施設の概要と施設区分を示す。

Table 4 Outline and classification of facilities

Name of facilities	Classification of facilities	Outline of facilities
CRF	Unsealed radioactive material treatment facility	CRF was built to study on ceramic fuel and property of material.
PRF-2	Unsealed radioactive material treatment facility	PRF-2 was built to contribute to the establishment of dry reprocessing technology of spent fuel by fluoride volatility process.
RTE	Unsealed radioactive material treatment facility	RTE was built to study on dry reprocessing and scientific study of fluoride of fission products and actinoid.
ISRF	Unsealed radioactive material treatment facility	ISRF was built to study on uranium isotope separation, evaporation of uranium by electronic beam heating and etc.
MRF	Unsealed radioactive material treatment facility	MRF was built to study on fuel of JRR-3 and fuel of high temperature gas cooling reactor.
JFT-2M	Secondary experimental facility	JFT-2M is a tokamak device with a medium noncircular cross-section.
VHTRC	Reactor facility	VHTRC was built to study on nuclear reactor physics of semihomogeneous reactor. VHTRC was used to verify validity of nuclear design of high-temperature gas reactor.

Fig. 6 Decommissioning cost of nuclear facilities in NSRI

廃止措置費用の評価項目は、安全貯蔵費、解体前除染費を除く評価項目について試算した。**Fig. 6**に7施設の廃止措置費用の試算結果を示す。ここでは、CRFの廃止措置費用を1.0とした廃止措置費用の相対値を示した。**Fig. 6**において、作業管理費には維持管理費を含めて表示した。その結果、研究施設であるISRF, PRF-2, RTE, CRF, MRFでは、解体作業費である機器解体、建屋除染、確認測定、建屋解体の解体作業に関わる人件費(直接費)が廃止措置費用全体の48%を占めていることがわかった。また、設備・資材費および作業管理費等の間接費は、廃止措置費用全体の15%, 23%となった。

次に、DECOSTコードによる廃止措置費用の試算結果を検証するために、CRFおよびPRF-2における解体作業に要する人工数を計算し、実績値との比較を行った。

その結果、**Fig. 7**に示すようにCRFおよびPRF-2で

Fig. 7 Comparison between estimated manpower and actual manpower

は、解体作業の人工数の評価結果は、それぞれ実績値の100%, 86%となり、DECOSTコードによる試算結果が妥当であることがわかった。しかし、CRFおよびPRF-2以外の施設については、想定外の汚染の発見等により解体計画が大幅に変更となったため、実績データと評価結果との比較が困難であった。

VI. まとめ

原子力施設の特徴や構造、解体工法の類似性を考慮して評価方法を分類し、8評価項目の廃止措置費用を算出できる原子力施設廃止措置費用簡易評価コード(DECOSTコード)を開発し、次の結果が得られた。

計算条件に応じて廃止措置費用の評価項目ごとに費用評価式を用いて算出できる廃止措置評価機能を開発した。

評価項目のうち解体作業費等の算出に使用する人工数計算式は、解体作業の種類に応じた重量依存型、面積依存

型, 数量依存型の単位作業係数を用いて作成した。また, 原子力機構での解体作業の実績データを用いて単位作業係数の分析を行った。例えば, 一般機器解体作業の単位作業係数は, 汚染のない設備・機器, $\beta\gamma$ /U 系の汚染のある設備・機器, TRU 系の汚染のある設備・機器の3種類に分類でき, それぞれ 5.7 man-day/t, 15.1 man-day/t, 36.0 man-day/t となることがわかった。

次に, 建屋・構造物の重量換算係数を用いて施設の延床面積より施設における建屋・構造物の重量を評価し, 設備・機器の重量換算係数を用いて, 建屋・構造物の重量より設備・機器の重量を評価できる重量簡易評価サブ機能を開発した。重量依存型の人工数の算出に必要な設備・機器の重量, 建屋・構造物の評価方法について検討した結果, 延床面積と建屋・構造物の重量, 設備・機器の重量と建屋・構造物の重量はそれぞれ比例関係にあり, $\beta\gamma$ 取扱施設で回帰係数が 2.713 t/m³, 0.027 となることがわかった。

DECOST コードを用いて原子力科学研究所の7施設の廃止措置費用を試算し, その検証のため CRF と PRF-2 の人工数の試算結果と実績値を比較した結果, 試算結果は実績値の100%, 86%とほぼ同等の値となった。

— 参考文献 —

- 1) 総合エネルギー調査会原子力部会中間報告, 一商業用原子力発電施設解体廃棄物の処理処分に向けて一, 平成11年5月18日。
- 2) 総合資源エネルギー調査会電気事業分科会原子力発電環境整備小委員会報告書, 平成19年5月。
- 3) S. Yanagihana, T. Sukegawa and K. Shiraishi, "Development of computer systems for planning and management of reactor decommissioning," *J. Nucl. Sci. Technol.*, **38**[3], 193-202 (2001).
- 4) 大島総一郎, 白石邦生, 島田太郎, 他, 原子炉解体に係る廃止措置費用評価手法の検討—COSMARD を用いた廃止措置費用の計算—, JAERI-Tech2005-046, 日本原子力研究所 (2005).
- 5) K. Kristina, V. Daniska, F. Ondra *et al.*, *A Model Study of Cost Estimates of Decontamination and Decommissioning with an Emphasis to Derive Cost Functions for Alpha-contaminated Material Using OMEGA Code*, SKI report 2005: 38, Swedish Nuclear Power Inspectorate (2004).
- 6) *A Proposal Standardized List of Items for Costing Purposes in the Decommissioning of Nuclear Installations*, interim technical document, OECD/NEA (1999).
- 7) *Decommissioning Nuclear Power Plants —policies, Strategies and Cost*, OECD/NEA (2003).
- 8) 富居博行, 松尾 浄, 白石邦生, 他, "原子力施設における廃止措置費の費用評価手法," *デコミッションング技報*, **31**, 11-20 (2005).
- 9) K. Kudo, S. Kawatsuma, H. Rindo *et al.*, "Comprehensive cost estimation method for decommissioning," *Proc. ICONE14*, ICONE14-89586, Florida, USA, 2006.
- 10) 白石邦生, 立花光夫, 石神 努, 他, 原子力施設の廃止措置費用評価手法の検討, JAEA-Technology 2007-057, 日本原子力研究開発機構 (2007).
- 11) 白石邦生, 助川武則, 柳原 敏, 動力試験炉 (JPDR) の解体における作業データの分析, JAERI-Data/Code98-010, 日本原子力研究所 (1998).