



JAERI-Data/Code

JP9950028

99-005



原子力施設の解体作業に関する
管理データ計算モデルの開発
(受託研究)

1999年2月

助川武則・大島総一郎・白石邦生・柳原 敏

日本原子力研究所
Japan Atomic Energy Research Institute

本レポートは、日本原子力研究所が不定期に公刊している研究報告書です。
入手の問い合わせは、日本原子力研究所研究情報部研究情報課（〒319-1195 茨城県那珂郡東海村）あて、お申し越しください。なお、このほかに財団法人原子力弘済会資料センター（〒319-1195 茨城県那珂郡東海村日本原子力研究所内）で複写による実費頒布をおこなっております。

This report is issued irregularly.

Inquiries about availability of the reports should be addressed to Research Information Division, Department of Intellectual Resources, Japan Atomic Energy Research Institute, Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki-ken, 319-1195, Japan.

© Japan Atomic Energy Research Institute, 1999

編集兼発行 日本原子力研究所

原子力施設の解体作業に関する管理データ計算モデルの開発
(受託研究)

日本原子力研究所東海研究所バックエンド技術部
助川 武則・大島 総一郎・白石 邦生・柳原 敏

(1999年1月20日受理)

原子力施設の解体作業に必要な作業人工数は経験に基づいて予測されるものであり、特定の指標、例えば、機器の重量と人工数との関係（単位作業係数）を予め求めておき、この関係に基づいて計算する方法が一般的である。そこでJPDRの解体作業データの分析結果に基づいて基本となる作業毎に単位作業係数を整理するとともに、解体作業の各種条件を加味して、様々な作業に対して適用可能な計算モデルを整備した。解体作業は基本となるいくつかの作業が繰り返して行われることから、代表的な作業構成を作成して、解体計画が容易に作成できるようにした。さらに、整備した計算モデル及び作業構成に基づき、JPDRの解体作業に要する人工数の計算を原子炉デコミッショニング管理のための計算コードシステム（COSMARD）を用いて行い、人工数データがより効率的に算出できることを確認した。これにより、原子力施設の解体に関して作業内容や作業条件に応じた各種作業の管理データ（人工数、被ばく線量、廃棄物発生量等）をより精度良く予測することが可能となった。

本報告書は、作業人工数の計算モデル及び COSMARD への適用方法について記述したものである。

本報告書は、特別会計による科学技術庁からの受託研究として、日本原子力研究所が平成7年度から平成9年度まで実施した原子炉解体技術開発の成果である。

東海研究所：〒319-1195 茨城県那珂郡東海村白方白根2-4

Development of Project Management Data Calculation Models Relating
to Dismantling of Nuclear Facilities
(Contract Research)

Takenori SUKEGAWA, Soichiro OHSHIMA, Kunio SHIRAISHI
and Satoshi YANAGIHARA

Department of Decommissioning and Waste Management
Tokai Research Establishment
Japan Atomic Energy Research Institute
Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki-ken

(Received January 20, 1999)

Labor-hours necessary for dismantling activities are generally estimated based on experience, for example, as a form of unit productivity factors such as the relationship between labor-hours and weight of components dismantled which were obtained by actual dismantling activities. The project management data calculation models together with unit productivity factors for basic dismantling work activities were developed by analyzing the data obtained from the Japan Power Demonstration Reactor (JPDR) dismantling project, which will be applicable to estimation of labor-hours in various dismantling conditions. Typical work breakdown structures were also prepared by categorizing repeatable basic dismantling work activities for effective planning of dismantling activities. The labor-hours for dismantling the JPDR components and structures were calculated by using the code system for management of reactor decommissioning (COSMARD), in which the work breakdown structures and the calculation models were contained. It was confirmed that the labor-hours could be easily estimated by COSMARD through the calculations.

This report describes the labor-hour calculation models and application of these models to COSMARD.

Keywords : Decommissioning, Dismantling, JPDR, Systems Engineering, Manpower Needs,
Work Breakdown Structures, Unit Productivity Factor

This study was conducted under contract with Science and Technology Agency of Japan during 1995 to 1997.

目 次

1. はじめに.....	1
2. JPDR の解体作業	2
2.1 解体作業データ	2
2.2 解体作業の特徴.....	2
2.3 作業員構成と作業時間.....	3
3. COSMARD	4
3.1 COSMARD の構成	4
3.2 作業要素の構成.....	4
3.3 データベース	5
3.4 COSMARD に必要な各種ファイル	5
4. 単位作業係数の作成	6
4.1 作業の分類.....	6
4.2 単位作業係数	7
5. 人工数計算のための作業構成	11
5.1 在来工法による解体作業	11
5.2 遠隔解体作業	12
5.3 建家の除染・測定作業.....	16
5.4 建家の解体作業.....	17
6. 人工数の計算	18
6.1 計算条件の設定.....	18
6.2 人工数の計算結果	20
7. 検討	21
7.1 単位作業係数の特徴	21
7.2 作業性の向上及び低下	23
7.3 作業構成の分類.....	23
8. まとめ	25
謝辞	25
参考文献	26
付録 I JPDR 解体作業における単位作業項目	39
付録 II 準備・後処理作業における人工数	44
付録 III 単位作業一覧（名称、分類、目的）	54

Contents

1. Introduction.....	1
2. JPDR Dismantling Activities.....	2
2.1 Analysis on Dismantling Activities	2
2.2 Characteristics of Dismantling Activities	2
2.3 Crew Structures of Workers and Working Times	3
3. COSMARD	4
3.1 Structure of COSMARD	4
3.2 Work Breakdown Structures.....	4
3.3 Database	5
3.4 Input Files for COSMARD	5
4. Unit Productivity Factors	6
4.1 Classification of Dismantling Activities	6
4.2 Unit Productivity Factors.....	7
5. Work Breakdown Structures for Calculation of Man-power Needs.....	11
5.1 Hands-on Dismantling Activities.....	11
5.2 Remote Dismantling	12
5.3 Decontamination and Radioactivity Measurement.....	16
5.4 Building Demolition.....	17
6. Evaluation for Manpower Expenditure	18
6.1 Preparation of COSMARD Calculation.....	18
6.2 Calculation Results.....	20
7. Discussions.....	21
7.1 Unit Productivity Factor	21
7.2 Evaluation of Work Efficiency	23
7.3 Classification of Work Breakdown Structures.....	23
8. Summary	25
Acknowledgment.....	25
References.....	26
Appendix I Basic Work Items Identified in JPDR Dismantling Activities	39
Appendix II Manpower Expenditure in Preparation and Restoration Activities	44
Appendix III Table of Unit Activities in JPDR Dismantling Activities	54

図表リスト

表 1 単位作業係数（在来工法による解体作業）	27
表 2 単位作業係数（遠隔解体作業）	28
表 3 単位作業係数（建家の除染・測定及び建家解体作業）	29
表 4 単位作業係数（準備作業及び後処理作業）	30
図 1 C O S M A R Dにおける管理データ計算の概念図	31
図 2 解体作業における階層構造	31
図 3 在来工法による解体作業における人工数	32
図 4 遠隔解体作業における人工数	32
図 5 建家の除染作業における人工数	33
図 6 建家の放射能測定作業における人工数	33
図 7 建家の解体作業における人工数	34
図 8 重量を指標とする単位作業係数	34
図 9 面積を指標とする単位作業係数	35
図10 作業回数を指標とする単位作業係数（遠隔解体作業の切断準備）	35
図11 作業回数を指標とする単位作業係数（遠隔解体作業の切断・収納）	36
図12 準備・後処理作業における人工数の標準値（在来工法による解体作業）	36
図13 準備・後処理作業における人工数の標準値（遠隔解体作業）	37
図14 容器個数を指標とする単位作業係数	37
図15 作業性の向上・低下係数	38
図16 原子力発電所の解体作業における階層構造	38

This is a blank page.

1. はじめに

原子力施設の解体作業においては、作業者の放射線防護、周辺環境への放射性物質の漏洩防止、廃棄物の低減化等を十分に考慮する必要があり、また、解体対象となる施設の各種条件に対応して効率的な作業を実施できるよう作業内容を検討することが求められる。複雑な解体作業を安全で効率よく実施するためには、作業に必要となる人工数や作業者の被ばく線量、廃棄物の発生量等の管理データを予測し、予め作業の特徴を良く理解することも必要である。しかし、考えられる多くの条件を考慮して複雑な作業の管理データを手計算で検討することは現実的でない。そこで、日本原子力研究所（原研）では動力試験炉（JPDR : Japan Power Demonstration Reactor）の解体作業を対象として原子炉デコミッショニング管理のための計算コードシステム（COSMARD : Code System for Management of Reactor Decommissioning）を開発した⁽¹⁾⁻⁽³⁾。

解体作業に関する管理データの予測においては、対象となる作業内容を十分に理解し、その特徴に応じた計算モデルを作成しておくことが必要となる。解体作業は、放射能密度が比較的高い炉内構造物のように遠隔操作を用いて行う作業、放射能汚染が比較的少ない機器のように在来工法を用いて行う作業、建家の除染と放射能測定、建家の解体に分類することができる。これらの作業に必要な人工数は経験に基づいて予測されるものであり、作業量を支配する特定の指標量（指標）と人工数との関係を予め求めておき、この関係に基づいて計算する方法が一般的である。これを単位作業係数法（費用の算出においては Unit Cost Factor Approach⁽⁴⁾）と言い、解体対象機器の単位重量あるいは単位長さ等の基準となる量に対応した人工数を予め評価しておき、作業状況を加味してより現実的な条件で人工数を計算する。COSMARDにおいても同様の方式で各種作業に必要となる人工数を計算するが、計算モデルに含まれる単位作業係数は、実績に基づいて評価された、より精度の良い値を用いる必要がある。

他方、JPDR 解体実地試験では解体作業に関する各種作業データ（解体作業データ）を収集し、その作業データの分析が進められた⁽⁵⁾⁻⁽⁷⁾。この結果、解体作業は、準備、切断・収納、後処理作業に分類でき、さらに、これらは細分化した基本となる作業項目（単位作業）から構成されていること、また、単位作業毎の人工数を特定の指標を用いて記述できることが明らかになった。そこで、JPDR の解体作業に関する分析結果を整理し、基本的な作業に対する単位作業係数を作成した。さらに、各種作業管理条件を考慮して単位作業係数を補正することにより、より汎用的に人工数を予測することができる計算モデルとした。他方、管理データの予測は、作業の構成と密接に関連付けられるものである。そこで、解体作業の分類について検討し、開発した計算モデルを、より効率よく人工数の計算に適用できるよう代表的な作業構成を作成した。

こうして整備した計算モデル及び作業構成を COSMARD に適用して JPDR の解体作業に関する人工数の計算を行い、効率的に人工数データが計算できることを確認した。

本報告書は、JPDR 解体実地試験のデータ分析結果に基づいて作成した人工数の計算モデル及び計算結果について記述したものである。

2. JPDR の解体作業

2.1 解体作業データ

JPDR の解体作業は昭和 61 年 12 月から開始され、平成 8 年 3 月までに終了した。本解体作業は、我が国で初の発電用原子炉を解体する試みであり、機器及び構造物を解体撤去するのみでなく、解体作業データを取得すること、技術開発した装置を適用して解体作業を行いその技術の検証を行うこと等を目的に実施されたものである。従って、解体作業データを細部にわたり収集し、その分析を実施した。解体作業データは、その特性から作業関連データ、放射線関連データ、物流関連データに分類される。作業関連データとは、現場監督や担当者等からの記録を基に、作業日数、職種別人工数、使用資源量、異常記録等を主要な作業項目毎に整理したものである。放射線関連データとは、作業者の被ばく線量、作業場所の汚染密度等に関するものであり、作業者の被ばく線量は警報付ポケット線量計及びフィルムバッジにより測定された。物流関連データは発生する廃棄物に関する重量、容器数、発生日等であり、担当者が現場で記録を取り、それらがデータベースに入力された。

解体作業データの分析から、JPDR の解体実地試験で行われた作業は、遠隔解体作業、在来工法による解体作業、建家の除染・測定作業及び建家解体作業に分類できること、また、これらは準備作業、切断・収納作業、後処理作業に分類できることが明らかになった。これらの作業はさらに細分化した単位作業から構成されていることも確認できた。さらに、詳細な作業項目に対して、人工数、被ばく線量、廃棄物発生量等の管理データを整理し、この結果から人工数を予測するための主要な指標（解体機器重量、解体装置性能等）を明らかにした⁽⁶⁾。

2.2 解体作業の特徴

原子力施設における機器及び構造物の解体は、解体対象となる機器の種別や量、作業領域の大きさ、作業期間等に応じてあるまとまった作業毎に実施されるものである。作業は、機器及び構造物を安全で効率的に解体撤去するために必要となる準備作業、解体対象となる機器の取り外し、切断及び容器への収納作業（切断・収納作業）、機器及び構造物の撤去が終了した後の後処理作業から構成される。このうち、準備作業と後処理作業は作業内容に多少の相違はあるものの全ての作業に対してほぼ同様の単位作業が実施された。切断・収納作業では解体対象機器または作業の特性に応じて各種工法が用いられるため、作業の内容が異なるものの、基本的には、作業員が手足を動かして簡単な工具により解体作業を行う在来工法による解体作業と、作業員が主に装置の運転を行う遠隔解体作業とに分類することができる。他方、機器を撤去した後に建家表面の放射能を取り除く除染とその後の放射能測定作業は上記した解体作業とは異なるものであった。以下に各作業の特徴を示す。

在来工法による解体作業

配管、弁、ポンプ等の比較的放射能レベルが低い機器を作業員がバンドソー、セーバーソー、高速切断機、ガス切断機、エアープラズマ切断機等の小型の工具類を用いて据え付け現場で粗断し、さらに容器に収納できる大きさに細断して容器へ収納する作業である。解体作業中は汚染の

程度に応じてグリーンハウス（ビニールテント）、手元換気装置等により汚染拡大防止が図られた。これらの作業では、必要な人工数は解体対象となる機器の種別毎に、解体物重量に応じて増加する傾向にあった。

遠隔解体作業

炉心部に存在する炉内構造物、原子炉圧力容器、生体遮へい体のように比較的放射能密度の高い機器を遠隔切断装置により解体する作業である。解体対象機器毎に、プラズマアーク工法（炉内構造物）、アークソー工法（原子炉圧力容器）、ディスクカッター及び成型爆薬工法（原子炉圧力容器接続配管）、水ジェット工法、機械的工法及び制御爆破工法（生体遮へい体）等の異なる工法が用いられた。これらの工法では、遠隔切断装置や水処理装置等の準備・後処理、切断時に生じたドロスの処理等の作業が必要となること、また、切断作業に必要な人工数（作業時間）は、切断装置の性能に大きく依存することが特徴であった。

建家の除染・測定作業

施設内に存在する機器を撤去した後の建家表面の放射能汚染を除去する作業、並びにその後の有意な放射能が存在しないことを確認するための測定作業である。これらの作業では、在来の各種工具、解体用機器及び放射線測定機器が用いられ、除染面積及び測定面積に応じて人工数が増加する傾向にあった。

建家の解体・整地作業

建家内に有意な汚染が無いことを確認した後に、建家を解体し、跡地の埋め戻し・整地を行う作業である。建家構造物の解体には、ニブラ、ブレーカ等の解体用機器を用い、建家解体で発生したコンクリートガラの一部を跡地埋め戻しのために再利用し、その後土砂で埋め戻しを行って整地した。これらの作業では、人工数は建家重量や埋め戻し面積に応じて増加する傾向にあった。

準備及び後処理作業

準備及び後処理作業には、解体作業を安全で効率良く行うための各種作業項目が含まれる。準備作業には、作業領域のビニール養生、グリーンハウス設置、放射線測定、切断装置や収納容器の準備等があり、後処理作業には、切断・収納作業後に行う装置、機器、資材等の搬出、解体廃棄物の搬出、作業領域を整理する作業等がある。これらの作業は作業領域の面積、解体対象となる機器・構造物の特性、適用工法毎に作業の内容、条件等が異なるため、必要な人工数を支配する適切な指標がみづからなかった。しかし、人工数のデータを整理すると特殊な条件下での作業を除いて、作業の程度・内容等により多少の相違があるものの適当な範囲で標準的な人工数の値を整理できることが明らかになった。

2.3 作業員構成と作業時間

解体作業は、現場監督、放射線管理員、作業員等が一つの組（作業クルー）になって実施された。様々な作業についてデータを整理してみると、作業の内容や作業実施業者によって作業クルーの構成が異なるものの、大別するとその構成は次のように分類された。

- 作業構成 1：監督 1 人、放射線管理員 1 人、作業員 5 人

- 作業構成 2：監督 2 人、放射線管理員 2 人、作業員 10 人、技術指導員 1 人

ここで、作業構成 1 は、在来工法による解体作業、建家の除染・測定及び建家解体作業における一般的な作業クルー構成であり、作業構成 2 は、作業が複雑で、切断装置及び水処理装置等の運転が必要な遠隔解体作業における代表的な作業クルー構成である。

他方、入退域時刻データに基づき作業クルーが管理区域内で実際の解体作業に従事した時間を求めた。その結果、解体作業の種類別には、遠隔解体作業で 4.0 時間／日、在来工法による解体作業で 3.8 時間／日、建家の除染・測定及び建家解体作業で 4.2 時間／日であり、これら全作業の平均作業時間は 4.0 時間／日であった。

3. COSMARD

3.1 COSMARD の構成

原子力施設の解体計画を作成する上で、施設内に存在する機器及び構造物の特性（重量、形状、材質、放射能量、所在場所等）は基本的な情報である。そこで、解体計画を作成するためには、予めこれらを調査あるいは計算により評価した上で必要な情報を効率よく取り出すことができるよう整理しておくことが求められる。また、前章で述べたように、原子力施設の解体作業は、在来工法による解体作業、遠隔解体作業、建家の除染・測定作業及び建家解体作業、さらに、これらが準備、切断・収納、後処理作業に分類されること等、種々の作業の組み合わせで構成されている。そこで、作業計画の立案においては、必要な作業を全て抽出し、作業の条件や手順等を考慮した後、抽出した作業を再構築することによって、合理的な計画の検討が可能となる。また、再構築した作業に対して、人工数、作業者の被ばく線量、費用、廃棄物発生量等の管理データを算出し、その作業の特徴を明らかにすることが必要となる。これらの機能を実現するために COSMARD を開発した。

COSMARD は、解体作業に必要な作業構成と作業条件を割り付けた作業パッケージを入力条件として、予め準備された施設内の機器・構造物の特性に関する情報（物量データ）、作業領域の線量当量率（作業環境データ）及び管理データの計算モデルを用いて、基本となる作業（単位作業）またはその集合毎に管理データを算出するプログラムである。ここで、作業の構成は、単位作業やそれらを組み合わせた集合を階層構造で記述するとともに、各作業に対しては個々に作業条件を割り付けることが可能である。

COSMARD による管理データ計算の概念を図1に示す。本図に示すように、COSMARD は管理データの計算プログラムと、計算に必要なデータ（放射能インベントリ及び線量当量率）を計算する補助プログラムから構成されている。データベースのうち単位作業データベースは、単位作業係数を含む計算モデルを簡易言語により記述したもののが集められたものである。単位作業データベース中に記述された計算式や数値を用いて機器・構造物の解体に関する管理データが算出される。

3.2 作業要素の構成

COSMARD では、解体に必要な作業構成を単位作業の組み合わせによって表現する。前述し

たように、作業は、準備、切断・収納、後処理の3種類の作業に分類することができ、この作業はさらに細分化した単位作業より構成される。作業の構成は階層構造により表すことができるのと、COSMARDにおいてはある作業の下位に属する作業をコマンド'SUBF='によって設定する。ある作業が持つ属性（下位作業の構成を含む）は作業名称から次の作業名称までの間に設定するが、この中に'SUBF='によって下位作業を指定する。一つの作業が持つ属性として、解体対象機器、解体工法及び各種作業条件を、それぞれコマンド'TARG='、'METH='、'PARM='によって設定する。作業構成の考え方の例を図2に示す。本図に示すように、COSMARDでは最下位の階層に位置する単位作業毎に管理データが計算され、階層構造に沿ってその値が積算されることになる。

3.3 データベース

管理データの計算には以下に示す3種類のデータベースを用いる。

- 物量データベース：解体対象となる施設に存在する機器毎の情報を記述したもの
- 作業環境データベース：解体対象となる施設の作業領域毎に線量当量率を記述したもの
- 単位作業データベース：管理データの計算モデルを単位作業毎に記述したもの

ここで、物量データベースとは、解体対象となる機器に関する重量、機器分類、放射能量、所在位置等を記述したものである。1つの機器の特性がその名称とともに1行に記述され、セパレータ'|'を用いてデータが区分される。物量データベース中に記述された機器の検索には、所在場所と機器特性に関するそれぞれ4個のコードが用いられる。機器の所在場所は、建家、フロア、部屋（作業領域）、機器番号を、また、機器の特性は、系統、機器種別、材質、形状を記述したものである。

作業環境データベースとは、作業領域毎に線量当量率を記述したものである。作業者の被ばく線量を求める計算式は単位作業データベースに記述されており、その計算に必要な線量当量率のデータを本データベースから参照することができる。データの参照には、作業領域に割り付けられた部屋番号を用いることになる。

単位作業データベースとは、解体作業における種々の管理データを計算するために作られた計算モデルを集めたものである。計算モデルは単位作業毎に記述され、計算する主要な管理データとしては、人工数、被ばく線量、作業時間、廃棄物発生量等がある。このうち、人工数と被ばく線量は、職種別（作業員、放射線管理員、現場監督、技術指導員）に算出し、また、廃棄物発生量として材質別、放射性・非放射性別の廃棄物発生量、収納容器種類別の発生個数を算出する。計算の対象とする管理データの種類は予め任意に設定することができる。

3.4 COSMARDに必要な各種ファイル

管理データの計算では、前記したデータベースの他に計算条件の設定、変数や各種パラメータの設定のためにデータファイルを準備する。以下に、そのファイルの種類と内容を記す。

- 入力データファイル

作業構成、作業条件及び計算制御条件をコマンドによって記述した入力データ

- 定数定義ファイル

単位作業データベース中の計算式で参照する定数の識別記号と値を定義したファイル

- 物量データ変数定義ファイル

物量データベース中のフィールドの識別記号を定義したファイル

- 管理データ変数定義ファイル

単位作業データベース中の計算式で参照する管理データの種類を定義したファイル

- 単位作業定義ファイル

計算対象となる全単位作業の名称、機器種別、パラメータを定義したファイル

- パラメータ定義ファイル

作業条件の設定に用いるパラメータ名称、データ形式、デフォルト値を定義したファイル

- パターンアクティビティ定義ファイル

複数の単位作業をグループ化するためにグループ名称（パターンアクティビティ名称）と構成される単位作業名称を定義したファイル

4. 単位作業係数の作成

4.1 作業の分類

第2章で述べたように、解体作業は、遠隔解体作業、在来工法を用いた解体作業、建家の除染・測定作業及び建家解体作業に分類でき、さらにこれらは準備作業、切断・収納作業、後処理作業に分類できる。JPDRの解体作業に要した人工数の分析によれば、在来工法による解体作業では、人工数は解体対象機器の種別に応じて、解体機器重量を指標にして整理すること、また、遠隔解体作業では、適用する装置の性能に依存するため人工数は作業回数を指標にして整理することが可能である。これに対して、準備作業と後処理作業については人工数を合理的に整理するための適当な指標が見つからなかったが、作業領域の広さ等の作業条件を限定して整理すると人工数は適当な範囲の中に分布していた。また、建家の除染・測定作業、建家解体作業は上述した分類とは作業内容が大きく異なり、これらは作業領域の面積を指標とする場合（除染、測定、整地）と、建家重量を指標とする場合（建家解体）に分類できた。JPDRの解体作業の単位作業項目に対して以下の分類に基づいて人工数を計算するための単位作業係数を作成した。

- 在来工法による解体作業：解体機器重量を指標にした計算
- 遠隔装置による解体作業：装置性能を指標にした計算
- 建家の除染・測定作業：建家の面積を指標にした計算
- 建家の解体作業：建家重量を指標にした計算
- 準備・後処理作業：作業条件により適当な値を選択する計算

ここで、在来工法による解体作業については、作業項目を一般機器の解体と大型機器の解体に分類した。このうち一般機器の解体に関しては、JPDRの解体作業において繰り返し同様の作業が行われたため、収集したデータを統計的に処理して単位作業係数を作ることが可能であった。

他方、大型機器の解体は 1 回のみの作業であるため、必ずしも人工数と機器重量との関係を統計的に関係付けることはできなかったが、重量を指標とした単位作業係数を作成した。建家の除染・測定作業及び建家の解体作業に関しては、繰り返し作業が行われたことからデータを統計的に処理して面積あるいは重量を指標とした単位作業係数を作成した。なお、基本的には 1 つの作業項目に対して 1 つの単位作業係数を作成したが、ポンプのように機器の大きさ（重量）により解体作業の手順が異なるものについては、重量で区分して異なる単位作業係数を作成した。遠隔解体作業に関しては、数種類の装置を用いて解体作業を実施しており、このため、解体装置毎に単位作業係数を作成した。ただし、作業が機器の切断と容器収納に分類できるものについては、装置毎に切断と容器収納の 2 つの単位作業係数を設定することとした。また、準備作業と後処理作業に分類される作業項目の多くは 作業条件により適当な値を選択することにしたが、放射線測定のように作業領域の面積を指標としたものもある。

4.2 単位作業係数

(1) 在来工法による解体作業

一般機器を対象とした切断・収納作業に要する人工数の予測のための単位作業係数は、解体機器重量を指標にして求めることとした。これは、在来工法による機器解体作業においては、機器種別毎に解体機器重量と人工数の関係が得られていることによる。在来工法による解体作業とは、一般機器を解体・撤去する作業、大型の機器を解体・撤去する作業、スラッジの除去作業等である。本解体作業は、機器の種別毎に作業の手順が異なるため、機器種別毎に異なる単位作業係数を用いて人工数を計算することとした。各作業は以下のように分類した。

- ポンプの解体：ポンプを解体・収納する作業。0.5 トン未満のものは細断しない。
- 配管・弁の解体：配管と弁を一体で解体し収納する作業。弁は細断しない。
- 保温材の解体：保温材を取り外して細断・収納する作業。
- タンクの解体：タンクを細断し収納する作業または粗断する作業。
- 熱交換器の解体：小型の熱交換器の切断・収納作業。
- 脱塩塔の解体：表面固定処理後、撤去する作業（ゴムライニングのため切断不可）。
- ダクトの解体：ダクトを切断し収納する作業（高所作業）。
- 空調機の解体：空調機器を粗断または分解して収納する作業。
- ケーブル・電線管の解体：ケーブルや電線管を適当な長さに切断し収納する作業。
- 制御盤・計器ラックの解体：盤類を粗断または分解し収納する作業。
- 変圧器・電源盤・給電盤の解体：汚染のない機器を粗断または分解する作業。
- 架台・ハンガーの解体：機器の架台、ハンガー、ケーブルトレイ等の切断・収納作業。
- 小型機器類の解体：上述した分類に含まれない小型の機器の分解・収納作業。
- 壁・基礎の解体：搬出及び作業上障害となる壁、基礎等の撤去作業。
- スラッジの抜き取り：タンク内に残存したスラッジの抜き取りと収納作業。

なお、壁・基礎の解体は、コンクリート製の構造物を対象としている。

在来工法による解体作業に分類できるものでも、以下の作業は大型機器の解体作業として一

般機器と区別して取り扱った。これらは、一般機器の場合と比較すると、作業手順、容器の種類や収納方法等が大きく異なることが考えられるためである。

- タービン発電機の解体：タービン発電機を分解した後、切断・収納する作業
- タービン復水器の解体：復水器を分解した後、切断・収納する作業
- 燃料プール内張りの解体：内張り鋼板を除染し、切断・収納する作業
- 原子炉圧力容器上蓋・下鏡部の解体：ガス切断で適当な大きさに切断する作業

以上の在来工法による解体作業に関する単位作業係数を表 1 に示す。タービン発電機の解体作業では、解体廃棄物を 3m^3 容器に収納すること、その他の作業で発生した汚染機器は 1m^3 容器に収納することを想定した。なお、作業場所が狭隘であったり、全面マスク等の防護具が必要となる作業においては、作業性が低下することが分かっており、このような場合には別途作成した作業性の低下係数を掛けることにより、より現実的な人工数を求めるこどもできるようにした。

(2)遠隔解体作業

放射化した機器・構造物を対象とした遠隔解体作業では、作業効率は使用する遠隔切断装置に依存する。そこで、JPDR の解体作業に使用した装置毎に作業時間（時間）を予測する単位作業係数を作成した。JPDR の解体作業に適用された遠隔解体工法は以下のものがある。

- プラズマアーク切断：炉内構造物の解体（マニピュレータ型及びマスト型遠隔装置）
- アークソー切断：原子炉圧力容器の解体（マスト型遠隔装置）
- ディスクカッター切断：原子炉圧力容器接続配管（接続配管）の解体
- 成型爆薬切断：接続配管の解体（遠隔装着装置または治具による成型爆薬の設置）
- 機械的切断：生体遮へい体突出部の解体（マスト型遠隔装置）
- 水ジェット切断：生体遮へい体突出部の解体（マスト型遠隔装置）
- 制御爆破：生体遮へい体（内側部及び外側部）の解体

金属機器の解体にはプラズマアーク、アークソー、ディスクカッター、成型爆薬の各工法が用いられた。このうちプラズマアークによる切断・収納作業に関しては、プラズマトーチの把持・移動をマニピュレータ型遠隔装置とマスト型遠隔装置で実施したため、この 2 種類の作業に関して、単位作業係数を作成した。また、マスト型遠隔装置は、炉内構造物を原子炉圧力容器から分離する作業（粗断）に用いた一次切断装置と燃料プール内で機器をさらに小さな解体片に切断する作業（細断）に用いた二次切断装置があるのでそれぞれについて単位作業係数を作成した。成型爆薬による接続配管の解体作業では、切断箇所へ遠隔または治具により成型爆薬を設置したため、これらの作業に関して各々単位作業係数を作成した。

他方、コンクリート構造物の解体には機械的切断、水ジェット切断、制御爆破の各工法が用いられた。制御爆破工法を用いた解体に関しては、解体物重量と人工数のデータの関係が整理できたため、重量を指標とした単位作業係数を作成した。なお、生体遮へい体の内側部（1 回の爆破による解体重量は約 2ton）を解体する作業と外側部（1 回の爆破による解体重量は約 30ton）を解体する作業では、爆薬の装填方向が異なる等作業方法が異なっていたため、これらの作業に関して各々単位作業係数を作成した。

遠隔解体作業においては、切断・収納作業を構成する一連の作業項目毎に作業時間を予測する単位作業係数を作成した。なお、人工数については、作業時間に作業者数（2.3 章参照）を乗じて求めることになる。

以上の遠隔解体作業に関する単位作業係数を表 2 に示す。

(3)建家の除染・測定作業

建家の除染に関しては、汚染の浸透の程度毎に作業領域の面積を指標として人工数を計算するための単位作業係数を作成した。除染後に行う放射能確認測定作業についても面積を指標として人工数を計算するための単位作業係数を作成した。以下に主な作業を記す。

- 建家床部の表面除染：建家床表面（約 5mm）の剥離・収納作業
- 建家床部の深層除染：建家床の浸透汚染部（5cm まで）の剥離・収納作業
- 建家壁部の表面除染：建家壁表面（約 5mm）の剥離・収納作業
- 建家壁部の深層除染：建家壁の浸透汚染部（2cm まで）の剥離・収納作業
- 建家の放射能測定：除染後の建家表面の放射能確認測定作業

(4)建家の解体作業

建家の解体作業に関しては、建家構造物の重量を指標として単位作業係数を作成した。なお、建家の解体には建家解体後のコンクリートと鉄筋の分離作業も含めた。建家解体後の埋め戻し・整地作業については面積を指標として単位作業係数を作成した。また、建家の解体と同じ時期に行われることが多い埋設配管の解体についても重量を指標として単位作業係数を作成した。また、クレーンや原子炉格納容器鋼板は汚染していないため、大きく粗断した後、車両で搬出することを想定している。以下に主な作業を記す。

- 埋設配管の解体：コンクリートを掘削して埋設配管を解体し、収納する作業
- クレーンの解体：汚染、非汚染部の分離及び本体部の解体作業
- 建家の解体：油圧ブレーカ等による建家構造物の破碎作業
- 格納容器鋼板の解体：ガス切断等により粗断する作業（非汚染）
- 跡地の埋め戻し作業：コンクリートガラや土砂による埋め戻し及び整地作業

以上の建家の除染・測定、解体作業に関する単位作業係数を表 3 に示す。

(5)準備作業及び後処理作業

準備作業及び後処理作業は、作業領域の面積、解体対象となる機器・構造物の特性、適用工法に応じてその作業内容、条件等が異なるため、人工数を計算するための指標が明らかにならなかった。そこで、これらの作業に関しては、作業条件を考慮して、ある範囲から適当な数値を選択することにより人工数を設定することとした。以下に準備作業及び後処理作業に関する単位作業係数の作成方法を記す。

準備作業

準備作業とは、機器の解体作業を実施する前に、安全の確保、作業の効率性等を考えて実施する作業である。在来工法による解体作業と遠隔解体作業では準備作業の内容が異なるので、それ

ぞれ分けて整理した。また、これらの作業は詳細な作業項目から構成されているため、その各々に対して、直接数値を代入することとした。しかし、グリーンハウスや足場の設置作業等は、作業領域の広さや作業性等に応じて人工数が異なるため、JPDR の解体作業から得られた知見に基づき作業の難易度に応じて 5 つに分類し、その中から適当な値を選択する方式とした。考慮した作業項目は以下の通りである。

(a)在来工法による解体及び遠隔解体作業に共通の準備作業

- 作業領域の養生：汚染拡大防止のために作業領域の床、壁をビニールでカバーする作業
- グリーンハウスの設置：ビニールテント（グリーンハウス）及び局所換気装置の設置作業
- 放射線の測定：解体対象機器及び作業領域の放射能測定作業
- 解体範囲の設定：解体対象機器の区分、切断部位の指定等の作業
- 資材・機器の搬入：切断工具等を搬入する作業（管理区域入口から作業場所まで）
- 収納容器の搬入：廃棄物収納容器を搬入する作業（管理区域入口から作業場所まで）
- 足場の設置：高所作業のための足場、仮設床、手摺り等を設置する作業
- 設備の停止措置：電源、水、ガスの供給停止作業
- 解体用機器類の設置：工事用電源、切断機、重機の設置作業
- 遮へい板の設置：作業者の被ばく低減のために鉛板等を設置する作業
- 作業領域の調査：作業計画の作成のために予め作業領域の状況を調べる作業

(b)遠隔解体に特有な準備作業

- 切断装置の設置：遠隔解体のための大型装置を搬入して組み立てる作業
- 切断装置の動作試験：遠隔切断装置の動作を確認するための試験
- 水封用円筒の設置：原子炉圧力容器を水中で切断するための円筒の設置作業
- 付属装置の設置：ドロス回収処理装置、水処理装置の設置作業
- グラウトの注入：生体遮へい体の配管にグラウト材を注入する作業

なお、遮へい板の設置とは、作業者の被ばく低減のために原子炉圧力容器解体及び接続配管解体に先立って鉛板等を設置した作業であり、付属装置の設置とは、原子炉圧力容器の切断によって発生するドロス等の回収処理装置、水ジェット切断で用いた研磨材及びコンクリート粉をかためるための装置、水中切断作業において水処理をするための装置を設置した作業である。また、グラウトの注入とは、生体遮へい体の解体に先立って、効率的な切断及び汚染拡大防止のために中性子検出器案内管や遮へい体冷却管に充填材としてグラウト材を注入してこれらの配管の内部を埋めた作業である。

後処理作業

後処理作業とは、準備作業で設置した装置・設備（切断装置、グリーンハウス等）の撤去と搬出及び廃棄物の搬出等の作業である。後処理作業に関しても、グリーンハウスや足場の撤去作業は準備作業と同様の考え方立ち、適当な値を選択する方式とした。また、廃棄物収納容器の搬出、切断装置の撤去等は、容器個数や装置重量を指標にして単位作業係数を作成した。考慮した

作業項目は以下の通りである。

(a)在来工法による解体及び遠隔解体作業に共通の後処理作業

- グリーンハウスの撤去：準備作業で設置したグリーンハウスの撤去作業
- 足場の撤去：準備作業で設置した足場・仮設床等の撤去作業
- 解体用機器類の搬出：解体に用いた比較的大型の切断機器等の除染、搬出作業
- 資材・機器の搬出：解体に用いた一般工具、工事用資材等の搬出作業
- 廃棄物の搬出：放射性廃棄物を収納した容器等の搬出作業
- 片づけ・整理：作業領域の除染、測定、片付け作業

(b)遠隔解体に特有な後処理作業

- 切断装置の撤去：大型の切断装置を分解して撤去する作業
- 付属装置の撤去：排水処理装置等を撤去するための作業
- 水抜き・除染：原子炉圧力容器の水抜きと内部の除染作業
- 水封用円筒の撤去：原子炉圧力容器の水中解体に用いた円筒を撤去し、分解する作業
- スラッジの固化：コンクリートスラッジ及び研磨材の固化処理作業

なお、解体廃棄物や装置・設備等の搬出に関しては、解体作業現場内の一時保管場所までの移送を対象とした。また、コンクリートスラッジ及び研磨材は、生体遮へい体を水ジェットや機械的切断工法で解体する時に生じるものであり、スラッジの固化とはこれらをセメント固化する作業である。遠隔解体作業に用いられた切断装置、付属装置等は、放射性廃棄物として容器に収納するものとした。

以上の準備及び後処理作業に関する単位作業係数を表4に示す。

5. 人工数計算のための作業構成

第2章で述べたように、原子力施設の機器・構造物の解体作業は大別すると4種類（在来工法による解体作業、遠隔解体作業、建家の除染・測定作業、建家解体作業）に分類することができ、それぞれが準備作業、切断・収納作業、後処理作業から構成される。また、解体作業は、基本となる幾つかの作業を繰り返すことにより実施されるものである。これらの作業に対して、前章までに示した単位作業をグループ化してそれらを予め登録しておくことにより、COSMARDでは、このグループを単位として管理データを効率的に計算することが可能となる。本章では、解体作業の分類に応じて単位作業をグループ化した作業構成について述べる。

5.1 在来工法による解体作業

機器・構造物を在来工法により解体する作業であり、小型の一般機器及び大型機器を解体・撤去する作業、スラッジ除去作業等がある。以下に在来工法による解体作業の構成を示す。

(1)一般機器の解体

解体の対象となる一般機器は様々な種類のものが作業領域に混在して設置されており、一連の作業の中で一括して解体撤去されることが多い。そのため、切断・収納作業は、機器種別毎の単位作業から構成されるものとした。準備、後処理作業は、各作業領域に共通の単位作業で構成されるものとした。在来工法による一般機器の解体作業の構成を以下に示す。

準備作業

- 作業領域の養生
- グリーンハウスの設置
- 放射線の測定
- 解体範囲の設定
- 資材・機器の搬入
- 収納容器の搬入
- 足場の設置
- 解体用機器類の設置
- 作業領域の調査

切断・収納作業

- ポンプの解体
- 配管・弁の解体
- 保温材の解体
- タンクの解体
- 熱交換器の解体
- 脱塩塔の解体
- ダクトの解体
- 空調機の解体
- ケーブル・電線管の解体
- 制御盤・計器ラックの解体
- 変圧器・電源盤・給電盤の解体
- 架台・ハンガーの解体
- 小型機器類の解体
- 壁・基礎の解体
- スラッジの抜き取り

後処理作業

- グリーンハウスの撤去
- 足場の撤去
- 解体用機器類の搬出
- 資材・機器の搬出
- 廃棄物の搬出
- 片づけ・整理

(2)大型機器の解体

大型機器の解体作業では、一つの機器を限定して行われたため、切断・収納作業に関してはタービン発電機等の主要な機器を個別に指定し、これらの単位作業を集めてグループ化した。準備、後処理作業は、一般機器の解体で設定したものと同様の構成とした。在来工法による大型機器の解体作業の構成を以下に示す。

準備作業

一般機器の解体と同様な作業組み合わせを使用する。

切断・収納作業

- タービン発電機の解体
- タービン復水器の解体
- ダンプ復水器の解体
- 燃料プール内張りの解体
- 原子炉圧力容器上蓋・下鏡部の解体

後処理作業

一般機器の解体と同様な作業組み合わせを使用する。

5.2 遠隔解体作業

遠隔解体作業では、準備、切断・収納、後処理の各作業に解体工法毎に特有の単位作業が含まれるため、作業構成は解体工法毎に異なる。前章で記したように、遠隔解体作業に特有な準備作業として遮へい板の設置、切断装置の設置、切断装置の動作試験、水封用円筒の設置、付属装置

の設置、グラウトの注入等が存在する。従って、これらを在来工法による解体に必要な準備作業項目に加えることとした。後処理作業についても同様である。以下に解体工法毎の特徴及び作業構成を示す。

(1) プラズマアーク切断

本作業は、プラズマアーク切断装置を用いて炉内構造物を水中で遠隔解体する作業である。準備作業は在来工法による解体作業で設定したものに加えて、切断装置の設置、切断装置の動作試験、付属装置の設置から構成されるものとした。また、切断・収納作業では、マニピュレータ型遠隔装置とマスト型遠隔装置による解体作業を考慮した。後処理作業に関しては、在来工法で設定した作業に加えて、水抜き・除染、切断装置の撤去から構成されるものとした。以下にプラズマアーク切断に関する作業構成を示す。

準備作業

- 作業領域の養生
- グリーンハウスの設置
- 放射線の測定
- 足場の設置
- 資材・機器の搬入
- 収納容器の搬入
- 作業領域の調査
- 切断装置の設置
- 切断装置の動作試験
- 付属装置の設置

切断・収納作業

- プラズマアーク切断（マニピュレータ型）
- プラズマアーク切断（マスト型・粗断）
- プラズマアーク切断（マスト型・細断）

後処理作業

- グリーンハウスの撤去
- 足場の撤去
- 資材・機器の搬出
- 廃棄物の搬出
- 切断装置の撤去
- 付属装置の撤去
- 水抜き・除染
- 片付け・整理

(2) アークソーカット

本作業は、アークソーカット装置を用いて原子炉圧力容器を水中で遠隔解体する作業である。準備作業は在来工法による解体作業で設定したものに加えて、切断装置の設置、切断装置の動作試験、付属装置の設置、水封用円筒の設置及び遮へい板の設置から構成されるものとした。後処理作業に関しては、在来工法による解体作業で設定したものに加えて、水抜き・除染、排水処理装置の撤去、切断装置等の撤去及び水封用円筒の撤去から構成されるものとした。以下にアークソーカットに関する作業構成を示す。

準備作業

- 作業領域の養生
- グリーンハウスの設置
- 放射線の測定
- 足場の設置
- 資材・機器の搬入
- 収納容器の搬入
- 作業領域の調査
- 切断装置の設置
- 切断装置の動作試験
- 付属装置の設置
- 水封用円筒の設置
- 遮へい板の設置

切断・収納作業

- アークソー切断

後処理作業

- | | | |
|--------------|-----------|------------|
| • グリーンハウスの撤去 | • 廃棄物の搬出 | • 水抜き・除染 |
| • 足場の撤去 | • 切断装置の撤去 | • 水封用円筒の撤去 |
| • 資材・機器の搬出 | • 付属装置の撤去 | • 片付け・整理 |

(3)ディスクカッタ一切断

本作業は、ディスクカッタ一切断装置により接続配管を解体する作業である。接続配管は既に生体遮へい体の外側で切断されているものとした。準備作業は、在来工法による解体で設定した作業に切断装置の設置を加えた構成とし、後処理作業に関しては、その撤去を加えて作業構成を作成した。以下にディスクカッターによる配管切断の作業構成を示す。

準備作業

- | | | |
|--------------|------------|-----------|
| • 作業領域の養生 | • 足場の設置 | • 作業領域の調査 |
| • グリーンハウスの設置 | • 資材・機器の搬入 | • 切断装置の設置 |
| • 放射線の測定 | • 収納容器の搬入 | |

切断・収納作業

- ディスクカッタ一切断

後処理作業

- | | | |
|--------------|------------|-----------|
| • グリーンハウスの撤去 | • 資材・機器の搬出 | • 切断装置の撤去 |
| • 足場の撤去 | • 廃棄物の搬出 | • 片付け・整理 |

(4)成型爆薬切断

本作業は、成型爆薬を接続配管内部に挿入し、気中で配管を遠隔切断する作業である。準備作業は、在来工法による解体作業で設定したものに切断装置の設置（小型搬送器案内管を含む）を加えて作業構成を作成した。切断・収納作業では、小型搬送器を用いて遠隔で成型爆薬を据え付ける場合と、作業員が治具を用いて成型爆薬を据え付ける場合の作業を考慮した。後処理作業は、在来工法による解体作業で設定したものに加えて、切断装置の撤去（小型搬送器案内管を含む）を加えることとした。以下に成型爆薬切断に関する作業構成を示す。

準備作業

- | | | |
|--------------|------------|--------------|
| • 作業領域の養生 | • 足場の設置 | • 作業領域の調査 |
| • グリーンハウスの設置 | • 資材・機器の搬入 | • 切断装置の設置 |
| • 放射線の測定 | • 収納容器の搬入 | • 防護板・サポート設置 |

切断・収納作業

- 成型爆薬切断（遠隔による成型爆薬の設置）
- 成型爆薬切断（治具による成型爆薬の設置）

後処理作業

- グリーンハウスの撤去
- 足場の撤去
- 資材・機器の搬出
- 廃棄物の搬出
- 切断装置の撤去
- 片付け・整理

(5)機械的切断

本作業は、円筒状のコンクリート片の切り出し（コアリング）と水平及び垂直切断（ブレード切断）により直方体の切断片を切り出し、コンクリート構造物を解体する作業である。準備作業は在来工法による解体で設定したものに加えて、切断装置の設置、切断装置の動作試験、付属装置の設置及びグラウト注入の作業から構成されるものとした。切断・収納作業に関しては、コアの切り出しとブレードによる切断の2種類の作業を考慮した。後処理作業は在来工法による解体で設定したものに加えて、切断装置の撤去、付属装置の撤去、スラッジの固化作業から構成されるものとした。以下に機械的切断による生体遮へい体解体の作業構成を示す。

準備作業

- 作業領域の養生
- グリーンハウスの設置
- 放射線の測定
- 足場の設置
- 資材・機器の搬入
- 収納容器の搬入
- 作業領域の調査
- 切断装置の設置
- 切断装置の動作試験
- 付属装置の設置
- グラウトの注入

切断・収納作業

- 機械的切断（コア切り出し）
- 機械的切断（ブレード切断）

後処理作業

- グリーンハウスの撤去
- 足場の撤去
- 資材・機器の搬出
- 廃棄物の搬出
- 切断装置の撤去
- 付属装置の撤去
- スラッジの固化
- 片付け・整理

(6)水ジェット切断

本作業は、高圧の水と研磨材を吹き付けることによりコンクリート構造物を切断する作業である。準備、後処理作業は、基本的には機械的切断による解体と同様の作業から構成されるものとした。以下に水ジェット切断による生体遮へい体解体の作業構成を示す。

準備作業

- 作業領域の養生
- グリーンハウスの設置
- 放射線の測定
- 足場の設置
- 資材・機器の搬入
- 収納容器の搬入
- 作業領域の調査
- 切断装置の設置
- 切断装置の動作試験
- 付属装置の設置
- グラウトの注入

切断・収納作業

- 水ジェット切断

後処理作業

- グリーンハウスの撤去
- 足場の撤去
- 資材・機器の搬出
- 廃棄物の搬出
- 切断装置の撤去
- 付属装置の撤去
- スラッジの固化
- 片付け・整理

(7)制御爆破

本作業は、解体するコンクリート構造物の対象領域に爆薬を装填し、爆破によってコンクリート構造物にクラックを作り、その後、作業員が手作業または重機を用いて解体する作業である。生体遮へい体の解体作業では、放射能レベル別に内側と外側の領域を分けて解体しており、これらは穿孔や破碎作業の方法が異なるため2種類の作業を考慮した。準備、後処理作業は、基本的には在来工法による解体と同様の構成とした。以下に制御爆破による生体遮へい体解体の作業構成を示す。

準備作業

- 作業領域の養生
- グリーンハウスの設置
- 放射線の測定
- 解体範囲の設定
- 足場の設置
- 資材・機器の搬入
- 収納容器の搬入
- 解体用機器類の設置
- 作業領域の調査
- 付属装置の設置

切断・収納作業

- 制御爆破による解体（内側部対象）
- 制御爆破による解体（外側部対象）

後処理作業

- グリーンハウスの撤去
- 足場の撤去
- 解体用機器類の搬出
- 資材・機器の搬出
- 廃棄物の搬出
- 付属装置の撤去
- 片付け・整理

5.3 建家の除染・測定作業

施設内に存在する機器を撤去した後に行う建家表面の除染作業、その後の確認測定作業であり、在来の除染装置及び放射線測定器が用いられる。放射能で汚染した機器が取り除かれているので一般機器の解体作業における作業構成より簡易なものとなる。また、切断・収納作業が建家の除染と測定作業に置き換えられることとなる。

(1)建家表面の除染

本作業は、建家内に存在する機器の撤去を終了した後、建家表面を除染する作業である。建家の床及び壁について、それぞれ表面のみの汚染と浸透した汚染に対する除染作業があり、作業方法が異なるので4種類の作業を考慮した。準備、後処理作業は、基本的には在来工法による解体で設定したものと同様の構成とした。なお、準備作業における解体範囲の設定とは、除染範囲の設定を意味する。以下に建家表面の除染作業の作業構成を示す。

準備作業

- 作業領域の養生
- グリーンハウスの設置
- 放射線の測定
- 解体範囲の設定
- 足場の設置
- 資材・機器の搬入
- 収納容器の搬入
- 解体用機器類の設置
- 作業領域の調査

切断・収納作業

- 除染作業（床部表面）
- 除染作業（床部深層）
- 除染作業（壁部表面）
- 除染作業（壁部深層）

後処理作業

- グリーンハウスの撤去
- 足場の撤去
- 資材・機器の搬出
- 廃棄物の搬出
- 片付け・整理

(2)建家の放射能測定

本作業は、除染作業を終了した後、その表面に汚染が存在しないことを確認するための放射能測定作業である。放射線測定器（表面汚染計）を用いた建家表面の直接測定が主要な作業である。準備作業における解体範囲の設定とは、測定範囲の設定を意味する。以下に建家表面の放射能測定の作業構成を示す。

準備作業

- 解体範囲の設定
- 足場の設置
- 資材・機器の搬入
- 作業領域の調査

切断・収納作業

- 測定

後処理作業

- 足場の撤去
- 資材・機器の搬出
- 片付け・整理

5.4 建家の解体作業

解体作業の最終段階として、建家構造物及び建家設備（天井クレーン等）を解体し、整地する作業である。管理区域が解除された後の作業であり、一般の建築物の解体と同様の作業となる。ただし、建家構造物中に埋設されている配管が残っている場合は埋設配管の撤去が行われるため、一時的に管理区域を設定する等特殊な措置が必要となり、準備作業、後処理作業にグリーンハウスの設置と撤去を加えることになる。また、切断・収納作業は建家解体・整地に必要な各種作業に置き換えることとなる。以下に建家の解体作業の作業構成を示す。

準備作業

- グリーンハウスの設置
- 足場の設置
- 資材・機器の搬入
- 収納容器の搬入
- 解体用機器類の設置
- 作業領域の調査

切断・収納作業

- 建家の解体
- 原子炉格納容器の解体
- 跡地の埋め戻し・整地
- クレーンの解体
- 埋設配管の解体

後処理作業

- グリーンハウスの撤去
- 解体用機器類の搬出
- 廃棄物の搬出
- 足場の撤去
- 資材・機器の搬出
- 片付け・整理

6. 人工数の計算

6.1 計算条件の設定

前章までに示したように、原子力施設の解体作業は幾つかの細分化した作業項目に分類でき、それらを再構成することにより、解体作業の管理データの計算が可能になる。そこで、単位作業とそれらをグループ化した作業構成に基づいて JPDR の解体作業に要する人工数の計算を実施した。以下に計算の基本的な考え方を示す。

(1) 作業構成の作成

解体作業は、建家単位で実施されることを想定して作業構成を作成した。したがって、建家毎に 4 種類（在来工法による解体作業、遠隔解体作業、建家の除染・測定作業、建家解体作業）の作業が実施されるものとした。ただし、原子炉格納容器以外の建家では、遠隔解体作業は実施されないとした。

在来工法による機器の解体作業と建家の除染・測定作業は、基本的には部屋（作業領域）単位で行われることとした。また、建家の解体作業は、建家単位で行われることとした。原子炉格納容器における遠隔解体作業では、炉内構造物の解体にプラズマアーク切断、原子炉圧力容器の解体にアークソーカット切断、接続配管の解体にディスクカッター及び成型爆薬工法、生体遮へい体の解体に機械的切断、水ジェット切断及び制御爆破工法をそれぞれ適用することとした。それ以外の機器・構造物は在来工法により解体作業が行われることとした。また、全ての解体作業は、準備作業、切断・収納作業、後処理作業で構成されるものとした。

計算の対象とした建家は以下の通りである。なお、各建家の作業領域数を付記する。ただし、ダンプコンデンサー建家では一般機器だけが解体され、建家の解体は考慮しないこととした。

- 原子炉格納容器 (17)
- 燃料貯蔵建家 (5)
- タービン建家 (15)
- 排風機建家 (4)
- 廃棄物処理建家 (17)
- 緊急用建家 (1)
- ダンプコンデンサー建家 (19)
- 非常用換気建家 (1)
- 制御建家 (26)
- 屋外施設 (3)

(2) 作業条件の設定

人工数の計算に必要な作業員構成及び各種作業条件を以下のように設定した。

作業員構成

作業員構成は、作業の種類毎に以下を標準的な構成（クルー）とした。

- 在来工法による解体：現場監督 1 人、放射線管理員 1 人、作業員 5 人
- 遠隔解体作業：現場監督 2 人、放射線管理員 2 人、作業員 10 人、技術指導員 1 人
- 建家の除染・測定：現場監督 1 人、放射線管理員 1 人、作業員 5 人
- 建家の解体作業：現場監督 1 人、放射線管理員 1 人、作業員 5 人

なお、在来工法による解体、建家の除染・測定及び建家解体作業は、通常 2 クルー（14 人）で行われるとし、遠隔解体作業は、通常 1 クルー（15 人）、並行して水処理作業がある場合に 1.5 クルー（23 人）で行われるものとした。

作業パラメータ

準備、後処理作業の人工数は、作業条件に応じて適切な値を選択することとなっているが、本計算では、全て標準的な作業が行われるとして標準値を用いることとした。また、切断・収納作業の人工数に関しては、狭隘部や高所における作業性の低下、作業習熟度による作業性の向上等を考慮した。

収納容器の種類

廃棄物収納容器の搬入と搬出においては、容器の種類によって人工数の計算式が異なる。本計算では、以下に示す容器を用いることとした。

- 遮へい容器：炉内構造物、原子炉圧力容器の解体片等を収納
- 鋼製容器（1m³）：一般機器を収納
- 鋼製容器（3m³）：一般機器、ブロック状コンクリート片を収納
- 200ℓ ドラム缶：一般機器、コンクリート片を収納
- フレキシブルコンテナ：極低レベル部コンクリート片を収納

1日の実作業時間

作業員が管理区域内で作業する時間を 4 時間とした。実作業の他に、着替え及び休憩に 3 時間、管理区域外での作業打合せに 1 時間を要するものとした。

(3)データベースの設定

計算に必要なデータベースを以下のように設定した。

• 単位作業データベース

管理データの計算式を記述した単位作業データベースを用いた。前章までに述べた全ての単位作業についての計算モデルが含まれる。

• 物量データベース

JPDR の全ての建家、構造物、機器等に関する情報を集めた物量データベースを用いた。約 2,700 個のレコードからなり、所在場所、系統、機器種別、材質、重量、放射能量等のデータで構成される。

• 管理データの定義

計算する管理データとして、職種別（作業員、放射線管理員、現場監督、技術指導員）の人工数を求ることとした。また、後処理作業に必要な人工数を求めるために、収納容器の種類別の発生個数も計算した。

6.2 人工数の計算結果

前節の設定に基づき人工数の計算を行った結果、JPDR の解体作業に必要となる人工数は、約 70,000 人・日と求められた。このうち遠隔解体作業が 23,000 人・日（33%）、在来工法による機器の解体が 25,000 人・日（36%）であった。以下に作業別に主要な特徴を記す。

- 在来工法による解体作業

在来工法による解体作業の対象となった領域（部屋）は約 100 領域であった。本作業は、領域を単位として行われたこととして計算し、その結果を建家毎に整理した。建家毎の人工数の結果を図 3 に示す。対象となった機器の重量が全体で 1,670ton であり、切断・収納作業に要する人工数が 14,300 人・日であるから、1ton 当たり 8.6 人・日（34 人・時）を要したことになる。一般的に作業全体に対して 30%～50%が準備と後処理作業に必要となることが分かる。

- 遠隔解体作業

遠隔解体作業に要する人工数の計算結果を図 4 に示す。一般的に準備、後処理作業で多くの人工数を要する傾向がある。特にアークソ一切断による解体では、切断装置、付属装置の設置等に時間を要し、準備作業の割合が他の工法に比較して大きく求められた。制御爆破による生体遮へいの解体では、このような作業が少ないため準備作業の割合が小さかった。このように、遠隔解体作業では適用する装置に大きく依存することになる。

- 建家の除染・測定作業

建家表面の除染作業に要する人工数の計算結果を図 5 に示す。本作業に必要な人工数は 8,500 人・日と求められた。準備、後処理作業が全体に占める割合は在来工法による解体作業と同様の傾向を示した。

放射能測定作業に要する人工数の計算結果を図 6 に示す。本作業に必要な人工数は 3,800 人・日と求められた。全ての床、壁及び天井が作業対象となるため、足場の設置、測定範囲の設定等に比較的時間を要することから、建家によっては準備作業に比較的多くの人工数を要することになった。

- 建家の解体作業

建家の解体作業に要する人工数の計算結果を図 7 に示す。本作業に必要な人工数は 9,400 人・日と求められた。放射線管理区域が解除された後の作業を想定したものであるため、準備作業の人工数の割合が小さかった。

7. 検討

7.1 単位作業係数の特徴

解体機器重量、作業領域面積、切断回数等を指標とした単位作業係数を整理することにより、各種解体作業における人工数を予測することが可能となった。ここでは、指標の特性により単位作業係数をいくつかのグループに分類するとともに、その特徴を検討した。

(1)重量を指標とする単位作業係数

単位作業係数が重量を指標とする作業には、在来工法による一般機器及び大型機器の切断・収納作業、建家の解体作業等がある。これらの作業の単位作業係数を図8に示す。

一般機器の解体作業に関する特徴は次の通りである。

変圧器・電源盤・給電盤の解体作業は非放射性機器の解体作業であるため、3.2人・時／tonと小さい値となった。ポンプ、タンク等放射能汚染している機器の解体作業では、単位作業係数は13.2人・時／tonから98.1人・時／tonの範囲であり、その平均は36.4人・時／tonとなった。配管・弁の解体は、原子力施設解体の代表的な作業であり、その単位作業係数(38.9人・時／ton)は平均値とほぼ同等の値を示した。比較的密度の小さな保温材、重量に対してかさばるダクト等の解体作業では単位作業係数は平均の約2倍の値となった。反対に、ポンプ、小型機器類等の切断・収納は、比較的手間のかからない作業であり、これらの単位作業係数は小さな値(17.2～13.2人・時／ton)となった。なお、主に重機を用いた建家の解体でも単位作業係数は小さな値(0.5人・時／ton)となった。

他方、大型機器の解体では、機器自体は多くの一般機器から構成されるため、作業内容は一般機器の解体作業と類似したものである。ただし、燃料プール内張りの解体作業には切断前に行う水による除染作業を含めているので、単位作業係数は大きな値(115.7人・時／ton)となった。これを除くと単位作業係数は一般機器と同じ範囲に入っている。また、原子炉圧力容器下鏡部の解体作業には、底部に堆積した構造物の切断ドロス等を除去する作業を含めているので大きめの値(57.3人・時／ton)となった。

制御爆破による生体遮へい体の解体作業では、作業員が手作業または重機によりコンクリートを破碎・収納する作業で多くの時間を要するため、人工数は解体する部分の重量に比例して増加する傾向を示した。このため、一般機器の解体と同様に重量を指標にして単位作業係数を整理した。生体遮へい体内側部の解体では、作業員が手作業で穿孔、破碎等の作業を行ったため、単位作業係数は在来工法による壁・基礎コンクリートの解体と同等の値(22.5人・時／ton)となった。外側部の解体では、穿孔機や重機を用いたため単位作業係数はより小さな値(5.1人・時／ton)となった。

以上に示す解体作業に加えて、後処理作業のうち容器に収納しない廃棄物やカートンボックス(直径27cm、高さ34cmの紙製の廃棄物容器)に入れた付随廃棄物の搬出作業とスラッジ固化作業は重量に比例するものとして単位作業係数を作成した。ただし、容器の種類によって異なる単位作業係数とした。解体作業は、機器を細断して容器(200ℓドラム缶、1m³、3m³)に収納することが主要な作業であるため、作業方法が変わる場合、例えば、比較的大きな部品のまま容器に入れたり、あるいはさらに大型の容器に収納する場合には、単位作業係数はより小さな値になる。

(2)面積を指標とする単位作業係数

建家表面の除染・測定及び建家解体後の整地作業では、単位作業係数は作業領域の面積に比例するものとして作成した。単位面積当たりの人工数として整理した単位作業係数を図 9 に示す。準備作業として実施される放射線測定では、機器表面や作業領域の線量当量率及び表面密度等の種々の測定作業が実施されるため、除染後に行われる確認測定より単位作業係数は大きな値 (0.6 人・時/ m^2) となった。水抜き・除染作業は、原子炉圧力容器や燃料貯蔵プールの水抜き及び内面の除染を行う作業であるため、作業内容が他と異なり、単位作業係数が大きな値 (11.4 人・時/ m^2) となった。建家表面の除染作業では、対象箇所や剥離深さに応じて除染装置を使い分けており、作業の効率が装置に依存するため、床部または壁部を対象とした除染と表面部または浸透汚染部を対象とした除染で単位作業係数がそれぞれ異なるものとした。床よりも壁を対象とする作業の方が作業性が劣ること、また、はつり作業が繰り返されること等の理由により、壁部と浸透汚染部の除染作業は単位作業係数がより大きな値となった。

(3)切断回数を指標とする単位作業係数

遠隔解体作業では、切断準備、切断、収納作業の作業時間がそれぞれの作業回数に比例するものとして単位作業係数を作成した。切断準備作業における単位作業係数を図 10 に示す。ここで切断準備とは、水中カメラの設定、切断トーチの交換のように切断を開始する前に必要となる作業であり、一般的には 30 分から 1 時間前後を要していた。成型爆薬による切断では、この切断準備作業の中に防護板設置や動作試験が含まれており、プラズマアーク切断等とは作業内容が異なるため単位作業係数は大きな値 (11.8, 13.7 時間/回) となった。

切断及び収納作業における単位作業係数を図 11 に示す。1 回の切断作業に 0.34~2.2 時間を費やすことになるが、実際の切断時間は一般に数分以下であるのに対し、切断器の位置決め及び切断線の教示に多くの時間を費やすためである。プラズマアーク切断ではマスト型遠隔装置として一次及び二次切断装置を用いているが、一次切断装置は原子炉圧力容器内の作業を前提とし、ここでは作業性が悪いため、単位作業係数は大きな値 (1.79 時間/回) となった。また、成型爆薬による切断やディスクカッターカットでは、切断作業の中に各種データ取得の時間が含まれており、単位作業係数は大きな値 (1.1, 1.9, 2.2 時間/回) となった。収納作業では、機械的切断（ブレード切断）においてブロック状に切り出されたコンクリート片を収納する作業における単位作業係数が大きな値 (1.94 時間/回) となった。これは、玉掛けあるいはブロック把持機による揚重作業が含まれるためである。

(4)定数による設定

準備及び後処理作業に関しては、人工数を重量や面積等の適当な指標で整理できなかつたため、予め設定したいくつかの人工数の値から選択する方式とした。在来工法による解体の準備・後処理作業における人工数の標準値（デフォルト値）を図 12 に示す。準備作業、後処理作業の合計値はそれぞれ 119 人・時、82 人・時となった。本図で、「切断・収納の準備」、「建家除染の準備」、「建家放射能測定の準備」、「建家解体の準備」とは、一般的な準備作業以外に解体、除染、測定の作業に直接必要な準備作業であり、一つの領域（建家解体では一つの建家）での作

業に必要な人工数の標準値を設定している。

遠隔解体作業の準備・後処理作業については、解体作業の期間が長いこと、作業領域が広いこと等のため一般に在来工法におけるこれらの作業より多くの人工数を要することとした。遠隔解体作業の準備・後処理作業における人工数の標準値を図 13 に示す。本図で水封用円筒の設置・撤去、付属設備の設置・撤去及びグラウト注入作業は、JPDR 解体作業に特有の作業である。これらを除いた準備作業、後処理作業の合計値はそれぞれ 1,420 人・時、1,100 人・時である。

(5)容器個数による設定

準備・後処理作業の中でも収納容器の搬入や廃棄物の搬出作業は、各容器を運搬する作業であるため、単位作業係数は図 14 に示すように容器個数に比例するものとした。容器表面の放射線サーベイや搬出手続きのため、搬入作業より搬出作業の方が単位作業係数が大きい値となった。遮へい容器の搬出には表面の除染作業が含まれる。なお、フレキシブルコンテナの搬入作業は、資材・機器の搬入作業に含まれるものとした。

7.2 作業性の向上及び低下

解体作業では同じ機器を解体する場合でも作業条件によって作業効率が異なることがあるため、それらを十分考慮して人工数を予測する必要がある。在来工法による解体作業では、作業効率が低下する要因として、狭隘部作業、高所作業、高放射線下での作業をあげることができる。他方、作業効率が向上する要因として管理区域外での作業をあげることができる。

遠隔解体作業では、解体装置を作業員が運転することにより機器の解体が実施されるため、装置に対する習熟の程度が作業効率に及ぼす要因となる。すなわち高度な操作を必要とする装置を使用する場合には、運転のための訓練が必要となり、作業効率が低下する。他方、多くの繰り返し作業により機器を解体する場合には、作業の後半において装置の運転に習熟するため作業性が向上することになる。

以上の観点から、JPDR の解体作業に関する作業データを再検討し、作業性の向上及び低下に対する人工数の増加割合を整理した。結果を図 15 に示す。このような作業が想定される場合は、前節で示した単位作業係数に対して人工数の増加割合を考慮することになる。これらの割合によって作業条件の違いによる人工数の補正が可能となる。

7.3 作業構成の分類

原子力施設の解体作業は、第 5 章で示したようにいくつかのグループに分類することができる。この分類を基本として原子力発電所の解体作業に必要な作業構成を検討した。解体作業は、管理区域内と管理区域外での作業がある。このうち、管理区域外での作業としては、作業管理、建家の解体作業がある。建家の解体作業は、有意の放射性物質が存在しないことを確認した後、管理区域を解除して実施するものと仮定した。他方、管理区域内の作業としては、作業の性質から、機器の解体作業、建家の除染・測定作業に分類できる。機器の解体作業は、作業員が簡単な工具を用いて手作業を中心に対応する在来工法による解体作業と遠隔切断装置を用いる遠隔工法による解体作業に分けられる。建家の除染作業とは機器を撤去した後、建家内に残存する放射性物質を除去する作業である。このように、原子力発電所の解体作業を分類して、作業の階層構造を作

る場合には、まず、機器の解体、建家の除染、放射能測定、建家の解体、作業管理に分類することが適當と考えられる。なお、遠隔解体作業では、各種の遠隔切断装置が用いられることから、装置別に作業を分類することが適當である。JPDR の解体作業から、遠隔解体作業を以下の工法について分類した。

- プラズマアーク切断工法
- アークソーカット工法
- 成型爆薬切断工法
- ディスクカッターカット工法
- 機械的切断工法
- 水ジェット切断工法
- 制御爆破工法

COSMARD により人工数を計算する場合には、基本的な作業項目をグループ化し、それらを組み合わせて解体作業の作業構成を作成することにより効率的な計算が可能となる。そこで、上述した作業構成を予め準備し、それに基づいて管理データを計算することにより、より汎用的に管理データを評価することができると考えられる。原子炉の解体作業に関する一般的な階層構造を図 16 に示す。在来工法による一般機器の解体、建家の除染・測定等の作業では、本図に示す「準備」、「切断・収納」、「後処理」の中にグループ化した単位作業を共通に適用でき、また、遠隔解体作業では、対象機器の違いによって工法が異なり、そのため「準備」、「切断・収納」、「後処理」の中の単位作業項目が異なる場合がある。

他方、原子力発電所の解体プロジェクト全体を評価する場合には、管理作業に必要な人工数を考慮する必要がある。作業管理の内訳はプロジェクト毎に十分検討する必要があるが、解体計画の作成、資材・物資等の調達、施設の保守、研究開発及び情報収集、作業管理等を考慮することが必要となる。

直接解体作業に関する単位作業に必要な人工数は、作業依存型計算モデル（対象とする作業に直接関係する機器重量等を指標にして人工数を計算する）により計算されるのに対して、管理作業における人工数は、期間依存型計算モデル（作業期間に一日の投入人員を乗じて人工数を計算する）により計算されることになる。または、直接解体作業の全人工数に対して適当な比率を乗じて管理作業に必要な人工数を計算することも可能である。解体プロジェクトの検討には、管理作業に必要な人工数を加えて解体作業の全人工数を評価することになるが、管理データとして解体費用を評価する場合、このような作業に対する検討はさらに重要になる。

解体計画を検討する上で本図に示したような作業構成が一般的であるが、必要に応じて組み合わせ方や分類内容（グループ化する単位作業項目）を変更することにより、解体計画の検討を効率的に行うことができると思われる。

8. まとめ

原子力施設の解体計画を立案する上で各種管理データの計算が必要である。COSMARD では単位作業係数を用いて管理データを計算するため、そのデータの精度により管理データの良否が決まることになる。そこで JPDR の解体作業の分析結果に基づき、単位作業係数に関して以下のような整備を行った。

- (1)JPDR の解体作業の分析結果に基づき、作業の特徴に応じて作業を分類し、分類した作業を構成する基本的な単位作業に対して人工数を予測するための単位作業係数を作成した。続いて、これらを COSMARD の単位作業データベースとして人工数の計算に適用できるよう整備した。
- (2)解体作業の分類毎に以下のような人工数の計算モデルを作成した。
 - 在来工法による解体作業では、重量を指標として人工数を計算する。
 - 遠隔解体作業では、適用する装置毎に作業回数を指標として作業時間を計算する。
 - 建家表面の除染・測定作業では、作業面積を指標として人工数を計算する。
 - 準備及び後処理作業では、作業項目毎に定数を設定する。
 - 廃棄物収納容器の搬入・搬出作業では、容器毎の個数を指標として人工数を計算する。
- (3)作業性の低下や向上による作業人工数の増減割合を検討し、作業条件が人工数の予測に及ぼす影響を考慮できるようにした。
- (4)人工数の効率的な計算のために、解体作業の作業構成を作成する基本的な考え方をまとめた。開発した計算モデルにより JPDR 解体作業の人工数を計算し、その有効性を検証した。これらは商用発電炉の解体作業計画の作成にも有効に活用できるものである。

謝 辞

本報告書をまとめるにあたって、バックエンド技術部デコミッショニング技術開発室の諸氏に種々の助言や援助を頂きました。また、JPDR の解体実地試験はバックエンド技術部の旧原子炉解体技術課が実施したものであり、作業データの取得、分析に当たっては当課室の諸氏に多くの協力を頂きました。ここに深甚なる感謝の意を表します。

参考文献

- (1) 柳原敏、荻原博仁他：JAERI-M94-005, “原子炉デコミッショニング管理のための計算コードシステムの開発・I” (1994).
- (2) S. Yanagihara : J. Nucl. Sci. Tech. Vol.30, No.9, pp890 (1993).
- (3) S. Yanagihara, et. al. : JSME Inter. J., Series B, Vol.36, No.3 (1993).
- (4) 宮坂靖彦、他：JAERI-Tech 97-001, “原子炉解体技術開発成果報告書－JPDR の解体と技術開発－” (1997).
- (5) 宮坂靖彦、他：“JPDR 解体実地試験の概要と成果”, 日本原子力学会誌, Vol.38, No.7, pp.553～576 (1996).
- (6) 白石邦生、他：JAERI-Data/Code 98-010, “動力試験炉 (JPDR) の解体における作業データの分析” (1998).
- (7) 畠山睦夫、他：JAERI-Tech 97-664 , “動力試験炉 (JPDR) の解体における建家表面の除染と放射能測定” (1997).

表1 単位作業係数(在来工法による解体作業)

作業項目	指標 ²⁾	単位作業係数 ¹⁾	備考
(a)一般機器			
1 ポンプ(1)	個数	11.0	500kg以下
2 ポンプ(2)	重量	13.2	500kg以上
3 配管・弁	重量	38.9	
4 保温材	重量	98.1	
5 タンク(1)	重量	27.3	容器収納
6 タンク(2)	重量	19.1	分解粗断
7 熱交換器	重量	26.3	
8 脱塩塔	重量	29.6	ゴムライニング
9 ダクト	重量	62.7	高所作業
10 空調機	重量	26.9	
11 ケーブル・電線管	重量	63.0	
12 制御盤・計器ラック	重量	19.7	
13 変圧器・電源盤・給電盤	重量	3.2	非放射性
14 架台・ハンガー	重量	35.0	
15 スラッジ抜き取り	重量	85.6	運転廃棄物
16 小型機器類	重量	17.2	非放射性が多い
17 壁・基礎	重量	14.9	
(b)大型機器			
1 タービン発電機	重量	21.7	3m ³ 容器
2 タービン復水器	重量	49.1	ダンプ復水器 ³⁾
3 燃料プール内張り	重量	115.7	除染作業を含む
4 原子炉圧力容器上蓋・下鏡部	重量	57.3	

注1) 作業人工数（人・時間）を求めるための単位作業係数である。

人工数（人・時）は、単位作業係数に指標を乗じて求める。

注2) 重量の単位は[ton]とする。

注3) ダンプ復水器の単位作業係数は21.8である。

表2 単位作業係数(遠隔解体作業)

作業項目	指標 ²⁾	単位作業係数 ¹⁾			備考
		切断準備	切断	収納	
(a) 炉内構造物					
1 プラズマアーク(1) ³⁾	切断回数・移送回数	1.12	1.08	1.11	マニピュレータ型／粗断
2 プラズマアーク(2) ³⁾	切断回数・移送回数	1.66	1.79	1.11	マスト型／粗断
3 プラズマアーク(3)	切断回数・収納回数		0.60	1.27	マスト型／細断
(b) 原子炉圧力容器					
1 アークソー	切断回数・収納回数	1.56	0.34	0.24	
(c) 接続配管					
1 ディスクカッター	切断回数・収納回数	1.35	2.20	0.25	
2 成型爆薬(1)	切断回数・収納回数	11.80	1.10	0.25	治具による装薬
3 成型爆薬(2)	切断回数・収納回数	13.70	1.90	0.25	遠隔による装薬
(d) 生体遮へい体					
1 水ジェット	切断回数・収納回数	0.89	0.39	0.15	
2 機械的切断(1)	切断回数・収納回数	0.41	1.93	1.94	ブレード切断
3 機械的切断(2)	切断回数・収納回数	0.41	0.69	0.19	コアボーリング切断
4 制御爆破(1)	解体物重量		1.50 ⁴⁾		生体遮へい体内側部を対象
5 制御爆破(2)	解体物重量		0.34 ⁴⁾		生体遮へい体外側部を対象

注1) 作業時間（時間）を求めるための単位作業係数である。

人工数（人・時）は、作業時間に作業者数を乗じて求める。

注2) 指標の切断回数・収納回数（移送回数）は各々、単位作業係数の切断と収納に対応する。

解体物重量の単位は[ton]とする。

注3) プラズマアークの(1)及び(2)の収納は、燃料プールまでの移送作業である。

注4) 切断準備、切断及び収納を一つの単位作業係数で示す。

表3 単位作業係数(建家の除染・測定及び建家解体作業)

作業項目	指標 ²⁾	単位作業係数 ¹⁾	備考
(a) 建家の除染³⁾			
1 建家床部の表面除染	面積	1.9 ⁴⁾	
2 建家床部の深層除染	面積	4.5	
3 建家壁部の表面除染	面積	3.5	
4 建家壁部の深層除染	面積	5.8	
(b) 建家の放射能測定			
1 建家の放射能測定	面積	0.2 ⁴⁾⁵⁾	
(c) 建家の解体			
1 埋設配管	重量	319.0	
2 クレーン	重量	4.9	非放射性の構造物を対象
3 原子炉格納容器鋼板	重量	7.4	非放射性の構造物を対象
4 建家	重量	0.5 ⁴⁾	非放射性の構造物を対象
5 埋め戻し・整地	面積	0.2	非放射性の構造物を対象

注1) 作業人工数（人・時間）を求めるための単位作業係数である。

人工数（人・時）は、単位作業係数に指標を乗じて求める。

注2) 面積の単位は[m²]、重量の単位は[ton]とする。

注3) 作業場所、剥離深さに応じて除染装置を次のように使い分けている。

床部の表面除染：ショットブラスト、プレーナー等

床部の浸透除染：ブレーカー、スキャブラ等

壁部の表面除染：サンドブラスト、チッピングハンマー等

床部の浸透除染：ハンドスキャブラ、チッピングハンマー等

注4) 主排気筒の除染・測定、解体にも適用する。

注5) 表面汚染計による床の測定を対象。天井、壁の測定は作業性の低下を考慮する必要がある。

表4 単位作業係数(準備作業及び後処理作業)

作業項目	指標 ²⁾	単位作業係数 ¹⁾	備考 ³⁾
(a) 準備作業			
1 作業領域の養生	定数	23	5, 13, 23, 39, 69
2 グリーンハウスの設置	定数	24	10, 24, 38, 62, 91
3 放射線測定	領域面積	0.6	
4 解体範囲の設定	定数	10	5, 10, 19, 33, 53
5 資材・機器の搬入	定数	10	4, 10, 20, 37, 59
6 廃棄物容器の搬入(1)	容器個数	0.4	ドラム缶
7 廃棄物容器の搬入(2)	容器個数	2.5	鋼製容器
8 廃棄物容器の搬入(3)	容器個数	16.0	遮へい容器
9 足場の設置	定数	11	5, 11, 23, 44, 74
10 設備の停止措置	定数	10	4, 7, 12, 17, 26
11 解体用機器類の設置	定数	16	6, 16, 29, 44, 75
12 作業領域の調査	定数	5	5, 15, 27, 46, 90
13 遮蔽板の設置	定数	70	35, 70, 270 ⁴⁾
14 切断装置の設置	定数	500	150, 500, 3000 ⁴⁾
15 切断装置の動作試験	定数	100	30, 100, 300 ⁴⁾
16 水封用円筒の設置	定数	4400 ⁶⁾	
17 付属装置の設置	定数	1500	200, 1500, 2500 ⁴⁾
18 グラウトの注入	定数	360 ⁶⁾	
19 切断・収納の準備	定数	32 ⁷⁾	
20 建家除染の準備	定数	10 ⁷⁾	
21 建家放射能測定の準備	定数	11 ⁷⁾	
22 建家解体の準備	定数	198 ⁷⁾	
(b) 後処理作業			
1 グリーンハウスの撤去	定数	10	4, 10, 20, 37, 59
2 足場の撤去	定数	10	6, 10, 14, 22, 36
3 資材・機器の搬出	定数	14	5, 14, 25, 39, 70
4 廃棄物容器の搬出(1)	容器個数	1.2	ドラム缶
5 廃棄物容器の搬出(2)	容器個数	3.1	鋼製容器
6 廃棄物容器の搬出(3)	容器個数	18.5	遮へい容器
7 廃棄物容器の搬出(4)	容器個数	2.5	フレキシブルコンテナ
8 廃棄物容器の搬出(5)	廃棄物重量	46.7	カートンボックス(付随廃棄物)
9 廃棄物容器の搬出(6)	廃棄物重量	7.0	容器外
10 解体用機器類の搬出	定数	20	10, 20, 30, 100, 200
11 片づけ・整理	定数	28	10, 28, 42, 79, 124
12 水抜き・除染作業	除染面積	11.4	
13 水封用円筒の撤去	定数	930 ⁶⁾	
14 付属装置の撤去	定数	500	100, 500, 1000 ⁴⁾
15 スラッジの固化	スラッジ重量 ⁵⁾	40.9	
16 切断装置の撤去	定数	500	100, 500, 3000 ⁴⁾

注1) 作業人工数(人・時間)を求めるための単位作業係数である。

指標が定数のときの単位作業係数は標準値(人・時)である。

注2) 面積の単位は[m²]、重量の単位は[ton]とする。

注3) 指標が定数のとき、人工数(人・時)を5段階評価する。5つの数字は各段階の人工数である。

注4) 装置の大きさにより3段階で評価する。

注5) 研磨材重量を含む。

注6) JPDR解体実地試験において一度だけの作業であった。

注7) 一般的な準備作業には分類できないが、切断・収納、除染、測定、建家解体に直接必要な準備作業である。これらの数値は、一領域の作業に必要な人工数の標準値である。

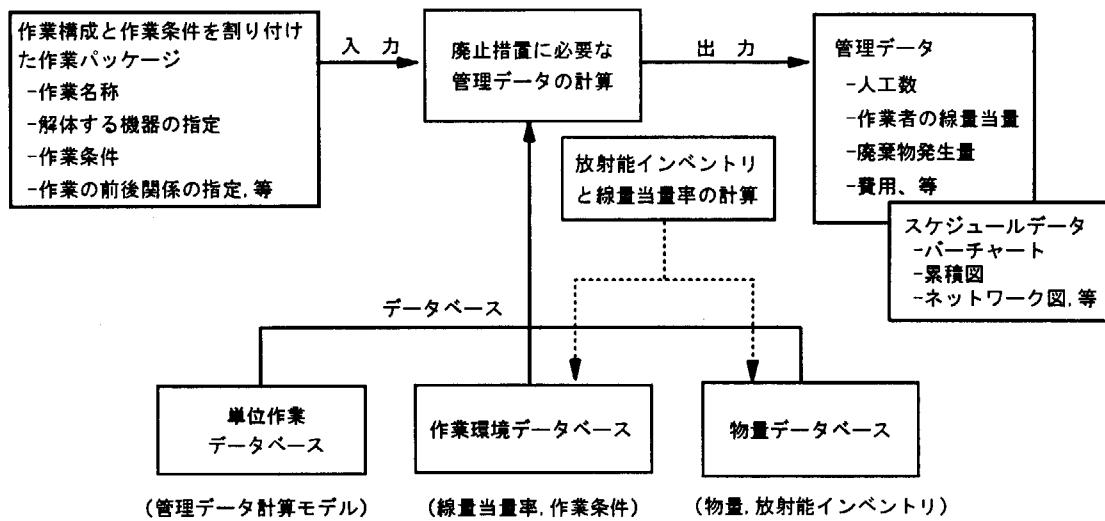


図1 COSMARDにおける管理データ計算の概念図

管理データ計算のコマンドの例

作業構成の指定
 SUBF; 下位作業の指定
 属性の指定
 TARG; 対象機器・設備の指定
 METH; 使用工具・工法の指定
 PARM; 各種作業条件の指定

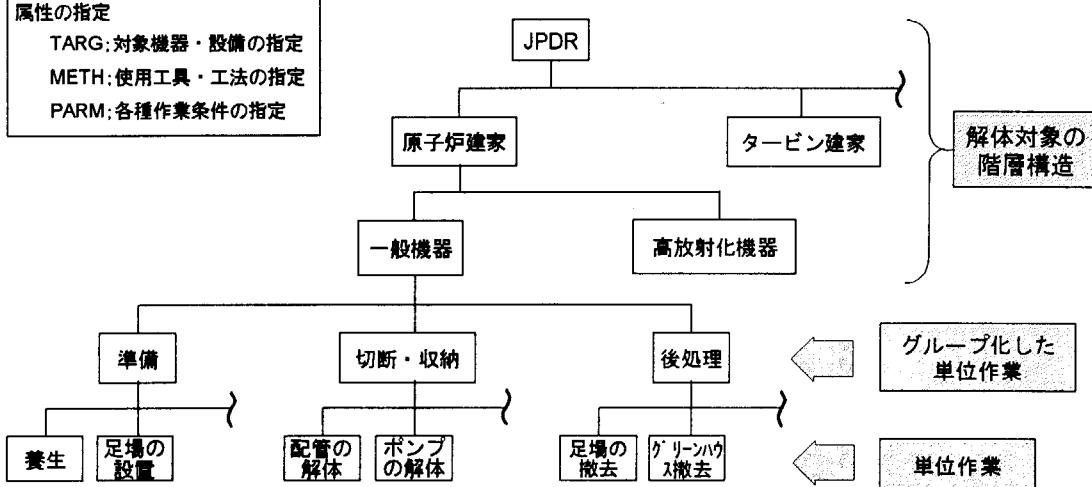


図2 解体作業における階層構造

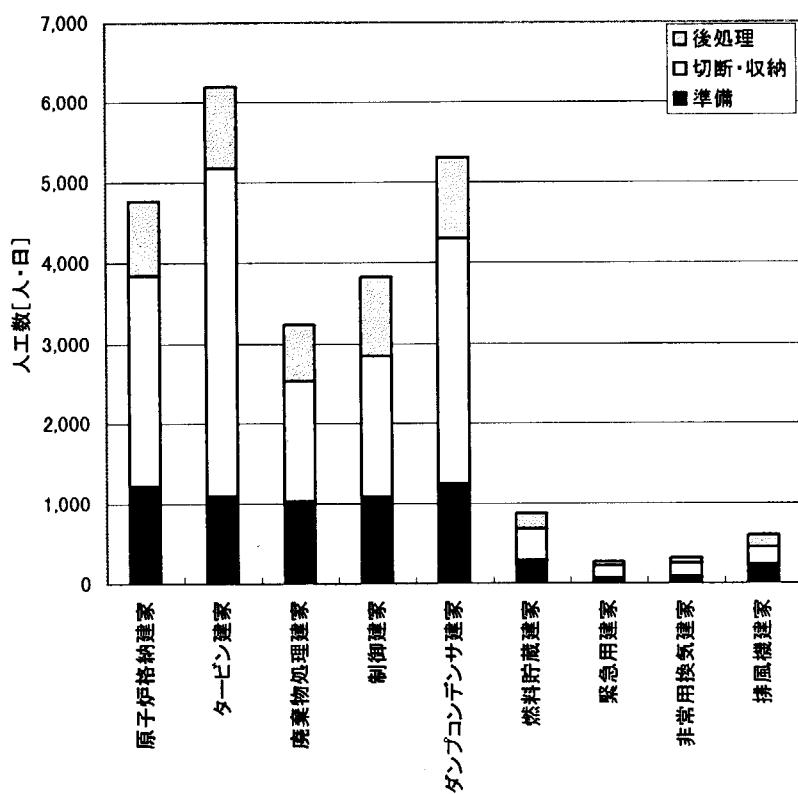


図3 在来工法による解体作業における人工数

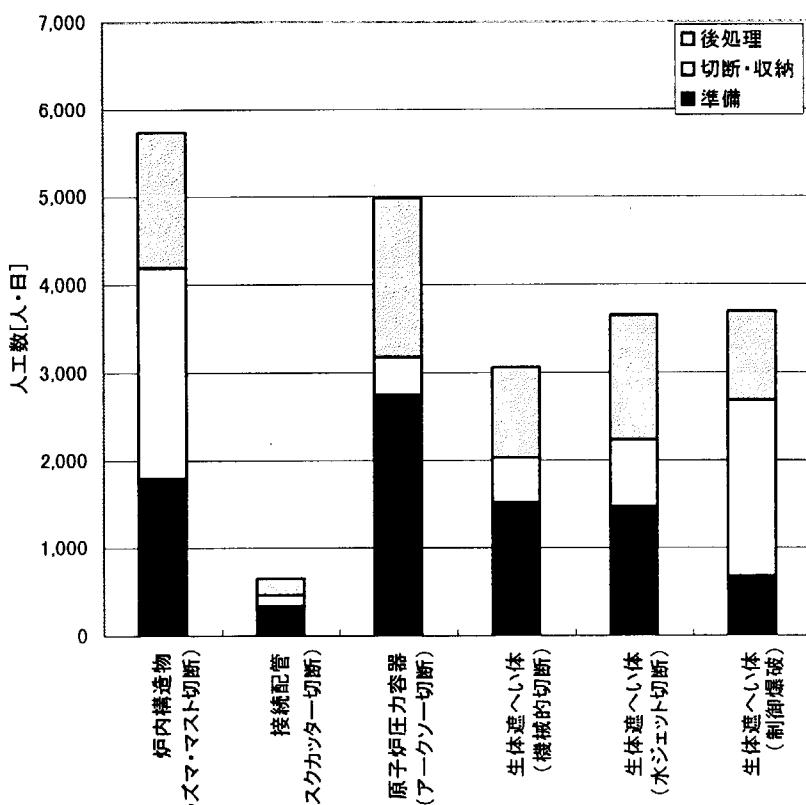


図4 遠隔解体作業における人工数

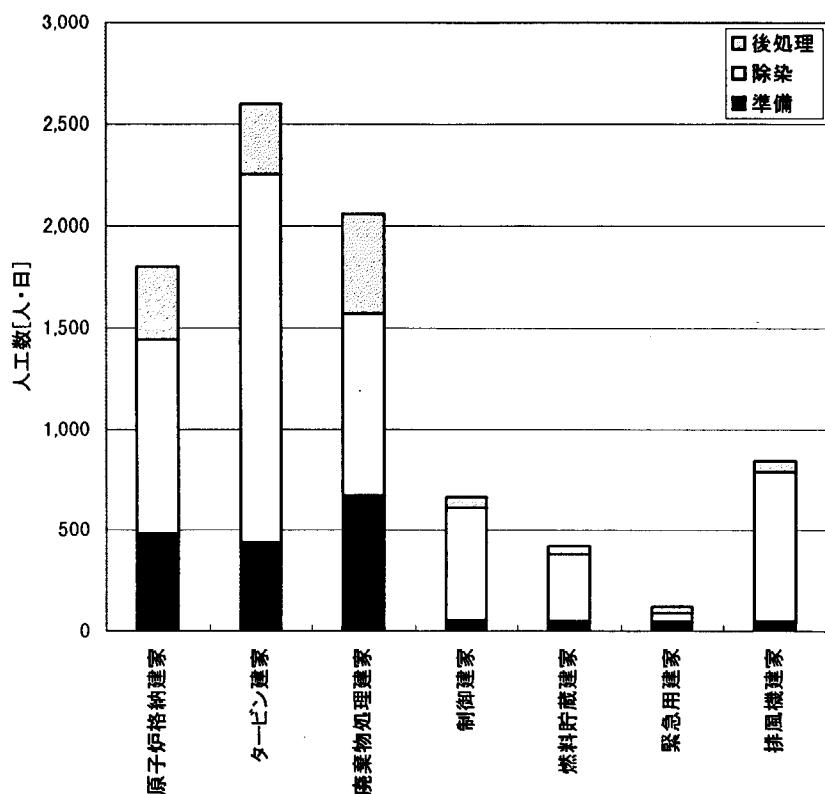


図5 建家の除染作業における人工数

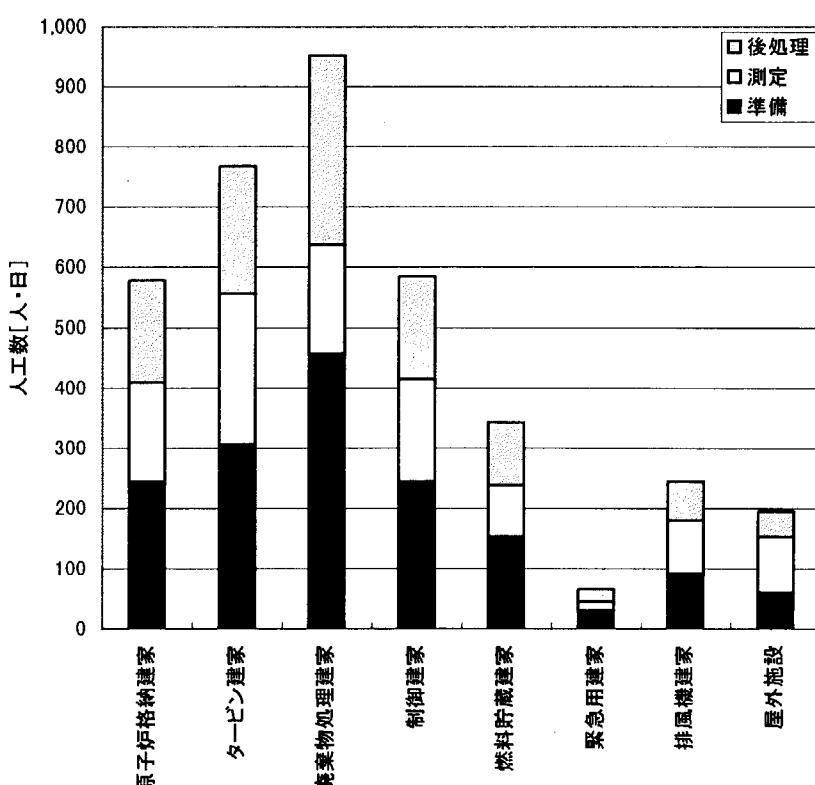


図6 建家の放射能測定作業における人工数

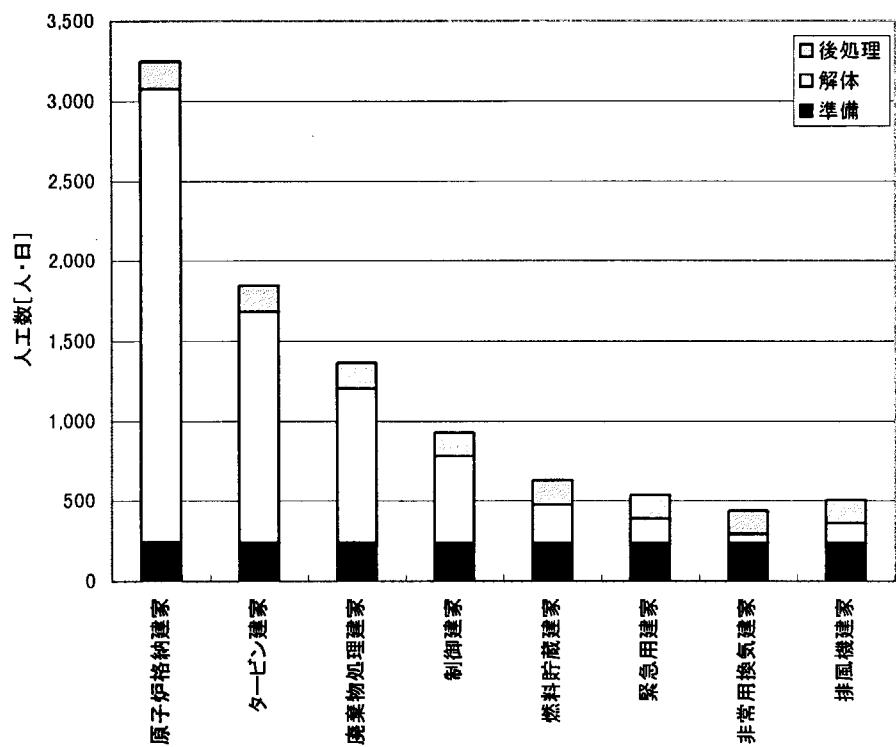


図7 建家の解体作業における人工数

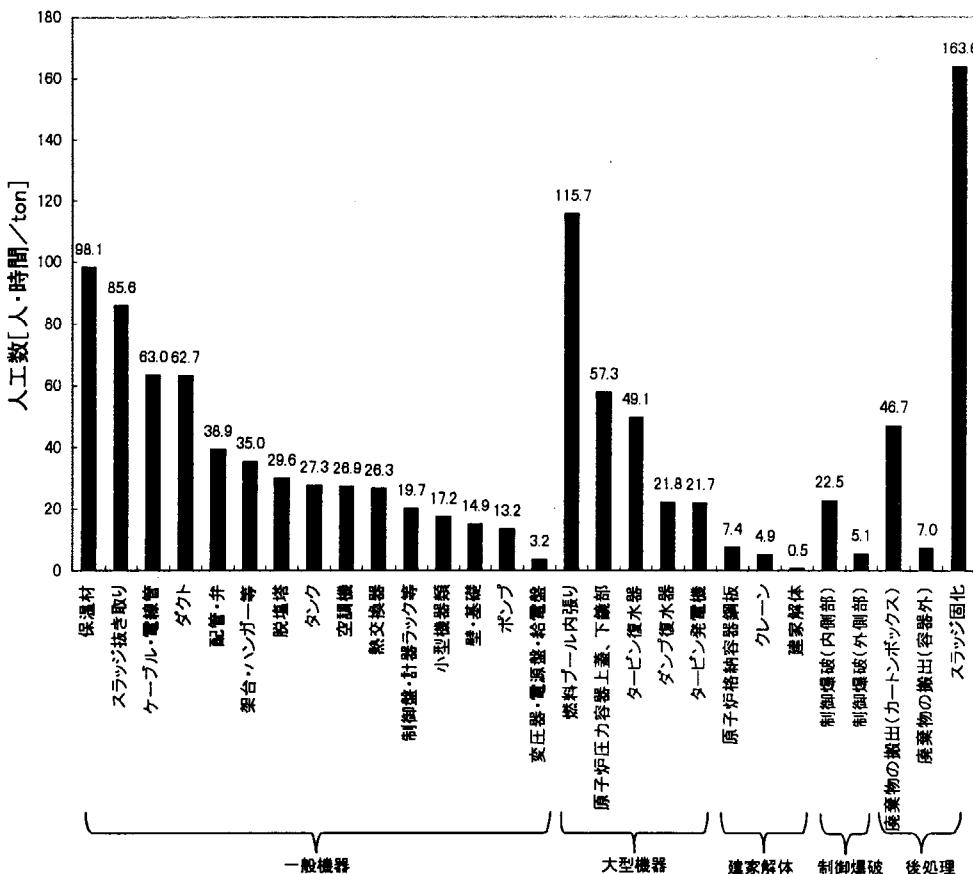


図8 重量を指標とする単位作業係数

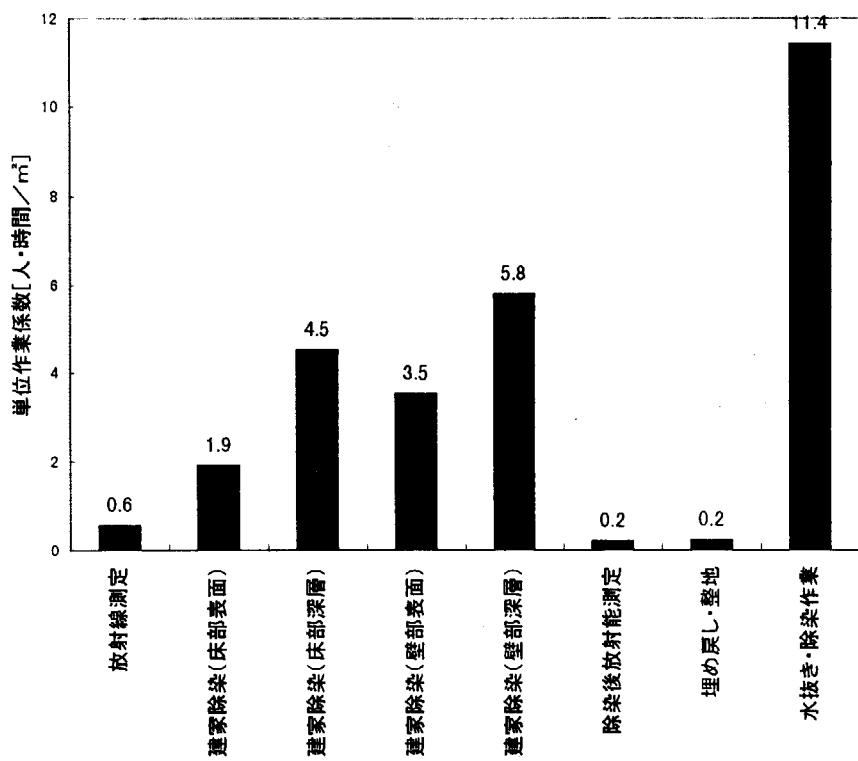
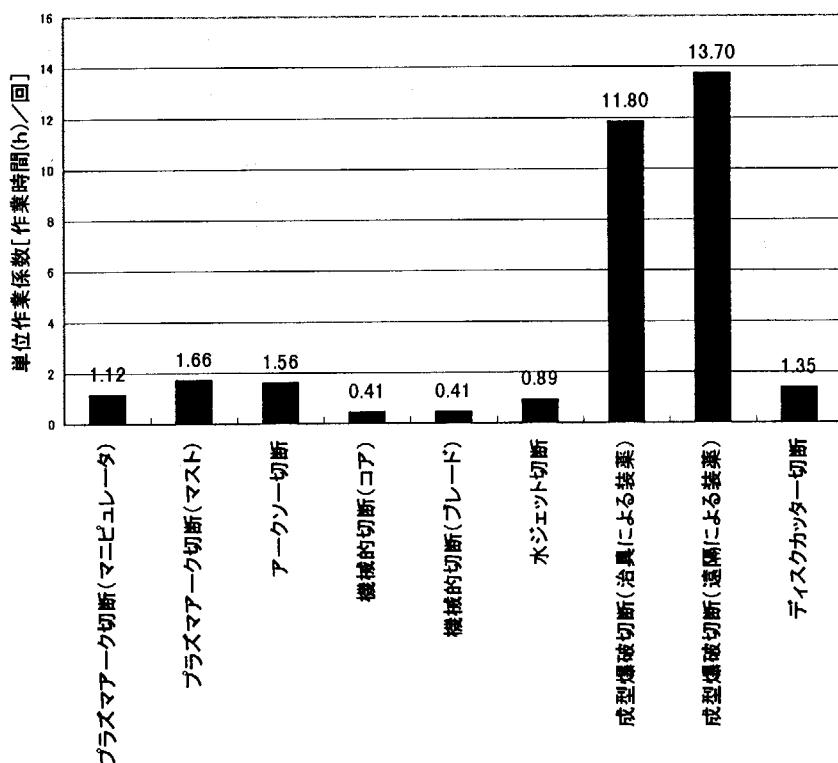
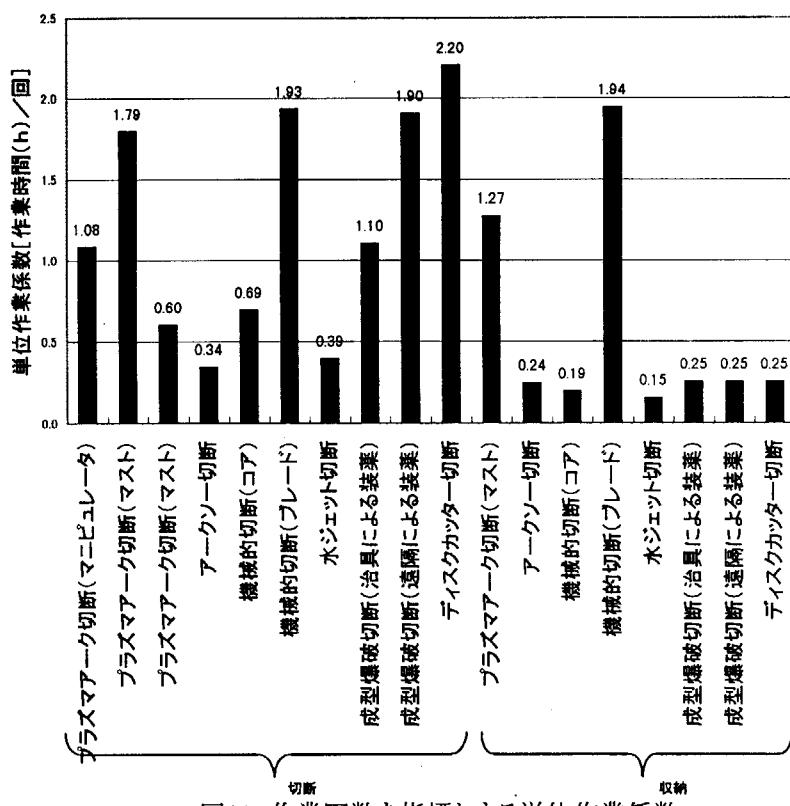
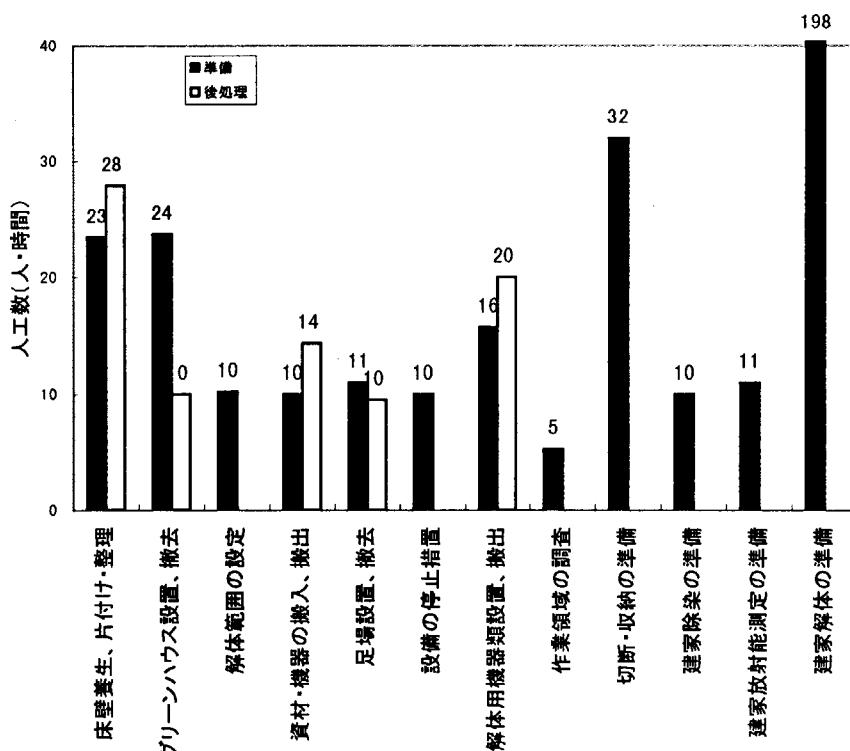


図9 面積を指標とする単位作業係数

図10 作業回数を指標とする単位作業係数
(遠隔解体作業の切断準備)

図11 作業回数を指標とする単位作業係数
(遠隔解体作業の切断・収納)図12 準備・後処理作業における人工数の標準値
(在来工法による解体作業)

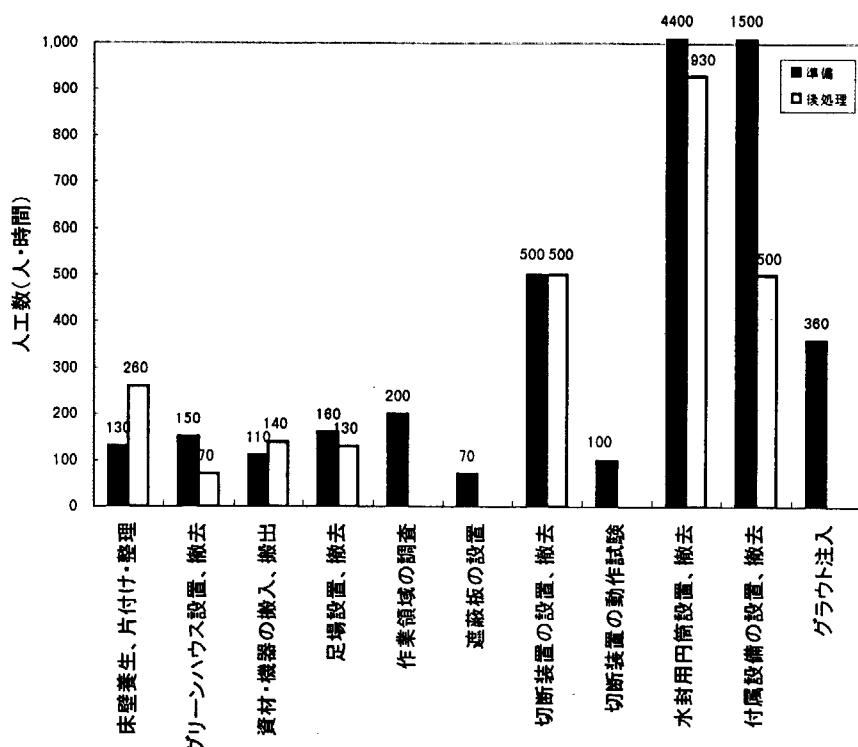


図13 準備・後処理作業における人工数の標準値
(遠隔解体作業)

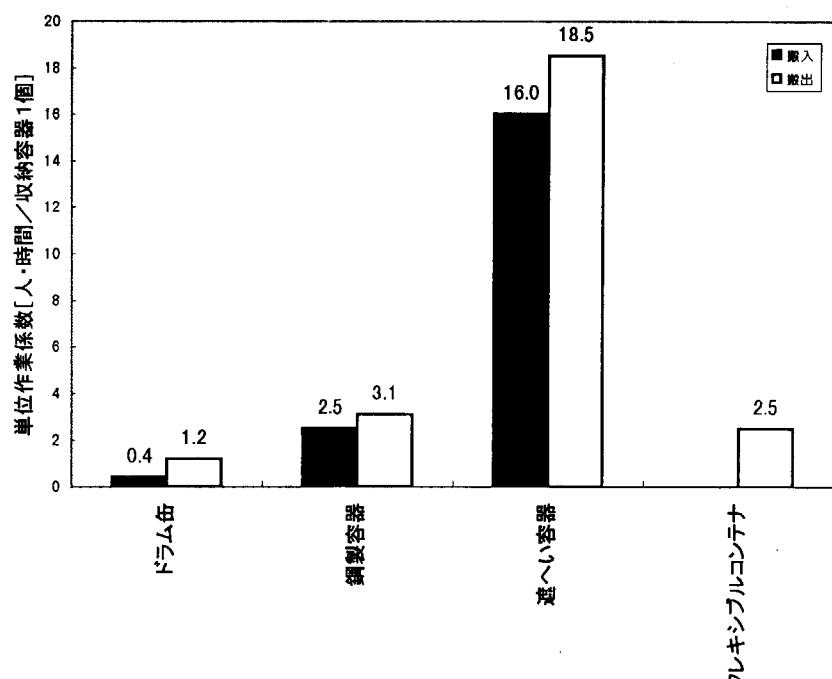


図14 容器個数を指標とする単位作業係数

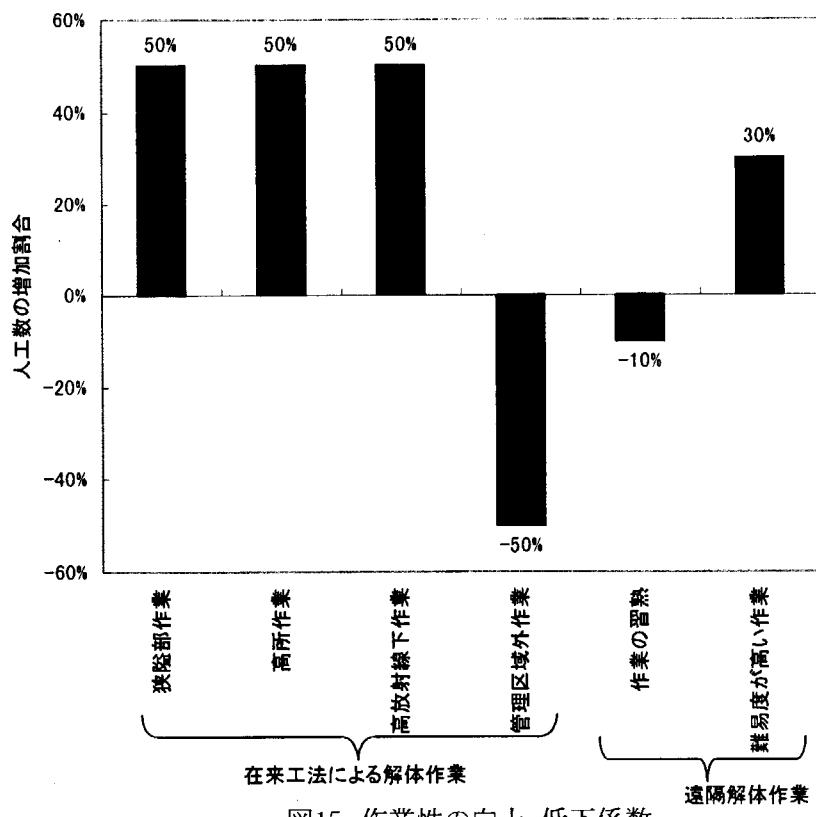


図15 作業性の向上・低下係数

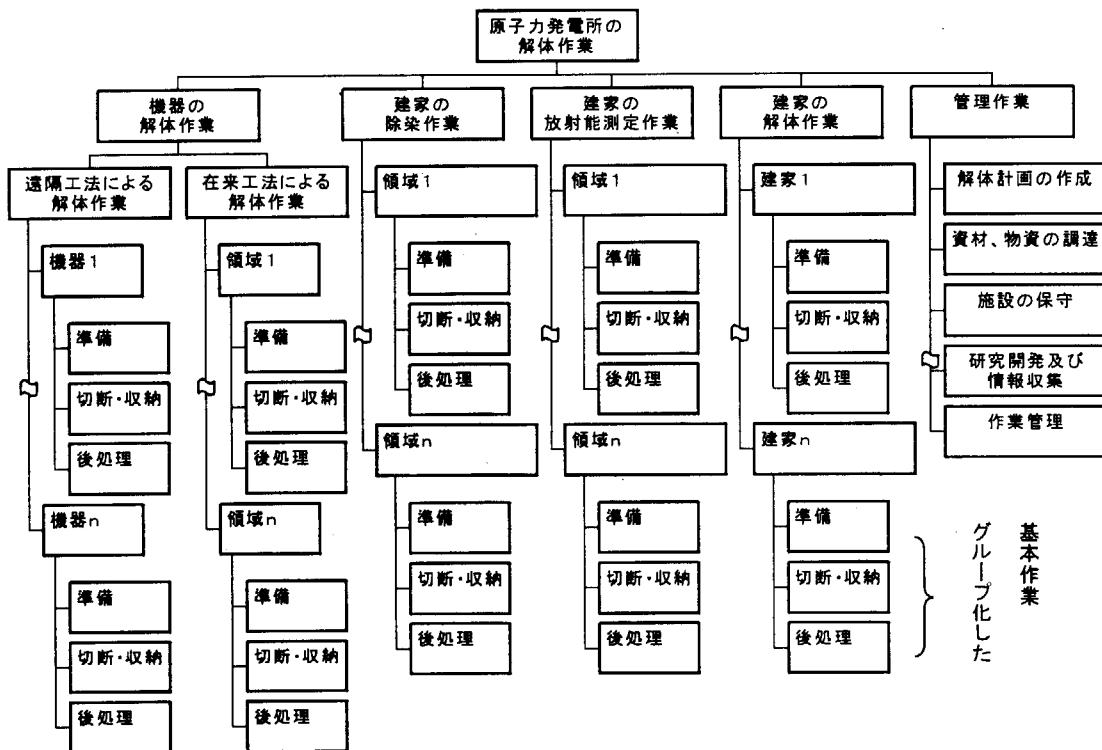


図16 原子力発電所の解体作業における階層構造

付録 I JPDR 解体作業における単位作業項目

在来工法による解体作業における単位作業項目

作業項目	作業内容
(1) 準備作業	
① 作業領域の養生	: 作業領域の床、壁等のビニール養生
② グリーンハウスの設置	: 汚染拡大防止用ビニールテントの設置
③ 放射線の測定	: 解体実施前の放射線測定
④ 解体範囲の設定	: 機器の切断箇所や解体対象外機器の特定と表示
⑤ 足場の設置	: 作業用足場及び仮設床、手摺り等の設置
⑥ 資材・機器の搬入	: 解体に必要な資材、機器、工具類の搬入
⑦ 収納容器の搬入	: 廃棄物収納容器の搬入
⑧ 設備の停止処置	: 電源、水、空気等の停止措置及び確認
⑨ 解体用機器類の設置	: 工事用電源の設置、切断機、重機類等の機器の搬入・設置
⑩ 遮蔽板の設置	: 鉛板による被ばく低減措置
⑪ 作業領域の調査	: 解体作業前の現場調査、トラブル等の措置
(2) 切断・収納作業	
① 準備（養生、仮支持）	: 個々の機器を解体するために必要最小限の準備
② 分解	: 機器の分解作業
③ 切断	: 機器を切断して設置場所から取り外す作業
④ 細断場所への移送	: 設置現場から細断エリアへの移送
⑤ 切断	: 機器を容器に収納又は搬出できる大きさに細断する作業
⑥ 容器への収納	: ビニールで梱包等をして、容器へ収納する作業
⑦ 片付け	: 切断現場の簡単な後片付け
⑧ 閉止板・仮設配管	: 保安上必要に応じて閉止板、仮設配管等の設置
⑨ 補修・復旧	: 基礎解体後のモルタル補修や解体時に撤去した物の復旧
⑩ 施設の維持管理	: 施設の維持管理上必要な措置
(3) 後処理作業	
① グリーンハウスの撤去	: グリーンハウスの移動及び撤去
② 足場の撤去	: 足場及び仮設床、手摺り等の撤去
③ 解体用機器類の搬出	: 解体作業で使用した大型機器等の搬出
④ 資材・機器の搬出	: 解体作業で使用した資材・機器の搬出
⑤ 廃棄物の搬出	: 解体廃棄物及び付随廃棄物の搬出と保管
⑥ 片付け・整理	: 整理整頓、作業終了後の放射線測定等

遠隔解体作業における単位作業項目(1/3)

作業項目	作業内容
(1) 準備作業	
① 作業領域の養生	: 作業領域の床、壁等のビニール養生
② グリーンハウスの設置	: 汚染拡大防止ビニールテントの設置
③ 放射線の測定	: 解体実施前の放射線サーベイ
④ 解体範囲の設定	: 解体範囲等の特定と表示(生体遮へい体)
⑤ 足場の設置	: 作業用足場及び仮設床、手摺り等の設置
⑥ 資材・機器の搬入	: 解体に必要な資材、機器、工具類の搬入
⑦ 収納容器の搬入	: 廃棄物収納容器の搬入
⑧ 設備の停止処置	: 電源、水、空気等の停止措置及び確認
⑨ 解体用機器類の設置	: 工事用電源の設置、穿孔機、重機類等の機器の搬入・設置
⑩ 遮蔽板の設置	: 鉛板による被ばく低減措置
⑪ 作業領域の調査	: 解体作業前の現場調査、トラブル等の措置
⑫ 切断装置の設置	: 遠隔切断装置の搬入、組立作業
⑬ 切断装置の動作試験	: 設置した切断装置の動作テスト及び調整
⑭ 付属設備の設置	: 電源設備、監視装置等の設置
⑯ 試料採取	: 放射能測定のための試料採取
⑯ 水封用円筒の設置	: 圧力容器を水中で切断するための円筒の設置
⑰ 排水処理装置の設置	: ドロス及び水中浮遊物の回収、水処理装置の設置
⑱ スラリー・集塵機設置	: 切断時に発生するスラリーの回収装置及びダスト等の集塵装置等の設置
⑲ 搬出経路の設置	: 切断ブロック搬出用の壁開口
⑳ グラウトの注入	: 中性子案内管及び冷却配管内へのグラウト材注入
(2) 切断・収納作業	
遠隔解体作業における単位作業項目(2/3), (3/3) を参照	
(3) 後処理作業	
① グリーンハウスの撤去	: グリーンハウスの移動及び撤去
② 足場の撤去	: 足場及び仮設床、手摺り等の撤去
③ 解体用機器類の搬出	: 解体作業で使用した大型機器等の搬出
④ 資材・機器の搬出	: 解体作業で使用した資材・機器の搬出
⑤ 廃棄物の搬出	: 解体廃棄物及び付随廃棄物の搬出と保管
⑥ 片付け・整理	: 整理整頓、作業終了後の放射線測定等
⑦ 切断装置の撤去	: 解体作業で使用した遠隔切断装置等の撤去
⑧ 付属装置の撤去	: 解体作業で使用した付属装置の撤去
⑨ 水抜き・除染	: 圧力容器、使用済み燃料プールの水抜き及び除染
⑩ 水封用円筒の撤去	: 切断に使用した水封用円筒等設備の撤去
⑪ 排水処理装置の撤去	: 切断に使用した排水処理装置の撤去
⑫ スラッジ固化	: スラリー及び研磨材等のコンクリート固化

注) 遠隔解体作業とは、プラズマアーク切断、アークソ一切断、成型爆薬、ディスクカッタ一切断、機械的切断、水ジェット切断、制御爆破による解体作業である。

遠隔解体作業における単位作業項目(2/3)

作業項目	作業内容
a. プラズマアーク切断	
① 切断準備	: 炉内構造物の取り外し用治具、二次切断用固定架台の設置 水中カメラの設定、切断トーチの交換、切断リハーサル 炉内構造物の設置状況の調査、線量測定等
② 一次切断	: 一次切断装置による原子炉圧力容器からの切り離し (トーチ位置決め、教示、切断)
③ 細断場所への移送	: 一次切断した切断片を使用済燃料プールに移送
④ 機器の取外し・移送	: 炉内構造物を原子炉圧力容器から取り外し使用済燃料プールへ移送
⑤ 二次切断	: 使用済燃料プール内の二次切断装置による機器の切断 (トーチ位置決め、教示、切断)
⑥ 収納容器への収納	: 切断片の遮へい容器等への収納
⑦ 切断後処理	: 切断作業で使用した治具、架台の撤去及びデータ整理
⑧ 装置点検・調整	: 切断装置の保守点検及び修理
⑨ 水処理	: 水浄化装置用フィルターの交換
⑩ 切断ドロスの回収	: 切断ドロスの回収及び容器への収納
b. アークソー切断	
① 切断準備	: 切断装置の設定 (装置の移動、マスト長の変更等)
② ブレード交換	: ブレードの交換
③ 切断	: アークソー切断装置による切断
④ 容器への収納	: 遮蔽容器、1m ³ 鋼製容器への収納
⑤ 装置点検・調整	: 切断装置の保守点検及び修理
⑥ 水処理	: 排水処理装置等の運転
⑦ 切断ドロスの回収	: 切断ドロスの回収及び容器への収納
⑧ 片付け	: 準備で設置した設備等の撤去
c. 成型爆薬切断	
① 切断準備	: 切断位置の設定、成型爆薬装着ロボット案内管の設置等
② 防護板の設置	: 飛散物の防止のための防護板、サポートの設置
③ 切断	: 切断 (爆薬の装着、爆破、切断状況の確認)
④ 容器への収納	: 解体物の容器への収納
⑤ 防護板の撤去	: 準備で設置した防護板の撤去
⑥ 片付け	: 準備で設置した設備等の撤去
d. ディスクカッターカット	
① 切断準備	: 切断位置の設定
② 切断	: 切断装置による切断
③ 容器への収納	: 解体物の容器への収納
④ 片付け	: 準備で設置した設備等の撤去

遠隔解体作業における単位作業項目(3/3)

作業項目	作業内容
e. 機械的切断	
① 切断準備	: コア振れ止め用テンプレートの設置等
② ブレード交換	: ブレードの交換
③ 切断	: 切断装置による切断
④ 容器への収納	: 解体物の容器への収納
⑤ 水処理	: 切断時に発生したスラリー、水の処理及び装置の運転
⑥ 切断装置の調整・補修	: 切断装置の保守点検及び補修
f. 水ジェット切断	
① 切断準備	: 切断装置の設定、ノズルの交換、研磨材の補給等
② 切断	: 切断装置による切断
③ 容器への収納	: 解体物の容器への収納
④ 水処理・集塵機運転	: 切断時に発生したスラリー、水の処理及び装置の運転
⑤ 研磨材の回収	: 研磨材の回収及び容器への収納
⑥ 切断装置の調整・補修	: 切断装置の保守点検及び補修
g. 制御爆破	
① 穿孔	: 装薬用穴の穿孔
② 発破	: 装薬及び爆破
③ 破砕	: ライナー、埋設鉄筋等の細断、コンクリートの二次破碎
④ 容器への収納	: 解体物の容器への収納
⑤ フィルター交換	: 集塵機のフィルター交換

注) 各工法の解体対象機器

- a. プラズマアーク切断 : 炉内構造物
- b. アークソー切断 : 原子炉圧力容器胴部
- c. 成型爆薬 : 原子炉圧力容器接続配管
- d. ディスクカッタ一切断 : 原子炉圧力容器接続配管
- e. 機械的切断 : 生体遮へい体突出部上部
- f. 水ジェット切断 : 生体遮へい体突出部下部
- g. 制御爆破 : 生体遮へい体残存部

建家除染・測定、建家解体における単位作業項目

作業項目	作業内容
(1) 準備作業	
① 作業領域の養生	: エリア内の床、壁等のビニール養生
② グリーンハウスの設置	: 汚染拡大防止用ビニールテントの設置
③ 解体範囲の設定	: 除染範囲、測定範囲の特定と表示
④ 足場の設置	: 作業用足場及び仮設床、手摺り、防護囲い等の設置
⑤ 資材・機器の搬入	: 解体に必要な資材、機器、工具類の搬入
⑥ 収納容器搬入	: 廃棄物収納容器の搬入
⑦ 解体用機器類の設置	: 工事用電源の設置、除染装置、重機類等の機器の搬入・設置
⑧ 作業領域の調査	: 解体作業前の現場調査、トラブル等の措置
(2) 除染・測定、解体作業	
① 準備	: 除染装置の設置、移動等
② 建家表面除染	: 汚染コンクリートの剥離
③ 容器収納	: 剥離コンクリート等の収納容器への収納
④ 片付け	: 後片付け
⑤ 確認測定	: 建家表面除染後の表面汚染計及び試料採取による測定
⑥ 建家解体	: 建家の解体
⑦ 整地	: 建家撤去後の埋め戻し及び整地
(3) 後処理作業	
① グリーンハウスの撤去	: グリーンハウスの移動及び撤去
② 足場の撤去	: 足場及び仮設床、手摺り、防護囲い等の撤去
③ 解体用機器類の搬出	: 解体作業で使用した大型機器等の搬出
④ 資材・機器の搬出	: 解体作業で使用した資材・機器の搬出
⑤ 廃棄物の搬出	: 解体廃棄物及び付随廃棄物の搬出と保管
⑥ 片付け・整理	: 整理整頓、作業終了後の放射線測定等

付録II 準備・後処理作業における人工数

JPDR の解体作業では、作業毎に準備・後処理作業が繰り返し実施されたため、その人工数をヒストグラムと正規確率分布に整理した。その結果を図II-1～図II-11に示す。ヒストグラムは、左右非対称で右にすそを引く分布を示した。遠隔解体作業、建家除染及び建家解体作業で比較的多くの人工数を必要としており、正規確率分布における 80%以下の人工数の部分は主に在来工法による作業であった。そこで 80%以下の作業を在来工法による解体作業として、人工数を 5 段階のレベルに分類した。また、遠隔解体作業、建家除染及び建家解体作業に関しては、レベルを 3 段階に分けることとした。以下に各作業におけるレベル区分の考え方を記す。

(1) 在来工法による解体作業

在来工法による解体作業では、作業条件に応じて 5 段階に分けてレベル区分を行った。表II-1 に作業人工数のレベル区分を示す。

準備作業

①作業領域の養生

- ・ 面積が $30m^2 \sim 50m^2$ の領域の床・壁養生作業はレベル 3 に相当する。
- ・ 作業領域が狭い場合や作業領域の一部分を養生する場合はレベル 1、2 に相当する。
- ・ 作業領域が広い(複数)、狭隘部における養生作業では、レベル 4、5 に相当する。

②グリーンハウス設置

- ・ 一般的なグリーンハウス($3m \times 4m$)の設置はレベル 2 に相当する。
- ・ 壁や既存の配管などをを利用して設置する場合はレベル 1 に相当する。
- ・ サイズの大きいものや頑丈なもの、作業領域内に複数個のグリーンハウスを設置する場合はレベル 3、4 に相当する。
- ・ 大型機器全体をグリーンハウスで覆う場合はレベル 5 に相当する。

③足場設置

- ・ 足場の高さ 1 段(約 1.8m)の足場を設置する場合はレベル 2 に相当する。
- ・ 作業領域が狭い場合はレベル 1 に相当する。
- ・ 作業領域が広く、高所作業の場合(2～3 段)はレベル 3、4 に相当する。
- ・ 作業領域が広く、高所作業の場合はレベル 5 に相当する。

④資材・機器搬入

- ・ 通常(領域面積が $30m^2 \sim 50m^2$)はレベル 2 に相当する。
- ・ 作業領域が狭い場合はレベル 1 に相当する。
- ・ 解体対象機器の重量や解体工法に応じてレベル 3、4、5 相当とする。

⑤解体範囲の設定

- ・通常(領域面積が $30m^2\sim50m^2$)はレベル2に相当する。
- ・作業領域が狭い(領域面積が $30m^2$ 以下)場合はレベル1に相当する。
- ・解体対象機器の重量や複数の領域を実施する場合はレベル3、4、5に相当する。

⑥解体用機器の設定

- ・作業領域内に工事用電源を設置する場合はレベル2に相当する。
- ・切断機器等の搬入のみの場合はレベル1に相当する。
- ・複数の作業領域用に電源設備を設置したり、切断機器及び除染装置を作業領域に移動する場合はレベル3、4、5に相当する。

⑦作業領域の調査

- ・作業者の保安教育などが主な場合はレベル1に相当する。
- ・作業領域の解体作業前の調査に応じてレベル2~5相当とする。

後処理作業

グリーンハウスの撤去、足場撤去、資材・機器の撤去においては、準備作業と同じレベル区分の考え方を適用する。

①片づけ

- ・通常(領域面積が $30m^2\sim50m^2$)はレベル2に相当する。
- ・作業領域が狭い場合はレベル1に相当する。
- ・複数の作業領域、解体対象機器が多い場合はレベル3、4、5に相当する。

(2) 遠隔解体作業、建家除染及び建家解体作業

遠隔解体作業、建家除染及び建家解体作業では、在来工法による解体作業と比較して作業条件が異なる場合があり、以下の理由から比較的多くの人工数を必要とした。

- ・多くの資材が必要であった。
- ・広い作業領域を必要とした。
- ・作業期間が長期にわたった。

このような作業条件を考慮し、3段階に分けてレベル区分を行った。表II-2に遠隔解体作業、建家除染及び建家解体作業における人工数のレベル区分を示す。

準備作業

①作業領域の養生

- ・遠隔解体作業の場合はレベル6、7に相当する。
- ・制御爆破(生体遮へい)、建家除染及び建家解体作業において建家単位で行う場合はレベル8に相当する。

②グリーンハウス設置

- ・ 鋼構造物の遠隔解体作業の場合はレベル 7、8 に相当する。
- ・ コンクリート構造物の遠隔解体作業の場合はレベル 6、7 に相当する。
- ・ 建家除染作業の場合はレベル 6、7 に相当する。

③足場設置

- ・ 遠隔解体作業の場合はレベル 6、7 に相当する。
- ・ 制御爆破の場合はレベル 7 に相当する。
- ・ 建家周囲に足場を設置する場合はレベル 8 に相当する。主排気筒の解体ではレベル 6 相当。

④資材・機器搬入

- ・ 遠隔解体作業の場合はレベル 7、8 に相当する。
- ・ 作業領域が広い建家除染及び建家解体の場合はレベル 6、7 に相当する。

⑤作業領域の調査

- ・ 鋼構造物の遠隔解体作業の場合はレベル8に相当する。
- ・ コンクリート構造物の遠隔解体作業の場合はレベル6、7に相当する。

後処理作業

グリーンハウスの撤去、足場撤去、資材・機器の撤去においては、準備作業と同じレベルを用いる。

①片づけ

- ・ 鋼構造物の遠隔解体作業の場合はレベル8に相当する。
- ・ コンクリート構造物の遠隔解体作業の場合はレベル6、7に相当する。
- ・ 制御爆破、建家除染及び建家解体作業において建家単位で行う場合はレベル 6、7 に相当する。

表II-1 在来工法による解体作業の準備・後処理作業人工数のレベル区分

(単位：人・時間)

レベル	1	2	3	4	5
	0%~16%	16%~32%	32%~48%	48%~64%	64%~80%
作業領域の養生	4.5	12.6	23.4	39.0	68.5
グリーンハウスの設置	10.3	23.7	38.2	61.6	90.9
足場の設置	5.2	11.0	22.9	44.0	74.2
資材・機器の搬入	4.3	10.0	19.5	36.5	58.5
解体範囲の設定	4.5	10.2	18.8	33.4	53.3
解体用機器の設置	6.4	15.7	28.6	43.8	75.2
作業領域の調査	5.3	14.8	26.8	45.9	90.4
グリーンハウスの撤去	5.8	11.0	16.7	24.4	36.0
足場の撤去	6.0	9.5	14.4	21.8	36.1
資材・機器の撤去	5.4	14.3	24.9	38.5	70.2
片づけ	10.4	27.9	41.6	78.9	124.0

: 標準値

表II-2 遠隔解体作業、建家除染及び建家解体作業における準備・後処理作業人工数のレベル区分

(単位：人・時間)

レベル	6	7	8
作業領域の養生	100	130	170
グリーンハウスの設置	130	150	180
足場の設置	110	160	310
資材・機器の搬入	95	110	140
作業領域の調査	140	200	310
グリーンハウスの撤去	50	70	100
足場の撤去	70	130	270
資材・機器の撤去	110	140	180
片づけ	190	260	350

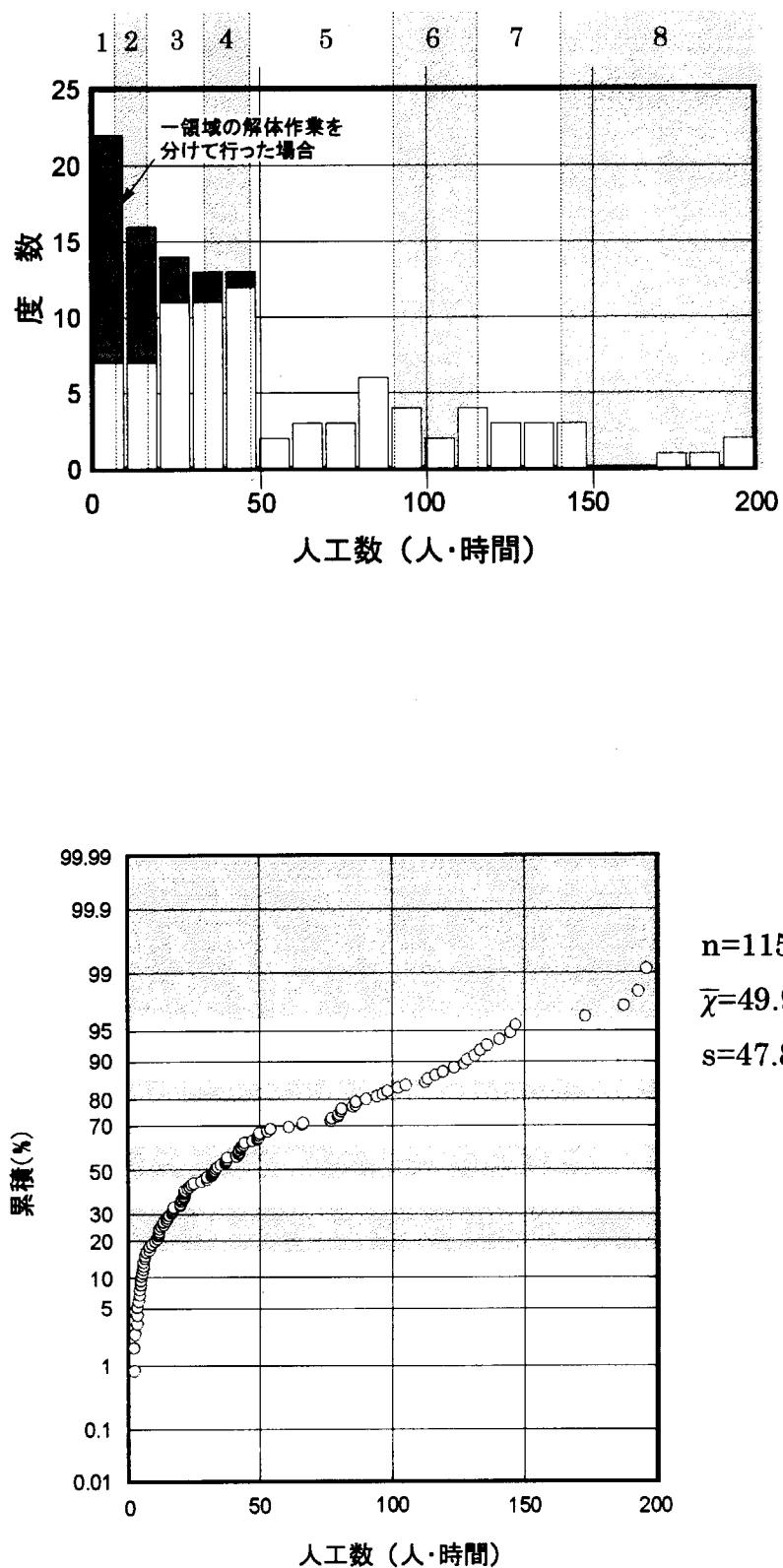


図 II-1 作業領域の養生における人工数の度数分布

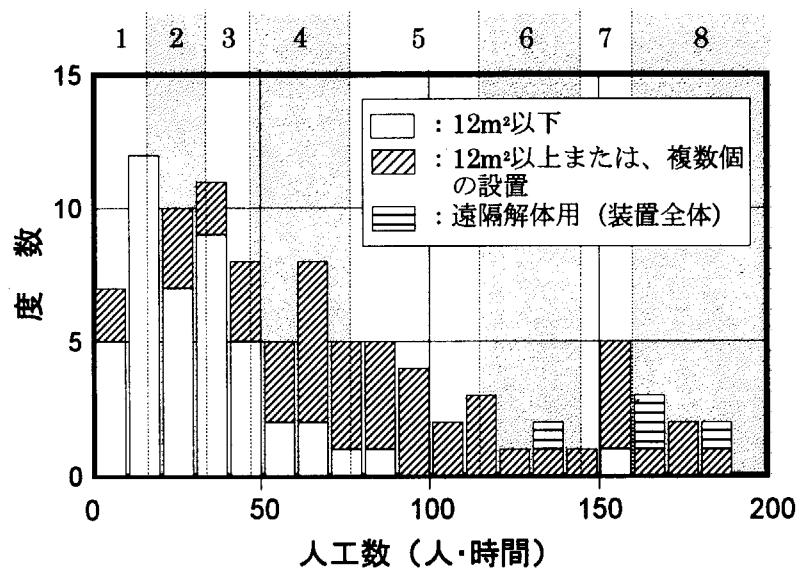


図 II-2 グリーンハウス設置における人工数の度数分布

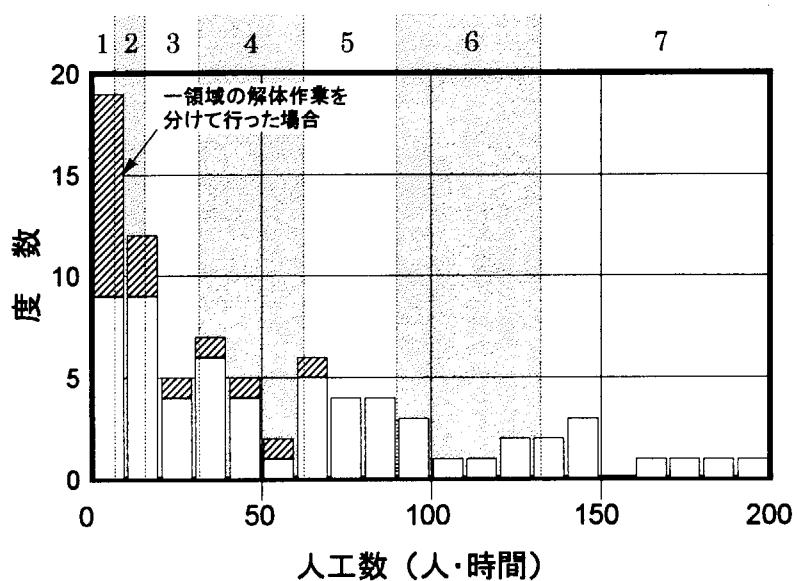


図 II-3 足場設置における人工数の度数分布

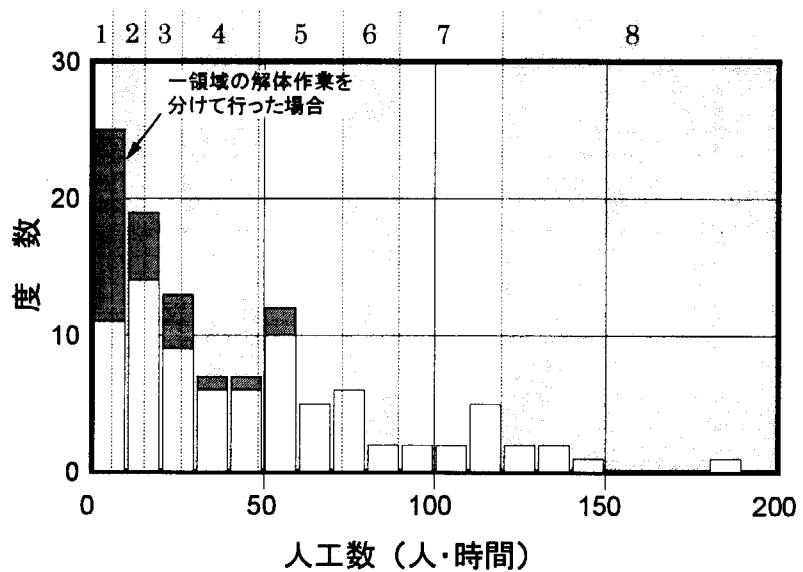


図 II-4 資材・機器搬入における人工数の度数分布

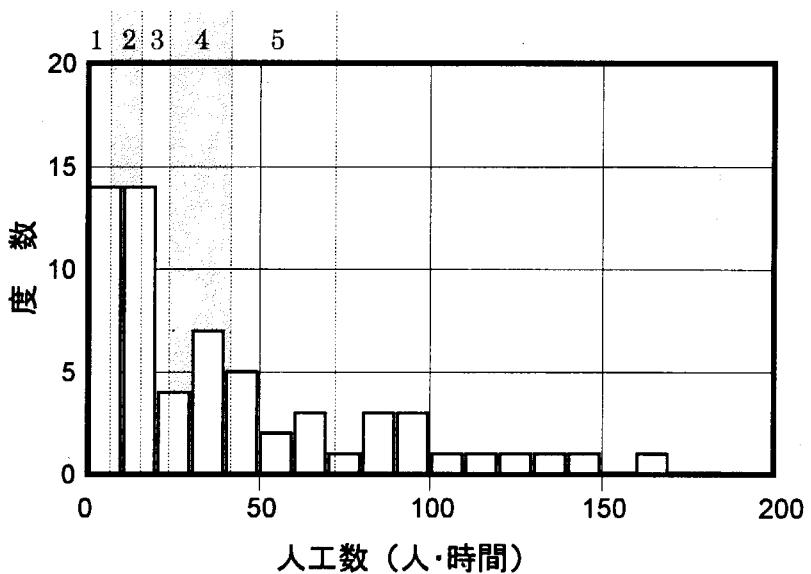


図 II-5 解体範囲の設定における人工数の度数分布

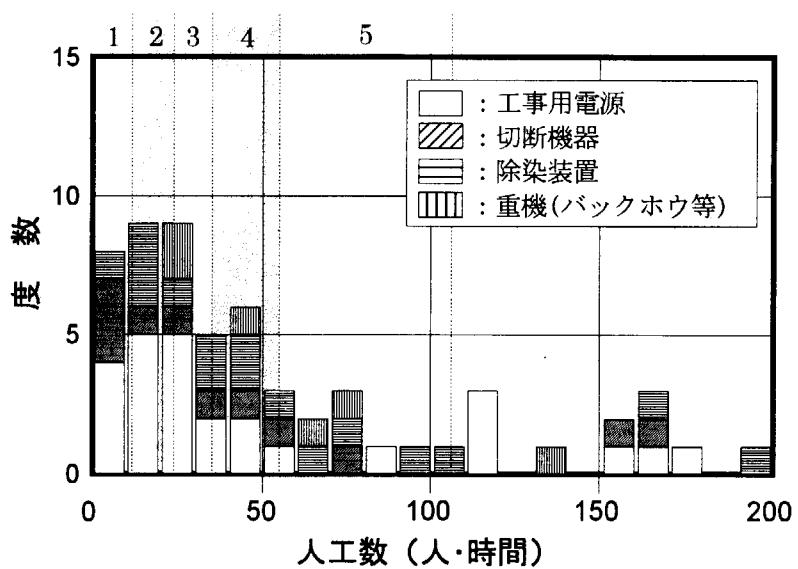


図 II-6 解体用機器の設置における人工数の度数分布

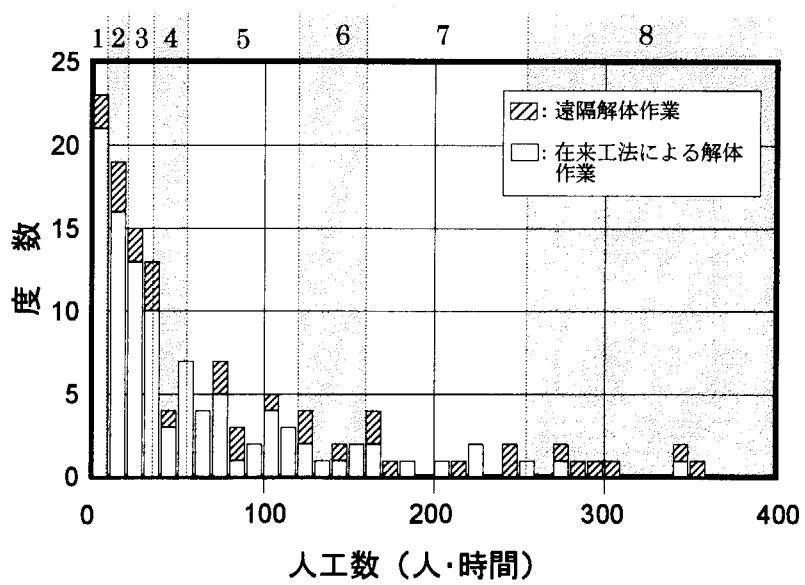


図 II-7 作業領域の調査における人工数の度数分布

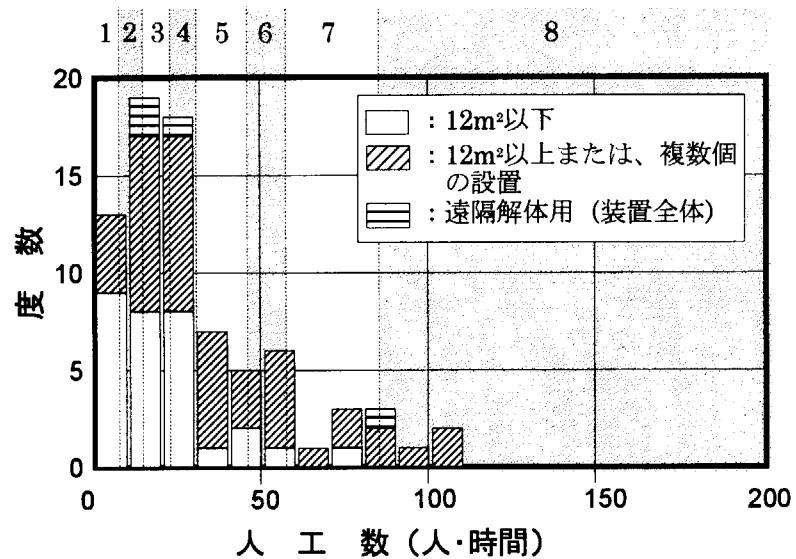


図 II-8 グリーンハウスの撤去における人工数の度数分布

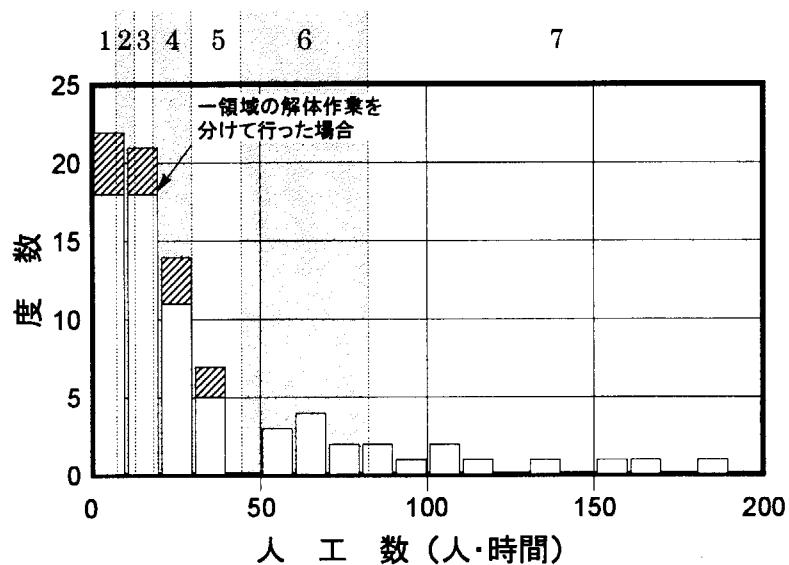
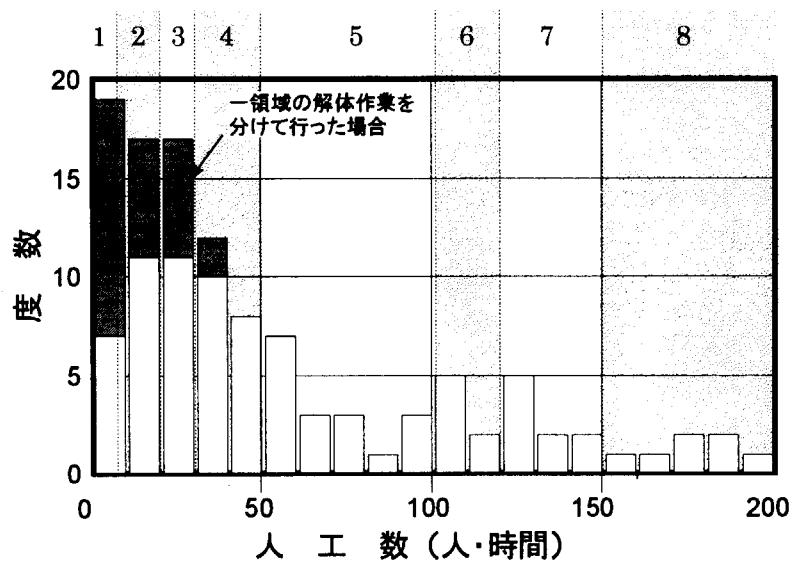
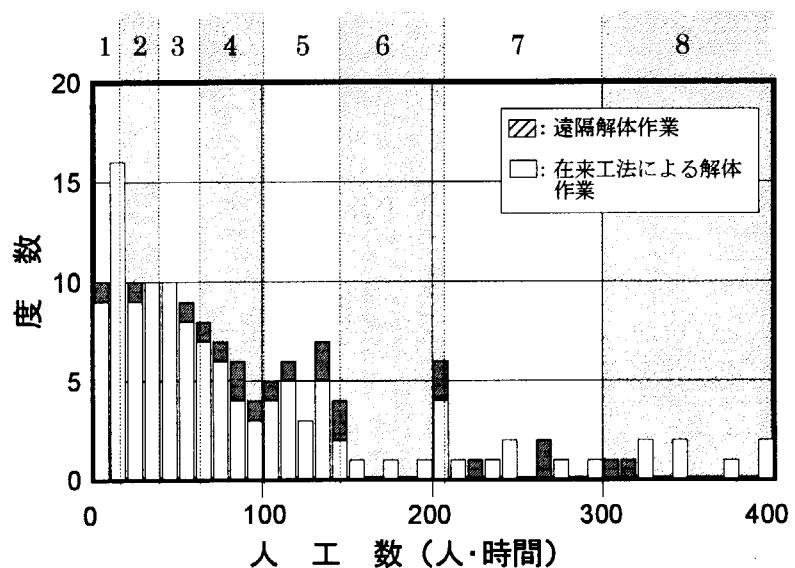


図 II-9 足場撤去における人工数の度数分布



図II-10 資材・機器の撤去における人工数の度数分布



図II-11 片付けにおける人工数の度数分布

付録III 単位作業一覧（名称、分類、目的）

..... 準備（共通）

番号：1010

単位作業名称：*作業領域養生 (*PRECOVER.GEN)

分類：準備／作業領域の養生／在来工法／遠隔解体

目的：解体作業を開始するに当たり、作業領域をビニールシート等で養生する作業に必要な管理データ（人工数、被ばく線量、作業時間）の計算。ほとんどの解体作業の準備として必要とされる。標準的な養生人工数を定数としていくつか指定しておき、ユーザーがその中から、適切な値（レベル値）を選択する。デフォルトとして代表的な養生人工数を設定してある。また、標準のクルー構成を考慮している。

番号：1020

単位作業名称：*グリーンハウス設置 (*PREGRH.GEN)

分類：準備／グリーンハウスの設置／在来工法／遠隔解体

目的：解体作業を開始するに当たり、作業領域以外への放射性物質の拡散を防止するため、グリーンハウスを設置する作業に必要な管理データ（人工数、被ばく線量、作業時間）の計算。汚染拡大防止のために、ビニール囲い及び局所換気装置を設置する。標準的なグリーンハウス設置人工数を定数としていくつか指定しておき、ユーザーがその中から、適切な値（レベル値）を選択する。デフォルトとして代表的なグリーンハウス設置人工数を設定してある。在来工法時と遠隔工法時では、標準値は異なるため、レベル値を変える必要がある。

番号：1030

単位作業名称：*放射線測定 (*PRESVEY.GEN)

分類：準備／放射線の測定／在来工法／遠隔解体

目的：解体作業を開始するに当たり、作業領域の解体対象となる機器の表面線量当量率、代表的な領域の空間線量当量率及び表面密度を測定する作業に必要な管理データ（人工数、被ばく線量、作業時間）の計算。年度当初に実施される測定作業で代用できる場合もある。解体作業期間中の定常的な放射線管理業務はこれに含まれない。標準的な放射線の測定人工数を定数としていくつか指定しておき、ユーザーがその中から、適切な値（レベル値）を選択する。デフォルトとして代表的な放射線測定人工数を設定してある。

番号：1040

単位作業名称：*解体範囲設定 (*PREMARK.GEN)

分類：準備／解体範囲の設定／在来工法／遠隔解体

目的：解体作業を開始するに当たり、解体する機器と解体しない機器とを区別し、解体する機器に印を付ける作業に必要となる管理データ（人工数、被ばく線量、作業時間）の計算。解体する機器に関しては、切断する部分に印を付ける。標準的な解体範囲の設定人工数を定数としていくつか指定しておき、ユーザーがその中から、適切な値（レベル値）を選択する。デフォルトとして代表的な解体範囲の設定人工数を設定してある。遠隔解体作業では生体遮へい体の解体範囲の特定と表示作業がこれに当たる。

番号：1050

単位作業名称：*資材機器搬入 (*PRECARY.GEN)

分類：準備／資材・機器の搬入／在来工法／遠隔解体

目的：解体作業を開始するに当たり、小型切断装置、一般工具、消耗品の搬入に必要となる管理データ

タ（人工数、被ばく線量、作業時間）の計算。標準的な搬入人工数を定数としていくつか指定しておき、ユーザーがその中から、適切な値（レベル値）を選択する。デフォルトとして代表的な搬入人工数を設定してある。在来工法時と遠隔工法時ではデフォルト値は異なる。

番号 : 1060

単位作業名称 : *収納容器搬入 (*PRECONT.GEN)

分類 : 準備／収納容器の搬入／在来工法／遠隔解体

目的 : 放射性物質で汚染したものを収納・搬出するための容器、および、解体に使用した機器を廃棄するために必要となる容器を搬入する作業に必要となる管理データ（人工数、被ばく線量、作業時間）の計算。作業領域に存在する機器の放射能レベルに応じて容器種類を決め、機器重量から必要な容器数を計算する。容器の種類として200Lドラム缶、鋼製容器（1m³容器、3m³容器）、遮へい容器があり、これらに対してそれぞれ単位作業係数を用意する。フレキシブルコンテナの搬入については考慮しない。また、一体で搬出する脱塩装置等は例外処理とする。

番号 : 1070

単位作業名称 : *足場設置 (*PRESCAF.GEN)

分類 : 準備／足場の設置／在来工法／遠隔解体

目的 : 解体作業を開始するに当たり、足場の設置作業に必要となる管理データ（人工数、被ばく線量、作業時間）の計算。標準的な足場設置人工数を定数としていくつか指定しておき、ユーザーがその中から、適切な値（レベル値）を選択する。デフォルトとして代表的な足場設置人工数を設定してある。在来工法時と遠隔工法時や建家解体時ではデフォルト値は異なる。

番号 : 1080

単位作業名称 : *設備停止措置 (*PRESHUT.GEN)

分類 : 準備／設備の停止措置／在来工法／遠隔解体

目的 : 解体作業を開始するに当たり、ユーティリティ（電気・ガス・水等）の遮断及びその確認に必要な管理データ（人工数、被ばく線量、作業時間）の計算。建家毎の広い領域に対して、一括して実施される作業であるので、必ずしも共通した一連の作業に入る訳ではない。作業の階層位置に注意する必要がある。標準的な設備の停止措置人工数を定数としていくつか指定しておき、ユーザーがその中から、適切な値（レベル値）を選択する。デフォルトとして代表的な設備停止措置人工数を設定してある。

番号 : 1090

単位作業名称 : *解体用機器類設置 (*PREMCHN.GEN)

分類 : 準備／解体用機器類の設置／在来工法／遠隔解体

目的 : 解体作業を開始するに当たり、切断機、除染装置等、一般機器解体に用いる比較的大型の機器解体用具を搬入したり、工事用電源を設置する作業に必要となる管理データ（人工数、被ばく線量、作業時間）の計算。ユーティリティが残存する場合としない場合によって管理データ値が大きく異なる。標準的な搬入設置人工数を定数としていくつか指定しておき、ユーザーがその中から適切な値（レベル値）を選択する。デフォルトとしてユーティリティが残っている場合の代表的な搬入設置人工数を設定してある。

番号 : 1100

単位作業名称 : *作業領域調査 (*PRESTUDY.GEN)

分類 : 準備／作業領域の調査／在来工法／遠隔解体

目的 : 解体作業を開始するに当たり、現場調査、初期トラブル等の措置を行う作業に必要となる管理データ（人工数、被ばく線量、作業時間）の計算。標準的な現場調査人工数を定数としていくつか指定しておき、ユーザーがその中から適切な値（レベル値）を選択する。デフォルトとして代表的な調

査人工数を設定してある。

番号 : 1210

単位作業名称 : *遮へい板設置 (*PRESHILD.GEN)

分類 : 準備／遮へい板の設置／在来工法／遠隔解体

目的 : 作業員の被ばく低減を考慮して、線量当量率の高い部分に、遮へい用の板を設置する作業に必要となる管理データ（人工数、被ばく線量、作業時間）の計算。圧力容器接続配管の撤去時等に実施される。作業人工数は3ケースを想定し、ユーザーが入力データとして選択する。選択するケースは、「遮へい板の設置」、「部分的な溶接の実施」、「全般的な溶接の実施」である。これらに関する作業人工数はJPDR解体作業の実績値を使用している。

..... 準備（遠隔工法）

番号 : 1220

単位作業名称 : *切断装置設置 (*PRESETUP.GEN)

分類 : 準備／切断装置の設置／遠隔解体

目的 : 炉内構造物、原子炉圧力容器、生体遮へい等、放射化した機器の切断に使用する装置とその付属設備の搬入と設置作業に必要となる管理データ（人工数、被ばく線量、作業時間）の計算。標準的な搬入設置人工数は、遠隔工法毎に予め定数として指定しておき、ユーザーがその中から適切な値（レベル値）を選択する。JPDRにおける実績データが設定されている。

番号 : 1230

単位作業名称 : *動作試験 (*PRETEST.GEN)

分類 : 準備／切断装置の動作試験／遠隔解体

目的 : プラズマーアーク、アークソー等の切断装置を設置した後、その装置の試運転を行い、装置が正常に動作することを確認するための作業に必要となる管理データ（人工数、被ばく線量、作業時間）の計算。標準的な装置の動作試験人工数を遠隔工法毎に予め定数として指定しておき、ユーザーがその中から適切な値（レベル値）を選択する。JPDRにおける実績データが設定されている。

番号 : 1240

単位作業名称 : *水封用円筒設置 (*PREWATER.GEN)

分類 : 準備／水封用円筒の設置／準備・設置・溶接／遠隔解体

目的 : 原子炉圧力容器を水中で解体するために、その外側に円筒を設置する作業に必要となる管理データ（人工数、被ばく線量、作業時間）の計算。円筒は半分に分割されており、それをサービスフロア上で溶接する。また、円筒を挿入した後、3カ所で継ぎ足して、水封タンクとする。本作業には、水封円筒設置作業における、準備、設置、溶接作業が全て含まれている。被ばく線量の計算では、複数線源からの寄与があるため、あらかじめ参照する線量当量率を領域IDとして定める必要がある。JPDRにおける実績データが設定されている。

番号 : 1250

単位作業名称 : *付属装置設置 (*PREATTACH.GEN)

分類 : 準備／付属装置の設置／遠隔解体

目的 : 原子炉圧力容器切断時に発生するドロス等を回収するための排水処理装置、生体遮へい体解体時に発生するスラリーを処理するための装置等の搬入と設置作業に必要となる管理データ（人工数、被ばく線量、作業時間）の計算。アークソー切断及び機械的、水ジェットによる遮へい体の解体作業を想定したものである。浄化された水は、既存の廃水処理系に回される。本作業には付属装置設置作業における準備と設置作業が含まれる。標準的な搬入設置人工数は、遠隔工法毎に予め定数として指定しておき、ユーザーがその中から適切な値（レベル値）を選択する。JPDRにおける実績データが

設定されている。

番号：1260

単位作業名称：*グラウト注入 (*PREGROUT.GEN)

分類：準備／グラウトの注入／遠隔解体

目的：機械的工法や水ジェットによる生体遮へい体解体作業の前に、遮へい体内の中性子案内管及び冷却配管に予めグラウトを注入する作業に必要となる管理データ（人工数、被ばく線量、作業時間）の計算。JPDRにおける実績データが設定されている。

..... 切断・収納（在来工法）

番号：2010

単位作業名称：*ポンプ (*PUMP.GEN)

分類：切断・収納／ポンプの解体／在来工法

目的：在来工法によりポンプ・モータを解体撤去する作業に必要となる管理データ（人工数、被ばく線量、作業時間、廃棄物量、収納容器数）の計算。対象となる機器の重量が0.5トン以上と0.5トン未満によって異なる評価式を用いる。

番号：2020

単位作業名称：*配管 (*PIPE.GEN)

分類：切断・収納／配管・弁の解体／在来工法

目的：在来工法により配管・弁を解体撤去する作業に必要となる管理データ（人工数、被ばく線量、作業時間、廃棄物量）の計算。切断方法としては、ガス切断、機械的切断、バンドソー切断、エアプロラズマ切断等がある。

番号：2030

単位作業名称：*埋設配管 (*EMBPIPE.GEN)

分類：切断・収納／埋設配管の解体／在来工法

目的：在来工法により建家構造物中に埋設された配管を解体撤去する作業に必要となる管理データ（人工数、被ばく線量、作業時間、廃棄物量）の計算。建家構造物の部分的な撤去、配管の切断、容器収納の作業が含まれる。

番号：2040

単位作業名称：*保温材 (*INSUL.GEN)

分類：切断・収納／保温材の解体／在来工法

目的：在来工法により保温材を解体撤去する作業に必要となる管理データ（人工数、被ばく線量、作業時間、廃棄物量、収納容器数）の計算。保温材としては、金属、アスベスト、一般保温材（ガラスウール、ロックウール等）があり、材質毎に分別して収納する。保温材の圧縮減容処理作業は含まない。

番号：2050

単位作業名称：*タンク (*TANK.GEN)

分類：切断・収納／タンクの解体／在来工法

目的：在来工法によりタンクを解体撤去する作業に必要となる管理データ（人工数、被ばく線量、作業時間、廃棄物量、収納容器数）の計算。細断して容器に収納する場合と、細断せず撤去する場合がある。タンク内に残存するスラッジ等の除去作業は別途作業として検討する。

番号：2060

単位作業名称：*熱交換器 (*HEXC.GEN)

分類：切断・収納／熱交換器の解体／在来工法

目的：在来工法により熱交換器を解体撤去する作業に必要となる管理データ（人工数、被ばく線量、作業時間、廃棄物量、収納容器数）の計算。大型のタービン復水器等は別途作業として扱う。

番号：2070

単位作業名称：*脱塩塔 (*DEMINE.GEN)

分類：切断・収納／脱塩塔の解体／在来工法

目的：在来工法により脱塩塔を既設設備から切り離し、撤去する作業に必要となる管理データ（人工数、被ばく線量、作業時間、廃棄物量）の計算。脱塩塔は細断せず、汚染防護措置を施した後、梱包して一体搬出し保管廃棄する。収納容器は使用しない。

番号：2080

単位作業名称：*ダクト (*DUCT.GEN)

分類：切断・収納／ダクトの解体／在来工法

目的：在来工法によりダクトを解体撤去する作業に必要となる管理データ（人工数、被ばく線量、作業時間、廃棄物量、収納容器数）の計算。

番号：2090

単位作業名称：*空調機 (*AIRCON.GEN)

分類：切断・収納／空調機の解体／在来工法

目的：在来工法により空調機器を解体撤去する作業に必要となる管理データ（人工数、被ばく線量、作業時間、廃棄物量、収納容器数）の計算。

番号：2100

単位作業名称：*ケーブル (*CABLE.GEN)

分類：切断・収納／ケーブル・電線管の解体／在来工法

目的：在来工法によりケーブル及び電線管を解体撤去する作業に必要となる管理データ（人工数、被ばく線量、作業時間、廃棄物量、収納容器数）の計算。

番号：2110

単位作業名称：*制御盤 (*PANEL.GEN)

分類：切断・収納／制御盤・計器ラックの解体／在来工法

目的：在来工法により制御盤、計器ラック等を解体撤去する作業に必要となる管理データ（人工数、被ばく線量、作業時間、廃棄物量、収納容器数）の計算。これらは、汚染のおそれがある機器として取り扱われる。

番号：2120

単位作業名称：*変圧器 (*TRANS.GEN)

分類：切断・収納／変圧器・電源盤・給電盤の解体／在来工法

目的：在来工法により変圧器・電源盤・給電盤を解体撤去する作業に必要となる管理データ（人工数、被ばく線量、作業時間、廃棄物量、収納容器数）の計算。これらは、汚染無しの機器として取り扱われる。

番号：2130

単位作業名称：*架台 (*SUPPORT.GEN)

分類：切断・収納／架台・ハンガーの解体／在来工法

目的：在来工法により架台、ハンガー、ケーブルトレイ等を解体撤去する作業に必要となる管理データ（人工数、被ばく線量、作業時間、廃棄物量、収納容器数）の計算。

番号：2140

単位作業名称：*スラッジ抜き取り (*SLAG.GEN)

分類：切断・収納／スラッジ抜き取り／在来工法

目的：廃棄物の処理等により生じたスラッジ（タンク内に堆積）を撤去する作業に必要となる管理データ（人工数、被ばく線量、スラッジ量、スラッジ収納容器数）の計算。

番号：2150

単位作業名称：*小型機器類 (*MISC.GEN)

分類：切断・収納／小型機器類の解体／在来工法

目的：在来工法により種別コード分類に入らない機器を解体撤去する作業に必要となる管理データ（人工数、被ばく線量、作業時間、廃棄物量、収納容器数）の計算。圧縮機、現場計器、手摺り等を分解、粗断し、容器に収納した作業を対象とする。

番号：2160

単位作業名称：*壁基礎 (*CNCR.GEN)

分類：切断・収納／壁・基礎の解体／在来工法

目的：床面に設置されているコンクリート基礎（機器の台座）の撤去、および、床、壁開口の作業に必要となる管理データ（人工数、被ばく線量、作業時間、廃棄物量、収納容器数）の計算。本作業は、解体・除染作業の容易化、解体装置の設置、あるいは、廃棄物の搬出経路確保等のために実施される。

番号：2210

単位作業名称：*タービン発電機 (*GENERAT.GEN)

分類：切断・収納／タービン発電機の解体／在来工法

目的：在来工法によりタービン発電機を解体撤去する作業に必要となる管理データ（人工数、被ばく線量、作業時間、廃棄物量、収納容器数）の計算。

番号：2221～2222

単位作業名称：*復水器 (*TBCOND.GEN)

分類：切断・収納／復水器の解体／在来工法

目的：在来工法によりタービン復水器等を解体撤去する作業に必要となる管理データ（人工数、被ばく線量、作業時間、廃棄物量、収納容器数）の計算。タービン復水器とダンプコンデンサーについてJPDRにおける実績データが設定されている。

番号：2230

単位作業名称：*クレーン (*CRANE.GEN)

分類：切断・収納／クレーンの解体／在来工法

目的：在来工法により大型のクレーン設備（格納容器ポーラークレーン等）を解体撤去する作業に必要となる管理データ（人工数、被ばく線量、作業時間、廃棄物量）の計算。

番号：2240

単位作業名称：*燃料プール内張り (*LINER.GEN)

分類：切断・収納／燃料プール内張りの解体／在来工法

目的：在来工法により燃料プール表面に張られている鋼板を解体撤去する作業に必要となる管理データ（人工数、被ばく線量、作業時間、廃棄物量、収納容器数）の計算。鋼板表面の除染および切断を考慮している。

番号 : 2250

単位作業名称 : *上蓋・下鏡 (*RPV_HEAD.GEN)

分類 : 切断・収納／原子炉圧力容器上蓋・下鏡部の解体／在来工法

目的 : 在来工法により原子炉圧力容器の上蓋又は下鏡部を解体撤去する作業に必要となる管理データ（人工数、被ばく線量、作業時間、廃棄物量）の計算。

番号 : 2260

単位作業名称 : *格納容器鋼板 (*STEEL.GEN)

分類 : 切断・収納／原子炉格納容器鋼板の解体／在来工法

目的 : 在来工法により建家の鋼板（原子炉格納容器鋼板等）を解体撤去する作業に必要となる管理データ（人工数、被ばく線量、作業時間、廃棄物量）の計算。

番号 : 4011

単位作業名称 : *床表面除染 (*DE_FL_SURF.GEN)

分類 : 切断・収納／建家床部の表面除染／在来工法

目的 : 在来工法により建家床の表面を剥離する作業に必要となる管理データ（人工数、被ばく線量、作業時間、廃棄物量）の計算。解体範囲の設定、足場設置、グリーンハウス設置等の準備作業は含まれていない。ショットブラスト、プレーナー等の作業効率の良い装置を適用した場合に用いる。

番号 : 4012

単位作業名称 : *床深層除染 (*DE_FL_DEEP.GEN)

分類 : 切断・収納／建家床部の深層除染／在来工法

目的 : 在来工法により建家床を剥離する作業に必要となる管理データ（人工数、被ばく線量、作業時間、廃棄物量）の計算。解体範囲の設定、足場設置、グリーンハウス設置等の準備作業は含まれていない。汚染が浸透している箇所にブレーカー、スキャブラ等の装置を適用した場合に用いる。

番号 : 4021

単位作業名称 : *壁表面除染 (*DE_WL_SURF.GEN)

分類 : 切断・収納／建家壁部の表面除染／在来工法

目的 : 在来工法により建家壁表面を剥離する作業に必要となる管理データ（人工数、被ばく線量、作業時間、廃棄物量）の計算。解体範囲の設定、足場設置、グリーンハウス設置等の準備作業は含まれていない。サンドブラスト、チッピングハンマー等の装置を適用した場合に用いる。

番号 : 4022

単位作業名称 : *壁深層除染 (*DE_WL_DEEP.GEN)

分類 : 切断・収納／建家壁部の深層除染／在来工法

目的 : 在来工法により建家の壁を剥離する作業に必要となる管理データ（人工数、被ばく線量、作業時間、廃棄物量）の計算。解体範囲の設定、足場設置、グリーンハウス設置等の準備作業は含まれていない。汚染が浸透している箇所にハンドスキャブラ、チッピングハンマー等の装置を適用した場合に用いる。

番号 : 4110

単位作業名称 : *確認測定 (*MEASURE.GEN)

分類 : 切断・収納／建家の放射能測定／在来工法

目的 : 除染後の管理区域の建家表面を表面線量計を用いて測定する作業に必要となる管理データ（人工数、被ばく線量、作業時間）を評価する。解体範囲の設定、足場設置等の準備作業は含まれていない。

番号 : 4210

単位作業名称 : *建家解体 (*BUILD.GEN)

分類 : 切断・収納／建家の解体／在来工法

目的 : 除染後の管理区域外作業として、在来工法で建家を解体撤去する際の管理データ（人工数、被ばく線量、作業時間、廃棄物量）を評価する。主排気筒の解体も含まれる。本作業は、一般工事に準じる作業である。

番号 : 4220

単位作業名称 : *整地 (*RESTORE.GEN)

分類 : 切断・収納／埋め戻し・整地／在来工法

目的 : 建家を解体撤去した後に、コンクリートガラや土砂により解体後の地下部を埋め戻し、敷地を整地する際の管理データ（人工数、被ばく線量、作業時間、廃棄物量）を評価する。本作業は、一般工事に準じる作業である。

番号 : 1500

単位作業名称 : *切断・収納準備 (*PRECUT.GEN)

分類 : 準備／一般機器切断・収納の準備／在来工法

目的 : 一般的な準備作業（作業領域の養生、グリーンハウスの設置、資材・機器の搬入等）以外に、一般機器を切断・収納する作業に必要となる準備作業（作業前の調査・トラブル処置等）における管理データ（人工数、被ばく線量、作業時間）の計算。一領域の解体作業に必要な準備作業における人工数標準値を定数として設定してある。

番号 : 1501

単位作業名称 : *建家除染準備 (*PREDECON.GEN)

分類 : 準備／建家除染の準備／在来工法

目的 : 建家除染作業における一般的な準備作業（作業領域の養生、グリーンハウスの設置、資材・機器の搬入等）以外に、除染作業に必要となる準備作業における管理データ（人工数、被ばく線量、作業時間）の計算。一領域の除染作業に必要な準備作業における人工数標準値を定数として設定してある。

番号 : 1502

単位作業名称 : *建家放射能測定準備 (*PREMEAS.GEN)

分類 : 準備／建家放射能測定の準備／在来工法

目的 : 建家の放射能測定作業における一般的な準備作業（作業領域の養生、資材・機器の搬入、足場の設置等）以外に、測定作業に必要となる準備作業における管理データ（人工数、作業時間）の計算。一領域の測定作業に必要な準備作業における人工数標準値を定数として設定してある。

番号 : 1503

単位作業名称 : *建家解体準備 (*PREBUILD.GEN)

分類 : 準備／建家解体の準備／在来工法

目的 : 建家の解体作業における一般的な準備作業（資材・機器の搬入、足場の設置等）以外に、解体作業に必要となる準備作業における管理データ（人工数、作業時間）の計算。一つの建家の解体作業に必要な準備作業における人工数標準値を定数として設定してある。

..... 切断・収納（遠隔工法）

番号：3031

単位作業名称：*アークソー (*RPV.ARC)

分類：切断・収納／アークソー切断・収納／遠隔解体

目的：アークソーにより原子炉圧力容器を水中で解体する作業に必要となる管理データ（人工数、被ばく線量、作業時間、ドロス量）の計算。圧力容器の胴部を水中で切断し、切断片をサービスフロアまで搬送する作業を対象とする。水処理装置の運転、切断に用い消耗したブレードを交換するための作業を含む。本作業は切断作業を対象としているため、原子炉圧力容器の解体作業全体を対象にする場合には、切断装置の設置（PRESETUP）、切断装置の動作試験（PRETEST）、水封用円筒設置（PREWATER）、排水処理装置の設置（PREATATTACH）を含めて一連の作業を作成する必要がある。本作業は、「切断準備」「切断」「水処理」「収納」「ブレード交換」から成る。

番号：3011

単位作業名称：*プラズマアーク_ロボット (*RI.ROBOT)

分類：切断・収納／プラズマアーク切断（マニピュレータ型）／遠隔解体

目的：マニピュレータ型遠隔装置とプラズマアークにより、炉内構造物を解体する作業に必要となる管理データ（人工数、被ばく線量、作業時間、ドロス量）の計算。解体物の燃料プールまでの移送に関連する作業が含まれる。本作業は、「切断準備」「切断」「移送」から成る。

番号：3021

単位作業名称：*プラズマアーク_マスト_粗断 (*RI_1ST.MAST)

分類：切断・収納／プラズマアーク切断（マスト型）／遠隔解体

目的：マスト型遠隔装置とプラズマアーク（一次切断装置）により、炉内構造物等を圧力容器から切断分離する作業に必要となる管理データ（人工数、被ばく線量、作業時間、ドロス量）の計算。切断トーチの切断部への設定、解体物の燃料プールまでの移送、水処理、ドロス回収に関連する作業が含まれる。本作業は、「切断準備」「切断」「移送」から成る。

番号：3022

単位作業名称：*プラズマアーク_マスト_細断 (*RI_2ND.MAST)

分類：切断・収納／プラズマアーク切断（マスト型）／遠隔解体

目的：マスト型遠隔装置とプラズマアーク（二次切断装置）を用いて燃料プール内の機器を切断して容器に収納する作業に必要となる管理データ（人工数、被ばく線量、作業時間、ドロス量）の計算。水処理、ドロス回収作業を含む。本作業は、「切断準備」「切断」「収納」から成る。

番号：3131

単位作業名称：*ディスクカッター (*PIPE.DISKCUT)

分類：切断・収納／ディスクカッターカット／遠隔解体

目的：ディスクカッターを用いて、原子炉圧力容器接続配管を解体する作業に必要となる管理データ（人工数、被ばく線量、作業時間）の計算。配管の切断及び収納場所までの運搬を含む。配管の細断及び収納は在来工法で評価する。

番号：3111

単位作業名称：*成型爆薬_治具 (*PIPE.EXPLOM)

分類：切断・収納／成型爆薬（治具による装薬）／遠隔解体

目的：成型爆薬により配管を解体する作業に必要となる管理データ（人工数、被ばく線量、作業時間）の計算。装薬作業は治具により行う。配管の切断、収納場所までの運搬及び防護板の設置・撤去を含む。配管の細断及び収納は在来工法で評価する。

番号 : 3121

単位作業名称 : *成型爆薬_遠隔 (*PIPE.EXPLOR)

分類 : 切断・収納／成型爆薬（遠隔による装薬）／遠隔解体

目的 : 成型爆薬により配管を解体する作業に必要となる管理データ（人工数、被ばく線量、作業時間）の計算。装薬作業は遠隔操作（小型搬送器）により行う。配管の切断、収納場所までの運搬及び防護板の設置・撤去を含む。配管の細断及び収納は在来工法で評価する。

番号 : 3051

単位作業名称 : *水ジェット (*BS.AWJET)

分類 : 切断・収納／水ジェット切断／遠隔解体

目的 : 水ジェットにより生体遮へい体を解体する作業に必要となる管理データ（人工数、被ばく線量、作業時間）の計算。水ジェットノズルの切断部への設定、切断、切断片の容器への収納に関連する作業が含まれる。解体切断片、スラッジの重量及び供給した研磨材重量を評価する。本作業は、「切断準備」「切断」「水処理・集塵機運転」「研磨材回収」「収納」から成る。

番号 : 3041

単位作業名称 : *機械的切断_ブレード (*BS_BLADE.MCHN)

分類 : 切断・収納／機械的切断_ブレード／遠隔解体

目的 : 機械的切断により生体遮へい体を解体する作業に必要となる管理データ（人工数、被ばく線量、作業時間）の計算。装置の切断部への設定、切断、切断片の容器への収納、水処理装置の運転に関連する作業が含まれる。切り出された解体切断片及びスラッジの重量の評価を行う。また、ブレード交換に関する作業を含める。本作業は、「切断準備」「切断（垂直）」「切断（水平）」「水処理」「収納」「ブレード交換」から成る。

番号 : 3042

単位作業名称 : *機械的切断_コアリング (*BS_CORE.MCHN)

分類 : 切断・収納／機械的切断_コアリング／遠隔解体

目的 : 機械的切断により生体遮へい体を解体する作業に必要となる管理データ（人工数、被ばく線量、作業時間）の計算。装置の切断部への設定、切断、切断片の容器への収納、水処理装置の運転に関連する作業が含まれる。切り出された解体切断片及びスラッジの重量の評価を行う。本作業は、「切断準備」「切断（コア）」「水処理」「収納」から成る。

番号 : 3061

単位作業名称 : *制御爆破_内側 (*BS_I.CBLAST)

分類 : 切断・収納／制御爆破_内側部／遠隔解体

目的 : 制御爆破により生体遮へい体を解体する作業に必要となる管理データ（人工数、被ばく線量、作業時間）の計算。本作業は、内側部（低レベル部）を対象とした解体であり、「穿孔」「発破」「爆薬装填・破碎」「収納」から成る。

番号 : 3062

単位作業名称 : *制御爆破_外側 (*BS_O.CBLAST)

分類 : 切断・収納／制御爆破_外側部／遠隔解体

目的 : 制御爆破により生体遮へい体を解体する作業に必要となる管理データ（人工数、被ばく線量、作業時間）の計算。本作業は、外側部（極低レベル部）を対象とした解体であり、「穿孔」「爆薬装填・発破」「破碎」「収納」から成る。

.....後処理（共通）.....

番号：5010

単位作業名称：*グリーンハウス撤去 (*CLNGRH.GEN)

分類：後処理／グリーンハウスの撤去／在来工法／遠隔解体

目的：機器の解体作業終了後、グリーンハウスを撤去する作業に必要となる管理データ（人工数、作業時間）の計算、標準的なグリーンハウス撤去人工数を定数としていくつか準備しておき、ユーザーがその中から適当な値（レベル値）を選択する。デフォルトとして代表的なグリーンハウス撤去人工数を設定してある。

番号：5020

単位作業名称：*足場撤去 (*CLNSCAF.GEN)

分類：後処理／足場の撤去／在来工法／遠隔解体

目的：機器の解体作業終了後、足場を撤去する作業に必要となる管理データ（人工数、作業時間）の計算。標準的な足場撤去人工数を定数としていくつか準備しておき、ユーザーがその中から適当な値（レベル値）を選択する。デフォルトとして代表的な足場撤去人工数を設定してある。

番号：5030

単位作業名称：*資材機器搬出 (*CLNCARY.GEN)

分類：準備／資材・機器の搬出／在来工法

目的：機器の解体作業終了後に、使用した小型切断装置、一般工具、消耗品の搬出に伴う作業に必要となる管理データ（人工数、被ばく線量、作業時間）の計算。標準的な搬出人工数を定数としていくつか準備しておきユーザーがその中から適当な値（レベル値）を選択する。デフォルトとして代表的な搬出人工数を設定してある。

番号：5040

単位作業名称：*廃棄物搬出 (*CLNCONT.GEN)

分類：後処理／廃棄物の搬出／在来工法／遠隔解体

目的：容器に収納された解体廃棄物や非放射性廃棄物を一時保管場所まで運搬するための作業に必要となる管理データ（人工、被ばく線量、収納容器個数）の計算。容器の種類として200Lドラム缶、鋼製容器（1m³容器、3m³容器）、遮へい容器があり、これらに対してそれぞれ単位作業係数を用意する。搬入時には無視したフレキシブルコンテナや非放射性廃棄物の搬出についても考慮することとし、以下の6つの単位作業係数を用意する。

- ・廃棄物の搬出（ドラム缶）
- ・廃棄物の搬出（鋼製容器）
- ・廃棄物の搬出（遮へい容器）
- ・廃棄物の搬出（フレコン）
- ・廃棄物の搬出（付随廃棄物）
- ・廃棄物の搬出（非放射性）

番号：5050

単位作業名称：*解体用機器類搬出 (*CLNMCHN.GEN)

分類：準備／解体用機器類の搬出／在来工法／遠隔解体

目的：切断機、除染装置等比較的大型の機器解体用具、工事用電源等を撤去する作業に必要となる管理データ（人工数、被ばく線量、作業時間）の計算。標準的な搬出人工数を定数としていくつか指定しておきユーザーがその中から適切な値（レベル値）を選択する。デフォルトとして代表的な搬出人工数を設定してある。

番号 : 5060

単位作業名称 : *片づけ整理 (*CLNUP.GEN)

分類 : 後処理／片付け・整理／在来工法／遠隔解体

目的 : 機器の解体作業終了後、作業領域の整理・片付け、放射線サーベイ等に必要となる管理データ（人工数、被ばく線量、作業時間）の計算。標準的な人工数をいくつか準備しておき、ユーザーがその中から適切な値（レベル値）を選択する。デフォルトとして代表的な作業人工数を設定している。

.....後処理（遠隔工法）.....

番号 : 5110

単位作業名称 : *水抜き除染 (*CLNDECON.GEN)

分類 : 後処理／水抜き・除染／遠隔解体

目的 : 原子炉圧力容器又は燃料プール内の解体作業の終了後、水を抜いて表面を除染する作業に必要となる管理データ（人工数、被ばく線量、作業時間）の計算。除染面積に基づき評価する。

番号 : 5120

単位作業名称 : *水封用円筒撤去 (*CLNWATER.GEN)

分類 : 後処理／水封用円筒の撤去／遠隔解体

目的 : アークソーによる原子炉圧力容器解体時に用いた水封円筒を撤去する作業に必要となる管理データ（人工数、被ばく線量、作業時間）の計算。JPDRにおける実績データが設定されている。

番号 : 5130

単位作業名称 : *付属装置撤去 (*CLNATTACH.GEN)

分類 : 後処理／付属装置の撤去／遠隔解体

目的 : 原子炉圧力容器解体作業時に用いた付属装置等を撤去する作業に必要となる管理データ（人工数、被ばく線量、作業時間）の計算。標準的な装置撤去人工数は、遠隔工法毎に予め定数として指定しておき、ユーザーがその中から適切な値（レベル値）を選択する。JPDRにおける実績データが設定されている。

番号 : 5140

単位作業名称 : *スラッジ固化 (*CLNSLAG.GEN)

分類 : 後処理／スラッジ固化処理／遠隔解体

目的 : 生体遮へい体解体作業で発生したスラッジを固化処理する作業に必要となる管理データ（人工数、被ばく線量、作業時間）の計算。研磨材とモルタル等を含めた重量に基づき評価する。

番号 : 5150

単位作業名称 : *切断装置撤去 (*CLNSET.GEN)

分類 : 準備／切断装置の撤去／遠隔解体

目的 : 炉内構造物、原子炉圧力容器、生体遮へいなどの放射化した機器・構造物の解体に使用した装置と付属設備を撤去する作業に必要となる管理データ（人工数、被ばく線量、作業時間、廃棄物量）の計算。標準的な装置撤去人工数は、遠隔工法毎に予め定数として指定しておき、ユーザーがその中から適切な値（レベル値）を選択する。JPDRにおける実績データが設定されている。

This is a blank page.

国際単位系(SI)と換算表

表1 SI基本単位および補助単位

量	名称	記号
長さ	メートル	m
質量	キログラム	kg
時間	秒	s
電流	アンペア	A
熱力学温度	ケルビン	K
物質量	モル	mol
光强度	カンデラ	cd
平面角	ラジアン	rad
立体角	ステラジアン	sr

表3 固有の名称をもつSI組立単位

量	名称	記号	他のSI単位による表現
周波数	ヘルツ	Hz	s ⁻¹
压力、応力	ニュートン	N	m·kg/s ²
エネルギー、仕事、熱量	パスカル	Pa	N/m ²
功率、放射束	ジュール	J	N·m
電気量、電荷	ワット	W	J/s
電位、電圧、起電力	クロトン	C	A·s
静電容量	ボルト	V	W/A
電気抵抗	アーマー	Ω	V/A
コンダクタンス	ジーメンス	S	A/V
磁束	ウェーバ	Wb	V·s
磁束密度	テスラ	T	Wb/m ²
インダクタンス	ヘンリー	H	Wb/A
セルシウス温度	セルシウス度	°C	
光束度	ルーメン	lm	cd·sr
照度	ルクス	lx	lm/m ²
放射能	ベクレル	Bq	s ⁻¹
吸収線量	グレイ	Gy	J/kg
線量等量	シーベルト	Sv	J/kg

表2 SIと併用される単位

名称	記号
分、時、日	min, h, d
度、分、秒	°, ', "
リットル	L
トン	t
電子ボルト	eV
原子質量単位	u

$$1 \text{ eV} = 1.60218 \times 10^{-19} \text{ J}$$

$$1 \text{ u} = 1.66054 \times 10^{-27} \text{ kg}$$

表5 SI接頭語

倍数	接頭語	記号
10 ¹⁸	エクサ	E
10 ¹⁵	ペタ	P
10 ¹²	テラ	T
10 ⁹	ギガ	G
10 ⁶	メガ	M
10 ³	キロ	k
10 ²	ヘクト	h
10 ¹	デカ	da
10 ⁻¹	デシ	d
10 ⁻²	センチ	c
10 ⁻³	ミリ	m
10 ⁻⁶	マイクロ	μ
10 ⁻⁹	ナノ	n
10 ⁻¹²	ピコ	p
10 ⁻¹⁵	フェムト	f
10 ⁻¹⁸	アト	a

(注)

- 表1～5は「国際単位系」第5版、国際度量衡局1985年刊行による。ただし、1eVおよび1uの値はCODATAの1986年推奨値によった。
- 表4には海里、ノット、アール、ヘクタールも含まれているが日常の単位なのでここでは省略した。
- barは、JISでは流体の圧力を表わす場合に限り表2のカテゴリーに分類されている。
- EC関係理事会指令ではbar、barnおよび「血圧の単位」mmHgを表2のカテゴリーに入れている。

換算表

力	N(=10 ⁵ dyn)	kgf	lbf
1	0.101972	0.224809	
9.80665	1	2.20462	
4.44822	0.453592	1	

$$\text{粘度 } 1 \text{ Pa}\cdot\text{s}(\text{N}\cdot\text{s}/\text{m}^2) = 10 \text{ P(ボアズ)}(\text{g}/(\text{cm}\cdot\text{s}))$$

$$\text{動粘度 } 1 \text{ m}^2/\text{s} = 10^3 \text{ St(ストークス)}(\text{cm}^2/\text{s})$$

圧力	MPa(=10bar)	kgf/cm ²	atm	mmHg(Torr)	lbf/in ² (psi)
力	1	10.1972	9.86923	7.50062 × 10 ³	145.038
	0.0980665	1	0.967841	735.559	14.2233
	0.101325	1.03323	1	760	14.6959
	1.33322 × 10 ⁻¹	1.35951 × 10 ⁻³	1.31579 × 10 ⁻³	1	1.93368 × 10 ⁻²
	6.89476 × 10 ⁻³	7.03070 × 10 ⁻²	6.80460 × 10 ⁻²	51.7149	1

エネルギー・仕事・熱量	J(=10 ⁷ erg)	kgf·m	kW·h	cal(計量法)	Btu	ft·lbf	eV	1 cal = 4.18605 J (計量法)	
								= 4.184 J (熱化学)	= 4.1855 J (15°C)
1	0.101972	2.77778 × 10 ⁻⁷	0.238889	9.47813 × 10 ⁻¹	0.737562	6.24150 × 10 ¹⁸			
9.80665	1	2.72407 × 10 ⁻⁶	2.34270	9.29487 × 10 ⁻³	7.23301	6.12082 × 10 ¹⁹			
3.6 × 10 ⁶	3.67098 × 10 ⁵	1	8.59999 × 10 ⁵	3412.13	2.65522 × 10 ⁶	2.24694 × 10 ²⁵			
4.18605	0.426858	1.16279 × 10 ⁻⁶	1	3.96759 × 10 ⁻³	3.08747	2.61272 × 10 ¹⁹			
1055.06	107.586	2.93072 × 10 ⁻⁴	252.042	1	778.172	6.58515 × 10 ²¹			
1.35582	0.138255	3.76616 × 10 ⁻⁷	0.323890	1.28506 × 10 ⁻³	1	8.46233 × 10 ¹⁸			
1.60218 × 10 ⁻¹⁹	1.63377 × 10 ⁻²⁰	4.45050 × 10 ⁻²⁶	3.82743 × 10 ⁻²⁰	1.51857 × 10 ⁻²²	1.18171 × 10 ⁻¹⁹	1			

放射能	Bq	Ci	吸収線量	Gy	rad	1	
						100	
	1	2.70270 × 10 ⁻¹¹		0.01	1		
	3.7 × 10 ¹⁰	1					

照射線量	C/kg	R	線量当量	Sv	rem
	1	3876			
	2.58 × 10 ⁻⁴	1			

(86年12月26日現在)

原子力施設の解体作業に関する管理データ計算モデルの開発（受託研究）