

論 説

アメリカ・エネルギー省における WASTLCC による
ライフサイクル・コスト

竹 森 一 正

目 次

- 1 アメリカ・エネルギー省 TSLCC の意義
- 2 TSLCC における WASTLCC の意義
- 3 WASTLCC の対象としての放射性廃棄物
- 4 WASTLCC とライフサイクル・コストの再検討

1 アメリカ・エネルギー省 TSLCC の意義

アメリカ・エネルギー省は、1982年に制定された「核廃棄物政策法」(Nuclear Waste Policy Act) および 1987年の同修正法(略称 NWPA)により、全米に蓄積されている民間原子力発電所の使用済核燃料をネバダ州内に埋設処分することを決定した¹⁾。これは、原子力発電所において燃焼された核燃料(主としてウラン燃料)をどのような形態によりどこに処分するかというバックエンド問題に関するアメリカ国家の意志表示となった。同法によってアメリカでのバックエンドは、再処理をしない使用済核燃料を直接処分方式により人口過疎地帯の山中に埋設処分することが明らかとなった。

所管部局として、民間放射性廃棄物管理局(Office of Civil Radioactive Waste Management)が設立された。この局の局長人事は、大統領により行うという国家的重要さの位置付けが行われた。同局の任務は、ヤッカ山地下における監理型地層処分場の建設、全米からの使用済核燃料および放射性廃棄物の輸送と搬入、軌道内トンネルにおける所定の箇所への移動・据付と永久保管である。同エネルギー省は、2001年に当プロジェクト全体のコストに関する部分についての報告書『民間放射性廃棄物管理プログラムの総合的ライフサイクル・コスト・システムの分析』(Analysis of the Total System of Life Cycle Costs of the Civilian Radioactive Waste Management Program, DOE RW-0533)を公表した²⁾。

1) 本埋設処分地は、ネバダ州ナイ郡の標高 3,658m および南北方向に長さ 9.7km のヤッカ山(Yucca Mountain, Nye County, NV)であり、である。同山は、死火山とされている。同山の東側は、米軍のネバダ原爆実験場(Nevada Test Site)に隣接しており、同山の上空南北 250km および東西 200km は、米空軍ネリス基地管制空域となっている。同山の西側は、カリフォルニア州の通称デスバレーであり、処分場自体と周囲の地域がアメリカ本土の中で極端な人口過疎地であることから、他の候補地より処分場として適地とされたことが伺える。ただし、ネバダ州政府は、連邦政府とはまったく異なる見解を示している。

2) TSLCC および WASTLCC の両報告書は、全体的に「民間(Civil)放射性廃棄物(CRW)」の用語を用いている。しかし、一部では「商業用(Commercial)使用済核燃料(CSNF)」という表現も行われている。

本報告書によれば、このプロジェクトは YMP (Yucca Mountain Project, ヤッカ山プロジェクト) と称され、第 1 表のように 6 段階および 6 ライフサイクル・コストよりなっており、これらの総合概念が「総合的ライフサイクル・コスト」(Total System Life Cycle Cost, 以下 TSLCC とする) である。

第 1 表 ヤッカ山プロジェクトのライフサイクル段階および TSLCC

第 1 段階	設計・環境アセスメント	9,607 百万ドル
第 2 段階	許認可	2,143 百万ドル
第 3 段階	処分場建設	5,480 百万ドル
第 4 段階	受入・据付	28,610 百万ドル
第 5 段階	構内監視	7,610 百万ドル
第 6 段階	閉構・業務終了	3,860 百万ドル
合 計		57,520 百万ドル

出所) The United States Department of Energy.2001. *Analysis of the Total System of Life Cycle Cost of the Civilian Radioactive Waste Management Program*, DOE RW-0533, p.A1-A2.

2 TSLCC における WASTLCC の意義

第 1 表に示すように第 4 段階は 28,610 百万ドルであり、TSLCC の 50% を占め、YMP の最大のライフサイクル・コストとなっている。ここでは、多くの民間契約業者が作業を担当し、実施すべき作業は多岐にわたっている。エネルギー省は、同上報告書とは別に、2000 年に、第 4 段階のみを独立したライフサイクル段階とする「放射性廃棄物の輸送、受入れおよび貯蔵のライフサイクル・コスト³⁾」(Waste Acceptance, Storage and Transportation Life Cycle Cost, 以下 WASTLCC とする) に関する報告書『放射性廃棄物の輸送、受入れおよび貯蔵のライフサイクル・コストに関する民間放射性廃棄物管理システム管理契約業者に関する 2000 年報告書』(*Civilian Radioactive Waste Management System Managing Contractor : Waste Acceptance, Storage and Transportation Life Cycle Cost 2000 Report*) を公表した。

同報告書によれば、TSLCC の第 4 段階は、5 段階のライフサイクル・コストよりなっており、これらの総合概念が WASTLCC である。段階の名称とライフサイクル・コスト額は第 2 表のとおりである。第 1 段階の貯蔵は 212 百万ドル、第 2 段階の多目的キャニスターの開発

両語は、内容的には同じであるが、当論攻においては筆者による用語統一をせず、原文表記に従い、「民間」と「商業用」をそれぞれ記述している。

3) WASTLCC は、Waste Acceptance, Storage and Transportation Life Cycle Cost であり、「放射性廃棄物の輸送、受入れおよび貯蔵のライフサイクル・コスト」を訳語としている。また WASTLCC は、当論攻の題目の一部でもあるから原資料に忠実であることが求められる。しかし、TSLCC の第 4 段階での放射性廃棄物のフローは、輸送・受入・貯蔵の順序で行われるのであり、原典の順序は、現実と整合しなくなるので、訳語では記載順序を修正した。

および製造は 39 百万ドル、第 3 段階の鉄道およびトラックによる輸送は 5,580 百万ドル、第 4 段階の使用済燃料およびその他の放射性廃棄物の受入は 100 百万ドル、第 5 段階のすべての予定した搬入が終了した後の構内監視と閉構準備は 27 百万ドル、以上に加えて WASTLCC の各段階において発生する補助金合計は 456 百万ドルであり、WASTLCC の合計は 6,413 百万ドルである。

第 2 表 ヤッカ山プロジェクトの WASTLCC

第 1 段階	貯蔵	212 百万ドル
第 2 段階	多目的キャニスター	39 百万ドル
第 3 段階	輸送	5,580 百万ドル
第 4 段階	放射性廃棄物受入	100 百万ドル
第 5 段階	構内監視	27 百万ドル
	補助金	456 百万ドル
合 計		6,413 百万ドル

出所) The United States Department of Energy.2000. *Civilian Radioactive Waste Management System Managing Contractor : Waste Acceptance, Storage and Transportation Life Cycle Cost 2000 Report*, TDR-WAT-SE-000002 REV, p.v.

WASTLCC とは、ヤッカ山処分場での処分を予定している、①商業用使用済核燃料、②高レベル核廃棄物⁴⁾、③エネルギー省管理の使用済核燃料、の輸送および受入に関するコスト、④貯蔵コストおよび⑤多目的輸送キャニスターの開発製造コスト、を内容とする。WASTLCC のライフサイクル段階は、第 3 表に示すように、すでに経過済となっている第 1 段階は 1983 年から 1999 年まで、第 2 段階の開発と評価は、2000 年から 2005 年まで、第 3 段階の使用済核燃料およびその他の放射性廃棄物の移動と搬入は、2005 年から 2010 年まで、第 4 段階の受入と据付は、2010 年から 2041 年まで、全体が 59 年間となっている。

第 3 表 WASTLCC のライフサイクル段階

WASTLCC 段階	開始年度	終了年度
経過済	1983	1999
開発と評価	2000	2005
移動と搬入	2005	2010
受入と据付	2010	2041

出所) The United States Department of Energy.2000.ibid, p.1.

4) 原文では HLW (High Level Waste, 高レベル放射性廃棄物) であり、主として軍の核廃棄物を指している。しかし、わが国ではこの用語の直訳となる「高レベル放射性廃棄物」は、使用済核燃料を再処理した後に残る放射性廃棄物の総称であるため、混同を避けるために「高レベル核廃棄物」とした。

3 WASTLCC の対象としての放射性廃棄物

ヤッカ山処分場に搬入され、埋設処分される放射性廃棄物は、第 4 表のとおりである。設置された担当部局名 CRWMS に「民間」という業務領域を示す語を冠しているにもかかわらず、搬入される放射性廃棄物は、民間にとどまらず政府機関をも含んでいることが極めて特徴的である。民間分は CSNF (商業用使用済核燃料) が 83,800MTHM である。これに、政府機関分が加わる。政府機関は、軍用と政府研究機関分に大別される。軍用は、キャニスター数量で 21,847 個であり、内訳は、SRS (サバンナ・リバー・サイト) 分 6,055 個、INEEL (アイダホ国立技術及び環境研究所) 分 1,292 個、Hanford (エネルギー省軍用核施設) 分 14,500 個であり、軍関係で生じた放射性廃棄物である。他方、West Valley (ウエスト・バレー・デモンストレーション・プロジェクト) での原子力エネルギー研究のために生じた放射性廃棄物 300 キャニスターとエネルギー省の研究用炉から生じた使用済核燃料 2,500MTHM がある。使用済核燃料を MTHM で表わし、政府機関から搬入される放射性廃棄物をキャニスター個数で現すのは、後者の内容が新型炉の使用済核燃料から軍の核兵器解体や実験研究により生じた多種多様の放射性廃棄物であり、使用済核燃料のように単純に金属ウラントン換算が困難なためのものである。

第 4 表 埋設処分予定の使用済核燃料および放射性廃棄物⁵⁾

搬入物	数量 (MTHM 以外はキャニスター個数)
CSNF (商業用使用済核燃料)	83,800MTHM
軍用高レベル核廃棄物	21,847
内訳 : SRS	6,055
INEEL	1,292
Hanford	14,500
West Valley 高レベル核廃棄物	300
エネルギー省使用済核燃料	2,500MTHM

(収納キャニスター数 4,141, 海軍分 300 を含む)

注 : 以上は 2010 年に搬入が開始され、2040 年に終了する。

出所) The United States Department of Energy.2001.ibid, p.B-5.

5) SRS は、原子力発電所の燃料開発および新型炉の実証研究を行っているサウス・カロライナ州所在の Westinghouse Savannah River Site Co., である。6,055 キャニスター中の 635 個分には特に PuHLW の注が付されている。INEEL は、原子炉および新型炉の研究を行っているアイダホ州所在の Idaho National Engineering and Environmental Laboratory である。Hanford は、軍の放射性廃棄物全般または化学物質による毒性廃棄物の保管および汚染土壌・汚染水の保管を行っているワシントン州所在の施設である。West Valley は、放射性廃液の処理の研究を行っているオハイオ州所在の West Valley Demonstration Project である。本表は、表 B-2 「WAST の 1998, 1999 および 2000 年の前提の比較」 (Table B-2, "Comparison of 1998,1999, and 2000 WAST Assumptions," United States Department of Energy, *Civilian Radioactive Waste Management System Management & Operating Contractor : 2000 Waste Acceptance, Storage and Transportation Life Cycle Cost Report*, TDR-WAT-SE-000002 REV 00, September 2000, p.B-1) より 2000 年分の「受入数量」の部の記述内容である。

以上が、全米から鉄道便またはトラック便によりヤッカ山処分場へ輸送されてくる。鉄道輸送は、通常の貨物列車であり、1 貨車 1 キャニスターを積載して時速 10 マイルで走行する。ネバダ州内では、ヤッカ山までの特設の支線に入り待機用の地上操車場に到着する。トラック便は 1 日当り 960 マイルを最大走行距離として全米から高速道路経由でヤッカ山の地上操車場まで輸送する。鉄道便およびトラック便ともに、キャニスターを積載した処分場内走行用の電気機関車牽引の構内列車は、地上操車場から構内据付用の浅地下操車場に移動され、所定の据付位置に搬送され処分用の所定場所に設置される。キャニスターを積載して、据付場所へ移動する。

輸送に用いるキャスクは、第 5 表のとおりである。キャニスターに収納しない使用済核燃料はキャスク 5,645 個分、二重目的キャニスターに収納する使用済核燃料はキャスク 3,583 個分、トラック便によるキャスクは 1,039 個分、高レベル核廃棄物のキャスクは 4,430 個分、エネルギー省の使用済核燃料のキャスクは 783 個分である。

第 5 表 輸送用キャスク

輸送内容	数量 (キャスク数量)
キャニスター非収納核燃料	5,645
二重目的キャニスター収納核燃料	3,583
トラック	1,039
高レベル核廃棄物	4,430
エネルギー省使用済核燃料	783
合 計	15,481

出所) The United States Department of Energy.2001.ibid, p.B-6.

処分場に据付けられるパッケージは、第 6 表のとおり 7 種類ある。商業用使用済核燃料用には PWR と BWR との区別および大型と小型の区別で計 4 種類のパッケージがある。大型 PWR 用のパッケージは 5,800 個、大型 BWR 用のパッケージは 3,732 個、小型 PWR 用のパッケージは 293 個、小型 BWR 用のパッケージは 94 個である。

この他に商業用使用済核燃料以外の 3 種類のパッケージがあり、IPWF を含む高レベル核廃棄物用のパッケージは 906 個、エネルギー省使用済核燃料を混載する他の高レベル核廃棄物用のパッケージは 3,643 個、海軍の使用済核燃料用のパッケージは 300 個である。

第 6 表 放射性廃棄物パッケージ

形状・種類	数量 (パッケージ数量)
大型 PWR 用パッケージ	5,800
大型 BWR 用パッケージ	3,732

小型 PWR 用パッケージ	293
小型 BWR 用パッケージ	94
高レベル核廃棄物	906 (IPWF を含む)
高レベル核廃棄物	3,643 (エネルギー省使用済核燃料混載分を含む)
海軍使用済核燃料	300
合 計	14,768

出所) The United States Department of Energy.2001.ibid, p.B-6.)

これらは、第 7 表のように 2010 年から順次ヤッカ山中に埋設処分される。2010 年に最初の 400 パッケージ、2011 年に 600 パッケージ、2012 年に 1,200 パッケージ、2013 年に 2,000 パッケージ、2014 年に 3,000 パッケージとペースを整えた後、2015 年から 2039 年までの 25 年間に毎年 3,000 パッケージ、2040 年に最後の 1,600 パッケージ、計 83,000 パッケージが搬入され、本ライフサイクル段階は終了する。

第 7 表 年次別搬入パッケージ数

年	数量 (パッケージ数量)
2010	400
2011	600
2012	1,200
2013	2,000
2014	3,000
2015-39	3,000
2040	1,600
合 計	83,800

出所) The United States Department of Energy.2000.ibid, p.3.

4 WASTLCC とライフサイクル・コストの再検討

(1) ライフサイクル・コストの多様性

以上、WASTLCC をアメリカ・エネルギー省の報告書を基に検討した。その結果、Fabrytky=Blanchard によって啓蒙普及された、製造・使用または研究開発・設計・製造・使用・廃棄というライフサイクル一巡が、ここでは、まったく考慮されることなく独自といってもよい定義の下でライフサイクル・コストが使用されている。ここでは、従来、工業製品の一生に対して考察してきたライフサイクル・コストを 1 つのプロジェクトの開始から終了まで、またはその中の一部分の開始から終了までを独立した業務範囲ととらえてその開始から終了までのコストをライフサイクル・コストとしている。ここでは、YMP という巨大土木工事とその後の放射性廃棄物の処分の開始から終了までのコストをライフサイクル・コストととらえている。

考察対象とする経済実体が連続多量生産の工業製品と巨大土木工事のハードウェアと運用ではまったく異なるのであり、ライフサイクル・コストを資料の表題に掲げていることを根拠として同じに扱うのは、管理会計思想の観点から検討を要することである。

(2) アメリカ・エネルギー省のライフサイクル・コストの独自性

YMP のコスト一巡をライフサイクル・コストとすることはアメリカ・エネルギー省の資料から明からであるが、ライフサイクルの終了がどの時点なのかは不明であることに注意する必要がある。エネルギー省資料では 2041 年に閉構とされているが、その後はまったく維持管理が不要であるかは明らかではない。現に、TSLCC においては、構内に据付られ処分された放射性廃棄物を将来、構内機関車により回収する場合の対策について述べている部分がある。これは構内閉鎖の後にもコストは発生する可能性を認めていることになる。その場合、ライフサイクルは 2041 年から更に伸びて無限遠に近くなる。工業製品を前提としたライフサイクル・コストでこのような思考は不要であるが、政府が行う土木工事では多々みられるところである。

(3) ライフサイクル・コストの割引キャッシュ・フロー計算の課題

Fabrycky=Blanchard や岡野憲治教授 (松山大学) 等の学説では、ライフサイクル・コストは将来キャッシュ・フローの計算であるから、割引キャッシュ・フロー計算すべきことが言われている。しかし、TSLCC も WASTLCC も将来コストの計算は、デフレーターによる平価であり、資本コストによる割引キャッシュ・フローではない。将来キャッシュ・フローを資本コストにより割引くことは投資意思決定の基本であるといわれているにもかかわらず、2041 年時点 (2007 年から 34 年後) でのキャッシュ・フロー計算を必要とすべき TSLCC も WASTLCC も共に割引キャッシュ・フローによらないことは興味深いことである。YMP が政府機関のプロジェクトであるということ、有害度が半永久的に持続する放射性廃棄物が対象であるということから考えると、新たな管理会計の観点また公会計の対場からの検討も必要となる。

参考文献

- 岡野憲治『ライフサイクルコストテイング』同文館、2004 年。
竹森一正『ライフサイクル・コストマネジメントの理論と応用』創成社、2005 年。
The United States Department of Energy. 2001. *Civilian Radioactive Waste Management System Management & Operating Contractor : 2000 Waste Acceptance, Storage and Transportation Life Cycle Cost Report*, TDR-WAT-SE-000002 REV 00, September 2000.
The United States Department of Energy. 2000. *Civilian Radioactive Waste Management System Managing Contractor : Waste Acceptance, Storage and Transportation Life Cycle Cost 2000 Report*, TDR-WAT-SE-000002 REV

