

放射性廃棄物処分場の施設設計における ALARA と BAT の在り方 — 英国の規制文書における位置づけ —

中林亮*¹ 杉山大輔*¹ 黒田知真*¹

本稿では、英国の放射性廃棄物管理ならびに放射性廃棄物処分場に適用される ALARA と BAT の考え方を明らかにすべく、規制関連文書を調査した結果を報告する。調査の結果、ALARA の考え方は被ばく線量の低減を評価する指標として BAT の判定プロセスに内包されていることが明らかになった。また、施設の構成要素のオプション選定に BAT の考え方を適用する場合、環境中への排出量や被ばく線量を最小化するよりもむしろ、施設全体を俯瞰して体系的かつバランスのとれたオプションを目指すことが重要と考えていることが明らかになった。放射性廃棄物処分場の施設設計では、長期の不確実性が BAT の重要な指標となり得ることが示されている。

Keywords: 放射性廃棄物処分, 施設設計, ALARA, BAT, BPM, 最適化, 英国

This paper reports the results of a survey of regulatory documents to clarify the concepts of ALARA and BAT in UK radioactive waste management and disposal. The results of this survey indicated that ALARA concept has been included in the BAT decision-making process as an indicator to evaluate the reduction of exposure doses. It also indicated that when applying the BAT concept to the selection of options for facility components, it is important to aim for a systematic and balanced selection of options with a view to the facility as a whole, rather than selecting options that can minimize emissions to the environment and exposure doses. It was also shown that long-term uncertainty can be an important indicator when applying the BAT concept to the selection of facility design options for a radioactive waste disposal.

Keywords: Radioactive waste disposal, facility design, ALARA, BAT, BPM, optimization, UK

1 はじめに

原子力規制委員会は、第二種廃棄物埋設に係る規制基準等の改正作業を進め、2021年10月に第二種廃棄物埋設施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則（以下、許可基準規則という）が施行され、併せてその解釈が示された[1, 2]。許可基準規則の第12条第2項に規定された中深度処分に係る廃棄物埋設地の設計では、廃棄物埋設地の設計プロセス（廃棄物埋設地の設置場所に係る選択肢の設定、人工バリアの設計等に係る選択肢の設定、ならびに設計の選択肢の中からの最終的な設計の選定に係るプロセス）の妥当性を説明することが埋設事業者に求められる[3]。この設計プロセスの要求は「合理的に達成可能な限り低く（As Low As Reasonably Achievable：以下、ALARA という）」と利用可能な最善の技術（Best Available Technique：以下、BAT という）」の考え方に基いている[4]。また、許可基準規則の第13条第1項第1号に規定されたピット処分又はトレンチ処分に係る廃棄物埋設地の設計として、“埋設する放射性廃棄物に含まれる放射性物質の性質及び放射能濃度に応じて、設計時点において合理的かつ利用可能な最善の建設・施工技術によるものであること。”との解釈が示されている。“設計時点において合理的かつ利用可能な最善の建設・施工技術”については具体例や具体的な考え方が記されていないものの、BAT の考え方に基いたものと理解できる。

しかしながら、わが国では放射性廃棄物処分場の施設設計に ALARA や BAT の考え方を反映させた経験が乏しい。他方、スウェーデンや英国をはじめとした諸外国では規制や指針に ALARA や BAT の考え方を取り入れた歴史は長く、

事業者の施設設計にも取り入れられており、わが国でも参考になる事例が多いと考える。

過去に欧米における BAT の概念の整理[5]、近年ではスウェーデンの放射性廃棄物処分の施設設計に対する ALARA と BAT の在り方について、規制当局ならびに事業者の取り組みの調査結果を報告したが[6]、ALARA と BAT の在り方を幅広く考察することは、わが国の施設設計に ALARA と BAT の考え方を合理的に取り入れるためには不可欠と考える。

英国では、低レベル放射性廃棄物の処分場として、イングランド北西部に位置するドリッグ処分場やスコットランド北部に位置するドーンレイ処分場が既に操業している。なお、英国では地方自治政府（イングランド、ウェールズ、スコットランド、北アイルランド）に放射性廃棄物管理の権限が委譲されており、ドリッグ処分場では環境規制機関（Environmental Agency：以下、EA という）が、ドーンレイ処分場ではスコットランド環境保護局（Scottish Environmental Protection Agency：以下、SEPA という）が規制当局として審査している。低レベル放射性廃棄物処分場の規制関連文書では古くから BAT の考え方が取り入れられていることから、英国の低レベル放射性廃棄物処分場の施設設計における規制当局（とくにイングランドおよびウェールズ、スコットランド）ならびに事業者の BAT に対する取り組みに着目して調査を進めた。

本稿では、低レベル放射性廃棄物処分場に対する規制関連文書に加えて、放射性物質の保管や使用、排出、処分といった放射性物質管理全体のプロセスに対する BAT の考え方について調査した結果を報告するとともに、調査結果を踏まえて、わが国の放射性廃棄物処分場の施設設計に対する BAT 概念の在り方について述べる。なお、後述するように、放射性物質管理の規制関連文書は低レベル放射性廃棄物処分場の施設設計に特化したものではないが、各規制当局は BAT の考え方として処分場の施設設計を実施するうえで参考にすべきとしている。

ALARA and BAT concept of the design of radioactive waste dis - by Ryo NAKABAYASHI (r-naka@criepi.denken.or.jp) Daisuke SUGIYAMA, and Kazuma KURODA

*1 一般財団法人電力中央研究所 サステナブルシステム研究本部 生物・環境化学研究部門

Biology and Environmental Chemistry Division, Sustainable System Research Laboratory, Central Research Institute of Electric Power Industry 〒270-1194 千葉県我孫子市我孫子 1646

(Received 4 April 2024; accepted 16 October 2024)

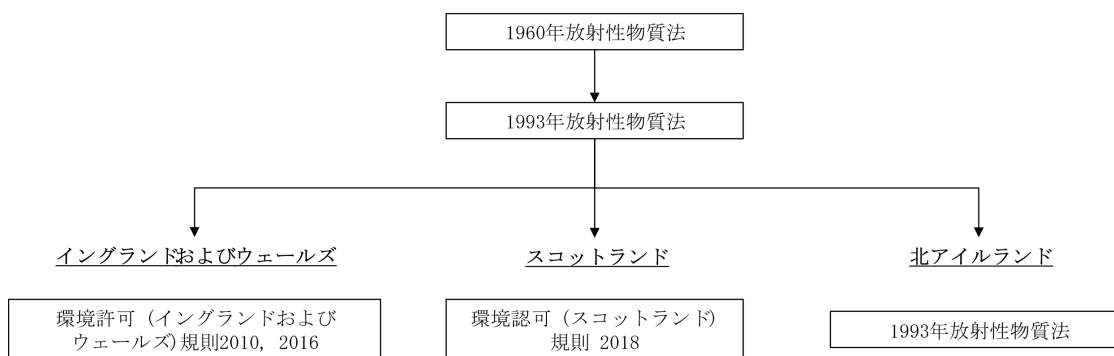


Fig.1 History of legislations on radioactive substance management in the UK

2 放射性物質管理に適用される BAT

2.1 BAT の歴史

英国における放射性物質管理に適用される BAT の概念は、環境防護の観点から提案された「実行可能な最善の手段 (Best Practicable Means : 以下, BPM という)」の概念に由来する。BPM の概念は、1863 年に制定されたアルカリ法 (Alkali Act 1863) に端を発し、1874 年に改正されたアルカリ法 (Alkali Act 1874) にて、大気中に排出される非放射性汚染物質 (硫酸や塩素などガス) の量を削減するために、BPM を講じることを事業者に求めるという原則が導入されたことに始まる[7, 8]。関連する概念として、1976 年に環境汚染に関する王立委員会 (Royal Commission on Environmental Pollution) が提案した「実行可能な最善の環境上の選択 (Best Practicable Environmental Option : 以下, BPEO という)」がある[9]。これは、「土地・大気・水域にわたる環境の防護と保全に重点を置いた、体系的かつ教義的な意思決定プロセスの結果」と定義されている[10]。BPEO と BPM は、前者が「何をすべきか」を特定し、後者が「どのようにすべきか」を特定する、連続したプロセスとして長年適用されてきたが、BPM の概念は常に両方の側面をカバーすることを意図していたとされる[8]。BPEO については評価方法を含め、その詳細が先行研究[5]に記載されているので参照されたい。

Fig.1 に放射性廃棄物管理に関する法令の変遷を示す。放射性廃棄物管理に関する法律としてはじめて制定されたのは、1960 年放射性物質法 (Radioactive Substances Act 1960 : 以下, RSA60 という) である。この法律には、放射性物質の保管や使用、排出、処分を意図する事業に対する事前認可制度が導入された。その後、1993 年に RSA60 および放射性物質に関するその他の法律が統合され、1993 年放射性物質法 (Radioactive Substances Act 1993 : 以下, RSA93 という) が制定された。RSA60 ならびに RSA93 はイングランドおよびウェールズ、スコットランド、北アイルランドに適用され、各規制当局が適切と考える制限や条件に従い、放射性廃棄物処分の認可を与えることを認めているものであるが、BPM には直接言及していない。BPM に関する原則・要件は、同法に基づく認可の一部として取り上げられてきた。つまり、認可に BPM を含めるかどうかは、法律というよりもむしろ政策的な問題であり、BPM に与えられる意味については各規制当局に裁量権があるとされる[7]。

イングランドおよびウェールズでは、RSA93 は 2010 年環境許可規則 (The Environmental Permitting (England and Wales) Regulations 2010 : 以下, EPR10 という) に置き換えられた。EPR10 に関連するガイダンスでは、BPM から BAT に用語が変化した。これは、2009 年の放射性物質排出に関する英国戦略[11]で、イングランドおよびウェールズにおいては、放射性廃棄物の発生量と廃棄量を最小化するために、従来の BPM を採用するという要件に代わって、BAT を採用することを表明したことに起因する。BAT と BPM は本質的に同じ評価プロセスであるとのことである[11]。EPR10 はその後改訂が進み、2016 年環境許可規則 (The Environmental Permitting (England and Wales) Regulations 2016 : 以下, EPR16 という) が施行され現在に至る。この時点で、スコットランドでは RSA93 が法令として維持されていたが、2018 年環境認可規則 (Environmental Authorisations (Scotland) Regulations 2018 : 以下, EASR18 という) に置き換えられた。イングランドおよびウェールズとは異なり、スコットランドでは EASR18 の関連文書において、現在も BPM という用語が用いられている。なお、北アイルランドは現在も RSA93 が法令として維持されている。

2.2 BAT の解釈

本節では、放射性物質管理における主要な政策文書、EPR16, EASR18 に関連する文書を調査し、BAT の解釈について概説する。

2.2.1 英国の政策文書

1995 年の英国白書「放射性廃棄物管理政策レビュー (Cm 2919)」[12]では、BPM の定義と排出削減における役割として以下が示されている。

“BPM とは、特定の廃棄物管理オプションの中で、費用対効果、技術的状況、操業上の安全性、社会的・環境的要因など、より広範な要素を考慮しつつ、環境への放射能排出を可能な限り最小化する管理・工学的管理のレベルのことである。”

また、排出に関する下限値が以下の通り示されている。

“閾値 (最適化のための下限値) が導入される。被ばく線

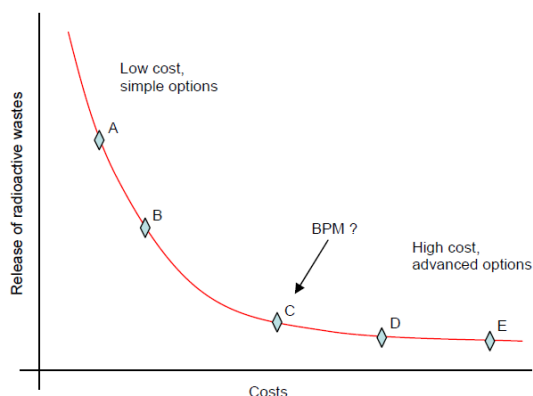


Fig.2 Generalised graphical representation of the performance of a number of waste management options (A-E) where proportionately less reduction in discharges is achieved for increasing costs (where costs include money, time and trouble) [7]

量が0.02 ミリシーベルト/年を下回る場合、規制当局は、事業者が排出を制限するために実行可能な最善の手段を用いていると納得できるのであれば、公衆の被ばく線量のさらなる低減を求めるべきではない。”

上記の閾値に対して、EA や SEPA を含めた規制当局が実施した放射性廃棄物管理における BPM の適用に関するレビュー報告書（以下、レビュー報告書という）[7]では、以下の解釈を示している。

“原則として、規制当局は、BPM が適用されない線量または環境汚染の下限閾値を定義していない。したがって、事業者は、費用対効果、技術的状況、操業上の安全性、社会的・環境的要因などの要素を考慮しつつ、これ以上削減することが賢明でないと判断されるレベルまで、排出量を最小化することが求められる。比例性と呼ばれるこの概念は、BPM を構成するものを評価する際の基本である。規制当局は、事業者が、費用、時間、労力のどれをとっても、結果として得られる利益（例えば、排出量の削減、環境保護、放射線量の低減など）に著しく不釣り合いなコストを費やさないようにすることで、この概念を適用している。”

上述の比例性（proportionality）という概念について、Fig.2 を用いて説明されている[7]。

“BPM 研究とは、「収穫逓減の法則」が適用される点（これ以上排出量を削減するために追加的な費用や時間、労力を費やすのははや妥当ではない）を見つけ出すことである。低コストの単純なオプションは図の左側にプロットされ、高コストの高度なオプションは右側にプロットされる。これらのオプションの場合、コスト（費用、時間、労力）と放射性廃棄物の排出との関係は下降傾向をたどる。排出制限に違反しない限り、図の右端にプロットされ、不必要なコストが発生するオプションを事業者を導入することを規制当局は期待しない。したがって、BPM を表すオプション

は、オプション C の近くにプロットされる。”

レビュー報告書[7]は ALARA と BPM の関係についても、以下のように言及している。

“ALARA が ICRP の最適化原則に由来して線量に関連するのに対し、BPM は放射性廃棄物管理の最適化に適用される。”

“BPM を検討する際には通常、放射線防護に関連する要素以外の要素を含む。このことの重要な実質的意味は、規制上、排出を検討する際に BPM と ALARA を別々に検討する必要がないということである。”

2.2.2 EPR16 と関連する規制文書（イングランドおよびウェールズ）

EPR16 は、イングランドおよびウェールズに対して適用される法令であり、EPR16 の第 3 部には基本安全基準指令（1996 年 Euratom 指令）が組み込まれており、第 3 部 1 条にて、規制当局に対して放射線防護の最適化の考え方を行使するよう求めている。

“・放射性廃棄物の処分に起因する公衆および住民全体の電離放射線被ばくを、経済的および社会的要因を考慮した上で、合理的に達成可能な限り低く抑えること。
・公衆の一人一人が被ばくした結果生じるすべての線量の合計は、指定された線量限度を超えてはならない。”

上述の記載は EPR10 にも記載されており、EA は EPR10 に基づく放射性物質活動の規制方法に関する指針[13]を公表している。対象は規制当局の担当者であり、技術的評価および判断の標準的枠組みを提供するために作成されたものであるが、事業者に対して BAT を使用することを期待していると明記されている。この文書は 2021 年に「放射性物質規制（RSR）：目的と原則（Radioactive substances regulation（RSR）：objective and principles：以下、ROPs という）」[14]と「RSR 一般開発原則：規制評価（RSR generic developed principles：regulatory assessment：以下、GDPs という）」[15]に置き換えられた。前者は、放射性物質規制の基本的な目的と、審査業務を遂行する際に適用する 10 の規制原則が示されており、後者は、EA が放射性物質活動を行う許可保有者に期待する 8 つの原則が示されている。

ROPs に示された 10 の原則のうち、BAT に関連する原則は、「原則 2：最適化」と「原則 8：BAT」である。「原則 2：最適化」の説明では、

“最適化は、限られたリソースに対して競合する主張があり、完全にリスクがないものはないことを認識して、全体像の一部と見なす必要がある。最適化には、例えば、さまざまな機器、操作技術、廃棄物処理方法など、代替案から選択することが含まれる。最適化プロセスによって特定されたオプションは、利用可能な最善の技術（BAT）と見なすことができる（原則 8 を参照）。特定されたオプションは低

レベルの放射線リスクを提供するが、リスクが最も低いオプションであるとは限らない。”

と記載されている。また、「原則 8 : BAT」では以下のように記載されている。

“事業者は放射性廃棄物の管理に BAT を使用する必要がある。

規制当局は、規制上の決定の基礎となる原則の 1 つとして BAT の使用を挙げる。これは空気中および液体放射性物質の排出に関する政府の法定ガイダンスに従っている。法的ガイダンスには、BAT が次の目的で使用されることを確認する必要があると記載されている。

- ・放射性廃棄物や排出物の不必要な生成を防止する。
- ・生成される放射性廃棄物の量と放射能を最小限に抑える。
- ・人や環境に対する排出物の影響を最小限に抑える。

我々は、このアプローチを一般原則として、規制するすべての放射性廃棄物の蓄積と処分に適用した。

BAT とは、廃棄物のヒエラルキーを十分に考慮した、代替オプションの体系的かつバランスの取れた調査の結果である。これが最適化プロセスである (原則 2 を参照)。

BAT は、公衆の電離放射線への被ばくを ALARA に保ち、環境を保護するために、事業者が環境への放射性廃棄物の処分を管理する方法である。

BAT の「技術」には、施設的设计、建設、保守、操業、解体、現場修復における技術と方法の両方が含まれる。

活動が BAT を使用して実施されていることを確認するためにさまざまな技術や手段がある。BAT を構成するものは、活動の存続期間中に変化する。これは、次の変更の結果である可能性がある。

- ・実施された活動の性質または規模
- ・利用可能な技術
- ・活動を取り巻く外部環境

事業者は定期的に活動を見直し、常に BAT を使用していることを確認する必要がある。”

2.2.3 EASR18 と関連する規制文書 (スコットランド)

EASR18 は、スコットランドに対して適用される法令であり、EPR16 と同様に、規制者に対して放射線防護の最適化の考え方を行使するよう求めている。なお、ALARA という用語の代わりに、最適化という用語が用いられるようになった。EASR18 では最適化が以下のように定義されている。

“個人の被ばく線量の大きさ、被ばくの可能性、および被ばくを受ける人数を、現状の技術的知見や経済的および社会的要因を考慮したうえで、合理的に達成可能な限り低く保つこと。”

上述の公衆の被ばくを最適化するという要件を満たすために、SEPA は、放射性物質活動を行う事業者に対して BPM に関するガイダンスを発行している[16]。ガイダンスでは関連する 3 つの BPM 要件の枠組みを課している。

1. BPM を使用して、放射性廃棄物の発生量と放射能を最小化する。
2. BPM を使用して、環境に排出される放射性廃棄物の総放射能を最小化する。
3. BPM を使用して、放射性物質の排出が環境や公衆に及ぼす放射線学的影響を最小限に抑える。”

上述の BPM の 3 つの要件を総合して放射線被ばくを最適化するためには、放射性廃棄物管理に対して総合的なアプローチをとることが必要であり、状況によっては、1 つの BPM 要件を満たすオプションを選択することが、他の BPM 要件の 1 つに反する可能性があることを認識する必要があるとしている。例えば、管理が難しい液体廃棄物の発生が少ないオプションを選択することで、放射性廃棄物の発生量を最小限に抑えることができる可能性がある。他方、別のオプションを選択した場合、放射性廃棄物の発生量は増えるが、将来的な処理が容易になり、環境に排出される放射線量が少なくなる可能性がある。

BPM の定義については以下のように記載している。

“実行可能な最善の手段 (Best Practicable Means) は、コマンド 2919 (放射性廃棄物管理政策の見直し : 最終結論) で取り上げられたが、環境への放射線の排出に関してのみ定義された。上記に明記したように、SEPA は、公衆への電離放射線被ばくを最適化するという広い文脈で 3 つの BPM 要件を使用しているため、BPM は環境への放射線排出の最小化にのみ適用されることに限定されない。このことを念頭に置いて、SEPA は BPM をさまざまな目的に適用できるように、また、利用可能な最善の技術 (BAT) のさまざまな定義と一致する形で再定義した。”

“放射性物質使用者が BPM を使用していることを証明するために経るプロセスは、放射線防護の枠組みで使用される「最適化」の概念に相当するというのが SEPA の見解である。”

以下に、BPM の構成語についても言及している。

“「Best」とは、特定の目的を達成するための最も効果的な技術や方法を意味する。

「Practicable」とは、検討中の「Means」が、最近試行され

Table 1 Generic developed principles on regulatory assessment for radioactive substances activities [15]

原則	内容
環境に対する管理とリーダーシップ: 一般開発原則 (MLDP)	事業者が事業を管理し、事業が放射性物質の使用による人々や環境への影響を最小限に抑えるためにそのリーダーシップを発揮することをどのように期待しているかについて説明している。
放射性物質管理: 一般開発原則 (RSMDP)	事業者が作成、管理、処分する廃棄物を含む、使用する放射性物質をどのように管理すべきかを一般的な用語で説明している。
人と環境の放射線防護 : 一般開発原則 (RPDP)	人々と環境を放射能から守るために企業を規制する方法の基礎となる基本原則について説明している。
サイトの評価: 一般開発原則 (SEDP)	事業者が新規事業の拠点を選定する際や既存事業の拡大を検討する際に考慮すべき環境問題について説明している。
工学技術: 一般開発原則 (ENDP)	事業者がプラントの設計と運用時に使用することが期待される標準について説明している。
緊急事態への備えと対応 : 一般開発原則 (EPRDP)	緊急事態への備えと対応について、規制、協議、助言の役割を支援するための原則について説明している。
廃止措置: 一般開発原則 (DEDP)	処分される放射性廃棄物の量を最小限に抑えるために、事業者によるプラントの廃止措置の提案を評価するために使用する原則について説明している。
汚染された土地と地下水 : 一般開発原則 (CLDP)	土地と地下水の汚染を最小限に抑えるために事業者がどのように行動すべきか、また、汚染された土地開発主体が存在する場合にはこれを浄化する方法について説明している。

成功した同等のプロセス、施設、操業方法を含む技術的な実行可能性を考慮し、社会的・経済的なコストと便益を考慮した最適化プロセスを経てのみ選択されるべきであることを意味する。

「Means」とは、技術、処分の選択肢、施設的设计、建設、維持管理、操業および廃止措置、およびより広範な管理体制が含まれる。」

また、放射性廃棄物の処分施設に対する BPM の適用に関しては、以下の通り言及している。

“本ガイダンスに記載された BPM の適用により、環境中に排出される放射性廃棄物を最小限に抑えることができる。この結果、固体廃棄物処分施設に送られる放射性廃棄物の量が最大限になる。”

“固体廃棄物処分施設には、とくに環境への放射性物質の排出を最小限に抑えるために BPM を使用するという要件を含め、依然として BPM 要件が適用される。SEPA は固体廃棄物処分施設を「環境」とはみなしていないため、この BPM 要件の適用により、固体廃棄物処分施設に送られる放射性廃棄物の総放射能を最小限に抑える必要はない。”

廃棄物ヒエラルキーの考え方では、放射性廃棄物の発生量の削減、クリアランス、再利用が優先され、発生が避けられない放射性廃棄物が最終的に処分されることになる。上述した SEPA の BPM 要件の 1 つ目でも、放射性廃棄物の発生を最小限に抑えることが求められている。しかしながら、クリアランス、再利用などを実施してもなお、放射性

廃棄物の発生が不可避の場合、公衆への被ばくを最小限に抑える最善の方法は、放射性廃棄物から放出される放射線に公衆が曝されないようにすることである。SEPA によれば、これは環境中に放射性廃棄物を排出することではなく、廃棄物を閉じ込めることを意味しており、この行為が放射性廃棄物処分施設への搬入を意味している (BPM 要件の 2 つ目である“環境中に排出される放射性廃棄物の総放射能を最小化する”に該当する)。つまり、放射性廃棄物の処分施設に対する BPM の適用で言及された“環境中に排出される放射性廃棄物を最小限に抑える”という文章の放射性廃棄物は「クリアランス、再利用などを実施してもなお、発生が不可避な放射性廃棄物」を意味していると解釈できる。結果的に、発生が不可避な放射性廃棄物は、すべて放射性廃棄物の処分施設に搬入されるため、“固体廃棄物処分施設に送られる放射性廃棄物の量が最大限になる。”ということである。

また、“固体廃棄物処分施設を「環境」とはみなしていないため、この BPM 要件の適用により、固体廃棄物処分施設に送られる放射性廃棄物の総放射能を最小限に抑える必要はない。”との記載は、発生が不可避な放射性廃棄物の量ならびに放射能を過度に制限するようなことは求めていないと解釈できる。

2.3 BAT の評価方法

GDPs[15]には、放射性物質活動の規制評価に関する 8 つの原則が示されている (Table 1)。これらのうち、BAT を適用するうえで関連する主な説明事項を抜粋して Table 2 に示す。このうち、「RSMDP4: BAT を特定する方法」に関するガイダンス「RSR: Principles of optimisation in the

Table 2 Key principles for applying BAT within the GDPs [15]

原則	内容
RPDP1：防護の最適化	経済的・社会的要因を考慮した上で、公衆および集団全体の電離放射線被ばくを合理的に達成可能な限り低く保たなければならない (ALARA)。ALARA の遵守は、BAT の適用によって達成されるべきであり、BAT を判定する際には ALARA に関連する側面を含む必要がある。
RSMDP3：廃棄物を最小化するための BAT	放射性廃棄物の生成を確実に防止し、それが実行不可能な場合には、放射能と量に関して最小化するために、利用可能な最善の技術が使用されるべきである。放射性廃棄物の生成を最小限に抑えるための最適化プロセスでは、以下を行うべきである。 ・ 施設の全ライフサイクルにわたって廃棄物の生成を防止、または最小化するように、オプションを選択すべきである。 ・ 新規施設の提案や既存施設に対する変更の提案については、オプション調査を通じて実証されるべきである。 ・ 放射性廃棄物を生成するプロセスは、廃棄物の生成を最小限に抑える機会を特定するために、BAT を定期的に見直すべきである。
RSMDP5：不可逆的な結果をもたらす行動	不可逆的な結果をもたらす放射性物質を用いた活動は、その活動がもたらす潜在的な結果と他の利用可能な選択肢について徹底的かつ詳細に検討した後にのみ実施されるべきである。不可逆的な結果が不用意に発生することを防ぐために、利用可能な最善の技術を用いるべきである。とくに半減期が長く環境中に蓄積する放射性核種については、希釈や拡散よりも、濃縮や封じ込めによる排出の防止と最小化を優先すべきである。
RSMDP6：BAT の適用	放射性物質に関するすべての事項において、「利用可能な最善の技術」とは、活動およびその操作方法の開発における最も効果的かつ先進的な段階を意味する。BAT はあらゆる決定時点の状況に固有であり、そのコストが環境上の便益をはるかに上回る場合には、その選択肢は BAT にはならないことが認識されている。しかし、法的義務が BAT で達成可能な条件よりも厳しい条件や制限を要求する場合には、追加的な措置を適用すべきである。BAT の更なる検討が必要とされない閾値はない。
RSMDP7：環境リスクと影響を最小化するための BAT	放射性廃棄物の管理に関する決定を行う場合、結果として生じる環境リスクと影響を最小化することを確実にするために、利用可能な最善の技術を用いるべきである。
RSMDP10：保管	放射性物質は、その環境リスクと環境影響を最小化し、処分を含むその後の管理を容易にするために、利用可能な最善の技術を用いて保管されるべきである。
RSMDP13：モニタリングと評価	放射性物質、放射性廃棄物の処分、およびそれらが処分される環境の監視と評価には、関連するガイダンスや基準に沿った、利用可能な最善の技術が使用されるべきである。
ENDP10：排出量の定量化	施設は、敷地内の各主要線源から発生する気体および液体の放射性物質の排出を定量化するために、利用可能な最善の技術が用いられるように設計され、装備されるべきである。
ENDP13：外部および内部ハザード	環境保護機能の提供に影響を及ぼす可能性のある外部および内部のハザードを特定し、その影響を回避または低減するために利用可能な最善の技術を用いるべきである。
ENDP14：管理と測定	プラントのパラメータや環境への排出の管理・測定、およびそのような排出の環境への影響の評価には、利用可能な最善の技術が使用されるべきである。
ENDP15：封じ込めシステム	日常的または事故的な条件下で、(液体または気体の) 放射性物質の環境への排出を防止および/または最小化するために、利用可能な最善の技術が使用されるべきである。
ENDP16：換気システム	換気システムの設計には、利用可能な最善の技術を用いるべきである。
ENDP18：必要不可欠なサービス	必要不可欠なサービスの喪失が、人々や環境への放射線の影響につながらないようにするために、利用可能な最善の技術を用いるべきである。
CLDP1：汚染の防止	最善の技術をもって、予防と治療にあたるべきである。

management and disposal of radioactive waste」[17]が EA より発行されている。ガイダンスでは、事業者に対して Fig.3 に示す 5 つのステップを踏むことを期待している。以下に、5 つのステップについてガイダンスから一部を抜粋して説明する。

ステップ1：管理の取り決め

- ・ BAT 評価を実施または見直す時期や頻度についての取り決めを文書化する。

- ・ BAT 評価がどのように実施、見直し、承認されるかについての取り決めを文書化する。

ステップ2：BAT 評価の実施

- ・ 事業者は、短期的および長期的な両方の観点で人と環境全体を最も良く防護するオプションを選択したことを示されなければならない。
- ・ 事業者は、操業や保守などのために提案された技術の選択を通じて、好ましいオプションの環境影響を最適化し

たことを示されなければならない。

ステップ2のBAT評価の際、事業者は以下を追求することが求められる。

- ・ 不必要な廃棄物の排出物の発生を防止する。
- ・ 廃棄物の発生量を最小化する。
- ・ 人および環境に対する排出物の影響を最小化する。
- ・ 事業者は全体として関連する良好事例を用いることを前提とする。

事業者は最適化の観点から利用可能な最善の技術を決定するために、オプション評価を実施しなければならない。一般的に、最適化プロセスではさまざまな段階でオプションが存在するため、全体を通してオプション評価を検討する必要がある。オプション評価に関する重要な点として以下が挙げられる。

- ・ オプション評価の目的は、利用可能な最善の技術を特定するために、より幅広い意思決定プロセスを支援することである。
- ・ オプション評価は、施設の設計、操業、および廃止措置に関連する良好事例の利用により、廃棄物の発生が最小化されているとの前提で実施されるべきである。
- ・ 事業者は、オプションのスクリーニング、分析、オプションの重み付け、および最善のオプションの特定を含む、体系的かつ一貫した方法でオプション評価を実施すべきである。
- ・ オプション評価は、関連するすべての法的、政策的、社会的、経済的因子を考慮する必要がある。
- ・ オプション評価は、関連するすべてのリスク、影響、および不確実性を特定し、考慮する必要がある。

BATであることを実証する上で、事業者は基準、ガイダンス、関連する良好事例の利用を考慮すべきである。これは、サンプリングやモニタリング、管理システム、メンテナンス、記録保持などの事項を含む、操業のあらゆる側面に適用される。一般的に、そのようなガイダンスおよび良好事例の情報源として以下が挙げられる。

- 政府の政策
- 環境庁のガイダンス
- 実施基準
- 規格（国際規格、国内規格、業界規格のいずれでも）
- 会社の基準／手順
- 作業方法、プロセス、および技術

事業者は、規制当局のガイダンスと関連する良好事例を採用し実施することで、オプションの評価と最適化についてのより詳細な検討をすることなく、BATであると主張することも可能だが、ガイダンスと良好事例が当該施設に関して、十分に包括的であることを事業者が証明できる場合に限り受け入れられる。このアプローチは、施設の一部

またはすべてに適用されるものである。

BATを決定するうえで重要な点は、公衆への線量という観点からBATであると推定または仮定できるような低い閾値は存在しないことである。したがって、事業者は、排出物のレベルまたはその影響のみを参照して、自らの施設がBATであると正当化することはできない。何らかの利益または不利益の削減が、例え僅かであっても、追加資源をほとんど、あるいは全く使用せずに達成できるのであれば、それは確保されるべきである。逆に、費用が環境上の便益と著しく不均衡な場合、その技術はBATとして否定される可能性がある。また、特定の事業の収益性の低さは、評価に影響すべきではない。例えば、ある技術が同等の施設または事業においてBATであることが確立されている場合、同等の施設のすべての事業者がその技術を採用することが通常期待される。ただし、以下の理由により、異なる技術が適用される場合がある。

- ・ 特定の地域環境において、費用と便益のバランスが異なる場合。
- ・ 特定の施設の技術的な状況（その施設の寿命や予想される残りの稼働年数など）。
- ・ 安全、社会、経済の考慮に関する地域性の違い。

しかし、事業者が自らの財政状況だけを理由に、基準を下げることやBATの実装を先延ばしすることを求めたとしても、それを認めるのは正しくない。逆に、事業者がより多く支払う余裕があるからといって、規制当局はBAT以上の厳しい基準を課すべきではない。

上記のアプローチは、新規および既存施設の両方に適用されるが、結果は異なる場合がある。一般的に、新規施設の場合は関連する良好事例、およびガイダンスに最低限遵守することが強く期待される。ただし、サイト特有の要因により、追加の対策が必要となる場合がある。既存施設の場合、事業者は施設を関連するガイダンスおよび良好事例と比較し、不足点の重要性を考察し、費用と便益を考慮して改善のための提案を行うべきである。この場合、施設の寿命の考慮など、施設特有の考慮事項により、費用を理由

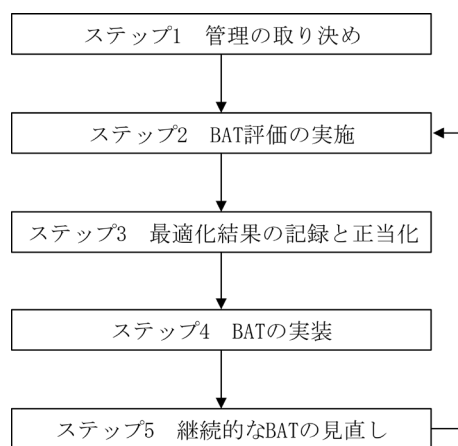


Fig.3 Structure of BAT process

とした結論と異なったものに至る可能性がある。いずれにせよ、既存施設の事業者は、環境上の利点、提案された、または可能性のある改善のタイムスケール、およびその特定のケースにおける費用を考慮し、使用されている技術がBATの使用であることを正当化すべきである。

ステップ3：最適化結果の記録と正当化

- ・プロセスは適切に文書化され、到達した結論の裏付けとなる十分な詳細があること。
- ・到達した結論は、合理的で公平、かつ弁明可能であるなど、整合性がなければならない。

ステップ4：BATの実装

事業者は、BATを構成するプロセス、技術、手順などが常に一貫して適切に実施されていることを確認しなければならない。

ステップ5：継続的なBATの見直し

事業者は、以下に対応してBATの使用を見直すべきである。

- 法律または政策の変更
- 人や環境への影響に関する新しい事実や新しい知識
- 技術開発
- 工程又は作業が変更された場合（例えば、操業から廃止措置まで）。

これらのいずれかが、放射性廃棄物の管理および処分、人と環境への影響、許可条件の遵守に重大な影響を及ぼす可能性がある場合や、事業者がBAT見直しの必要性を特定した場合、事業者はステップ2と3を繰り返すべきである。このとき、事業者は、見直しを施設全体ではなく、変更によって影響を受ける施設の一部に限定することができる。レビューの完了後、事業者はBAT評価の記録を更新し（ステップ3）、必要な社内承認および規制上の承認を得た上で、変更を実施すべきである（ステップ4）。

3 放射性廃棄物処分の施設設計に適用されるBAT

放射性廃棄物処分に適用されるBATもしくはBPMの原則・要件としては、1996年に「低中レベル放射性廃棄物の陸地処分施設：許可要件のための指針（Disposal facilities on land for low and intermediate level radioactive wastes: Guidance on requirements for Authorisation）」[18]に記載された。ここでは「原則3：最適化」と「要件3：BPMの使用」が定められている。要件3では、

“施設から排出される放射能が、公衆の被ばく線量および将来の住民へのリスクを合理的に達成可能な限り低減する（ALARA）ことを保証するために、実行可能な最善の手段を採用しなければならない。”

とされている。また、同要件にBPMの定義として、

“特定の廃棄物管理オプションの中で、BPMとは、費用対効果、技術的状况、操業上の安全性、社会的・環境的要因を含むより広範な要因を考慮しつつ、オプションの放射線影響を可能な限り最小化する管理および工学的管理のレベルをいう。提案の特定の側面がBPMに相当するかどうかを決定する際、各省庁は、費用、時間、労力を問わず、得られると思われる利益に不釣り合いな支出を申請者に要求しない。BPMが適用されていることが証明された場合、線量またはリスクはALARAとみなすことができる。”

とされている。この指針は2009年に「放射性固体廃棄物の陸地における浅地中処分場：許可要件に関する指針（Near-surface disposal facilities on land for solid radioactive wastes: Guidance on Requirements for Authorisation）」[19]に置き換わった。ここでは「原則2：最適化（合理的に達成可能な限り低く）」と「要件8：最適化」は定められているものの、「BPMの使用」という要件は明記されていない。

要件8を説明するパラグラフのうち、BPMと関連すると考えられるパラグラフをTable 3に示す。パラグラフ6.3.58では、以下が記載されている。

“最適化とは、多くの異なる考慮事項のバランスをとりながら、最善の方法を見出すことである。関連する考慮事項には、例えば、経済的・社会的要因、放射線以外のハザードを管理する要件（要件10参照）などがある。放射線リスクの低減は重要であるが、他の考慮事項と比較して過大な重みを与えるべきではない。言い換えれば、最善の方法とは、必ずしも放射線リスクが最も低い方法ではない。”

この記載について、ドーンレイ処分場の事業者 Dounreay Site Restoration Ltd（以下、DSRL社という）のESCにおいて、BPMの概念に取って代わるものであると述べており[20,21]、「最善の方法」がBPMを意味するものと考えられる。加えて、パラグラフ8.8.6では、

“環境機関は、固体放射性廃棄物の処分施設開発において最適化を検討する際に、開発者がBPMとBPEOガイダンスを考慮することを期待する。このガイダンスは主に定常運転中のさまざまな種類の施設を対象としており、放射性廃棄物処分施設の最適化についてはカバーされていない側面がある。第6章では、最適化に関するさらなるガイダンスを示す。”

と言及しており、規制当局は実質的に事業者にBPMを要求していることが伺える。なお、“放射性廃棄物処分施設の最適化についてはカバーされていない側面がある”については、パラグラフ6.3.61および6.3.63にて言及されている。

“このガイダンスは、主に定常運転中のさまざまな種類の施設を対象としている。処分施設の最適化とは、定常運転ではなく、管理期間中および管理期間後の、変化・変遷す

Table 3 Key explanations for applying BAT within the guidance on requirements for authorisation [19]

段落	内容
6.3.58	最適化とは、多くの異なる考慮事項のバランスをとりながら、最善の方法を見出すことである。関連する考慮事項には、例えば、経済的・社会的要因、放射線以外のハザードを管理する要件（要件 10 参照）などがある。放射線リスクの低減は重要であるが、他の考慮事項と比較して過大な重みを与えるべきではない。言い換えれば、最善の方法とは、必ずしも放射線リスクが最も低い方法ではない。
6.3.60	最善の方法を見出すにあたり、開発者／事業者は、大きく異なる選択肢の中から選択を迫られるような場合には、オプション調査を実施すべきである。その結果を私たちに提示し、一般に公開すべきである。この調査は、開発者の意思決定に役立つものである。
6.3.61	過去に、我々は最適化に関するガイダンスを発行した。このガイダンスは、主に定常運転中のさまざまな種類の施設を対象としている。処分施設の最適化とは、定常運転ではなく、管理期間中および管理期間後の、変化・変遷する状態に関するものである。最適化に関するこれまでのガイダンスには、処分施設に関連する内容が多く含まれているが、処分施設に直接適用されるものではない。
6.3.62	設計段階から管理期間終了までの処分施設の開発は、開発者／事業者による一連の決定の連続的な実施とみなすことができる。各決定は施設の最適化に関連する可能性があるため、各決定段階で最適化を検討する必要がある。一旦決定が実行されると、それはさらなる決定とそれに伴う最適化の検討を行うための枠組みの一部を形成する。ある決定がなされたように見えても、その決定が実施されるまでは不確実性が残る。たとえば、ある処分場がある時点で実際に閉鎖されるまでは、その時点で閉鎖されると確信することはできない。管理期間の終了は、開発者／事業者による意思決定の終了である。
6.3.63	処分施設の最適化とは、他のタイプの施設には存在しないか、あるいは同程度には存在しないであろう不確実性が存在する中での最適化である。これらの不確実性には、まだ実施されていない決定や、施設閉鎖後に処分システムがどのように変遷していくかも含まれる。
6.3.64	不確実性が存在する場合の主な最適化の課題は、将来起こりうる状況だけでなく、可能性は低いが起こりうる状況においても、受容可能な状態が実現するようにすることである。受容可能性は、放射線量やリスクの観点から評価することができるが、これらの量を計算しなくても、受容不可能と判断できる場合が多い。我々は、関係する状況を考慮し、放射線やリスクに見合った適切な方法で受容可能性を判断しなければならない。
6.3.65	この主要な最適化の課題が達成されると、最適化は、それぞれの状況に対して最善の方法を見つけるという、より通常の道筋をたどる。この段階では、開発者／事業者は主に起こりそうな状況に焦点を当てるべきである。起こりそうもない状況が、設計、建設、操業に過度の影響を及ぼしてはならない。
6.3.66	我々は、複雑な最適化よりも、単純な最適化アプローチの方を好む。開発者／事業者が、選択肢を比較するために数値的なアプローチを用いる場合、個々のリスクの大きさだけでなく、リスクに曝される集団の規模も関連する問題であることを認識すべきである。そのためには、リスクの分布を注意深く検討する必要がある。全体的な集団実効線量のような鈍感なツールは役に立ちそうにない（さらなる議論については、パラグラフ 6.3.68-69 を参照）。
6.3.67	各決定段階において、開発者／事業者が最適化を適切に検討したことを文書で記録することを期待する。また、環境安全ケースの一部として、開発者／事業者が行った決定とその実施、およびその決定が行われた際に関連した最適化の検討の履歴記録も期待する。
7.3.34	開発者／事業者は、環境セーフティケースにおいて、関連するすべて段階ならびに決定において最適化が適用されていることを実証することが求められる。関連する段階には、廃棄物受入基準の選択、サイトの選定、処分施設の設計、建設、操業、閉鎖、閉鎖後の管理が含まれる（要件 8 を参照）。

る状態に関するものである。最適化に関するこれまでのガイダンスには、処分施設に関連する内容が多く含まれているが、処分施設に直接適用されるものではない。”（パラグラフ 6.3.61）

“処分施設の最適化とは、他のタイプの施設には存在しないか、あるいは同程度には存在しないであろう不確実性が存在する中での最適化である。”（パラグラフ 6.3.63）

また、環境セーフティケースと関連した最適化の言及がパラグラフ 7.3.34 にてなされている。

“開発者／事業者は、環境セーフティケースにおいて、関

連するすべて段階ならびに決定において最適化が適用されていることを実証することが求められる。関連する段階には、廃棄物受入基準の選択、サイトの選定、処分施設の設計、建設、操業、閉鎖、閉鎖後の管理が含まれる（要件 8 を参照）。”（パラグラフ 7.3.34）

以上を俯瞰すると、放射性廃棄物処分場の施設設計においても放射性廃棄物管理の BAT もしくは BPM ガイダンスは有効とされる。ただし、処分場閉鎖後の安全評価期間は長期に亘ることから、不確実性を踏まえた BAT もしくは BPM の判定が必要になることを意味している。また、廃棄物受入基準の選択、サイトの選定、処分施設の設計、建設、操業、閉鎖、閉鎖後の管理に至るあらゆる段階で BAT

もしくはBPMの判定も必要になるだろう。

4 わが国の放射性廃棄物処分場の施設設計にBATの概念を適用するうえでの示唆

本章では、英国の放射性廃棄物管理ならびに放射性廃棄物処分場に対する規制関連文書の調査結果を踏まえて、わが国の放射性廃棄物処分場の施設設計に対するBATの概念の在り方について考察するとともに、BATの評価方法として参考にすべき点について述べる。

4.1 BATの概念の在り方

イングランドおよびウェールズ、スコットランドのいずれにおいても、放射性廃棄物管理に関する事業の認可の一部として、BATもしくはBPMが要件として取り入れられてきた。イングランドおよびウェールズのBATとスコットランドで用いられるBPMは同義として取り扱われている。調査結果を踏まえ、英国における最適化とBATの関係性をFig.4に示す。BATは放射性物質管理のオプションの中で、経済性や技術性等のさまざまな要因を考慮して、環境への放射能排出量を可能な限り低減することができるバランスの取れたオプションのことを意味し、このオプションを選定するプロセスが最適化である。つまり、英国においては、最適化とBATは同等の概念といえる。なお、上述の「オプション」とは、建設や施工等に用いられる技術に限定されず、技術と方法といった広範な意味で捉えられている。また、BATを検討するうえでは、環境への放射能排出量だけでなく、被ばく線量も重要な指標の一つとして取り上げられており、ALARAの概念はBATに内包されていることが英国の特徴と言えよう。線量に加え、コスト（費用・時間・労力）も重要な指標の一つとして取り上げられている。

英国では放射性廃棄物の保管、使用、処理、処分に至るまでの廃棄物ライフサイクルの各段階においてBATを示すことが重要とされており、廃棄物の発生量と放射エネルギーを低減すること、環境中への排出量、被ばく線量を低減することがライフサイクル全体を通して求められる。ただし、「BATとは、廃棄物のヒエラルキーを十分に考慮した、代替オプションの体系的かつバランスの取れた調査の結果」[14]でなければならない。つまり、放射性廃棄物の処分施設の構成要素（わが国の中深度処分施設で例示すると、ベントナイトやセメントなどの個々の人工バリア）にBATを適用する場合にも、環境中への排出量や被ばく線量を最小化する最良のオプションを目指すことよりもむしろ、施設全体を俯瞰して体系的、かつ環境中への排出量、被ばく線量とコスト（費用、時間、労力）とのバランスがとれたオプションを目指すことが、BATを選定するうえで重要なことであると考えられる。

また、これ以上上げる必要がない排出量や被ばく線量の閾値が存在しないという解釈を規制当局が示していることから、Fig.2で示される収穫逡減の点を見つけることが、BATを合理的に選択する重要な考え方と言えよう。ただし、施設の構成要素すべてに対して収穫逡減の点を採用することは、必ずしもBATとは言えないだろう。上述したように、

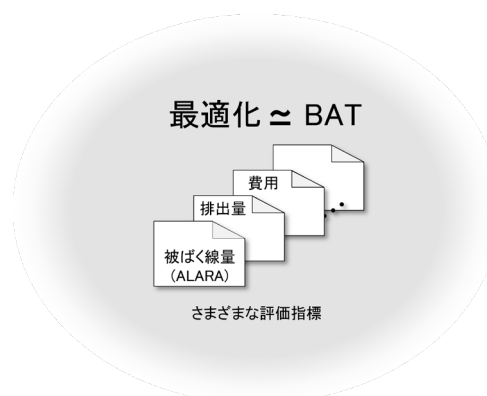


Fig.4 Relationship between optimization, ALARA and BAT concept in the UK

施設全体の最適化を考慮しなければ、体系的かつバランスの取れたオプションを選択できなかったとは言えず、BATを選択したとは判断できないだろう。あくまでも収穫逡減はBATを選択するうえでの参考であり、施設全体という俯瞰的な観点から施設の構成要素のBATを選択することが重要と考える。

上記の考え方は、わが国の放射性廃棄物処分場の施設設計においても大変参考になるものと考えられる。ただし、処分場閉鎖後の安全評価期間は長期に亘ることから、長期の不確実性を踏まえたBATの判定が必要になる。わが国の許可基準規則の第12条第2項に規定された中深度処分に係る廃棄物埋設地の設計では、設計段階での長期に亘る線量評価には大きな不確実性を伴うことから、公衆の被ばくを合理的範囲でできるだけ低減させるための対策として、規制期間終了後の生活環境への放射性物質の移動を抑制する性能が一定の水準に達している複数の設計選択肢の中から「最も優れた設計」を選定することを求めている。「最も優れた設計」とは、線量がより低いものが基本ではあるが、線量以外の理由、例えば、システムの頑健性や評価の不確実性の程度なども考え得るとしている[3]。評価の不確実性の低減については、十分に経験のある材料や技術の適用や長期的な安定性が見込める材料の適用などが有効となる可能性があると考えられる。つまり、Fig.4で示した指標の一例に「長期の不確実性」を加えてBATの判定を実施することが、わが国でも重要な論点と言えよう。

4.2 BATの評価方法

EAが示したBAT評価方法[17]は体系的で順序立てられており、必要に応じてステップを繰り返す方法である。事業者は必ずしもこの方法に則る必要はないとされているが、事業者側のワーキンググループで発行されたBAT評価方法のガイダンス文書[8]でも、実施内容や考え方はおおむね一致している。検討過程を含め、至った結論、用いた情報に関して詳細な文書化が求められていることなどは、BAT評価を実施するうえで、わが国でも参考になるだろう。

BATの評価方法[17]の説明の中で、「事業者が自らの財政状況だけを理由に、基準を下げることやBATの実装を先延ばしすることを求めたとしても、それを認めるのは正しくない。逆に、事業者がより多く支払う余裕があるからとい

って、我々はBAT以上の厳しい基準を課すべきではない。”や“費用が環境上の便益と著しく不均衡な場合、その技術はBATとして拒否される可能性がある”という規制当局としての費用に関する考え方が明示されていること、バランスがとれたオプションの具体例として費用を指標として明示していることは興味深く、BATの議論では費用を含むコスト（労力、時間）が事業者のみならず規制当局としても重要な因子の一つであることが伺える。

また、既存施設へのBAT適用については、“既存施設の場合、事業者は施設を関連するガイダンスおよび良好事例と比較し、不足点の重要性を考察し、費用と便益を考慮して改善のための提案を行うべきである”や“既存施設の事業者は、環境上の利点、提案された、または可能性のある改善にかかる所要時間、その特定のケースにおける費用を考慮し、使用されている技術がBATの使用であることを正当化すべきである。”といった記述は、放射性廃棄物処分場における定期安全レビューを実施する際のBATの見直しで、わが国でも参考になるだろう。

5 おわりに

本稿では、BATの考え方について、英国の放射性廃棄物管理ならびに放射性廃棄物処分場に対する規制関連文書を調査した結果を報告した。わが国と比較して、英国におけるBATの歴史は古く、規制関連文書においてBATの解釈や適用方法が明確に記述されていた。イングランドおよびウェールズではBAT、スコットランドではBPMという用語が用いられているが、同義として取り扱われている。英国ではBATという概念を、単なる最良・最小化ではなく、体系的かつバランスの取れた「最適化」の考え方として理解されているようである。すなわち、施設の構成要素にBATを適用する際にも、環境中への排出量や被ばく線量を最小化するよりもむしろ、施設全体を俯瞰して体系的かつバランスの取れたオプションを選定することを目指すことがBATの概念として定着していると考えられる。

放射性廃棄物管理におけるBATと放射性廃棄物処分場の施設設計におけるBATの適用方法に関して全般的に差異がないと考えられる。ただし、放射性廃棄物処分場の施設設計では、長期の不確実性がBATの指標になり得ることが大きな特徴であり、放射性廃棄物管理のBAT検討との大きな違いと考えられる。今後、Low Level Waste Repository Ltd (LLWR社)によるドリッグ処分場の施設設計、DSRL社によるドーンレイ処分場の施設設計に対するBATの概念の適用事例、とくに長期の不確実性の取り扱いに着目して調査を進め、本調査内容と併せて、わが国の放射性廃棄物処分場の施設設計におけるBATの在り方について考察を進める。

参考文献

[1] 第二種廃棄物埋設施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則、平成25年原子力規制委員会規則第30号、令和3年10月21日施行（令和3年原子力規制委

員会規則第3号）(2021).

- [2] 原子力規制委員会：第二種廃棄物埋設施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則の解釈の制定について。平成25年11月27日制定、令和3年9月29日改正 原規発第2109292号（2021).
- [3] 前田敏克、大村哲臣、青木広臣、木嶋達也、田中知：中深度処分場の規制基準の背景及び根拠。NRA 技術ノート、NTEN-2022-001、(2022).
- [4] 原子力規制委員会：第40回原子力規制委員会、資料1 中深度処分に係る規制基準等における要求事項に対する科学的・技術的意見の募集結果について。令和2年11月25日（2020).
- [5] 杉山大輔、長谷川宏：放射性廃棄物処分における「技術的に最善の手段（BAT）」の考え方ー諸外国事例のレビューとわが国への示唆ー。L06001、電力中央研究所報告（2006).
- [6] 中林亮、杉山大輔、田中真悟、黒田知真：放射性廃棄物処分場の施設設計におけるALARAとBATの在り方ースウェーデンの事例調査ー。原子力バックエンド研究 29(1), pp.10-21 (2022).
- [7] Scotland and Northern Ireland Forum for Environmental Research (SNIFFER): A Review of the Application of ‘Best Practicable Means’ within a Regulatory Framework for Managing Radioactive Wastes. Final Report Project UKRSR05 (2005).
- [8] Environment Agencies Requirements Working Group: Best Available Techniques (BAT) for the Management of the Generation and Disposal of Radioactive Wastes a Nuclear Industry Code of Practice. (2010). https://www.nuclearinst.com/write/MediaUploads/SDF%20documents/EARWG/BAT_Good_Practice_Guide_May_2017.pdf (accessed 2024-10-01).
- [9] Royal Commission on Environmental Pollution (RCEP): 12th Report, Best Practicable Environmental Option, Cm 310 (1988).
- [10] Environment Agency, Scottish Environment Protection Agency: Guidance for the Environmental Agencies’ Assessment of Best Practicable Environmental Option Studies at Nuclear Sites. (2004). https://www.sepa.org.uk/media/103546/bpeo_guidance.pdf (accessed 2024-10-01).
- [11] DECC, the Scottish Government, the Welsh Assembly Government and DOE Northern Ireland: UK Strategy for Radioactive Discharges. DECC, London (2009). https://assets.publishing.service.gov.uk/media/5a7ccb49e5274a34d8d32fb2/uk_strategy_for_radioactive_discharges.pdf (accessed 2024-10-01).
- [12] DOE, Scottish Office and Welsh Office: Review of Radioactive Waste Management Policy. Final Conclusions. Cm 2919 (1995).
- [13] Environment Agency: Radioactive Substances Regulation (RSR): Environmental principles. (2010). [11](https://www.gov.uk/government/publications/radioactive-</p>
</div>
<div data-bbox=)

- substances-regulation-environmental-principles (accessed 2024-10-01).
- [14] Environment Agency: Radioactive substances regulation (RSR): objective and principles. (2021). <https://www.gov.uk/government/publications/radioactive-substances-regulation-rsr-objective-and-principles/radioactive-substances-regulation-rsr-objective-and-principles> (accessed 2024-10-01).
- [15] Environment Agency: RSR generic developed principles: regulatory assessment. (2021) <https://www.gov.uk/government/publications/rsr-generic-developed-principles-regulatory-assessment> (accessed 2024-10-01).
- [16] Scottish Environment Protection Agency: Satisfying the optimisation requirement and the role of Best Practicable Means, version 2.0, RS-POL-001 (2019).
- [17] Environment Agency: RSR: Principles of optimisation in the management and disposal of radioactive waste. (2010).
- [18] Environment Agency, Scottish Environment Protection Agency, Department of the Environment for Northern Ireland: Disposal facilities on land for low and intermediate level radioactive wastes: Guidance on Requirements for Authorisation. (1996). https://webarchive.nationalarchives.gov.uk/ukgwa/20080803200606mp_/http://publications.environment-agency.gov.uk/pdf/GEHO0197BMCZ-e-e.pdf (accessed 2024-10-01).
- [19] Environment Agency, Northern Ireland Environment Agency, Scottish Environment Protection Agency: Near-surface disposal facilities on land for solid radioactive wastes: Guidance on Requirements for Authorisation, (2009).
- [20] Dounreay Site Restoration Ltd.: New Low Level Waste Facilities RSA 93 Environmental Safety Case 2010. report NLLWF/3/ESC/GAL/0425/IS/01, Issue 1, 27 October, (2010). https://webarchive.nationalarchives.gov.uk/ukgwa/20150402131540/http://dounreay.com/UserFiles/File/New_Low_Level_Waste_Disposal_Facilities/Environmental_Safety_Case_2010.pdf (accessed 2024-10-01).
- [21] Dounreay Site Restoration Ltd.: D3100 LLW Disposal Facilities Environmental Safety Case 2020. Dounreay Site Restoration Ltd, report D3100/4/REP/GAL/40137/IS/01, Issue 1, 28 May, (2021).