



# サイトライセンス・カンパニー NDA グループ

変革 . . . 次世代のため





# スティーブ・ハーディ

環境担当ディレクター  
英国原子力廃止措置機関  
イギリス



# 我々の使命

---

我々は、政府に代わって、英国の初期の原子力施設を安全、確実、かつ費用対効果の高い方法で浄化する使命を担う

市民、地域社会、環境に配慮してこれを行うことが、私たちの仕事の中心

我々は、原子力のクリーンアップと廃炉という課題を克服し、17のサイトを次の用途に供するよう努める



# 当社サイト

英国のレガシーサイトのクリーンアップは我々の、ヨーロッパで最大かつ最も重要な環境修復プロジェクト

我々の使命は、次の100年、さらにその先にも及ぶ長期的なもの

我々の17のサイトは、廃炉の段階がそれぞれ異なり、どれもユニークな課題を抱える



17  
nuclear sites  
across the UK



11  
operating  
companies



15,000  
employees across  
the group



1,043  
hectares of  
designated  
land on nuclear  
licensed sites



800+  
buildings to be  
demolished



# 英国のレガシー



英国の原子力は、戦後に形成開始、数十年かけ発展

17のサイトの歴史は、最初の原子力発電所、研究センター、燃料関連施設、とりわけ最大のインベントリーを有し、廃炉上最も複雑な施設を有するセラフィールドサイトを含む

現行計画⇒クリーナップ・廃棄物管理の中核的な使命を完了させる⇒100年以上要す

最終目標⇒2125年までにすべてのサイトでエンドステーツを達成



# 研究開発による イノベーション

---

研究開発プロジェクトで、NDAは英国内外の幅広い原子力部門と協働

- 20以上の大学で50以上の博士号取得プロジェクトを支援
- 70以上のサプライチェーンが研究開発プロジェクトに参加
- 研究開発費全体の約80%が、セラフィールドの技術的な課題に充当





## より国際的活動を志向

海外のパートナーと協力して学習とベストプラクティスを共有  
英国の喫緊の技術的課題に対するより良いソリューションの開発を志向

IAEAやOECD NEAなどの国際機関、フランス、アメリカ、日本の廃炉実施者々と密接に連携

また、英国の原子力サプライチェーンが国際的に活動する機会を求めることにも支援

# はじめに

---

英国の事故炉あるいは廃棄物の記録や来歴が不詳なケースでの高レベル廃棄物管理の課題についての事例

## セラフィールド・マグノックス・スウォーフ・貯蔵サイロ (Magnox Swarf Storage Silo)

英国放射性廃棄物特性評価グッドプラクティスガイド (NEA Expert Group on Characterisation of Unconventional and Legacy Waste 2020 ペーパーに要約されている) が公刊



# セラフィールド



## 現在の主な活動

- 高ハザードのリスクの低減に注力
- 過去70年以上にわたり、敷地内で重大な事故が発生し、劣化した状態の施設が多数あり、優先事項に
- 高ハザード施設に対処し、優先的にリスク低減を進めるため、G6アプローチの一環として、政府、2つの主要規制機関（原子力規制庁および環境庁）と緊密に

# 「高ハザードプログラム」

セラフィールドサイトに潜在する原子力ハザードの90%に相当

- 1. Pile Fuel Storage Pond  
パイル燃料貯蔵ポンド



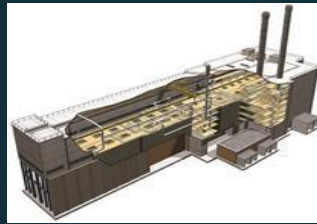
- 2. Pile Fuel Cladding Silo  
パイル燃料被覆管サイロ



- 3. First Generation Magnox Fuel Pond  
第一世代Magnox燃料ポンド



- 4. Magnox Swarf Storage Silo  
Magnox スォーフ貯蔵サイロ



レガシーポンド  
&サイロ  
4機

- 5. 高レベル廃液  
(HAL)



- 6. プルトニウム・  
マネジメント



# セラフィールドのPile Fuel Storage Pond (パイル燃料貯蔵ポンド)から多様な取り出しを完了



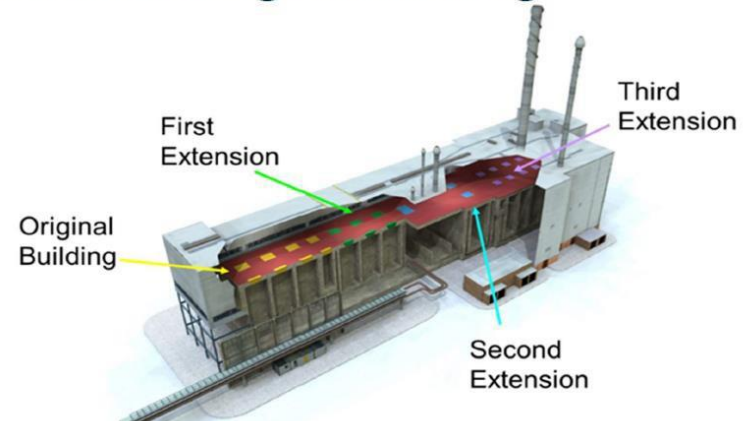


# マグノックス・スワーフ・ストレージ・サイロ (Magnox Swarf Storage Silo) - 確実性と進捗のバランス

取り出しと高レベル廃棄物活動の責任者である同僚のジョン・クリフォードに負う



## Illustration of Original Building

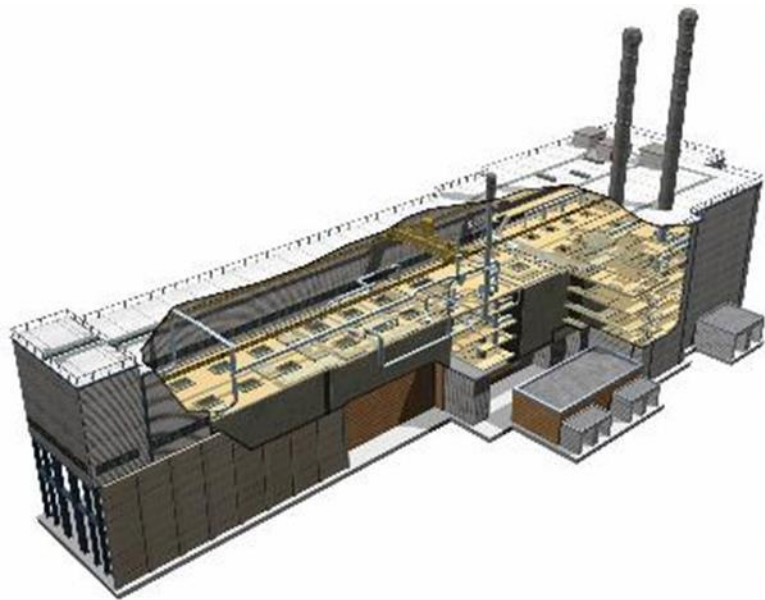




# 不確実性と進捗のバランス

- 進むべき方向の選択には一定の確実さが必須、しかし、リスク、ハザード、利害関係者の要求、法規制のレベルの影響を受ける
- この確実さは、不確かさの排除、許容度、不確かさからの防御保護を通じて得ることが可能、前進するためには、これらの要素間に適切なバランスが必要
- 適切なバランスは、対処する問題に応じて決まってくる
- 特性評価は、意思決定に必要なデータを提供するための一つ的手段であり（「データ品質目標」の原則を活用）、特性評価の性質と範囲によって、そのデータに対する確実さのレベルを決定できる
- しかし、シナリオによっては、十分な品質と確実さを持った特性評価活動が極めて困難な場合あり
- Magnox Swarf Storage Siloはそのような困難さの一例、これを前に進めるには、インベントリー低減が極めて重要であった

# マグノックス・スローフ・ストレージ・サイロ(MSSS)



MSSSからインベントリーを低減し、最新の規範のもとでより安全な形で貯蔵することは、高いハザードとリスクを削減する強い牽引力  
その結果はAlternative ILW Approach ではなく、廃棄物は高信頼性のマルチバリアコンテナに処理することなく保管

# MSSS - インベントリの概要と不確かさ

22のコンパートメント、それぞれ約600m<sup>3</sup>の中レベルのさまざまな廃棄物が収納

当該のMSSS廃棄物は大きく分けて5つの廃棄物タイプに分類

マグノックススローフ、その腐食生成物である水酸化マグネシウムスラッジ  
ウラン金属およびその腐食生成物（二酸化ウランスラッジなど）

MBGW。

上記3種類の混合物。

再処理で発生するステンレスおよびジルカロイのハル

MBGW（Mixed Beta Gamma Waste）の  
大部分は一般廃棄物

フィルター、cave部品、グラファイトスリーブとディスタンスピース、スラッジのドラム缶、ソフト廃棄物の缶/ドラム缶、鉛、ポンドでのツール等



# MSSS

## インベントリ概要 スローフ/スラッジ

- 金属の腐食速度は、温度、pH、表面積に依存
- 古いコンパートメントに貯蔵されているマグノックス廃棄物は特異な挙動を示す、特性評価により特定され、「タイプ1」マグノックス挙動と呼ばれる
- タイプ1のマグノックスの挙動をMSSSに当てはめると、MSSSの全てのコンパートメントにあるマグノックスのほとんどが貯蔵中に腐食し、廃棄物は水酸化マグネシウムのスラッジで構成されていると予測される
- 2014年から2015年にかけて、一連のビデオカメラによる調査がMSSSで実施、その結果、少なくとも第2、第3増設建屋の廃棄物の目に見える表面では、マグノックスがタイプ1の挙動を示した場合に予想されるよりもはるかに少ない程度までしか腐食していないことが判明、このMagnox廃棄物はタイプ1より腐食率が低く、「タイプ2」マグノックス挙動と呼称





# 技術・安全・エンジニアリング事例

廃棄物のライフサイクル考慮に必要な条件；

インサイチェーンベントリー	取り出しとコンテナ化
安全な中間貯蔵	GDFへの最終処分

特性評価を行うことは非常に困難⇒

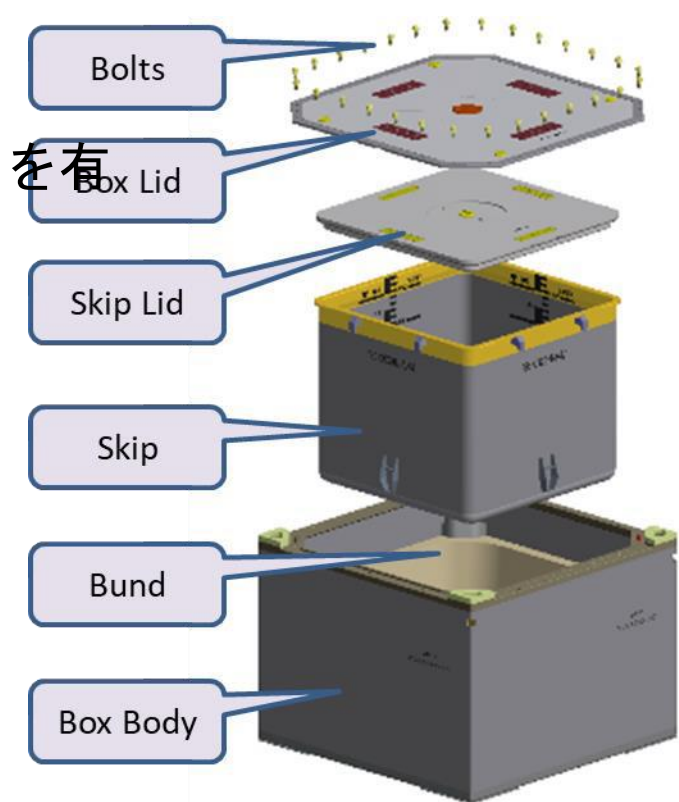
廃棄物へのアクセス、取り扱いや分析における放射性物質の配慮  
高い確実さを得るためには大量のサンプルが必要  
それでも常に不確かさが残存

現行の廃棄物管理プロセスおよび廃棄物挙動について、利用可能な情報（例えば、過去の記録および会計、目視検査および過去のサンプリングデータ、工場内の測定データ等）を活用

また、保守的な根拠と前提の設定を通じて、十分な補正作業も実施；

廃棄物挙動に関する基礎研究・開発、実証実験、予測モデリング  
不確実性の各要素が適切に考慮され、人、プロセス、プラントを保護するために十分な許容誤差がソリューションに組み込まれていることを確認

# 事例 – 頑健な廃棄物容器



3m<sup>3</sup> ボックスと内部廃棄物収納用スキップは不適な廃棄物挙動に対して、強い頑健性す

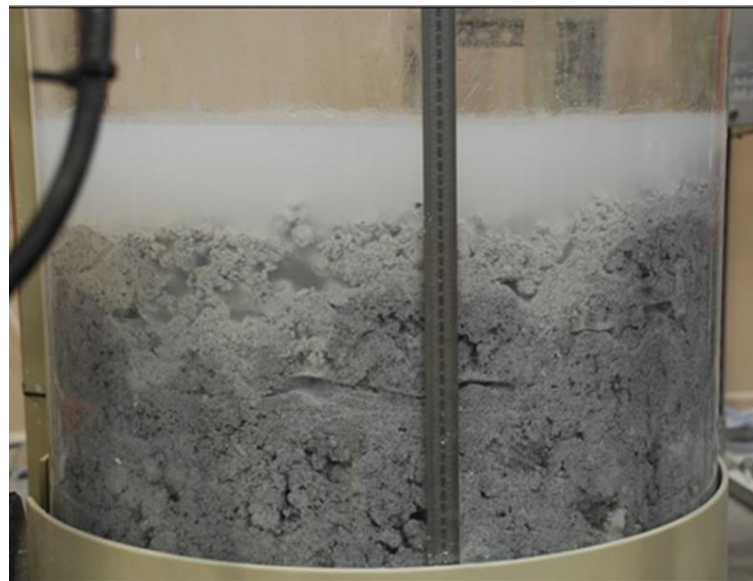
## キーボックスの主要な特徴

- 廃棄物や外部環境による腐食メカニズムに強い、多層のバリア容器
- 水素の排出と微粒子の保持を可能にするフィルター
- 衝撃や爆燃（deflagration）に強い



## 例) 水素に関する技術的論議

- 水素の発生に関しては、廃棄物容器内のレベルが可燃性下限を超えるような水素を発生させる廃棄物、または水素を保持・放出する廃棄物が重大なインベントリー
- H<sub>2</sub>の発生率を常に管理できるように、保守的なスキップへの充填
- 保守的な廃棄物挙動を想定

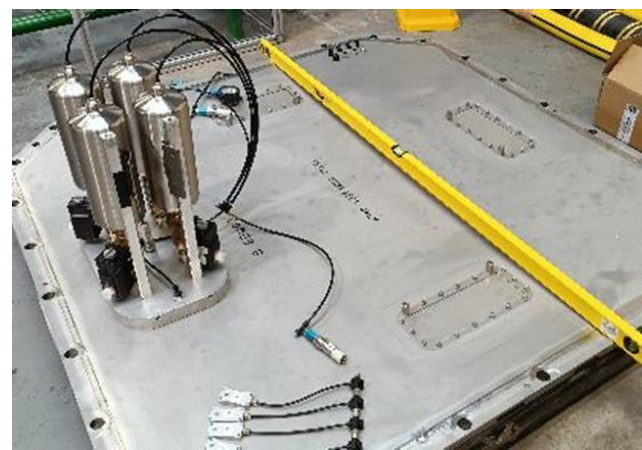




# 状態監視と検査による保証

状態監視と検査（Condition Monitoring and Inspection (CM&I)) は、技術的なリスク、潜在的な廃棄物の進化、保管庫と廃棄物容器の双方の性能要件を考慮

- このアプローチは、貯蔵システムの全体的な性能が、人々やより広い環境を保護するものであることを保証
- 廃棄物パッケージの進化をモニタリングすることで、パッケージの回収を困難にする長期的なリスクを把握するとともに、廃棄物の仕上げと処分に先立つ廃棄物の理解を深めることを目的とする
- 現在利用可能な、そして将来提案されるCM&I機能は、幅広い調査技術を可能とする



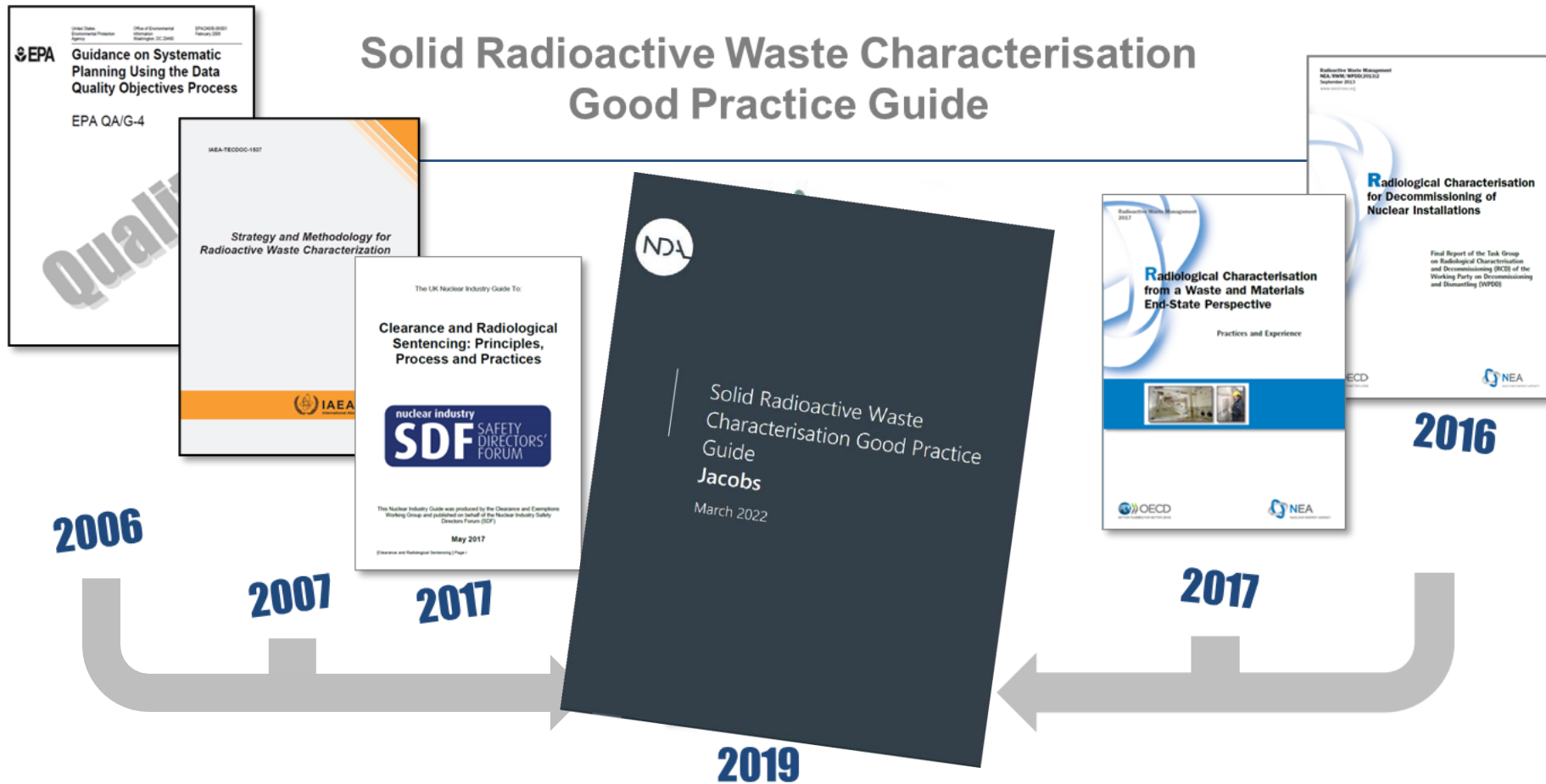
## 結論:MSSSの最適化、継続的な改善と学習

- 保守的な基準が採用されているが、既知の不確かさと、保守性の所在は把握されている
- 許容範囲と頑健さは、工学と技術基盤に組み込み済み
- スキップの充填には注意が必要、準最適ではあるが取りだしと貯蔵は開始可能と保存を開始可能
- 廃棄物の挙動やサイロの中身は、回収し観察すれば、より理解可能
- 現在の戦略は、学習活動、さらなる研究開発、工学的最適化、限定的な特性評価を通じて保守性を低減し、逸脱に対応する手段を検討しながら、この方向性を改善すること

# NDA 固体廃棄物特性評価

## グッドプラクティスガイド (Good Practice Guide =GPD)

### Solid Radioactive Waste Characterisation Good Practice Guide





第1章；GPGの目的、範囲、想定される読者層

第2章；英国の固体放射性廃棄物の分類体系を説明、放射性廃棄物管理に関する英国の規制の枠組みを紹介

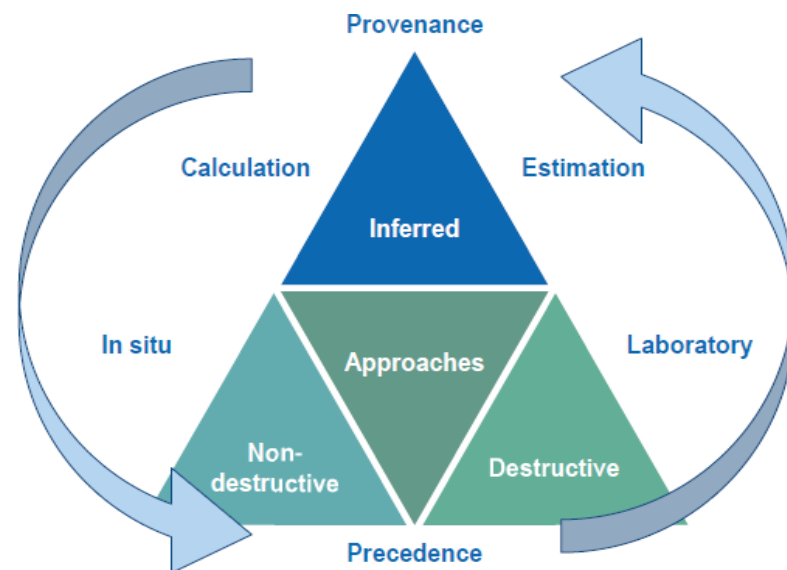
第3章；放射性廃棄物の処理・処分に責任を持つ組織の特性評価要件、廃棄物生産者の責任について説明

第4章；固体放射性廃棄物の特性評価のための体系的なプロセスを提示し、このプロセスの適用に関するガイダンスを示す

第5章～第7章；廃棄物の特性評価プロセスにおける特定の重要な側面について考察

第8章～第10章；廃棄物の特性評価に関する3つのアプローチについて説明し、ガイダンスを提供

新規データ取得のための最適化されたアプローチ





# まとめ

前に進めることと、不確かさをマネージすることの間でバランスをとることが必要

もし、前進することがが急務であるならば、不確かさを管理することが必要

実現不可能な場合、また、思うような特性を得られない場合は、保守的なセーフティーケースと、堅牢な設計のコンテナを採用して安全エンベロープをを確保し、その結果、前に進むことが可能となる

前に進むことは、共通の結果をめざし、共有することで、主要なステークホルダーとともに開発し、合意して、最も効果的に可能となる

次に進むのは、次のInterium Stepまでかもしれないが、end goal を念頭に置いている限り、これはすぐれ、かつ重要な進展である

