

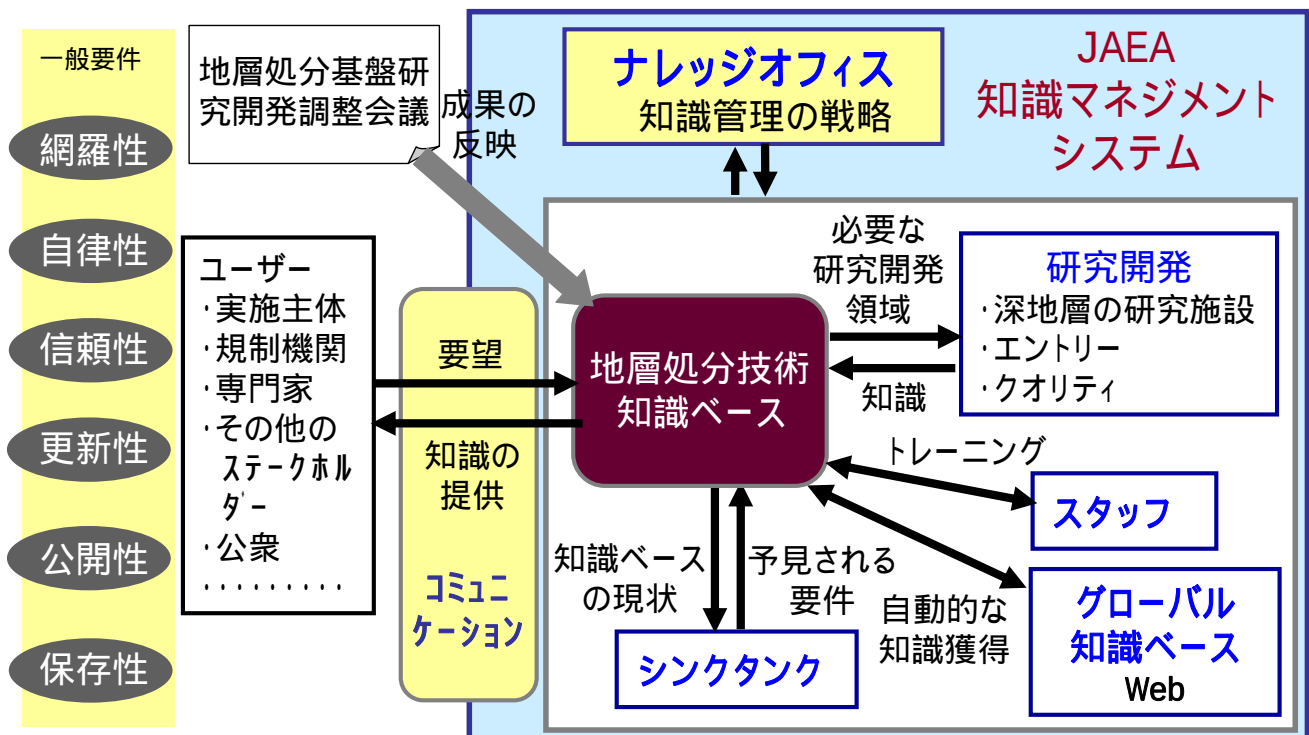
知識マネジメントシステムの開発について

平成19年3月20日

独立行政法人日本原子力研究開発機構
地層処分研究開発部門
知識化グループ

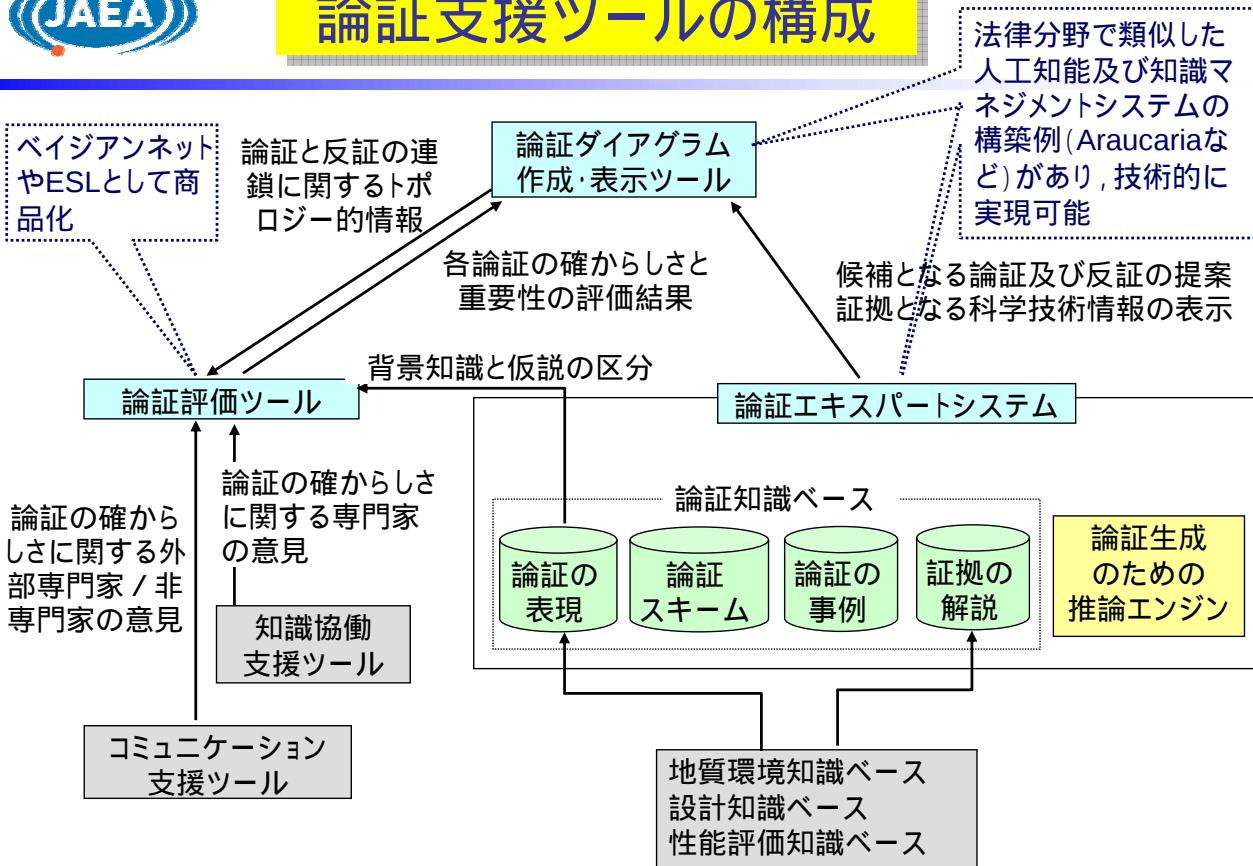
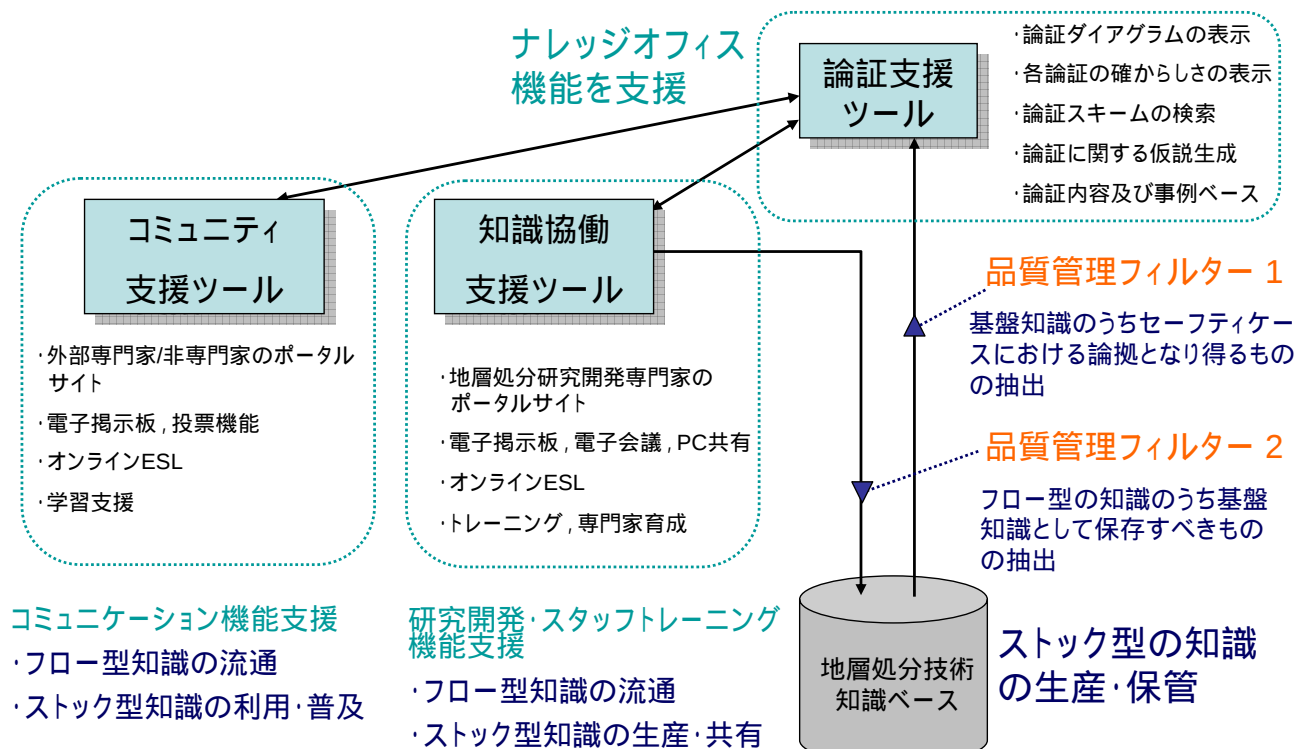


知識マネジメントシステムの構造と要素

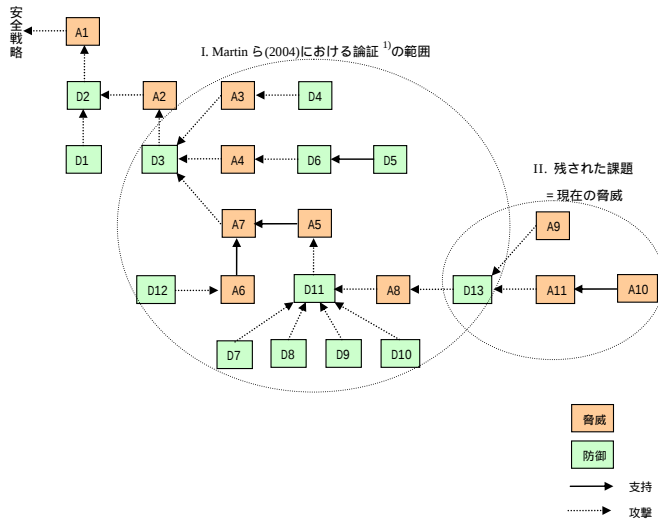


類型	内容	例
データ	・生データ ・処理データ ・外部発掘データ	・熱力学・収着データ ・人工バリアの基本特性データ
ドキュメント	・内部技術資料 ・公開技術資料	・技術メモ ・研究報告書, 論文
ソフトウェア	・関連ソフト/データベースのアーカイブ ・マニュアル, ハンドブックなどのアーカイブ ・関連する研究成果のアーカイブ	・データベース(熱力学・収着, 人工バリアの基本特性) ・地下水流動解析モデル/コード ・地形変化シミュレーションモデル/コード ・物質移行解析モデル/コード ・熱-水-応力-化学連成解析モデル/コード
経験・ノウハウ (方法論など)	・手順マニュアル/ガイドブック ・エキスパートシステム ・トレーニング資料	・断層の推定手法 ・ボーリング調査手法 ・分析手法マニュアル
統合化した知識	・経験を積んだ統合チーム ・エキスパートシステム	・地質構造の推定手法 ・地下水の化学特性の推定手法
ガイダンス	・経験を積んだ調整チーム(シンクタンク)	・将来シナリオ ・予見される要件と知識
プレゼンテーション素材	・ユーザーフレンドリーインターフェースを考慮に入れたグラフィック表示素材	・地質環境の長期変動のビジュアル画像

- ナレッジビジョンにおける目標
 - 最新の科学技術知識に基づく論証可能なセーフティケースの構築
 - セーフティケースの信頼性をさらに向上するための知識ベースの拡充
 - セーフティケースを介した地層処分安全性に関する社会的合意形成
- システム開発のアプローチ
 - セーフティケースを地層処分の長期的安全性を支持する多様な論証が有機的に総合(synthesise)された集合体(論証モデル)として概念化
 - 知識創造戦略
 - セーフティケースの論理構造を「論証」vs「反証」の連鎖として表現
 - 論証と反証による弁証法的展開で知識ベースの拡充を促進
 - 論証及び反証の「型」をスキーム化することで論証生成プロセスとしての知識生産・利用を体系的に管理
 - 論証ゲーム形式の透明性・追跡性による, 非専門家も含めコンセンサスの程度, 異論の存在, セーフティケースの確からしさの判断の容易化
 - 地層処分技術知識ベースの開発
 - 知識ベースの機能と類型化に関するアプローチと方法論の明確化



地質環境分野に関する専門家ワークショップ



	命 題
A1	火山活動によって処分場が破壊され放射性物質が地表に戻される
A2	将来新しい火山ができる
A3	火山活動はランダムな事象ではなく確率的な評価はリスクの希釈につながる
A4	既存の火山に近いほど新しい火山の発生確率が高いと仮定する根拠が無い
A5	火山の数は限られている
A6	将来の火山活動の傾向は現在とは異なる可能性がある
A7	火山の発生確率の推定には大きな不確実性が含まれる
A8	ベイズ法による火山発生確率の予測の正しさを確かめることができない
A9	最近 10 万年間に発生した新しい火山の中にはベイズ法の予想とは反するものがある
A10	多くの物理探査情報を反映して更新した予想ほど各地域での火山発生確率が增大している
A11	不完全な情報に基づくベイズ法の予測は非保守的である
D1	当該地域の半径 20km 以内には火山がない
D2	火山活動が生じる可能性は低い
D3	現在の火山の分布から推定される新しい火山の発生確率は十分低い
D4	世界の火山の分布はガンマ分布に従いランダムなものであることが示されている
D5	火山の生成はマグマ溜りから地表への熱の拡散によるものである
D6	火山の空間分布はクラスターを形成する
D7	P 波速度異常と火山の密度には顕著な相関がある
D8	P 波速度の異常はマグマの高温部に対応している
D9	地温勾配の異常と火山の密度には顕著な相関がある
D10	地温勾配の異常はマグマの高温部に対応している
D11	物理探査の情報から尤度関数を定義してベイズの定理を用いることによって不確実性を低減することができる
D12	島弧火山活動の要因となる沈み込みプレートの性質は約 800 万年間という長期にわたって安定であり今後少なくとも 10 万年間はその傾向が継続すると考えられる
D13	過去 10 万年以前の火山分布と物理探査データに基づきベイズ法によって最近 10 万年間の火山の発生確率を求めるとこの期間に実際に新たに生じた火山の分布を良く表現できる

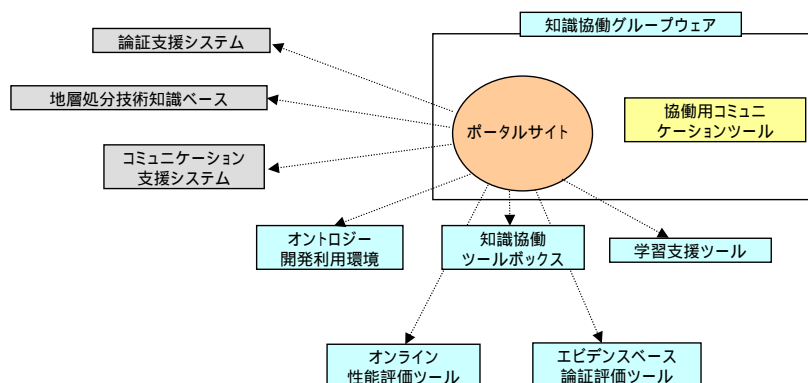
論証スキームの例

類似性に基づく論証 (Walton,2005より抜粋)

論理スキームの 論理構成	大前提: 事例 C1 は事例 C2 と類似している 小前提: 事例 C1 において命題 A は真である 結論: 事例 C2 においても A は真であると考えて良い
有効な攻撃のための 質問	命題 A は事例 C1 において真といえるか? 命題 A に関して問題となる観点において C1 と C2 は類似しているといえるか? C1 と C2 の間に重要な相違点はないか? C1 と類似した別の事例で命題 A が真ではないようなもの C3 はないか?

頑健性に基づく論証 (セーフティケースに関連して新たに作成)

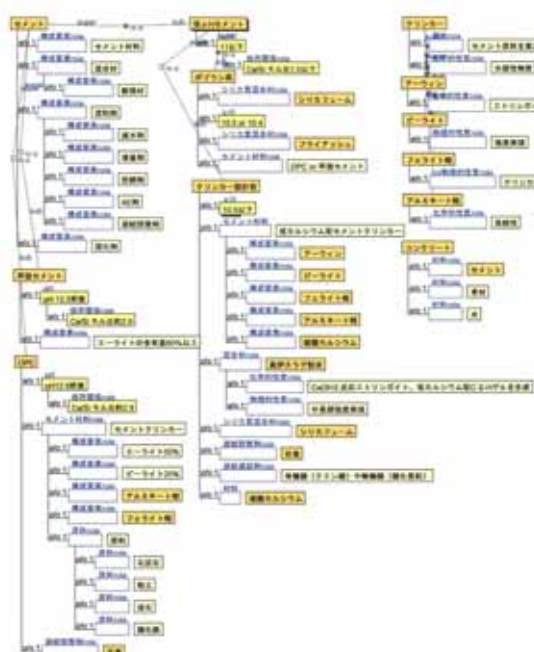
論理スキームの 論理構成	大前提: 条件 X が X- から X+ の間にあれば命題 A は真である 小前提: 条件 X は X- から X+ の間にある 結論: 命題 A は真であると考えて良い
有効な攻撃のための 質問	条件 X を変動させる要因は明らかとなっているのか? それぞれの要因によって条件 X が変化する機構は明らかとなっているのか? 関連する全ての要因とそれらによる影響機構を考慮しても条件 X は X- から X+ の間にあるといえるのか? 証明責任を果たすためには論拠がどの程度強くなくてはならないのか?



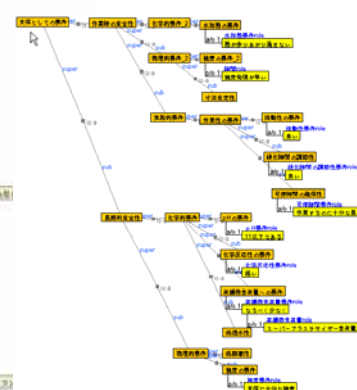
構成要素	機能	例
知識協働グループウェア	コミュニケーション支援	WebEX等多数
オントロジー開発利用環境	基礎概念の共有促進	Ho-Zo等
オンライン性能評価ツール	簡易性能評価	OZONE
知識協働ツールボックス	協働形態の最適化支援	CommonKADS等
エビデンスベース論証評価ツール	証拠に基づく信頼性評価	Tesla
学習支援ツール	他分野の基礎の学習 / 専門家育成	CATO, DREW等

- 低pHセメントに関する専門家ワークショップでの意見交換
- Ho-Zoを用いて作成

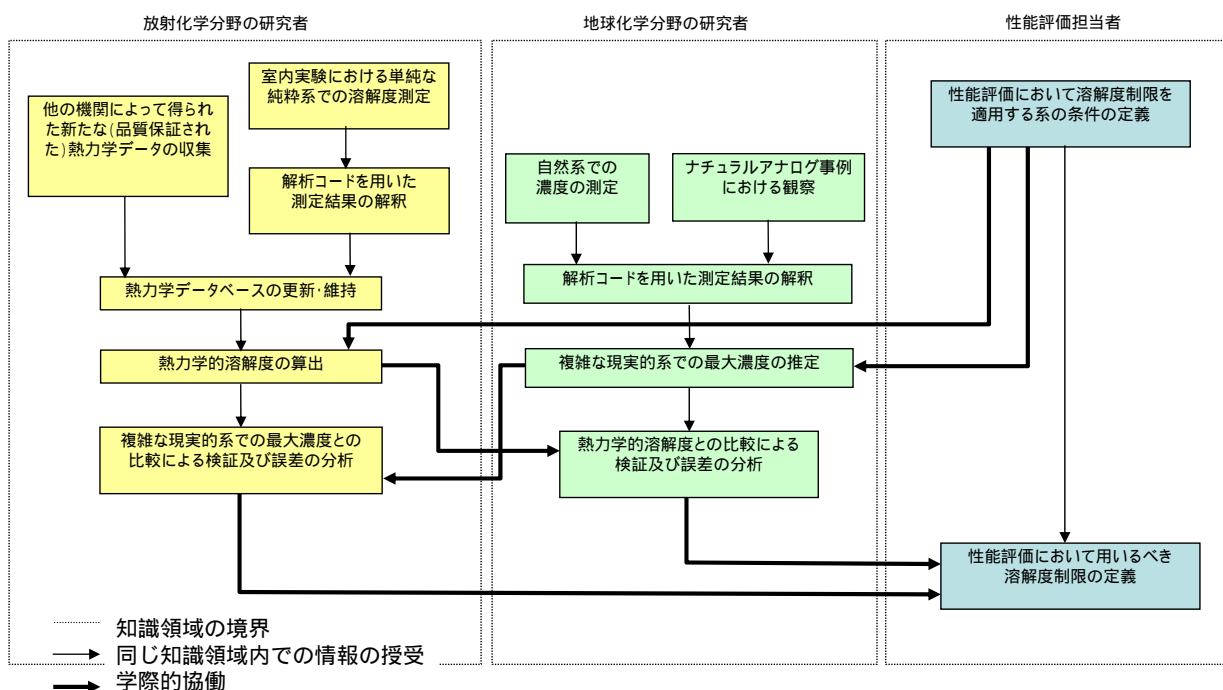
材料オントロジー



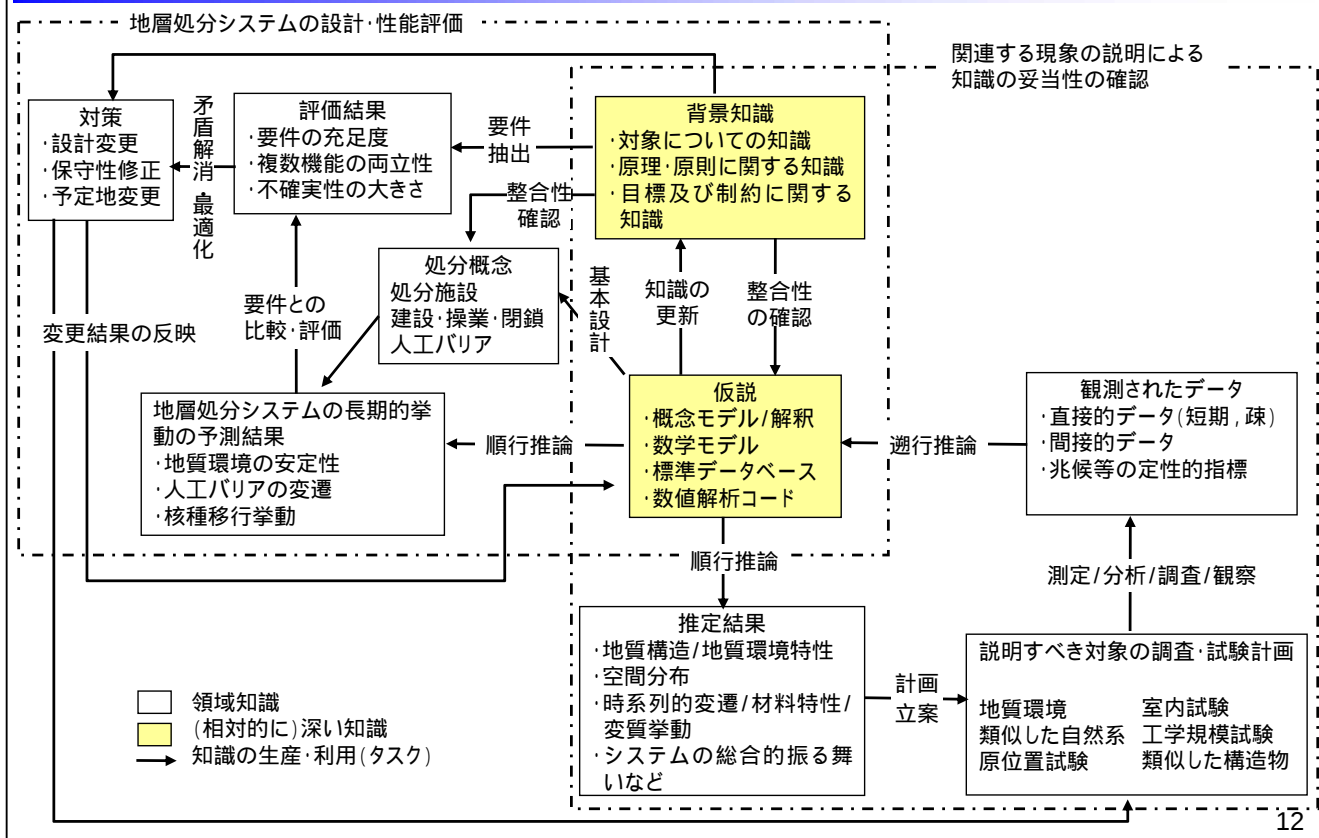
機能オントロジー



- 溶解度に関する専門家ワークショップにおけるタスク及び領域知識分析
- CommonKADSで表現



- 地層処分研究開発の全体像を知識工学の観点からモデル化することにより、知識ベースの範囲及び必要機能を体系的に抽出
- 各機能に関する技術の熟成度や導入上の制約を考慮して「人工知能の利用」及び「組織的知識マネジメント」のうち適切なオプションを選択
- 人工知能分野で実績のある問題解決パターンと地層処分分野の問題とのマッピングを行い、既往の研究成果を最大限に活用, e.g.:
 - 地質環境モデリングにおけるアノマリの理解 → 故障検出 / 故障診断
 - 設計における新規技術の開発 → 矛盾解消
 - パネルレイアウト等の最適化 → 構成設計
 - シナリオ解析 → 定性推論
- 電子情報としてのドキュメントの保管(デジタルライブラリ)による全文検索や自動翻訳・自動要約等の知的サービスの提供



タスク知識	関連する領域知識			人工知能分野のアプローチ		人的マネジメントのアプローチ	
	起点	制約条件	終点	手 法	適用事例	タスク知識	方法論の例
測定/分析 調査/観察	調査・ 試験計画	-	観測データ	-	-	機器の原理、精度、使用法 機器・手法の適用条件 コスト・時間・必要人員数など	マニュアル作成 専門家育成 品質管理
逆行推論	観測 データ	背景知識	仮説	アブダクション 事例ベース推論	故障診断 発想支援	過去の事例・発想法	ブレンストーミング・KJ法
				SBL, EBL	機械学習	経験・勘等の暗黙知	協働作業による知識伝承
				SVM, ニューロネットワーク	パターン認識		
計画立案	推定結果	-	調査試験計画	計画作成	スケジューリング、 プロジェクト プランニングなど	調査・試験の原理、精度 調査・試験の適用条件 コスト・時間・必要人員数など	マニュアル作成、専門家育成 知識協働の最適化、品質管理
整合性確認	背景知識	-	仮説、処分概念 対策	アブダクション	故障診断 発想支援	過去の事例・発想法	ブレンストーミング・KJ法
知識の更新	仮説	-	背景知識	比較・照合	信念変更	背景知識に関する専門家の意見 仮説に対する専門家の意見	ピアレビュー
基本設計	仮説	背景知識	処分概念	基本設計のAI化	プラン設計など	処分概念カタログ 設計手順、設計思想	知識協働の最適化
順行推論	仮説	-	予測結果	数値解析のAI化	汎用ソルバー 解析自動化	数値解析コードの使用法 数値解法・精度、メッシュ分割法 適用条件、初期条件・境界条件の知 識、結果の解釈・評価方法	マニュアル作成、専門家育成 知識協働の最適化、品質管理
				定性推論	定性的挙動予測	FEPベースのシナリオ解析手法	
要件抽出	背景知識	-	評価結果	-	-	複数の要件間の優先順位 不確実性と裕度の比較	要件管理
要件との 比較・評価	予測結果	-	評価結果	-	-		
矛盾解消 最適化	評価結果	背景知識	対策	アブダクション	発想的問題解決	過去の事例	ブレンストーミング試行錯誤
	評価結果	背景知識	対策	事例ベース推論	発想的問題解決		
変更結果の 反映	対策	-	調査試験計画	計画作成	スケジューリング	調査・試験のタスク知識(上述)	知識協働の最適化
			仮説	-	-	モデル・データの保守性	

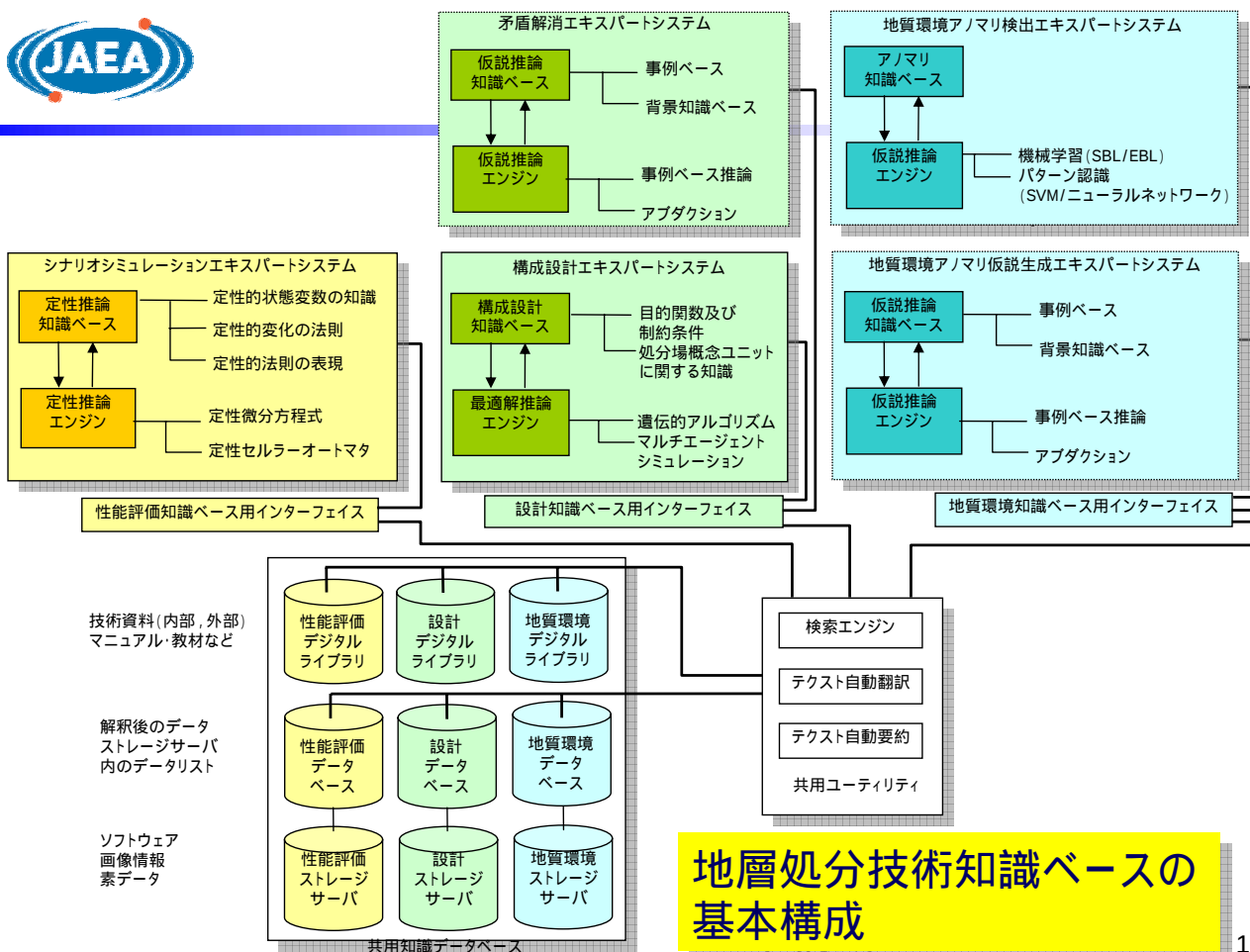
タスク知識

	例	知識の属性			
		理解の内容	制約条件	数値情報	形態
タスク知識	測定・分析・調査・観察	機器の原理、精度、使用法	○		ドキュメント
		機器・手法の適用条件		○	ドキュメント
		コスト・時間・必要人員数など		○	ドキュメント
	適行推論	数値解析コードの使用法		○	ドキュメント
		数値解析法及び精度			ドキュメント
		メッシュ分割法	○		ソフトウェア
		適用条件		○	ドキュメント
	計画立案	初期条件・境界条件の知識	○		ドキュメント
		結果の解釈・評価方法	○		ドキュメント
		調査・試験の原理、精度	○		ドキュメント
タスク知識	知識の更新	調査・試験の適用条件		○	ドキュメント
		コスト・時間・必要人員数など		○	ドキュメント
	基本設計	背景知識の正しさに関する専門家の意見		○	ドキュメント・データ
		仮説の正しさに対する専門家の意見		○	ドキュメント・データ
	順行推論	処分場概念カタログ		○	画像情報・ドキュメント
		設計手順		○	ドキュメント
		設計思想	○		ドキュメント
		数値解析コードの使用法		○	ドキュメント
	評価	数値解析法及び精度	○		ドキュメント
		メッシュ分割法		○	ソフトウェア
		適用条件		○	ドキュメント
		初期条件・境界条件の知識	○		ドキュメント
タスク知識	計画立案	結果の解釈・評価方法	○		ドキュメント
		FEP ベースのシナリオ解析手法		○	ソフトウェア
		複数の要件間の優先順位			ドキュメント
		不確実性と裕度の比較		○	ドキュメント
	基本設計	設計手順		○	ドキュメント
		設計思想	○		ドキュメント
	順行推論	数値解析コードの使用法		○	ドキュメント
		数値解析法及び精度	○		ドキュメント
		メッシュ分割法		○	ソフトウェア
		適用条件		○	ドキュメント
タスク知識	計画立案	初期条件・境界条件の知識	○		ドキュメント
		結果の解釈・評価方法	○		ドキュメント
		FEP ベースのシナリオ解析手法		○	ソフトウェア
		複数の要件間の優先順位			ドキュメント
	基本設計	設計手順		○	ドキュメント
		設計思想	○		ドキュメント
	順行推論	数値解析コードの使用法		○	ドキュメント
		数値解析法及び精度	○		ドキュメント
		メッシュ分割法		○	ソフトウェア
		適用条件		○	ドキュメント
タスク知識	計画立案	初期条件・境界条件の知識	○		ドキュメント
		結果の解釈・評価方法	○		ドキュメント
		FEP ベースのシナリオ解析手法		○	ソフトウェア
		複数の要件間の優先順位			ドキュメント
	基本設計	設計手順		○	ドキュメント
		設計思想	○		ドキュメント
	順行推論	数値解析コードの使用法		○	ドキュメント
		数値解析法及び精度	○		ドキュメント
		メッシュ分割法		○	ソフトウェア
		適用条件		○	ドキュメント

領域知識

	例	知識の属性			
		理解の内容	制約条件	数値情報	形態
領域知識	背景知識	対象についての知識	○		ドキュメント
		原理・原則に関する知識	○	○	ドキュメント
		目標及び制約に関する知識		○	ドキュメント
	仮説	概念モデル及び解釈	○		ドキュメント
		数値モデル	○		ドキュメント
		標準データベース	○		ソフトウェア
		数値解析コード	○		ソフトウェア
	推定結果	地質構造あるいは地質環境特性空間分布	○		画像情報・データ
		地質環境の時系列的変遷	○		画像情報・データ
		材料特性あるいは変質挙動	○		画像情報・データ
		システムの総合的振る舞い	○		画像情報・データ
領域知識	調査試験計画	核種移行特性	○		画像情報・データ
		地質環境調査計画		○	ドキュメント
		ナチュラアナログ研究計画		○	ドキュメント
		原位置試験計画		○	ドキュメント
	観測データ	室内試験計画		○	ドキュメント
		工学規模試験計画		○	ドキュメント
		類似した構造物の調査計画		○	ドキュメント
		説明対象の直接的なデータ		○	データ
	処分概念	間接的なデータ		○	データ
		兆候等の定性的指標		○	データ
領域知識	予測結果	調査・試験の条件・方法・制約等の付加的属性		○	ドキュメント
		処分施設	○		ドキュメント・データ
		建設・構築・閉鎖システム	○		ドキュメント・データ
		人工バリア	○		ドキュメント・データ
	評価結果	地質環境の安定性	○		画像情報・データ
		人工バリアの変遷	○		画像情報・データ
		核種移行挙動	○		画像情報・データ
		被ばく線量・リスクなど	○		画像情報・データ
	対策	要件に対するコンプライアンス		○	ドキュメント
		複数の機能の両立性		○	ドキュメント
		不確実性の大きさ		○	ドキュメント
		設計変更	○		画像情報・データ
領域知識	設計知識	予定地変更	○		画像情報・データ
		保守性修正	○		画像情報・データ
	地質環境知識	設計変更	○		画像情報・データ
		予定地変更	○		画像情報・データ
		保守性修正	○		画像情報・データ
	地質環境知識	設計変更	○		画像情報・データ
		予定地変更	○		画像情報・データ
		保守性修正	○		画像情報・データ
	地質環境知識	設計変更	○		画像情報・データ
		予定地変更	○		画像情報・データ
		保守性修正	○		画像情報・データ

14



地層処分技術知識ベースの基本構成

15

- セーフティケース構築を論証と反証による展開として位置づけたうえ、論証の質的变化を考慮して、関連する知識の生産、流通及び利用を最適化するための知識マネジメントの枠組みを構築
- 論証支援ツール、専門家間の知識協働支援ツール及び非専門家を含めたコミュニティ支援ツールから成る知識マネージメントシステムの基本仕様と当面3年間の開発計画を策定
- 背景知識とモデル等の仮説という「深い知識」を共有した「地層処分システムの設計・性能評価(予測)」と「関連する現象の説明による知識の妥当性の確認」という重なりあった二つの知識生産・利用サイクルから成る地層処分研究開発の知識工学的モデルを構築
- 上記のモデルに基づき、地質環境知識ベース、処分システム設計知識ベース及び性能評価知識ベースから成る地層処分研究開発知識ベースの全体構造を構築
- 現状での知見や手法の成熟度等を勘案しつつ、人工知能的アプローチによって達成すべき機能と人的アプローチ(組織的知識マネージメント)によって改善すべき機能とに区分し、各ツールの基本仕様を明示するとともに当面3年間の開発計画を策定

- セーフティケース構築や地層処分研究開発のさまざまな局面で行われる多様なタスクとこれに付随した領域知識に関する分析の詳細化
- 上記分析結果に基づく各システムの詳細設計による知識マネージメントシステム及び知識ベースの内容を具体化
- 知識マネージメントシステムと知識ベースの試作、試運用を通じた適用性、実効性の確認と必要に応じた改良
- 専門家グループやコミュニティの自発的活動の促進及びエージェント技術の積極的な適用による「知識獲得ボトルネック」解消のための現実的な対策の検討