

地質環境の長期安定性に関する研究の成果 および今後の計画

－ 隆起・侵食／気候・海水準変動に関する研究 －

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

全体計画における達成目標(～H22頃)

- 地上からの調査段階において、具体的な地域を対象として、気候・海水準変動を考慮しつつ将来の地形変化及びそれによる水理学的影響などの範囲を調査・評価できる手法を提示する。

全体計画における研究課題(～H22頃)

- 隆起・沈降・侵食等に関する調査技術
- 気候・海水準変動に関する調査技術
- 三次元地形変化モデルの開発
- 地質環境の変化を考慮した地下水流動解析手法の開発

隆起・沈降・侵食等に関する調査技術

研究課題

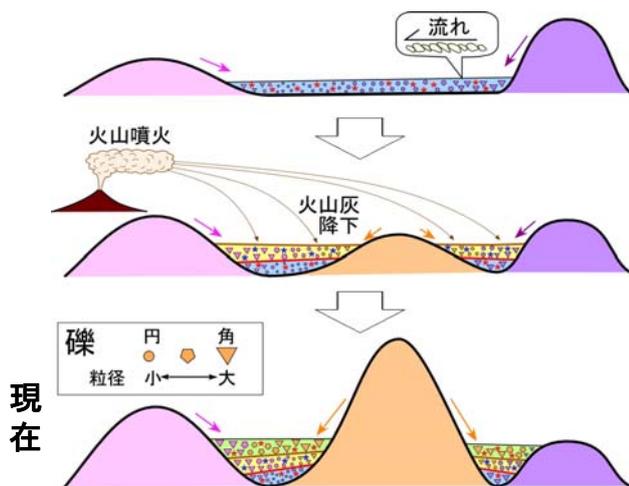
地形・地質の変形・発達をモデル化するための地質学的、地形学的調査手法を整備する。

岩石・鉱物の化学組成・結晶構造、有機物組成等を指標に局所的な侵食速度を推定する技術を整備する。

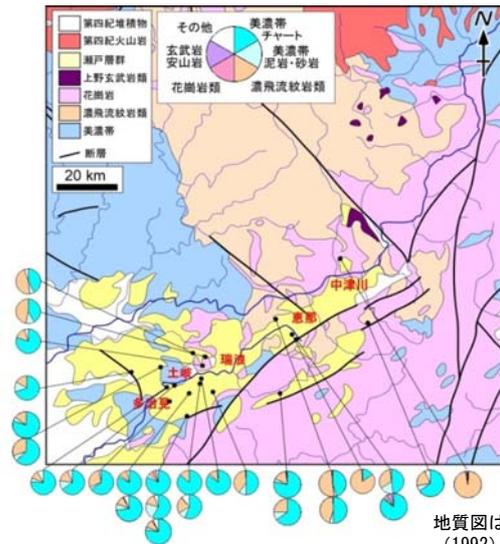
実施内容

- ①古地形を復元する調査技術の整備
- ②段丘を用いた隆起速度と侵食速度の調査手法の整備
- ③温度指標を用いた侵食速度の調査手法の整備

①古地形を復元する調査技術の整備



堆積物に記録される地形の情報

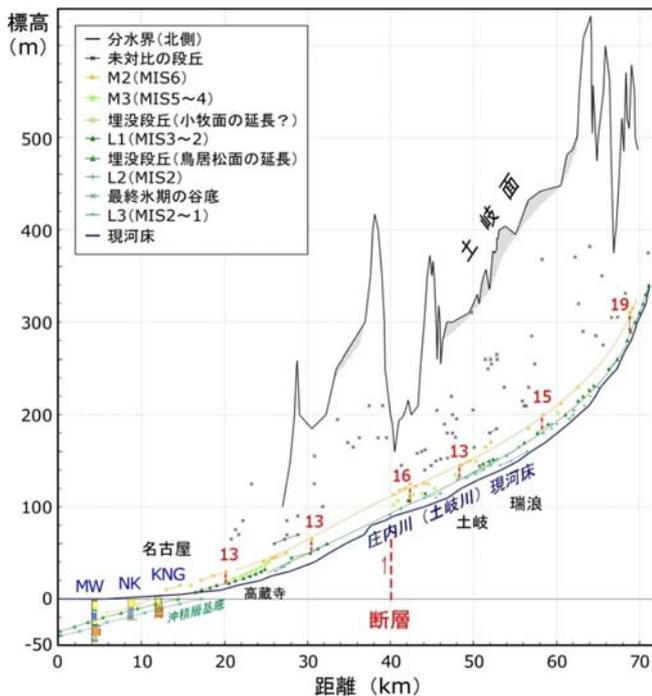


地質図は、地質調査所(1992)を簡略化

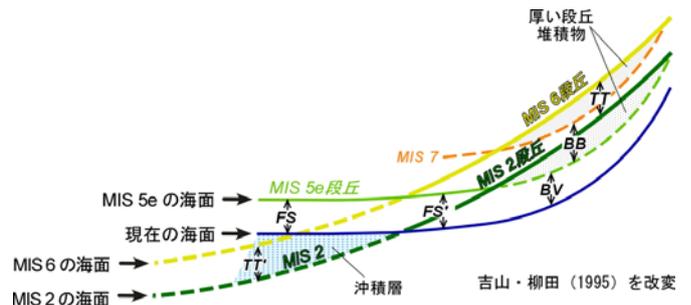
礫を対象にした後背地調査の例

- 火山灰, 化石, 古地磁気, ^{14}C , FT, Ar-Ar, 線量年代測定などを用いた複合年代測定
- 過去の段丘分布, 後背地, 地質・地質構造などを復元する調査
- 調査地域の地形, 地質, 気候などの特徴を考慮した適切な調査・分析手法のアレンジが必要
- 東濃地域を事例として, 堆積物に記録されている古地形の情報を取得する調査・分析を実施中

②-1 段丘を用いた隆起速度の調査手法の整備



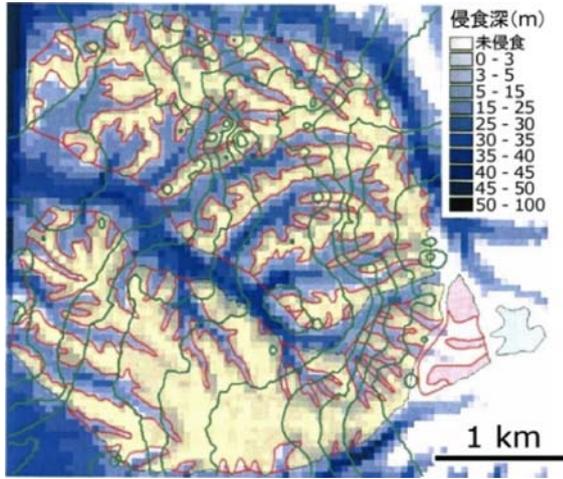
土岐川～庄内川の河床縦断面形



河成段丘の比高から隆起量を推定する方法の概要

- 写真判読, 露頭調査, ボーリング, ^{14}C 年代測定, 火山灰分析(RIPL法)を行い, 段丘面の対比と段丘形成時期を解明
→ 内陸部の隆起速度を推定
- MIS6より古い段丘は未対比だが, これを対比することで断層による局所的な隆起の確認が可能

②-2 段丘を用いた侵食速度の調査手法の整備



段丘を用いた侵食速度調査の例

空中写真判読

1/2.5万地形図に段丘面と開析谷を図示

段丘原面の復元

段丘面上の水準点などを標高コントロールポイントとして等高線を作成

侵食量(開析谷の堆積)

段丘原面と現在の地表面(50m-DEM)との差

段丘面侵食速度

侵食量/段丘原面の面積/段丘面離水年代

段丘を用いた侵食速度調査のフロー

藤原ほか(2005) 参考

- 段丘の離水時期を侵食の開始時期とし、元の地形と現在の地形の差を計算することで、離水以降の侵食速度を推定

③ 温度指標を用いた侵食速度の調査手法

古地温 温度 (°C)	粘土鉱物			有機物熱熟成指標			鉱物の閉鎖温度	
	粘土	沸石	シリカ鉱物	ビトリナイト 反射率 (%)	Tmax (°C)	バイオマーカー熟成度指標	アパタイト	ジルコン
45°C	モンモリ ロナイト	ガラス	非晶質	0.37 0.35 ~ 0.48	430 (Ro=0.5)	40°C	(U-Th)/He年代 70°C	
56°C		斜ブチロ ル沸石	クリスト バライト			60°C Ro=0.4%		
69°C		方沸石 輝沸石	石英			0.40 ~ 0.50 0.41 ~ 0.53		
100°C	混合層	濁沸石	0.55 ~ 0.70	465 (Ro=1.3)	Ro=0.6%	FT年代 130 ± 30°C		
113°C		アルパイト			Ro=0.8% Ro=1.0%			
134°C	イライト				Ro=1.4% Ro=1.5%	(U-Th)/He年代		
150°C								
180°C								

核燃料サイクル開発機構 (2005) に加筆

鉱物学的・有機地球化学的温度指標の関係

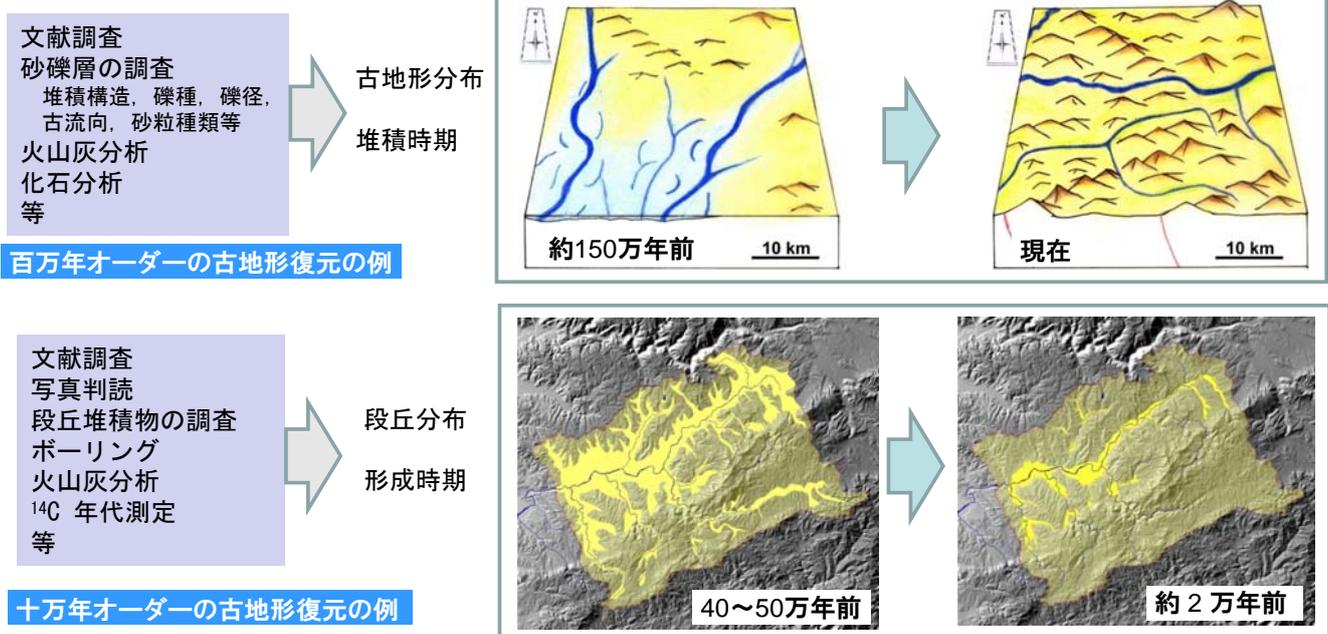
- (U-Th)/He 年代測定システムを適用することで侵食速度の推定が可能
- シリカ鉱物・有機物を用いて侵食速度が検討されている幌延地域の試料の(U-Th)/He 年代測定に着手

現在の地形形成条件に基づいた 地形・地質の変形・発達モデルの整理

	沿岸～下流域 (主に堆積域)		中流域 (侵食小)	上流域 (侵食大)
	沿岸域の海底が 緩勾配	沿岸域の海底が 急勾配		
沈降地域	濃尾平野 幌延地域 (サロベツ原野)			
安定～ 変動小			東濃地域 (土岐川本流)	東濃地域 (土岐川支流)
隆起地域	幌延地域 (宗谷丘陵西部)	相模川下流域	鑄川	
突発的 地形変化	河川争奪 (東濃地域), 火砕流 (長木川), 溶岩流, 大規模地滑り, 大規模崩壊			

- 現在の地形形成条件に基づいて調査地域を分類し、「その地域の地形・地質の変形・発達モデル」と「調査地域の特徴を考慮した調査技術の組み合わせ」を提示する

調査成果と調査手法の整理のイメージ



陰影図は国土地理院数値地図50mメッシュのデータを使用し、カシミール3Dを用いて作成

- 文献調査と古地形復元調査から作成した東濃地域の概括的な地形変化モデルを用いて、研究成果と調査手法の整理のイメージを例示

隆起・沈降・侵食等に関する調査技術

これまでの成果

東濃地域を事例として、文献調査、段丘調査、堆積物調査等に基づき、数百万年前以降の地形変化を概括的にモデル化した。

河成段丘面の対比と段丘形成時期を明らかにし、河成段丘形成モデルを用いて隆起速度を推定した。段丘を用いた侵食速度の調査手法を示した。



段丘を対象とした各種調査・分析により、隆起速度・侵食速度を10万年スケールで推定できることを示した。

地形学的・地質学的調査手法を組み合わせ、地形・地質の変形・発達をモデル化する事例研究を実施し、その成果を用いて現在の地形形成条件をマトリクス形式に分類し、その条件ごとに整理すべき研究成果と調査手法を例示した。

隆起・沈降・侵食等に関する調査技術

今後の課題

東濃/幌延におけるこれまでの事例研究に基づいて、段丘を用いた隆起・侵食に関する調査手法とその適用条件を整理するとともに、それらの手法の適用が困難な地域における調査手法を整備する。

現在の地形形成条件に基づいて調査地域を分類したマトリクス表を用いて、地形・地質の変形・発達のモデル化に関する研究成果と調査手法の整理を行う。

気候・海水準変動に関する調査技術

研究課題

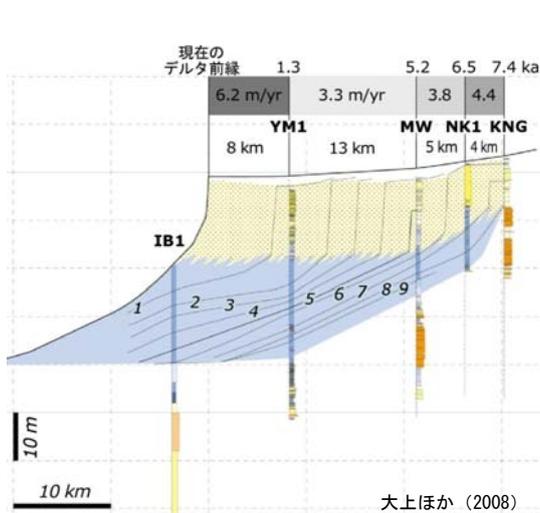
侵食や堆積による地形変化，および沿岸地域における塩淡水境界の位置などの変化を推定するため，侵食・堆積域，侵食・堆積速度，および過去の汀線位置の履歴などを把握する調査技術を整備する。

海水準変動による海岸線の移動，侵食・堆積域や侵食・堆積速度の変化がもたらす地形変化を予測するための手法を整備する。

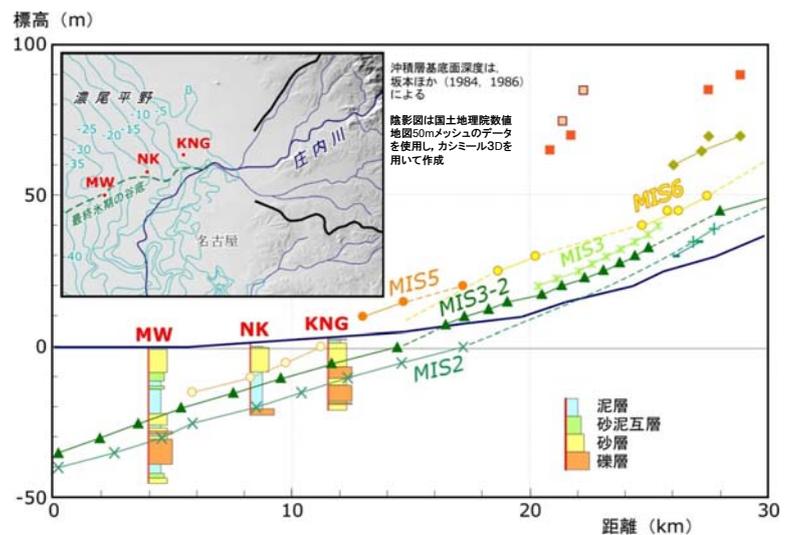
実施内容

- ①海岸線の移動に関する事例研究（庄内川下流）
- ②気候変動および堆積速度に関する事例研究（大湫盆地）

①海岸線の移動に関する事例研究



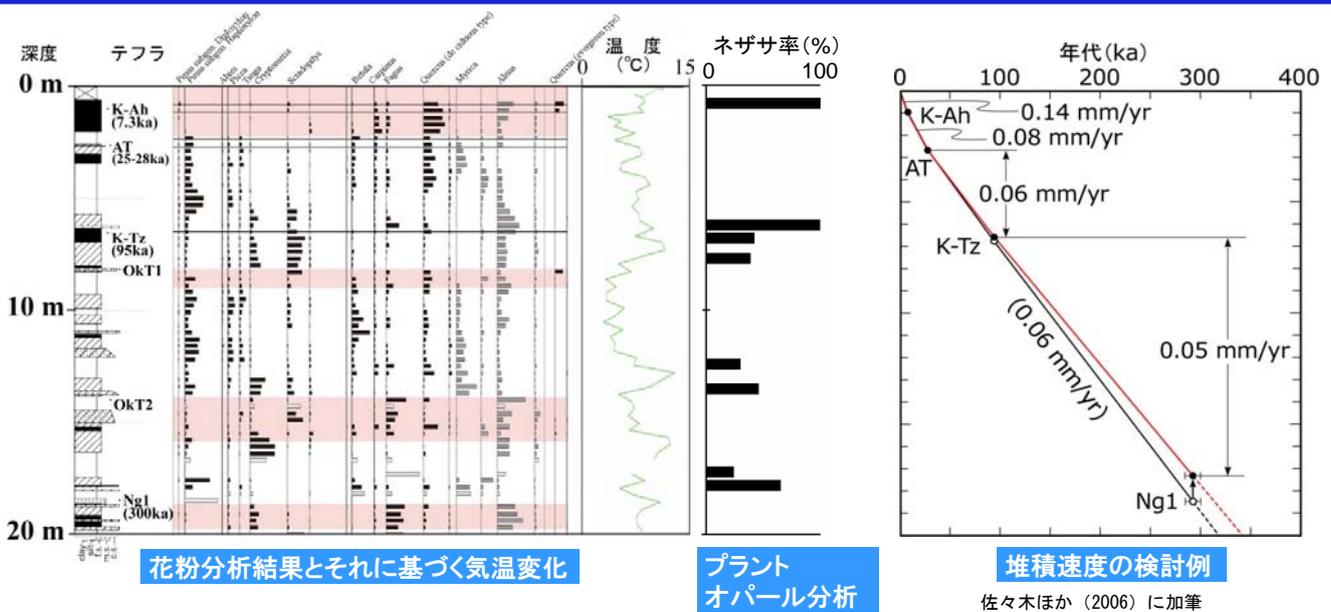
庄内川下流域の発達過程



庄内川の河床縦断面形

- ボーリングコアの堆積相解析，粒度分析，火山灰分析， ^{14}C 年代測定を組み合わせ、庄内川下流域の海岸線の移動を解明

②気候変動および堆積速度に関する事例研究



- ボーリングコアを用いて、粒度分析、花粉分析、¹⁴C年代測定、火山灰分析から過去約30万年間の気候変動や堆積速度に関する情報を取得
- 古気候が既知である試料を用いてプラントオパール分析の有効性を確認
→ 花粉の産出が良くない堆積物においてプラントオパールによる古気候復元が可能

気候・海水準変動に関する調査技術

これまでの成果

ボーリングコアを用いた粒度分析、堆積相解析、花粉分析、火山灰分析、¹⁴C年代測定を実施し、庄内川下流域における過去数千年間の平野の発達過程、大湫盆地における過去約30万年間の気候変動と堆積速度の変化を明らかにした。また、花粉分析結果と調和的なプラントオパール分析の結果を得た。



これまでの事例研究を通じて、ボーリングコアを用いた各種分析・解析を組み合わせ、汀線位置の履歴、堆積速度の変化、気候変動を高精度に把握できることを示した。

今後の課題

東濃/幌延におけるこれまでの事例研究に基づいて、ボーリング等を用いた汀線位置の履歴、侵食・堆積過程、および気候変動に関する調査手法とその適用条件を整理する。

三次元地形変化モデルの開発

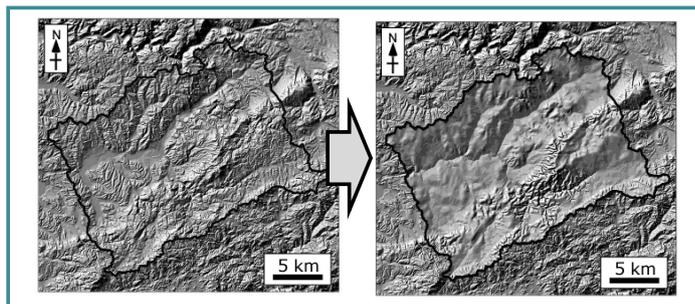
研究課題

隆起・侵食に伴う将来の地形変化等を予測するため、従順化モデル等による三次元のシミュレーション技術を開発する。

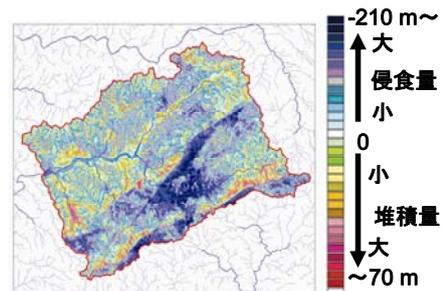
実施内容

地形変化シミュレーション技術の開発

地形変化シミュレーション技術の開発

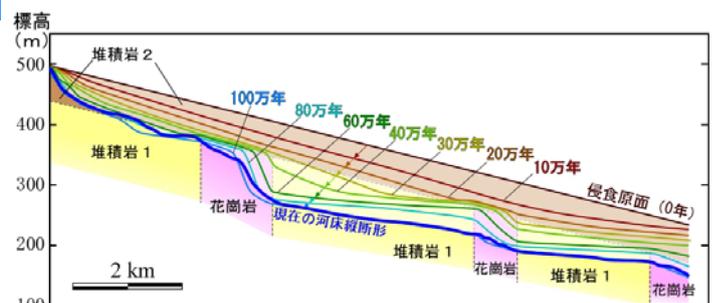


地形変化シミュレーション結果(陰影図と侵食・堆積量)



	沿岸～下流域 (堆積域)		中流域 (侵食小)	上流域 (侵食大)
	沿岸域の海底 が緩勾配	沿岸域の海底 が急勾配		
沈降地域				
安定～変動小			○	○
隆起地域				○

突発的地形変化



地質分布を考慮した河床縦断形変化のシミュレーション

➤ 地形の従順化モデル(拡散モデル)に基づいて、地形変化をシミュレートする基本プログラムを開発

三次元地形変化モデルの開発

これまでの成果

地形の従順化モデルに基づいた地形変化シミュレーションの基本プログラムを開発するとともに、地質分布を考慮した過去から現在までの河床縦断面形のシミュレーションを実施した。



地形の従順化モデルに基づいて、斜面で生産された土砂が河川により運搬・堆積する万年オーダーの地形変化が大局的に表現できるプログラムを開発した。

今後の課題

現地取得データを考慮した地形変化シミュレーションを実施する。

地形変化シミュレーション・プログラムの問題点（河川の側方侵食、凹形度、地質分布など）を改善する。

地質環境の変化を考慮した地下水流動解析手法の開発

研究課題

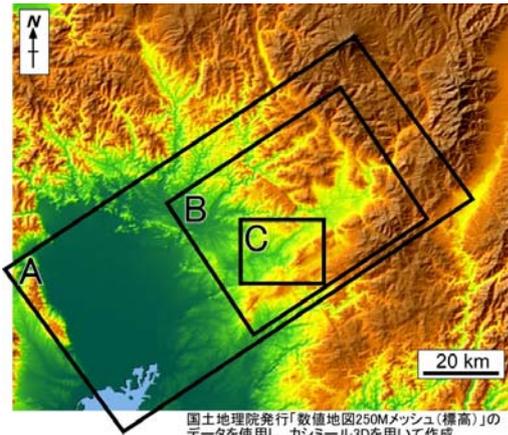
三次元地形変化モデルなどを踏まえ、長期的な地下水流動への影響を予測するための技術を整備する。

東濃/幌延地域における取得データを用いて、隆起・侵食/気候・海水準変動による地質環境の将来の変化を予測し、地下水流動へ及ぼす影響を評価できる解析手法を提示する

実施内容

地殻変動および気候・海水準変動を考慮した地下水流動解析手法の開発

地殻変動および気候・海水準変動を考慮した 地下水流動解析手法の開発



国土地理院発行「数値地図250Mメッシュ(標高)」のデータを使用し、カシミール3Dを用いて作成

	沿岸～下流域 (堆積域)		中流域 (侵食小)	上流域 (侵食大)
	沿岸域の海底 が緩勾配	沿岸域の海底 が急勾配		
沈降地域	①			
安定～変動小			③	⑤
隆起地域	②		④	⑥
突発的地形変化	河川争奪(a), 溶岩流(b), 大規模崩壊(c), 泥流(d)			

A) 古地形変化(文献調査) + 地下水流動解析

時間：過去 (1.5Ma～現在)

空間： $10^4 \sim \text{km}^2$

地形条件：①, ②, ③, ④, ⑤, ⑥, a, b, c, d

B) 古地形の変化(文献調査) + 断層・破碎帯分布(文献調査) + 地下水流動解析

時間：過去 (1.1Ma～現在)

空間： $10^3 \sim 10^4 \text{km}^2$ (断層ブロック)

地形条件：③, ④, ⑤, ⑥, a, b, d

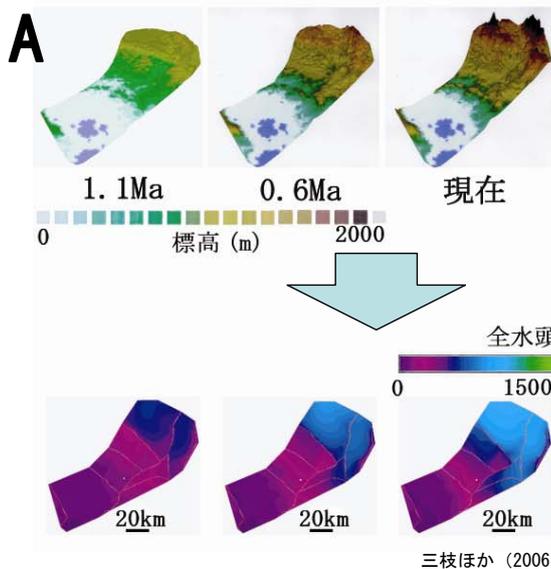
C) 地形変化(シミュレーション) + 地下水流動解析

時間：将来 (10万年程度)

空間： $10^2 \sim 10^3 \text{km}^2$ (小規模な流域内)

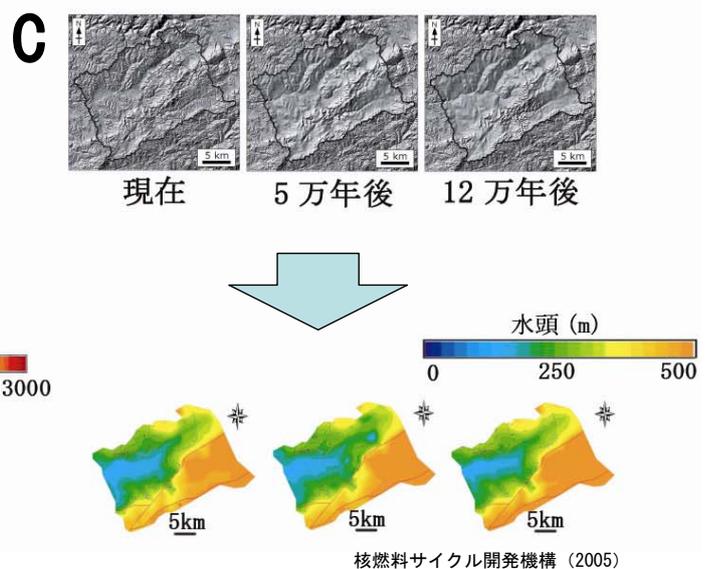
地形条件：③, ⑤, ⑥

地殻変動および気候・海水準変動を考慮した 地下水流動解析手法の開発



古地形復元(文献調査) + 地下水流動解析

三枝ほか (2006)



地形変化シミュレーション + 地下水流動解析

核燃料サイクル開発機構 (2005)

➤ 東濃地域周辺を例に概括的に推定した古地形分布と断層分布, 地形変化シミュレーション結果, および気候変動を考慮した地下水流動解析

地質環境の変化を考慮した地下水流動解析手法の開発

これまでの成果

東濃地域を事例として、文献調査から概括的に推定した地形・地質の変形・発達モデルと断層分布、地形変化シミュレーション結果、および気候変動を考慮した地下水流動解析を時空間スケールを変えて実施した。

文献調査から概括的に推定した地形・地質の変形・発達モデル、および地形変化シミュレーション結果を踏まえた数万年～百万年程度を対象にした地下水流動解析手法を例示することができた。

今後の課題

現地調査で得られる地形、地質、天然現象に関するデータとそれらデータを考慮した地形変化シミュレーション結果を用いた地下水流動解析を試行し、その解析に関わる一連の調査・解析手法を体系化するとともに、古水理地質学、地球化学等の情報を踏まえながら解析手法を整備する。

H20以降の計画

隆起・沈降・侵食等に関する調査技術

現在の地形形成条件から調査地域を分類したマトリクス表を用いて、地形・地質の変形・発達のモデル化に関する研究成果と調査手法の整理を行う。

段丘を用いた隆起・侵食に関する調査手法とその適用条件を整備するとともに、これらの手法の適用が困難な地域における調査手法を整備する。

気候・海水準変動に関する調査技術

ボーリング等を用いた汀線位置の履歴、侵食・堆積過程、および気候変動に関する調査手法とその適用条件を整理する。

三次元地形変化モデルの開発

現地取得データを考慮した地形変化シミュレーションの例を示すとともに、シミュレーション・プログラムの問題点を改善する。

地質環境の変化を考慮した地下水流動解析手法の開発

地殻変動および気候・海水準変動に関する現地取得データを考慮した地下水流動解析に関わる一連の調査・解析手法を体系化する。