

図 6.4-33 地下水流動の各解析ケースにおける処分場位置から地表までの流跡線の10万年ごとの結果 (Case5)

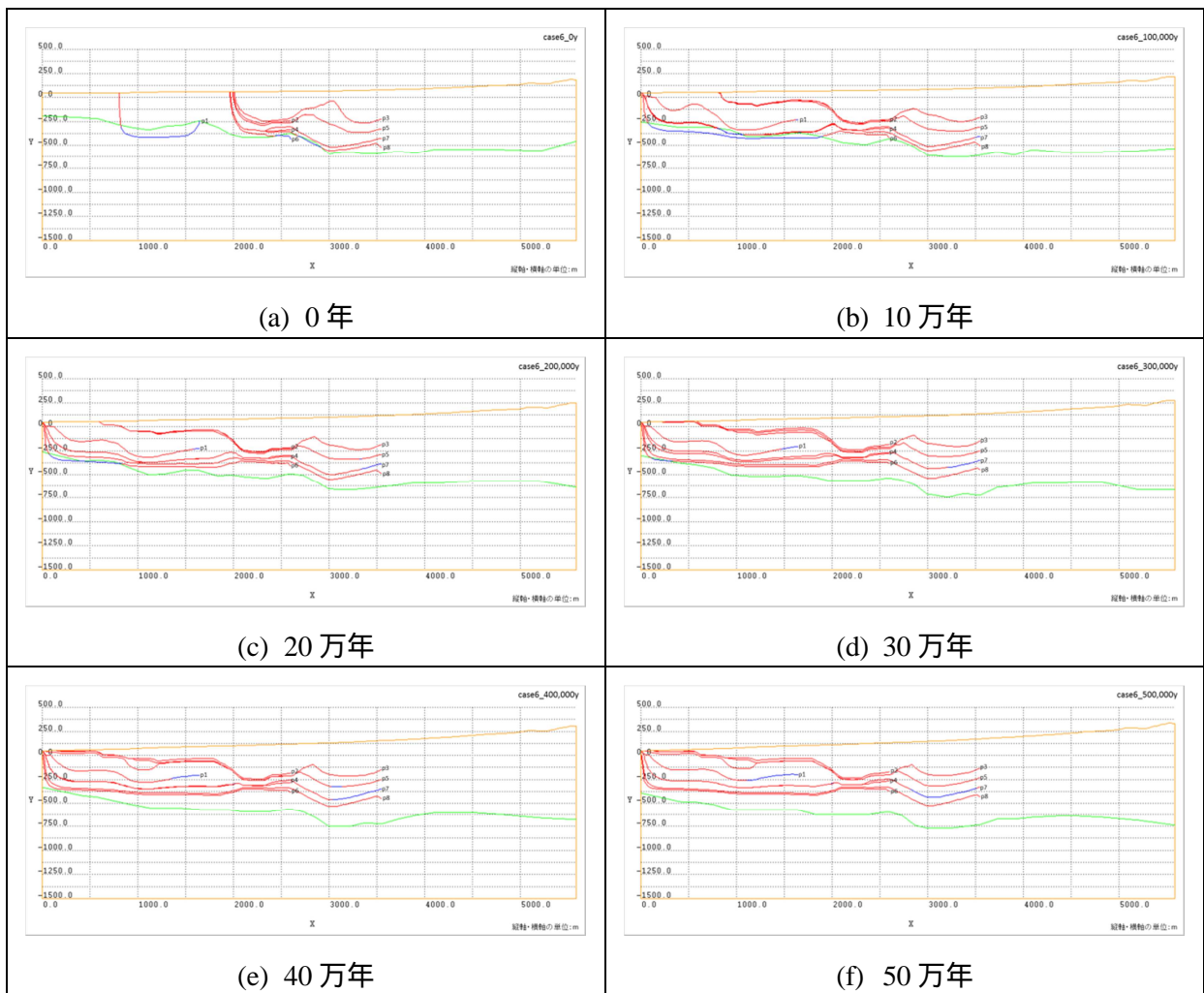


図 6.4-34 地下水流動の各解析ケースにおける処分場位置から地表までの流跡線の10万年ごとの結果 (Case6)

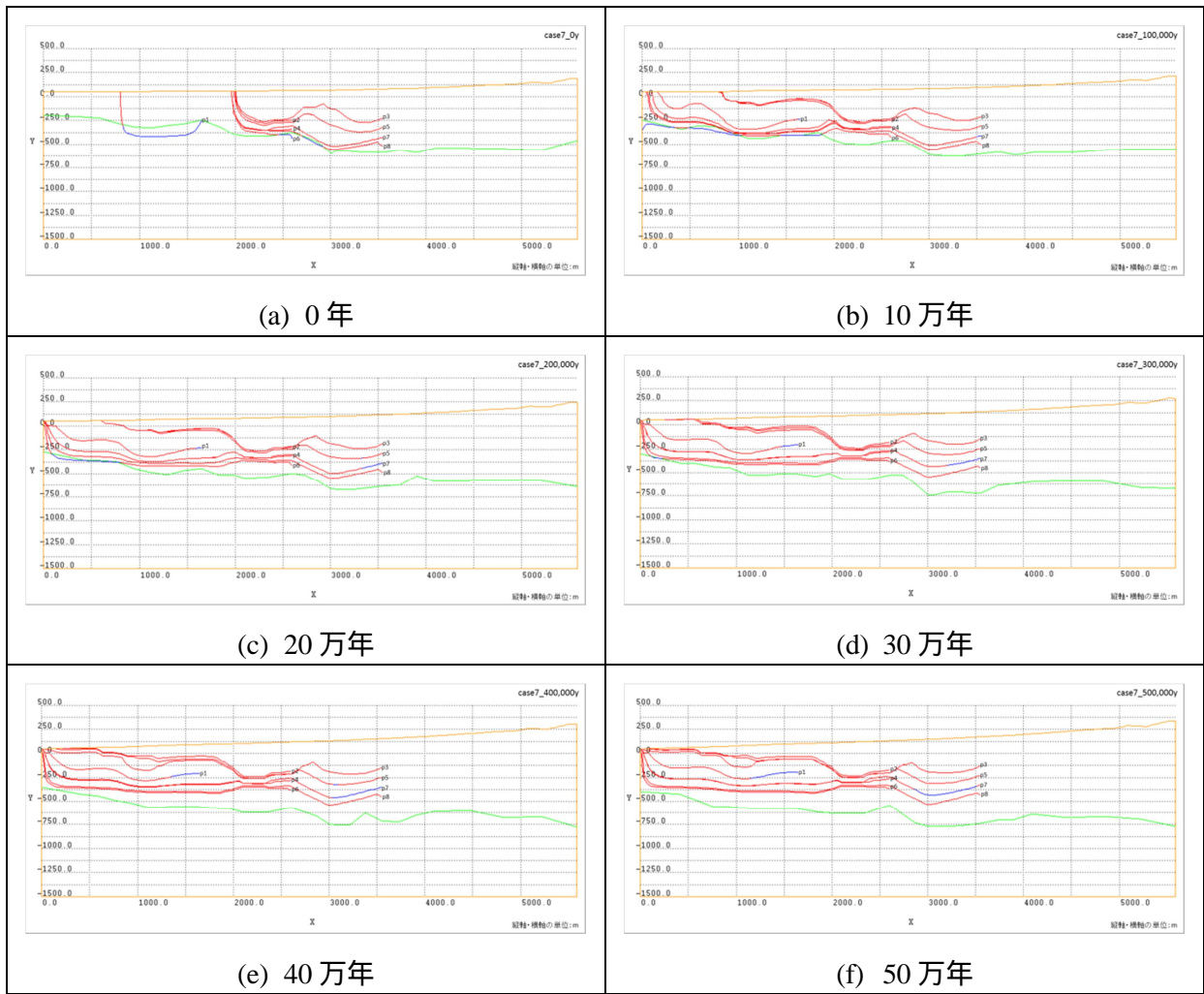


図 6.4-35 地下水流動の各解析ケースにおける処分場位置から地表までの流跡線の10万年ごとの結果 (Case7)

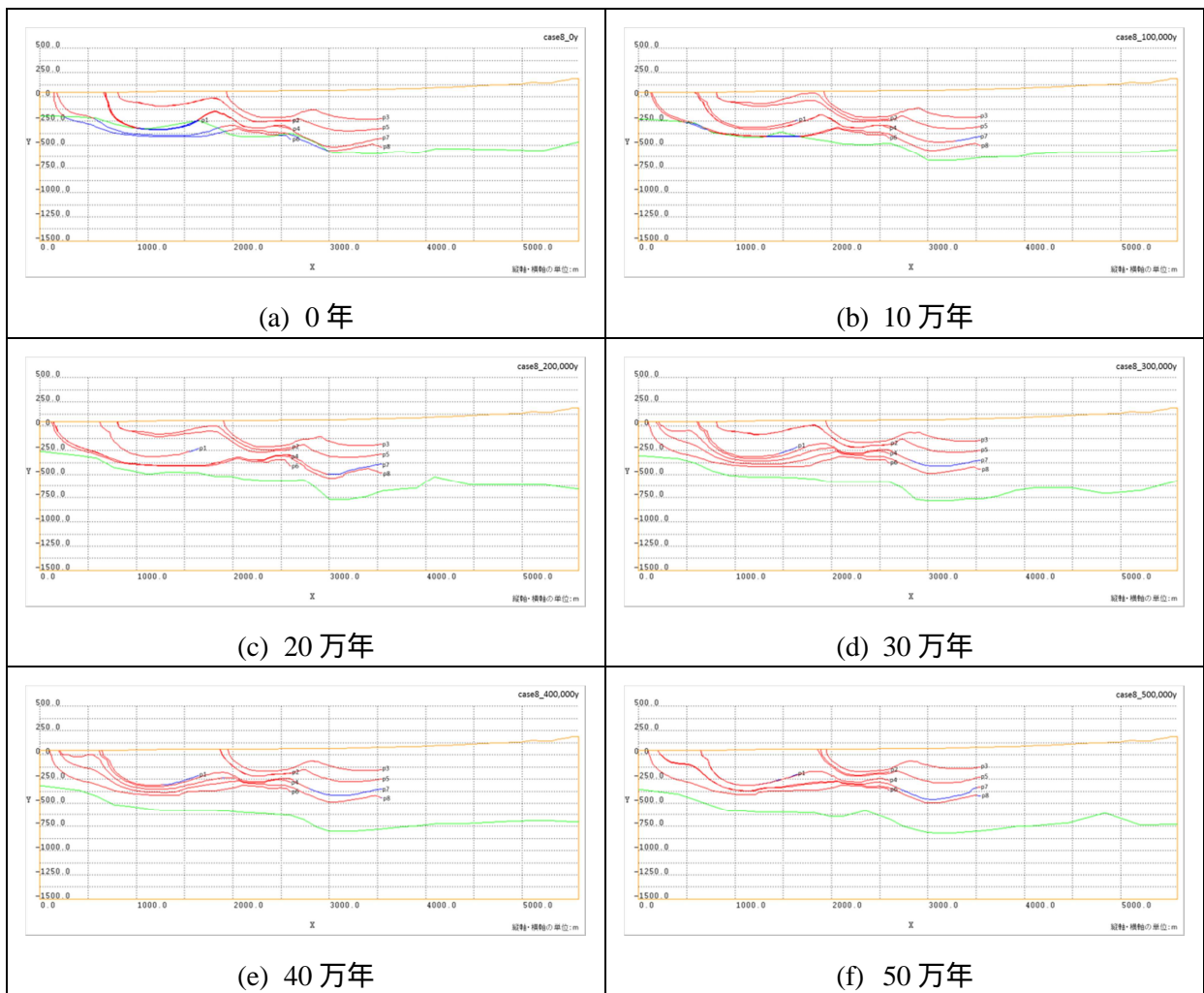


図 6.4-36 地下水流動の各解析ケースにおける処分場位置から地表までの流跡線の10万年ごとの結果 (Case8)

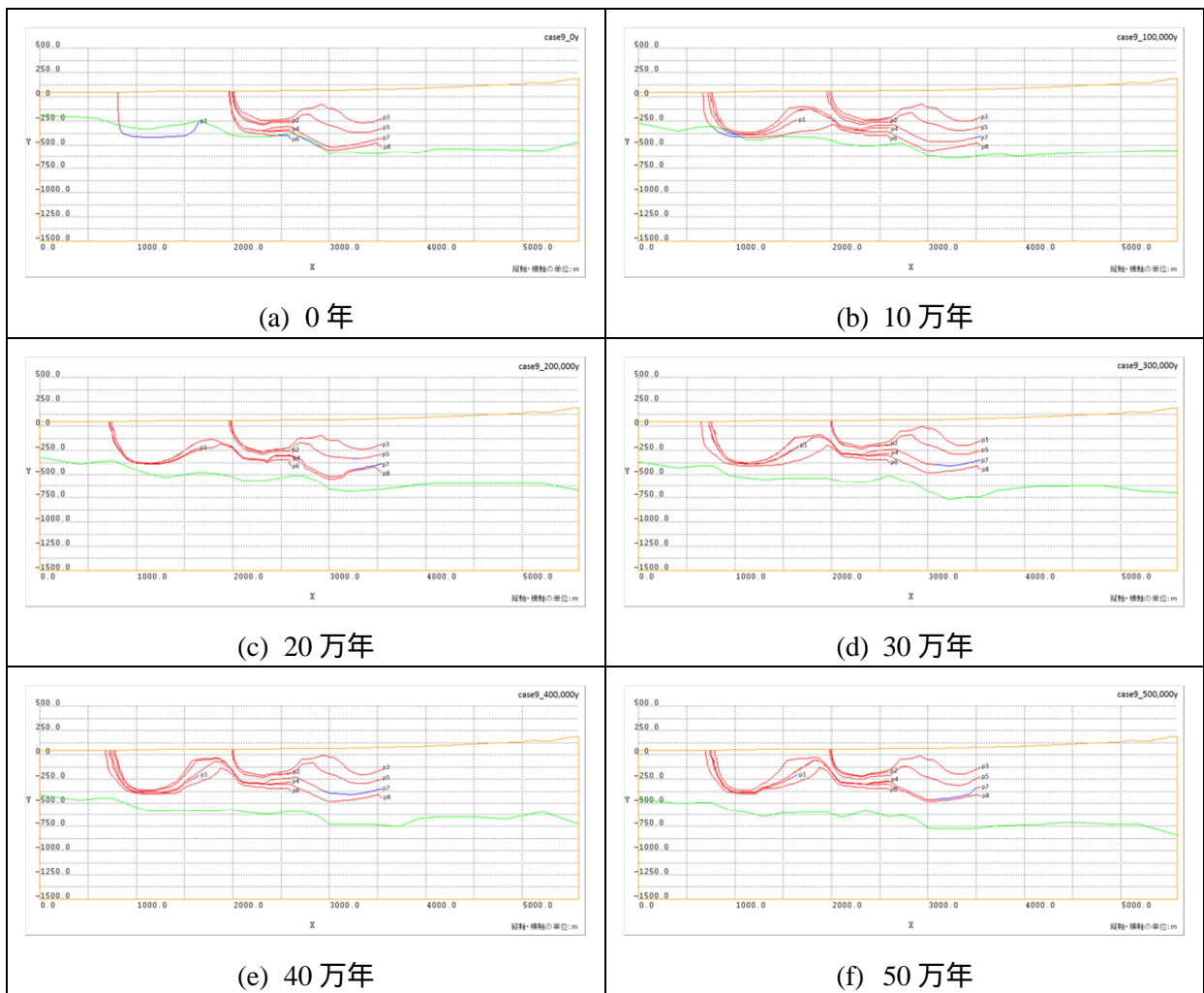


図 6.4-37 地下水流動の各解析ケースにおける処分場位置から地表までの流跡線の10万年ごとの結果 (Case9)

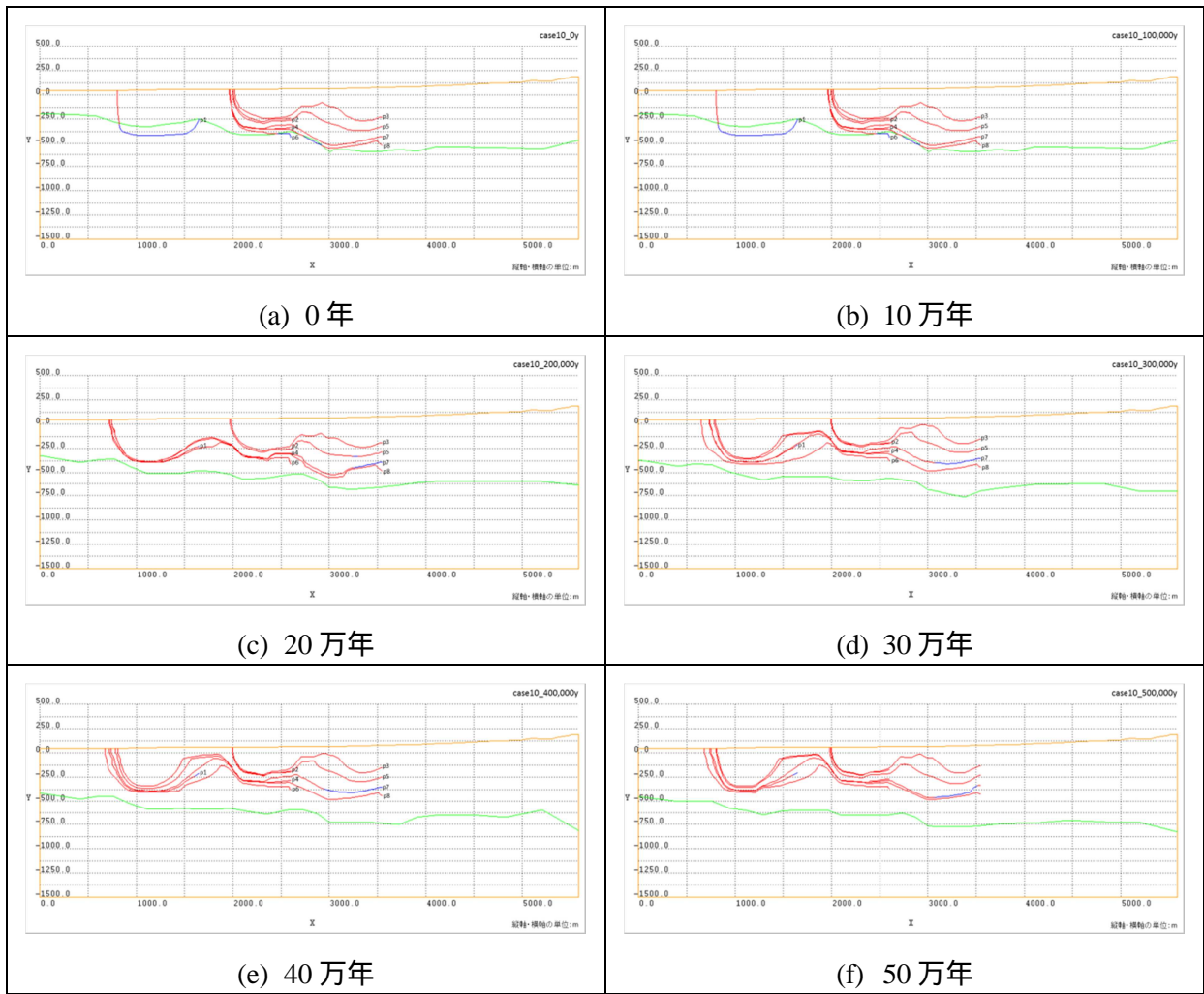


図 6.4-38 地下水流動の各解析ケースにおける処分場位置から地表までの流跡線の10万年ごとの結果 (Case10)

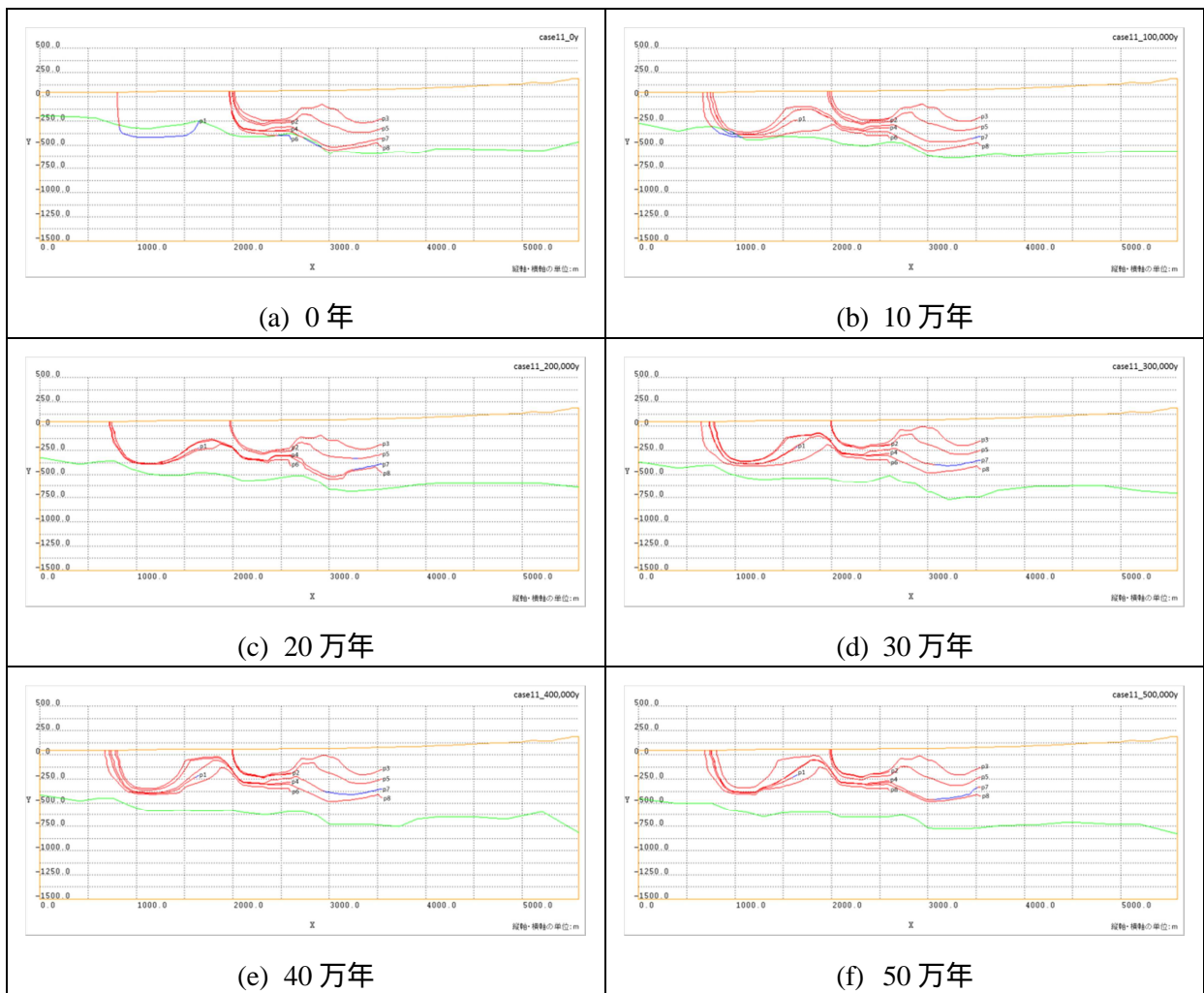


図 6.4-39 地下水流動の各解析ケースにおける処分場位置から地表までの流跡線の10万年ごとの結果 (Case11)

(b) 流速及び移行距離の経時変化

解析ケースごとにみた処分場位置の影響について

まず、地下水流動解析の解析ケースごとに、上記で設定した 8 箇所の処分場位置の移行距離及び平均流速を整理した結果を図 6.4-40 に示す。なお、ここでの移行距離とは、安全評価上の天然バリアとしての核種の移行遅延が機能する距離として考えるため、地表付近の生物圏までの距離として、地表から 40m を帯水層と仮定し、処分場から帯水層の下限に達するまでの距離として算出したものである。また、地下水流路解析コード PASS-TRAC の仕様により、各 Case の 0 年の移行経路解析には、初期の 1000 年間のパラメータの変化が含まれている。

地形変化のない隆起のみの比較的安定した解析条件である Case1 についてみると、処分深度にほぼ依存して、処分深度が浅いほど移行距離は短く、流速も速い傾向がある。また、処分場位置の横軸方向の位置の観点からみると、処分場直上に透水係数の高い領域が広く分布している中央の P2 や P4、P7 は同じ処分深度の他の点に比べて、移行距離が短く、流速も速い傾向がある。

その他の透水異方性や侵食、傾動隆起を考慮したケースでもほぼ同様の傾向がみられるが、処分場位置によっては、移行経路の短絡による移行距離の急激な減少もみられ、複雑な変化パターンとなっている。

また、Case6 と 7、Case9 と 10 と 11 に関しては、解析条件としてそれぞれ考慮する涵養量のみを変化させているが、各組合せでほぼ同様の結果が得られていることがわかる。そこで、これ以降の検討では、前者については Case7 を、後者については Case10 のみを対象とした。

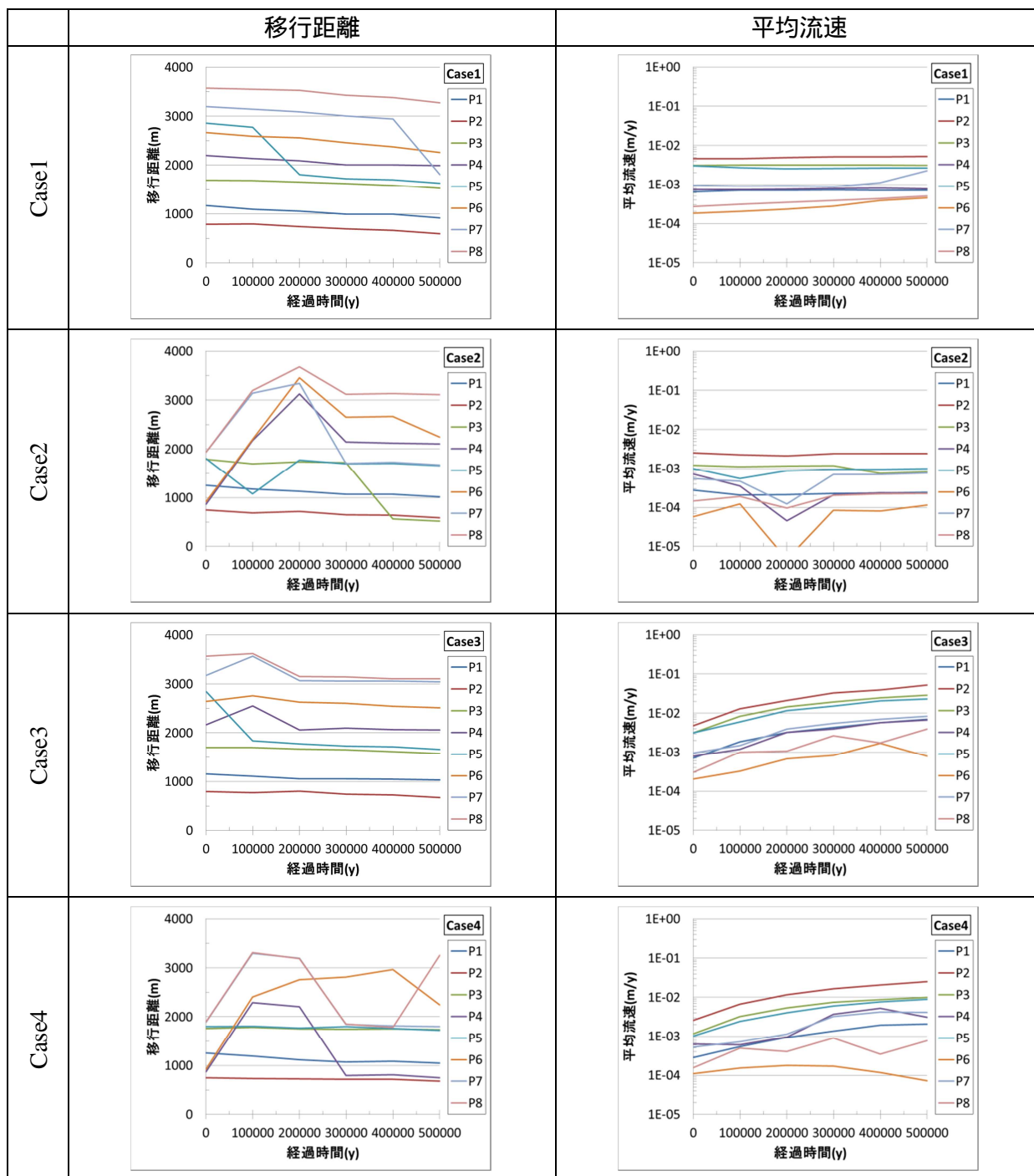


図 6.4-40 地下水流動解析の解析ケースにおける処分場位置ごとの移行距離及び平均流速（一様隆起ケース：1/3）

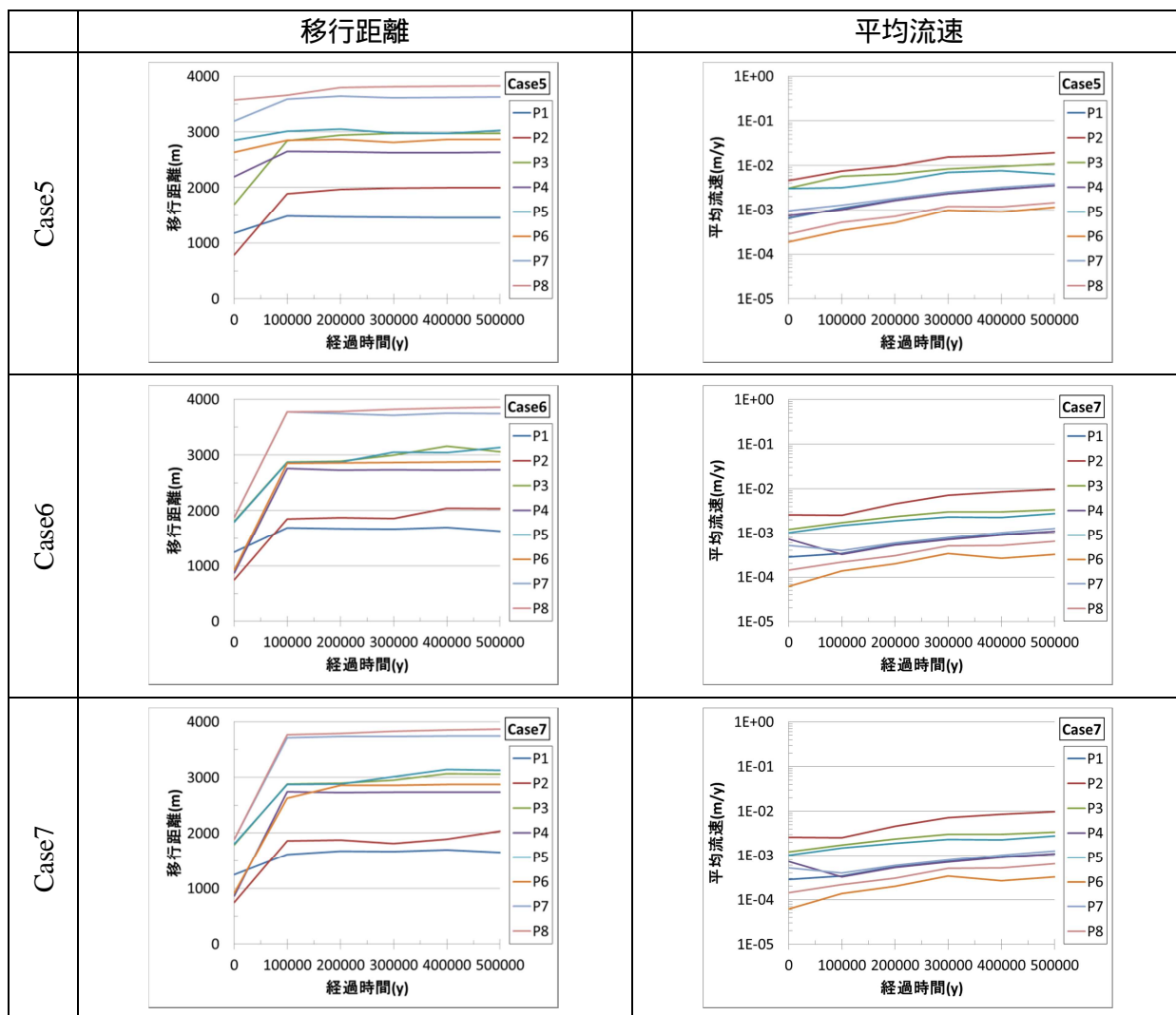


図 6.4-40 地下水流動解析の解析ケースにおける処分場位置ごとの移行距離及び平均流速（傾動隆起・侵食なしケース：2/3）

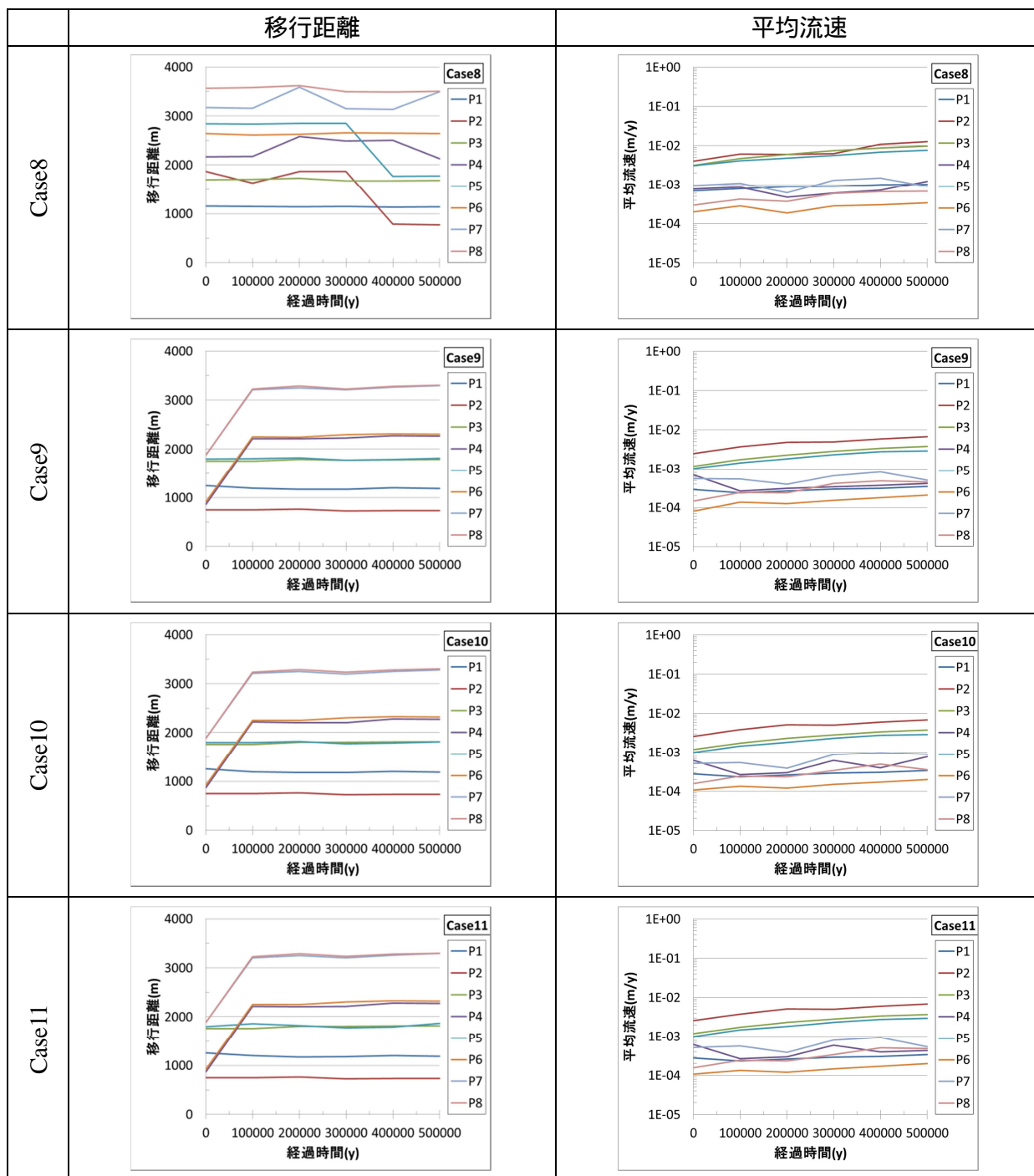


図 6.4-40 地下水流動解析の解析ケースにおける処分場位置ごとの移行距離及び平均流速（傾動隆起・侵食ありケース：3/3）

処分場位置ごとにみた解析ケースの影響について

次に、処分場位置ごとに整理した、地下水流動解析の解析ケースの移行距離を図 6.4-41 に、平均流速を図 6.4-42 に示す。同様に、ここでの移行距離とは、安全評価上の天然バリアとしての核種の移行遅延が機能する距離として地表から 40m を帯水層と仮定し、処分場から帯水層の下限に達するまでの距離として算出したものである。また、便宜的に、透水異方性を考慮しないケースと考慮するケースを分けて表示している。

透水異方性の影響に関しては、概して、透水異方性を考慮したケース (Case2、4、8、10) が、考慮しないケース (Case1、3、5、7) に比べて、移行距離が長く、流速は遅い傾向がある。ただし、解析ケースと処分場位置の組合せによっては、透水異方性を考慮した方が、移行経路の短絡により、移行距離が急激に短くなるケース (Case2 の P3 や Case4 の P4、Case2 及び 4 の P7) もある。なお、そのような移行経路の短絡が生じた場合でも、流速の急激な変化はみられない。

また、侵食の影響については、一様隆起及び傾動隆起ともに、移行距離に対する影響は比較的小さい。一方、平均流速に対しては、一様隆起と傾動隆起とともに侵食に伴う透水係数の上昇を考慮しているものの、その影響が異なっている。つまり、一様隆起では、侵食を考慮したケース (Case3、4) の方が、考慮しないケース (Case1、2) に比べて速くなっており、これは、侵食に伴う透水係数の上昇と一致している。それに対して、傾動隆起では、侵食を考慮したケース (Case8、10) と考慮しないケース (Case5、7) でほとんど差がないか (P3、5)、あるいは、逆に侵食を考慮した方の流速が遅いという場所 (P1、2、4、6、7、8) もみられる。

さらに、隆起のタイプの影響については、傾動隆起 (Case5、7、8、10) は、一様隆起 (Case1、2、3、4) よりも移行距離が長くなり、平均流速も速くなる傾向がある。ここで、移行距離が長くなったことに関しては、傾動隆起することで、浸出域がより遠くなり、平均流速が速くなったことに関しては、傾動隆起することで、動水勾配が大きくなるためであると考えられる。なお、傾動隆起による平均流速の増加に関して、西側の処分場位置ほど小さく、東側ほど大きいのは、この動水勾配の変化に関連している。

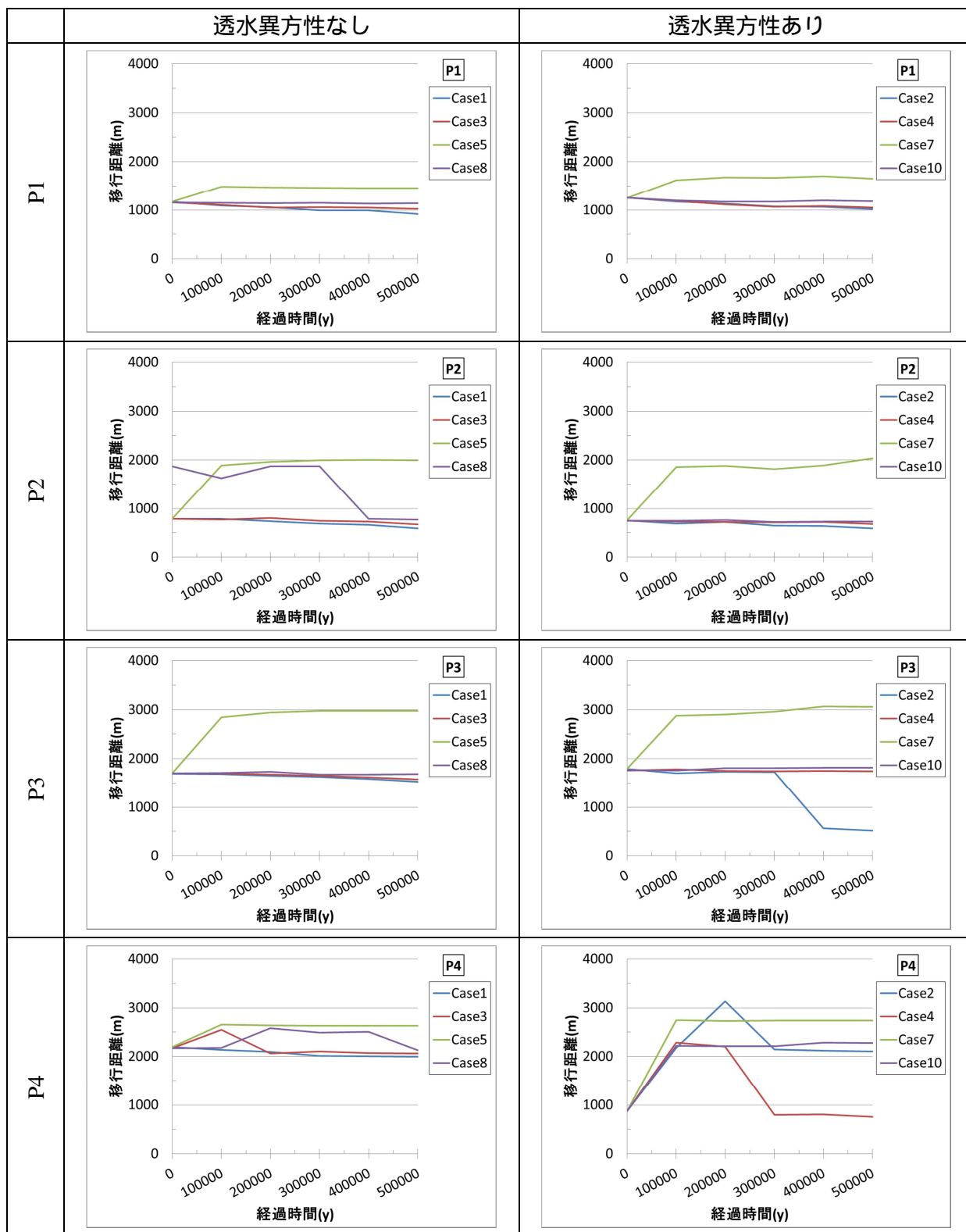


図 6.4-41 各処分場位置における地下水流動解析の解析ケースごとの移行距離の時間的な変化 (1/2)

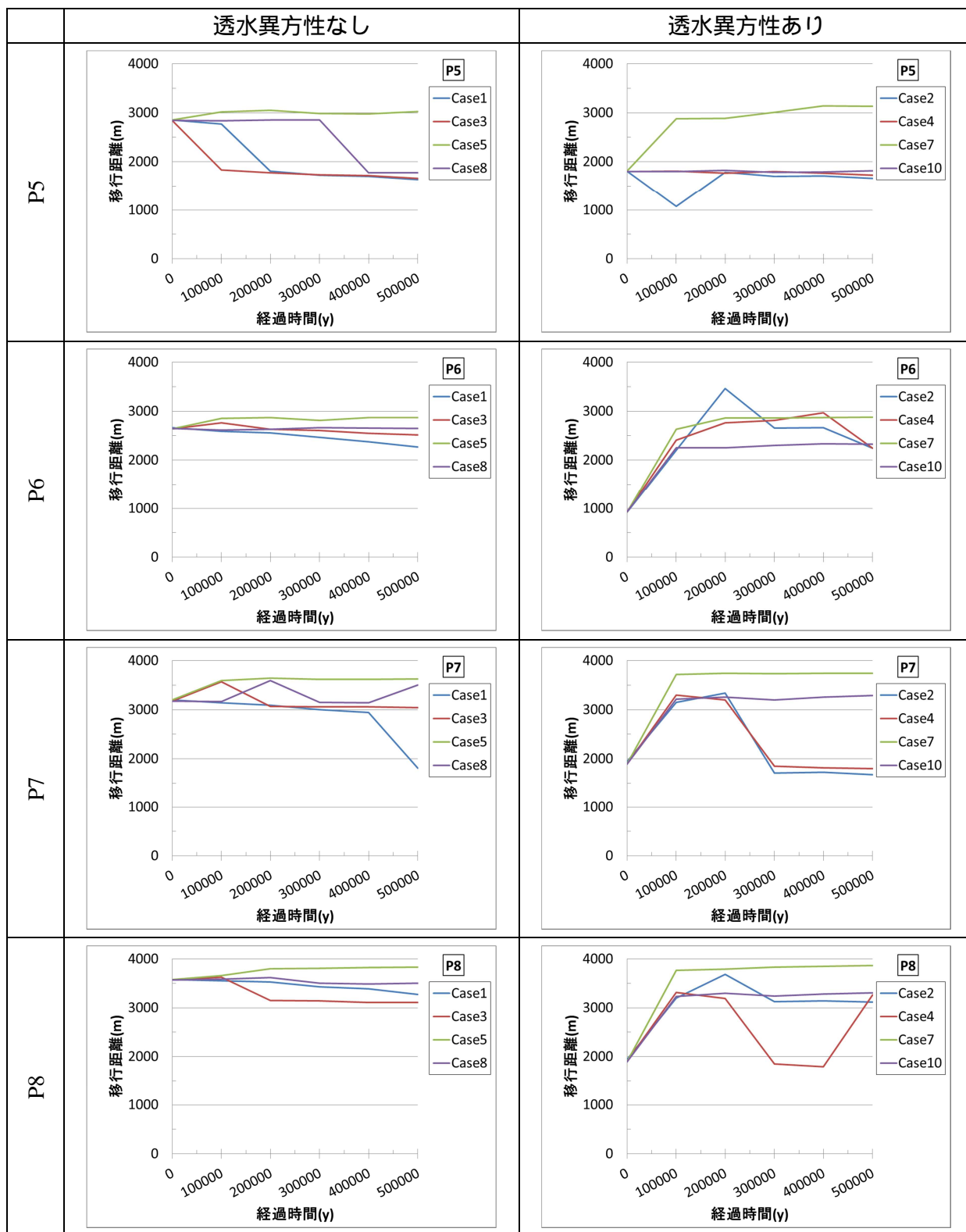


図 6.4-41 各処分場位置における地下水流動解析の解析ケースごとの移行距離の時間的な変化 (2/2)

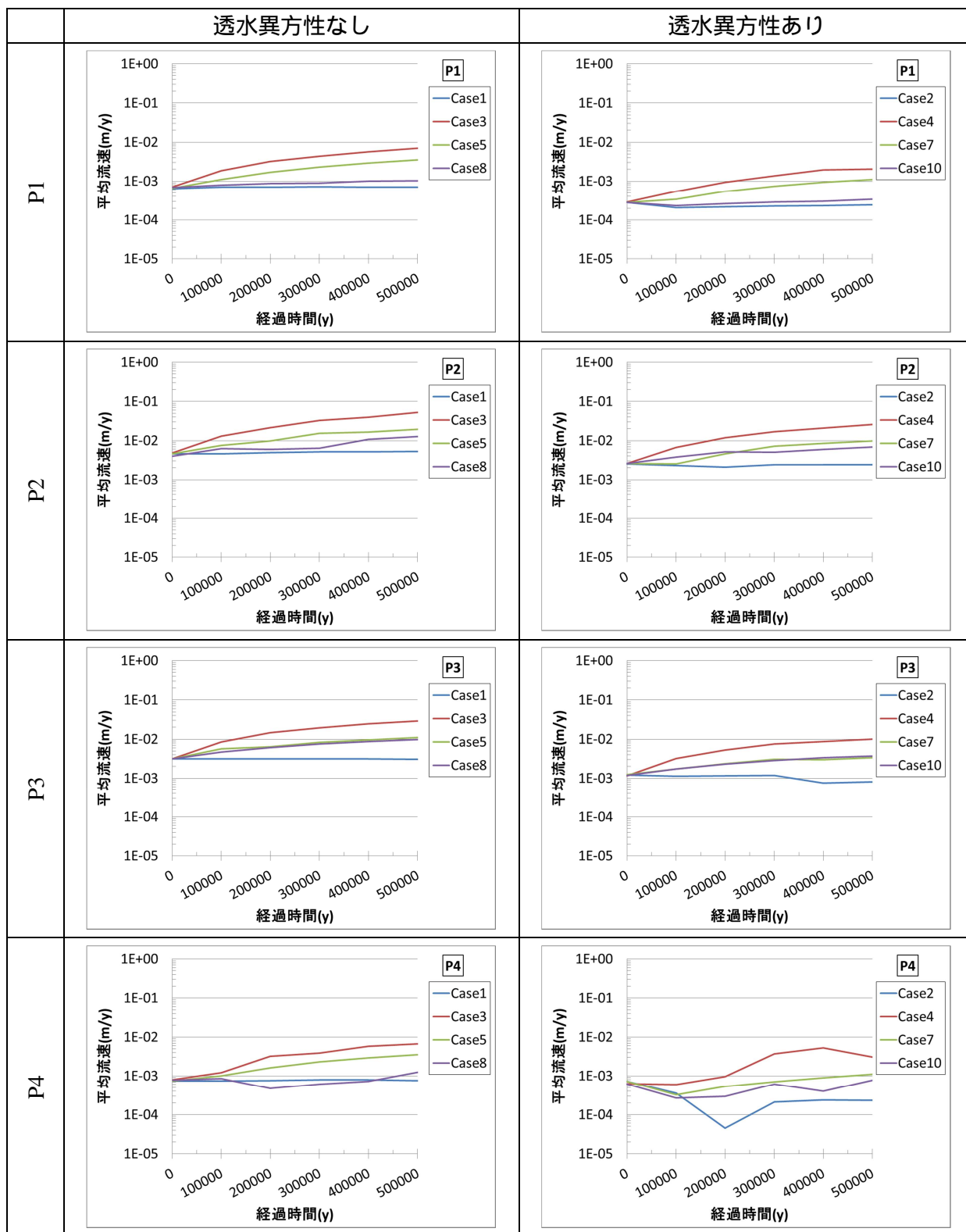


図 6.4-42 各処分場位置における地下水流動解析の解析ケースごとの平均流速の時間的な変化 (1/2)

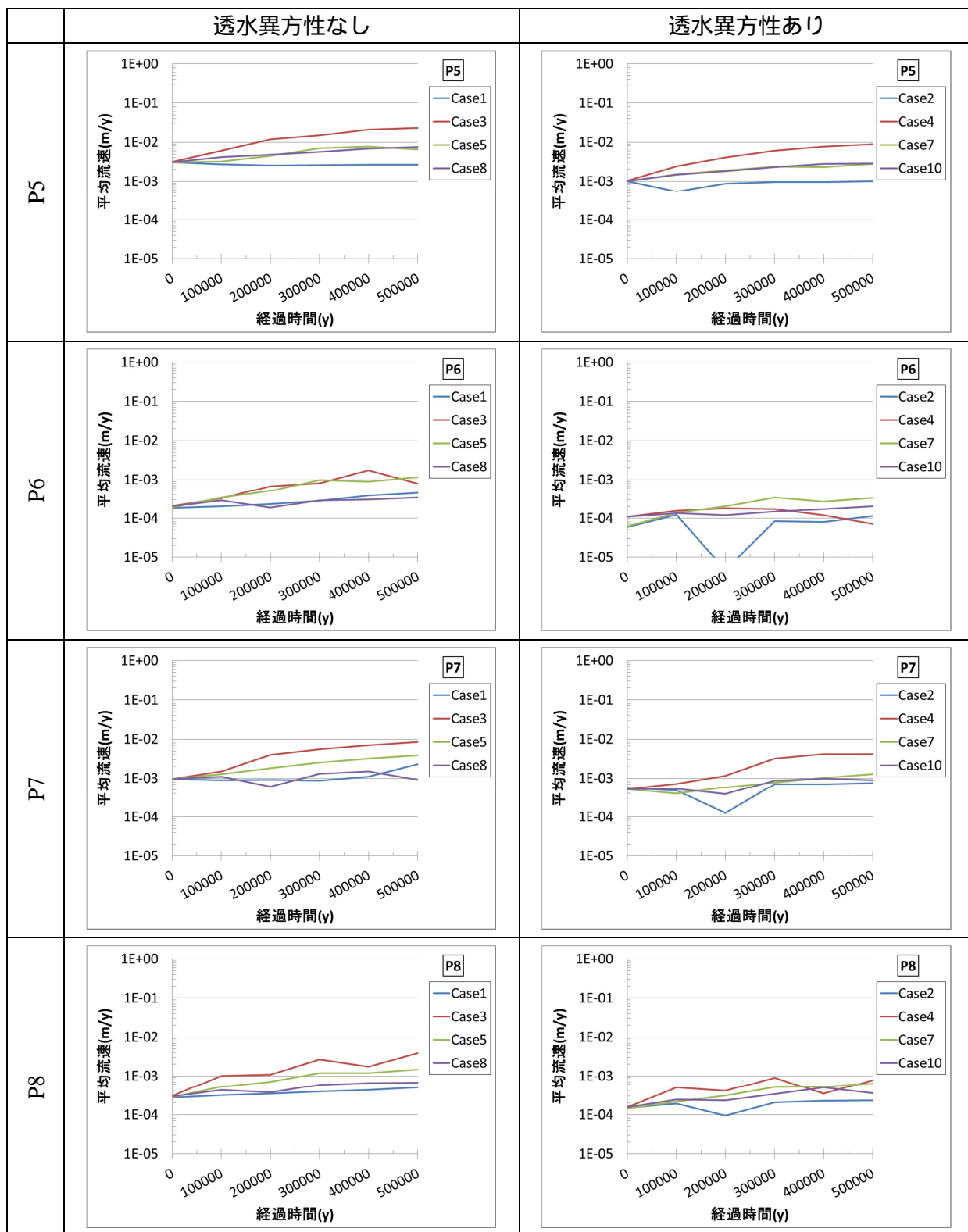


図 6.4-42 各処分場位置における地下水流動解析の解析ケースごとの平均流速の時間的な変化 (2/2)

(c) 隆起・侵食を想定したリンクージ解析の解析ケースの設定

上記の検討により、核種移行解析で考慮する解析ケースは、後述する通り、地下水流動における 8 つの解析ケース (Case1 ~ Case5、Case7、Case8、Case10) × 8 箇所の処分場位置 (P1 ~ P8) の計 64 ケースである (表 6.4-25)。

そこで、以下では、核種移行解析に資するため、上記の各解析ケースにおける移行経路上の地質条件と水質条件の内訳を図 6.4-43 ~ 図 6.4-50 に整理した。ここで、図の下側 (移行距離の 0m) が処分場側 (上流側) を、上側が地表側 (下流側) を表しており、棒グラフが地質条件の内訳を表している。なお、これ以降の検討では、簡便のため、図中の塩水/降水境界の下側 (上流側) の地下水 2 を塩水、上側 (下流側) の地下水 1 を降水と呼ぶものとする。

また、8 箇所の処分場位置において、初期状態において塩水条件であるのは、P1、P6、P7、P8 の 4 箇所であり、それらの処分場位置を想定した解析ケースでは、塩水条件から降水条件への変遷を考慮する必要があるため、処分場位置と塩水/降水境界の関係を図 6.4-51 ~ 図 6.4-58 に整理した。さらに、処分場位置と塩水/降水境界の関係から、処分場位置と塩水/降水境界が交差する最初の時刻を求め、これを処分場位置における塩水/降水条件の切り替わり時刻とした。解析ケースの処分場位置における塩水/降水条件の切り替わり時刻を表 6.4-18 に示す。同表には、百の位で四捨五入した時刻も併せて記載しており、実際の解析ではこちらを参考に解析条件を設定するものとした。なお、残りの 4 箇所 (P2、P3、P4、P5) の処分場位置に関しては、降水条件のみで解析を行う。

移行経路上の地質条件と水質条件の内訳

i) Case1

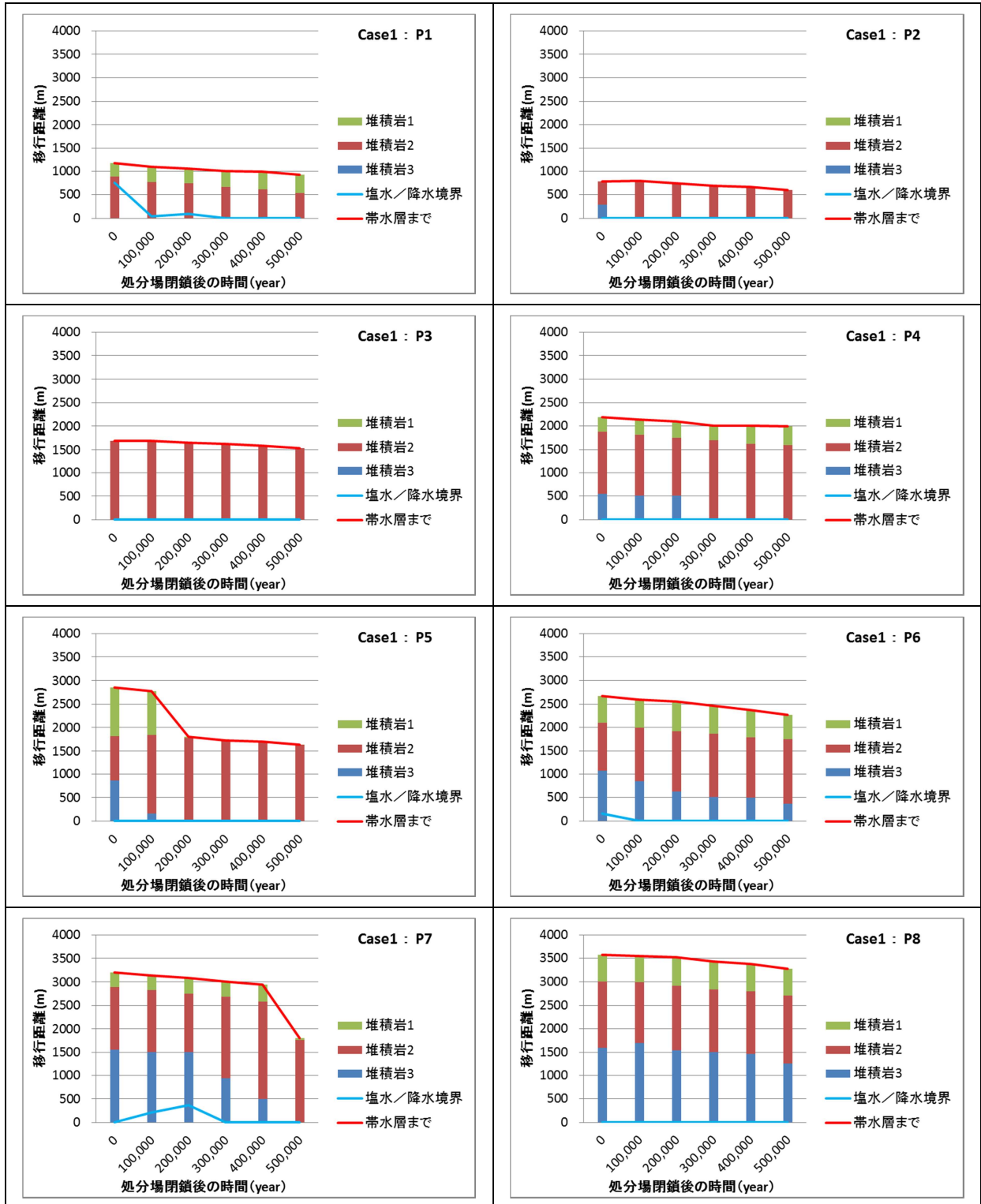


図 6.4-43 移行経路上の地質条件と水質条件の内訳：Case1

ii) Case2

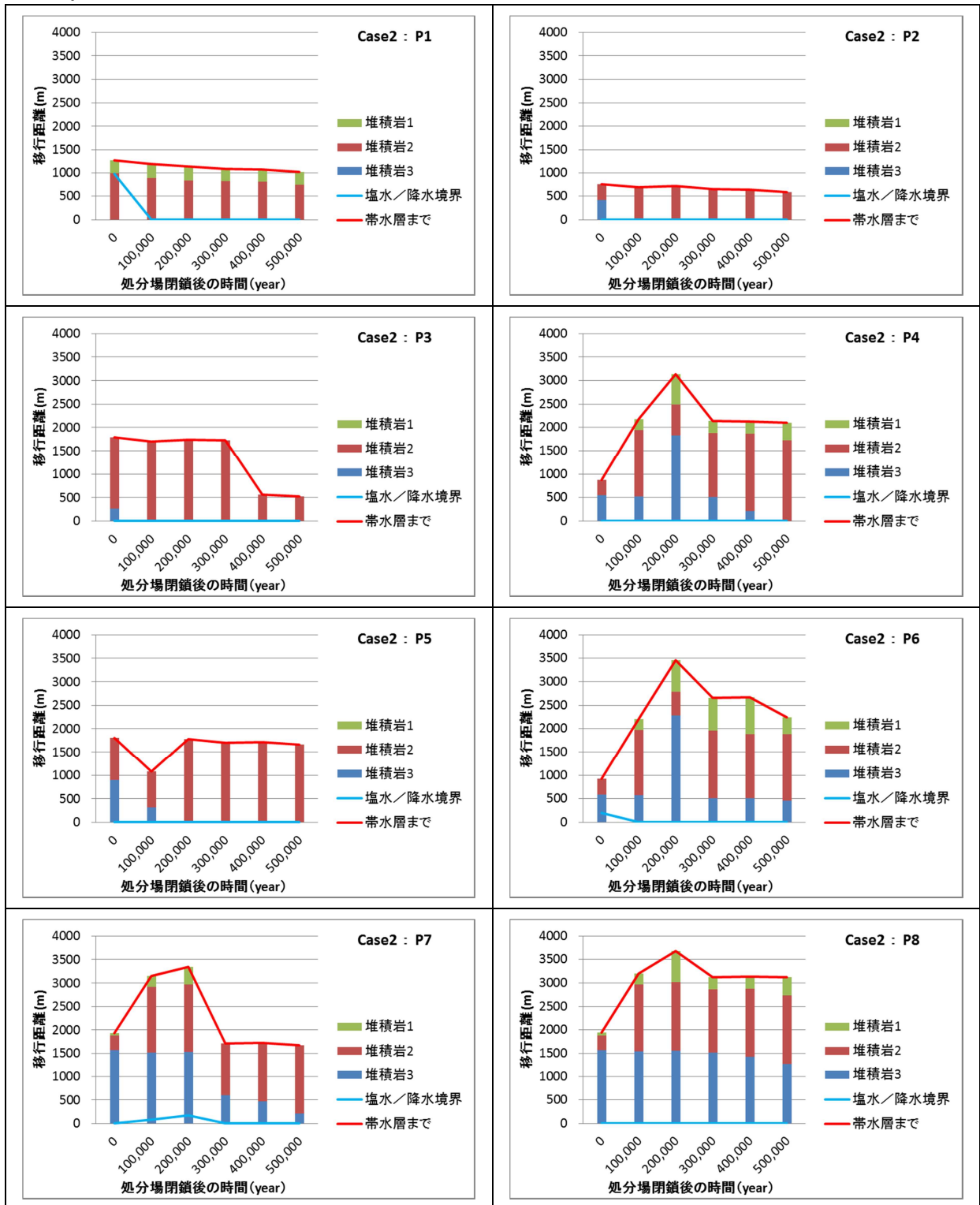


図 6.4-44 移行経路上の地質条件と水質条件の内訳：Case2

iii) Case3

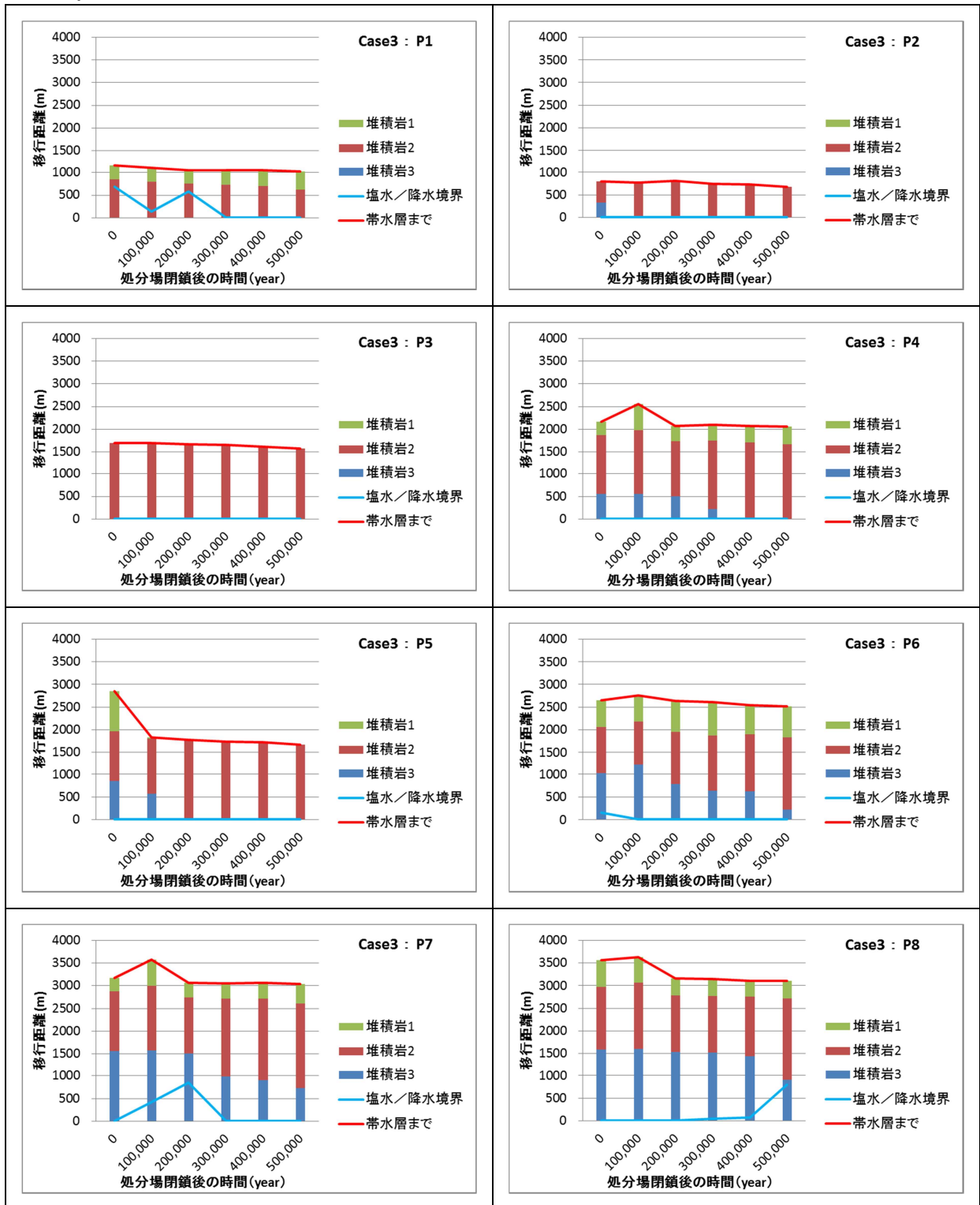


図 6.4-45 移行経路上の地質条件と水質条件の内訳：Case3

iv) Case4

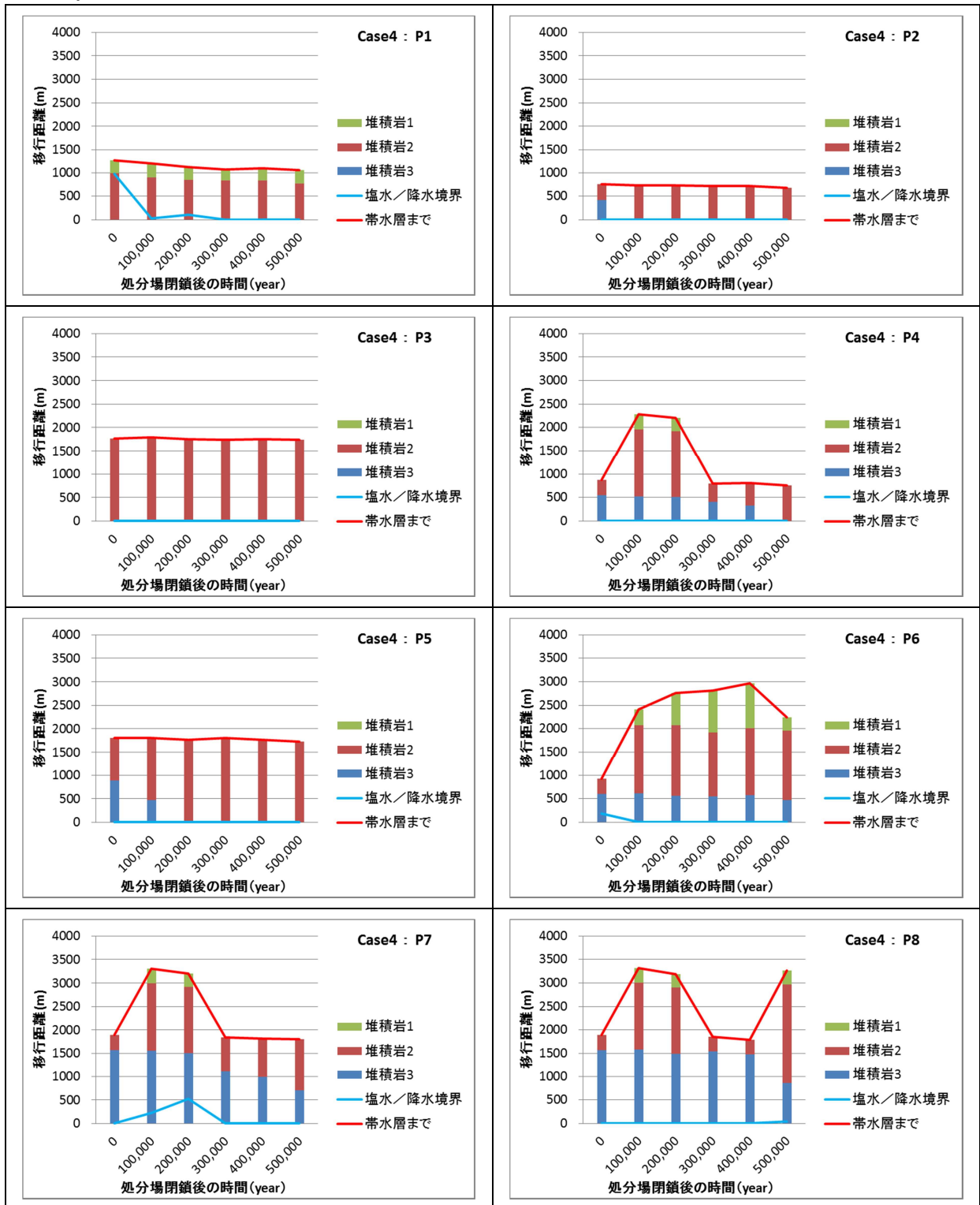


図 6.4-46 移行経路上の地質条件と水質条件の内訳：Case4

v) Case5

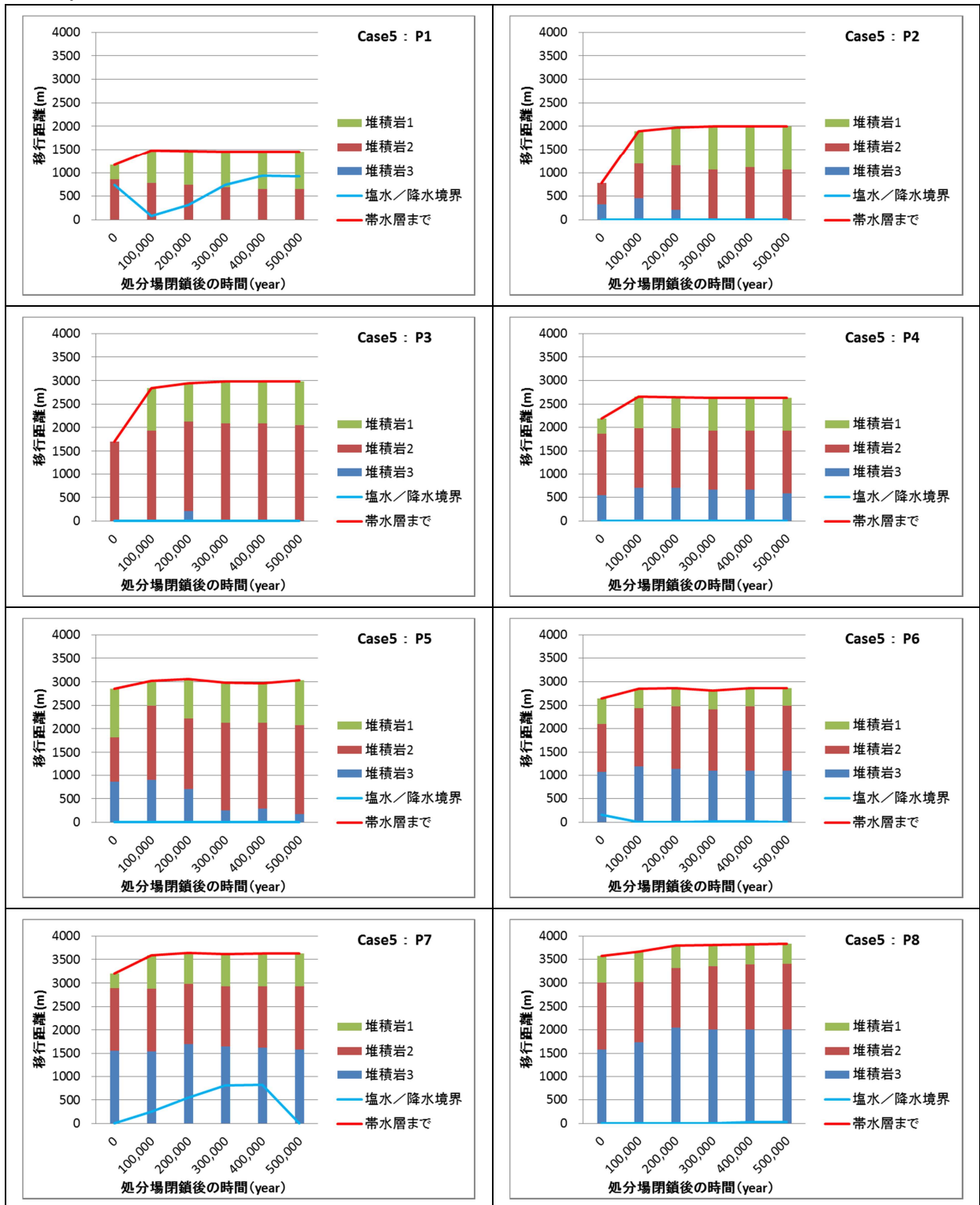


図 6.4-47 移行経路上の地質条件と水質条件の内訳：Case5

vi) Case7

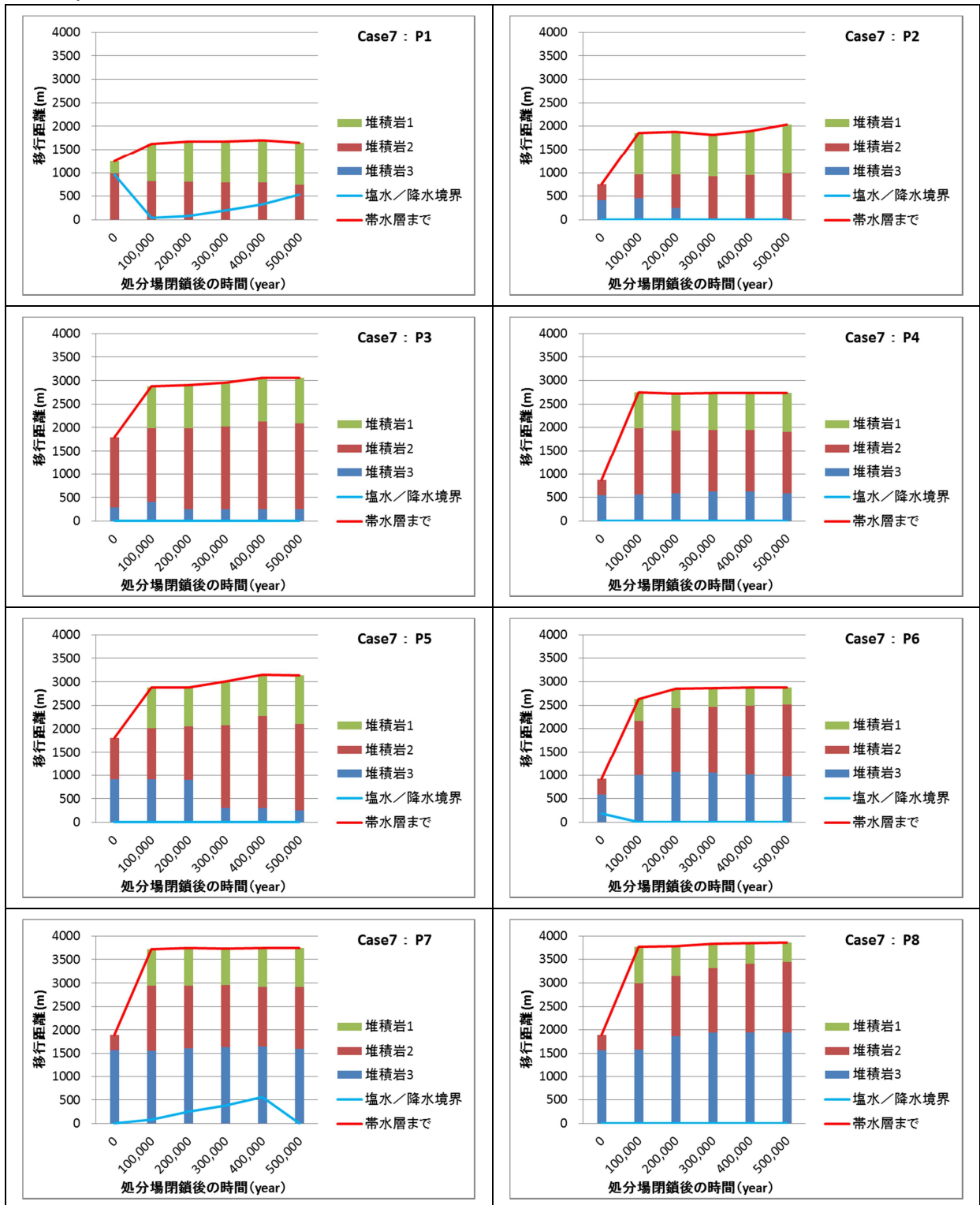


図 6.4-48 移行経路上の地質条件と水質条件の内訳：Case7

vii) Case8

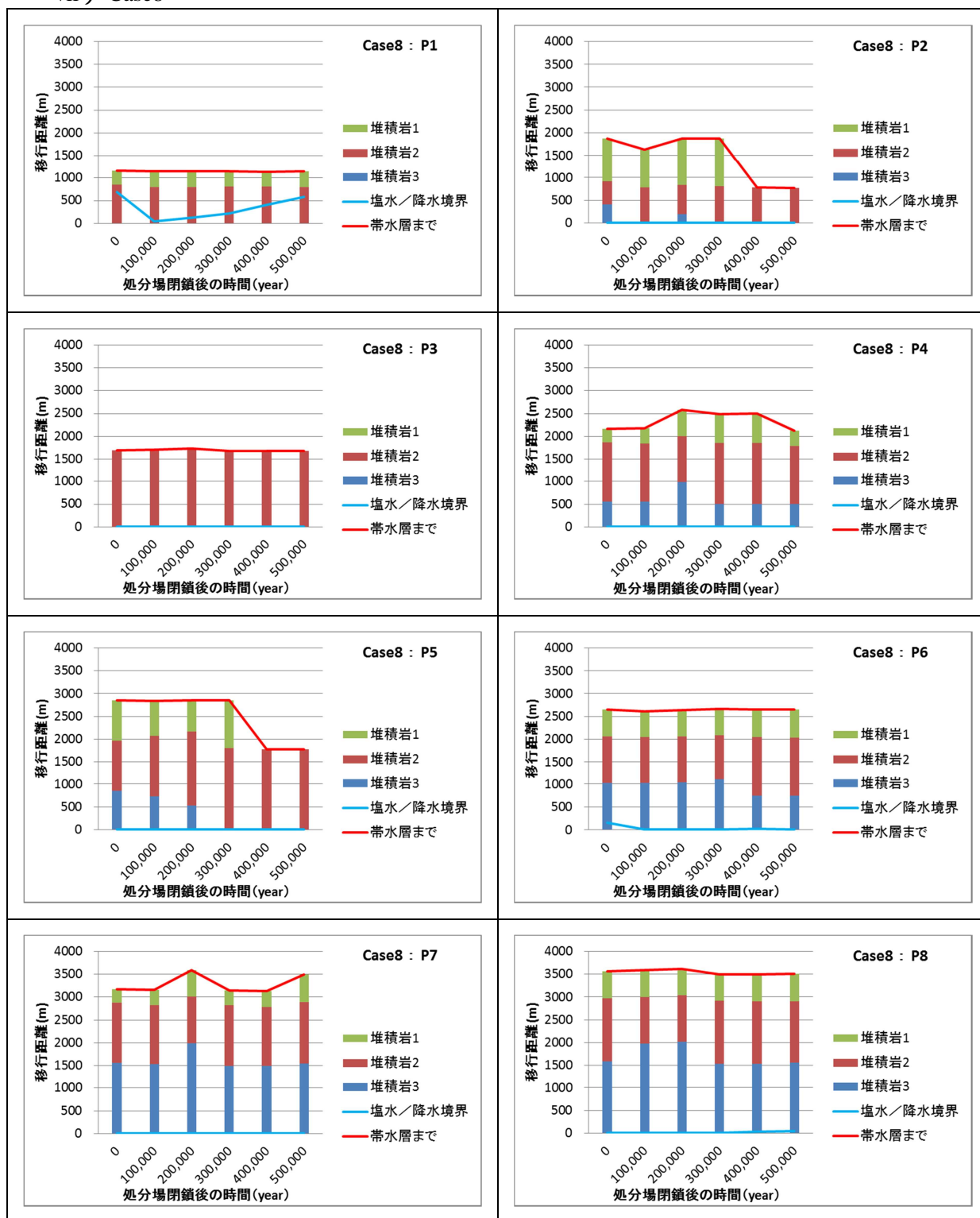


図 6.4-49 移行経路上の地質条件と水質条件の内訳：Case8

viii) Case10

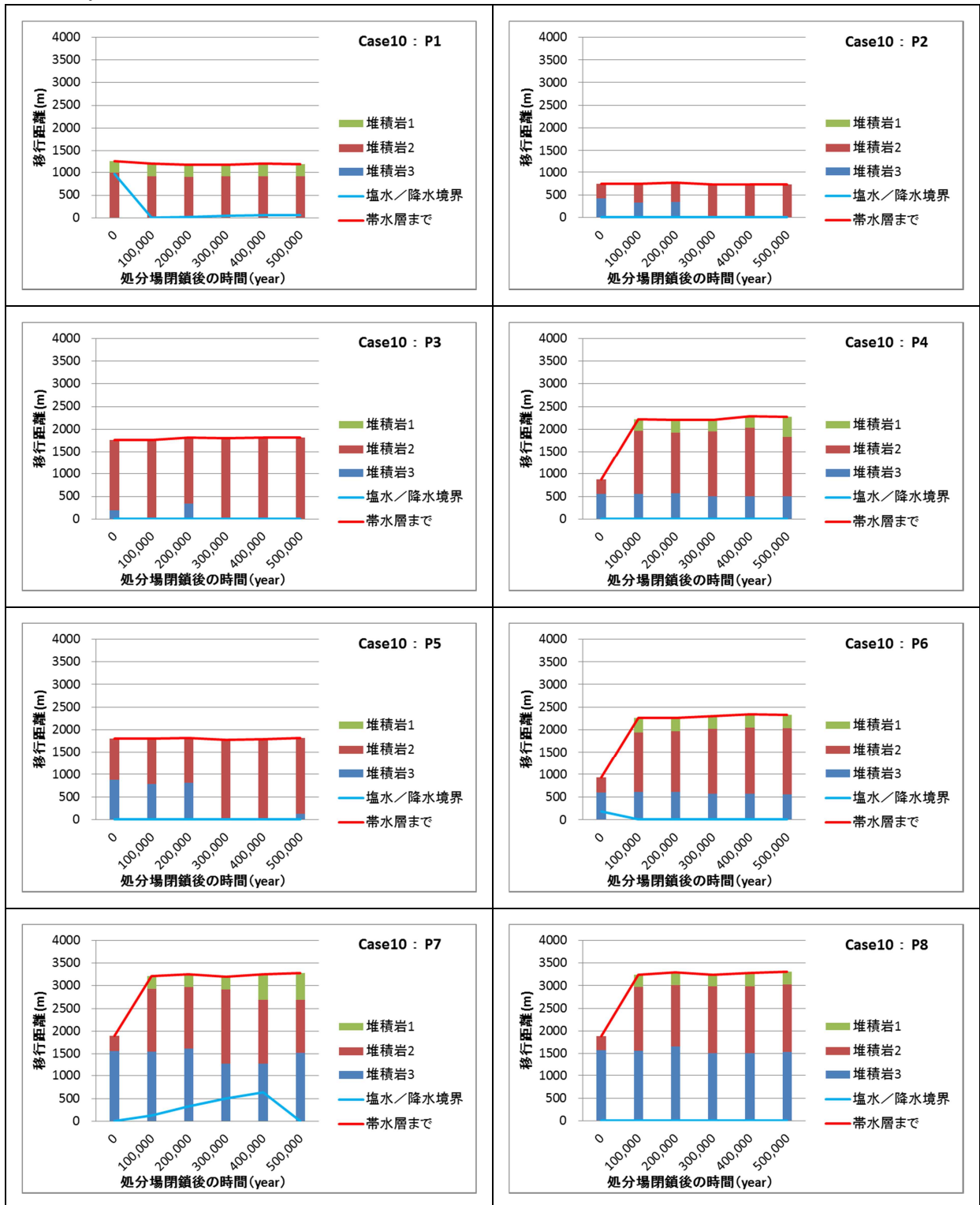


図 6.4-50 移行経路上の地質条件と水質条件の内訳：Case10

処分場位置と塩水 / 降水境界の関係

i) Case1

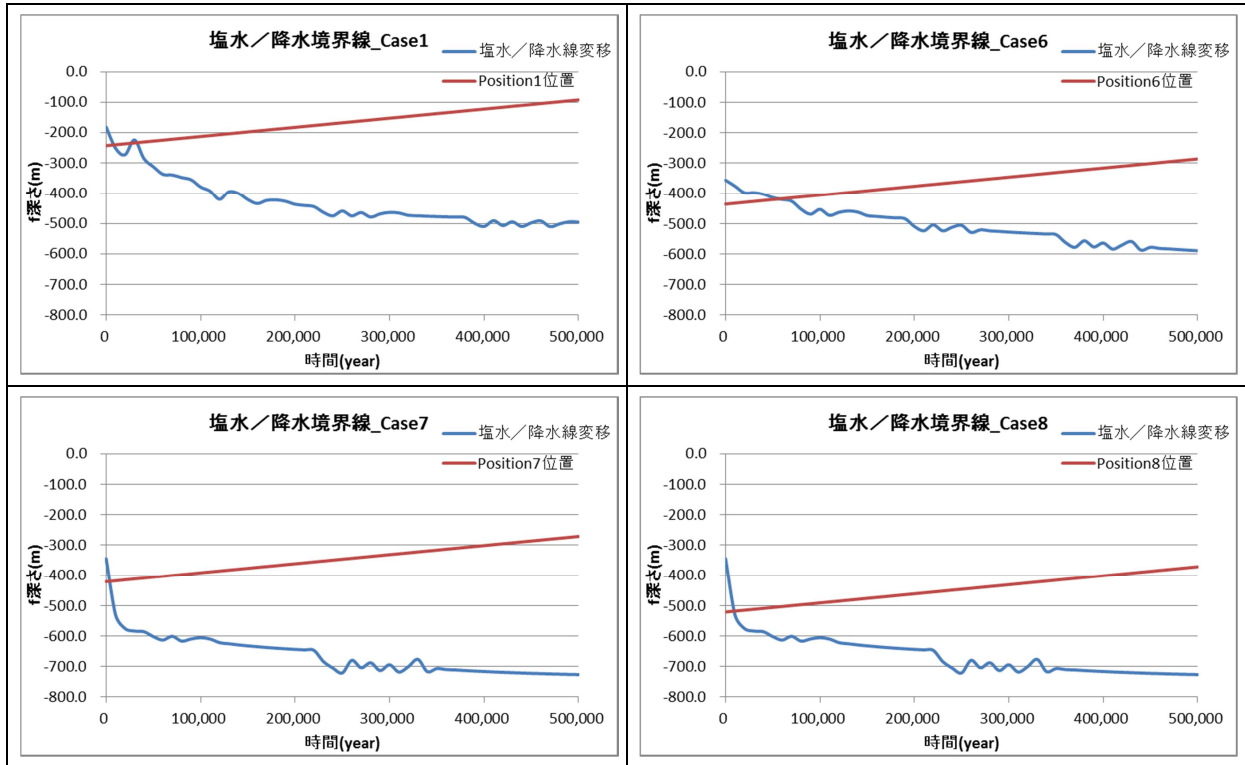


図 6.4-51 処分場位置と塩水/降水境界の関係：Case1

ii) Case2

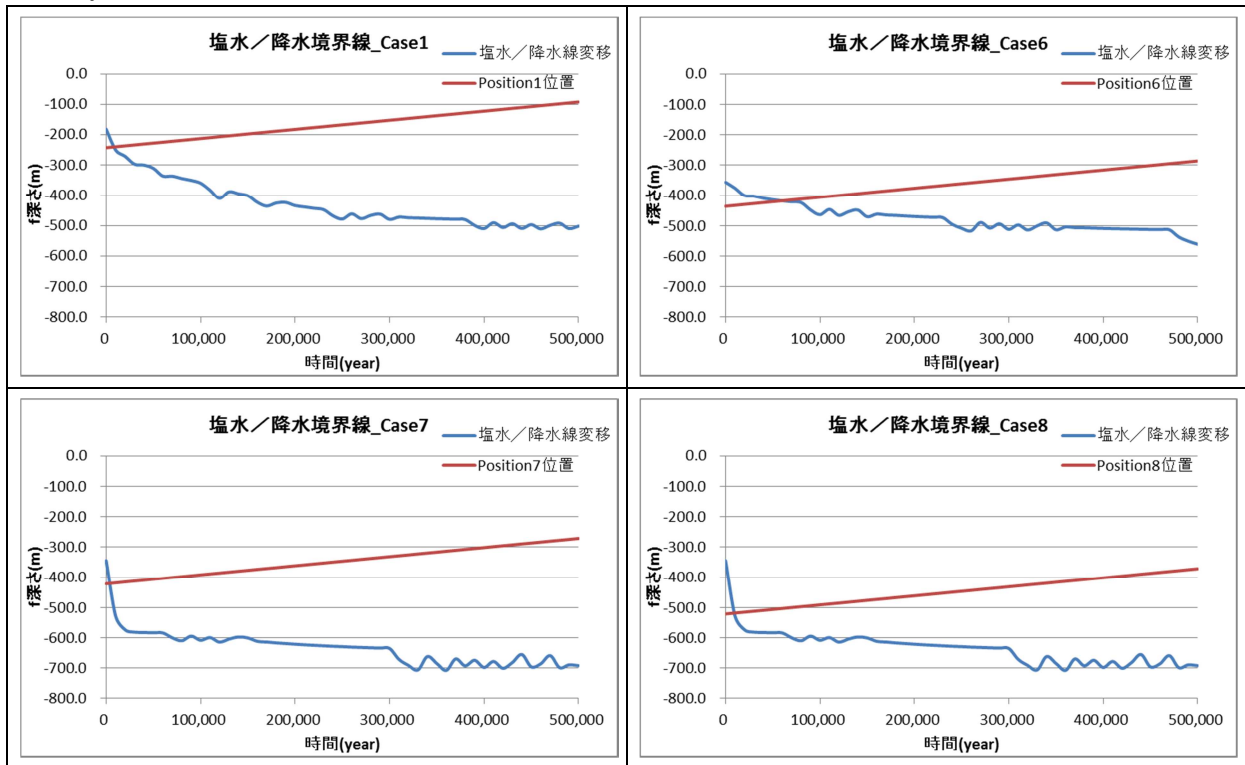


図 6.4-52 処分場位置と塩水/降水境界の関係：Case2

iii) Case3

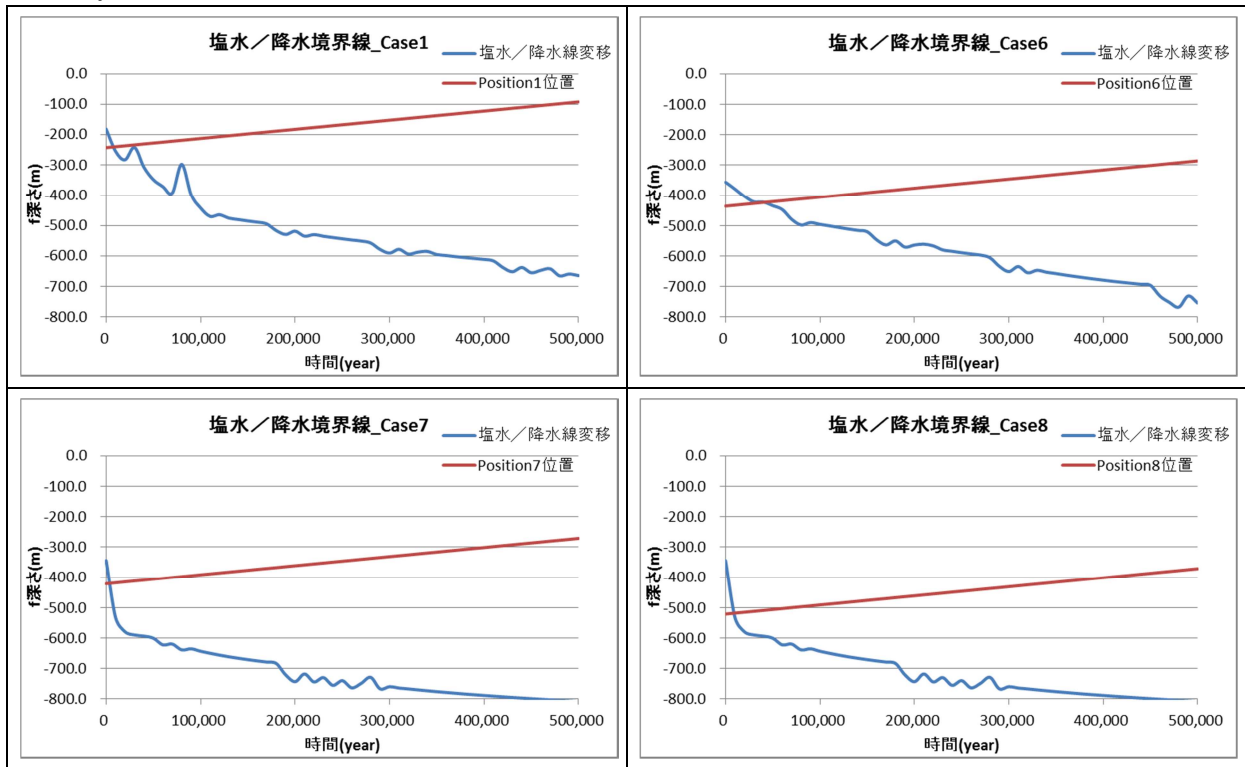


図 6.4-53 処分場位置と塩水/降水境界の関係：Case3

iv) Case4

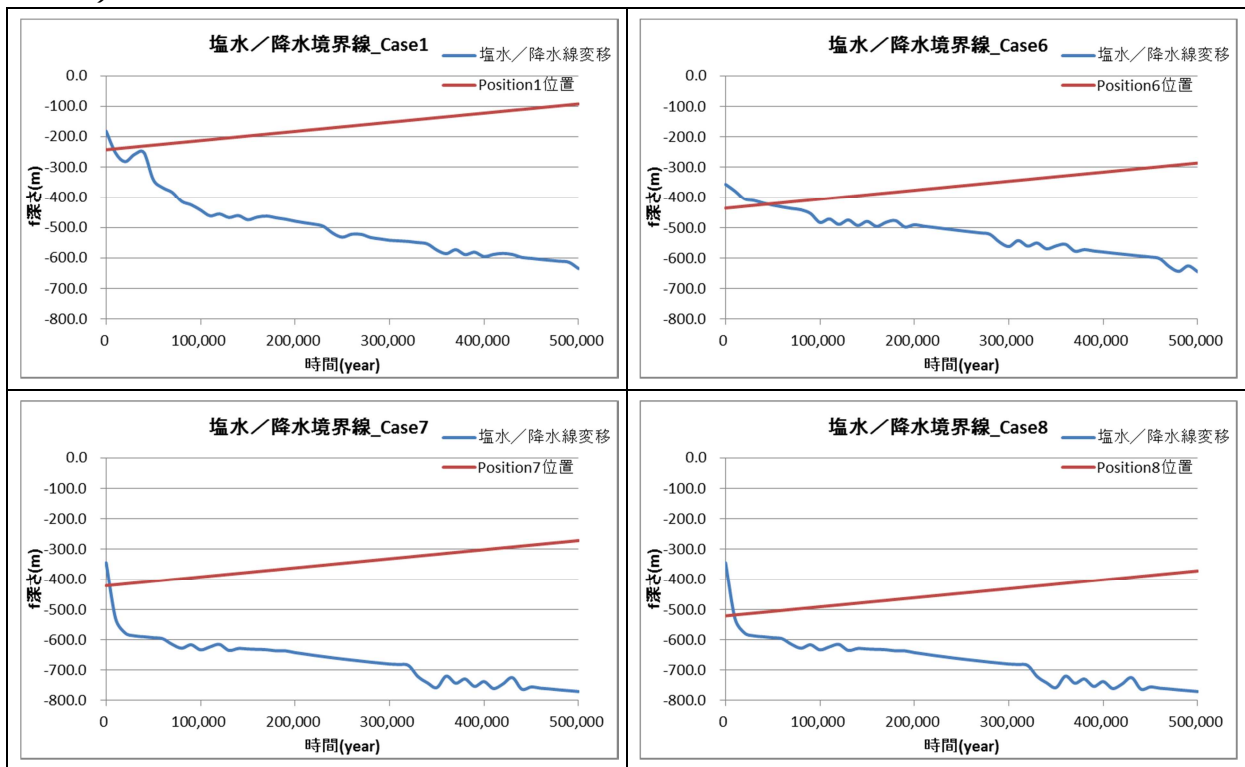


図 6.4-54 処分場位置と塩水/降水境界の関係：Case4

v) Case5

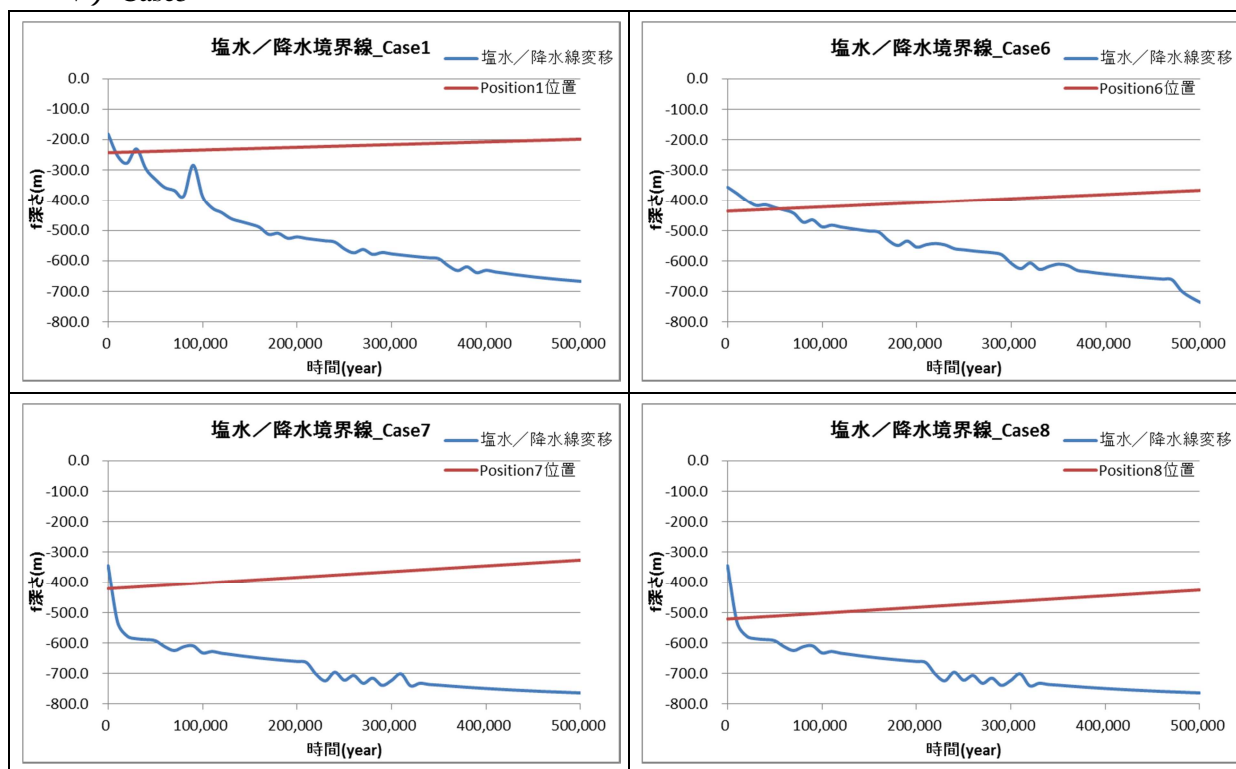


図 6.4-55 処分場位置と塩水/降水境界の関係：Case5

vi) Case7

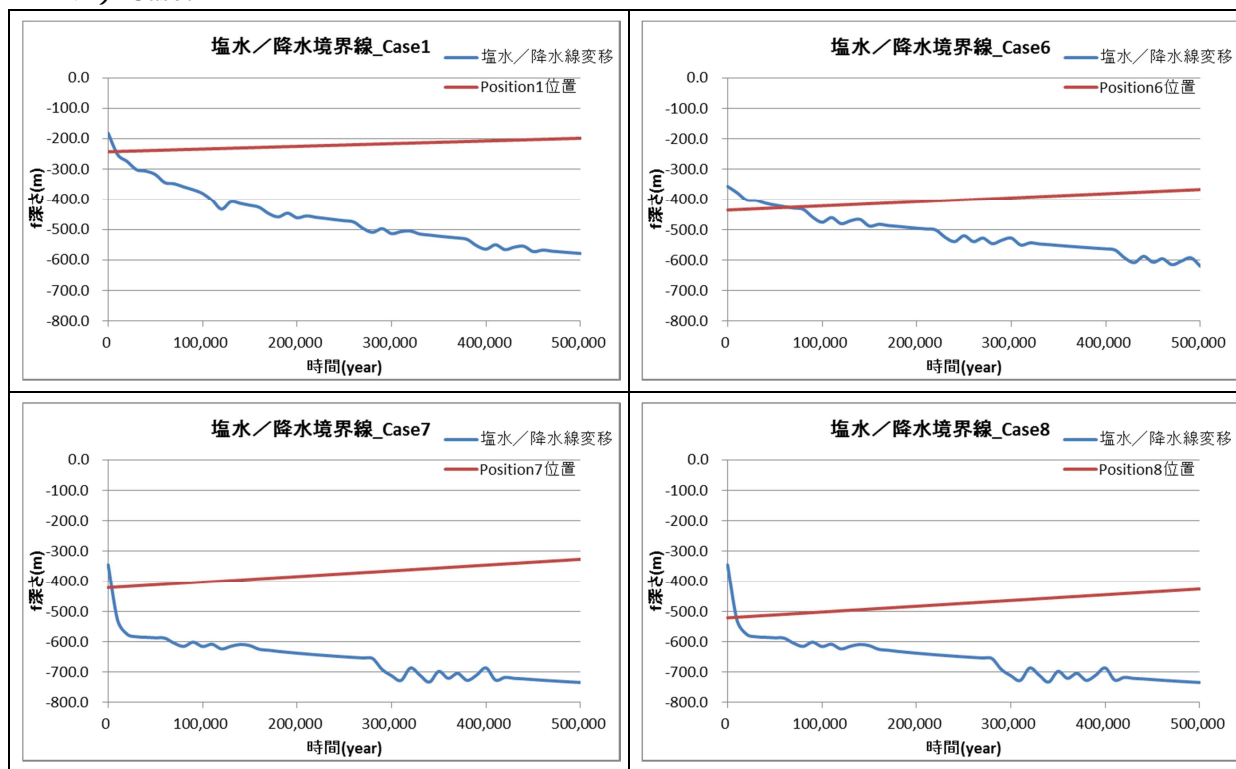


図 6.4-56 処分場位置と塩水/降水境界の関係：Case7

vii) Case8

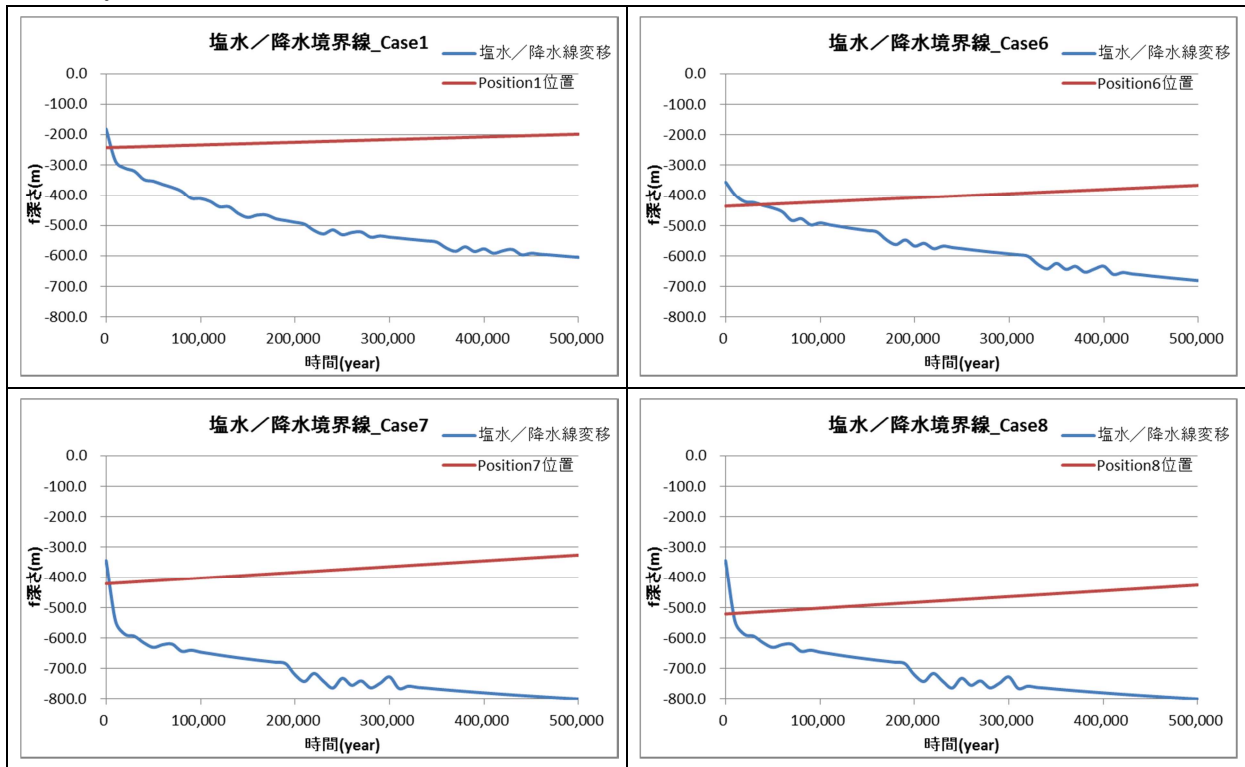


図 6.4-57 処分場位置と塩水/降水境界の関係：Case8

viii) Case10

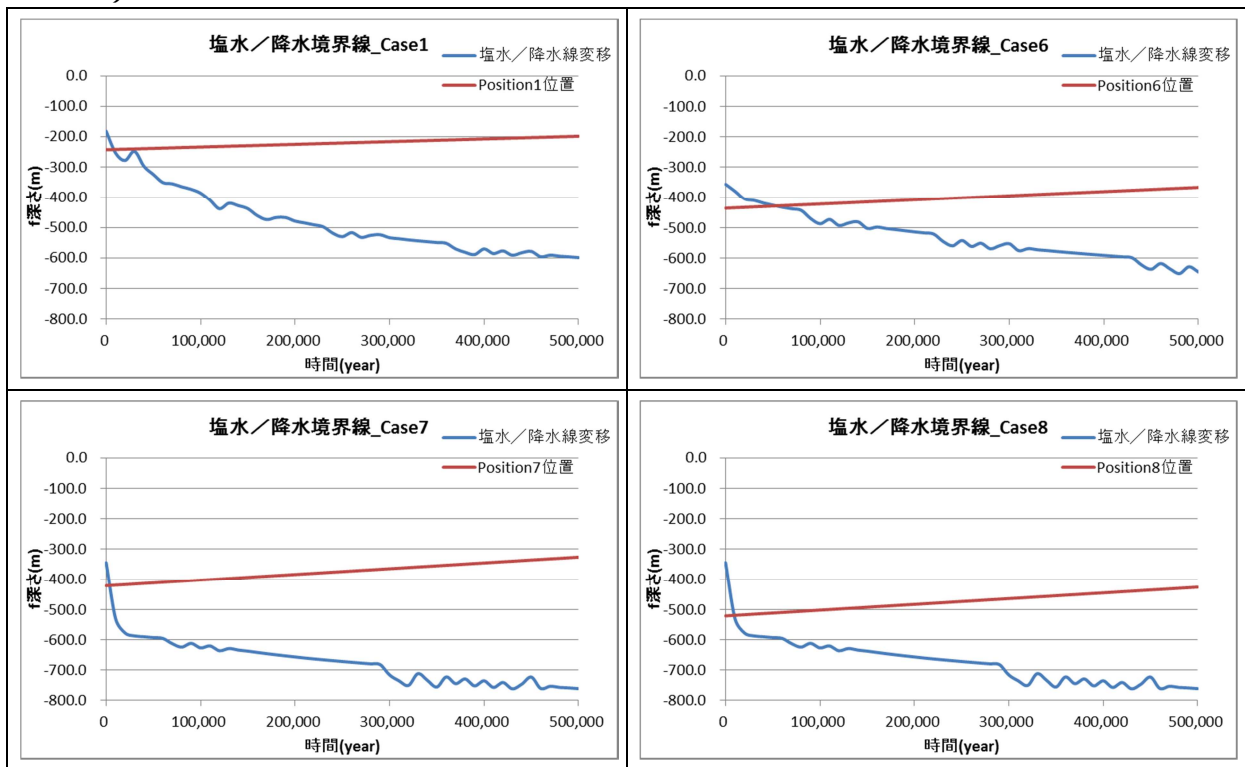


図 6.4-58 処分場位置と塩水/降水境界の関係：Case10

表 6.4-18 各解析ケースの処分場位置における塩水/降水条件の切り替わり時刻

| Case No. | Position | 地下水条件 | 切り替わり時刻 (年) | 百の位で 四捨五入 した時刻 (年) |
|----------|----------|-------|----------------|-----------------------------|
| 1 | 1 | 塩水 降水 | 8392 | 8000 |
| | 6 | 塩水 降水 | 57200 | 57000 |
| | 7 | 塩水 降水 | 4064 | 4000 |
| | 8 | 塩水 降水 | 9332 | 9000 |
| 2 | 1 | 塩水 降水 | 8566 | 9000 |
| | 6 | 塩水 降水 | 59595 | 60000 |
| | 7 | 塩水 降水 | 4129 | 4000 |
| | 8 | 塩水 降水 | 9481 | 9000 |
| 3 | 1 | 塩水 降水 | 8009 | 8000 |
| | 6 | 塩水 降水 | 40896 | 41000 |
| | 7 | 塩水 降水 | 4016 | 4000 |
| | 8 | 塩水 降水 | 9221 | 9000 |
| 4 | 1 | 塩水 降水 | 8166 | 8000 |
| | 6 | 塩水 降水 | 44847 | 45000 |
| | 7 | 塩水 降水 | 4082 | 4000 |
| | 8 | 塩水 降水 | 9372 | 9000 |
| 5 | 1 | 塩水 降水 | 8423 | 8000 |
| | 6 | 塩水 降水 | 54625 | 55000 |
| | 7 | 塩水 降水 | 4071 | 4000 |
| | 8 | 塩水 降水 | 9347 | 9000 |
| 7 | 1 | 塩水 降水 | 8608 | 9000 |
| | 6 | 塩水 降水 | 64218 | 64000 |
| | 7 | 塩水 降水 | 4136 | 4000 |
| | 8 | 塩水 降水 | 9497 | 9000 |
| 8 | 1 | 塩水 降水 | 5716 | 6000 |
| | 6 | 塩水 降水 | 36591 | 37000 |
| | 7 | 塩水 降水 | 3800 | 4000 |
| | 8 | 塩水 降水 | 8724 | 9000 |
| 10 | 1 | 塩水 降水 | 8390 | 8000 |
| | 6 | 塩水 降水 | 53411 | 53000 |
| | 7 | 塩水 降水 | 4095 | 4000 |
| | 8 | 塩水 降水 | 9403 | 9000 |

(d) 隆起・侵食シナリオにおける緩衝材変質・間隙水組成の変遷評価のための解析ケースの設定

上記の検討により、隆起・侵食シナリオにおける緩衝材変質・間隙水組成の変遷評価で考慮する必要のある解析ケースは、塩水/降水条件の切り替わり時刻に着目して整理すると、表 6.4-19 のようになった。また、降水 塩水の切り替わり時刻に関する昨年度の解析から、数千年程度の違いに対して、緩衝材中の透水性や水質の変化に顕著な影響が見られなかったことから、解析ケースの絞込みを行い、最終的には表 6.4-20 の 6 ケースを、隆起・侵食シナリオにおける緩衝材変質・間隙水組成の変遷評価のための解析ケースとして設定した。

表 6.4-19 切り替わり時刻による解析ケースの整理

| Case | 地下水条件 | 切り替わり時刻 (年) |
|------|-------|-------------|
| A | 降水 | - |
| B | 塩水 降水 | 4000 |
| C | 塩水 降水 | 6000 |
| D | 塩水 降水 | 8000 |
| E | 塩水 降水 | 9000 |
| F | 塩水 降水 | 37000 |
| G | 塩水 降水 | 41000 |
| H | 塩水 降水 | 45000 |
| I | 塩水 降水 | 53000 |
| J | 塩水 降水 | 55000 |
| K | 塩水 降水 | 57000 |
| L | 塩水 降水 | 60000 |
| M | 塩水 降水 | 64000 |

表 6.4-20 隆起・侵食シナリオにおける緩衝材変質・間隙水組成の変遷評価のための解析ケース

| Case | 地下水条件 | 切り替わり時刻 (年) |
|------|-------|--------------------------------|
| A | 降水 | - |
| C | 塩水 降水 | 6000 (B : 4000) |
| E | 塩水 降水 | 9000 (D : 8000) |
| H | 塩水 降水 | 45000 (F: 37000、 G:41000) |
| K | 塩水 降水 | 57000 (I : 53000、 J : 55000) |
| M | 塩水 降水 | 64000 (L : 60000) |

6.4.2 緩衝材変質・間隙水組成の変遷評価

6.4.1 項の地下水流動解析の地下環境条件の評価結果を考慮し、MC-BUFFER を用いて地層処分的人工バリアシステムとして、オーバーバック - 緩衝材 - 支保工とした計算体系にて緩衝材変質評価計算を実施した。

(1) 解析条件

解析体系は 6.3.1 項と同様に、HLW を模擬した 1 次元解析体系とし、オーバーバック 19cm、緩衝材 70cm、支保工 60cm とした。境界条件についても 6.3.1 項と同じとし、人工バリアの支保工外側に EDZ を境界条件として設定した。解析評価時間は 6.3.1 項と同じ 10 万年間とし、タイムステップは 1 カ月と設定した。温度については、6.3.1 項と同様に人工バリアの温度変遷を模擬するため、オーバーバックの経時的な温度変化 (100 ~ 47) を設定した。EDZ に設定する地下水質については、塩水 / 降水境界より上層を降水系地下水とし、下層を塩水系地下水と扱い、それぞれの地下水組成については、平成 24 年度にも用いた表 6.4-21 に示す幌延地下水組成を設定した。鉱物組成およびモンモリロナイト溶解速度モデルやベントナイト透水係数評価モデル等の評価モデル、熱力学データベース、各領域における初期間隙率も、6.2.1 項で用いたものと同じとした。

表 6.4-21 幌延地下水組成

| 降水系地下水 | | 塩水系地下水 | |
|-------------|----------------|-------------|----------------|
| Temperature | 25 | Temperature | 25 |
| pH | 6.8 | pH | 6.3 |
| Eh | -210 mV | Eh | -210 mV |
| Na | 9.74E-02 mol/L | Na | 3.37E-01 mol/L |
| K | 2.56E-03 mol/L | K | 4.09E-03 mol/L |
| Ca | 2.75E-03 mol/L | Ca | 4.24E-03 mol/L |
| Mg | 2.47E-03 mol/L | Mg | 6.99E-03 mol/L |
| C | 2.50E-02 mol/L | C | 1.92E-01 mol/L |
| S | 9.60E-04 mol/L | S | 1.03E-03 mol/L |
| Cl | 9.00E-02 mol/L | Cl | 2.61E-01 mol/L |
| Fe | 2.36E-04 mol/L | Fe | 1.79E-06 mol/L |
| Si | 3.34E-03 mol/L | Si | 1.74E-03 mol/L |

(2) 解析ケース

解析ケースについては、6.4.1 項にて決定した隆起・侵食による地下水流動解析の評価結果より設定した 13 ケース (ケース A ~ ケース M) より、表 6.4-22 に解析ケースに示す 6 ケースを採用した。これら採用したケースについては、平成 24 年度における隆起・侵食による人工バリア解析での結果を踏まえ、時間の感度を検討した結果、数千年程度での人工バリア変遷においては、影響が少ないことから切り替え年数の近いケースについては集約することとした。さらに、切り替え年数が長期のケース M の解析結果より、ケース F の 37,000 年後までに支保工領域におけるアルカリ成分が低下していることからモンモリロナイト溶解が緩和され、人工バリア変遷においてあまり変化が見られないことから、表 6.4-23 に示すとおり 13 ケースを 6 ケー

スに集約した。ただし、比較的切り替え年数の近いケース C とケース E については、支保工領域の Mg 濃度が 8,000 年から上昇することによるガラス固化体の溶解速度への影響を考慮し、2 ケースのままとした。

表 6.4-22 におけるケース A については、初期より処分場位置が降水系環境条件であり、100,000 年間継続するケースとし、ケース C~M については初期の処分場位置が塩水系環境条件であり、各切り替え年数で降水系環境条件に変化するケースとしている。さらに、地下水質切り替わり以降は全て降水系環境条件が継続するものとした。

表 6.4-22 人工バリア解析ケース一覧

| ケース | 温度 [] | 緩衝材厚さ [cm] | 乾燥密度 [g/cm ³] | 混合率 [Bnt : Qtz] | 支保工厚さ [cm] | 切替年数 [塩水→降水] |
|-----|-----------|---------------|------------------------------|--------------------|---------------|-----------------|
| A | 100~47 | 70 | 1.6 | 7 : 3 | 60 | 0 |
| C | 100~47 | 70 | 1.6 | 7 : 3 | 60 | 6000 |
| E | 100~47 | 70 | 1.6 | 7 : 3 | 60 | 9000 |
| H | 100~47 | 70 | 1.6 | 7 : 3 | 60 | 45000 |
| K | 100~47 | 70 | 1.6 | 7 : 3 | 60 | 57000 |
| M | 100~47 | 70 | 1.6 | 7 : 3 | 60 | 64000 |

表 6.4-23 集約ケース割り当て一覧

| 集約ケース | 地下水組成 切替年数 | 割当ケース | 切替年数 |
|-------|---------------|-------|--------|
| A | 0 | - | - |
| C | 6,000 | B | 4,000 |
| E | 9,000 | D | 8,000 |
| H | 45,000 | F | 37,000 |
| | | G | 41,000 |
| K | 57,000 | I | 53,000 |
| | | J | 55,000 |
| M | 64,000 | L | 60,000 |

(3) 解析結果

(2) 項にて設定した解析ケースについて、解析結果を示す。解析結果のグラフについては 6.2.1 項と同様に、経時変化および空間分布について示した。

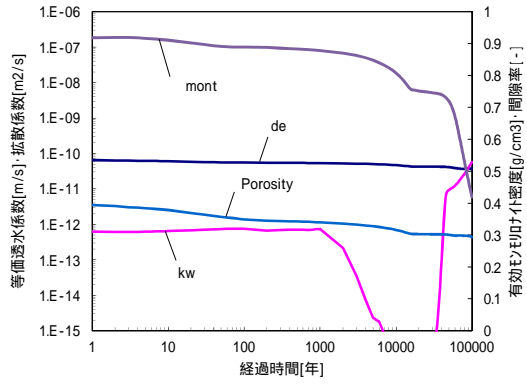
(a) ケース A

ケース A の幌延降水系地下水条件について、図 6.4-59 ~ 図 6.4-62 に示す。ケース A では経時変化より 100,000 年後において有効モンモリロナイト密度は 0.42 g/cm^3 残存する結果となった。6.2.1 項でのケース 1 の降水系地下水では、 0.68 g/cm^3 残存する結果となっているが、ケース A では支保工付近の緩衝材領域における局所的な間隙低下が一時的に低下し、その後上昇する現象がケース 1 に比べ早く低下していることから支保工領域におけるアルカリ成分の影響を多く受けたためと考えられる。透水係数は 100,000 年後において、 $5 \times 10^{-11} \text{ m/s}$ の結果となったが、上述の局所的な間隙率低下のため、透水係数でも約 8,000 年後までに $4 \times 10^{-16} \text{ m/s}$ まで低下する傾向がみられた。この間隙率低下は、35,000 年後頃から上昇するとともに、透水係数も上昇がみられている。OP 付近における緩衝材領域の Eh については、4,000 年後に Eh が -540 mV から -630 mV まで低下する。これは、この緩衝材領域において、6.2.1 項のケース 2 でも述べたように S(6) (SO_4^{2-}) および C(4) (CO_3^{2-}) の還元反応により S(-2) (HS^-) および C(-4) (CH_4) が生成し、Eh を緩衝していたが、 SO_4^{2-} および CO_3^{2-} が全て還元されてしまったために H^+ の還元による H (H_2) が支配し、Eh を低下させたものと考えられる。さらに 500 年後においても Eh は若干低下しており、イオン種濃度をみると HS^- が上昇しているが、 H_2 が Eh を支配していることには変わらない。

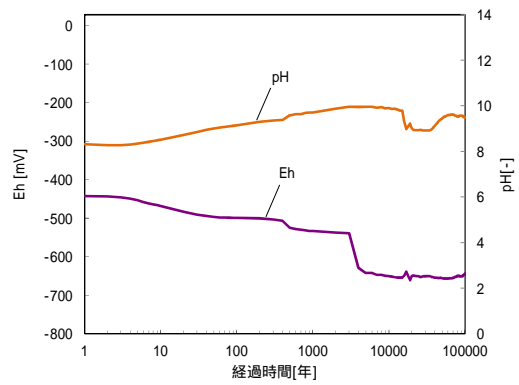
図 6.4-60 の 6,000 年後における固相空間分布をみると、支保工近辺の緩衝材領域と掘削影響領域 (EDZ) 境界付近において間隙率が低下していることがわかる。この間隙率低下は支保工のアルカリ成分の拡散によるモンモリロナイト溶解が起因することにより初期から徐々に低下し、約 8,000 年後に両側ともに間隙閉塞となる。さらに EDZ 境界付近では 10,000 年後の固相空間分布のとおり、支保工内部に進行している。この間隙閉塞は、100,000 年後までに支保工中央付近まで進行することとなる。この EDZ 境界付近の間隙率低下の現象は、支保工の CSH 溶解による Ca の拡散によって Calcite が生成していることが主な原因と考えられる。またこの間隙率低下は、支保工領域のアルカリ成分が EDZ 境界側に拡散して抜けていくことを抑制する効果も考えられる。緩衝材側の間隙閉塞は EDZ 境界付近と反対に、上述のとおり 35,000 年後頃から間隙率が上昇していき、約 67,000 年後には 0.2 程度となる結果となった。45,000 年後の固相空間分布をみると、支保工側の緩衝材領域に Greenalite が生成していることがわかる。この Greenalite は 18,000 年後頃から生成しているが、Pyrite 溶解により生成したものと推測される。その後、Greenalite は徐々に緩衝材領域中央へと生成し続けるが、57,000 年後の固相空間分布のとおり、支保工近辺の緩衝材領域にて Magnetite の生成が確認できる。その後 65,000 年までに緩衝材領域の全ての Greenalite は Magnetite に変化し、さらに 100,000 年後には緩衝材領域一様に生成する結果となった。支保工領域でも鉄鉱物の生成・溶解反応が起きており、EDZ 境界付近の間隙閉塞の領域では 500 年後頃から Pyrite が生成し続ける。この Pyrite は、当初は支保工内の AFm の溶解による S の供給により生成しているものと推測されるが、AFm が消滅する 5,000 年後以降は緩衝材中の Pyrite の溶解により供給されているものと推測される。その付近の支保工領域では、100 年後の固相空間分布のとおり Magnetite が生成していることがわかる。Magnetite は 700 年後には Pyrite、5,000 年後には Magneite、27,000 年後には一時的に Berthierine が生成し、その後 Magnetite へと支保工領域にて鉄鉱物が激しく変遷する変化が見られた。液相空間分布をみると、9,000 年後までは支保工内の Al 濃度は 10^{-3} mol/L オーダーであるが、

100,000 年後にかけて徐々に低下していることがわかる。これは、当初 AFm や HT の溶解により高い Al 濃度を示している。その後拡散により EDZ 境界へ流れていることも考えられるが、消滅するまでに FriedelSalt や Gibbsite、Analcime、Lmt などの生成・溶解の変遷挙動に伴い Al 濃度も変化した結果であると推測される。

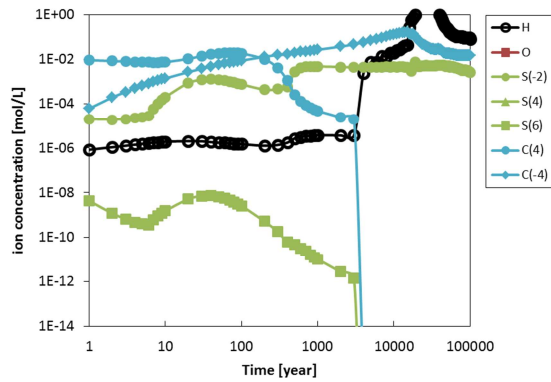
ガラス固化体溶解速度については 2.2 節のとおり、緩衝材近辺の支保工領域における Mg 濃度をパラメータとしていることを考慮すると、当該領域における Mg 濃度は全期間 10^{-5} mol/L オーダー以下であり、リンケージするガラス固化体溶解速度は残存溶解速度 (Stage) に近い速度になるものと推測される。



透水係数・拡散係数・有効密度・間隙率

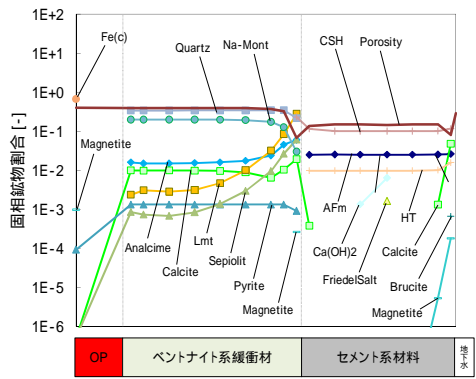


酸化還元電位・pH

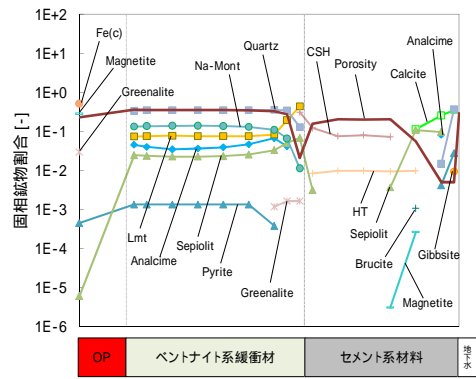


炭素種・硫黄種・溶存水素・溶存酸素濃度

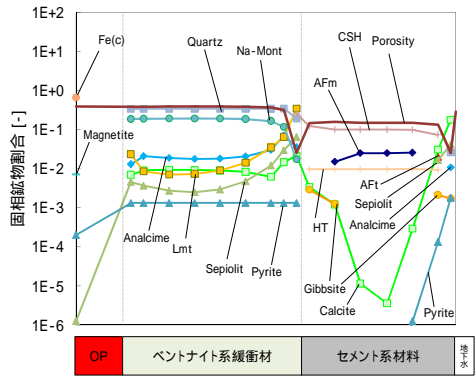
図 6.4-59 緩衝材領域における経時変化 (ケース A)



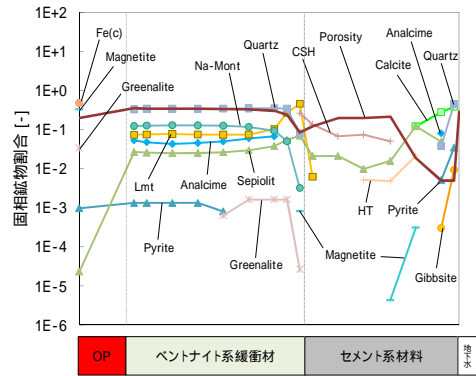
100 年後



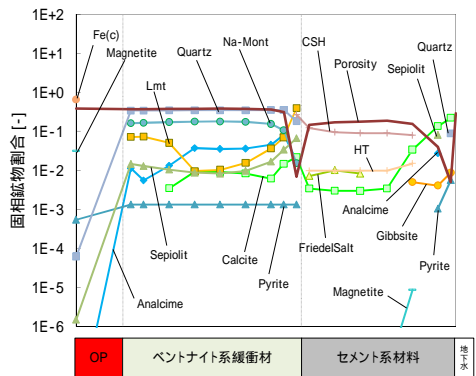
45,000 年後



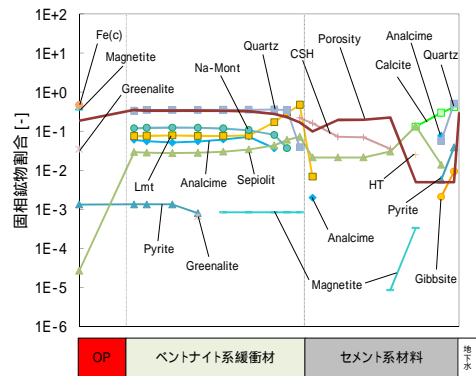
1,000 年後



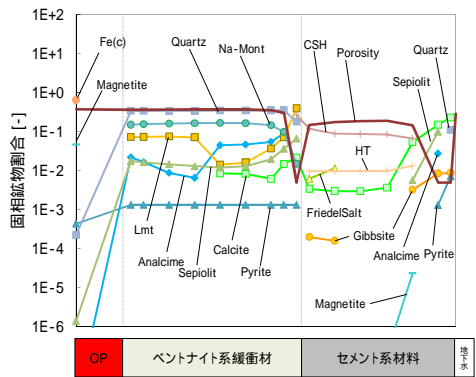
57,000 年後



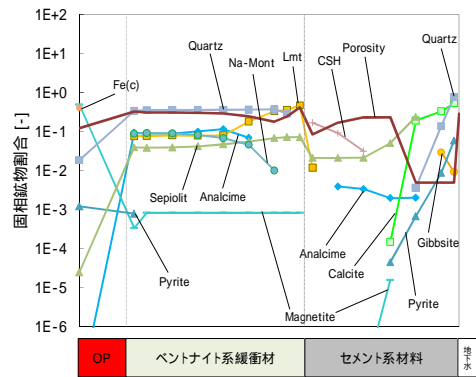
6,000 年後



64,000 年後



9,000 年後



100,000 年後

図 6.4-60 全領域における固相空間分布 (ケース A)

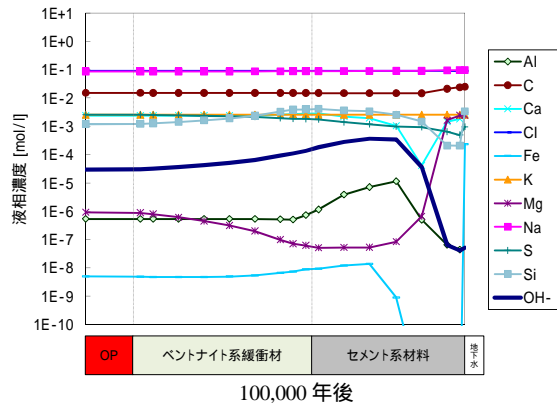
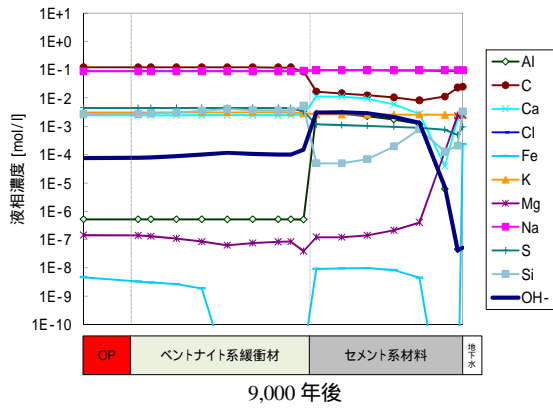
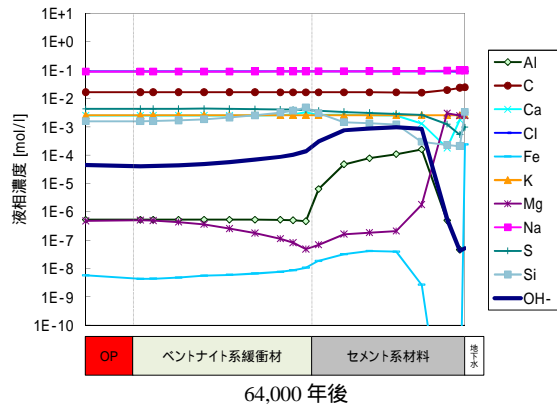
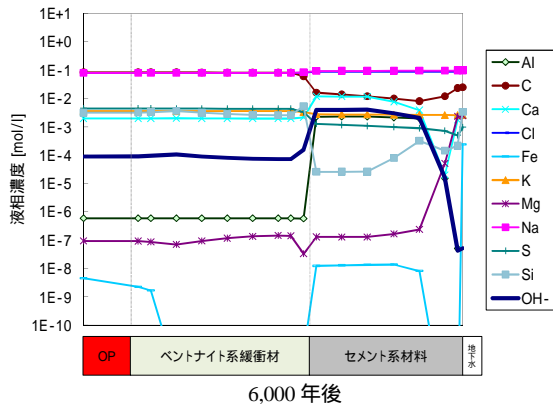
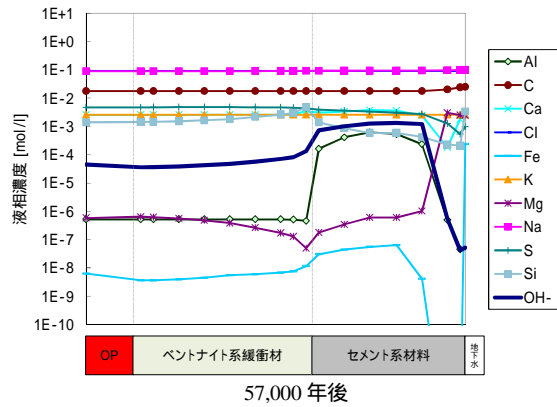
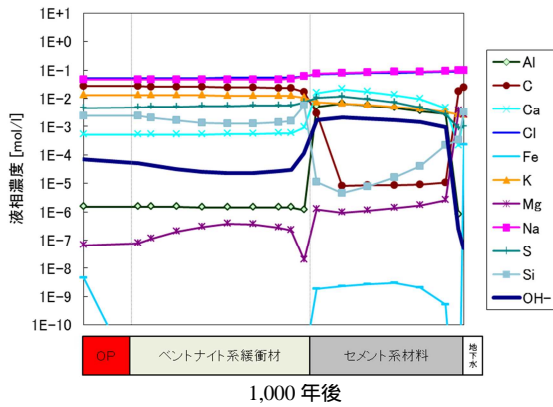
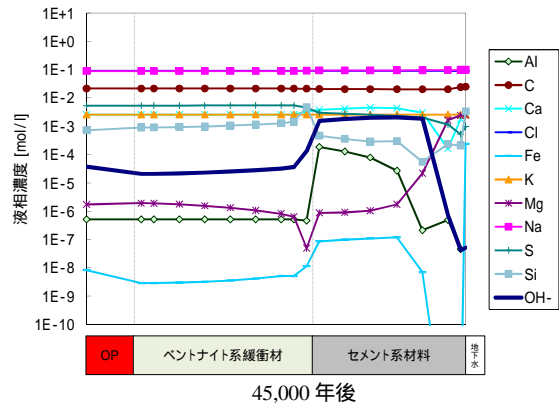
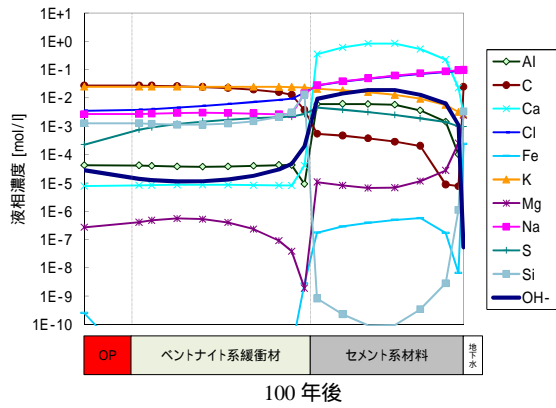


図 6.4-61 全領域における液相空間分布 (ケース A)

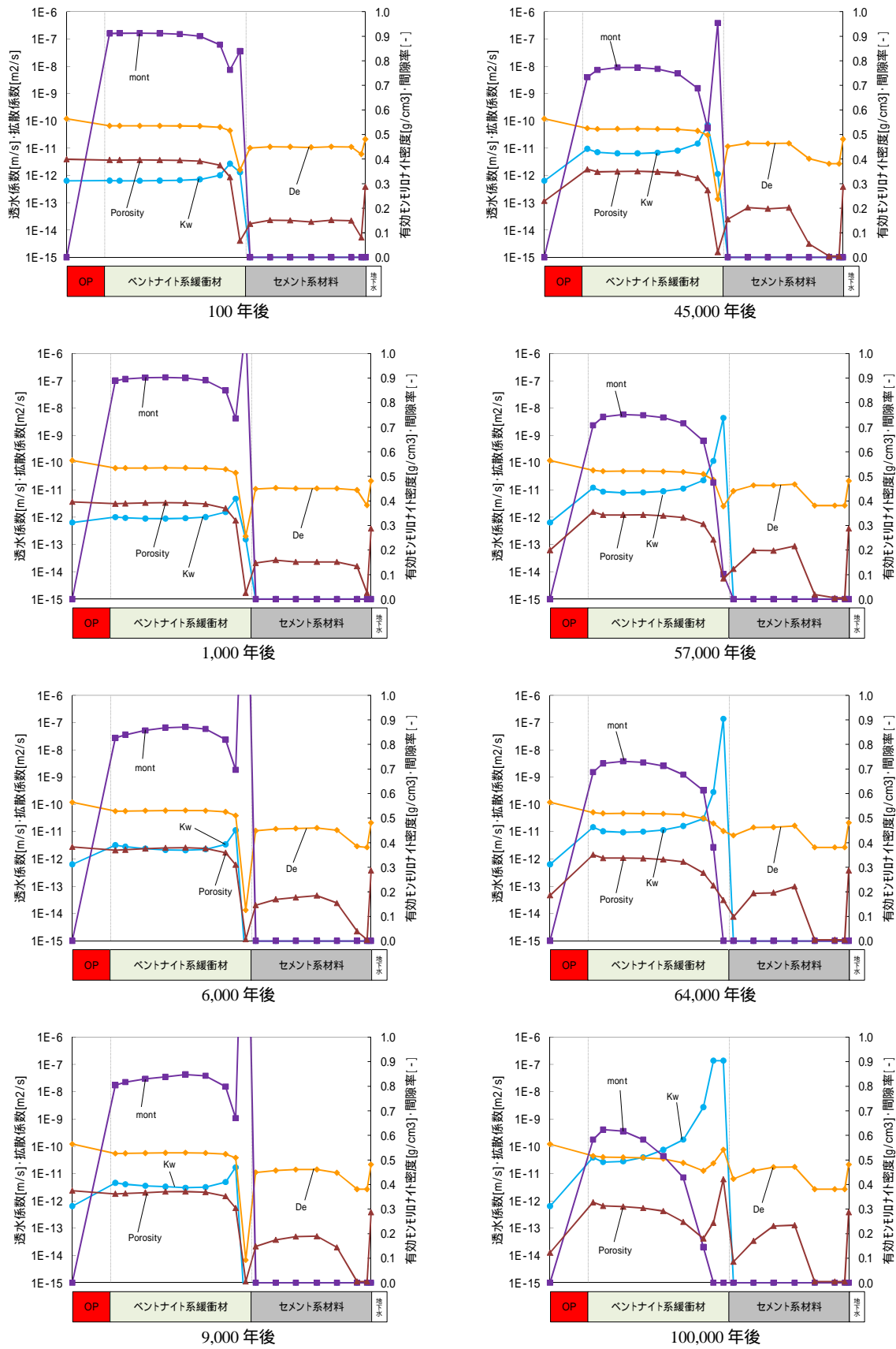


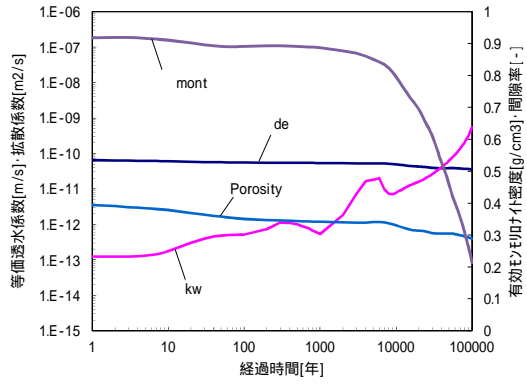
図 6.4-62 全領域における $K_w \cdot D_e \cdot E_p$ 空間分布 (ケース A)

(b) ケース C

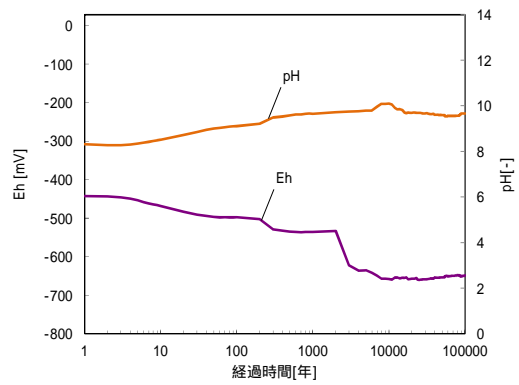
ケース C について、図 6.4-63 ~ 図 6.4-66 に示す。ケース C では図 6.4-63 の経時変化より 100,000 年後において有効モンモリロナイト密度は 0.26 g/cm^3 残存する結果となり、ケース A と比較して有効モンモリロナイト密度が低下することとなった。これは 6,000 年後以降の降水系地下水への変化による影響が大きいと考えられる。図 6.4-64 の固相空間分布における 1,000 年後をみると、支保工領域近傍の緩衝材領域にて局所的な間隙率低下が起きていることがわかるが、それ以降は間隙閉塞が解消方向へと進行し、57,000 年後をみると支保工領域中央付近での局所的な間隙閉塞がみられる。また、局所的な間隙率低下が解消されている支保工 - 緩衝材境界付近では、CSH が残存していることから、その後アルカリ成分は緩衝材領域へと流入し、モンモリロナイトの溶解を促進させたことにより、ケース A に比べモンモリロナイトが溶解したものと考えられる。よって、6,000 年後から降水系地下水に切り替わることによる水質変化がこの間隙率低下に変化をもたらしているものと考えられる。このモンモリロナイト溶解の促進は、100,000 年後においても CSH が残存していることから、図 6.4-65 の液相空間分布でも確認できるように OH は支保工領域から緩衝材領域へと濃度勾配がみられ、100,000 年後以降においても継続するものと推測される。透水係数は 100,000 年後までに $5.0 \times 10^{-10} \text{ m/s}$ と終始上昇しており、ケース A に比べ約 1 オーダー上昇する結果となった。ただし、7,000 年後以降 $7.0 \times 10^{-12} \text{ m/s}$ 程度まで一時的な低下がみられるが、局所的な間隙率低下が再び上昇することによって透水係数も上昇したものと考えられる。OP 近傍における緩衝材領域の Eh については、3,000 年後に -530 mV から -620 mV に低下する。この現象は、ケース A で述べたように SO_4^{2-} および CO_3^{2-} が Eh を緩衝しなくなったことによる H^+ の還元による H_2 の上昇が起因となっている。その後 Eh は -650 mV まで低下し、 H_2 の支配が 100,000 年後まで維持する結果となった。

図 6.4-64 の固相空間分布における 45,000 年後をみると、支保工近傍の緩衝材領域における間隙率の変化は周辺の領域より上昇しており、ケース A と明らかに傾向が逆であることがわかる。これは、図 6.4-66 でもわかるように、この領域における拡散係数は $5.0 \times 10^{-11} \text{ m}^2/\text{s}$ に対し、ケース A は $1.5 \times 10^{-13} \text{ m}^2/\text{s}$ と 2 オーダーの差異がみられる。ケース A での支保工付近の緩衝材領域において Greenalite 生成の影響により OH が低下していることも考えられるが、上述のとおり緩衝材領域における間隙率の変化によって、アルカリ成分の抑制をしていることが緩衝材変質に大きく影響していると考えられる。初期鉱物である Pyrite は、45,000 年後において、Magnetite に変遷していることがわかる。ケース A では、Pyrite から Greenalite に変遷しているが、両ケースとも Eh はほぼ同じであるが、間隙水や鉱物の生成溶解反応によって生成する鉄鉱物が変化していると推測される。

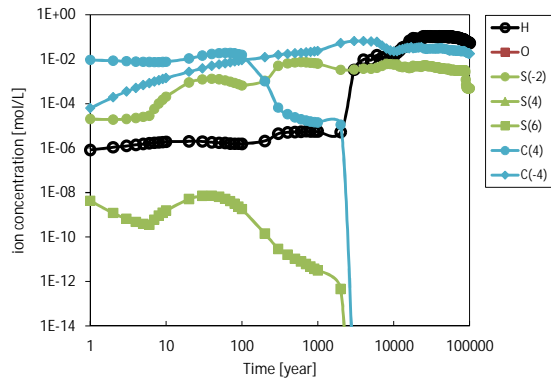
液相空間分布では、図 6.4-65 の 6,000 年後をみると支保工領域での OH 濃度が殆ど低下していることがわかる。これは上述のとおり、1,000 年後に緩衝材領域で局所的な間隙閉塞が起きているためであり、同時期に EDZ 境界付近の支保工領域でも同現象がみられるが、緩衝材 (ベントナイト) と支保工 (セメント) での拡散係数が 2 オーダー程度差異があることから EDZ 境界へ拡散してしまったことが原因と推測される。また、緩衝材付近の支保工領域での Mg 濃度は、全期間 10^{-5} mol/L オーダー以下であることから、ケース C ではリンケージするガラス固化体溶解速度は残存溶解速度に近い速度になるものと推測される。



透水係数・拡散係数・有効孔隙率・間隙率

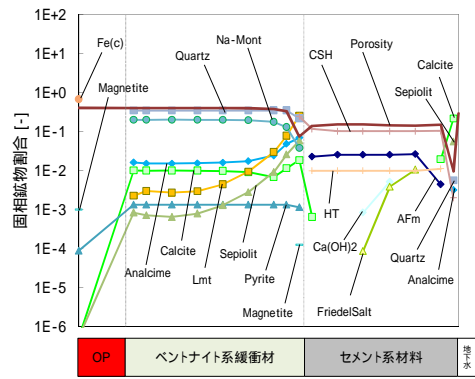


酸化還元電位・pH

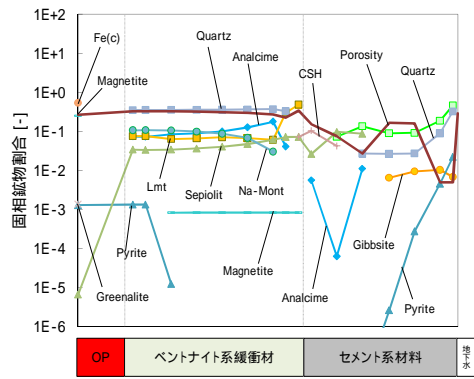


炭素種・硫黄種・溶存水素・溶存酸素濃度

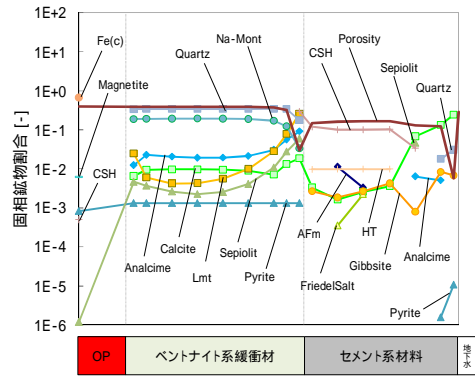
図 6.4-63 緩衝材領域における経時変化 (ケース C)



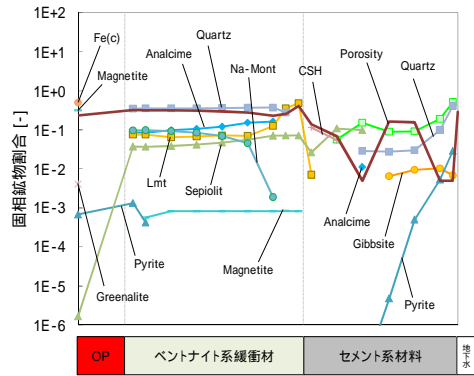
100 年後



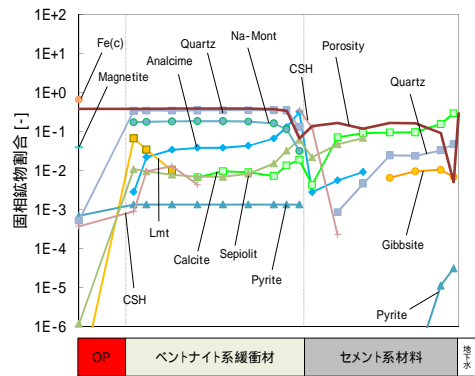
45,000 年後



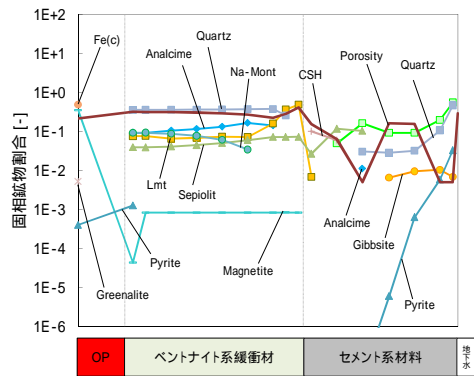
1,000 年後



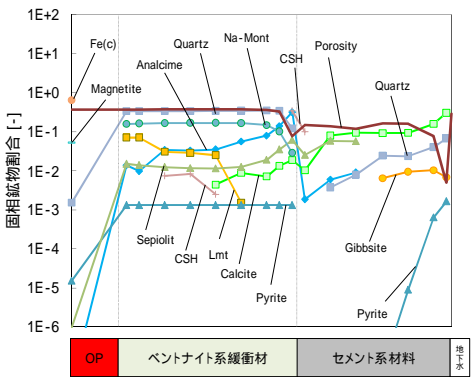
57,000 年後



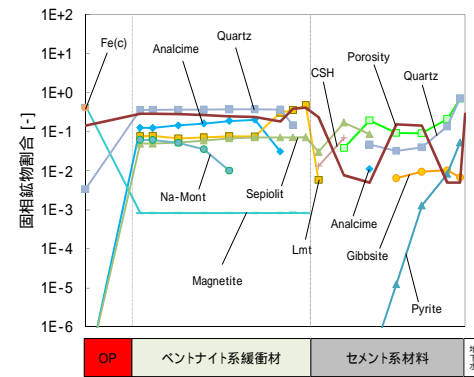
6,000 年後



64,000 年後



9,000 年後



100,000 年後

図 6.4-64 全領域における固相空間分布 (ケース C)

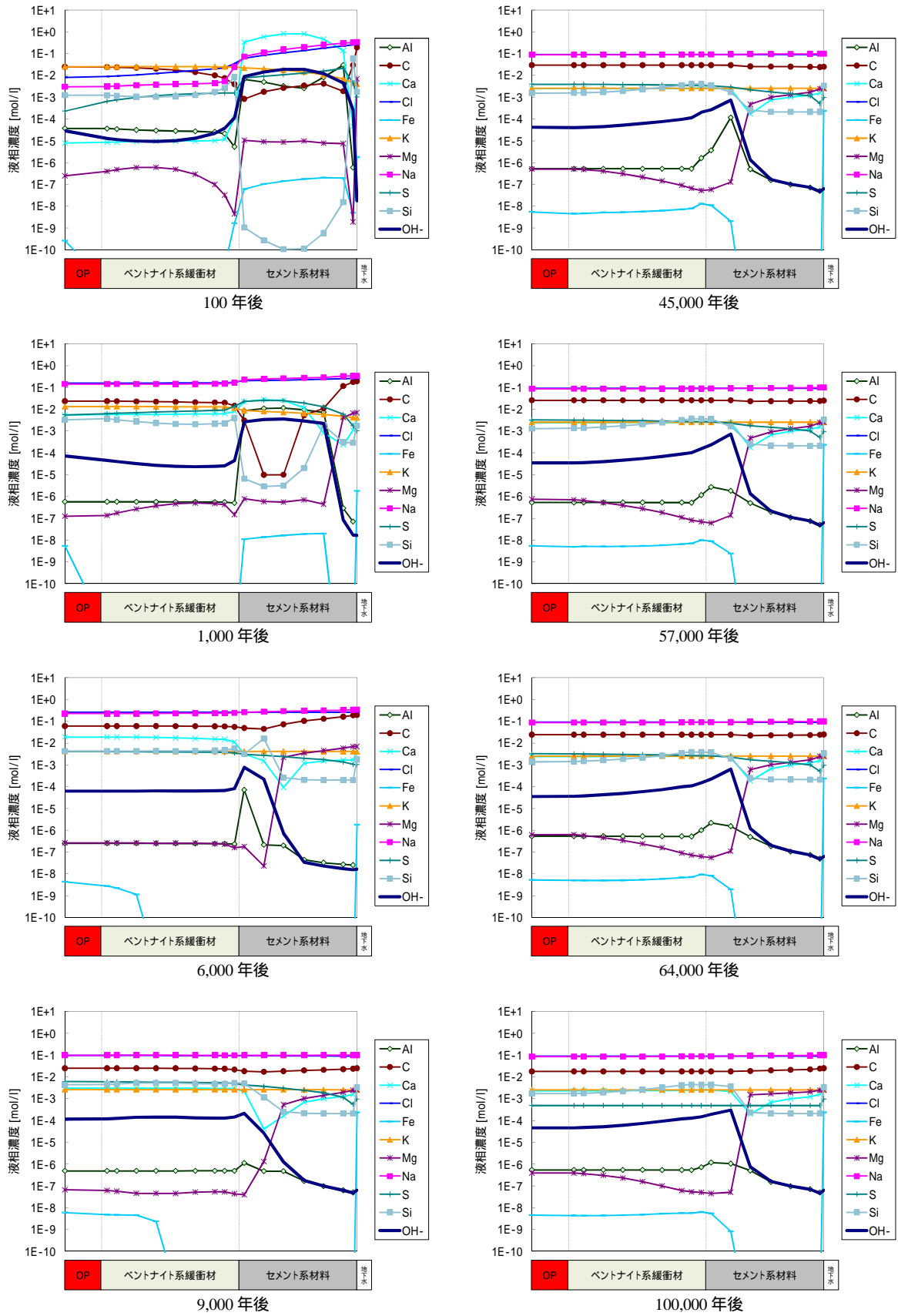


図 6.4-65 全領域における液相空間分布 (ケース C)

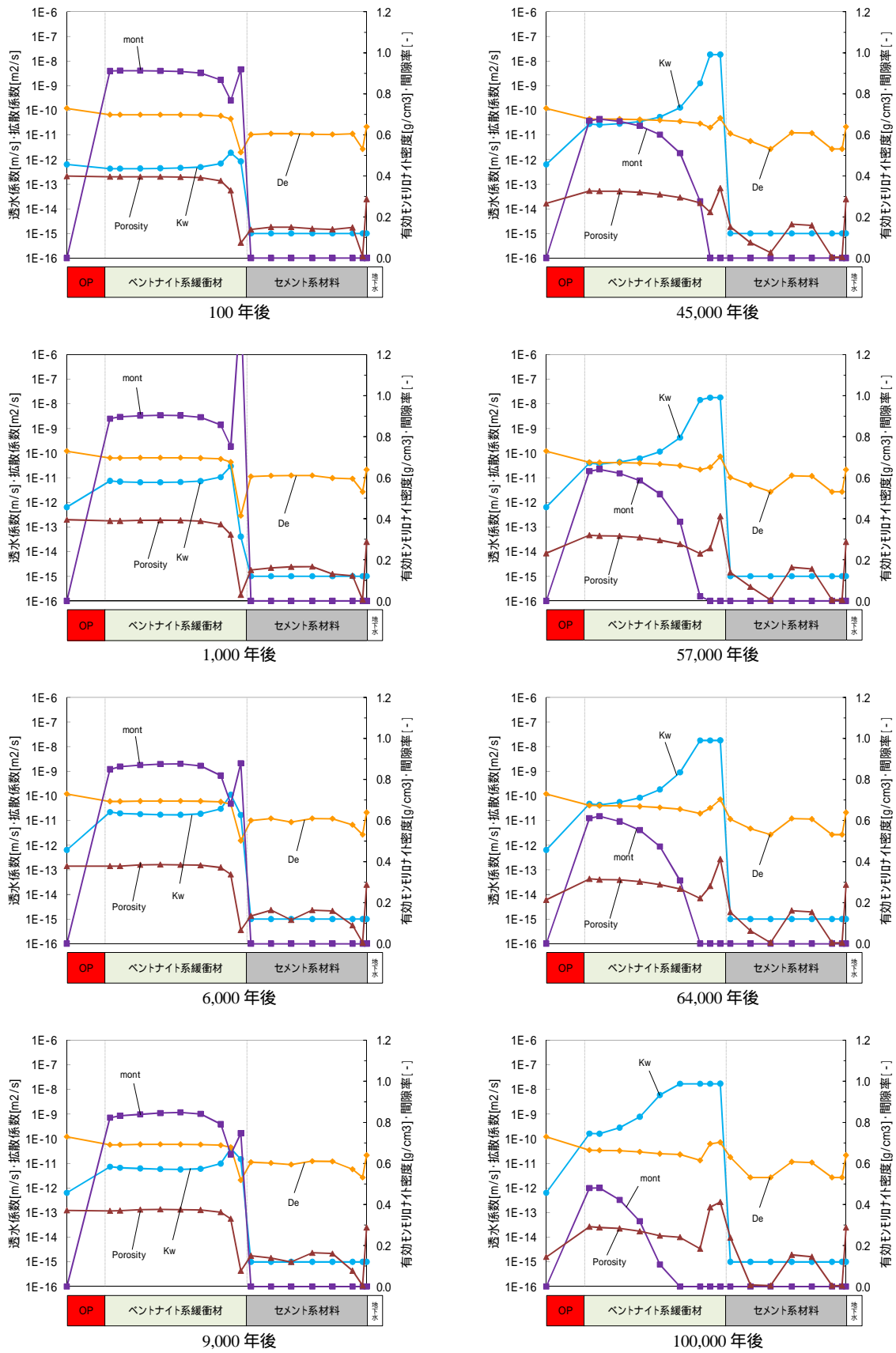


図 6.4-66 全領域における Kw・De・ ρ_m ・Eps 空間分布 (ケース C)

(c) ケース E

ケース E について、図 6.4-67 ~ 図 6.4-70 に示す。図 6.4-67 をみると、100,000 年後における有効モンモリロナイト密度は 0.26 g/cm^3 とケース C とほぼ一致する結果となった。また、透水係数や拡散係数、間隙率についてもほぼ同傾向の分布を示している。ただし、透水係数においては、ケース C でもみられた一時的な透水係数低下の現象については、9,000 年後から 12,000 年後に $7.0 \times 10^{-13} \text{ m/s}$ まで低下する結果となっており、ケース C より 1 オーダー低い結果となった。これは、図 6.4-66 および図 6.4-70 の 9,000 年後にて確認すると、支保工近辺の緩衝材領域における間隙率の低下がケース C より進行したためであり、降水系地下水への切替年数が約 3,000 年間伸びたことによる影響と考えられる。OP 付近の緩衝材領域における Eh の分布についても、10,000 年後以降の多少のがたつきはあるものの、ケース C とほぼ同じ傾向を示していることがわかる。Eh の大きな変化については、切替年数以前に起きていたものであり、この切替年数の差異による影響はみられなかった。

図 6.4-68 の 45,000 年後の固相空間分布をみると、支保工 - 緩衝材領域境界での間隙率は低下しておらず、EDZ 境界付近での間隙閉塞がみられる。ケース C での同時期では EDZ 境界付近での間隙閉塞とともに、支保工領域中央付近でも間隙率の低下がみられ、切替年数の差異による影響がみられた。この支保工領域における間隙率の変化は、100,000 年後でも EDZ 境界付近での閉塞が継続するのみであり、他領域が閉塞する傾向はみられなかった。鉱物組成については、ケース C と比較しても有意な差は認められず、ほぼ同傾向であることから、切替年数における影響はないものと考えられる。

図 6.4-69 の液相空間分布では、切替年数における有意な差がみられる。9,000 年後をみると緩衝材付近の支保工領域において、Mg 濃度が $1.5 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$ と上昇していることがわかる。これは、同領域での Sepiolite が生成から溶解過程へと移行していることから、EDZ 境界からの地下水の拡散と Sepiolite 溶解による Mg 供給により、濃度が上昇したものと推測される。この現象は 8,000 年後頃から起きており、ケース C ではそれ以前に地下水質が切り替わったことで、Sepiolite 生成過程が続くために差異が生じているものと考えられる。この Mg 濃度の上昇は、ガラス固化体の溶解速度に影響を与えると推測され、マトリクス溶解の初期溶解速度(Stage) に相当する速度になる可能性が示唆される。高い Mg 濃度は 10,000 年後には 10^{-3} mol/L と 1 オーダー低下するが、その後 5,000 年間続く結果となった。

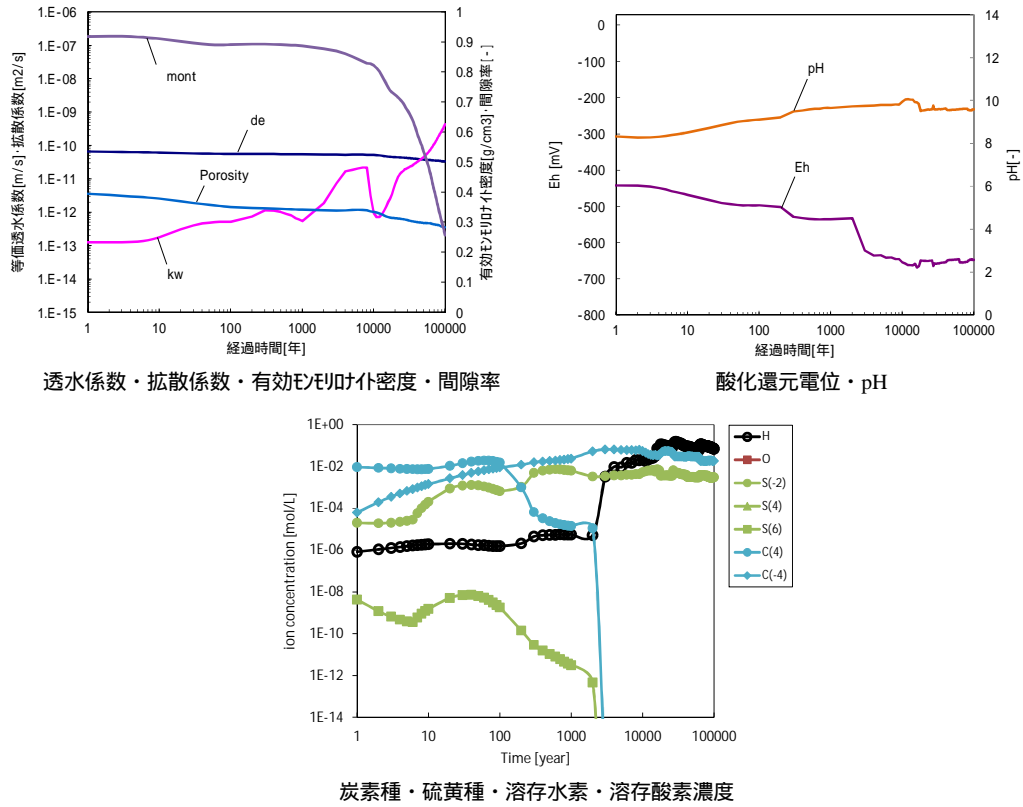


図 6.4-67 緩衝材領域における経時変化（ケース E）

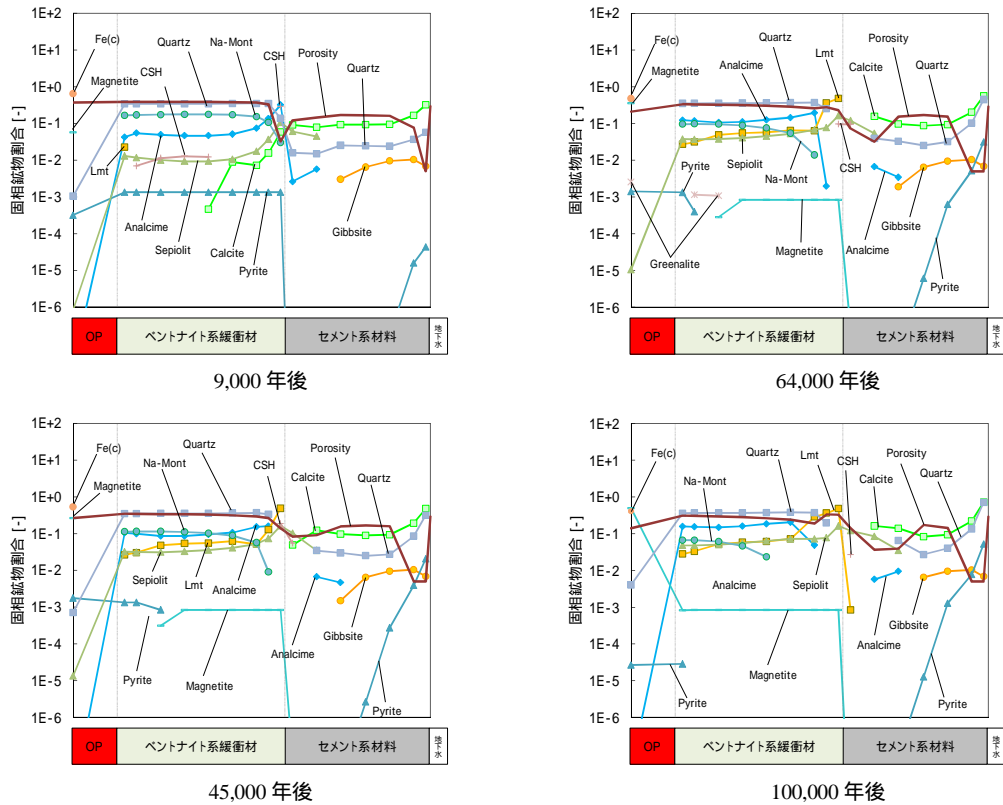


図 6.4-68 全領域における固相空間分布（ケース E）

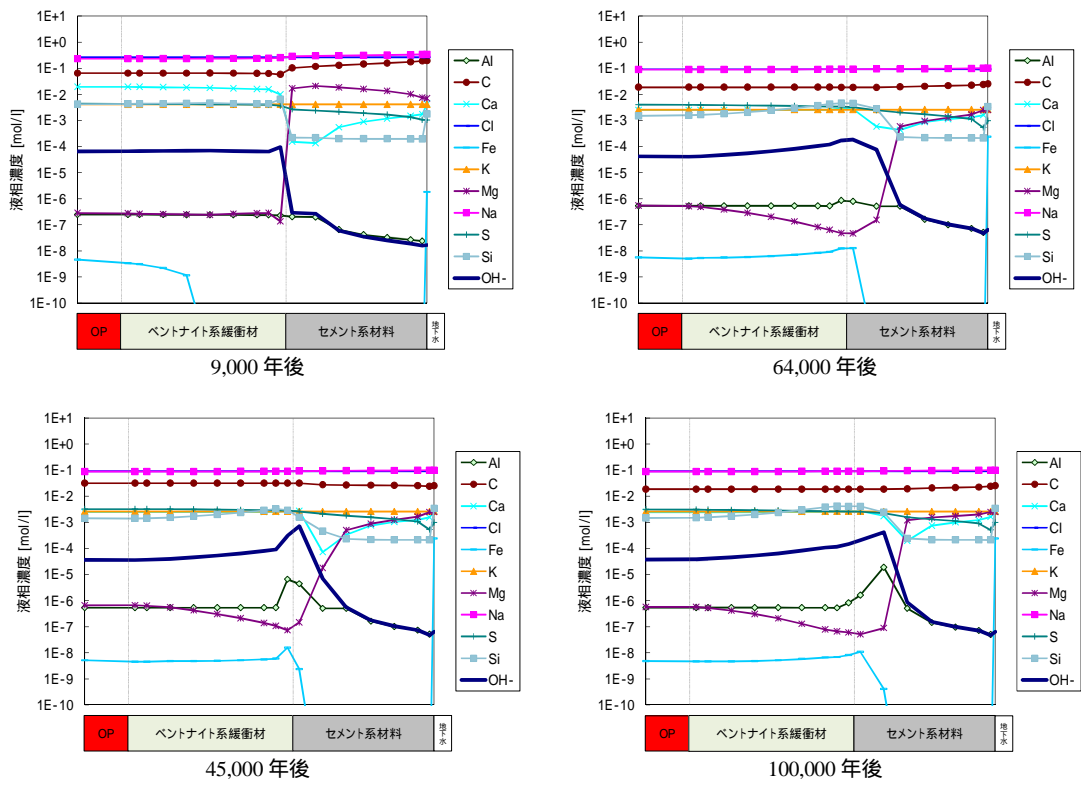


図 6.4-69 全領域における液相空間分布 (ケース E)

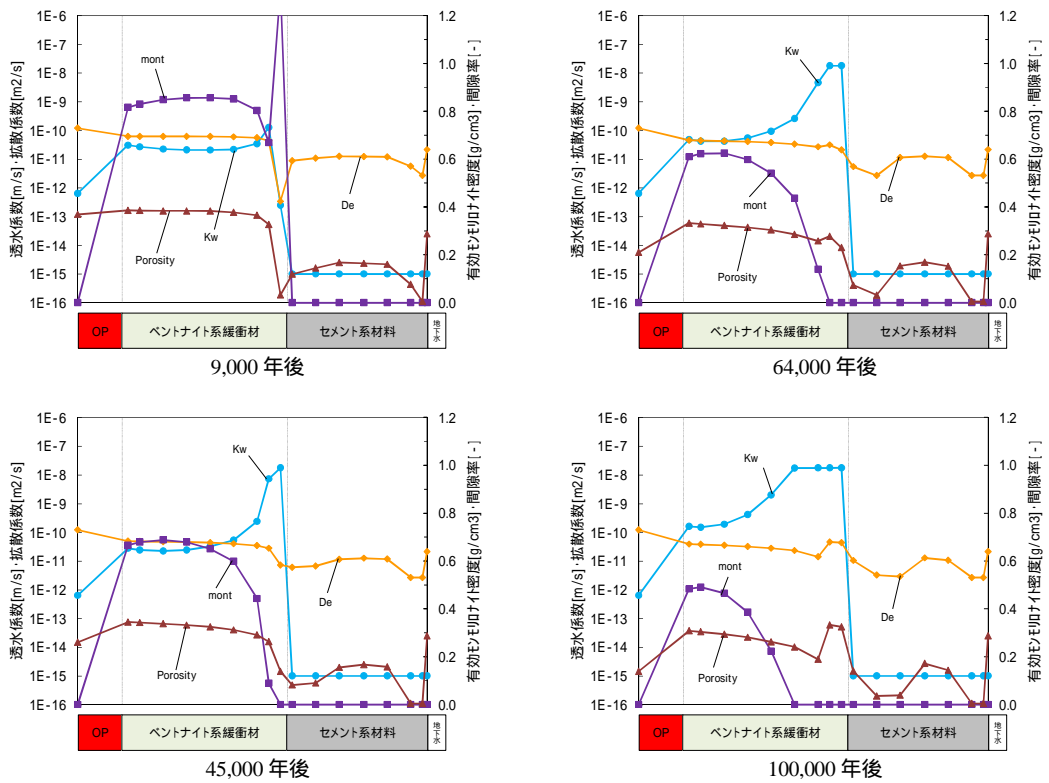


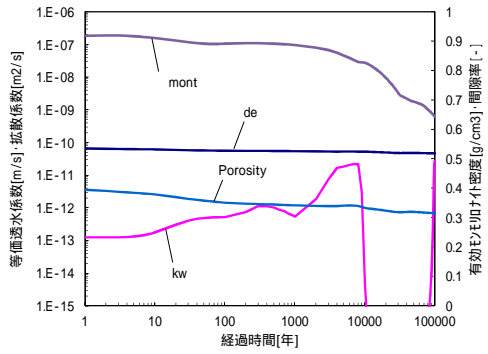
図 6.4-70 全領域における Kw · De · $m \cdot Eps$ 空間分布 (ケース E)

(d) ケース H

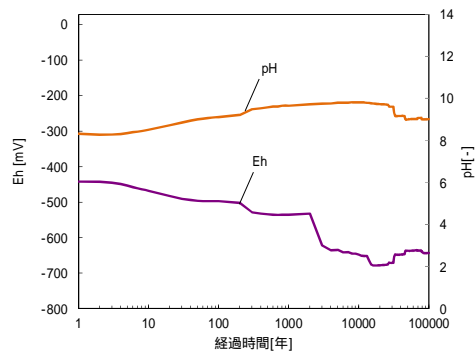
ケース E について、図 6.4-71 ~ 図 6.4-74 に示す。図 6.4-71 をみると、100,000 年後における有効モンモリロナイト密度は 0.64 g/cm^3 とケース A やケース C・E に比べモンモリロナイトが残存する結果となった。ケース H ではケース C・E の切替年数後の 10,000 年後より支保工付近の緩衝材領域において間隙閉塞が起きていることから、支保工からのアルカリ成分が緩和されており、100,000 年後においても継続しているためにより多くモンモリロナイトが残存しているものと推測される。透水係数は、ケース E では一時的な低下となっていたが、約 70,000 年後まで長期的な低下がみられ、それ以降は 100,000 年後で $3.0 \times 10^{-11} \text{ m/s}$ まで上昇している。これは支保工近辺の緩衝材領域における間隙閉塞が起因となり透水係数が低下しているものと考えられる。透水係数の再上昇する現象については、この緩衝材領域における間隙率の上昇ではなく、モンモリロナイト濃度の低下に伴って有効モンモリロナイト密度も低下することにより、透水係数が上昇しているものと推測される。OP 付近の緩衝材領域における Eh は、ケース C・E と同じように 3,000 年後以降 H_2 が Eh を支配していることを示していることがわかる。

図 6.4-72 の 45,000 年後の固相空間分布をみると、支保工 - 緩衝材領域境界での間隙閉塞とともに EDZ 境界付近でも間隙閉塞がみられ、ケース C・E と異なった傾向を示している。この時期の同地下水質となるケース A では、35,000 年後まで間隙閉塞が続いていたが、本ケースでは上述のとおり 100,000 年後まで間隙閉塞が継続する結果となっている。また、CSH は、100,000 年後においてケース C・E では緩衝材付近の支保工領域にて残存する結果となっているが、本ケースでは支保工付近の緩衝材領域、すなわち間隙閉塞している領域にて残存する結果となった。この領域では図 6.4-74 のとおり、間隙閉塞により拡散係数が $10^{-15} \text{ m}^2/\text{s}$ オーダーとかなり低いことから、緩衝材領域へのアルカリ成分がかなり抑制されており、上述のようにモンモリロナイトが残存するものと考えられる。さらに、モンモリロナイト溶解があまり進んでないことから、二次鉱物である Lmt の生成が他ケースに比べ低いのも特徴である。

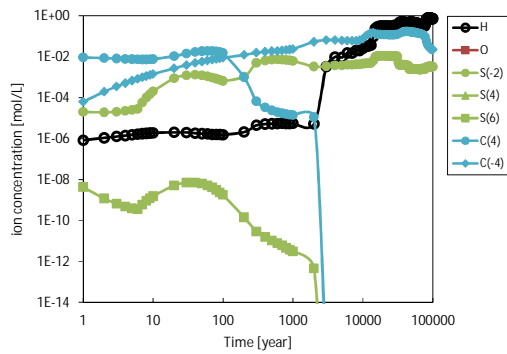
図 6.4-73 の液相空間分布では、9,000 年後に緩衝材付近の支保工領域における Mg 濃度が上昇してから 10^{-3} mol/L オーダーの濃度が約 79,000 年後まで継続しており、ケース E より明らかに長期間にわたり高濃度が持続される結果となった。この高濃度の Mg は、ケース E で述べたとおり、ガラス固化体の溶解速度が初期溶解速度に相当する速度になる可能性がある。また、79,000 年後以降の Mg 濃度の低下は、ケース E と同様に同僚域内において Sepiolite の生成過程が始まったことが原因である。以上より、切替年数が 9,000 年後から 45,000 年後と伸びたことにより、ケース C・E と比較して人工バリア変遷挙動が明らかに異なっていることがわかった。



透水係数・拡散係数・有効モリッホ密度・間隙率

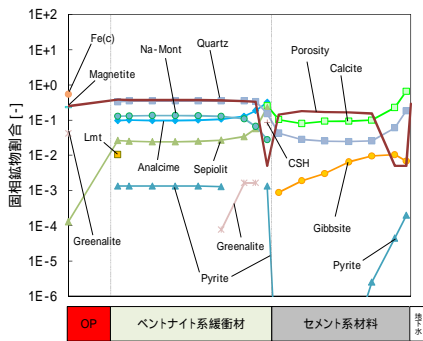


酸化還元電位・pH

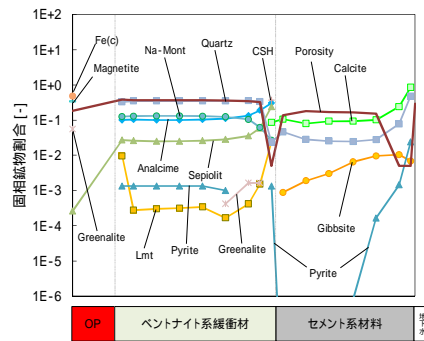


炭素種・硫黄種・溶存水素・溶存酸素濃度

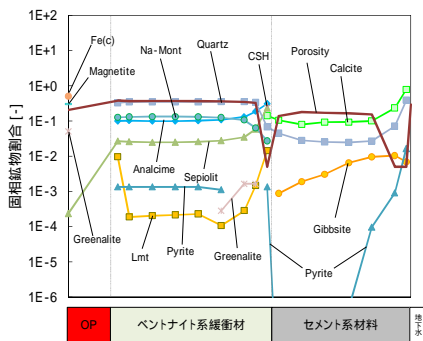
図 6.4-71 緩衝材領域における経時変化 (ケース H)



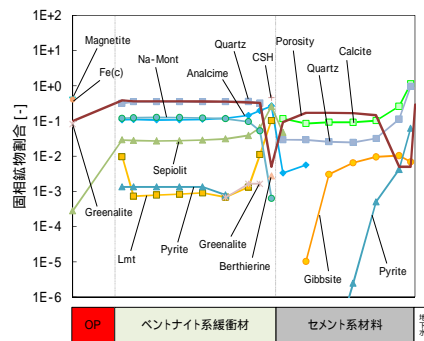
45,000 年後



64,000 年後



57,000 年後



100,000 年後

図 6.4-72 全領域における固相空間分布 (ケース H)

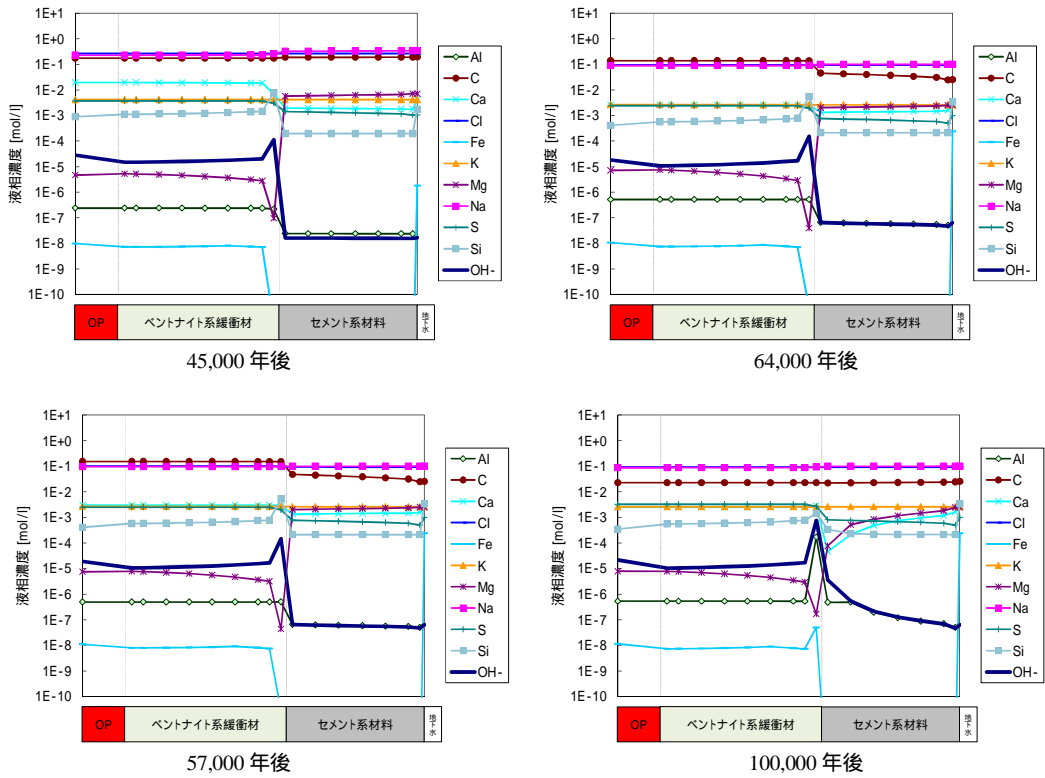


図 6.4-73 全領域における液相空間分布 (ケース H)

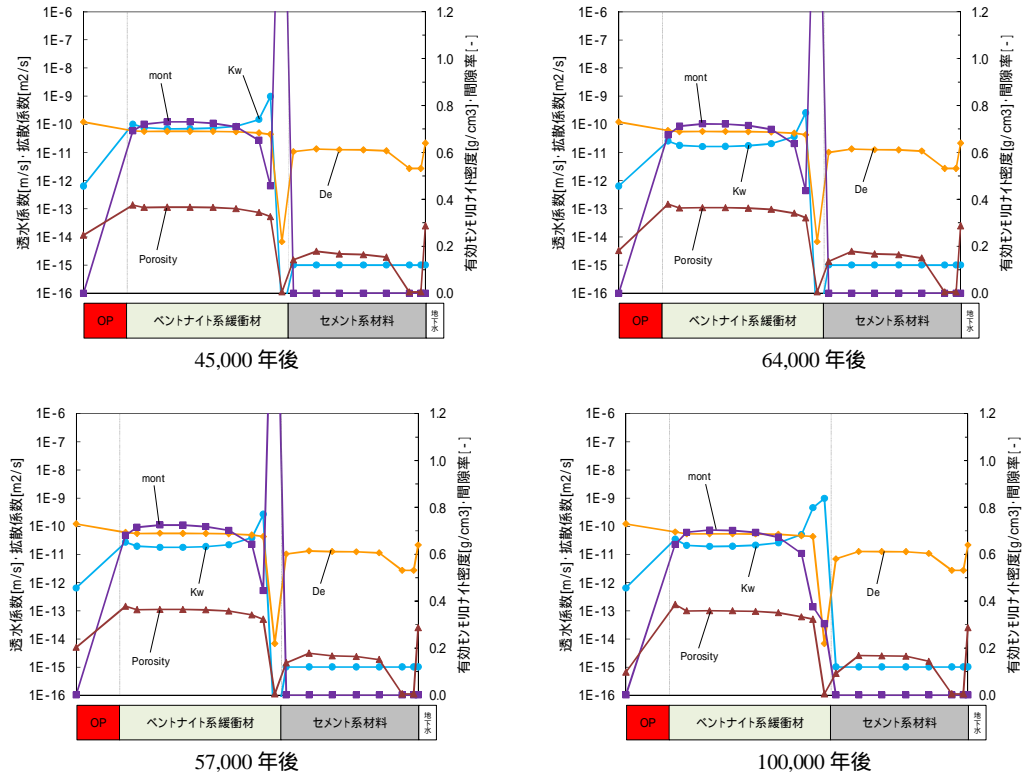
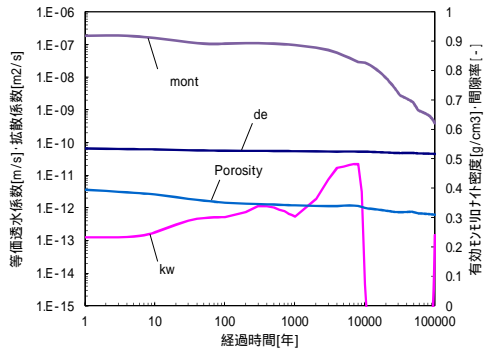


図 6.4-74 全領域における Kw · De · ϵ_m · Eps 空間分布 (ケース H)

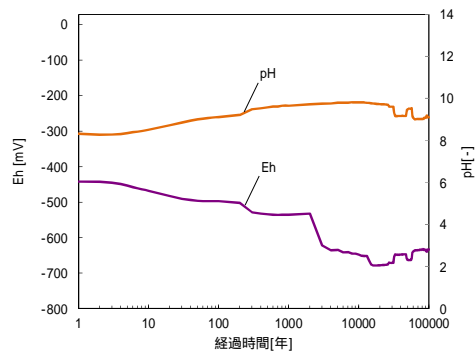
(e) ケース K

ケース K について、図 6.4-75 ~ 図 6.4-78 に示す。図 6.4-75 をみると、100,000 年後における有効モンモリロナイト密度は 0.62 g/cm^3 とケース H とほぼ同等の結果となった。透水係数についてもケース H と同傾向を示しているが、透水係数の再上昇が約 80,000 年後と 10,000 年間遅い結果となった。その結果、100,000 年後では $1.0 \times 10^{-13} \text{ m/s}$ とケース H に比べ低い透水係数を示すこととなっている。OP 付近の緩衝材領域における Eh は、ケース C・E・H と同じように 3,000 年後以降 H_2 が Eh を支配していることを示していることがわかる。

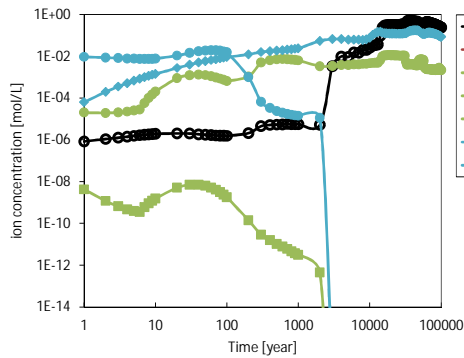
図 6.4-76 の固相空間分布をみると、間隙閉塞が起きている緩衝材領域において CSH が残存していることがわかる。しかし、この CSH は 5,7000 年後で一度消失し、58,000 年後に再度生成している。CSH の消滅は、緩衝材領域の Lmt が溶解することによる Si の供給で生成していた Greenalite が、Lmt が消滅することにより CSH が供給源となったためと推測される。64,000 年後をみると間隙閉塞が起きている緩衝材領域において Lmt が生成していることが確認できるが、これは消滅した Lmt が再生成し始めたものであり、その後 Lmt は緩衝材領域で成長していることがわかる。図 6.4-77 の液相空間分布では、緩衝材付近の支保工領域における Mg 濃度が 9,000 年後以降、支保工領域内で Sepiolite の生成が認められないことから 100,000 年後まで 10^{-3} mol/L オーダーの濃度が継続しており、ケース H と異なった変遷傾向がみられた。よって、本ケースにおいてもガラス固化体の溶解速度が初期溶解速度に相当する速度になる可能性がある。ただし、鉱物組成や溶液組成など人工バリア変遷挙動全体としては、ケース H と殆ど変わらない結果であるといえる。



透水係数・拡散係数・有効E/Pりけ密度・間隙率

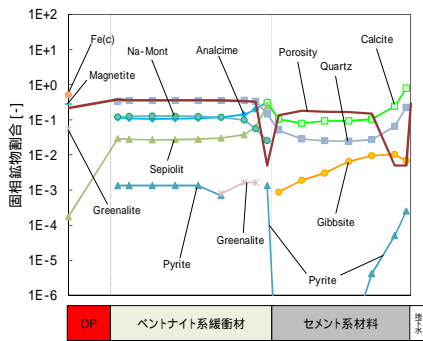


酸化還元電位・pH

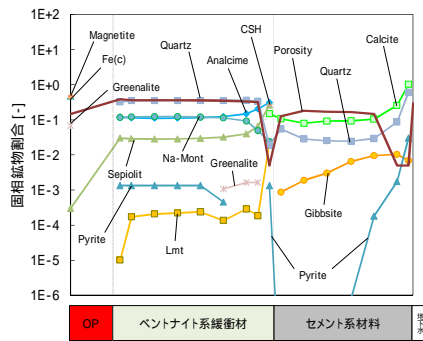


炭素種・硫黄種・溶存水素・溶存酸素濃度

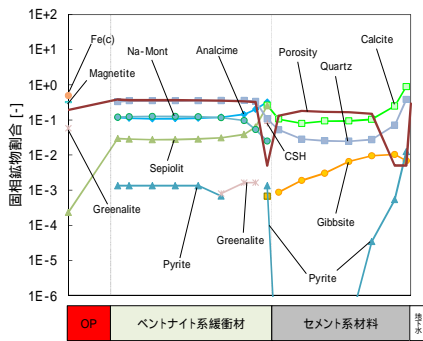
図 6.4-75 緩衝材領域における経時変化 (ケース K)



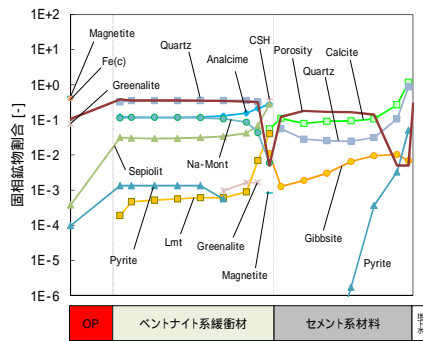
57,000 年後



80,000 年後



64,000 年後



100,000 年後

図 6.4-76 全領域における固相空間分布 (ケース K)

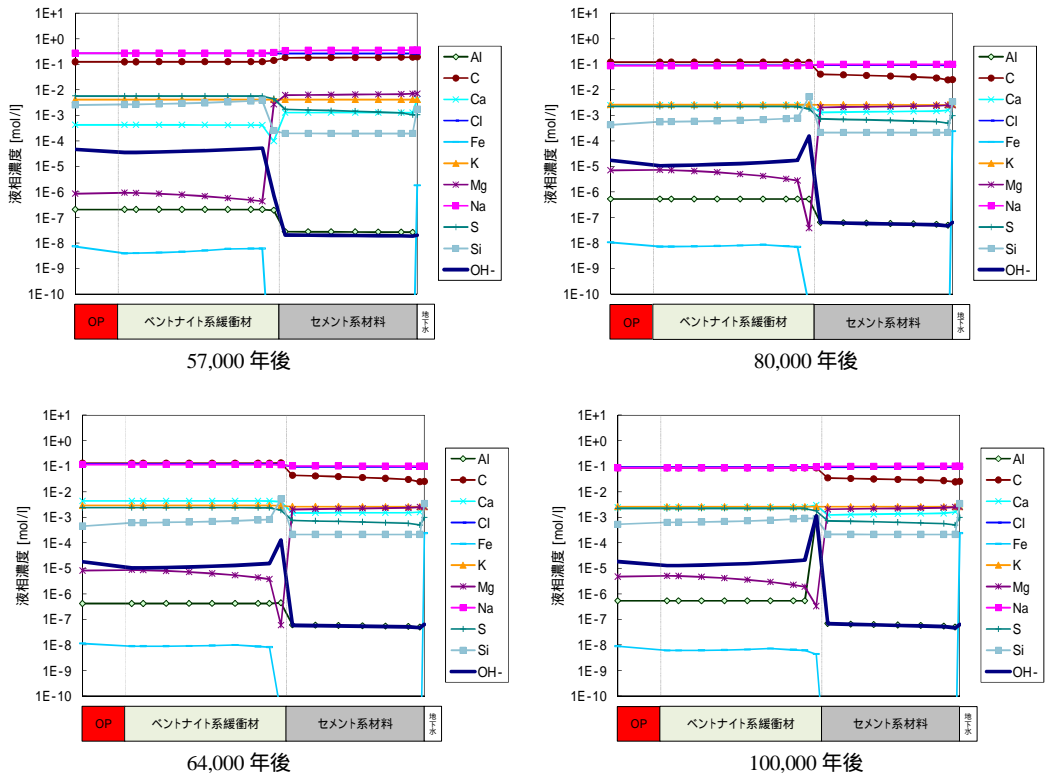


図 6.4-77 全領域における液相空間分布 (ケース K)

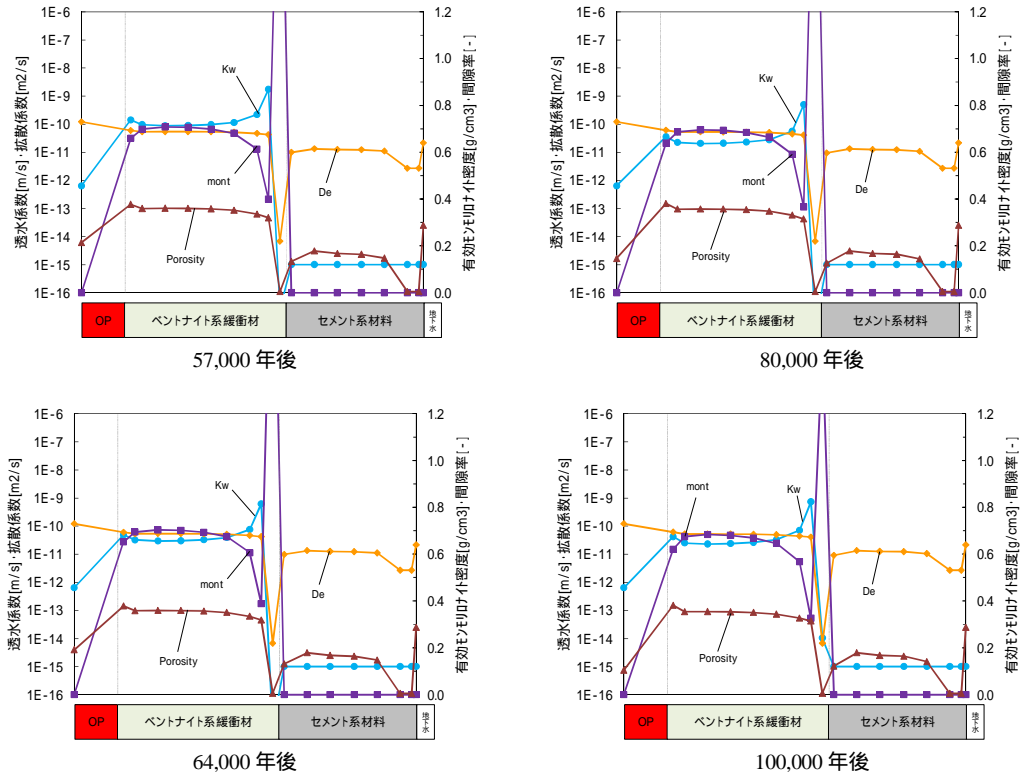
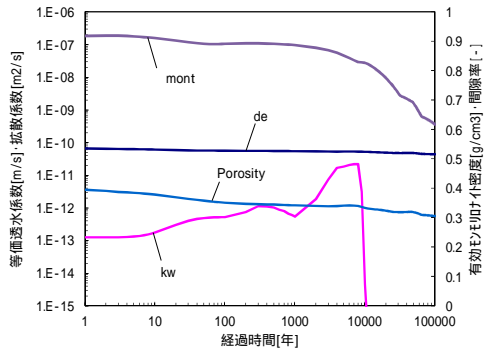


図 6.4-78 全領域における Kw · De · $m \cdot Eps$ 空間分布 (ケース K)

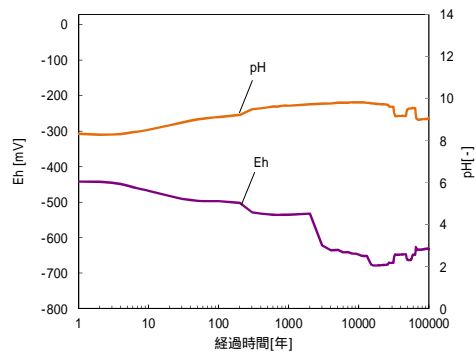
(f) ケース M

ケース M について、図 6.4-79 ~ 図 6.4-82 に示す。図 6.4-79 をみると、100,000 年後における有効モンモリロナイト密度は 0.62 g/cm^3 と減少傾向も含めケース K と同等の結果となった。緩衝材のパラメータである透水係数や拡散係数、間隙率についてもケース K と同傾向であることがわかる。ただし、透水係数については、上述のとおりケース K では 100,000 年後で $1.0 \times 10^{-13} \text{ m/s}$ まで上昇しているが、本ケースでは $1.0 \times 10^{-16} \text{ m/s}$ と上昇傾向はみられず低透水係数を示す結果となった。OP 付近の緩衝材領域における Eh についても、ケース K とほぼ同じ挙動を示している。

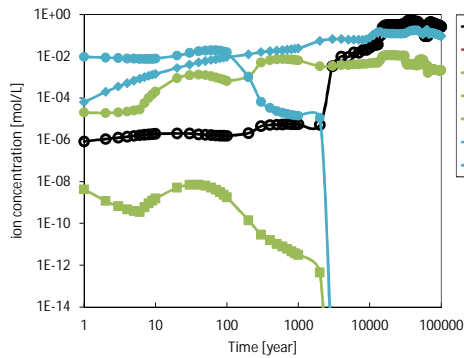
図 6.4-80 の固相空間分布をみると、64,000 年後では間隙閉塞が起きている緩衝材領域において CSH が消滅していることがわかる。この CSH は 57,000 年後に消滅しており、ケース K と同時期であることがわかる。さらに 80,000 年後をみると、同領域内で CSH が再生成していることが確認できる。この再生成は、66,000 年後から起こっており、ケース K が 58,000 年後に再生成していることを考慮すると、この現象は地下水質の切替が起因しているものと推測される。鉄鉱物では、64,000 年後をみると緩衝材領域にて Magnetite が生成していることが確認できる。ケース K では、同領域において Greenalite が生成しているが、本ケースでは CSH 消滅後の 58,000 年後に Magnetite に変遷している。さらに 80,000 年後をみるとわかるように、Greenalite が確認でき、Magnetite から再度変遷したことが確認できる。この Greenalite への変遷は 65,000 年後からであり、地下水質の切替直後であることから、CSH の再生成と関連しているものと考えられる。図 6.4-81 の液相空間分布では、ケース K と同様に支保工領域内で Sepiolite の生成が認められないことから 100,000 年後まで 10^{-3} mol/L オーダーの濃度が継続する傾向となった。よって、本ケースにおいてもガラス固化体の溶解速度が初期溶解速度に相当する速度になる可能性がある。ただし、鉱物組成や溶液組成など人工バリア変遷挙動全体としては、ケース H・K と殆ど変わらない結果であるといえる。



透水係数・拡散係数・有効E/Pりけ密度・間隙率

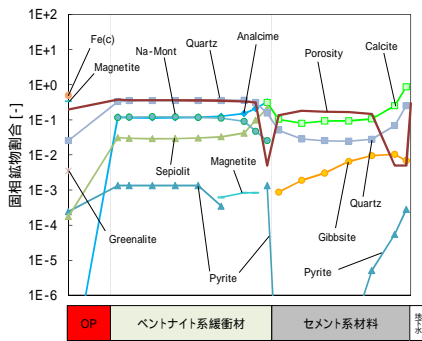


酸化還元電位・pH

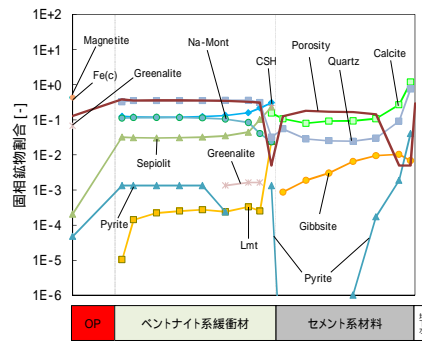


炭素種・硫黄種・溶存水素・溶存酸素濃度

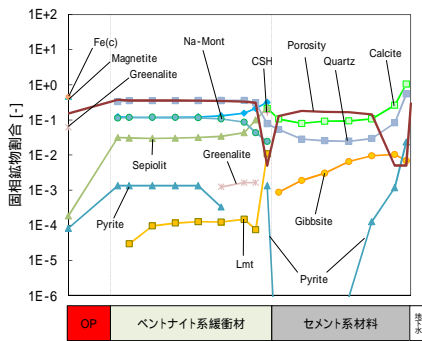
図 6.4-79 緩衝材領域における経時変化 (ケース M)



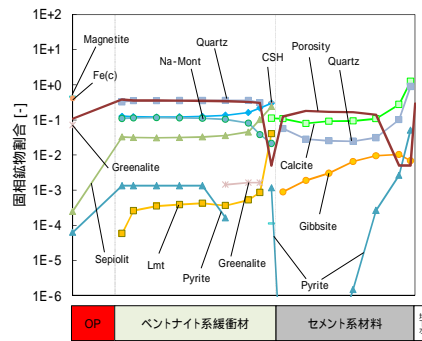
64,000 年後



90,000 年後



80,000 年後



100,000 年後

図 6.4-80 全領域における固相空間分布 (ケース M)

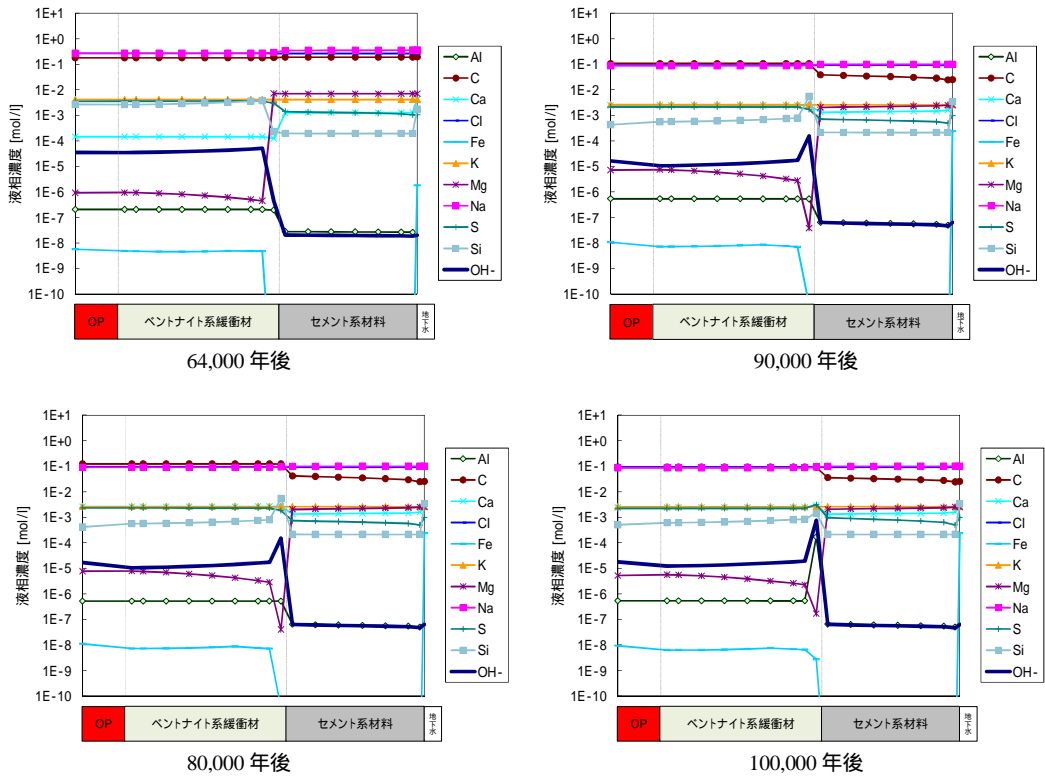


図 6.4-81 全領域における液相空間分布 (ケース M)

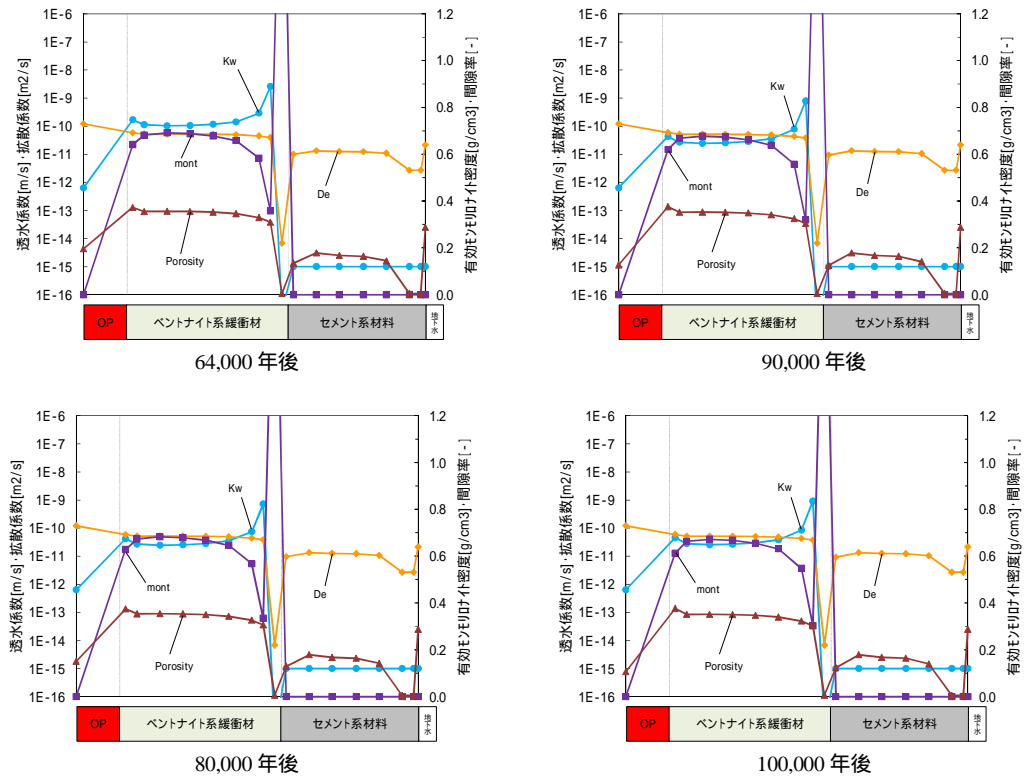


図 6.4-82 全領域における $K_w \cdot De \cdot m \cdot Eps$ 空間分布 (ケース M)

(4) 各評価へのデータリンケージ

(3) 項の解析結果より、各評価へ人工バリア解析データの提供を行った。提供するリンケージデータについては、6.2.1 項に示したデータを提供した。

(5) まとめ

6.4.1 項にて整理された 13 ケースについて、平成 24 年度の人工バリア解析結果を踏まえて時間の感度と人工バリア変遷挙動への影響を考慮し、かつ切り替え年数の近いケースについて検討した結果、6 ケースに集約を行った。この地下水質の切替年数の異なる 6 ケースについて緩衝材変質評価計算を実施し、人工バリア変遷挙動の考察を行った。緩衝材中のモンモリロナイト溶解が最も進んだケースはケース C およびケース E であり、切替年数が 10,000 年未満の場合に、支保工近辺の局所的な緩衝材領域での間隙率があまり低下しないまま上昇したことが要因と考えられる。切替年数がより長期なその他ケースについては、多少変遷挙動に差異がみられるが、全体的な人工バリア変遷挙動としては有意な差は認められなかった。ガラス溶解速度に影響を与えると考えられる Mg 濃度は、緩衝材近辺の支保工領域において、切替年数 9,000 年以降のケース E~M では 10^{-3} mol/L オーダーの濃度がみられることから、マトリクス溶解の初期溶解速度に相当する速度となる可能性が示唆された。また、切替年数が長期となるケース H~M については、長期間高濃度が継続する結果となった。

6.4.3 炭素鋼オーバーパックスの腐食寿命解析

隆起・侵食による地下水環境の変動を想定した場合におけるオーバーパックス腐食寿命解析は、6.3.2と同様の方法で実施した。その結果、すべてのケースにおいて局部腐食及び応力腐食割れは生起せずオーバーパックスの腐食形態は6.4.2で設定したすべてのケースに対して全面腐食となった。これらの中で腐食寿命評価に使用したモデル及びパラメータも6.3.2と同様であり、腐食寿命解析の結果得られたオーバーパックスの腐食寿命は4,000年となった。

6.4.4 ガラス溶解速度評価

6.3.3(2)に前述したMg影響モデルの考え方にに基づき、各ケースにおけるガラス固化体の溶解速度を試算した結果、ケースA及びCについては、Mgイオンの影響はほぼ無視することができることから、ガラス固化体の溶解速度は $1.0 \times 10^{-3} \text{ g/m}^2/\text{day}$ に設定した。

一方、他のケースについては、約8000年度以降に、Mgイオンの影響によるガラス固化体の溶解速度が $1.0 \times 10^{-3} \text{ g/m}^2/\text{day}$ を超え、約9000年後にガラス固化体の全量が溶解する計算結果となることから、8000～9000年後においては、ガラス固化体が全量溶解するまでの平均溶解速度として $1.0 \times 10^{-1} \text{ g/m}^2/\text{day}$ を設定した。

各ケースにおけるガラス固化体の溶解速度の設定値と期間の関係を以下に示す(単位はいずれも $\text{g/m}^2/\text{day}$)。

【ケースA】0～100000年：1.0E-3

【ケースC】0～100000年：1.0E-3

【ケースE】0～8000年：1.0E-3, 8000～9000年：1.0E-1(約9000年でガラス固化体消失)

【ケースH】0～8000年：1.0E-3, 8000～9000年：1.0E-1(約9000年でガラス固化体消失)

【ケースK】0～8000年：1.0E-3, 8000～9000年：1.0E-1(約9000年でガラス固化体消失)

【ケースM】0～8000年：1.0E-3, 8000～9000年：1.0E-1(約9000年でガラス固化体消失)

6.4.5 核種移行パラメータ

(1) 溶解度

6.4.2の解析によって得られた各解析ケースの緩衝材中の間隙水組成に基づいて、6.3.4の(1)と同様の方法により放射性核種の溶解度を求めた。各解析ケースにおける溶解度の経時変化を図6.4-83に示す。

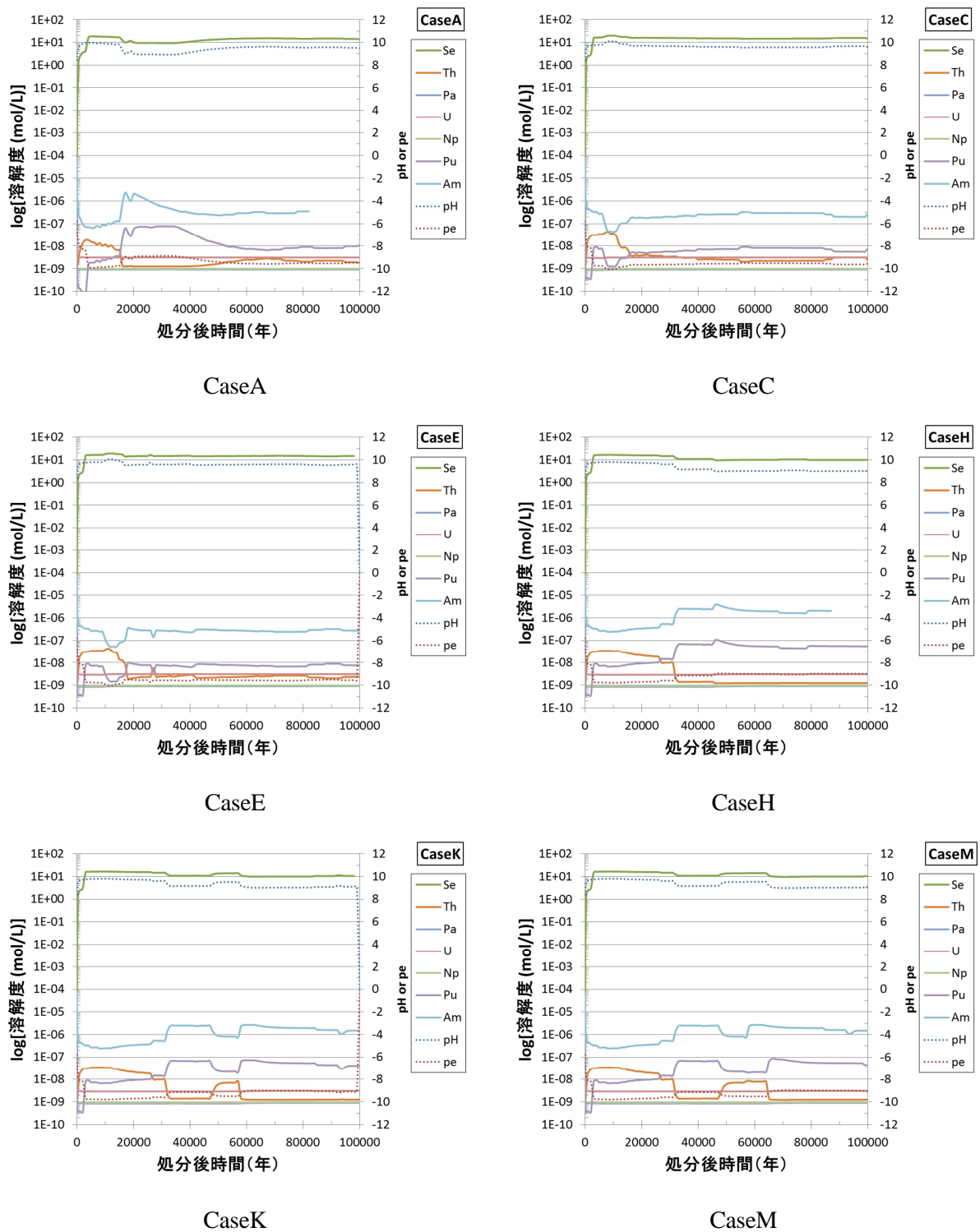
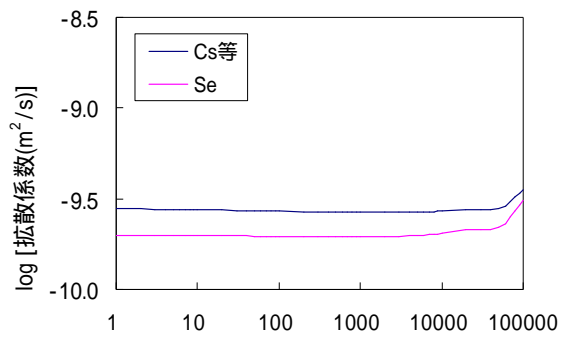


図 6.4-83 各解析ケースにおける溶解度の経時変化

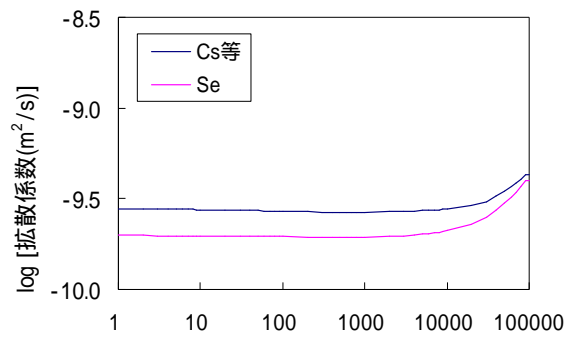
(2) 拡散係数

6.4.2 の解析によって得られた各解析ケースの緩衝材中の間隙水組成に基づいて、放射性核種の拡散係数を求めた。昨年度と同様に、Se は陰イオン排除モデルから、その他の元素は細孔拡散モデルから拡散係数を算出した⁽²⁴⁾。各解析ケースにおける拡散係数の経時変化を図 6.4-84 に示す。



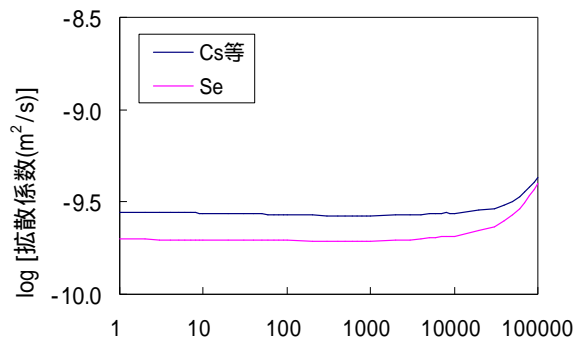
処分後時間 (年)

CaseA



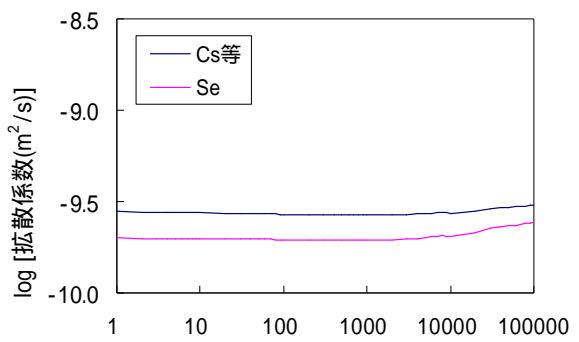
処分後時間 (年)

CaseC



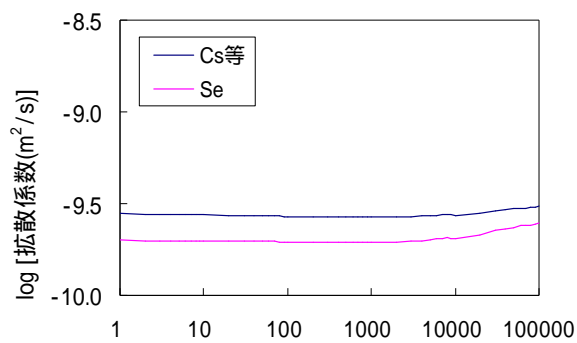
処分後時間 (年)

CaseE



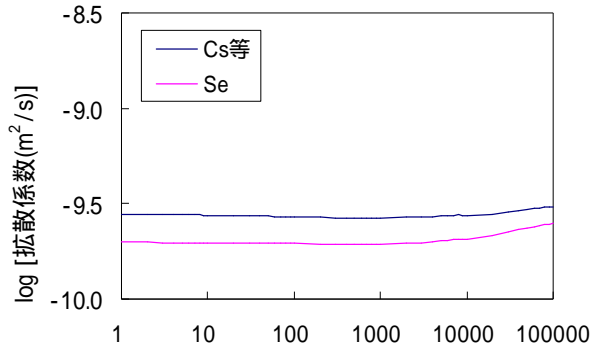
処分後時間 (年)

CaseH



処分後時間 (年)

CaseK



処分後時間 (年)

CaseM

図 6.4-84 各解析ケースにおける拡散係数の経時変化

(3) 収着分配係数：人工バリア

6.4.2 の解析によって得られた各解析ケースの緩衝材中の間隙水組成に基づいて、放射性核種の分配係数を求めた。昨年度と同様にモンモリロナイトを収着鉱物とし、Se は分配係数の実測値から、Cs はイオン交換モデルから分配係数を算出した⁽²⁴⁾。Th については、モンモリロナイトおよび石英に対する実測値⁽²⁵⁾から、環境条件によらず $1 \text{ m}^3/\text{kg}$ 一定とした。U、Np、Pu についても Th の化学的類似性より $1 \text{ m}^3/\text{kg}$ 一定とした。その他の元素については、JNC 第2次取りまとめ⁽²⁶⁾の値を設定した。各解析ケースにおける Se、Cs の経時変化を図 6.4-85 に示す。なお、その他の元素の設定値は、6.3.4 (3) と同様である。

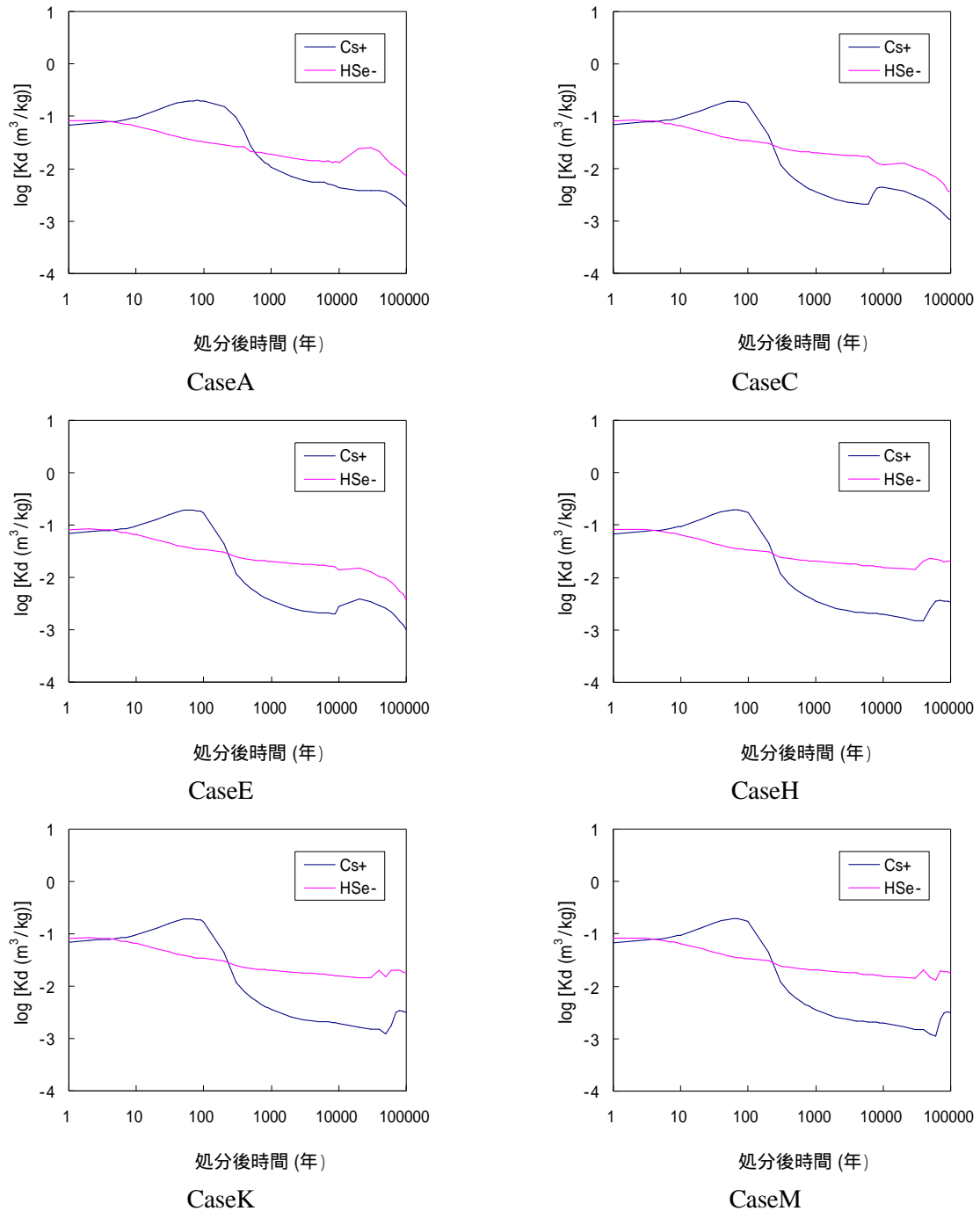


図 6.4-85 各解析ケースにおける Se および Cs の収着分配係数の経時変化

(4) 収着分配係数：天然バリア

天然バリアにおける収着分配係数の設定を表 6.4-24 に示す。Se、Cs に関しては、地質条件（表 6.4-4）と水質条件（表 6.4-3）に基づいて、昨年度及び本年度の評価モデルにより、分配係数を算出した。残りの Ra、Th（化学アナログ：Pa、U、Np、Pu）、Am（化学アナログ：Ac、Cm）に関しては、分配係数のデータベースから抽出した値と RAMDA⁽²⁷⁾での設定値を比較した上で、最終的には RAMDA を参考に設定した。

表 6.4-24 天然バリアにおける収着分配係数の設定

| < m ³ /kg > | | | | |
|------------------------|------|------|-----------------------------|---|
| 元素 | 地質条件 | 水質条件 | 設定値 [m ³ /kg] | 設定根拠 |
| Se | 堆積岩1 | 降水系 | 2E-02 | H25報告書 ⁽²⁵⁾ (黄鉄鉱含有量0.3%から計算) |
| | | 海水系 | 2E-02 | H25報告書 ⁽²⁵⁾ (黄鉄鉱含有量0.3%から計算) |
| | 堆積岩2 | 降水系 | 1E-01 | H25報告書 ⁽²⁵⁾ (黄鉄鉱含有量2.2%から計算) |
| | | 海水系 | 1E-01 | H25報告書 ⁽²⁵⁾ (黄鉄鉱含有量2.2%から計算) |
| | 堆積岩3 | 降水系 | 3E-01 | H25報告書 ⁽²⁵⁾ (黄鉄鉱含有量6.1%から計算) |
| | | 海水系 | 3E-01 | H25報告書 ⁽²⁵⁾ (黄鉄鉱含有量6.1%から計算) |
| Cs | 堆積岩1 | 降水系 | 6E-01 | H24報告書 ⁽²⁴⁾ (イライト1.3%、塩濃度0.1Mとして計算) |
| | | 海水系 | 2E-01 | H24報告書 ⁽²⁴⁾ (イライト1.3%、塩濃度0.3Mとして計算) |
| | 堆積岩2 | 降水系 | 1E+00 | H24報告書 ⁽²⁴⁾ (イライト2.2%、塩濃度0.1Mとして計算) |
| | | 海水系 | 4E-01 | H24報告書 ⁽²⁴⁾ (イライト2.2%、塩濃度0.3Mとして計算) |
| | 堆積岩3 | 降水系 | 1E+00 | H24報告書 ⁽²⁴⁾ (イライト3.2%、塩濃度0.1Mとして計算) |
| | | 海水系 | 5E-01 | H24報告書 ⁽²⁴⁾ (イライト3.2%、塩濃度0.3Mとして計算) |
| Ra | 泥質岩 | 降水系 | 5E-01 | データベースに収録された全てのRaのデータ数 (Kd>0m ³ /kg)のうち泥質岩に分類される岩石は、泥岩25、粘土岩5、不明4、計34であったが、測定データの情報が不足しているため、泥岩(25)のみを対象とした。また、降水系(酸性性雰囲気:14)と海水系(還元性雰囲気:11)で分けた場合、データに顕著な差がみられた。そこで、降水系条件のものに限定し(25件 14件)、統計値(対数平均:4E-1m ³ /kg、最小値:2E-1m ³ /kg、最大値:5E-1m ³ /kg)を算出した。その結果、得られた対数平均値はRAMDAにおける設定値(5E-1m ³ /kg)と同程度であったため、最終的にRAMDAの値を採用した。 |
| | | 海水系 | 5E-02 | データベースに収録された全てのRaのデータ数 (Kd>0m ³ /kg)のうち泥質岩に分類される岩石は、泥岩25、粘土岩5、不明4、計34であったが、測定データの情報が不足しているため、泥岩(25)のみを対象とした。また、降水系(酸性性雰囲気:14)と海水系(還元性雰囲気:11)で分けた場合、データに顕著な差がみられた。そこで、海水系条件のものに限定し(25件 11件)、統計値(対数平均:2E-2m ³ /kg、最小値:7E-3m ³ /kg、最大値:3E-2m ³ /kg)を算出した。その結果、得られた対数平均値はRAMDAにおける設定値(5E-2m ³ /kg)と同程度であったため、最終的にRAMDAの値を採用した。 |
| Ac | 泥質岩 | 降水系 | 5E+00 | Amの化学アナログとして設定した。 |
| | | 海水系 | 5E+00 | Amの化学アナログとして設定した。 |
| Th | 泥質岩 | 降水系 | 1E+00 | H25報告書 ⁽²⁵⁾ (pHと長石含有量から計算)、一般の泥岩には0.3m ³ /kgを適用、どちらが適切か要検討。 |
| | | 海水系 | 1E+00 | |
| Pa | 泥質岩 | 降水系 | 1E+00 | Thのアナログ |
| | | 海水系 | 1E+00 | |
| U | 泥質岩 | 降水系 | 1E+00 | Thのアナログ |
| | | 海水系 | 1E+00 | |
| Np | 泥質岩 | 降水系 | 1E+00 | Thのアナログ |
| | | 海水系 | 1E+00 | |
| Pu | 泥質岩 | 降水系 | 1E+00 | Thのアナログ |
| | | 海水系 | 1E+00 | |
| Am | 泥質岩 | 降水系 | 5E+00 | データベースに収録された全てのAmのデータ数 (Kd>0m ³ /kg)のうち泥質岩に分類される岩石は、粘板岩95のみであった。また、液相分類は降水系(酸性性:86、不明:9)のみであった。そこで、上記のデータについて統計値(対数平均:8E+1m ³ /kg、最小値:2E+0m ³ /kg、最大値:8E+2m ³ /kg)を算出した。その結果、得られた対数平均値はRAMDAにおける設定値(5E+0m ³ /kg)より高い値であったため、保守性を考慮して最終的にRAMDAの値を採用した。 |
| | | 海水系 | 5E+00 | データベースに収録された全てのAmのデータ数 (Kd>0m ³ /kg)のうち泥質岩に分類される岩石は、粘板岩95のみであった。また、液相分類は降水系(酸性性:86、不明:9)のみであるが、RAMDAでは降水系と海水系で同じ値が設定されているため、降水系の値をそのまま海水系の値として採用した。 |
| Cm | 泥質岩 | 降水系 | 5E+00 | Amの化学アナログとして設定した。 |
| | | 海水系 | 5E+00 | Amの化学アナログとして設定した。 |

6.4.6 ニアフィールド地下水流動

緩衝材変質の進行に伴う緩衝材中の地下水流速の変化を評価するため、「6.4.2 緩衝材変質・間隙水組成の変遷評価」において評価された変質した緩衝材中の透水係数及び間隙率の空間的・時間的变化の条件を基に、多孔質系媒体中の地下水流動解析コード MIG2DF⁽²⁸⁾及び地下水流路解析コード PASS-TRAC を用いて、変質した緩衝材及びその周辺岩盤を解析領域とする地下水流動解析を実施した。さらに、GSRW-PSA による人工バリア内の 1 次元核種移行解析の入力の 1 つとなる緩衝材中の地下水流速を決定するため、地下水流動解析の結果に対し、緩衝材中に設定した粒子に対する移行経路解析を行い、その結果から緩衝材中の実流速を決定した。その解析条件、解析結果の詳細については、Appendix -G に記述した。すべての解析ケースにおいて、変質した緩衝材中の核種移行は拡散支配となった。

6.4.7 核種移行解析

本解析では、隆起・侵食/沈降・堆積及び気候変動による海水面変化の影響のうち、その影響が最も大きいことが予想される隆起・侵食シナリオを対象として、6.4.1における現実的な地層処分サイトを想定し実施した地下水流動解析と、その結果に基づいた6.4.2から6.4.6におけるパラメータ設定を適宜反映した核種移行解析を行い、核種移行への影響の観点から、重要なこれらの天然事象の条件や地質環境の特性について予察的に検討した。

本年度は、昨年度と同様の、塩水/降水境界の移動に伴う水質条件の空間分布の時間的变化に加えて、移行経路上の地質の空間分布の時間的变化を考慮した、より詳細なリンケージによる解析を実施した。

(1) 解析条件

(a) 評価シナリオ及び解析ケースの設定

埋設深度300mで処分場位置より上側に塩水/降水境界が存在する場合を例として、隆起・侵食シナリオの概念図を図6.4-86に示す。隆起・侵食シナリオにおいて考慮した前提・解析条件を以下に示す。

- ・ 隆起速度は各ケース一律に、0.3m/千年(0.3mm/年)とし、侵食を考慮するケースでは、侵食速度を0.3m/千年(0.3mm/年)と想定する。ただし、隆起・侵食の生じる期間は、6.4.1の地下水流動解析における評価期間である50万年までと仮定し、それ以降の隆起・侵食現象は不確実性が大きいものとして、考慮しないものとした。
- ・ 隆起・侵食に伴い処分後の地下水流動系については、6.4.1の解析結果に基づいて、移行距離及び地下水流速の時間的な変化を考慮する。また、処分環境条件に関しても、6.4.1の解析結果を基に次のように設定する。
 - 人工バリアの地下水条件に関しては、6.4.1において評価した処分場位置と塩水/降水境界の関係の時間的な変化を基に、塩水/降水境界の下側にある場合を塩水系とし、上側にある場合を降水系とする。
 - 天然バリアも同様に、移行経路のうち、塩水/降水境界の上流側(処分場側)にある部分を塩水系、下流側(地表側)にある部分を降水系として、その時間変化を考慮する。なお、酸化還元条件については、サイトの特性を考慮してすべて還元性雰囲気とする。また、移行経路上の地質の空間分布の時間的な変化を考慮して、核種移行パラメータ(分配係数、間隙率)を設定する。
- ・ 6.4.1の評価において使用した堆積岩からなる母岩中に処分場が建設されるものとし、処分場の埋設位置のオプションとして、6.4.1で設定した以下の8箇所を想定する。
 - P1(埋設深度:300m、初期水理区分:H2、初期地下水条件:塩水系)
 - P2(埋設深度:300m、初期水理区分:H3、初期地下水条件:降水系)
 - P3(埋設深度:300m、初期水理区分:H2、初期地下水条件:降水系)
 - P4(埋設深度:400m、初期水理区分:H2、初期地下水条件:降水系)
 - P5(埋設深度:400m、初期水理区分:H2、初期地下水条件:降水系)
 - P6(埋設深度:500m、初期水理区分:H1、初期地下水条件:塩水系)
 - P7(埋設深度:500m、初期水理区分:H2、初期地下水条件:塩水系)
 - P8(埋設深度:600m、初期水理区分:H1、初期地下水条件:塩水系)このうち、処分場位置での初期地下水条件が塩水系であるP1、P6、P7、P8に関しては、塩水/降水境界の時間変化により、処分場位置よりも塩水/降水境界が下側に到達

した場合は、降水系に変化させる。また、P1、 P6、 P7、 P8 に関して、処分場から塩水/降水境界までの天然バリアでの移行経路は塩水系条件、塩水/降水境界から地表面までは降水系条件とし、その経路の領域は塩水/降水境界の時間変化とともに変化させるものとする。

- 天然バリアの核種移行に関して、侵食の影響として移行距離の減少を考慮し、侵食により削剥された土砂中の核種については、別途、土砂の削剥速度により天然バリアからの移行フラックスとして評価する。ただし、本年度の解析では、後述するように、評価核種に関して、天然バリアの出口に到達する時刻は、隆起・侵食を考慮する期間である 50 万年よりも後になるため、侵食に伴う削剥された土砂によるフラックス成分は、評価上、計算されなかった。

以上の前提・解析条件と、6.4.1 における地下水流動の解析ケースと想定する処分場位置に基づいて、隆起・侵食シナリオにおける核種移行の解析ケースを表 6.4-25 のように設定した。

ここで、Case1、2 では、一様隆起のみを考慮するものとし、Case1 と 2 の違いは、透水異方向性に関して、Case1 が考慮しない、Case2 が考慮するケースである。また、Case3、4 は Case1、2 の条件に加えて、侵食とそれに伴う透水係数の増加を考慮したケースとなっている。一方、Case5、7、8、10 は、Case1、2、3、4 のそれぞれに対応する形で、隆起のタイプが一様隆起から傾動隆起に変更したケースとなっている。さらに、上記の各ケースについて、処分場位置ごとに個別の環境条件が設定される。つまり、地下水流動における 8 つの解析ケース (Case1、2、3、4、5、7、8、10) × 8 箇所の処分場位置 (P1、2、3、4、5、6、7、8) の計 64 ケースである。

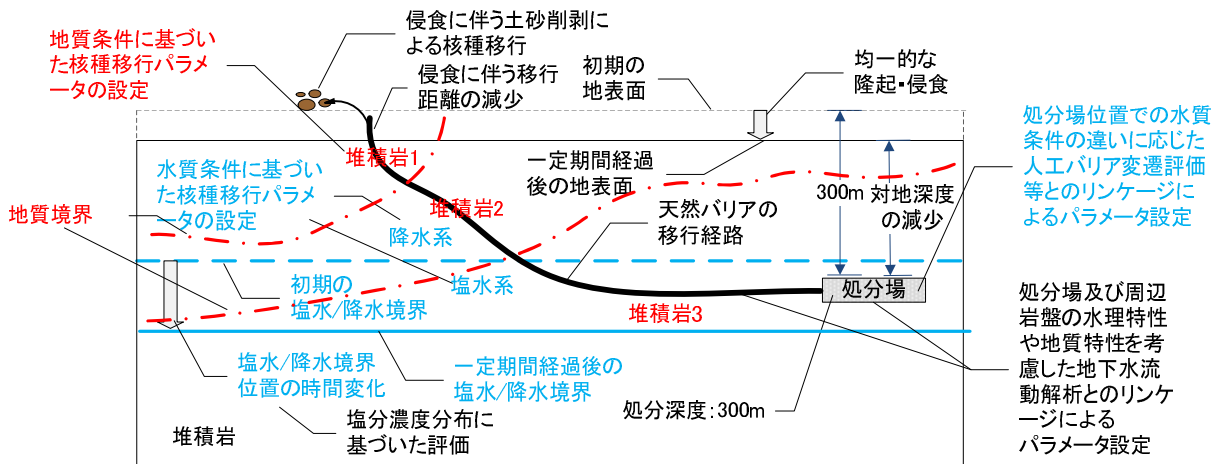


図 6.4-86 隆起・侵食シナリオの概念図：埋設深度 300m で処分場位置より上側に塩水/降水境界が存在する場合

表 6.4-25 隆起・侵食シナリオの解析ケース

| 地下水流動解析ケース | 隆起のタイプ | 隆起速度 [mm/y] | 侵食速度 [mm/y] | 透水異方性 | 処分場位置 | 処分場位置での水理条件 | 処分場対地深度 [m] | 処分場位置での地下水環境条件 | 緩衝材変質・間隙水組成の変遷評価における解析ケース | ニアフィールド地下水流動における解析ケース |
|------------|--------|-------------|-------------|-------|-------|-------------|-------------|----------------|---------------------------|-----------------------|
| Case1 | 一様隆起 | 0.3 | 0 | × | P1 | H2 | -300 | 塩水系 降水系 | E | H2:E |
| | | | | | P2 | H3 | -300 | 降水系 | A | H3:A |
| | | | | | P3 | H2 | -300 | 降水系 | A | H2:A |
| | | | | | P4 | H2 | -400 | 降水系 | A | H2:A |
| | | | | | P5 | H2 | -400 | 降水系 | A | H2:A |
| | | | | | P6 | H1 | -500 | 塩水系 降水系 | K | H1:K |
| | | | | | P7 | H2 | -500 | 塩水系 降水系 | C | H2:C |
| | | | | | P8 | H1 | -600 | 塩水系 降水系 | E | H1:E |
| Case2 | 一様隆起 | 0.3 | 0 | | P1 | H2 | -300 | 塩水系 降水系 | E | H2:E |
| | | | | | P2 | H3 | -300 | 降水系 | A | H3:A |
| | | | | | P3 | H2 | -300 | 降水系 | A | H2:A |
| | | | | | P4 | H2 | -400 | 降水系 | A | H2:A |
| | | | | | P5 | H2 | -400 | 降水系 | A | H2:A |
| | | | | | P6 | H1 | -500 | 塩水系 降水系 | M | H1:M |
| | | | | | P7 | H2 | -500 | 塩水系 降水系 | C | H2:C |
| | | | | | P8 | H1 | -600 | 塩水系 降水系 | E | H1:E |
| Case3 | 一様隆起 | 0.3 | 0.3 | × | P1 | H2 | -300 | 塩水系 降水系 | E | H2:E |
| | | | | | P2 | H3 | -300 | 降水系 | A | H3:A |
| | | | | | P3 | H2 | -300 | 降水系 | A | H2:A |
| | | | | | P4 | H2 | -400 | 降水系 | A | H2:A |
| | | | | | P5 | H2 | -400 | 降水系 | A | H2:A |
| | | | | | P6 | H1 | -500 | 塩水系 降水系 | H | H1:H |
| | | | | | P7 | H2 | -500 | 塩水系 降水系 | C | H2:C |
| | | | | | P8 | H1 | -600 | 塩水系 降水系 | E | H1:E |
| Case4 | 一様隆起 | 0.3 | 0.3 | | P1 | H2 | -300 | 塩水系 降水系 | E | H2:E |
| | | | | | P2 | H3 | -300 | 降水系 | A | H3:A |
| | | | | | P3 | H2 | -300 | 降水系 | A | H2:A |
| | | | | | P4 | H2 | -400 | 降水系 | A | H2:A |
| | | | | | P5 | H2 | -400 | 降水系 | A | H2:A |
| | | | | | P6 | H1 | -500 | 塩水系 降水系 | H | H1:H |
| | | | | | P7 | H2 | -500 | 塩水系 降水系 | C | H2:C |
| | | | | | P8 | H1 | -600 | 塩水系 降水系 | E | H1:E |
| Case5 | 傾動隆起 | 0.3 | 0 | × | P1 | H2 | -300 | 塩水系 降水系 | E | H2:E |
| | | | | | P2 | H3 | -300 | 降水系 | A | H3:A |
| | | | | | P3 | H2 | -300 | 降水系 | A | H2:A |
| | | | | | P4 | H2 | -400 | 降水系 | A | H2:A |
| | | | | | P5 | H2 | -400 | 降水系 | A | H2:A |
| | | | | | P6 | H1 | -500 | 塩水系 降水系 | K | H1:K |
| | | | | | P7 | H2 | -500 | 塩水系 降水系 | C | H2:C |
| | | | | | P8 | H1 | -600 | 塩水系 降水系 | E | H1:E |
| Case7 | 傾動隆起 | 0.3 | 0 | | P1 | H2 | -300 | 塩水系 降水系 | E | H2:E |
| | | | | | P2 | H3 | -300 | 降水系 | A | H3:A |
| | | | | | P3 | H2 | -300 | 降水系 | A | H2:A |
| | | | | | P4 | H2 | -400 | 降水系 | A | H2:A |
| | | | | | P5 | H2 | -400 | 降水系 | A | H2:A |
| | | | | | P6 | H1 | -500 | 塩水系 降水系 | M | H1:M |
| | | | | | P7 | H2 | -500 | 塩水系 降水系 | C | H2:C |
| | | | | | P8 | H1 | -600 | 塩水系 降水系 | E | H1:E |
| Case8 | 傾動隆起 | 0.3 | 0.3 | × | P1 | H2 | -300 | 塩水系 降水系 | C | H2:C |
| | | | | | P2 | H3 | -300 | 降水系 | A | H3:A |
| | | | | | P3 | H2 | -300 | 降水系 | A | H2:A |
| | | | | | P4 | H2 | -400 | 降水系 | A | H2:A |
| | | | | | P5 | H2 | -400 | 降水系 | A | H2:A |
| | | | | | P6 | H1 | -500 | 塩水系 降水系 | H | H1:H |
| | | | | | P7 | H2 | -500 | 塩水系 降水系 | C | H2:C |
| | | | | | P8 | H1 | -600 | 塩水系 降水系 | E | H1:E |
| Case10 | 傾動隆起 | 0.3 | 0.3 | | P1 | H2 | -300 | 塩水系 降水系 | E | H2:E |
| | | | | | P2 | H3 | -300 | 降水系 | A | H3:A |
| | | | | | P3 | H2 | -300 | 降水系 | A | H2:A |
| | | | | | P4 | H2 | -400 | 降水系 | A | H2:A |
| | | | | | P5 | H2 | -400 | 降水系 | A | H2:A |
| | | | | | P6 | H1 | -500 | 塩水系 降水系 | K | H1:K |
| | | | | | P7 | H2 | -500 | 塩水系 降水系 | C | H2:C |
| | | | | | P8 | H1 | -600 | 塩水系 降水系 | E | H1:E |

(b) 評価モデルの概要

以下に、GSRW-PSA コードの評価モデルの概要を示す。なお、使用した評価モデルは、「平成 23 年度 地層処分の安全審査に向けた評価手法等の整備 報告書」⁽²⁹⁾において整備したものである。また、天然バリアにおける水質条件及び地質条件の空間分布の時間的な変化機能は、本年度の「6.2.2(3) 確率論的安全評価コード(GSRW-PSA)の拡張」において整備した機能を用いた。

人工バリア

人工バリアの核種移行解析では、人工バリアの構成要素である廃棄体(ガラス固化体)オーバーパック領域、緩衝材を一次元体系として、これらの連続したコンパートメントとして考えることにより核種移行解析を行った。オーバーパックが破損するまでは、ガラス固化体中での核種の減衰の効果を考慮した。オーバーパックの破損後、ガラスの溶解により核種がオーバーパック領域に放出され、移流・拡散により緩衝材へと移行する。オーバーパック領域での収着及び溶解度限度による制限は考慮しない。緩衝材間隙水中の核種は、収着(分配係数)及び溶解度限度により間隙水中濃度が制限され、移流・拡散により移行する。ここで、溶解度限度に関しては、安定同位体核種が存在する場合は、放射性核種との濃度比に応じた溶解度限度を考慮した。なお、核種の収着及び溶解/沈殿の現象は瞬時/可逆を仮定した。人工バリアからの地下水移行による移行フラックスは、緩衝材と周辺岩盤の境界濃度をゼロとし、緩衝材と周辺岩盤の間の濃度勾配を最大化することで、拡散の効果を保守的に見積もった値として算出した。

また、処分場位置における環境条件の時間的な変化は、核種移行パラメータの時間的な変化としてリンケージさせた。

なお、隆起・侵食シナリオの侵食を考慮したケースに関して、本解析では、50 万年後の継続的な隆起・侵食を仮定しないため、昨年度において想定した処分場が地表面に到達するという現象は、考慮しないものとした。

天然バリア

天然バリアの核種移行解析では、地層処分サイトが堆積岩からなるものと想定しているため、亀裂の少ない地層あるいは亀裂帯のように亀裂頻度が極めて高い地層中における核種移行の評価に適用される、多孔質媒体近似モデルを用いた。多孔質媒体近似モデルでは、間隙率を含む均質な移行媒体での移行を評価する。多孔質媒体中の核種移行として、地質媒体中の移流及び分散・拡散、地質媒体への瞬時/可逆を仮定した収着遅延による移行現象を考慮した。上流側の境界条件はディリクレ境界条件、下流側の境界条件はコーシー境界条件として、天然バリアからの地下水移行による移行フラックスを算出した。

また、天然バリアにおける環境条件の時間的・空間的な変化は、核種移行パラメータの時間的・空間的な変化としてリンケージさせた。

なお、隆起・侵食シナリオの侵食を考慮したケースでは、侵食により、天然バリアにおける移行距離が減少していくとともに、移行距離の減少に応じた土砂削剥による移行フラックスも別途評価する必要がある。その場合は、間隙水中の核種に加えて、削剥される媒体中に収着している核種も含めて核種量を求め、移行距離の削剥速度により移行フラックスの評価を行った。ただし、天然バリアの出口に到達する時刻(特に、ピーク出現時刻)は、隆起・侵食を考慮する期間である 50 万年よりも後になるため、侵食に伴う削剥された土砂によるフラックス成分は、評価上、計算されなかった。

(c) 核種移行パラメータ

核種移行解析において使用するパラメータは、6.4.1 から 6.4.6 までの解析及び検討により得られた結果に基づいて設定した。基本的には、6.4.1 から 6.4.6 で得られた核種移行パラメータの時間的な変化をそのまま核種移行解析にリンクさせた。なお、6.4.1 から 6.4.6 で得られる各評価結果は、それぞれの時間刻みで評価しているため、評価時刻間の変化を線形直線内挿により補間した。また、天然バリアにおける核種移行解析では、水理条件及び地質条件の空間分布の時間的な変化も考慮して、リンクを行った。以下では、人工バリア及び天然バリアの核種移行解析で使用する主要なパラメータの設定の概要を示す。なお、評価対象核種及びインベントリ(表 6.3-8)は 6.3.6 (1)(b)と同様である。

人工バリア

隆起・侵食シナリオのための緩衝材変質・間隙水組成の変遷評価における解析ケースと設定パラメータを表 6.4-26 に示す。隆起・侵食シナリオの核種移行解析では、表 6.4-25 に示した解析ケースに対して、表 6.4-26 に示した緩衝材変質・間隙水組成の変遷評価における解析ケースと設定パラメータを組合せて設定する。なお、表 6.4-26 中の設定パラメータにおける A、C、E、H、K、M は、6.4.1 から 6.4.5 までの各評価結果におけるパラメータの時間変化を考慮することを意味している。ただし、緩衝材中の地下水流速は、処分位置における水理条件との組合せにより、設定パラメータが異なるため、表 6.4-25 における「ニアフィールド地下水流動のための解析ケース」に対応させて、6.4.6 の評価結果におけるパラメータの時間変化を基に設定した。間隙率の時間的な変化は、拡散係数の評価で用いたものを設定した(図 6.4-87)。

なお、本項において、特に断りがなく解析ケースという場合は、表 6.4-25 における隆起・侵食シナリオの核種移行解析ケース(Case1、2、3、4、5、7、8、10)のことを指し、表 6.4-26 に示された解析ケース(A、C、E、H、K、M)は緩衝材変質・間隙水組成の変遷評価における解析ケースと呼んで区別する。

表 6.4-26 隆起・侵食シナリオのための緩衝材変質・間隙水組成の変遷評価における解析ケースと人工バリアの設定パラメータ

| 緩衝材変質・間隙水組成の変遷評価 | | | | 人工バリアの設定パラメータ | | | | | | | |
|------------------|---------|------------|--|---------------|--------------------------------|--|--------------------------|---------------------------|---------|------------------|--------------------|
| 解析ケース | 設定条件 | | | OP腐食形態・寿命 | ガラス溶解速度 (kg/m ² /y) | 溶解度 (mol/m ³) | 拡散係数 (m ² /y) | 分配係数 (m ³ /kg) | 間隙率 (-) | 緩衝材中の地下水流速 (m/y) | |
| | 温度 (°C) | 支保工厚さ (cm) | 地下水特性 | | | | | | | | 初期間隙水特性 |
| A | 25 | 60 | 降水系・無酸素 | 純水・無酸素 | 全面腐食 4,000年 | 3.65×10^{-4} (4,000年~) | A | A | A | A | 処分場位置における水理条件との組合せ |
| C | 25 | 60 | 塩水系(0年~6,000年) 降水系(6,000年~) ・無酸素 | 純水・無酸素 | 全面腐食 4,000年 | 3.65×10^{-4} (4,000年~) | C | C | C | C | 処分場位置における水理条件との組合せ |
| E | 25 | 60 | 塩水系(0年~9,000年) 降水系(9,000年~) ・無酸素 | 純水・無酸素 | 全面腐食 4,000年 | 3.65×10^{-4} (4,000年~8,000年) 3.65×10^{-2} (8,000年~) | E | E | E | E | 処分場位置における水理条件との組合せ |
| H | 25 | 60 | 塩水系(0年~45,000年) 降水系(45,000年~) ・無酸素 | 純水・無酸素 | 全面腐食 4,000年 | 3.65×10^{-4} (4,000年~8,000年) 3.65×10^{-2} (8,000年~) | H | H | H | H | 処分場位置における水理条件との組合せ |
| K | 25 | 60 | 塩水系(0年~57,000年) 降水系(57,000年~) ・無酸素 | 純水・無酸素 | 全面腐食 4,000年 | 3.65×10^{-4} (4,000年~8,000年) 3.65×10^{-2} (8,000年~) | K | K | K | K | 処分場位置における水理条件との組合せ |
| M | 25 | 60 | 塩水系(0年~64,000年) 降水系(64,000年~) ・無酸素 | 純水・無酸素 | 全面腐食 4,000年 | 3.65×10^{-4} (4,000年~8,000年) 3.65×10^{-2} (8,000年~) | M | M | M | M | 処分場位置における水理条件との組合せ |