

新滝ヶ洞溜池の水質異常に係る対策協議会

第9回対策協議会

1. 協議会への意見質問一覧

(別紙) 移流拡散解析について

協議会への意見質問一覧

No.	日付	住所	意見	対応	委員への提示
52	2005/11/2(水) 第8回協議会会場の意見箱にて	可児市大森 T氏	全面覆土をしたのだから、本来の説明からすればきれいな水になる筈だった。しかし覆土前と同じ強い酸性を示すのは、住民からすれば覆土の意味がないと思えるし、不安を解消する材料にはならないと思う。きれいな土を入れなおすのが、一番安価な近道ではないかと考える。それが住民にも納得が得られるのではないですか。飲み水は、生命の源です。	覆土工は盛土部への雨水の浸透を減少させ、浸出量を減少させるとともに、酸性水及び重金属等の有害物質の排出を抑制するために施工したものです。覆土工の効果は、第8回対策協議会及び今回の協議会において審議しています。尚、内容については多治見砂防国道事務所のホームページをご覧ください(以下ホームページという)。また、井戸水への影響については第1回、第5回及び第6回対策協議会で解析上ほとんど影響はないと報告しています。	第9回対策協議会(10/5(木))に委員へ提示
53	2005/11/2(水) 第8回協議会会場の意見箱にて	可児市若葉台 Y氏	覆土工事は一定の効果は上がっているのだろうが、結果的には地元住民の不安を一掃できるものではない限り合格とはいえない。完璧なる対応は無理だとしたら、徹底的に話し合って合意点を見つけるしかない。	対策協議会により技術的検討を行うとともに、久々利対策委員会を通じて地域の皆様のご理解を得ていきたいと考えています。	第9回対策協議会(10/5(木))に委員へ提示
54	2006/4/27(木) 国土交通省多治見砂防国道事務所にて	可児市久々利 Y氏	<p>本年、1月20日に水資源問題ネットワーク可児から、国交省多治見砂防国道事務所に対して「申し入れ書及び質問書」を提出いたしました。未だに各項目にそったきちんとした回答がありません。どのようなお考えなのかお聞かせください。</p> <p>2月13日に新滝ヶ洞溜池水質異常に係わる対策協議会 学識経験者の植下委員長に宛てた質問書の回答が、2ヶ月半経過しても戴けていません。植下委員長に届けて頂いたと伺っていますが、どうしてこんなに時間がかかるのでしょうか。</p> <p>本年、1月15日～17日にかけてpH測定器(固定器)が故障した際におけるメーカーの証明書を戴きたい。(2月13日にも依頼しています。)また、本年3月8日の重金属対応プラント故障についての説明及び報告書を頂きたい。</p> <p>3月末ごろ可児市に提出した「移流拡散解析の考え方について」の文章の作成者はどなたでしょうか。また内容の説明を求めます。文書に記載された支配方程式を用いてストックヤードの具体的なデータを入れて計算した結果が示されいませんが、何故提示されていなかったのでしょうか。</p> <p>国交省多治見砂防国道事務所の所長及び所員は、この事件が発生して3年目を迎えたところでほとんど転勤されたようです。新滝ヶ洞溜池水質異常事件の内容等について、後任者にきちんとひきつがれているのでしょうか。</p> <p>昨年11月2日に第8回対策協議会が開かれて以降、未だに第9回の対策協議会が開かれていません。その理由はなんですか。また次回の協議会はいつ開催される予定でしょうか。</p> <p>富士ゴルフ場に防球ネットの工事が行われた後、2月下旬以降における西コルゲートの排出水のpH値が4.5という低い値となっているが、このことについて何らかの対策を採られているのか、伺いたい。</p> <p>1. 国交省は、酸性水発生事件を受けて、可児市公共残土ストックヤード(以下「ストックヤード」という)の上面部にバントナイトによる全面覆土工法による雨水の流入と酸性水の発生を防ぐことを目的とする施工を行いました。しかし、その効果は現時点において適切なものとなっているとは思われません。第8回対策協議会において、久々利対策委員が覆土工後においても覆土工前とかわりないpH値の低い酸性水が出ているデータを示してその事実を訴えたところ、植下委員長は提示されたデータを全く見ることなく、「これでいいんですよ、いいんですよ。」という全く事実を無視した発言を繰り返しいいました。私達の約1年間の追跡水質調査結果によれば、現在も酸性水の流出は依然として続いています。覆土工を行っても国土交通省が明言したような劇的な酸性水発生防止効果が現れたとはとても言えない状況が続いています。また、今まで実施された対策協議会においてもストックヤードにおける酸性水発生メカニズムについてきちんとした説明がなされていません。いくつかの仮説は出されましたが、それに基づく調査の結果は仮説を証明するものとはなっておらず、仮説に基づく対策工事は十分な成果をあげられないでいます。 (1)酸性水の生成と流出に関して覆土工による効果があったとされる具体的な根拠について改めて詳しい説明を求めます。</p> <p>(2)ストックヤードにおける酸性水発生メカニズムについて、改めて国交省多治見砂防国道事務所としての見解を求めます。過去の誤った仮説の繰り返しではなく、これまでの調査結果および対策としての覆土工の結果をふまえた矛盾のないメカニズムの説明をしてください。</p>	<p>平成18年2月9日に対策協議会事務局から回答しています。</p> <p>対策協議会の審議過程における委員長及び委員の発言について回答することは考えていませんのでご理解をお願いします。</p> <p>平成18年1月15日～17日のpH測定器の故障原因は、結露による基盤のショートと推定されます。また、3月8日の水質改善プラント故障は、苛性ソーダ制御用pHセンサーの故障により本来注入の必要のない苛性ソーダが連続注入されたものです。当日の水質調査の結果では下流域への影響はありませんでした。 尚、久々利対策委員会(H18.5.11)において説明しています。</p> <p>「移流拡散解析の考え方」については資料9-2(別紙)のとおりです。計算結果は第1回、第5回及び第6回対策協議会で報告しています。</p> <p>職員が移動する場合は、業務の内容について後任の者と引継ぎを行います。</p> <p>水質調査等のデータ収集及び解析のとりまとめ等が完了したため第9回対策協議会を開催するものです。</p> <p>水質改善プラントで浸出水を処理し、安全な状態で下流へ放流しています。</p> <p>第8回及び今回の対策協議会で審議しています。覆土工の効果についての詳細はホームページをご覧ください。</p> <p>学識経験者、地元関係者並びに行政機関からなる対策協議会において技術的検討を行っています。酸性水発生メカニズムについては、第1回、第2回、第8回対策協議会において審議がされています。詳細はホームページをご覧ください。</p>	第9回対策協議会(10/5(木))に委員へ提示

協議会への意見質問一覧

No.	日付	住所	意見	対応	委員への提示
54	2006/4/27(木) 国土交通省多治見 砂防国道事務所にて	可児市久々利 Y氏	(3)平成16年7月8、16日における東コルゲートのpH値は4.5、9月5日におけるpH値は4.4です。このような低いpH値を示すのは何故なのでしょう。また、12月26日における西コルゲートのpH値は8.0という驚くべき高い測定値となっていますが、かかる高いアルカリ性浸出水が何故発生するのでしょうか。さらに本年1月15日、西コルゲートのpH値は3.3(固定器)、17日における西コルゲートのpH値は2.6(固定器)という驚くべき低い値を示しました。事態は良くなるどころか、かえって悪化しているようにも思われます。これらの点は如何なる理由によるものか、明確な説明を求めると同時に、対策方法の全面的な見直しが必要であることを訴えます。	(平成16年7月は平成17年7月の間違いと思われま)平成17年7月8、16日、9月5日のpHについては、第8回対策協議会で審議していますのでホームページをご覧ください。平成17年12月26日のpHについて、定期定点観測の結果では平成17年12月22日のpHは7.3、平成18年1月5日のpHは6.8です。平成18年1月15～17日のpHについては、pH測定器の故障です。(前述で説明しています)定期定点観測の1月16日の結果ではpH4.7です。	第9回対策協議会 (10/5(木))に委員へ提示
			(4)現時点において、覆土工を実施すればすべて問題が解決するといった国交省の予測と仮説は成立せず、それに基づく計画は明確に破綻したと考えられます。よって過去の対策協議会において国交省 後藤所長が明言された「覆土工がうまくいかなかった時は全面撤去も視野に入れて考える。」という発言に基づいて、私達はストックヤードの汚染残土の全面撤去を強く訴えます。この点についての見解を求めます。	覆土工の実施により浸出量は低下する等の効果が発揮されています。尚、覆土工の効果については、第8回協議会及び今回の協議会で審議を行います。	
			2. 第8回対策協議会において、学識経験者の平山委員が「・・・ズリの下には瑞浪層という水を通さない層がある。このため、盛土内の水は、全部調整池に出てくる。地下に浸透して下流に行くことはない。」「ストックヤードは『周囲の岩盤が固くて恰も綺麗なすり鉢のような形をしているので周りから中へ湧き水が入ってこない』という趣旨の発言をされていました。しかし、盛土内の水が全部外に排出されること、覆土工により雨水が盛土内に浸透しないという学識経験者の仮説・見解は、依然としてストックヤードから湧き水がどんどん出てきている状況を鑑みれば、その仮説・見解は矛盾していると言わざるを得ません。この点についての説明をもとめます。	対策協議会の審議過程における委員長及び委員の発言について回答することは考えていませんのでご理解をお願い致します。	
3. 第8回対策協議会における国交省から提出された資料中、「4.4 酸性水に関する基準値の検討」の評価の項目において、「排水基準や生活環境基準などを参考にpH5.8を目安とする。」という主張については、到底承服することができません。私達は何の汚染もなかった久々利川水源地域に突然にストックヤードが出現し、重大な汚染を一時的に引き起こしたという事実をベースに考えるならば、水質環境基準がpH5.8までを許容しているからといってそれを押し付けられるいわれはどこにもありません。協議会の席上で専門委員からも指摘があったように、たとえ酸性雨が降るような地域であっても通常の河川水ではpH7.0に近い値を示すことが多いということから考えてpH6.5～7.5程度が基準となるべきだと考えます。ましてストックヤードからの浸出水は電気伝導度が極めて高い、すなわち溶存する無機イオン濃度が高く、少しでも酸性に傾いた水が河川に流入した時に自然に中和されてpH7.0に近づくことが難しく、流入以前にpH7.0に調整してから放流するべきであると考えられます。この点についての見解を求めます。また同資料は「表5 周辺でpHの低い自然水の例」の地点のpH値「久尻:4.9、大須ヶ洞:4.3、錠ヶ谷:5.2)を示して、久々利川水源ももともと酸性の水が流れていたかのような錯覚を起こさせることをねらった記述となっています。これらのデータは採水日時や採水場所を記載していないなどの信憑性が薄く、かつ、これらの自然水が仮に存在していたとしても、久々利川源流域ストックヤード建設地付近がもともと酸性水が流れていたという証拠には到底なりえません。かかるデータをもっともらしく公開する姿勢・態度は、国の事業を実施するものとして不適切かつ不誠実であると言わざるを得ません。この点についての説明を求めます。	水質の基準値は対策協議会で審議していきます。				

協議会への意見質問一覧

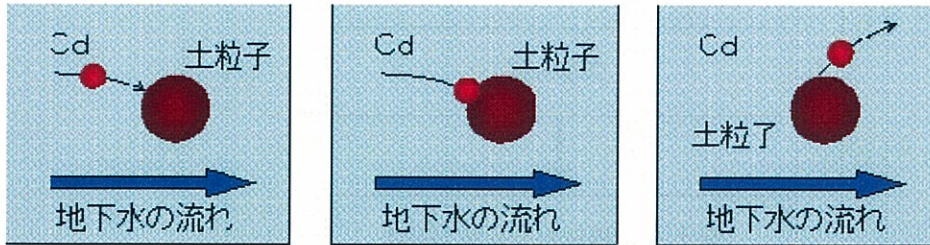
No.	日付	住所	意見	対応	委員への提示
54	2006/4/27(木) 国土交通省多治見 砂防国道事務所にて	可児市久々利 Y氏	<p>4. 調整池堆積土の調査において、貴事務所はまたしても土壤汚染対策法の基準値であるカドミウム150mg/kgを示し、カドミウムの定量限界を1mg/kgとしてすませようとしています。しかし、この基準値は市街地土壤汚染などのケースで人が汚染土壌を経口摂取した場合のリスク評価から導き出された基準値なのであって、今回のような汚染事例に適用することは明らかに間違いです。このことについては対策協議会の席上で数度にわたって専門委員から指摘を受けています。にもかかわらず同じ誤りを繰り返すのは汚染の実態を住民に対して軽く見せようという悪意とさえ感じられます。</p> <p>本汚染事例では、汚染された久々利川の水が水田に引かれていることを考慮するならば、農用地土壤汚染対策防止法の基準を参照するべきです。この法律では、土壤中重金属ではなく玄米中のカドミウム濃度に基準を設けています。すなわち、玄米1mg/kg以上が汚染米、0.4mg/kg以上が準汚染米です。さらに同法施行令では、汚染地域指定の要件として、汚染米が出た水田と同等のカドミウムが含まれる土壌であり、汚染米が出た水田とおおむね同一の土性であることを上げています。久々利地区と同じ美濃帯に属する愛知県犬山市では採石行為に伴う汚染によってカドミウム汚染米が産出し、同法汚染指定地区とされ、国による除染対策が施されました。この時の水田土壌中のカドミウム濃度は、玄米中カドミウム濃度とほぼ同じレベルであったという事例に学べば、久々利地区における今回の汚染事例では、調整池堆積物が出水などで久々利川を流下して水田に再沈殿することを考慮して、カドミウム1mg/kgが汚染米産出の可能性の高い土壌だということになります。よって定量限界は0.01mg/kgとするのが適当だと考えられます。現に愛知県では河川底質のカドミウム濃度監視調査において、定量限界を0.01mg/kgとして報告しております。このことについての貴事務所の見解を改めて伺いするとともに、現実に即した適正な調査をフェアに行っていたかのように強く要望します。</p>	<p>調整池の中で稲作を行っていませんので、農用地の土壌の汚染防止等に関する法律での分析は考えておりません。土壤汚染対策法の含有量の基準値より小さい数値まで分析しており問題がないと考えています。また、JIS規格により分析しています</p>	<p>第9回対策協議会 (10/5(木))に委員 に提示</p>
		<p>5. 地震や集中豪雨等における洪水がこの地域に起きないという保障はありません。その時に、ストックヤードが崩壊して汚染残土が地表に現れたり、下流域に流出する可能性がないとは言えません。またストックヤードが汚染残土を地下に埋蔵したままゴルフ場に返還された場合において、経営難等によって売却される恐れもあります。こうしたことが将来において発生した時、私達自身あるいは子々孫々にとってなすすべはなく、大きな不安が未来永劫にわたって残ります。この点についての貴事務所の見解を明らかにするとともに、将来不安をいかに解決、保証できるのか、具体的にお答えください。</p>	<p>盛土の安全性については、第3回対策協議会において審議しています。詳細はホームページをご覧ください。</p>		

# 移流拡散解析について

(別紙)

## 1.概要

カドミウムなどの重金属は、土壤中の地下水に溶け込み、地下水とともに移動・拡散します。実際の移動・拡散は、地下水に溶け出したカドミウムが土粒子にくっいたり、再び地下水に溶け出したりしながら移動していきます。そのカドミウムが移動する範囲や量を算出するために移流拡散解析によって求めます。



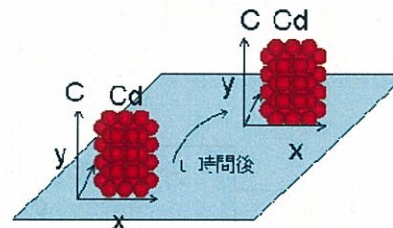
移流拡散解析では、物質が地盤中の地下水の流れに乗って移動する「移流」と、移動していく際に、地下水の速さが変化することにより物質が空間的に広がる「拡散」の2つの動きについて計算することで、カドミウムがある時間経過後の移動する距離や量がわかります。

また、移流拡散解析を行う場合、移動・拡散がしやすいかにくいかを判断するためにカドミウムなどが水に溶けやすいか溶けにくいを示す「分配係数」を計算する必要があります。

### <移流>

移流とは、右図に示すように、重金属などの物質が、地下水の流れによって、移動する現象を示すものです。

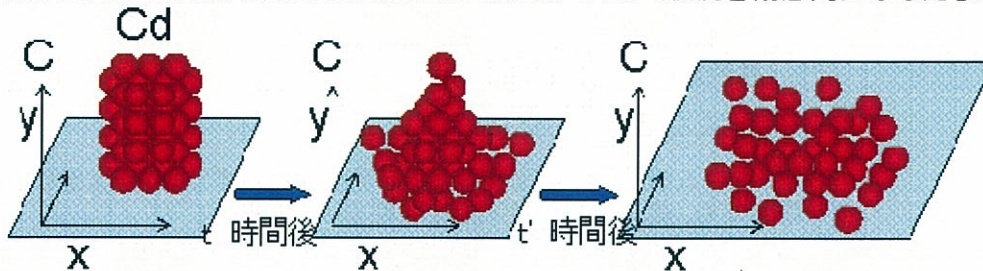
円柱で示したものが、ある量を示す物質を概念的に示したものです。これが、時間経過(Δt)後に、そのままの濃度で、移動する様子を概念的に示しています。



### <拡散>

拡散とは、下図に示すように、重金属などの物質が、広がっていく現象を示すものです。

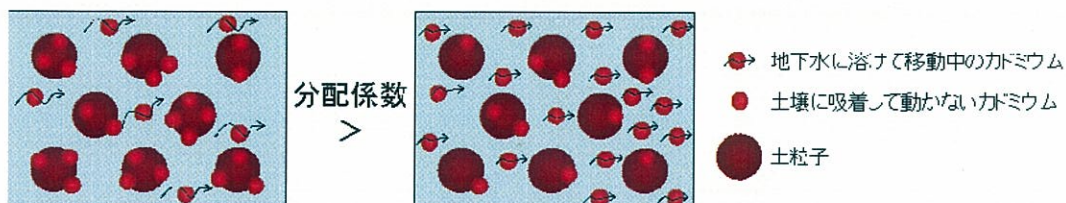
円柱で示した物質が、時間経過(Δt)後に、広がっていく状況を概念的に示したものです。



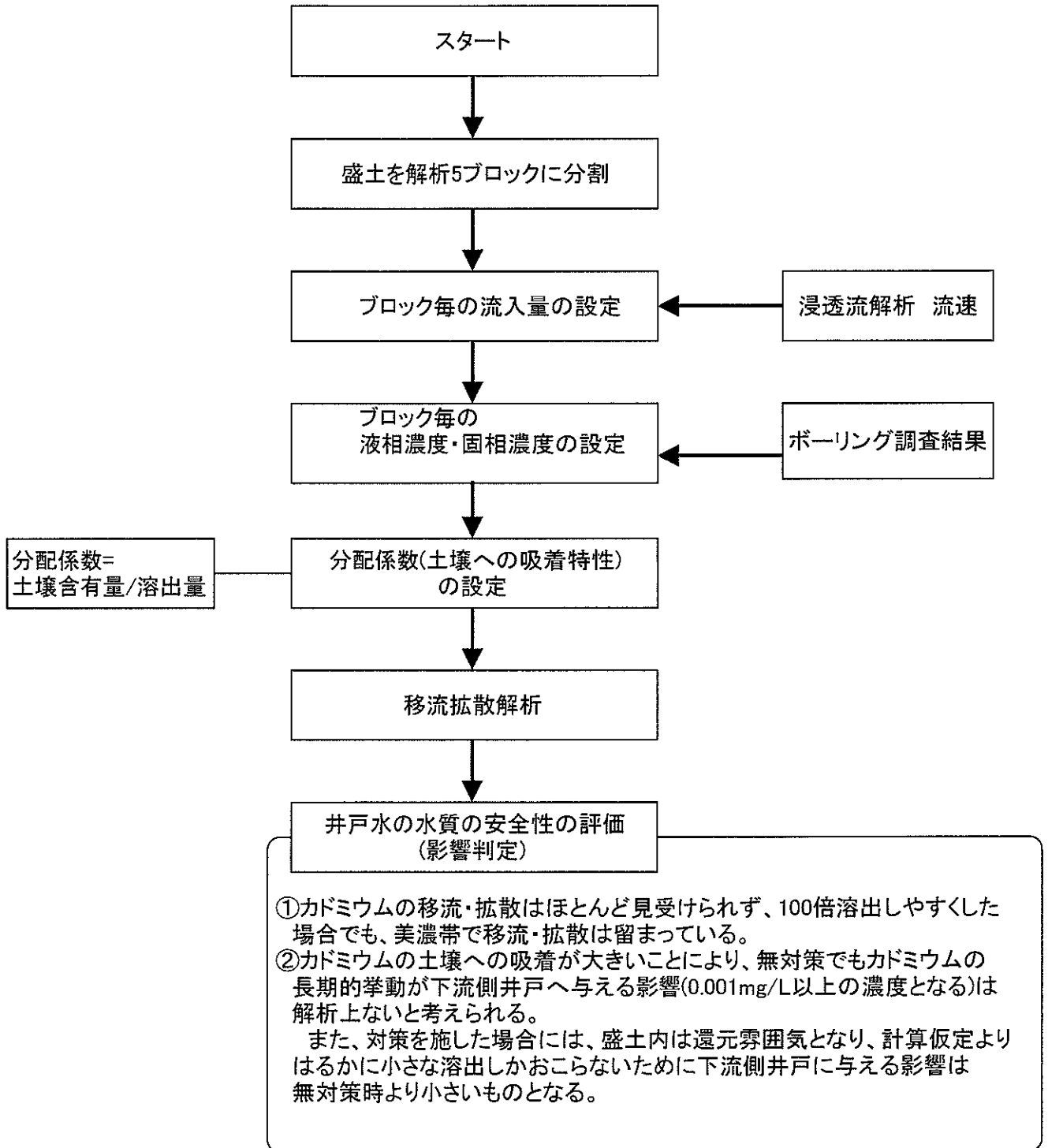
$$\text{分配係数} = \text{含有量} / \text{溶出量}$$

分配係数が小さいほど、地下水中に溶出しやすくなる。

また、地下水中に溶出しやすくなるほど、周辺環境に影響を与えやすくなる。



## 2.移流拡散解析の手順について



### 3.支配方程式

多孔質体中の単相流れにおける物質(放射性核種)の物質輸送を示す方程式は次のように書くことができる。

$$\frac{\partial}{\partial x_i} \left( \phi D_{ij} \frac{\partial C_k^w}{\partial x_j} \right) - \frac{\partial}{\partial x_i} (V_i C_k^w) - \frac{\partial}{\partial t} (\phi C_k^w) - \phi \lambda C_k^w + \sum_{m=1}^M \phi \xi_{km} \lambda_m C_m^w - R = 0 \quad (1)$$

$$-1(1-\phi)\rho_s \frac{\partial F_k}{\partial t} - (1-\phi)\rho_s \lambda F_k + \sum_{m=1}^M (1-\phi)\xi_{km} \lambda_m F_m + R = 0 \quad (2)$$

ここに

- $D_{ij}$  : 分散係数(cm<sup>2</sup>/sec)
- $V_i$  : 流速(cm/sec)
- $C_k^w$  :  $k$ 種の液層濃度(g/ml,  $\mu$ ci/ml)
- $\phi$  : 間隙率
- $\lambda_k$  :  $k$ 種の放射性壊変崩壊定数(1/sec)
- $F_k$  :  $k$ 種の固相単位重量あたりの物質量(g/g, g/kg)
- $\rho_s$  : 固相の真密度
- $\xi_{km}$  : 「娘」成分  $k$ へと壊変する「親」成分  $m$ の割合
- $M$  : 成分  $k$ へと壊変する親成分の数
- $R$  : それぞれの相間移動する物質の量(g, mg)

式(1)、(2)について地下水中の物質は1種

類とし、他物質からの壊変による濃度変化はなく、地下水への物質の湧き出し・吸い込みはあるとすると、

$$\frac{\partial}{\partial x_i} \left( \phi D_{ij} \frac{\partial C}{\partial x_j} \right) - \frac{\partial}{\partial x_i} (V_i C) - \frac{\partial}{\partial t} (\phi C) - \phi \lambda C + Q_c - R_s = 0 \quad (1)$$

$$-(1-\phi)\rho_s \frac{\partial F}{\partial t} - (1-\phi)\rho_s \lambda F + R_s = 0 \quad (2)$$

ここで  $Q_c$  は物質の湧き出し・吸い込みを表す源泉項です。

式(1)は基本的には飽和状態での移流拡散を表したものですが、式(1)の間隙率  $\phi$  を体積含水率  $\theta$  に置き換えることで不飽和を考慮した式となります。

$$\frac{\partial}{\partial x_i} \left( \theta \rho D_{ij} \frac{\partial C}{\partial x_j} \right) - \frac{\partial}{\partial x_i} (V_i C) - \frac{\partial}{\partial t} (\theta C) - \theta \lambda C + Q_c - R_s = 0 \quad (1')$$

濃度  $C$  及び流速(ダルシー流速)  $V_i$  は次のように表せます。

$$C = \rho c \quad (3)$$

$$V_i = \theta v_i \quad (4)$$

ここで  $\rho$  は流体密度、 $c$  は比濃度、 $v_i$  は(間隙内)実流速を表します。

これらを代入すると

$$\frac{\partial}{\partial x_i} \left( \theta \rho D_{ij} \frac{\partial c}{\partial x_j} \right) - \frac{\partial}{\partial x_i} (\theta \rho v_i c) - \frac{\partial}{\partial t} (\theta \rho c) - \theta \rho \lambda c + Q_c - R_s = 0 \quad (1'')$$

移流項、時間項を展開すると

$$\frac{\partial}{\partial x_i} \left( \theta \rho D_{ij} \frac{\partial c}{\partial x_j} \right) - c \frac{\partial \theta \rho v_i}{\partial x_i} - \theta \rho v_i \frac{\partial c}{\partial x_i} - c \frac{\partial \theta \rho}{\partial t} - \theta \rho \frac{\partial c}{\partial t} - \theta \rho \lambda c + Q_c - R_s = 0 \quad (1''')$$

ところで、浸透の連続の式(質量保存則)

$$\frac{\partial}{\partial t} (\theta \rho) = - \frac{\partial}{\partial x_i} (\rho \theta v_i) \quad (5)$$

を用いて整理すると

$$\frac{\partial}{\partial x_i} \left( \theta \rho D_{ij} \frac{\partial c}{\partial x_j} \right) - \theta \rho v_i \frac{\partial c}{\partial x_i} - \theta \rho \frac{\partial c}{\partial t} - \theta \rho \lambda c + Q_c - R_s = 0 \quad (1'''')$$

式(1''''')に式(2)を代入すると

$$\frac{\partial}{\partial x_i} \left( \theta \rho D_{ij} \frac{\partial c}{\partial x_j} \right) - \theta \rho v_i \frac{\partial c}{\partial x_i} - \left\{ \theta \rho \frac{\partial c}{\partial t} + (1-\phi) \rho_s \frac{\partial F}{\partial t} \right\} - \left\{ \theta \rho \lambda c + (1-\phi) \rho_s \lambda F \right\} + Q_c = 0$$

ここで遅延係数  $R$  と見かけの分配係数  $K_d$  を用いると

$$R = 1 + \frac{1-\phi}{\theta} \rho_s K_d \quad (6)$$

$$K_d = \frac{F}{\rho c} \quad (7)$$

よって、

$$\frac{\partial}{\partial x_i} \left( \theta \rho D_{ij} \frac{\partial c}{\partial x_j} \right) - \theta \rho v_i \frac{\partial c}{\partial x_i} - \left\{ \theta \rho + (1-\phi) \rho_s K_d \rho \right\} \frac{\partial c}{\partial t} - \left\{ \theta \rho \lambda + (1-\phi) \rho_s \lambda K_d \rho \right\} c + Q_c = 0$$

$$\frac{\partial}{\partial x_i} \left( \theta \rho D_{ij} \frac{\partial c}{\partial x_j} \right) - \theta \rho v_i \frac{\partial c}{\partial x_i} - \theta \rho \left\{ 1 + \frac{1-\phi}{\theta} \rho_s K_d \right\} \frac{\partial c}{\partial t} - \theta \rho \lambda \left\{ 1 + \frac{1-\phi}{\theta} \rho_s K_d \right\} c + Q_c = 0$$

$$\frac{\partial}{\partial x_i} \left( \theta \rho D_{ij} \frac{\partial c}{\partial x_j} \right) - \theta \rho v_i \frac{\partial c}{\partial x_i} - R \theta \rho \frac{\partial c}{\partial t} - R \theta \rho \lambda c + Q_c = 0$$

時間項を移項して、(8)式が得られました。

$$R \theta \rho \frac{\partial c}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x_i} \left( \theta \rho D_{ij} \frac{\partial c}{\partial x_j} \right) - \theta \rho v_i \frac{\partial c}{\partial x_i} - R \theta \rho \lambda c + Q_c \quad (8)$$

第一項: 物質の時間的变化、第二項: 拡散による物質移行、第三項: 移流による物質移行  
第四項: 壊変による物質の減少、第五項: 壊変による物質の増加



ここで、放射性元素が放射線を出し別の元素に変わる事を壊変というが、カドミウムはこの壊変をしない物質であるため、第4項、第5項については、実際には解析に関連がない項である。

よって解析する式は以下の式となる。

$$\boxed{\text{第1項}} \quad R\theta\rho \frac{\partial c}{\partial t} = \boxed{\text{第2項}} \quad \frac{\partial}{\partial x_i} \left( \theta\rho D_{ij} \frac{\partial c}{\partial x_j} \right) - \boxed{\text{第3項}} \quad \theta\rho v_i \frac{\partial c}{\partial x_i}$$

#### 4. 解析の物性値

表-1 解析に使用した係数一覧

記号	名称	説明
$x_i$	位置	濃度を示す場所を示している
$D_{ij}$ (cm <sup>2</sup> /sec)	分散係数	汚染物質がどのように拡散するかを示す係数
$C$ (mg/L)	液相濃度	汚染物質の液相濃度
$R$	遅延係数	汚染物質が水の移動速度より遅くなることを示す係数
$\theta$	体積間隙率	間隙中が間隙水で飽和されている状態では、体積含水率=間隙率となるため、ここでは間隙率として扱った。
$t$ (sec)	時間	濃度を示す時間を示している
$v_i$ (cm/sec)	間隙内流速*	間隙内の水の流速

※間隙内流速  $v_i$  間隙内流速については、ボーリング調査等で得られた透水係数やタンクモデルの解析結果を利用して算出した。詳細については、参考資料1を参照。

#### ○解析に使用した数値

項目	数値	説明箇所
位置パラメータ $x_i$	入力値	
分散係数 $D_{ij}$ (cm <sup>2</sup> /sec)	$D_L = \alpha_L \times v$ (速度) $D_T = \alpha_T \times v$ (速度)	表-2
縦分散長 $\alpha_L$	80m	表-2
横分散長 $\alpha_T$	8.0m	表-2
間隙内流速 $v_i$ (cm/sec)	0.24	表-2
液相濃度 $C$ (mg/L)	0.003、0.006	表-3
時間パラメータ $t$ (sec)	入力値	
遅延係数 $R$	$1 + \rho_d / \theta * K_d$	表-3
土の密度 $\rho_d$	1.8t/m <sup>3</sup>	現地調査
体積間隙率 $\theta$	0.3	表-3
分配係数 $K_d$	13、0.13	表-3

表-2 分散係数  $D_{ij}$  を求めるために使用した設定値

項目	設定値	根拠	出典又は説明箇所
縦分散長 $\alpha_L$	80m(解析領域の 1/10)	移行距離(解析を行なう範囲)を盛土端部から大萱水源井戸が 670m であることから余裕を見て 800m と設定	土壌・地下水汚染の調査・予測・対策,pp105~106
横分散長 $\alpha_T$	8.0m(縦分散長 $\alpha_L$ の 1/10)		
屈曲率 $\tau$	0.5	直線流路に対する実際の流路の割合で、一般的には 0.3~0.64 の値が示されている。	土壌・地下水汚染の調査・予測・対策,p104
間隙内流速 $v$	0.4m/day(=0.24cm/sec)	浸透流解析より算出	参考資料 1
分子拡散係数 $D_m$	$10^{-5}$ cm/sec	水の移動がない場合の物質の拡散速度を表現する係数。概ね $10^{-4}$ ~ $10^{-6}$ cm <sup>2</sup> /sec 程度の値が示されている	土壌・地下水汚染の調査・予測・対策,p104

表-3 遅延係数  $R$  を求めるために使用した設定値

項目	設定値	根拠	詳細説明箇所
土の密度 $\rho_d$	1.8t/m <sup>3</sup>	現場調査から推定した	—
体積間隙率 $\theta$	0.3	一般的な値で、概ね 0.15~0.30 の範囲であり、盛土内は間隙が多いと判断し、最大値を採用した なお、ここでの間隙率は、有効間隙率を示す	土壌・地下水汚染の調査・予測・対策,p220
土粒子単位体積重量に対する吸着量 $C^*$	表-7 に示す	ブロック毎のボーリング調査により判明したカドミウム含有量の調査結果	参考資料 2
地下水濃度 $c$	0.003、0.006mg/L	ブロック毎のボーリング調査により判明した、カドミウム溶出量の調査結果	参考資料 2
分配係数 $K_d$	13、0.13	ブロック毎のボーリング調査により判明した、カドミウム含有量と溶出量より算出し、最も影響が出やすくなる数値(地下水中に溶け出しやすくなる値)を採用	参考資料 2

【参考】

遅延係数と分配係数の関係は、次式で与えられる。

$$R = \left( 1 + \frac{\rho_d}{\theta} K_d \right)$$

ここで、 $R$ ：遅延係数[-]、 $K_d$ ：分配係数[M-1L<sup>3</sup>]、 $\rho_d$ ：土の乾燥密度[ML<sup>-3</sup>]、 $\theta$ ：体積間隙率[-]

※出典：土壌・地下水汚染の調査・予測・対策,pp82~83

なお、体積含水率に対して有効間隙率を用いて解析を実施している。

※出典：土壌・地下水汚染の調査・予測・対策,p108

【使用した設定値一覧】

項目	数値
位置パラメータ $x_i$	入力値
分散係数 $D_{ij}$ ( $\text{cm}^2/\text{sec}$ )	$D_L = \alpha_L \times v$ (速度) $D_T = \alpha_T \times v$ (速度)
液相濃度 $C$ ( $\text{mg}/\text{L}$ )	0.003、0.006
遅延係数 $R$	$1 + \rho d / \theta * K_d$
時間パラメータ $t$ ( $\text{sec}$ )	入力値
間隙内流速 $v_f$ ( $\text{cm}/\text{sec}$ )	0.24 <sup>※1</sup>
縦分散長 $\alpha_L$	80m
横分散長 $\alpha_T$	8.0m
屈曲率 $\tau$	0.5
分子拡散係数 $D_m$	$10^{-5} \text{cm}^2/\text{sec}$
体積間隙率 $\theta$	0.3
土粒子単位体積重量に対する吸着量 $C^*$	= 土壌(固相)濃度
分配係数 $K_d$	13(Case1)、0.13(Case2)
透水係数: 盛土(岩ずり)( $\text{cm}/\text{sec}$ )	$1.60 \times 10^{-4}$
透水係数: 盛土(土質材料) ( $\text{cm}/\text{sec}$ )	$1.60 \times 10^{-4}$
透水係数: 粘土混じり砂レキ( $\text{cm}/\text{sec}$ )	$2.80 \times 10^{-4}$
透水係数: レキ混じり砂質粘土( $\text{cm}/\text{sec}$ )	$5.80 \times 10^{-6}$
透水係数: 粘板岩( $\text{cm}/\text{sec}$ )	$8.50 \times 10^{-6}$
透水係数: チャート( $\text{cm}/\text{sec}$ )	$6.50 \times 10^{-4}$
有効間隙率 有効間隙率 = 間隙率の数分の一 ~ 数十分の一程度 間隙率 $n$ : 30~45% 有効間隙率 $n_e$ : 15~30%	0.2
比貯留係数: 混じり砂レキ(1/m)	$7.00 \times 10^{-6}$
比貯留係数: レキ混じり砂質粘土(1/m)	$1.03 \times 10^{-4}$
比貯留係数: 粘板岩(1/m)	$1.80 \times 10^{-4}$
比貯留係数: チャート(1/m)	$1.10 \times 10^{-6}$
地山浸透量( $\text{L}/\text{min}$ )	337.80
奥行き長 $L$ (m)	12
単位時間当たりの浸透速さ( $\text{m}^3/\text{sec}$ )	20.3
単位奥行き当たりの浸透量( $\text{m}^3/\text{sec}/\text{m}$ )	1.7
タンクモデル: 降雨量 $Q_0$ ( $\text{L}/\text{min}$ )	520.80
タンクモデル: 蒸発量 $Q_1$ ( $\text{L}/\text{min}$ )	85.50
タンクモデル: 表面水量 $Q_2$ ( $\text{L}/\text{min}$ )	124.20
タンクモデル: 基底流量 $Q_3$ ( $\text{L}/\text{min}$ )	26.70
タンクモデル: 浸透流量 $Q_4$ ( $\text{L}/\text{min}$ )	337.80
タンクモデル: 浸透した降雨量 $Q_5$ ( $\text{L}/\text{min}$ )	311.1

※1: 0.4m/day を単位換算して 0.24cm/sec とした。浸透流解析により求めた数値。

[参考資料 1]間隙内流速  $v$  の算出方法に使用した設定値

間隙内流速  $v$  の算出は、下記物性値を使用して、浸透流解析により算出した。

なお、透水係数は調査結果を基に、有効間隙率及び比貯留係数に関しては、地盤工学会の「土壌・地下水汚染の調査・予測・対策」を参考に設定した。

表-4 透水係数・有効間隙率・比貯留係数の一覧

土質	透水係数 [cm/sec]	有効 間隙率	比貯留係数 $S_s$ [1/m]	
			設定値	文献値
盛土(岩ずり)	$1.60 \times 10^{-4}$	0.3	—	—
盛土(土質材料)	$1.60 \times 10^{-4}$	0.3	—	—
粘土混じり砂レキ(密な砂礫)	$2.80 \times 10^{-4}$	0.3	$7.00 \times 10^{-6}$	$9.40 \times 10^{-6} \sim 4.60 \times 10^{-6}$
レキ混じり砂質粘土(やや硬い粘土)	$5.80 \times 10^{-6}$	0.3	$1.03 \times 10^{-4}$	$1.20 \times 10^{-4} \sim 8.50 \times 10^{-5}$
粘板岩(締まった粘土)	$8.50 \times 10^{-6}$	0.3	$1.80 \times 10^{-4}$	$2.40 \times 10^{-4} \sim 1.20 \times 10^{-4}$
チャート(割れ目のある岩石)	$6.50 \times 10^{-4}$	0.3	$1.10 \times 10^{-6}$	$1.90 \times 10^{-6} \sim 3.00 \times 10^{-7}$

※出典:土壌・地下水汚染の調査・予測・対策,p219

表-5 盛土部への流入水量

項目	設定値	設定根拠
地山浸透量	背面地山: 26.7L/min 降雨浸透: 311.1L/min	タンクモデルの解析 結果より設定
奥行き長 L	12m	東ブロック平坦部の 短辺方向の幅
単位時間当たりの浸透速さ[m <sup>3</sup> /sec]	20.3	上記条件から算出
単位奥行きあたりの浸透量[m <sup>3</sup> /sec/m]	1.7	''

表-6 タンクモデルの解析値(参考値)

対象流量		L/min
降雨量	Q0	520.80
蒸発散量	Q1	85.50
表面水量	Q2	124.20
基底流量	Q3	26.70
浸透流量	Q4	337.80
浸透した降雨量	Q5(=Q0- Q1- Q2)	311.1

[参考資料 2]分配係数  $K_d$  の算出方法に使用した設定値

解析に使用した分配係数は、ボーリング調査により得られた含有量及び溶出量の値から算出した。また、分配係数を算出する際に使用した含有量は、ボーリング調査ブロック毎の平均値を算出して使用した。なお、解析用ブロックは、ボーリング調査ブロック二分としたため、濃度の高いブロックの含有量値を採用した。

なお、溶出量についても、解析用ブロックで最大の値を示した調査結果を採用した。これも、安全側の検討を実施するための方策である。

以下に、調査ブロックの位置図、カドミウム含有量の算定根拠、溶出試験結果を含めた分配係数算定根拠を示す。

なお、分配係数については、5つの結果を得たが、安全側の検討を行なうため、一番溶け出しやすい計算値(分配係数が最小のもの)を採用して、移流拡散解析を実施した。

さらに安全側の検討を実施するため、100倍溶出しやすい条件(分配係数を1/100倍)での移流拡散解析を実施した。

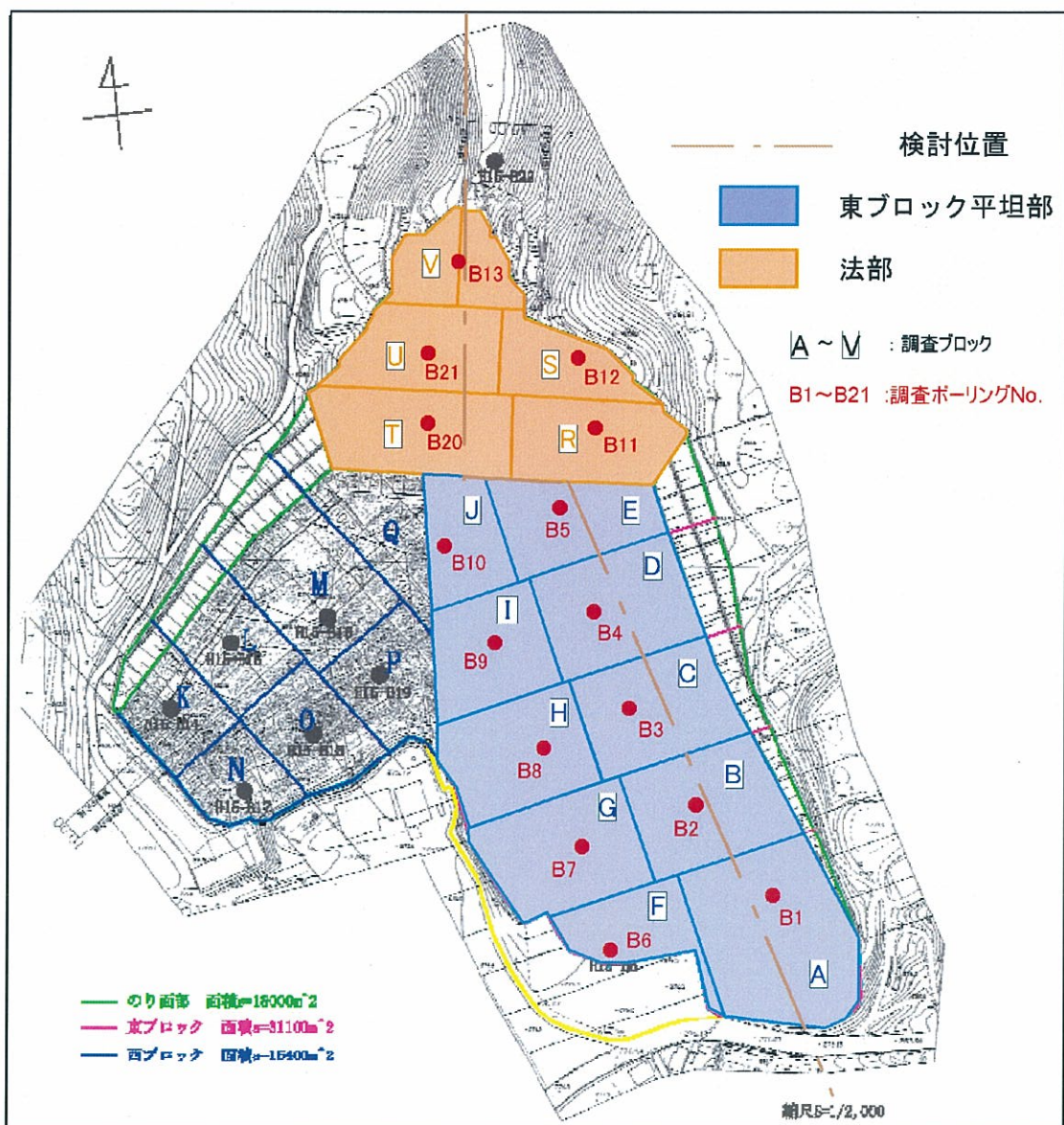


表-7 カドミウム含有量の算定

調査 ブロック	面積 m <sup>2</sup>	BorNo.	分析深度 m	上端深度 m	下端深度 m	層厚 m	体積 m <sup>3</sup>	単位体積重量 kg/m <sup>3</sup>	Cd濃度 mg/kg	Cdの量 kg→g	Σ層厚 m	Σ体積 m <sup>3</sup>	Σ盛土重量 kg	ΣCdの量 g	ΣCd(含有量) g/kg
A	5164	B1	4	0	5.15	5.15	21276	2000	0.5	21275.68	16.4	6.78E+04	1.36E+08	4.73E+04	3.49E-04
			6.3	5.15	9.65	4.5	18590	2000	0.7	26026.56					
			13	9.65	14.5	4.85	20036	2000	0	0					
			16	14.5	16.4	1.9	7849	2000	0	0					
B	3384	B2	2.5	0	6.25	6.25	16920	2000	0	0	20.2	5.47E+04	1.09E+08	1.42E+04	1.30E-04
			10	6.25	11.5	5.25	14213	2000	0.5	14212.8					
			13	11.5	15	3.5	9475	2000	0	0					
			17	15	18.5	3.5	9475	2000	0	0					
			20	18.5	20.2	1.7	4602	2000	0	0					
C	3192	B3	4	0	5.5	5.5	14045	2000	0	0	26.5	6.77E+04	1.35E+08	0.00E+00	0.00E+00
			7	5.5	9	3.5	8938	2000	0	0					
			11	9	13	4	10214	2000	0	0					
			15	13	17	4	10214	2000	0	0					
			19	17	21.5	4.5	11491	2000	0	0					
			24	21.5	26.5	5	12768	2000	0	0					
D	3411	B4	5	0	6.5	6.5	17737	2000	0	0	29.3	8.00E+04	1.60E+08	1.24E+04	7.78E-05
			8	6.5	9.35	2.85	7777	2000	0.8	12443.328					
			10.7	9.35	12.85	3.5	9551	2000	0	0					
			15	12.85	17	4.15	11325	2000	0	0					
			19	17	21.5	4.5	12280	2000	0	0					
			24	21.5	29.3	7.8	21285	2000	0	0					
E	2600	B5	4	0	5.5	5.5	11440	2000	0.6	13728	27.6	5.74E+04	1.15E+08	1.37E+04	1.20E-04
			7	5.5	8.5	3	6240	2000	0	0					
			10	8.5	12	3.5	7280	2000	0	0					
			14	12	16.5	4.5	9360	2000	0	0					
			19	16.5	21.5	5	10400	2000	0	0					
			24	21.5	25.5	4	8320	2000	0	0					
F	1906	B6	2	0	4.5	4.5	6862	2000	0	0	12.2	1.86E+04	3.72E+07	0.00E+00	0.00E+00
			7	4.5	12.2	7.7	11741	2000	0	0					
			0	0	0	0	0	0	0	0					
G	3482	B7	2	0	4.5	4.5	12535	2000	0	0	13.1	3.65E+04	7.30E+07	2.01E+04	2.75E-04
			7	4.5	9	4.5	12535	2000	0.8	20056.32					
			11	9	13.1	4.1	11421	2000	0	0					
H	3176	B8	3	0	5.5	5.5	13974	2000	0	0	11.2	2.85E+04	5.69E+07	0.00E+00	0.00E+00
			8	5.5	9	3.5	8893	2000	0	0					
			10	9	11.2	2.2	5590	2000	0	0					
I	2745	B9	2	0	4	4	8784	2000	0	0	14.35	3.15E+04	6.30E+07	7.31E+03	1.16E-04
			6	4	8.5	4.5	9882	2000	0	0					
			11	8.5	12.5	4	8784	2000	0	0					
			14	12.5	14.35	1.85	4063	2000	0.9	7312.68					
J	2017	B10	2	0	4	4	6454	2000	0	0	29.3	4.73E+04	9.46E+07	0.00E+00	0.00E+00
			6	4	8	4	6454	2000	0	0					
			10	8	12	4	6454	2000	0	0					
			14	12	15.5	3.5	5648	2000	0	0					
			17	15.5	18.5	3	4841	2000	0	0					
			20	18.5	22.5	4	6454	2000	0	0					
25	22.5	29.3	6.8	10972	2000	0	0								

※調査結果より

表-8 溶出特性の設定根拠

ブロック 解析用	追加調査	ボーリ ングNo	カドミウム含 有量算定値 Cs(mg/kg)	カドミウム溶出量		分配係数kd Cs/Cw' (L/kg)
				分析値 Cw(mg/L)	解析用設定値 Cw'(mg/L)	
①	A	B1	3.49E-01	<0.001	0.003	116
	F	B6	0.00E+00	0.003		-
②	B	B2	1.30E-01	<0.001	0.003	43
	G	B7	2.75E-01	0.003		92
③	C	B3	0.00E+00	0.003	0.003	-
	H	B8	0.00E+00	0.003		-
④	D	B4	7.78E-02	0.001	0.006	13
	I	B9	1.16E-01	0.006		19
⑤	E	B5	1.20E-01	0.003	0.006	20
	J	B10	0.00E+00	0.006		-

※調査結果より

#### 用語説明

透水係数：地盤の水の通りやすさを数値で評価したものであり、地盤中の水の移動速度により、透水性を評価している。

有効間隙率：地盤中の土質は、土粒子と水と空気の3層により構成されている。この空気の層を割合を示したもの。周辺から水が来た場合、有効間隙率に応じて、一旦、地山中に水が貯留されることとなる。

比貯留係数：水位低下が発生した場合に、帯水層から絞り出される水量

被圧帯水層：不透水層(水を通しにくい層)に挟まれている帯水層で、不圧帯水層にくらべて、水の出入りが少なく、水圧が高くなる。