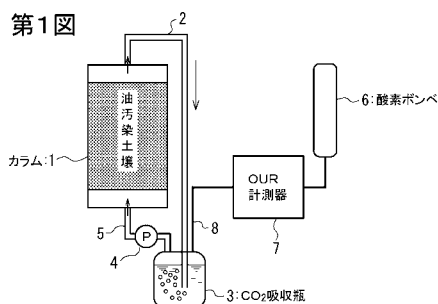




【特許請求の範囲】

【請求項 1】

予測対象地域の地中に空気を供給した場合の該予測対象地域における土壌又は地下水の油分濃度の経時変化を経時変化予測式に基づいて予測する方法において、

該予測対象地域から土壌又は地下水のサンプルを採取して容器に収容し、該容器に所定期間空気を循環流通させると共に、循環空気中の酸素濃度が一定となるように該循環空気に酸素を補給手段から補給し、

この酸素補給量から該サンプルの酸素消費速度を算出し、

このサンプルの酸素消費速度から油分濃度の経時変化予測式のパラメータ値を決定し、

このパラメータ値を有した経時変化予測式に基づいて、該予測対象地域の地中に空気を供給した場合の油分濃度の経時変化を予測することを特徴とする土壌又は地下水の油分濃度の予測方法。

10

【請求項 2】

請求項 1 において、前記経時変化予測式は、

数式 A：酸素の気相中と地下水との気液平衡の収支を表す数式

数式 B：土壌又は地下水中の油分の生物酸化分解に伴う油分濃度の経時変化を表す数式

数式 C：土壌又は地下水中の油分の生物酸化分解に伴う油分解菌総濃度の経時変化を表す数式

数式 D：土壌又は地下水中の油分の生物酸化分解に伴う自己分解油分解菌濃度の経時変化を表す数式

20

数式 E：土壌又は地下水中の油分の生物酸化分解に伴う地下水中分散油分濃度の経時変化を表す数式

数式 F：土壌又は地下水中の油分の生物酸化分解に伴う菌体由来基質成分濃度の経時変化を表す数式

数式 G：土壌又は地下水中の油分の生物酸化分解に伴う地下水中酸素濃度の経時変化を表す数式

の連立式であり、

各数式 A ~ G を構成する各パラメータを任意のパラメータ値として複数回変化させて複数個の酸素消費速度の計算値を算出し、該複数個の計算値の中から前記サンプルの酸素消費速度に最も近似した数値を与えるパラメータ値を選出し、

30

この選出されたパラメータ値を有した経時変化予測式によって前記油分濃度の経時変化を予測することを特徴とする土壌又は地下水の油分濃度の予測方法。

【請求項 3】

請求項 2 において、土壌中の油分濃度の経時変化を予測する方法であって、

前記パラメータは、少なくとも、

水中への酸素の溶解速度、

基質飽和定数、

乳化速度定数、

土壌に付着した初期油分濃度、

40

土壌中の初期菌体濃度、

土壌中の水に分散した初期油分濃度

であることを特徴とする土壌又は地下水の油分濃度の予測方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は土壌又は地下水に空気を吹き込み等によって供給した場合の油分濃度の予測方法に係り、特に微生物の分解作用による油分濃度の経時的な低下を予測する方法に関する。

【背景技術】

50

【 0 0 0 2 】

油槽や送油パイプ等からの油分の漏洩等によって土壌や地下水が油分で汚染されることがある。

【 0 0 0 3 】

このような土壌又は地下水中の油分は微生物によって分解され、経時的に油分濃度が低下する。

【 0 0 0 4 】

このような土壌の油分濃度の経時変化を予測する方法として、特開 2 0 0 6 - 1 1 6 5 0 9 の [0 0 4 4] ~ [0 0 5 0] には、予測対象地域の土壌を採取して容器に収容し、容器内の空気を酸素に置換して密閉し、容器内の微生物を培養し、所定の間隔で容器内の溶液を採取して溶液内の汚染物質濃度を測定し、この測定結果から微生物による汚染物質の分解反応速度式を決定し、汚染物質濃度の経時変化を予測する方法が記載されている。

10

【特許文献 1】特開 2 0 0 6 - 1 1 6 5 0 9

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【 0 0 0 5 】

上記特開 2 0 0 6 - 1 1 6 5 0 9 の [0 0 4 5] ~ [0 0 4 8] には容器内の溶液を所定の間隔で採取して溶液における汚染物質の濃度を測定し、微生物による汚染物質の分解反応速度定数を決定するとしているが、具体的にはどのようにして決定するのか明らかとなっていない。

20

【 0 0 0 6 】

また、特開 2 0 0 6 - 1 1 6 5 0 9 の [0 0 4 6] ~ [0 0 4 7] では、微生物濃度を加味していないが、実際には汚染物質の分解反応速度定数は土壌中の微生物濃度によって大きく変動するので、これを一定としたのでは予測精度が劣ったものになってしまう。

【 0 0 0 7 】

本発明は、上記従来の問題点を解決し、土壌又は地下水の油分濃度の経時変化を簡便にかつ精度よく予測することができる土壌又は地下水の油分濃度の予測方法を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 0 8 】

30

本発明（請求項 1）の土壌又は地下水の油分濃度の予測方法は、予測対象地域の地中に空気を供給した場合の該予測対象地域における土壌又は地下水の油分濃度の経時変化を経時変化予測式に基づいて予測する方法において、

該予測対象地域から土壌又は地下水のサンプルを採取して容器に収容し、該容器に所定期間空気を循環流通させると共に、循環空気中の酸素濃度が一定となるように該循環空気に酸素を補給手段から補給し、

この酸素補給量から該サンプルの酸素消費速度を算出し、

このサンプルの酸素消費速度から油分濃度の経時変化予測式のパラメータ値を決定し、

このパラメータ値を有した経時変化予測式に基づいて、該予測対象地域の地中に空気を供給した場合の油分濃度の経時変化を予測することを特徴とするものである。

40

【 0 0 0 9 】

請求項 2 の土壌又は地下水の油分濃度の予測方法は、請求項 1 において、前記経時変化予測式は、

数式 A：酸素の気相中と地下水との気液平衡の収支を表す数式

数式 B：土壌又は地下水中の油分の生物酸化分解に伴う油分濃度の経時変化を表す数式

数式 C：土壌又は地下水中の油分の生物酸化分解に伴う油分解菌総濃度の経時変化を表す数式

数式 D：土壌又は地下水中の油分の生物酸化分解に伴う自己分解油分解菌濃度の経時変化を表す数式

50

数式 E : 土壌又は地下水中の油分の生物酸化分解に伴う地下水中分散油分濃度の経時変化を表す数式

数式 F : 土壌又は地下水中の油分の生物酸化分解に伴う菌体由来基質成分濃度の経時変化を表す数式

数式 G : 土壌又は地下水中の油分の生物酸化分解に伴う地下水中酸素濃度の経時変化を表す数式

の連立式であり、

各数式 A ~ G を構成する各パラメータを任意のパラメータ値として複数回変化させて複数個の酸素消費速度の計算値を算出し、該複数個の計算値の中から前記サンプルの酸素消費速度に最も近似した数値を与えるパラメータ値を選出し、

この選出されたパラメータ値を有した経時変化予測式によって前記油分濃度の経時変化を予測することを特徴とするものである。

【 0 0 1 0 】

請求項 3 の土壌又は地下水の油分濃度の予測方法は、請求項 2 において、土壌中の油分濃度の経時変化を予測する方法であって、

前記パラメータは、少なくとも、

水中への酸素の溶解速度、

基質飽和定数、

乳化速度定数、

土壌に付着した初期油分濃度、

土壌中の初期菌体濃度、

土壌中の水に分散した初期油分濃度

であることを特徴とするものである。

【発明の効果】

【 0 0 1 1 】

本発明では、予測対象地域の土壌又は地下水の一部をサンプルとして採取し、これを容器中に収容し、空気を循環流通させ、この空気中の酸素濃度が一定となるように所定期間循環空気に酸素を補給し、この酸素補給量から酸素消費速度を計測する。

【 0 0 1 2 】

また、未定のパラメータ値を含む経時変化予測式の該未定のパラメータ値を種々変化させ、シミュレーションによって得られる酸素消費速度の計算値と上記酸素消費速度の実測値とを対比する。そして、最も実測値に近い結果を与えるパラメータ値を選定し、このパラメータ値を有した予測式に従って、該予測対象地域の地中に空気を供給した場合の該予測対象地域における土壌又は地下水の経時変化を予測する。

【 0 0 1 3 】

一般に、土壌または地下水中の油濃度は不均一であり、地域全体の油濃度の経時変化を実測して求めるには測定数を増やす必要があつて、非常に煩雑である。

【 0 0 1 4 】

一方、土壌又は地下水に含まれる微生物が有機物を分解するときの酸素消費速度 (O U R) はガス中濃度変化であり、比較的均一である。本発明では、この酸素消費速度を所定期間測定し、予測式をシミュレーション解析によって求めることにより、簡便に且つ精度よく油分濃度の経時変化の予測値を求めることができる。

【 0 0 1 5 】

なお、実際に油分濃度の経時変化を算出するには、非常に多くの定数と変数を入力しなければならないが、全てをパラメータとしてしまうと、計算に膨大な時間を要する。

【 0 0 1 6 】

数式 A ~ G を用いると、土壌又は地下水に含まれる微生物が有機物を分解するときの酸素消費速度と、比較的少数のパラメータ値とから、油分濃度の経時変化を精度よく予測することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

10

20

30

40

50

【 0 0 1 7 】

以下、本発明についてさらに詳細に説明する。

【 0 0 1 8 】

本発明における油分濃度の経時変化の予測対象地域としては、油槽や送油パイプから漏洩した油分で汚染された地域が例示されるが、これに限定されない。

【 0 0 1 9 】

本発明は、土壌中の油分濃度の経時変化を予測するのに好適であり、以下の説明は主として土壌中の油分濃度の予測についてのものであるが、土壌中に停滞している地下水についても全く同様にして油分濃度の予測を行うことが可能である。

【 0 0 2 0 】

油分としては、A重油、B重油、C重油、灯油、ガソリン、ベンゼン、トルエン、キシレン、動物油、植物油などの非親水性のものが例示される。

【 0 0 2 1 】

以下の実施の形態では、次の(1)～(5)の手順に従って土壌又は地下水中の油分濃度の経時変化を予測する。

(1) 土壌又は地下水のサンプルを採取し、土壌又は地下水中に含まれる微生物が油分を酸化分解するときの酸素消費速度を測定する。

(2) 酸素溶解速度 $K_L a$ 、基質(有機物)飽和定数 $K_s h a$ 、および乳化速度定数 K_{Ls} と、各変数(土壌に付着した油成分 S_o 、菌体成分 X_{B-H} 、液中に分散した油分濃度 S_p)の初期値をパラメータとする。この初期値は任意の値であってもよい。

(3) パラメータ値を種々変化させるシミュレーション解析を行い、各々のパラメータ値の場合の酸素消費速度を算出する。

(4) (1)の実測値と最も一致する酸素消費速度が得られた時のパラメータ値を選定する。

(5) 選定したパラメータ値を有した予測式に基づいてシミュレーション解析をおこない、油分濃度の経時変化を予測する。

【 0 0 2 2 】

[酸素消費速度の実測]

予測対象地域の土壌を採取し、第1図に示す試験装置のカラム1に満杯に充填する。この土壌には、油分を好氣的に分解する微生物が生息している。

【 0 0 2 3 】

このカラム1の下部からポンプ4及び配管5を介して空気を供給する。この空気中の酸素は、土壌中の微生物によって消費された後、カラム1の上部から廃空気として取り出され、配管2を介してCO₂吸収瓶3の液中に吹き出される。この吸収瓶3内にはアルカリ例えば水酸化ナトリウムの水溶液が収容されており、廃空気中のCO₂を吸収する。CO₂吸収に伴って循環空気の圧力が低下するので、この圧力が一定となるように酸素ポンプ6からの空気が酸素流量計を備えた酸素消費速度(OUR)計測器7及び配管8を介してCO₂吸収瓶3内の上部空間に導入される。

【 0 0 2 4 】

この吸収瓶3の上部空間内の空気が、ポンプ4及び配管5を介して再びカラム1に供給される。

【 0 0 2 5 】

このように、密閉されたカラム1内に常に酸素濃度が一定の空気が導入される。

【 0 0 2 6 】

このOUR計測器7で計測される酸素流量から、カラム1内の土壌中の微生物が消費する酸素の消費速度を次のようにして算出する。

【 0 0 2 7 】

なお、この解析における前提条件は、以下の2つである。

- ・カラム内における空気流量、気相体積、液相体積、圧力の変化は無視しうる。
- ・水相は土壌に付着した状態にあり、カラムから液体および液中物質は流入出しないもの

10

20

30

40

50

とする。

【 0 0 2 8 】

[カラム 1 内における O_2 の物質収支]

第 2 図は、この物質収支のモデル図である。

カラム 1 内には、酸素濃度が $C_{G i n}$ (mg / L) である空気が流量 Q_G (L / day) にて流入する。

【 0 0 2 9 】

カラム 1 内の土壌の含水率 (液相比) を W とすると、カラム 1 内には土壌体積 (この場合はカラム容積) V と W との積 $V \cdot W$ だけ水が存在する。この水への酸素の溶解速度定数を $K_{L a}$ とすると、流出空気中の O_2 濃度、上記の水中の O_2 濃度、水の O_2 飽和濃度を用いて、カラム全体の O_2 の物質収支は、以下の式 (1) で与えられる。

$$Q_G C_{G i n} - Q_G C_{G o u t} - K_{L a} (C_{W^*} - C_W) V W = 0 \quad (1)$$

ここで、

Q_G : 流入空気の流量 (L / d)

$C_{G i n}$: 流入空気中の O_2 濃度 (mg / L)

$C_{G o u t}$: 流出空気中の O_2 濃度 (mg / L)

$K_{L a}$: O_2 の溶解速度定数 ($1 / d$)

C_W : 液中の O_2 濃度 (mg / L)

C_{W^*} : 液中の O_2 飽和濃度 (mg / L)

V : カラム容積 (L)

W : カラム全体における液相体積比 (-)

10

20

【 0 0 3 0 】

[O_2 の気液平衡]

平衡状態において、土壌内の水中の O_2 飽和濃度と、土壌に供給された空気中の O_2 分圧の間には次の $H e n r y$ の法則が成立する。

$$p_{C O_2} = P \times y_{O_2} = K_H C_{W^*} / M_{O_2} \quad (2)$$

また、空気中の O_2 分圧は、次のように与えられる。

$$p_{O_2} = P \times y_{O_2} = P \times C_{G o u t} / M_{O_2} / (1 / V_m) = P \times C_{G o u t} \times V_m / M_{O_2} \quad (3)$$

ここで、

p_{O_2} : 空気中の O_2 分圧 (atm)

y_{O_2} : 空気中の O_2 モル分率 (-)

P : セル内の全圧 (atm)

M_{O_2} : O_2 の分子量 (g / mol)

K_H : O_2 の $H e n r y$ 定数 ($atm \cdot L / mol$)

V_m : 空気中の O_2 モル分率 (L / mol)

30

【 0 0 3 1 】

式 (2) および式 (3) から、以下の式が導出される。

$$K_H C_{W^*} = P \times C_{G o u t} \times V_m \quad (4)$$

【 0 0 3 2 】

従って、土壌内の水中の O_2 飽和濃度と、供給空気中の O_2 濃度とは比例する。 $C_{G o u t}$ が約 $300 mg / L$ であり、空気圧力が大気圧である場合、 C_{W^*} は約 $10 mg / L$ であることから、式 (1) は以下のように表される。

$$Q_G C_{G i n} - Q_G C_{G o u t} - K_{L a} (10 \times C_{G o u t} / 300 - C_W) V W = 0 \quad (5)$$

この (5) 式が数式 A に相当する。

【 0 0 3 3 】

[液中の物質収支]

土壌内の水中では O_2 溶解と、有機物の酸化分解による O_2 消費が進行する。この実施の形態においては、土壌中における油分解に影響する因子として、微生物による油の乳化

50

に着目する。一般に、土壌内の油分は、水中に分散して微生物分解を受け易くなっている油と、土壌粒子に付着して微生物による乳化が律速する状態にある油とが存在するので、第3図に示す物質収支が成立する。

【0034】

第3図の通り、汚染土壌は、乾燥固形分としての乾燥土壌相（固相）と、土壌に付着した油分相と水相とからなる。微生物はこの水相中に存在している。

【0035】

土壌に付着した油分相の油分の微生物による分解は、次の1)～5)のプロセスに従って進行する。

- 1) 土壌に付着した油分相の油分が微生物から産出するエステル類等の作用により乳化して水相中に分散する。
- 2) この分散した油分が菌体によって酸化分解され、菌体が増殖する。
- 3) 菌体が自己分解することにより、菌体量が減少する。
- 4) 自己分解した菌体は菌体の加水分解作用によって分解され、菌体由来の基質を生成させる。
- 5) この基質は、菌体によって酸化分解され、菌体が増殖する。

【0036】

これらの反応1)～5)によって変化する、土壌付着油分濃度、乳化油分濃度、菌体の濃度、自己分解した菌体の濃度、基質濃度の経時変化を表す式を次に説明する。

【0037】

なお、濃度の単位は、活性汚泥モデルを基にしているため、菌体濃度、油分濃度の単位は土壌液相当たり $\text{mg COD}_{\text{Cr}} / \text{L}$ とした。

【0038】

- 1) 土壌に付着した油分濃度の経時変化式

土壌に付着した油分濃度 S_o は、菌体による乳化分散を受けて減少する。油分濃度 S_o の経時変化は次式(6)のように与えられる。

【0039】

【数1】

$$\frac{dS_o}{dt} = -Kls \frac{S_o}{(Kshb/Xbh + S_o)} Xbh \quad (6)$$

【0040】

この(6)式が数式Bに相当する。

【0041】

数式Bは、モノー(monod)式を参考にしたものである。

【0042】

(6)式の $S_o / ((Kshb/Xbh) + S_o)$ の部分について、以下の前提がある。R.Y.スタニエの微生物学(上巻)(培風館1989年176ページ)によれば、微生物の増殖速度と栄養素濃度との関係は、典型的な双曲線で表され、次の式(2)が成立する。

$$k = k_{\text{Max}} * (C / (K_s + C)) \quad (2)$$

【0043】

k は栄養素濃度 C における増殖速度、 k_{Max} は栄養素の飽和濃度における増殖速度(最大増殖速度)、 K_s は $1/2 k_{\text{Max}}$ と同じ増殖速度となる栄養素濃度(飽和定数)

(b)式は微生物濃度 X_{bh} 、油濃度 S_o のときの、油の乳化速度を表す式である。

【0044】

微生物濃度が多い時には $Kshb$ は小さくなり、ほとんど影響しないが、微生物濃度が少ない時には $Kshb$ が大きくなる。

【 0 0 4 5 】

2) 菌体濃度の経時変化式

菌体（濃度 X_{B_H} ）は、液中に分散した油分（濃度 S_p ）および菌体由来の基質（濃度 S_s ）を酸化分解することにより増殖する。また、菌体は、菌体自身が自己分解することにより減少する。このことから、菌体濃度 X_{B_H} の経時変化は次式（7）のように与えられる。

【 0 0 4 6 】

【数 2】

$$\begin{aligned} \frac{dX_{bh}}{dt} = & \text{Muh} \frac{S_p}{(K_{sha} + S_p)} \frac{C_w}{(K_{oh} + C_w)} X_{bh} \\ & + \text{Muh} \frac{S_s}{(K_{sh} + S_s)} \frac{C_w}{(K_{oh} + C_w)} X_{bh} - B_h * X_{bh} \end{aligned} \quad (7)$$

10

【 0 0 4 7 】

この（7）式が数式 C に相当する。なお、数式 C 及び以下の数式 D ~ F は次の文献に記載されている。

Henze M., Gujer W., Mino T. and Loosdrecht M. (2000). Activated Sludge Models ASM1, ASM2, 20

ASM2D, ASM3. IWA Scientific and Technical report No.9, IWA, ISBN:1 900222 2 4 8

【 0 0 4 8 】

3) 自己分解した菌体の濃度の経時変化式

自己分解した菌体（濃度 X_s ）は、菌体の一部が自己分解反応を受けて生成する。また、自己分解した菌体は、分解作用を受けて減少する。従って、自己分解した菌体濃度 X_s の経時変化は次式（8）のように与えられる。

【 0 0 4 9 】

【数 3】

30

$$\frac{dX_s}{dt} = (1 - F_u) * B_h * X_{bh} - K_h \frac{X_s / X_{bh}}{(X_s / X_{bh} + K_x)} \frac{C_w}{(K_{oh} + C_w)} X_{bh} \quad (8)$$

【 0 0 5 0 】

この（8）式が数式 D に相当する。

【 0 0 5 1 】

ここで速度項を以下のようにまとめる。

40

【 0 0 5 2 】

【数 4】

$$A_1 = Kls \frac{So}{(Kshb / Xbh + So)} Xbh \quad (9)$$

$$A_2 = Muh \frac{Sp}{(Ksha + Sp)} \frac{Cw}{(Koh + Cw)} Xbh \quad (10)$$

$$A_3 = Muh \frac{Ss}{(Ksh + Ss)} \frac{Cw}{(Koh + Cw)} Xbh \quad (11)$$

$$A_4 = Kh \frac{Xs / Xbh}{(Xs / Xbh + Kx)} \frac{Cw}{(Koh + Cw)} Xbh \quad (12)$$

10

【0053】

20

4) 水中に分散した油分濃度の経時変化式

水中に分散した油分（濃度 S_p ）は、土壤に付着した油分（濃度 S_o ）の乳化反応により生成する。また、この乳化油分は、菌体による酸化分解を受けて減少する。油分の酸化分解における菌体収率を Y と置くと、液中に分散した油分濃度 S_p の経時変化は次式のようにならされる。

$$dS_p / dt = A_1 - (1 / Y) A_2 \quad (13)$$

【0054】

この (13) 式が数式 E に相当する。

【0055】

5) 菌体由来の基質濃度の経時変化式

30

菌体由来の基質（濃度 S_s ）は、自己分解した菌体（濃度 X_s ）の加水分解反応により生成する。また、この基質は、菌体による酸化分解を受けて減少する。従って、この基質の経時変化は、上記の菌体収率 Y を用いて、以下の式 (14) で表される。

$$dS_s / dt = A_4 - (1 / Y) A_3 \quad (14)$$

【0056】

この (14) 式が数式 F に相当する。

【0057】

6) 水中の O_2 濃度の経時変化式

水中の O_2 濃度 C_w は、気相からの O_2 移動による供給によって増加し、油分の酸化分解に伴う消費により減少するので、以下の式 (15) で表される。

40

$$dC_w / dt = K_L a (C_w^* - C_w) - (1 - Y) / Y (A_2 + A_3) \quad (15)$$

この式 (15) は、式 (5) と同様に次式 (16) に変形される。

$$dC_w / dt = K_L a (10 \times C_{Gout} / 300 - C_w) - (1 - Y) / Y (A_2 + A_3) \quad (16)$$

【0058】

この式 (16) 式が数式 G に相当する。

【0059】

式 (16) の第二項は油分解に伴う OUR に相当する。第 1 図に示した土壤充填カラムの場合、 Q_G は循環流量、 C_{Gin} は常に 20%、 V はカラム容積であり、変数初期値と

50

表 1 の定数を与えて、 O_2 の気液平衡に関する式 ((5) : 数式 A) と一連の液中における連立微分方程式 ((6) , (7) , (8) , (13) , (14) , (16) : 数式 B ~ G) を解くことにより、カラム内土壌中の各有機物濃度や O U R の経時変化が計算される。

【実施例】

【0060】

実施例 1

A 重油汚染土壌として、平均粒径 0 . 2 mm の砂に、初期濃度約 800 mg / kg となるよう市販の A 重油を混合した後、新鮮な合成培地に A 重油を基質として培養した微生物源を 1 % 混合した培養液を、含水率 6 % となるように添加したものを使用した。水分添加量を低く設定したのは、カラム内部の土壌中含水率をできるだけ均一に保つためである。

【0061】

第 1 図に示す 2 L 容量のステンレス製カラム 1 にこの油分汚染土壌を詰めて、カラム下方より空気を密閉循環した。カラム出口の空気を 1 N の水酸化ナトリウム溶液を入れた瓶 3 に通気して、油分解の過程で生成する CO_2 を除去した。 CO_2 の吸収によってカラムの内圧が低下しようとするが、この内圧が一定となるように、酸素ポンプ 6 から酸素を供給した。単位時間あたりの酸素供給量が O U R となる。

【0062】

カラム中の模擬汚染土壌の乾燥重量は 2 . 7 kg であった。なお、空気の循環流量 100 ml / min であり、20 の恒温室内で試験をおこなった。

【0063】

パラメータ値を種々変え、シミュレーション解析結果が、粒径 0 . 2 mm の模擬汚染土壌で測定した O U R と一致するように、最適なパラメータを求めた。ここで、化学量論に関する値とその他の定数については固定値を用いて、酸素溶解速度 $K_L a$ 、基質 (有機物) 飽和定数 $K_s h a$ 、および乳化速度定数 $K_L s$ と、各変数 (土壌に付着した油分濃度 S_o 、菌体濃度 $X_{B H}$ 、液中に分散した油分濃度 S_p) の初期値をパラメータとした。その他、自己分解した菌体濃度 X_s 、菌体由来の基質濃度 S_s 、および液中の O_2 濃度 C_w の初期値をゼロとし、流出空気中の O_2 濃度 $C_{G o u t}$ は循環流量が十分に大きいため、300 mg / L で一定とした。

【0064】

解析に用いた数値と操作したパラメータを表 1 に示す。酸素消費速度 (O U R) の計算結果を第 4 図に示す。図のように、計算結果は模擬 A 重油汚染土壌の O U R と良く一致することが確認された。

【0065】

10

20

30

【表 1】

表1 シミュレーション解析で用いた数値およびパラメーター			
変数初期値			
菌体濃度	X_{BH}	1	mgCOD _{Cr} /L
土壤に付着した油分濃度	S_o	33000	mgCOD _{Cr} /L
液中に分散した油分濃度	S_p	5000	mgCOD _{Cr} /L
自己分解した菌体濃度	S_s	0	mgCOD _{Cr} /L
菌体由来の基質濃度	X_s	0	mgCOD _{Cr} /L
液中のO ₂ 濃度	C_w	0	mg/L
化学量論			
菌体収率	Y	0.67	—
難分解性(菌体由来)物質含有率	F_u	0.08	—
動力学定数			
比増殖速度	μ_{Hh}	7.5	1/d
死滅速度	B_h	0.62	1/d
基質(X_{BH} 由来)飽和定数	K_{sh}	20	mgCOD _{Cr} /L
基質(S_o 由来)飽和定数	K_{sha}	5000	mg/L
酸素溶解速度	K_{la}	1000	1/d
溶存酸素飽和定数	K_{oh}	0.2	mg/L
加水分解速度	K_h	3	1/d
遅分解性(菌体由来)基質飽和定数	K_x	0.03	mgCOD _{Cr} /L
乳化速度定数	K_{ls}	0.27	1/d
乳化飽和定数	K_{shb}	1000	mgCOD _{Cr} /L

10

20

【0066】

得られたパラメータを入力して再度シミュレーション解析をおこなった結果、土壤中の残存TPH濃度(TPH: Total Petroleum Hydrocarbon(全石油系炭化水素))は第5図の通りとなった。

【0067】

カラム1に充填したA重油汚染土壤中のA重油濃度は、ノルマルヘキサン抽出法による実測の結果、

0日目 800 mg/kg

15日目 600 mg/kg

40日目 420 mg/kg

であった。この実測値と第5図とを対比すると、第5図のシミュレーション結果と実測値とは良く合致しており、表1で選定したパラメータ値を採用したシミュレーションにより、精度よくA重油濃度の経時変化を予測することが可能であることが分った。

【0068】

従って、実際土壤が汚染されている土地(例えば重油漏れした土地)において地中に空気吹込井を多数設け、空気を地中に十分に供給した場合に、当該土地の地中における重油濃度の経時変化を精度よく予測することができることが認められた。

40

【0069】

比較例1

従来のように微生物濃度が一定であると仮定し、パラメータを表2の通り単純なものにしてシミュレーションを行ったときの酸素消費速度の計算結果を第6図に、土壤中TPH濃度変化を第5図に示す。

微生物濃度を一定とした場合にも、表2の条件において第5図のようにOURについては一定の相関が見られる。しかしTPH濃度変化については、第6図のように実測データとは大きく異なる。これは油分解速度が油濃度のみの関数となっているためである。この

50

ように比較例 1 のシミュレーションでは浄化期間を短く見積もることになってしまう。

【 0 0 7 0 】

【 表 2 】

表2 解析に用いた入力値

変数初期値			
菌体濃度	X_{BH}	0.5	mgCOD/L
土壌に付着した油分濃度	S_o	40000	mgCOD/L
液中の O_2 濃度	C_w	0	mg/L
化学量論			
菌体収率	Y	0.666	—
動力学定数			
比増殖速度	μ_{Hh}	0.1	1/d
酸素溶解速度	K_{La}	1000	1/d
溶存酸素飽和定数	K_{oh}	0.2	mg/L

10

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 7 1 】

20

【 図 1 】 酸素消費速度の測定用試験器の構成図である。

【 図 2 】 カラム内の酸素収支の説明図である。

【 図 3 】 土壌の水相中の物質収支の説明図である。

【 図 4 】 実施例 1 における酸素消費速度のシミュレーション結果と実測値を示すグラフである。

【 図 5 】 実施例 1 及び比較例 1 におけるシミュレーション結果と実測値を示すグラフである。

【 図 6 】 比較例 1 における酸素消費速度のシミュレーション結果と実測値を示すグラフである。

【 符号の説明 】

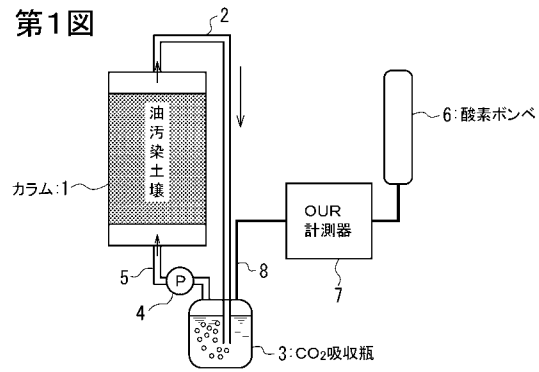
30

【 0 0 7 2 】

- 1 カラム
- 3 CO_2 吸収装置
- 6 酸素ポンプ
- 7 酸素消費速度計測器

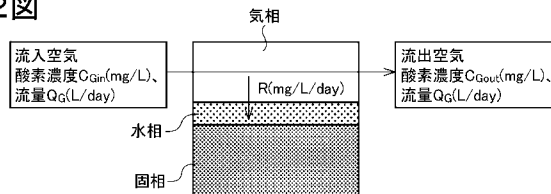
【図 1】

第1図



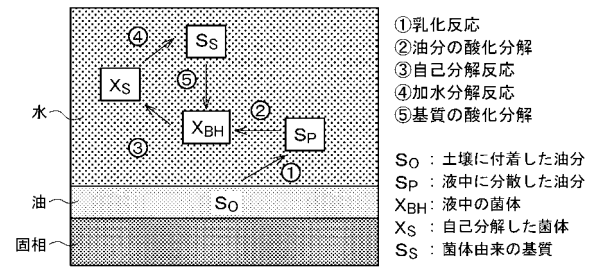
【図 2】

第2図



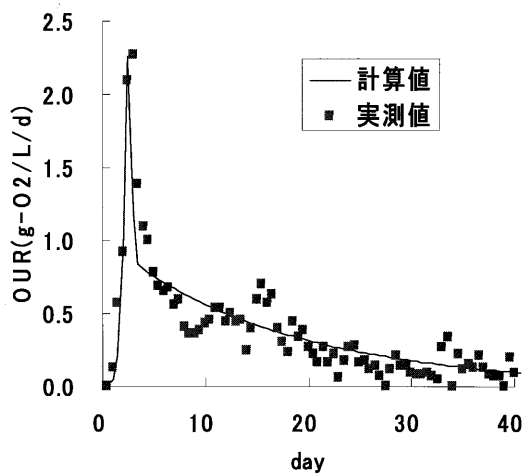
【図 3】

第3図



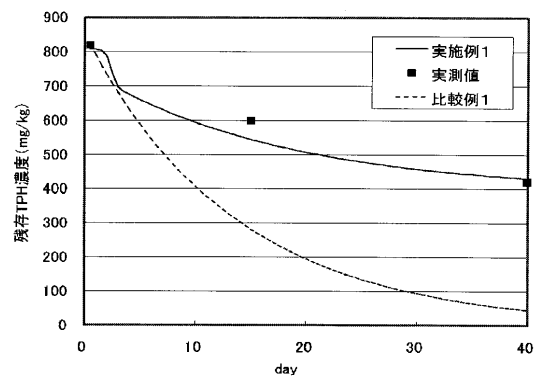
【図 4】

第4図



【図 5】

第5図



【図 6】

第6図

