

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公表特許公報(A)

(11) 特許出願公表番号

特表2005-537121

(P2005-537121A)

(43) 公表日 平成17年12月8日(2005.12.8)

(51) Int. Cl. <sup>7</sup>	F I	テーマコード (参考)
BO1D 24/00	BO1D 29/08 520A	4D058
BO1D 46/30	BO1D 46/30 Z	
	BO1D 46/30 ZABB	
	BO1D 29/08 520C	
	BO1D 29/08 530Z	
	審査請求 未請求 予備審査請求 有 (全 46 頁) 最終頁に続く	

(21) 出願番号 特願2004-516520 (P2004-516520)  
 (86) (22) 出願日 平成15年6月26日 (2003. 6. 26)  
 (85) 翻訳文提出日 平成17年2月24日 (2005. 2. 24)  
 (86) 国際出願番号 PCT/DK2003/000443  
 (87) 国際公開番号 W02004/002605  
 (87) 国際公開日 平成16年1月8日 (2004. 1. 8)  
 (31) 優先権主張番号 PA200200986  
 (32) 優先日 平成14年6月26日 (2002. 6. 26)  
 (33) 優先権主張国 デンマーク (DK)

(71) 出願人 504473108  
 デン・コンゲリエ・ヴェテリネーオー・ランボホイスコレ  
 Den Kongelige Veter  
 inaer og Landbohøe  
 j skole  
 デンマーク1870フレゼリクスベアウ・セ、ビューロヴスヴァイ17番  
 (74) 代理人 100084146  
 弁理士 山崎 宏  
 (74) 代理人 100100170  
 弁理士 前田 厚司  
 (72) 発明者 マリナ・ベ・イエンセン  
 デンマーク、デーコー2830ヴィルム、スコスポーヴァイ37番  
 最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 二重多孔フィルタ

(57) 【要約】

流体から物質を除去し又は流体を物質で濃縮する方法及びフィルタ装置が開示され、それは、i) 互いに隣接する少なくとも1つの対流層と少なくとも1つの受入層とからなるフィルタ装置を準備し、ii) 流れの主方向が前記層に沿い、液体又はガスの主流れが対流層にあるように、液体又はガスをフィルタに通過させ、関係する物質を、a) 対流層から受入層に移動させ、b) 受入層内で保持、さらに移動 (transferred)、退化 (degraded)、又は変更 (modified) させ、又は、c) 受入層により供給させ、d) 受入層から対流層の流体へ移動させることからなる。本発明によるフィルタ装置は、収着又はその他の保持又は枯渇機構、例えば、吸着、吸収、沈殿、濾過、沈降、退化、化学的修飾、濃縮、その他の供給機構、例えば、溶解、生物学的生産、化学的反應生産と組み合わせた、拡散、沈降、混合領域質量流れにより作用する。本発明の目的は、フィルタの寿命中に濾過材料とは独立して決定される高い水理学的容量を有するフィルタ装置を提供し、さらに物質交換例えば廃水中の汚染物質との格闘のための良好で順応性のある条件を提供することである。フィルタ装置は、任意の流体を処理するのに使用することができ、膨大な流体を単位時間当たりに処理しなければならない場合、及び/又は、暴風雨流去水 (都市、高速道路その他の道路流去水) 複合下水オーバーフロー、廃水処理プラントからの流出水、地下水、表流水 (湖、河川、小川)、工業廃水のように流体が交互する濃度の除去物質を含む場合が好ましい。しかし、フィルタ装置は、流体を物質で濃縮するのにも使用することができ、膨大な流体を単位時間当たりに濃縮しなければならない場合、又は、懸濁固形物の除去や微生物の添加のように濃縮を除去と組み合わせなければならない場合が好ましい。

## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

物質を含有する液体又はガスを除去又は増加する方法であって、該方法は、

- i . 互いに隣接する少なくとも 1 つの対流層と少なくとも 1 つの受入層とからなるフィルタを準備し、
  - ii . 流れの主方向が前記層に沿い、前記液体又はガスの主流れが前記対流層にあるように、前記液体又はガスを前記フィルタに通過させ、物質を、
    - a ) 受入層に移動させ、
    - b ) 受入層内で保持させ、
- 又は、物質を
- c ) 受入層から解放させ、
  - d ) 受入層から対流層へ移動させる、

10

ステップを含む方法。

## 【請求項 2】

前記受入層を前記対流層の下に配置し、粒状物質を受入層に沈降させる請求項 1 に記載の方法。

## 【請求項 3】

沈殿、混合層質量流量及び / 又は拡散により、物質を前記受入層に移動させる請求項 1 又は 2 に記載の方法。

## 【請求項 4】

収着又はその他の保持機構により、物質を前記受入層に保持する請求項 1 から 3 のいずれかに記載の方法。

20

## 【請求項 5】

吸収、吸着、沈殿、濾過、及び / 又は沈殿により、物質を前記受入層に保持する請求項 1 から 4 のいずれかに記載の方法。

## 【請求項 6】

前記受入層はさらに、物質に対する親和性を有する請求項 1 から 5 のいずれかに記載の方法。

## 【請求項 7】

前記受入層は、物質を転化することができる少なくとも 1 つの微生物を包含する請求項 1 から 6 のいずれかに記載の方法。

30

## 【請求項 8】

前記物質は、前記受入層から、該受入層に隣接しかつ第 1 対流層と対向する第 2 対流層に移動する請求項 7 に記載の方法。

## 【請求項 9】

前記フィルタはさらに、前記対流層に隣接しかつ前記第 1 受入層と対向する第 2 受入層を包含する請求項 1 から 8 のいずれかに記載の方法。

## 【請求項 10】

前記少なくとも 1 つの受入層は、砂、砂利、パーライト、バーミキュライト、無煙炭、活性炭、木炭、石灰土、富鉄土、珪藻土、キチン質、キトサン、ポゾラン、ライム、石灰、大理石、粘土、酸化鉄被覆鉱物（例えば砂）、二重金属水酸化物、LECA、岩綿、ガラス綿、ゼオライト、フライアッシュ、土、腐植土、樹皮、リグニン、培養土、葉、海草、藻、アルギン酸塩、キサントゲン酸塩、草炭、骨ゼラチンビード、蘚類、羊毛、綿、その他の植物繊維、及びこれらの変性物から選ばれた材料を含む請求項 1 から 9 のいずれかに記載の方法。

40

## 【請求項 11】

前記受入層は、吸収剤として捕獲沈降物を含む請求項 1 から 10 のいずれかに記載の方法。

## 【請求項 12】

前記対流層は、空間からなる請求項 1 から 11 のいずれかに記載の方法。

50

## 【請求項 13】

前記対流層は、貫通した回り経路が形成された非吸収性、水透過性、繊維性のメッシュ材料からなる請求項 1 から 11 のいずれかに記載の方法。

## 【請求項 14】

前記対流層は、著しく崩壊することがないが、水を自由に通過させることができ、濾過装置を支持するのに十分な密度を有する多数のランダム単繊維型プラスチック繊維からなる請求項 1 から 13 のいずれかに記載の方法。

## 【請求項 15】

前記対流層は、ポリエチレン又はポリエステル繊維メッシュからなる請求項 14 に記載の方法。

10

## 【請求項 16】

前記対流層は、オランダ国アルンヘム市のコルボンド・ジオシンセティクスにより製造された ENKADRAIN 8004H / 5 - 2 s / D 110P からなる請求項 15 に記載の方法。

## 【請求項 17】

前記対流層は、インディアナ州ミシガン市のファイバーボンドにより製造された FIBERBONDE M 6645 からなる請求項 15 に記載の方法。

## 【請求項 18】

前記対流層は、著しく崩壊することがないが、水を自由に通過させることができ、濾過装置を支持するのに十分な密度を有する一塊の開口構造植物繊維からなる請求項 1 から 17 のいずれかに記載の方法。

20

## 【請求項 19】

前記植物繊維は、樹皮、厚切木片、薄切木片、わらのマットからなる請求項 18 に記載の方法。

## 【請求項 20】

主流れ方向における前記対流層の水伝導率は前記受入層の水伝導率の少なくとも 1.1 倍である請求項 1 から 19 のいずれかに記載の方法。

## 【請求項 21】

前記対流層における流れの主方向の軸に沿う前記受入層と前記対流層の水伝導率の差は、少なくとも 2、好ましくは 10、さらに好ましくは  $10^2$ 、さらに好ましくは  $10^3$ 、さらに好ましくは  $10^4$ 、さらに好ましくは  $10^5$ 、例えば  $10^6$  のファクターである請求項 1 から 20 に記載の方法。

30

## 【請求項 22】

濾過される液体は、廃水、工業廃水（薬品、油、化学、金属、食品、飼料工業）、都市廃水、高速道路流去水、雨水を含む請求項 1 から 21 に記載の方法。

## 【請求項 23】

濾過される液体は、都市廃水、高速道路流去水、道路流去水、及び / 又は雨水を含む請求項 1 から 22 に記載の方法。

## 【請求項 24】

汚染物質は、炭化水素、油、重金属、ホルモン、PAH、農薬、医薬、MTBE、無機イオン（亜硝酸塩、硝酸塩、燐酸塩、ナトリウム）、 $20\ \mu\text{m}$ 以下のコロイド、BAM、塩素化流体からなる群から選ばれる請求項 1 から 23 のいずれかに記載の方法。

40

## 【請求項 25】

除去又は増加するステップの前に、前記液体又はガスをプレフィルタに通過させて粒状物質を除去するステップを含む請求項 1 に記載の方法。

## 【請求項 26】

$250\ \mu\text{m}$ 以上の平均サイズの粒状物質を除去する請求項 25 に記載の方法。

## 【請求項 27】

物質を含有する液体又はガスを除去又は増加するフィルタ装置であって、該装置は、  
i. 少なくとも 1 つの対流層と、

50

ii. 該対流層に隣接する少なくとも1つの受入層と、  
 iii. 前記層に直角な方向に流体又はガスが流れ、連続して通過するのを防止する少なくとも1つの不浸透性層とを含む装置。

【請求項28】

前記対流層に隣接し、前記少なくとも1つの受入層に対向する第2受入層をさらに含み、サンドイッチフィルタとした請求項27に記載のフィルタ装置。

【請求項29】

積層サンドイッチフィルタからなり、該積層サンドイッチフィルタは、少なくとも2つのサンドイッチフィルタ、例えば少なくとも3つのサンドイッチフィルタ、少なくとも4つのサンドイッチフィルタ、少なくとも5つのサンドイッチフィルタ、少なくとも6つのサンドイッチフィルタ、少なくとも7つのサンドイッチフィルタ、少なくとも8つのサンドイッチフィルタ、少なくとも9つのサンドイッチフィルタ、少なくとも10のサンドイッチフィルタ、少なくとも11のサンドイッチフィルタ、少なくとも12のサンドイッチフィルタ、少なくとも15のサンドイッチフィルタ、少なくとも20のサンドイッチフィルタ、少なくとも25のサンドイッチフィルタからなる請求項28に記載のフィルタ装置。

10

【請求項30】

対流層と受入層を交互にした積層からなる請求項27に記載のフィルタ装置。

【請求項31】

少なくとも2つの対流/受入層、例えば少なくとも3つの層、少なくとも4つの層、少なくとも5つの層、少なくとも6つの層、少なくとも7つの層、少なくとも8つの層、少なくとも9つの層、少なくとも10の層、少なくとも12の層、少なくとも15の層、少なくとも20の層、少なくとも25の層からなる請求項30に記載のフィルタ装置。

20

【請求項32】

前記不浸透性層は、フィルタ層を囲み、入口と出口を除く全ての表面で周囲からシールする請求項27に記載のフィルタ装置。

【請求項33】

前記受入層は、砂、砂利、パーライト、バーミキュライト、無煙炭、活性炭、木炭、土、石灰土、富鉄土、珪藻土、キチン質、キトサン、ポゾラン、ライム、石灰、大理石、粘土、酸化鉄被覆鉱物例えば砂、二重金属水酸化物、LECA、岩綿、ゼオライト、フライアッシュ、土、樹皮、リグニン、培養土、海草、藻、アルギン酸塩、キサントゲン酸塩、草炭、骨ゼラチンビード、藓類、羊毛、綿、その他の植物繊維、及びこれらの変性物からなる群から選ばれる請求項27から32のいずれかに記載のフィルタ装置。

30

【請求項34】

前記受入層は、吸収剤として捕獲沈降物を含む請求項27から33のいずれかに記載のフィルタ装置。

【請求項35】

前記対流層は、貫通した回り経路が形成された非吸収性、水透過性、繊維性のメッシュ材料からなる請求項27から34のいずれかに記載のフィルタ装置。

40

【請求項36】

前記対流層は、著しく崩壊することがないが、水を自由に通過させることができ、濾過装置を支持するのに十分な密度を有する多数のランダム単繊維型プラスチック繊維からなる請求項27から35のいずれかに記載のフィルタ装置。

【請求項37】

前記対流層は、ポリエチレン又はポリエステル繊維メッシュからなる請求項27から36のいずれかに記載のフィルタ装置。

【請求項38】

前記対流層は、オランダ国アルンヘム市のコルボンド・ジオシンセティクスにより製造されたENKADRAIN8004H/5-2s/D110Pからなる請求項27から3

50

4のいずれかに記載のフィルタ装置。

【請求項39】

前記対流層は、インディアナ州ミシガン市のファイバーボンドにより製造されたFIBERBONDE M6645からなる請求項27から34のいずれかに記載のフィルタ装置。

【請求項40】

前記対流層は、著しく崩壊することがないが、水を自由に通過させることができ、濾過装置を支持するのに十分な密度を有する一塊の開口構造植物繊維からなる請求項27から34のいずれかに記載のフィルタ装置。

【請求項41】

前記植物繊維は、樹皮、厚切木片、薄切木片、わらのマットからなる請求項40に記載のフィルタ装置。

【請求項42】

主流れ方向における前記対流層の水伝導率は前記受入層の水伝導率の少なくとも2倍である請求項27から41のいずれかに記載のフィルタ装置。

【請求項43】

前記対流層における流れの主方向の軸に沿う前記受入層と前記対流層の水伝導率の差は、少なくとも10、好ましくは $10^2$ 、さらに好ましくは $10^3$ 、さらに好ましくは $10^4$ 、さらに好ましくは $10^5$ 、例えば $10^6$ のファクターである請求項27から41に記載のフィルタ装置。

【請求項44】

ロールの形態である請求項27から43に記載のフィルタ装置。

【請求項45】

少なくとも2巻き、例えば3巻き、4巻き、5巻き、6巻き、7巻き、8巻き、9巻き、10巻き、12巻き、15巻き、20巻き、25巻きの受入/対流層又は受入/対流/受入層を有する請求項44に記載のフィルタ装置。

【請求項46】

前記フィルタ装置を通して液体又はガスを汲み上げるポンプをさらに含む請求項27から45のいずれかに記載のフィルタ装置。

【請求項47】

液体又はガスをフィルタに通過させる前に、液体又はガスから粒状物質を除去するように適合されているプレフィルタをさらに含む請求項27から46のいずれかに記載のフィルタ装置。

【請求項48】

前記プレフィルタは $250\mu\text{m}$ 以上の粒子を除去するように適合されている請求項47に記載のフィルタ装置。

【請求項49】

廃水を濾過するための請求項27から48に記載のフィルタユニットの使用。

【請求項50】

前記廃水は、雨水流去水、雨水排水、高速道路流去水、都市流去水、都市雨水である請求項49に記載の使用。

【請求項51】

ガス(煙道ガス、廃ガス、排ガス)を濾過する請求項27から50のいずれかに記載のフィルタ装置の使用。

【請求項52】

油を濾過する請求項27から47のいずれかに記載のフィルタ装置の使用。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は流体から物質を除去する方法及び装置に関する。本発明はさらに物質を含有す

10

20

30

40

50

る流体を濃縮(enrichment)する装置に関する。本発明は特に物質が流体と交換するように設計された区画に平行に当該流体が流れる流体処理方法に関する。本発明で引用する全ての特許及び非特許文献は参照することでその全てを個々に組み入れる。

【背景技術】

【0002】

流体又はガスから汚染成分を除去するフィルタは従来から公知である。濾過は通常、流体を多孔媒体を横切らせて引き出すことにより流体から分散粒子及び時には溶質を分離するプロセスとして理解されている。ここに記載された発明は、流体が多孔媒体を横切って引き出されるものではなく、多孔媒体を横切ることなくそれに沿って流れるということにおいて、真の濾過ではない。

10

【0003】

伝統的なフィルタは、一方である水伝導率を得るために開口構造を有する必要がある、他方で分散した粒子や溶質を保持するために開口しすぎてはいけないという窮地に陥っている。伝統的なフィルタは、粒子がフィルタ媒体に捕獲されるにつれて、水伝導率(hydraulic conductivity)(フィルタを横切る圧力損失)が徐々に低下するという欠点がある。フィルタ能力の終了というよりもむしろ詰まりが、フィルタの再生や取り替えの頻度を決定する。

【0004】

従来のフィルタの1つのタイプは、層毎に異なる孔サイズと収着能力を有する積層構造に基いている。液体又はガスは、公知のフィルタの層を連続的に貫通して移動し、まず1又はそれ以上の大孔層を通過して粒状物質を除去し、次に溶解又は分散物質を吸収する能力を有する1又はそれ以上の小孔層を通過する。これらのフィルタの欠点は、主として、低い水理学的能力(hydraulic capacity)(及び高吸収能力)を有する物質は流量が小さすぎるために実際的な状況では使用できないことである。他の欠点は、ある領域の小孔層の濾過能力が消耗すると、全層が消耗し、フィルタが汚染物質を漏出する危険性があることである。

20

【0005】

2タイプの孔を有する従来の他のフィルタは、小孔と大孔がフィルタ体積の全体にわたって混じっているものである。このようなフィルタは、小孔を含む粒子(例えばパーライト)又は他の大構造からなる。大孔は粒子間に形成される。これらのフィルタは、汚染物質が小孔で捕獲されるのに対し、主流れが大孔を通過するため、一般にフィルタを通過する流れの流速が高い。これらのフィルタ装置は、大孔のサイズが小孔を含む粒子/構造の寸法によって決定されるため、本来的に不均一である。このため、大きすぎるサイズの孔が層を通して形成され、汚染された液体が小孔と接触することなくフィルタを通過するという危険性がある。これは特に、フィルタ層の外側の境界、すなわち、粒子/構造を収容する容器の側面に沿っている場合である。このようなフィルタでは、選択した吸収剤を小穴に設置することは困難であり、フィルタは選択した汚染物質を除去するのに適合させることができない。選択した水伝導率を形成することもできないし、フィルタの粒子/構造のサイズに依存する。

30

【0006】

US 6,080,307(エービーテック・インダストリー)は、油又は他の炭化水素の別個の収集システムを備える雨水インサートを開示している。濾過材はスチレン-ブタジエン-スチレンのような熱可塑性ポリマーの共重合体からなる。ある実施形態による濾過材は長い本体に沿って中央に設置された穴を有する円筒体として形成されている。円筒体は本体の有効面積を増加する多数の亀裂を有していてもよい。

40

【0007】

US 5,788,849(フッター&プロブスト)は、幾つかの濾過部材を収容するフィルタ装置を開示し、ここで濾過部材は水平な向き、すなわち水の流れの方向に垂直に配置されている。このようなフィルタ装置の水伝導率は、最小の孔サイズを有する濾過部材の水伝導率によって決定され、このため水伝導率は自由に決定することができない。高吸

50

収能力を有する濾過材が本来的に低い水伝導率を有するので、この設計に基くフィルタ装置は低い水伝導率を有する。

【0008】

US 5, 776, 567 (パッケック・インコーポレーテッド)は、固形及び液状の廃棄物を分離する多層フィルタを開示している。好ましい実施形態では、フィルタは4層を含む。第1層は平行な繊維の網状組織であってもよい。第2層は繊維状マットであり、第3層は第1層のような網であり、第4層は多孔フィルタ布であってもよい。使用中、水は重力で層を連続的に通過し、固形物の無い水はフィルタの底から排水される。他の多層フィルタでは、フィルタ装置の水伝導率は最小の水伝導率を有する層によって形成される。低い水伝導率を有する濾過材はそのようなフィルタには使用することができない。

10

【0009】

US 5, 632, 889 (サーブ)は、水から液体炭化水素を分離するフィルタカートリッジを開示している。フィルタカートリッジはシリコンで処理されたパーライト粒子からなる。流去水は粒状パーライトの本体を通して濾過され、これにより炭化水素はパーライト粒子により吸収され、純粋はフィルタの底から排水される。このフィルタ装置の1つの欠点は、パーライト粒子に限られるので、パーライトに吸収されない汚染物質を除去するには有益でない。さらに、前に指摘したように、より大きな孔が層に形成され、液体の一部がパーライト粒子の内側と接触することなくフィルタをバイパスするという潜在的な危険性がある。

【0010】

US 4, 761, 232 (ボレックス・テクノロジーズ・コーポレーション)は、大孔を相互連結する網状組織と、該大孔網状組織を完全に満たす塩化ポリビニルの小穴マトリックスとを規定するポリエチレン基板を開示している。このフィルタは、大孔及び小孔を混ぜ合わせた網状組織からなるので、US 5, 632, 889に開示されたパーライトフィルタと共通する多くの特徴を有する。このようなフィルタ配置の1つの欠点は、前者の吸収能力が消耗したときに、大孔基板から独立して小孔マトリックスを除去することができないということである。さらに、小孔の吸収能力が1つの位置で消耗するやいなや、フィルタ全体を交換しなければならない。

20

【0011】

US 5, 980, 761 (ピオシーラ)は、粒状濾過材として、円筒形又は円錐台形であり、粒状濾過材としてポゾランを含むフィルタ装置を開示している。濾過される水は、装置を通る垂直な方向及び水平方向に通過してもよい。2以上の異なる濾過材料の場合、水は連続して層を通過する。このため、フィルタは伝統的な多層フィルタの特別な実施形態である。

30

【0012】

定義

対流層は、本発明によると、流体を導いて物質、成分その他を変化させるように設計された層として定義される。それは流体がフィルタ装置を通過するのを許容する開いた構造である。対流層の配置には、1つの軸に沿って流れの主方向がある。多くの実施例では、対流層は、対流層と受入層の間で物質又は他の特徴の有効な変換を許容するたに、高い水伝導率と平坦な形状(例えば所定の最大厚さを有するシートの形状)が与えられる。対流層の流れの主方向の軸は層の最小寸法(すなわちシートの高さ)に垂直であり、層の長さ又は幅の寸法に平行である。

40

【0013】

受入層は、少なくとも1つの対流層に隣接する層として規定され、流体が浸透することなくこの対流層の流体から物質を受け入れるように設計される。さらに、受入層は対流層の流体を物質で濃縮するように設計することができる。受入層は、物質を蓄積し、物質を変性又は退化させ、物質を移動し、物質を放出し、対流層の流体の成分又は他の特性例えば温度に影響を及ぼす。受入層は、それ自身、異なる機能を有する幾つかの層からなることができる。受入層の流体は隣接する対流層の流体又は他の流体と同じにすることができ

50

る。受入層の流体は滞留することができ、この場合受入層は滞留層であるが、流動することもできる。受入層の流体が流動している場合、該流体は対流層の流体の流量と異なる流量で流れ、及び/又は、受入層の流れの主方向は対流層の主方向と異なる。

【0014】

濾過材料は、受入層内に設置された材料を記述するのに使用される。濾過材料の機能は、対流層の流体から物質を引き止め、変性し、退化させることであり、対流層からの物質の移動を支持することである。さらに、濾過材料は物質を供給して対流層の流体を濃縮し又は養育するのに使用することができる。

【0015】

物質は、目標物質、すなわち対流層の流体に関して関心のある物質で、流体から除去される物質、例えば汚染物又は汚染菌、流体に侵入する物質を説明するのに使用される。物質は、連続相又は不連続相の有機及び/又は無機溶質、サイズを問わない有機及び/又は無機粒子、対流層と受入層の流体間で移動することがきる有機物を含むが、これらに対して受入層が設計される。

10

【0016】

混合領域質量流れは、対流層と受入層の間の界面で生じる乱流により、対流層の流体の一部 (fraction) が受入層の流体の一部 (fraction) と置き換わる現象を説明するのに使用される。

【0017】

混合領域は、混合領域質量流れが生じる領域を説明するのに使用される。

20

【0018】

サンドイッチフィルタは、少なくとも1つの受入層と少なくとも1つの対流層を有する少なくとも2つの層からなる装置又は装置の一部の全ての層を説明するのに使用される。サンドイッチフィルタは、異なる数の受入層と対流層、例えば2つの受入層と1つの対流層からなることができる。サンドイッチフィルタの積層は、類似のサンドイッチフィルタの積層、又は異なるサンドイッチフィルタの積層とすることができる。サンドイッチフィルタが積層されると、2つの受入層又は2つの対流層、又は1つの受入層と1つの対流層は、2つのサンドイッチフィルタの隣接する層となる。

【0019】

フィルタ装置は、本発明に基づく装置の全体を説明するのに使用され、フィルタ装置は少なくとも1つの受入層と少なくとも1つの対流層からなる。フィルタ装置は任意の数のサンドイッチフィルタからなることができる。流体及び/又はガス不浸透性の材料がフィルタ装置を囲むことが好ましいが、これは必須ではない。2又はそれ以上のフィルタ装置を組み合わせ、又は接続して、特定の流体処理特性を得ることができる。また、不浸透性又は半浸透性の層、例えば不浸透性又は半浸透性の膜を、フィルタ装置の2又はそれ以上のサンドイッチフィルタの間に設置することができる。

30

【特許文献1】米国特許第6,080,307号

【特許文献2】米国特許第5,788,849号

【特許文献3】米国特許第5,776,567号

【特許文献4】米国特許第5,632,889号

40

【特許文献5】米国特許第4,761,232号

【特許文献6】米国特許第5,980,761号

【非特許文献1】Jobstman,HとSingh,B、2001年、ヒドロキシアルミニウム中間層モンモリロナイトによるカドミウムの収着、Water, Air, and Soil Pollution 131号、203-215頁

【非特許文献2】Cohen-Shoel,N、Barkay,Z、Ilzyucer,D、Gilath,L、Tel-Or,E、2002年、アゾラバイオマスによる有毒要素の微生物濾過、Water, Air, and Soil Pollution 135号、93-104頁

【非特許文献3】Johansson,L、1997年、廃水から燐を除去するためのレカ(軽発泡粘土骨材)の使用、Water Science and Technology 35号、87-93頁

50

【非特許文献4】Ouki, S.KとKavannagh, M、1997年、混合金属含有流出水処理用天然ゼオライトの性能、Waste Management & Reserch 15号、383 - 394頁

【非特許文献5】Bailey, S.E、Olin, T.J、Bricka, R.M、Adrain, D.D、1999年、重金属用の潜在的低コスト吸収剤の調査、Water Research 33号、2469 - 2479頁

【発明の開示】

【0020】

流体から物質を除去し、及び/又は、流体を物質で濃縮する方法及び装置が開示されている。この方法及び装置は、i. 互いに隣接する少なくとも1つの対流層と少なくとも1つの受入層とからなるフィルタを準備し、ii. 流れの主方向が前記層に沿い、前記液体又はガスの主流れが前記対流層にあるように、前記液体又はガスを前記フィルタに通過させ、関係する物質を、a) 対流層から受入層に移動させ、b) 受入層内で保持、さらに移動 (transferred)、退化 (degraded)、又は変更 (modified) させ、又は、c) 受入層から解放させ、又は受入層により供給させ、d) 受入層から対流層へ移動させる、ステップを含む。ステップa) とb) が完了すると、流体から物質が除去される。ステップc) とd) が完了すると、流体が物質で濃縮される。

10

【0021】

このようにして、本発明によれば、流体を物質で枯渇 (deplete) 又は濃縮 (enrich) することができ、拡散、沈降、及び/又は、混合領域質量流れにより当該物質を移動することができる。枯渇する物質は、対流層に入るのに十分小さな任意の溶質及び粒子を含み、それ用に受入層を設計することができる。溶質枯渇用に設計された受入層は、例えば、吸着、吸収、沈殿、退化 (degradation)、又は他の流体システムへの移動に基くことができる。粒子枯渇用に設計された受入層は、コロイド粒子の場合は濾過と沈降、大粒子の場合は沈降に基くことができる。有機粒子の枯渇はさらに、退化に基くことができる。物質濃縮用に設計された受入層は、個体相の溶解、化学微生物的生産、又は受入層に接続された外部システムからの供給に基くことができる。

20

【0022】

本発明の目的は、フィルタ装置が、フィルタ装置の全寿命の間、濾過材料から独立して決定された高い水理学的能力を有する流体処理方法を提供し、関係する物質で枯渇又は濃縮する良好で柔軟な条件を提供することである。

【0023】

また、液体又はガスを濾過するフィルタ装置が開示されている。このフィルタ装置は、i. 少なくとも1つの対流層と、ii. 該対流層に隣接する少なくとも1つの受入層と、iii. 前記層に直角な方向に流体又はガスが流れ、連続して通過するのを防止する少なくとも1つの不浸透性層とを含む。

30

【0024】

開示されているフィルタ装置は、単位時間あたりに多量の流体を処理するのに特に適しており、特に溶質と粒子の両方を枯渇すべき流体に適している。フィルタ装置は、任意の流体を任意の物質で枯渇又は濃縮するのに使用することができ、その物質用に適切な受入層を設計することができる。好ましくは、都市流去水、高速道路流去水、その他の道路流去水、下水雨水オーバーフローを含む雨水流去水のような廃水から溶質及び懸濁固形物を濾過し、漏出水処理プラントからの廃水を浄化 (polishing) し、硝酸塩、農薬、MTBE、塩素化合物で汚染された地下水、又は汚染地下水を濾過し、例えば地表水がUV照射、オゾン化、塩素化されている場合に飲料水として使用するための前処理のように地表水から懸濁固形物を除去し、例えば汚染された湖水、流水、河川水の濾過のように自然水生環境を改善するだけでなく、工業廃水を濾過し、特定の物質を工業的処理又は他の処理を行なって流体を濃縮する。

40

【0025】

フィルタ装置は長期間使用されるように設計することができる。対流層で流体を枯渇又は濃縮するのに濾過材料の能力が使用される場合、例えば、一般には、捕獲した沈降物の内容物を外部の容器に連続的に放出するように受入層を設計することにより、大抵その能

50

力を回復することができる。時々、濾過材料の新しい部分を、例えば重金属を保持するために、対流層により懸濁状態でフィルタ装置に適用し、受入層に沈降させることができる。また、対流層は新しいコーティングを濾過材料に移動するのに使用することができる。受入層が外部システムに接続された可動流体を含み、該外部システムから受入層の枯渇又は濃縮能力が達成される場合、フィルタ装置を支持する材料例えば周辺膜等が持続するとすれば、フィルタの寿命に限度がない。能力が回復できず、フィルタ装置が蓄積した汚染物質又は他の危険物質又は微生物を有している場合、フィルタ装置をその領域から取り除き、汚染物質を適切な方法で処理することができ、又はフィルタ装置の入口又は出口構造を蓋して、流体がフィルタ装置に侵入するのを防止することができ、このようにしてフィルタ装置を破棄又は貯蔵領域 (deponi) に変えることができる。

10

**【0026】**

フィルタ装置の他の適用は、煙道ガス、廃ガス、排気ガスのようなガスを濾過するのに使用することができる。

**【0027】**

フィルタ装置の他の適用は、スラリーに変えて対流層に流動させることができる汚染された土又は他の固形物を処理するのに使用することができる。

**【0028】**

フィルタ装置の他の適用は、別個の層で海水から塩を除去するのに使用することができる。例えば、第1工程で太陽からのエネルギーによって海水を蒸発させ、第2工程で海水の冷氣によって塩が枯渇した水を凝縮させる。

20

**【発明を実施するための最良の形態】****【0029】**

流体 (液体又はガス) から物質を除去し、及び/又は、流体を物質で濃縮する方法及び装置が開示されている。この方法及び装置は、i) 互いに隣接する少なくとも1つの対流層と少なくとも1つの受入層とからなるフィルタを準備し、ii) 流れの主方向が前記層に沿い、前記液体又はガスの主流れが前記対流層にあるように、前記液体又はガスを前記フィルタに通過させ、関係する物質を、a) 対流層から受入層に移動させ、b) 受入層内で保持、さらに移動 (transferred)、退化 (degraded)、又は変性 (modified) させ、又は、c) 受入層から解放させ、又は受入層により供給させ、d) 受入層から対流層へ移動させる、ステップを含む。ステップ a) と b) が完了すると、流体から物質が除去される。ステップ c) と d) が完了すると、流体が物質で濃縮される。

30

**【0030】**

したがって、濾過材が流体で浸透されずに流体に隣接しているだけのフィルタ装置が提供されている。処理される流体は受入層に沿って対流層内に導かれる。受入層は濾過材を含んでいてもよいが、含んでいなくてもよい。物質は、1) 受入層に移動されたとき、2) 受入相に保持され、又は受入層の流体相から除去されたときに、流体から除去される。物質は、1) 受入相が受入相の流体に物質を提供したとき、2) 物質が受入相から対流相に移動されたときに、流体に進入する。

**【0031】**

実施例では、濾過媒体が流体で浸透されずに流体に隣接しているだけのフィルタが提供されている。浄化される流体 (液体又はガス) は濾過媒体を含む受入層に沿って対流層内に導かれる。汚染物質は、1) 受入層に移動されたとき、引き続き、2) 受入相に首尾よく保持されるときに、流体から除去される。

40

**【0032】**

対流相の流体と受入相の流体の間の物質の移動は、混合領域質量流れ、拡散及び沈降により進行する。移動過程の方向は、対流相の流体が物質を枯渇するか、物質で濃縮されるか否かを決定する。

**【0033】**

受入層は典型的には、対流層の流体と交換される物質を抑制するか、供給する、あるいは支持するために、濾過材料を含む。

50

## 【0034】

受入層で受け入れられる物質の保持は、吸着、吸収、沈降、沈殿、濾過（適切な濾過材料中の孔にマクロ分子又はコロイド粒子を物理的に捕獲）、溶質と受入層に設置された適切な濾過材との間の物理化学的反応により生じる。他の除去機構は、微生物又は他のタイプの完全又は部分的退化（degradation）、化学的又は微生物学的変性（modification）を含む。特別なケースでは、受入層は、例えば他のフィルタ装置の対流層を流れる他の流体により捕獲されるようにするために、流体から枯渇される物質が受入層を通過するのを許容する。または、受入層の流体はそれ自身移動可能であり、これにより物質を外部システムに輸送することができる。

## 【0035】

物質を供給して対流層の流体を濃縮する受入層の能力は、溶解、化学反応物、微生物生産、及び/又は外部からの供給、及び/又は他の生産機構に基づくことができる。

## 【0036】

（既にどこかで説明したように）受入層の周辺部で生じる混合領域質量流れから離れると、受入層への流体の対流による流れは僅かであり、またフィルタは特定の設計又は機能に制限されている。例えば、高い流量と低い流量の状態を交互にし、又は脱水後にフィルタを再飽和する。

## 【0037】

移動機構が異なると、物質のタイプが異なる。混合領域質量流れは流体に運ばれる物質の全てのタイプに作用する。拡散及び拡散状プロセスは、溶質及びコロイド状粒子に作用する。沈降は、概略的に言うと特定の重量の流体より重い特定の重量の懸濁固形物に等しい所定の状態で、対流層の流体に沈降可能な粒子に作用する。

## 【0038】

驚くべきことに、比較的高い除去速度が、低い流量で観測される除去率から予想されるよりも高い流量で観測された。これは、低い流量よりも高い流量で有効であって高い流量で短い滞留時間である程度打ち消される混合領域質量流れによる。

## 【0039】

本発明によるフィルタ装置の一つの顕著な利点は、使用される濾過材に拘わらず、また物質の量や流体の成分に拘わらず高い水理学的能力が達成されることである。これは、処理するために濾過材を浸透する必要がない流体と、対流層に選択した水伝導率を与える可能性による。これにより、巨大な量の液体又はガスを処理することができ、非常に低い水伝導率を有する濾過材を使用することができる。また、高い含有量を有する流体、又は高い含有量と低い含有量の懸濁又は分散固形物が交互になった流体を処理することができる。さらに、それが望まれ又は有益である場合には、低い水理学的能力を有するようにフィルタの寸法を決めることができる。

## 【0040】

分離層の流れの方向に沿って汚染物質を保持することにより、フィルタの詰まりの古典的問題が回避される。これにより、フィルタの初期水伝導率はフィルタの全寿命を通して維持される。

## 【0041】

フィルタ装置に特定の対流層を導入する他の利点は、フィルタを通過するように流体を駆動するのに必要なエネルギーが低いことである。これにより、多くの場合、流体は重量で駆動することができる。他のケースの場合、フィルタ装置を通過する流体を駆動するのにポンプを使用してもよい。

## 【0042】

受入層を適切に設計することにより、溶質と小粒子に同時に格闘するフィルタ装置が設けられる。受入層は、適切な濾過材を含まなければならないし、及び/又は溶質を保持、移動、退化させるために適切な構造/集積を与えられなければならないし、コロイド状及び大サイズの粒子の貯蔵及び/又は退化を考慮しなければならない。

## 【0043】

10

20

30

40

50

対流層すなわち主流れから、受入層すなわち物質の組成及び/又は流体の他の特性を修正する層を分離することにより、濾過材の選択はもっと自由に行なえる。フィルタ装置の水伝導率は濾過材の水伝導率とは無関係であるからである。このため、対流層が必要な構造を有し、その結果高い水伝導率を有するフィルタ装置であるとすれば、低い水伝導率を有する濾過材と、例えば自己支持される構造を有しないフィルタを使用することができる。

#### 【0044】

対流層と受入層が交互する積層した設計では、個々の層が個々の目的を果たすフィルタを構築することができる。異なる特徴を有する受入層は同じフィルタに構築することができる。また、異なる対流層は異なる流体を伝導することができ、該流体は受入層を通して相互作用する。要するに、これは非常にフレキシブルな浄化装置を与え、殆ど制限のない設計を行なうことができる。

10

#### 【0045】

本発明は、高低の交互の汚染物質負荷がある流体を均等にうまく処理するフィルタの代案を提供する。これにより、適切な濾過材を提供する入力濃度が識別できるか否かに拘わらず、フィルタを離れるときに、流入水の汚染物質濃度は常に同じ係数で減少する。高い減少係数が望まれる場合、フィルタを長くし、及び/又は水勾配 (hydraulic gradient) を減少することによって、装置は長い滞留時間を与えられるべきであり、または対流層の高さ(厚さ)は減少されるべきであり、これにより混合領域が比較的広く、拡散距離が短く、及び沈降距離が短くなる。しかしながら、混合領域質量流れとある程度関連する移動機構は、滞留時間を打ち消す (counteract) ように思われることに注意することが重要であり、対流層の水塊 (water volume) のより大きな部分 (fraction) が高い流量で混合領域質量流れに巻き込まれることによると考えられる。

20

#### 【0046】

##### 移動機構

本発明によるフィルタ装置と方法の動作原理は、図1a, 1b, 1cを参照して説明する。図1aでは、混合領域質量流れにより、流体中のあらゆる種類の物質を移動するフィルタ装置の動作原理が説明されている。1つの対流層と1つの受入層を有するフィルタ装置の断面が示されている。対流層と受入層の間の界面で2つの層からの流体の混合が生じる。対流層を流れる流体の小部分 (fraction) が受入層の流体の小部分と場所を交換するが、これを「混合領域質量流れ」と言及する。これにより、流体は、受入層に設置された任意の濾過材の表面と密接し、受入層にある流体の小部分と混合する。このように混合領域質量流れは対流層と受入層の流体間での物質の交換に有利である。混合領域の厚さは流量を増加すると増加するように思われる。

30

#### 【0047】

図1bでは、拡散により、溶質及びコロイド状粒子を移動するフィルタの動作原理が示されている。1つの対流層と2つの受入層を有するフィルタ装置の断面が示されている。受入層は対流層の厚さに等しい距離「d」だけ離れている。受入層の溶質及び/又はコロイド状粒子の濃度が対流層の流体の濃度より低い場合、流体中の溶質及び/又はコロイド状粒子は、拡散により受入層に移動することができ、ここで溶質及びコロイド状粒子はブラウン運動により高い濃度の流体から低い濃度の流体に移動する。隣接する両受入層が拡散のために開いていれば、溶質及び/又はコロイド状粒子が拡散して受入層に達する最大距離は $1/2d$ であり、すなわち最大拡散距離は $1/2d$ である。下方の受入層のみが拡散のために開いていれば、最大拡散距離はdである。拡散過程は混合領域質量流れにより有効となるが、拡散の方向は常に高濃度から低濃度である。

40

#### 【0048】

図1cでは、沈降により、懸濁粒子を移動するフィルタ装置の動作原理が示されている。図1cのフィルタ装置の配置は図1bと同じである。懸濁粒子は重力の方向にのみ、すなわち対流層の下の受入層に沈降することができる。懸濁粒子は対流層の厚さに等しい最大距離「d」を移動して、受入層に捕獲されなければならない。最大領域質量流れは、沈

50

降移動プロセスと相互作用するが、沈降の方向は常に下方（重力場の方向）である。

【0049】

受入層

受入層の目的は、物質を対流層の流体と交換することである。受入層は、それ自身で望まれる特徴を提供する単一構造であるか、又は支持構造と濾過材とからなる複合構造である。

【0050】

受入層が単一構造であれば、その構造の設計は受入層の流体が対流層の流体から離れた状態に（混合領域質量流れと関連する混合から離れて）滞留することを確保しなければならない。これは、受入層の流体は滞留しなければならないか、又はフィルタ装置を通る流れの主方向すなわち対流層の流体の主方向よりも、それ自身の入口構造及び／又は出口構造を通して、別の方向に及び／又は別の速度で流れなければならないことを意味する。滞留した流体は、受入層の流体を制限することによって、すなわち、防水又は殆ど防水のフレームとして（受入層に殆どよんだ水を得る）単一構造を設計することによって、得ることができるが、ある高さを有する格子状の構造を有していてもよいし、有しなくてもよい。又は他の形態の構造、例えば隣接する対流層の流れの主方向に直角に構造を山と谷に折った構造を有していてもよいし、有しなくてもよい。単一構造は、多くの場合、対流層の流体と物質を交換するために、適切な条件を提供しなければならないが、例えば流体から粒子を蓄積し又は移動することができなければならない。

【0051】

受入層が複合構造であれば、支持構造は前述した単一構造と同じ抱負で構成することができる。受入層の水伝導率は、所望の水伝導率を有する濾過材を使用することで付加的に修正することができる。単一構造の場合におけるように、複合構造は物資を対流層の液体と交換するための適切な条件を提供しなければならないが、濾過材を付加した結果、枯渇及び濃縮過程の点で機会が広がる。

【0052】

対流層の流体内の物質を枯渇するための濾過材として、制限のない数の有機及び無機材料を受入層に使用することができる。これには、砂、砂利、パーライト、パーミキュライト、無煙炭、活性炭、木炭、珪藻土、キチン質、キトサン、ポゾラン、石灰、大理石、粘土、酸化鉄被覆鉱物（例えば砂）、二重金属水酸化物、LECA、岩綿、ガラス綿、ゼオライト、フライアッシュ、土、石灰土、富鉄土、樹皮、腐食土、リグニン、培養土、葉、海草、藻、アルギン酸塩、キサントゲン酸塩、草炭、骨ゼラチンビード、蘚類、羊毛、綿、ココス繊維、その他の植物繊維、及びこれらの変性物を含むが、これらには限定されない。捕獲された沈降物は、多くの場合、他の物質例えば溶質の枯渇用の濾過材として供給してもよい。

【0053】

ある実施形態では、対流層の流体中の物質を枯渇するための濾過材は、砂、砂利、パーライト、パーミキュライト、無煙炭、活性炭、木炭を含む。他の実施形態では、対流層の流体中の物質を枯渇するための濾過材は、珪藻土、キチン質、キトサン、ポゾラン、石灰、大理石、粘土、酸化鉄被覆鉱物（例えば砂）、二重金属水酸化物、LECAを含む。さらに他の実施形態では、対流層の流体中の物質を枯渇するための濾過材は、岩綿、ガラス綿、ゼオライト、フライアッシュ、土、石灰土、富鉄土を含む。さらに他の実施形態では、対流層の流体中の物質を枯渇するための濾過材は、樹皮、腐食土、リグニン、培養土、葉、海草、藻、アルギン酸塩、キサントゲン酸塩、草炭、骨ゼラチンビード、蘚類、羊毛、綿、ココス繊維を含む。

【0054】

また、バクテリア、他の微生物、自然に侵略される種族（naturally invading population）、選択的に供給される種族を単独で、又は他の濾過材と組み合わせて使用してもよいし、物理的及び化学的生成物、例えば還元又は酸化薬品、酵素、沈殿薬品を他の濾過材と混合して、または単独で使用してもよい。

10

20

30

40

50

## 【0055】

同様に、対流層の流体を物質で濃縮するために受入層で、制限されない数の有機又は無機の自然及び/又は製造された材料及び有機体を使用してもよい。

## 【0056】

受入層用に選択された濾過材は、対流層の流体と交換される物質の特性に依存する。

## 【0057】

異なる物質を枯渇するための濾過材の適性に関する情報は、

Jobstman,HとSingh,B、2001年、ヒドロキシアルミニウム中間層モンモリロナイトによるカドミウムの収着、Water, Air, and Soil Pollution131号、203 - 215頁  
Cohen-Shoel,N、Barkay,Z、Ilzyucer,D、Gilath,L、Tel-Or,E、2002年、アゾラバ  
イオマスによる有毒要素の微生物濾過、Water, Air, and Soil Pollution135号、93  
- 104頁

10

Johansson,L、1997年、廃水から燐を除去するためのレカ(軽発泡粘土骨材)の使用、Water Science and Technology35号、87 - 93頁

Ouki,S.KとKavannagh,M、1997年、混合金属含有流出水処理用天然ゼオライトの性能、Waste Management & Reserch15号、383 - 394頁

Bailey,S.E、Olin,T.J、Bricka,R.M、Adrain,D.D、1999年、重金属用の潜在的低コスト吸収剤の調査、Water Research33号、2469 - 2479頁

の文献に見ることができる。

## 【0058】

受入層は単一の又は1以上の濾過材で構成することができる。1以上の濾過材を有する受入層の組成は、均一に混合した濾過材とすることができる。又は受入層の一部は、受入層の他の部分より、1又はそれ以上の濾過材の量が多い。受入層の厚さ(深さ)は、対流層の流体と交換することができる物質の量に従って設定される。原則として、受入層の厚さの上限はないが、実際的な理由では多くの場合50cm以下に維持される。さらに多くの場合、厚さは、1mmと20cmの間、例えば1 - 2cm、2 - 3cm、3 - 4cm、4 - 5cm、5 - 6cm、6 - 7cm、7 - 8cm、8 - 9cm、9 - 10cm、10 - 12cm、12 - 14cm、14 - 16cm、18 - 20cmに維持する。ある目的には、寸法は、20 - 25cm、25 - 30cm、30 - 35cm、35 - 40cm、40 - 50cmに維持してもよい。

20

30

## 【0059】

受入層の流体から受け取り、又は該流体に供給される物質は、多くの場合、受入層の流体に直接隣接する濾過材に集積し、又は該濾過材から枯渇される。しかし、受入層により深く位置する濾過材、すなわち、受入層の流体からより遠く離れた濾過材は、交換過程に貢献する。再分配機構、例えば溶質、コロイド及び/又は有機体の拡散と移動は、受入層と対流層の間の界面に蓄積した物質を受入層に移動させ、あるいはその物質をより深い位置からこの界面に移動させ、対流層に進入し消滅した物質と置き換わる。このような再分配機構は、十分に使用さえる濾過材の交換能力を考慮している。

## 【0060】

単一の受入層は、フィルタ全体を通して均一な又はほぼ均一な構造が与えられる。又はフィルタ装置の異なる部分を異なる支持材料と濾過材で構成することができる。例えば、流入口はある材料とし、流出口は他の材料とすることができる。この部分の長さは等しくすることもできるし、異ならせることもできる。また、材料は、流出口ではより小さい孔とし、層の異なる部分では異なる枯渇又は濃縮とするとといったような何らかの基準により、選択することができる。この部分の数は、少なくとも2とすることができ、例えば少なくとも3、少なくとも4、少なくとも5、少なくとも6、少なくとも7、少なくとも8、少なくとも9、少なくとも10、少なくとも15とすることができる。前述した受入層の部分は単一材料で構成することができるし、それ以上の材料で構成することもできる。これらの材料は前述した材料から選択することができるし、関心のある特性を有する他の材料とすることができる。

40

50

## 【0061】

## 対流層

対流層は、2つの隣接する受入層を有する単一の空間として構成することができる。例えば、2つの隣接する受入層に所望の空間を与える小さな「釘」を備えたり、対流層を例えば流体の溝からなる空の空間としたり、例えばEnkaDrainの中央部のように折り曲げられて開口した構造の網で構成してもよい。主な基準は、適切な流体保持時間及び/又は流量を得る圧力水頭とフィルタ長さによってフィルタ装置の大きさを決めるために、特定の最小および最大の孔の対流層を設けることである。

## 【0062】

対流層が空の空間である場合、受入層は任意の可能な方法で接合してもよい。受入層はほぼ平行な縫い線で互いに縫い合わせることができ、これにより2つの縫い線の間空の空間は流体用の溝からなる。受入層はまた散在した接合個所で接合することができ、これにより流体は2つの受入層の間をもっと自由に移動することができる。対流層が前述したように空の空間からなるフィルタが使用される場合、流体は受入層を離れるように押し進む。この拡大(amplification)により、フィルタは安価であり、また対流を支持するのに追加の物理的要素が組み込まれていないので、フィルタ装置が使用されていないとき、又は輸送されているときに、大きさが減少する。

10

## 【0063】

対流を支持する層を形成するのにある材料が組み入れられる場合、その材料は、非吸収性、水浸透性、繊維性を有する遠回り(非線形)の経路を有するメッシュ材料が好ましい。この材料は、ランダムな単繊維タイプのプラスチックファイバの塊であることが好ましく、それはフィルタ装置を著しく崩壊させることなく支持するが、水を自由に通過させるのに十分である。この材料の可能な実施形態は、オランダ国アルンヘムのColbond Geosyntheticsにより製造されたENKADRAIN E8004H75-2s/D110Pのようなポリエチレン又はポリエステル繊維性メッシュである。他の材料は、インドのミシガン市にあるFiberbondにより製造されたFIBERBOND EM6645である。この材料は2またはそれ以上の異なる材料又は層からなってもよい。

20

## 【0064】

ある場合には、さらに開口した繊維性材料が望ましい。このような1つの材料は、KemWoveから入手できるKemWove8643である。この材料は米国特許第5423992号に記載され、それは参照することでここに組み入れる。

30

## 【0065】

対流層は、代案として、ある長さを有する開口構造の植物繊維の塊で構成してもよく、それはフィルタ装置を著しく崩壊させることなく支持するが、水を自由に通過させるのに十分である。植物繊維は形状安定マットに圧縮することができ、そのような材料の使用は、比較的短い寿命のフィルタとして非常に興味深い。適切な植物繊維は、樹皮、厚切り木片、薄切り木片、麦わら、ココス繊維等を含むが、これらに限定されない。

## 【0066】

対流層の厚さは、フィルタ装置に進入しなければならない粒子の最大サイズ、フィルタ装置内の滞留時間、及び流体の流量に依存して選択される。対流層の厚さは通常、移動距離をできるだけ小さく維持するために、受入層よりかなり小さい。液体用のフィルタでは、厚さは通常、1mmから5cmの間に維持され、好ましくは1mmから3cm、1mmから2cm、9mm、8mm、7mm、6mm、5mm、4mm、3mm、2mmのように1cm以下である。ガス濾過用のフィルタでは、対流層の寸法はかなり小さく、通常は0.1mmから2mmの間に維持される。

40

## 【0067】

対流層は、特にその部分と材料の数について前記受入層で説明したのと類似する方法で、1又はそれ以上の材料で構成することができる。

## 【0068】

対流層は、フィルタ装置全体を通して均一又はほぼ均一な厚さを有する必要はない。対

50

流層は、フィルタ装置を通過する物質を含む流体の滞留時間を減少又は増加するために、フィルタ全体を通してより薄く又はより厚くしてもよい。

【0069】

フィルタ配置

フィルタ装置の物理的配置の最も簡単な形は、1つの受入層に隣接する1つの対流層である。フィルタ装置の能力を増加するために、2つの受入層の間に1つの対流層をサンドイッチしたサンドイッチ形に構築してもよい。このようにして、物質は拡散と混合領域流れにより2つの方向に交換することができる。能力のさらなる増加は、多くの対流層と受入層を交互にした層を有する積層構造を使用することにより得られる。フィルタ装置のさらなる実施形態は、対流層と受入層が交互する異なる目的の積層型である。

10

【0070】

積層型は、層を交互に積層することで簡単に作ることができるが、1又は2つの受入層で囲まれた1つの対流層を有するフィルタ装置を巻いてフィルタロールとすることによって都合よく作ることできる。

【0071】

サンドイッチフィルタは能力と処理量 (throughput) を増加するために積層してもよい。所定の圧力水頭で、積層内の対流層と受入層の数が多くなればなるほど、及び/又は積層の幅が広くなればなるほど、能力が高くなり、また処理量が大きくなる。このようにフィルタ装置は積層のサンドイッチフィルタからなるが、その積層は、少なくとも2サンドイッチフィルタからなり、例えば、少なくとも3サンドイッチフィルタ、少なくとも4サンドイッチフィルタ、少なくとも5サンドイッチフィルタ、少なくとも6サンドイッチフィルタ、少なくとも7サンドイッチフィルタ、少なくとも8サンドイッチフィルタ、少なくとも9サンドイッチフィルタ、少なくとも10サンドイッチフィルタ、少なくとも12サンドイッチフィルタ、少なくとも15サンドイッチフィルタ、少なくとも20サンドイッチフィルタ、少なくとも25サンドイッチフィルタ、少なくとも50サンドイッチフィルタ、少なくとも75サンドイッチフィルタ、少なくとも100サンドイッチフィルタ、少なくとも125サンドイッチフィルタ、少なくとも150サンドイッチフィルタ、少なくとも175サンドイッチフィルタ、少なくとも200サンドイッチフィルタ、少なくとも225サンドイッチフィルタ、少なくとも250サンドイッチフィルタ、少なくとも275サンドイッチフィルタ、少なくとも300サンドイッチフィルタ、少なくとも325サンドイッチフィルタ、少なくとも350サンドイッチフィルタ、少なくとも400サンドイッチフィルタ、少なくとも450サンドイッチフィルタ、少なくとも500サンドイッチフィルタである。

20

30

【0072】

受入層と対流層の層を有するフィルタの組成は、少なくとも1つの受入層と少なくとも1つの対流層を有する任意の組成とすることができる。サンドイッチフィルタからなるフィルタ装置全体は、1つのフィルタ装置内に2又はそれ以上のサンドイッチフィルタを繰返し又は組み合わせたものであり、

- ・ 1つの受入層と1つの対流層、
- ・ 1つの受入層、1つの受入層と1つの対流層、
- ・ 1つの受入層と2つの対流層、
- ・ 1つの受入層と3つの対流層、
- ・ 1つの受入層と4つの対流層、
- ・ 2つの受入層と1つの対流層、
- ・ 2つの受入層と2つの対流層、
- ・ 3つの受入層と1つの対流層、
- ・ 3つの受入層と2つの対流層、
- ・ 3つの受入層と3つの対流層、

40

とすることができるが、これらに限定されない。

上方の受入層と対流層の材料及び/又は他の特徴は、下方の受入層と対流層の材料及び/

50

又は他の特徴と等しくてもよいし、等しくなくてもよい。異なる特性の受入層と対流層は、濾過され又は与えられる物質を有する流体に従って選択される。

【0073】

前述したサンドイッチフィルタは、積層時に流体非浸透性層例えば膜により分離することができる。非浸透性層または膜は前の記載に従って設置することができる。

【0074】

本発明によるフィルタ装置は、能力と処理量を増加するために、交互する対流/受入層の積層からなってもよい。このようにフィルタ装置は、少なくとも2つの対流/受入層の積層からなってもよく、例えば、少なくとも3層、少なくとも4層、少なくとも5層、少なくとも6層、少なくとも7層、少なくとも8層、少なくとも9層、少なくとも10層、少なくとも12層、少なくとも15層、少なくとも20層、少なくとも25層、例えば少なくとも50サンドイッチフィルタ、少なくとも75サンドイッチフィルタ、少なくとも100サンドイッチフィルタ、少なくとも125サンドイッチフィルタ、少なくとも150サンドイッチフィルタ、少なくとも175サンドイッチフィルタ、少なくとも200サンドイッチフィルタ、少なくとも225サンドイッチフィルタ、少なくとも250サンドイッチフィルタ、少なくとも275サンドイッチフィルタ、少なくとも300サンドイッチフィルタ、少なくとも325サンドイッチフィルタ、少なくとも350サンドイッチフィルタ、少なくとも400サンドイッチフィルタ、少なくとも450サンドイッチフィルタ、少なくとも500サンドイッチフィルタでもよい。

10

【0075】

受入層に流れがあるフィルタ装置では、この流れは、処理される流体すなわち対流層の流体に使用される入口及び出口構造から離れた入口及び出口構造を通して、制御される。積層フィルタは水非浸透性層により周囲たとえば地面から分離されることが好ましい。いくつかの実施形態では、非浸透性層はフィルタ装置を囲み、入口及び出口を除く全ての表面で、周囲からシールされる。

20

【0076】

積層フィルタは高さ、幅、長さによる任意の寸法を有することができる。前述したフィルタ装置の高さは、少なくとも0.1cmであり、例えば、少なくとも0.5cm、少なくとも1cm、少なくとも5cm、少なくとも10cm、少なくとも15cm、少なくとも20cm、少なくとも30cm、少なくとも50cm、少なくとも1M、少なくとも2M、少なくとも5M、少なくとも10M、少なくとも15M、少なくとも20M、少なくとも25M、少なくとも30M、少なくとも50M、少なくとも75M、少なくとも100Mである。好ましい高さは、少なくとも0.5Mである。最も好ましいのは少なくとも1Mである。さらに最も好ましいのは少なくとも2Mである。

30

【0077】

前述したフィルタ装置の幅は、少なくとも0.1cmであり、例えば、少なくとも0.5cm、少なくとも1cm、少なくとも5cm、少なくとも10cm、少なくとも15cm、少なくとも20cm、少なくとも30cm、少なくとも50cm、少なくとも1M、少なくとも2M、少なくとも5M、少なくとも10M、少なくとも15M、少なくとも20M、少なくとも25M、少なくとも30M、少なくとも50M、少なくとも75M、少なくとも100M、少なくとも150M、少なくとも200M、少なくとも250M、少なくとも300M、少なくとも400M、少なくとも500M、少なくとも600M、少なくとも700M、少なくとも800M、少なくとも900M、少なくとも1000Mである。

40

【0078】

前述したフィルタ装置の高さは、少なくとも0.1cmであり、例えば、少なくとも0.5cm、少なくとも1cm、少なくとも5cm、少なくとも10cm、少なくとも15cm、少なくとも20cm、少なくとも30cm、少なくとも50cm、少なくとも1M、少なくとも2M、少なくとも5M、少なくとも10M、少なくとも15M、少なくとも20M、少なくとも25M、少なくとも30M、少なくとも50M、少なくとも75M、

50

少なくとも100M、少なくとも150M、少なくとも200M、少なくとも250M、  
少なくとも300M、少なくとも400M、少なくとも500M、少なくとも600M、  
少なくとも700M、少なくとも800M、少なくとも900M、少なくとも1000M  
、少なくとも1100M、少なくとも1200M、少なくとも1300M、少なくとも1  
400M、少なくとも1500M、少なくとも1600M、少なくとも1700M、少な  
くとも1800M、少なくとも1900M、少なくとも2000M、少なくとも2500  
M、少なくとも3000M、少なくとも3500M、少なくとも4000M、少なくとも  
4500M、少なくとも5000Mである。好ましい長さは、少なくとも2Mである。さ  
らに好ましくは、少なくとも10Mの長さである。さらに好ましくは、少なく  
とも50Mの長さである。

10

**【0079】**

フィルタ装置の好ましい寸法は、少なくとも0.5Mの高さ、少なくとも1Mの幅、少  
なくとも2Mの長さである。さらに好ましくは、少なくとも1Mの高さ、少なく  
とも5Mの幅、少なくとも10Mの長さである。もっとも好ましくは、少なく  
とも2Mの高さ、少  
なくとも10Mの幅、少なくとも50Mの長さである。

**【0080】**

フィル装置の巻数は、受入/対流層、受入/対流/受入層、又は前述したサンドイッチ  
フィルタの少なくとも2巻きであり、好ましくは少なくとも3巻き、少なく  
とも4巻き、  
少なくとも5巻き、少なくとも6巻き、少なくとも7巻き、少なくとも8巻き、少なく  
とも9巻き、少なくとも10巻き、少なくとも12巻き、少なくとも15巻き、少なく  
とも20巻き、少なくとも25巻きである。巻き数が多くなればなるほど、水理学的能力が高  
くなる。巻きフィルタ装置は、流体非浸透性層と交換することにより、その周囲から離隔  
されることが好ましい。

20

**【0081】**

フィルタ層装置の寸法を決定するとき、より厚い層を有する少ない層/巻数を使用する  
代わりに、多くの層・巻数を有するフィルタ装置を使用することが好ましい。なぜなら、  
移動距離を考慮しなければならないからである。層の厚さを2倍にする代わりに、多数の  
サンドイッチフィルタからなる積層フィルタ装置を使用することが好ましく、そこでは汚  
染物質は短い距離を移動して受入層に捕獲される。

**【0082】**

長いフィルタ装置の代わりに、フィルタ装置は多数のサンドイッチフィルタで構成する  
ことができ、各サンドイッチフィルタは溶質非浸透性材料により分離される。サンドイッ  
チフィルタは前述されている。サンドイッチフィルタ間の溶質非浸透性材料は、フィルタ  
の端部の2つの隣接するサンドイッチフィルタの間で接続されるように設置される。上方  
から数えて第1と第2のサンドイッチフィルタは、主流入口と対向するフィルタ端部で接  
続され、第2と第3のサンドイッチフィルタは主入口に近接したフィルタ端部で接続され  
、第3と第4、第5と第6、第7と第8、第9と第10等のサンドイッチフィルタは、主  
流入口と対向するフィルタ端部で2つずつ接続され、第4と第5、第6と第7、第8と第  
9、第10と第11、第12と第13等のサンドイッチフィルタは、主流入口のフィルタ  
端部で2つずつ接続される。フィルタの構成により、濾過される流体はジグザグ通路を流  
れ、前述した力で駆動される。

30

40

**【0083】**

濾過される流体のジグザグ流路を有する前述のフィルタ装置は、少なくとも2つのサン  
ドイッチフィルタからなり、サンドイッチフィルタの数は前述した通りであり、サンドイ  
ッチフィルタは前述した通りに構成することができる。ジグザグ流路を有するフィルタは  
、真直流路を有するフィルタよりも小さな全長と幅を有するが、濾過能力が等しい場合は  
高さを高くすることができる。ジグザグ流路を有するフィルタでは、1又はそれ以上の上  
部サンドイッチフィルタは下部サンドイッチフィルタを更新することなく更新することが  
できる。

**【0084】**

50

本発明のフィルタ装置は、処理される流体の1以上の流入口を有することができる。追加の流入口は、主流入口からある距離の範囲内の分布させることができ、またフィルタ装置の出口に近接する入口は、枯渇又は増幅する物質の量が少ない流体に使用することができる。

【0085】

本発明のフィルタ装置はまた、1以上の流出口を有することもできる。前記流出口は、主流入口からある距離の範囲内の分布させることができ、又は流出口はフィルタ装置の特定のフィルタサンドイッチに接続することができる。これにより、流体が通過するサンドイッチフィルタの特設により、特定の組成を有する流体を引き出すことができる。

【0086】

追加の流出口（オーバーフロー出口）は、処理せずに又は処理が不十分なまま予期しない大量の流体例えば雨水のオーバーフローがフィルタ装置を通過する場合に、使用するように制限することができる。

【0087】

流れ

圧力水頭（液体又は気体）は、入口から対流層を通過して出口まで流体流れが生じるようにフィルタ装置を横切って達成されなければならない。対流層の厚さを増加すると、所定の水理学的能力を得るには、低い圧力水頭が必要である。

【0088】

水頭は一般に、特定の基準レベルより上方への水の上昇である。厳密に言えば、それは特定の点における水の単位重量が所有するエネルギーである。水頭は、標準のレベル又は基準に関して規定される高さ水頭、大気圧に関して規定される圧力水頭、及び速度水頭の3つの部分からなる。流体は常に、重力の下で、大きな圧力水頭の地点から低い圧力水頭の地点まで流れる。

【0089】

水勾配を確立する都合のよい方法は、重力を使用することであるが、望まれるなら、流量増加又は上り流れを得るのにポンプを使用してもよい。例えば1%の水勾配は、フィルタに流れの方向に沿ってメートル当たり1cmの傾斜を与えることに相当する。フィルタ装置を垂直に設置した場合、入口構造の水位と出口構造の水位の間の差をフィルタ装置の高さで除したものは圧力水頭と等しい。

【0090】

水勾配は、少なくとも0.001%、例えば少なくとも0.01%、少なくとも0.05%、少なくとも0.1%、少なくとも0.2%、少なくとも0.3%、少なくとも0.4%、少なくとも0.5%、少なくとも0.6%、少なくとも0.7%、少なくとも0.8%、少なくとも0.9%、少なくとも1.0%、少なくとも2%、少なくとも3%、少なくとも4%、少なくとも5%、少なくとも6%、少なくとも7%、少なくとも9%、少なくとも10%、少なくとも45%のフィルタの傾斜によって得ることができる。

【0091】

フィルタ装置の寸法

フィルタ装置の寸法は、受入層及び対流層の厚さ、圧力水頭、フィルタ装置の長さ、フィルタ装置の幅、層の数（積層されている場合）、巻数（巻かれている場合）を含む。

【0092】

フィルタ装置の寸法を決定するために、対流層と受入層の間で交換される物質の知識が必要である。

【0093】

物質が流体から除去される場合、可能な除去機構を考慮しなければならない。除去過程は、1)受入層への移動、2)受入層の物質の格闘（combating）である。混合領域質量流れの移動機構は、拡散よりも重要な移動機構であると仮定され、懸濁粒子の移動に対して沈降と競争するように思われる。しかしながら、混合領域質量流れはうまく説明された移動機構ではない。このように、寸法は、推定又は好ましくは小スケールの実験に基づいて

10

20

30

40

50

いる。従来から、受入層の物質の格闘に関して、多くの知識が利用可能であり、例えば重金属に対する多くの濾過材、多くの有機化合物の収着能力は文献から知られる。さもなければ、濾過材及び/又は濾過材の定型化(厚さ、受入層の厚さにほぼ等しい厚さ、粒子サイズ、表面コーティング、更新計画)を選択するために、異なる濾過材を含む小スケールの実験を行なってもよい。

【0094】

物質が対流層の流体に進入する場合、同様の考察と実験が行なわれなければならない。

【0095】

物質除去要求すなわち汚染物質減少要求、又は物質濃縮要求から特定の滞留時間が計算されると、長さの寸法と圧力水頭は、ある程度、入れ換えることができる。すなわち、圧力水頭を増加すると、対流層の流量は短い長さを補償することができる。圧力水頭を減少すると、同じ流量( $m^3/s$ )が保持される場合、フィルタ装置の幅及び/又は高さは増加しなければならない。しかし、混合質量流れはこのような長さ-流量補償ルールでは非線形を生じるかもしれないことに注意すべきである。

10

【0096】

フィルタ装置の使用

本発明によるフィルタ装置は、対流層に進入することができる任意の種類流体を濾過するために使用することができ、そのために適切な受入層を設計することができる。濾過することができる流体の実例的で制限されない一覧は、廃水、工業廃水(薬品、油、化学、金属、食品、飼料工業)、都市雨水流去水(都市流去水、高速道路、他の道路、駐車場の流去水、屋根屋流去水)、複合下水オーバーフロー、雨水、地下水、飲用水又は改善(remediation)目的の表面水(湖、小川、河川)、洗車排水、洗濯排水等、廃水処理プラントからの排水、サンドブラストからの水、油を含む。

20

【0097】

ある実施形態では、受入層は、流体の物質例えば汚染物質を、害のない又は物質を分解する他の化合物に変換する微生物を含んでもよい。

【0098】

フィルタ層装置の追加の実施形態は、廃水の濾過に使用してもよい。この場合、受入層に与えられる退化条件は最適化されなければならない。

【0099】

フィルタ層装置の追加の実施形態は、土が対流層を流れて十分に薄いスラリーに変換される場合には、汚染された土又は他の固形物、例えば肥料、処理プラントからのスラリーの浄化に使用してもよい。

30

【0100】

フィルタ装置の追加の実施形態は、対流層に進入することができる任意の種類流体を、受入層から対流層の流体に進入することができる任意の物質で濃縮するために使用してもよい。

【0101】

本発明を使用して除去することができる物質は任意の物質を含み、そのために受入層を設計することができる。無機、有機及び無機有機混合の粒子、コロイド状粒子、溶質、他の化合物、微生物及び他の死滅又は生存した有機体は、本発明によるフィルタ装置を用いて、適切な受入層を設計する場合には、流体から除去(濾過)することができ、又は流体に進入させることができる。除去することができる物質は、炭化水素、油(自由層及び/又は乳濁液)、自由イオンとして、複合した、大分子の一部として、あるいは懸濁固形物及び/又はコロイド状粒子に付着した重金属及び他の金属(例えば、銅、クロム、カドミウム、ニッケル、鉄、鉛、亜鉛)、ホルモン、PAH、農薬、BAM及び他の農薬退化製品、薬品、MTBE、フタル酸塩、無機若しくは有機又は溶解若しくは固形の栄養素(例えば、アンモニウム、亜硝酸塩、硝酸塩、リン酸塩、ナトリウム)、腐植土、土コロイド、粘土、他の有機及び/又は無機コロイド状粒子( $0.001\mu m$ から $\mu m$ の概略サイズ部分に相当)、沈泥及び/又は細砂及び/又は他の小粒子( $2-250\mu m$ )、中目及び粗

40

50

目の砂及び / 又は他の大サイズの粒子 ( 250 - 2,000  $\mu\text{m}$  )、塩素化流体、無機塗料、有機塗料、微生物例えばバクテリア、ウイルス、嚢胞 ( cysts )、アメーバ、虫卵 ( worm eggs ) を含むが、これらに限定されない。

【 0102 】

適切に寸法を決めることで、フィルタ装置はガスを濾過するのに同様に使用することができる。実施例は、煙道ガス、燃焼エンジン排ガス、工業排気ガス、工業廃ガス、銑鉄 ( pig ) 生産のような生産設備からの通風空気を含むが、これらに限定されない。

【 0103 】

ある実施形態では、流体から除去される好ましい物質は、コロイド状粒子である。

【 0104 】

他の実施形態では、流体から除去される好ましい物質は、小粒子である。

【 0105 】

さらに他の実施形態では、流体から除去される好ましい物質は、大粒子である。

【 0106 】

さらなる実施形態では、流体から除去される好ましい物質は、1又はそれ以上の重金属である。

【 0107 】

さらなる実施形態では、流体から除去される好ましい物質は、硝酸塩である。

他の実施形態では、流体から除去される好ましい物質は、NaClである。

【 0108 】

前記説明から理解されるように、フィルタ装置は興味のある任意の外径寸法を有するように構成することができ、対流層と受入層の厚さは適当にすることができる。流体の流量又は濾過速度は、フィルタ層の断面積、所定の実施形態の個々の対流層の水伝導率、及び圧力水頭により決定することができる。特定流量 ( specific flow rate )  $q$  ( 前述した ) すなわち対流層の流体の進行速度は、自由に決定することができるが、好ましくは 0.1 cM 毎時から 1000 M 毎時である。さらに好ましくは 1 cM 毎時から 100 M 毎時である。退化しない ( non-degradable ) 汚染物質例えば溶解重金属及び / 又は懸濁固形物と組み合わせさせた重金属を大量の水から除去するように設計されたフィルタ装置の実施形態では、好ましい特定流量は 1 M から 100 M 毎時である。栄養素と有機物を有する廃水、例えば家庭廃水、養魚池水を除去するよう設計されたフィルタの実施形態では、好ましい特定流量は退化を考慮して遅く、例えば 10 cM から 10 cM 毎時である。

【 0109 】

開示したフィルタは更新することなく長期間使用することができる。例えば、フィルタ装置が非退化又は緩やかに退化する懸濁固形物を流体から除去するものである場合、受入層の貯蔵容量は、所望の時間、固形物を受け入れるのに十分大きくすることができるし、又は代案としてフィルタ装置は自浄させるように構成することができる。フィルタ装置が溶解した溶質例えば重金属又は有機汚染物質を保持するように作られている場合、最初から大量の濾過材を受入層に組み込むことができるし、あるいは対流層により新たな量を受入層に付与することができる。ある場合には、更新能力は、対流層により、濾過材を新たにコーティング例えば酸化鉄コーティングすることにより、簡単に得ることができる。受入層が外部システムに接続されている場合、すなわちそれ自身の入口及び出口構造を有する場合、受入層の能力は連続的に更新することができる。

【 0110 】

ある実施形態では、フィルタは少なくとも 1 / 2 年、例えば少なくとも 1 年、少なくとも 2 年、少なくとも 3 年、少なくとも 4 年、少なくとも 5 年、少なくとも 6 年、少なくとも 7 年、少なくとも 8 年、少なくとも 9 年の間、使用することができる。

【 0111 】

他の実施形態では、フィルタは少なくとも 10 年、例えば少なくとも 15 年、少なくとも 20 年、少なくとも 25 年、少なくとも 30 年、少なくとも 40 年、少なくとも 50 年、少なくとも 60 年、少なくとも 70 年、少なくとも 80 年、少なくとも 90 年、少なく

10

20

30

40

50

とも100年の間、使用することができる。

【0112】

実施例

【0113】

実験的証拠

二重多孔フィルタの原理を例証する実験を実験室で2つのスケールで行なった。

【0114】

実験設備

小スケールでは、単一の受入層と単一の対流層を10cm×10cm×1,8cmのステンレス鋼製セルに組み込み、これを「小フィルタセル」と言及する。図2に、典型的な実験設備における小フィルタセルが示されている。 10

【0115】

フィルタセルの基本構成は図3に図示されている。それは、受入層を保持する閉じた底チャンバ（空又はフィルタ媒体で包装されている）と、対流層を模擬した貫流上チャンバとからなっている。上チャンバの3つの入口と3つの出口は上チャンバを貫通する流れを可能にする。図2から分かるように、興味のある汚染物質を含む流入溶液は流入容器に配置される。蠕動ポンプにより、この溶液はフィルタセルの上チャンバの3つの入口に供給される。流出水は単一のチューブに結合された3つの出口から採取される。このチューブは、流出水の光吸収度を測定する分光光度計に接続することができるし、手動又は自動留分収集器に接続することで、さらなる分析のために流出水を採取することができる。 20

【0116】

二重多孔フィルタの概念を大スケールで試験するために、20cm×200cm×2cmのステンレス鋼製セルを作成した（図4）。このセルは、「大フィルタセル」と言及するが、入口から異なる距離で対流層の流体を採取することができる追加の特徴を設けて、小セルと同じ原理で作成した。この特徴は、入口から50cm、100cm、150cmの距離で、流れの軸に沿って上チャンバの天井に垂直に挿入された3つの出口によって与えられる。

【0117】

テスト方法の原理

フィルタセルに入る前の流入水（ $C_0$ ）とフィルタセルを離れる流出水（ $C$ ）における所定の汚染物質の濃度を測定することにより、フィルタセルを通過することで生じた汚染物質濃度の減少を測定することができる。汚染物質流入に移行する前にフィルタセルが純粋な水で満たされている場合、最初の流出水は、先行するフィルタセル水であるので、汚染物質がない（ $C = 0$ ）。しかしながら、しばらくして汚染物質が流出水に現れる。全ての先行水が新たな流入水と置き換わると、汚染物質は安定状態の濃度で流出水に現れる。安定状態の流出水濃度が流出水濃度より低い場合（すなわち $C < C_0$ ）、フィルタセルを通過するときに汚染物質の損失が生じた。相対濃度（ $C / C_0$ ）が1に等しい場合、減少が生じなかった。 $C / C_0$ がゼロに等しい場合、全ての汚染物質はフィルタセルに保持された。例えば0.8の $C / C_0$ 係数は、フィルタセルを通過するときの汚染物質濃度の20%減少に相当する。 30

【0118】

システムに加えられる溶質（及び/又はコロイド）は、拡散と混合領域質量流れにより受入層に移動することができる。底チャンバが濾過材を含んでいなければ、上チャンバの全ての先行フィルタセル水が入ってくる流入水と置き換わった後であっても、最初の流出水は流入水より低い濃度（すなわち $C < C_0$ ）を有する。この初期損失は、対流層の流動溶液を底チャンバ内の滞留水で希釈することによる。溶質は、1)滞留水の溶質濃度が流入水濃度に等しくなるまで持続する過程である滞留水への溶質拡散と、2)上チャンバの流動水と底チャンバ内の水塊の上部との（混合領域質量流れによる）混合とによって、受入層に移動する。底チャンバに溶質を保持することができる濾過材が詰められている場合（この場合、溶質は反応性溶質（reactive solute）である）、初期損失の後に安定損失 40

が続き、これは特定の状態で溶質を保持する濾過材の能力を反映する。濾過材は、保持能力が持続する限り、滞留水内の溶質濃度を連続的に減少し、このようにして対流層から受入層に向かう濃度勾配を維持する。付与された溶質が、濾過材によって如何なる方法でも保持されないことを意味する非反応的(保守的)である場合、初期損失のみがこの溶質の流出水濃度を減少する。フィルタの特別な修正が行なわれないう限り、引き続き損失は生じない。例えば追加の対流層が受入層の下方に設置され、上部対流層とは別の流れシステムに接続されている場合、追加の層は溶質を他の除去システムに運ぶことができる。これは試験されていないが、理論的に可能である。

#### 【0119】

システムに加えられる粒子は、重力(沈降移動)と混合領域質量流れにより受入層に移動する。混合領域質量流れは、混合領域の滞留した半可動性流体の界面に粒子が運ばれると仮定されている。偶然に粒子が下方の真正な滞留水に到達すると、ストークスの法則により計算することができる速度で、重力の影響で下方に移動を続ける。

10

#### 【0120】

バルク(bulk)流量( $Q \text{ m}^3 / \text{s}$ )はフィルタセルを流れる水の量である。これはまた容積流量とも呼ばれる。特定(specific)流量( $q \text{ m} / \text{s}$ )は単位面積当たりの容積流量 $Q / A$ であり、ここで $A$ は流れの断面積である。小フィルタセルの場合、 $A = 0.1 \text{ m} \times 0.004 \text{ m} = 0.0004 \text{ m}^2$ である。大フィルタセルの場合、 $A = 0.2 \text{ m} \times 0.004 \text{ m} = 0.0008 \text{ m}^2$ である。

#### 【0121】

孔容量(porevolume)  $PV$ とは、所定時間におけるシステムの可動水の量をいう。小フィルタセルに対しては、理論値は $PV = 40 \text{ ml}$ (上チャンバの容量)であるが、小フィルタセルに関して行なわれた実験は、上チャンバの全ての水ではなく例えばセルの4つの角部の水が移動しないと仮定すると、真の $PV$ はいくらか小さくて $20 - 30 \text{ ml}$ であることを提案している。テキストでは $1 PV$ 以下は理論容積という。大フィルタセルに関しては $1 PV$ は $1.6 \text{ L}$ と等しい。

20

#### 【0122】

##### 実験シリーズ I

##### 拡散及び混合領域質量流れの機構の例証

#### 【0123】

##### 実験 1: 反応性及び非反応性溶質

二重多孔フィルタの原理によると、溶質は混合領域質量流れと拡散により受入層に移動することができる。受入層では、溶質は当該受入層に設置された濾過材との表面反応により保持される。これは、底チャンバに活性炭素(AC)が詰め込まれた小フィルタセルを通して2つの溶質を含む溶液を汲み揚げることで例証した。ACにより保持することができる反応性溶質の一例として、有機分子ブリリアントブルーFCF(BB)を使用し、非反応性溶質の一例として、ACにより保持されない無機塩ナトリウム-亜ジチオン酸塩を使用した。

30

#### 【0124】

##### 底チャンバの材料:

脱塩水中ですすぎ落とされた活性炭素(Carbochem(登録商標)LQ-1000)

##### 流入水:

流入溶液は反応物として以下のものを基礎とした。

1) 反応性溶質:  $630 \text{ nm}$ で最大の光吸収性青色食物染料であるブリリアントブルーFCF(N-エチル-N[4-[4-[エチル[(3-硫酸フェニル)メチル]-アミノ]-フェニル](2-硫酸フェニル)メチレン]-2,5-シクロヘキサジエン-1-イリデン)-3-硫酸ベンゼンメタナイミウム水酸化物の内塩、ジナトリウム塩)。pHに依存して、BBは中性又は単一又は二価アニオン( $pK_a = 5.83$ と $6.85$ )に解離する。実験は、中性pHで行ない、多くのBBは2のマイナス電荷を有した。

40

2) 非反応性溶質: 活性炭素と反応しない小塩であるナトリウムチオ硫酸塩(N

50

$a_2 S_2 O_8$  )。チオ硫酸塩イオン ( $S_2 O_8^{2-}$ ) は UV 域の光を吸収するので、BB と同時にチオ硫酸塩を測定することができる。

これを蒸留水の中で準備して、0.5 ppm の BB と、3.3 mM の  $Na_2 S_2 O_8$  を含めた。

#### 【0125】

##### 流出水測定

流出水を分光光度計のフローキュベットに通した。実験を進める前に脱塩水による脱気過程を行なっている間に得られる流出水について、分光光度計をゼロにリセットした。630 nm で BB を測定した。250 nm でチオ硫酸塩を測定した。2つの流入溶液の希釈により、所定の波長における2つの溶液の光吸収度は所定の濃度範囲 ( $R^2 > 0.99$ ) 内の溶質濃度と線形相関することを確認した。一定時間間隔で測定ビーカーに溶出水を収集することにより手動で流量を測定した。

#### 【0126】

##### 実験設備の運転

脱塩水を汲み揚げて低流量でフィルタセルに通し、フィルタセル内の空気を押し出して水と置換した。流出水が現れて気泡が漏出しなくなるまで、10 PV 以上 ( $> 0.4 L$ ) の脱塩水を加えた。脱塩水を有する流入水瓶を BB - チオ硫酸塩容器と置き換え、2つの波長で流出水吸収度の時間依存測定値を記録した。流出水濃度が安定状態に達した後、流量を新たな流量に変更した。流量は蠕動ポンプによって制御し、表1に示すように3つの異なる流量に調整した。

#### 【0127】

##### 【表1】

ブリリアントブルー FCF とチオ硫酸塩の実験で適用した流量

時間 (分)	0-33	34-72	75-86
バルク流量 Q (ml/min)	7.3	14.4	28.0
特定流量 q (cm/min)	1.8	3.6	7.0

#### 【0128】

##### 結果

実験の結果を図5と図6に示す。両追跡 (tracer) は、流れの3 - 4分後に溶出水を通り抜けることが分かる (図5)。チオ硫酸塩の  $C/C_0$  は、6 - 8分後に平らになりほとんど安定状態に達する BB の  $C/C_0$  より速く上昇する。中間点でチオ硫酸塩の流量  $C/C_0$  はほとんど1 ( $C/C_0 = 0.96 - 0.97$ ) に達する。すなわち、流出水濃度は流入水濃度にほとんど等しい。この結果、拡散過程を押し進める勾配が低減するだけである。これに対し、流出水の BB 濃度は流入水の BB 濃度の半分 (40%) より小さい。流量が最高レベルに増加すると、チオ硫酸塩濃度の変化は見られないが、BB 濃度のジャンプが見られる。このジャンプは、BB のより小さな小部分 (fraction) がこのより高い流量 (より短い滞留時間) で活性炭素により捕獲されることを反映している。

BB の安定状態濃度を適用した流量に対してプロットすれば、ほとんど線形の関係が得られる。  $R_2 = 0.93$  (図6)。これは、除去速度が流量、正確には溶質滞留時間に強く依存することを示している。すなわち、1塊の水がフィルタセルを通過するのに長くかかればかかるほど、反応性溶質内容物の小部分がより多く除去される。

図6 (及び一例の類似の実験) を注意深く考察すると、高流量での安定状態濃度が期待より小さいことを示している。これは、流量 (又は滞留時間) と除去速度の間の厳密な線形関係から期待されるよりも、BB のより高い小部分が除去されることを意味する。この偏差 (deviation) は、より高い流量での混合領域質量流れ機構の積極的效果による (図1a)。流量が増加した点で、混合領域の厚さは増加するように仮定される。すなわち、

10

20

30

40

50

乱流が受入層により深く達し、汚染物質と収着面のよりよい接触を生じ、このようにして滞留時間がより短くなるのを打ち消す。

実験結果だけに基くと、混合領域質量流れ除去機構と拡散除去機構を識別することは可能ではない。しかしながら、数学的モデルを使用して全体の除去速度に関する2つの過程の相対的衝突を評価することは可能である。このような予備的な評価は、混合領域質量流れ駆動の除去機構が拡散駆動の除去機より重要であることを示している。

【0129】

#### 実験2：重金属除去

溶解した形態の重金属は、多くのタイプの廃水の典型的な汚染物質である反応性溶質の例である。亜鉛 ( $Zn^{2+}$ )、銅 ( $Cu^{2+}$ ) 及び鉛 ( $Pb^{2+}$ ) を除去する本発明の能力を、 $10 \times 10$  cm フィルタセルの使用により例証した。さらに、大フィルタセルにおいて、重金属の除去を、より高い流量で、連続流れ (亜鉛、銅、鉛及び鉄 ( $Fe^{3+}$ )) と循環流れ (亜鉛、銅及び鉄) の両方で、例証した。循環流れ、すなわち、流入水瓶に流出水を戻すことにより、より長いフィルタ長さを模擬することができる。

10

【0130】

#### 底チャンバの材料

白びき石灰、粒サイズ 0 - 4 mm、登録商標 Nevtraco。これは水道設備で地下水の酸素に使用される石灰製品である。この製品を使用する前に生水中ですすぎ、細かい粒子を除いた。この製品の容積多孔率は薬 60% である。

【0131】

20

#### 流入水

重水流入溶液は、次の分析グレード化学物質、 $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ 、 $ZnCl_2$  及び  $PbBr_2$  を脱塩水で溶解することにより準備し、表 2 に示す流入水成分を得た。

【0132】

【表 2】

実験で使用した亜鉛、銅及び鉛の濃度

流入水 ( $\mu g/L$ )	$Zn^{2+}$	$Cu^{2+}$	$Pb^{2+}$
小フィルタセル	400	200	27
大フィルタセル	400	200	200

30

【0133】

小フィルタセル上を流動する実験試料は、ICP (Perkin Elmer, Optima 3000XL) を使用して分析した。小フィルタセル上を流動する実験試料は、Dr. Lange Cuvette Tests (亜鉛: LCK360、銅: LCK529、亜鉛: LCK306) と分光光度計 (Dr. Lange CADAS30PHOTOMETER) を使用して分析した。

【0134】

#### 小フィルタセルの実験の実施

40

前述したのと同じ方法で脱塩水を洗浄し、フィルタセルを初期化した。重水流入水を表 3 に示すような4つの異なる流量でフィルタセルに付与した。

【0135】

【表 3】

小フィルタセル上での重金属実験で付与した流量

流量	1	2	3	4
バルク流れ Q (ml/min)	4.6	13.5	18.3	22.9
水流束 q (cm/min)	1.1	3.4	4.6	5.7

## 【0136】

10

大フィルタセル、連続流れの実験の実施

フィルタセルを、小フィルタセルで説明したのと同じ方法で初期化した。すなわち、重金属含有流入水に移行する前に、約 10 PV の水を汲み上げてフィルタセルに通した。重金属流入水を 60 cm/min の特定流量で与えた。約 3 PV に相当する 5 L を流した後、流出水を採取して分析した。

## 【0137】

大フィルタセル、循環流れの実験の実施

連続流れの実験を完了した後、流出水配管を流入水容器に挿入して循環させた。全循環容量は約 6.6 L (流入容器内の 5 L + 上チャンパ内の 1.6 L) であった。60 cm/s の水分流動では、10 m の長さのフィルタは 167 分の対流時間を与えるであろう。全循環容量の 0.24 (1.6 L / 6.6 L) の小部分だけが一時にフィルタセルを進行するので、100 m 長のフィルタをシュミレートさせるために、循環時間はこれに対応して 167 分 / 0.24 = 11 時間 30 分に増加するべきである。

20

100 m のシュミレーション手順は実際の 100 m 長の概略の評価を与えることに注意するべきである。流入容器内のマグネット攪拌は、2 m 毎の対流層の流体の完全な混合に対応するが、それは問題ではない。

## 【0138】

結果

小フィルタセルからの結果を図 7 に示す。大フィルタセルからの結果を図 8 に示す。

図 7 から、実験流量で小フィルタセルを通過するとき 3 つの重金属の濃度が大いに減少することが分かった。最低流量では、銅は 90 % 以上減少し、鉛は 80 % 以上減少し、亜鉛は 70 パーセント以上減少している。流量を増加することで、銅及び特に亜鉛の減少が少なくなる傾向にあり、これは増加した流量で短い滞留時間と一致している。鉛に対するパターンが外れていて、ほぼ鉛の同じ小部分が全ての流量で除去されるように思われる。しかし、鉛に使用される流入水濃度が非常に低いため、流出水濃度は ICP (9 µg Pb/L) に対する検出限度以下であり、データは結果的に鉛の除去が大きいことを示しているだけである。

30

図 8 は、二重多孔フィルタを使用して高流量で重金属を除去することができることを例証している。大フィルタセルを 1 回通過すると、4 つの全ての金属の濃度が減少する結果となるが、その減少は小フィルタセルで観測される減少率よりはるかに低い。大フィルタセルの理論滞留時間は 3.3 分 (200 cm / 60 cm / 分) であるが、小フィルタセルの理論対流時間は最低流量で 9.1 分 (10 cm / 1.1 cm / 分)、最高流量で 1.8 分 (10 cm / 5.7 cm / 分) である。全ての流量で、重金属除去率は小フィルタセルで良好である。これにより、理論対流時間の差は流出水濃度の差を説明できないと結論づけることができる。これは一部分で理論対流時間は実対流時間の貧弱な目安であるとされるかもしれないが、高い特定流量で溶質と溶媒の間の反応の状態がより不十分になることを示すものではない。

40

循環流れにより、100 m 長のフィルタをシュミレートすると、吸収剤として石灰を用いる二重多孔フィルタを使用することによって非常の低濃度の亜鉛、銅及び鉛が得られることが分かる。

50

【0139】

結論

重金属除去実験は、受入層が適当な濾過材料例えば石灰を含むとき、二重多孔フィルタが重金属の亜鉛、銅及び鉛の溶解イオンのような反応性溶質を有効に除去することを例証している。フィルタ長さ（又は対流時間）と特定水流量の組合せが本質的フィルタ決定パラメータであるように思われる。

【0140】

実験シリーズ I I

沈降及び混合領域質量流れの機構の例証

二重多孔フィルタ原理によると、混合領域質量流れと受入層への沈降により、粒子は対流層に移動する。受入層では、受入層の底構造（例えば問題の粒子を保持するのに十分細かい膜）上の沈降により、及び／又は、受入層に設置された濾過材の間及び／又はその中の孔と空洞内での沈降により、粒子は保持される。コロイド状粒子は、コロイドの挙動を有する小さな粒子例えば粘土粒子であるが、溶質と粒子の両方の性質を有する。コロイド状粒子は、分子のサイズより大きい、長時間懸濁を持続するのに十分小さい。したがって、これらのコロイド状粒子は、ブラウン運動により、拡散と同様に、高濃度から低濃度に移動し、時間と条件が適切であれば、重力の影響で沈下する。粒子除去に関する二重多孔フィルタの性能を、粘土サイズの粒子を用いてテストしたところ、より大きな粒子がより容易に保持されることが分かった。天然粘土と標準粘土製品の両方を使用して、小フィルタセルと大フィルタセル上で、二重多孔フィルタによる懸濁固形物の除去を例証する一連の実験を行った。

【0141】

実験3：空の底チャンバを有する小フィルタセルでのカオリンの除去

【0142】

底チャンバの材料

底チャンバは空とした。実験を開始すると、直ちに底チャンバは水で満たされるようになった。

【0143】

流入水

カオリン懸濁液。Merckのパウダーカオリン（ボールホワイトパウダー、特別純粋低バクテリア含有量）を脱塩水に約140mg/Lの濃度に懸濁した。その濃度は、100mlの懸濁液を乾燥して105で乾燥を完了し、残りを検量することで決定される。流入水容器は、カオリンが沈殿するのを防止するために、磁気攪拌器の上に維持した。懸濁液をかなり均一に維持することができた。

【0144】

実験設備の運転

カオリン懸濁流入水に移行するために、フィルタセルをしばらく水で洗浄した。q = 1.9cm/分の特定流量で45分流した後、実験を停止し、上チャンバを取り外した。

【0145】

結果

図9の写真は実験の結果を示す。カオリンの薄層が底チャンバの底に沈殿した。

【0146】

結論

この単純な実験は、滞留水層の存在が、対流層で横切る粒子の小部分を捕獲するのに十分であることを例証している。

【0147】

実験4：石灰粒子が充填された小フィルタセル内のカオリンと天然粘土の除去

【0148】

底チャンバの材料

底チャンバは、生水にすすがれた粒子（Nevtraco）で詰め込んだ。

## 【0149】

## 流入水懸濁液

1) カオリンの懸濁液を実験番号3及び表4に記載したように準備した。

2) デンマーク、リングビィ、DK-2800、マグレビエールグヴェー1番の地質調査会社GEOにより親切に提供された4つのデンマーク耕地試料から、天然粘土懸濁液を準備した。4つの試料は表4に示すようにデンマーク耕地の異なるタイプを示している。各耕地サンプルノ約100gを脱塩水の中に懸濁し、粘土サイズの粒子のみを浮遊(上澄み)させておくのに十分長い時間、沈殿させた。この時間は粘土状の粒子に適用されるストークスの法則から計算した。上澄(supernatant)を収集し、流入水懸濁液を準備するため貯蔵懸濁液として使用した。懸濁固形物を乾燥し、100ml計量することによりその含有量を決定した後、表4に示す濃度に希釈することで流入水懸濁液を準備した。天然粘土貯蔵懸濁液及びカオリン懸濁液の粒子サイズ分布は、デンマーク、ホースホルム、DK-2970、アゲルンアレ3番の粒子分析A p SのMastersizer2000Ver.4.00を用いて決定した。結果は表4及び図10に示す。

10

## 【0150】

## 【表4】

## テストした懸濁固形物

	地質学的特徴 GEO提供	流入水濃度 (mg/L)	サイズ分布 百分率(径, $\mu\text{m}$ )		
			d(0.1)	d(0.5)	d(0.9)
カオリン	ボールホワイトパウダー状Merck	281	2.76	7.33	23.05
R1 0-0.2m	粘土質砂地土 暗灰色がかった茶色 有機質あり	130	1.32	5.46	11.45
R2 0.2-0.5m	砂状 砂利状粘土質漂礫土 黄色がかった茶 石灰なし	239	1.46	2.84	6.88
T1 0.2-0.5m	砂状粘土質土壌 暗灰色がかった茶色 有機質あり	161	1.89	3.52	6.09
T2 3.0m	砂利状粘土質漂礫土 茶色 石灰あり	103	0.95	2.899	6.93

20

30

## 【0151】

## 流出水測定

流出水配管を分光光度計(Milton Roy, Spectronic 1201)のフローキュベットに直接接続し、530nmで光吸収度を測定し、流入水の同じ波長における吸収度と比較した。分光光度計を脱塩水に関してゼロにリセットした。流入水懸濁液と530nmにおける光吸収度との間の線形相関( $R^2 > 0.99$ )が存在するように制御した。流量は、ある時間間隔で測定ビーカーの流出水を収集することにより、手動で測定した。

40

## 【0152】

## 実験装置の運転

流入溶液を付与する前にフィルタセルを生水で洗浄した。流出水濃度が安定状態に達すると、流量を変更した。流量は蠕動ポンプで制御し、図5に示すように5つの異なる流量に調整した。各流量は、安定した(安定状態)流出水測定値が得られるのに十分長い時間

50

、すなわち、低流量で長い時間、適用した。

【 0 1 5 3 】

【 表 5 】

小フィルタセル上での重金属実験で付与した流量

時間間隔	I	II	III	IV	V
バルク流量 Q (ml/min)	8.1	16.7	6.1	12.8	21.8
特定流量 q (cm/min)	2.0	4.2	1.5	3.2	5.5

10

【 0 1 5 4 】

結果を図 1 1 に示す。安定状態流出水濃度（すなわち各時間間隔の終りで得られる流出水濃度）が異なる流量に対してプロットされている。カオリンの場合の除去率は天然粘土に対するよりも大きいことが分かった。4つの天然粘土の中で、R 1 試料は他の3つと比較して高い除去率を有する。表 4 と図 1 0 から、除去率は懸濁液のサイズ分布と相関関係にあることが分かる。カオリンは、 $d(90)$  と図 1 0 に示すサイズ分布における最右位置の曲線で示すように、最高の含有量の大きい粒子を有し、R 1 は番号 2 の位置になり、一方残りの粘土懸濁液（R 2 , T 1 , T 2 ）は識別しにくい。

【 0 1 5 5 】

さらに、除去率が流量と負の相関関係を表すことは明らかである。しかし、この関係は線形ではなく、むしろ除去率は高流量で流入水濃度に漸近的に近づく。これは、懸濁固形粒の小部分が、低流量で観察される除去率の単純な外挿から期待されるよりも、多く除去されることを意味する。これは、混合領域質量流れが粒子除去に積極的に関係していることを示す。これは、混合領域の厚さがより大きいことにより、高流量でよりよい濾過状態を提供することができる唯一の過程である。拡散も沈降も高流量では好まれない。

20

【 0 1 5 6 】

結論

懸濁固形物の除去率は、流量（又は滞留時間）と粒子のサイズに依存し、他は等しい。この関係は流量と線形に相関していない。

30

【 0 1 5 7 】

実験 5 : 石灰粒が詰められた大フィルタセル内のカオリンと天然粘土の除去

底チャンバの材料 : 実験番号 5 と同じ。

【 0 1 5 8 】

流入水

- 1) カオリン懸濁液を実験番号 4 と同様に準備した。
- 2) 天然粘土懸濁液は、T 1、すなわち、3つの細かいサイズの粘土小部分のうち1つに基いた（表 4 と図 1 0 ）。

【 0 1 5 9 】

流出水測定

流出水を、出口配管から、及び上チャンバの垂直サンプル装置から採取した。実験を完了した後、試料を振って固形物を懸濁させ、分光光度計内で波長 5 3 0 nm で測定した。

40

【 0 1 6 0 】

実験設備の運転

約 1 0 L の生水を利用してフィルタセルを初期化した後、流入水をカオリン懸濁液に切り換えた。約 5 L の容量を表 6 に示すように4つの異なる流量で加えた。各流量期間の終りごろに、流出水を前述したように採取した。次に、流入水を T 1 粘土懸濁液に切り換え、表 6 に示すように3つの異なる流量に対して実験を繰返した。

【 0 1 6 1 】

## 【表 6】

カオリンと天然粘土 (T1) を除去する実験 5 で適用した特定流量 (qcm/min)

期間	I	II	III	IV
カオリン	28.8	47.4	71.8	91.0
T1	46.6	56.4	75.0	—

## 【0162】

10

## 結果

結果を図 12 に示す。図 12 a と図 12 b では、カオリンと T1 懸濁液の懸濁固形物の濃度を、それぞれ 200 cm のフィルタセルの長さによって異なる流量で追跡した。まず、二重多孔フィルタで、しかもより高い流量で、懸濁固形物の除去 (図 10) が可能であることが分かった。期待した通り、除去率は、同等の流量で、T1 懸濁液に対するよりも、より大きなサイズのカオリン粒子に対するほうが、より高い (急峻な傾斜) ことが分かった。

除去率は流れの軸に沿って一定であり、すなわち、垂直サンプラー (入口から 100 cm と 150 cm の距離) から収集された試料の濃度は直線上にあることが分かった。より高い濃度が 200 cm の出口で測定されることに注意すべきである。直線からのこの偏差の説明はできないが、実験的偏り (experimental bias) であると思われる。

20

所定流量で得られる傾き線の単純な外挿は、ゼロの出口濃度が望まれる場合に必要であるフィルタ長さのおおまかな推定値を与える。図 12 c と図 12 d に示すように、これはカオリンの場合の約 8 m に相当し、T1 粘土の場合の 18 m に相当する。入口及び出口濃度のみが外挿に使用されると (すなわち、入口から 50 cm、100 cm 及び 150 cm における試料は除外する)、カオリンを完全に除去するのに必要なフィルタ長さは 9 m 以下であり、T1 粘土を完全に除去するのに必要なフィルタ長さは 22 m 以下である。このような推定は非常におおまかであり、単に表示としてとらえなければならないことに注意すべきである。外挿の主な問題は、懸濁液中の粒子が図 10 に示すようにサイズが異なることであり、この結果、重い粒子が細かい粒子より速く対流層から除去されるのを期待しなければならない。

30

## 【0163】

実験 6 : 小フィルタセルと大フィルタセルを通して天然粘土 (T1) 懸濁液を循環することによる長いフィルタのシミュレート

## 【0164】

底チャンバの材料 (両フィルタセル) :

Nevtraco 石灰

## 【0165】

流入水 (両フィルタセル)

約 161 mg / L の濃度の T1 粘土懸濁液

40

## 【0166】

小フィルタセルの実験設備の運転

実験番号 4 に従って、流出水配管を分光光度計のフローキュベットから流入水容器に接続することにより、1 L の T1 粘土懸濁液を小フィルタセルを通して循環した。流量は 8.1 ml / 分で、これは  $q = 2.0$  cm / 分に相当する。分光光度計は、17 時間で 15 分毎に、530 nm で光吸収度で測定した。全可動容量は約 1030 ml (流入水容器の容量 + 上チャンバの容量) であった。これにより、127 分後、全流入水容量はフィルタセルを通過した。17 時間で約 8 回であり、これは約 0.8 m の「フィルタ長さ」に相当する。

## 【0167】

50

## 大フィルタセルの実験設備の運転

実験番号5に従って、流出水配管を流入水容器に接続することにより、5 LのT1粘土懸濁液を大フィルタセルを通して循環した。流量は480 ml /分で、これは $q = 60 \text{ cm} / \text{分}$ に相当する。流出水の副流れを分光光度計に連続的に通過させ、15分間隔で530 nmで光吸収度を測定した。分光光度計フローキュベットからの流出水を流入水容器に循環させた。実験を24時間15分続けた。全可動容量は約6.6 lであった。所定流量で、全流入水容量は、13.8分後、フィルタセルを通過した。24.25時間は、5.56時間のフィルタ接触時間に相当し、又は所定流量で200 mの「フィルタ長さ」に相当する。

このシミュレーションはおおまかであり、主として流入水容器で行なわれる混合により10  
のであるが、現実のフィルタでは起こらないことに注意すべきである。

【0168】

### 結果

結果を図13aと図13bに示す。

図13aから、除去率は実験が進むにつれて僅かに傾いていることが分かり、これはより大きな粒子がより小さな粒子より速く除去されることを示している。0.8 mのフィルタ長さに相当する、所定流量で17時間循環後の全除率は、37%に達する。

図13bから、除去率はフィルタ長さに対して指数的に減少していることが分かり、これは、より大きな粒子がより小さな粒子より速く除去されるという理論に従っている。24時間の流れ、又は「200 mのフィルタ長さ」の後、循環容量内の懸濁固形物の原含有量の7%のみが懸濁液に依然として存在する。これらの残った7%が7%の細かい粒子に相当するのであれば、これは、図10と表4に示すサイズ分布によると、 $1.89 \mu\text{m}$  (T1に対して0.1百分率)以下の径を有する粘土粒子に相当する。さらに、曲線の勾配は依然として循環の24時間後、又はゼロでなく「200 mフィルタ長さ」であり、粒子は依然として受入層で捕獲されることに注意すべきである。20

小フィルタセル及び大フィルタセルでT1を用いて行なった天然粘土の実験と比較すると、大フィルタセルにおける除去率は、小フィルタセルで得られる結果からの単純な外挿から期待されるよりも大きいことが分かる。小フィルタセルでは、 $q = 2 \text{ cm} / \text{分}$ の特定流量で0.8 mのフィルタ長さを通じた後、37%の粘土懸濁液が除去される。大フィルタセルでは、 $q = 60 \text{ cm} / \text{分}$ の特定流量で8.3 m後に、同じ37%の減少が達成される。このように、特定流量をほとんど30倍増加すると、同じ程度の浄化を得るのに必要なフィルタ長さの増加は10倍にすぎない。これは、懸濁固形物の受入層への移動に関して、混合領域質量流れ機構が低い流量におけるよりもより高い流量で比較的有効であることを示している。30

【0169】

### 結論

懸濁固形物を用いる実験は、粘土の小部分(fraction)の粒子は二重多孔フィルタで除去することができるという予測を支持している。この実験は、古典沈降理論に従った粒子サイズと除去率の間の相関を示している。しかしながら、実験はさらに、低流量で得られる結果から期待されるよりも、高い流量でより有効に除去できることを示している。これは混合領域質量流れによる。40

【0170】

地下水から硝酸塩を除去する二重多孔フィルタ装置

【0171】

硝酸塩は地下水を飲料水目的に不適切にしている溶質の例である。

【0172】

フィルタ装置は、1つの対流層と1つの受入層とで構成されている(図14)。受入層の流体は、対流層に近接するが該対流層の流れの主方向に直角な方向に流れ、外部の容器を通過して循環する。これは、硝酸塩の窒素ガスへのバクテリア還元(bacterial reduction)を通しての硝酸塩の除去を促進する。対流及び受入層は積層してサンドイッチ構造を50

与えることができる」と理解されるべきである。

【0173】

硝酸塩で汚染された地下水を、対流層(1)の一端が接続されている入口構造(4)に加え、地下水を進入させた。対流層の他端は、処理された地下水がフィルタ装置を離れる出口構造(5)に接続されている。フィルタ装置を横切る圧力水頭が確立されなければならない。

【0174】

受入層(2)は対流層の下方に平行に設置されている。受入層はそれ自身の入口構造(6)と出口構造(7)を有し、出口と入口の間に容器(8)が挿入され、該容器(8)を通して受入層の水が通過する。容器は、該容器と受入層自身で生じる過程である硝酸塩除去バクテリア用のエネルギー源として使用される炭素源を収容している。受入層(2)、容器(8)及び接続配管(10)は、循環ポンプ(9)により確立されるそれ自身の圧力水頭を有する閉システムを構成している(図14b)。受入層(2)はバクテリアの付着のために設けられる濾過材で満たされている。

【0175】

対流層(1)と受入層(2)の間にバクテリア防止膜(3)が挿入されている。

【0176】

地下水が入口構造(4)に加えられると、該地下水は対流層(1)に流れる。最初の水は対流層(1)と外部容器(8)を含む受入層(2)との両方を満たす。追加の地下水は対流層(1)を通過して出口構造(5)に流れる。循環ポンプ(9)が始動すると、受入層(2)の水は出口構造(7)に連続的に流れ、容器(8)に達し、該容器(8)を通過し、入口構造(6)に戻る。対流層(1)の硝酸塩は、混合領域質量流れと拡散により、受入層(2)の流体に移動する。受入層(2)の流体は硝酸塩を外部容器(8)に運ぶ。外部容器(8)の炭素源は、硝酸塩のバクテリア除去のための基礎として使用することができる炭素化合物で、液体を濃縮(enrich)している。硝酸塩の減少は容器(8)と受入層システムのどこかで生じる。受入層システムは、ガスを放出することができる装置を備えなければならない。炭素源のタイプ(例えば、植物残骸、培養土、砂糖)は、バクテリア用の適切な分子を与えなければならないし、炭素源が処理される地下水に望まれない構成要素、例えば重金属、有機汚染物質等を放出するのを避けなければならない。これは過剰の炭素分子を含み、容器内の炭素粒子の放出率は地下水の硝酸塩濃度と減少率に調整しなければならないことを意味する。バクテリア防止膜(3)は、受入層(2)のバクテリアが対流層(1)の流体に進入しないことを保証する。

【0177】

対流層(1)の流量と受入層(2)の流量は、硝酸塩の移動と減少(reduction)に最適な状態を提供するように最適化すべきである。

【0178】

懸濁固形物の二重多孔フィルタ

【0179】

沈降又は懸濁した固形物は、多くのタイプの廃水における問題である。少なくとも表流水が例えば洪水のように運動している場合ではないが、飲料水が表流水から供給される場合には、沈降が問題となる。高流量のとき、例えば雪が解ける春又は雨季には、土の腐食により水が高含有量の粘土及びシルトを有するようになる。この結果、飲料水が低品質になり、例えばオゾン又は塩素による水の処理がより困難になる。

【0180】

フィルタ装置は、廃水又は表流水、又は他のタイプの水から懸濁固形物を蓄積する目的で構成されている。それは、いくつかの対流層と受入層を交互にしたサンドイッチからなる(図15)。対流を支持する構造は組み込まれていない。単に、受入層は、例えば流れの主方向に沿って走る平行縫合線により、一緒に保持されているだけであり、入って来る水が受入層を押して所定の最大距離まで離すようにしている。受入層は、山と谷が形成され、滞留水と沈降物が谷に蓄積するようにしている。

10

20

30

40

50

## 【0181】

圧力水頭、入口構造及び出口構造は設計する必要がある。

## 【0182】

受入層を構成するのに使用される材料は任意である。寿命が短いフィルタは、有機物質例えばマット状に織られ又はプレスされた適当な谷と山を有するココナツ繊維により提供することができる。マットのメッシュサイズは、問題の固形物を引き止めるのに十分小さくしなければならない。

## 【0183】

受入層は、無機材料例えばあるタイプのプラスチック又は他のポリマーから作ることもできる。受入層が自立構造を与えられている場合、それらは流れの主方向に垂直な方向に傾斜（例えば45°）させることができ、これにより、捕獲された沈降物は谷の底に沿って転がり、フィルタ装置に沿って設置された溝又は他の構造に取り上げられる。このようにして、フィルタ装置は自浄（self-cleaning）することができる。図16参照。溝は、対流層の流体が当該溝を通してフィルタをバイパスするのを防止するために、対流層が接続されている主出口の容量より数倍小さい出口容量を有していなければならない。溝の減少出口を維持することにより、流れの主方向に垂直な小さな流れが生じ、受入層の底に沈殿した粒子を洗い流すのを助ける。

10

## 【0184】

二重多孔フィルタの原理に基く自浄沈降トラップは、コンクリートの水溜まり（basin）に沈殿している伝統的な砂に対する好ましい代案とすることができる。

20

## 【0185】

懸濁固形物の二重多孔のさらなる修は、例えば廃水飽和とフィルタ脱水のサイクルを昼間に交互して、フィルタに高酸素濃度を維持することにより、捕獲された有機固形物と溶解栄養素を新陳代謝させることができる。

## 【0186】

道路流去水処理用の二重多孔フィルタ

## 【0187】

道路流去水は、迷走するが、大きくかつ迅速な流れを特徴とする。汚染道路は、種々の濃度の粒子、コロイド状粒子、溶質を特徴としている。溶質は、鉱物油とPAHのような有機汚染物質と、特に亜鉛、銅、鉛等の重金属や燐酸塩のような無機汚染物質とからなる。この例では、フィルタ装置は約2μMのサイズまでの粒子、亜鉛、銅及び鉛のような重金属を除去するように設計されている。

30

## 【0188】

フィルタ装置は、1つの対流層と1つの受入層から作られている。受入層は2つの膜の間に濾過材料、この場合は約1 - 4mMの径を有する石灰粒子を閉じ込めることによって設けられている。石灰粒子は前述した実験に基いて選択される。上膜はポリエチレンから作られ、0.7mMのメッシュサイズを有する。下膜もポリエチレンから作られるが、細かいメッシュサイズを有し、ほとんど防水にしている。2つの膜は石灰粒子を通る縫合線により結合される。受入層の厚さ、すなわち、石灰の厚さは1cmである。表面は流れの方向に平行であり、5mの間隔で現れる。対流層はEnkadrain8004H/5-2s/D110Pから作られ、それは4mMの厚さを有するピロードナイロンである。1%の水勾配で、このような対流層は、製造業者によると、0.0421/sの水理学的能力を有する。

40

## 【0189】

フィルタ装置は、積層サンドイッチで作られ、各サンドイッチは1つの受入層と1つの対流層からなる。受入層ではなく、対流層は、入口構造と出口構造に接続されている（図17）。

## 【0190】

50mの幅と60サンドイッチに相当する高さのフィルタ装置は、130L/sの所定の圧力水頭で水理学的能力を有する。

## 【0191】

50

前述した実験室で行なわれた実験、特に長いフィルタ長さをシミュレートした実験、すなわち実験番号2と6に基いて、汚染物質の高い除去率を得るためには、100mのフィルタ装置の長さが提案されている。

【図面の簡単な説明】

【0192】

【図1】二重多孔フィルタにおいて対流層の流体から汚染物質が受入層に移動するものと仮定された機構の概略図。 a) 1つの受入層の上にある1つの対流層を示す断面図。この図は混合領域質量流れによる汚染物質の移動の原理を示す。1) 汚染流体(汚染物質は不図示)を有する対流層。2) 濾過材を有する受入層。3) 対流層の流れの主方向。4) 混合領域。矢印は混合領域質量流れを起こす乱流を示す。 b) 2つの受入層の間にある1つの対流層を示す断面図。この図は拡散による汚染物質の移動の原理を示す。1) 濾過材を有する受入層。2) 汚染流体を有する対流層。汚染物質は黒点で示されている。3) 流れの主方向。4) 存在する汚染物質の拡散のために隣接する両受入層が開いていると仮定した、拡散の方向。 c) 2つの受入層の間にある1つの対流層を示す断面図。この図は、沈降による汚染物質の原理を示す図。1) 濾過材を有する受入層。2) 汚染流体を有する対流層。汚染物質は線片と水滴状図形で示されている。3) 対流層の流れの主方向。4) 沈降の方向。5) 最大沈降距離。

10

【図2】典型的な実験設備における小フィルタセル。 1) フィルタセル(10cm×10cm、ステンレス鋼)。2) 磁性スタイラー上の流入容器。3) 蠕動ポンプ。4) 流入水入口。5) 流出水出口。6) インライン分光光度計。7) と8) 盲にされた入口と出口(不使用)。

20

【図3】小フィルタセルの原理の概略図。 1) 上チャンバ(対流層を支持)。2) 底チャンバ(受入層を収容)。3) 流入水入口。4) 流出水出口。上チャンバと底チャンバは破線で示すように角部の結び目(knot)で接合されている。

【図4】大フィルタセルの写真。 a) 動作中のフィルタセル。1) フィルタセル(20cm×20cmステンレス鋼)。2) 流入水容器。3) ポンプ。4) 流入水入口。5) 流出水出口。6) 入口から50cm、100cm及び150cmの距離で対流層の溶液をサンプリングする装置。7) 底チャンバにある盲にされた不使用の出口。 b) 離昇され上チャンバと石灰粒子で包装されている底チャンバ。 c) 入口から150cmの距離にある垂直サンプリング装置からの対流層の溶液のサンプリング。

30

【図5】活性炭素が充填された小フィルタセルにおけるブリリアントブルーFCFとチオ硫酸塩の保持(retention)。 流出水中のブリリアントブルーFCFとチオ硫酸塩の時間の関数としての相対濃度( $C/C_0$ )。破線の垂直線は流量変化の時間を示す。

【図6】図5から流量に対してプロットされたブリリアントブルーFCFの安定状態の流出水濃度。

【図7】石灰粒子が充填された小フィルタセルにおける重金属の保持。 4つの異なる流量での流出水中の $Cu^{2+}$ 、 $Pb^{2+}$ 及び $Zn^{2+}$ の相対濃度。

【図8】連続循環流れでの石灰粒子が充填された大フィルタセルにおける重金属の保持。

連続循環流れで得られる流出水中の $Cu^{2+}$ 、 $Pb^{2+}$ 、 $Zn^{2+}$ 及び $Fe^{3+}$ の相対濃度。循環周期は「100m」のフィルタ長さに対応する。「100m」での鉛の測定は見逃した。

40

【図9】空の底チャンバを有する小フィルタセルにおけるカオリンの保持。 上チャンバは所定時間カオリン懸濁を加えた後取り外した。1) カオリンの薄い灰色がかかった層が底チャンバの底に沈殿しているのが見える。2) 指で十字が沈降物に描かれ、チャンバのステンレス鋼製の底板が露出している。3) 及び4) 盲にされた不使用の入口及び出口。

【図10】粒子分析ApSにより分析された粒子サイズ分布。 1) カオリン、2) 「R1」、3) 「T1」、4) 「R2」、及び5) 「T2」。

【図11】石灰粒子が充填された小フィルタセルにおけるカオリンと天然粘土の安定状態流出水中の流量に対してプロットした濃度。

【図12】大フィルタセルにおけるカオリンと天然粘土(T1)の保持。 a) 入口から

50

異なる距離で異なる流量での対流層におけるカオリンの相対濃度。 b) 入口から異なる距離で異なる流量での対流層における T1 天然粘土懸濁液の相対濃度。 c) カオリン除去の単純外挿した横座標と公差する傾き線。 d) T1 除去の単純外挿した横座標と公差する傾き線。

【図 1 3】循環流れ中の小及び大フィルタセルにおける天然粘土 (T1) の保持。 a) 2 cm / 分の所定流量での小フィルタセルにおける 17 時間 1 L の循環中の流出水中の T1 天然粘土の相対濃度。線形傾き線を式で示す。 b) 60 cm / 分の所定流量での大フィルタセルにおける 24 時間 6.6 L の循環中の流出水中の T1 天然粘土の相対濃度。

【図 1 4】硝酸塩除去用に設計された 2 重多孔フィルタの原理を示す。 1) 対流層。矢印は流れの主方向を示す。 2) 受入層。流れの主方向は対流層の流れの主方向に直角であるが依然として平行である。対流層、バクテリア膜及び受入層は隣接している。 a) 対流層 (1) は受入層 (2) の上にあるように見える。対流層と受入層は防バクテリア膜 (3) が設置されている。 b) 上方から見た受入層 (1)。流れの主方向はフィルタに沿っている。 4) 入口構造。 5) 出口構造。 c) 上方から見た受入層 (2)。流れの主方向は矢印で示されている。 6) 入口構造。 7) 出口構造。 8) 炭素源容器。 9) 循環用ポンプ。 10) 配管。

【図 1 5】懸濁固形物除去に適合した 2 重多孔フィルタの原理を示す概略図。流れの主方向に平行な断面図。 a) 空のフィルタ装置。互いに隣接して存在する山と谷を有する受入層。移動するためには、積層を転がすのが都合がよい。 b) 水が満たされたフィルタ。水の進入により、隣接する受入層が離れ、対流層を形成する。隣接する受入層を部分的に結合する縫合その他の特徴は、受入層が進入水で分離される幅を決定する。 c) 単一の受入対流層を示す。矢印は対流層の流れの主方向を示す。受入層の谷で、滞留水は対流層に運ばれた固形物のトラップを構成する。受入層の底に蓄積した固形物は黒三角形で示されている。

【図 1 6】懸濁固形物除去に適合され、傾斜受入層により自己洗浄するように設計されている 2 重多孔フィルタ。流れの主方向に直角な断面図。 1) 積層受入層 (灰) は対流層 (白) で分離されている。懸濁固形物は受入層の底で収集され、重力で谷に移動し、フィルタに沿って溝 2) に入り、そこからサンプル採集され除去される。溝に蓄積された固形物は黒のボックスで示されている。

【図 1 7】道路流去水から重金属と懸濁固形物を除去するように設計されたフィルタ装置の図。流れの主方向に平行な断面図。 1) 受入層と対流層 (破線) の交番層をからなる積層サンドイッチ。 2) 入口構造。 3) 出口構造。 4) フィルタ装置を完全に空にする収縮出口。 5) 流れの主方向。

【符号の説明】

【0193】

- 1 対流層
- 2 受入層
- 3 膜
- 4 入口
- 5 出口

10

20

30

40

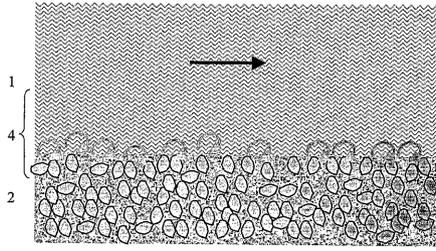


Figure 1a

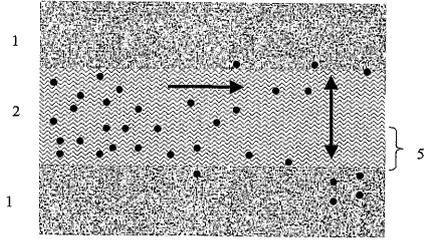


Figure 1b

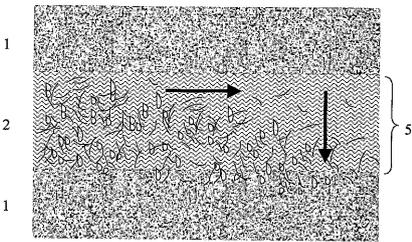


Figure 1c

【 図 2 】

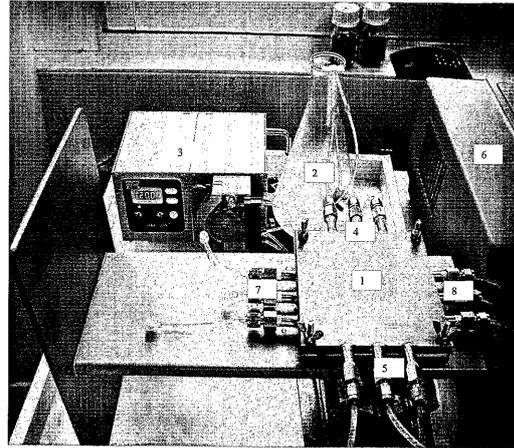


Figure 2

【 図 3 】

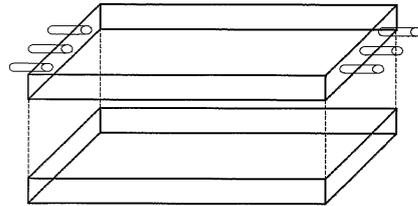


Figure 3

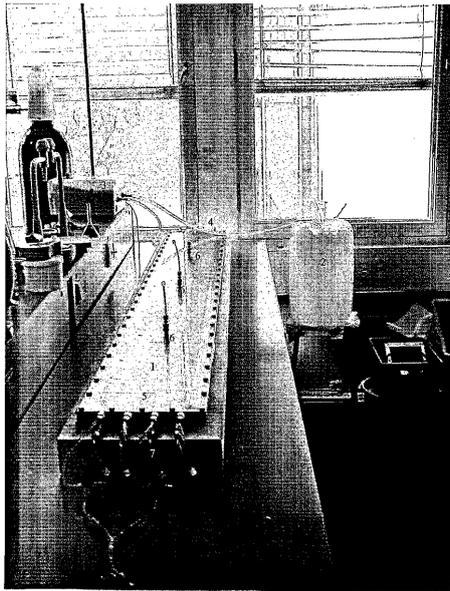


Figure 4a

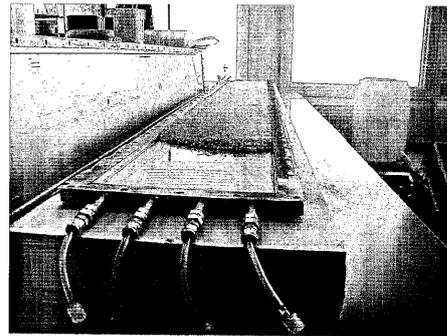
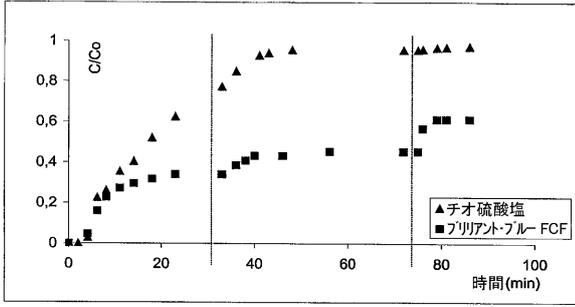


Figure 4b



Figure 4c

【 図 5 】



【 図 8 】

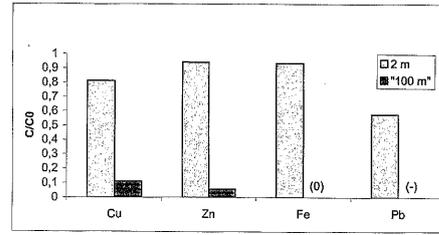
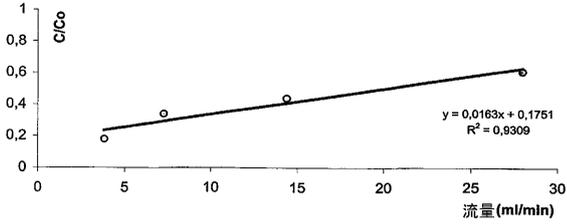


Figure 8

【 図 6 】



【 図 9 】

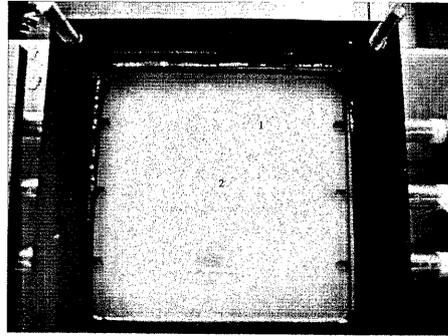
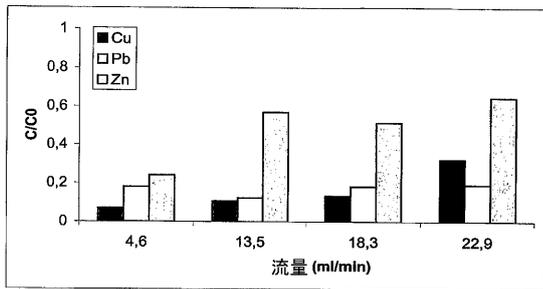
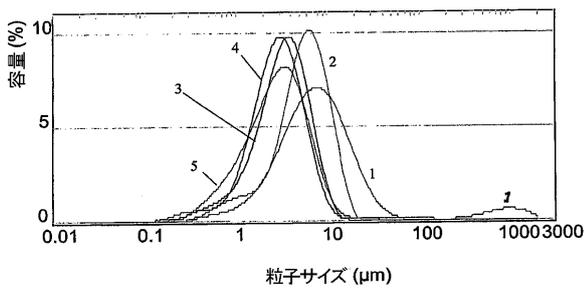


Figure 9

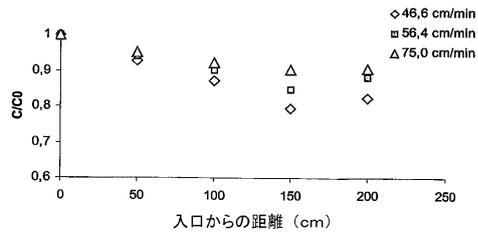
【 図 7 】



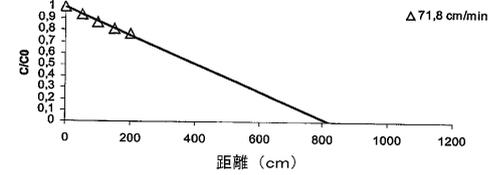
【 図 10 】



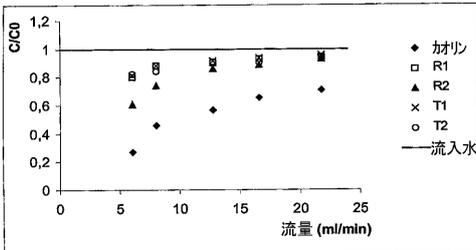
【 図 12 b 】



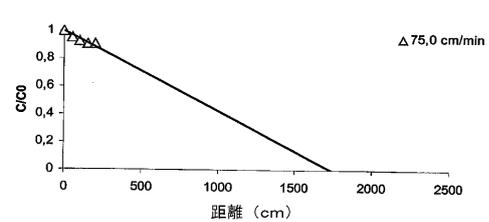
【 図 12 c 】



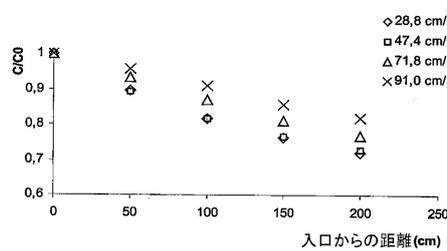
【 図 11 】



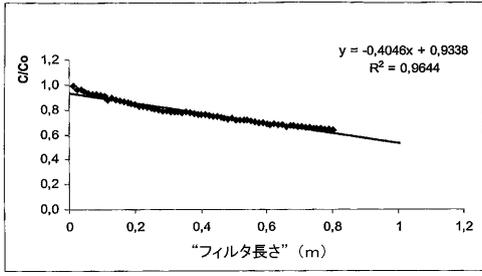
【 図 12 d 】



【 図 12 a 】



【 図 13 a 】



【 図 13 b 】

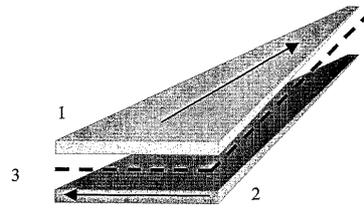
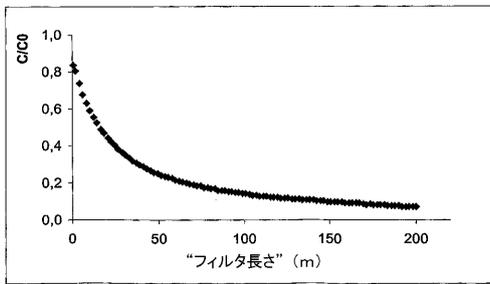


Figure 14a

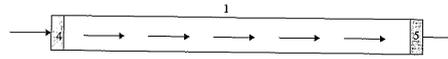


Figure 14b

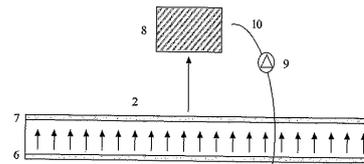


Figure 14c



Figure 15a

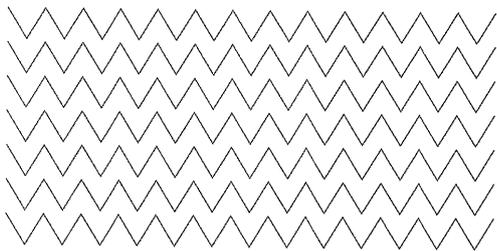


Figure 15b

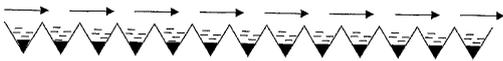


Figure 15c

【 図 16 】

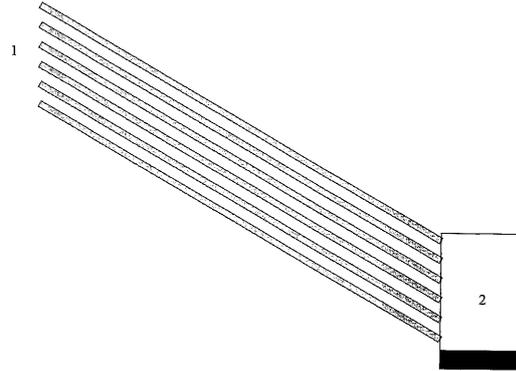


Figure 16

【図 17】

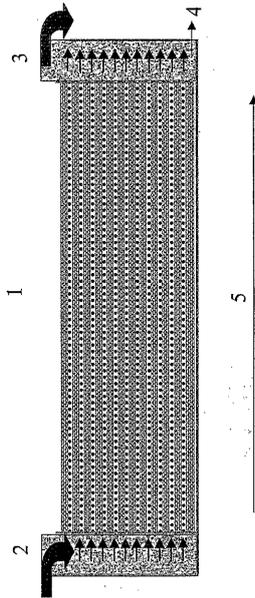


Figure 17

## 【手続補正書】

【提出日】平成16年10月1日(2004.10.1)

## 【手続補正1】

【補正対象書類名】特許請求の範囲

【補正対象項目名】全文

【補正方法】変更

【補正の内容】

【特許請求の範囲】

## 【請求項1】

物質を流体又はガス間で移動させる方法であって、該方法は、

- i. 次の構成からなる装置を準備し、
  - a. 関心のある液体又はガスを含み、1 mmから5 cmの厚さを有する少なくとも1つの対流層、
  - b. 液体又はガスを含み、物質が移動する少なくとも1つの受入層、
- ii. 流体又はガスを前記装置に通過させ、前記少なくとも1つの対流層内の関心の有る流体又はガスを、前記少なくとも1つの受入層に平行な方向に走らせ、前記少なくとも1つの受入層内の液体又はガスを
  - a. 滞留させ、又は
  - b. 他の方向に走らせ、及び/又は、前記少なくとも1つの対流層の流体又はガスに比べて異なる速度で走らせ、
- iii. 前記受入層に前記対流層の関心のある流体又はガスを浸透させることなく、物質を前記少なくとも1つの受入層に移動させ、又は前記少なくとも1つの受入層から移動させ、
- iv. 前記少なくとも1つの対流層から物質を移動し、又は前記少なくとも1つの対流層に物質を移動して、前記少なくとも1つの対流層に関心のある流体又はガスを得る、

ステップからなる方法。

【請求項 2】

前記受入層を前記対流層の下に配置した請求項 1 に記載の方法。

【請求項 3】

沈殿、混合層質量流量及び / 又は拡散により、物質を前記少なくとも 1 つの受入層に移動させる請求項 1 又は 2 に記載の方法。

【請求項 4】

沈殿、収着その他の保持機構により、物質を前記受入層に保持する請求項 1 から 3 のいずれかに記載の方法。

【請求項 5】

前記受入層はさらに、物質に対する親和性を有する請求項 1 から 4 のいずれかに記載の方法。

【請求項 6】

前記受入層は、物質を転化することができる少なくとも 1 つの微生物を包含する請求項 1 から 5 のいずれかに記載の方法。

【請求項 7】

前記物質は、前記受入層から、該受入層に隣接しかつ第 1 対流層と対向する第 2 対流層に移動する請求項 6 に記載の方法。

【請求項 8】

前記フィルタはさらに、前記対流層に隣接しかつ前記第 1 受入層と対向する第 2 受入層を包含する請求項 1 から 7 のいずれかに記載の方法。

【請求項 9】

前記少なくとも 1 つの受入層は、砂、砂利、パーライト、パーミキュライト、無煙炭、活性炭、木炭、石灰土、富鉄土、珪藻土、キチン質、キトサン、ポゾラン、ライム、石灰、大理石、粘土、酸化鉄被覆鉱物（例えば砂）、二重金属水酸化物、L E C A、岩綿、ガラス綿、ゼオライト、フライアッシュ、土、腐植土、樹皮、リグニン、培養土、葉、海草、藻、アルギン酸塩、キサントゲン酸塩、草炭、骨ゼラチンビード、蘚類、羊毛、綿、その他の植物繊維から選ばれた材料を含む請求項 1 から 8 のいずれかに記載の方法。

【請求項 10】

前記受入層は、吸収剤として捕獲沈降物を含む請求項 1 から 9 のいずれかに記載の方法。

【請求項 11】

前記対流層は、空間からなる請求項 1 から 12 のいずれかに記載の方法。

【請求項 12】

前記対流層は、貫通した回り経路が形成された非吸収性、水透過性、繊維性のメッシュ材料からなる請求項 1 から 11 のいずれかに記載の方法。

【請求項 13】

前記少なくとも 1 つの対流層は、著しく崩壊することがないが、水を自由に通過させることができ、濾過装置を支持するのに十分な密度を有する多数のランダム単繊維型プラスチック繊維からなる請求項 1 から 12 のいずれかに記載の方法。

【請求項 14】

前記対流層は、ポリエチレン又はポリエステル繊維メッシュからなる請求項 13 に記載の方法。

【請求項 15】

前記対流層は、オランダ国アルンヘム市のコルボンド・ジオシンセティクスにより製造された E N K A D R A I N 8 0 0 4 H / 5 - 2 s / D 1 1 0 P からなる請求項 14 に記載の方法。

【請求項 16】

前記対流層は、インディアナ州ミシガン市のファイバーボンドにより製造された F I B E R B O N D E M 6 6 4 5 からなる請求項 14 に記載の方法。

## 【請求項 17】

前記対流層は、著しく崩壊することがないが、水を自由に通過させることができ、濾過装置を支持するのに十分な密度を有する一塊の開口構造植物繊維からなる請求項 1 から 16 のいずれかに記載の方法。

## 【請求項 18】

前記植物繊維は、樹皮、厚切木片、薄切木片、わらのマットからなる請求項 17 に記載の方法。

## 【請求項 19】

主流れ方向における前記対流層の水伝導率は前記受入層の水伝導率の少なくとも 1.1 倍である請求項 1 から 18 のいずれかに記載の方法。

## 【請求項 20】

前記対流層における流れの主方向の軸に沿う前記受入層と前記対流層間の水伝導率の差は、少なくとも 2、好ましくは 10、さらに好ましくは  $10^2$ 、さらに好ましくは  $10^3$ 、さらに好ましくは  $10^4$ 、さらに好ましくは  $10^5$ 、例えば  $10^6$  のファクターである請求項 1 から 19 に記載の方法。

## 【請求項 21】

濾過される液体は、廃水、工業廃水（薬品、油、化学、金属、食品、飼料工業）、都市廃水、高速道路流去水、雨水を含む請求項 1 から 20 に記載の方法。

## 【請求項 22】

濾過される液体は、都市廃水、高速道路流去水、道路流去水、及び/又は雨水を含む請求項 1 から 21 に記載の方法。

## 【請求項 23】

汚染物質は、炭化水素、油、重金属、ホルモン、PAH、農薬、医薬、MTBE、無機イオン（亜硝酸塩、硝酸塩、磷酸塩、ナトリウム）、 $20\mu\text{m}$ 以下のコロイド、BAM、塩素化流体からなる群から選ばれる請求項 1 から 22 のいずれかに記載の方法。

## 【請求項 24】

除去又は増加するステップの前に、前記液体又はガスをプレフィルタに通過させて粒状物質を除去するステップを含む請求項 1 に記載の方法。

## 【請求項 25】

$250\mu\text{m}$ 以上の平均サイズの粒状物質を除去する請求項 24 に記載の方法。

## 【請求項 26】

物質を流体又はガス間で移動させる装置であって、該装置は少なくとも 1 つのフィルタ装置からなり、該フィルタ装置は、

i. 関心のある液体又はガスを含み、 $1\text{mm}$ から  $5\text{cm}$ の厚さを有する少なくとも 1 つの対流層、

ii. 液体又はガスを含み、物質が移動する少なくとも 1 つの受入層、

前記少なくとも 1 つの対流層内の関心の有る流体又はガスが、前記少なくとも 1 つの受入層に平行な方向に走り、前記少なくとも 1 つの受入層内の液体又はガスが、

滞留し、又は

他の方向に走り、及び/又は、前記少なくとも 1 つの対流層の流体又はガスに比べて異なる速度で走り、

前記受入層に前記対流層の関心のある流体又はガスを浸透させることなく、物質が前記少なくとも 1 つの受入層に移動し、又は前記少なくとも 1 つの受入層から移動する、装置。

## 【請求項 27】

前記対流層に隣接し、前記少なくとも 1 つの受入層に対向する第 2 受入層をさらに含み、サンドイッチフィルタとした請求項 26 に記載の装置。

## 【請求項 28】

積層サンドイッチフィルタからなり、該積層サンドイッチフィルタは、少なくとも 2 つのサンドイッチフィルタ、例えば少なくとも 3 つのサンドイッチフィルタ、少なくとも 4

つのサンドイッチフィルタ、少なくとも5つのサンドイッチフィルタ、少なくとも6つのサンドイッチフィルタ、少なくとも7つのサンドイッチフィルタ、少なくとも8つのサンドイッチフィルタ、少なくとも9つのサンドイッチフィルタ、少なくとも10のサンドイッチフィルタ、少なくとも11のサンドイッチフィルタ、少なくとも12のサンドイッチフィルタ、少なくとも15のサンドイッチフィルタ、少なくとも20のサンドイッチフィルタ、少なくとも25のサンドイッチフィルタからなる請求項27に記載の装置。

【請求項29】

対流層と受入層を交互にした積層からなる請求項26に記載の装置。

【請求項30】

少なくとも2つの対流/受入層、例えば少なくとも3つの層、少なくとも4つの層、少なくとも5つの層、少なくとも6つの層、少なくとも7つの層、少なくとも8つの層、少なくとも9つの層、少なくとも10の層、少なくとも12の層、少なくとも15の層、少なくとも20の層、少なくとも25の層からなる請求項29に記載の装置。

【請求項31】

前記不浸透性層は、フィルタ層を囲み、入口と出口を除く全ての表面で周囲からシールする請求項26に記載の装置。

【請求項32】

前記受入層は、砂、砂利、パーライト、パーミキュライト、無煙炭、活性炭、木炭、土、石灰土、富鉄土、珪藻土、キチン質、キトサン、ポゾラン、ライム、石灰、大理石、粘土、酸化鉄被覆鉱物例えば砂、二重金属水酸化物、LECA、岩綿、ゼオライト、フライアッシュ、土、樹皮、リグニン、培養土、海草、藻、アルギン酸塩、キサントゲン酸塩、草炭、骨ゼラチンビード、蘚類、羊毛、綿、その他の植物繊維、及びこれらの変性物からなる群から選ばれる材料からなる請求項26から31のいずれかに記載の装置。

【請求項33】

前記受入層は、吸収剤として捕獲沈降物を含む請求項26から32のいずれかに記載の装置。

【請求項34】

前記対流層は、貫通した回り経路が形成された非吸収性、水透過性、繊維性のメッシュ材料からなる請求項26から33のいずれかに記載の装置。

【請求項35】

前記対流層は、著しく崩壊することがないが、水を自由に通過させることができ、濾過装置を支持するのに十分な密度を有する多数のランダム単繊維型プラスチック繊維からなる請求項26から34のいずれかに記載の装置。

【請求項36】

前記対流層は、ポリエチレン又はポリエステル繊維メッシュからなる請求項26から35のいずれかに記載の装置。

【請求項37】

前記対流層は、オランダ国アルンヘム市のコルボンド・ジオシンセティクスにより製造されたENKADRAIN8004H/5-2s/D110Pからなる請求項26から33のいずれかに記載の装置。

【請求項38】

前記対流層は、インディアナ州ミシガン市のファイバーボンドにより製造されたFIBERBONDEM6645からなる請求項26から33のいずれかに記載の装置。

【請求項39】

前記対流層は、著しく崩壊することがないが、水を自由に通過させることができ、濾過装置を支持するのに十分な密度を有する一塊の開口構造植物繊維からなる請求項26から33のいずれかに記載の装置。

【請求項40】

前記植物繊維は、樹皮、厚切木片、薄切木片、わらのマットからなる請求項39に記載の装置。

## 【請求項 4 1】

主流れ方向における前記対流層の水伝導率は前記受入層の水伝導率の少なくとも2倍である請求項 2 6 から 4 0 のいずれかに記載の装置。

## 【請求項 4 2】

前記対流層における流れの主方向の軸に沿う前記受入層と前記対流層間の水伝導率の差は、少なくとも10、好ましくは $10^2$ 、さらに好ましくは $10^3$ 、さらに好ましくは $10^4$ 、さらに好ましくは $10^5$ 、例えば $10^6$ のファクターである請求項 2 6 から 4 0 に記載の装置。

## 【請求項 4 3】

ロールの形態である請求項 2 6 から 4 2 に記載の装置。

## 【請求項 4 4】

少なくとも2巻き、例えば3巻き、4巻き、5巻き、6巻き、7巻き、8巻き、9巻き、10巻き、12巻き、15巻き、20巻き、25巻きの受入/対流層又は受入/対流/受入層を有する請求項 4 3 に記載の装置。

## 【請求項 4 5】

前記フィルタ装置を通して液体又はガスを汲み上げるポンプをさらに含む請求項 2 6 から 4 4 のいずれかに記載の装置。

## 【請求項 4 6】

液体又はガスをフィルタに通過させる前に、液体又はガスから粒状物質を除去するように適合されているプレフィルタをさらに含む請求項 2 6 から 4 5 のいずれかに記載の装置。

## 【請求項 4 7】

前記プレフィルタは $250\ \mu\text{m}$ 以上の粒子を除去するように適合されている請求項 4 6 に記載の装置。

## 【請求項 4 8】

廃水を濾過するための請求項 2 6 から 4 7 に記載の装置の使用。

## 【請求項 4 9】

前記廃水は、雨水流去水、雨水排水、高速道路流去水、都市流去水、都市雨水である請求項 4 8 に記載の使用。

## 【請求項 5 0】

ガス(煙道ガス、廃ガス、排ガス)を濾過する請求項 2 6 から 4 6 のいずれかに記載の装置の使用。

## 【請求項 5 1】

油を濾過する請求項 2 6 から 4 6 のいずれかに記載の装置の使用。

## 【 国際調査報告 】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT		International Application No PCT/DK 03/00443		
<b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b> IPC 7 B01D37/00 B01D39/00				
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC				
<b>B. FIELDS SEARCHED</b> Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) IPC 7 B01D				
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched				
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used) EPO-Internal, WPI Data, PAJ				
<b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b>				
Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.		
X	US 5 772 900 A (YOSHIKAWA TAKASHI ET AL) 30 June 1998 (1998-06-30) column 15, line 42 -column 16, line 7; figure 3	1-3, 27-32		
X	--- US 5 295 583 A (BISCHOFBERGER ULRICH ET AL) 22 March 1994 (1994-03-22) the whole document	1,27		
X	--- GB 2 201 355 A (ASEA ATOM AB) 1 September 1988 (1988-09-01) figure 1 abstract -----	1-3, 27-32		
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of box C. <input checked="" type="checkbox"/> Patent family members are listed in annex.				
* Special categories of cited documents : <table border="0" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 50%; vertical-align: top;">               "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance                "E" earlier document but published on or after the international filing date                "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)                "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means                "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed             </td> <td style="width: 50%; vertical-align: top;">               "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention                "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone                "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.                "&amp;" document member of the same patent family             </td> </tr> </table>			"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier document but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art. "&" document member of the same patent family
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier document but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art. "&" document member of the same patent family			
Date of the actual completion of the international search		Date of mailing of the international search report		
24 September 2003		13. 10. 2003		
Name and mailing address of the ISA European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31-70) 340-2016		Authorized officer  JAN CARLERUD / ELY		

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No  
PCT/DK 03/00443

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 5772900	A	30-06-1998	JP 8000965 A	09-01-1996
			JP 8197536 A	06-08-1996
			DE 19580845 T0	31-10-1996
			WO 9535261 A1	28-12-1995
			KR 229989 B1	15-11-1999
US 5295583	A	22-03-1994	DE 4128127 A1	25-02-1993
			GB 2259024 A ,B	03-03-1993
			JP 3283580 B2	20-05-2002
			JP 5201738 A	10-08-1993
GB 2201355	A	01-09-1988	SE 457607 B	16-01-1989
			NO 880817 A ,B,	29-08-1988
			SE 8700811 A	27-08-1988

## フロントページの続き

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>

F I

テーマコード(参考)

B 0 1 D 29/08 5 4 0 A

(81)指定国 AP(GH,GM,KE,LS,MW,MZ,SD,SL,SZ,TZ,UG,ZM,ZW),EA(AM,AZ,BY,KG,KZ,MD,RU,TJ,TM),EP(AT, BE,BG,CH,CY,CZ,DE,DK,EE,ES,FI,FR,GB,GR,HU,IE,IT,LU,MC,NL,PT,RO,SE,SI,SK,TR),OA(BF,BJ,CF,CG,CI,CM,GA, GN,GQ,GW,ML,MR,NE,SN,TD,TG),AE,AG,AL,AM,AT,AU,AZ,BA,BB,BG,BR,BY,BZ,CA,CH,CN,CO,CR,CU,CZ,DE,DK,DM,DZ, EC,EE,ES,FI,GB,GD,GE,GH,GM,HR,HU,ID,IL,IN,IS,JP,KE,KG,KP,KR,KZ,LC,LK,LR,LS,LT,LU,LV,MA,MD,MG,MK,MN,M W,MX,MZ,NI,NO,NZ,OM,PG,PH,PL,PT,RO,RU,SC,SD,SE,SG,SK,SL,SY,TJ,TM,TN,TR,TT,TZ,UA,UG,US,UZ,VC,VN,YU,ZA ,ZM,ZW

Fターム(参考) 4D058 JA60 JB02 JB04 JB12 JB13 JB14 SA08 SA20