



- (51) 国際特許分類 :  
B01D 61/00 (2006.01) F03G 7/00 (2006.01)  
B0W 63/02 (2006.01) C02F 1/44 (2006.01)
- (21) 国際出願番号 : PCT/JP20 11/064502
- (22) 国際出願日 : 2011 年 6 月 24 日 (24.06.2011)
- (25) 国際出願の言語 : 日本語
- (26) 国際公開の言語 : 日本語
- (30) 優先権データ :  
特願 2010-146956 2010 年 6 月 28 日 (28.06.2010) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 協和機電工業株式会社 (Kyowakiden Industry Co., Ltd.) [JP/JP]; 〒8528108 長崎県長崎市川口町 10 番 2 号 Nagasaki (JP).
- (72) 発明者 ; および
- (75) 発明者 / 出願人 (米国についてのみ): 林秀千人 HIYASHI Hidechito [JP/JP]; 〒8528521 長崎県長崎市文教町 1 番 14 号 国立大学法人長崎大学内 Nagasaki (JP). 奥村哲也 OKUMURA Tetsuya [JP/JP]; 〒8528521 長崎県長崎市文教町 1 番 14 号 国立大学法人長崎大学内 Nagasaki (JP). 坂井秀之 (SAKAI Hideyuki) [JP/JP]; 〒8528108 長崎県長崎市川口町 10 番 2 号 協和機電工業株式会

社内 Nagasaki (JP). 入江寸裕 (IRIE Morihiro) [JP/JP]; 〒8512107 長崎県西彼杵郡時津町久留里郷 376-5 協和機電工業株式会社内 Nagasaki (JP).

(74) 代理人 : 原崎正 HARASAKI Tadashi; 〒8500056 長崎県長崎市恵美須町 7-23 佐々木ビル 202 Nagasaki (JP).

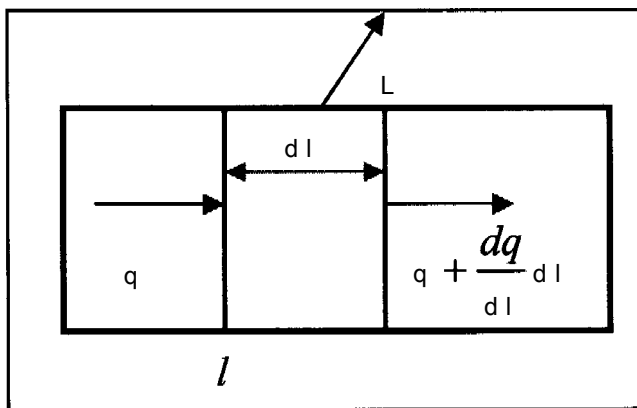
(81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI

[続葉有]

- (54) Title: HOLLOW FIBER FORWARD OSMOSIS MEMBRANE
- (54) 発明の名称 : 中空糸型正浸透膜

[図 25]



(57) Abstract: Provided is a hollow fiber forward osmosis membrane that, when permeating a dilute water such as fresh water into seawater via an osmosis membrane, is able to increase the forward osmotic pressure energy obtained by osmosis and increase generating efficiency in forward osmosis power generation. The relationship between optimal conditions for the inner diameter  $d$  and length  $L$  of the hollow fiber osmosis membrane to be used in forward osmotic pressure power generation by permeating a dilute water such as fresh water into seawater via the hollow fiber osmosis membrane to increase the flow on the seawater side with said forward osmotic pressure energy and generate electricity with the increased flow, is as in Equation 1 in the range of  $d = 50$  to  $200 \mu\text{m}$ ,  $L = 0.5$  to  $2 \text{ m}$  and permeating water volume  $J = 1.7 \times 10^{-7}$  to  $5.1 \times 10^{-7} \text{ m}^3/\text{sec}$ .

(57) 要約 :

[続葉有]





(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR,  
NE, SN, TD, TG).

添付公開書類：

- 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

海水に浸透膜を介して淡水などの希釈水を浸透させる場合に、浸透して得られる正浸透圧エネルギーを高め、正浸透圧発電においてその発電効率を高めることのできる中空系型正浸透膜を提供することにある。海水に中空系の浸透膜を介して淡水などの希釈水を浸透させ、その正浸透圧エネルギーで海水側の流量を増加させ、増加した流量で発電する正浸透圧発電において使用される中空系の浸透膜の内径  $d$  と長さ  $L$  の最適条件の関係式を、 $d = 50 \sim 200 \mu\text{m}$ 、 $L = 0.5 \sim 2 \text{ m}$ 、浸透水量  $J = 1.7 \times 10^{-7} \sim 5.1 \times 10^{-7} \text{ m}^3/\text{秒}$  の範囲で、次の数 11 とした。

## 明 細 書

発明の名称 : 中空系型正浸透膜

### 技術分野

[0001] この発明は、例えば海水淡水化装置で逆浸透圧を利用して海水を淡水化する際に同時に生成された濃縮海水が有する正浸透圧エネルギー、或いは非濃縮の海洋の海水や自然界の海水が有する正浸透圧エネルギーを利用して発電する正浸透圧発電に使用する中空系型正浸透膜に関するものである。

### 背景技術

[0002] 例えば海水淡水化装置で逆浸透圧を利用して海水を淡水化する際に同時に生成された濃縮海水に、浸透膜を介してこれよりも濃度の薄い海水又は淡水などの希釈水を浸透させ、その正浸透圧エネルギーで濃縮海水側の流量を増加させ、増加した流量で発電する正浸透圧発電が知られている。

また、非濃縮の海洋の海水や自然界の海水に例えば浸透膜を介して淡水などの希釈水を浸透させ、その正浸透圧エネルギーで海水側の流量を増加させ、増加した流量で発電する正浸透圧発電が知られている。

特許文献1 : 特開2003\_176775

### 発明の開示

#### 発明が解決しようとする課題

[0003] しかしながら、正浸透圧発電においては、濃縮海水にこれよりも濃度の薄い海水又は淡水などの希釈水を浸透させるために使用する浸透膜として専用の膜は開発されておらず、同様に、非濃縮の海洋の海水や自然界の海水に淡水などの希釈水を浸透させるために使用する浸透膜として専用の膜は開発されておらず、海水淡水化に使用される中空系型逆浸透膜を便宜的に使用しているに過ぎない。その結果、得られる正浸透圧エネルギーも当初の予想に反して十分でなく、発電効率も満足できるものではなかった。

[0004] この発明は、上記のような課題に鑑み、その課題を解決すべく創案されたものであって、その目的とするところは、濃縮海水に浸透膜を介してこれよ

りも濃度の薄い海水又は淡水などの希釈水を浸透させる場合に、或いは非濃縮の海洋の海水や自然界の海水に浸透膜を介して淡水などの希釈水を浸透させる場合に、浸透して得られる正浸透圧エネルギーを高め、正浸透圧発電においてその発電効率を高めることのできる中空系型正浸透膜を提供することにある。

### 課題を解決するための手段

[0005] 以上の課題を達成するために請求項 1 の発明は、濃縮海水に中空系の浸透膜を介してこれよりも濃度の薄い海水又は淡水などの希釈水を浸透させ、その正浸透圧エネルギーで濃縮海水側の流量を増加させ、増加した流量で発電する正浸透圧発電において使用される中空系の浸透膜の内径  $d$  と長さ  $L$  の最適条件の関係式を、 $d = 50 \sim 200 \mu\text{m}$ 、 $L = 0.5 \sim 2 \text{ m}$ 、浸透水量  $J = 3.42 \times 10^{-7} \sim 6.84 \times 10^{-7} \text{ m}^3/\text{秒}$  の範囲で、次の数 1 とした手段よりなるものである。

[0006] [数 1]

$$\frac{d}{L^{0.75} \cdot J^{0.5}} = 1.9 \times 10^5 \sim 2.2 \times 10^5$$

[0007] また、以上の課題を達成するために請求項 2 の発明は、非濃縮の海水に中空系の浸透膜を淡水などの希釈水を浸透させ、その正浸透圧エネルギーで海水側の流量を増加させ、増加した流量で発電する正浸透圧発電において使用される中空系の浸透膜の内径  $d$  と長さ  $L$  の最適条件の関係式を、 $d = 50 \sim 200 \mu\text{m}$ 、 $L = 0.5 \sim 2 \text{ m}$ 、浸透水量  $J = 1.7 \times 10^{-7} \sim 5.1 \times 10^{-7} \text{ m}^3/\text{秒}$  の範囲で、次の数 1 とした手段よりなるものである。

[0008]

[数 11]

$$\frac{d}{L^{0.75} \cdot J^{0.5}} = 1.0 \times 10^5 \sim 1.2 \times 10^5$$

### 発明の効果

[0009] 課題を解決するための手段よりなる請求項 1 の発明に係る中空系型正浸透膜によれば、濃縮海水にこの中空系型正浸透膜を介してこれよりも濃度の薄い海水又は淡水などの希釈水を浸透させることにより、浸透して得られる正浸透圧エネルギーを高めることができ、その高めた正浸透圧エネルギーで濃縮海水側の流量を増加させ、増加した流量でその発電効率を高めることができ、発電により生じた出力エネルギーから発電に費やされる消費エネルギーを差し引いて得られる純粋な正味エネルギーは消費エネルギーの数倍にもなるという極めて新規的有益なる効果を奏するものである。

[001 0] また、課題を解決するための手段よりなる請求項 2 の発明に係る中空系型正浸透膜によれば、非濃縮の海洋の海水や自然界の海水にこの中空系型正浸透膜を介して淡水などの希釈水を浸透させることにより、浸透して得られる正浸透圧エネルギーを高めることができ、その高めた正浸透圧エネルギーで海水側の流量を増加させ、増加した流量でその発電効率を高めることができ、発電により生じた出力エネルギーから発電に費やされる消費エネルギーを差し引いて得られる純粋な正味エネルギーは消費エネルギーの数倍にもなるという極めて新規的有益なる効果を奏するものである。

### 図面の簡単な説明

[001 1] [図 1] この発明を実施するための最良の形態 — 1 における内外厚が作用する圧肉円筒の説明図である。

[図 2] この発明を実施するための最良の形態 — 1 における引張試験の方法を示す説明図である。

[図 3] この発明を実施するための最良の形態 — 1 における伸びと重さの関係を

示す図である。

[図4] この発明を実施するための最良の形態—1における外直径と内直径の関係を示す図である。

[図5] この発明を実施するための最良の形態—1における正浸透圧発電の全体システム図である。

[図6] この発明を実施するための最良の形態—1における中空系1本当たりでの長さの変化における浸透流量を示す図で、図6(a)は中空系の途中で全て浸透してしまう場合、図6(b)は中空系全てで浸透した場合(戻り水あり)である。

[図7] この発明を実施するための最良の形態—1における微小長さでの浸透量の説明図である。

[図8] この発明を実施するための最良の形態—1における内直径とエレメント浸透量の関係を示す図である。

[図9] この発明を実施するための形態—1における多数の中空系1の束を内径が9インチと10インチの円筒体2の内部に隙間なく挿入したときの部分斜視図である。

[図10] この発明を実施するための最良の形態—1の9インチでの中空系0.5m長さで浸透水量」変化における全体効率 $\eta_{aLL}$ の変動を示す図である。

[図11] この発明を実施するための最良の形態—1の9インチでの中空系1m長さで浸透水量」変化における全体効率 $\eta_{aLL}$ の変動を示す図である。

[図12] この発明を実施するための最良の形態—1の9インチでの中空系1.5m長さで浸透水量」変化における全体効率 $\eta_{aLL}$ の変動を示す図である。

[図13] この発明を実施するための最良の形態—1の9インチでの中空系2m長さで浸透水量」変化における全体効率 $\eta_{aLL}$ の変動を示す図である。

[図14] この発明を実施するための最良の形態—1の10インチでの中空系0.5m長さで浸透水量」変化における全体効率 $\eta_{aLL}$ の変動を示す図である。

[図15] この発明を実施するための最良の形態—1の10インチでの中空系1m長さで浸透水量」変化における全体効率 $\eta_{aLL}$ の変動を示す図である。

[図16] この発明を実施するための最良の形態—1の10インチでの中空系1.5m長さで浸透水量」変化における全体効率 $\eta_{aLL}$ の変動を示す図である。

[図17] この発明を実施するための最良の形態—1の10インチでの中空系2m長さで浸透水量」変化における全体効率 $\eta_{aLL}$ の変動を示す図である。

[図18] この発明を実施するための最良の形態—1において中空系膜の長さが条件範囲内にあるときに 数1)のように最適条件パラメータが範囲内に収まることを示す図である。

[図19] この発明を実施するための最良の形態—2における内外厚が作用する圧肉円筒の説明図である。

[図20] この発明を実施するための最良の形態—2における引張試験の方法を示す説明図である。

[図21] この発明を実施するための最良の形態—2における伸びと重さの関係を示す図である。

[図22] この発明を実施するための最良の形態—2における外直径と内直径の関係を示す図である。

[図23] この発明を実施するための最良の形態—2における正浸透圧発電の全体システム図である。

[図24] この発明を実施するための最良の形態—2における中空系1本当たりでの長さの変化における浸透流量を示す図で、図24(a)は中空系の途中で全て浸透してしまう場合、図24(b)は中空系全てで浸透した場合(戻り水あり)である。

[図25] この発明を実施するための最良の形態—2における微小長さでの浸透量の説明図である。

[図26] この発明を実施するための最良の形態—2における内直径とエレメント浸透量の関係を示す図である。

[図27] この発明を実施するための最良の形態—2における多数の中空系1の束を内径が9インチと10インチの円筒体2の内部に隙間なく挿入したときの部分斜視図である。

[図28] この発明を実施するための最良の形態—2の9インチでの中空系0.5 m長さで浸透水量」変化における全体効率 $\eta_{aLL}$ の変動を示す図である。

[図29] この発明を実施するための最良の形態—2の9インチでの中空系1 m長さで浸透水量」変化における全体効率 $\eta_{aLL}$ の変動を示す図である。

[図30] この発明を実施するための最良の形態—2の9インチでの中空系1.5 m長さで浸透水量」変化における全体効率 $\eta_{aLL}$ の変動を示す図である。

[図31] この発明を実施するための最良の形態—2の9インチでの中空系2 m長さで浸透水量」変化における全体効率 $\eta_{aLL}$ の変動を示す図である。

[図32] この発明を実施するための最良の形態—2の10インチでの中空系0.5 m長さで浸透水量」変化における全体効率 $\eta_{aLL}$ の変動を示す図である。

[図33] この発明を実施するための最良の形態—2の10インチでの中空系1 m長さで浸透水量」変化における全体効率 $\eta_{aLL}$ の変動を示す図である。

[図34] この発明を実施するための最良の形態—2の10インチでの中空系1.5 m長さで浸透水量」変化における全体効率 $\eta_{aLL}$ の変動を示す図である。

[図35] この発明を実施するための最良の形態—2の10インチでの中空系2 m長さで浸透水量」変化における全体効率 $\eta_{aLL}$ の変動を示す図である。

[図36] この発明を実施するための最良の形態—2において中空系膜の長さが条件範囲内にあるときに 数11)のように最適条件パラメータが範囲内に収まることを示す図である。

## 符号の説明

- [001 2]            1        中空系  
                  2        円筒体

## 発明を実施するための最良の形態

[001 3]        発明を実施するための最良の形態—1)

以下、この発明の中空系型正浸透膜の最適条件の関係式が得られた経緯について具体的に説明する。

中空系型正浸透膜による正浸透圧発電を考えた場合に、現在使用されている中空系型逆浸透膜では最適な状況を得ることが難しい。そこで、次の評価

を行うことから正浸透圧発電に対する最適膜条件を見つけた。

(1) 中空系型正浸透膜の内径に対する最適厚み ; 逆浸透用は圧力8MPaで使用されるのに対して、正浸透圧発電では3MPaと半分以下の圧力で使用される。そのため、中空系型正浸透膜の厚みを薄くすることが可能と考えられる。膜が薄くなると、膜内部の濃度分極を抑えることができるために、効果が大きいと考えられる。

(2) システム効率の計算 ; 上述のように、正浸透圧発電への最適なパラメータを求めるにあたり、システム効率を算出することが必要となる。これにより、実用的な正浸透圧発電の評価が可能となる。

(3) 中空系型正浸透膜内径変化におけるエレメント浸透量変化の理論計算 ; 中空系型逆浸透膜では、塩水側の高い圧力によって、中空系内に真水が出てくる。一方、正浸透圧発電の場合は、中空系内を流れる真水が海水側へ浸透するため、真水の流量によっては中空系の途中で真水がなくなることと考えられる。また、中空系内に十分な真水を流すと、発電効率の点から大きな損失となる。したがって、正浸透圧発電に最適な中空系型正浸透膜の真水側流動の条件を明らかにすることが必要である。

(4) 以上の評価を元に、最適の中空系型正浸透膜のパラメータ条件を求めた。

[0014] (1) 中空系型正浸透膜の内径に対する最適厚み

現在逆浸透用の中空系を使用している。この場合、中空系は圧力8MPaで使用しても破損しない厚み設計がおこなわれている。一方、正浸透圧発電では、これまでの実験から最適圧力が3MPaであり、耐圧が半分以下で十分である。この場合の中空系の最適厚みの計算を以下の手順で行う。

- 1) 中空系に発生する応力の理論計算。
- 2) 中空系の降伏応力の評価試験。
- 3) 安全率をもとに正浸透圧発電に使用する時の最適厚み。

[001 5] 1) 中空系に発生する応力の理論計算

図1に示す中空系に働く内圧と外圧から発生する周方向の応力は、次の〔

数 2 ) で表すことができる。

[001 6] [数2]

外圧  $P_o$ 、内圧  $P_i$ 、内半径  $a$ 、外半径  $b$

半径方向応力  $\sigma_r$ 、円周方向応力  $\sigma_\theta$ 、軸方向応力  $\sigma_z$  とすると

才本明秀、平野貞三、今井康文、著 "材料力学" 戸108～110より

$$\sigma_r = \frac{1}{b^2 - a^2} \left\{ p_i \cdot a^2 \left( 1 - \frac{b^2}{r^2} \right) - p_o \cdot b^2 \left( 1 - \frac{a^2}{r^2} \right) \right\}$$

$$\sigma_\theta = \frac{1}{b^2 - a^2} \left\{ p_i \cdot a^2 \left( 1 + \frac{b^2}{r^2} \right) - p_o \cdot b^2 \left( 1 + \frac{a^2}{r^2} \right) \right\} \cdot \cdot \cdot \cdot (1)$$

$$\sigma_z = 2\nu \frac{p_i \cdot a^2 - p_o \cdot b^2}{b^2 - a^2} + E \varepsilon_z = \nu(\sigma_r + \sigma_\theta) + E \varepsilon_z$$

[001 7] 今の中空系の状態として両端が開放されていると考えることができるので  $\sigma_z=0$  になる。また、 $P_o \gg P_i$  なので、 $|\sigma_r| < |\sigma_\theta|$  となる。このことより、 $\sigma_\theta$  が加わる応力の最大である。

[001 8] 2) 中空系の降伏応力の評価試験

上述の応力に対して、塑性変形が起こらない厚みが必要である。そこで、実験により降伏点をもとめ、それから最適厚みを考える。

#### 実験方法

図 2 のような引張試験をおこなって降伏応力を求めた。まず、重りを吊るしていない状態での位置を零点とし、スケールに記す。次に重り 5g を吊るし零点からの伸びをスケールで確認しその後、重りを取り除いて零点に戻るかどうかを確認する。同様に 10g、15g、 $\cdot \cdot \cdot$  40g と次第に大きくし塑性変形が始まる重さを 3 回の実験において調べた。その実験結果 (伸びと重さの関係) を図 3 に示す。

勾配が急に变化する荷重で塑性変形を仮定した。図 3 から 2 回目と 3 回目において近い値を示したので 30g を塑性変形の開始荷重とした。断面積  $A$ 、荷重  $F$  とすると、次の 数 3 ) から、降伏応力がもともと、ナイロンなどと同程度の値であることがわかる。

[001 9] [数3]

$$\text{降伏応力} \sigma_y : \frac{F}{A} = \frac{30 \cdot 10^{-3} \cdot 9}{\frac{\pi}{4}(d_o^2 - d_i^2)} = 35.7 [\text{MPa}] \quad \cdots (2)$$

$$(\text{ナイロンビア} = 40 [\text{MPa}])$$

[0020] 3) 安全率をもとに正浸透圧発電に使用する時の最適厚み

今、使用している中空系は外圧 8 MPa で使用しても破損しないような厚み設計がおこなわれている。1) の結果の中空系の理論応力  $\sigma_\theta$  (1) 式において使用されている中空系のスペック、外半径  $b=55 [\mu\text{m}]$ 、外圧  $p_o=8 [\text{MPa}]$ 、内圧  $p_i=20 [\text{kPa}]$  を用い、応力最大位置  $r=a$  として 2) の結果の降伏応力  $\sigma_y$  (2) 式との破断しない条件  $\sigma_\theta < \sigma_y$  を満たす理論内半径  $a$  を求めると  $a=40 [\mu\text{m}]$  であった。

これより、理論厚み  $t' = b - a = 55 - 40 = 15 [\mu\text{m}]$  である。しかし実際には安全率を考え厚くなっている。そこで、実際の厚み  $t=35 [\mu\text{m}]$  により、

$$\text{安全率} = s = 35 / 15 = 2.333 \cdots = 2.5 \text{ となる。}$$

中空系が実際に使用される環境としては外圧 3MPa 程度なので条件を外圧 3MPa にし、上記で求めた安全率を適用し安全率を適用した厚みを予想する。(1) 式において外圧  $p_o=3 \text{MPa}$  のみを変更し同様に計算すると理論内半径  $a=50 [\mu\text{m}]$  となり厚み  $t' = 55 - 50 = 5 [\mu\text{m}]$  になる。安全率を考慮して  $t = s \cdot t' = 2.5 \times 5 = 12.5 [\mu\text{m}]$  である。(外半径基準)

これらを元に、安全率を考慮した厚みの内直径との関係は次のようになる。

$$t = 0.118 d_o + 2 \times 10^{-6} \cdots \cdots (3)$$

また、厚みは

$$d_0 - d_i = 2t \quad \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot (4)$$

であるので、 (3) 式から

$$d_i = (d_0 - 4 \times 10^{-6}) / 1.236 \quad \cdot \cdot \cdot (5)$$

と変形でき、 (5) 式より外直径と内直径の関係が出る。図4にその結果を示す。

[0021] (2) システム効率の計算

ここでは中空糸型正浸透膜単体ではなく図5に示す正浸透圧発電システムの全体についての効率を考える。図5における各符号の意味を 数4) に示す。また、システム効率の計算を 数5) 及び 数6) に示す。なお、 数5) の動力回収装置は図5の符号の「PX」のことである。

[0022] [数4]

|                     |                     |
|---------------------|---------------------|
| 海水側ポンプ動力 : $E_s$    | 真水側ポンプ動力 : $E_w$    |
| 海水側ポンプ効率 : $\eta_s$ | 真水側ポンプ効率 : $\eta_w$ |
| 海水側ポンプ圧力 : $P_s$    | 真水側ポンプ圧力 : $P_w$    |
| 海水側ポンプ圧縮流量 : $Q_s$  | 真水側ポンプ圧縮流量 : $Q_w$  |
| タービンに流れる流量 : $Q_m$  | 浸透量 : $Q'_w$        |
| タービン出力 : $E_t$      |                     |
| タービン効率 : $\eta_t$   |                     |
| 動力回収装置効率 : $\eta_x$ |                     |
| 動力回収装置通過後圧力 : $P_p$ |                     |

[0023]

[数 5]

出力  $E_i = \eta_i \cdot P_i \cdot Q_m$

動力  $E_s = \frac{(P_s - P_p)Q_s}{\eta_s}$

$$E_w = \frac{P_w \cdot Q_w}{\eta_w}$$

流量  $Q_m = (Q_s + Q'_w) - Q_p$

ユニット内ロス  $P_p = kP_s$

上の式より正味出力  $E_n = E_i - (E_s + E_w)$

$$= \eta_i \cdot P_i \cdot Q_m - \left( \frac{(P_s - P_p)Q_s}{\eta_s} + \frac{P_w \cdot Q_w}{\eta_w} \right)$$

$$= \eta_i \cdot k_i^{D(i)} (Q_s + Q'_w - Q_p) - \left( \frac{(P_s - P_p)Q_s}{\eta_s} + \frac{P_w \cdot Q_w}{\eta_w} \right)$$

動力回収装置では、 $Q_p = hQ_s$  ( $h \equiv 1$ )  $P_p = \gamma_X$  の条件が必要である。

$$\text{よ} \text{り} E_n = \eta_i \cdot kP_s (Q'_w + (1 - h)Q_s) - \frac{1 - k\eta_X}{\eta_s} P_s Q_s - \frac{P_w \cdot Q_w}{\eta_w}$$

[0024]

[数6]

真水が海水に浸透する割合を浸透率 $\zeta$  ( $\zeta > x$ )とすると真水側の入口と出口の流量は  
 $Q'_w = Q_w \zeta$ となる。

また、海水側に加える圧力と真水側に加える圧力の比を $\gamma$  ( $\gamma > 1$ )とすると

$$\frac{P_w}{P_s} = \gamma \quad \text{とおける。}$$

海水側と真水側の入口の流量の比を $z$  ( $z > 1$ )とすると

$$\frac{Q_w}{Q_s} = z \quad \text{とおける。}$$

これより

$$\begin{aligned} E_n &= \gamma P_s \{ (1-h)Q_s + \zeta z Q_s \} - \left( \frac{1-k\eta_x}{\eta_s} P_s Q_s + \frac{\gamma z}{\eta_w} P_s Q_s \right) \\ &= \left\{ \gamma \{ (1-h) + \zeta z \} - \frac{1-k\eta_x}{\eta_s} - \frac{\gamma z}{\eta_w} \right\} P_s Q_s \end{aligned}$$

よって全体効率は

$$\eta_{all} = \frac{E_n}{E_s + E_w} = \frac{\left\{ \gamma \{ (1-h) + \zeta z \} - \frac{1-k\eta_x}{\eta_s} - \frac{\gamma z}{\eta_w} \right\} P_s Q_s}{\left( \frac{1-k\eta_x}{\eta_s} + \frac{\gamma z}{\eta_w} \right) P_s Q_s} \quad \cdots (6)$$

[0025] この (6) 式の全体効率  $\eta_{all}$  は、出力エネルギーから消費エネルギーを差し引いて得られた正味エネルギーを、消費エネルギーで割ったものである。出力エネルギーは正浸透圧発電において発電により生じたエネルギーである。消費エネルギーは正浸透圧発電において発電をするために費やされたエネルギーである。

[0026] (3) 中空系内径変化におけるエレメント浸透量変化の理論計算

図6に中空系1本当たりでの長さの変化における浸透流量を示す。ここで (a) は中空系の途中で全て浸透してしまう場合。(b) は中空系全てで浸透した場合 (戻り水あり) である。

中空系の長さを  $L$  m とした場合に  $L$  m に達するまでに浸透してしまう場合、図6 (a) と中空系の全てを使って浸透する場合、図6 (b) の2ケースを考える。

[0027] 図 6 (a) の中空系の途中で全て浸透してしまう場合について、図 7 を参照しながら 数 7 ) ～ 数 9 ) にその理論計算内容を示す。

[0028] [数 7]

図 7(a) の直線の式は  $q(l) = -\frac{q_0}{a}l + q_0$  . . . (7) とおける

微小長さ  $dl$  での浸透量  $L = J \times dl \times \pi d_i [m^3 / s]$

$$q = \left( q + \frac{dq}{dl} dl \right) + L$$

$$0 = \frac{dq}{dl} dl + (J \times dl \times \pi d_i)$$

$$\frac{dq}{dl} = -J \cdot \pi d_i$$

$$q(l) = -J \pi d_i \cdot l + q_0^* \quad \dots (8)$$

(注)  $d_i$ : 中空系内径を代表に取る。

$$\text{式 (7) (8) より} \quad -\frac{q_0}{a} = -\pi d_i J \quad \therefore a = \frac{q_0}{\pi d_i J}$$

[0029]

[数8]

また、中空系の距離。までの摩擦損失は

$$\text{圧損ヘッド} \quad \Delta h = \lambda \frac{l}{d_i} \cdot \frac{V^2}{2g} \quad ,$$

$$\text{層流の管摩擦係数} \quad \lambda = \frac{64}{\text{Re}} \quad ,$$

$$\text{レイノルズ数} \quad \text{Re} = \frac{V \cdot d_i}{\nu}$$

$$\text{より圧損ヘッド} \quad \Delta h = \frac{32 \cdot l \cdot \nu \cdot V}{d_i^2 g} \quad \text{と変形できる。}$$

$$\text{よって圧損} \quad p = \rho g \Delta h = \frac{128 \cdot l \cdot \nu \cdot \rho}{\pi \cdot d_i^4} q \quad \left( \Theta \nu = \frac{q}{\frac{\pi}{4} d_i^2} \right)$$

$$dp = \frac{128 \cdot \nu \cdot \rho}{\pi \cdot d_i^4} q \cdot dl$$

$$\begin{aligned} \text{以上より} \quad \Delta p &= \int_0^a \frac{128 \cdot \frac{\mu}{\rho} \cdot \rho}{\pi \cdot d_i^4} q \cdot dl = \frac{128 \mu}{\pi d_i^4} \int_0^a (-\pi J d_i \cdot l + q_0) dl \\ &= \frac{128 \mu}{\pi d_i^4} \left\{ -\frac{\pi J d_i}{2} a^2 + q_0 a \right\} \\ &= \frac{128 \mu}{\pi d_i^4} \cdot \frac{q_0^2}{2 \pi d_i J} = \frac{64 \mu}{\pi^2 d_i^5 J} q_0^2 \end{aligned}$$

[0030] [数9]

よって1本当たりの浸透量およびエレメント全体の浸透量は、

$$q_0 = \sqrt{\frac{\pi^2 J d_i^5 \Delta p}{64 \mu}} = \frac{\pi d_i^2}{8} \sqrt{\frac{J \Delta p}{\mu}} \quad , \quad Q = N \cdot q_0 = \frac{A}{d_o^2} \alpha \cdot \frac{\pi d_i^{2.5}}{8} \sqrt{\frac{J \Delta p}{\mu}} \quad \cdot \quad (9)$$

[0031] 図 6 (b) の中空系全てで浸透した場合 (戻り水あり) について、 数 10 ) にその理論計算内容を示す。

[0032] [数 10]

中空系 1 本当りの浸透量は内表面積  $\pi \cdot d_i \cdot l$  に単位面積当たりの

浸透量  $J$  を乗算したもので  $q_0 = \pi \cdot d_i \cdot l \cdot J$  と表される。

このことより、エレメント浸透量は

$$Q = N \cdot q_0 = \frac{A}{d_o^2} \alpha \cdot q_0 = \frac{A}{d_o^2} \alpha \cdot \pi \cdot d_i \cdot l \cdot J \quad (10)$$

と表すことができ圧力に関係せず内外直径のみによって変化する。

$N$  : 中空系の本数

$A$  : モジュール断面積

$d_o$  : 中空系の外径

$\alpha$  : 中空系の本数有効率

$d_i$  : 中空系の内径

$J$  : 単位面積当たりの浸透量

本多武夫 , 著 " 日本海水学会誌 第 44 巻 第 6 号 ( 1990 ) "

の  $J=3.426 \times 10^{-6}[\text{m/s}]$  を用いて ( 9 ) ( 10 ) [  $J = 1 \text{ m}$  とし ] 式より

図 8 が書ける。

[0033] ( 4 ) 最適の中空系型正浸透膜のパラメータ条件

前記 ( 1 ) ~ ( 3 ) の結果を利用し中空系型正浸透膜の最適条件を求める

。

ユニット内効率  $k=P_t/P_s=0.95$

動力回収装置の効率  $\eta_x=P_p/P_s=0.9$

動力回収装置の流量率  $h=Q_p/Q_s=0.9$

海水側ポンプ効率  $\eta_s=0.85$

真水側ポンプ効率  $\eta_w=0.85$

タービンポンプ効率  $\eta_t = 0.85$

とする。

図 9 に図示するように、多数の中空系 1 の束を内径が 9 インチと 10 インチの円筒体 2 の内部に隙間なく挿入して求める。また、このときの 9 インチと 10 インチの各条件を次の 表 1 ) 表 2 ) に示す。そして 表 1 ) 表 2 ) の条件下において前記 (6) 式の中空系長さ」と単位面積当たりの浸透量」を変化させて、全体効率  $\eta_{aLL}$  を求める。なお、中空系 1 の膜エレメントとしては東洋紡績株式会社製の HD 10155E I を使用した。

[0034] [表 1]

| 表 1 . 9 インチ               |       |       |
|---------------------------|-------|-------|
| 会社からの (下水) データ 9 インチ 4 方口 |       |       |
| 2009/5.19                 |       |       |
| ポンプ効率 $\eta_s =$          | 0.9   |       |
| $\eta_w$                  | 0.85  |       |
| 真水流量 $Q_w =$              | 10.5  | l/min |
| 浸透水流量 $Q'w =$             | 10.5  | l/min |
| 戻り水                       | 0     |       |
| 真水側圧力 $P_w =$             | 500   | kPa   |
| 濃縮海水流量 $Q_s =$            | 19.69 | l/min |
| 濃縮海水圧力 $P_s =$            | 3     | Mpa   |
| 混合水流量 $Q_s + Q'w =$       | 30.44 | l/min |
| エレメント出口圧力 $P_t =$         | 2.53  | Mpa   |

[0035]

[表2]

表 2 . 10 インチ

会社からの (下水) データ 10 インチ 4 方口

2009/10.17

|                              |       |       |
|------------------------------|-------|-------|
| ポンプ効率 $\eta_s$ =             | 0.9   |       |
| $\eta_w$                     | 0.85  |       |
| 真水流量 $Q_w$ =                 | 10.99 | l/min |
| 浸透水流量 $Q'_w$ =               | 10.18 | l/min |
| 戻り水                          | 0.81  | l/min |
| 真水側圧力 $P_w$ =                | 500   | kPa   |
| 濃縮海水流量 $Q_s$ =               | 19.76 | l/min |
| 濃縮 $\frac{3}{4}$ 水圧力 $P_s$ = | 3     | Mpa   |
| 混合水流量 $Q_s + GT_w$ =         | 29.94 | l/min |
| エレメント出口圧力 $P_t$ =            | 2.5   | Mpa   |

[0036] 9 インチの円筒体に中空系の束を挿入して得られたときの全体効率  $\eta_{aLL}$  を表 3 ) ~ 表 6 ) と図 10 ~ 図 13 に示す。前述したように、この全体効率  $\eta_{aLL}$  は、正浸透圧発電において発電により生じた出力エネルギーから、発電をするために費やされた消費エネルギーを差し引いて得られた純粋の正味エネルギーを、消費エネルギーで割ったものである。例えば、全体効率  $\eta_{aLL}$  が 3 倍とは、純粋の正味エネルギーが消費エネルギーの 3 倍という意味である。

[0037]

[表3]

9 インチ  
J=0.5m のとき

表 3. 9 インチ J=0.5m のときの  $\eta_{all}$ 

| di/J (率) | 0.1      | 0.5      | 1        | 1.5      | 2        | 2.5      | 3        |
|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| 50       | -0.37945 | 0.716485 | 1.061041 | 0.888566 | 0.631998 | 0.404132 | 0.219663 |
| 70       | -0.47188 | 0.534798 | 1.405177 | 1.803952 | 1.877579 | 1.781958 | 1.616068 |
| 90       | -0.52793 | 0.315553 | 1.230009 | 1.917013 | 2.364482 | 2.607023 | 2.696403 |
| 110      | -0.56511 | 0.146938 | 0.98011  | 1.710367 | 2.311969 | 2.777302 | 3.113179 |
| 130      | -0.59151 | 0.021047 | 0.76059  | 1.450783 | 2.074472 | 2.620337 | 3.083    |
| 150      | -0.6112  | -0.07489 | 0.582207 | 1.213776 | 1.809712 | 2.361839 | 2.864192 |
| 170      | -0.62644 | -0.14994 | 0.438367 | 1.012519 | 1.566564 | 2.095244 | 2.594139 |
| 190      | -0.63859 | -0.21009 | 0.321238 | 0.844236 | 1.355297 | 1.851086 | 2.328604 |
| 210      | -0.6485  | -0.2593  | 0.224527 | 0.703205 | 1.174469 | 1.636167 | 2.086299 |

[0038] [表4]

J=1m のとき

表 4. 9 インチ J=1m のときの  $\eta_{all}$ 

| di/J (率) | 0.1      | 0.5      | 1        | 1.5      | 2        | 2.5      | 3        |
|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| 50       | -0.07054 | 0.390997 | -0.08726 | -0.35577 | -0.50736 | -0.60255 | -0.6674  |
| 70       | -0.211   | 1.003721 | 0.917678 | 0.545427 | 0.249649 | 0.036593 | -0.11888 |
| 90       | -0.31417 | 1.054322 | 1.644541 | 1.536974 | 1.252181 | 0.969113 | 0.72772  |
| 110      | -0.386   | 0.902646 | 1.892223 | 2.222487 | 2.178098 | 1.980206 | 1.740403 |
| 130      | -0.43789 | 0.723571 | 1.844861 | 2.50485  | 2.779856 | 2.804552 | 2.691394 |
| 150      | -0.47688 | 0.562967 | 1.682335 | 2.51016  | 3.035861 | 3.308432 | 3.396178 |
| 170      | -0.50719 | 0.427609 | 1.493082 | 2.378075 | 3.050792 | 3.515872 | 3.800958 |
| 190      | -0.53139 | 0.314847 | 1.311005 | 2.194089 | 2.933661 | 3.518542 | 3.953555 |
| 210      | -0.55116 | 0.220532 | 1.146637 | 2.000174 | 2.757175 | 3.403455 | 3.934294 |

[0039]

[ 表 5 ]

l=1.5m のとき表 5. 9 インチ  $j=1.5111$  のときの  $\eta_{a11}$ 

|     | 0.1       | 0.5       | 1          | 1.5       | 2         | 2.5       | 3          |
|-----|-----------|-----------|------------|-----------|-----------|-----------|------------|
| 50  | 0.095828  | -0.1 9737 | -0.56228   | -0.70405  | -0.7771 7 | -0.821 5  | -0.851 19  |
| 70  | 0.01 1743 | 0.629237  | 0.096627   | -0.22041  | -0.4021 2 | -0.51 695 | -0.59541   |
| 90  | -0.1 1298 | 1.164477  | 0.931 2 19 | 0.509342  | 0.203697  | -0.00855  | -0.1 6061  |
| 110 | -0.21 194 | 1.307992  | 1.648882   | 1.347299  | 0.99053   | 0.694386  | 0.46241 2  |
| 130 | -0.28661  | 1.239952  | 2.0701 23  | 2.088741  | 1.825996  | 1.51 7642 | 1.235763   |
| 150 | -0.34378  | 1.099249  | 2.21 5555  | 2.596381  | 2.5554    | 2.33941 9 | 2.0741 72  |
| 170 | -0.38862  | 0.9471 12 | 2.1 8651 6 | 2.85466   | 3.079948  | 3.040942  | 2.870403   |
| 190 | -0.42461  | 0.804989  | 2.070024   | 2.921 595 | 3.383284  | 3.553007  | 3.534263   |
| 210 | -0.45407  | 0.678582  | 1.91 8725  | 2.867653  | 3.503681  | 3.866098  | 4.01 9 171 |

[0040] [ 表 6 ]

l=2m のとき表 6. 9 インチ  $j=2m$  のときの  $\eta_{all}$ 

|     | 0.1       | 0.5       | 1         | 1.5        | 2         | 2.5       | 3         |
|-----|-----------|-----------|-----------|------------|-----------|-----------|-----------|
| 50  | 0.092958  | -0.51487  | -0.74961  | -0.83247   | -0.87429  | -0.89945  | -0.91 624 |
| 70  | 0.1 6823  | 0.1 50267 | -0.3385   | -0.54756   | -0.65792  | -0.72544  | -0.77086  |
| 90  | 0.0641 69 | 0.851964  | 0.287302  | -0.07643   | -0.2891 1 | -0.42462  | -0.51 759 |
| 110 | -0.04777  | 1.307369  | 1.01 664  | 0.562872   | 0.241 853 | 0.021 036 | -0.1 3642 |
| 130 | -0.1 3995 | 1.4751 56 | 1.675842  | 1.2893     | 0.905937  | 0.605954  | 0.377732  |
| 150 | -0.21 307 | 1.459349  | 2.1 40453 | 1.984591   | 1.633681  | 1.294339  | 1.008591  |
| 170 | -0.271 39 | 1.358058  | 2.388464  | 2.547225   | 2.334593  | 2.02365   | 1.71 6585 |
| 190 | -0.31 861 | 1.227238  | 2.465206  | 2.93076    | 2.92927   | 2.720481  | 2.444775  |
| 210 | -0.35749  | 1.093057  | 2.430921  | 3.1 421 94 | 3.373347  | 3.321 863 | 3.1 32023 |

[0041] 9 インチの円筒体に中空系の束を挿入して得られたときの全体効率  $\eta_{aLL}$  のうち、図 10 ～図 13 において各線の最高値をとる中空系の内径  $d_i$  とそのときの長さ  $l$  の比  $(d_i / l)$  を取り、有効な数字のみを表 7 に表す。

[0042]

[表7]

表 7. 9 インチ最大値における di と J との比(di/J)

| J (率) | 0.1      | 0.5  | 1        | 1.5      | 2   | 2.5 | 3   |
|-------|----------|------|----------|----------|-----|-----|-----|
| 0.5   |          |      | 144      | 166      | 190 | 220 | 234 |
| 1     |          | 80   | 119      | 140      | 160 | 176 | 195 |
| 1.5   | 33.33333 | 70   | 103.3333 | 125.3333 |     |     |     |
| 2     | 35       | 66.5 | 94       |          |     |     |     |

[0043] また 10 インチの円筒体に中空系の束を挿入して得られたときの全体効率  $\eta_3$  はを 表 8 ) ~ 表 11 ) と図 14 ~ 図 17 に示す。

[0044] [表8]

10 インチ  
J=0.5m のとき

表 8. 10 インチ J=0.5m のときの  $\eta_{all}$ 

|     | 0.1      | 0.5      | 1        | 1.5      | 2        | 2.5      | 3        |
|-----|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| 50  | -0.32308 | 0.917997 | 1.203178 | 0.956676 | 0.66138  | 0.41514  | 0.221821 |
| 70  | -0.43235 | 0.74676  | 1.700747 | 2.069595 | 2.07753  | 1.921332 | 1.709959 |
| 90  | -0.49885 | 0.497989 | 1.551169 | 2.30079  | 2.74793  | 2.953174 | 2.990579 |
| 110 | -0.54302 | 0.30104  | 1.276948 | 2.111365 | 2.773724 | 3.260535 | 3.587702 |
| 130 | -0.57438 | 0.152625 | 1.0249   | 1.828475 | 2.540721 | 3.148295 | 3.646826 |
| 150 | -0.59777 | 0.039101 | 0.816648 | 1.558473 | 2.250734 | 2.882766 | 3.447416 |
| 170 | -0.61589 | -0.04987 | 0.647442 | 1.324907 | 1.974226 | 2.588264 | 3.161257 |
| 190 | -0.63032 | -0.12124 | 0.509119 | 1.127795 | 1.729709 | 2.310245 | 2.865347 |
| 210 | -0.6421  | -0.17967 | 0.394656 | 0.961759 | 1.518432 | 2.061669 | 2.588709 |

[0045]

[表 9]

 $\lambda = 1 \text{ m}$  のとき表 9. 10 インチ  $\lambda = 1 \text{ m}$  のときの  $\eta_{all}$ 

|     | 0.1       | 0.5       | 1         | 1.5      | 2          | 2.5        | 3         |
|-----|-----------|-----------|-----------|----------|------------|------------|-----------|
| 50  | 0.034359  | 0.442055  | -0.08576  | -0.36016 | -0.51 2 17 | -0.60694   | -0.671 27 |
| 70  | -0.1 245  | 1.192945  | 0.98991 9 | 0.5659   | 0.252668   | 0.033451   | -0.1 2423 |
| 90  | -0.24548  | 1.31 6922 | 1.86037   | 1.654992 | 1.310441   | 0.9961 8 1 | 0.73861 1 |
| 110 | -0.33041  | 1.17 1489 | 2.226623  | 2.48931  | 2.359257   | 2.09591 9  | 1.81 2382 |
| 130 | -0.391 92 | 0.9741 27 | 2.232036  | 2.898428 | 3.1 1281   | 3.061 931  | 2.881 707 |
| 150 | -0.43821  | 0.790209  | 2.076692  | 2.974908 | 3.493666   | 3.71 6 18  | 3.738528  |
| 170 | -0.4742   | 0.632669  | 1.872988  | 2.867553 | 3.5841 25  | 4.041 993  | 4.287852  |
| 190 | -0.50295  | 0.500355  | 1.668439  | 2.680508 | 3.499647   | 4.1 1801 6 | 4.54974   |
| 210 | -0.52643  | 0.3891 91 | 1.479864  | 2.469612 | 3.327407   | 4.037576   | 4.598428  |

[0046] [表 10]

 $\lambda = 1.5 \text{ m}$  のとき表 10. 10 インチ  $\lambda = 1.5111$  のときの  $\eta_{all}$ 

|     | 0.1       | 0.5        | 1         | 1.5       | 2         | 2.5       | 3          |
|-----|-----------|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|
| 50  | 0.205429  | -0.1 951 2 | -0.5666   | -0.70758  | -0.77995  | -0.82376  | -0.85307   |
| 70  | 0.131 772 | 0.697675   | 0.10 1065 | -0.2247   | -0.40745  | -0.521 98 | -0.59994   |
| 90  | -0.0091 8 | 1.351 13 1 | 0.989227  | 0.522331  | 0.2031 54 | -0.01 341 | -0.1 6678  |
| 110 | -0.1 2463 | 1.579824   | 1.81 5274 | 1.41 9406 | 1.01 8862 | 0.703292  | 0.462391   |
| 130 | -0.21 263 | 1.543291   | 2.357658  | 2.266591  | 1.923795  | 1.5691 45 | 1.261 47   |
| 150 | -0.28027  | 1.401 749  | 2.5931 59 | 2.89925   | 2.7621 34 | 2.47221   | 2.1 5731 1 |
| 170 | -0.33342  | 1.234921   | 2.61 2575 | 3.266862  | 3.41 2676 | 3.28781 5 | 3.046564   |
| 190 | -0.3761 2 | 1.073685   | 2.51 2539 | 3.409659  | 3.831 603 | 3.926673  | 3.829721   |
| 210 | -0.41 11  | 0.927798   | 2.3581 66 | 3.398099  | 4.040437  | 4.357095  | 4.441 85   |

[0047]

[表 11]

 $l=2m$  のとき表 11. 10 インチ  $l=2m$  のときの  $\eta_{ALL}$ 

|     | 0.1      | 0.5      | 1        | 1.5      | 2        | 2.5      | 3        |
|-----|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| 50  | 0.172687 | -0.51867 | -0.75272 | -0.83462 | -0.87591 | -0.90074 | -0.9173  |
| 70  | 0.300325 | 0.165872 | -0.34279 | -0.55225 | -0.66188 | -0.72875 | -0.77366 |
| 90  | 0.194524 | 0.941041 | 0.29613  | -0.08014 | -0.29481 | -0.43026 | -0.52278 |
| 110 | 0.067657 | 1.501349 | 1.073273 | 0.574588 | 0.240498 | 0.015635 | -0.14298 |
| 130 | -0.03962 | 1.752161 | 1.821013 | 1.345084 | 0.924741 | 0.609486 | 0.374667 |
| 150 | -0.12557 | 1.779108 | 2.393551 | 2.119374 | 1.699004 | 1.324158 | 1.020227 |
| 170 | -0.19445 | 1.689869 | 2.738705 | 2.786058 | 2.477075 | 2.10496  | 1.761609 |
| 190 | -0.25036 | 1.553795 | 2.884855 | 3.278027 | 3.172882 | 2.880762 | 2.547492 |
| 210 | -0.29645 | 1.406167 | 2.890838 | 3.583593 | 3.72708  | 3.582752 | 3.317266 |

[0048] 10 インチの円筒体に中空系の束を挿入して得られたときの全体効率  $\eta_{ALL}$  のうち、図 14 ～図 17 において各線の最高値をとる中空系の内径  $d_i$  とそのときの長さ  $l$  の比 ( $d_i/l$ ) を取り、有効な数字のみを表 12 に表す。

[0049] [表 12]

表 12. 10 インチ最大値における  $d_i$  と  $l$  との比 ( $d_i/l$ )

| $d_i/l$ (率) | 0.1      | 0.5      | 1   | 1.5      | 2   | 2.5 | 3   |
|-------------|----------|----------|-----|----------|-----|-----|-----|
| 0.5         |          | 100      | 148 | 178      | 200 | 224 | 244 |
| 1           | 50       | 85       | 117 | 148      | 171 | 188 | 205 |
| 1.5         | 33.33333 | 78.66667 | 110 | 128.6667 |     |     |     |
| 2           | 35       | 74       | 100 |          |     |     |     |

[0050] 表 7、表 12 より

中空系の内径  $d$  を  $50\mu$  から  $200\mu$  まで変化させ、長さを  $0.5m$  から  $2m$  まで変化させ、浸透水量  $J$  を  $J_0 = 3.426 \times 10^{-7} m/s$  (at 3MPa) を基準にその 1 倍から 2 倍まで変化させて、最適内径 (効率最大) がある一定の値に収まる関係式は、次の (数 1) ようになる。

ただし、内径  $d$  は  $\mu m$ 、長さ  $L$  は  $m$  を取る。  $d = 50 \sim 200 \mu m$ 、 $L = 0.5 \sim 2m$ 。

$$J = 3.42 \times 10^{-7} \sim 6.84 \times 10^{-1/2}/s, \circ$$

[005 1] [数 1]

$$\frac{d}{L^{0.75} \cdot J^{0.5}} = 1.9 \times 10^5 \sim 2.2 \times 10^5$$

[0052] 図 18 は、 数 1) の長さ  $L$  を指定範囲のごとく  $L = 0.5 \sim 2 \text{ m}$  としたときのパラメータ値  $d / (L^{0.75} \cdot J^{0.5})$  を示しており、範囲内に収まっていることを示している。

[0053] 発明を実施するための最良の形態—2—

以下、この発明の中空系型正浸透膜の最適条件の関係式が得られた経緯について具体的に説明する。

中空系型正浸透膜による正浸透圧発電を考えた場合に、現在使用されている中空系型逆浸透膜では最適な状況を得ることが難しい。そこで、次の評価を行うことから正浸透圧発電に対する最適膜条件を見つけた。

(1) 中空系型正浸透膜の内径に対する最適厚み ; 逆浸透用は圧力 8MPa で使用されるのに対して、正浸透圧発電では 1.5MPa と 1/4 以下の圧力で使用される。そのため、中空系型正浸透膜の厚みを薄くすることが可能と考えられる。膜が薄くなると、膜内部の濃度分極を抑えることができるために、効果が大きいと考えられる。

(2) システム効率の計算 ; 上述のように、正浸透圧発電への最適なパラメータを求めるにあたり、システム効率を算出することが必要となる。これにより、実用的な正浸透圧発電の評価が可能となる。

(3) 中空系型正浸透膜内径変化におけるエレメント浸透量変化の理論計算 ; 中空系型逆浸透膜では、塩水側の高い圧力によって、中空系内に真水が出てくる。一方、正浸透圧発電の場合は、中空系内を流れる真水が海水側へ浸透するため、真水の流量によっては中空系の途中で真水がなくなること考えられる。また、中空系内に十分な真水を流すと、発電効率の点から大きな

損失となる。したがって、正浸透圧発電に最適な中空系型正浸透膜の真水側流動の条件を明らかにすることが必要である。

(4) 以上の評価を元に、最適の中空系型正浸透膜のパラメータ条件を求めた。

[0054] (1) 中空系型正浸透膜の内径に対する最適厚み

現在逆浸透用の中空系を使用している。この場合、中空系は圧力 8 MPa で使用しても破損しない厚み設計がおこなわれている。一方、正浸透圧発電では、これまでの実験から最適圧力が 1.5 MPa であり、耐圧が 1/4 以下で十分である。この場合の中空系の最適厚みの計算を以下の手順で行う。

- 1) 中空系に発生する応力の理論計算。
- 2) 中空系の降伏応力の評価試験。
- 3) 安全率をもとに正浸透圧発電に使用する時の最適厚み。

[0055] 1) 中空系に発生する応力の理論計算

図 19 に示す中空系に働く内圧と外圧から発生する周方向の応力は、次の数 12 ) で表すことができる。

[0056] [数 12]

外圧  $P_o$ 、内圧  $P_i$ 、内半径  $a$ 、外半径  $b$

半径方向応力  $\sigma_r$ 、円周方向応力  $\sigma_\theta$ 、軸方向応力  $\sigma_z$  とすると

才本明秀、平野貞三、今井康文、著 "材料力学" 戸 108 ~ 110 より

$$\sigma_r = \frac{1}{b^2 - a^2} \left\{ p_i \cdot a^2 \left( 1 - \frac{b^2}{r^2} \right) - p_o \cdot b^2 \left( 1 - \frac{a^2}{r^2} \right) \right\}$$

$$\sigma_\theta = \frac{1}{b^2 - a^2} \left\{ p_i \cdot a^2 \left( 1 + \frac{b^2}{r^2} \right) - p_o \cdot b^2 \left( 1 + \frac{a^2}{r^2} \right) \right\} \cdots \cdots (11)$$

$$\sigma_z = 2\nu \frac{p_i \cdot a^2 - p_o \cdot b^2}{b^2 - a^2} + E \varepsilon_z = \nu (\sigma_r + \sigma_\theta) + E \varepsilon_z$$

[0057] 今の中空系の状態として両端が開放されていると考えることができるので  $\sigma_z = 0$  になる。また、 $P_o > P_i$  なので、 $|\sigma_r| < |\sigma_\theta|$  となる。このことより、 $\sigma_\theta$  が加わる応力の最大である。

## [0058] 2) 中空系の降伏応力の評価試験

上述の応力に対して、塑性変形が起こらない厚みが必要である。そこで、実験により降伏点をもとめ、それから最適厚みを考える。

## 実験方法

図 20 のような引張試験をおこなって降伏応力を求めた。まず、重りを吊るしていない状態での位置を零点とし、スケールに記す。次に重り 5g を吊るし零点からの伸びをスケールで確認しその後、重りを取り除いて零点に戻るかどうかを確認する。同様に 10g、15g、・・・40g と次第に大きくし塑性変形が始まる重さを 3 回の実験において調べた。その実験結果（伸びと重さの関係）を図 21 に示す。

勾配が急に变化する荷重で塑性変形を仮定した。図 21 から 2 回目と 3 回目において近い値を示したので 30g を塑性変形の開始荷重とした。断面積 A、荷重 F とすると、次の数 13 ) から、降伏応力がもとなり、ナイロンなどと同程度の値であることがわかる。

[0059] [数 13]

$$\text{降伏応力 } \sigma_y = \frac{F}{A} = \frac{30,10^{-3} \cdot 9,8}{\frac{\pi}{4}(d_o^2 - d_i^2)} = 35.7[\text{MPa}] \cdots (12)$$

$$(\text{ナイロンびヌ} = 40[\text{MPa}])$$

## [0060] 3) 安全率をもとに正浸透圧発電に使用する時の最適厚み

今、使用している中空系は外圧 8 MPa で使用しても破損しないような厚み設計がおこなわれている。1) の結果の中空系の理論応力  $\sigma_\theta$  (11) 式において使用されている中空系のスペック、外半径  $b=55[\mu\text{m}]$ 、外圧  $p_o=8[\text{MPa}]$ 、内圧  $p_i=20[$

kPa] , を用い、応力最大位置  $r=a$  として2)の結果の降伏応力  $\sigma_y$  (12) 式との破断しない条件  $\sigma_e < \sigma_y$  を満たす理論内半径  $a$  を求めると  $a=40$  [  $\mu\text{m}$  ] であった。

これより、理論厚み  $t' = b - a = 55 - 40 = 15$  [  $\mu\text{m}$  ] である。しかし実際には安全率を考え厚くなっている。そこで、実際の厚み  $t=35$  [  $\mu\text{m}$  ] により、

安全率は  $s = 35 / 15 = 2.333 \dots = 2.5$  となる。

中空系が実際に使用される環境としては外圧 1.5MPa 程度なので条件を外圧 1.5MPa にし、上記で求めた安全率を適用し安全率を適用した厚みを予想する。

(11) 式において外圧  $p_o = 1.5\text{MPa}$  のみを変更し同様に計算すると理論内半径  $a=52.5$  [  $\mu\text{m}$  ] となり厚み  $t' = 55 - 52.5 = 2.5$  [  $\mu\text{m}$  ] になる。安全率を考慮して  $t = s \cdot t' = 2.5 \times 2.5 = 62.5$  [  $\mu\text{m}$  ] である。(外半径基準)

これらを元に、安全率を考慮した厚みの内直径との関係は次のようになる。

$$t = 0.048d_i + 0.98 \times 10^{-6} \dots \dots \dots (13)$$

また、厚みは

$$d_o - d_i = 2t \dots \dots \dots (14)$$

であるので、(13) 式から

$$d_i = (d_o - 1.96 \times 10^{-6}) / 1.096 \dots \dots \dots (15)$$

と変形でき、(15) 式より外直径と内直径の関係が出る。図 2 2 にその結果を示す。

#### [0061] (2) システム効率の計算

ここでは中空系型正浸透膜単体ではなく図 2 3 に示す正浸透圧発電システムの全体についての効率を考える。図 2 3 における各符号の意味を 数 1 4 ) に示す。また、システム効率の計算を 数 1 5 ) 及び 数 1 6 ) に示す。なお、 数 1 5 ) の動力回収装置は図 2 3 の符号の「PX」のことである。

#### [0062]

[数14]

|                        |                     |
|------------------------|---------------------|
| 海水側ポンプ動力 : $E_s$       | 真水側ポンプ動力 : $E_w$    |
| 海水側ポンプ効率 : $\eta_s$    | 真水側ポンプ効率 : $\eta_w$ |
| 海水側ポンプ圧力 : $P_s$       | 真水側ポンプ圧力 : $P_w$    |
| 海水側ポンプ圧縮流量 : $Q_s$     | 真水側ポンプ圧縮流量 : $Q_w$  |
| タービンに流れる流量 : $Q_m$     | 浸透量 : $Q'_w$        |
| タービン出力 : $E_t$         |                     |
| タービン効率 : $\eta_t$      |                     |
| 動力回収装置効率 : $\eta_\chi$ |                     |
| 動力回収装置通過後圧力 : $P_p$    |                     |

[0063] [数15]

$$\text{出力} \quad E_t = \eta_t \cdot P_t \cdot Q_m$$

$$\text{動力} \quad E_s = \frac{(P_s - P_p) Q_s}{\eta_s}$$

$$E_w = \frac{P_w \cdot Q_w}{\eta_w}$$

$$\text{流量} \quad Q_m = (Q_s + Q'_w) - Q_p$$

$$\text{ユニット内ロス} \quad P_t = k P_s$$

$$\text{上の式より正味出力} \quad E_n = E_t - (E_s + E_w)$$

$$= \eta_t \cdot k P_s \cdot \left[ (Q_s + Q'_w) - Q_p \right] - \left( \frac{(P_s - P_p) Q_s}{\eta_s} + \frac{P_w \cdot Q_w}{\eta_w} \right)$$

$$= \eta_t \cdot k P_s (Q_s + Q'_w - Q_p) - \left( \frac{P_s}{\eta_s} Q_s - \frac{P_w \cdot Q_w}{\eta_w} \right)$$

動力回収装置では、 $\beta_p = h Q_s$  で  $h < 1$  かつ  $P_p = \eta_\chi k P_s$  の条件が必要である。

$$\text{よって} E_n = \eta_t \cdot k P_s (Q'_w + (1 - h) Q_s) - \frac{1 - k \eta_\chi}{\eta_s} P_s Q_s - \frac{P_w \cdot Q_w}{\eta_w}$$

[0064]

[数16]

真水が海水に浸透する割合を浸透率 $\zeta$  ( $\zeta > x$ )とすると真水側の入口と出口の流量は $Q'_w = Q_w \zeta$ となる。

また、海水側に加える圧力と真水側に加える圧力の比を $\gamma$  ( $\gamma > 1$ )とすると

$$\frac{P_w}{P_s} = \gamma \quad \text{とおける。}$$

海水側と真水側の入口の流量の比を $z$  ( $z > 1$ )とすると

$$\frac{Q_w}{Q_s} = z \quad \text{とおける。}$$

これより

$$\begin{aligned} E_n &= \gamma P_s \{ (1-h)Q_s + \zeta z Q_s \} - \left( \frac{1-k\eta_x}{\eta_s} P_s Q_s + \frac{\gamma z}{\eta_w} P_s Q_s \right) \\ &= \left\{ \gamma \{ (1-h) + \zeta z \} - \frac{1-k\eta_x}{\eta_s} - \frac{\gamma z}{\eta_w} \right\} P_s Q_s \end{aligned}$$

よって全体効率は

$$\eta_{all} = \frac{E_n}{E_s + E_w} = \frac{\left\{ \gamma \{ (1-h) + \zeta z \} - \frac{1-k\eta_x}{\eta_s} - \frac{\gamma z}{\eta_w} \right\} P_s Q_s}{\left( \frac{1-k\eta_x}{\eta_s} + \frac{\gamma z}{\eta_w} \right) P_s Q_s} \quad \cdots (16)$$

[0065] この (16) 式の全体効率 $\eta_{all}$ は、出力エネルギーから消費エネルギーを差し引いて得られた正味エネルギーを、消費エネルギーで割ったものである。出力エネルギーは正浸透圧発電において発電により生じたエネルギーである。消費エネルギーは正浸透圧発電において発電をするために費やされたエネルギーである。

[0066] (3) 中空系内径変化におけるエレメント浸透量変化の理論計算

図24に中空系1本当たりでの長さの変化における浸透流量を示す。ここで (a) は中空系の途中で全て浸透してしまう場合。(b) は中空系全てで浸透した場合 (戻り水あり) である。

中空系の長さを $L$  mとした場合に $L$  mに達するまでに浸透してしまう場合、図24 (a) と中空系の全てを使って浸透する場合、図24 (b) の2ケースを考え

る。

[0067] 図 2 4 (a) の中空系の途中で全て浸透してしまう場合について、図 2 5 を参照しながら 数 1 7 ) ~ 数 1 9 ) にその理論計算内容を示す。

[0068] [数 17]

図 25(a)の直線の式は  $q(l) = -\frac{q_0}{a}l + q_0 \quad \dots (17)$  とおける

微小長さ  $dl$  での浸透量  $\Delta = J \times dl \times \pi d_i \quad [m^3 / s]$

$$q = \left( q + \frac{dq}{dl} dl \right) + L$$

$$0 = \frac{dq}{dl} dl + (J \times dl \times \pi d_i)$$

$$\frac{dq}{dl} = -J \cdot \pi d_i$$

$$q(l) = -J \pi d_i l + q_0 \quad \dots (18)$$

(注)  $d_i$ : 中空系内径を代表に取る。

$$\text{式 (17) (18) より } -\frac{q_0}{\alpha} = -\pi d_i J \quad \therefore \alpha = \frac{q_0}{\pi d_i J}$$

[0069]

[数 18]

また、中空系の距離  $a$  までの摩擦損失は

$$\text{圧損ヘッド} \quad \Delta h = \lambda \frac{l}{d_i} \cdot \frac{V^2}{2g} \quad ,$$

$$\text{層流の管摩擦係数} \quad \lambda = \frac{64}{\text{Re}} \quad ,$$

$$\text{レイノルズ数} \quad \text{Re} = \frac{V \cdot d_i}{\nu}$$

$$\text{より圧損ヘッド} \quad \Delta h = \frac{32 \cdot l \cdot \nu \cdot V}{d_i^2 g} \quad \text{と変形できる。}$$

$$\text{よって圧損} \quad p = \rho g \Delta h = \frac{128 \cdot l \cdot \nu \cdot \rho}{\pi \cdot d_i^4} q \quad \left( \Theta \nu = \frac{q}{\frac{\pi}{4} d_i^2} \right)$$

$$dp = \frac{128 \cdot \nu \cdot \rho}{\pi \cdot d_i^4} q \cdot dl$$

$$\begin{aligned} \text{以上より} \quad \Delta p &= \int_0^a \frac{128 \cdot \frac{\mu}{\rho} \cdot \rho}{\pi \cdot d_i^4} q \cdot dl = \frac{128 \mu}{\pi d_i^4} \int_0^a (-\pi J d_i \cdot l + q_0) dl \\ &= \frac{128 \mu}{\pi d_i^4} \left\{ -\frac{\pi J d_i}{2} a^2 + q_0 a \right\} \\ &= \frac{128 \mu}{\pi d_i^4} \cdot \frac{q_0^2}{2 \pi d_i J} = \frac{64 \mu}{\pi^2 d_i^5 J} q_0^2 \end{aligned}$$

[0070] [数 19]

よって、本当たりの浸透量およびエレメント全体の浸透量は、

$$q_0 = \sqrt{\frac{\pi^2 J d_i^5 \Delta p}{64 \mu}} = \frac{\pi \alpha_i^{2.5}}{8} \sqrt{\frac{J \Delta p}{\mu}} \quad , \quad Q = N \cdot q_0 = \frac{A}{d_o^2} \alpha \cdot \frac{\pi d_i^{2.5}}{8} \sqrt{\frac{J \Delta p}{\mu}} \quad \cdot \quad (19)$$

[0071] 図 2 4 (b) の中空系全てで浸透した場合 (戻り水あり) について、 数 2 0 ]  
にその理論計算内容を示す。

[0072] [数20]

中空系 1 本当りの浸透量は内表面積  $\pi \cdot d_i \cdot l$  に単位面積当たりの

浸透量  $J$  を乗算したもので  $q_0 = \pi \cdot d_i \cdot l \cdot J$  と表される。

このことより、エレメント浸透量は

$$Q = N \cdot q_0 = \frac{A}{d_o^2} \cdot q_0 = \frac{A}{d_o^2} \alpha \cdot \pi \cdot d_i \cdot l \cdot J \quad (20)$$

と表すことができ圧力に関係せず内外直径のみによって変化する。

$N$  : 中空系の本数

$A$  : モジュール断面積

$d_o$  : 中空系の外径

$\alpha$  : 中空系の本数有効率

$d_i$  : 中空系の内径

$J$  : 単位面積当たりの浸透量

本多武夫, 著 "日本海水学会誌 第 4 4 巻 第 6 号 (1990)" を参考に  
実際の逆浸透での浸透量を考慮し、浸透量  $J=1.713 \times 10^{-7} [\text{m/s}]$  とした。浸透量  
 $J=1.713 \times 10^{-7} [\text{m/s}]$  を用いて (19) (20) [  $l = 1 \text{m}$  とし] 式より図 2 6 が書ける。

[0073] (4) 最適の中空系型正浸透膜のパラメータ条件

前記 (1) ~ (3) の結果を利用し中空系型正浸透膜の最適条件を求める。  
。

ユニット内効率  $k = P_t / P_s = 0.95$

動力回収装置の効率  $\eta_x = P_p / P_s = 0.9$

動力回収装置の流量率  $h = Q_p / Q_s = 0.9$

海水側ポンプ効率  $\eta_s = 0.85$

真水側ポンプ効率  $\eta_w = 0.85$

タービンポンプ効率  $\eta_t = 0.85$

とする。

図 27 に図示するように、多数の中空系 1 の束を内径が 9 インチと 10 インチの円筒体 2 の内部に隙間なく挿入して求める。また、このときの 9 インチと 10 インチの各条件を次の 表 13 ) 表 14 ) に示す。そして 表 13 ) 表 14 ) の条件下において前記 (16) 式の中空系長さ」と単位面積当たりの浸透量」を変化させて、全体効率  $\eta_{aLL}$  を求める。なお、中空系 1 の膜エレメントとしては東洋紡績株式会社製の HD 10 155 E I を使用した。

[0074] [表 13]

表 13. 9 インチ

9 インチ 4 方口

« 綸海水データからの推定値

|                      |             |
|----------------------|-------------|
| ポンプ効率 $\eta_s$ =     | 0.9         |
| $\eta_w$             | 0.85        |
| 真水流量 $Q_w$ =         | 5.25 l/min  |
| 浸透水流量 $Q'_w$ =       | 5.25 l/min  |
| 展り水                  | 0           |
| 真水側圧力 $P_w$ =        | 500 kPa     |
| 濃縮海水流量 $Q_s$ =       | 19.69 l/min |
| 濃縮海水圧力 $P_s$ =       | 1.5 Mpa     |
| 混合水流量 $Q_s + Q'_w$ = | 24.94 l/min |
| エレメント出口圧力 $P_t$ =    | 1.25 Mpa    |

[0075] [表 14]

表 14. 10 インチ

10 インチ 4 方口

濃縮海水データからの推定値

|                      |             |
|----------------------|-------------|
| ポンプ効率 $\eta_s$ =     | 0.9         |
| $\eta_w$             | 0.85        |
| 真水流量 $Q_w$ =         | 5.5 l/min   |
| 浸透水流量 $Q'_w$ =       | 5.1 l/min   |
| 展り水                  | 0.4 l/min   |
| 真水側圧力 $P_w$ =        | 500 kPa     |
| 濃縮海水流量 $Q_s$ =       | 19.76 l/min |
| 濃縮海水圧力 $P_s$ =       | 1.5 Mpa     |
| 混合水流量 $Q_s + Q'_w$ = | 24.86 l/min |
| エレメント出口圧力 $P_t$ =    | 1.25 Mpa    |

[0076] 9 インチの円筒体に中空系の束を挿入して得られたときの全体効率  $\eta_{all}$  を表 15 ) ~ 表 18 ) と図 28 ~ 図 31 に示す。前述したように、この全体効率  $\eta_{all}$  は、正浸透圧発電において発電により生じた出力エネルギーから、発電をするために費やされた消費エネルギーを差し引いて得られた純粋の正味エネルギーを、消費エネルギーで割ったものである。例えば、全体効率  $\eta_{all}$  が 3 倍とは、純粋の正味エネルギーが消費エネルギーの 3 倍という意味である。

[0077] [表 15]

9 インチ

J=0.5m のとき

表 15. 9 インチ  $l=0.5m$  のときの  $\eta_{all}$

| di/J (率) | 0.1      | 0.5      | 1        | 1.5      | 2        | 2.5     | 3       |
|----------|----------|----------|----------|----------|----------|---------|---------|
| 50       | -0.44005 | -0.09733 | 0.31601  | 0.70303  | 1.05545  | 1.36752 | 1.63614 |
| 70       | -0.46253 | -0.20696 | 0.10917  | 0.41946  | 0.72174  | 1.01403 | 1.29456 |
| 90       | -0.47577 | -0.27260 | -0.01971 | 0.23135  | 0.47987  | 0.72521 | 0.96674 |
| 110      | -0.48449 | -0.31600 | -0.10583 | 0.10360  | 0.31205  | 0.51925 | 0.72494 |
| 130      | -0.49065 | -0.34678 | -0.16714 | 0.01216  | 0.19100  | 0.36928 | 0.54687 |
| 150      | -0.49525 | -0.36972 | -0.21292 | -0.05630 | 0.10009  | 0.25619 | 0.41194 |
| 170      | -0.49880 | -0.38748 | -0.24839 | -0.10940 | 0.02946  | 0.16816 | 0.30667 |
| 190      | -0.50163 | -0.40163 | -0.27667 | -0.15176 | -0.02693 | 0.09780 | 0.22242 |
| 210      | -0.50394 | -0.41317 | -0.29973 | -0.18633 | -0.07298 | 0.04032 | 0.15354 |

[0078]

[表 16]

J=l m のとき表 16. 9 インチ J=l m のときの  $\eta_{all}$ 

| di\J (率) | 0.1      | 0.5      | 1        | 1.5     | 2       | 2.5     | 3       |
|----------|----------|----------|----------|---------|---------|---------|---------|
| 50       | -0.35420 | 0.29257  | 0.92318  | 1.30737 | 1.47742 | 1.50010 | 1.43631 |
| 70       | -0.39861 | 0.10370  | 0.68877  | 1.20022 | 1.62118 | 1.94666 | 2.18124 |
| 90       | -0.42497 | -0.02152 | 0.46904  | 0.93492 | 1.36762 | 1.76069 | 2.1089  |
| 110      | -0.44236 | -0.10659 | 0.30766  | 0.71205 | 1.10285 | 1.47674 | 1.83085 |
| 130      | -0.45469 | -0.16750 | 0.18893  | 0.54085 | 0.88648 | 1.22417 | 1.55239 |
| 150      | -0.46387 | -0.21312 | 0.09900  | 0.40881 | 0.71540 | 1.01792 | 1.31553 |
| 170      | -0.47097 | -0.24851 | 0.02884  | 0.30490 | 0.57918 | 0.85120 | 1.12049 |
| 190      | -0.47663 | -0.27674 | -0.02731 | 0.22135 | 0.46896 | 0.71524 | 0.95991 |
| 210      | -0.48125 | -0.29978 | -0.07322 | 0.15286 | 0.37829 | 0.60289 | 0.82649 |

[0079] [表 17]

l=1.5m のとき表 17. 9 インチ j=1.5m のときの  $\eta_{all}$ 

| di\J (率) | 0.1      | 0.5      | 1       | 1.5     | 2       | 2.5     | 3       |
|----------|----------|----------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 50       | -0.27019 | 0.57721  | 1.05150 | 1.06190 | 0.89545 | 0.69485 | 0.50839 |
| 70       | -0.33513 | 0.38870  | 1.11333 | 1.57938 | 1.81050 | 1.87145 | 1.82653 |
| 90       | -0.37433 | 0.22118  | 0.90411 | 1.48256 | 1.93666 | 2.26531 | 2.48075 |
| 110      | -0.40031 | 0.09944  | 0.69935 | 1.25487 | 1.75210 | 2.18226 | 2.54173 |
| 130      | -0.41875 | 0.01018  | 0.53487 | 1.03873 | 1.51412 | 1.95488 | 2.35646 |
| 150      | -0.43250 | -0.05735 | 0.40569 | 0.85800 | 1.29543 | 1.71427 | 2.11134 |
| 170      | -0.44315 | -0.11000 | 0.30313 | 0.71031 | 1.10916 | 1.49749 | 1.87329 |
| 190      | -0.45164 | -0.15213 | 0.22029 | 0.58918 | 0.95314 | 1.31083 | 1.66098 |
| 210      | -0.45856 | -0.18657 | 0.15219 | 0.48874 | 0.82223 | 1.15110 | 1.47666 |

[0080]

[表 18]

 $l=2m$  のとき表 18. 9 インチ  $J=2m$  のときの  $\eta_{all}$ 

| $d_i/l$ (率) | 0.1      | 0.5      | 1       | 1.5     | 2       | 2.5     | 3        |
|-------------|----------|----------|---------|---------|---------|---------|----------|
| 50          | -0.18944 | 0.70390  | 0.80650 | 0.55111 | 0.29378 | 0.09034 | -0.06516 |
| 70          | -0.27242 | 0.62649  | 1.30454 | 1.51715 | 1.46412 | 1.30246 | 1.11255  |
| 90          | -0.32394 | 0.44783  | 1.24182 | 1.78170 | 2.07901 | 2.11008 | 2.17781  |
| 110         | -0.35836 | 0.29895  | 1.04902 | 1.67761 | 2.16308 | 2.50638 | 2.72365  |
| 130         | -0.38287 | 0.18482  | 0.86087 | 1.47699 | 2.01562 | 2.46722 | 2.82979  |
| 150         | -0.40117 | 0.09683  | 0.70202 | 1.27567 | 1.80672 | 2.28691 | 2.71100  |
| 170         | -0.41535 | 0.02760  | 0.57163 | 1.09795 | 1.59985 | 2.07164 | 2.50884  |
| 190         | -0.42666 | -0.02807 | 0.46443 | 0.94641 | 1.41372 | 1.86265 | 2.2845   |
| 210         | -0.43588 | -0.07370 | 0.37542 | 0.81799 | 1.25137 | 1.67312 | 2.08100  |

[0081] 9 インチの円筒体に中空系の束を挿入して得られたときの全体効率  $\eta_{all}$  のうち、図 28 ～ 図 31 において各線の最高値をとる中空系の内径  $d_i$  とそのときの長さ  $l$  の比 ( $d_i/l$ ) を取り、有効な数字のみを表 19 に表す。

[0082] [表 19]

表 19. 9 インチ最大値における  $d_i$  と  $l$  との比 ( $d_i/l$ )

| $d_i/l$ (率) | 0.1 | 0.5 | 1       | 1.5     | 2       | 2.5     | 3       |
|-------------|-----|-----|---------|---------|---------|---------|---------|
| 0.5         |     |     |         |         |         | 116     | 134     |
| 1           |     |     |         |         | 70      | 71      | 75      |
| 1.5         |     |     | 43.3333 | 49.3333 | 55.3333 | 61.3333 | 67.3333 |
| 2           |     |     | 39.5    | 46      | 53      | 57.5    | 63      |

[0083] また 10 インチの円筒体に中空系の束を挿入して得られたときの全体効率  $\eta_{all}$  を表 20 ～ 表 23 と図 32 ～ 図 35 に示す。

[0084]

[表20]

10 インチ

J=0.5m のとき表20. 10 インチ J=0.5m のときの  $\eta_{all}$ 

| di/J (率) | 0.1       | 0.5       | 1        | 1.5      | 2        | 2.5      | 3                |
|----------|-----------|-----------|----------|----------|----------|----------|------------------|
| 50       | -0.41 866 | 0.0081 2  | 0.51 950 | 0.991 86 | 1.41335  | 1.77661  | 2.07876          |
| 70       | -0.44669  | -0.1 2810 | 0.26528  | 0.64998  | 1.02269  | 1.38045  | 1.72069          |
| 90       | -0.46321  | -0.20987  | 0.10525  | 0.4 1764 | 0.72625  | 1.03008  | 1.3281 5         |
| 110      | -0.47407  | -0.26398  | -0.00198 | 0.25894  | 0.51839  | 0.77596  | 1.031 26         |
| 130      | -0.481 76 | -0.30235  | -0.07837 | 0.1451 1 | 0.36792  | 0.58987  | 0.8 1 $\infty$ 0 |
| 150      | -0.48749  | -0.33096  | -0.13544 | 0.05982  | 0.25474  | 0.44922  | 0.64318          |
| 170      | -0.49193  | -0.35310  | -0.17966 | -0.00636 | 0.1 6674 | 0.33961  | 0.51 2 19        |
| 190      | -0.49546  | -0.37075  | -0.21492 | -0.05917 | 0.09646  | 0.25195  | 0.40728          |
| 210      | -0.49834  | -0.38514  | -0.24368 | -0.10227 | 0.03907  | 0.1 8031 | 0.32146          |

[0085] [表21]

J=1mのとき表21. 10 インチ J=1 m のときの  $\eta_{all}$ 

| di/J (率) | 0.1       | 0.5              | 1        | 1.5      | 2        | 2.5      | 3        |
|----------|-----------|------------------|----------|----------|----------|----------|----------|
| 50       | -0.31 168 | ひ楊 06            | 1.22566  | 1.62771  | 1.76250  | 1.73286  | 1.61878  |
| 70       | -0.36700  | 0.25752          | 0.97484  | 1.58397  | 2.06387  | 2.41 297 | 2.64360  |
| 90       | -0.39986  | 0.1 0270         | 0.71055  | 1.281 55 | 1.80331  | 2.2671 2 | 2.6681 5 |
| 110      | -0.421 55 | -0. $\infty$ 303 | 0.51 206 | 1.01 239 | 1.49233  | 1.94696  | 2.37230  |
| 130      | -0.43691  | -0.07887         | 0.36496  | 0.80202  | 1.22963  | 1.64527  | 2.04667  |
| 150      | -0.44836  | -0.1 3571        | 0.2531 9 | 0.63864  | 1.01926  | 1.39372  | 1.76076  |
| 170      | -0.45722  | -0.1 7982        | 0.1 6587 | 0.50964  | 0.85074  | 1.18843  | 1.52199  |
| 190      | -0.46428  | -0.21 501        | 0.09593  | 0.40575  | 0.71 399 | 1.0202 , | 1.32400  |
| 210      | -0.47004  | -0.24374         | 0.03873  | 0.32049  | 0.601 28 | 0.88082  | 1.15884  |

[0086]

[表22]

J=1.5m のとき表22. 10 インチ J=1.5m のときの  $\eta_{all}$ 

| di/J (率) | 0.1      | 0.5      | 1       | 1.5     | 2       | 2.5     | 3       |
|----------|----------|----------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 50       | -0.20723 | 0.81324  | 1.29193 | 1.22551 | 0.99622 | 0.75663 | 0.54717 |
| 70       | -0.28790 | 0.60574  | 1.46034 | 1.95721 | 2.15617 | 2.16081 | 2.05831 |
| 90       | -0.33672 | 0.40309  | 1.23678 | 1.91771 | 2.42343 | 2.76121 | 2.95613 |
| 110      | -0.36911 | 0.25303  | 0.99388 | 1.66858 | 2.25767 | 2.75067 | 3.14552 |
| 130      | -0.39210 | 0.14232  | 0.79333 | 1.41309 | 1.1細 34 | 2.51643 | 2.98561 |
| 150      | -0.40925 | 0.05835  | 0.63412 | 1.19379 | 1.73106 | 2.24048 | 2.71758 |
| 170      | -0.42253 | -0.00720 | 0.50710 | 1.01245 | 1.50525 | 1.98218 | 2.44029 |
| 190      | -0.43311 | -0.05968 | 0.40422 | 0.86284 | 1.31401 | 1.75570 | 2.18601 |
| 210      | -0.44174 | -0.10260 | 0.31953 | 0.73836 | 1.15257 | 1.56(^6 | 1.96199 |

[0087] [表23]

J=2m のとき表23. 10 インチ J=2m のときの  $\eta_{ail}$ 

| di/J (率) | 0.1      | 0.5     | 1       | 1.5     | 2       | 2.5     | 3        |
|----------|----------|---------|---------|---------|---------|---------|----------|
| 50       | -0.04843 | 1.07211 | 1.01769 | 0.64679 | 0.33887 | 0.11310 | -0.05301 |
| 70       | -0.16482 | 1.06682 | 1.84005 | 1.94703 | 1.76471 | 1.50512 | 1.24959  |
| 90       | -0.23790 | 0.84534 | 1.884S2 | 2.49230 | 2.73935 | 2.75121 | 2.63321  |
| 110      | -0.28686 | 0.64338 | 1.67116 | 2.47661 | 3.03771 | 3.37738 | 3.54039  |
| 130      | -0.32176 | 0.48435 | 1.42828 | 2.25897 | 2.94823 | 3.48679 | 3.88077  |
| 150      | -0.34783 | 0.36045 | 1.21292 | 2.擦 97  | 2.71668 | 3.33527 | 3.85512  |
| 170      | -0.36804 | 0.26246 | 1.03228 | 1.76800 | 2.45689 | 3.08897 | 3.65734  |
| 190      | -0.38415 | 0.18346 | 0.88214 | 1.56053 | 2.21057 | 2.82533 | 3.39922  |
| 210      | -0.39729 | 0.11860 | 0.75672 | 1.38218 | 1.98982 | 2.57493 | 3.13342  |

[0088] 10 インチの円筒体に中空系の束を挿入して得られたときの全体効率  $\eta_3$  は  
 のうち、図32～図35において各線の最高値をとる中空系の内径  $d_i$  とその  
 ときの長さ  $l$  の比 ( $d_i/l$ ) を取り、有効な数字のみを表24に表す。

[0089]

[表 24]

表24. 10 インチ 最大値におけるdi と1との比 ( di/J )

| 1/J (率) | 0.1 | 0.5 | 1    | 1.5     | 2       | 2.5 | 3  |
|---------|-----|-----|------|---------|---------|-----|----|
| 0.5     |     |     |      |         |         |     |    |
| 1       |     |     |      | 56      | 71      | 75  | 78 |
| 1.5     |     |     | 46   | 51.3333 | 61.3333 | 66  | 72 |
| 2       |     | 25  | 40.5 | 48      | 56.5    | 63  | 67 |

[0090] 表 19、表 24 より

中空系の内径  $d$  を  $50\mu$  から  $200\mu$  まで変化させ、長さを  $0.5\text{m}$  から  $2\text{m}$  まで変化させ、浸透水量  $J$  を  $J_0 = 1.713 \times 10^{-7} \text{m/s}$  (at 3MPa) を基準にその1倍から3倍まで変化させて、最適内径 (効率最大) がある一定の値に収まる関係式は、次の数 11) ようになる。

ただし、内径  $d$  は  $\mu\text{m}$ 、長さ  $L$  は  $\text{m}$  を取る。  $d = 50 \sim 200 \mu\text{m}$ 、 $L = 0.5 \sim 2\text{m}$ 。

$J = 1.7 \times 10^{-7} \sim 5.1 \times 10^{-7} \text{s}$ 。

[0091] [数 11]

$$\frac{d}{L^{0.75} \cdot J^{0.5}} = 1.0 \times 10^5 \sim 1.2 \times 10^5$$

[0092] 図 36 は、数 11) の長さ  $L$  を指定範囲のごとく  $L = 0.5 \sim 2\text{m}$  としたときのパラメータ値  $d / (L^{0.75} \cdot J^{0.5})$  を示しており、範囲内に収まっていることを示している。

## 請求の範囲

[請求項 1] 濃縮海水に中空系の浸透膜を介してこれよりも濃度の薄い海水又は淡水などの希釈水を浸透させ、その正浸透圧エネルギーで濃縮海水側の流量を増加させ、増加した流量で発電する正浸透圧発電において使用される中空系の浸透膜の内径  $d$  と長さ  $L$  の最適条件の関係式を、 $d = 50 \sim 200 \mu\text{m}$ 、 $L = 0.5 \sim 2 \text{ m}$ 、浸透水量  $J = 3.42 \times 10^{-7} \sim 6.84 \times 10^{-7} \text{ m}^3/\text{秒}$  の範囲で、次の数 1

[数 1]

$$\frac{d}{L^{0.75} \cdot J^{0.5}} = 1.9 \times 10^5 \sim 2.2 \times 10^5$$

としたことを特徴とする中空系型正浸透膜。

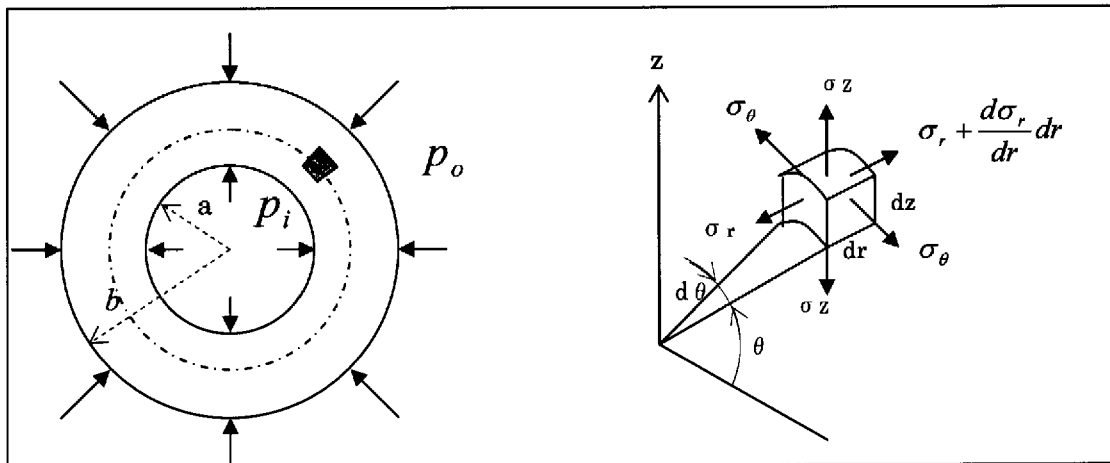
[請求項 2] 非濃縮の海水に中空系の浸透膜を介して淡水などの希釈水を浸透させ、その正浸透圧エネルギーで海水側の流量を増加させ、増加した流量で発電する正浸透圧発電において使用される中空系の浸透膜の内径  $d$  と長さ  $L$  の最適条件の関係式を、 $d = 50 \sim 200 \mu\text{m}$ 、 $L = 0.5 \sim 2 \text{ m}$ 、浸透水量  $J = 1.7 \times 10^{-7} \sim 5.1 \times 10^{-7} \text{ m}^3/\text{秒}$  の範囲で、次の数 11

[数 11]

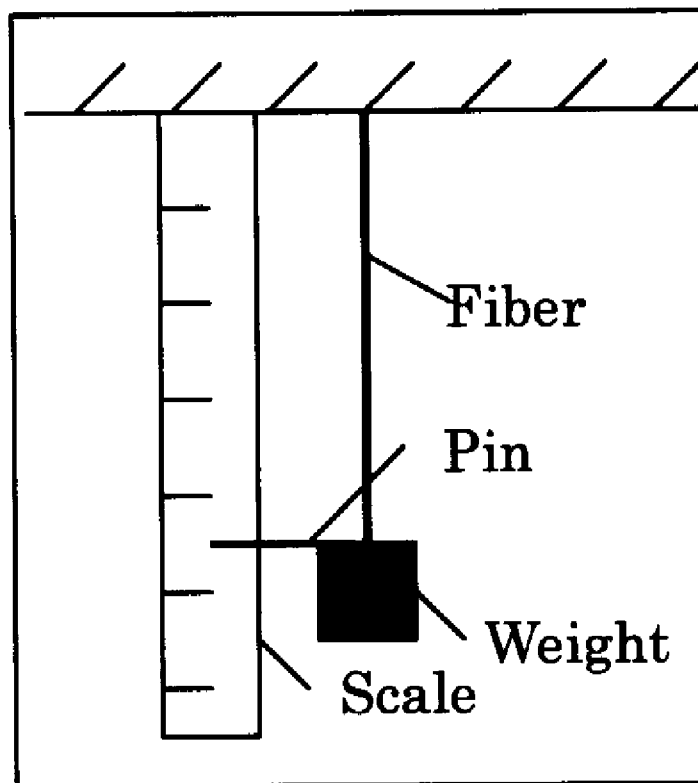
$$\frac{d}{L^{0.75} \cdot J^{0.5}} = 1.0 \times 10^5 \sim 1.2 \times 10^5$$

としたことを特徴とする中空系型正浸透膜。

[図1]

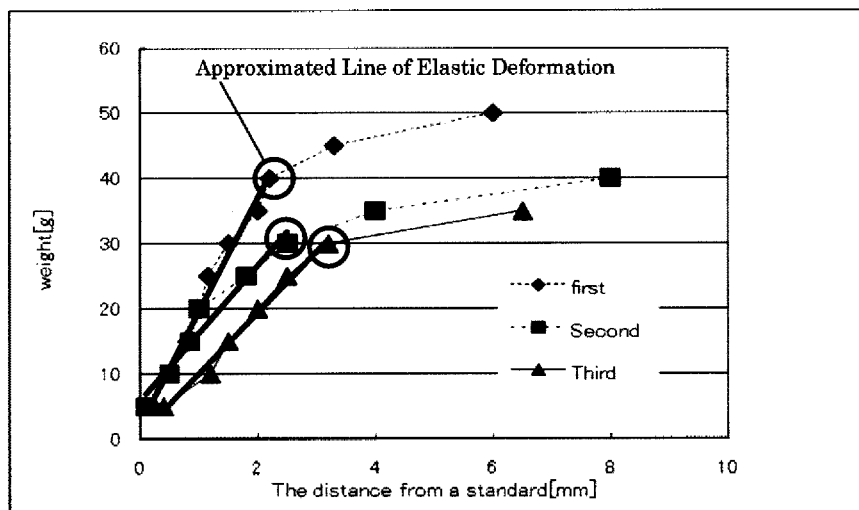


[図2]



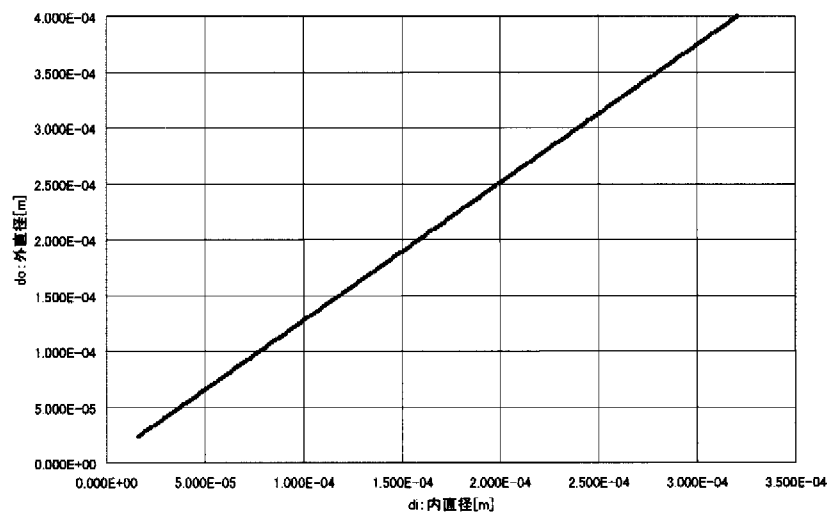
[図3]

実験結果



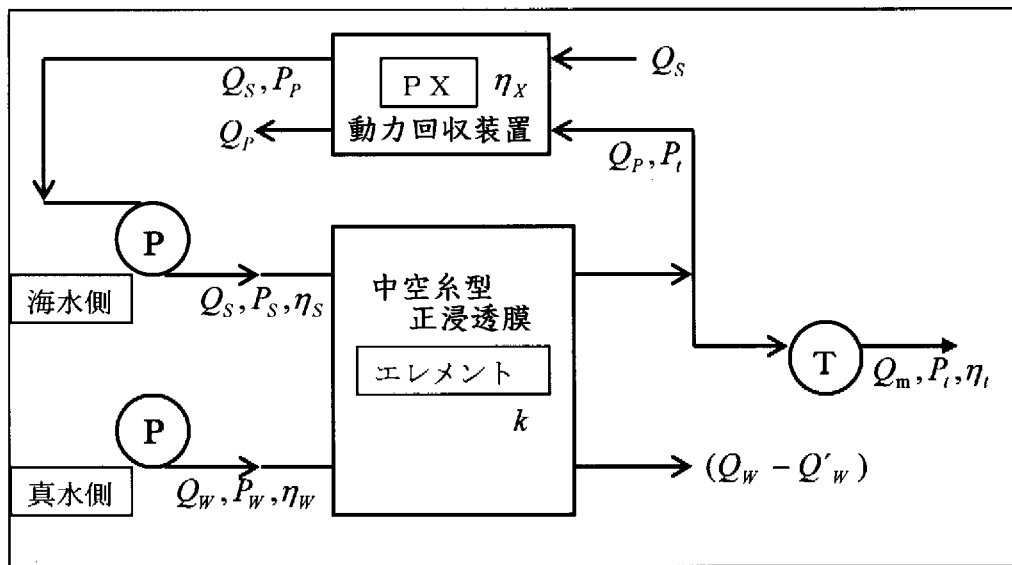
伸びと重さの関係

[図4]



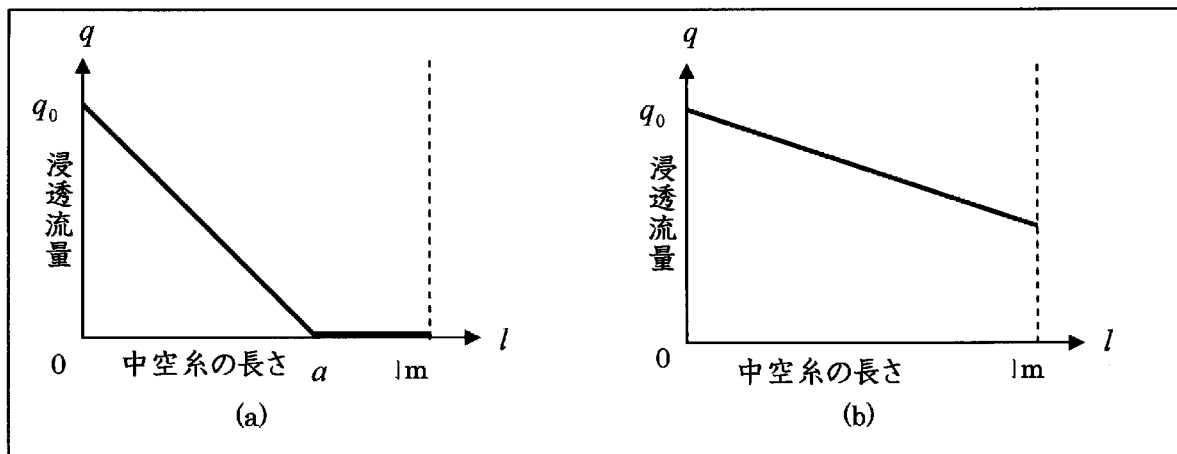
外直径と内直径の関係

[図5]

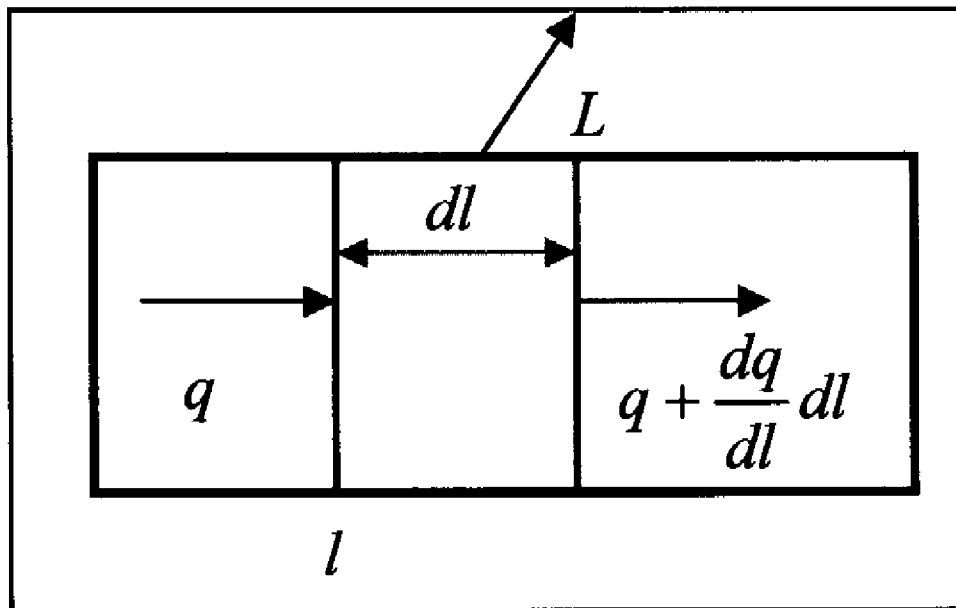


正浸透圧発電の全体システム図

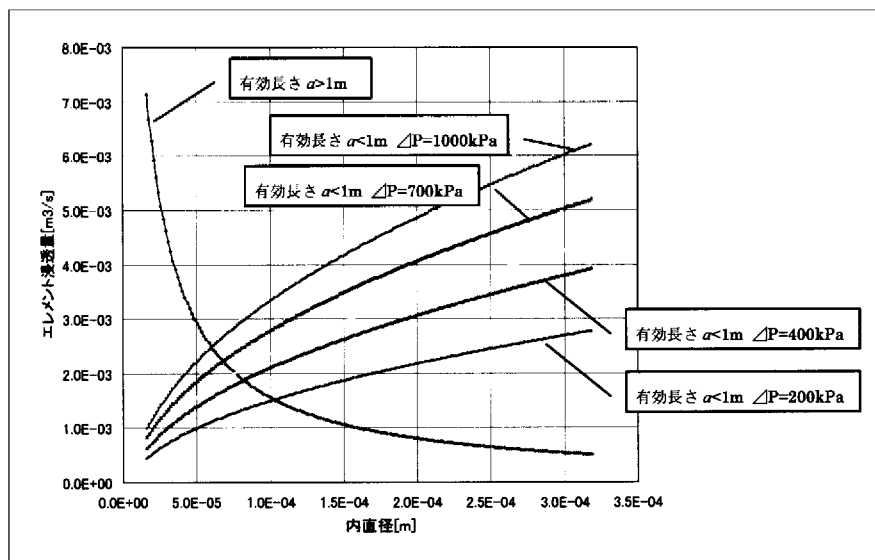
[図6]



[図7]

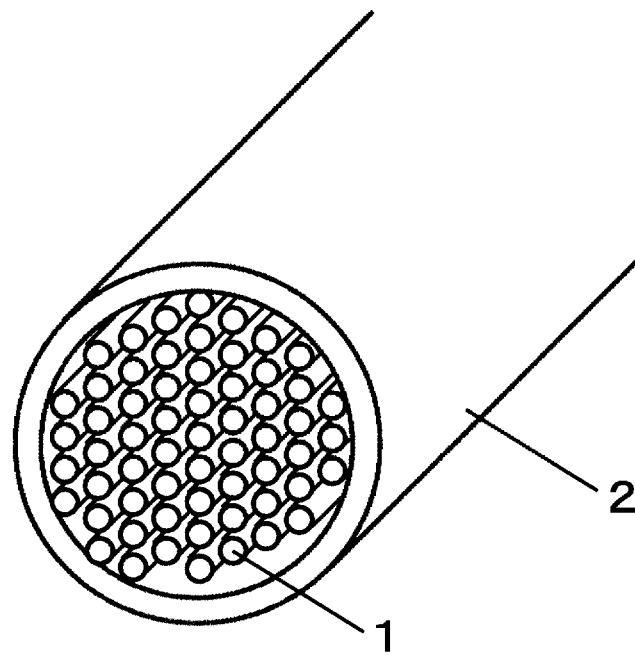


[図8]

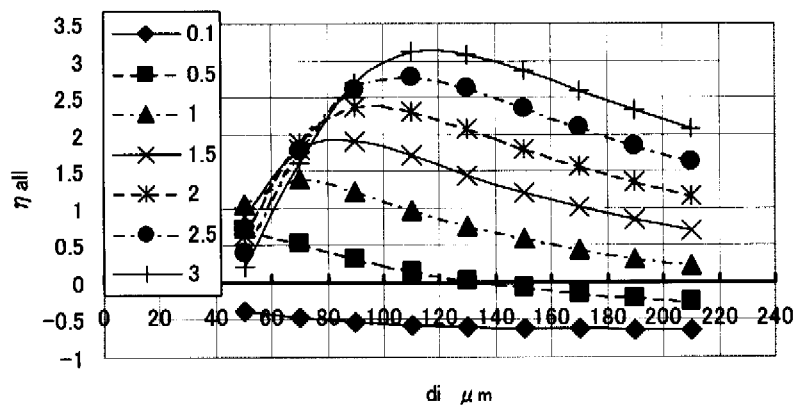


内直径とエレメント浸透量の関係

[図9]

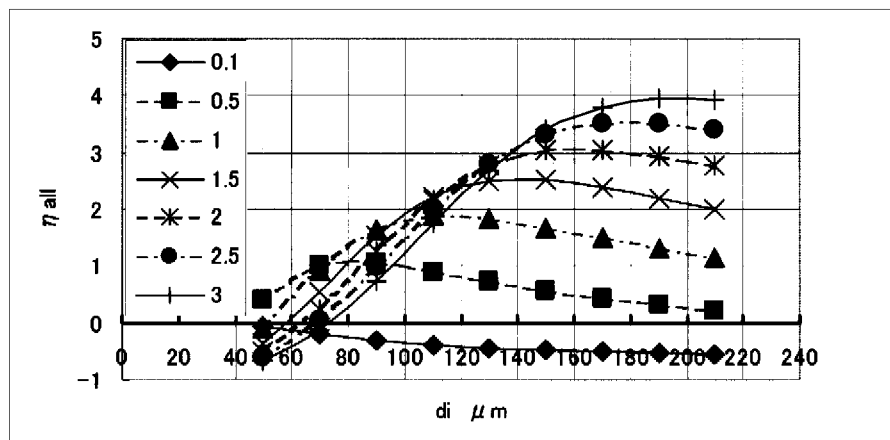


[図10]

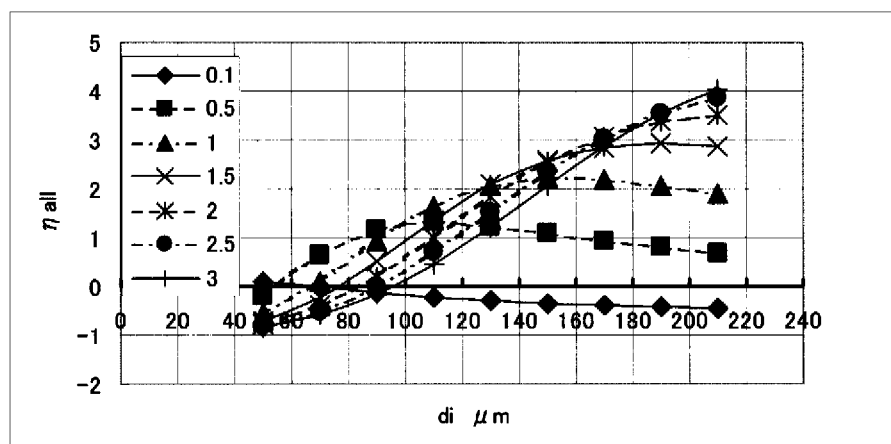


9インチ 0.5m J 変化における  $\eta_{all}$

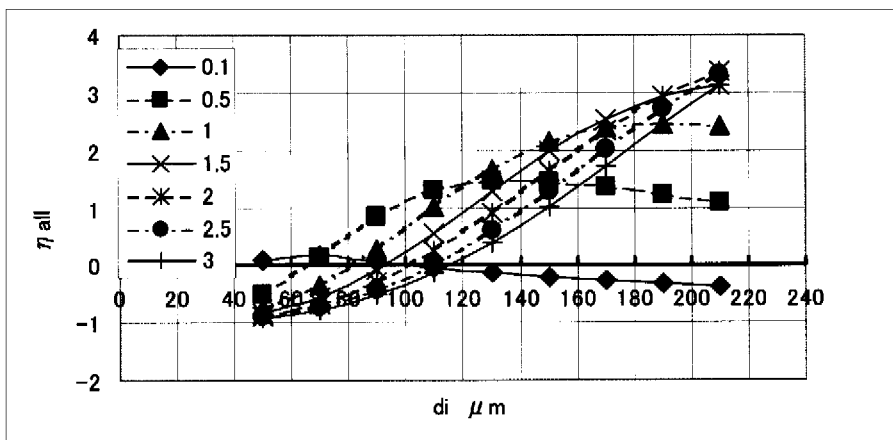
[図11]

9インチ 1.0m J 変化における  $\eta_{all}$ 

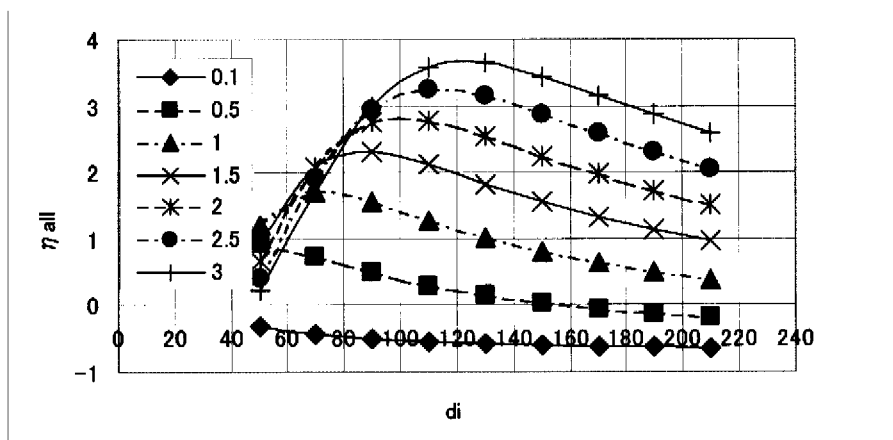
[図12]

9インチ 1.5m J 変化における  $\eta_{all}$

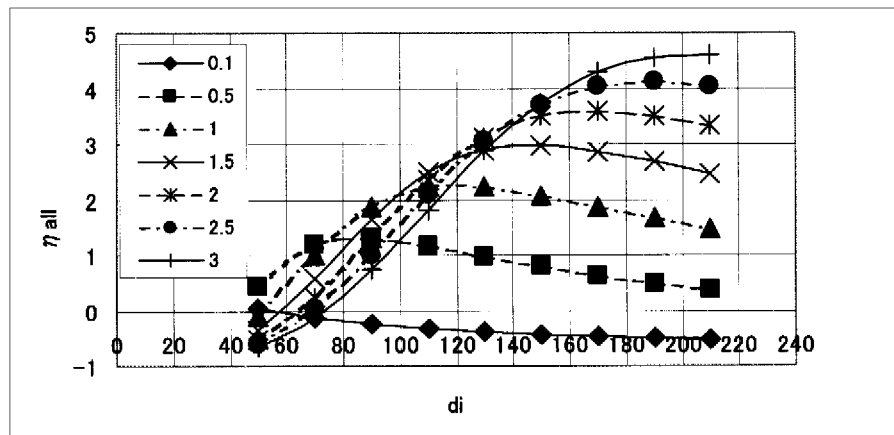
[図13]

9 インチ 2.0m J 変化における  $\eta_{all}$ 

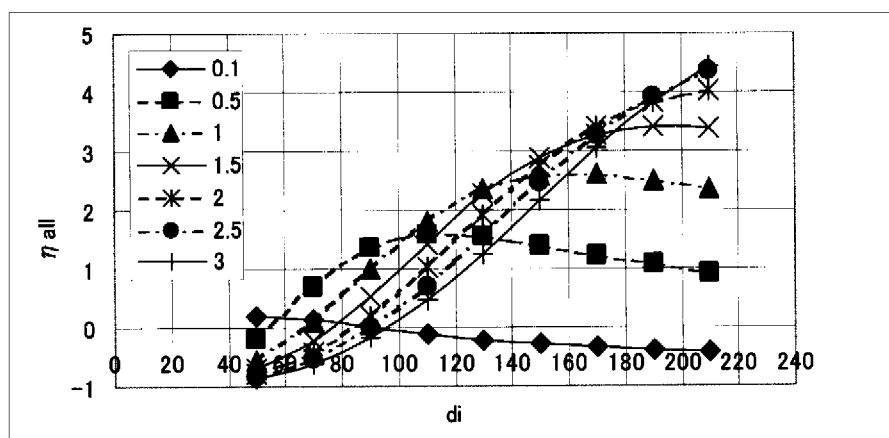
[図14]

10 インチ 0.5m J 変化における  $\eta_{all}$

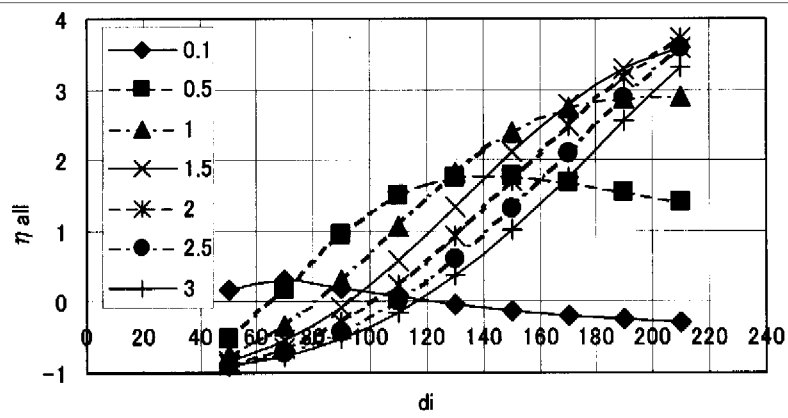
[図15]

10 インチ 1.0m J 変化における  $\eta_{all}$ 

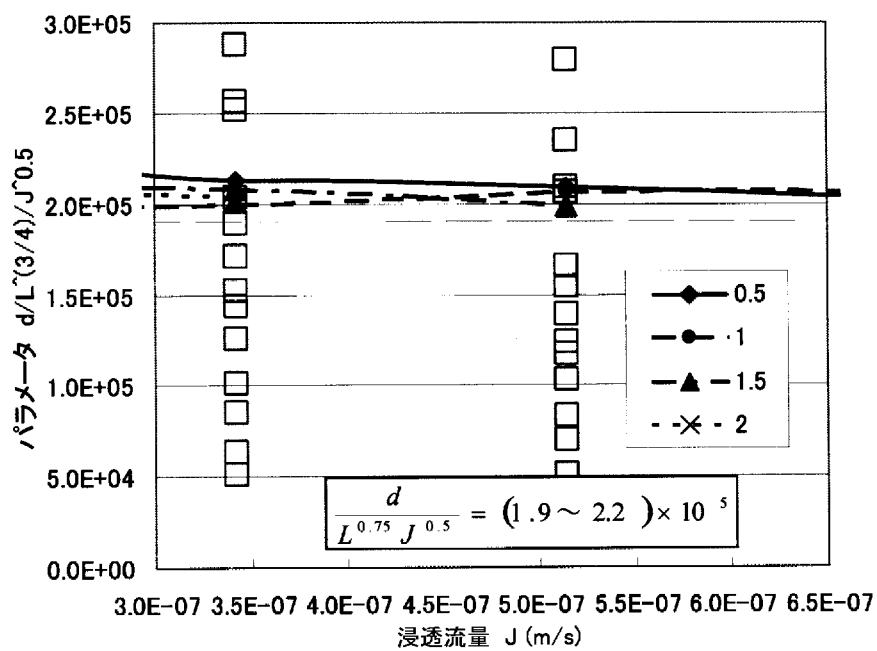
[図16]

10 インチ 1.5m J 変化における  $\eta_{all}$

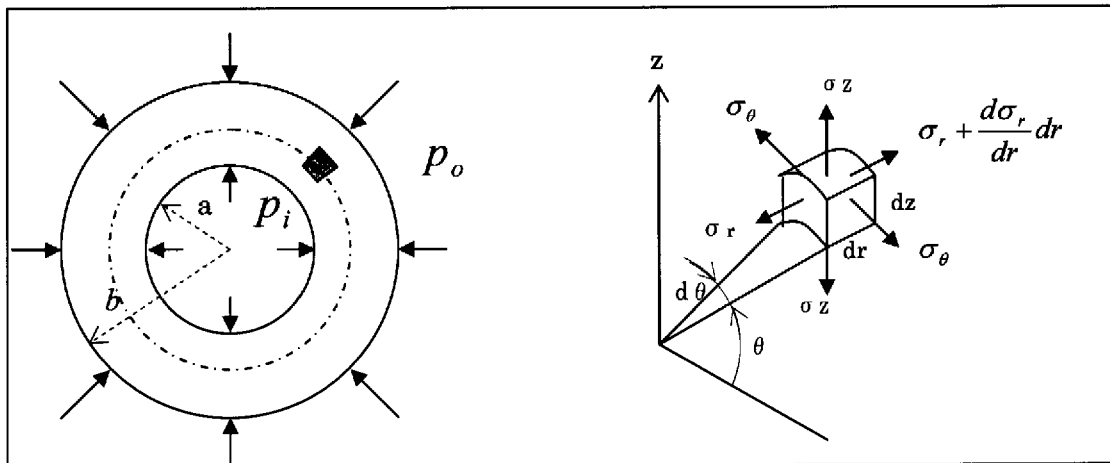
[図17]

10 インチ 2.0m J 変化における  $\eta_{all}$ 

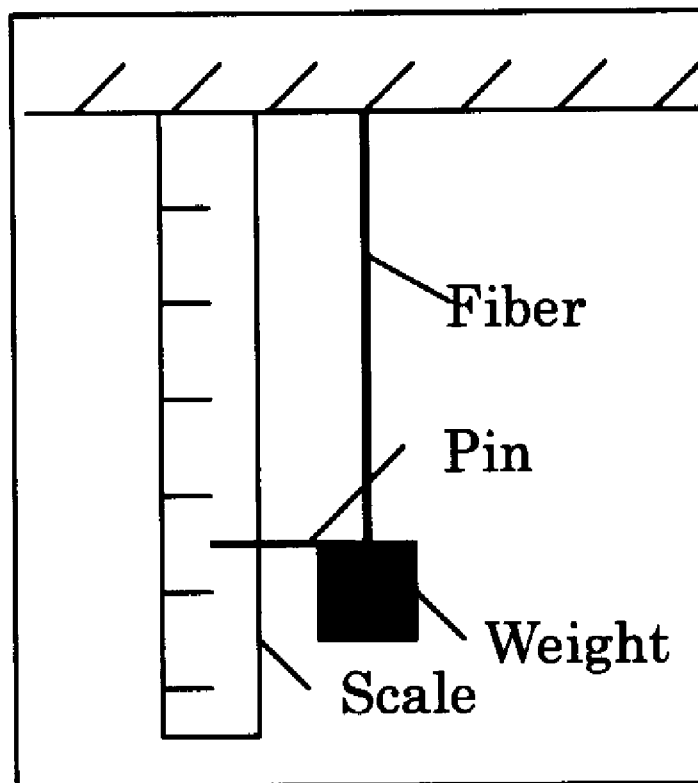
[図18]



[図19]

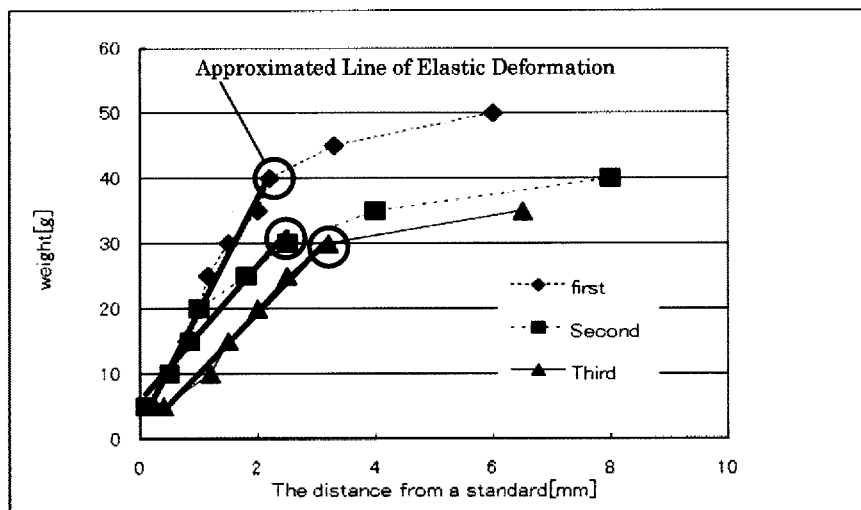


[図20]



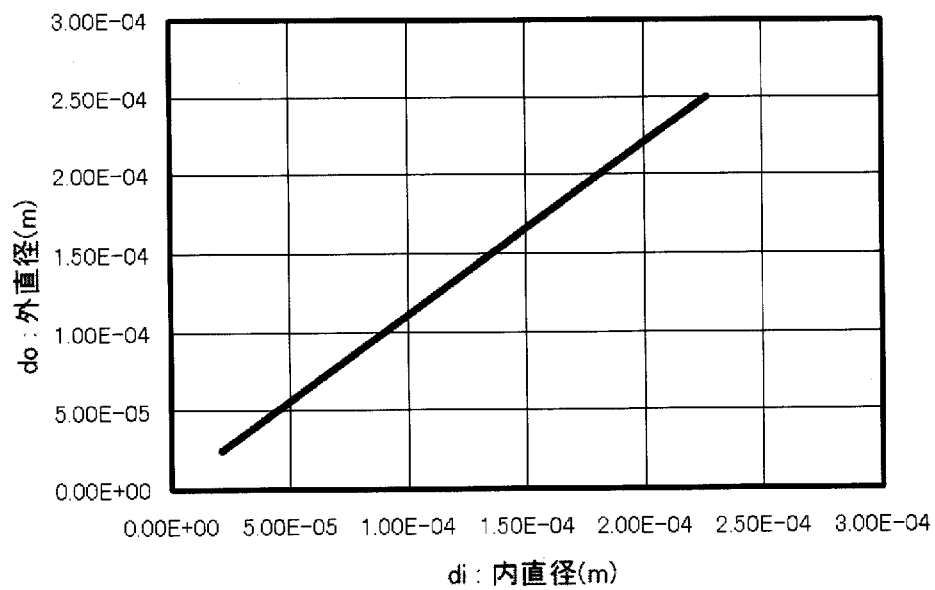
[図21]

実験結果



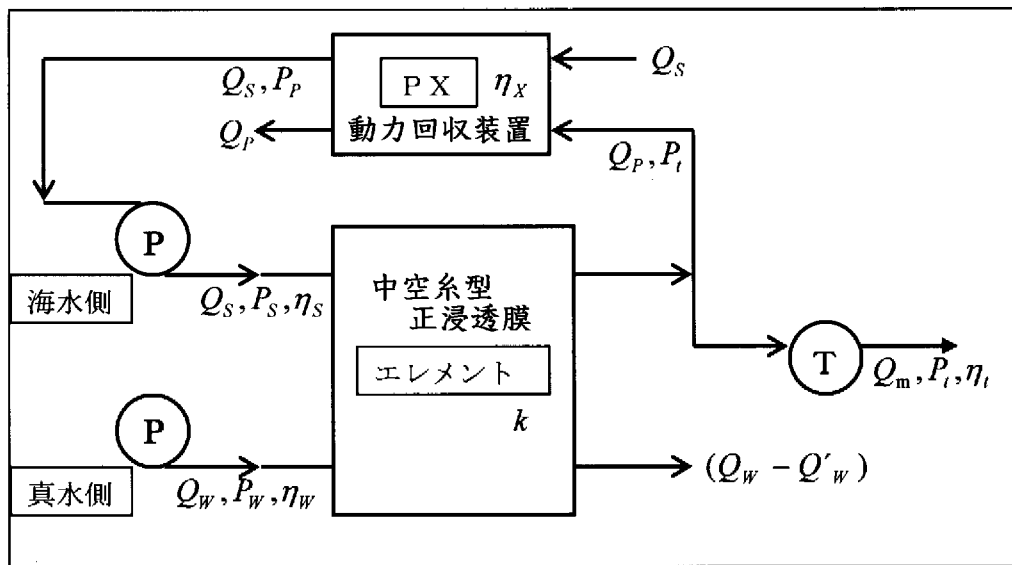
伸びと重さの関係

[図22]



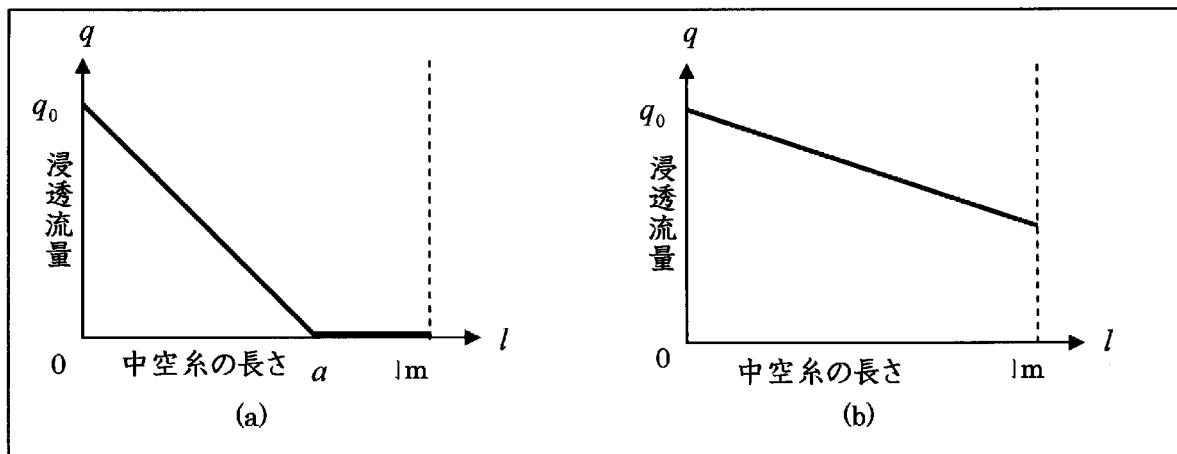
外直径と内直径の関係

[図23]

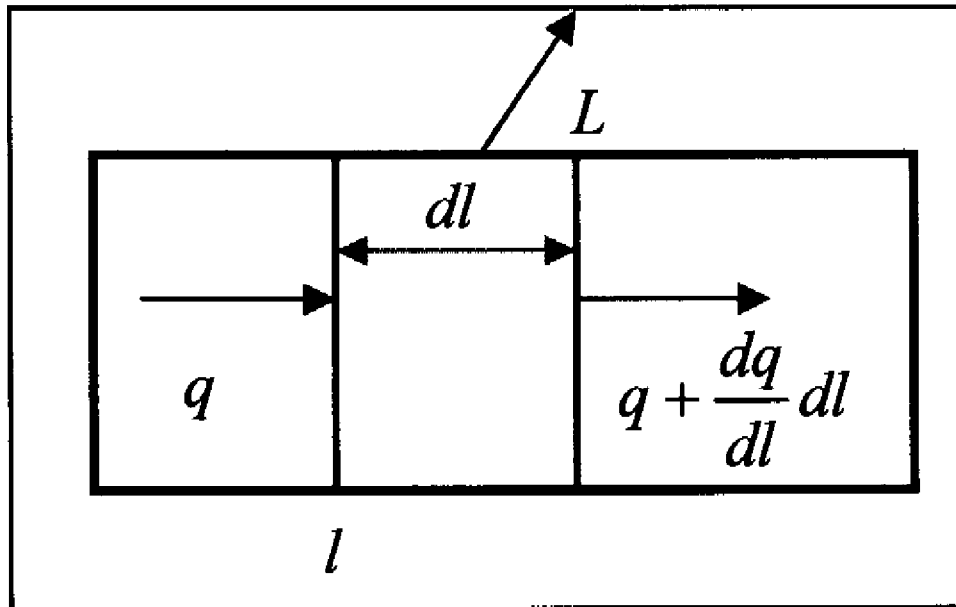


正浸透圧発電の全体システム図

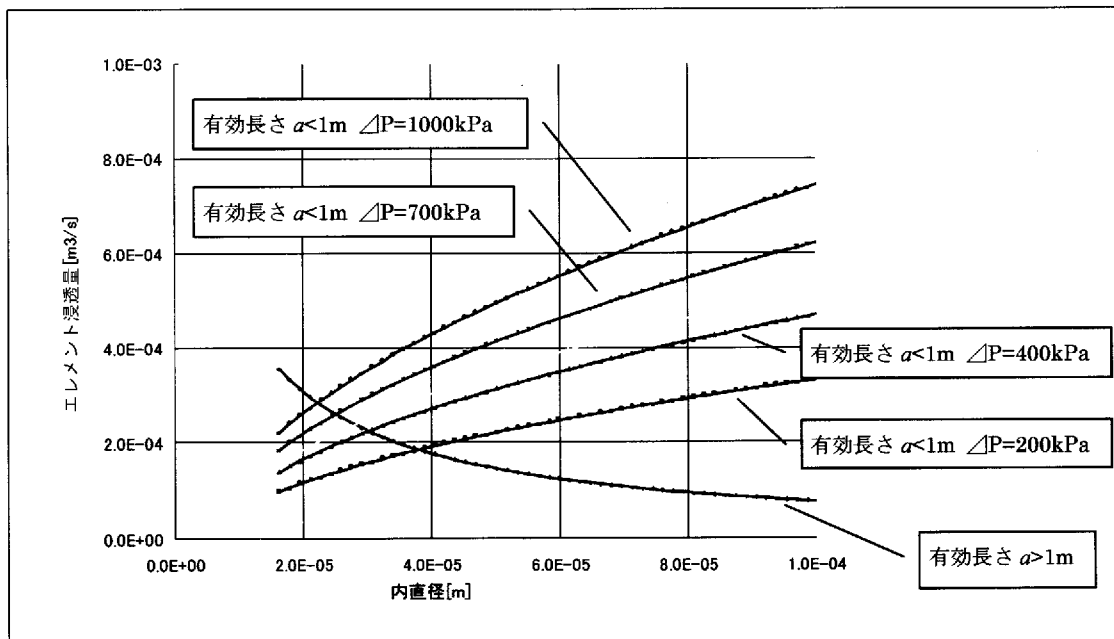
[図24]



[図25]

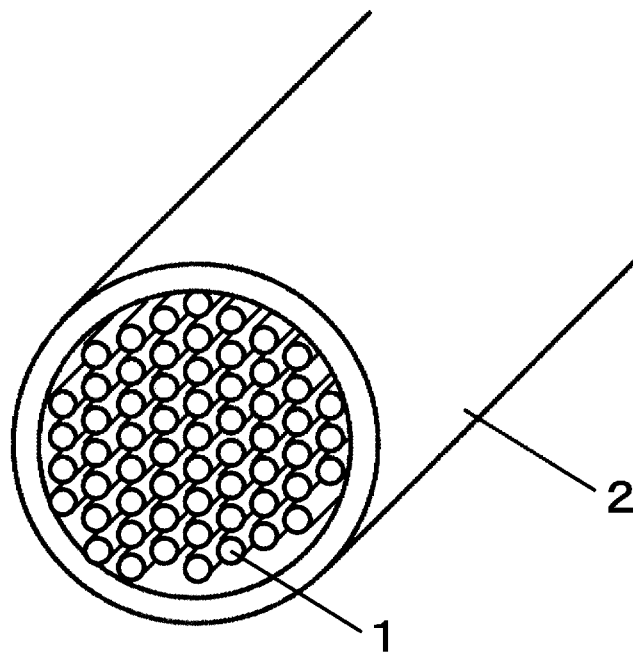


[図26]

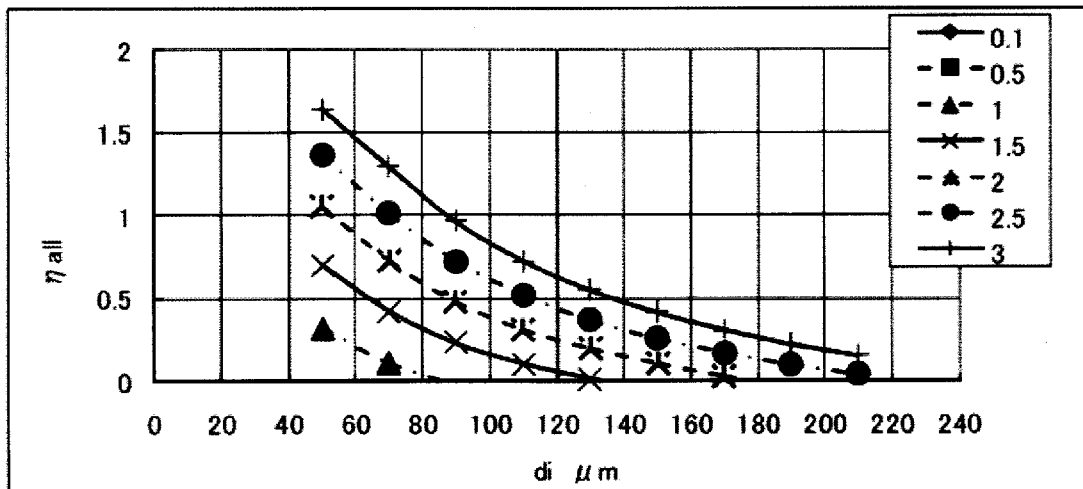


内直径とエレメント浸透量の関係

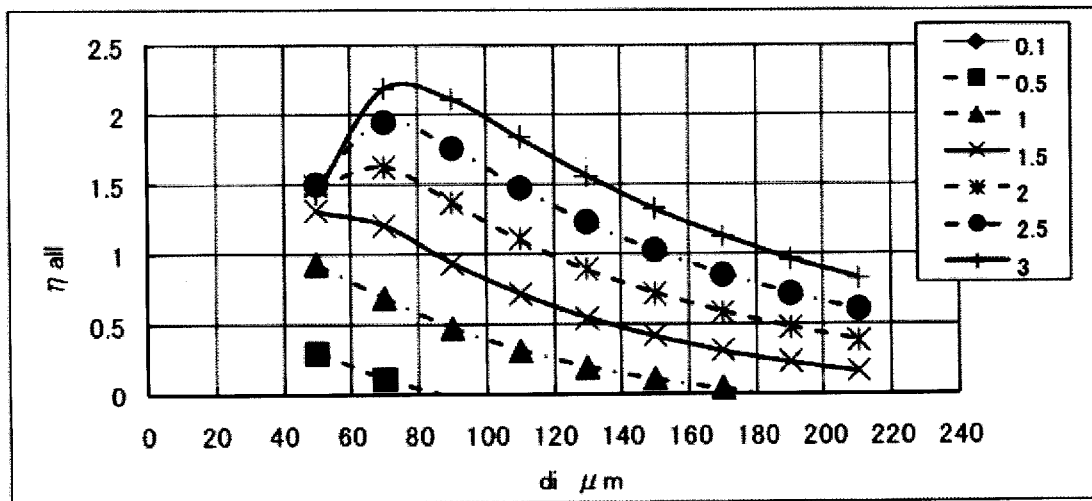
[図27]



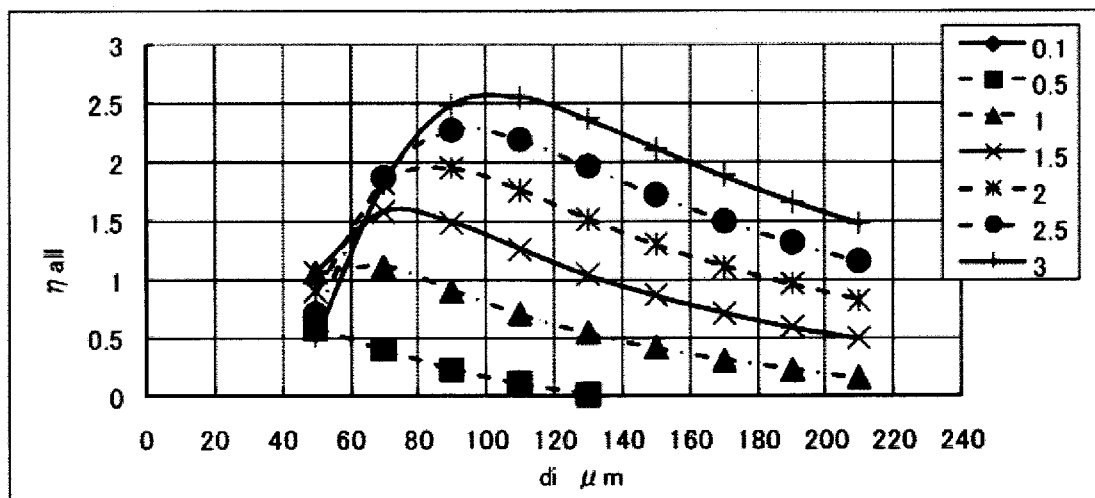
[図28]

9 インチ 0.5m J 変化における  $\eta_{all}$

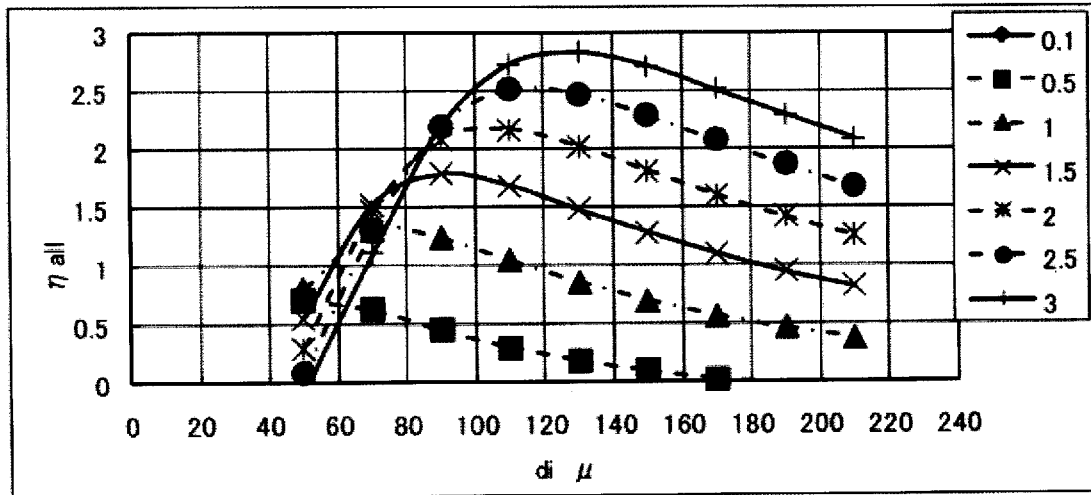
[図29]

9 インチ 1mJ 変化における  $\eta_{\text{all}}$ 

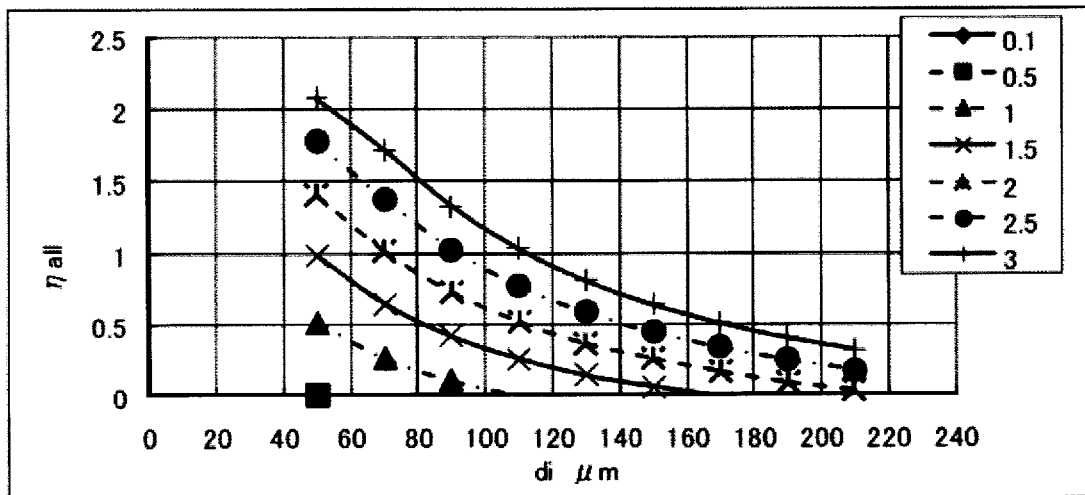
[図30]

9 インチ 1.5mJ 変化における  $\eta_{\text{all}}$

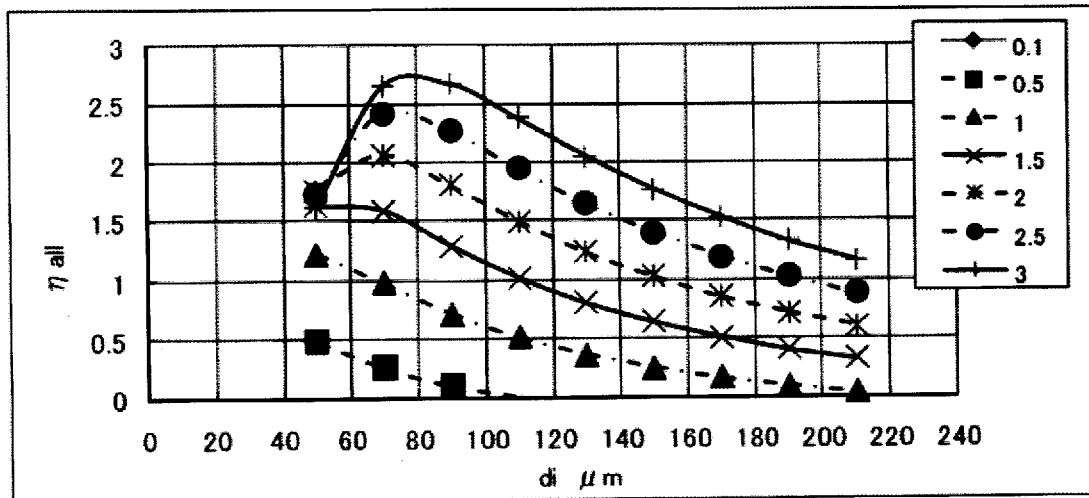
[図31]

9 インチ 2m J 変化における  $\eta_{\text{all}}$ 

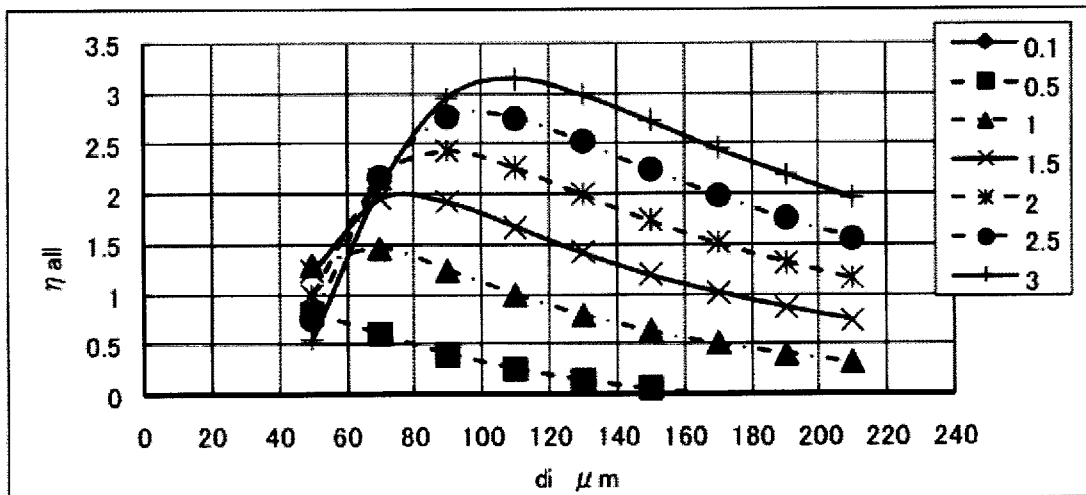
[図32]

10 インチ 0.5m J 変化における  $\eta_{\text{all}}$

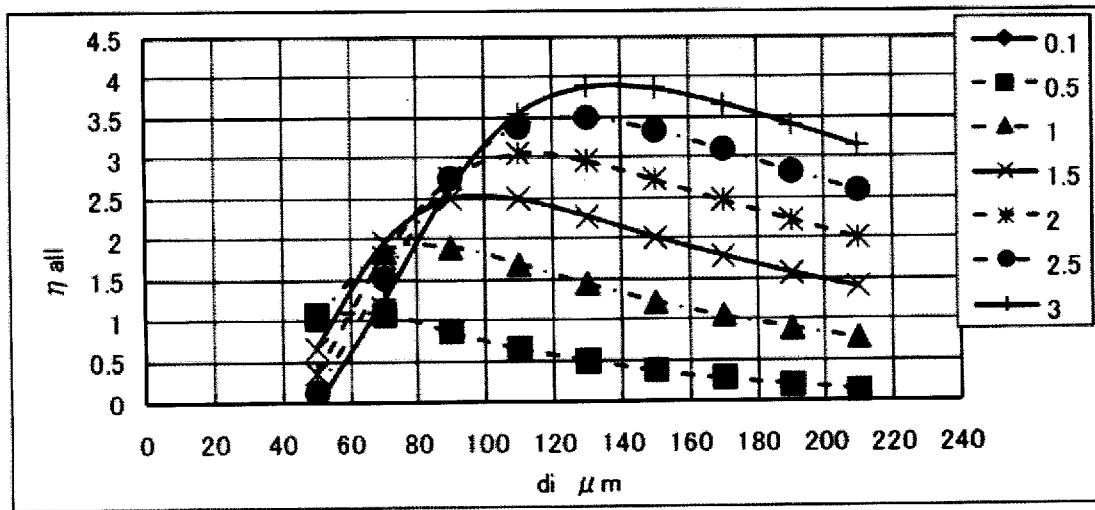
[図33]

10 インチ 1mJ 変化における  $\eta_{all}$ 

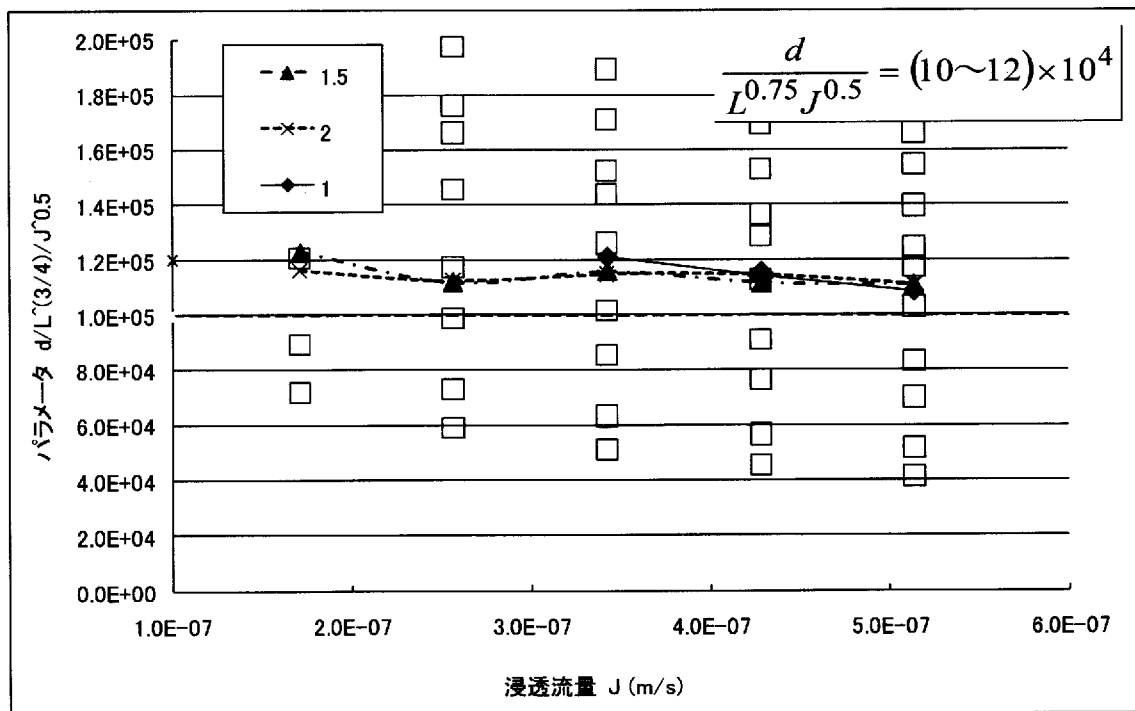
[図34]

10 インチ 1.5mJ 変化における  $\eta_{all}$

[図35]

10 インチ 2m J 変化における  $\eta_{all}$ 

[図36]



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT / JP2 0 1 1 / 0 6 4 5 0 2

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

B 0 1 D 6 1 / 0 0 ( 2 0 0 6 . 0 1 ) i , B 0 1 D 6 3 / 0 2 ( 2 0 0 6 . 0 1 ) i , F 0 3 G 7 / 0 0 ( 2 0 0 6 . 0 1 ) i , C 0 2 F 1 / 4 4 ( 2 0 0 6 . 0 1 ) n

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

B 0 1 D 6 1 / 0 0 , B 0 1 D 6 3 / 0 2 , F 0 3 G 7 / 0 0 , C 0 2 F 1 / 4 4

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

|         |         |        |        |           |         |         |        |      |             |
|---------|---------|--------|--------|-----------|---------|---------|--------|------|-------------|
| Jitsuyo | Shinan  | Koho   | 1922-1 | 996       | Jitsuyo | Shinan  | Toroku | Koho | 1996-2011   |
| Kokai   | Jitsuyo | Shinan | Koho   | 1971-2011 | Toroku  | Jitsuyo | Shinan | Koho | 1994 - 2011 |

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

JSTPlus / JMEDPlus / JST 7 5 8 0 (JDream Ⅱ)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages                                                                       | Relevant to claim No. |
|-----------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| A         | J P 2 0 0 3 - 1 7 6 7 7 5 A ( President of Tokyo Institute of Technology ),<br>2 7 June 2 0 0 3 ( 2 7 . 0 6 . 2 0 0 3 ) ,<br>claims<br>( Family : none ) | 1 , 2                 |
| A         | J P 1 - 1 2 3 6 0 5 A ( NKK Corp . ) ,<br>1 6 May 1 9 8 9 ( 1 6 . 0 5 . 1 9 8 9 ) ,<br>claims<br>( Family : none )                                       | 1 , 2                 |
| A         | J P 5 8 - 5 3 6 8 4 A ( Kaj ima Corp . ) ,<br>3 0 March 1 9 8 3 ( 3 0 . 0 3 . 1 9 8 3 ) ,<br>claims<br>( Family : none )                                 | 1 , 2                 |



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

|                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                  |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| * Special categories of cited documents:                                                                                                                                | "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                                              |
| "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                  |
| "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date                                                                               | "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                                                                     |
| "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) | "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 |
| "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                                                                  | "&" document member of the same patent family                                                                                                                                                                                                    |

|                                                                                                          |                                                                                                 |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Date of the actual completion of the international search<br>2 8 September , 2 0 1 1 ( 2 8 . 0 9 . 1 1 ) | Date of mailing of the international search report<br>1 1 October , 2 0 1 1 ( 1 1 . 1 0 . 1 1 ) |
| Name and mailing address of the ISA/<br>Japan Patent Office                                              | Authorized officer                                                                              |
| Facsimile No.                                                                                            | Telephone No.                                                                                   |

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT / JP2 011 / 064502

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages                                                                                                                                             | Relevant to claim No. |
|-----------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| A         | JP 62-58063 A (Industrial Technology Research Institute Den-shi Gi-jutsu Sogo Kenkyu shocho),<br>13 March 1987 (13.03.1987),<br>claims; page 6, upper right column, line 6 to<br>lower right column, line 20<br>(Family: none) | 1, 2                  |
| A         | JP 2010-27213 A (Yugen Kai sha Fujimura<br>Denshino Gi-jutsu Kenkyu sho),<br>04 February 2010 (04.02.2010),<br>claim 1; paragraph [0091]; fig. 21<br>(Family: none)                                                            | 1, 2                  |

## A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

IntCl. B01D61/00 (2006. 01) i , B01D63/02 (2006. 01) i , F03G7/00 (2006. 01) i , C02F1/44 (2006. 01) n

## B. 調査を行った分野

## 調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

IntCl. B01D61/00, B01D63/02, F03G7/00, C02F1/44

## 最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

|             |            |
|-------------|------------|
| 日本国実用新案公報   | 1922—1996年 |
| 日本国公開実用新案公報 | 1971—2011年 |
| 日本国実用新案登録公報 | 1996—2011年 |
| 日本国登録実用新案公報 | 1994—2011年 |

## 国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

JSTPlus/JMEDPlus/JST7580 (jDreamII)

## C. 関連すると認められる文献

| 引用文献の<br>カテゴリー* | 引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示                              | 関連する<br>請求項の番号 |
|-----------------|----------------------------------------------------------------|----------------|
| A               | JP 2003-1 76775 A (東京工業大学長) 2003. 06. 27, 特許請求の範囲<br>(ファミリーなし) | 1, 2           |
| A               | JP 1- 123605 A (日本鋼管株式会社) 1989. 05. 16, 特許請求の範囲<br>(ファミリーなし)   | 1, 2           |
| A               | JP 58-53684 A (鹿島建設株式会社) 1983. 03. 30, 特許請求の範囲<br>(ファミリーなし)    | 1, 2           |

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

## \* 引用文献のカテゴリー

IA「特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの」  
 IE「国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの」  
 I「優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)」  
 IΘ「口頭による開示、使用、展示等に言及する文献」  
 IP「国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

け」国際出願日又は優先日後に公表された文献であつて出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

X「特に関連のある文献であつて、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの」

Y「特に関連のある文献であつて、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの」

&「同一パテントファミリー文献」

## 国際調査を完了した日

28. 09. 2011

## 国際調査報告の発送日

11. 10. 2011

## 国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)

郵便番号 100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

## 特許庁審査官 (権限のある職員)

馳平 裕美

電話番号 03-3581-1101 内線 3468

4Q

3233

| C (続き) . 関連すると認められる文献 |                                                                                    |                |
|-----------------------|------------------------------------------------------------------------------------|----------------|
| 引用文献の<br>カテゴリー*       | 引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示                                                  | 関連する<br>請求項の番号 |
| A                     | JP 62-58063 A (工業技術院 電子技術総合研究所長) 1987. 03. 13, 特許請求の範囲、第6頁右上欄第6行～右下欄第20行 (ファミリーなし) | 1,2            |
| A                     | JP 2010-27213 A (有限会社藤村電子脳技術研究所) 2010. 02. 04, 請求項1、【0091】、図21 (ファミリーなし)           | 1,2            |