

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第3723851号  
(P3723851)

(45) 発行日 平成17年12月7日(2005.12.7)

(24) 登録日 平成17年9月30日(2005.9.30)

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

E02D 3/11

F I

E02D 3/11

請求項の数 7 (全 10 頁)

(21) 出願番号	特願2003-92797 (P2003-92797)	(73) 特許権者	301031392
(22) 出願日	平成15年3月28日 (2003.3.28)		独立行政法人土木研究所
(65) 公開番号	特開2004-300690 (P2004-300690A)		茨城県つくば市南原1番地6
(43) 公開日	平成16年10月28日 (2004.10.28)	(74) 代理人	100116506
審査請求日	平成15年3月28日 (2003.3.28)		弁理士 櫻井 義宏
		(72) 発明者	萩原 良二
			茨城県つくば市南原1番地6 独立行政法 人土木研究 所内
		(72) 発明者	明嵐 政司
			茨城県つくば市南原1番地6 独立行政法 人土木研究 所内
		(72) 発明者	中村 俊彦
			茨城県つくば市南原1番地6 独立行政法 人土木研究 所内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 電気化学的地盤造成方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

海水と接する地盤造成個所において、地盤を造成をすべき個所を囲い壁で囲い、囲い壁内には骨材と陰極部材とを隣接して配置し、囲い壁を陽極とし陰極部材を陰極として直流電源と接続させることにより陰極及びその付近の骨材に電着物を生成することを特徴とする電気化学的地盤造成方法。

【請求項2】

直流電源を太陽光発電により得ることを特徴する請求項1記載の電気化学的地盤造成方法。

【請求項3】

囲い壁を鉄製の鋼矢板又は鋼管矢板で形成することを特徴する請求項1又は請求項2記載の電気化学的地盤造成方法。

【請求項4】

骨材と陰極部材とを交互に積層状態に配置することを特徴する請求項1乃至請求項3のいずれか1項に記載の電気化学的地盤造成方法。

【請求項5】

骨材を、1～50mmの範囲である程度の粒度分布を持った石灰石から構成することを特徴する請求項1乃至請求項4のいずれか1項に記載の電気化学的地盤造成方法。

【請求項6】

陰極部材を線状部材で形成し、10～30cm位の間隔で3次元的に骨材2の中に配置

することを特徴する請求項 1 乃至請求項 5 のいずれか 1 項に記載の電気化学的地盤造成方法。

【請求項 7】

海水面より上方に配置した骨材及び陰極部材に海水をポンプで供給しながら電着物を生成するようにしたことを特徴する請求項 1 乃至請求項 6 のいずれか 1 項に記載の電気化学的地盤造成方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、波浪等の作用による海岸の侵食、地球温暖化に伴う海水面の上昇による陸地の水没、海岸埋立地における軟弱地盤等の問題に対して、国土の保全を図るための地盤造成方法に関するものである。

10

【0002】

【従来の技術】

波浪による海岸侵食に対しては、従来より、防波堤、消波ブロック等のコンクリート構造物等による低減対策が行われている。これらは人工構造物によって間接的に侵食作用を緩和するものであって、侵食そのものを防ぐことは困難である。

また、軟弱な海域地盤の埋立てにおいては、砂坑と盛土による圧密促進、セメントや薬液による地盤改良等が行われるが、大規模な工事となり環境への負荷を与えるとともに、コストがかかる。

20

さらに、海水面の上昇に伴う国土の減少に対する有効な手立ては現在のところ無い。一方、海水中に電極を設置し、電圧を印加することにより、海水中の溶解成分が陰極表面に水酸化マグネシウム、炭酸カルシウムとして析出することは知られており、「電着工法」として海洋構造物への利用が提唱された（以下「従来技術 1」という。特許文献 1 参照。）。また、類似の技術として電着技術を利用したコンクリート構造物の防食および補修について提案されている（以下「従来技術 2」という。非特許文献 1 参照。）。また、海中電着工法の電着技術に関し、実験的研究が紹介されている（以下「従来技術 3」という。非特許文献 2、3 参照。）。

【0003】

【特許文献 1】

特開昭 55 - 161097 号公報

30

【非特許文献 1】

土木学会第 42 回年次学術講演会（昭和 62 年 9 月）V - 233 「電着技術を利用したコンクリート構造物の防食および補修について」

【非特許文献 2】

日本建築学会構造系論文集 第 493 号、147 - 154、1997 年 3 月

【非特許文献 3】

日本建築学会構造系論文集 第 499 号、163 - 168、1997 年 9 月

【0004】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、従来技術 1 は、事前成形した型を海水中に配置し電着方法により電着物質を型の上に沈積させるものであるが、実用化に至っていない。

また、従来技術 2 は、コンクリート構造物の防食および補修に関するもので、地盤の造成という観点で行われているものではない。

さらに、従来技術 3 は、電着工法についての概念および実験的研究が述べられているが、地盤の造成という観点での研究は述べられていない。

40

【0005】

本発明は、従来技術の課題を解決し、電着技術を地盤の造成に適用することにより、海岸侵食、水没が危惧される海洋地域等のエネルギー供給、原材料供給及び人員派遣が困難な地域においても、低コスト、大規模、かつ、天然に存在する地盤に近い物質でもって地盤

50

造成を可能とする電気化学的地盤造成方法を提供することを目的とする。

#### 【 0 0 0 6 】

##### 【 課題を解決するための手段 】

上記目的を達成するため、本発明の電気化学的地盤造成方法は、海水又は地下水を含む地盤中に電極を配置し、該電極に電圧を印加し、海水又は地下水の成分を析出させることにより、地盤を造成することを特徴とする。

また、本発明の電気化学的地盤造成方法は、海水と接する地盤造成個所において、地盤を造成すべき個所を囲い壁で囲い、囲い壁内には骨材と陰極部材とを隣接して配置し、囲い壁を陽極とし陰極部材を陰極として直流電源と接続することにより陰極及びその付近の骨材に電着物を生成させることを特徴とする。

10

また、本発明の電気化学的地盤造成方法は、直流電源を太陽光発電により得ることを特徴する。

また、本発明の電気化学的地盤造成方法は、囲い壁を鉄製の鋼矢板又は鋼管矢板で形成することを特徴する。

また、本発明の電気化学的地盤造成方法は、骨材と陰極部材とを交互に積層状態に配置することを特徴する。

また、本発明の電気化学的地盤造成方法は、骨材を、1 ~ 5 0 m m の範囲である程度の粒度分布を持った石灰石から構成することを特徴する。

また、本発明の電気化学的地盤造成方法は、陰極部材を線状部材で形成し、1 0 ~ 3 0 c m 位の間隔で3次元的に骨材2の中に配置することを特徴する。

20

また、本発明の電気化学的地盤造成方法は、海水面より上方に配置した骨材及び陰極に海水をポンプで供給しながら電着物を生成するようにしたことを特徴する。

#### 【 0 0 0 7 】

##### 【 発明の実施の形態 】

以下、本発明による実施の形態を図面を参照しながら説明する。

##### 〔 電着技術の原理 〕

図1は、本発明において地盤造成に適用するところの海中の電着技術の原理を示したものである。

陽極1及び陰極2の両電極を海中に設置して、両電極間に電源3から整流器4により整流された直流電源5を印加し、陰極2に対して微弱な直流電流、例えば $0.3 \sim 3 \text{ mA/cm}^2$ を供給すると、海中に溶存している $\text{Ca}^{2+}$ イオン及び $\text{Mg}^{2+}$ イオンが電解により、陰極2表面に $\text{CaCO}_3$ 及び $\text{Mg(OH)}_2$ を主成分とする無機系物質として析出され、電着物6が形成される。

30

陽極1は、金属材料からなり、可溶性陽極と不溶性陽極とがあり、電気特性が優れ、容量が大きく、表面積が大きいことが望ましい。また、陰極2は、鉄、亜鉛等を素材とし、電着物を成長し易い形状が望まれる。

#### 【 0 0 0 8 】

##### 〔 実施の形態1 〕

図2及び図3は、海岸侵食された個所に海中電着技術を適用して地盤を造成する場合の概略を示したもので、図2は平面図、図3は図2のA - A断面図である。

40

まず、海水に侵食された個所において、地盤造成すべき区域を定め、その区域の海水域に沿って所定の高さを有する囲い壁10を設置する。囲い壁10を構成する材料としては、既存の資材である、護岸、土留め壁、止水壁などに使われる鉄製の鋼矢板、鋼管矢板を用い、地盤面に打ち込んで壁を構成する。地盤面が強固な場合は、地盤を掘削して矢板を立て込むか、別途、杭を打ってその杭に矢板を固定する。また、囲い壁10は、囲った内部から海水域へ後述する骨材が流出しないように隣接する矢板間の間隙を小さな物とする必要があるが、海水の出入は自由に行われる程度とする。なお、骨材が流出しない領域に、囲い壁の一部を開口し、海水の出入口を別途設けることも可能である。

囲い壁10を構成する材料の材質は、腐食を許容することから一般の鋼矢板、鋼管矢板に使われている鉄でよく、特殊な材質のものを使う必要はない。また、囲い壁1を陽極とし

50

て用いる場合は通常の無塗装の鋼材を用いる。この場合、陽極としての囲い壁 1 は腐食が進行するため、十分な腐食代、すなわち、想定する耐用年数の間、機能を発揮する厚さを確保する必要がある。なお、海上部のように腐食の激しい場所では塗装した鋼矢板を用いるのが好ましい。

#### 【 0 0 0 9 】

囲い壁 1 0 に囲われる個所には、地盤造成の核となる骨材 1 2 及び電着物を成長させるところの陰極 1 1 を隣接して配置する。

骨材 1 2 は、特に種類が限定されないが、一般に市販されている骨材として、以下のものを単独又は組み合わせて用いることができる。

市販の骨材の例

#### ( 1 ) コンクリート用骨材

砂利又は碎石：最大粒径 2 5 m m、4 0 m m

#### ( 2 ) 道路用碎石

クラッシュラン：粒径 4 0 ~ 0 m m、3 0 ~ 0 m m、2 0 ~ 0 m m

粒度調整碎石：粒径 4 0 ~ 0 m m、3 0 ~ 0 m m、2 5 ~ 0 m m

単粒度碎石：4 号（粒径 3 0 ~ 2 0 m m）、5 号（粒径 2 0 ~ 1 3 m m）、6 号（粒径 1 3 ~ 5 m m）

ぐり石：粒径 5 0 ~ 1 5 0 m m

割ぐり石：粒径 5 0 ~ 1 5 0 m m、1 5 0 ~ 2 0 0 m m

上記した骨材を用いる際、単一粒度のものを用いると空隙も大きくなり、骨材同士を接着するために有効でないため、1 ~ 1 0 0 m m の範囲の好ましくは 1 ~ 5 0 m m の範囲で、ある程度の粒度分布を持った状態で用いると、空隙率も少なくなり、少ない析出物で効果的に形成できる。

また、最適な骨材としては、現場の近くで採取される天然の岩石で、例えば熱帯地方の島嶼においては、珊瑚が岩石になった石灰石及び岩石になる前の死んだ珊瑚のかけらである珊瑚片が挙げられる。これらは、入手し易いとともに周辺環境に近い地盤の造成が可能である。

#### 【 0 0 1 0 】

一方、陰極部材 1 1 は、そのまわりに電着物が形成されるので、配置が重要となる。理想的には、1 0 ~ 3 0 c m 位の間隔で、線状部材を 3 次元的に骨材 2 の中に配置するのが望ましい。

図 2、図 3 に示す陰極部材 1 1 の配置は、現場での設置のし易さから、目の粗さが 2 0 ~ 5 0 c m の導電性の金網を横方向に敷設する方式を採用し、骨材 1 2 と金網を所定の間隔で積み上げて設置したものである。

図 4 は、陰極部材 1 1 を縦に配置する場合の陰極構造を示したもので、予め地盤造成個所にこの立て構造の陰極部材 1 1 設置し、その後、骨材 1 2 を陰極部材間に投入するものである。

また、立て構造の陰極部材 1 1 として図 5 に示すように、陰極部材 1 1 をかご状に形成し、このかごを予め地盤造成個所に設置し、その後、骨材 1 2 をかご内に投入する方法でも良い。

陰極部材 1 1 の配置間隔は、狭いほど短時間で全体を一体化することができるが、電極面積をあまり大きくすると必要な電流量が多くなるとともに、骨材 1 2 の充填においても施工性が悪くなるので、5 0 c m 前後が現実的には適切である。

#### 【 0 0 1 1 】

陽極及び陰極に電気を供給するための電源としては、メンテナンスの面から太陽光発電方式が有力である。その他、風力発電、波浪発電、潮力発電等自然のエネルギーを利用した電源も適している。

図 2 及び図 3 においては、太陽光発電装置 1 3 で発電された直流の電気をケーブル 1 5 により定電流電源供給装置 1 4 に供給するようになっている。定電流電源供給装置 1 4 と、陽極としての囲い壁 1 0 及び陰極部材 1 1 との間はケーブル 1 6 及びケーブル 1 7 で接続

10

20

30

40

50

されている。

#### 【0012】

ある程度の強固な地盤とするためには、電流密度を $0.3 \text{ mA/cm}^2$ （陰極 $1 \text{ cm}^2$ 当たりの電流量）程度以下の少ない電流にする必要がある。

電着物の析出量は電流密度に比例するため、電流密度を低くすると生成速度は遅くなるが、含水率の低い強固な析出物ができる。過去の室内実験では、 $0.1 \text{ mA/cm}^2$ で約半年間通電した結果、一体化した骨材の厚さは陰極（メッシュ状）の片側で $1 \sim 3 \text{ cm}$ であった。

今、 $0.2 \text{ mA/cm}^2$ で1年間に概略片側で $5 \text{ cm}$ 程度の厚さが生成されるとすると、陰極11間距離を $50 \text{ cm}$ とした場合、5年ほどで骨材12は一体化されることになる。また、この計算によれば陽極としての囲い壁10は、最低5年腐食等に耐えてもてば良いということになる。

10

#### 【0013】

上記のように電着により造成される地盤は、藻類、貝類、バクテリア等の海洋生物の働きによりさらに強固な地盤として形成されることが期待できる。

すなわち、藻類、珊瑚、各種の貝類、バクテリアなどは、炭酸塩鉱物、リン酸塩鉱物、ケイ酸塩鉱物、酸化鉄鉱物などを生成することが知られており、ある程度の強さの地盤を形成した後に、骨材12の空隙に海洋生物が住み着くことによりそれら生物の働きにより強固な固形物が空隙中に沈着し、さらに強固な地盤となるというものである。

したがって、骨材12の種類、粒度、空隙等を上記の海洋生物が住みやすいものを選定し、電着と海洋生物の働きとの相乗作用によりより強固な地盤の造成を可能とすることができる。

20

#### 【0014】

##### 〔実施の形態2〕

図6は、沖の鳥島のような海面が陸地よりも高い個所に地盤を造成する場合を示したものである。

既存の地盤に囲い壁10を設置し、囲い壁10の上部で波浪のかぶらない位置に太陽光発電装置13を設ける。囲い壁10の内部には陰極部材11及び骨材12を実施の形態1と同様に配置する。

海面19より高い位置に積み上げられた骨材12及び陰極部材11が海水に浸漬されるようにするため、ポンプ18を所定の位置に設置しておき、太陽光発電装置13の電源で該ポンプ18を駆動し、海水を囲い壁10の内部に汲み上げる方式をとっている。

30

#### 【0015】

##### 【実施例】

図7に示すような側面に穴の開いた $10 \text{ cm}$ 角のプラスチック製の容器20を作製し、中心部に陰極、両端部に陽極を配置し、容器20内には石灰石骨材のみを充填したもの3個と、石灰石骨材及びセメントクリンカーを混合して充填したもの1個とを用意した。容器20全体を図に示さないさらに大きな容器に入れ、内部に位置する容器20全体が漬かるように海水を入れ、電極間に一定の電流を流し続け、2年後に容器20を解体し、内部の骨材を取り出し圧縮強度を測定した。

40

次の表に示すように、陰極の表面積当たりの電流量を $0.5 \text{ mA/cm}^2$ とした実施例1においては、析出物の生成量は多くなるが、生成物の含水率が高く圧縮強度が低い。地盤として安定なものとするためには、実施例2、4及び実施例3における $0.2 \text{ mA/cm}^2$ 程度以下とすることが望ましい。

	骨材	電流密度 (mA/cm <sup>2</sup> )	圧縮強度 (N/mm <sup>2</sup> )	生成物	
実施例1	石灰石	0.5	0.16	カルサイト ブルーサイト	
実施例2	石灰石	0.2	1.2	カルサイト ブルーサイト アラゴナイト	10
実施例3	石灰石	0.1	2.6	カルサイト ブルーサイト アラゴナイト	
実施例4	石灰石 : 50 セメントク リンカー : 50	0.2	1.0	カルサイト ブルーサイト アラゴナイト	

## 【0016】

20

## 【発明の効果】

本発明は、以下の効果を奏する

- (1) 埋立て工事等と比較して周辺海域への汚染が少ない。
- (2) 天然の岩石の続成作用によって地盤を形成するのに比較して、短時間でしかも天然の岩石に近い地盤を造成することが可能となり、効率的な国土の保全に資することができる。
- (3) 特に、無人島あるいは、南洋の孤島におけるような原材料の搬入あるいは、作業者の滞在が困難な場所における地盤造成において、原材料となる骨材を現地周辺で調達することも可能であり、また、メンテナンス要員も不要であることから、低コストで地盤造成が可能となる。
- (4) 海水面上昇による陸地の水没、波浪等による海岸の侵食等への国土の保全方法として最適な地盤造成方法を提供できる。

30

## 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明において地盤造成に適用するところの海中の電着技術の原理を示したものである。

【図2】本発明の実施の形態1に係る電気化学的地盤造成方法を示す平面図である。

【図3】図2のA-A断面図である。

【図4】陰極を縦に配置する場合の陰極構造の例を示した斜視図である。

【図5】陰極をかご状に形成した例を示した斜視図である。

【図6】海面が陸地よりも高い個所に地盤を造成する場合を示す正面断面図である。

40

【図7】実施例に用いた容器を示す斜視図であり、中心部に陰極、両端部に陽極を配置し、容器内には骨材を充填したものである。

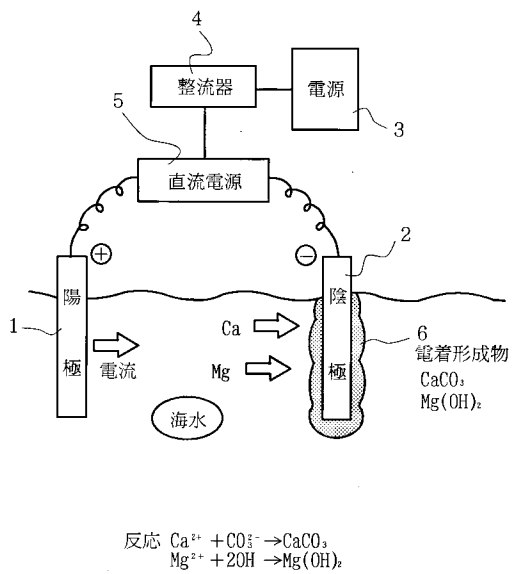
## 【符号の説明】

- 1 陽極
- 2 陰極
- 3 電源
- 4 整流器
- 5 直流電源
- 6 電着物
- 10 囲い壁(陽極)

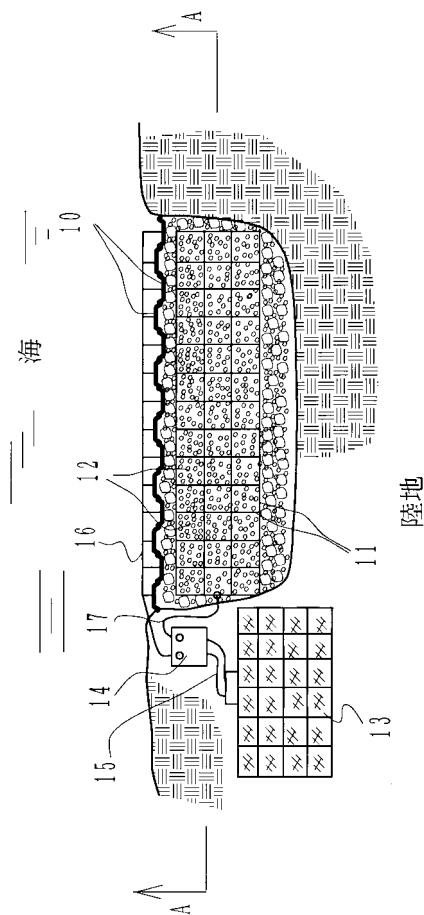
50

- 1 1 陰極部材
- 1 2 骨材
- 1 3 太陽光発電装置
- 1 4 定電流電源供給装置
- 1 5、1 6、1 7 ケーブル
- 1 8 ポンプ
- 2 0 容器

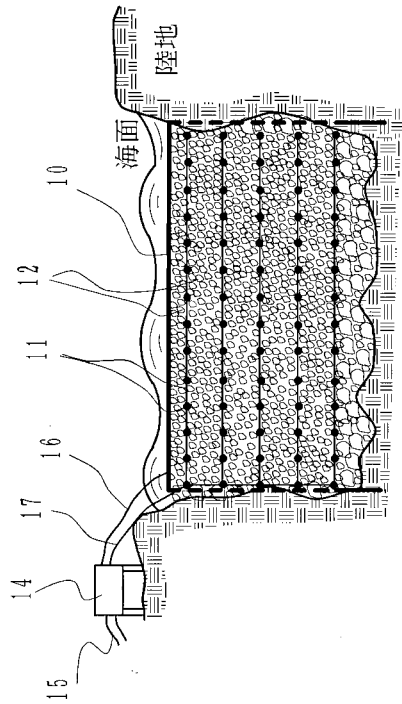
【 図 1 】



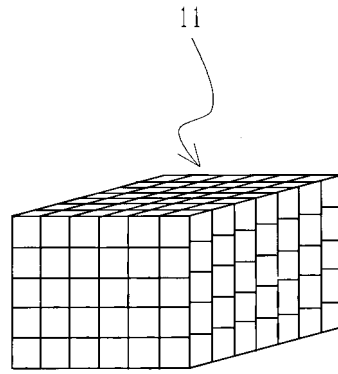
【 図 2 】



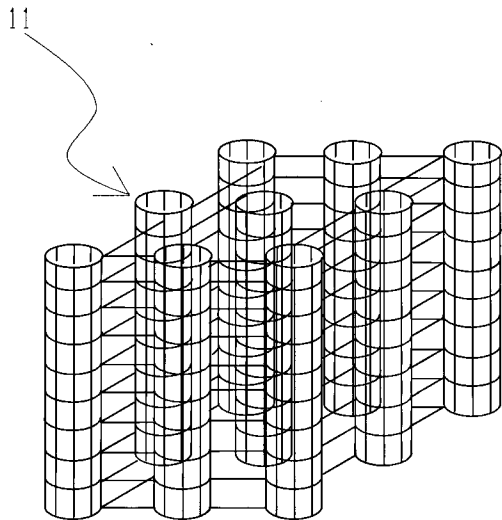
【 図 3 】



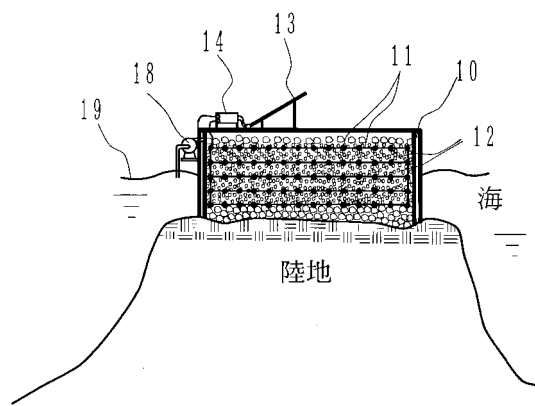
【 図 4 】



【 図 5 】

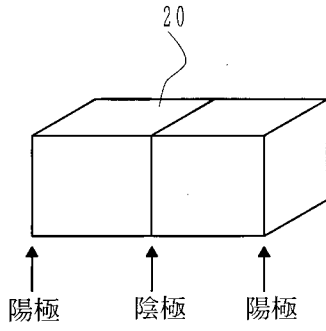


【 図 6 】





【 図 7 】



---

フロントページの続き

審査官 柴田 和雄

(56)参考文献 特開昭63-289111(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl.<sup>7</sup>, DB名)

E02D 3/11

C25D 9/08

E02B 3/18