

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2007-277704

(P2007-277704A)

(43) 公開日 平成19年10月25日(2007.10.25)

(51) Int. Cl.	F I	テーマコード (参考)
C 2 1 B 13/10 (2006.01)	C 2 1 B 13/10	4 K O O 1
C 2 2 B 5/10 (2006.01)	C 2 2 B 5/10	4 K O 1 2
C 2 1 B 11/08 (2006.01)	C 2 1 B 11/08	
C 2 2 B 7/02 (2006.01)	C 2 2 B 7/02	A
C 2 2 B 7/00 (2006.01)	C 2 2 B 7/00	H
審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 10 頁)		

(21) 出願番号 特願2007-21641 (P2007-21641)
 (22) 出願日 平成19年1月31日 (2007.1.31)
 (31) 優先権主張番号 特願2006-69399 (P2006-69399)
 (32) 優先日 平成18年3月14日 (2006.3.14)
 (33) 優先権主張国 日本国 (JP)

(出願人による申告) 国等の委託研究の成果に係る特許出願 (平成13年新エネルギー・産業技術総合開発機構 基盤技術研究促進事業 (民間基盤技術研究支援制度)、産業活力再生特別措置法第30条の適用を受けるもの)

(71) 出願人 000001258
 J F E スチール株式会社
 東京都千代田区内幸町二丁目2番3号
 (74) 代理人 100080687
 弁理士 小川 順三
 (74) 代理人 100077126
 弁理士 中村 盛夫
 (72) 発明者 石渡 夏生
 東京都千代田区内幸町二丁目2番3号 J
 F E スチール株式会社内
 (72) 発明者 樋口 隆英
 東京都千代田区内幸町二丁目2番3号 J
 F E スチール株式会社内

最終頁に続く

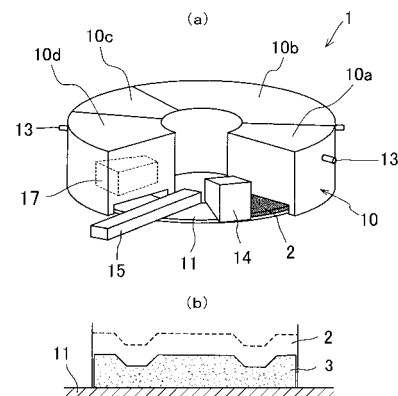
(54) 【発明の名称】 還元金属の製造方法

(57) 【要約】

【課題】 移動型炉床炉を用いて還元金属を製造する際に、炉内温度が低い状態の下で、高品質の還元鉄を効率よく生産できるようにすること。

【解決手段】 移動型炉床炉の移動床上に、まず炭材である床敷材を積載し、その上に金属含有物、固体還元剤および造滓材を含む混合原料を装入し、移動床が炉内を移動する間に加熱し、還元して還元生成物を生成させたのち、熔融させてスラグ分を分離することにより還元金属を得る方法において、前記床敷材である炭材の一部もしくは全部を、結晶間距離 $L_c \geq 1.8 \text{ \AA}$ の炭材として還元金属を製造する。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

移動型炉床炉の移動床上に、まず、炭材が用いられる床敷材を積載し、その上に金属含有物、固体還元剤および造滓材を含む混合原料を装入し、移動床が炉内を移動する間に加熱し、還元して還元生成物を生成させたのち、溶融させてスラグ分を分離することにより還元金属を得る方法において、前記床敷材として用いる炭材の一部もしくは全部を、結晶間距離 $L_c \geq 18 \text{ \AA}$ の炭材とすることを特徴とする還元金属の製造方法。

【請求項 2】

床敷材用の前記炭材が、黒鉛または石炭、石炭チャー、石油系コークスであること特徴とする請求項 1 に記載の還元金属の製造方法。

【請求項 3】

前記金属含有物は、鉱石、製錬ダストおよび製錬スラッジのうちのいずれか 1 種あるいは 2 種以上の混合物であることを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の還元金属の製造方法。

【請求項 4】

混合原料中の前記固体還元剤は、石炭、石炭チャー、ピッチおよびコークスのうちのいずれか 1 種あるいは 2 種以上の混合物であることを特徴とする請求項 1 ～ 3 のいずれかに記載の還元金属の製造方法。

【請求項 5】

前記造滓材は、 CaO 、 MgO および Na_2O のうちのいずれか 1 種あるいは 2 種以上を含む鉱物性物質のうちの 1 種あるいは 2 種以上の混合物であることを特徴とする請求項 1 ～ 4 のいずれかに記載の還元金属の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、金属含有原料を移動型炉床炉内に装入したのち移動させながら加熱、還元し、少なくとも一度は溶融させて金属含有物、例えば還元鉄を製造する方法に関する。

【背景技術】

【0002】

粗鋼を製造する方法の 1 つとして電気炉によって行う方法がある。この方法は、原料を電気エネルギーによって加熱し、溶解して、場合によってはさらに精錬して、所望の鋼とする技術である。また、この方法は、原料として主にスクラップを使用している。しかし、近年、そのスクラップの需給が逼迫していることから、スクラップに換えて還元鉄を使用する提案がある。

【0003】

その還元鉄は、例えば、特許文献 1 に開示されるような方法によって製造することができる。この方法は、移動型炉床炉内を水平方向に移動する炉床（移動床）上に、主として鉄鉱石と固体還元剤とを積載し、上方からの輻射伝熱によってこの鉄鉱石等の原料を加熱し、還元し、さらには該移動床上に生成する還元生成物を溶融することにより、還元鉄を製造する方法であり、移動炉床炉法とも呼ばれている。

【0004】

この方法に用いられる移動炉床炉とは、移動型炉床炉内に配設される炉床（移動床）が水平方向に移動する過程で、原料を加熱して還元する炉であり、環状の移動床が、図 1 に示すように回転する形式をとるのが普通であり、それ故に回転炉床炉とも呼ばれている。

【0005】

例えば、代表的な移動炉床炉は、図 1 に示すように、予熱帯 10a、還元帯 10b、溶融帯 10c および冷却帯 10d に区画された環状型加熱炉の加熱炉炉体 10 内に、回転しながら連続的に移動する移動床 11 を配設してなるものである。そして、この炉は、前記移動床 11 上に、例えば、鉄鉱石（炭材内装ペレットが用いられることもある）と固体還元剤からなる混合原料 12 を積載して加熱し、還元し、その後、少なくとも一度は溶融さ

10

20

30

40

50

せるようになっている。かかる移動床 11 は、通常、耐火物でライニングされた炉体 10 によって囲われているが、特許文献 1 に開示されているように、炉床耐火物保護のために、混合原料層とは別に、床敷材となる炭材の層が設けられる場合がある。また、この炉体 10 の上部にはバーナー 13 が配設され、このバーナー 13 を熱源として、移動床 11 上の鉄鉱石等が還元される。なお、図 1 において、14 は原料を移動床 11 上に装入する装入装置、15 は還元物を排出する排出装置である。また、炉体 10 内の雰囲気温度は還元帯では通常、1300℃程度に調節されているが、熔融帯では1500℃前後の高温に制御される。

【0006】

鉄含有物、例えば鉄鉱石は、その産地によって差はあるものの、多くの脈石成分を含むのが普通である。また、固体還元剤の代表例である石炭、石炭チャー、コークスにもまた灰分等が含まれている。そのために、還元操作のみを行う移動炉床炉法では、脈石分や該還元剤中の灰分が製品である還元鉄中に不可避に混入するという問題がある。しかし、移動型炉床炉法の場合、特許文献 1 に開示されているように、還元後の原料を一旦は熔融することから、メタルから脈石分であるスラグを容易に分離することができる。ただし、単にそれだけでは、還元鉄の生産性が向上するわけではない。

【0007】

【特許文献 1】特開平 11-172312 号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

上述したように、従来技術については、その開発傾向に生産性の向上という視点に欠けており、一方で還元鉄の需要は大きく伸びているのが実情であり、解決が求められている。また、その還元鉄を電気炉などで溶解する場合でも、溶解効率の向上をもたらすような、そして電力原単位の削減に寄与でき、経済性の高い操業が担保できるような、還元鉄製造技術の確立が求められている。

【0009】

そこで、本発明の目的は、移動型炉床炉を用いて還元金属を製造する際に、生産性に優れると共に、電気炉等の精錬炉で使いやすい還元金属を得ることにある。

【課題を解決するための手段】

【0010】

従来技術が抱えている上述した課題を解決するために、発明者らは、還元生成物がメタルとスラグとに分離する条件について研究する中で、還元金属の品質ならびに生産性の向上を図るには、これらの分離をいかに円滑に行わせるために、発明者らは還元金属とくに還元鉄中の炭素濃度をいかに上げるかということが重要なポイントになるとの知見を得て、本発明を開発するに至った。

【0011】

即ち、本発明に係るその手段とは、移動型炉床炉の移動床上に、まず、炭材が用いられる床敷材を積載し、その上に金属含有物、固体還元剤および造滓材を含む混合原料を装入し、移動床が炉内を移動する間に加熱し、還元して還元生成物を生成させたのち、熔融させてスラグ分を分離することにより還元金属を得る方法において、前記床敷材として用いる炭材の一部もしくは全部を、結晶間距離 $L_c \geq 18$ オングストローム（以下、「Å」と略記する）以上の炭材とすることを特徴とする還元金属の製造方法を提案する。

【0012】

ここで、結晶間距離 L_c は、X線回折法によって測定され、参考文献（Metallurgical and materials transaction B : 31B (2000)、P215）に記載されている Scherrer の式によって定義されるものを用いる。一般に、結晶間距離 L_c が大きいものほど、黒鉛化が進んでいる状態を表わしている。

【0013】

本発明において、

10

20

30

40

50

(1) 床敷材用の前記炭材が、黒鉛または石炭、石炭チャー、ピッチコークス、オイルコークスのような石油系コークスであること、

(2) 前記金属含有物としては、鉱石とくに鉄鉱石、金属含有ダストとくに製鉄ダストおよび金属含有スラッジとくに製鉄スラッジのうちのいずれか1種あるいは2種以上の混合物が用いること、

(3) 混合原料中の前記固体還元剤（原料内装炭材）としては、石炭、石炭チャー、ピッチおよびコークスのうちのいずれか1種あるいは2種以上の混合物の粉が用いること、

(4) 前記造滓材としては、 CaO 、 MgO および Na_2O のうちのいずれか1種あるいは2種以上を含む鉱物性物質、例えば、石灰石、脱硫スラグ、転炉スラグ、ドロマイト、蛇紋岩あるいは螢石などのうちの1種あるいは2種以上の混合物が用いること、
が好ましい解決手段である。

10

【発明の効果】

【0014】

本発明によれば、移動型炉床炉によって高品質（高炭素濃度）の還元金属を、効率よく生産することができると共に、還元金属中の炭素温度を上昇させることができる。その結果、該還元金属の融点が下がり、電気炉などの精錬炉での溶融が容易（溶解効率の向上）になる。また、本発明を適用して製造した還元金属の場合、近年の酸素吹き込み転炉や電気炉の操業において、還元金属の炭素が溶融時の燃料としても利用できるようになり、電気炉等のエネルギー原単位の低下をもたらして、より経済的な炉操業が可能になる。

【発明を実施するための最良の形態】

20

【0015】

以下に述べる例は、還元金属として還元鉄を製造する例を述べるものである。ただし、本発明は、還元鉄だけでなくその他の金属材料の製造技術としてももちろん有効である。

発明者らはまず、鉄鉱石、コークスおよび石灰石からなる混合原料を、移動型炉床炉に代えて堅型炉の炉内に設置した黒鉛製るつぼ内に装入し、移動型炉床炉の炉内温度パターンを模擬した熱を供給しながら、このるつぼ内の混合原料の様子を観察した。そして、昇温を途中で中止してその時点での生成物の組成分析等も行った。

【0016】

その結果、混合原料中の鉄鉱石はまず、この原料中に混合されているコークス（炭素）と反応し、大部分は Fe にまで還元されて固体還元鉄になり、その後、浸炭反応を起して融点が低下し、溶融する。そして、残った FeO 分は、融点に達して溶融し、 FeO スラグを生成する。

30

【0017】

一般に、溶融スラグと溶融メタルが分離する時の該溶融スラグ中の FeO 濃度は、30mass%と高い状態になる。そのため、溶融スラグと溶融メタルとは互いに濡れやすく、このときの溶融スラグは、溶融メタル（液滴）の表面全体を完全に覆う“完全濡れ”の状態になっている。そのため、このまま凝固するとメタルとスラグは強く密着したままとなり、容易には剥がれにくくなる。

【0018】

その後、溶融スラグ中の FeO の還元がさらに進んで、溶融スラグ中の FeO 濃度が10mass%程度以下にまでなると、溶融メタルと溶融スラグとの間の濡れ性は悪くなり、接触角が大きくなって、メタル表面からすべり落ちる。また、両相の密着力が低下して、冷却後に容易に剥がすことができるようになる。

40

【0019】

なお、溶融スラグからの溶融メタルの分離を速くするには、 FeO 還元を促進することによって、溶融スラグ中の FeO 濃度をできるだけ速く10mass%程度以下にして、メタル粒とスラグ粒が剥がれやすくすることが重要である。

【0020】

このことを確かめるために、発明者らは、溶融スラグ中の FeO の還元挙動について検討した。一般に、溶融スラグ中の FeO の還元は、スラグとメタルとの界面において、溶

50

融スラグ中のFeOが溶融メタル中に溶解している炭素によって還元されるか、還元反応によって生成するCOガスによって還元されることによって進むことが知られている。したがって、溶融スラグ中のFeOの還元を促進させるためには、溶融スラグ中のFeOと接触する還元剤（炭素あるいはCOガス）の供給速度を上げることなどの対策が有効になると考えられる。

【0021】

この点に関し、本発明では、移動床11上に、まず、黒鉛、あるいはグラファイト構造の石炭あるいは石炭チャーあるいはピッチコークスやオイルコークスのような石油系コークスの如き炭材粒子からなる床敷材を敷き詰め、その上に前記混合原料を積載する方法を採用することにした。このことにより、前記溶融メタル中への十分な炭素成分の供給を行うことができるようになる。即ち、溶融した還元生成物はまず、比重差によって溶融メタルの粒子が下方（溶融スラグ下）に移動して、その下層にある上記床敷材である炭材に直接接して、浸炭反応と呼ばれる、溶融メタル中への炭素原子の溶解反応が起り、還元剤の供給を受けることになる。なお、本発明において、黒鉛もしくは黒鉛化が進んだ炭材を用いる理由は、黒鉛化が進むにつれて、浸炭反応が大幅に速くなるためである。

10

【0022】

次に、発明者らは、上記の浸炭現象をより効果的に行わせるための条件、即ち、浸炭速度の速い床敷材用炭材に関して検討した。なお、炭材による浸炭反応速度に関しては、参考文献（Metallurgical and Materials Trans. B: 31B(2000)、p215）でも報告されているが、図2に示すように、結晶間距離（Lc）とは一定の関係が成立する。この図から分かるように、結晶間距離Lcが18 Å以上になると、浸炭速度が急激に速くなることがわかる。

20

【0023】

一方で、混合された炭材は、固体FeOなどによる還元反応によって発生するCO₂ガスとガス化反応を起こし、ガス化して消費されてしまう。このように、炭材の消費が進むと、浸炭反応に寄与する分がなくなる。従って、望ましい炭材としては、浸炭反応性は高い一方で、ガス化反応性は低いものが好ましいと考えられる。

一般に、ガス化反応性は、参考文献（鉄鋼便覧3版 製鉄・製鋼 205ページ図4.8 4）にも記載されているように、結晶間距離（Lc）が増加するほどに低下する傾向があり、とくに、Lc: 18 Å程度を超えると、ほぼ一定になることが知られている。

30

【0024】

このことから本発明で用いる床敷材用炭材としては、結晶間距離Lcが18 Å以上を示す炭材を用いることが有効であり、この場合に限り、高い浸炭反応性と低いガス化反応性を両立させることができるようになり、より高い浸炭効果を得ることができる。

【0025】

溶融メタル中へ供給される炭素は、上記のような浸炭反応によって、スラグ中のFeO濃度を低下させ、濡れ性の低下を招いて溶融メタルと溶融スラグの分離を誘発する。つまり、溶融メタル中への浸炭を迅速に行い、FeOの還元反応を促進することで生産性の向上という本発明の目的に適う方法となるのである。

【0026】

なお、還元剤中の炭素のメタル中への浸炭速度（K）については、前記参考文献（Metallurgical and Materials Trans. B: 2000, 31B, P243）の記載によると、結晶間距離Lcが18 Å以上を満足する黒鉛などは、石炭に比べて10倍程度も浸炭速度Kが高いことが報告されている。この石炭と黒鉛との浸炭速度Kの差は、結晶間距離Lcが大きく異なっているためであると考えられる。つまり、溶融メタルへの浸炭反応を促進するには、下層の床敷材の炭材成分を利用することに加え、その炭材として結晶間距離（Lc） $\geq$ 18 Åの炭材を使用することが有利となり、浸炭反応の促進を通じて、生産性の向上が図れるのである。

40

【0027】

なお、床敷材用の前記炭材としては、少なくとも溶融メタルと接触する部分、即ち、表

50

面層に存在するだけでも効果がある。従って、床敷材の全てを前記炭材にする必要はなく、その表面層の部分だけでもよい。このような役割を担う炭材の量は、飽和炭素量以下であって、メタルの量に対して2 mass %以上となる量であればよい。この炭材を2 mass % / メタルとした理由は、鉄炭素系状態図によれば、この量が液相生成炭素濃度と等しく、メタル中に液相を生成させることができれば、メタル液相内での炭素原子の拡散が飛躍的に増加すると考えられるからである。たとえば、操業中の鉱石積載量10 kg / m²であれば生成メタル量は6 kg / m²であり、炭材投入量は120 g / m²以上もあれば十分である。

【実施例】

【0028】

10

発明者らは実際のプラントにおいて、上記事実を確認するための実験操作を行った。この実験は、移動型炉床炉として図1に示すような回転炉床炉1により、表1に示す成分組成の鉄鉱石、表2に示す化学成分の石炭および造滓剤（石灰石）を、表3に示す割合で混合して混合原料2とし、この混合原料2を、炉内の移動床11上に積載した床敷材3の上に装入堆積させ、最高炉内温度が1500℃となるように移動床11を移動させて、還元鉄とスラグを製造した。なお、この回転炉床炉は、炉中心径7mで炉床の幅は1mの加熱炉である。表4に、この炉のスペックを示す。

【0029】

この実験において、混合原料中の鉄鉱石、炭材、配合比率などは全て同一とした。比較例1は、炉内最高温度1500℃、Lc：10 Åの石炭（A）を、実施例1は、炉内最高温度1500℃、床敷炭材として表面の層厚：5mmの部分にLc：50 Åの炭材（D）を用いた例を、実施例2は、炉内最高温度1500℃、Lc：50 Åの炭材（D）を用いた例を、実施例3は、Lc：20 Åの炭材（B）を用いた例を、実施例4は、Lc：23 Åの炭材（C）を用いた例を用いた例である。

20

なお、表4は、この実施例で用いた移動炉床炉の設備概要を示す。

【0030】

【表1】

(mass%)

t-Fe	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	CaO	Al ₂ O ₃	MgO	S	CW
57.1	80.6	5.52	0.33	2.70	0.24	0.017	7.88

30

【0031】

【表2】

(mass%)

FC	Water	ASH	VM	S	C	H	O
82.7	8.7	10.3	7.0	0.51	90.65	3.10	2.20

40

【0032】

【表 3】

(mass%)

鉱石	石炭	石灰石
72.7	18.2	9.1

【0033】

【表 4】

10

炉中心径	7 m
炉床幅	1 m
バーナー数	11本
炉体最高温度	1500℃
回転速度	10～20分

20

【0034】

図3に、比較例1、2および実施例1、2、3の生産性を対比して示した。生産性は、回転炉床炉の単位炉床面積で一日に生産される粒鉄量で表わした。また、表6に、それぞれの例の下で生産された粒鉄中のC濃度とスラグ中のFeO濃度とを示した。この図に示すように、 $L_c \geq 18 \text{ \AA}$ の炭材を使用することにより、生産性は10%以上も向上した。また、本発明法に適合する例のほうが、同一のFeO濃度であって、なお、粒鉄中の炭素濃度が高くなることもわかった。

【0035】

【表 5】

30

	Lc ($\text{\AA}$)	FC (mass%)	VM (mass%)	ASH (mass%)	C (mass%)
炭材A(石炭1)	10	80.0	10.0	10.0	85.0
炭材A(石炭2)	20	86.0	5.0	9.0	88.5
炭材C(コークス)	23	88.9	0.0	11.1	87.1
炭材D(黒鉛)	50	95.0	0.3	4.7	95.0

40

【0036】

【表 6】

	床敷材 (炭材)	温度 (°C)	生産性 (%)	C 濃度 (mass%)	FeO 濃度 (mass%)
比較例 1	A	1500	0.70	3.50	8.6
実施例 1	一部 (表面層) D	1500	0.88	4.20	7.6
実施例 2	D	1500	0.82	4.30	9
実施例 3	B	1500	0.86	4.20	8.9
実施例 4	C	1500	0.85	4.40	7.8

10

【0037】

メタル粒子 (粒鉄) 中の炭素は、溶解時酸素を吹き込むことで燃料として利用できるため、電気炉で溶解を行う場合に電力原単位を下げる効果がある。このことにより、粒鉄の市場価値をあげることができ、本プロセスの経済性を向上させる効果が期待できる。

【産業上の利用可能性】

【0038】

20

本発明は、移動型炉床炉によって還元金属、とくに還元鉄を効率よく製造する (高生産性) 際の技術を提案するものであるが、その他、鉄以外の還元金属を製造する方法としても適用が可能である。

【図面の簡単な説明】

【0039】

【図 1】移動型炉床炉の概念図 (a) および原料堆積層の断面図 (b) である。

【図 2】結晶間距離と浸炭反応速度との関係を示すグラフである。

【図 3】実施例における生産性の比較グラフである。

【符号の説明】

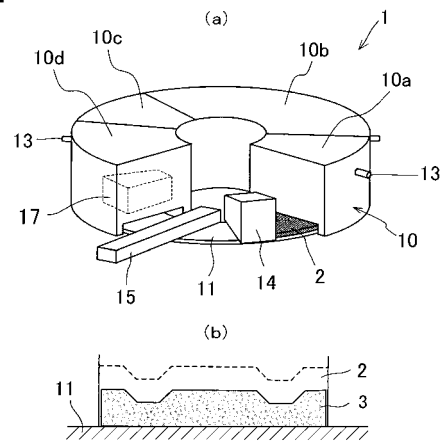
【0040】

30

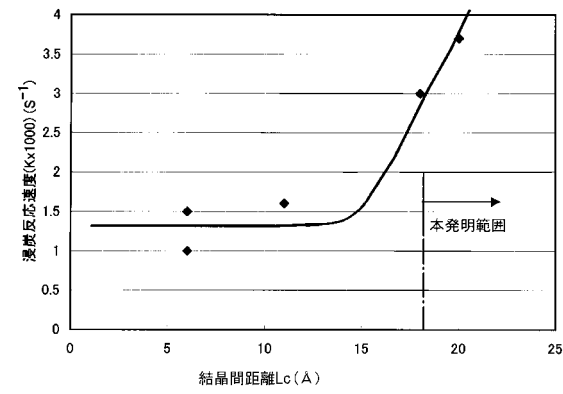
- 1 回転炉床炉
- 2 混合原料
- 3 床敷材
- 10 炉体
- 10a 予熱帯
- 10b 還元帯
- 10c 溶融帯
- 10d 冷却帯
- 11 移動床
- 12 混合原料
- 13 バーナー
- 14 装入装置
- 15 排出装置

40

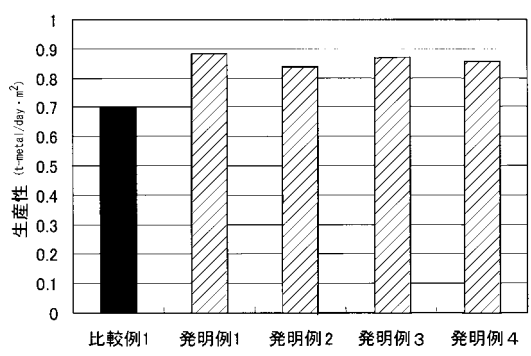
【図 1】



【図 2】



【図 3】



フロントページの続き

Fターム(参考) 4K001 AA10 BA02 BA05 BA14 DA05 GA07 GA12 HA01 HA11 KA06
KA07 KA13
4K012 DE03 DE06