

(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2008-536781

(P2008-536781A)

(43) 公表日 平成20年9月11日(2008.9.11)

(51) Int.Cl.

**C04B 18/10 (2006.01)**  
**C04B 14/10 (2006.01)**  
**C04B 18/12 (2006.01)**  
**C04B 18/16 (2006.01)**  
**C04B 14/04 (2006.01)**

F 1

C04B 18/10 Z A B Z  
C04B 14/10 Z  
C04B 18/12  
C04B 18/16  
C04B 14/04 Z

テーマコード(参考)

4 D O O 4

審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全 48 頁) 最終頁に続く

|               |                              |          |  |
|---------------|------------------------------|----------|--|
| (21) 出願番号     | 特願2007-550762 (P2007-550762) | (71) 出願人 | 507237831<br>ベサニー, ソフィア<br>ギリシャ国 ジーアールー 124 61<br>ハイダリ, アンドロウトソウ ストリート<br>28 |
| (86) (22) 出願日 | 平成18年1月13日 (2006.1.13)       | (74) 代理人 | 100091096<br>弁理士 平木 祐輔   |
| (85) 翻訳文提出日   | 平成19年9月10日 (2007.9.10)       | (74) 代理人 | 100096183<br>弁理士 石井 貞次   |
| (86) 國際出願番号   | PCT/EP2006/000271            | (74) 代理人 | 100118773<br>弁理士 藤田 節  |
| (87) 國際公開番号   | W02006/074945                | (72) 発明者 | ベサニー, ソフィア<br>ギリシャ国 ジーアールー 124 61<br>ハイダリ, アンドロウトソウ ストリート<br>28              |
| (87) 國際公開日    | 平成18年7月20日 (2006.7.20)       |          |  |
| (31) 優先権主張番号  | 20050100015                  |          |  |
| (32) 優先日      | 平成17年1月14日 (2005.1.14)       |          |  |
| (33) 優先権主張国   | ギリシャ(GR)                     |          |  |
| (31) 優先権主張番号  | 200501000469                 |          |  |
| (32) 優先日      | 平成17年9月16日 (2005.9.16)       |          |  |
| (33) 優先権主張国   | ギリシャ(GR)                     |          |  |
| (31) 優先権主張番号  | 11/238, 767                  |          |  |
| (32) 優先日      | 平成17年9月28日 (2005.9.28)       |          |  |
| (33) 優先権主張国   | 米国(US)                       |          |  |

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 IBA および低カルシウムのケイ素アルミニウム材料を含む焼成骨材および該骨材の製造方法

## (57) 【要約】

一実施形態によれば、骨材の製造方法が開示され、該方法は IBA と IBA より低カルシウム含有量の第 2 のケイ素アルミニウム材料とを混合する段階を含む。かかる方法は、さらに、混合物を、例えばペレット化によって凝集させる段階、および凝集体を、例えば焼結またはガラス化によって焼成処理して骨材を形成する段階を含む。第 2 の材料は、粘土、例えばベントナイトまたはカオリン、採鉱廃棄物、例えば花崗岩切断残留物、廃棄物ガラス、または炉ボトムッシュであってもよい。第 2 の材料を添加することにより、軽量および通常重量骨材を容易に製造することが見出された。可塑性結合材、例えば粘土を混合物に添加することも可能である。凝集に先立って IBA または IBA と第 2 の材料との混合物を湿式粉碎させるのが好ましい。IBA および第 2 の材料を含む焼結された軽量骨材および IBA および第 2 の材料を含む骨材についても開示される。

**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

都市固体廃棄物焼却炉からの焼却炉ボトムアッシュ（IBA）と、該IBAより低カルシウムの第2のケイ素アルミニウム材料とを混合する段階、

混合物を凝集させて、凝集体を形成させる段階、および

凝集体を焼成処理して、骨材を形成させる段階、

を含む、骨材の製造方法。

**【請求項 2】**

第2の材料が、1種以上の以下の材料：粘土、頁岩、粘板岩、採鉱廃棄物、廃棄物ガラス、および炉ボトムアッシュを含む、請求項1に記載の方法。 10

**【請求項 3】**

粘土が1種以上の以下の材料：ベントナイトおよびカオリンを含む、請求項2に記載の方法。

**【請求項 4】**

採鉱廃棄物が花崗岩切断残留物を含む、請求項2に記載の方法。

**【請求項 5】**

混合に先立ってIBAを粉碎する段階をさらに含む、請求項1に記載の方法。

**【請求項 6】**

IBAを湿式粉碎する段階を含む、請求項5に記載の方法。

**【請求項 7】**

凝集に先立ってIBAと第2の材料との混合物を粉碎する段階をさらに含む、請求項1に記載の方法。 20

**【請求項 8】**

混合物を湿式粉碎する段階をさら含む、請求項7に記載の方法。

**【請求項 9】**

ペレット化によって混合物を凝集させる段階をさらに含む、請求項1に記載の方法。

**【請求項 10】**

混合物を湿式粉碎する段階、

湿式粉碎後に混合物から水を除去する段階、および

除去された水の少なくとも一部をペレット化時に使用する段階、

をさらに含む、請求項1に記載の方法。 30

**【請求項 11】**

混合物を湿式粉碎する段階、

湿式粉碎後に混合物から水を除去する段階、

焼成処理された凝集体を急冷する段階、および

除去された水の少なくとも一部を急冷時に使用する段階、

をさらに含む、請求項1に記載の方法。

**【請求項 12】**

混合物を、約3～約40mmの直径を有する凝集体に凝集させる段階を含む、請求項1に記載の方法。 40

**【請求項 13】**

凝集体を無機粉末でコーティングする段階をさらに含む、請求項1に記載の方法。

**【請求項 14】**

無機粉末が、1種以上の以下の材料：石炭燃焼からの粉碎燃料灰、粘土、頁岩および粘板岩を含む、請求項13に記載の方法。

**【請求項 15】**

凝集体をロータリーキルンで焼成処理する段階をさらに含む、請求項1に記載の方法。

**【請求項 16】**

骨材が軽量骨材である、請求項1に記載の方法。

**【請求項 17】**

10

20

30

40

50

骨材が通常重量骨材である、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 1 8】

凝集体を焼成処理して該凝集体を焼結させる段階をさらに含む、請求項 1 に記載の方法。  
。

【請求項 1 9】

凝集体を焼成処理して該凝集体をガラス化させる段階をさらに含む、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 2 0】

骨材を予め決められたサイズに粉碎および選別する段階をさらに含む、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 2 1】

I B A および第 2 の材料を有機材料と混合する段階をさらに含む、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 2 2】

I B A および第 2 の材料を、I B A と第 2 の材料との混合物の乾燥重で約 30 % 以下の有機材料と混合する段階を含む、請求項 2 1 に記載の方法。

【請求項 2 3】

有機材料が活性炭廃棄物を含む、請求項 2 1 に記載の方法。

【請求項 2 4】

第 2 の材料に対する I B A の割合および焼成処理温度に少なくとも部分的に基づいて、骨材の所定の特性を制御する段階をさらに含む、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 2 5】

前記割合および前記温度に少なくとも部分的に基づいて、骨材の密度を制御する段階を含む、請求項 2 4 に記載の方法。

【請求項 2 6】

前記割合および前記温度に少なくとも部分的に基づいて、吸水率を制御する段階を含む、請求項 2 4 に記載の方法。

【請求項 2 7】

有機材料を、I B A と第 2 の材料との混合物と混合する段階、および  
混合物中の有機材料の割合に少なくとも部分的に基づいて、骨材の所定の特性を制御する段階、  
をさらに含む、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 2 8】

混合物中の有機材料の割合に少なくとも部分的に基づいて、密度を制御する段階を含む、請求項 2 7 に記載の方法。

【請求項 2 9】

混合物中の有機材料の割合に少なくとも部分的に基づいて、吸水率を制御する段階を含む、請求項 2 7 に記載の方法。

【請求項 3 0】

混合物の乾燥重で約 5 ~ 約 95 % の I B A を、混合物の乾燥重で約 95 ~ 約 5 % の第 2 の材料と混合する段階を含む、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 3 1】

混合物の乾燥重で約 30 ~ 約 70 % の I B A を、混合物の乾燥重で約 70 ~ 約 30 % の第 2 の材料と混合する段階を含む、請求項 3 0 に記載の方法。

【請求項 3 2】

混合物の乾燥重で約 30 ~ 約 50 % の I B A を、混合物の乾燥重で約 70 ~ 約 50 % の第 2 の材料と混合する段階を含む、請求項 3 1 に記載の方法。

【請求項 3 3】

I B A を湿式粉碎する段階、

湿式粉碎された I B A から廃棄物ガラスを分離する段階、

10

20

30

40

50

廃棄物ガラスを粉碎する段階、および

第2の材料を含む粉碎された廃棄物ガラスを、湿式粉碎されたIBAと混合する段階、をさらに含む、請求項1に記載の方法。

**【請求項34】**

可塑性結合材を、IBAと第2の材料との混合物と混合する段階をさらに含む、請求項1に記載の方法。

**【請求項35】**

粘土結合材を混合物と混合する段階を含む、請求項34に記載の方法。

**【請求項36】**

粘土結合材が混合物の乾燥重で約5～約20%含まれる、請求項35に記載の方法。

10

**【請求項37】**

粘土結合材がベントナイトおよび/またはカオリンを含む、請求項35に記載の方法。

**【請求項38】**

都市固形廃棄物焼却炉からの焼却炉ボトムアッシュ（IBA）と、該IBAより低カルシウムの第2のケイ素アルミニウム材料とを含む混合物を調製する段階、

混合物を凝集させて、凝集体を形成させる段階、および

凝集体を焼結させる段階、

を含む、焼結軽量骨材の製造方法。

**【請求項39】**

第2の材料が、1種以上の以下の材料：粘土、頁岩、粘板岩、採鉱廃棄物、廃棄物ガラス、および炉ボトムアッシュを含む、請求項38に記載の方法。

20

**【請求項40】**

粘土が、1種以上の以下の材料：ベントナイトおよびカオリンを含む、請求項39に記載の方法。

**【請求項41】**

採鉱廃棄物が花崗岩切断残留物を含む、請求項39に記載の方法。

**【請求項42】**

ペレット化によって混合物を凝集させる段階を含む、請求項38に記載の方法。

**【請求項43】**

混合物を、約3～約40mmの直径を有する凝集体へと凝集させる段階を含む、請求項38に記載の方法。

30

**【請求項44】**

凝集体を焼結させて、約2.0g/cm<sup>3</sup>未満の相対密度を有する骨材を形成する段階を含む、請求項38に記載の方法。

**【請求項45】**

軽量骨材が、乾燥重で約40%未満の吸水率を有する、請求項38に記載の方法。

**【請求項46】**

凝集体をロータリーキルンで焼結させる段階を含む、請求項38に記載の方法。

**【請求項47】**

第2の材料に対して予め決められた割合のIBAを混合する段階、および  
該予め決められた割合に少なくとも部分的に基づいた温度で凝集体を焼結させて、予め  
決められた密度を有する軽量骨材を形成させる段階、  
を含む、請求項38に記載の方法。

40

**【請求項48】**

混合物の乾燥重で約5～約95%のIBAを、混合物の乾燥重で約95～約5%の第2の材料と混合する段階を含む、請求項38に記載の方法。

**【請求項49】**

混合物の乾燥重で約30～約70%のIBAを、混合物の乾燥重で約70～約30%の第2の材料と混合する段階を含む、請求項48に記載の方法。

**【請求項50】**

50

混合物の乾燥重で約30～約50%のIBAを、混合物の乾燥重で約70～約50%の第2の材料と混合する段階を含む、請求項49に記載の方法。

【請求項51】

混合物の乾燥重で約40%のIBAを、混合物の乾燥重で約60%の第2の材料と混合する段階を含む、請求項50に記載の方法。

【請求項52】

混合物を、約1050～約1240 の範囲の温度で焼成処理する段階を含む、請求項51に記載の方法。

【請求項53】

混合に先立ってIBAを粉碎する段階をさらに含む、請求項38に記載の方法。

【請求項54】

IBAを湿式粉碎する段階をさらに含む、請求項53に記載の方法。

【請求項55】

混合物を湿式粉碎する段階をさらに含む、請求項38に記載の方法。

【請求項56】

凝集体を無機粉末でコーティングする段階をさらに含む、請求項38に記載の方法。

【請求項57】

骨材を予め決められたサイズに粉碎および選別する段階をさらに含む、請求項38に記載の方法。

【請求項58】

IBAおよび第2の材料を有機材料と混合する段階をさらに含む、請求項38に記載の方法。

【請求項59】

有機材料が活性炭廃棄物を含む、請求項58に記載の方法。

【請求項60】

IBA、第2の材料および可塑性結合材を含む混合物を調製する段階をさらに含む、請求項38に記載の方法。

【請求項61】

可塑性結合材が粘土を含む、請求項60に記載の方法。

【請求項62】

都市固形廃棄物焼却炉からの焼却炉ボトムアッシュ（IBA）、該IBAより低カルシウムの第2のケイ素アルミニウム材料および粘土結合材を混合する段階、

混合物を凝集させて、凝集体を形成させる段階、および

凝集体を焼結させる段階、

を含む方法により形成される焼結軽量骨材。

【請求項63】

前記方法が、第2の材料および粘土結合材と混合する前にIBAを粉碎する段階をさらに含む、請求項62に記載の焼結軽量骨材。

【請求項64】

前記方法が、IBAを湿式粉碎する段階をさらに含む、請求項63に記載の焼結軽量骨材。

【請求項65】

前記方法が、IBA、第2の材料および粘土結合材の混合物を粉碎する段階をさらに含む、請求項62に記載の焼結軽量骨材。

【請求項66】

前記方法が、混合物を湿式粉碎する段階をさらに含む、請求項65に記載の焼結軽量骨材。

【請求項67】

前記方法が、約1000～約1300 の範囲の温度で凝集体を焼結させる段階を含む、請求項62に記載の焼結軽量骨材。

10

20

30

40

50

**【請求項 6 8】**

前記方法が、 IBA および第 2 の材料を有機材料と混合する段階をさらに含む、請求項 6 2 に記載の焼結軽量骨材。

**【請求項 6 9】**

有機材料が活性炭廃棄物を含む、請求項 6 8 に記載の焼結軽量骨材。

**【請求項 7 0】**

都市固体廃棄物焼却炉からの焼却炉ボトムアッシュ (IBA) と、  
該 IBA より低カルシウム含有量の、第 2 のケイ素アルミニウム材料と、  
を含む焼結軽量骨材であって、

IBA と第 2 の材料との混合物のある温度で焼結することで、焼結軽量骨材が形成されるものである、上記焼結軽量骨材。 10

**【請求項 7 1】**

第 2 の材料が、1種以上の以下の材料：粘土、頁岩、粘板岩、採鉱廃棄物、廃棄物ガラス、および炉ボトムアッシュを含む、請求項 7 0 に記載の焼結軽量骨材。

**【請求項 7 2】**

粘土が、1種以上の以下の材料：ベントナイトおよびカオリンを含む、請求項 7 1 に記載の焼結軽量骨材。

**【請求項 7 3】**

採鉱廃棄物が花崗岩切断残留物を含む、請求項 7 1 に記載の焼結軽量骨材。

**【請求項 7 4】**

IBA が混合物の乾燥重で約 5 ~ 約 95 % 含まれ、かつ、第 2 の材料が混合物の乾燥重で約 95 ~ 約 5 % 含まれる、請求項 7 0 に記載の焼結軽量骨材。 20

**【請求項 7 5】**

IBA が混合物の乾燥重で約 30 ~ 約 70 % 含まれ、かつ、第 2 の材料が混合物の乾燥重で約 70 ~ 約 30 % 含まれる、請求項 7 4 に記載の焼結軽量骨材。

**【請求項 7 6】**

IBA が混合物の乾燥重で約 30 ~ 約 50 % 含まれ、かつ、第 2 の材料が混合物の乾燥重で約 70 ~ 約 50 % 含まれる、請求項 7 5 に記載の焼結軽量骨材。

**【請求項 7 7】**

IBA が混合物の乾燥重で約 40 % 含まれ、かつ、第 2 の材料が混合物の乾燥重で約 60 % 含まれる、請求項 7 6 に記載の焼結軽量骨材。 30

**【請求項 7 8】**

吸水率が約 40 % 未満である、請求項 7 0 に記載の焼結軽量骨材。

**【請求項 7 9】**

骨材が化学的に不活性である、請求項 7 0 に記載の焼結軽量骨材。

**【請求項 8 0】**

骨材が約 2 ~ 約 30 mm の直径を有する、請求項 7 0 に記載の焼結軽量骨材。

**【請求項 8 1】**

可塑性結合材をさらに含む、請求項 7 0 に記載の焼結軽量骨材。

**【請求項 8 2】**

可塑性結合材が粘土を含む、請求項 8 1 に記載の焼結軽量骨材。 40

**【請求項 8 3】**

粘土結合材を、混合物の乾燥重で約 5 ~ 約 20 % 含む、請求項 8 2 に記載の焼結軽量骨材。

**【請求項 8 4】**

都市固体廃棄物焼却炉からの焼却炉ボトムアッシュ (IBA) と、  
該 IBA より低カルシウムの第 2 のケイ素アルミニウム材料と、  
を含む骨材。

**【請求項 8 5】**

IBA と第 2 の材料との混合物を含む焼成ペレットを含む、請求項 8 4 に記載の骨材。 50

**【請求項 8 6】**

焼成ペレットが、約 2 ~ 約 30 mm の直径を有する、請求項 8 5 に記載の骨材。

**【請求項 8 7】**

焼成ペレットが焼結されたものである、請求項 8 5 に記載の骨材。

**【請求項 8 8】**

焼成ペレットがガラス化されたものである、請求項 8 5 に記載の骨材。

**【請求項 8 9】**

骨材が通常重量骨材である、請求項 8 4 に記載の骨材。

**【請求項 9 0】**

骨材が軽量骨材である、請求項 8 4 に記載の骨材。

10

**【請求項 9 1】**

第 2 の材料が、1 種以上の以下の材料：粘土、頁岩、粘板岩、採鉱廃棄物、廃棄物ガラス、および炉ボトムアッシュを含む、請求項 8 4 に記載の骨材。

**【請求項 9 2】**

粘土が、1 種以上の以下の材料：ベントナイトおよびカオリンを含む、請求項 9 1 に記載の骨材。

**【請求項 9 3】**

採鉱廃棄物が花崗岩切断残留物を含む、請求項 9 1 に記載の骨材。

**【請求項 9 4】**

可塑性結合材をさらに含む、請求項 8 4 に記載の骨材。

20

**【請求項 9 5】**

可塑性結合材が粘土を含む、請求項 9 4 に記載の骨材。

**【請求項 9 6】**

都市固形廃棄物焼却炉からの焼却炉ボトムアッシュ (IBA) と、少なくとも 1 種の以下の材料：粘土、頁岩または粘板岩と、を含む骨材。

**【請求項 9 7】**

粘土が、1 種以上の以下の材料：ベントナイトおよびカオリンを含む、請求項 9 6 に記載の骨材。

**【請求項 9 8】**

都市固形廃棄物焼却炉からの焼却炉ボトムアッシュ (IBA) 、採鉱廃棄物、および可塑性結合材を含む骨材。

30

**【請求項 9 9】**

採鉱廃棄物が花崗岩切断残留物を含む、請求項 9 8 に記載の骨材。

**【請求項 1 0 0】**

都市固形廃棄物焼却炉からの焼却炉ボトムアッシュ (IBA) 、廃棄物ガラス、および可塑性結合材を含む骨材。

**【請求項 1 0 1】**

都市固形廃棄物焼却炉からの焼却炉ボトムアッシュ (IBA) 、炉ボトムアッシュ、および可塑性結合材を含む骨材。

40

**【発明の詳細な説明】****【技術分野】****【0 0 0 1】**

本発明は、焼成生成物およびそのための方法に関し、さらに詳細には、都市固形廃棄物焼却炉からの焼却炉ボトムアッシュ (「IBA」) および低カルシウムのケイ素アルミニウム材料を含む焼成骨材およびかかる骨材の製造方法に関する。生成物は、例えば、焼結またはガラス化された軽量および通常重量骨材であってもよい。かかる骨材を、例えば、コンクリート、マーソンリーまたは断熱材に使用してもよい。

**【背景技術】****【0 0 0 2】**

50

コンクリートの必須成分である骨材は、最小処理により天然源から誘導されるか、または天然に存在する材料を熱処理することにより誘導することができる。また、骨材は、合成であってもよい。天然源、例えば採石場、地中の炭坑および川床から得られる骨材は、一般に、岩片、砂利、石、および砂から構成され、これを粉碎し、洗浄し、そして必要に応じて使用のためのサイズに分類する。骨材を形成するために使用され得る天然材料の骨材としては、粘土、頁岩および粘板岩が挙げられ、これを焼成することにより、材料を膨張させる。例えば、OPTIROC および LECIA は、市販の膨張粘土骨材の例である。合成骨材は、工業的な副生成物を含んでいても良く、これは、廃材であってもよい。例えば、LYTAG は、フライアッシュとしても知られている粉碎燃料灰（「PFA」）を含む市販の焼結骨材である。PFA は、例えば、発電所での石炭の燃焼から製造される。

10

#### 【0003】

骨材は、軽量または通常重量であってもよい。軽量骨材（「LWA」）は、ASTM 規格 C 330 で定義されているように、 $2.0 \text{ g/cm}^3$  未満の粒子密度または $1.1 \text{ g/cm}^3$  未満の乾燥疎充填かさ密度（dry loose bulk density）を有する。例えば、砂利、砂および粉碎された石から得られる通常重量骨材は、約 $2.4 \sim 2.9$ （乾燥機乾燥および表面乾燥の両者）のかさ比重、および約 $1.7 \text{ g/cm}^3$  以下のかさ密度を有しているのが一般的である。高品質の LWA は、水の吸収を抑制するために、均一な構造的強度の、強固であるものの低密度の多孔性焼結セラミックコアと、高密度で、連続した、比較的不浸透性の表面層とを有する。これは、物理的に安定で、耐久性があり、環境的に不活性である。また、LWA は、コンクリート特性を改善し、そしてコンクリートのペーストに対して良好に粘着するために、ほぼ球形である必要がある。コンクリートへの取り込みに適当なサイズは、ASTM 規格 C 330 に準拠して、約 $4.75 \sim 25 \text{ mm}$  の範囲であるか、または粗な骨材の場合に $2.36 \sim 9.5 \text{ mm}$  の範囲である。また、LWA の製造での副生成物である微細な骨材は、例えば、コンクリート中の砂を置き換えるために用いることができる。コンクリート中で使用する場合、LWA は、得られるコンクリートが $10 \text{ MPa}$  を超える強度および約 $1.5 \sim 2.0 \text{ g/cm}^3$  の範囲の乾燥密度を有するように十分な破碎強度および耐破碎性を有している必要がある。また、LWA を含むコンクリート（「LWA コンクリート」）は、約 $300 \text{ kg/cm}^3$  程度の低さの密度を有していてもよい。

20

#### 【0004】

LWA コンクリートは、従来のコンクリートより $20 \sim 30\%$  軽量であると共に、従来のコンクリートと同程度に強固であってもよい。従来のコンクリートほどの強度でない場合であっても、LWA コンクリートにより、より長期の使用を可能にする構造的死荷重を低減し、断面を小さくし、そして構造の補強を低減する場合がある。LWA コンクリートの質量を小さくすると、取り扱いが容易になり、そして輸送コスト、設備費および人件費が下がる。LWA コンクリートは、例えば、高層建築の構造スラブおよびコンクリートのアーチ橋で特に有用な場合がある。また、LWA コンクリートは、改善された断熱性、凍結融解性能、耐火性および減音度を有することが可能である。さらに、LWA は、例えば、他の構造の建築物で、高速道路で、そして土壤のフィラーとして使用可能である。

30

#### 【0005】

採石は、殆どの国において、容積換算で骨材の最大の供給源である。LWA の多くの利点にも拘わらず、骨材の採取は、例えば、環境上および法律上の問題、入手可能性、ならびに輸送および他のコストにより複雑になる。

40

#### 【0006】

廃棄物処理は、環境上および法律上の重大な問題を含むもう1つの領域である。利用可能な埋め立て地を使い果たすこと、新たな場所を獲得する困難性、環境上の悪影響、および埋め立てのコストに起因して、廃材の処理は、長年にわたって重大な課題となっていた。例えば、都市固体廃棄物（「MSW」）焼却炉から生じる重い灰流である焼却炉ボトムアッシュ（「IBA」）は、体積の点で重大な廃棄物である。IBA は、MSW 焼却炉残留物の合計質量の約 $75 \sim 80\%$  を占める。IBA は、スラグ、ガラス、セラミック、

50

鉄を含む金属および鉄を組まない金属、鉱物、他の非可燃物、ならびに未燃有機物の異種混合物を含む。多量のIBAにより、現在の重大な処分問題を生じる。埋め立てる場合、重金属は、IBAから地表および地下の資源に到達する場合がある。IBAは、盛り土および堤防、舗道の基礎および道路の補助路盤の構築で、土壤の安定化で、埋め立て地の覆いで、煉瓦、ブロック、および敷石中で、そして特定の用途のフィラーとして、未処理の形態（熱処理なし）で用いられるのが一般的である。比較的不活性な廃棄物について考えても、かかる用途において重金属の到達が考えられる。IBAを含むコンクリートは、例えば、LYTAGを取り込むコンクリートより弱い。また、IBAは、セメントと化学的に反応して、膨張および分解に至る場合がある。

## 【0007】

10

また、無視できない体積の廃棄物が、発電所で、粉碎燃料灰（「PFA」）と称され、発電機高炉から発生する燃料ガス中の微細粒状の粒子物の形にて主に生じる。PFAは、生じる石炭灰の70～80%を占める。上述したように、PFAを含む焼結LWAは、LYTAGという商品名で市販されている。ASTM C618では、化学組成に基づいて、PFAに関して2種類の主要な分類、すなわちF類（クラスF）およびC類（クラスC）について規定している。シリカを含む材料と、一部のアルミニウムを含む材料とを含むF類のPFAは、通常、無煙炭または瀝青炭の燃焼により生じ、セメント性を殆どまたは全く有していない。亜瀝青炭および亜炭の燃焼により生じるのが一般的であるC類のPFAは、通常、顕著な量の水酸化カルシウム（CaOH）または石灰（CaO）を含む。C類のPFAは、数種類のセメント質の特性を有している。生じるPFAの殆どは、顕著なコストおよび地中の帯水層を汚染する可能性がある重金属の漏れに対するリスクを伴いこれまで埋め立て地に処理されている。

20

## 【0008】

PFAに加えて、発電所では、高炉の底部を通って落下する、重く粗な灰材料である炉ボトムアッシュ（「FBA」）が生じる。FBAは、使用されるボイラの種類に応じて、湿潤または乾燥底部灰として分類される。両方の石炭燃焼副生成物は、これらを広範囲の応用での使用に望ましくする特性を有するものの、70%を超える石炭灰は、使用されない。その殆どは、埋め立て地に処分される。FBAは、軽量コンクリートブロック単位中の骨材として、ポルトランドセメントの原料として、道路基盤および補助基層の骨材として、構造物の充填材料として（例えば、堤防および土止め壁）、およびアスファルト舗装の微細な骨材として、未処理の形態で用いられている。

30

## 【0009】

鉱業では、破碎および洗浄操作中に生成される相当な量の廃棄物が、粉末、泥、および種々のサイズの破碎された材料の形で生じる。かかる残留物の約75%は、種々のタイプの軟石、例えば大理石、陶器、およびトラバーチンを含む。残留物の残りは、硬石、例えば花崗岩を含む。

## 【0010】

40

例えば、最も重要な採鉱部門の1つである花崗岩の採鉱で使用される花崗岩製材機および花崗岩裁断機は、切断および洗浄処理により多量の花崗岩廃棄物残留物を、粉末または泥の形で生じる。かかる廃棄物は、地表または地中の水の帯水層の汚染を防ぐために、ラグーンまたは埋め立て処分前に処理する必要がある。花崗岩は、シリカおよびアルミナを含む。

## 【0011】

MSW流から除去される廃棄物ガラスは、さらに別の廃棄物である。廃棄物ガラスは、アスファルト舗装での骨材の代わりとして、および粒状のベースまたは充填材料として高速道路の建設で使用されている。廃棄物ガラスのサイズは、約25～約100mmの範囲で変動する。

## 【0012】

50

Smithの米国特許第4120735号では、少なくとも50重量%の、都市ゴミ焼却炉からの、無機で鉄を含まない残留物（一般に、焼却炉ボトムアッシュと称される）を

、石炭フライアッシュおよび結合材、例えばケイ酸ナトリウムと混合する段階を含む、煉瓦または類似の焼成構造単位、例えばセラミック型タイルまたはガラス化パイプの製造方法を開示している。混合物を成形し、その後、3段階で焼成する。最初に、混合物中の水分が蒸発するように、混合物を180°で1時間加熱する。その後、混合物を、65%/分の割合で550°まで加熱し、一晩保持して、炭素を燃焼除去する。その後、混合物を約1700°F(926°C)~約2000°F(1093°C)の温度で焼成して、煉瓦を形成する。Smithは、焼却炉の残留物を石炭フライアッシュに添加することにより、石炭フライアッシュ煉瓦と比較して焼成処理温度を下げられると強調している。Smithは、フライアッシュの代わりに、焼却炉の残留物を溶解させて、冷却時に結合を生じさせることを述べている。相当の溶融が、1700°F(926°C)~1750°F(954°C)の範囲で起こることが述べられている。また、Smithは、焼却炉の残留物の割合が増大することによる良好な煉瓦特性について報告している。従って、好ましい組成は、50~60%の焼却炉残留物、1~4%の結合材、そして残りが石炭フライアッシュである。低い燃焼温度に基づいて、焼却炉残留物が、主としてガラスと、存在する場合には焼却炉フライアッシュを含むと考えられる。報告された長所に起因して、Smithは、大きなガラス質の無定形相を有するガラス化された煉瓦を製造したと考えられる。焼却炉残留物の溶解されたガラス成分が殆どの細孔を充填すると、煉瓦は、高い強度および低い多孔度を有する。

10

## 【0013】

廃棄物の処理に関する経済的な負担およびリスクにより、廃棄物を収益獲得製品に転化する他の技術を開発するのが有利であり、これは、それほど入手しやすく、再生できない材料に対する需要をさらに低減するだろう。

20

## 【発明の開示】

## 【0014】

都市固形廃棄物焼却炉の焼却炉ボトムアッシュ（「IBA」）から合成骨材を製造することにより、IBAの廃棄処分および骨材の原材料の採石に関連する問題の一部または全てが回避または緩和される。しかしながら、IBAは、所望の特性を有する生成物への焼成が困難な場合がある。なぜなら、IBAは、焼結され、そして急速に緻密化するからである。IBAは、高濃度の、カルシウムを含む鉱物、例えば酸化カルシウム、炭酸カルシウムおよび硫酸カルシウム、ならびにナトリウムおよびカリウムの酸化物および硫化物を含む。これらの材料は、「融剤」として作用する。かかる融剤により、IBA中の残りの化合物の融点を下げる所以、より少量の融剤が含まれる場合より低温で焼結および緻密化を生じさせると考えられている。さらに、IBAの組成が大幅に変動可能であることにより、その焼成性質は予測できない。IBAの組成の変動性は、数種類の要因、例えばMSW焼却炉に供給され、処理される廃棄物の焼却手順および変動性に起因する場合がある。供給される廃棄物は、廃棄物を生じる時期および地理的な位置に大きく左右される。

30

## 【0015】

本発明の一実施形態によると、骨材の製造方法が開示されるが、該方法は都市固形廃棄物焼却炉からの焼却炉ボトムアッシュ（IBA）と該IBAより低カルシウムの第2のケイ素アルミニウム材料とを混合する段階を含む。かかる方法は、さらに、混合物を凝集させて凝集体を形成する段階、および凝集体を焼成処理して骨材を形成する段階を含む。第2の材料は、粘土、頁岩、粘板岩、採鉱廃棄物、廃棄物ガラス、および/または炉ボトムアッシュを含んでいてもよい。粘土は、例えば、ベントナイトおよび/またはカオリンを含んでいてもよい。採鉱廃棄物は、例えば、花崗岩切断残留物を含んでいてもよい。

40

## 【0016】

さらに本発明の方法は、IBAを、混合に先立って好ましくは湿式粉碎によって粉碎する段階を含んでもよい。また、IBAと第2の材料との混合物は、凝集に先立って、例えば、湿式粉碎によって粉碎してもよい。凝集は、ペレット化を含んでいてもよい。湿式粉碎後、水を除去し、その水を焼成処理された骨材のペレット化および/または急冷時に使用する。凝集体は、例えば、約3~約4mmの直径を有していてもよい。さらに該方法は

50

、 IBA を湿式粉碎する段階、湿式粉碎された IBA から廃棄物ガラスを分離する段階、廃棄物ガラスを粉碎する段階、および粉碎された廃棄物ガラスを湿式粉碎された IBA と混合する段階を含んでもよい。該方法は、凝集体を無機粉末でコーティングする段階をさらに含んでもよい。無機粉末は、例えば、PFA、粘土、頁岩および／または粘板岩であってもよい。可塑性結合材、例えば粘土を、IBA と第2の材料の混合物に添加することも可能である。本明細書では、「可塑性結合材」なる用語は、高い塑性指数を有する結合材を称する。粘土結合材は、IBA、第2の材料および粘土結合材の混合物の質量の乾燥重で、約5～約20%含まれてもよい。粘土結合材は、例えばベントナイトおよび／またはカオリンを含んでもよい。

## 【0017】

10

凝集体は、ロータリーキルン中で焼成処理されるのが好ましい。骨材を軽量骨材または通常重量骨材に焼成処理することが可能である。骨材は、焼結されたかまたはガラス化された骨材の形に焼成処理されてもよい。

## 【0018】

IBA および第2の材料を、有機材料、例えば活性炭廃棄物と混合して、骨材の多孔性を増大させることが可能である。有機材料は、例えば、IBA と第2の材料の混合物に対して、乾燥重で約30%以下含まれてもよい。

## 【0019】

20

さらに該方法は、骨材の所定の特性、例えば密度および吸水率を、第2の材料に対するIBA の割合および焼成処理温度に少なくとも部分的に基づいて制御する段階を含んでもよい。さらに該方法は、骨材の所定の特性、例えば密度を、有機材料の添加に少なくとも部分的に基づいて制御する段階を含んでもよい。

## 【0020】

さらに該方法は、混合物の乾燥重で約5～約95%のIBA を、混合物の乾燥重で約95～約5%の第2の材料と混合する段階を含んでもよい。好ましくは、混合物の乾燥重で約30～約70%のIBA を、混合物の乾燥重で約70～約30%の第2の材料と混合する。さらに好ましくは、混合物の乾燥重で約30～約50%のIBA を、混合物の乾燥重で約70～約50%の第2の材料であるPFA と混合する。

## 【0021】

30

本発明の他の実施形態によれば、焼結処理された軽量骨材の製造方法が開示され、該方法は、IBA と、該IBA より低カルシウムの第2のケイ素アルミニウム材料とを含む混合物を調製する段階、混合物を凝集させて凝集体を形成する段階、および凝集体を焼結させる段階を含む。第2のケイ素アルミニウム材料は、上述した実施形態で述べたのと同一の材料を含んでもよい。さらに該方法は、凝集体を焼結させて、約2.0 g / cm<sup>3</sup>未満の相対密度を有する骨材を形成してもよい。軽量骨材は、乾燥重で約40%未満の吸水率を有していてもよい。凝集体をロータリーキルン中で焼結させるのが好ましい。凝集体は、約3～約40 mm の直径を有していてもよい。

## 【0022】

40

さらに前記方法は、第2の材料に対して予め決められた割合のIBA を混合する段階、および該予め決められた割合に少なくとも部分的に基づく温度で凝集体を焼結させて、予め決められた密度を有する軽量骨材を形成する段階を含んでもよい。混合物の乾燥重で約40%のIBA を、混合物の乾燥重で約60%の第2の材料と混合するのが好ましい。かかる実施形態では、同様に、上述の割合の混合物を含んでもよい。さらに前記方法は、IBA を、例えば湿式粉碎によって粉碎する段階を含んでもよい。さらに前記方法は、混合物を、約1050～約1240 の範囲の温度で焼成処理する段階を含んでもよい。

## 【0023】

50

本発明の他の実施形態によれば、焼結処理された軽量骨材は、IBA と該IBA より低カルシウムのケイ素アルミニウム材料と粘土結合材とを混合する段階、混合物を凝集させて凝集体を形成する段階、および凝集体を焼結させる段階を含む方法により形成される。

## 【0024】

本発明の他の実施形態によれば、焼結処理された軽量骨材が開示されるが、該焼結軽量骨材は、IBAと、該IBAより低カルシウムの第2のケイ素アルミニウム材料とを含む。IBAと第2の材料との混合物を所定の温度で焼結させて、焼結処理された軽量骨材を形成する。第2のケイ素アルミニウム材料は、上述の実施形態で述べたのと同一の材料を含んでいてもよい。IBAが混合物の乾燥重で約5～約95%含まれ、そして第2の材料が混合物の乾燥重で約95～約5%含まれる。IBAが混合物の乾燥重で約30～約70%含まれ、そして第2の材料が混合物の乾燥重で約70～約30%含まれるのが好ましい。IBAが混合物の乾燥重で約30～約50%含まれ、そして第2の材料が混合物の乾燥重で約70～約50%含まれるのがさらに好ましい。IBAが混合物の乾燥重で約40%含まれ、そして第2の材料が混合物の乾燥重で約60%含まれるのが最も好ましい。本実施形態の焼結された軽量骨材は、約40%未満の吸水率を有していてもよい。また、焼結された軽量骨材は、可塑性結合材、例えば粘土を含んでいてもよい。粘土結合材は、混合物の乾燥重で約5～約20%含まれていてもよい。骨材は、約2～約30mmの範囲の直径を有していてもよい。

10

## 【0025】

本発明の他の実施形態によれば、IBAと、該IBAより低カルシウムの第2のケイ素アルミニウム材料とを含む骨材が開示される。骨材は、IBAと第2の材料との混合物を含む焼成ペレットを含んでいてもよい。焼成ペレットは、約2～約30mmの直径を有していてもよい。ペレットを焼結またはガラス化してもよい。骨材は、軽量であるか、または通常重量であってもよい。第2のケイ素アルミニウム材料は、上述の実施形態で述べたのと同一の材料を含んでいてもよい。また、骨材は、可塑性結合材を含んでいてもよい。

20

## 【0026】

本発明の他の実施形態によれば、IBAと、粘土、頁岩および/または粘板岩とを含む骨材が開示される。粘土は、ベントナイトおよび/またはカオリンを含んでいてもよい。

## 【0027】

本発明の他の実施形態によれば、IBAと、採鉱廃棄物と、可塑性結合材とを含む骨材が開示される。採鉱廃棄物は、花崗岩切断残留物を含んでいてもよい。

## 【0028】

本発明の他の実施形態によれば、IBAと、廃棄物ガラスと、可塑性結合材とを含む骨材が開示される。

30

## 【0029】

本発明の他の実施形態によれば、IBAと、炉ボトムアッシュと、可塑性結合材とを含む骨材が開示される。

## 【0030】

本発明の実施形態では、埋め立て処分における、IBAおよびケイ素アルミニウム廃材、ならびに活性炭廃棄物の依存を低減し、そして骨材の原材料を求めて自然源を枯渇させることに対する代替物を提供することによって、実質的な経済的および環境上の利益を得ることが可能である。

40

## 【発明を実施するための最良の形態】

## 【0031】

加熱されたときの材料の挙動は、主としてその組成、粒度、および材料の分布に応じて異なる。好適な焼生成物は、制御された緻密化を焼成処理温度によって提供するように耐火材と流動性鉱物との間で良好な割合が存在する場合のみ得ることが可能である。流動性鉱物により、材料中の残りの成分の融点が下がる。材料中に存在する酸化物、炭酸塩または硫酸塩の形態の、多量のアルカリ土類金属カルシウムおよびマグネシウム、ならびにアルカリ金属ナトリウムおよびカリウムにより、これに対応して、ガラスネットワーク形成性元素のケイ素分が低減される。このことが、残りの化合物に対する「融剤」作用をもたらすので、混合物中の各成分の最も低い共融点の温度での焼結および溶解を促進する。本発明の実施形態において焼成骨材の製造で用いられるIBAは、多量の酸化カルシウム

50

および炭酸カルシウム、ならびに少量のナトリウムおよびカリウムの酸化物および硫酸塩を含有する。従って、焼結およびガラス化は、耐熱性鉱物より低温で起こる。さらに、低い粘度および高い移動度を有する融剤により、液相焼結によって、関与する温度に応じて焼結またはガラス化生成物の形成が補助される。かかる融剤が高濃度で存在するため、IBAが、迅速に焼結および緻密化することが見出されている。

#### 【0032】

本発明の実施形態によれば、IBAより低カルシウム含有量のある種のケイ素アルミニウム材料をIBAと混合して、温度によるIBAの緻密化挙動を改善する。これにより、骨材の製造方法にわたって良好な制御がもたらされることが見出された。使用可能なケイ素アルミニウム材料の1種は、粘土である。使用可能な粘土の一例はベントナイトであり、これは、ケイ酸マグネシウムアルミニウムである。使用可能な他の粘土の例はカオリンであり、これは、シリカのアルミネート水和物(hydrated silica aluminate)である。粘土、シルトまたは泥の圧縮によって形成される堆積岩である頁岩は、使用可能なケイ素アルミニウム材料の関連した例である。粘土または火山灰からなる均一な堆積岩である粘板岩は、使用可能なケイ素アルミニウム材料の関連した別の例である。使用可能な他のケイ素アルミニウム材料としては、廃材、例えば採鉱廃棄物、廃棄物ガラスおよび炉ボトムアッシュ(「FBA」)である。採鉱廃棄物は、花崗岩切断残留物を含む。FBAは、石炭専焼火力発電所における高炉の底部を通って落下する、重く粗な灰材料である。これはPFAと同一の組成を有している。

10

#### 【0033】

図1は、IBAを含む骨材、およびIBAとベントナイトとの混合物を含む骨材についての、約1060～約1220の範囲にわたる焼成処理温度に対する密度(g/cm<sup>3</sup>)のグラフである。100%のIBAに相当する曲線Aは、温度が約1060から約1100まで上昇すると、密度が、約1.3g/cm<sup>3</sup>の低密度から2.6g/cm<sup>3</sup>の最大密度まで上昇することを示している。温度が1100から1120まで上昇すると、密度が、最大密度の2.6g/cm<sup>3</sup>から約1.6g/cm<sup>3</sup>まで低下する。2.0g/cm<sup>3</sup>以下の密度を有する骨材は軽量骨材と称され、一方、2.0g/cm<sup>3</sup>を超える密度を有する骨材は通常重量骨材と称される。

20

#### 【0034】

1060～1100までの温度では密度が上昇する。なぜなら、かかる温度範囲では、生成物が焼結すると、IBA中の融剤が溶解して、液相を形成し、これが、毛管作用によってIBA中の粒子間の細孔を充填するからである。密度は、細孔が充填され、そしてサンプルの体積が減少すると増大する。さらに、液相中の小さな粒子が、より大きな粒子に向かって拡散する。溶解した材料は、硬化時に、硬質でガラス質の無定形骨格またはマトリックスを形成する。処理温度が上昇すると、IBA中の化合物がさらに溶解し、これにより、全ての細孔を実質的になくし、よりガラス質の、結晶性固体マトリックスを形成する。最大緻密化の温度では、基本的に全ての細孔が充填され、そして生成物がガラス化する。

30

#### 【0035】

1100～1120の温度では密度が低下する。なぜなら、さらに温度が上昇することにより、サンプルが溶解し、そして膨張するからである。膨張の原因是、サンプル中の一部の成分の揮発によって、溶解した液相中に気体が閉じこめられることである。閉じこめられた気体は、細孔を形成する。

40

#### 【0036】

図1に示されているように、IBAは、極めて狭い温度範囲で迅速に焼結する。例えば、約1.5～約1.8g/cm<sup>3</sup>の範囲の密度を有する100%のIBAを含む焼結された軽量骨材を製造するために、焼結温度は、僅か10の幅である1070～1080の範囲内にする必要がある。さらに、所与のIBAのサンプルにおける組成を変更することにより、加熱中の個々のIBAサンプルの挙動は大幅に変わる。従って、個々のIBAサンプルについての温度と密度との関係は、広く変化し得る。結果として、密度、多孔性

50

、吸水率等の所望の性質を有するIBA最終生成物を達成するのは極めて困難である。温度でIBAの緻密化挙動を制御できることは、大規模生産での必要とされる特性の骨材の製造において、重大な障害となる。

#### 【0037】

本発明の実施形態で用いられる低カルシウムのケイ素アルミニウム材料(「SAM」)は、IBAと比較して、より多くの耐熱鉱物、例えばシリカおよびアルミナと、少ない融剤、例えばカルシウム、マグネシウム、カリウムおよびナトリウムの酸化物を含む。以下の実施例で用いられるIBAは、約42%のシリカ(SiO<sub>2</sub>)、11%のアルミナ(Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)、および20%の酸化カルシウム(CaO)を含んでいた。天然のSAM粘土(例えば、ベントナイトおよびカオリン)、頁岩および粘板岩は、約48~58%のシリカ(SiO<sub>2</sub>)、約18~約29%のアルミニウム(Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)、および3%未満の酸化カルシウム(CaO)を含む。本発明の実施形態で使用可能な採鉱廃棄物の一例である花崗岩切断残留物は、約65%のシリカ(SiO<sub>2</sub>)、約15%のアルミナ(Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)、および約2.6%の酸化カルシウム(CaO)を含む。これらの低カルシウムSAMにおける追加の成分は、以下の実施例に記載されている。廃棄物ガラスは、約72%のシリカ(SiO<sub>2</sub>)、約2%のアルミナ(Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)、および約9%の酸化カルシウム(CaO)を含む。また、廃棄物ガラスは、融剤化合物でもある約12%の酸化ナトリウム(Na<sub>2</sub>O)を含む。石炭燃焼からの粉碎燃料灰(「PFA」)と同一の組成を有する炉ボトムッシュは、約52%のシリカ(SiO<sub>2</sub>)、約26%のアルミナ(Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)、および約2%の酸化カルシウム(CaO)を含む。これらの低カルシウムSAMにおける他の融剤は、IBA中における場合と類似の低濃度を有する。

10

20

30

40

#### 【0038】

IBAを低カルシウムSAMと特定の割合で混合することにより、混合物の化学組成および鉱物学的特性を変更し、予想し得るようにIBAの急速な焼結挙動を変化させる。これにより、より緩やかな焼結、およびサンプルの当初の軟化、焼結および溶解の間の広い温度間隔がもたらされる。例えば、ベントナイトをIBAに添加することにより、100%のIBAと比較して、混合物中に含まれる流動性鉱物の量が低下すると共に、耐熱性鉱物、例えば石英およびカオリンの含有量が増大する。耐熱性鉱物、例えば石英およびカオリンは、融剤より高い融点を有しているので、混合物は、高温で焼結および溶解する。

#### 【0039】

図1に示されているように、例えば、60%/40%のIBA/ベントナイト混合物において、約1.5~約1.8g/cm<sup>3</sup>の範囲の密度を有する焼結された軽量骨材を製造するためには、焼結温度は、約20(約1085~約1105)の範囲内でよい。40%/60%のIBA/ベントナイト混合物では、約1080~約1130の範囲の50以内の温度で同様の密度を達成可能である。さらに、ベントナイトの濃度を60%まで増大させると、焼結が遅れ、約1180で最大密度に到達する(100%のIBAについての1100、および60%/40%のIBA/ベントナイトについての1130と対照的である)。さらに、80%以上までベントナイトを増やすと、40%/60%のIBA/ベントナイト混合物と比較して、より広い温度範囲で約1.5~約1.8g/cm<sup>3</sup>の範囲の密度を有する軽量骨材を得ることが予想される。より広い温度範囲により、IBAの組成を変更したとしても、所望の密度および他の特性の骨材の製造が容易になる。図1は、以下の実施例3の結果に基づいている。

#### 【0040】

得られる骨材の特性に対するIBAの組成の変更の影響は、IBAの湿式粉碎によりさらに弱め得ることが見出された。湿式粉碎により、一般的に用いられる他の技術と比較して、材料の不均一性を低減し、そしてさらに処理する場合により好適である均一なスラリーが製造されることが見出されている。

#### 【0041】

本発明の実施形態による方法において、骨材は、所定量のIBAおよび低カルシウムのケイ素アルミニウム材料(「SAM」)を混合する段階、混合物を凝集させる段階、およ

50

び所定の温度で凝集体を焼成処理する段階によって形成される。低カルシウムSAMは、IBAより少ないカルシウムを有する。温度は、SAMに対するIBAの割合および骨材の所望の密度、ならびに図1に図示されるようなデータに基づく骨材の他の特性、例えば吸水率および/または強度に少なくとも部分的に基づいて選択してもよい。焼結を生じさせるであろう温度が好ましい。焼結に先立ってIBAを粉碎して、分布に関して微細な粒径をもたらす。微細な粒径分布を既に有するベントナイトおよびカオリンを除き、SAMを粉碎するのが好ましい。IBAおよびSAMを一緒に粉碎してもよい。湿式粉碎が好ましい。また、焼結に先立って混合物を凝集させて、所望のサイズおよび形状を有する凝集体を作製して、焼結された骨材20を形成するのが好ましい。ペレット化は、好ましい凝集法である。

10

## 【0042】

図2は、SAM粒子12、例えば廃棄物ガラス、粘土(ベントナイト、カオリン)、頁岩、粘板岩、花崗岩切断残留物およびFBA、IBA粒子14、および細孔16を含む骨材10の一例であり、例えば、これを焼成処理して、本発明の実施形態による骨材を形成することが可能である。また、必要により含まれる可塑性結合材、例えば粘土結合材の粒子18を含めて、SAM粒子12およびIBA粒子14の物理的結合を高め、そして凝集体10の完全性を改善することが可能である。焼成処理中、IBA14およびSAM粒子12の当初の粒状の粒子での加工処理温度未満の融点を有する流動性化合物、例えば酸化カルシウム、酸化ナトリウム、および他の化合物は、上述したように、溶解し、そして細孔16に流れ込む。SAM粒子12が非結晶性の固体である廃棄物ガラスである場合、緻密化は、他の結晶性のSAM粒子、例えば花崗岩切断残留物、粘土、頁岩、粘板岩および炉ボトムッシュの融点より大幅に低いのが一般的である温度での粘性焼結によって、軟化されたガラス粒子を溶融することにより生じる。

20

## 【0043】

図3は、本発明の実施形態に従い、凝集体10を焼結することにより得られる骨材20の一例の概略断面図である。骨材20は、IBA、SAMおよび必要により可塑性結合材の混合物を含む。かかる例においては、凝集体10を、SAMに対するIBAの割合および所望の密度および/または他の特性に応じて、約1060～約1220の温度で焼結させる。焼結された骨材20は、成分の溶解および/または結晶化により得られる、部分的にガラス質でかつ部分的に結晶化されたマトリックス24によって相互に結合した複数の粒状物22を含む。粒状物22は、加工処理温度を超える融点のシリカ、アルミナ、および他の材料を含んでいてもよい。粒状物22は、焼結中に完全にまたは部分的に結晶化することにより、粒状物22の間にさらなる結合をもたらす。骨材20は、凝集体10をPFAまたは以下にさらに記載するような他の無機材料で必要によりコーティングすることにより得られる、高密度で連続的な比較的不浸透性の表面層26を有していてもよい。チャネル様であってもよい内部細孔28、および微視的であってもよい小さな表面細孔28aも存在する。表面細孔が内部細孔と連絡することにより、骨材20が水を吸収することが可能となる場合がある。吸水の度合いは、細孔の容積および連絡性を示す。

30

## 【0044】

図4は、本発明の他の実施形態に従い、少数の粒状物22および大きなマトリックス24を含むガラス化された骨材30の一例の概略断面図である。ガラス化は、SAMに対するIBAの特定の割合についての最大緻密化温度以上凝集体10の焼成により得られ、このとき凝集体の殆どの成分が溶解する。

40

## 【0045】

約1.2g/cm<sup>3</sup>程度の低さの密度および約40%を超える吸水率を有し、極めて低い強度の、高多孔性の軽量骨材(「LWA」)、ならびに極めて強固で、2.0g/cm<sup>3</sup>以下の密度の、よく焼結されたLWAは、本発明の実施形態に従って製造され得る。2.0g/cm<sup>3</sup>を超えて約2.6g/cm<sup>3</sup>以下の密度、および0に近い吸水率の通常重量骨材も、本発明の実施形態に従って製造され得る。本発明の実施形態によるIBAおよびSAMを有する骨材の製造は、有効な再利用の用途を提供する。

50

## 【0046】

対象とする用途で、マトリックス24内で多孔性の微細構造を有する低密度の骨材（約1.3g/cm<sup>3</sup>未満）を必要とする場合、有機材料を、IBA/SAM混合物中に導入してもよい。有機材料は、廃棄有機材料、例えば活性炭廃棄物（「ACW」）、あるいは高い炭素含有量である農業、林業または工業的な供給源から得られる任意の廃棄物であってもよい。活性炭は、炭素を含む材料、例えば木材、石炭またはピートの制御された燃焼により得られる。活性炭は、汚染物質を吸着させるために、水処理でフィルターとして用いられる。活性炭廃棄物は、その使用後の使用済み活性炭である。デンプンを用いてもよい。有機材料は、焼却中に燃焼除去し、得られる骨材の多孔性を増大させ、その密度を低減させる。0.5g/cm<sup>3</sup>程度の低い密度を有する軽量骨材は、有機廃棄物を添加することによって製造することができる。IBA、SAMおよびACWを用いた骨材の製造は、少なくとも2種類の廃棄物の場合にさらに有利な再利用の用途を提供する。SAMが廃棄物（廃棄物ガラス、花崗岩切断残留物、炉ボトムアッシュ）である場合、3種類の廃材を再利用可能である。

10

## 【0047】

図5は、本発明の実施形態による骨材製造方法100の一例である。IBAを、段階105においてボールミルのバレルに添加し、そして段階110で水と共に粉碎する。粉碎を用いて、IBAの粒径分布を微細な分布とし、焼成処理を改善する。微細な粒径分布を有する粉末は、有効な特性を有している。なぜなら、体積にして大きな表面積により、大きな粒子に向かう、液相を通っての小さな粒子の拡散を増やし、また、粉末は、良好な充填密度を有する骨材全体に良好に分布するからである。得られる粒子は、例えば、約45ミクロン以下の平均粒径を有するのが好ましい。湿式粉碎が好ましい。なぜなら、これによりさらに均一な粒径分布を提供することが見出されているからである。さらに、湿式粉碎処理で用いられる液体は、凝集体を破碎しやすく、また粉末粒子の結合を低減するものである。あるいは、IBAを、例えばハンマーミル中で乾式粉碎してもよい。

20

## 【0048】

湿式粉碎は、例えば、密閉された可動式円筒形容器中で行い、そこでは、液体媒質、例えば水またはアルコール中の球形の粉碎媒体、例えばアルミニウムの球体が、媒体中に懸濁されている粒子を碎くのに十分な力を働かせる。移動を、転動、振動、軌道回転および/または攪拌によって粉碎媒体に伝えてよい。粉末の粒径分布を制御する最も重要な変数は、粉碎速度(rpm)、粉碎時間、粉碎媒体の量、液体の量、および原材料の当初の粒径である。IBA(質量換算)の約2倍多い液体(質量換算)を準備するのが好ましい。粉碎媒体は、IBAの質量に対して約4~5倍の合計質量を有するアルミニウムの球体であってもよい。効果的な結果のためには、容器が、粉碎媒体で少なくとも半分満たされている必要がある。スチールの球体を、アルミニウムの代わりに用いてもよい。球体は、小さな直径、例えば約0.5インチ(12.7mm)~約5/8インチ(15.9mm)を有しているのが好ましい。粉碎は、例えば、約8時間行う。

30

## 【0049】

湿式粉碎されたIBAを分離して、段階115において、例えば篩によって大きな粒子を除去する。大きな粒子の存在により、均一なペレットの形成が妨げられる。分離は、複数の段階で行ってもよい。一例としては、IBAを、3.35mm、1.70mm、3.55ミクロンおよび1.50ミクロンの開口部を有するASTM規格ステンレススチール製メッシュクリーン上で連続して機械的に振り動かしてもよい。3.55ミクロン未満の粒径を有するより微細なIBA分画をさらに処理する。

40

## 【0050】

段階120から得られる微細分画を段階125で脱水する。全ての遊離水を除去するのが好ましい。除去された水を廃液と称し、これをさらに以下に述べるペレット化段階150および/または急冷段階165で用いてもよく、またはこれを廃棄してもよい。ナトリウム塩およびカリウム塩は廃液に溶出するが、一方、重金属は溶出しないことが見出されている。従って、水は、使用または廃棄しても安全である。低可溶性のカーボネートおよ

50

び／またはシリケートに結合することから、IBA中に含まれる重金属が溶出しないと考えられる。水は、例えば、圧搾ろ過器または他のろ過装置中で除去されてもよい。脱水により、段階130において、固体の湿潤ケーキ残留物が形成される。

#### 【0051】

ケーキを、段階135で乾燥および粉碎する。この段階により、ケーキを粉末に転換する。ケーキを、例えば110の乾燥機中で乾燥してもよい。粉末は、例えば乳鉢および乳棒で粉碎してもよい。大規模生産では、乾燥固体ケーキを、例えばブレードまたは乾燥ハンマーミルを備えた混合器中で粉末に粉碎してもよい。

#### 【0052】

粉碎されたIBA粉末を、段階140でSAMと十分に混合する。SAMが、既に好適な粒径分布を有する粉末の形態である場合、段階140で、SAMを、粉碎されたIBAに直接混合してもよい。SAMが廃棄物ガラス、花崗岩切断残留物、頁岩、粘板岩、FBAであるか、または粗な分布を有する場合、粉碎されたIBAと混合する前に、乾式粉碎してもよい。乾燥重で約95～5%のSAMをIBAに添加する。さらに好ましくは、乾燥重で約70～約30%のSAMを添加する。さらに好ましくは、乾燥重で約70～約50%のSAMを添加する。最も好ましくは、約60%のSAMを添加する。有機材料、例えば有機廃棄物を、必要により段階140で添加して、焼結された骨材20の多孔性を増大させてもよい。IBA/SAM/有機材料混合物の乾燥重で約30%以下の有機材料を添加してもよい。

10

#### 【0053】

段階140において、必要により可塑性結合材を添加して(SAMが粘土でない場合)、ペレット化中の個々の粒子の物理的な結合を高め、そしてペレットの完全性を改善することが可能である。可塑性結合材は、例えば粘土を含んでいてもよい。上述したように、可塑性結合材は、高い塑性指数を有する結合材である。少なくとも10の塑性指数が好ましい。粘土結合材は、IBA/SAM/粘土混合物の乾燥重で約5～約20%含まれてもよい。この場合、IBAは、混合物の乾燥重で(BDWM: by the dry weight of the mixture)約5～75%含まれていてもよく、そしてSAMは、約90～約5%BDWMを含まれていてもよい。IBAが約30～約70%BDWM含まれ、SAMが約60～約10%BDWM含まれ、そして粘土結合材が約10～約20%BDWM含まれるのが好ましい。さらに好ましくは、IBAが約30～約50%BDWM含まれ、SAMが約60～約35%BDWM含まれ、そして粘土結合材が約10～約15%BDWM含まれる。好み組成においては、IBAが約40%BDWM含まれ、SAMが約50%BDWM含まれ、そして粘土結合材が約10%BDWM含まれる。

20

30

#### 【0054】

かかる範囲の量の粘土の添加は、焼成処理中の混合物の挙動に大きな影響を及ぼさないであろう。添加される粘土の実際の量は、用いられるIBAまたは廃棄物ガラスの量に応じて異なる場合がある。例えば、高濃度のIBAまたは廃棄物ガラスを含む混合物の場合、用いられる粘土結合材の量は、上記の範囲の上限であるのが好ましい。少ない粘土結合材は、SAM、例えば頁岩または微細に粉碎された炉ボトムアッシュを含む混合物において用いるのが好ましい。例えばベントナイトおよび／またはカオリンを粘土結合材として用いてもよい。ベントナイトおよびカオリン中のカルシウムの量は、本明細書に開示されている他のSAMと同様であるので、SAMの量を、おおむね添加される粘土結合材の量だけ減らしてもよい。例えば、混合物の乾燥重で10%の粘土結合材を添加する場合、SAMの量を、約10%減らす。IBAを必要によりさらに減らしてもよいものの、これにより、焼成処理中の混合物の挙動が影響される可能性がある。

40

#### 【0055】

水を混合物に添加して、粘土様の稠度とすることにより、以下の段階145で述べる凝集を容易にする。添加される水の量は、SAMの種類、混合物中のSAMの量、およびSAMの粒径に応じて異なるSAM粒子の吸水特性に関連する。例えば、SAMがベントナイトであり、SAMに対するIBAの割合が、40%のSAMに対して約60%のIBA

50

である場合、必要とされる水の量は、I B A / 粘土混合物の合計乾燥重の約 27 % であることが見出されている。割合が 40 % / 60 % の I B A / 粘土である場合、I B A / 粘土混合物の合計乾燥重の約 30 % の水を添加する必要があることが見出されている。割合が 20 % / 80 % の I B A / 粘土である場合、必要とされる水の量は、I B A / 粘土混合物の合計乾燥重の約 32 % である。段階 125 において粉碎されたスラリーから除去される廃水をここで用いてもよい。混合物中の S A M が、廃棄物ガラスまたは花崗岩切断残留物である場合、例えば、以下の実施例で述べるように、より少ない水でよい。粘土結合材を使用する場合も同様に、より少ない水でよい。

#### 【0056】

得られる混合物を段階 150 で凝集させる。凝集は、粒径拡張技術であり、ここでは、小さく、微細な粒子、例えばダストまたは粉末を集めて、大きな塊体、例えばペレットにする。混合物をペレット化によって凝集させるのが好ましく、このとき、気体または液体に分散された微粒子を、他の外部からの圧縮力なしに回転によって拡張する。例えば、ペレット化回転ドラムまたはディスクを使用可能である。得られるペレットの強度は、粒子の特性、媒体中の水分量、および機械的な処理パラメータ、例えば、当該分野で知られているような回転速度および回転ドラムの傾斜角に応じて異なる。回転ドラムの使用例が、以下の実施例に記載されている。得られるペレットは、ほぼ球形または僅かに角張っており、色は、混合物中の炭素および鉄の含有量に応じて淡褐色から暗褐色であり、そして例えば約 3 ~ 約 40 mm の範囲でサイズが変動し得る。上述したように、図 2 は、ペレット 10 の一例である。押出を、ペレット化の代わりに用いてもよい。押出により、煉瓦様の材料が得られ、これを硬化後に、小さな粒子に破碎することが可能である。あるいは、圧縮を用いて、円柱形の凝集体、例えばタブレットまたは他の形状を形成してもよい。

10

20

30

#### 【0057】

凝集された混合物を、段階 155 において、必要により表面コーティングして、その後、乾燥させる。ペレットを、焼成処理温度で溶解しないであろう無機材料でコーティングしてもよい。無機材料は、例えば、低強熱減量（「LOI」）PFA、粘土、頁岩、粘板岩または花崗岩切断残留物をダストの形態で含んでいてもよい。ペレットの表面を、非粘着性材料の薄層で被覆することにより、ペレットの表面に被膜を形成し、これにより、ペレットのクラスタ化を減らし、ペレットの強度を高め、そして例えば、図 3 に示されているように、骨材 20 に対して、薄い高密度の外膜 26 を形成する。使用される無機材料の量を少なくしてもよい。ペレットは、例えば、ダストをペレットに散布するか、またはダスト中でペレットを回転させることによってコーティングし得る。乾燥は、例えば、乾燥機内で約 110 °C にて行う。乾燥させるのが好ましい。なぜなら、キルン内で湿潤ペレットを焼結することにより、急速な温度変化に起因して、ペレットの分解および爆発に至る場合があるからである。粘土結合材を、上述したように混合物に添加する場合、ペレットの完全性を高めるか、または被膜を形成するためにコーティングを必要としない。なぜなら、粘土により内部結合が改善されるからである。しかしながら、コーティングは、依然として選択肢となる。

#### 【0058】

コーティングおよび乾燥されたペレットを、段階 160 で焼成処理する。焼成処理は、例えば、以下でさらに詳細に述べるように、混合物の組成および骨材の所望の特性に応じて約 1000 ~ 約 1300 °C の温度で行ってよい。焼成処理は、最大の緻密化の温度未満で起こる焼結、または最大の緻密化の温度以上で起こるガラス化であってもよい。焼成処理は、ロータリーキルン中で行うのが好ましい。焼結により、上述したように、粒子間で結合を形成することによって、前もって緩く結合した粒子の強度および密度を増大させる。ガラス化により、最大緻密化温度であっても高い強度を得られる。しかしながら、高温でガラス化が進行すると、上述したように、材料の膨張に起因して、密度および強度が低下する。

40

#### 【0059】

焼成処理されたペレットを、段階 165 において水中で急冷してもよい。急冷により、

50

ペレットを冷却し、溶解を停止させる。急冷した場合、得られる骨材 20 は、再結晶化が可能となる空冷の場合と比較して、さらに無定形のマトリックス 24 を有しているであろう。当該分野では、急冷により、焼成された骨材の硬度、韌性および耐水性が改善されることが知られている。水は、例えば室温（約 30 ℃）であってよい。

#### 【0060】

焼成処理および急冷が行われた場合には、これらの後、段階 170において、骨材を粉碎し、そして異なるサイズに選別する。焼成処理中のペレットの縮小に起因して、ペレットのサイズが約 3 ~ 約 40 mm で変動する場合、焼成された骨材のサイズは、例えば、約 2 ~ 約 30 mm の範囲で変動する場合がある。選別された骨材に好適なサイズ範囲は、約 4 ~ 約 8 mm の範囲であり、これは、ろ過での用途に用いても良く、そして約 12 ~ 約 19 mm の範囲であり、これは、コンクリートで用いてもよい。より小さな骨材（約 2 mm 程度）は、例えば、コンクリート中の微細な骨材として用いてもよい。

10

#### 【0061】

本発明の実施形態による焼成処理の結果として、骨材は、通常の環境条件下で殆どの物質に対して化学的に不活性である。図 6 は、本発明の実施形態に従い、約 1090 ℃ で焼成処理され、40 % の IBA および 60 % のベントナイトを含む複数の焼結骨材の一例である。

#### 【0062】

図 7 は、本発明の実施形態により骨材を製造する方法 200 のさらに別の例であり、SAM および必要により有機材料を、未処理の IBA と混合して、両方の材料を一緒に湿式粉碎する。従って、粉碎された混合物は、IBA を粉碎した後に SAM を IBA に導入する図 5 に示される方法によって製造される粉碎粉末と比較して、より微細な粒径分布を有している。段階 205 では、IBA、SAM および必要により有機材料を、粉碎用のバケルに添加する。段階 210 で、材料を湿式粉碎する。図 7 における段階 215 ~ 235 は、図 5 における段階 115 ~ 135 に対応し、一方、図 7 における段階 240 ~ 265 は、図 5 における段階 145 ~ 170 に対応する。粘土結合材を、段階 205 においてか、または段階 240 (SAM が粘土でない場合) において必要により添加してもよい。段階 240 において、粘土結合材を、粉碎された粉末に添加するのが好ましい。

20

#### 【0063】

乾式粉碎を、それぞれ図 5 および図 7 の段階 110 および 210 での湿式粉碎の代わりに用いる場合、それぞれ段階 125 および 225 での脱水を必要としない。乾式粉碎により製造される IBA 粉末を、100 ミクロンの篩に通過させて篩い分けし、得られた分画を乾燥機乾燥してもよい。乾燥された分画を、図 5 における段階 145 ~ 170 または図 7 における段階 240 ~ 265 に従って加工処理してもよい。

30

#### 【実施例】

#### 【0064】

以下の実施例を行った。

#### 【0065】

#### 実施例 1

本実施例では、IBA および廃棄物ガラス（「WG」）を含む焼成骨材を製造した。

40

#### 【0066】

骨材を加工に供する前に、通常は IBA をスクリーニングして、大きな物体または網状物質を分離する。例えば、鉄を含む金属を電磁石で除去し、そして鉄を含まない金属を過電流選別装置で除去する。残りの材料をサイズで分別し、これを異なる目的に用いてよい。約 8 mm 未満の分画を、実施例で用いた。また、大きな分画については、粉碎後に使用可能である。

#### 【0067】

これらの実験で用いられる IBA および WG の平均化学分析（大部分を占める酸化物）を、以下の表 A に示す。かかる調査での WG は、米国で製造されるガラスの約 90 % を占めるソーダ石灰ガラスから製造された。これは、主としてケイ素、ナトリウム、およびカ

50

ルシウムの酸化物と、他の少量の成分、例えばアルミニウムおよびマグネシウムの酸化物から構成されている。ガラスの組成により、材料は、セラミックスを製造するために一般に用いられる他のガラスより低温での液相焼結によって緻密になるので、エネルギー製造コストが下がる。IBAにおける大部分の結晶相は、石英( $\text{SiO}_2$ )、方解石( $\text{CaCO}_3$ )、および少量の赤鉄鉱( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ )であり、一方、廃棄物ガラスは、一般的な無定形材料である。

## 【表1】

表A：IBAおよび廃棄物ガラスの化学分析

| 構成成分                    | 重量(%) |        |
|-------------------------|-------|--------|
|                         | IBA   | 廃棄物ガラス |
| $\text{SiO}_2$          | 41.91 | 71.7   |
| $\text{Al}_2\text{O}_3$ | 11.09 | 2.1    |
| $\text{Fe}_2\text{O}_3$ | 5.83  | 0.3    |
| $\text{CaO}$            | 19.99 | 9.4    |
| $\text{MgO}$            | 1.57  | 2.8    |
| $\text{Na}_2\text{O}$   | 1.80  | 12.1   |
| $\text{K}_2\text{O}$    | 1.11  | 0.9    |
| $\text{TiO}_2$          | 1.31  | 0.1    |

10

## 【0068】

20

IBAおよびWGを、図5について上述しつつ以下に詳細に示したように処理した。本実施例では、WGを湿式粉碎IBA粉末に添加した後にペレット化した。

## 【0069】

30

1kgのIBAのサンプルを、水：固体比を2として、約50rpmで回転する5リットルのポリプロピレンミル中で、高密度アルミナ粉碎媒体を用い約8時間粉碎した。ミルは、Pascal Engineergin社の21589型であった。粉碎媒体は、4.536kgの3/4インチ(19.05mm)の高密度アルミナ球体であった。粉碎されたスラリーを、3.35mm、1.70mm、355ミクロンおよび150ミクロンの篩に通過させて、焼結に不適当な粗い粒子を除去した。このような粗い粒子はWGを含んでいてもよく、これを粉碎し、その後に、湿式粉碎されたIBA粉末と混合した。

## 【0070】

30

粉碎されたスラリーの粒径分布を、レーザー回折分析器を用いて分析した。粒径分布のデータは、湿式粉碎による供給されたときの状態のIBAの実質的な粒径低下および乾式粉碎によるWGの実質的な粒径低下を示す。供給された状態のIBAの体積の95%( $d_{95}$ 値)は、759ミクロンより微細の粒子を含んでいた。これは、粉碎後、23ミクロンの $d_{95}$ 値まで低下した。供給された状態のIBAの場合に対応する $d_{50}$ 値は30ミクロンであり、粉碎後、6ミクロンまで低下した。得られる焼結骨材を、短時間粉碎し、これにより粗な分散を有する混合物から製造される骨材と比較して、高い密度および強度と、低い吸水率を有していることが見出されている。

## 【0071】

40

355ミクロン未満の分画を、Whatman GF/Cろ紙を用いるステンレススチール製押出容器中の加圧ろ過によって脱水し、これによりフィルターケーキを形成した。フィルターケーキを、110℃で一晩、乾燥機乾燥し、そして乳鉢および乳棒で粉碎して、微細で均一な粉末を形成した。

## 【0072】

40

使用されたWGは、一部は、未処理のIBAから分離されるボトルおよび窓ガラスに由来するものであった。かかるWGを洗浄し、そして110℃で一晩乾燥機乾燥した。その後、WGをジョー・クラッシャーで粉碎し、そして分離して、粒径を2~6mmの範囲に低下させ、その後、振動リングを用いることによってGy-Ro, Glen Creston Ltd., Brownfields, England製の炭化タンゲステンTemaミル中で、95%の体積( $d_{95}$ )が71

50

0ミクロン未満の粒径を有するまで粉碎した。再び、さらに4分間粉碎して、粒径分布をさらに低下させた。本実施例では、かかる微細なWG分画を使用した。破碎されたWGの $d_{50}$ 値は、197.6ミクロンの粒子からなり、4分間の乾式粉碎後、19.8ミクロンに低下した。さらに、IBAの湿式粉碎スラリーから得られ、335ミクロンの篩によって分離されたWGも使用した。また、かかる分画を、Tema乾燥ミル中で4分間粉碎し、そして最初の分画と一緒にした。

#### 【0073】

粉碎されたWGを、湿式粉碎により形成されたIBA粉末に、100%/0%、40%/60%、60%/40%および0%/100%(IBA/WG)の所定の割合にて添加した。IBAおよびWGの粉碎された粉末混合物を、バッチ式混合器中で水(得られる混合物の合計乾燥重の約35%以下)と混合し、その後、40cmの直径および1メートルの長さを有し、水平に対して約30°の角度で約17rpmで回転する回転式ドラムペレタイザーに供給した。得られる「グリーン」ペレットは、一般に、おおむね球形または僅かに角張っていた。平均して約4～約11.2mmの直径を有していた。4mm未満のペレットは、再度のペレット化のためにドラムに戻した。11.2mmを超えるペレットは手で小さなペレットに破碎し、これもペレタイザーに戻した。

#### 【0074】

粉末をペレットに散布することによって、ペレットを、石炭燃焼から得られる粉碎燃料灰(「PFA」)粉末でコーティングした。その後、ペレットを約110℃にて乾燥し、そして、77mmの内径×1500mmの長さを有し、その内部の加熱領域が900mmの長さであるロータリーキルンに供給した。キルンは、種々のIBA/WG混合物のために1080～1220℃の温度で運転するように設定された。ペレットは、約2.8rpmの速度で、約10～約12分間にわたってロータリーキルンの管に沿って移動および回転した。本実施例では、キルンは、Carbolite Hope Valley, Englandから市販されている、GTF R 195型の電気加熱式の回転炉であった。焼成処理されたペレットをキルンから取り出して、室温で冷却した。温度に対する密度の曲線(例えば図1に示されているもの)は、各々のキルンで変わり得ることに留意されたい。例えば、特定の割合のIBAおよびWGまたは他のSAMに対応する曲線は、上述の特定のキルンを用いる場合より、僅かに低いかまたは高い最大緻密化温度を有し得る。曲線の移動は、特定のキルンの運動効率に関連する多数の要因、例えば温度分布の安定性、エネルギー損失等に原因がある可能性がある。従って、用いられる特定のキルンで数種類のサンプルを調製して、骨材が所望の特性を有するであろう温度範囲を特定する必要がある。

#### 【0075】

##### 結果

以下の表B～Dは、実施例1の方法により形成された骨材の物性および機械特性についてまとめたものである。骨材は、IBA/WG混合物中のWGの濃度の増大と共に物性がかなり変化していることに留意すべきである。

#### 【0076】

以下の表Bは、異なる割合のIBAおよびWGを含み、異なる温度範囲(10℃間隔)で焼成処理された骨材の試験結果をまとめたものである。データは、100%のIBAについては7個の数値の平均であり、WG含有サンプルについては2個の数値の平均である。データを、図8のグラフにプロットしてある。焼成された骨材の相対乾燥密度は、アルキメデス法によって計算し、吸水率は、24時間水に漬けた後の「表面乾燥」サンプルの質量の増大から測定した。

#### 【0077】

上述したように、混合物中のWGの量を増加させることにより、サンプルの当初の軟化、最大緻密化、および完全またはほぼ完全な溶解の間の温度間隔が広がる。これは、WGの量が増大すると、IBAの化学組成および鉱物学的特徴が変化するからである。また、最大緻密化は、得られる混合物に含まれるシリカの濃度が増加することに起因して、IBA混合物中のWGの増加と共に高い温度で起こることが観察された。例えば、100℃

10

20

30

40

50

% IBA は約 1100 の最大緻密化温度を有する。60%IBA / 40%WG の混合物は約 1120 の最大緻密化温度を有し、40%IBA / 60%WG は約 1150 の最大緻密化温度を有する。

#### 【0078】

しかしながら、WG の IBA への組み込みは、サンプルが焼結する温度範囲を広げる点では他のケイ素アルミニウム材料を用いたときほど効果的ではないことが見出されている。例えば、100% の IBA は、約 1070 ~ 約 1080 の温度範囲 (10) で焼結して、約 1.5 ~ 約 1.8 g / cm<sup>3</sup> の軽量骨材を形成し、そして 40%IBA / 60%WG は、約 1080 ~ 約 1100 の温度範囲 (30) で焼結して、その密度範囲の骨材を形成し、一方、上述したように、40%IBA / 60% ベントナイト混合物は、50

の範囲で焼結して、軽量骨材を形成する。他の SAM、例えば頁岩により、ベントナイトと同様に温度範囲が拡大する。これは、WG に含まれ、融剤として作用するナトリウムおよびカルシウムの酸化物が高い濃度で存在することに起因すると考えられる。また、融剤および溶解ガラスにより、低粘性の溶融物がもたらされ、これにより、他の SAM を用いた場合より高密度で低多孔性の生成物を形成すると考えられる。  
10

#### 【0079】

図 8 および以下の表 B から明らかなように、温度を用いて、IBA と WG の所定の組み合わせについての焼成生成物の密度および他の特性を決定することが可能である。例えば、IBA / WG の 40% / 60% 混合物では、1080 での焼結により、約 1.5 g / cm<sup>3</sup> の密度を有する LWA が得られる。1150 で同じ混合物を焼成処理することにより、約 2.6 g / cm<sup>3</sup> の密度を有する通常重量骨材が得られる。  
20

#### 【0080】

また、表 B は、異なる骨材の吸水力に対する WG 添加の影響を示している。最大緻密化温度未満の温度で製造される軽量骨材は、一般に、いくぶんかの多孔性を有する。最大緻密化に到達すると、細孔は溶解材料で充填されるので、細孔のサイズおよび数は、徐々に 0 まで低下する。多量の IBA を含む骨材は、温度により吸水率の急速な低下を示し、一方、高 WG 骨材は、温度によりさらに緩やかな吸水率の低下を示す。100%WG のペレットは、揮発によって形成される細孔を充填する溶解ガラスに起因して、試験された全ての温度で、他の全ての混合物より相当に低い吸水率を有する。

## 【表2】

表B : IBA/WG 骨材の物性

| 比 (IBA/WG) | 温度 (°C) | 密度 (g/cm³) | 吸水率 (%) |
|------------|---------|------------|---------|
| 100/0      | 1060    | 1.29       | 41.80   |
|            | 1070    | 1.46       | 33.07   |
|            | 1080    | 1.78       | 21.51   |
|            | 1090    | 2.12       | 3.20    |
|            | 1100    | 2.56       | 1.00    |
|            | 1110    | 2.09       | 0.32    |
|            | 1120    | 1.63       | 0.12    |
| 60/40      | 1060    | 1.43       | 29.88   |
|            | 1070    | 1.52       | 24.45   |
|            | 1080    | 1.59       | 19.13   |
|            | 1090    | 1.66       | 14.34   |
|            | 1100    | 1.85       | 9.23    |
|            | 1110    | 2.22       | 0.80    |
|            | 1120    | 2.64       | 0.02    |
|            | 1130    | 2.19       | 0.03    |
|            | 1140    | 2.03       | 0.03    |
|            | 1150    | 1.92       | 0.01    |
| 40/60      | 1160    | 1.81       | 0.01    |
|            | 1170    | 1.69       | 0.01    |
|            | 1180    | 1.55       | 0.03    |
|            | 1080    | 1.48       | 20.31   |
|            | 1100    | 1.64       | 14.23   |
|            | 1110    | 1.79       | 10.23   |
|            | 1120    | 1.96       | 2.78    |
|            | 1130    | 2.22       | 1.56    |
|            | 1140    | 2.39       | 0.77    |
|            | 1150    | 2.59       | 0.5     |
| 0/100      | 1160    | 2.32       | 0.1     |
|            | 1170    | 2.13       | 0.07    |
|            | 1180    | 1.95       | 0.02    |
|            | 1190    | 1.69       | 0.01    |
|            | 1080    | 1.52       | 18.36   |
|            | 1100    | 1.68       | 13.98   |
|            | 1120    | 1.74       | 9.85    |
|            | 1130    | 1.88       | 2.56    |
|            | 1140    | 1.99       | 1.84    |
|            | 1150    | 2.10       | 0.88    |
| 10/90      | 1160    | 2.22       | 0.56    |
|            | 1180    | 2.48       | 0.08    |
|            | 1200    | 2.66       | 0.03    |
|            | 1210    | 2.18       | 0.02    |
|            | 1220    | 2.08       | 0.04    |

以下の表Cは、特定の焼成処理温度での、IBAとWGとの所定の混合物についての骨材破碎値（「ACV」）（%）をまとめたものである。ACVは、WGに対するIBAの種々の割合に対して3つの異なる温度で得た。ACVは、骨材の強度に対して反比例する。比較のため、選択された温度は、異なる生成物特性および異なる微細構造を生じる温度であった。各セットにおいて、比較的低い温度で焼結された軽量骨材（「LWA」）を、本発明の好ましい実施形態に従って製造した。中央の温度で、よく焼結またはガラス化され、少量の残留細孔を有する通常重量骨材を、本発明の一実施形態に従って製造した。比較的高温で、ガラス化されたLWAも、本発明の一実施形態に従って製造した。

#### 【0082】

ACVが小さくなると、骨材の強度は、最大緻密化温度（中央の温度）で高くなる。その温度未満では密度は低くなり、ACVは高くなり、そして個々の骨材またはバルク骨材の強度は低くなった。その温度を超えると（中央）、サンプルの溶解が増大することに起因して密度および骨材の強度が低減するので、ACVが増大し始めた。骨材の強度は、温度の上昇に伴い骨材の密度と同じ傾向を示し、予想通り、最大値まで上昇し、その後に減少した。本発明の実施形態によりIBAおよびWGを種々の割合で含むLWAは、以下に示すように、約34%のACVを有するLYTAGと比較して、低いACVおよび高い強度を有していた。

#### 【表3】

表C：骨材破碎値（%）

| 比<br>IBA/Glass | 温度<br>(°C) | ACV<br>(%) | 温度<br>(°C) | ACV<br>(%) | 温度<br>(°C) | ACV<br>(%) |
|----------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| 100/0          | 1080       | 18.7       | 1100       | 9.3        | 1110       | 13.9       |
| 60/40          | 1090       | 16.9       | 1120       | 6.9        | 1170       | 14.3       |
| 40/60          | 1100       | 16.2       | 1150       | 6.6        | 1190       | 12.9       |
| 0/100          | 1100       | 15.2       | 1200       | 5.9        | 1220       | 11.2       |

#### 【0083】

表Bおよび表Cに示される、焼成骨材の特性に対する焼成処理温度およびWGの添加の影響に基づき、1080～1190の温度範囲で焼結され、約1.5～約2.6g/cm<sup>3</sup>の密度を有する40%/60%のIBA/WG混合物が好ましい。かかる骨材は、例えばコンクリート中の骨材としての広範な用途で使用可能である。従って、焼結中および他の焼成処理中の混合物の挙動ならびに得られるLWAの最終的な特性は、100%のIBAを含む骨材の場合より、さらに容易に制御可能である。かかる組み合わせの骨材の吸水率の低下は、骨材の表面細孔をはじめとする細孔を充填する溶解ガラスに起因する。

#### 【0084】

以下の表Dは、3種類の所定の温度での40%/60%のIBA/WGを含む骨材に関する所定の物性（表Bから得られる相対乾燥密度および吸水率、ならびにかさ密度）および機械特性（表Cから得られるACV）をまとめたものである。市販のLYTAG（焼結PFA）およびOPTIROC（膨張粘土）骨材の対応する特性も、表Dに示してある。個々のペレットの特性は、20個の測定値の平均値であり、バルクペレットの特性は、2個の測定値の平均である。

10

20

30

40

## 【表4】

表D : IBA/WG 骨材の物性および機械特性

| 比<br>IBA/ガラス | 温度<br>(°C) | 相対乾燥<br>密度<br>(g/cm³) | 吸水率 (%) | かさ密度<br>(g/cm³) | ACV (%) |
|--------------|------------|-----------------------|---------|-----------------|---------|
| 40/60        | 1080       | 1.48                  | 20.31   | 0.86            | 17.6    |
|              | 1100       | 1.64                  | 14.23   | 0.92            | 16.2    |
|              | 1150       | 2.59                  | 0.5     | 1.76            | 6.6     |
| LYTAG        |            | 1.48                  | 15.5    | 0.85            | 34.2    |
| OPTIROC      |            | 0.68                  | 11.0    | 0.39            | 92.3    |

注：相対密度は比重である（OD-乾燥機乾燥）。

10

## 【0085】

LYTAGと、1080で焼結されたか（LWA-1と称する）または1100で焼結された（LWA-2と称する）40%/60%のIBA/WGを含む骨材の性質を比較すると、LWA-1は、匹敵する相対乾燥密度および骨材かさ密度（約1.5 g/cm³の相対密度、0.8~0.9 g/cm³の間の疎充填かさ密度）を有していたことが示される。焼結されたLWA-2は、LWA-1およびLYTAGより僅かに高い相対密度およびかさ密度を有していた。両方の焼結骨材は、LYTAGと比較して、大幅に低いACVを示し、このことは、圧縮で加重された場合に、バルクとして高い応力に抗することが可能であることを示している。OPTIROCは、極めて低い密度、相的的に低い吸水率、および極めて低い強度を有していた。これは予想通りであった。なぜなら、OPTIROCは、独立した球形の多孔性による大きな体積の蜂の巣状の微細構造を有するからである。

20

## 【0086】

コンクリート中のLWA-1およびLWA-2の利用可能性を実証するために、コンクリート混合物を設計し、そして固まっていないコンクリート（生のコンクリート）および硬化コンクリートに関して試験した。本実施例における混合物について表Eに示し、これは、骨材の乾燥状態に対する、LYTAG、OPTIROC、ならびにLWA-1およびLWA-2を含むコンクリートの個々の構成成分の割合を示す。混合物はそれぞれ異なり、LYTAGならびにLWA-1およびLWA-2が、スランプ試験によって測定した場合に類似の加工性を達成していた。スランプは、OPTIROCに関して僅かに高かった。骨材は、成形時に風乾状態であったため、全体の水/コンクリート比の差は、骨材の吸水率の差に起因していた。全体の水/コンクリート比は、吸水率の大きな骨材の場合に高かった。

30

## 【表5】

表E : LWA-1 および LWA-2 についてのコンクリート混合比

| 材料                          | LYTAG | OPTIROC | LWA-1<br>(1080°C) | LWA-2<br>(1100°C) |
|-----------------------------|-------|---------|-------------------|-------------------|
| セメント                        | 1.0   | 1.0     | 1.0               | 1.0               |
| 砂                           | 2.11  | 2.05    | 2.11              | 2.11              |
| 粗骨材<br>(4 - 11.2 mm) (ASTM) | 1.35  | 0.45    | 1.22              | 1.44              |
| 水/セメント全体比                   | 0.58  | 0.52    | 0.64              | 0.55              |

40

## 【0087】

コンクリートの所望の硬度およびその後の圧縮は、3つの全ての骨材で迅速に達成された。硬化コンクリートの密度を全ての骨材に関して測定し、表Fにまとめた。市販骨材な

50

らびに LWA - 1 および LWA - 2 で作製された硬化コンクリートの平均圧縮強度は、7 日、14 日および 28 日の時点で測定され、以下の表 F にまとめた。

【表 6】

表 F : LYTAG、OPTIROC、LWA-1 および LWA-2 の生コンクリートおよび硬化コンクリートの特性

| 特性                        | LYTAG | OPTIROC | LWA-1 (1080°C) | LWA-2 (1100°C) |
|---------------------------|-------|---------|----------------|----------------|
| スランプ (mm)                 | 50    | 75      | 50             | 45             |
| 風乾密度 (g/cm <sup>3</sup> ) | 1.88  | 1.69    | 1.96           | 1.96           |
| 7 日 圧縮力 (Mpa)             | 46.2  | 24.3    | 47.3           | 49.8           |
| 14 日 圧縮力 (Mpa)            | 52.2  | 25.3    | 52.5           | 58.3           |
| 28 日 圧縮力 (Mpa)            | 57.8  | 25.5    | 58.6           | 64.2           |

【0088】

本発明の焼結 LWA - 1 から得られたコンクリートは、LYTAG から作製された対応するコンクリートに匹敵する圧縮強度を有していたことが明らかである。しかしながら、研究では、全ての時期で、LYTAG で作製されたコンクリートの圧縮強度が大幅に低いことが報告されている（例えば、Kayali らにより 2003 年 3 月 13 日に発行された米国特許第 2003 / 0047114 A1 号を参照）。高い骨材密度、強度および低い吸水率に起因して、LWA - 2 で、全ての時期で高い圧縮強度が達成された。

【0089】

7 日、14 日および 28 日での焼結された LWA - 1 から得られたコンクリートの圧縮強度は、47.3 MPa、52.5 MPa および 58.6 MPa であり、これは高強度コンクリートとして分類される。同様の圧縮強度が、LYTAG で作製されたコンクリートの場合に得られた。OPTIROC 軽量骨材で作製されるコンクリートの極めて低い強度は、骨材の極めて低い強度、低い密度および高い多孔率に起因していた。LWA - 2 で作製されたコンクリートは、28 日にて 64.2 MPa 程度の高い圧縮強度を有しており、これは、全ての時期で試験された全ての骨材より高いものであった。

【0090】

実施例 2

本実施例では、IBA および花崗岩切断残留物（「GSR」）を含む焼成骨材を製造した。

【0091】

本実施例で用いられる IBA および GSR の平均化学分析（大部分を占める酸化物）を、以下の表 G に示した。実施例 2 で用いられる IBA の組成は、実施例 1 で使用された場合と同じであった。本実施例において、実施例 1 で用いられたのと同一の設備を用いた。IBA を、上述したように、供給前に処理した。

## 【表7】

表G : IBA および GSR の化学分析

| 構成成分                           | 重量 (%) |       |
|--------------------------------|--------|-------|
|                                | IBA    | 花崗岩   |
| SiO <sub>2</sub>               | 41.91  | 65.17 |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 11.09  | 14.75 |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 5.83   | 6.28  |
| CaO                            | 19.99  | 2.61  |
| MgO                            | 1.57   | 0.32  |
| Na <sub>2</sub> O              | 1.80   | 2.02  |
| K <sub>2</sub> O               | 1.11   | 4.22  |
| TiO <sub>2</sub>               | 1.31   | 0.15  |

10

## 【0092】

IBA および GSR を、上述されかつ図7に示されているように処理した。GSRは、150ミクロンの篩を通過させ、得られた分画を用いた。GSRをIBAに添加して、両方の材料と一緒に湿式粉碎した。

20

## 【0093】

1kgの、100%/0%、80%/20%、60%/40%および40%/60%の所定の割合のIBA および GSR のサンプルを、上記の実施例1で詳細に説明したように湿式粉碎した。粉碎されたスラリーを篩い分けし、そして355ミクロン未満の分画をろ過して、遊離水を除去した。製造された固体の湿潤ケーキを、110°で乾燥し、そして粉末に粉碎した。

20

## 【0094】

混合物の稠度がペレット化可能となるまで、バッチ式混合器中で、粉末に水（得られる混合物の合計乾燥重の35%以下）を混合した。混合物を回転ドラムに供給し、ドラムの端部で集められたペレットを、4mmおよび12.7mmの篩に通過させて篩い分けした。ペレットをPFAでコーティングし（散布により）、その後、約110°で一晩、乾燥機中で乾燥させた。得られたグリーンペレットを、1060~1240°の範囲の温度で、ロータリーキルン中で約10~約12分間にわたって焼結させた。

30

## 【0095】

結果

以下の表H~Iは、上述の方法により形成された骨材の物性および機械特性をまとめたものである。

## 【0096】

焼結ペレットの相対乾燥密度および吸水率は、実施例1で説明したように測定された。本実施例において、圧縮強度は、個々の骨材に負荷を与えて2枚の平行板の間で破碎することによって計算された。応力分析では、球体を、同様に2つの全く反対の場所で試験した場合に、球体の圧縮強さが、以下の式：

40

## 【数1】

$$IACS = \sigma = \frac{2.8P}{\pi^* d^2}$$

## 【0097】

[式中、IACS = 個々の骨材の破碎強度であり、d = 球体の直径 (mm) であり、そしてP = 破壊荷重 (N) である。]

50

で示されることが明らかとなった。圧縮強度の平均値を、各温度で製造される少なくとも12種類の骨材に対して行った試験から計算した。荷重は、骨材が破壊されるまで、圧縮試験装置によって与える。装置のダイヤル目盛りにより、破壊を生じさせる荷重を示す測定値を得る。荷重を、以下の式：荷重（ポンド） = 550.95 × (測定値) - 1620.7；荷重（kg） = 荷重（ポンド） / 2.205によって測定値から計算する。

#### 【0098】

以下の表Hは、種々の温度で焼成処理され、IBAおよびGSRを種々の割合で含む骨材に関する試験結果をまとめたものである。データを、図9のグラフにプロットしてある。また、表Hでは、機械特性の結果、すなわち特定の温度での、IBAとGSRとの特定の混合物についての個々の骨材の破碎強度（「IACS」）をまとめてある。上述したように、混合物中のGSRの濃度を増大させると、IBAとGSRとの化学組成および鉱物学的特徴が変化するので、サンプルの当初の軟化、最大緻密化、および完全またはほぼ完全な溶解の間の温度間隔が広がる。

#### 【表8】

表H：IBA/GSR骨材の物性

| 比<br>(IBA/花崗岩) | 温度 (°C) | 密度<br>(g/cm³) | 吸水率 (%) | IACS (MPa) |
|----------------|---------|---------------|---------|------------|
| 100/0          | 1060    | 1.29          | 41.80   | 239        |
|                | 1070    | 1.46          | 33.07   | 322        |
|                | 1080    | 1.78          | 21.51   | 694        |
|                | 1090    | 2.12          | 3.20    | 990        |
|                | 1100    | 2.56          | 1.00    | 1110       |
|                | 1110    | 2.09          | 0.32    | 1055       |
|                | 1120    | 1.63          | 0.12    | 779        |
| 80/20          | 1070    | 1.42          | 32.21   | 298        |
|                | 1080    | 1.49          | 27.35   | 355        |
|                | 1090    | 1.55          | 22.56   | 489        |

#### 【0099】

|              |      |      |       |      |
|--------------|------|------|-------|------|
|              | 1100 | 1.72 | 18.69 | 712  |
|              | 1110 | 2.09 | 7.39  | 844  |
|              | 1120 | 2.44 | 3.24  | 1102 |
|              | 1130 | 2.22 | 0.78  | 1085 |
|              | 1140 | 2.03 | 0.77  | 1052 |
|              | 1150 | 1.92 | 0.45  | 1001 |
|              | 1160 | 1.86 | 0.30  | 944  |
|              | 1170 | 1.75 | 0.23  | 885  |
|              | 1180 | 1.69 | 0.09  | 832  |
| <b>60/40</b> | 1070 | 1.65 | 21.32 | 585  |
|              | 1080 | 1.72 | 19.45 | 612  |
|              | 1090 | 1.89 | 16.49 | 684  |
|              | 1100 | 1.96 | 13.24 | 702  |
|              | 1110 | 2.05 | 8.58  | 788  |
|              | 1120 | 2.19 | 5.34  | 832  |
|              | 1130 | 2.35 | 0.68  | 989  |
|              | 1140 | 2.44 | 0.52  | 1113 |
|              | 1150 | 2.61 | 0.32  | 1200 |
|              | 1160 | 2.44 | 0.22  | 1189 |
|              | 1170 | 2.29 | 0.09  | 1168 |
|              | 1180 | 2.18 | 0.09  | 1154 |
|              | 1190 | 2.10 | 0.05  | 1128 |
|              | 1200 | 2.03 | 0.03  | 1075 |
|              | 1220 | 1.96 | 0.01  | 1021 |
| <b>40/60</b> | 1070 | 1.57 | 23.55 | 548  |
|              | 1080 | 1.59 | 20.67 | 634  |
|              | 1090 | 1.65 | 18.34 | 678  |
|              | 1100 | 1.69 | 17.23 | 699  |
|              | 1110 | 1.79 | 15.23 | 723  |
|              | 1120 | 1.88 | 14.89 | 795  |
|              | 1130 | 1.96 | 12.76 | 834  |
|              | 1140 | 2.00 | 7.23  | 902  |
|              | 1150 | 2.06 | 5.23  | 927  |
|              | 1160 | 2.11 | 3.89  | 951  |
|              | 1170 | 2.22 | 2.78  | 1005 |
|              | 1180 | 2.37 | 1.83  | 1111 |
|              | 1190 | 2.49 | 0.67  | 1185 |
|              | 1200 | 2.60 | 0.05  | 1248 |
|              | 1220 | 2.44 | 0.01  | 1195 |
|              | 1230 | 2.29 | 0.02  | 1161 |
|              | 1240 | 2.16 | 0.03  | 1102 |

## 【 0 1 0 0 】

高濃度の IBA の混合物から得られる骨材の吸水率は、温度の上昇に伴い急速に低下し、一方、多量の GSR の混合物から得られる骨材は、温度に伴うより緩やかな吸水率の低下を示した。IACS は、予想通り、密度について、最大緻密化温度までの上昇、そして高温での減少に対して類似の傾向を示した。温度の上昇に伴う骨材の強度の上昇は、100 % の IBA 混合物の場合に迅速であり、そして GSR の量の増大と共にさらに緩やかと

10

20

30

40

50

なった。

#### 【0101】

骨材の特性に対する焼成処理温度およびGSR添加の影響について得られた結果に基づいて、コンクリート中の軽量骨材をはじめとする広範な用途で使用可能な骨材の場合に好ましいIBA/GSR混合物は、40%/60%のIBA/GSRである。多量のGSRを含むIBAの混合物から製造される骨材は、IBA単独より広い温度範囲で焼結／ガラス化するので、焼成処理中の挙動および骨材の最終特性を、さらに容易に制御可能である。40%/60%のIBA/GSR混合物は、1070~1140の温度範囲(70)で焼結されて、2.0g/cm<sup>3</sup>未満の密度を有するLWAを形成するであろう。従って、所望の特性および性質(多孔性、密度、強度)を有する軽量骨材を、さらに容易に製造可能である。

10

#### 【0102】

図9および表Hから明らかなように、IBAおよびGSRの所定の組み合わせについて、焼成処理温度を用いて、予め決められた密度および他の特性を有する骨材を製造することが可能である。例えば、IBA/GSRの40%/60%混合物では、1070での焼成処理により、約1.5~約1.6g/cm<sup>3</sup>の密度を有するLWAが得られ、一方、1200での焼成処理により、約2.6g/cm<sup>3</sup>の密度を有する通常重量骨材が得られる。

20

#### 【0103】

表Iは、市販のLYTAG骨材の対応する特性と共に、4種類の異なる温度でIBA/GSRの40%/60%混合物から得られる焼結骨材の物性(相対乾燥密度およびかさ密度、吸水率)および機械特性(IACS)をまとめたものである。比較のため、選択された温度は、種々の生成物特性および種々の微細構造を引き起こす温度であった。本発明の好ましい実施形態に従って、低温では、多孔性で、低密度のLWAが製造される。高温では、よく焼結またはガラス化され、無孔性で、高密度の生成物が製造される。

30

#### 【表9】

表I : IBA/GSR骨材の物性および機械特性

| 比<br>IBA/ガラス | 温度<br>(°C) | 相対乾燥<br>密度<br>(g/cm <sup>3</sup> ) | 吸水率 (%) | かさ密度<br>(g/cm <sup>3</sup> ) | IACS<br>(MPa) |
|--------------|------------|------------------------------------|---------|------------------------------|---------------|
| 40/60        | 1070       | 1.57                               | 23.55   | 0.86                         | 548           |
|              | 1090       | 1.69                               | 17.23   | 0.89                         | 699           |
|              | 1200       | 2.60                               | 0.05    | 1.76                         | 1248          |
| Lyttag       |            | 1.48                               | 15.5    | 0.85                         | 532           |

30

#### 【0104】

LYTAGの特性と、1070(LWA-1)で焼成処理されたか、または1090(LWA-2と称する)で焼結された、IBA/GSRの40%/60%混合物から得られた骨材の特性を比較すると、LWA-1は、高い吸水率を有していたものの、LYTAGに匹敵する密度および骨材強度を有していたことが示される。焼結LWA-2は、これもLYTAGより高い吸水率を同様に有していたものの、LWA-1およびLYTAGより高い密度および強度を有していた。

40

#### 【0105】

##### 実施例3

本実施例では、IBAおよび粘土を含む焼成骨材を製造した。

#### 【0106】

本実施例で用いられる粘土のベントナイトおよびカオリン、頁岩、ならびに粘板岩の平均化学分析を、以下の表Jに示す。実施例3で用いられるIBAの組成は、実施例1および2で用いられるのと同じである。本実施例では、実施例1で用いられたのと同一の設備を使用する。

50

## 【表10】

表J：粘土、頁岩および粘板岩の化学分析

| 構成成分                           | 重量(%)  |       |       |       |
|--------------------------------|--------|-------|-------|-------|
|                                | ベントナイト | カオリン  | 頁岩    | 粘板岩   |
| SiO <sub>2</sub>               | 51.99  | 48.32 | 54.23 | 58.32 |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 18.42  | 29.44 | 24.85 | 28.54 |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 1.65   | 2.74  | 5.12  | 7.23  |
| CaO                            | 1.04   | 2.82  | 0.76  | 1.82  |
| MgO                            | 4.02   | 2.99  | 0.88  | 3.67  |
| Na <sub>2</sub> O              | 0.44   | 0.88  | 1.11  | 1.45  |
| K <sub>2</sub> O               | 0.62   | 0.29  | 2.16  | 0.88  |
| TiO <sub>2</sub>               | 0.50   | 0.42  | 0.02  | 0.02  |

## 【0107】

ベントナイト、カオリン、頁岩、および粘板岩を、図1、および図10～12にそれぞれ記載され、かつ実施例1でさらに詳細に説明されているように処理した。

## 【0108】

1kgのIBAのサンプルを、水：固体比2で8時間にわたって湿式粉碎し、粉碎されたスラリーを篩い分けし、そして355ミクロン未満の分画をろ過して、遊離水を除去した。製造された固体の湿潤ケーキを、110で乾燥し、そして粉末に粉碎した。

## 【0109】

ベントナイト、カオリン、頁岩、および粘板岩を、それぞれIBAの粉碎粉末に、100%/0%、80%/20%、60%/40%および40%/60% (IBA/ベントナイト) の所定の割合にて添加した。粉末を、バッチ式混合器中で水(得られる混合物の合計乾燥重の40%以下)と混合して、ペレット化に用いる粘土様材料混合物を形成した。

## 【0110】

これらの全ての添加物(粘土、頁岩、および粘板岩)は、比較的微細な粒径分布を有していた。従って、これらは図5および図7に示されている両方の処理方法を用いて、IBAと共に処理可能であり、このとき、これらをIBAが湿式粉碎される前後のいずれに添加してもよい。使用される頁岩および粘板岩は、既に粉碎されていた。既に粉碎されていない場合には、これらは、IBAとの混合前に粉碎する必要があるか、またはこれらをIBAと共に湿式粉碎してもよい。得られるグリーンペレットは、約4～約11.2mmの範囲であった。例えば、ベントナイトを含むペレットを、ベントナイト粉末でコーティングし、その後、110で乾燥させた後に、実施例1に記載されているロータリーキルンに供給した。ペレットを、約1080～1220の範囲の温度で約10～約12分間にわたって焼成した後に、キルンから取り出して、室温で冷却した。

## 【0111】

結果

以下の表K～Mは、IBAおよびベントナイトを含み、種々の焼成処理温度で焼成処理された骨材の物性および機械特性についてまとめたものである。

## 【0112】

焼成骨材の相対乾燥密度および吸水率は、実施例1に記載のように測定した。個々の骨材の破碎強度は、実施例2に記載のように測定した。また、個々の骨材の圧縮強度については、以下の通り：

## 【数2】

$$ASMT = \frac{P}{m},$$

## 【0113】

[式中、P = 破壊荷重(kg)であり、そしてm = ペレットの質量(kg)である。]

10

20

30

40

50

骨材強度質量指數（「A S M I」）と定義された。

【0114】

圧縮強度の平均値を、各焼成処理温度および割合で製造された少なくとも12種類の骨材に対して行われた試験から計算した。

【0115】

以下の表Kは、種々の割合のIBAとベントナイトとを含み、種々の温度で焼成処理された骨材の試験結果をまとめたものである。データを、図1のグラフにプロットしてある。表Kは、物性（相対乾燥密度、吸水率）および機械特性（IACSおよびASMI）をまとめたものである。上述したように、混合物中の粘土濃度の上昇により、IBAの化学組成および鉱物学的特徴が変化するので、サンプルの当初の軟化、最大緻密化、および溶解の間の温度間隔が広くなった。

## 【表11】

表K : IBA/ベントナイト骨材の物性

| 比<br>(IBA/粘土) | 温度 (°C) | 密度<br>(g/cm³) | 吸水率 (%) | IACS (MPa) | ASMI |
|---------------|---------|---------------|---------|------------|------|
| 100/0         | 1060    | 1.29          | 41.80   | 239        | 0.9  |
|               | 1070    | 1.46          | 33.07   | 322        | 3.7  |
|               | 1080    | 1.78          | 21.51   | 694        | 7.8  |
|               | 1090    | 2.12          | 3.20    | 990        | 13.6 |
|               | 1100    | 2.56          | 1.00    | 1110       | 16.8 |
|               | 1110    | 2.09          | 0.32    | 1055       | 12.5 |
|               | 1120    | 1.63          | 0.12    | 779        | 8.2  |
| 80/20         | 1080    | 1.43          | 35.82   | 285        | 4.5  |
|               | 1090    | 1.63          | 26.73   | 485        | 6.1  |
|               | 1100    | 1.82          | 19.11   | 704        | 8.9  |
|               | 1110    | 2.39          | 2.45    | 1066       | 14.5 |
|               | 1120    | 1.98          | 0.50    | 1022       | 11.1 |
|               | 1130    | 1.75          | 0.46    | 896        | 10.2 |
|               | 1140    | 1.53          | 0.39    | 645        | 7.4  |
| 60/40         | 1080    | 1.42          | 30.45   | 335        | 5.1  |
|               | 1090    | 1.59          | 27.00   | 396        | 5.9  |
|               | 1100    | 1.73          | 21.89   | 597        | 7.2  |
|               | 1110    | 1.96          | 9.51    | 740        | 10.1 |
|               | 1120    | 2.21          | 5.63    | 844        | 11.9 |
|               | 1130    | 2.48          | 1.04    | 1135       | 15.6 |
|               | 1140    | 2.31          | 0.84    | 1098       | 12.8 |
| 40/60         | 1150    | 2.08          | 0.74    | 999        | 11.1 |
|               | 1160    | 1.93          | 0.59    | 981        | 10.9 |
|               | 1170    | 1.88          | 0.43    | 904        | 10.3 |
|               | 1180    | 1.74          | 0.12    | 855        | 9.6  |
|               | 1190    | 1.59          | 0.13    | 698        | 8.2  |
|               | 1080    | 1.52          | 26.79   | 447        | 5.3  |
|               | 1090    | 1.57          | 24.54   | 596        | 5.9  |
| 20            | 1100    | 1.63          | 20.53   | 688        | 7.6  |
|               | 1110    | 1.71          | 18.34   | 709        | 9.5  |
|               | 1120    | 1.79          | 15.35   | 741        | 9.8  |
|               | 1130    | 1.86          | 12.39   | 835        | 10.2 |
|               | 1140    | 1.98          | 9.34    | 888        | 12.2 |
|               | 1150    | 2.06          | 5.89    | 919        | 13.8 |
|               | 1160    | 2.18          | 3.56    | 943        | 15.4 |
| 30            | 1170    | 2.28          | 2.13    | 1051       | 16.2 |
|               | 1180    | 2.41          | 0.89    | 1107       | 16.9 |
|               | 1190    | 2.28          | 0.02    | 1040       | 14.2 |
|               | 1200    | 2.13          | 0.11    | 992        | 12.8 |
|               | 1210    | 2.07          | 0.07    | 946        | 12.5 |
|               | 1220    | 1.88          | 0.09    | 934        | 11.9 |
|               |         |               |         |            |      |

## 【0116】

高濃度のIBAの混合物から得られる骨材の吸水率は、温度の上昇に伴い急速に減少し、一方、多量の粘土を有する混合物から得られる骨材は、温度に伴いさらに緩やかな吸水

率の減少を示す。IACSおよびASMIは、予想通り、密度について同様の傾向を示し、最大緻密化温度まで上昇し、そしてより高い気温で低減する。温度の上昇に伴う骨材の強度の増大は、100%のIBA混合物から得られる骨材の場合に迅速であり、かかる混合物中の粘土の量が増加すると、より緩やかとなった。

#### 【0117】

図1および表Kに示される、焼結骨材の特性に対する温度および粘土添加の影響に基づいて、約1080～約1140の広範囲の温度で焼結され、約1.5～約2.0 g/cm<sup>3</sup>の密度を有する40%/60%のIBA/ベントナイト混合物が好ましい。従って、焼結中のかかる混合物の挙動および得られる焼結LWAの最終的な特性は、100%のIBAおよびIBAとベントナイトの他の組み合わせより容易に制御可能であるので、製造が容易となる。かかる骨材を、コンクリート中の軽量骨材として含める広範な用途で使用可能である。

#### 【0118】

表Lは、3つの所定の温度での、IBA/ベントナイトの40%/60%混合物を含む骨材の所定の物性（表Kから得られる相対乾燥密度、吸水率）および機械特性（表Kから得られるIACSおよびASMI）と、比較のため、LYTAG骨材の対応する特性をまとめたものである。

#### 【表12】

表L：骨材の物性および機械特性

| 比<br>IBA/ガラス | 温度<br>(°C) | 相対乾燥<br>密度<br>(g/cm <sup>3</sup> ) | 吸水率 (%) | かさ密度<br>(g/cm <sup>3</sup> ) | IACS<br>(MPa) | ASMI |
|--------------|------------|------------------------------------|---------|------------------------------|---------------|------|
| 40/60        | 1080       | 1.52                               | 26.79   | 0.82                         | 447           | 5.3  |
|              | 1100       | 1.63                               | 20.53   | 0.88                         | 688           | 7.6  |
|              | 1120       | 1.79                               | 15.35   | 1.07                         | 741           | 9.8  |
| LYTAG        |            | 1.48                               | 15.5    | 0.85                         | 532           | 5.7  |

#### 【0119】

IBAおよび粘土の所定の組み合わせの場合、温度を用いて、所定の密度および他の特性を有する骨材を製造可能である。

#### 【0120】

LYTAGに匹敵するかまたはこれに勝る特性を有する軽量骨材を、必要とされる骨材の特性により、かかる組み合わせから製造可能である。

#### 【0121】

表Mは、IBAとベントナイトおよび他の添加物（カオリン、頁岩、および粘板岩）との混合物から製造される骨材の性質をまとめたものである。骨材を焼成処理する温度範囲、対応する密度、吸水率、およびASMIの範囲、ならびにIBAに対する添加物の種々の割合についての最大緻密化温度および種々の添加物材料を示してある。図10～図12は、種々の割合のカオリン、頁岩および粘板岩についての密度(g/cm<sup>3</sup>)と温度( )の関係を示したものである。ベントナイトおよびカオリンの両方の粘土、ならびに頁岩および粘板岩は、これらの低カルシウム濃度に起因して、焼成処理によりIBAの挙動を変化させることに関して類似の効果を有していたことがわかる。しかしながら、IBA/頁岩およびIBA/粘板岩の混合物から得られるペレットの緻密化の場合、両方の材料に含まれるシリカおよびアルミナの量が僅かに多いことに起因して、僅かに高い温度が観察された。

10

20

30

40

## 【表13】

表M: IBA/添加物骨材の特性

| 添加物    | 比<br>IBA/添加物 | 温度範囲<br>(°C) | 密度範囲<br>(g/cm³) | 吸水率<br>範囲 (%) | ASMI     | 最大密度<br>温度 (°C) |
|--------|--------------|--------------|-----------------|---------------|----------|-----------------|
|        | 100/0        | 1060-1120    | 1.29-1.63       | 0.1-41.8      | 0.9-16.8 | 1100            |
| ベントナイト | 80/20        | 1080-1140    | 1.43-1.53       | 0.4-35.8      | 4.5-14.5 | 1110            |
|        | 60/40        | 1080-1190    | 1.42-1.59       | 0.1-30.5      | 5.1-15.6 | 1130            |
|        | 40/60        | 1080-1220    | 1.52-1.88       | 0.1-26.8      | 5.3-16.9 | 1180            |
| カオリン   | 80/20        | 1080-1150    | 1.52-1.52       | 0.04-32.5     | 4.9-15.2 | 1110            |
|        | 60/40        | 1080-1200    | 1.44-1.56       | 0.03-30.3     | 5.0-15.9 | 1140            |
|        | 40/60        | 1080-1210    | 1.51-2.07       | 0.1-27.3      | 5.1-16.4 | 1190            |
| 頁岩     | 80/20        | 1080-1150    | 1.50-1.59       | 0.1-33.6      | 5.4-15.7 | 1110            |
|        | 60/40        | 1080-1190    | 1.48-1.65       | 0.1-32.4      | 4.6-15.6 | 1140            |
|        | 40/60        | 1080-1220    | 1.51-2.04       | 0.04-27.1     | 5.0-16.8 | 1190            |
| 粘板岩    | 80/20        | 1080-1150    | 1.54-1.62       | 0.1-35.2      | 5.3-14.9 | 1110            |
|        | 60/40        | 1080-1190    | 1.49-1.68       | 0.04-32.4     | 5.1-15.3 | 1150            |
|        | 40/60        | 1080-1220    | 1.50-2.06       | 0.04-29.8     | 5.3-16.8 | 1200            |

## 【0122】

廃棄物ガラス、花崗岩切断残留物、粘土（例えばベントナイトおよびカオリン）、頁岩、ならびに粘板岩の焼成処理混合物についてのこれらの実施例に基づいて、MSW焼却炉から得られる粉碎燃料灰（「PFA」）と同一の供給源から得られる炉ボトムアッシュ（「FBA」）を用いて、コンクリートおよび他の用途で有用な軽量および通常重量の焼結およびガラス化骨材を形成可能であると考えられる。FBAを、好ましくはIBAと共に湿式粉碎することによって、好適な粒径に粉碎する必要がある。IBAとFBAとの粉碎混合物の粒子のうち95容量%は、約30ミクロン未満であった。PFAの化学分析を、比較のためのIBAの分析と共に、表Nおよび表Oに示した。IBAおよびPFAの焼成処理については、2005年9月28日に出願された出願番号第11/238758号で詳細に述べられ、当該文献は参照により本明細書中に組み入れられる。

## 【表14】

表N : IBA および PFA の化学分析

| 構成成分                           | 質量 (%) |       |
|--------------------------------|--------|-------|
|                                | IBA    | PFA   |
| SiO <sub>2</sub>               | 41.91  | 52.32 |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 11.09  | 26.14 |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 5.83   | 8.61  |
| CaO                            | 19.99  | 1.87  |
| MgO                            | 1.57   | 1.62  |
| Na <sub>2</sub> O              | 1.80   | 1.43  |
| K <sub>2</sub> O               | 1.11   | 3.77  |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>  | 1.23   | 0.28  |
| TiO <sub>2</sub>               | 1.31   | 1.11  |
| MnO                            | 0.11   | 0.07  |
| SO <sub>3</sub>                | 0.49   | 0.58  |
| 水分                             | 24     | 0     |
| 強熱減量 (LOI)                     | 6.63   | 2.98  |

10

20

30

## 【表15】

表O : IBA および PFA の少量および微量構成成分

| 構成成分 | mg/kg |      |
|------|-------|------|
|      | IBA   | PFA  |
| As   | 107   | 179  |
| Ba   | 1033  | 1010 |
| Cd   | 44    | 5    |
| Cr   | 327   | 144  |
| Cu   | 717   | 212  |
| Ni   | 93    | 143  |
| Pb   | 815   | 144  |
| Sr   | 297   | 288  |
| Zn   | 3000  | 174  |

40

## 【0123】

上述の実施例においては、1種類のケイ素アルミニウム材料をIBAと混合して、骨材を形成したが、同様に、数種類のケイ素アルミニウム材料をIBAと混合して、骨材を形成してもよい。

## 【0124】

本明細書中で説明された実施形態は、本発明を補足する例示である。添付の特許請求の範囲によって規定される本発明の精神および範囲から逸脱することなく、かかる例示に対する変更が可能である。

## 【図面の簡単な説明】

## 【0125】

【図1】本発明の一実施形態によるIBAおよびIBAとベントナイトとの混合物についての、焼成処理温度( )に対する密度(g/cm<sup>3</sup>)のグラフである。

50

【図2】本発明の方法により製造される骨材の一例の概略断面図である。

【図3】本発明の一実施形態による焼結された骨材の一例の概略断面図である。

【図4】本発明の一実施形態によるガラス化された骨材の一例の概略断面図である。

【図5】本発明の一実施形態による骨材の製造方法の一例である。

【図6】本発明の一実施形態による焼結された骨材の一例の写真である。

【図7】本発明の他の実施形態に従い、骨材を製造する他の方法の一例である。

【図8】本発明の一実施形態によるIBAおよびIBAと廃棄物ガラスとの混合物についての焼成処理温度( )に対する密度(g/cm<sup>3</sup>)のグラフである。

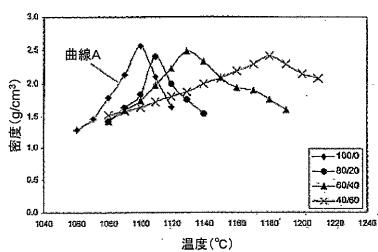
【図9】本発明の一実施形態によるIBAおよびIBAと花崗岩切断残留物との混合物についての焼成処理温度( )に対する密度(g/cm<sup>3</sup>)のグラフである。 10

【図10】本発明の一実施形態によるIBAおよびIBAとカオリンとの混合物についての焼成処理温度( )に対する密度(g/cm<sup>3</sup>)のグラフである。

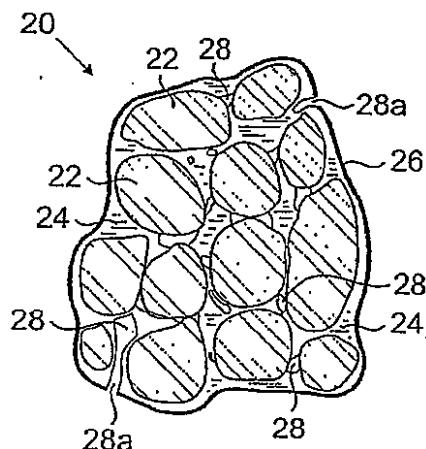
【図11】本発明の一実施形態によるIBAおよびIBAと頁岩との混合物についての焼成処理温度( )に対する密度(g/cm<sup>3</sup>)のグラフである。

【図12】本発明の一実施形態によるIBAおよびIBAと粘板岩との混合物についての焼成処理温度( )に対する密度(g/cm<sup>3</sup>)のグラフである。

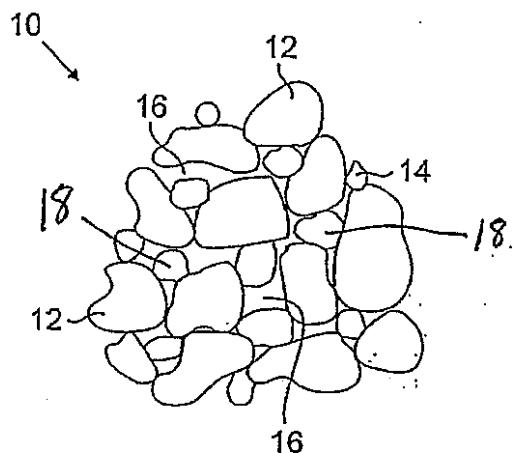
【図1】



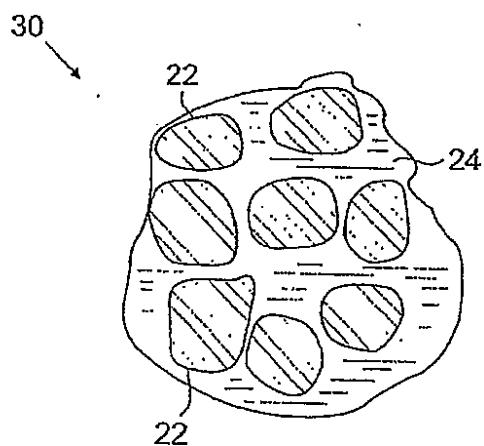
【図3】



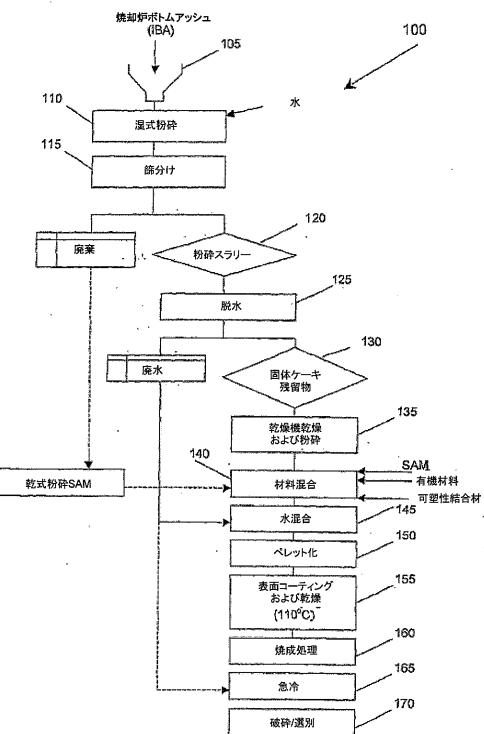
【図2】



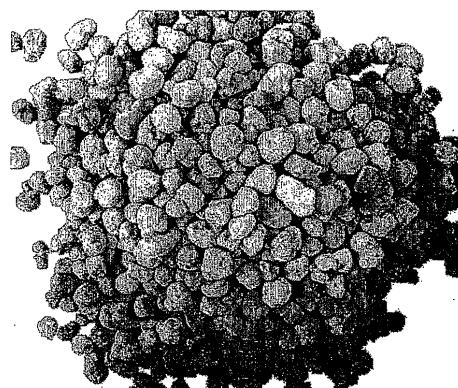
【図 4】



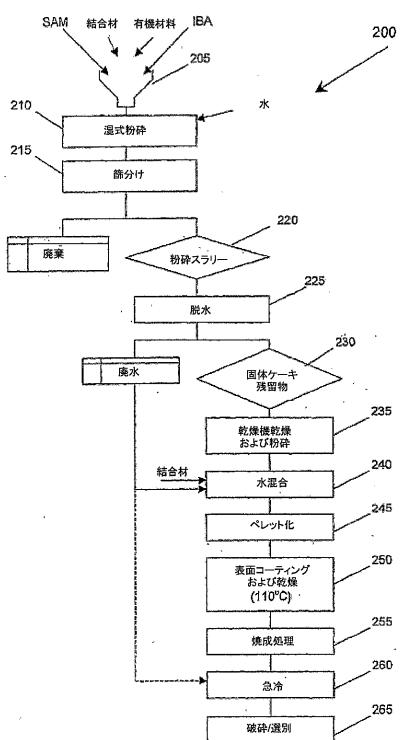
【図 5】



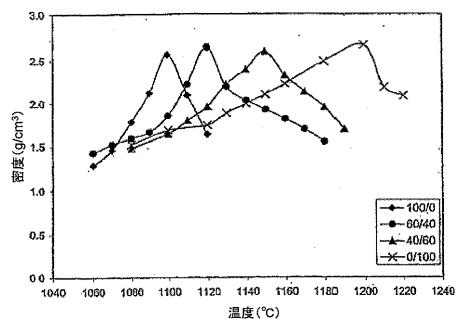
【図 6】



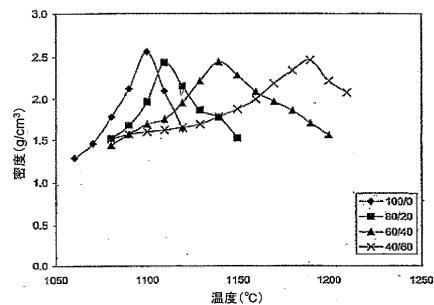
【図 7】



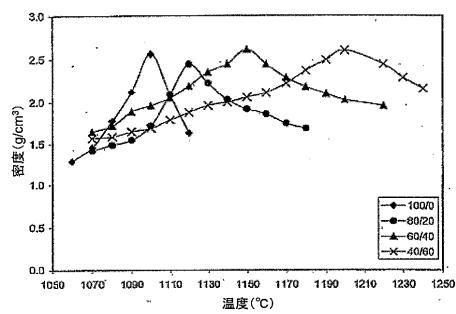
【図 8】



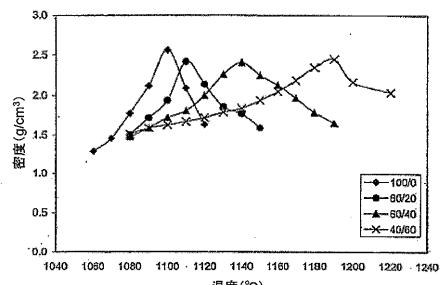
【図 10】



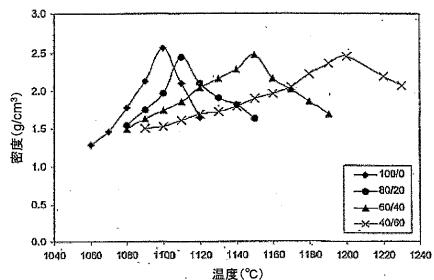
【図 9】



【図 11】



【図 12】



## 【国際調査報告】

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No  
PCT/EP2006/000271

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER  
INV. C04B33/13 C04B18/02

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)  
C04B

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, COMPENDEX, INSPEC, PAJ

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages   | Relevant to claim No.                                   |
|-----------|--|---|
| X         | BETHANIS S ET AL: "Production of lightweight aggregate from incinerator bottom ash and pulverised fuel ash" WASTE MANAG. ENVIRON.; WASTE MANAGEMENT AND THE ENVIRONMENT II; WASTE MANAGEMENT AND THE ENVIRONMENT II 2004, 2004, pages 55-64, XP008053699 page 57 - page 59<br>-----<br>-/- | 1,5-9,<br>12-32,<br>34,<br>42-60,<br>70-72,<br>74-90,94 |

Further documents are listed in the continuation of Box C.

See patent family annex.

## \* Special categories of cited documents :

- "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

24 July 2006

Date of mailing of the international search report

11/08/2006

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) 340-3016

Authorized officer

Raming, T

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

|   |
|---|
| International application No<br>PCT/EP2006/000271 |
|---|

| C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT |   |   |
|--|---|---|
| Category*  | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages  | Relevant to claim No.   |
| X  | JP 08 301641 A (SUMITOMO METAL MINING CO LTD) 19 November 1996 (1996-11-19)<br><br>paragraphs [0019] - [0028]; tables 1,2   | 1-3,7,9,<br>12,15,<br>19,<br>24-26,<br>30-32,<br>34-40,<br>42-52,<br>60,61,<br>70-72,<br>74-92,<br>94-97            |
| X  | PATENT ABSTRACTS OF JAPAN<br>vol. 1996, no. 05,<br>31 May 1996 (1996-05-31)<br>& JP 08 012413 A (EBARA CORP; others: 02),<br>16 January 1996 (1996-01-16)   | 1,2,5,9,<br>12,<br>15-22,<br>24-32,<br>34-36,<br>38,39,<br>42-55,<br>57,58,<br>60,61,<br>70-72,<br>74-91,<br>94-96  |
| X  | Paragraphs 12-16 of the description.<br>abstract  |   |
| X  | WAINWRIGHT P J ET AL: "Synthetic aggregates from combustion ashes using an innovative rotary kiln"<br>WASTE MANAGEMENT, ELSEVIER, NEW YORK, NY,<br>US,<br>vol. 21, no. 3, June 2001 (2001-06), pages<br>241-246, XP004226308<br>ISSN: 0956-053X | 1,2,9,<br>12,<br>16-19,<br>24-26,<br>30-32,<br>34-36,<br>38,39,<br>42-45,<br>47-52,<br>60,61,<br>70-72,<br>74-90,94 |
| X  | page 243; tables 1,3  |   |
| X  | WAINWRIGHT P J: "ARTIFICIAL AGGREGATE FROM DOMESTIC REFUSE"<br>CONCRETE (LONDON) MAY 1981,<br>vol. 15, no. 5, May 1981 (1981-05), pages<br>25-29, XP008063372   | 1,2,5,9,<br>12,<br>15-19,<br>24-26,<br>30-32,<br>34-36,<br>38,39,<br>42-53,<br>60,61,<br>70,71,<br>74-91,<br>94-96  |
|  | page 26 - page 27; table 3  | -/-   |

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

|   |
|---|
| International application No<br>PCT/EP2006/000271 |
|---|

| C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT |  |                                     |
|--|--|-------------------------------------|
| Category*  | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages   | Relevant to claim No.               |
| X  | DE CASA G ET AL: "Production of artificial aggregates from ceramic processing of municipal incinerator fly ash"<br>WASTE MANAG. ENVIRON.; WASTE MANAGEMENT AND THE ENVIRONMENT II; WASTE MANAGEMENT AND THE ENVIRONMENT II 2004, 2004, pages 45-54, XP008062747 abstract; figure 2 | 62-72,<br>74-90, 94                 |
| X  | EP 0 496 148 A (TAKUMA RESEARCH AND DEVELOPMENT CO., LTD)<br>29 July 1992 (1992-07-29)<br>page 3, line 55 – page 4, line 19  | 84,<br>89-92,<br>94-97              |
| X  | US 5 196 620 A (GUSTIN ET AL)<br>23 March 1993 (1993-03-23)<br><br>column 12, line 44 – line 65; claim 1   | 84,<br>89-92,<br>94-97              |
| X  | PATENT ABSTRACTS OF JAPAN<br>vol. 2003, no. 12,<br>5 December 2003 (2003-12-05)<br>& JP 2004 269289 A (SUMITOMO METAL MINING CO LTD), 30 September 2004 (2004-09-30)<br>abstract   | 70,71,<br>73-91,<br>93-95,<br>98,99 |
| X  | PATENT ABSTRACTS OF JAPAN<br>vol. 1998, no. 09,<br>31 July 1998 (1998-07-31)<br>& JP 10 087357 A (UBE IND LTD),<br>7 April 1998 (1998-04-07)<br>abstract   | 70,71,<br>73-91,<br>93-95,<br>98,99 |
| X  | EP 0 451 815 A (CONTENTO TRADE S.A.S. DI CIOFFI ILARIA)<br>16 October 1991 (1991-10-16)<br><br>example 1   | 70,71,<br>73-91,<br>93-95,<br>98,99 |
| X  | EP 0 402 746 A (NEUNKIRCHEN ZIEGELWERK;<br>ZWN ZIEGELWERK NEUNKIRCHEN GMBH)<br>19 December 1990 (1990-12-19)<br><br>claim 8  | 70,71,<br>73-91,<br>93-95,<br>98,99 |

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

International application No.  
PCT/EP2006/000271

**Box II Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 2 of first sheet)**

This International Search Report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1.  Claims Nos.: because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:
  
  
  
2.  Claims Nos.: because they relate to parts of the International Application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful International Search can be carried out, specifically:
  
  
  
3.  Claims Nos.: because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

**Box III Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)**

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

see additional sheet

1.  As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this International Search Report covers all searchable claims.
  
2.  As all searchable claims could be searched without effort justifying an additional fee, this Authority did not invite payment of any additional fee.
  
3.  As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this International Search Report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:
 

1, 2, 5-32, 34-39, 42-61, 70, 71, 74-91 and 94-97 (partially), 3, 4, 40, 41  
72, 73, 92, 93, 98 and 99 (completely)
  
4.  No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this International Search Report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:

**Remark on Protest**

- The additional search fees were accompanied by the applicant's protest.
- No protest accompanied the payment of additional search fees.

International Application No. PCT/EP2006 /000271

FURTHER INFORMATION CONTINUED FROM PCT/ISA/ 210

This International Searching Authority found multiple (groups of) inventions in this international application, as follows:

1. claims: 1, 2, 5-32, 34-39, 42-61, 70, 71, 74-91 and 94-97  
(partially), 3, 40, 72 and 92  
(completely)

method for producing an aggregate, preferably a sintered lightweight aggregate (this accounts for claims 38-40, 42-61, 70-72 and 74-83), comprising mixing incinerator bottom ash (IBA) from a municipal solid waste incinerator and a second, silicoaluminous material, preferably having less calcium than the IBA (this accounts for claims 1-3, 5-32, 34-40, 42-61, 70-72, 74-92, 94 and 95); agglomerating the mixture into an agglomerate or aggregate; and preferably pyroprocessing/sintering the agglomerate to form an aggregate and a sintered/pyroprocessed aggregate made from this mixture (this accounts for claims 1-3, 5-32, 34-40, 42-61, 70-72, 74-83 and 85-88), wherin the silicoaluminous material is clay

- 
2. claims: 1, 2, 5-32, 34-39, 42-61, 70, 71, 74-91 and 94-96  
(partially)

a method for producing an aggregate, preferably a sintered lightweight aggregate (this accounts for claims 38-40, 42-61, 70, 71 and 74-83), comprising mixing incinerator bottom ash (IBA) from a municipal solid waste incinerator and a second, silicoaluminous material, preferably having less calcium than the IBA (this accounts for claims 1, 2, 5-32, 34-39, 42-61, 70, 71, 74-91, 94 and 95); agglomerating the mixture into an agglomerate or aggregate; and preferably pyroprocessing/sintering the agglomerate to form an aggregate and a sintered/pyroprocessed aggregate made from this mixture (this accounts for claims 1, 2, 5-32, 34-39, 42-61, 70, 71, 74-83 and 85-88), wherin the silicoaluminous material is shale

- 
3. claims: 1, 2, 5-32, 34-39, 42-61, 70, 71, 74-91 and 94-96  
(partially)

International Application No. PCT/EP2006 /000271

## FURTHER INFORMATION CONTINUED FROM PCT/ISA/ 210

a method for producing an aggregate, preferably a sintered lightweight aggregate (this accounts for claims 38-40, 42-61, 70, 71 and 74-83), comprising mixing incinerator bottom ash (IBA) from a municipal solid waste incinerator and a second, silicoaluminous material, preferably having less calcium than the IBA (this accounts for claims 1, 2, 5-32, 34-39, 42-61, 70, 71, 74-91, 94 and 95); agglomerating the mixture into an agglomerate or aggregate; and preferably pyroprocessing/sintering the agglomerate to form an aggregate and a sintered/pyroprocessed aggregate made from this mixture (this accounts for claims 1, 2, 5-32, 34-39, 42-61, 70, 71, 74-83 and 85-88), wherin the silicoaluminous material is slate

4. claims: 1, 2, 5-32, 34-39, 42-61, 70, 71, 74-91 and 94-95  
(partially) and 4, 41, 73, 93, 98 and 99  
(completely)

a method for producing an aggregate, preferably a sintered lightweight aggregate (this accounts for claims 38-40, 41-61, 70, 71 and 73-83), comprising mixing incinerator bottom ash (IBA) from a municipal solid waste incinerator and a second, silicoaluminous material, preferably having less calcium than the IBA (this accounts for claims 1, 2, 4-32, 34-39, 41-61, 70, 71, 73-91, and 93-95); agglomerating the mixture into an agglomerate or aggregate; and preferably pyroprocessing/sintering the agglomerate to form an aggregate and a sintered/pyroprocessed aggregate made from this mixture (this accounts for claims 1, 2, 4-32, 34-39, 41-61, 70, 71, 73-83 and 85-88), wherin the silicoaluminous material is mining waste

5. claims: 1, 2, 5-32, 34-39, 42-61, 70, 71, 74-91, 94 and 95  
(partially) and 33 and 100 (completely)

a method for producing an aggregate, preferably a sintered lightweight aggregate (this accounts for claims 38-40, 42-61, 70, 71 and 74-83), comprising mixing incinerator bottom ash (IBA) from a municipal solid waste incinerator and a second, silicoaluminous material, preferably having less calcium than the IBA (this accounts for claims 1, 2, 5-39, 42-61, 70, 71, 74-91, 94 and 95); agglomerating the mixture into an agglomerate or aggregate; and preferably pyroprocessing/sintering the agglomerate to form an aggregate and a sintered/pyroprocessed aggregate made from this mixture (this accounts for claims 1, 2, 5-39, 42-61, 70, 71, 74-83 and 85-88), wherin the silicoaluminous material is waste glass

6. claims: 1, 2, 5-32, 34-39, 42-61, 70, 71, 74-91, 94 and 95  
(partially) and 101 (completely)

International Application No. PCT/EP2006 /000271

**FURTHER INFORMATION CONTINUED FROM PCT/ISA/ 210**

a method for producing an aggregate, preferably a sintered lightweight aggregate (this accounts for claims 38-40, 42-61, 70, 71 and 74-83), comprising mixing incinerator bottom ash (IBA) from a municipal solid waste incinerator and a second, silicoaluminous material, preferably having less calcium than the IBA (this accounts for claims 1, 2, 5-32, 34-39, 42-61, 70, 71, 74-91, 94 and 95); agglomerating the mixture into an agglomerate or aggregate; and preferably pyroprocessing/sintering the agglomerate to form an aggregate and a sintered/pyroprocessed aggregate made from this mixture (this accounts for claims 1, 2, 5-32, 34-39, 42-61, 70, 71, 74-83 and 85-88), wherin the silicoaluminous material is furnace bottom ash

---

## 7. claims: 62-69 (completely)

a sintered lightweight aggregate obtained by a method, comprising mixing incinerator bottom ash (IBA) from a municipal solid waste incinerator and a second, silicoaluminous material, having less calcium than the IBA and a clay binder; agglomerating the mixture into an agglomerate; and sintering the agglomerate to form an aggregate

---

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2006/000271

| Patent document cited in search report | Publication date | Patent family member(s)    |   | Publication date   |
|--|------------------|----------------------------|---|--|
| JP 8301641                             | A 19-11-1996     | NONE                       |   |  |
| JP 08012413                            | A 16-01-1996     | NONE                       |   |  |
| EP 0496148                             | A 29-07-1992     | JP<br>JP                   | 3203335 B2<br>5096263 A                                       | 27-08-2001<br>20-04-1993   |
| US 5196620                             | A 23-03-1993     | CA                         | 2071139 A1  | 14-12-1992   |
| JP 2004269289                          | A 30-09-2004     | NONE                       |   |  |
| JP 10087357                            | A 07-04-1998     | JP                         | 3275725 B2  | 22-04-2002   |
| EP 0451815                             | A 16-10-1991     | AT<br>DE<br>ES<br>IT<br>PT | 113572 T<br>69104888 D1<br>2065572 T3<br>1241686 B<br>97333 A | 15-11-1994<br>08-12-1994<br>16-02-1995<br>31-01-1994<br>31-12-1991 |
| EP 0402746                             | A 19-12-1990     | DD<br>DE<br>HU             | 294927 A5<br>3919011 A1<br>58216 A2                           | 17-10-1991<br>20-12-1990<br>28-02-1992                             |

## フロントページの続き

| (51) Int.Cl.                    | F I           | テーマコード(参考) |
|---------------------------------|---------------|------------|
| <b>C 0 4 B 33/135 (2006.01)</b> | C 0 4 B 33/13 | E          |
| <b>B 0 9 B 3/00 (2006.01)</b>   | B 0 9 B 3/00  | Z          |
|                                 | B 0 9 B 3/00  | 3 0 1 M    |
|                                 | B 0 9 B 3/00  | 3 0 1 J    |
|                                 | B 0 9 B 3/00  | 3 0 1 Z    |
|                                 | B 0 9 B 3/00  | 3 0 3 L    |
|                                 | B 0 9 B 3/00  | 3 0 3 A    |
|                                 | B 0 9 B 3/00  | 3 0 3 Z    |

(81)指定国 AP(BW,GH,GM,KE,LS,MW,MZ,NA,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,IS,IT,LT,LU,LV,MC,NL,PL,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,BW,BY,BZ,CA,CH,CN,CO, CR,CU,CZ,DE,DK,DM,DZ,EC,EE,EG,ES,FI,GB,GD,GE,GH,GM,HR,HU,ID,IL,IN,IS,JP,KE,KG,KM,KN,KP,KR,KZ,LC,LK,L R,LS,LT,LU,LV,LY,MA,MD,MG,MK,MN,MW,MX,MZ,NA,NG,NI,NO,NZ,OM,PG,PH,PL,PT,RO,RU,SC,SD,SE,SG,SK,SL,SM,SY ,TJ,TM,TN,TR,TT,TZ,UA,UG,US,UZ,VC,VN,YU,ZA,ZM,ZW

F ターム(参考) 4D004 AA18 AA36 AA37 AA50 AC05 BA02 CA04 CA07 CA13 CA14  
 CA15 CA30 CA32 CB09 CC11 DA01 DA02 DA03 DA06 DA10  
 DA20