

未利用資源の有効活用



2016年8月24日

東北大学大学院工学研究科・教授

久田 真

未利用資源の有効利用

1. 東日本大震災における災害廃棄物処理の経過と実態
 - ・ 何故に「有効利用」だったのか？
 - ・ どのように取り組んだか？
2. 災害廃棄物の処理・利活用から未利用資源の有効利用へ
 - ・ 石炭灰利用に関する最近の動向
 - ・ セメント産業に関する最近の動向
3. コンクリートにおける未利用資源の利用拡大に関する提言
(抜粋)

東日本大震災における 災害廃棄物処理の経過と実態

何故に「有効利用」だったのか？

発災当初の災害廃棄物の推計量

地域	がれき量(万t※1)	浸水面積※2
青森県	8 万t	2 km ²
岩手県	550 万t	49 km ²
宮城県	1429 万t	326 km ²
福島県	229 万t	67 km ²
茨城県	457 万t	— —
計	2670 万t	443 km ² ※3

※1 3/31日経 ※2 3/23国土地理院データ ※3 山手線63km²の約7倍

発災からの災害廃棄物の推計量の推移

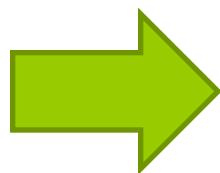
単位：万 t

公表年月日 公表元	2011.3.31 日経	2011.7.14 環境省	2012.6.30 環境省	2012.8.31 環境省
岩手県	550	449	525	525
宮城県	1,429	1,570	1,154	1,873
福島県	229	228	201	361
合 計	2,208	2,247	1,880	2,759

大震災での対応例 < 関東大震災 >



関東大震災（1923）のがれき



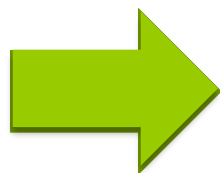
山下公園へ

- ◆ 後藤新平が帝都復興院・総裁として陣頭指揮
- ◆ 埋立て実施の判断は9月20日（海岸遊歩道の建設）
- ◆ 発災（1923年9月1日）時には首相は不在だった
- ◆ 復興事業は1923（大正12）年～1930（昭和5）年

大震災での対応例 <阪神大震災>



阪神淡路大震災（1995）のがれき



大阪フェニックス計画へ

- ◆ 阪神・淡路復興対策本部が設置（首相主導）
- ◆ 震災がれきの発生量は1450万t
- ◆ 大阪フェニックス計画(1987年～)で262万tを埋立て
- ◆ がれき処理に伴うアスベスト問題（今も継続中）
- ◆ 1997年にCOP3(京都議定書), 2001年に環境省設置

環境省・災害廃棄物処理方針（5月18日）

循環ビジネス拠点の形成

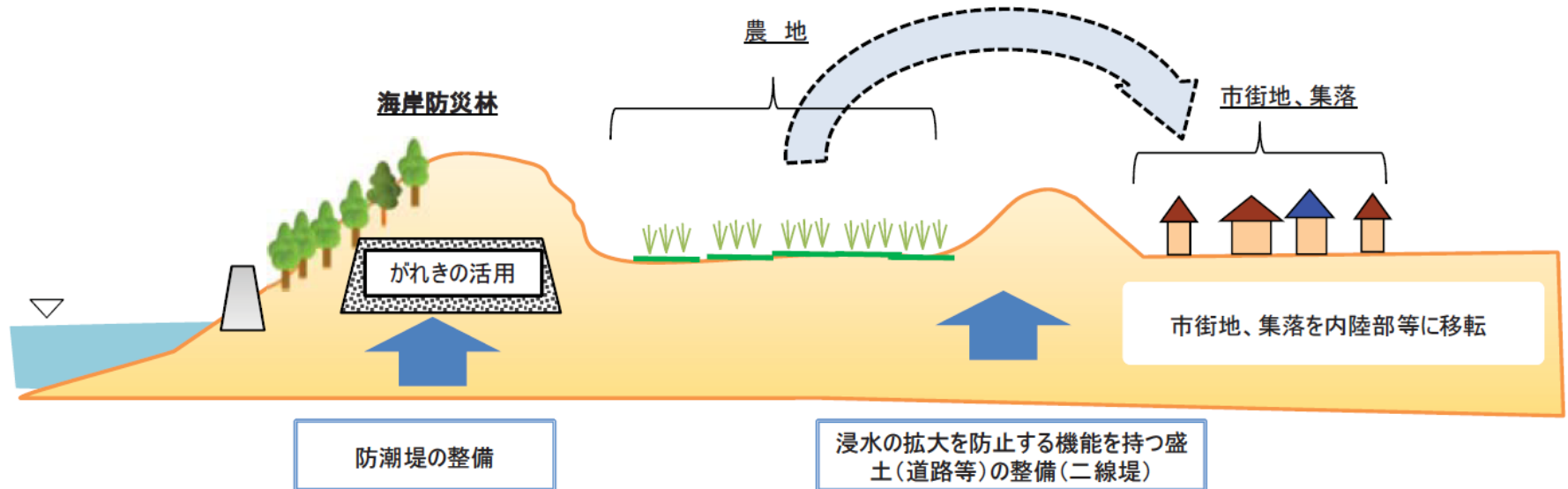
動脈産業と静脈産業をネットワーク化

東北地方を資源性廃棄物を徹底利用することで、最先端の**循環ビジネス拠点**として再生

森下 哲 氏「環境省の災害廃棄物処理方針について」
（環境省大臣官房 廃棄物・リサイクル対策部リサイクル推進室）
廃棄物資源循環学会・東日本大震災の災害廃棄物に関する現地セミナー
pptより（2011.06.22）

復興構想会議の提言（2011年6月）

【類型4】海岸平野部



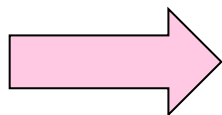
がれきの活用 → 防潮林の整備に

建設業界の動向

コンクリート塊	→ 粗骨材, 砕石, 中詰め材
焼却灰	→ スラグ, 細骨材, 地盤改良
土砂・ヘドロ	→ 盛土材
瓦	→ 盛土材・砕石
木材	→ ボード(合板), チップ
石膏ボード	→ 舗装材, 地盤改良
鉄スクラップ	→ 鉄筋

既存の土木技術には、がれきの有効利用につながる技術が沢山ある！

がれき処理



インフラ整備

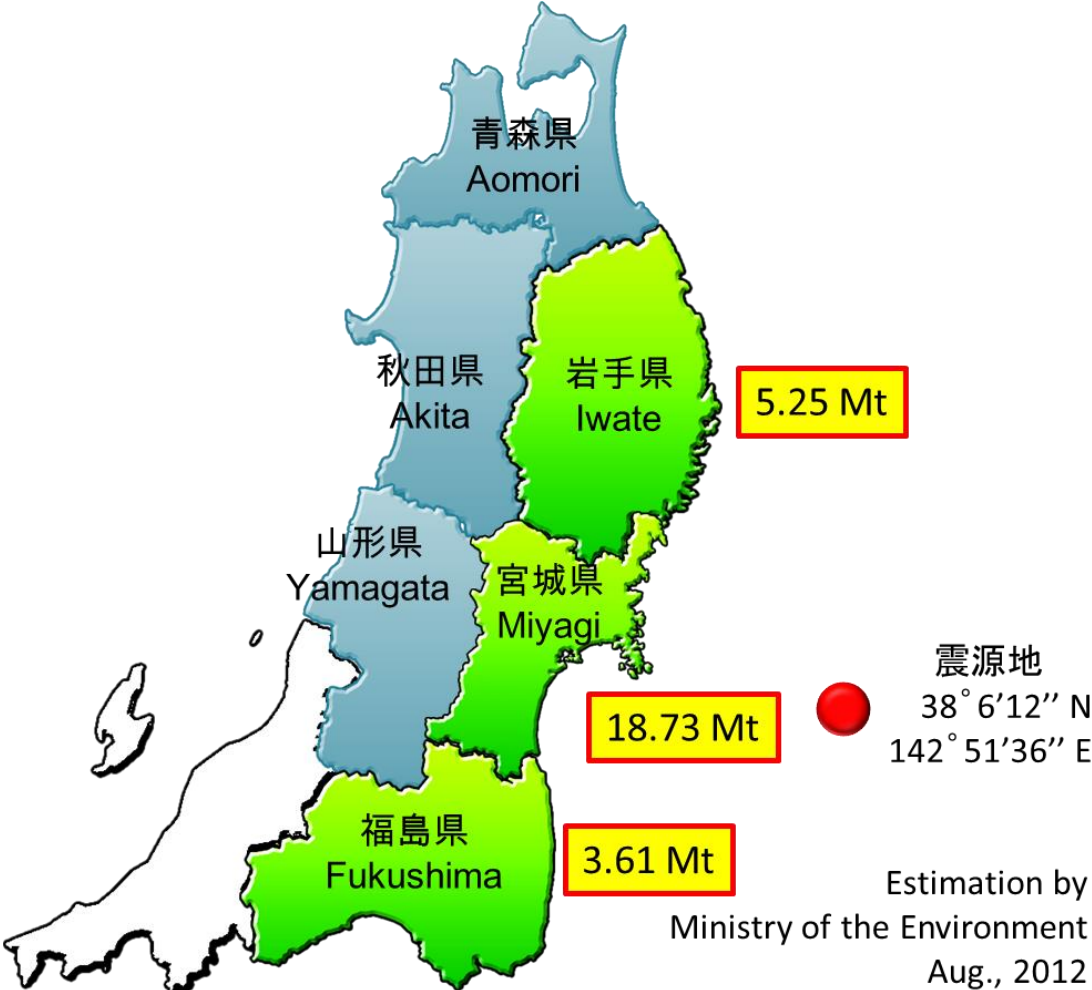
東日本大震災の震災がれきを有効利用することの可能性は十分にあった

東日本大震災における 災害廃棄物処理の経過と実態

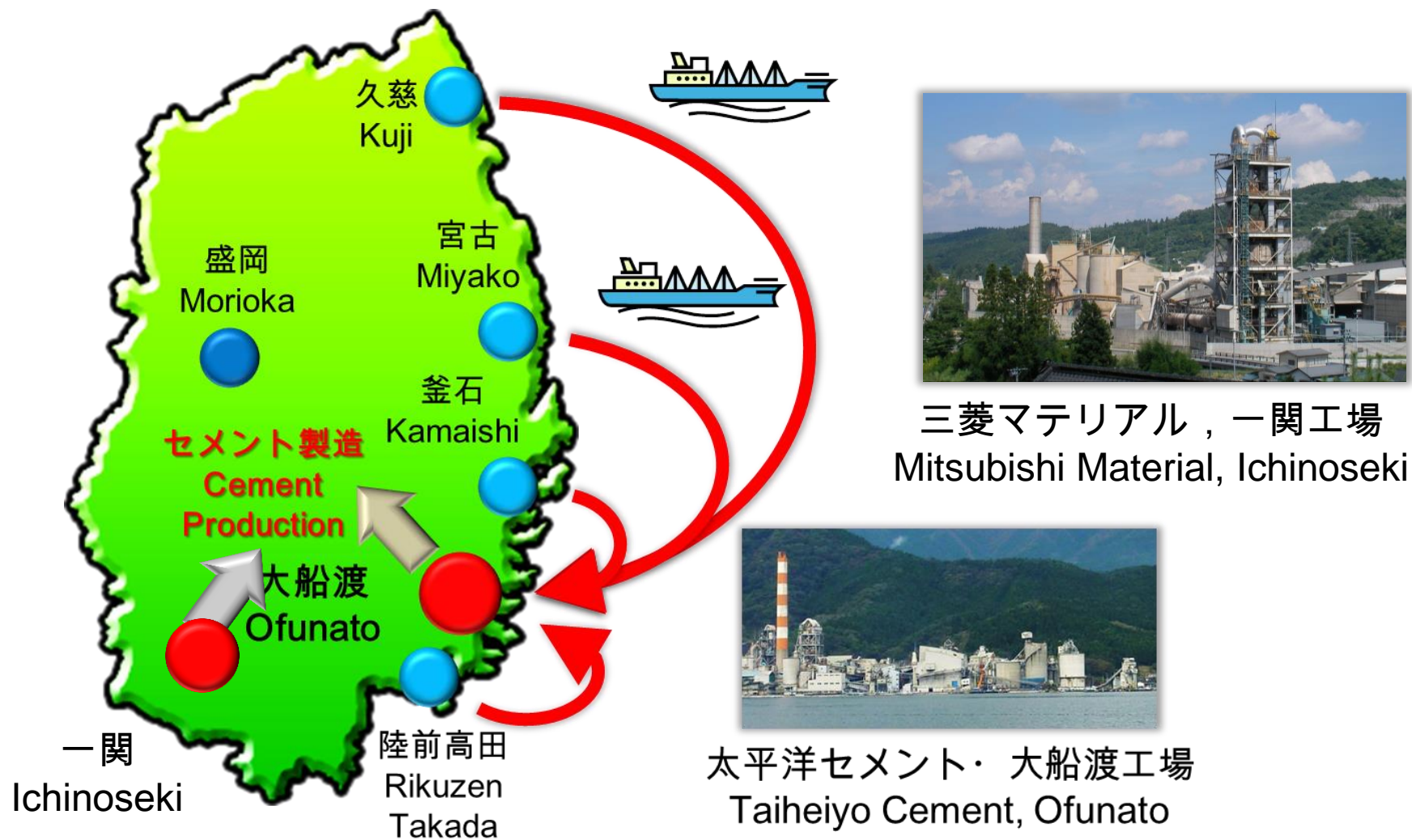


どのように取り組んだか？

震災がれきの推計量



岩手県における震災がれき処分



宮城県における震災がれき処分

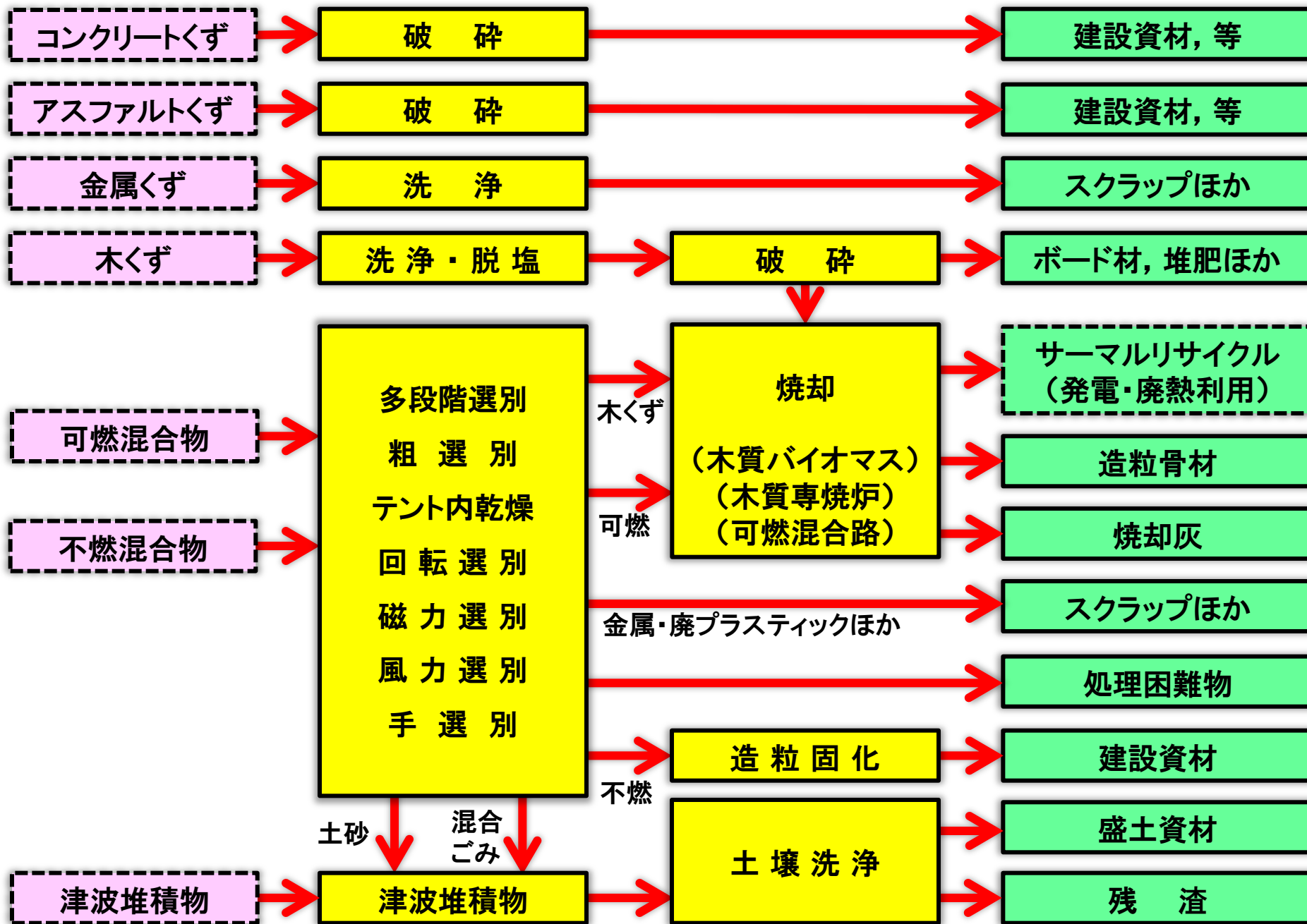


石巻ブロック・瓦礫処理サイト
Debris Operation Site, Ishinomaki

1次仮置き場

2次仮置き場（中間処理）

リサイクル・最終処分



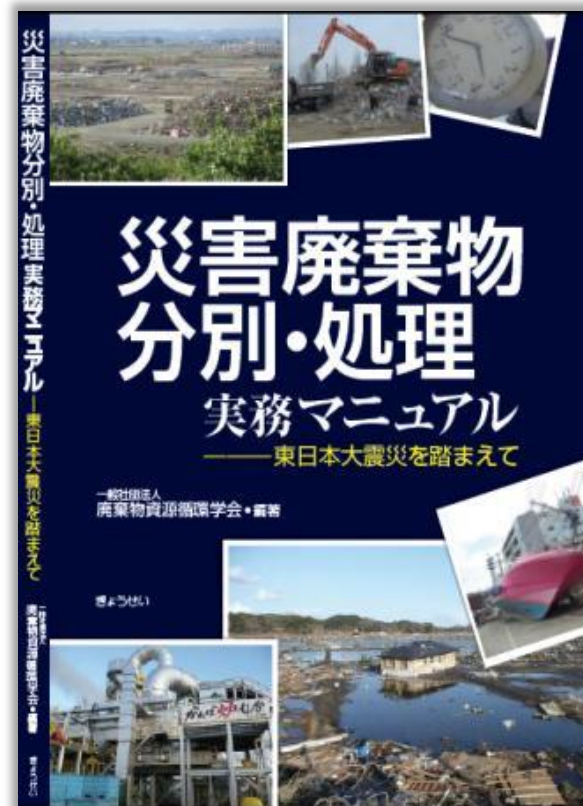
学協会等における対応事例

廃棄物資源循環学会

実証的な調査研究の実施により学術的・体系的な知見として取り纏めることを目的に、「災害廃棄物対策・復興タスクチーム」が2011年3月18日に発足。

本チームの成果のひとつは「災害廃棄物分別・処理マニュアル」の作成である。このマニュアルの第1版は**発災後の2011年4月4日に発刊**。国や地方政府レベルの災害廃棄物対策指針に加えて、現場応用の場面で使用することができ、より実用的なマニュアルとなっている。また、諸外国へ発信するために本マニュアルは、英訳されている。

ホームページにおいては、将来に向けて詳細な調査研究の実施により、学術的・体系的な知見として取りまとめるため、アーカイブとして活動記録を残している。



災害廃棄物分別・処理実務マニュアル

学協会等における対応事例

土木学会

2011年5月～2013年3月

東日本大震災特別委員会 復興施工技術特定テーマ委員会

- ・ がれき処理・再利用（主に土砂材料）
- ・ 土壌・地下水浄化

2013年4月～2015年3月

震災がれきの処分と有効利用に関する 調査研究小委員会（重点研究課題）

- ・ 災害廃棄物と処理の実態
- ・ 災害廃棄物の有効利用技術
- ・ 有効利用を推進するための諸課題



土木学会コンクリートライブラリー No.142

災害廃棄物の処分と有効利用
— 東日本大震災の記録と教訓 —

学協会等における対応事例

日本コンクリート工学会

2011年3月～2013年3月

東日本大震災に関する特別委員会

①材料生産・施工、②構造設計、③エネルギー関連施設

2013年4月～2014年3月

未利用資源の有効利用に関するFS委員会

未利用資源の実態把握と有効利用のための課題整理

2014年4月～2016年3月

コンクリートにおける未利用資源の利用拡大に関する特別委員会

未利用資源の利活用推進のための課題と対策に関する提言

学協会等における対応事例

地盤工学会

東日本大震災対応調査研究委員会 地盤環境研究委員会

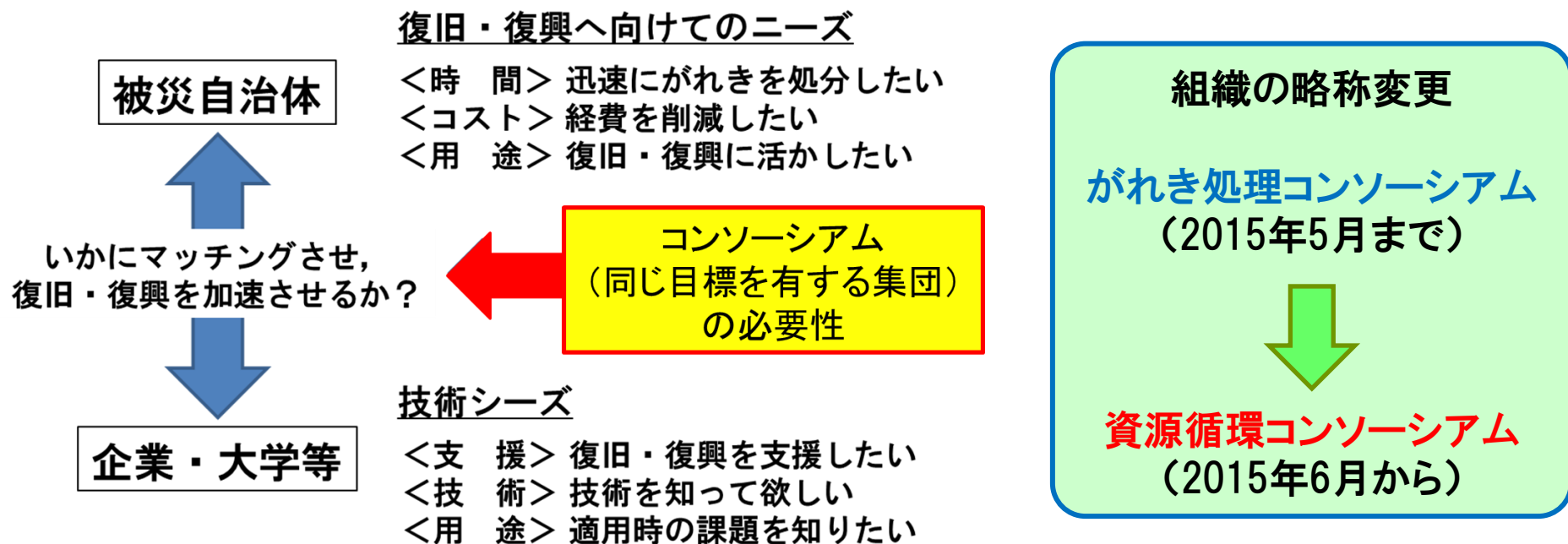
- ・津波堆積物等について2シリーズの一斉試験を実施
- ・「岩手県復興資材活用マニュアル(2012年6月策定, 2013年2月改訂)」を監修
- ・災害廃棄物焼却主灰を原料とする再生資材の地盤材料利用を対象とした物性評価スキーム第一版(概要版)
- ・放射性セシウム含有土壌の土壌洗浄法の適用性評価試験方法(案)

災害からの復興における災害廃棄物, 建設副産物及び産業副産物の有効利用のあり方に関する提言検討委員会

- ・岩手県, 宮城県, 福島県, 復興庁, 農林水産省, 国土交通省, 環境省からの助言, 情報提供, 調査協力ならびに委員会へのオブザーバ出席による連携

学協会等における対応事例

震災がれきと産業副産物のアロケーション最適化コンソーシアム (略称:がれき処理コンソーシアム)



産業界や大学の技術シーズを活用しつつ、被災地のニーズに応える技術開発を行う
産学連携活動の基盤を整備し、東北地方における資源循環の枠組みの構築とともに、
新産業や雇用の継続的創出を目指した産学連携組織

学協会等における対応事例

震災がれきと産業副産物のアロケーション最適化コンソーシアム
(略称:資源循環コンソーシアム)

東北石炭灰有効利用セミナー

第1回: 2015年5月15日、 第2回: 2016年5月18日

- ◆石炭灰の利用に関する最近の動向
- ◆福島県での石炭灰復興資材活用事例
- ◆民間企業の技術紹介 ⇒ J-アッシュ、CfFA (Carbon-free Fly Ash)、アッシュクリート、輝砂、FRC、など

東北スラグ類有効活用セミナー

第1回: 2016年1月27日、 第2回: 準備中

- ◆スラグ類の利用に関する最近の動向
- ◆民間企業の技術紹介 ⇒ NSスラガーズの取組み、銅スラグ、製鋼スラグ、など

2015年

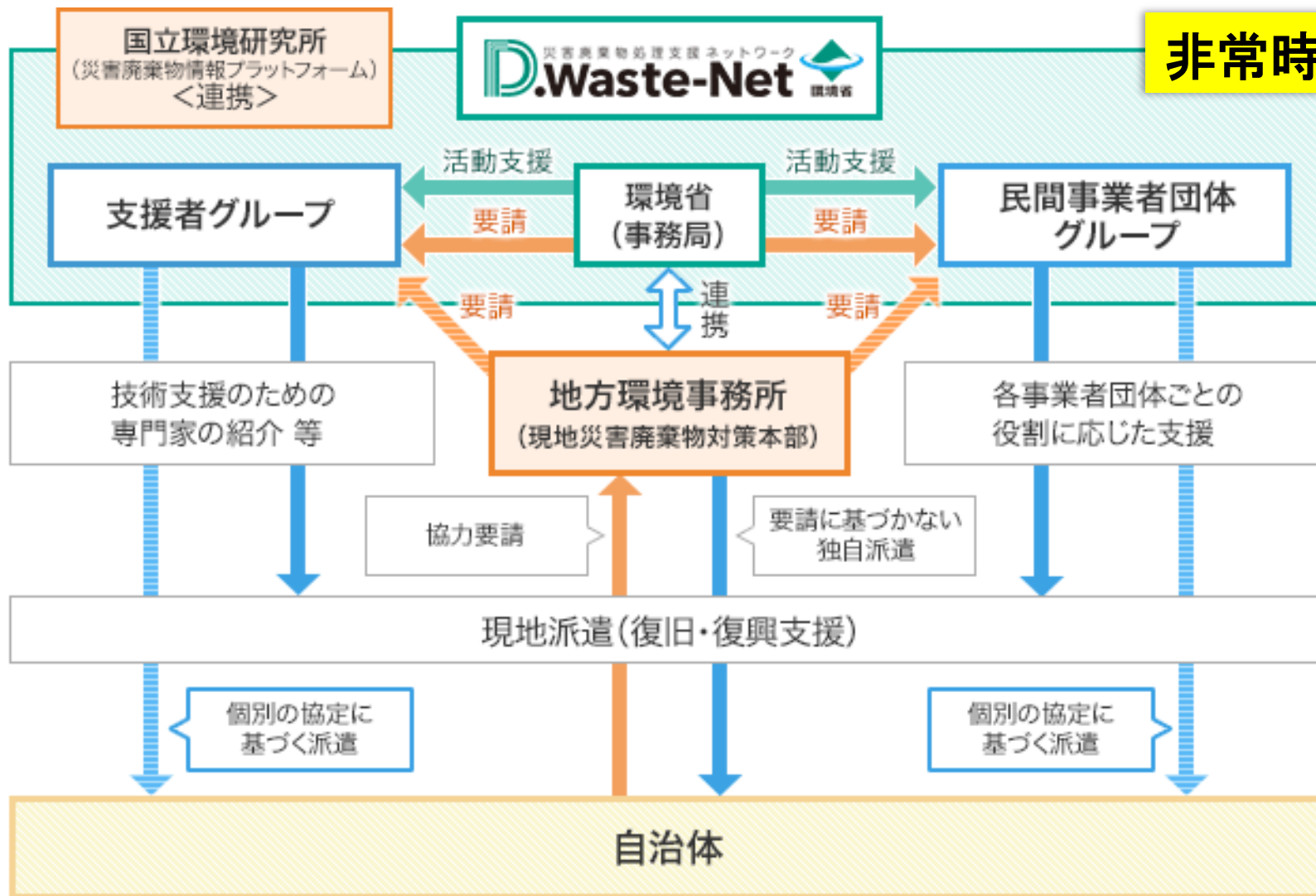
- 国が集約する知見・技術を有効に活用し、各地における災害対応力向上につなげるため、その中心となる関係者による人的な支援ネットワークを構築。
- 主な構成メンバーは、有識者、地方自治体関係者、関係機関の技術者、関係業界団体等。
- 環境省が中心となって一般廃棄物処理業や産業廃棄物処理業に加え、幅広い関連業界も含めた民間事業者団体のそれぞれの役割分担等について整理し、連携・協力体制を整備。
- 平時の機能として、災害廃棄物処理に係る最新の科学的・技術的知見や過去の経験を集積・分析し、災害廃棄物対策の充実・強化を進める。さらに、地方自治体による事前の備え（災害廃棄物処理計画の策定や人材育成、防災訓練等）を支援する。
- 発災後には、災害情報及び被害情報の収集・分析を行い、自治体等による適正かつ円滑・迅速な災害廃棄物の処理を実施するための支援を行う。
- 環境省は、D.Waste-Netの機能を維持するため、国立環境研究所や廃棄物資源循環学会等と連携し、必要な人材確保・人材育成を行う。

環境省

災害廃棄物処理支援ネットワーク



非常時の体制

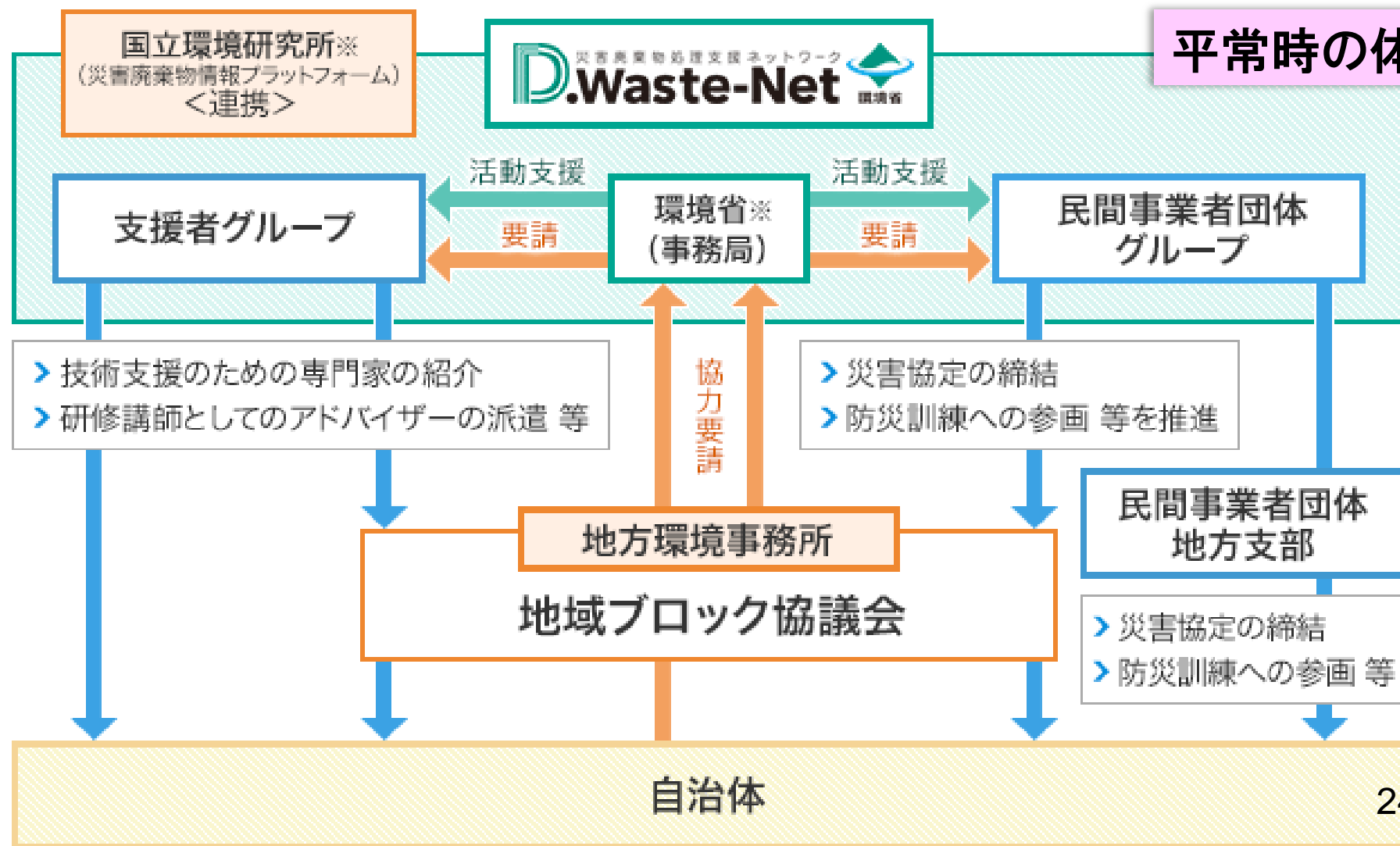


環境省

災害廃棄物処理支援ネットワーク



平常時の体制



経産省関係における対応事例

2014年1月～2014年6月

福島・国際研究産業都市(イノベーション・コースト)構想研究会

座長: 赤羽 一嘉 (経済産業副大臣, 原子力災害現地対策本部 本部長)

2014年11月～

スマートエコパークに関する検討会

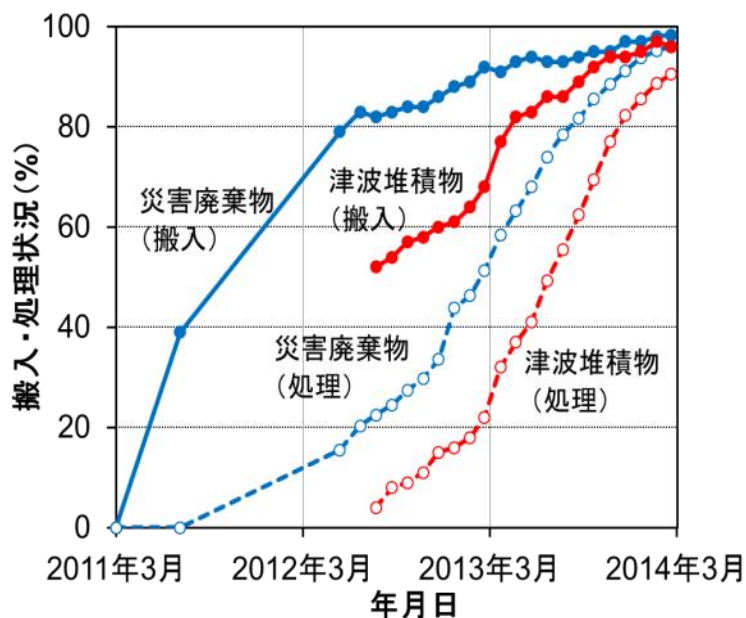
座長: 中村 崇 (東北大学)

2015年8月～

ふくしま環境・リサイクル関連産業研究会

東日本大震災の教訓 < 備えと強靱化 >

【1兆円の大実験】岩手県, 宮城県 → 2014年3月で処理完了
福島県 → 継続中 (放射能の影響, 等)



利用を待つ資材化がれき (宮城県石巻市)
(2014年3月11日)

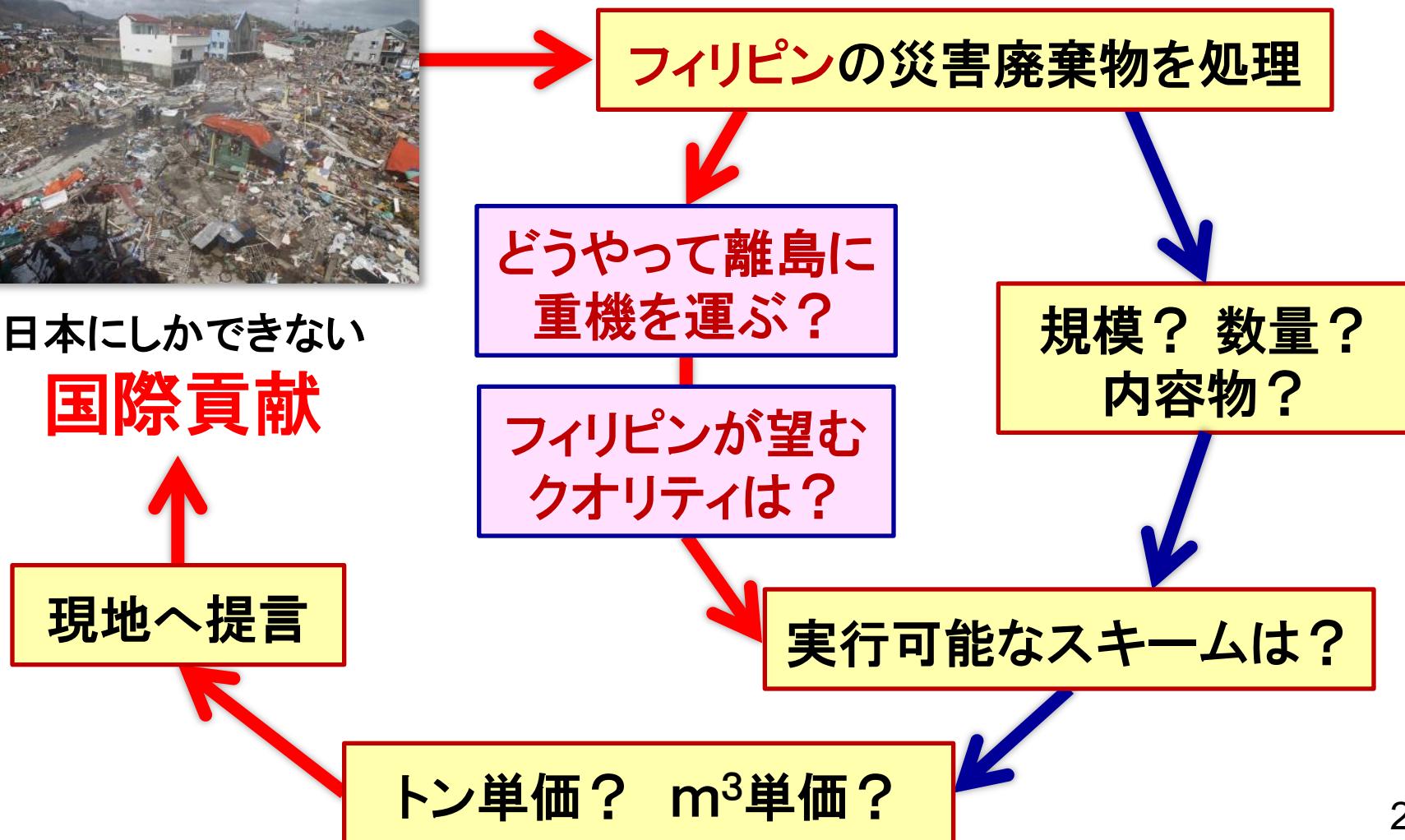
- 東日本: 2,000万トンのがれき処理 → 3年の時間と1兆円の費用
南海トラフ: 最大2億トン(10倍)のがれきを予想 (中央防災会議)
- 10倍の規模で処理すれば ... 10兆円が必要
 - 同じ規模(3000億/年)で処理すれば ... 30年が必要

技術ノウハウの
蓄積と伝承

東日本大震災の教訓 < 国際貢献 >



日本にしかできない
国際貢献



東日本大震災の教訓 < シナジー最大化 >

骨材供給

砕石産業, 砂利産業

未利用資源

鉄鋼, 非鉄, 電力 (石炭灰)

コンクリート

生コンクリート, プレキャスト製品

復旧工事

大手ゼネコン, 地元ゼネコン

がれき処理

ゼネコン, セメント産業

これら各産業のシナジー効果をどう発揮できるか？

東日本大震災の教訓 < シナジー最大化 >

品質（JIS）

経済産業省

環境安全性

環境省

利用（復興）

国土交通省，経済産業省，
地方自治体（土木）

リサイクル認定

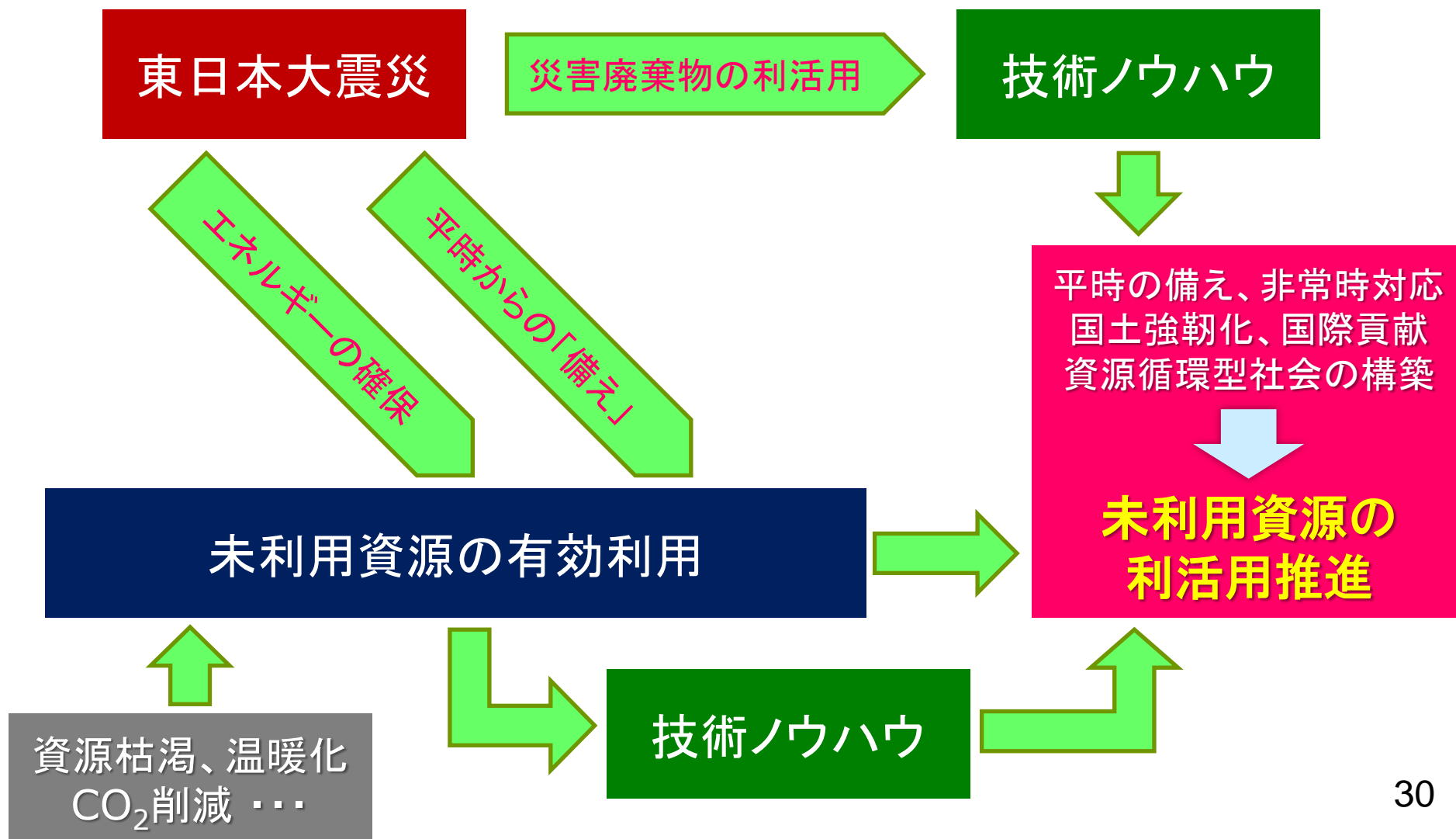
地方自治体（環境）

がれき処理

地方自治体（環境，廃棄物処理）

行政サイドのシナジー効果をどう発揮してもらおうか？

諸々の対応事例の動向から

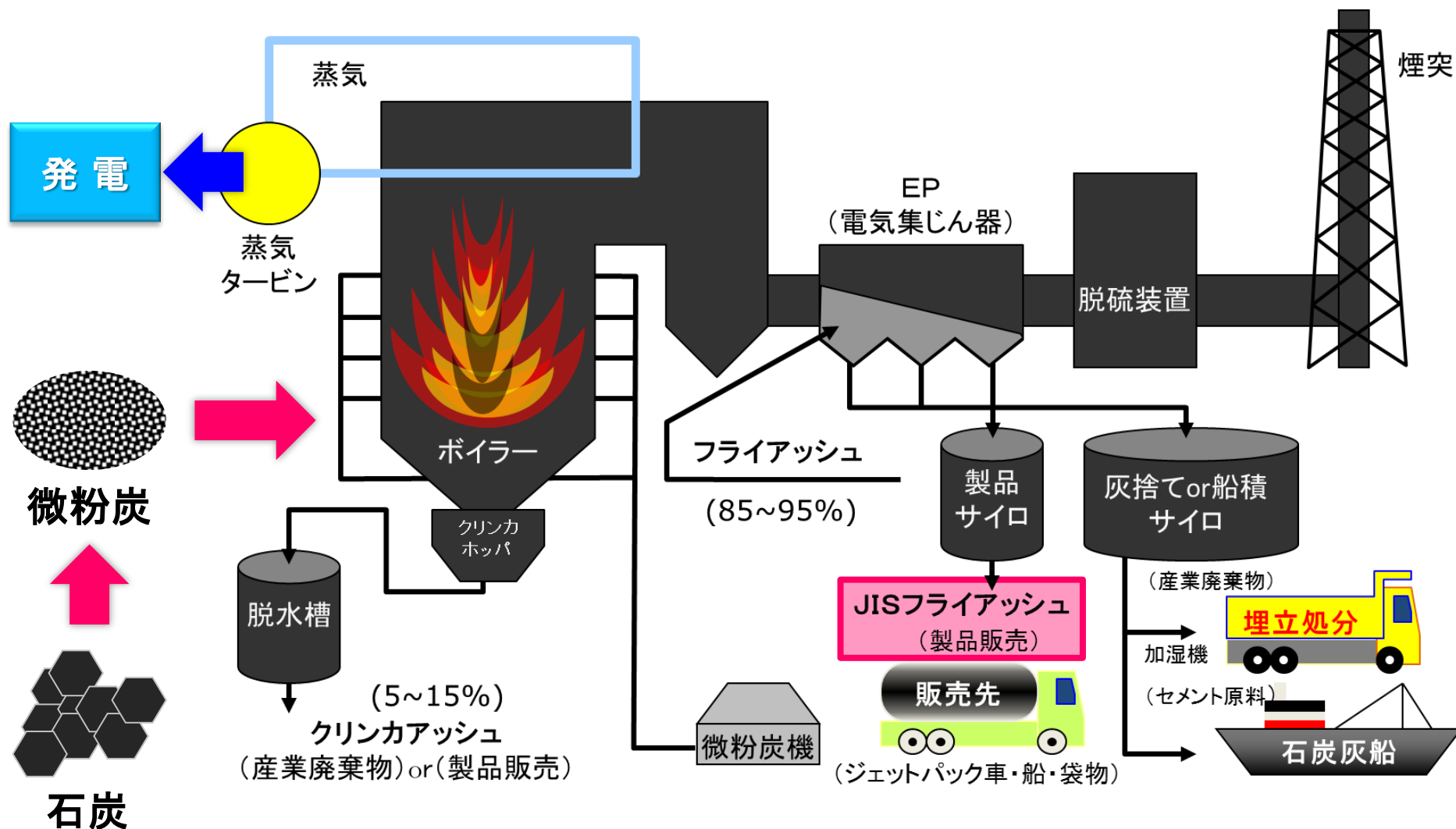


災害廃棄物の処理・利活用から 未利用資源の有効利用へ

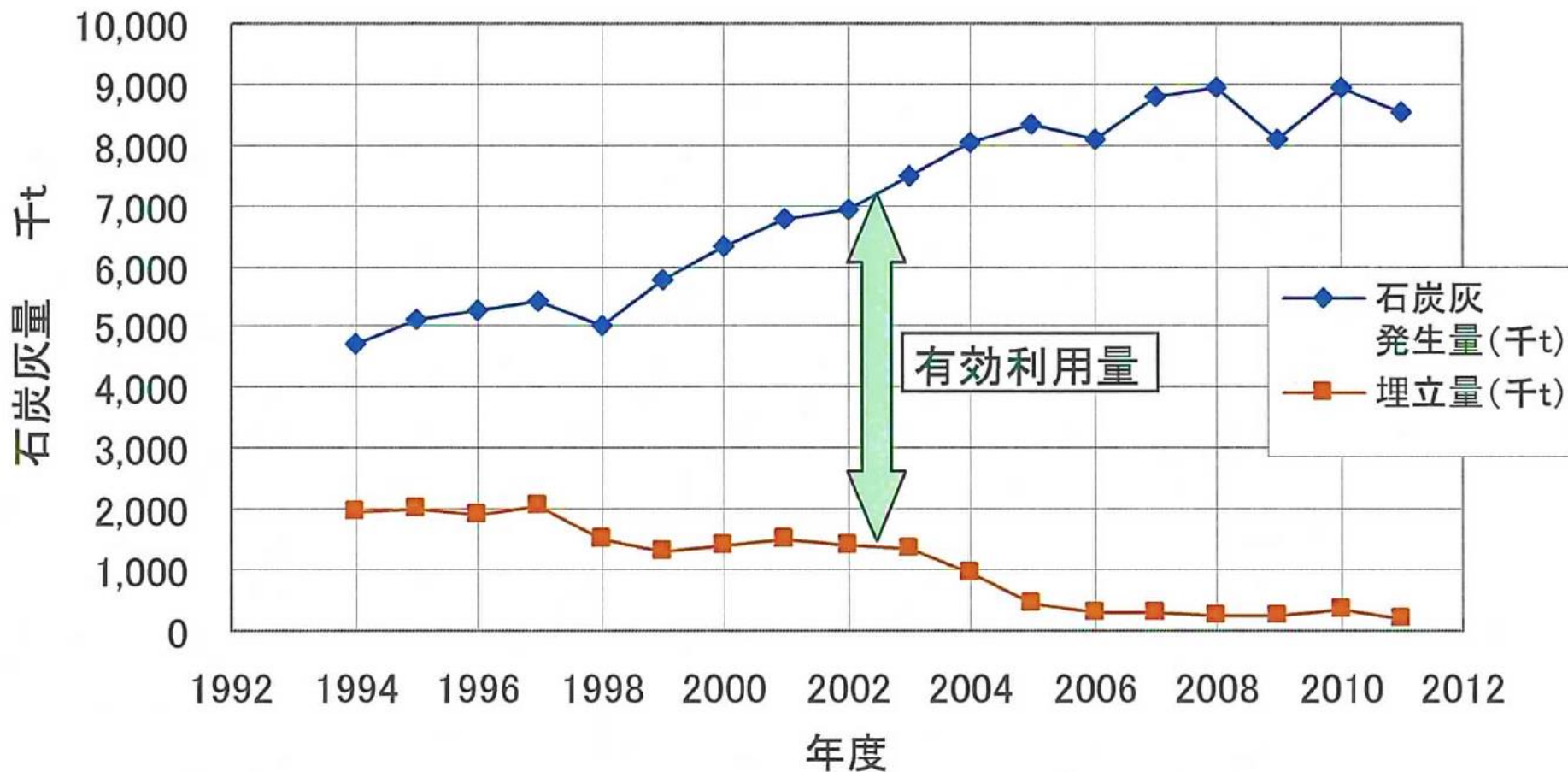


石炭灰に関する最近の動向

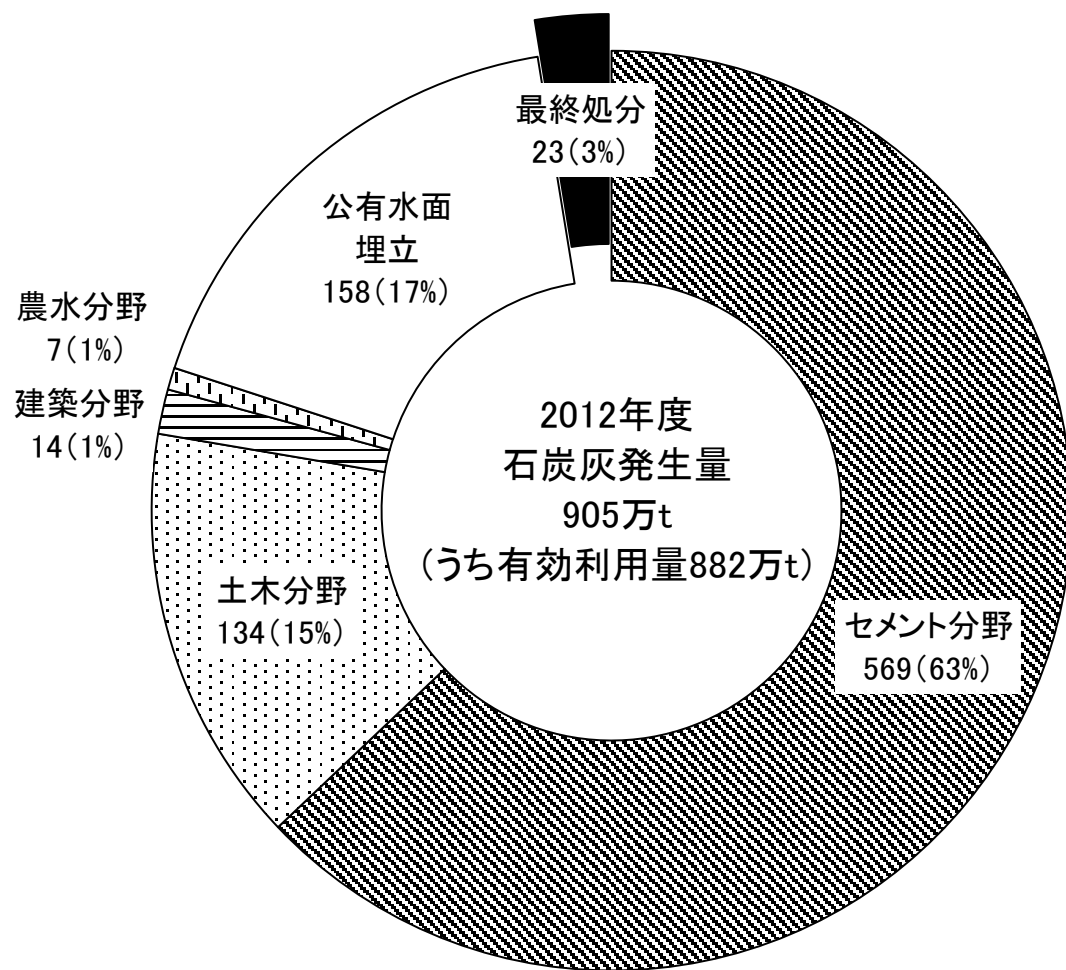
石炭灰の発生プロセス



石炭灰の発生量と利用の状況

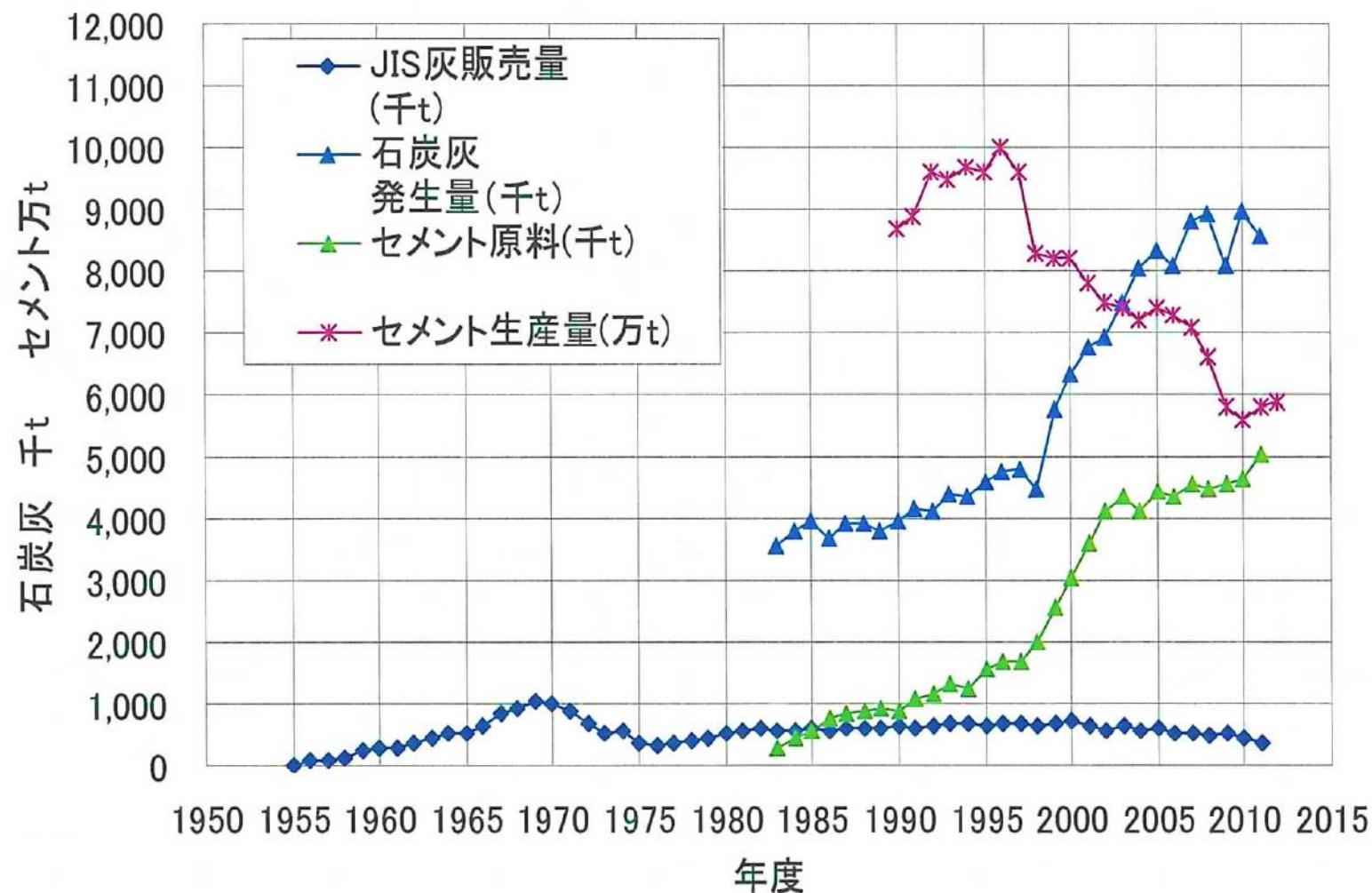


石炭灰の処理内訳（2012年度）

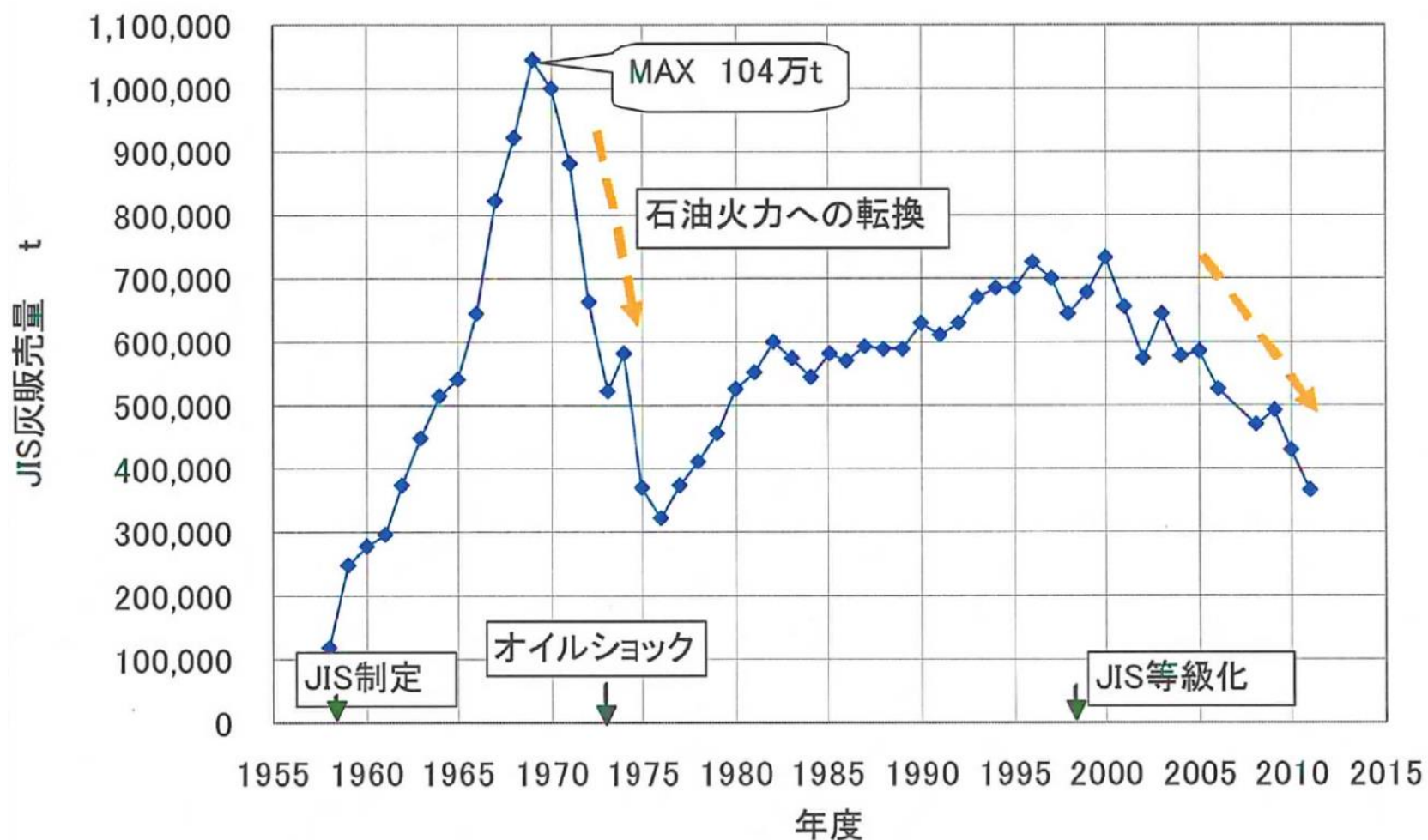


		主な再資源化用途
再資源化	セメント分野	セメント原料
	土木分野	路盤材、炭鉱充填材
	建築分野	建材ボード
	農水分野	肥料、土壌改良剤
	公有水面への埋立	埋立材

石炭灰の用途別利用量とセメント生産量



JISフライアッシュの販売量の推移

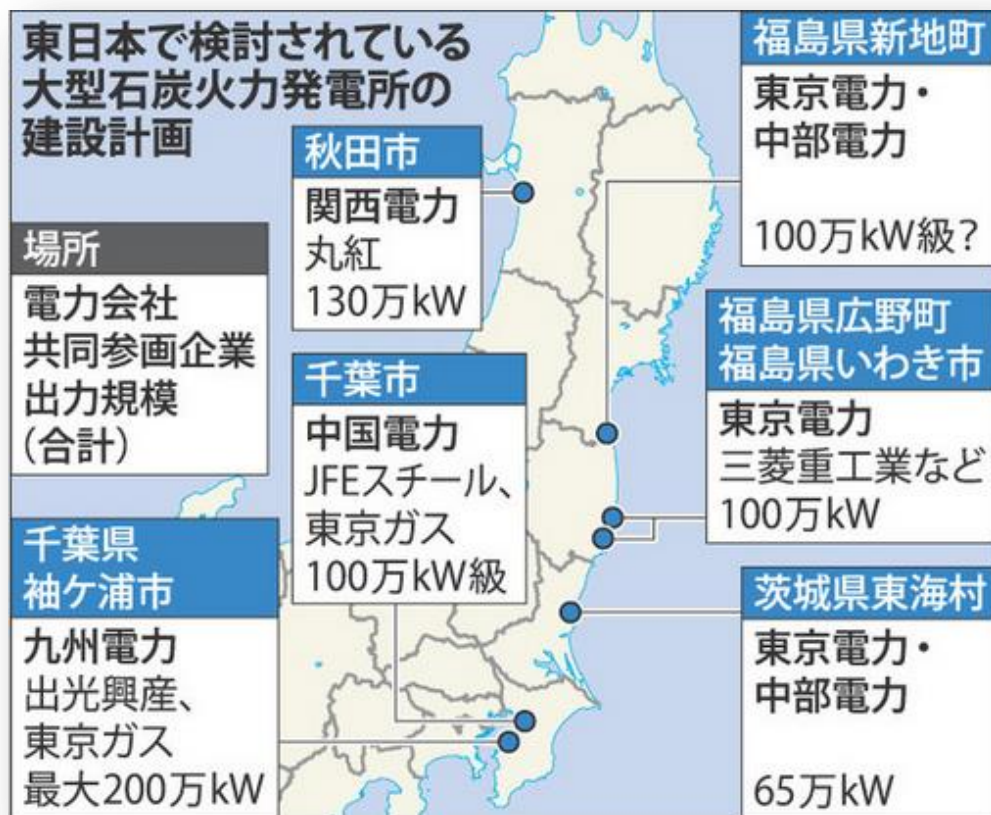


供給可能なJISフライアッシュ（等級別）

No.	事業者	発電所	認可 発電力 (万kw)	I種	II種	III種	IV種
1	東北電力	能代	120	×	○	×	○
2	東北電力	原町	200	×	×	×	○
3	酒田共同	酒田共同	70	×	○	×	○
4	相馬共同	新地	200	×	×	×	×
5	常磐共同	勿来	145	×	○	×	×
6	東京電力	広野	60	×	×	×	×

東北地方における石炭火力の建設計画

石炭火力:東日本, 5社が計画 首都圏向け電力 (毎日新聞 2015年4月11日)



2016年度の電力小売り全面自由化後を見据え、大型石炭火力発電所の建設計画が相次いでいる。

なかでも首都圏市場への参入を目指す電力大手の動きが目立っており、関西電力、中国電力、九州電力の3社が異業種と連携して石炭火力の新設を計画。

東京電力と包括提携相手の中部電力が迎え撃つ構図となっている。

ただし、地球温暖化対策の国際的な議論が進むなか、二酸化炭素(CO₂)排出量の多い石炭火力を計画通り建設できるかどうかは不透明だ。

695万kw → 必要な石炭:約1600万t → 石炭灰:10%で約160万t

東日本大震災を受けて

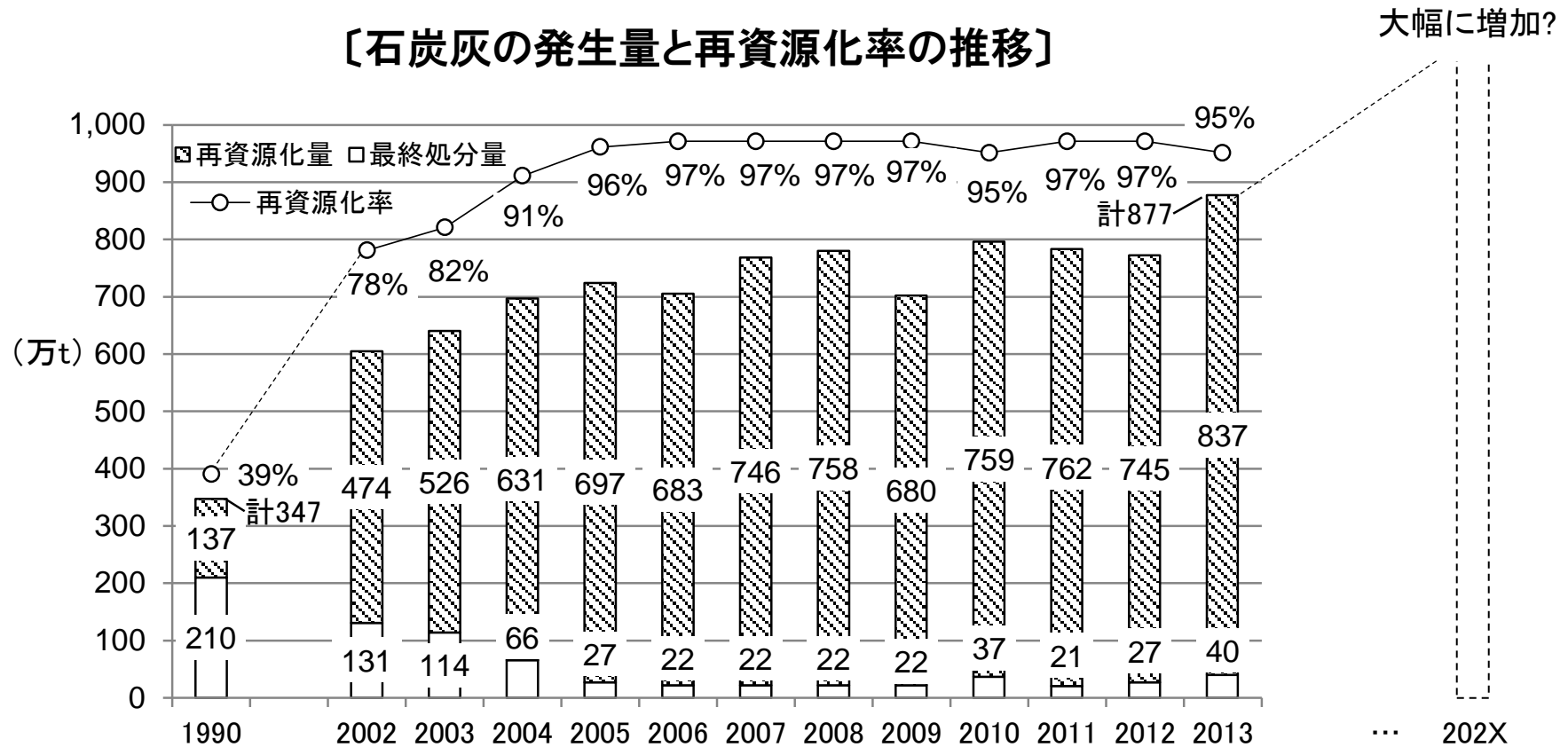
- ・原子力発電所の再開の目処は立っていない
- ・電力の安定供給は必至である
- ・各火力発電所(石炭・油・ガス)がフル稼働
- ・石炭火力発電所でも効率的かつ安定運転が最優先
- ・運転では、燃焼効率・設備保全・経済性が優先されるため、必ずしもJISフライアッシュに適合しうる石炭燃焼とはならない

**JISフライアッシュは
自由に生産できるものではない**

石炭灰の発生状況と今後の見込み

- ▶ 2013年度の石炭灰の発生量は年間880万t。これは1990年度(350万t)の2.5倍に相当。また、近年の再資源化率は95%程度で推移。
- ▶ 電力各社の石炭火力の開発計画（ベースロード電源の火力入札）が順調に進捗した場合、2020年度以降の石炭灰発生量は大幅に増加する可能性。

〔石炭灰の発生量と再資源化率の推移〕



石炭灰の利用推進のために

今後大幅に増加する石炭灰の利用方法の確立が急務

- ・増加する石炭灰のほとんどが**非JIS灰**
- ・フライアッシュについては**環境安全性の確保**が必要
- ・性状に大きな**バラツキ**がある
- ・原則アルカリを呈するが、**中には酸性を呈するものもある**
- ・**貯蔵設備**などが必要

石炭灰の利用推進のために

- ◆ **石炭灰**の利用・普及は、わが国の安定的なエネルギー供給や資源循環を下支えする上で、極めて重要かつ急務な課題
- ◆ 石炭火力発電施設が集積し、復興事業が本格化しつつある**東北地方**では、他の地方よりも、なお一層の石炭灰の利用・普及を推進する必要が高く、しかも**好機**
- ◆ 石炭灰の利用・普及の推進には、排出者の積極的な取り組みのみならず、利用者の立場にある発注者、設計者、施工者および学識の**各々の理解と支援**は不可欠

石炭灰の利用推進のために

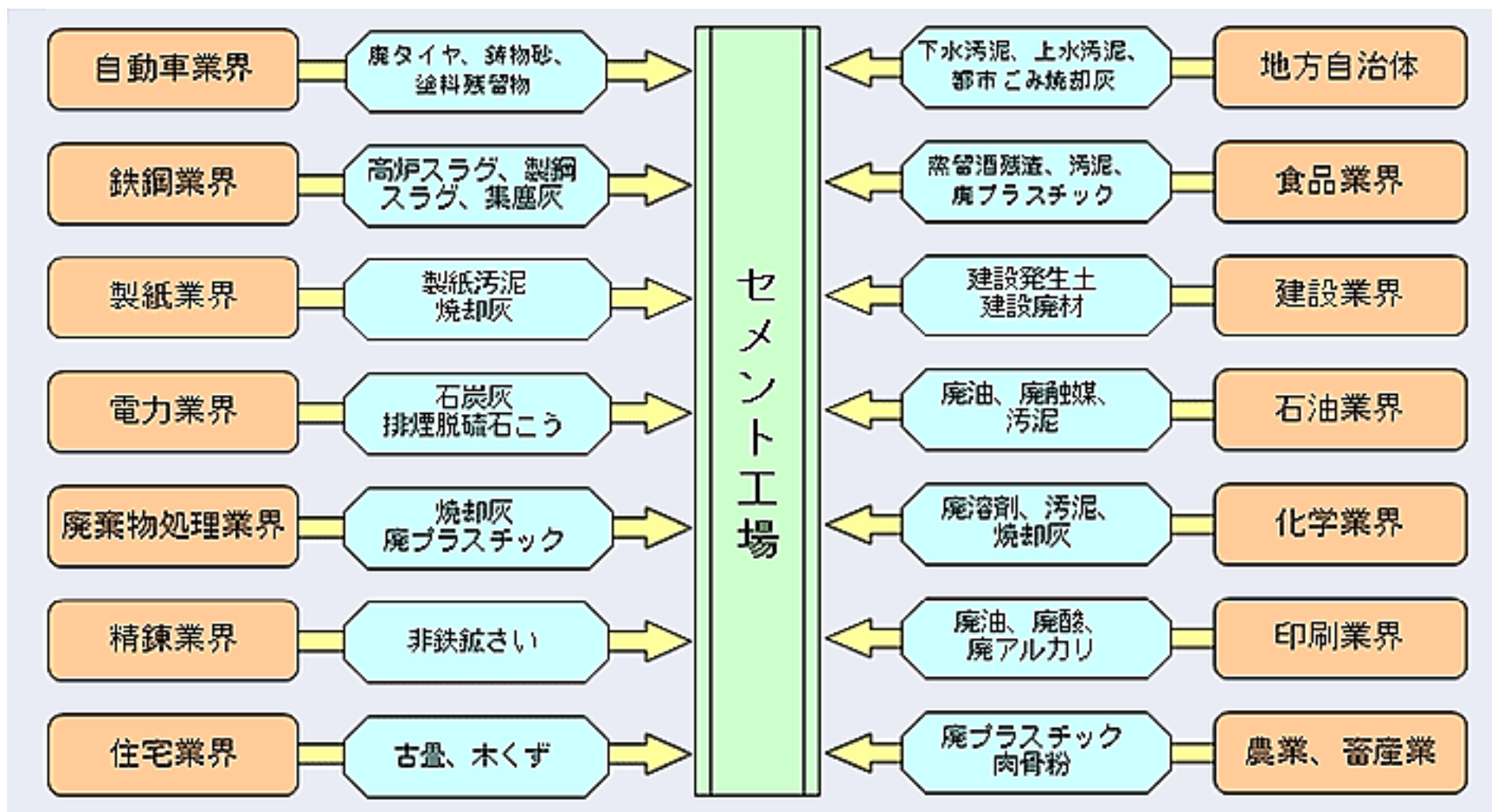
- ◆ JIS_4種, JIS規格外品等の利用を**技術開発で克服**する
- ◆ JIS品相当の品質を得るために**石炭灰を一工夫**する
- ◆ 電力供給量を制限して**排出量自体を抑制**する
- ◆ 新たな**高効率石炭火力発電所**を新設する
- ◆ 今まで通りの電力利用で, 処理を**次世代に託す**

どれにしましょうか？

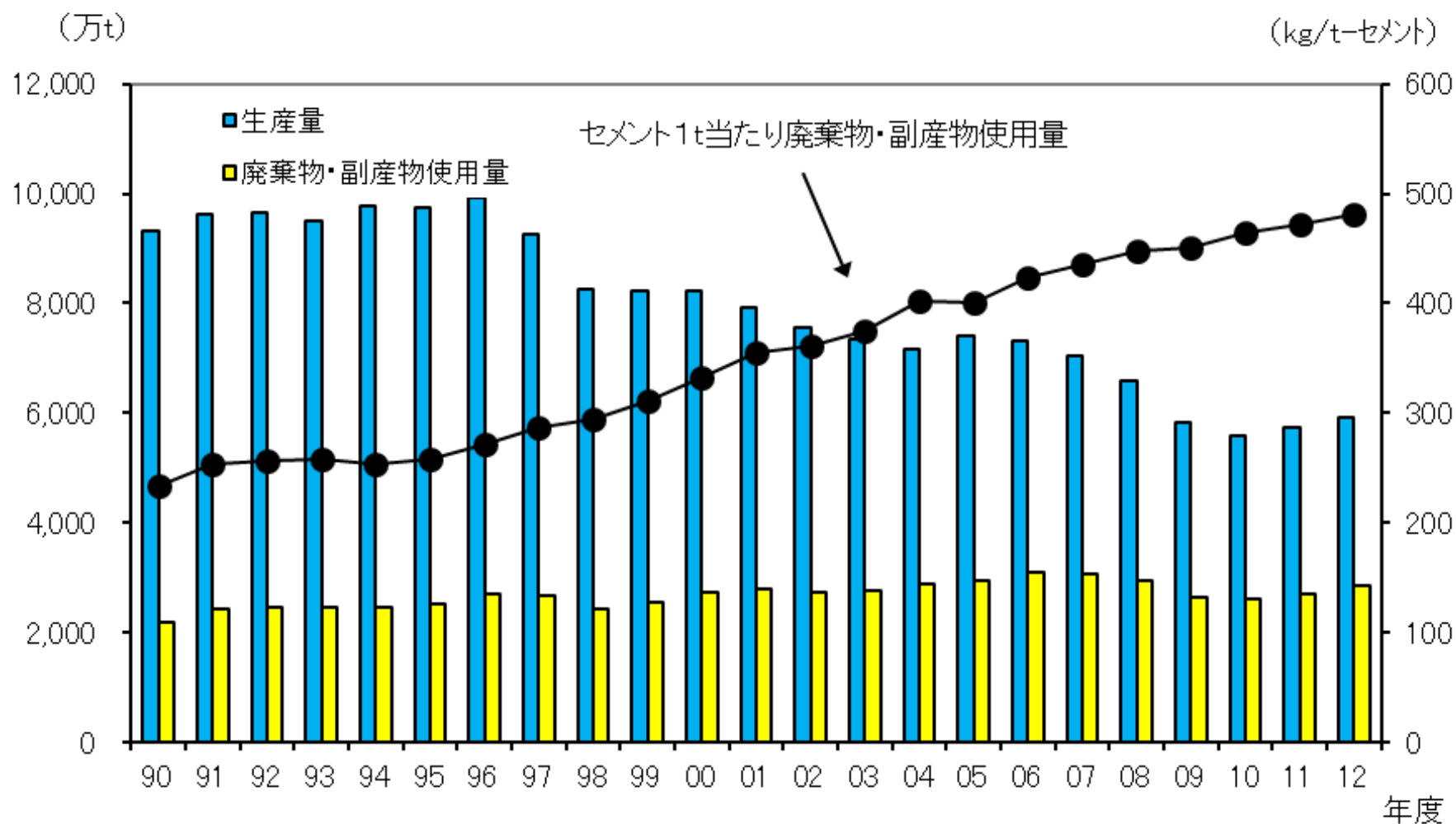
災害廃棄物の処理・利活用から 未利用資源の有効利用へ

セメント産業に関する最近の動向

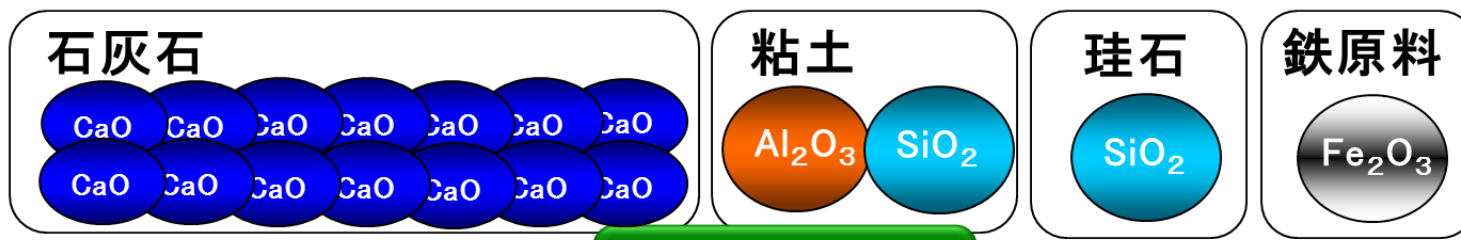
セメント産業の副産物受入れ状況



セメント産業の副産物受入れ状況



セメント製造からみた副産物受入れの限界



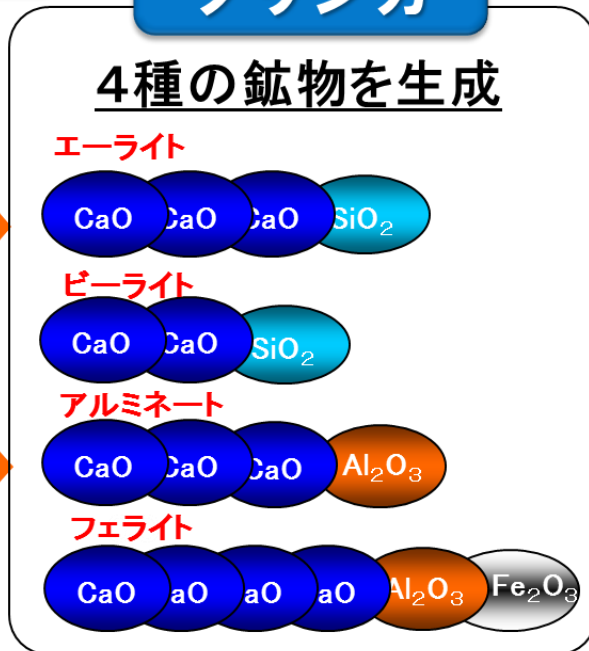
天然原料

クリンカ

廃棄物・副産物（例）

廃棄物 副産物	CaO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃
石炭灰	5~20	40~65	10~30	3~10
建設廃土	5~10	50~70	10~15	2~6
下水汚泥	5~30	20~30	20~50	5~10
鑄物砂	~5	50~80	5~15	5~15
廃タイヤ			~10	5~20

単位 (%)



アルミ成分が限界

ごみ焼却灰・ばいじんのセメントリサイクル技術

都市ごみ焼却灰には金属くず、ばいじんには塩分が多く含まれ、そのままではセメント原料にリサイクルするのは困難

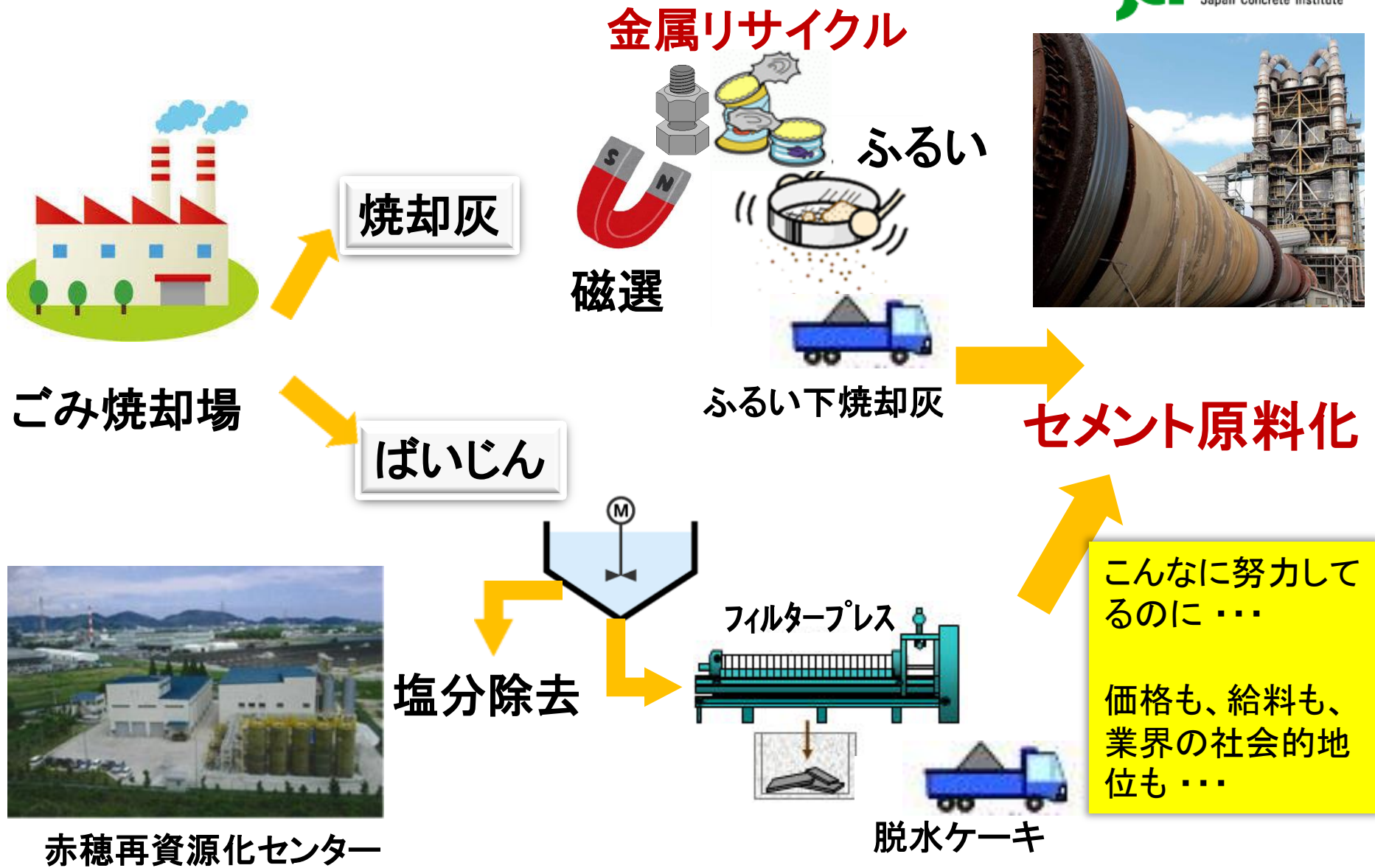


セメント工場と周辺自治体が一体になって資源の有効活用に向けて技術開発

- ・金属くず・・・ 磁選、ふるいで除去 → リサイクル
- ・ばいじん・・・ スラリー溶解して塩分分離 → セメント原料



一般廃棄物最終処分場の縮小、延命



未利用資源の有効利用に関する課題



日本コンクリート工学会

コンクリートにおける未利用資源の利用拡大に関する
特別委員会の活動を通じて

委員会の設置主旨

東日本大震災で発生した災害廃棄物(がれき)の処分と利活用で培った技術やノウハウ



- ◆ 発生が予想されている今後の大規模自然災害での適用
- ◆ 平時の未利用資源の利活用技術への展開

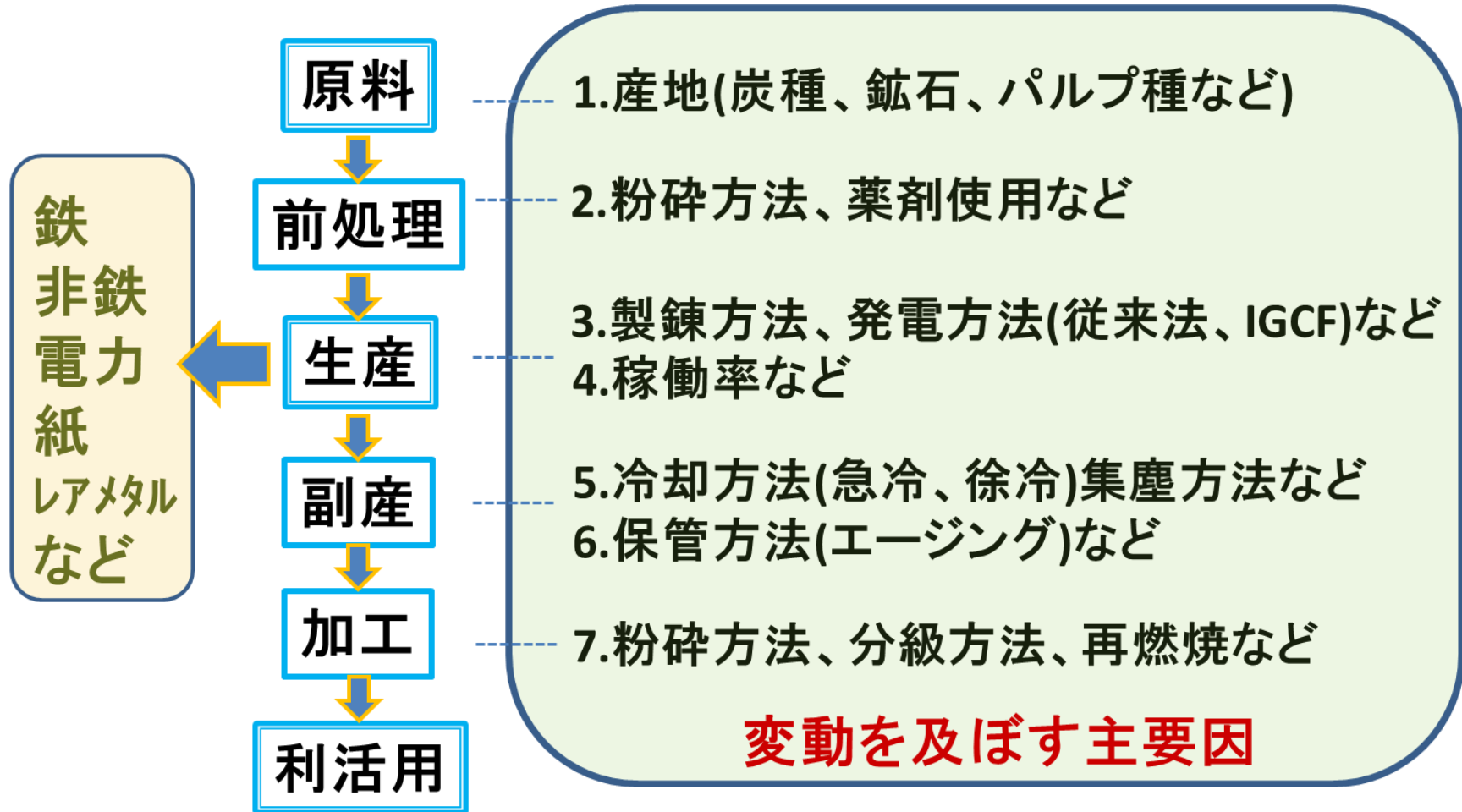
2013年4月～2014年3月

未利用資源の有効利用に関するFS委員会

2014年4月～2016年3月

コンクリートにおける未利用資源の利用拡大に関する特別委員会

未利用資源の利活用までの流れ



未利用資源の利活用推進に関する共通の課題

(1) 競合材料との価格差

加工プロセスにおける新たな設備投資や技術、運賃コスト、など

(2) 品質

副産物であるが故の品質変動は不可避

(3) 供給量

製造品需要の季節変動等に連動して副産物も増減→需要量に合わせた供給量の変動

(4) セメント原料としての受け入れ限界

トン当たりの廃棄物・副産物の使用量も近年頭打ち傾向にあり、増量に向けて更なる技術開発が必要

(5) 利活用を進めるドライビングフォース(推進力)

安定供給をクリアした中でNETIS登録, 認定制度, 標準化といった制度, 仕組みに依存せざるを得ない現状

未利用資源の利活用推進に関する共通の課題

未利用資源を利活用して、最終処分量を減じ、資源循環型社会を形成することが良いことであることは、異口同音



予め、十分に検討されているだろうけれども・・・

利用実績がない（使ったことがない）から使い難い
品質面で不安がある
値段が安くない（安くて使いやすいものがある）
環境に及ぼす影響が不安

も、異口同音・・・

コンクリートにおける 未利用資源の利用拡大に関する提言 (抜粋)

日本コンクリート工学協会

2016年7月19日 記者発表

提言内容について

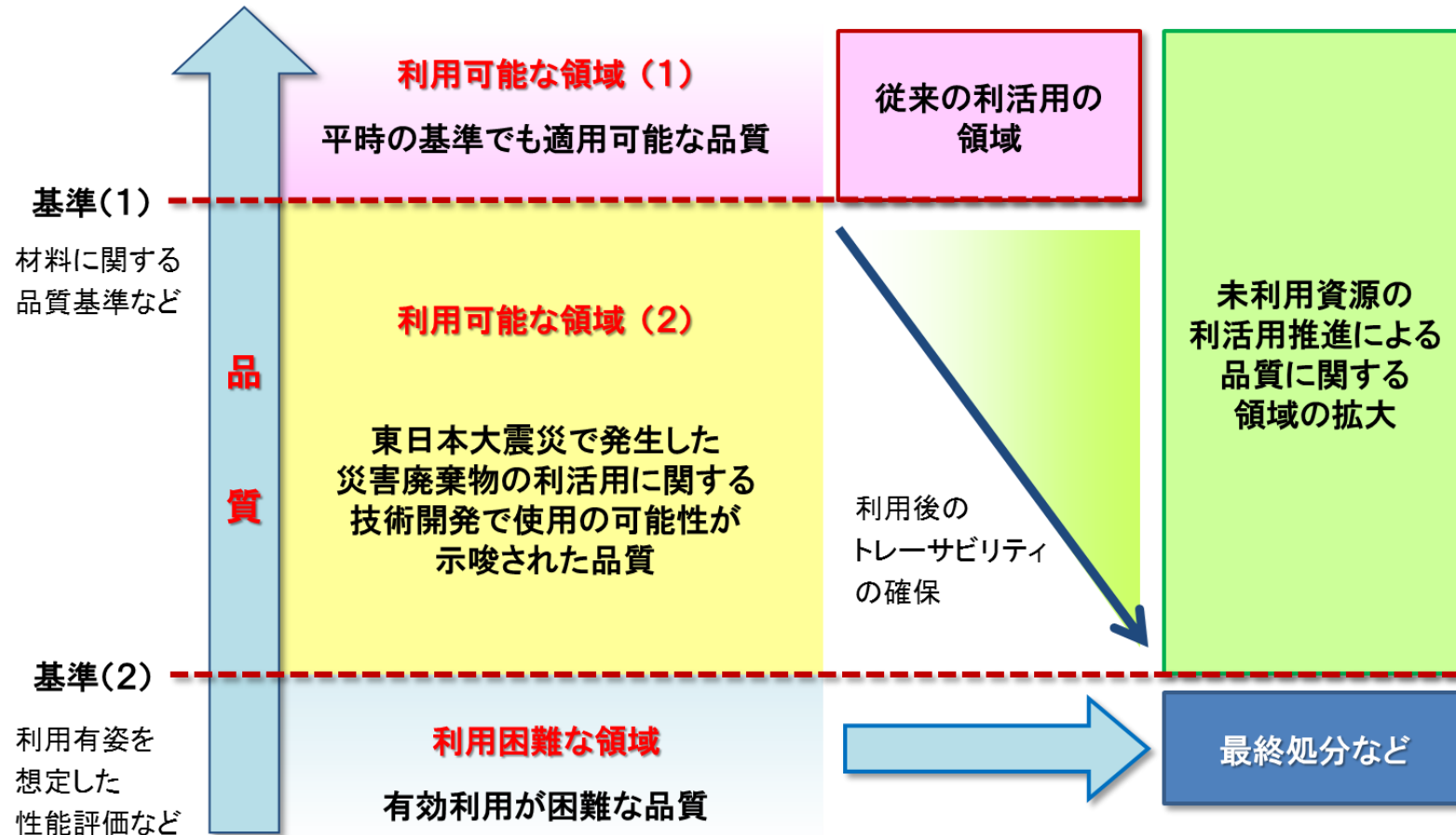
- A 未利用資源を取り巻く現状について
- B 未利用資源の利活用推進の個別課題を克服するための考え方について
- C 未利用資源の利活用推進について

提言B 未利用資源の利活用推進の個別課題を 克服するための考え方について

(未利用資源の品質の評価方法)

(1) 未利用資源の利活用にあたっては、資材、材料としての高い品質を要求せず、その材料を使用した製品あるいは構造物としての出来形(利用有姿)の性能を想定した上で材料の品質を評価するような考え方を導入すべきである。

資材化された災害廃棄物の品質に関する考え方

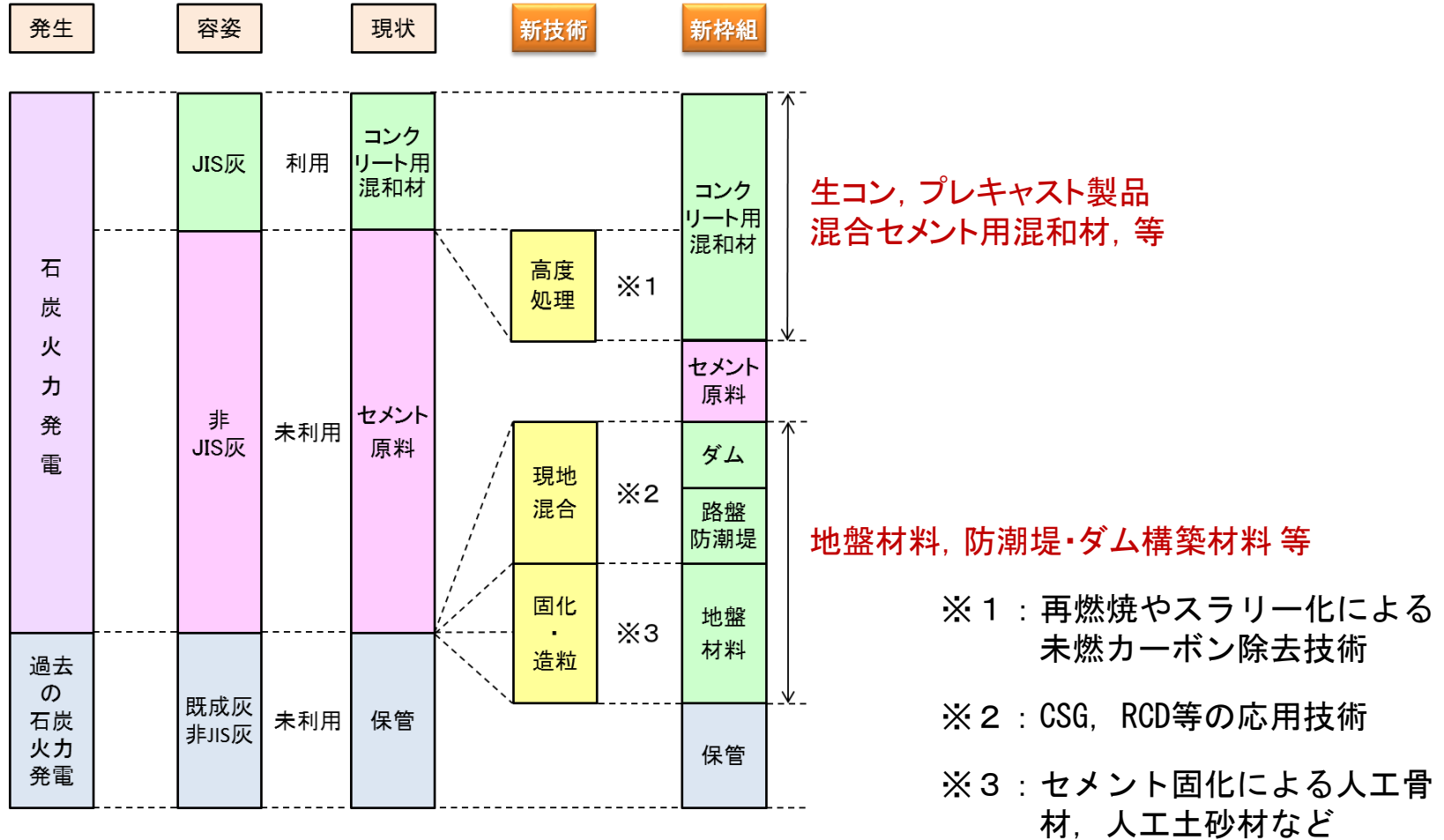


提言C 未利用資源の利活用推進について

(未利用資源の包括的な利活用推進)

(1) 未利用資源の利活用においては、コンクリート材料だけでなく、地盤材料としての利用など、分野横断的に包括的な利活用を推進することが、資源循環社会の構築において極めて重要である。

包括的な石炭灰の利活用推進の提案

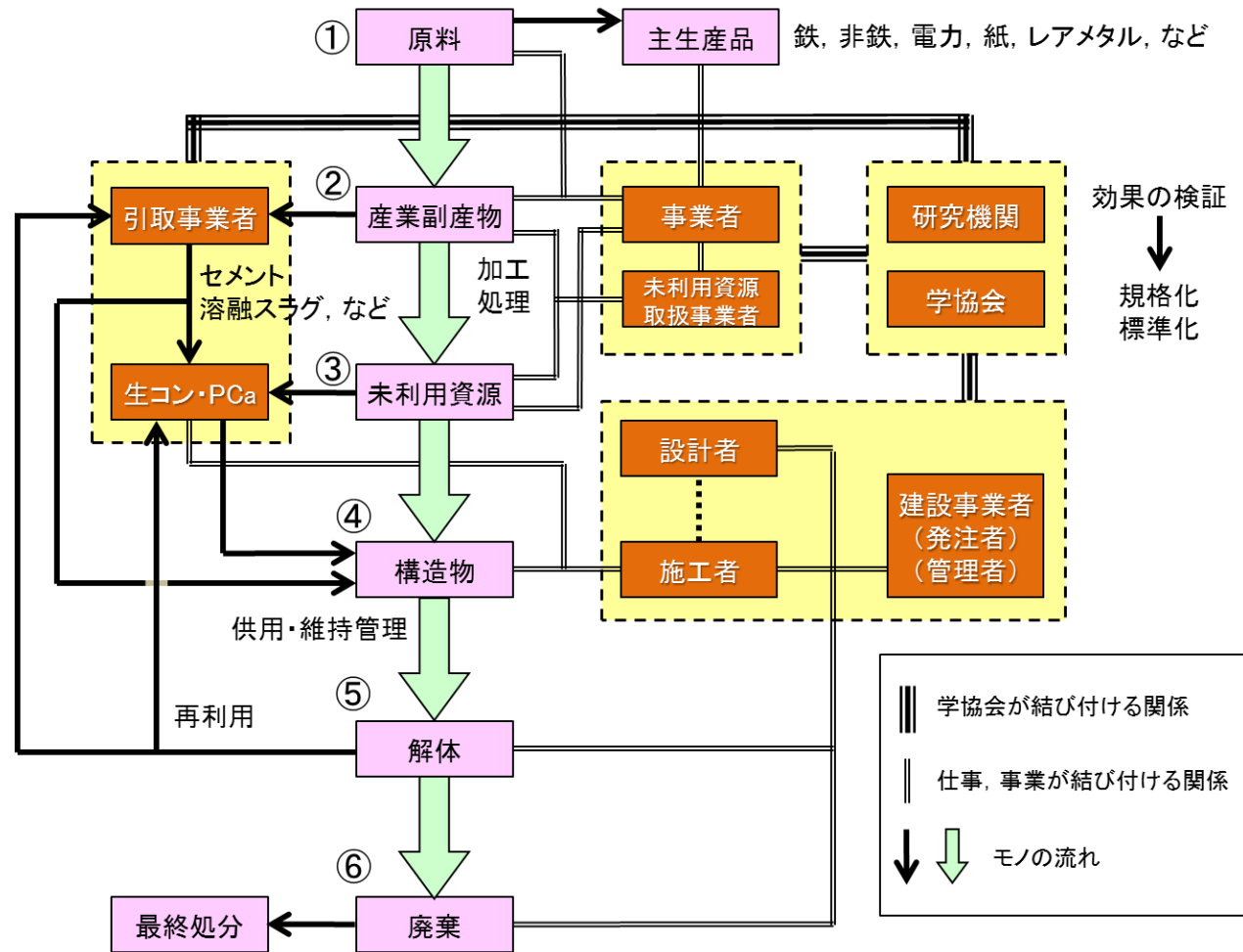


提言C 未利用資源の利活用推進について

(広い視野に立脚した資源循環の考え方の導入)

(2) 資源循環型社会の重要性をしっかりと認識し、異なる立場の事情を相互に理解し、大きな合意形成を通じて、広い視野に立脚した資源循環の考え方を導入すべきである。また、この取組みが、広く一般の人々に正しく理解されることが極めて重要である。

建設における原料から廃棄までのステージフロー



まとめ

がれき処理・利活用 → リサイクルに関する新たな局面
 産業副産物問題 → 地域が抱える平時の問題

「民度（Cultural Standard）」 → Mottainai の思想
 特定の地域に住む人々の知的，教育的，文化的な水準

「コミュニティ・ガバナンス（Community Governance）」
 地域における問題解決能力の構成要素

様々な立場の人々が，課題解決のために共働し，副産物を積極的に利用することの社会的意義をしっかりと理解すべき！

ご静聴ありがとうございました