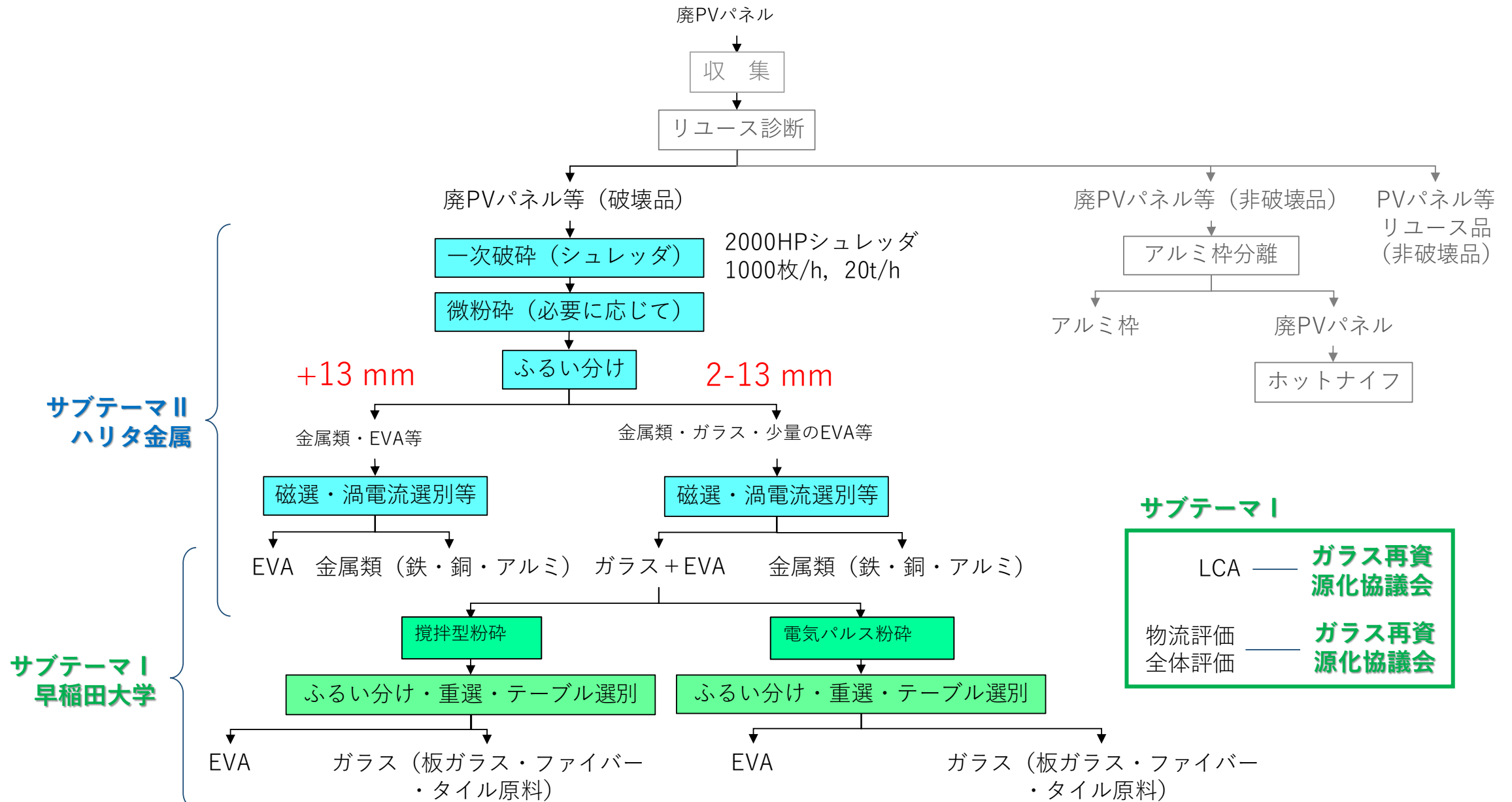


[3-1708] PV・液晶等積層型難処理パネルの 合理的リサイクル技術の開発

終了成果報告用資料, 2020年6月

**早稲田大学理工学術院 大和田秀二・所千晴
ハリタ金属 張田真**

想定される廃PV処理フロー



電気パルス粉碎機と攪拌型粉碎機

SELFRAG :
Electrical
Disintegrator
電気パルス粉碎機



アイリッヒ：
インテンシブミキサ

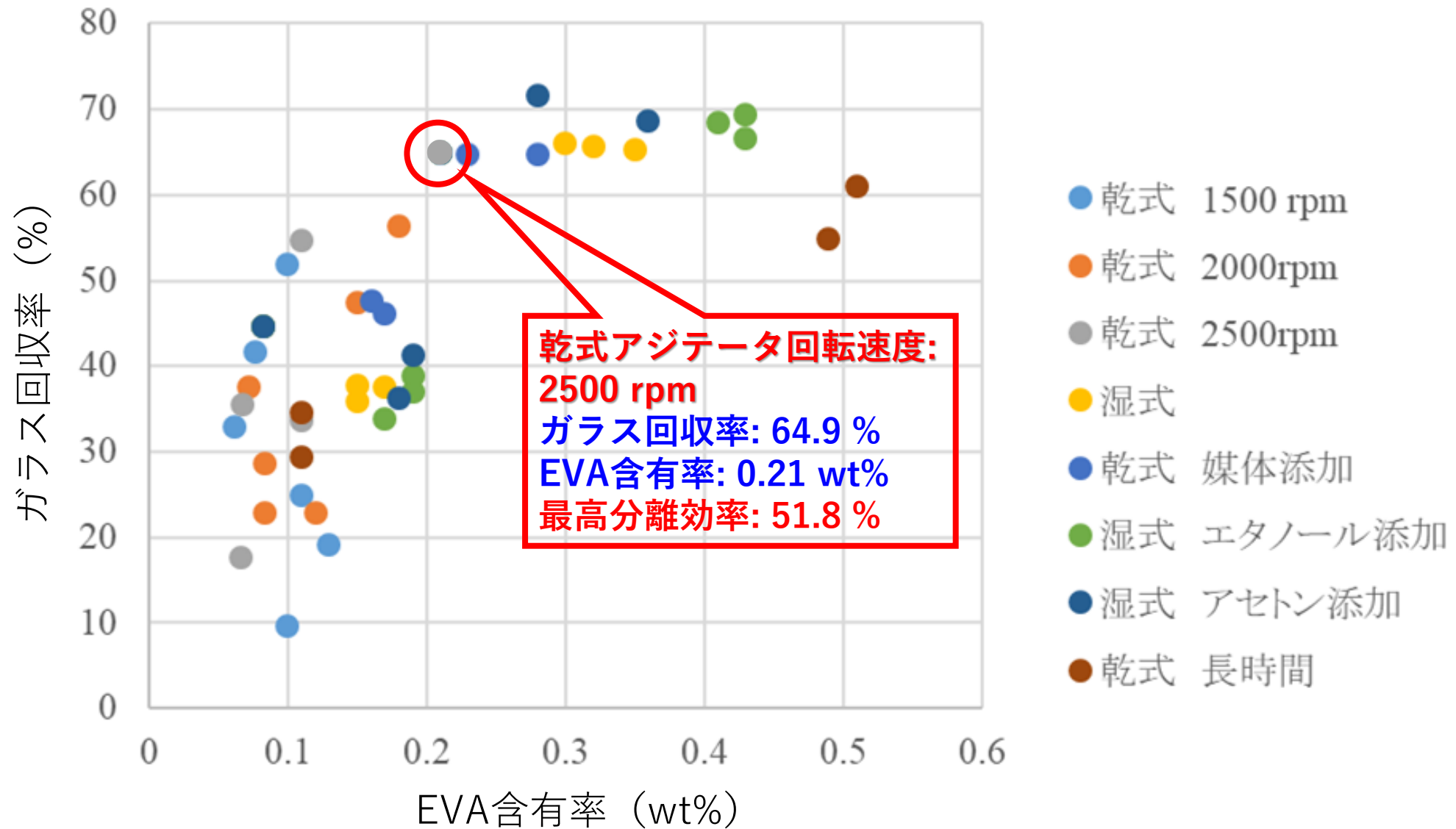


実験室規装置



実用規模装置

攪拌型粉砕＋ふるい分けによるガラス濃縮の結果(サブテーマ I)

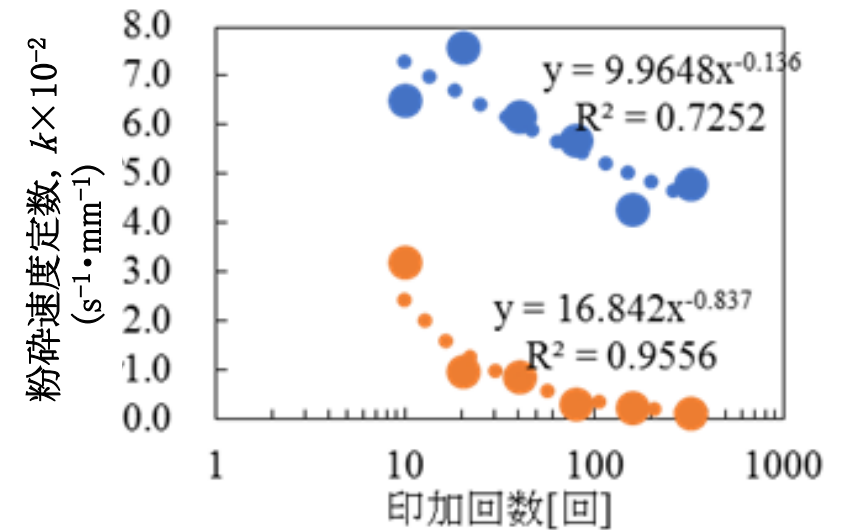
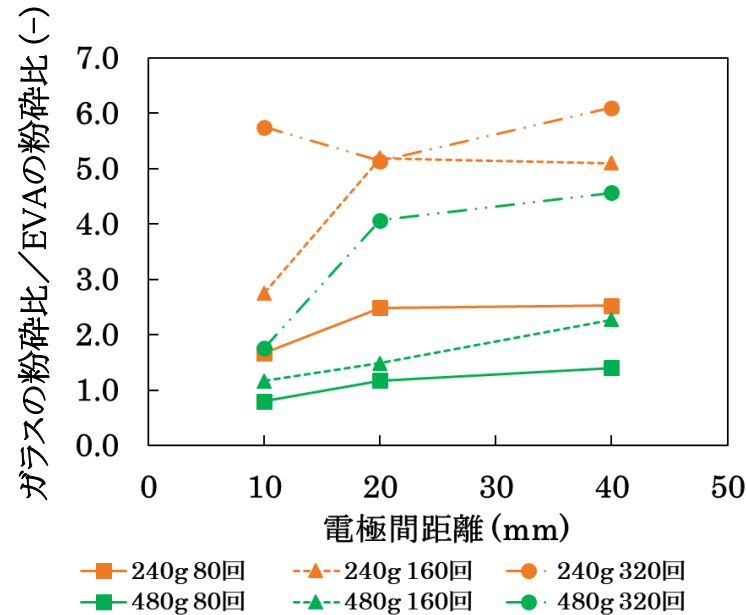
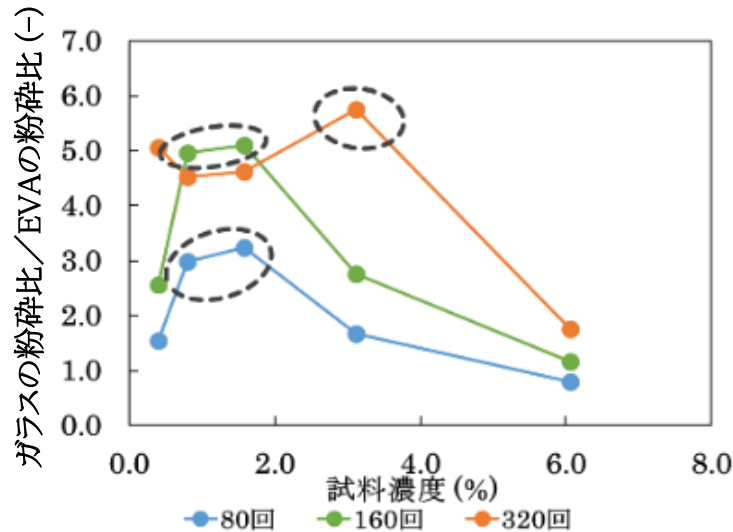


電気パルス粉碎＋ふるい分けによるガラス濃縮の結果(サブテーマ I)

条件： 印加電圧 150 kV, パルプ濃度 0.8 %, パルス印加回数 320, カットサイズ 1.0 mm

結果： ガラス回収率 98.0 %, EVA品位： 0.124 wt%, 最高分離効率： 91.4 %

その他条件の検討



パルプ濃度は3.0 %まで有効

電極間距離は20~40 mmが有効

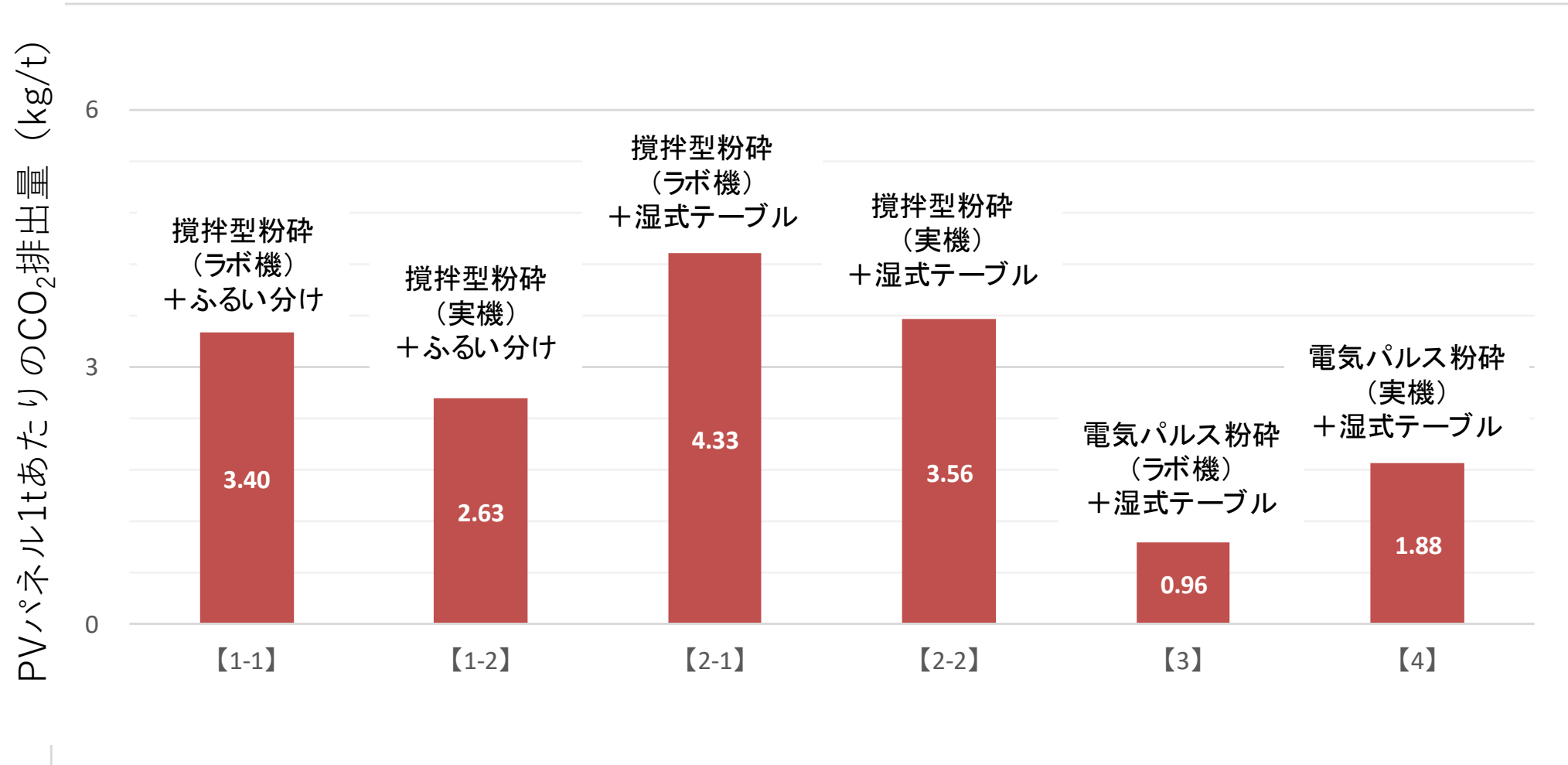
→ 以上の条件から、コンベアベルト型実用機の処理能力が決定される。

パルプ印加回数が増えるほど、EVAはほとんど粉砕されず、ガラスの選択粉砕が進行する。

→ パルス印加回数の増加とともに、カットサイズは低下する。

→ 板ガラス・グラスファイバーとしては不良だが、セラミックタイル原料と良。

セラミックタイル製造工程における提案工程のLCA（サブテーマⅠ）



- 高純度ガラス濃縮物を製造する本提案工程のCO₂排出量は、**セラミックタイル製造全工程の0.09~0.42 %と極小**であり、その工程の追加は合理的と言える。
- 本提案工程の中では、**電気パルス粉碎＋湿式テーブル選別の組合せのCO₂排出量が最少**であった。

実用規模での試験結果および原料評価（サブテーマⅡ）

実用規模での攪拌型粉碎試験

ハリタ金属所有の2000 HP横型シュレッダープラントにて製造されたガラス濃縮物を丸美陶料所有の攪拌型粉碎機（インテンシブミキサー、DE-14型）にて粉碎したのちにふるい分けてガラス濃縮物を製造。アジテータ回転速度: 600 rpm, 粉碎時間: 3 minにおいて

ガラス回収率: 75.6 %, EVA含有率: 1.55 %, **分離効率: 49.2 %**

* 実験室規模の**51.8 %**とほぼ同様の結果が得られた。

実用規模での湿式テーブル選別試験

ハリタ金属所有の2000 HP縦型シュレッダープラントにて製造されたガラス濃縮物を同社所有の湿式テーブル（モデル：Wilfley 7000）にて選別を行い、比較的純度の高い**ガラス濃縮物が回収率50～55 %**で濃縮することができた。ただし、実用規模の湿式テーブルではEVAは最軽量物（ダスト）中に紛れているはずだが、その含有率の分析には至らなかった。

原料評価

セラミックタイル原料： 実験室規模で製造された高純度ガラス濃縮産物は、**高品質原料として十分な特性を持つ**ことが分かった。実用規模プラントでのそれは、粗粒の金属・有機物等の不純物を物理選別で除去すれば原料として十分な特性を持つことが分かった。

セラミックブロック原料： 実用規模で製造されたガラス濃縮物は、**粗粒の金属・有機物等の不純物を物理選別で除去すれば原料として十分な特性を持つ**ことが分かった。

グラスファイバー原料： 実用規模で製造されたガラス濃縮物は、**粗粒の金属・有機物等の不純物を物理選別で除去すれば原料として十分な特性を持つ**ことが分かった。また、**製造装置の腐食試験においても良好な結果**が得られた。

研究目標の達成度, その1

1. 廃PVパネル類を, 実用プラントを有するハリタ金属にて破砕・選別し(既存実用設備にて), ①各種金属類, ②EVA, ③EVA付きガラス, 等に高度選別する。
→ **ハリタ金属における操業の改善を行い, 金属類の回収率を低下させることなく, ガラス濃縮物の回収率を30.7 %から52.3 %に向上させることができた。<達成度: 100 %>**
2. 研究の主対象である前項③からのEVA等不純物の除去を目的として, ①攪拌型粉砕, 電気パルス粉砕を適用するとともに, その粉砕機構解明と効果の特徴の検討を行う。また, この2種の粉砕法は今後のリサイクル分野への応用が期待されるので, ②各種人工試料等による機構解明に特化した基礎研究も実施する。さらに, ③実用機の入手が比較的容易な攪拌型粉砕については, 得られた知見を基にパイロット規模での実証試験を行い, 各種成分(特にガラスとEVA等不純物)の単体分離性の評価を行う。
→ ① **廃PVガラスからのEVAの除去における攪拌型粉砕・電気パルス粉砕両方法に適用に関して, 各種条件の影響を把握し, その最適条件を決定した。<達成度: 100 %>**
② **電気パルス粉砕に関して, 各種の人工二成分系試料を作成し, その静電場解析とDBMによりパルスの進展経路を予測し, 異相境界面での選択的破壊機構を明らかにした。<達成度: 100 %>**
③ **実験室規模での最適条件から実用規模の攪拌型粉砕機における最適条件を導き出し, その運転において, 実験室規模と同様のガラスのEVAに対する分離効率を得た。<達成度: 100 %>**
3. ①上記で得られた高ガラスからファイバーおよびセラミック配合タイルを製造する新たなプロセスを開発する。また, ②製品に見合ったガラス受入基準を作成し, As, Pb, Cd,等の含有もチェックする。
→ ① **研究計画時に想定したものと同様の処理プロセスを提案し, その各単位操作の最適条件を決定した。<達成度: 100 %>**
② **セラミック原料として受入れ基準を協力研究機関であるガラス再資源化協議会と, グラスファイバー受入れ基準をガラス繊維協会および某大手グラスファイバーメーカーと, それぞれ協議し, 前者については本研究においてほぼ問題ないことを確認し, グラスファイバーとしての品質および同製造装置への悪影響がほぼないことを確認したが, 業界としての原料品質のコンセンサスが得られていない状況であり, 受入れ基準の作成には至らなかった。<達成度: 80 %>**

研究目標の達成度, その2

4. 提案されたプロセス全体のLCAを行うとともに、同処理フローの国内での適用性について検討し、物流を含めた最適化システムを構築する。
- セラミックタイル製造における本研究での提案フローを作成し、追加すべき粉碎・選別工程のCO2排出量が全工程の多くとも1 %以下であることを確認して、省エネルギーの立場からもその適用性の高いことを証明した。なお、PVパネルの排出には災害での廃棄、FIT終了後の排出量の変化等、不確定要素が大きく、国内における物流システムの構築には至らなかった。＜達成度：80 %＞

当初目標以外の達成事項：

- (1) 電気パルス粉碎における異相境界面の選択破壊機構について、本研究での対象試料であるガラス・プラスチックの組合せに限らず、良導体同士、良導体＋不良導体の組合せについても、静電場解析とDBMを駆使して、パルスの進展経路予測を可能とするとともに、二成分系人工試料を作成してそれを証明した。この機構解明は、今後の電気パルス粉碎の資源循環における利用拡大の大きな礎になると確信している。
- (2) ハリタ金属縦型シュレッダープラントより製造されたガラス濃縮物について、当初予定されていた湿式テーブル選別のみならず、実操業においてより簡易的で安価な乾式テーブル選別を実施し、湿式テーブルとほぼ遜色のないガラス濃縮物を得ることに成功した。
- (3) 本年度の対象試料は、ハリタ金属の横型シュレッダープラントにて製造されたガラス濃縮物が対象であったが、ハリタ金属に2018年度に新たに導入された縦型シュレッダープラントにて製造されたガラス濃縮物について、そのままセラミックタイルおよびセラミックブロックの原料適正を評価し、それらに混入する比較的粗い金属・プラスチック類を除去すれば、両者ともに十分なポテンシャルを有することを確認した。