

# F R P 船のリサイクル技術の確立

## 【目的及び概要】

- 13年度までに確立したF R P 廃船のリサイクル技術（セメント焼成）を用いて、F R P 廃船の総合実証試験を実施するとともに、要素技術の開発等を実施。

### 1. 要素技術の確立

破砕時の粉塵排出防止及び粉塵回収技術  
F R P とウレタン等発泡材との分別技術  
F R P 破砕物と廃油との混合技術  
破砕機回転刃の材質の選定

### 2. 総合実証実験の実施

試験用F R P 船を取得し、収集・運搬、解体、破砕、混合工程を経て、セメント焼成を実施。その際、以下の項目について検証した。

効率的な収集・運搬方法（トラックへの積載方法等）の検証

関係者間の連絡調整体制の構築

各種データの収集（コスト、工数等）

リサイクルシステムの経済性の検証 等

実証実験は、中国及び九州地区で実施。

### 3. 実証試験におけるコスト評価

実証試験実績より、艇長6mプレジャーボート1隻当たりの処理費用を試算し、前年度試算値と比較した。

## 平成13年度実施内容

- 平成12年度に得られた課題の克服に向け、12年度より多くの試験体を使用し、セメント炉の影響評価や破砕機構の耐久性向上等に関する試験を実施。

## 平成12年度実施内容

- F R P 船の破砕片によるセメント焼成実証試験を行い、F R P 廃材の発熱量及び成分調整等に課題があるものの、セメント原燃料としてリサイクル利用が可能であることを確認。

# 1 . 要素技術開発

## 1 - 1 . 自動発泡材分別機の開発

### 概要

- F R P補助材として使用されているウレタンや塩ビ発泡材の塩素濃度は、セメント焼成基準値より高いことから、自動分別機の開発を実施。

### 【分別原理】

破碎したF R Pをふるい（8mm ）で大小を分ける。

小破材は樹脂であり、振動フィーダでF R P粉砕物として回収する。

大破材はガラス繊維と発泡材であり、振動フィーダで発砲材分別領域に送られる。

発泡材が集塵器に吸引され、ガラス繊維と分別する。

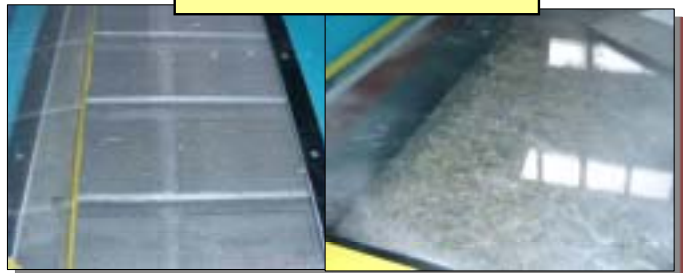
ガラス繊維は振動フィーダによりF R P破碎物として回収する。

### 分別機仕様

#### (1)振動ふるい機

- スクリーン目：8mm
- 振動モータ：1.5kw 2台
- 振動数：24.2Hz
- ふるい目面積：2.28m<sup>2</sup>
- 能力：3t / hr
- 重量：約2 t

### F R P廃材とウレタン等の選別



### 分別機



## 1 - 2 . 自動油混合機の開発

### 概要

- F R P 廃棄物の粉塵防止と発熱量の増加を目的に、F R P 廃材に再生油を混合。再生油の混合率はF R P 破砕物の約 1 5 %。

### 【混合原理】

分別機から搬送されるF R P 破砕物量を自動計量。

破砕物量が定量に達すると油を添加。油混合比率は自動制御。

混合機内において、破砕物と混合用油を1軸の螺旋状の羽根で混合。

混合装置：リボンスクリュー式  
( 600 )

### ■処理能力：

- ・ F R P : 3t / hr
- ・ 油 : 600kg / hr

### ■重量：約 2 t



## 1 - 3 . 破碎機回転刃の最適材質の選定

### 概要

- 船用FRP破碎に最適な破碎刃を開発するため、DC53、S55C、SCM440、SKH51及び超硬合金（JISV50）の5種類の材質で最適材料の調査を実施。破碎機に20mmのスクリーンを装着。なお、破碎時に発生する粉塵は集塵装置で回収し、最終的には破碎物と混合した。

### 破碎機：

- 解体スクラップ投入口：2,500×1,250mm
- ローター刃径×長さ：550×1,800mm
- 回転刃：60mm（22列×3条）
- ローター回転数：84rpm
- 処理能力：3t/h
- スクリーン：20mm
- 重量：18t



廃材の破碎前  
(50～100cm)



廃材の破碎後  
(2～5cm)

破碎機



## 2. 総合実証試験

### 概要

- FRP船リサイクルシステム総合実証試験を効率的に実施するため、特にFRP船保有隻数が多い瀬戸内海西部を対象地区とした（横浜、浜名湖地区では解体のみ実施）。実施にあたっては、製造事業者、自治体（広島県が設置した「広島県廃船処理対策協議会」と共同プロジェクト）等と協力しつつ、廃船を収集するとともに、一時保管・解体場所の確保及び解体試験を実施した。
- FRP廃材をセメント焼成用燃料として再利用するため、以下のセメント会社の廃棄物受け入れ条件を満たした。

破碎寸法は20mm角以下。

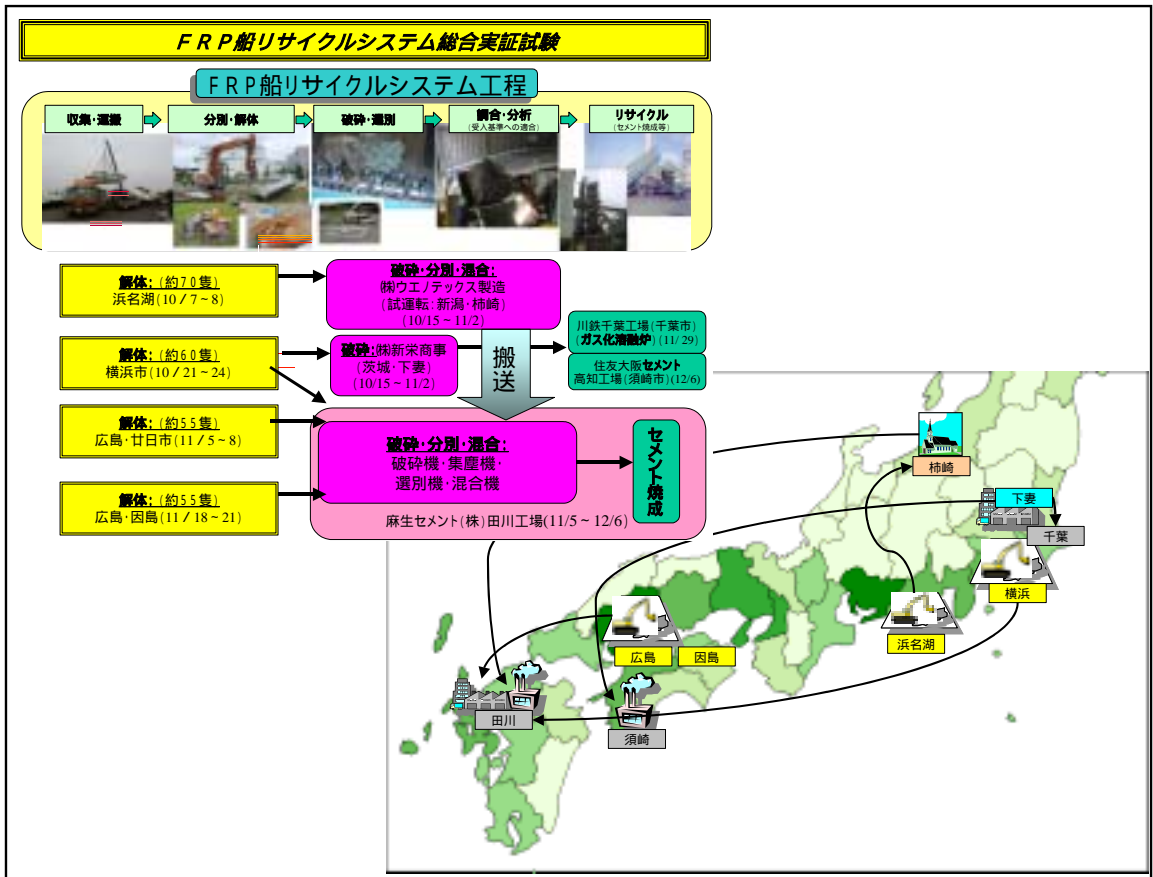
塩素及び重金属等有害成分（ $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{Zn}$ ,  $\text{Pb}$ ,  $\text{Cr}$ ）濃度が制限値以下。

異物（金属、石等）の除去。

発熱量は5000kcal/kg以上。

ガラス繊維等粉塵の飛散がないこと。

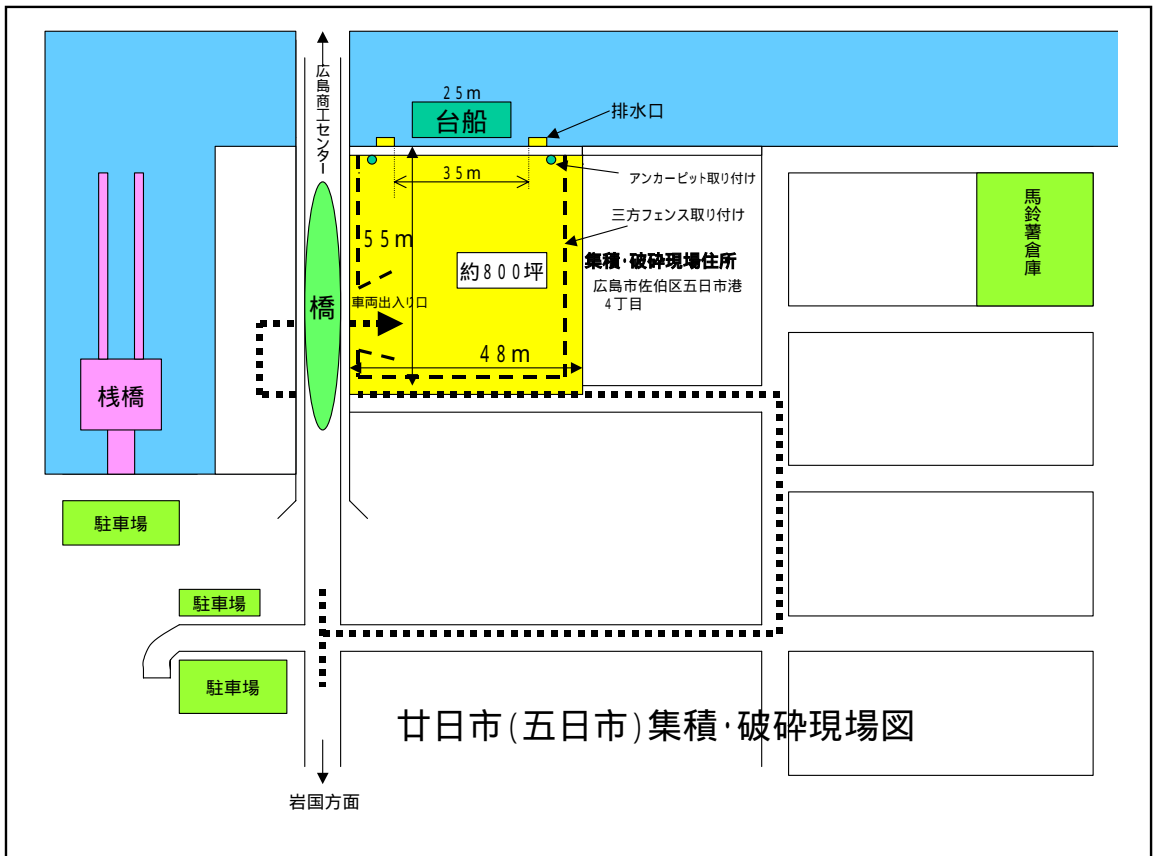
ハンドリングが良好であること。



## 2 - 1 . 一時保管・解体場所

### 概要

- 広島県において、自治体、ボート販売業者及びボート保管業者等の情報により、「廃船解体実験場所」の候補地を選定した。
- 広島県の協力により、以下の公有地を「廃船解体実験場所」としての提供があった。



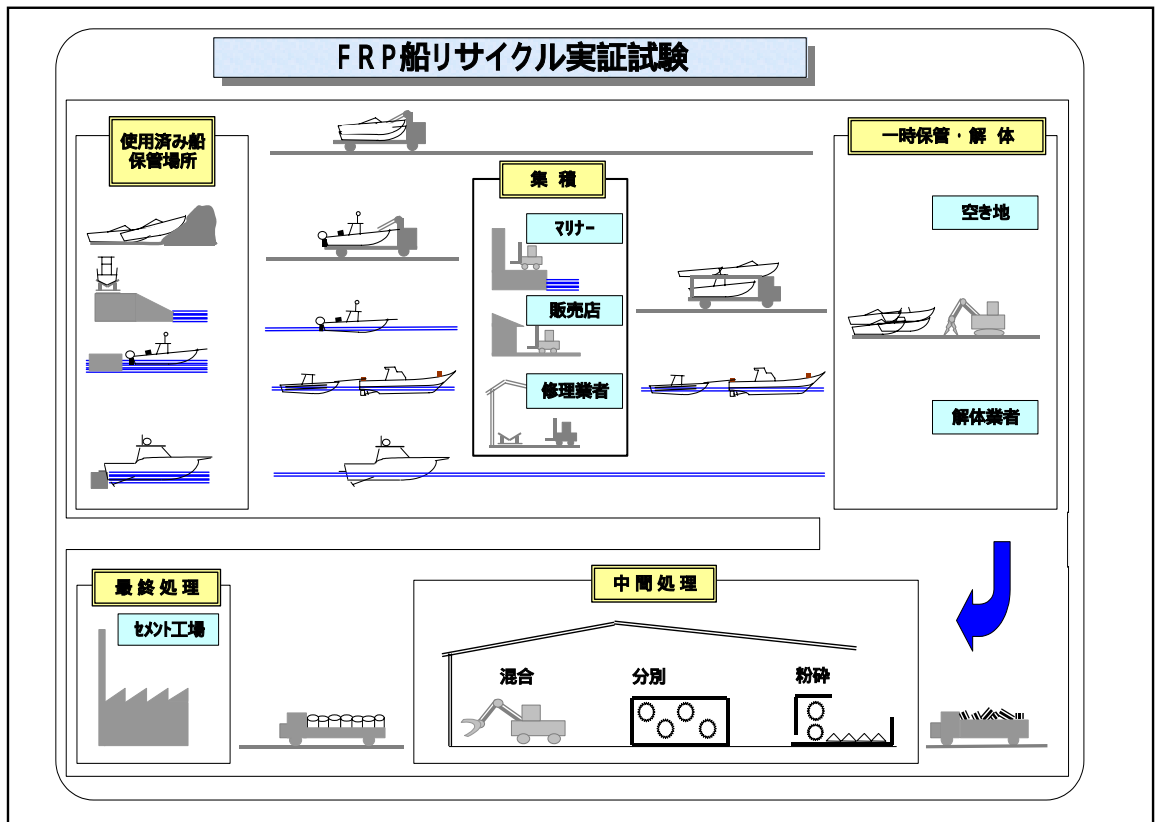
### 考察

- 場所の選定に当たり、考慮した事項（条件）は次のとおり。
  - 集積解体場所が約500坪以上。
  - 民家より200m以上離れている（騒音、粉塵等の影響）。
  - 重機、大型トラックが容易に進入出来る。
  - 海、河口に隣接している（曳航、自航、を想定して）。
- なお、コスト削減等の観点から、自治体所有地の提供は不可欠。

## 2 - 2 . 運搬

### 概要

- 個人保有、販売店保有及び自治体が収集した廃船の一時保管・解体場所への輸送については、次の方法が考えられる
  - トラック（4t～10t車）で陸送する（上下架にはクレーン必要）
  - ユニック車（4～10t車）で陸送する
  - 海上より曳航または自航する（上下架にはクレーン必要）



### 考察

- 一時保管及び解体場所への輸送コスト概要は以下のとおり
    - ディンギータイプ・・・トラック：1万～3万円
    - オープンボート（24ft以下）・トラック：2万～3万円、曳航：3万～8万円
    - キャビンボート（33ft以下）・トラック：3万～8万円、曳航：5万～11万円
    - 大型クルーザー（45ft以下）・7万～13万円
    - クルーザーヨット・・・曳航：10万～14万円
- はトラックのみ、                    ではトラックが安価、                    では曳航が安価



## 2 - 3 . 収集

### 概要

- 広島県、山口県、岡山県内の販売店にチラシ等による試験船提供を呼びかけるとともに、広島県、静岡県、神奈川県、横浜市及び個人からFRP船245隻が試験船として提供された。

代表的廃船（ 船の大きさ：浜名湖 < 広島市 = 因島市 < 横浜市 ）



浜名湖



横浜



広島市



因島市

	浜名湖	横浜	広島	因島	合計
<b>船隻数</b>	<b>73</b>	<b>60</b>	<b>56</b>	<b>56</b>	<b>245</b>
（内舟艇工業会）			(32)	(36)	68
（内自治体）	(66)	(53)	(11)	(15)	145
（内個人）	(7)	(7)	(13)	(5)	32
（内エンジン付）	7	21	12	14	54
船長別					
3 m以下	5	4	1	2	12
3 - 4 m	19	11	4	4	38
4 - 5 m	17	8	15	14	54
5 - 6 m	14	12	10	17	53
6 - 7 m	14	11	11	5	41
7 - 8 m		6	11	8	25
8 - 9 m	4	1	4		9
9 - 10m		4		4	8
10 m以上		3		2	5
総船長 (m)	361.61	359.43	332.84	326.44	<b>1380.32</b>
1隻当船長 (m)	4.95	5.99	5.94	5.83	<b>5.63</b>



## 2-4 . 解体・分別

### 概要

- 解体場所は廃船発生場所近隣（半径100km程度）とし、破砕プラントの投入口に合わせて1m角以下に建設機械で解体した。
- 発生する金属、木材等廃材は建機及び人力により分別し、別途処理。

### 解体用建機

#### 浜名湖



新キャタピラー三菱  
機種 312B  
重量 12t

#### 横浜



日立建機株式会社  
重量 13t アタッチメント:フォーク  
6t アタッチメント:フォーク

#### 広島市



キャタピラー付きコンボ(コベルコスK200)  
重量 20t アタッチメント:ニブラ

#### 因島市



キャタピラー付きコンボ(コマツPC60)  
重量 8t アタッチメント:フォークグリップ  
キャタピラー付きコンボ20t(コマツPC200)  
重量 20t アタッチメント:  
キャタピラー付きコンボ20t(コマツPC200LC)  
重量 20t アタッチメント:コンクリートグリップ

	浜名湖	横浜	広島	因島	合計	造船所
<b>FRP材（用途別）</b>	<b>10.46</b>	<b>22.69</b>	<b>19.14</b>	<b>17.16</b>	<b>69.45 (46%)</b>	<b>2.54</b>
総合実証試験	6.64	16.76	19.14	17.16	59.70	2.54
要素技術開発	3.82				3.82	
その他手法		5.93			5.93	
<b>非FRP材（製品別）</b>	<b>17.06</b>	<b>28.26</b>	<b>19.71</b>	<b>17.22</b>	<b>82.25 (54%)</b>	
金属（ステン、アルミ、鉄）	1.74	13.50	4.73	5.90	25.87	
木片	1.60	1.41	13.78	8.80	25.59	
その他（内装品、ウタ ン、バッテリー、オイル）	13.72	13.35	1.20	2.52	30.79	
<b>合計</b>	<b>27.52</b>	<b>50.89</b>	<b>38.85</b>	<b>34.38</b>	<b>151.70</b>	

### 考察

解体効率は、重機操縦者の技量、重機重量及びアタッチメントに大きく依存する。

解体時の粉塵の発生（ガラス繊維の飛散）は少量。

人力による木材、金属、非鉄金属の分別には限界がある。

船が大きくなると、金属、木材等廃棄物量の比率が高くなる。漁船では木材、モータボートでは内装材が多い。

生活ゴミ類等が多量に持ち込まれることが多い。

## 2 - 5 . 破碎・選別・混合（プラント実証試験）

### 概要

- 開発した油混合装置、分別機及び破碎機を麻生セメント田川工場に設置し「破碎 - 分別 - 混合試験」を実施した。
- 使用したFRPスクラップは62.240トン。10日間で処理した。



破碎機へ投入（分別）



破碎機へ投入



粉塵回収（集塵機）



FRPとレタン分別（分別機）  
FRPと再生油混合（混合機）



混合物の搬送



混合物仮貯蔵  
（フレキシブルコンテナ）

## 結果

### 分別装置：

概ねウレタンの分別は可能であった。

ふるいに目詰まりが生じたため、大径のふるいに変更。

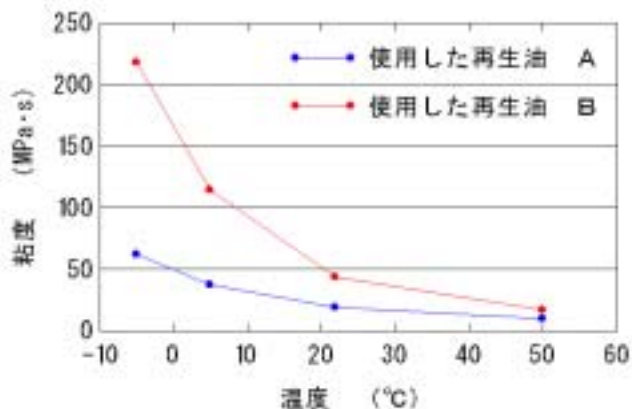
集塵器の吸引力が強すぎたため、多量の粉塵（樹脂等）を吸引した。

### 混合装置：

粉塵発生のない状態に混合可能。

油供給用のセンサーのコンタミによる作動不振が発生。

使用した2種類の再生油の粘度に差が出て、油供給量の不安定が発生。



### 破碎機：

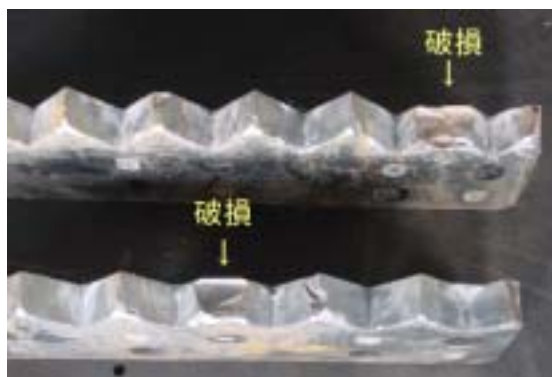
F R P 廃材は全て破碎可能。

金属の混入により、破碎機固定刃が破損した。

破碎機刃の材質は、DC53あるいはSKH11が適している。

回転刃（材質：超硬）

固定刃（材質：SKH11）



### 参考：プラント設置条件

周辺住民の理解

解体及び焼成場所との距離が近距離

電源及び水道設備

敷地面積：約1,000㎡以上

## 2 - 6 . セメント焼成

### 概要

- セメント焼成連続処理を実証するため、混合物約73.5トンを実験工場プレヒータ用の燃料として使用し、下記の項目について調査した。

セメント代替燃料としての基礎物性評価

防塵性を中心とした作業性評価

特性評価

安定燃焼評価

残さ成分セメント品質への影響評価



ダンプ積載後破袋 2 袋

計量機にて計量

ホッパ・ダンプアップ

移送機へ抜き出し

### 考察

混合物はFRP単独製品に比べ防塵性は格段に向上。  
油配合10%以上の混合物は、セメント代替の原燃料として利用可能。  
投入直後に燃焼現象が発生し、残さがダクト内に付着する現象あり。  
1 サンプル、塩素濃度の高いもの有り。  
焼速度が早すぎ自然発火の原因。  
油混合度が不安定なため、改良が必要。



## 2 - 7 . その他のリサイクル実験（ガス化溶融実証試験）

### 概要

フレコンバックに入れた20-50mm角程度のFRP廃材（約220kg）を、ガス化溶融システムのゴミピットへ1 - 2袋ずつ時間感覚をとって投入。

ゴミピットの中で他の産業廃棄物と混合し、ガス化溶融において炉有機物をガス化し、無機物を溶融する。

FRPの投入総重量は、3.47トン。



川崎製鉄ガス化溶融におけるFRP投入の状況

### 考察

投入量が少ないこともあり、通常の運転と変わりなく、特に異常なし。

運転に関する数値データは、FRP単独の処理でないことやFRPの絶対量が少ないため得られなかった。

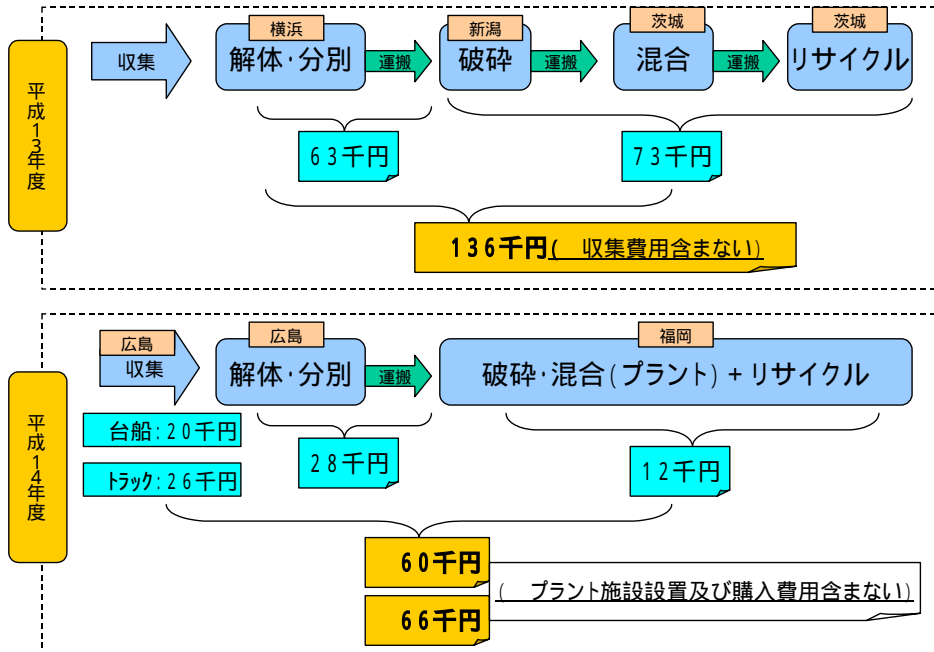
袋詰めは手間を要すことから、非経済的な手法となった。

### 3. 実証実験におけるコスト評価

#### 概要

- 以下の条件で実施した実証試験実績より、艇長6mプレジャーボート1隻当たりの処理費用を試算し、前年度試算値と比較した。  
広島市、因島市で建設機械で解体。FRP以外の廃棄物は現地処分。補助者は2名。FRP廃材を10トンアームロール車で麻生セメント田川工場（福岡）で輸送。麻生セメントに設置したプラント（破碎・分別・混合工程）にて、FRP廃材を処理。FRP10に対して再生油2の比率で混合。混合物はフレコンに収納。作業補助者は1名。フレコンに収納した混合物をセメントキルンに投入。

#### 平成13年度及び平成14年度実証試験における処理コスト比較



平成13年試算値には、収集・運搬（解体場所までの）費用は含まない。

平成14年度試算値には、プラント機器（破碎～混合）購入等の費用は含まない。

#### 考察：

- 平成14年度は、総合実証試験として、収集・運搬から、破碎、セメント焼成に至る一貫作業を、地域ブロック単位で計画的かつ継続的に大量の廃船のリサイクルを実施したことから、平成13年度に比較すると大幅にコストダウンとなった。