

The use of waste plastics as chemicals and fuel

Tohoku University, Japan
Prof. Toshiaki Yoshioka



Mechanical recycling of PET bottles



1: solution of bags



2: compression



3: separation by hand



4: crushing

Mechanical recycling of PET bottles



5. washing



6. Wind sorting



Recycled PET flakes

Recycle Products from waste PET bottle



→付箋(ふせん)

→シャツサポーター
蝶キ

敷物

抗菌・消臭シート

→農業用緑化用
シート

繊維強化
プラスチック
原料(最終製
品:浴槽、漁船、
自動車部品等)

↑フラワー
野球用ベース

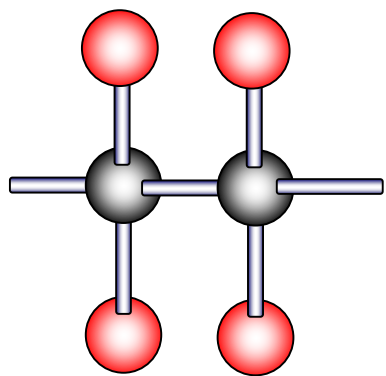
↑両
面

↑カーペット

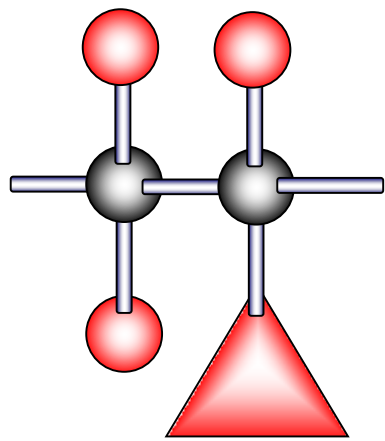
←遮水
シート

↑あき容器回収ボックス

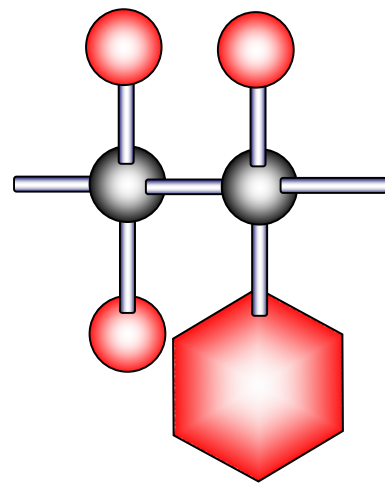
←↑陳列トレイ



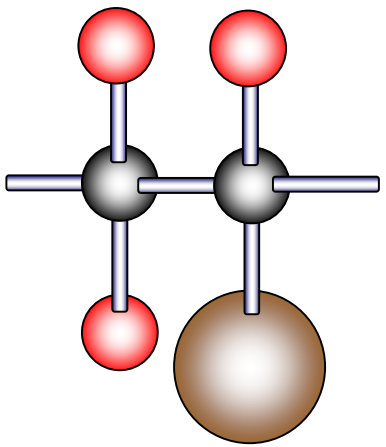
PE



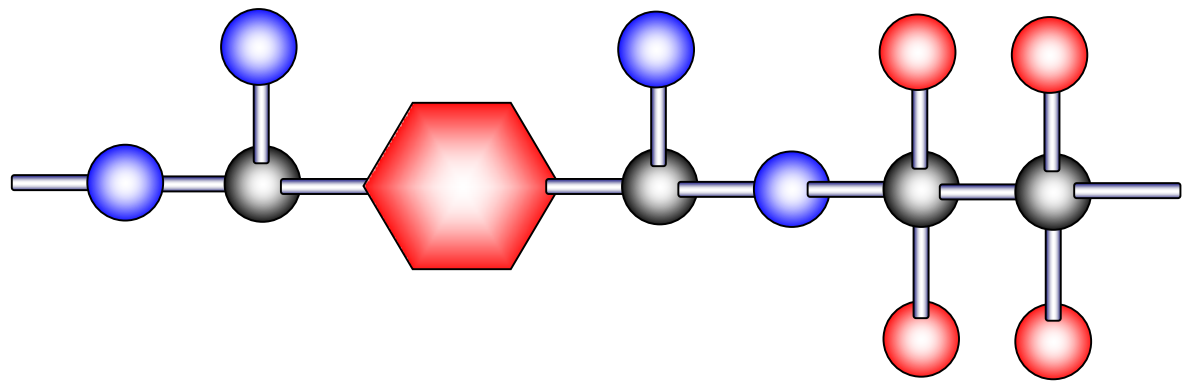
PP



PS



PVC



PET

目 次

メチルトリクロロシラン	1056
モノメチルトリイソシアネートシラン	1056
シランカップリング剤	1057
シリル化剤	1059
その他のシラン	1061
シリコーン	1061
シリコーンオイル	1065
オイル二次製品	1065
シリコーンレジン	1066

第14類 プラスチックス

熱可塑性プラスチック	1069
アイオノマー	1069
アミノポリアクリルアミド	1069
イソブチレン無水マレイン酸コポリマー	1070
A B S	1070
A C S	1072
A E S	1072
A S	1073
A S A	1073
M B S	1075
エチレン-塩化ビニルコポリマー	1075
エチレン酢酸ビニルコポリマー	1076
変性エチレン酢酸ビニルコポリマー	1077
エチレン酢酸ビニルコポリマー粉末	1077
塩素化エチレン酢酸ビニルコポリマー	1077
エチレン酢酸ビニル塩化ビニル グラフトポリマー	1078
エチレン・ビニルアルコールコポリマー	1078
塩素化ポリ塩化ビニル	1078
塩素化ポリエチレン	1079
塩素化ポリプロピレン	1079
カルボキシビニルポリマー	1080
ケトン樹脂	1080
臭素化ポリスチレン	1081
非晶性コポリエステル	1081
ノルボルネン樹脂	1082
フッ素プラスチック	1082

ポリテトラフルオロエチレン	1083
ポリテトラフルオロエチレン潤滑粉	1084
フッ化エチレンポリプロピレン コポリマー	1084
P F A	1084
ポリクロロトリフルオロエチレン	1085
エチレンテトラフルオロエチレン コポリマー	1085
低融点エチレンテトラフルオロ エチレンコポリマー	1086
ポリフッ化ビニリデン	1086
ポリフッ化ビニル	1087
ポリアセタール	1087
ポリアミド(P A)	1088
ポリアミド G	1089
モノマーキャストナイロン	1090
ポリアミド 66	1090
ポリアミド 610	1091
ポリアミド 612	1091
ポリアミド 11	1091
共重合ポリアミド	1092
ポリアミド M X D 6	1092
ポリアミド 46	1093
メトキシメチル化ポリアミド	1093
特殊耐熱ポリアミド ガラス繊維強化プラスチック	1093
共重合ポリアミドエマルジョン	1094
ポリアミドイミド	1094
ポリアリレート	1095
熱可塑性ポリイミド	1096
ポリエーテルイミド	1096
ポリエーテルエーテルケトン	1096
ポリエチレン	1097
粉末ポリエチレン	1099
超高分子量ポリエチレン	1099
ポリオレフィン系エマルジョン	1100
ポリエチレンオキシサイド	1100
ポリエチレンテレフタレート	1101
ポリエチレンナフタレート	1101

ポリ塩化ビニリデン	1101
塩化ビニリデン-塩化ビニル共重合物、 塩化ビニリデン-アクリル酸 アルキルエステル共重合物	1101
ポリ塩化ビニリデンラテックス	1102
ポリ塩化ビニル	1103
ポリカーボネート	1105
ポリ酢酸ビニル	1106
ポリスチレン	1108
ポリスチレンの種類と性状	1108
ポリサルホン	1109
ポリサルホン	1109
ポリエーテルサルホン	1110
ポリアミンサルホン	1111
ポリパラビニルフェノール	1111
ポリパラメチルスチレン	1111
ポリアリルアミン	1112
ポリビニルアルコール	1112
ポリビニルエーテル	1113
ポリビニルブチラール	1113
ポリビニルホルマール	1114
ポリフェニレンエーテル (ポリフェニレンオキシサイド)	1114
変性ポリフェニレンエーテル (変性ポリフェニレンオキシサイド)	1115
ポリフェニレンサルファイド	1116
ポリブタジエン	1118
ポリブチレンテレフタレート	1118
ポリプロピレン	1119
ポリメチルペンテン	1121
ポリメチルメタクリレート	1121
液晶ポリマー	1123
ウエノ-L C P	1123
ザイダー	1124
スミカスパー-T C P	1124
ノバキュレート	1124
ベクトラ	1125
ロクドラン	1125
熱硬化性樹脂	1126 ~ 1170

目 次

エポキシ樹脂	1126
ビスフェノール A 型エポキシ樹脂	1129
臭素化ビスフェノール A 型エポキシ樹脂	1133
低臭素化型	1133
高臭素化型	1133
オルソクレゾールノボラック型 エポキシ樹脂	1134
脂環式エポキシ樹脂	1134
D C P D エポキシ樹脂	1134
オリゴエステルアクリレート	1135
キシレン樹脂	1135
グアナミン樹脂	1136
ジアリルフタレート樹脂	1137
D F K 樹脂	1139
熱硬化性樹脂プレポリマー	1140
ビニルエステル樹脂	1140
フェノール樹脂	1140
不飽和ポリエステル樹脂	1142
フラン樹脂	1144
ポリイミド	1145
ポリ(μ -ヒドロキシ安息香酸)	1146
ポリウレタン	1146
ウレタンフォーム	1147
ウレタンエラストマー	1148
塗料用ウレタン樹脂	1149
ウレタン樹脂接着剤	1149
スバンデックス	1150
マレイン酸樹脂	1150
メラミン樹脂	1150
ユリア樹脂	1151
二次加工樹脂	1153 ~ 1170
イオン交換樹脂	1153
イオン交換膜	1156
FRP・FKTP	1157
F R P	1157
F R T P	1159
合成紙	1160
合成バルブ	1161
発泡プラスチック	1161

第15類 プラスチック添加剤

可 塑 剤……………1195～1213

D M P……………	1197
D E P……………	1198
D B P……………	1198
D O P……………	1199
D I N P……………	1200
D I D P……………	1200
D T D P……………	1200
B B P……………	1201
D C H P……………	1201
テトラヒドロフタル酸エステル……………	1202
D O A……………	1202
D I N A……………	1202
D I D A……………	1202
D610A, 610A……………	1203
B X A……………	1203
D O Z……………	1203
D B S……………	1203
D O S……………	1204
D B M……………	1204
D O M……………	1204
D B F……………	1204
T C P……………	1205
T E P……………	1205
T B P……………	1206
T O P……………	1206
T C E P……………	1206
C R P……………	1207
T B X P……………	1207
T M C P P……………	1207
T P P……………	1208
リン酸トリス(イソプロピルフェニル)……………	1208
オクチルジフェニルホスフェート……………	1208
C D P……………	1209
A T E C……………	1209
A T B C……………	1209
エポキシ系可塑剤……………	1210
トリメリット酸系可塑剤……………	1210
ポリエステル系可塑剤……………	1210
塩素化パラフィン……………	1211
ステアリン酸系可塑剤……………	1212
ゴム用可塑剤……………	1212
チョコレートP……………	1212
アデカサイザー R Sシリーズ……………	1212
モノサイザーW-260シリーズ……………	1213
塩 化 安 定 剤……………	1213～1218
有機スズ系安定剤……………	1214
ジ-n-オクチルスズ系安定剤……………	1214
ジ-n-オクチルスズビス(イソオクチル チオグリコール酸エステル)塩……………	1214
ジ-n-オクチルスズ……………	

マレイン酸塩ポリマー……………	1215
ジ-n-オクチルスズジラウリン酸塩……………	1215
ジ-n-オクチルスズ……………	
マレイン酸エステル塩……………	1215
ジ-n-ブチルスズ系安定剤……………	1215
ジ-n-ブチルスズビスマレイン酸 エステル塩……………	1215
ジ-n-ブチルスズマレイン酸塩ポリマー……………	1215
ジ-n-ブチルスズビスオクチル チオグリコール酸エステル塩……………	1216
ジ-n-ブチルスズβ-メルカプト プロピオン酸塩ポリマー……………	1216
ジ-n-ブチルスズジラウレート……………	1216
ジメチルスズ系安定剤……………	1216
ジ-n-メチルスズビス(イソオクチル メルカプトアセテート)塩……………	1216
その他の安定剤……………	1217
鉛 系 安 定 剤……………	1217
鉛塩系安定剤……………	1217
鉛系石けん……………	1217
金属石けん系安定剤……………	1217
亜鉛系石けん……………	1217
バリウム系石けん……………	1217
鉛系石けん……………	1217
複合型金属石けん……………	1217
その他の金属石けん……………	1217
ステアリン酸カルシウム……………	1218
酸 化 防 止 剤……………	1218～1227
フェノール系酸化防止剤……………	1219
1. モノフェノール系……………	1219
2,6-ジ-n-ブチル-p-クレゾール……………	1219
ブチル化ヒドロキシ アニソール(BHA)……………	1219
2,6-ジ-n-ブチル-4-エチルフェノール……………	1220
ステアрил-β-(3,5- ジ-n-ブチル-4-ヒドロキシ フェニル)プロピオネート……………	1220
2. ビスフェノール系……………	1220
2,2'-メチレンビス(4-メチル -6-n-ブチルフェノール)……………	1220
2,2'-メチレンビス(4-エチル -6-n-ブチルフェノール)……………	1221
4,4'-チオビス(3-メチル -6-n-ブチルフェノール)……………	1221
4,4'-ブチリデンビス(3-メチル -6-n-ブチルフェノール)……………	1221
3,9-ビス[1,1-ジメチル-2-(β- (3-n-ブチル-4-ヒドロキシ-5- メチルフェニル)プロピオニル オキシ)エチル]2,4,8,10-テトラ オキサスピロ(5,5)ウンデカン……………	1222
3. 高分子型フェノール系……………	1222
1,1,3-トリス(2-メチル -4-ヒドロキシ-5-n-	

ブチルフェニル)ブタン……………	1222
1,3,5-トリメチル-2,4,6-トリス (3,5-ジ-n-ブチル-4-ヒド ロキシベンジル)ベンゼン……………	1222
テトラキス-[メチレン-3-(3',5'-ジ-n- ブチル-4'-ヒドロキシフェニル) プロピオネート]メタン……………	1223
ビス(3,3'-ビス(4'-ヒドロキシ-3'-n- ブチルフェニル)ブチリッ クアシッド)グリコールエステル……………	1223
1,3,5-トリス(3',5'-ジ-n-ブチル-4'- ヒドロキシベンジル)-sec.トリアジン -2,4,6-(1H,3H,5H)トリアジン……………	1223
トコフェロール(類)……………	1223
硫黄系酸化防止剤……………	1224
ジラウリル 3,3'-チオジプロピオネート……………	1224
ジミリスチル 3,3'-チオジ プロピオネート……………	1224
ジステアリル 3,3'-チオジ プロピオネート……………	1224
リン系酸化防止剤……………	1224
トリフェニルホスファイト……………	1224
ジフェニルイソデシルホスファイト……………	1225
フェニルジイソデシルホスファイト……………	1225
4,4'-ブチリデン-ビス(3-メチル -6-n-ブチルフェニルジ トリデシル)ホスファイト……………	1225
サイクリックネオペンタン テトライルビス(オクタ デシルホスファイト)……………	1225
トリス(ノニルフェニル)ホスファイト……………	1225
トリス(モノおよび/あるいはジノニル フェニル)ホスファイト……………	1226
ジイソデシルペンタエリスリトール ジフォスファイト……………	1226
9,10-ジヒドロ-9-オキサ-10- ホスファフェナントレン =10-オキサイド……………	1226
10-(3,5-ジ-n-ブチル-4-ヒドロキシ ベンジル)-9,10-ジヒドロ-9- オキサ-10-ホスファフェナン トレン-10-オキサイド……………	1226
10-デシロキシ-9,10-ジヒドロ-9- オキサ-10-ホスファフェナン トレン……………	1226
トリス(2,4-ジ-n-ブチルフェニル) ホスファイト……………	1227
サイクリックネオペンタンテトラ イルビス(2,4-ジ-n-ブチル フェニル)ホスファイト……………	1227
サイクリックネオペンタンテトラ イルビス(2,6-ジ-n-ブチル-4- メチルフェニル)ホスファイト……………	1227
2,2-メチレンビス(4,6-ジ-n-ブチル	

The kinds of Resins and Additives in Plastic

Resins		
	Thermoplastics resin	85
	Thermosetting resin	37
	natural macromolecule, others	35
	Total	153

Additives		
	Plasticizer	46
	Stabilizer	39
	Oxidation inhibitor	30
	Ultraviolet absorbing agent	42
	Antistatic	18
	Flame retardant	24
	Organic blowing agent	5
	Lubricant	7
	Antifungal	17
	Crystalline nucleus agent	2
	Total	230

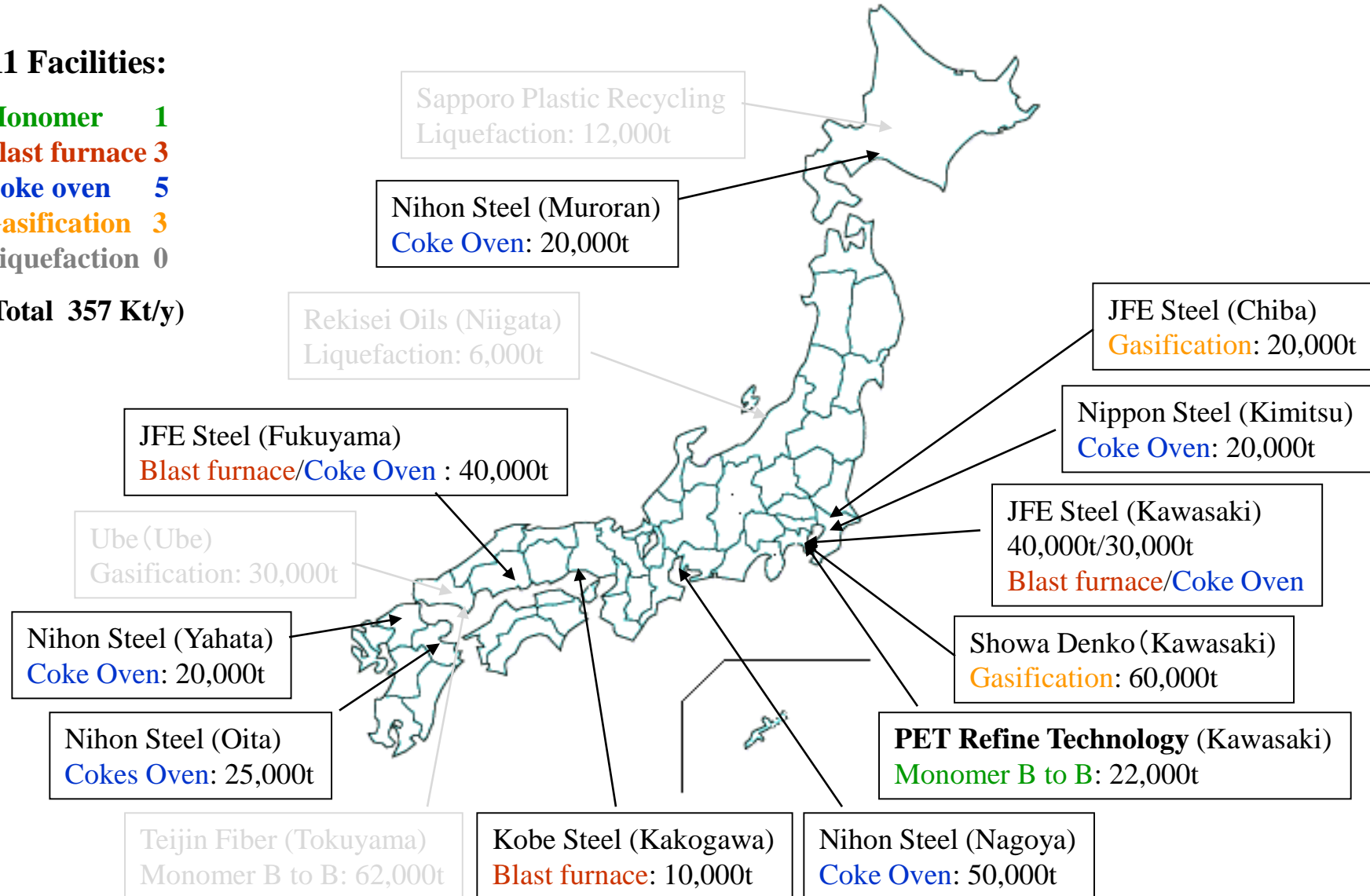
Feedstock Recycling Facilities (-2013)

(complied with C&P recycling law, 2005)

11 Facilities:

Monomer 1
Blast furnace 3
Coke oven 5
Gasification 3
Liquefaction 0

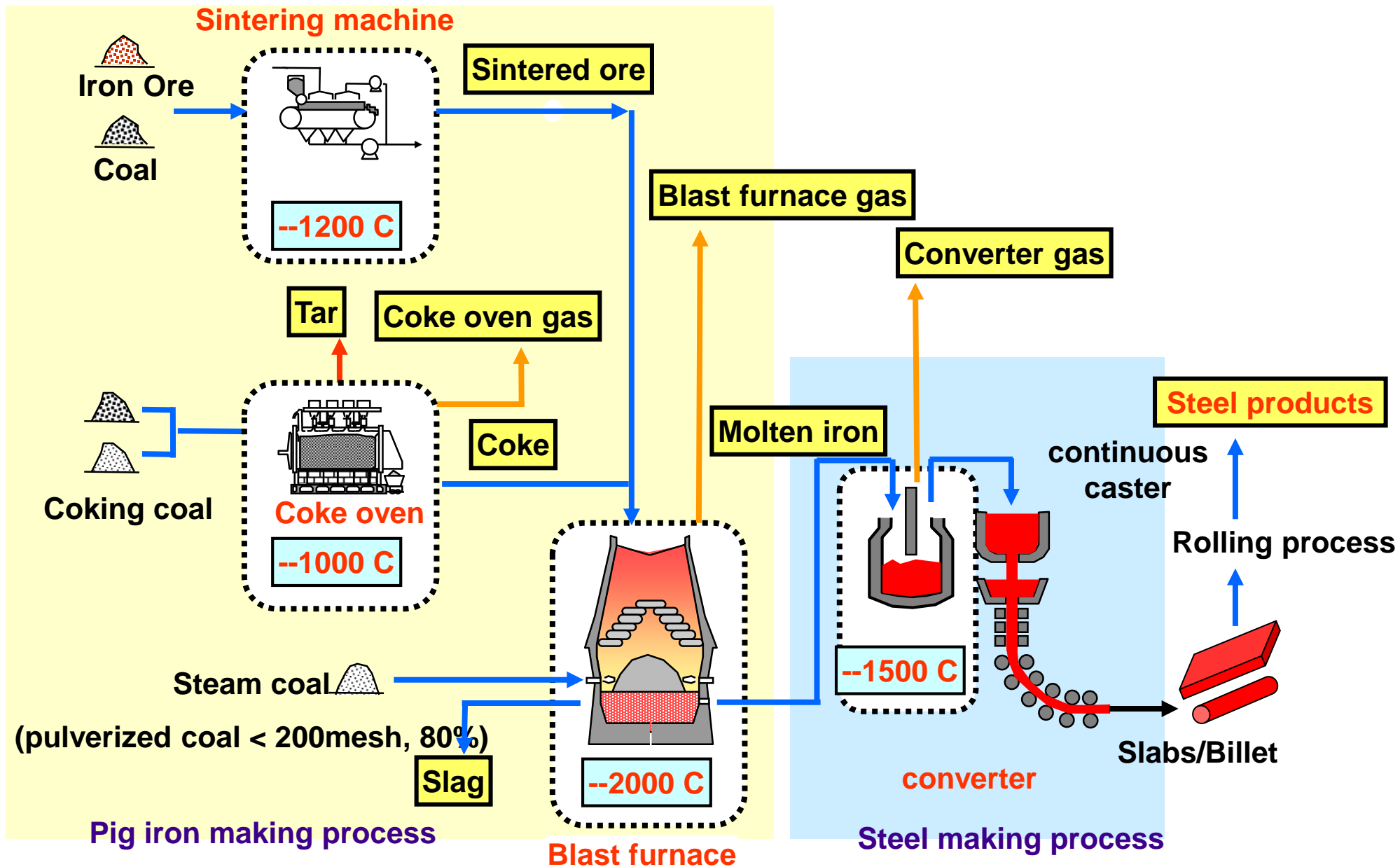
(Total 357 Kt/y)



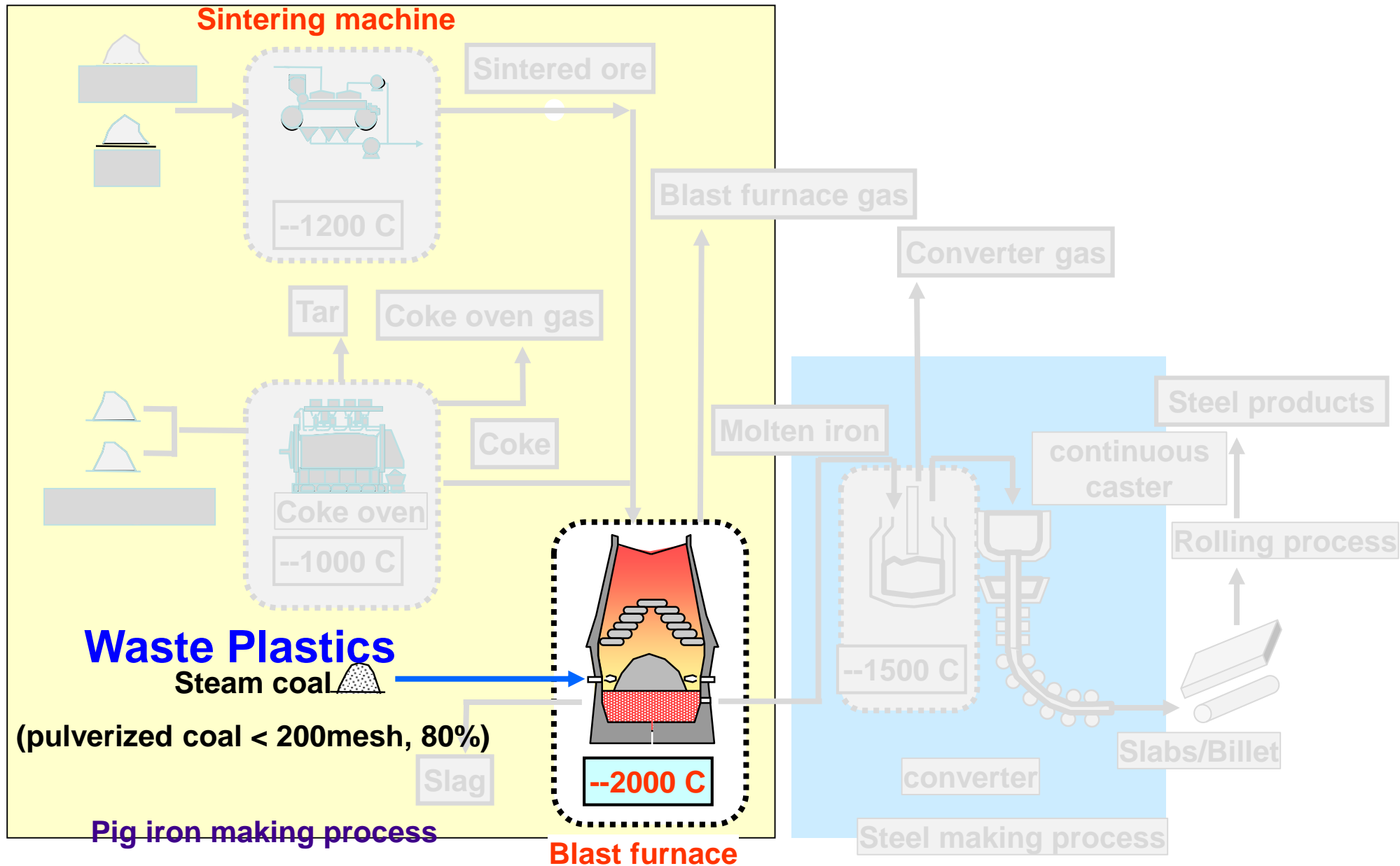
Amount of contract for each recycling method in 2013

	Categories	Amount (tons)	Share for total (%)	Share for FR (%)
Feedstock	Coke oven	192,503	29	61
	Blast furnace	38,232	6	12
	Gasification	85,463	13	27
	Liquefaction	0	0	0
	Total	316,198	47	100
Mechanical		356,626	53	
Total of CP-P		672,824	100	

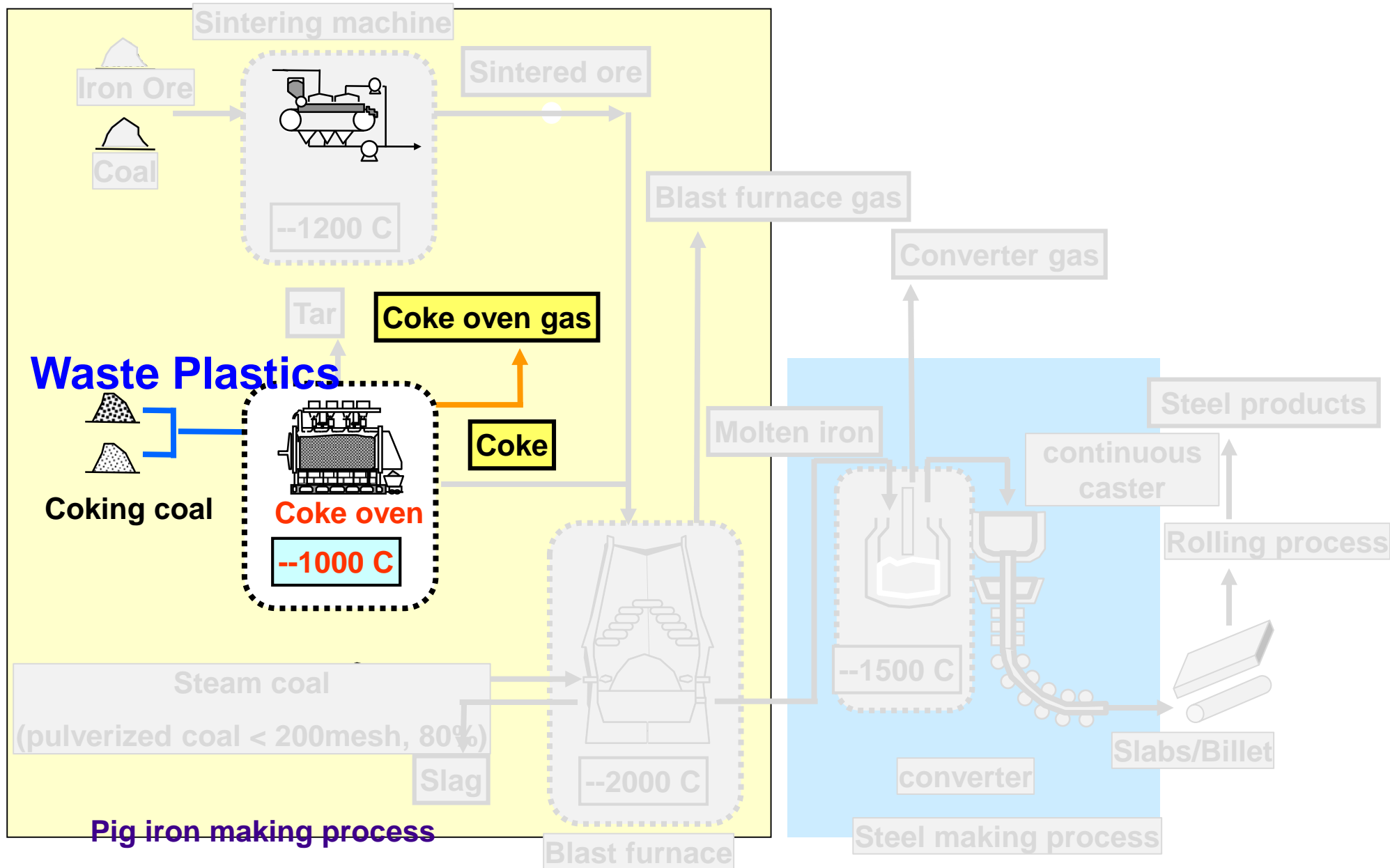
Outline of Steel Making Process



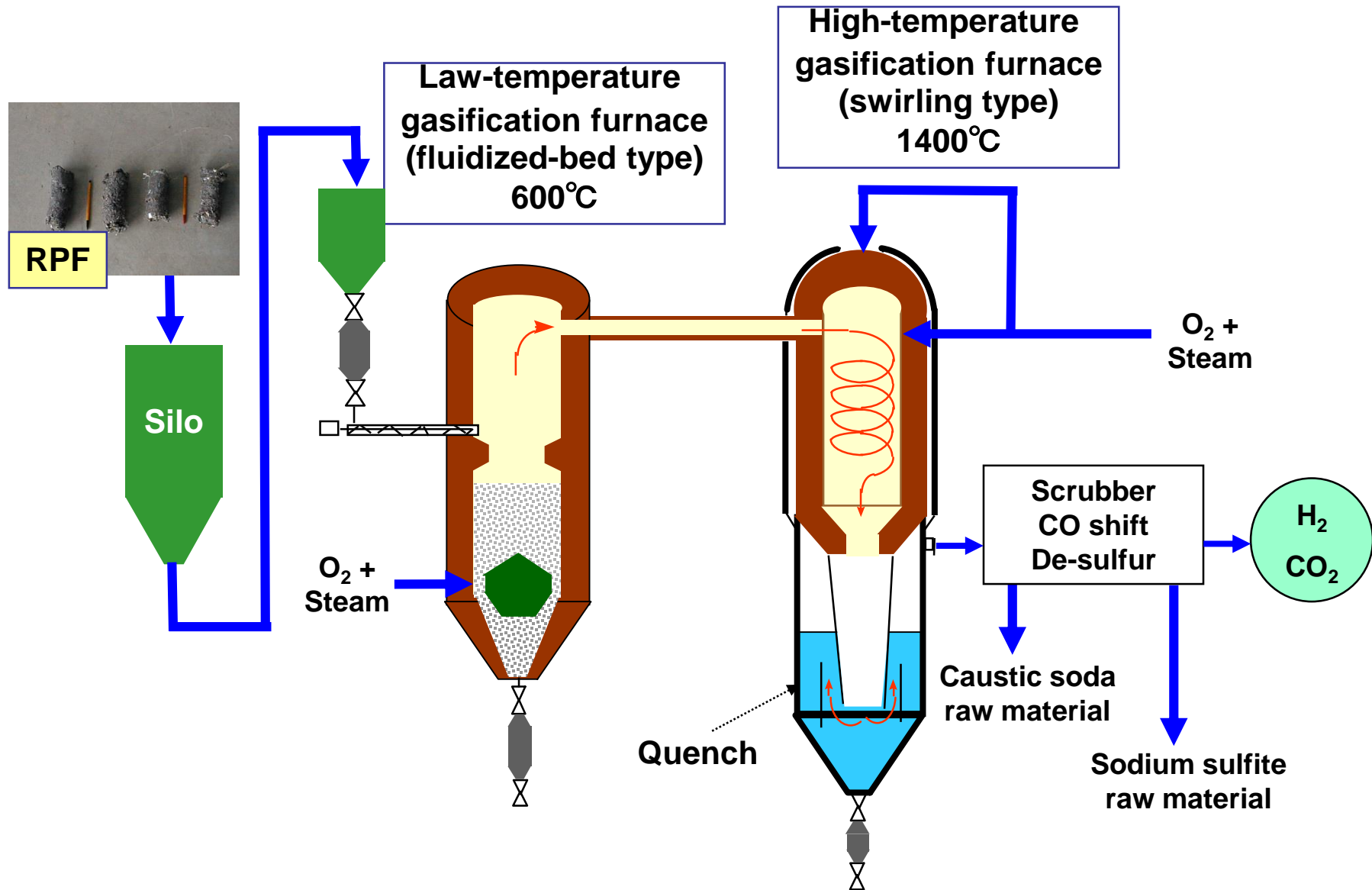
Usage of waste plastics in blast furnace



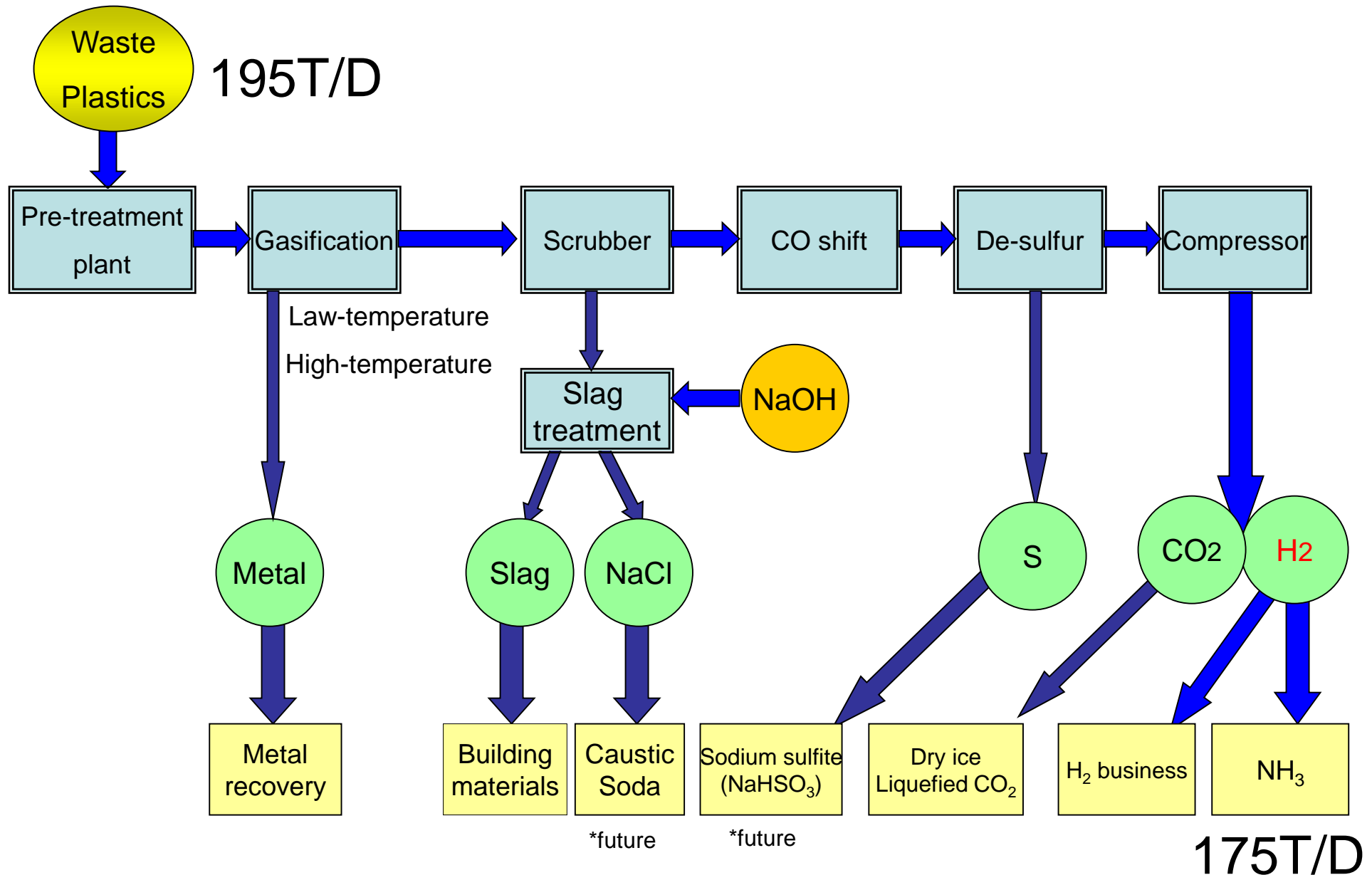
Usage of waste plastics in cake oven



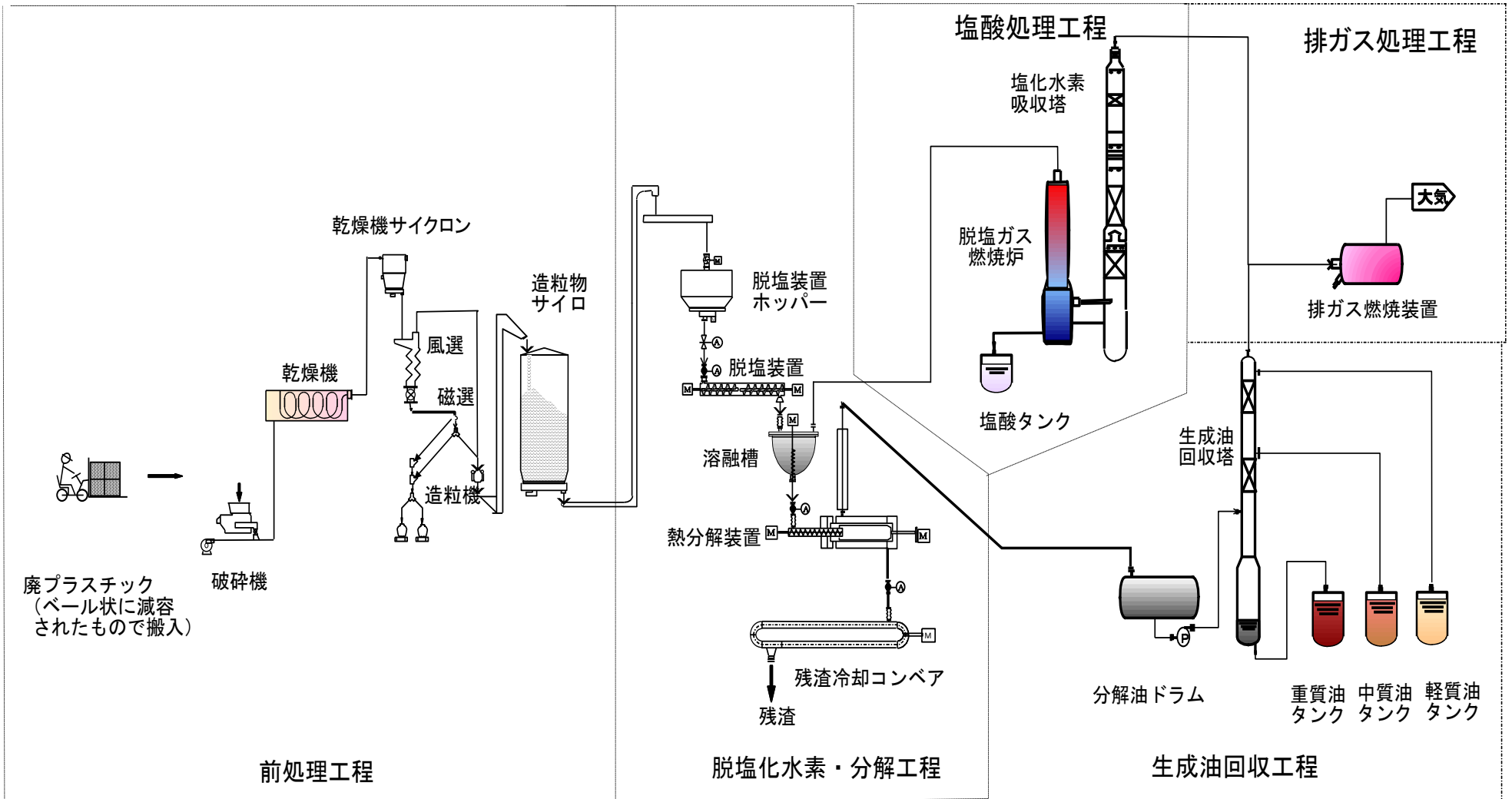
Gasification (KPR process)



Outline of Gasification (KPR process)



Outline of liquefaction process flow



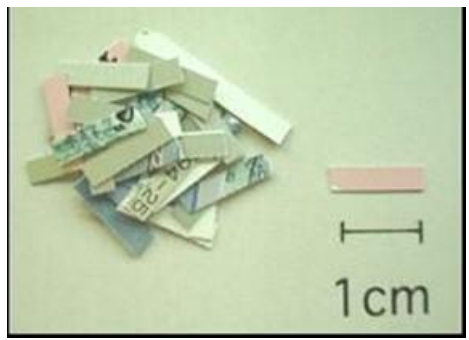
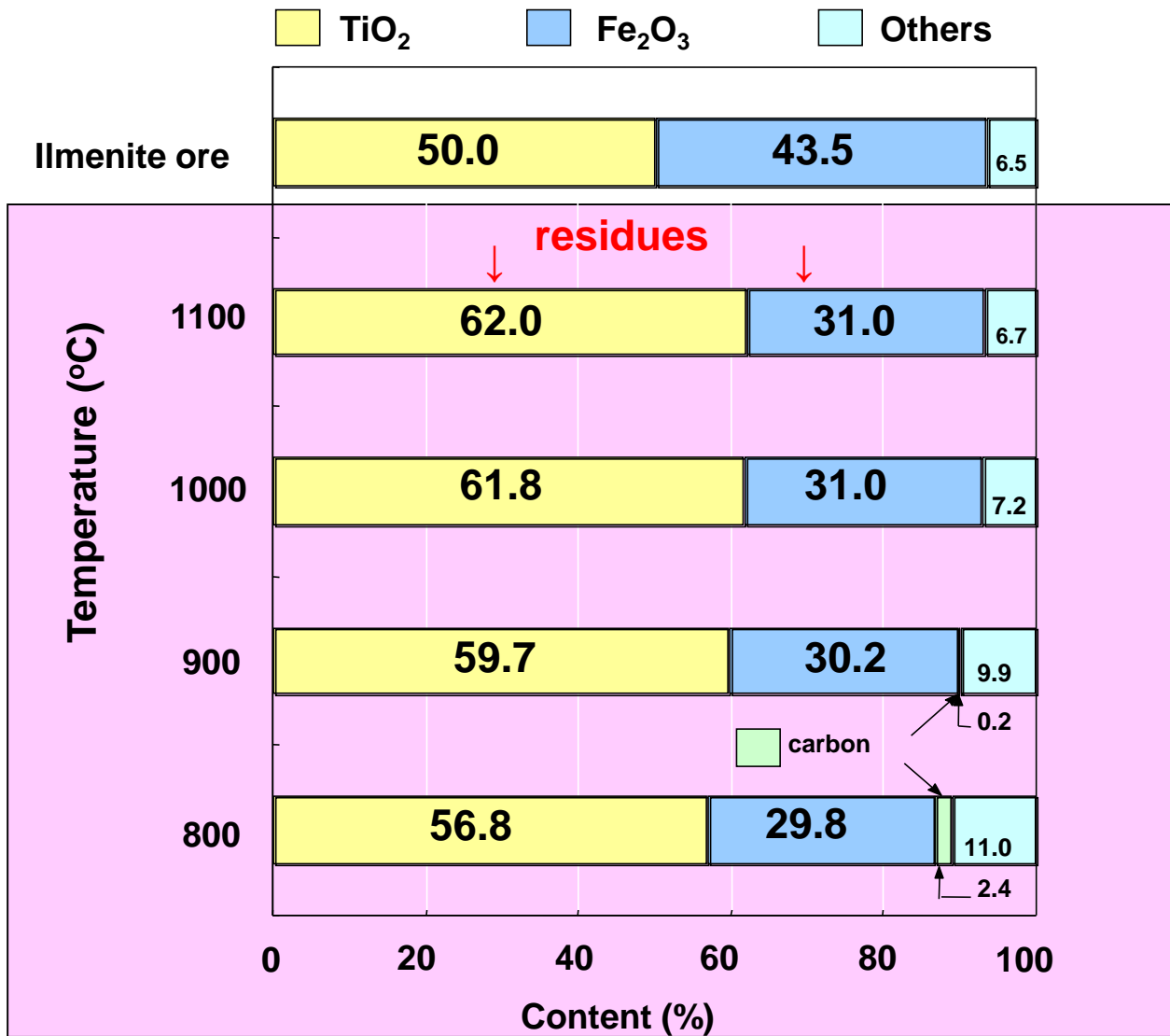
油化工程

Cost estimation in the liquefaction of packaging waste plastics

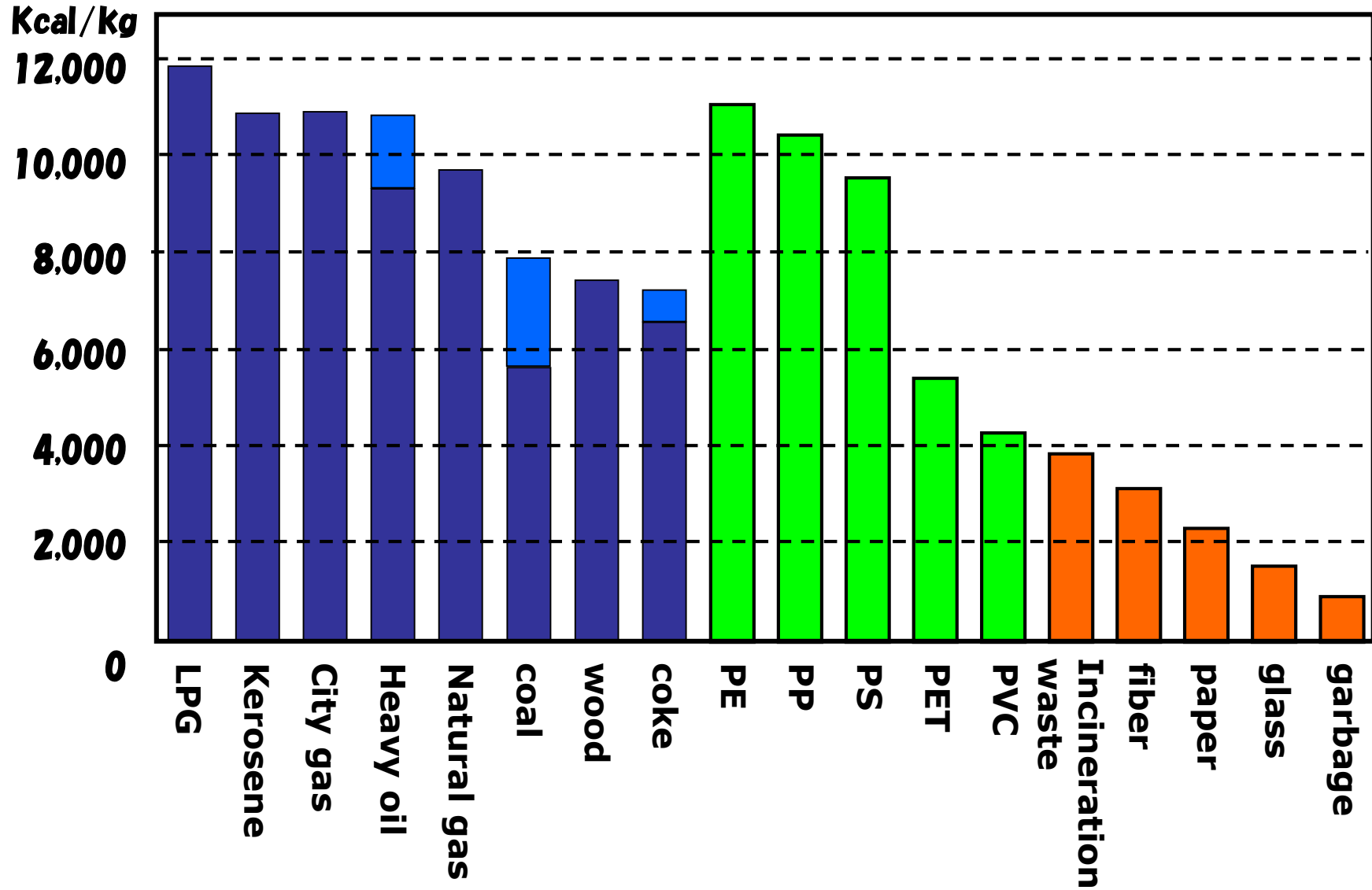


Sales of Waste Plastics	Amount of treatment	Unit price JPY	Total/1000 JPY	ratio/%
Amount of treatment	14000 t	68,000/t	952,000	94.8%
Product oil Total sales			51,800	5.2%
light oil (sale)	1106 KL	20/L	22,120	2.2%
middle oil (sale)	420 KL	50/L	21,000	2.1%
heavy oil (sale)	434 KL	20/L	8,680	0.9%
Total sales			1,003,800	100.0%
Running cost	Amount of treatment	Transport price/JPY unit	Total/1000 JPY	ratio/%
light-oil (shipment)	1106 KL	16.3/L	18,028	1.8%
middle-oil (shipment)	420 KL	2/L	840	0.1%
heavy-oil (shipment)	434 KL	2/L	868	0.1%
Expenses			896,375	86.7%
Total running cost			916,111	91.3%
Gasins			87,689	8.7%

Comparison of the composition of residues with ilmenite



Energy capacity of fuel, materials, and resources



Reduction of CO₂ emissions in key industries by waste plastic use

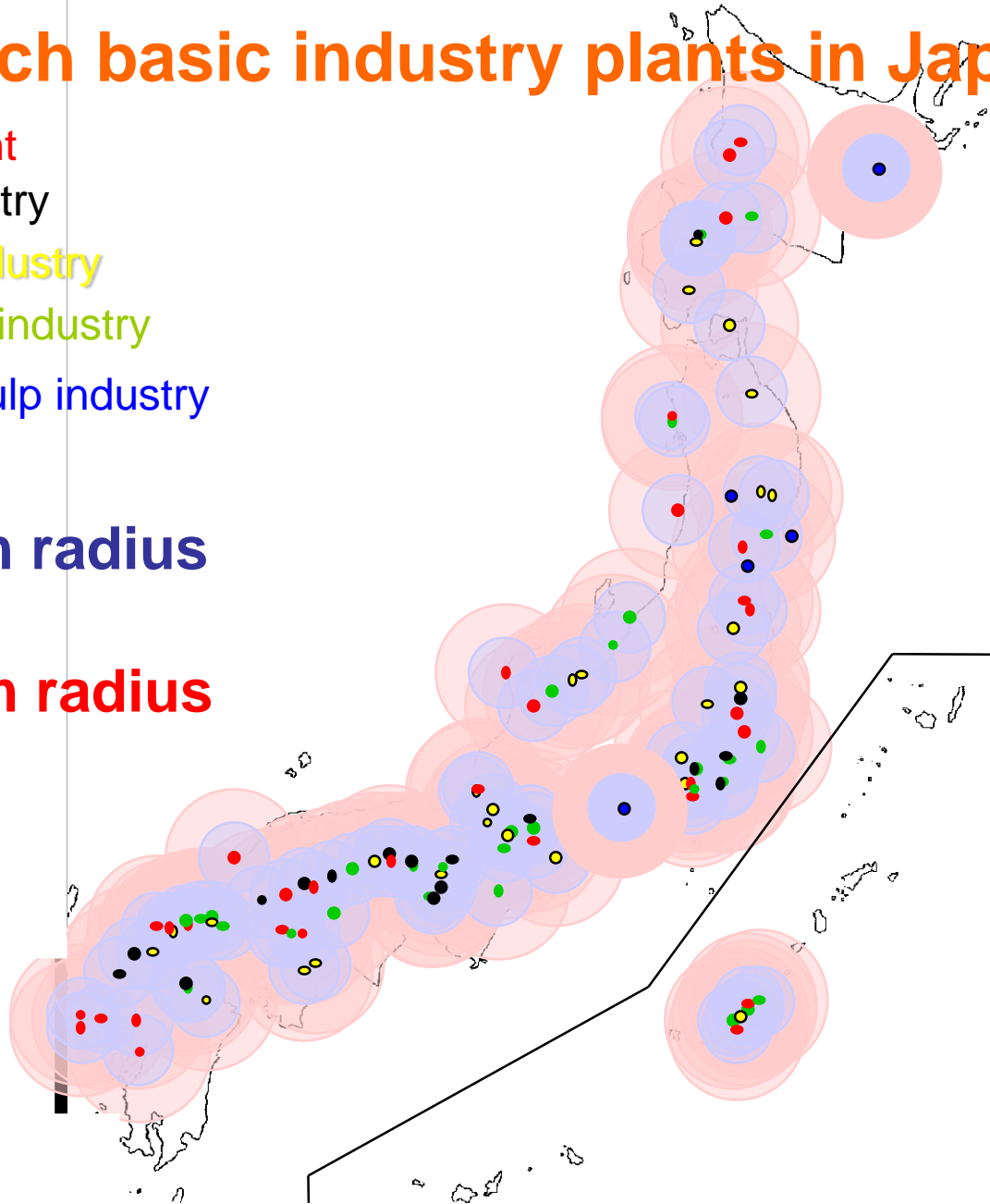
	Coal consumption (t)	CO₂ emission (t)	CO₂ reduction (t)	Reduction ratio(%)
Power generation	80.04 → 64.39 million	184.72 →179.18 million	5,54 million	3.0
Steel industry	56.92 →42.85 million	149.35 →143.03 million	6.32 million	4.2
Cement industry	9.50 million →0	21.92 →18.56 million	3.46 million	15.3
Paper/pulp industry	5.11million →0	12.73 →10.64 million	1.27 million	16.4

Circles of 50km and 100km radius around the each basic industry plants in Japan

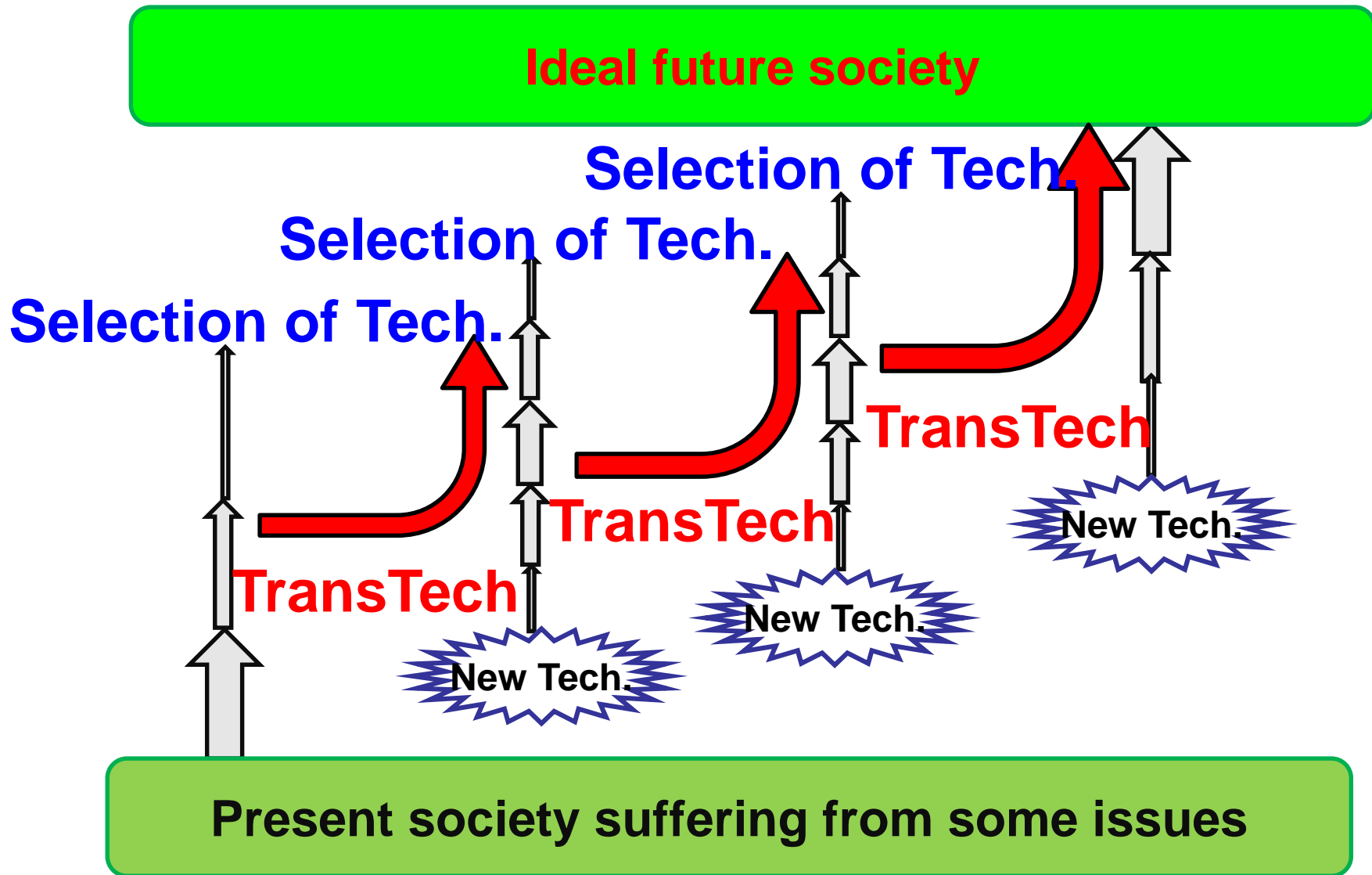
- Power plant
- Steel industry
- Cement industry
- Petroleum industry
- Paper & Pulp industry

● 50km radius

● 100km radius



Transfer Technology (TransTech)



Thank you for your attention!