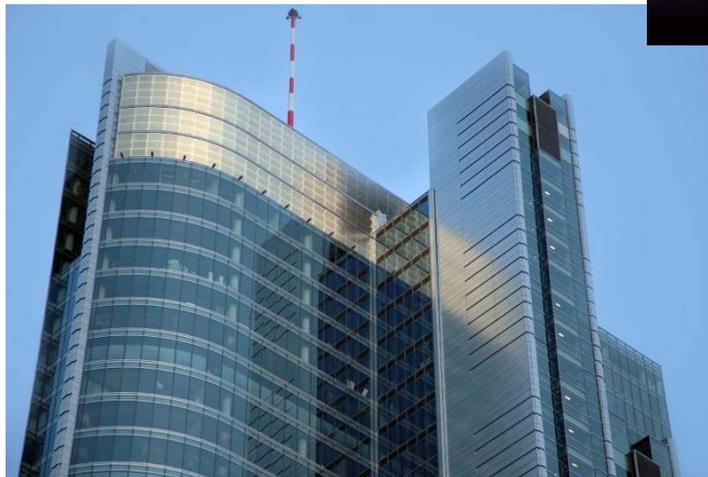
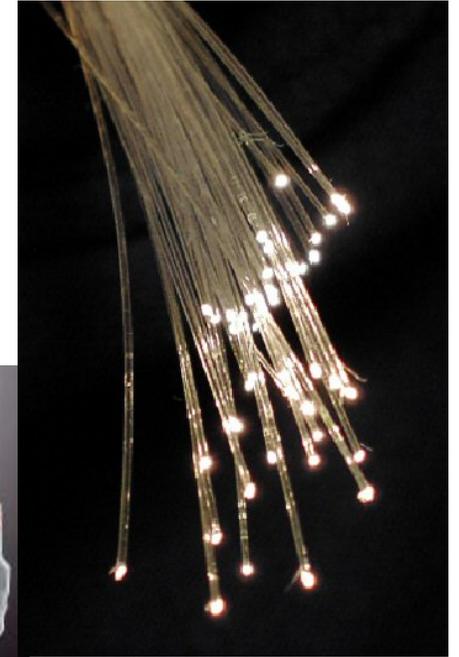


使用済み自動車からの ガラスリサイクル

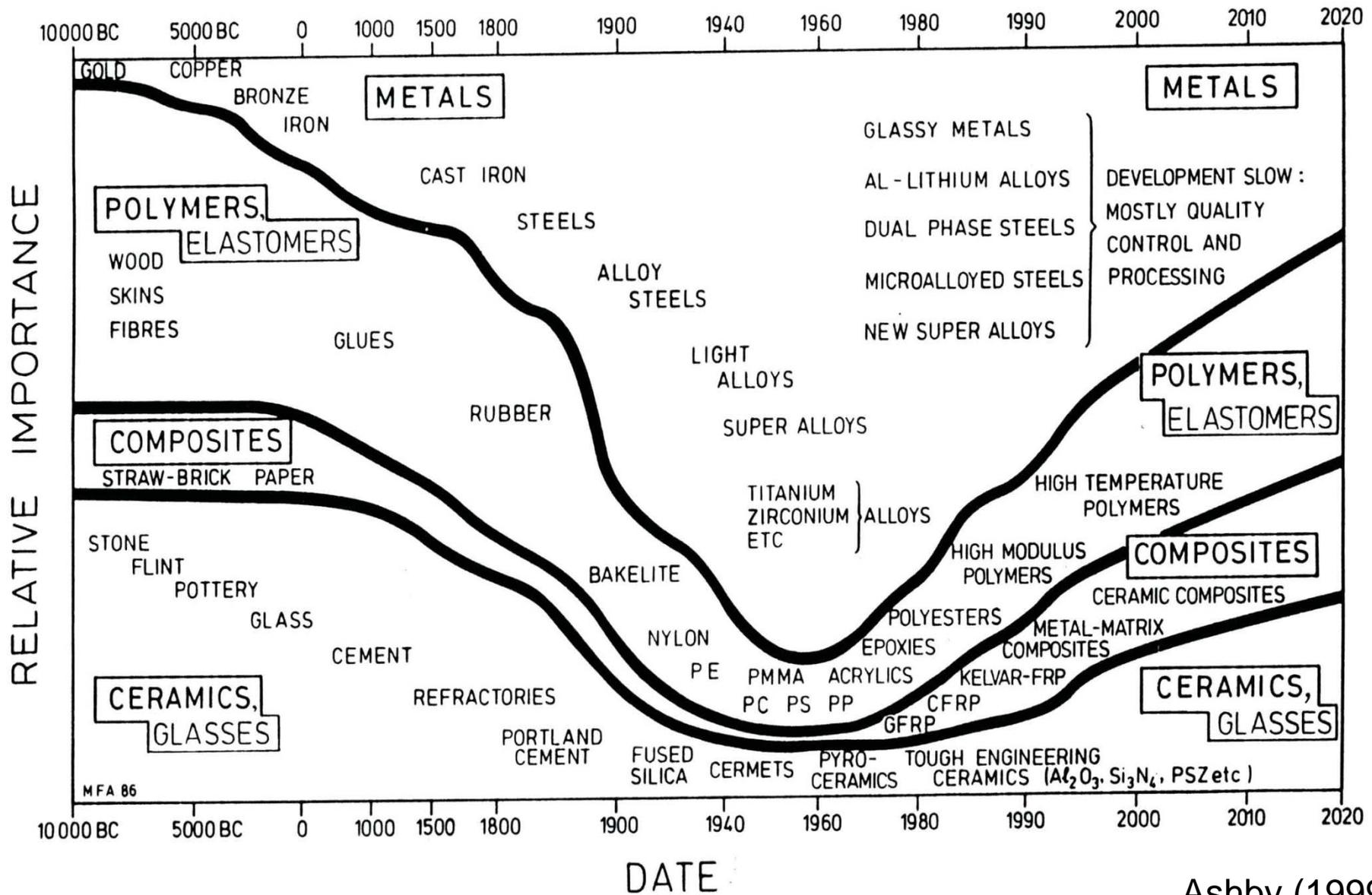
東京大学
大学院工学系研究科
マテリアル工学専攻
松野 泰也



私たちの生活を支えるガラス製品



ガラス利用の歴史は長い！

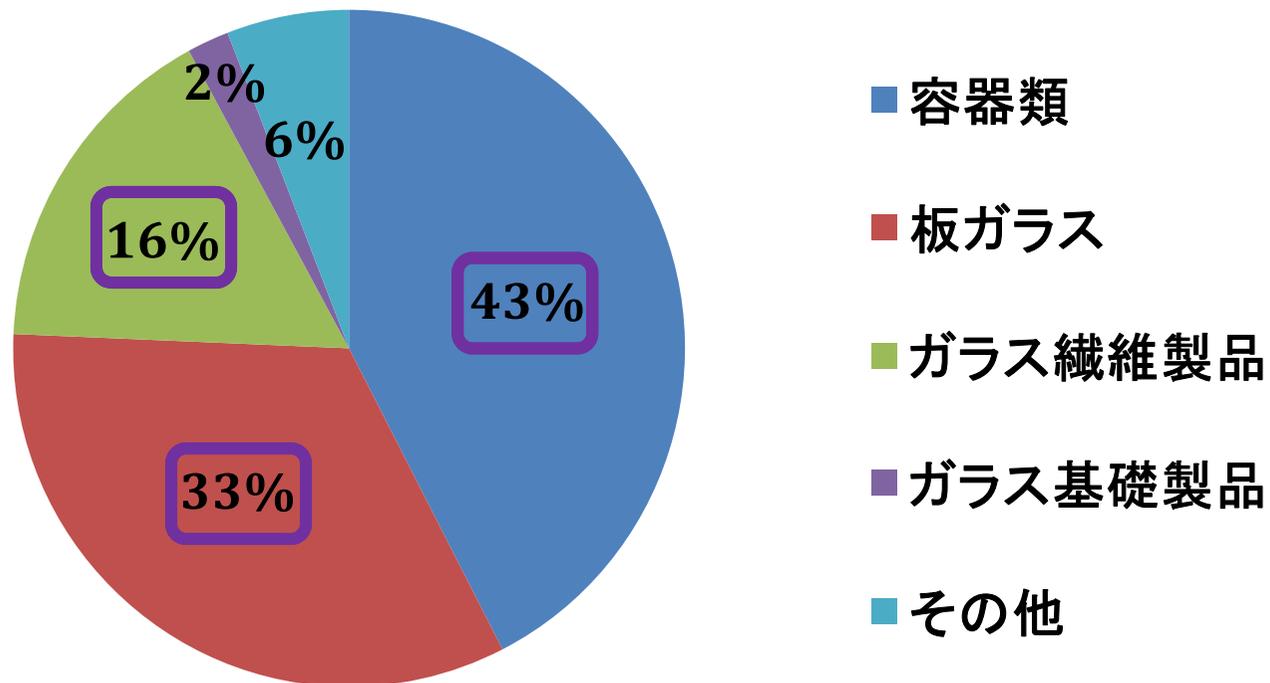


Ashby (1999)

ガラス及び他素材の国内年間生産量

- 鉄鋼： 1億1000万トン
- セメント： 5600万トン
- 紙・板紙： 2700万トン
- プラスチック樹脂： 1300万トン
- **ガラス： 450万トン**
- 銅： 150万トン

各ガラス製品の生産量



各ガラス製品の生産量の割合

出典: 経済産業省「窯業・建材統計年報」

容器類・板ガラス・ガラス繊維製品が約92%を占める。

ガラスのリユース・リサイクルは 昔から盛ん



- リターナブルびん(ガラスビンのリユース)は、年間延べ33.7億本。
- 平均リユース回数は、約8.4回
- カレット使用率70%を超える。



ガラスリサイクルの環境的なメリット

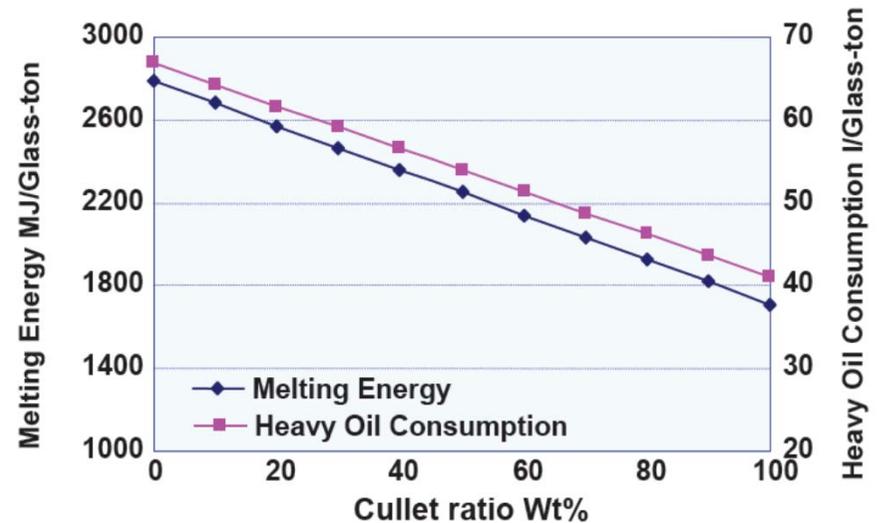
● 資源使用の削減

ガラス製造に使用される燃料及び珪砂やソーダ灰等の天然資源の使用量削減

● 省エネルギー、CO₂排出削減

廃棄ガラスをカレットとしてガラスの製造に利用すると、バージン材だけを投入するときと比べて、エネルギー消費制御が可能となり、排出されるCO₂の削減可能

● 廃棄物削減



C.Kroger et al., Glastech. Ber., 26, 202 (1953)

▶▶ 循環型社会の形成

環境問題の顕在化

循環型社会形成への取り組み

地球温暖化



天然資源枯渇

廃棄物処理

1994年

2001年

2001年以降

環境基本法

循環型社会形成基本法

容器包装リサイクル法
建設リサイクル法
自動車リサイクル法
食品リサイクル法
家電リサイクル法

使用済み製品からのより多くの素材を回収

素材の回収率が増加

これから検討すべきは板ガラスのリサイクル

- 不純物の許容量が小さく、不純物の混入なくガラスを分別、回収することが必要
- 使用済み製品を解体し、再資源化できるガラスを回収するには、コストが高い？



➡ 自動車板ガラスのリサイクルを検討した。



経済産業省委託 平成21年度資源循環推進調査委託費
3Rシステム化可能性調査事業

合わせガラスのリサイクルに 関する調査研究

委員会メンバー

委員長

松野 泰也 東京大学 工学系研究科 マテリアル工学専攻 准教授

委員

川嶋 弘尚 慶應義塾大学大学院 理工学研究科 開放環境科学専攻 教授

野村 昇 (独)産業技術総合研究所 安全科学研究部門 素材エネルギー研究グループ
主任研究員

鈴木 道哉 清水建設(株) 技術研究所 地球環境技術センター 建築設備システムグループ
グループ長

遠山 清文 積水化学工業(株) 滋賀水口工場 中間膜製造部 ヘッド

鶴岡 正顯 (株)ツルオカ 代表取締役

守川 勝 板硝子協会 調査役

原 潤一 板硝子協会 調査役

佐藤 正紀 (社)日本建材・住宅設備産業協会 建材事業部 部長

飯室 眞次 全国板カレットリサイクル協議会 理事

オブザーバ

宿利 恭一 (株)オメガテクノモデリング 取締役

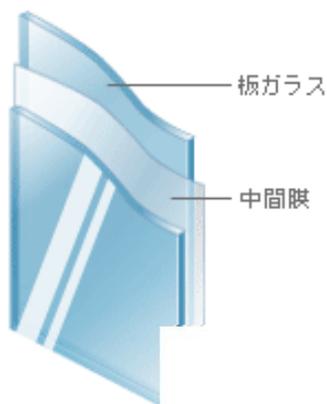
國領 一人 (株)ガラステクノシナジー 代表取締役

田結荘宣治 (有)飯室商店 総務グループ マネージャー

信末 直人 経済産業省 製造産業局 産業機械課 技官

自動車に用いられているガラス

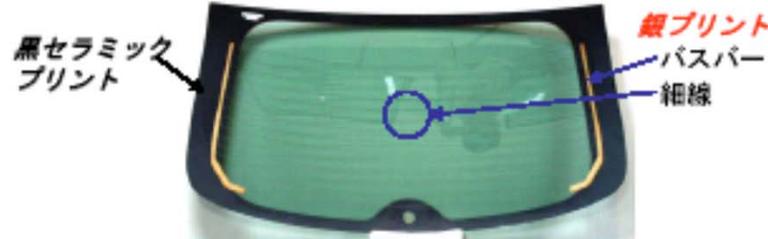
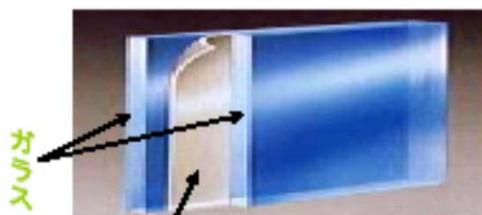
合わせガラス構造図



左:割れたときの合わせガラス
右:割れたときの強化ガラス

フロント
合わせガラス

リア
プリント付き強化ガラス

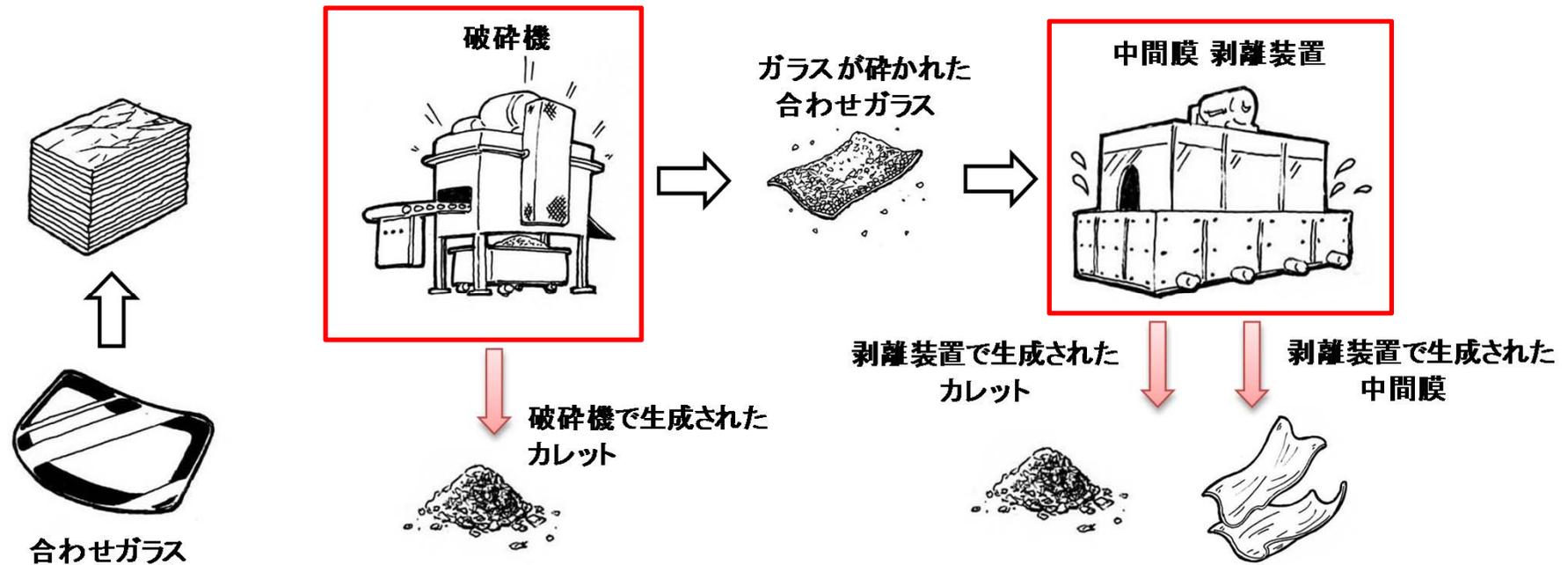


フィルム
フィルム(有機物)
と
ガラス(無機物)の構成

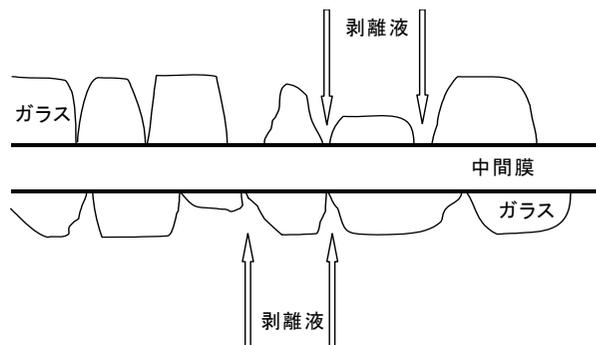


自動車ガラスの構成

合わせガラスの分離工程と調査内容



・ガラスの粒度と剥離処理時間の関係



- ・剥離液として効果的な溶液の種類
- ・効率的な温度と濃度の関係
(温度－濃度プロフィール)
- ・剥離液の劣化因子による交換時期の指標
- ・剥離効果を高めるための外力付加等の機械特性

業界標準基準によるカレットと中間膜の品質の検証

小型バレルによる剥離テスト

- 下記条件の組み合わせで小型バレルでガラス残留率を評価

(1)水溶液の濃度

0.05～10% (5段階)

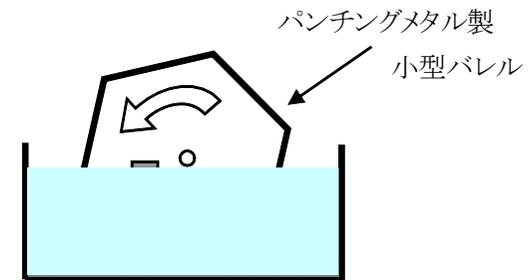
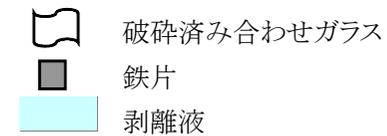
(2)剥離液の温度

40度 45度 50度 55度

(3)剥離装置での処理時間

1,3,5,7,10,12,15,18,20分

小型バレル



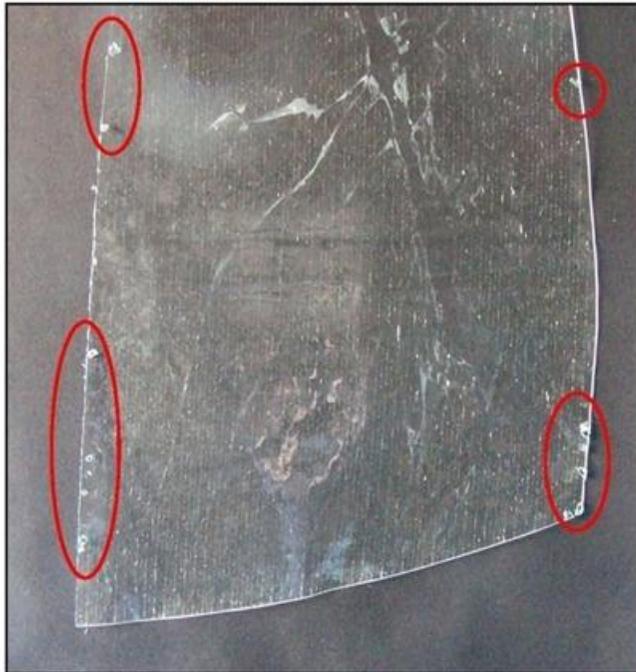
小型バレル・断面イメージ

六角形の対角の長さ:40cm
長さ:60cm

大型剥離装置による剥離テスト

剥離テスト結果例

 不良原因となる
カレットの残留箇所



No. 6

OMB濃度 2%
液温 50℃
処理時間 30分

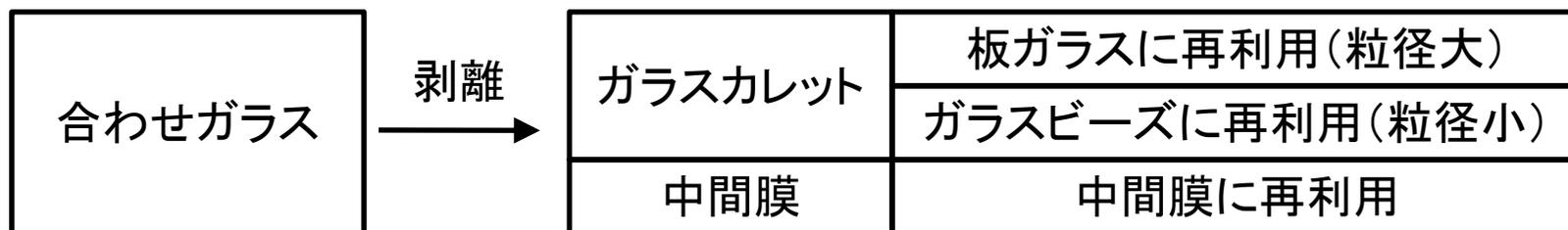


No. 12

OMB濃度 5%
液温 50℃
処理時間 30分

調査研究の総括(1)

- ◆ 量産に適する液温度と濃度が明らかになった
液濃度: 5%、液温度: 50°C
- ◆ 自動車用合わせガラスをガラスとPVB中間膜に剥離し、それぞれを板ガラス原料、ガラスビーズ原料、PVB中間膜原料に再生利用できる可能性が大きいことが判明した。(100%リサイクル可能)
- ◆ 委員会関係者との意見交換によって、ガラスカレットへの量的なニーズも十分にあることが確認された



調査研究の総括(2)

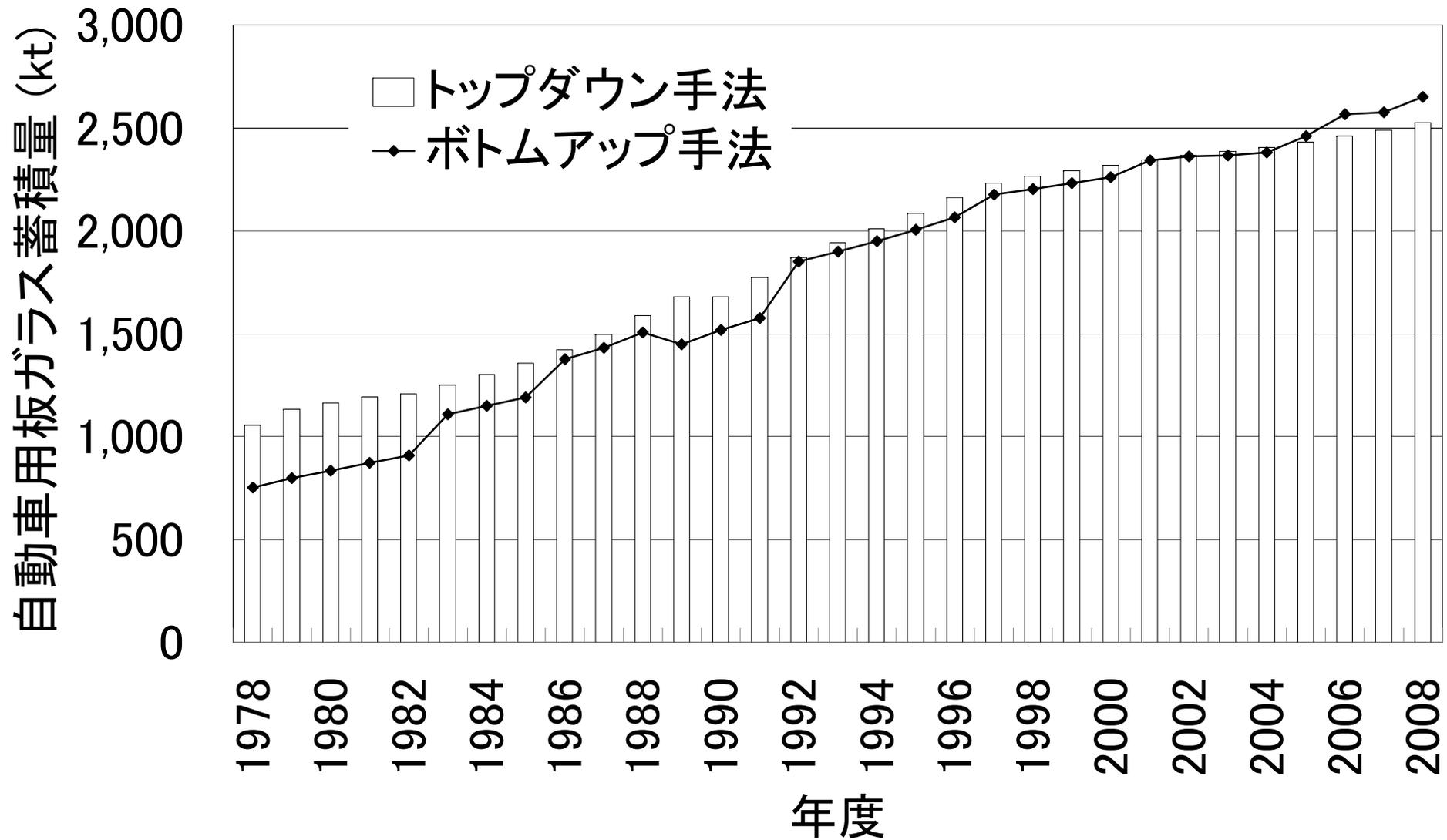
合わせガラスのリサイクルによって次の効果が期待される

- 埋立処分される産業廃棄物(ガラス・PVB) の削減、特に使用済み自動車のシュレッダーダストの削減
- ガラス製造における原料の節約(ガラスカレットの利用)とエネルギー削減(ガラス化エネルギーが不要)
- 原油と二酸化炭素排出量削減
ガラス:原油削減量 19L/t·glass(ガラス化反応エネルギー)
CO₂削減量 2.6kgCO₂/原油1L=49.4kgCO₂ /t·glass
186kg/t·glass(ガラス化過程で排出)
合計 235.4 kg/t·glass
- 中間膜: データが無く、中間膜メーカーの協力を得ての検討が必要

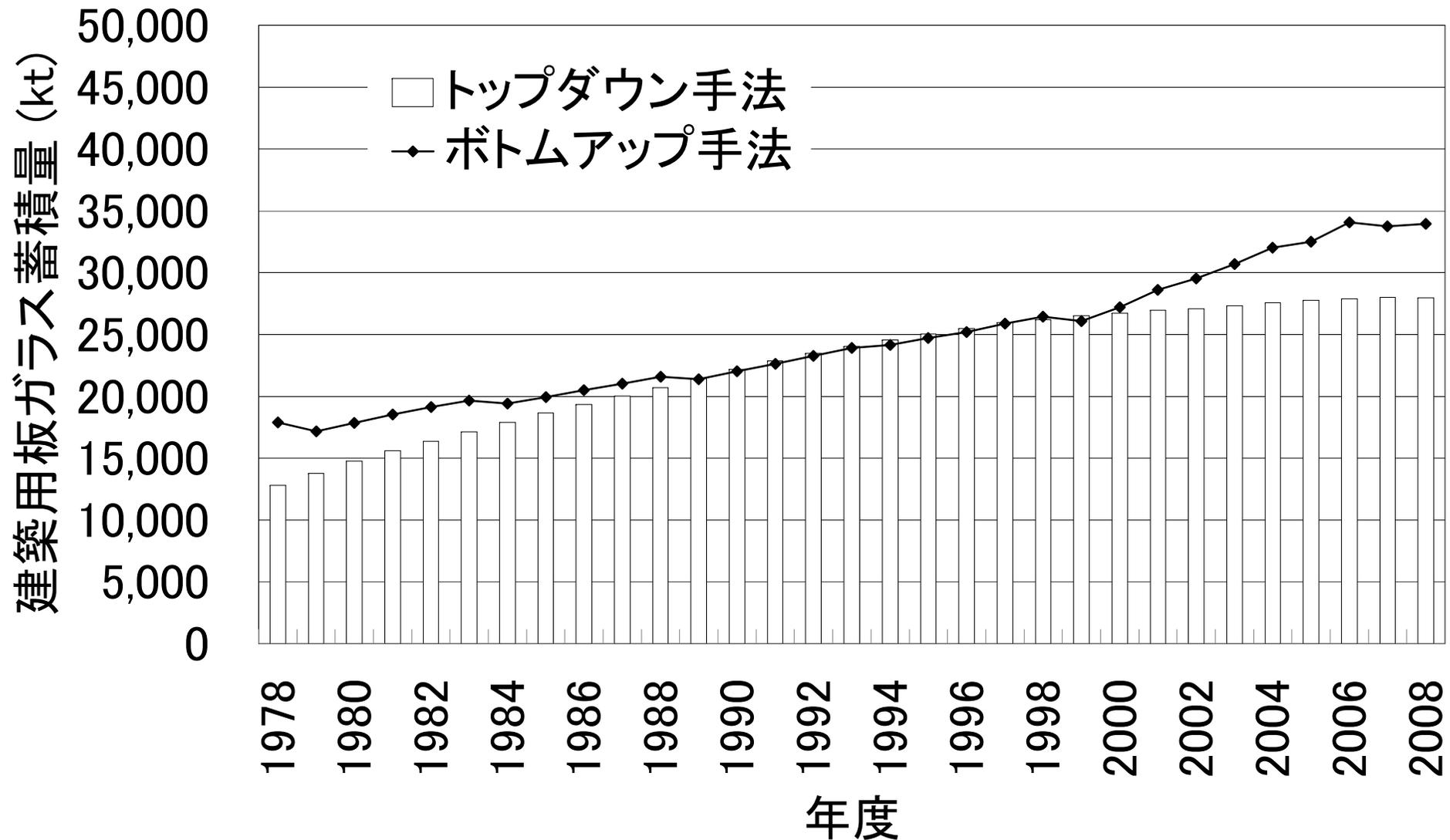
次に検討したのは使用済み自動車 からのガラス回収

- 使用済み自動車(ガラス)発生量(→回収量)の検討
- 環境性の評価(ライフサイクルアセスメント(LCA)による定量化)
- 経済性の評価(キャッシュフロー分析(CFA)による試算)

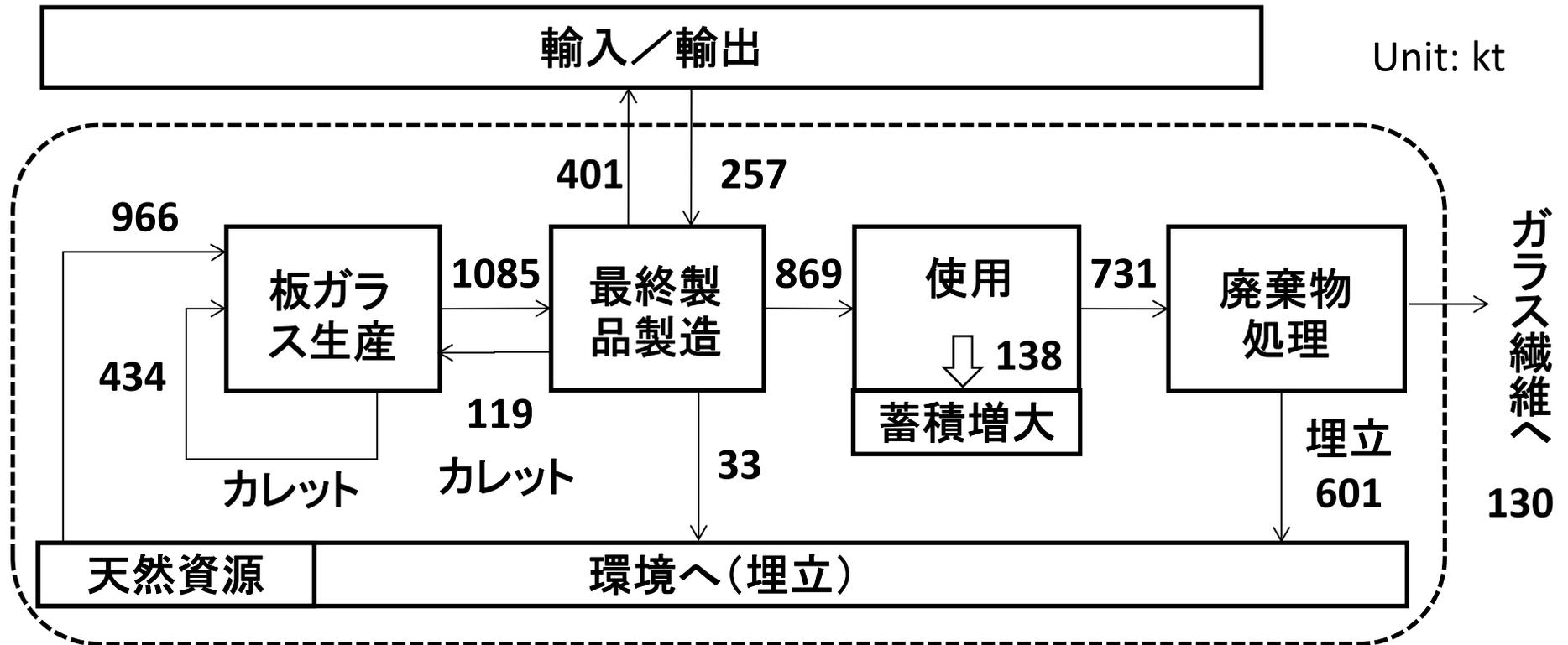
国内自動車に蓄積されている 板ガラスは2.5百万トン



ちなみに建築用板ガラスのストックは 約3千万トン(こちらも検討課題)



国内板ガラスのマテリアルフロー (2008年)



自動車用板ガラスのリサイクル



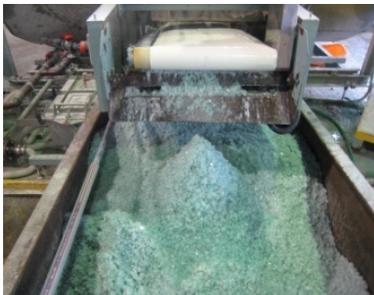
フロントガラス ・ サイドガラス ・ リアガラス
ガラス ・ 中間膜 ・ 銀



異物分離処理(湿式の素材分離)



カレット : 31.9 kg



中間膜 (PVB) : 1 kg



銀 : 2 g



リサイクル施設の位置に関する検討

回収距離が長くなると、カレットの回収量の増加する。また輸送にかかるCO₂の増加、およびコストの増加に影響する。そのためリサイクルの際、回収距離が重要な要因になると考えられる。

自動車解体工場

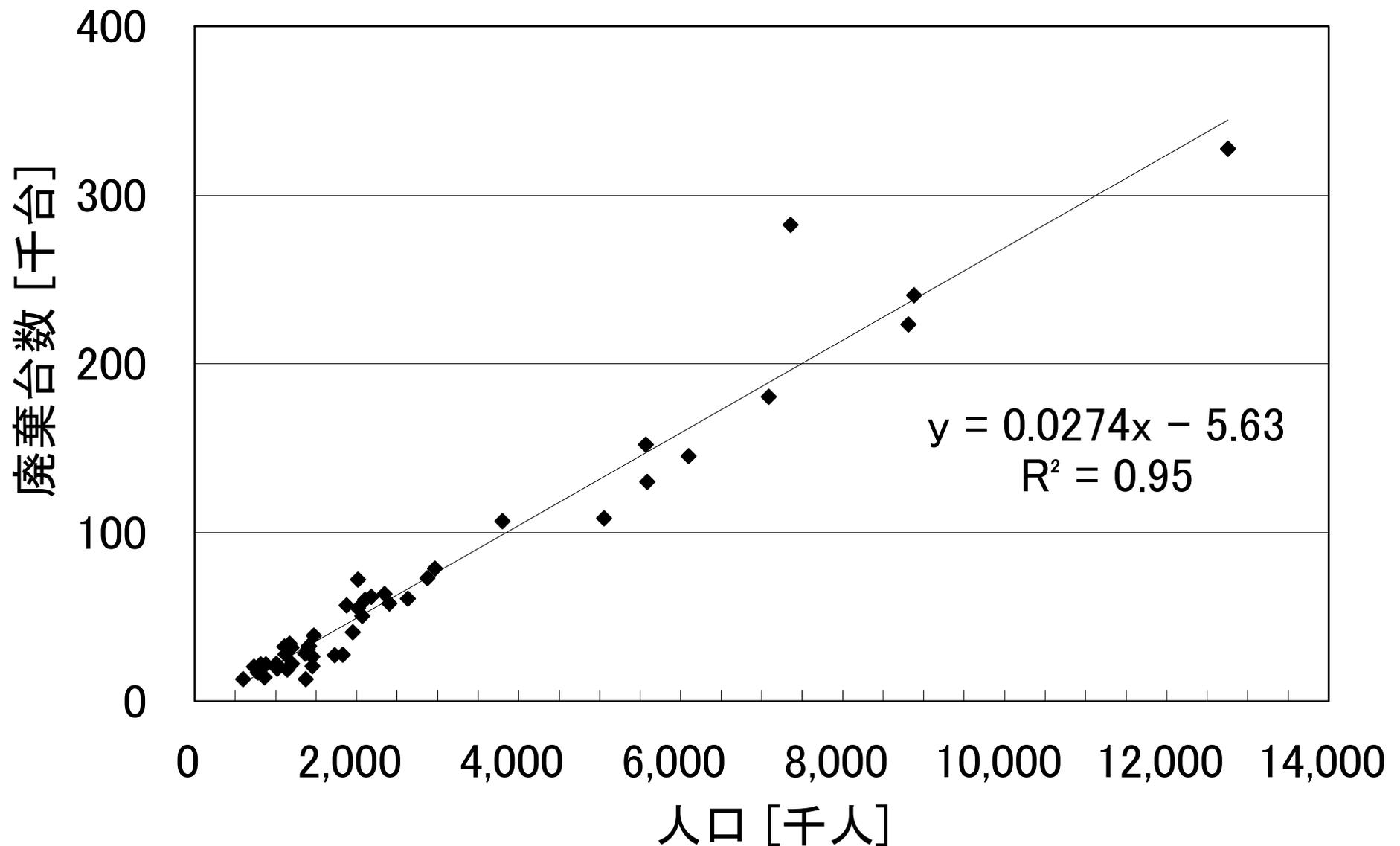


板ガラス工場

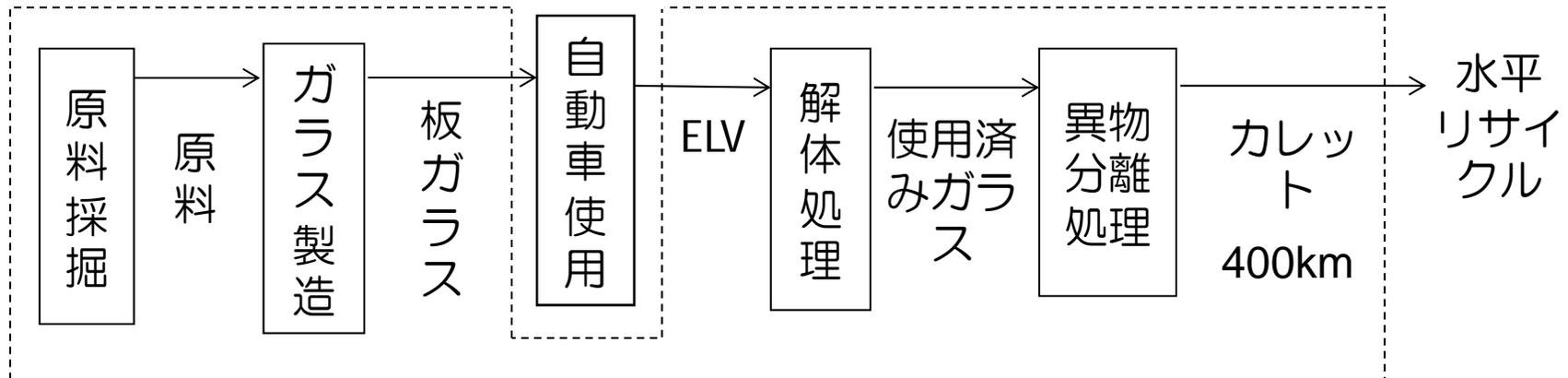
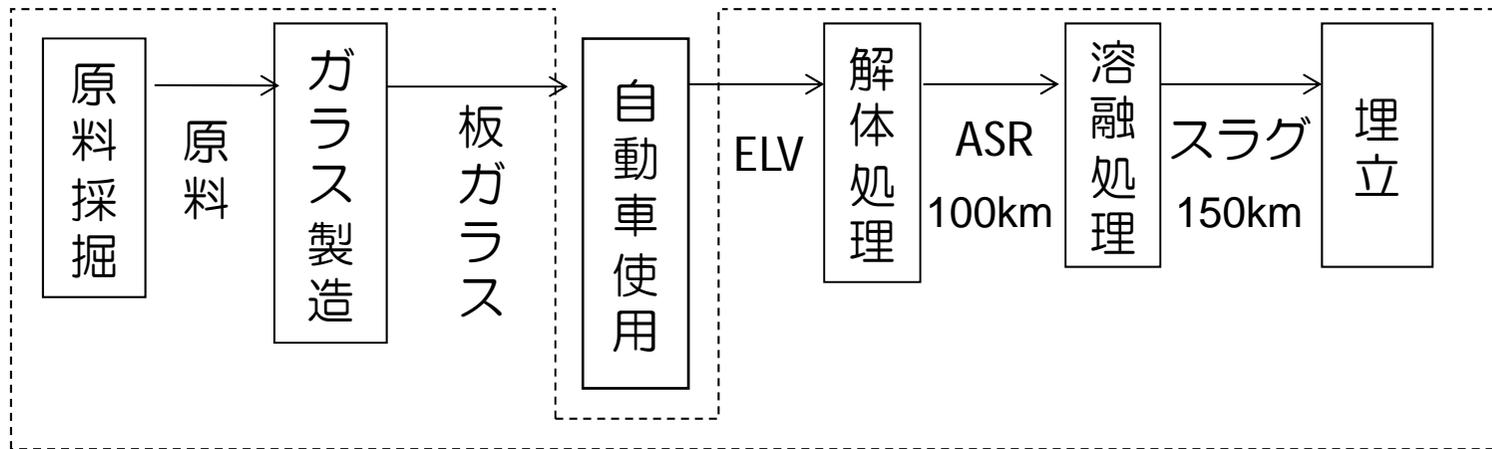


各地域から発生する使用済み自動車由来のカレット量は、人口に比例するとし、回収距離に関する検討を行った。

使用済み自動車の発生台数は 都道府県人口に強い相関がある



環境性評価(LCAの適用)では リサイクルする/しない場合を比較



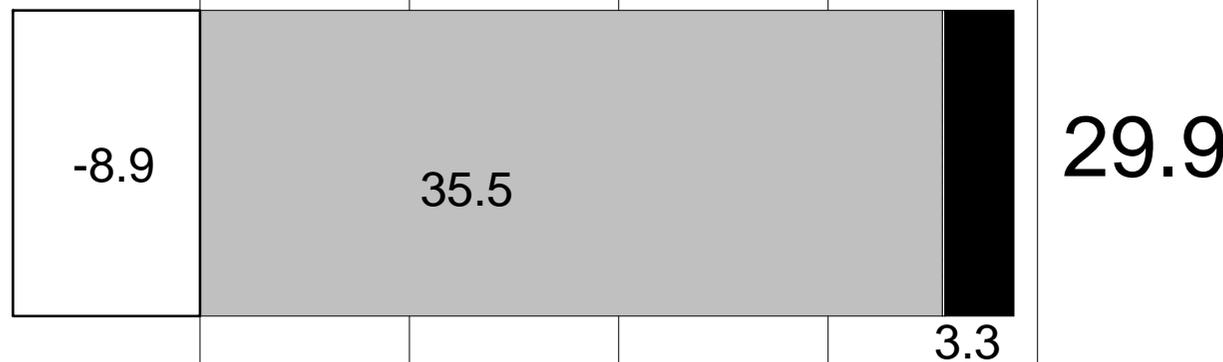
■ ガラス製造

▨ 処理

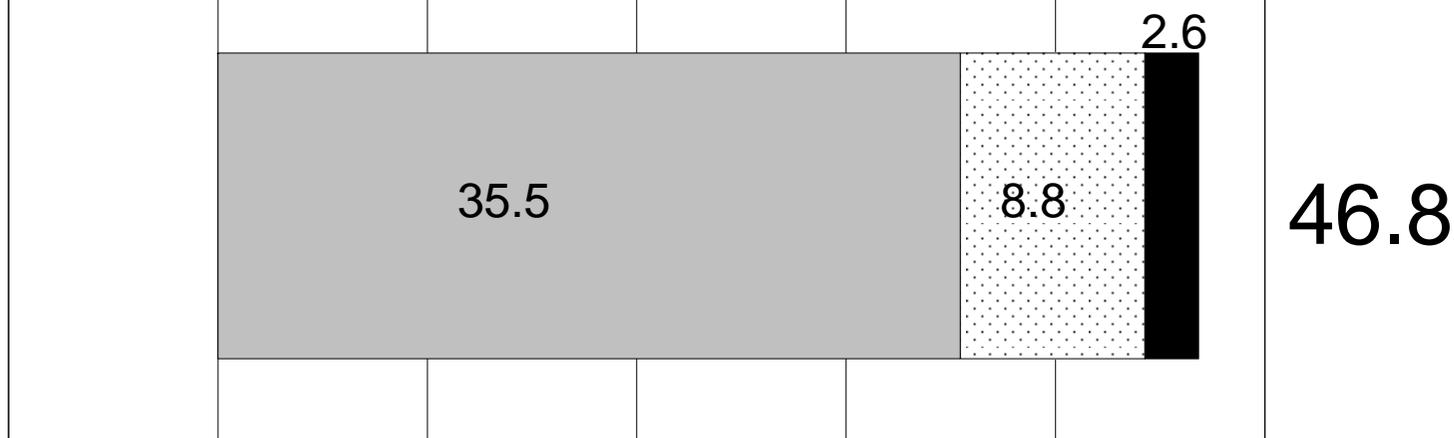
■ 輸送

□ カレット利用による回避効果

リサイクル
した場合



リサイクル
しない場合



-10 0 10 20 30 40 50

CO₂排出量 [kg-CO₂/台]

経済性評価方法 (CFA)



NCF (Net Cash Flow : ネットキャッシュフロー)

= 売上 + 借入調達 - 運営支出 - 借入調達 - 税金支払い - 借入金利支払い - 借入元本返済

IRR (Internal Rate of Return : 内部収益率)

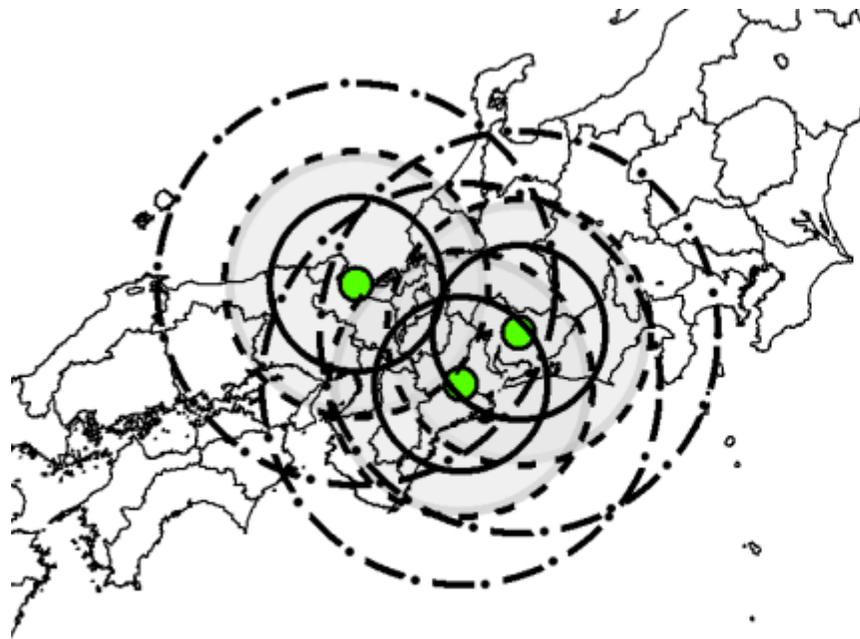
当該事業が支払うことのできる最大利子率を示す指標

IRR > 3% 事業化可能性あり

$$\sum_{i=1}^T \frac{A(t)}{(1 + IRR)^t} - C = 0$$

A(t) : t年におけるオペレーティング・キャッシュフロー
C : 借入金

回収距離に関する考察



凡例

● 自動車用板ガラス工場

■ カレット利用限度

逆有償価格

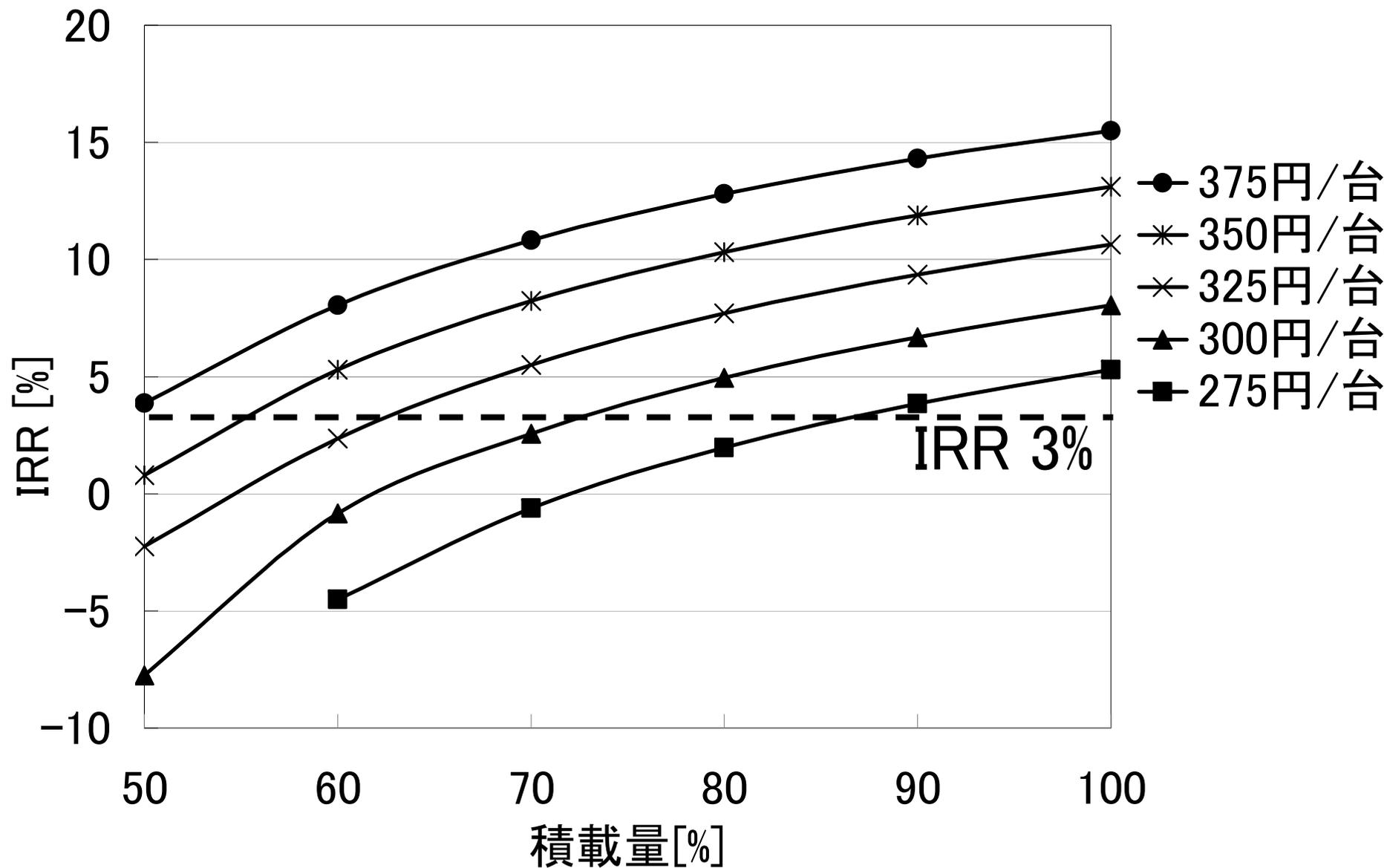
—— 200円/台

- - - - 260円/台

· - · - 300円/台

- ・ ガラス製造工程での外部カレット最大利用可能量:20%と想定。
- ・ 国内で発生した使用済み自動車の100万台超が中古車として輸出されていることにも留意する必要がある。

経済性を考えると逆有償費と積載率 の影響は大きい



ご清聴ありがとうございました。

本日の発表内容の詳細は、以下に示しております。

- H21年 経済産業省委託事業「合わせガラスのリサイクルに関する調査研究」
 - http://www.meti.go.jp/policy/recycle/main/data/research/h21fy/21fy2203-1_cjc/21fy2203-1cjc_skg.pdf
- マテリアルフロー分析（MFA）、環境性（LCA）、経済性（CFA）
 - 日本LCA学会誌、Vol. 6 (4)、(2010) 288-294
 - 日本LCA学会誌、Vol. 7 (1)、(2011) 72-78