

北海道の木造建築物のLCCO₂ 算出に関する研究

背景と目的

- ・国の公共建築物等木材利用促進法による建築物の木造化の推進や道による「ゼロカーボン北海道」の推進はもとより、民間企業におけるESG※投資評価やカーボンプライシング等への先んじた対応などから、建築分野では建設・製造に伴うCO₂排出量が少ない木造建築物の普及が重要となっています。
- ・本研究では、道産木材を活用した木造建築物の普及を推進するため、北海道の実態を踏まえて、木造建築物のライフサイクルCO₂ (LCCO₂) を算出し、その評価を行えるようにします(図1)。

※ESG: Environment, Social, Governanceを考慮した投資活動や経営事業活動。

成果

A. 道内流通建材等のCO₂排出原単位に関する文献調査

- ・ISOやJIS、ENなどの規格を調査し、LCA※に関する計算方法、考え方等について把握しました。
- ・既往の研究から、道内事業者による乾燥製材、集成材、合板などの製造時のCO₂排出原単位を把握しました。
- ・道央圏及び上川地域の廃棄物の種類別のリサイクル率、最終処分率、運搬経路などの情報から、LCCO₂算出のための情報を整理しました。

※LCA: ライフサイクルアセスメント。LCCO₂はこの中の一つである。

B. 木造建築物のLCCO₂の算出

- ・既往のプログラム(MiLCA)を用いて、木造集合住宅をモデルにLCCO₂を算出しました。住宅の運用期間は50年間としました。
- ・算出は、建設時は建材等とデータベースの組合せ、運用時は運用期間の運用方法、解体廃棄時は排出量の算定方法などを設定し行いました。
- ・LCCO₂を算出した結果、総排出量は741t-CO₂eで、建設時と運用時の排出量は同程度でした(図2)。建設時には基礎工事及び内外装工事における排出量が多く(図3)、内訳はコンクリートとEPS断熱材、せっこうボードからの排出量が上位を占めています(図4)。
- ・運用時の内訳(図5)では改修に比べて運用エネルギーが大部分を占めることが判りました。
- ・運搬方法や距離の設定方法、廃棄物の量の計上などの算出上の課題が明らかになりました。

成果の活用

本研究の成果は、北海道や道内市町村の建築物のゼロカーボン施策などに活用されます。

1. 道内流通建材等のCO₂排出原単位に関する文献調査

・ISO、既往の文献調査

2. 木造建築物のLCCO₂の算出

- ・既往プログラムによるLCCO₂の算出
- ・算出のための条件設定
- ・分析、環境影響評価

図1 研究フロー

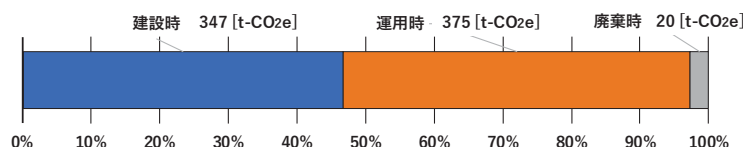


図2 木造集合住宅のLCCO₂算出結果の内訳 (50年運用)

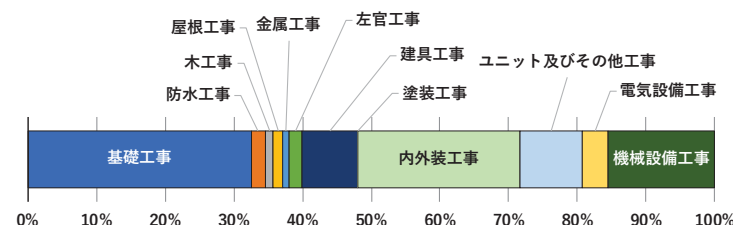


図3 建設時のLCCO₂内訳

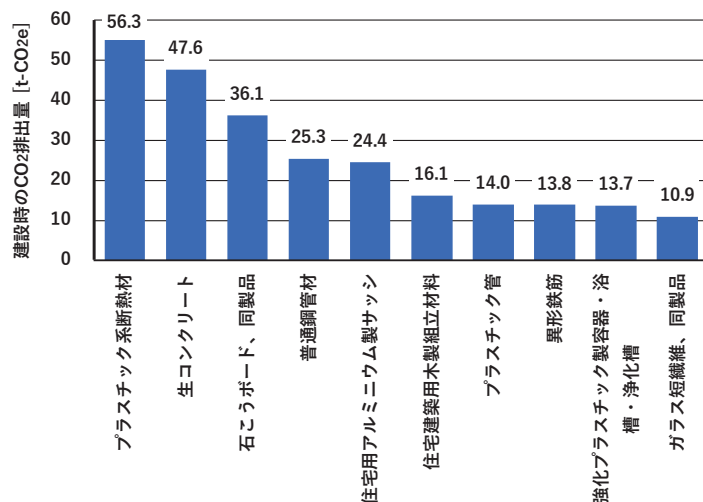


図4 木造集合住宅に使用した建材・材料のCO₂排出量 (上位10件)

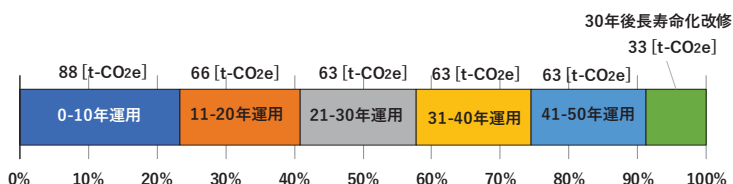


図5 運用時のLCCO₂内訳

ゼロカーボンの実現に向けた北方型住宅に関する研究

背景と目的

- 北海道は住宅が該当する家庭部門のCO₂排出量の割合が全国と比較すると高く、削減が急務です。ゼロカーボン北海道の実現に向けては、北方型住宅の普及を図るとともに、2050年に向けた家庭部門のロードマップを検討する必要があります。
- 本研究では、ゼロカーボン北海道の実現に向けて、北方型住宅2020の普及、ZEH及び省エネ改修等による各種CO₂削減対策を検討し、家庭部門のロードマップの作成を目的とします(図1)。

成果

A. 住宅の仕様とエネルギー消費量の調査

- 2021年に道内で新築戸建住宅を建設した住宅事業者を対象にアンケート調査を実施し、外皮平均熱貫流率及びBEIの実態を明らかにしました。
- 『ZEH』※1を対象に、エネルギーの実測調査を行いました。家電等その他の設備によるエネルギー消費を除けば、ネット・ゼロ・エネルギーを達成していることを確認しました(図2)。

B. 北方型住宅のCO₂排出量の評価・表示方法

- 北方型住宅におけるCO₂排出量の削減を誘導していくため、エネルギー消費量の調査結果や計算により、各種要素技術の導入によるCO₂排出量を定量的に評価し、削減効果をポイント数で表示する方法を検討しました(表1)。

C. ロードマップの作成とCO₂排出量の将来推計

- 2050年のゼロカーボンに向けて、新築戸建住宅の高断熱化やZEH化、既存住宅の断熱改修や設備改修等の各種対策の内容や効果を検討し、ロードマップを作成しました。
- 作成したロードマップに基づきCO₂排出量の将来推計を行ったところ、検討したすべての対策を同時に実施した場合、2050年には2013年比で36%まで低下(64%削減)する結果となりました(電源や燃料の脱炭素化による削減分は除く)(図3)※2。

※1：年間の一次エネルギー消費量が正味ゼロまたはマイナスの住宅

※2：住宅の省エネと再エネ導入による削減効果を検討するため、使用エネルギー当たりのCO₂排出係数は2050年まで一定とした

成果の活用

本研究の成果は、道の民間住宅施策において、施策検討の基礎資料として活用されます。CO₂排出量の評価・表示方法は、道の住宅施策である北方型住宅ZEROに反映されました。

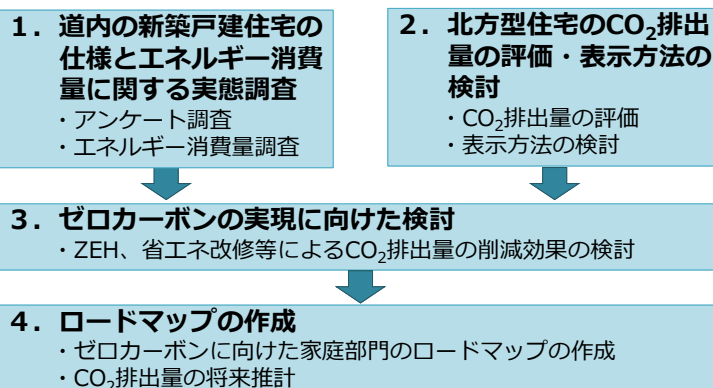


図1 研究フロー

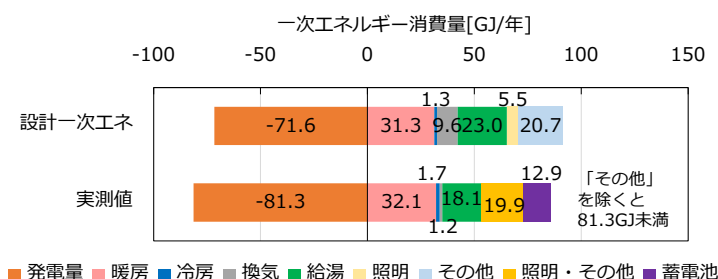


図2 設計時と運用時の一次エネルギー消費量の比較 (『ZEH』の一例)

表1 CO₂排出量削減効果のポイント数

(1) 定量的に評価可能な対策		
	項目	ポイント数
外皮性能の強化	外皮平均熱貫流率 U_A 値を0.28 [W/(m ² ・K)]以下とする	3
	外皮平均熱貫流率 U_A 値を0.20 [W/(m ² ・K)]以下とする	5
	窓の熱貫流率を1.2 [W/(m ² ・K)]以下とし、かつ日射熱取得率 η を0.3以上とする	3
通風・ひさし等の活用	夏季に効果的に通風を行える窓の仕様及び配置とする	1
高効率設備等	採光面に設置する主たる窓に有効なひさしを設置する	1
	第一種熱交換換気システムを採用する	3
	バッシブ換気システムを採用する	1
再生可能エネルギーの活用	太陽光発電設備を屋根面にのみを設置する	3～6
	太陽光発電設備を壁面にのみパネル容量2kW以上を設置する	3
	太陽光発電設備を屋根面と壁面に合計パネル容量5kW以上を設置する	6
	太陽光発電設備に加え時間帯選択式HP給湯機を採用する	5
	太陽光発電設備に加え蓄電池設備を設置する	5
	ソーラーシステムを設置する	5
	地中熱ヒートポンプ暖房機を設置する	2
地域資源の活用	補助暖房として薪や木質ペレット等の木質バイオマスを活用した暖房機器を設置する	1
	主たる構造材に道産木材等を活用する	2
その他	地域特性を踏まえた脱炭素に資する対策	別途設定

※1ポイント=0.1t-CO₂/年=2GJ/年(一次エネルギー消費量換算)

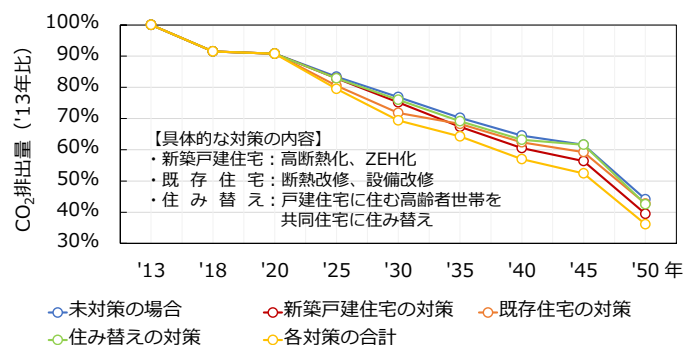


図3 作成したロードマップに基づくCO₂排出量の将来推計

世帯構造変化が家庭部門エネルギーに及ぼす影響の将来推計

背景と目的

- ・北海道では、2040年に高齢世帯が4割近くを占めるなど、世帯構造の変化が予想されています。また、高齢者が居住する戸建て住宅や、サービス付き高齢者向け住宅（以下「サ高住」）、特別養護老人ホーム（以下「特養」）などの高齢者向け住居施設（以下「施設」）におけるエネルギー消費量については、実態が明らかになっていません。
- ・本研究では、高齢世帯のエネルギー消費量の実態を解明し、世帯構造変化がエネルギーに及ぼす影響の将来推計を行います。（図1）

成果

A. 居住者1人あたりの一次エネルギー消費量

- ・実態調査とアンケート調査から、北海道内の戸建て住宅、サ高住、施設における1人あたりの一次エネルギー消費量を明らかにしました（図2）。
- ・戸建て住宅では、単独世帯が2人暮らしの世帯の1.5倍程度となっていました。一方、サ高住では、戸建て住宅の単独世帯よりもやや少ないことがわかりました。特養では、断熱性能、建て方、共用空間の広さなどの理由から、戸建て住宅の単独世帯の1.8倍程度と非常に多いことがわかりました。

B. 一次エネルギー消費量の将来推計

- ・A.で得られたデータを利用し、一次エネルギー消費量の将来推計を行いました。
- ・世帯構造の変化により、現状のままでは、一次エネルギー消費量が若干増加すると見込まれます（表1）。
- ・一次エネルギー消費量の削減対策については、既存戸建て住宅の省エネ化や特養の省エネ化の効果が高いと推計されました（図3：戸建て住宅（65歳以上の単独世帯と夫婦のみの世帯）、サ高住、施設の合算値）。
- ・特養などにおける実態調査では、窓の断熱性能が低いケースや、暖房や給湯の設備の効率が低いケースが見られたことから、断熱改修や機器更新などの対策が考えられます。

成果の活用

本研究の成果は、北海道・道内市町村の住宅やエネルギー施策の検討における基礎資料として活用されます。

1. エネルギー消費量などの実態調査

（エネルギー、断熱・設備仕様、室温など）

- ・戸建て住宅における実態調査
- ・サービス付き高齢者向け高住・高齢者向け住居系施設の実態調査

2. 家庭部門エネルギー消費量に対する世帯構造変化の影響の将来推計

- ・2045年までの一次エネルギー消費量の推計

図1 研究フロー

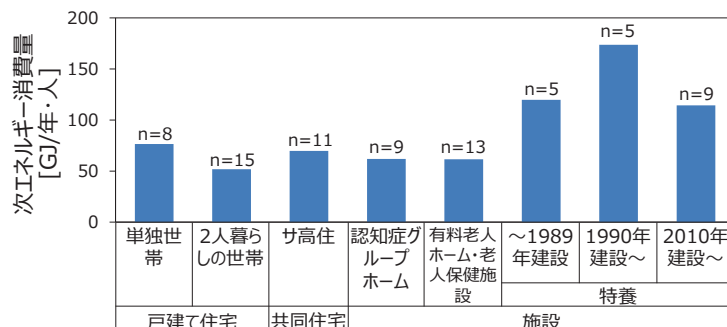


図2 居住者1人あたりの一次エネルギー消費量

表1 世帯構造変化による一次エネルギー消費量の変化

（現状のまま：一次エネルギー消費量が、2020年以降建設の戸建て住宅（世帯あたり）、および、サ高住・施設（一人あたり）において現状と変化しない場合）

		戸建て住宅（65歳以上）			サ高住	施設	合計	
		うち単独世帯	うち夫婦の世帯					
2020年	世帯数[世帯]	453,564	191,204	262,360	居住者数[人]	27,882	129,638	
	一次エネルギー消費量[PJ/年]		15.1	27.8	一次エネルギー消費量[PJ/年]	1.9	10.1	55.0
2045年	世帯数[世帯]	463,091	222,831	240,260	居住者数[人]	28,177	131,011	
	一次エネルギー消費量[PJ/年]		19.9	28.7	一次エネルギー消費量[PJ/年]	2.0	10.2	60.8
世帯あたりの一次エネルギー消費量[GJ/年・戸]※1			70.7	94.5	1人あたりの一次エネルギー消費量[GJ/年・人]※2		61.5	
			98.7	132.0		69.7	173.7	

※1 建設年により異なる ※2 施設の種類の異なる

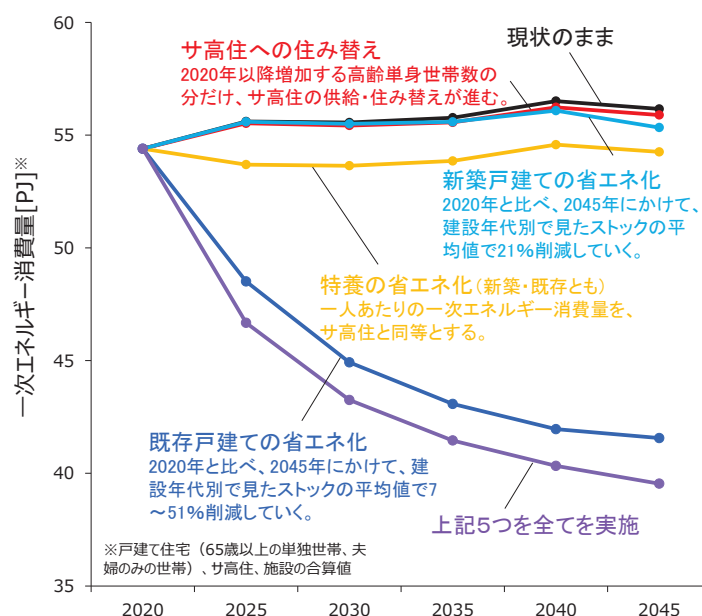


図3 一次エネルギー消費量の将来推計の結果

中高層の木造建築物における通気層の換気効率に関する研究

[共同研究機関] (一社) 日本窯業外装材協会

背景と目的

- ・通気層を設けた構造は、主に低層の木造建築物を対象に用いられています。今後増加が見込まれる中高層の木造建築物において、低層と同程度の通気層の換気効率を確保できるかは確認されていません。
- ・本研究では、3～6階建ての木造建築物を対象に、通気層の換気効率を確保するための要件を明らかにすることを目的とします(図1)。

成果

A. 通気層構成部材の有効開口面積の把握

- ・通気層を設けた構造の種類ごとに、使用される構成部材の組合せを整理し、それぞれの組合せで用いられる構成部材の有効開口面積を実験により把握しました(表1)。

B. 通気層の換気効率の把握

- ・通気層の換気効率を、湿害発生リスクを考慮し、通気量と空気齢※により評価しました。
- ・一般部では、横胴縁や中間目地部材により有効開口面積が著しく小さくならないことがわかりました(図2)。
- ・窓上・窓下部では、縦胴縁に外装材を釘・ねじ留めする場合に最も空気齢が長くなりますが、階間のファイヤーストップ材により局所的な滞留を緩和し、最長の空気齢を短くできることがわかりました(図3)。

※空気齢：室内空気質評価に用いられる指標。室内に取り入れられた空気が室内のある点まで到達するまでに要する平均時間。

C. 換気効率を確保するための要件

- ・6層の建築物において通気層の通気量を確保し、空気齢を短くするための要件を明らかにしました。
- ① 横胴縁とする場合は、外装材を金具留めすること
 - ② 中間目地部材の有効開口面積を6 cm²/m以上とすること
 - ③ 縦胴縁に外装材を釘・ねじ留めする場合は、局所的な滞留を防ぐため、ファイヤーストップ材を設置すること

成果の活用

本研究の成果は、(一社) 日本窯業外装材協会が発行する窯業系外装材の施工法に関する技術資料に反映されます。

1. 通気層の仕様に関する調査

- ・通気層を設けた構造の種類、通気層の構成部材の調査

2. 通気層の構成部材における通気抵抗の把握

- ・通気層の構成部材の有効開口面積把握のための実験

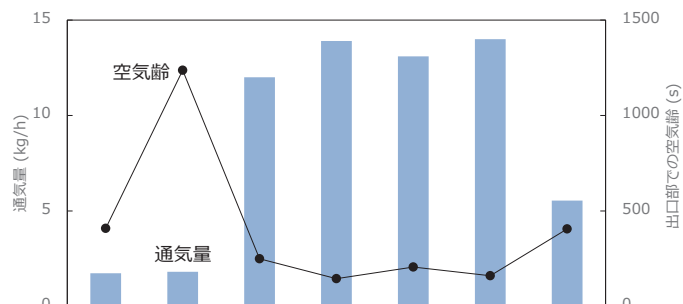
3. 換気効率確保の要件の検討

- ・数値計算による低層建築物と中高層建築物の換気効率の比較
- ・実験による数値計算の検証
- ・空気齢を短くするための要件の検討

図1 研究フロー

表1 通気層の構成部材の有効開口面積 単位 (cm²/m)

通気層の構成部材の種類	縦胴縁		横胴縁		外装横張り	
	釘・ねじ留め	金具留め	釘・ねじ留め	金具留め	通気金具留め	通気金具留め
笠木	97.5～101	-	2.3～2.4	31.2～33.2	-	-
通気見切り部材	10.7～42.8	10.0～44.0	2.1～2.3	10.6～27.2	25.1～44.9	10.0～42.8
横胴縁	-	-	2.3	38.7	-	-
ファイヤーストップ材	6.6	6.1	-	-	6.8	6.8
中間目地部材	-	-	-	-	1.2	5.4
防虫部材	106	94.0	107	94.4	105	105
スターター部材	-	-	-	-	14.0～17.0	5.3～17.0
土台水切り材	81.1	85.3	2.2～2.3	27.9	-	-



ケース名	Case 0	Case 1	Case 2	Case 3	Case 4	Case 5	Case 6
階数	2	2	2	6	6	6	6
胴縁	横	横	横	縦	縦	縦	縦
外装留付け	釘・ねじ	釘・ねじ	金具	釘・ねじ	金具	なし(外装横張り)	通気金具
ファイヤーストップ材	なし	なし	あり	あり	あり	あり	あり+中間階目地

図2 通気層一般部における換気効率の比較(計算値)

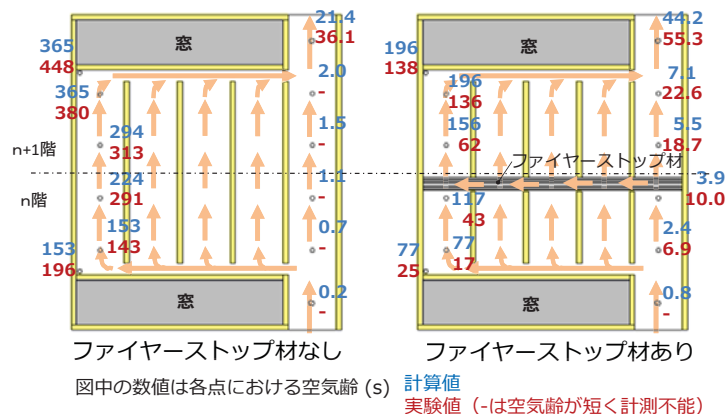


図3 窓上・窓下部の換気効率の比較(縦胴縁の釘・ねじ留め)

最終処分ゼロを目指した建設廃棄物の発生実態に関する調査

背景と目的

- ・道内の建設廃棄物は、再資源化が進んでいますが、依然として産業廃棄物の最終処分量の中で大きな割合を占めています。さらにリサイクルを推進し、建設廃棄物の最終処分量を削減する社会的な仕組みづくりが求められています。
- ・本研究では、上川管内を事例にして、建設廃棄物の発生・処理の実態を把握し、リサイクル率向上のため、建設廃棄物処理における課題を明らかにすることを目的とします(図1)。

成果

A. 上川管内の建設廃棄物の処理状況の把握

- ・全道の電子マニフェスト（令和2年度分）から、上川管内で排出された建設廃棄物の種類、運搬場所、処理方法ごとに排出量を集計し、上川管内の建設廃棄物の処理状況を把握しました(図2,図3)。
- ・上川管内の建設廃棄物は、近隣の最終処分場、または遠方にリサイクルや中間処理のため運搬される場合が多いことがわかりました。

B. 上川管内の建設廃棄物処理の実情把握

- ・道内の中間処理・最終処分事業者を対象にヒアリング調査を行って、上川管内を含む全道における廃棄物処理の実情を把握しました（表1）。
- ・上川管内では、事業者がリサイクルを行うためには、限られた処理費用で、分別の徹底や札幌圏への運搬を実施する必要があり、分別が困難な建材は、そのまま最終処分されることがわかりました。

C. リサイクル率向上に向けた課題の抽出

- ・建設廃棄物処理の実態から次の課題を示しました。
 - 1)社会的な仕組みで対応すべき課題
 - ・上川管内で中間処理施設の拡充・体制の構築
 - ・第二次産業の振興、製造業の誘致によるリサイクル製品の受入れ先と受入れ量の拡大
 - 2)建築技術が対応すべき課題
 - ・分別解体、選別処理の負担を軽減するための建設段階における技術開発

成果の活用

本研究の成果は、令和5～6年度に循環資源利用促進特定課題研究開発基金事業で実施する「最終処分量を削減するための建築材料・工法の検討」で、課題設定・技術検討を行う際の知見として活用されます。

1. 建設廃棄物の実態調査

- ・電子マニフェストによる建設廃棄物の処理状況の調査
- ・建設廃棄物の廃棄物処理事業者へのヒアリング調査

2. 建設廃棄物のリサイクルを高めるための課題の検討

- ・1.の実態に基づくリサイクル率向上に向けた課題の抽出

図1 研究フロー

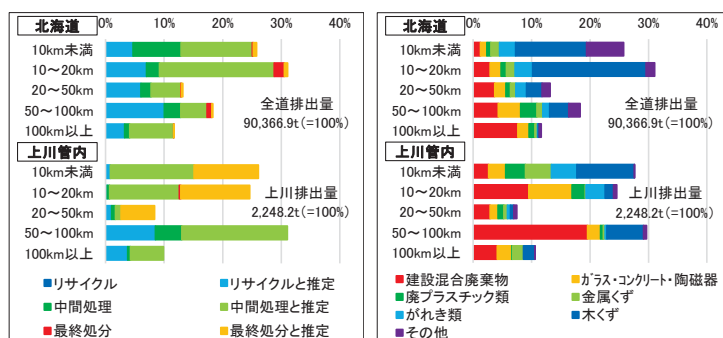


図2 上川管内の建設廃棄物の属性と運搬距離

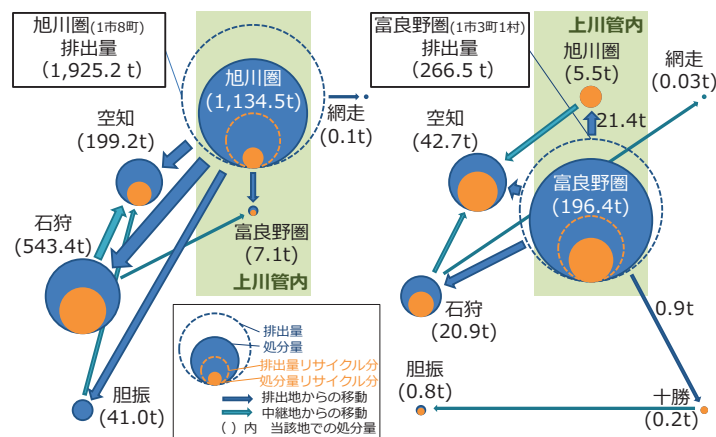


図3 上川管内で排出された建設廃棄物の流れ

表1 廃棄物種類ごとの処理状況（ヒアリング調査）

	上川（3事業者）	道央（4事業者）	函館（1事業者）	釧路（1事業者）
木くず （特定建築資材廃棄物）	助燃材、チップ燃料	RPF(固形燃料)、チップ燃料	RPF,チップ燃料、数嵐	RPF,チップ燃料
紙くず	紙原料		RPF	
繊維くず、廃プラスチック 発泡プラスチック断熱材含む	選別して最終処分		RPF	
アスファルトルーフィング		選別して最終処分		
塩ビサッシ 塩ビ管		選別して最終処分		
塩ビ壁紙		再資源化(管外)※塩ビ管		
金属くず、釘・ビス（磁性）		選別して最終処分		
釘・ビス（非磁性）		選別不可のため最終処分		
コンクリート・アスファルト （特定建築資材廃棄物）	土木資材	土木資材、コンクリート資材	—	砕石
がれき類・ガラスくず、陶磁器くず	土木資材	路盤材	砕石、再生骨材(管外)	砕石、路盤材
石膏ボード	再資源化(管外)	土壌改良材、ボード原料	—	再資源化(管外)
産業系サイディング	フォーミング材	—	—	路盤材
スレート板		選別して最終処分		
蛍光管、石棉含有廃棄物 等		無害化し最終処分(管外)		