

建物はかくしてつくられる

小規模建築にみる部品・部材・材料の流通経路とその構造

構法計画研究室 十文字 萌

1. はじめに

1-1. 研究の背景

建物は多種多様な部品・部材・材料を、数多くの職種や技術で組み立てた一品生産の製品である。また車や電化製品など他製品に比べ寿命が長い。これらの特徴は施工体制¹⁾や建物に用いる部品の生産体制²⁾にも影響を及ぼしており、建築の生産には多業種多企業の人々や物が重層して入り込んでいる。

このように建物を構成する部品・部材・材料の生産から解体までの一連の生産範囲は複雑で、その全容を把握することは困難である。私たちが日々使用する身近な製品である建物は、生産の由来が不明な得体の知れない物体なのである。

1-2. 製品の製造工程を透明化する試み

現在、産業界全体で、環境負荷削減や製品の品質管理の観点から、製品の生産に関する地理的情報やその工程（以下、生産履歴情報とする）を記録・保存する必要があると唱えられ、その指標となる規格や制度が生まれている。代表的な例として、製品やサービスのライフサイクルにわたる品質や二酸化炭素排出量などを定める ISO9001 や ISO14001 がある。また近年では生産範囲の一部または全体の情報を生産者と消費者が共有・活用できるようにする取り組みも多くなっている。食料品製造業でその動きは顕著で、牛肉に牛の個体識別番号や加工工程を記載する「牛トレーサビリティ制度」などがある。これらの生産範囲における履歴情報の開示によって、モーダルシフトなど、各製品の生産体制を見直す動きも出てきている。

1-3. 既往研究

この動きについては、建設業界も例外ではない。野城ら³⁾は建物の生産にまつわる情報を「建築履歴書」として整備する必要性を提唱している。また建物を構成する部材の生産にかかる輸送経路や環境負荷量を明らかにし、生産体制の見直しを迫る研究としては田村ら⁴⁾や清家ら⁵⁾がある。解体時に発生するコンクリートがらなどの副産物に着目し、副産物量や処理経路を明らかにした研究には名知ら⁶⁾がある。このように、建築を含めた産業界全体で製品ごとの生産履歴情報を透明化しようとする取り組みが多く行われている一方、具体の建物に着目してその生産履歴情報を追跡した研究は少ない。また建築に関する生産統計により、建物の年間生産量や主体構造に用いられる材料の年間生産量は開示されているが、それらの情報からは具体の建物の生産履歴情報は知るべきがない。

1-4. 研究の目的

本研究では、実際の建物を対象として、その物的構成および流通経路を追跡し、生産履歴情報を明らかにするとともに、その構造を把握することを目的とする。本研究が対象とする範囲を図1に示す。

1-5. 研究の対象及び方法

建物の生産範囲のうち建設段階と解体段階を対象とし、それぞれの段階にある事例の調査を行う。具体的には、建設・解体現場の調査を行い、搬入・搬出された部品・部材の種類、重量（kg）、搬入・搬出業者を明らかにする。次に文献調査と聞き取り調査を行い、部品・

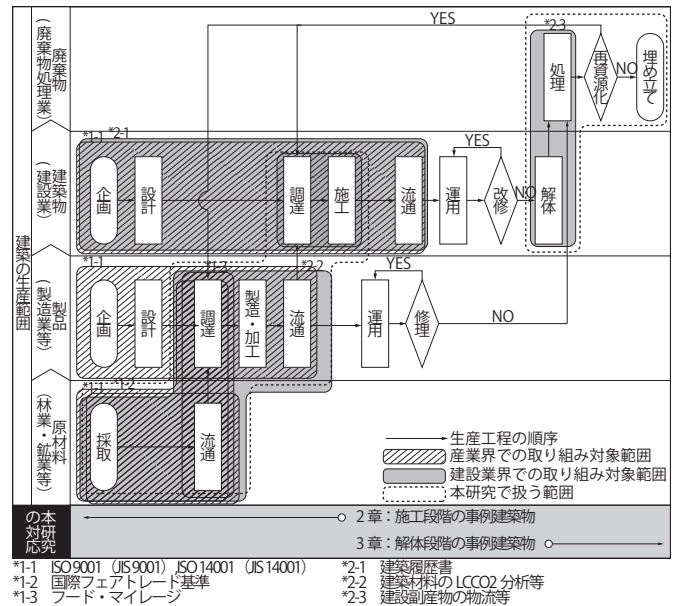


図1 既往の取り組みと本研究の対象範囲

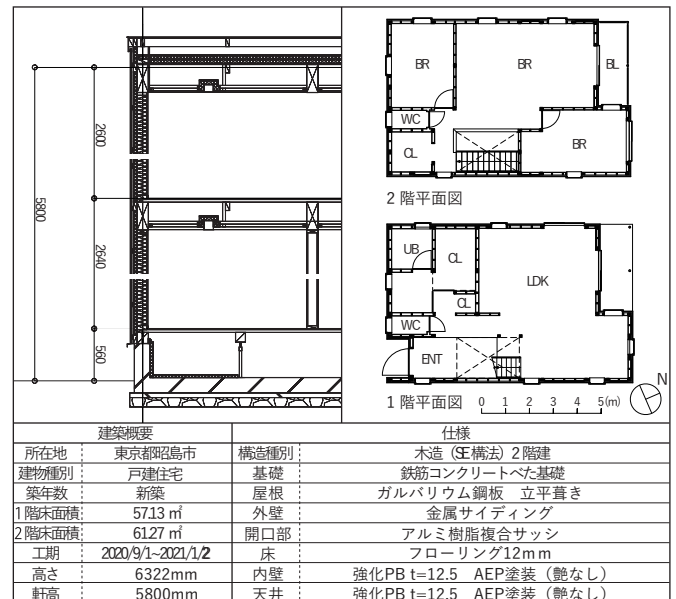


図2 N邸の概要

部材の製造・処理経路地点、輸送距離、経由業者種類などの生産履歴情報を可能な限り追跡する。

2. 建物の建設の過程

2-1. 調査対象事例の概要

建設段階の調査対象とした事例（以下N邸）は、2020年9月に着工し2021年1月に竣工した新築木造戸建て住宅である。N邸の概要を図2に示す。

2-2. N邸の調査の方法

N邸の現場調査期間は2020年9月14日の基礎養生から2020年12月28日の完了検査までの106日間である。調査期間中は

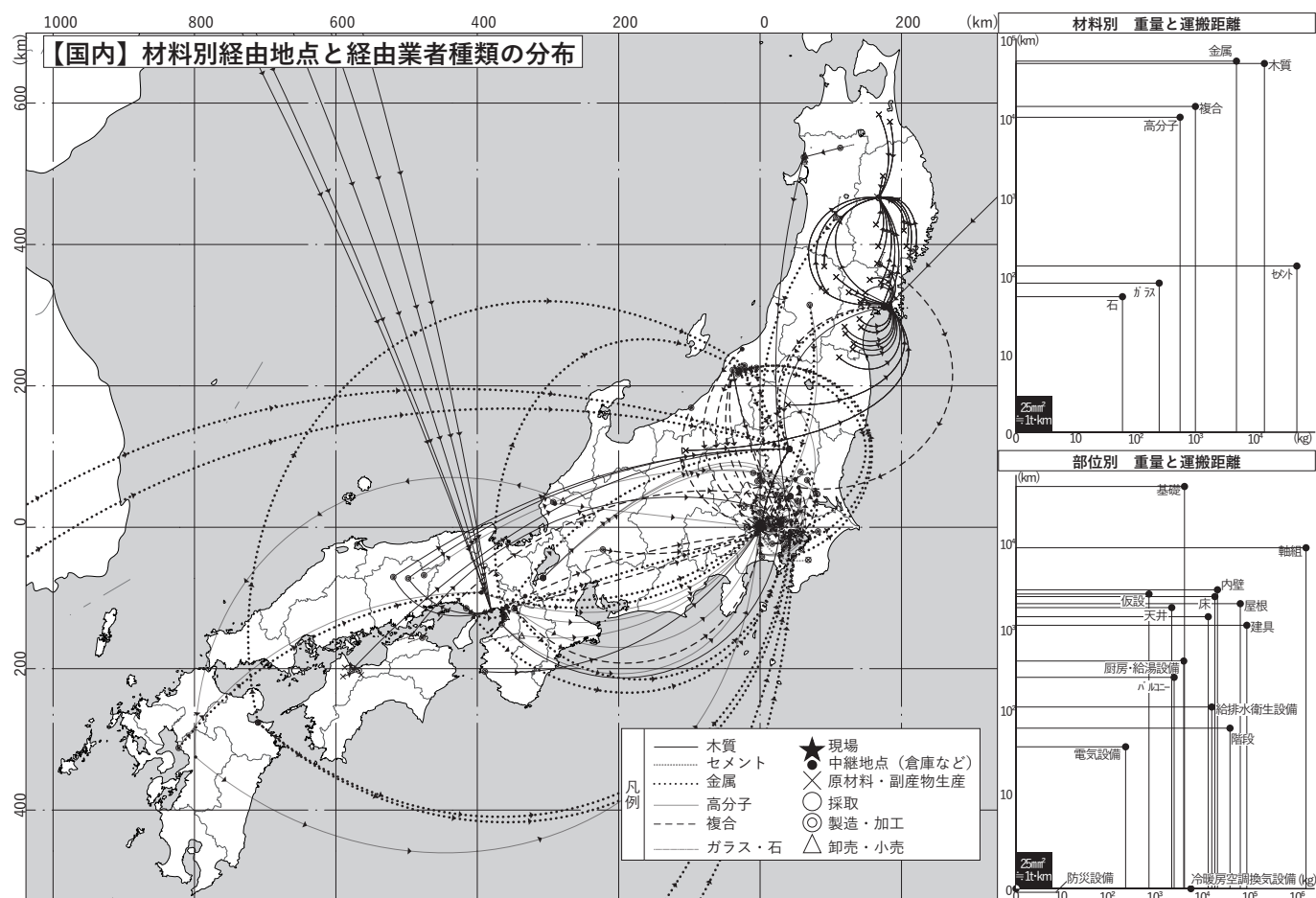


図3 N邸の生産履歴情報

事前にハウスメーカー・工務店から聞き取りした部品・部材の搬入日に合わせて週 2~3 回程度現場に滞在し、搬入部品・部材の種類・重量・搬入業者を記録した。搬入部品・部材の重量計測には最大表示 50kg と最大表示 2kg の 2 種類の台ばかりに加え、最大表示 50kg の吊り下げ式はかりを用いた。搬入部品・部材の重量は、現場へ搬入後、施工業者が部品・部材を開封した際に計測した^(注 1)。ただし、梱包材の重量は含んでいない。

また、施工現場に部品・部材を納品した企業 21 社を対象に部品・部材の製造経由地点や経由業者種類などについてのアンケート調査を行った。またアンケート調査で把握できなかった生産履歴情報については、把握できない要因について同 21 社に聞き取り調査を行った。

2-3. N 邸の調査結果

調査期間内に 474 点の部品・部材を確認できた。それらの生産履歴情報を整理した結果を図 3 に示す。現場調査とアンケート調査（回答率 95.2%：20/21 社）により、確認できた部品・部材のうち重量が明らかになったものが 302 点（63.7%）、生産履歴情報が 1 地点以上追跡できたものが 411 点（86.7%）であった。

なお、生産履歴情報の追跡は、建設現場を追跡の始点「地点 0」とし、遡った倉庫や製造・加工工場などの拠点を順に「地点 1」「地点 2」と数えている。

3. 建設時の流通経路に対する建築部位の構法的特徴の影響

部位ごとの部品・部材点数と総輸送距離、総重量の関係を図 4 に示す。ただし、総輸送距離は追跡できた各地点間の直線距離の総和であり、また総重量は地点 0 に搬入時の梱包材を除いた部品・部材の重量の総和である。

部位ごとの総重量と総輸送距離、総輸送距離と部品・部材点数には正の相関があることがわかる。総重量と総輸送距離についてみると、屋根や軸組など躯体に関係する部位は総重量と総輸送距離が大きい傾向があり、電気設備など設備系の部位は総重量と総輸送距離が小さくなる傾向があった。躯体に関係する部位は部品・部材単体の寸法が大きいため総重量が大きくなり、また部品・部材点数も多いため総輸送距離が大きくなったと考えられる。設備系の部位は部品・部材単体の寸法が小さいため総重量が小さくなり、部品・部材点数も少ないため総輸送距離が小さくなったと考えられる。

一方、階段・基礎・仮設などは総重量と総輸送距離の関係が他の部位と異なる。階段・給排水衛生設備・冷暖房空調換気設備については総重量に対して総輸送距離が大きい傾向が見られ、基礎・天井・仮設は総輸送距離に対して総重量が大きい傾向が見られた。基礎について見ると、N 邸の基礎はベタ基礎であり、総重量は大きい、基礎そのものばかりでなく捨てコンクリートや耐圧盤なども同じレディミクストコンクリートで構成されているため部品・部材点数は少ない。それに伴い総輸送距離も比較的小さいが、基礎の場合はレディミクストコンクリートに用いられる材料の比重など、総重量が大きくなり総輸送距離が小さくなる特有の事情があることが推測される。

これらのことから建設時の流通経路には部品の構成などの構法的特徴が影響していると考えられる。また総重量と総輸送距離、総輸送距離の関係に特徴が見られないものは、なんらかの特有の事情があると考えられる。

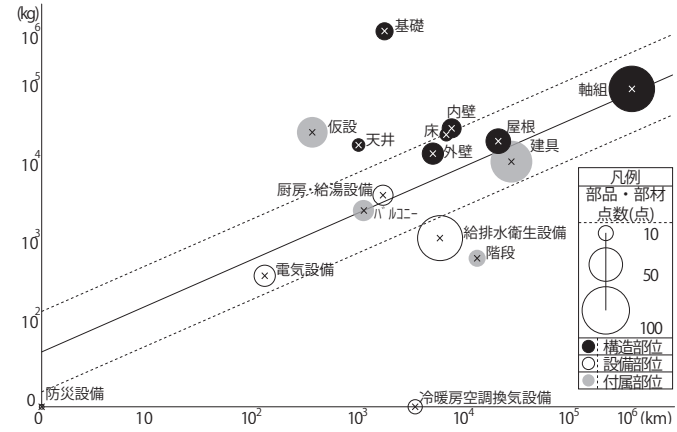


図 4 部位別部品・部材点数・総重量・総輸送距離の関係

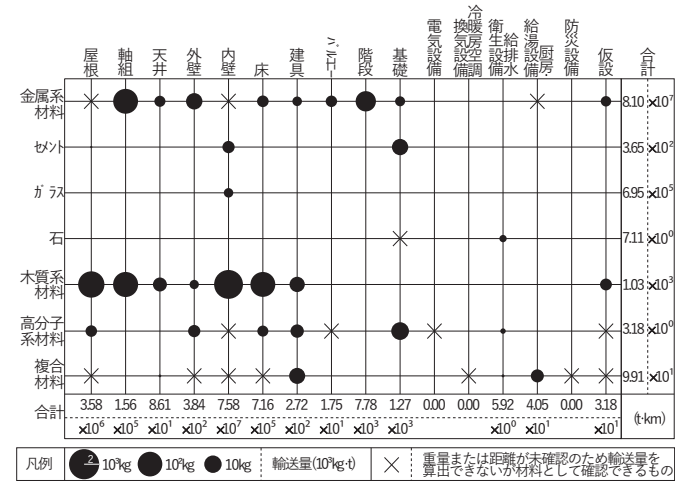
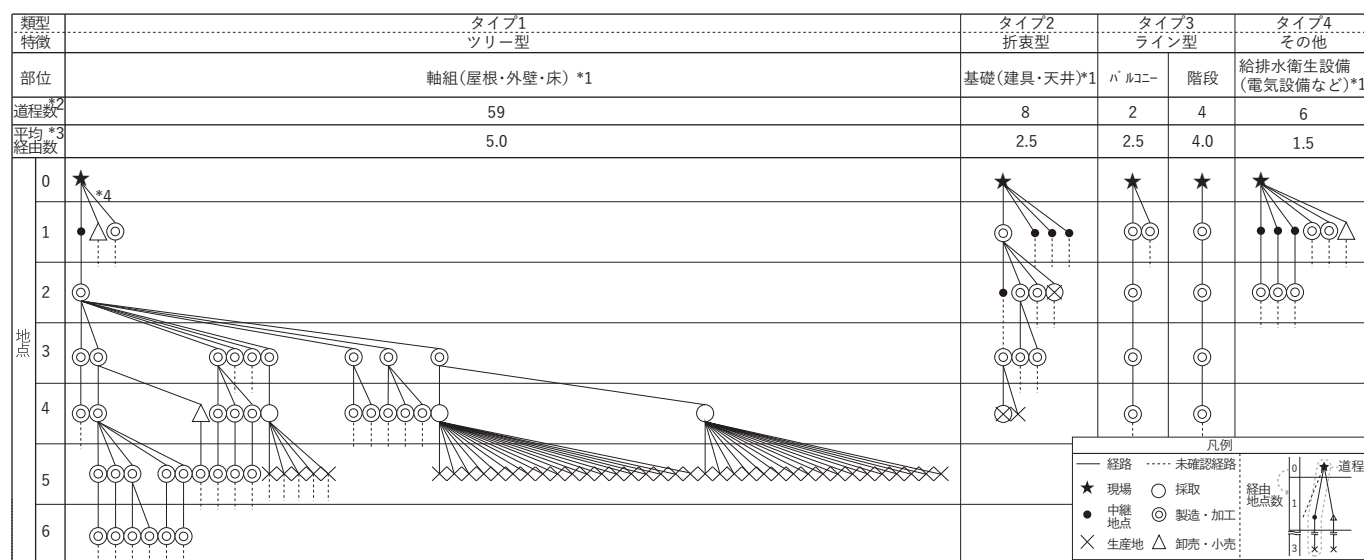


図 5 部位別、材料別に見た輸送量

4. 建設時の流通経路に対する建築材料の特性の影響

総重量と総輸送距離を乗じた値を輸送量 (t·km) と定義し、これを部位別・材料別に整理した結果を図 5 に示す。輸送量を部位ごとに見ると、屋根・内装・床などの部位で大きく、給排水衛生設備などの設備系部位で小さい。またその要因について、材料別の輸送量を見ると木質材料・金属系材料・高分子系材料の輸送量が大きく、セメント・ガラス・石・複合材料は輸送量が小さい。各材料は総重量と総輸送距離の大小により 3 つの分類に分けることができる。総重量と総輸送距離の両方が大きい金属系材料は、材料の比重が大きい傾向があるため総重量が大きくなりやすい。加えて鉄鉱石などの原材料調達を輸入に 100% 依存しており、粗鋼を生産する工場が全国 12 か所の臨海部に集中する臨海指向型の工場立地をとるため、総運搬距離が大きくなる傾向がある。これが金属系材料は輸送量の大きい理由である。総重量が大きく総運搬距離が小さいセメント・ガラス・石は、材料の比重が大きいため総重量が大きくなる。そのため原材料産地近くに工場を構え加工をしたほうが輸送コストを抑えることができ、製造・加工工場が近い範囲に分布する傾向がある。これが運搬距離が小さくなる理由である。それに伴い、全体として輸送量が小さくなる傾向がある。

総重量が小さく総運搬距離が大きい材料には木質系材料・高分子系材料・複合材料がある。木質系材料と高分子系材料は材料の比重が小さいため総重量が小さくなる傾向がある。また材料の調達方法に着目すると、N 邸に用いられている木質系材料のうち 38% を輸



*1 カッコ内は流通経路を記載していないが、各タイプに該当する部位。
 *2 道程数：部品・部材が現場に納品されるまでに辿ってきた経路の部位ごとの総数。
 *3 平均経由地点数：経路が途切れるまでに追跡できた地点数の部位ごとの平均。
 *4 分岐数：地点をまたぐ際に枝分かれする業者の数。

図 6 流通構造のパターン

入木材、22%を東北と四国からの国産材が占めていた。かつては材料の品質により原材料の産地付近に工場が立地していたが、製材技術の発達などから長距離の輸送が可能となり⁸⁾臨海指向型の工場立地が多くとられるようになったため、総輸送距離が大きくなり輸送量も大きくなったと考えられる。複合材料には組み立て工程が多く含まれるため、安価な労働力が大量に確保できる海外などに工場が立地しており、総輸送量は大きくなると考えられるが、今回の調査では総重量や総輸送距離が確認できなかったものが多く含まれたため輸送量は小さくなったと考えられる。

以上のことから、材料の輸送量は部位の輸送量に反映されており、建設段階の流通経路には部位を構成する材料の特性が影響していると考えられる。ただし材料調達以降の流通経路に見られる特性などが総輸送距離へ及ぼす影響は不明である。

5. 建設時の流通経路に対する建築部品の生産体制の影響

各部品の流通経路を整理し、それらをグラフ理論的形狀に従って分類したところ図 6 に示す結果となった。タイプ 1 は経由地点数の増加に伴い分岐数および道程数が増加し、流通経路がツリー型になる部位が該当する。タイプ 2 は経由地点数が増加しても分岐数が一定で道程数が多い、流通経路がツリー型と後述するライン型の折衷型になる部位が該当する。タイプ 3 は経由地点数が増加しても分岐数が少なく、道程数も少ないためライン型になる部位が該当する。タイプ 4 はタイプ 1~3 のような特徴が見られなかった部位である。

タイプ 1 には軸組や屋根などが該当する。このタイプには材料構成が単純で、現場ではじめて組み立て工程が行われる部品・部材が多い傾向がある。また原材料の生産地から部品・部材の製造・加工地点が狭い範囲に分布している傾向がある。タイプ 2 には基礎や建具などが該当する。このタイプには材料構成が複雑で、組み立て工程が現場と製造・加工地点の両方で行われる部品・部材が多い傾向がある。タイプ 3 には階段やバルコニーが該当する。このタイプは材料構成が単純で、プレハブ化された部品が多い傾向がある。また原材料の生産地が海外など、広い範囲に経由地点が分布している傾向がある。タイプ 4 には給排水衛生設備などの設備系の部位が多く該当する。このタイプは材料構成が複雑で、プレハブ化された部品

表 1 部品を納入・発注する企業への聞き通り調査の結果

Q:製品の履歴情報が追跡不可能になる要因についてお答えください。(回答率15/21社)

番号	回答項目	回答数(件)
1	製品の流通経路や原材料の産地を社外に公開していないため。	8(42%)
2	製品に決まった生産地や流通経路がないため。 (時期や価格でその都度原材料の調達場所や流通経路が変わる)	2(11%)
3	所属する会社・部署では与り知らない情報のため。 (製品の履歴情報は他の会社・部署が管理している)	6(32%)
4	製品の履歴情報を記録・保存していないため。 (製品の履歴情報は特に保存していない)	0(0%)
5	その他 ・一次加工品(部品)を購入しているため。 ・部品や部材を取り扱う商社のため。	3(16%)

が多い傾向がある。また原材料生産地や製造・加工地点が広い範囲に分布している傾向がある。

タイプ 1 とタイプ 2 には原材料の生産地までの流通経路を追跡できた部品・部材があり、タイプ 3 とタイプ 4 はなかった。これは部位の流通経路の形状によって流通経路の追跡しやすさが変わること示している。

タイプ 3 とタイプ 4 の流通経路を見ると、卸売・小売業者や製造・加工業者を経由し、経路が途切れている。卸売・小売業者を経由した流通経路は完成した製品を購入知ること部品・部材を調達していることが考えられる。この場合、卸売・小売業者には製品を調達する特異な経路があることが推測され、聞き取り調査の結果より、業者が部品・部材の流通経路を社外や部署外に公開しておらず、流通経路が辿れないと推測される。また製造・加工業者で流通経路が途切れる場合は、該当の製造・加工業者が他の業者から集めた部材・材料の組み立てを行なっていることが考えられる。そのため特異な部材・材料の調達経路や技術を持ち、それらの情報を社外に公開していないことや、調達時のコストにより都度調達の経路が変えていため流通経路が辿れないと推測される。このことから、経由する業者の種類が流通経路の追跡しやすさに影響している。

また調査で確認した部品・部材の総重量・総輸送距離に占める原材料生産地まで流通経路が追跡できた部品・部材の割合を見ると、総重量の 29.4% (20.5t)、総輸送距離の 94.0% (46.3 万 km) に相当する。このことから、総重量が大きく、総輸送距離が小さい部品・部材ほど原材料の生産地までの流通経路が追跡しやすいことが推測

される。つまり、総重量が大きく総運搬距離が小さいセメントなどの材料を多く含む部位は流通経路の追跡がしやすく、重量と総輸送距離の両方が大きい金属系材料や、総重量が小さく総運搬距離が大きい高分子系材料などを多く含む部位は流通経路が追跡しにくいことが分かる。木質系材料は総重量が小さく総運搬距離が大きい材料であるが、原材料の生産地まで追跡できた流通経路がある。これは木質系材料の合法性を証明する必要から、「国等による環境物品等の調達の推進等に関する法律（グリーン購入法）」など生産履歴情報を記録・保存する体制が業者間に普及していたことが影響していると考えられる。

以上のように建設時の流通経路には、経路の形状や経由する業者種類、部品・部材の原材料など、部位を構成する部品・部材の生産体制が影響していると考えられる。

6. 施工時の流通経路にみられる特徴

2章から5章では建築事例の建設現場に搬入される部品・部材を部位ごと・材料ごと・部品ごとに分けて流通経路に関わる運搬距離と重量を集計し、その要因を考察した。その結果、施工時の流通経路には建築の部位の構法的特性や部品を構成する材料の物的特性、部品の生産体制の特徴の3つが影響していることが明らかになった。

7. 建物の解体の過程

解体段階の調査対象とした事例（以下Sビル）の概要を図7に、調査結果の概要を図8に示す。詳細については本論に記載する。

7章では建築事例の解体現場から搬出される部材・材料を部位ごと・材料ごと・部品ごとに分け、その経路を明らかにするとともに、総重量と総輸送距離を集計し、分析した。その結果、廃材の経路にはその構法的特性や、部品を構成する材料の特性、処理体制が影響していることが明らかになった。

8. まとめ

本研究では建設段階・解体段階の建物の調査を通して、その建物を構成する部品・部材・材料の持つ地理的情報やその工程を明らかにし、分析した。その結果として分かったことをまとめる。

- ・建設段階の調査対象事例から474点の部品・部材を確認した。そのうち302点の重量を測定し、総重量は69.7tであった。また411点の持つ地理情報やその工程を追跡し、それらが現場に納品されるまでに経由した総輸送距離は49.2万kmであった。輸送中に各部品・部材が経由した地点数は1137地点（重複あり）であった。
- ・解体段階の調査対象事例から66点の廃材を確認した。そのうち56点の重量を測定し、総重量は2.0tであった。また65点の持つ地理情報やその工程を追跡し、それらが最終処分・再資源化されるまでに経由した総輸送距離は1.3万kmであった。輸送中に廃材が経由した地点数は97地点（重複あり）であった。
- ・以上のように建設段階と解体段階の流通経路の範囲には大きな差がある。建設段階の流通経路には多業種多企業が関わり、材料から建物になるまでの過程に多くの工程と時間を要していた。また地理的な広がり大きい。一方、解体段階の流通経路には廃棄物処理業者のみが関わり、建物から材料や廃棄物になるまでの過程に要する時間は短く、工程数は変動することが分かった。また地理的な広がり小さいことも分かった。

今回の調査は個別の事例を調査したケーススタディであるため、

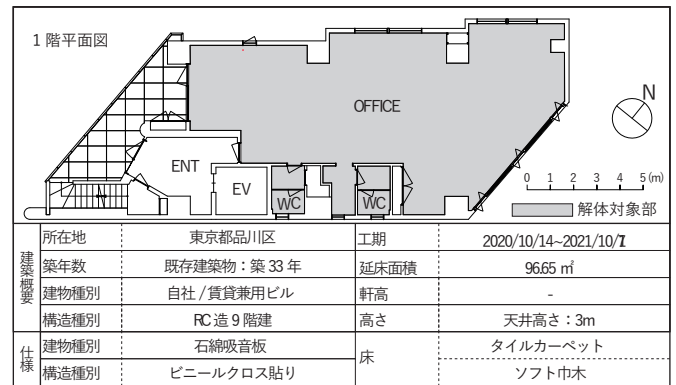


図7 Sビルの概要



図8 Sビルの廃材のたどった経路

今後は事例数を増やし統計的な建物の生産履歴情報を調査することなどが課題として挙げられる。

参考文献

- 1) 古川修：日本の建設業，岩波新書青版495,1963.8
- 2) 内田祥哉，大野隆司，吉田倬郎，深尾精一，瀬川康秀：建築構法 第五版，市ヶ谷出版社，2014.2
- 3) 野城智也：制度イノベーションとしての建築履歴書（＜連載＞建築学鳥瞰），建築雑誌，p90-p93，2008.9
- 4) 名知洋子，田村雅紀：建築生産プロセスを考慮した建築資材の輸送時負荷評価 その1 輸送形態に関する実態調査，日本建築学会大会学術講演梗概集（北陸），p555-p556，2010.9
- 5) 川鍋亜衣子，飯島泰男，秋田典子，清家剛，板垣直行：木造住宅の国産・輸入製材の生産から施工地輸送までの二酸化炭素排出量と算定上の問題整理，日本建築学会技術報告集第16巻第32号，p37-p42，2010.2
- 6) 宮原俊介，宮崎隆昌，名知洋子，中澤公伯：建築解体プロセスにおける建設副産物の静脈物流に関する一考察，日本建築学会技術報告集第16巻第32号，2010.2，p367-p371
- 7) 野口貴文，今本啓一，兼松学，小山明男，田村雅紀，馬場英実：ベーシック建築材料，彰国社，2010.4
- 8) 濱野栄太郎，遠藤日雄：板挽き大型量産工場原木集荷モデル，鹿児島大学農学部演習林研究報告38巻，2011，p27-p43
- 9) 山野明男：わが国における工場立地のパターン，愛知学院大学 教養部紀要 第57巻第2号，1988.11，p35-p49

注

- 注1) 現場で計測が困難であった製品については、図面から得た製品体積と『建築物荷重指針・同解説』，日本建築学会（2015）に記載された建築用材料の比重を参考に算出した。