

地域材を利用した木造建築とその暖房エネルギーの 経済循環性評価に関する研究

岩間 雄介^{*1}, 森 太郎^{*2}, 伊藤 徳彦^{*3}

Research on Evaluation of Economic Circularity of Wooden Building and Its Heating Energy Using Local Timber

Yusuke IWAMA, Taro MORI, Norihiko ITO

In Hokkaido, trees planted after the war are now ready to be harvested and used in earnest, and local revitalization through "local production for local consumption" of timber is being sought. In this study, we focused on wooden building and its heating energy using local timber, and analyzed their economic ripple effects on the region. The target building is a government building in town A. We divided the cases by the type of wood and the type of heating, and analyzed the differences in its economic cyclicity.

Keywords : Economic Ripple Effect, Environmental Scheme, Heating Energy, Wooden Building, Local Timber

経済波及効果, 環境施策, 暖房エネルギー, 木造建築, 地域材

1. はじめに

北海道では戦後造林した人工林が本格的に伐採・利用可能な時期を迎え、木材の「地産地消」による山村地域の活性化が模索されている。特に公共建築における木材利用は増加しつつあり、暖房エネルギーに木質バイオマスを利用する事例も増え続けている。北海道のような積雪寒冷地ではその厳しい気候に対応するため、建築物の断熱性能と暖房エネルギーを同時に考察する必要がある。また、人口減少局面を迎えている地方都市では財政は疲弊しており、執行する施策を定量的に評価する仕組みが不可欠である。そこで本研究では庁舎建築建設とその暖房エネルギー自給策への評価の指標として、その地域へ及ぼす経済波及効果について着目し、適切な施策判断を行うための知見を得ることを目的とする。

2. 地域内経済波及効果

2.1 産業連関表作成

本報告では、平成 23 年道北圏産業連関表を使用し、地域の経済波及効果を試算した。A 町の産業連関表は農業統計、農林センサス、経済センサスの統計データを用いて、道北表をダウンサイズする形で作成した。

2.2 A 町の産業分析

作成した産業連関表から影響力係数と感应度係数の 2 つの係数を求めた。両係数の重みは 1:1 である。影響力係数は各産業の需要 1 単位が地域経済に与える影響力を示す。係数が 1 より大きい産業は影響力が平均より大きい産業である。感应度係数は全産業の 1 単位の需要増による各産業の感应度を示す。係数が 1 より大きい産業は感应度が平均より大きい産業である。図 1 に対象地域産業の影響力係数、感应度係数を分布さ

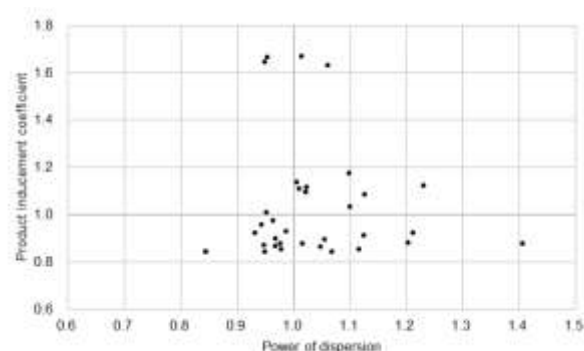


Fig.1 Power of dispersion and Production

*1 釧路工業高等専門学校創造工学科 助教

*2 北海道大学工学部工学院空間性能システム 准教授・Ph. D.

*3 一般社団法人北海道開発技術センター・Ph. D.

*1 Assistant. Prof., Kushiro Technical High School

*2 Assoc. Prof., Graduate School of Engineering, Hokkaido Univ

*3 Hokkaido Development Engineering Center

せた散布図を示す。横軸が影響力係数、縦軸が感応度係数である。表 1 に第一象限に位置する産業を示す。表 1 に示される産業は 2 係数が共に 1 以上である産業であり、需要が喚起された時に他の産業へ与える影響、他の産業から受ける影響双方ともに平均を上回る産業である。すなわち、地域経済に最も貢献する産業と考えられる。

表 1 には林業、製材業、窯業・土石業、建設業が含まれ、木造建築の需要が喚起された場合に、地域の経済に大きな影響を及ぼすことが推察できる。

3. 地域材を用いた庁舎建築の経済波及効果

3.1 対象建築

分析対象である A 町の庁舎は町産材を使った在来軸組工法によって建設された。町産材を利用した地域経済の活性化と、在来工法を採用したコストダウン、地域の職人による施工を実現している。また、その暖房エネルギーも町産木質チップを使ったボイラーを使って賄われており、チップの乾燥もボイラーの余熱を利用している。

3.2 A 町庁舎の年間暖房エネルギー費用計算

A 町庁舎の年間暖房必要エネルギー量を以下の式で算出した。また、暖房エネルギーの種類による比較を行うため、木質チップ、灯油双方で暖房する場合のエネルギーを求めた。表 2 に A 町庁舎の断熱仕様、表 3 に暖房仕様を示す。まず、建物の内部発熱を以下の式で求めた。

$$H_{in} = H_{cal} \cdot N_{emp} + O_{pc} \quad (1)$$

次に、下式により建物の熱損失を求めた。

$$Q = \sum_{i=1}^n U_i \cdot A_i + V_r \cdot N_{emp} \cdot C_v \cdot \eta_t + V \cdot L_{in} \quad (2)$$

(1)(2)より、 A_{dd} を算出するため自然上昇温度を求めた。

$$\Delta\theta = H_{in}/Q \quad (3)$$

次に $\Delta\theta$ をふまえた A_{dd} を算出し、それを用いて年間暖房負荷を次のように求めた。

$$H_{all} = (A_{dd} \cdot Q \cdot A \cdot 24)/1000 \quad (4)$$

年間暖房費(木質チップ)を下式で求めた。

$$H_p = (H_{all}/(C_w \cdot B_e)) \cdot C_p \quad (5)$$

したがって、年間暖房エネルギー費は下式となった。

$$E_y = H_p + O_p + T_p \quad (6)$$

表 4 に結果を示す。

4. 波及効果の結果と考察

以上のデータを用いて、その地域に及ぼす経済波及効果を算出した。波及効果のケースとして、使用する木材を地域材、混合材、外材の 3 種に場合分けした。地域材とは建設、暖房に使用する木材を全て地域内から調達することを指し、産業連関表の林業、製材部門の移輸入率をゼロにすることで算出した。混合材は移輸入率を変えず、外材は移輸入率を 100%とした。建物の運用年数は 60 年とし、暖房エネルギー費に 60 を乗じて効果を求めた。また、波及効果は A 町単体、道北圏の双方を求め、対象地域の規模の違いによる効果を分析した。

1) 庁舎建設による波及効果

庁舎建設費による経済波及金額と波及倍率を図 2 に示す。棒グラフが波及金額を表し、色の濃淡は経済波

Table1 Industries in 1st quadrant

Industry	Power of dispersion	Production inducement coef.
Agriculture	1.06	1.63
Forestry	1.01	1.14
Mining	1.02	1.12
Lumber	1.23	1.12
Ceramic	1.13	1.08
Steel	1.10	1.18
Sewage	1.02	1.10
Transport	1.01	1.67
Construction	1.10	1.03

Table3. Specification of Heating

Lower calorific value of Chip [kWh/kg]	2.78
Lower calorific value of Kerosene [kWh/L]	9.5
Thermal efficiency of Boiler [%]	93
Bulk density of Chip [kg/m ³]	280
Unit cost of Chip [JPY/m ³]	4000
Unit cost of Kerosene [JPY/L]	95
A-chou Degree Day [Day・℃]	3869
Caloric value of human body [W/Num]	100
Employee Number	110
Office Hour [h]	9

Table2. Model building Insulation specifications

Element	Insulation	U-value	Area
Window	Low-e pair glass	2.33 [W/(m ² ・K)]	216 [m ²]
Sash	Resin sash		
Wall	Grass Wool 32k (45mm) + 16k (120mm)	0.221 [W/(m ² ・K)]	1446 [m ²]
Roof	Urethane (111mm)	0.207 [W/(m ² ・K)]	271.7 [m ²]
Foundation	Polystyrene (75mm)	0.373 [W/(m ² ・K)]	271.7 [m ²]

Table4. Specification of A-chou government building

Structure	Number of Employee	C-Cost [Mil]	Q-value[W/m ² K]	YE Cost (Kero) [Mil Y]	YE Cost (Chip) [Mil Y]
Conventional Wood	110	1324	1.33	3.29	2.38

及圏域の差異を表す。薄灰色がA町、濃灰色が道北圏を示す。黒い折れ線は波及倍率を示す。A町、道北圏共に、地域材を使った場合の波及効果が最も大きかった。また、A町と道北圏で波及効果に大きな差が出たが、これは道北圏の方がA町単体と比べて多様な産業群を包括するため、建設業の需要増に伴う他産業への波及が広がったことが原因と考えられる。また、地域材、混合材、外材による差は大きくは開かなかった。これは、建設業の需要増による、林業、製材業への投入率がそれぞれ、0.007%、1.6%と低いことが原因と考えられる。平成17年度北海道建設部門産業連関表による非住宅建築(木造)の投入率はそれぞれ0.02、6.7%であるため、実際にはより大きな差が出ると推察できる。

2) 暖房エネルギー費による波及効果

暖房に使用する木質チップを地域材、混合材、外材に分けし、更に灯油で暖房を行った場合を加えて経済波及金額を算出した。結果を図3に示す。色の濃淡の区別は1)と同じであり、一番薄い色は暖房エネルギー費を指す。左のグラフから地域材を利用すると波及効果がより高くなることが分かる。しかし、混合材を選択すると、道北圏ではコスト以上の波及効果は見られなかった。これは、道北圏全体ではA町ほど、製材業の自給率が高くないためであり、林業を主体とするA町の産業特性が出た形となった。また、外材、灯油の場合は、A町、道北圏ともに経済波及効果が地域材と比べて約十分の一になった。これは、暖房費に投入したコストが地域外に多く流出することを示している。

5. 木材による経済波及効果

5.1 A町産材について

次にA町庁舎建築に使用された木材による経済波及効果を分析した。表5に建設に使われた木材の種類と量、金額を示す。A町庁舎建築に使用された木材は、カラマツ、トドマツ、樺、ナラの4種で全て町産材である。使用量は羽柄材等で使用されるトドマツが最も多いが、主要構造材には全てカラマツが使用されている。金額は平成30年度木材流通統計調査より、材の種

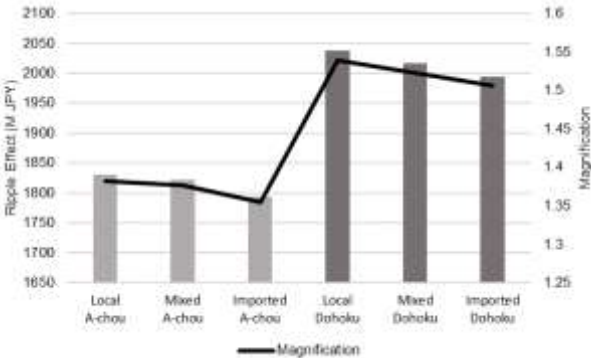


Fig 2. Construction ripple effect

別ごとの木材流通業者の販売金額を出荷量で除し、単価を推計した。図4に木材種別ごとの単価を示す。

5.2 町産材の考察

A町庁舎で使われた木材は全て町産材であるが、Cross Laminated Timber(以下CLT)のみ工場がA町内に存在しないため、加工を他地域に頼っている。そのため、CLT材がA町に及ぼす需要額はCLTの原材料入荷金額(CLT Raw wood)を元に算出した。推計した木材総需要の金額は5千7百60万円であり、これは

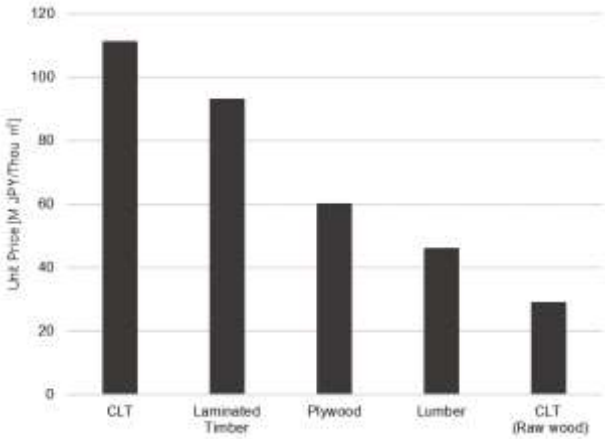


Fig 4. Unit cost of Timber

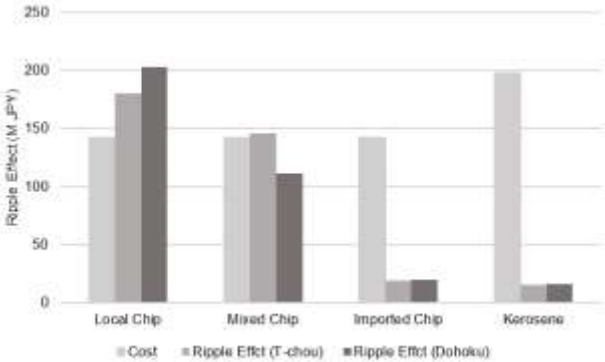


Fig 3. Heating energy ripple effect

Table5. Wood for construction

Material	Tree species	Quantity[m³]	Amount[MJPY]
Laminated timber	Larch	287.4	26.7
CLT	Larch	4.0	0.1
Lumber	Larch	27.7	1.3
Furring	Sakhalin fir	311.1	14.3
Plywood	Sakhalin fir	239.1	14.3
Flooring	Birch	11.1	0.5
Stairs	Oak	1.6	0.1
layer panel	Larch	5.8	0.3
Total		887.8	57.6

総建設費 13 億 2 千 4 百万円のうちの約 4.3%を占める。本研究で作成した地域産業連関表の建設部門における木材・木製品の投入率は約 1.6%である。このことから、4 節で算出した建設費による波及効果よりもより多くの経済循環が起きていると推察できる。また、図 4 より、CLT や集成材などの **Engineered woods** がより高い付加価値を持っていることが分かる。特に CLT は原材料の 4 倍近い価値が付いている。A 町庁舎における CLT の使用量はわずかなため(約 0.5%)、影響度は少なかったが、今後の建設事業において CLT の使用量が増えるほど、地域内に CLT 工場を持たない影響が大きくなるかと推察できる。

5.3 町産材による波及効果の結果と考察

以上のデータを用いて、木材単体が地域に及ぼす経済波及効果を算出した。使用する木材は 4 節と同様に、地域材、混合材、外材の 3 種に場合分けし、波及効果の範囲も A 町と道北圏に場合分けした。図 5 に結果を示す。

左のグラフより地域材のみを使用した際、波及効果が最も高かった。波及地域を A 町と道北圏で比較した際には、顕著な違いは見られなかった。これは、木材・木製品産業の投入構造に木材産業と林業が多く含まれている(投入量の約 40%)ためである。木材需要の増加がさらなる木関連産業の需要を喚起する構造となっているため、林業を基幹産業とする A 町に多くの経済循環が生まれていると推察できる。また、混合材を選択した場合にも A 町では波及効果が高くでた。これは、作成した地域産業連関表において A 町の木材・木製品産業、移輸入率が 0%であるためである。商業マージン、運輸マージンを除いた全ての需要が直接域内に投入されるため、効果が大きくなった。地域材との違いは林業の移輸入率の差が出たためである。地域材においては林業も移輸入率 0%として計算していたが、混合材の場合は 48%となる。つまり、林業に換気される需要の約半分が地域外に流出しているためである。混合材において波及効果を道北圏域でみると A 町より小さくなった。これは道北圏域では木材・木製品の移輸入率が 43%と高いことが原因である。木材需要の半数以上が域外に流出するため、投入コストよりも波及効果が低くなる結果となった。外材を利用した場合、A 町、道北圏双方とも波及効果が小さくなり、木材需要の多くが域外に流出することが分かった。

6. 結論

- 1) A 町庁舎を地域材を用いて建設することにより、その地域に建設コストの約 1.4 倍の経済波及効果があることがわかった。また、この効果は道北圏まで範囲を広げるとより大きくなることが分かった。
- 2) A 町では暖房エネルギー源として地域材を選択すると、灯油に比べて約 10 倍の経済波及効果があること

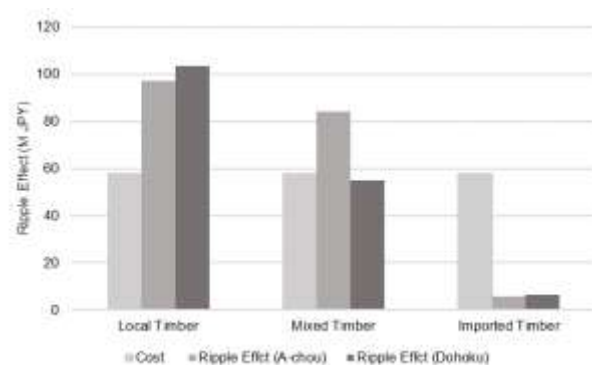


Fig 5. Timber ripple effect

がわかった。

- 3) A 町では暖房エネルギー源として混合材を選択すると、道北圏全体よりも高い経済波及効果があることがわかった。
- 4) 木材流通統計より、CLT、集成材などの **Engineered wood** がより高い付加価値を持つことが分かった。
- 5) A 町庁舎建築で使用された木材需要額の推計よりカ経済を対象として 1936 年に発表したものでり、A 町地域内に CLT 加工工場が存在しない影響がわずかであったことが分かった。しかし、これは庁舎に CLT の使用量が少なかったことが原因である。
- 6) 木材の需要増による波及効果は地域材を利用することで最も高くなることが分かった。
- 7) 道北圏域における木材需要の波及効果は、道北圏域内の木材自給率が高いほど、効果が高まることがわかった。

References

- 1)「経済効果入門」小長谷一之, 前川知史
- 2)「建設事業の事業地域における経済波及効果推計 プロセス構築に関する研究」伊藤徳彦

List of Symbols

$H_{cal}[W]$	Caloric value of human body
$N_{emp}[人]$	Number of employees
$V_r[m^3/h]$	Volume flow rate requirement
$H_{in}[W]$	Internal heat generation
$Q[W/K]$	Heat loss of building
$A_{dd}[K 日]$	Degree Day in A area
$A[m^2]$	Total floor area
$L_{in}[回/h]$	Air infiltration loss
O_w	Office hours
$O_{pc}[W]$	Office power consumption
$H_p[円]$	Annual heating cost
$C_w[kWh/kg]$	Low-heating value of Chip
B_e	Thermal efficiency of Boiler
$C_p[円/kg]$	Price of Chip per kg
$T_p[円]$	Annual transport cost
$O_p[円]$	Annual heavy oil cost