

東京大学大学院新領域創成科学研究科
環境学研究系自然環境学専攻
生物圏情報学分野
平成 25 年度 修士論文

馬搬の利用における環境的および経済的条件に関する基礎的考察
Environmental and economical-based analysis of horse logging

2014 年 1 月 23 日提出
2014 年 3 月修了
指導教員 山本博一 教授
47-126641 松浦満寿

目次

図表番号	1
第1章 背景・目的	1
1-1 林業における搬出方法の変遷及び現状	1
1-2 馬搬の歴史と現状	1
1-3 既往研究の整理と研究課題の設定	2
1-4 研究の目的	3
第2章 研究の枠組み	4
2-1 研究の構成	4
2-2 対象地の選定	4
第3章 経済的条件	6
3-1 石巻市における馬搬作業 (caseA)	6
1 概要	6
2 測定項目及び測定方法	7
a. 搬出経路の地形	7
b. 原木重量の算出	7
c. 搬出時間	7
d. 搬出時の馬の牽引力	7
3 測定結果	8
a. 搬出経路の地形	8
b. 原木重量の算出と搬出量	9
c. 搬出時間	10
d. 馬の搬出時の牽引力	11
3-2 石巻市における馬搬作業 (caseB)	12
1 作業概要	12
2 測定項目及び測定方法	12
a. 搬出経路の地形	12
b. 原木重量の算出	12
c. 作業時間	13
d. 搬出時の馬の牽引力	13
3 測定結果	13
a. 搬出経路の地形	13
b. 原木重量の算出と搬出量	14
c. 作業時間	16
d. 馬の搬出時の牽引力	17

3-3 搬出工程.....	18
3-4 石巻市における馬の管理	20
1 調査方法	20
2 調査結果	20
a. エサについて	20
b. 人手について	21
c. 装蹄・診療について	22
d. その他	22
e. 道具について	22
3. 小括	23
3-5 遠野市における馬の管理	23
1 調査方法	23
2 調査結果	23
a. エサについて	23
b. 人手について	24
c. 装蹄・診療について	25
d. その他	25
e. 道具について	26
3 小括	26
3-6 馬の管理の事例の比較.....	26
3-7 平均搬出工程と年間コストの比較.....	27
第4章 環境的条件	30
4-1 馬の牽引力のまとめ	30
4-2 機械作業との比較.....	31
4-3 馬搬の利用が有効な林分.....	32
1 方法	32
2 結果	33
第5章 結論・展望・課題.....	35
5-1 石巻市旧北上町における馬搬の利用の可能性	35
5-2 結論	37
5-3 展望・今後の課題	38
謝辞	39
引用文献	41

図表番号

第2章 研究の枠組み

- 図 2-1. 研究の構成
- 図 2-2. 対象地

第3章 馬搬の経済的条件

- 図 3-1. 投射図；caseA
- 図 3-2. 断面図；caseA
- 図 3-3. 投射図；caseB
- 図 3-4. 断面図；caseB
- 図 3-5. 搬出工程の比較
- 図 3-6. 搬出工程（平均値）
- 図 3-7. 搬出距離に応じた搬出に必要な

費用

- 表 3-1. 比重；caseA
- 表 3-2. 搬出した原木の材積および重量；caseA（橇使用）
- 表 3-3. 搬出した原木の材積および重量；caseA（橇不使用）
- 表 3-4. 搬出量；caseA
- 表 3-5. 搬出時間および搬出速度；caseA
- 表 3-6. 牽引力；caseA（橇使用）
- 表 3-7. 牽引力；caseA（橇不使用）
- 表 3-8. 比重；caseB
- 表 3-9. 搬出した原木の材積および重量；caseB
- 表 3-10. 搬出量；caseB
- 表 3-11. 搬出時間；caseB
- 表 3-12. 牽引力；caseB
- 表 3-13. 平均値
- 表 3-14. 飼料の価格；石巻
- 表 3-15. エサの量；石巻
- 表 3-16. 人件費；石巻
- 表 3-17. 年間費用；石巻
- 表 3-18. 飼料の価格；遠野

- 表 3-19. エサの量；遠野
- 表 3-20. 人件費；遠野
- 表 3-21. 年間費用；遠野
- 表 3-22. 人件費（150日換算）；石巻
- 表 3-23. 年間費用（150日換算）；石巻
- 写真 3-1. 使用した馬；caseA
- 写真 3-2. 橇
- 写真 3-3. 牽引力の測定（左），拡大（右）
- 写真 3-4. 搬出経路；caseA
- 写真 3-5. 使用された馬；caseB
- 写真 3-6. 搬出経路；caseB
- 写真 3-7. クランポン蹄鉄（イメージ）

第4章 馬搬の環境的条件

- 図 4-1. 条件に該当する林分
- 表 4-1. 馬搬での牽引力
- 表 4-2. やまびこの性能
- 表 4-3. 該当林分の情報
- 写真 4-1. やまびこ（イメージ）

第5章 考察・まとめ

- 図 5-1. 林道までの距離別の該当林分
- 表 5-1. 林道までの距離別の林地の情報
- 表 5-2. 林道までの距離別の搬出工程
- 表 5-3. 林道までの距離別の搬出に必要な費用

第1章 背景・目的

1-1 林業における搬出方法の変遷及び現状

林業作業には様々な行程があるが、その中で伐倒した原木を林地から一時的な集材場所である山土場まで運搬する搬出作業では、これまで様々な方法が用いられてきた。最も原始的な方法には、人が原木を背負って搬出する担ぎ出しがあり、同じように古くから使われていたものとしては木馬と呼ばれる櫓に原木を積載したものを人が牽いて搬出する方法もある。その他に河川のあるところでは、谷に向かって原木を落とし、水流を利用して搬出する管流と呼ばれる方法もある。このように搬出の原動力は人力であったが、それは時代とともに変化していった。特に木馬のような原木そのものや原木を載せた櫓を牽引する原動力に利用されるものは畜力、機械力へと変化していった（小林，1981）。

昭和の中頃から農林業での機械化が進み、現代ではそれまでの林業機械に比べ、より生産性の高いハーベスタやタワーヤード、グラップルスキッドなどの高性能林業機械も導入されるようになり、さらに森林・林業再生プラン（林野庁，2009）では、林地を集約化し林内作業車や自走式搬器などの従来型の林業機械を高性能林業機械に置き換えようとしている。

1-2 馬搬の歴史と現状

現代では林業の原動力の主役は機械が担っているが、機械が普及する以前は畜力が主力であった。畜力も歴史的には犬、牛、馬と利用されるものが変化していったとされ（小林，1981），その中で最後に登場したとされる馬を用いた原木搬出は馬搬と呼ばれ、一説には明治期以降に発達したとされる（小田，2004）。ただし天正15年（1587）に材木などの運搬には馬も使ったとある（神奈川県農政部林務課，1984）ことから、古くから馬搬が行われてきた可能性は十分考えられる。馬搬は文献や聞き取りから日本全国で利用されていたことが考えられるが、昭和の中頃からその姿を消していった。しかしながら国内の事例が完全になくなったわけではなく、現在でも北海道、東北地方、九州地方の一部で行われている。

日本では失われつつある馬搬だが、海外ではその状況は大きく異なる。イギリスでは馬搬協会（Pinney, C., 2010）が設立されており、チャールズ皇太子が支援している。また馬搬の会社が200社存在しており、林業技術の一つとして現在でも利用されている。またコンペティションも開催されている。他にもスウェーデンの林業の見本市（小野，1998）やドイツでのエクスカッション（広部，1996）で馬搬がデモンストレーションされており、そこでは機械作業と馬搬作業組み合わせた作業が紹介されている。またアメリカでの研究

事例 (Suraj P.S.他, 2008) も存在する。中国ではかつて機械の導入により木材生産量の増加したところでも森林の生産力の低下や環境規制などにより再び馬搬の利用が増加しているという事例もある (Lihai Wang, 1997)。

これらの地域で現在でも馬搬が利用されている背景には、文化的な側面もあるが、技術的にも林地を傷めないとされることが挙げられる。そして国内でも近年になって日本国内でも馬搬の見直しの動きが見られるようになった。その一つに 2010 年の岩手県遠野市の遠野馬搬振興会の設立が挙げられる。

1-3 既往研究の整理と研究課題の設定

海外では馬搬の事例が多数ありその研究も行われている中で、国内の馬搬に関する既往研究はその数が少ない。また研究のみならず雑誌などで取り上げられるものも多くはない。数少ない学術研究としては立川 (2011) が、馬搬作業と機械作業に関して 2 つの比較を行っている。一つは搬出距離[m]に応じた搬出功程[m³/日]であり、宮城県の 2 つの事例を調査し、搬出量及び作業時間を測定している。そしてそれまでの林業機械による作業の学術論文から搬出距離と 1 日の搬出量の関係を図にプロットし、馬搬作業の調査から得られたデータを元に搬出距離 L[m]を変数とした搬出功程 P[m³/日]の式を導き、同じ図にプロットすることで結果として搬出距離が 500m 以下ならば馬搬作業による搬出効率が小型運材車に劣らないこと示している。2 つ目は林地土壌への締め固めの影響を比較であり、前者と同じ調査地で、土壌のコーン指数を測定し、別の機械作業が行われた林地で同様にコーン指数を測定し、それを比較することで結果として馬搬作業によるものが集材用車両による締め固めよりかなり小さいこと示した。土壌の締め固めに関してはアメリカでも同様の研究 (Suraj P.S.他, 2008) がなされており、やはり馬搬が林地に与える影響は機械よりも少なく環境に優しいということを結論づけている。

他には早尻ら(2012)の報告では北海道での 2 つの事例を取り上げ、特に北海道上ノ国町における事例で、馬搬作業の効率性と経済評価をしている。事例調査から生産性 [m³/人・日]を算出し、同等の作業をトラクタで行った場合の請負事業費用を計算し、実際の馬搬作業で丸太の売却金額と比較している。生産コストに関してもアメリカで同様の研究 (Suraj P. S.他, 2005) がなされており、結果として作業の無駄を無くすなどしてより効率的な作業ができる可能性があることを示唆している。

以上のように既往の研究や報告は、馬搬作業の搬出功程や作業コストを研究課題として調査がされている。同時に馬搬作業に関連した聞き取りもなされているが、馬搬の原動力である馬の維持に関して調査されたものはなく、実際に馬搬をするために必要と考えられる、エサや世話に関わる人手といったコストについては情報が不足している。

1-4 研究の目的

本研究では、国内で事例の少ない馬搬の知見の蓄積の面から、まず馬搬作業の工期および馬の能力としてその牽引力を調査する。そして、馬の管理に関わる人手や維持費といったコストについて事例調査をする。得られた結果から搬出量からみる収益や馬の維持にかかるコストなどの経済的条件と馬搬の利用における林地の傾斜や人工林といった環境的条件について議論する。これらを通じて、馬搬の利用の可能性について考察を行うことを本研究の目的とする。

第2章 研究の枠組み

2-1 研究の構成

本研究の構成を図 2-1 に示す。本研究では、3 章において馬搬作業と馬の管理コストに関する事例調査について方法と結果を示し、その結果から馬搬の経済的条件について議論する。つづけて 4 章では 3 章の事例調査を一部引用し、環境的条件について議論する。5 章では 3 章および 4 章合わせた議論をし、馬搬の利用の可能性に関して提言をする。

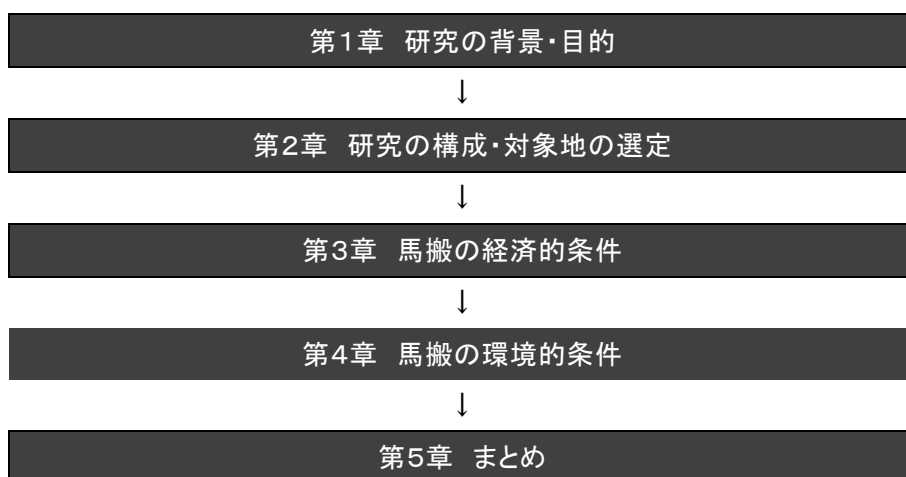


図 2-1. 研究の構成

2-2 対象地の選定

本研究では 2 地域を対象地として選定する（図 2-2）。1 つは宮城県石巻市である。石巻市の人口は 151,010 人、世帯数は 59,464 戸、森林面積は 30,732ha で、宮城県の北東の沿岸部に位置する。ここでは「村づくり NPO 法人りあすの森（以下りあすの森）」が主体となり馬搬を新たに行っている。数少ない馬搬の事例としてその情報を蓄積できることと、新たに馬搬を始めるために必要となる条件も考察できると考えられるため選定した。村づくり NPO 法人りあすの森は復興支援と持続可能・循環可能な村づくりを目指し、津波で被災した古民家再生プロジェクトなどのボランティア活動を行っている団体である。

2 つ目は岩手県遠野市である。遠野市の人口は 29,401 人、世帯数は 10,852 戸、森林面積は 68,008ha で、岩手県の中央に位置する。遠野市では馬搬が継続的に利用されてきたが、2010 年 5 月 3 日に遠野馬搬振興会が設立され、馬のまちとしての遠野市の町興しの 1 つにも取り込んだ形で馬搬が利用されており、遠野馬搬振興会では馬搬の普及活動として様々なイベントや馬搬の研修生の受け入れなども行われている、国内では稀有な地域であり、本研究において馬搬における馬の管理を検証する点で日常的に馬搬が利用されている

地域として重要な地域であることから選定した。

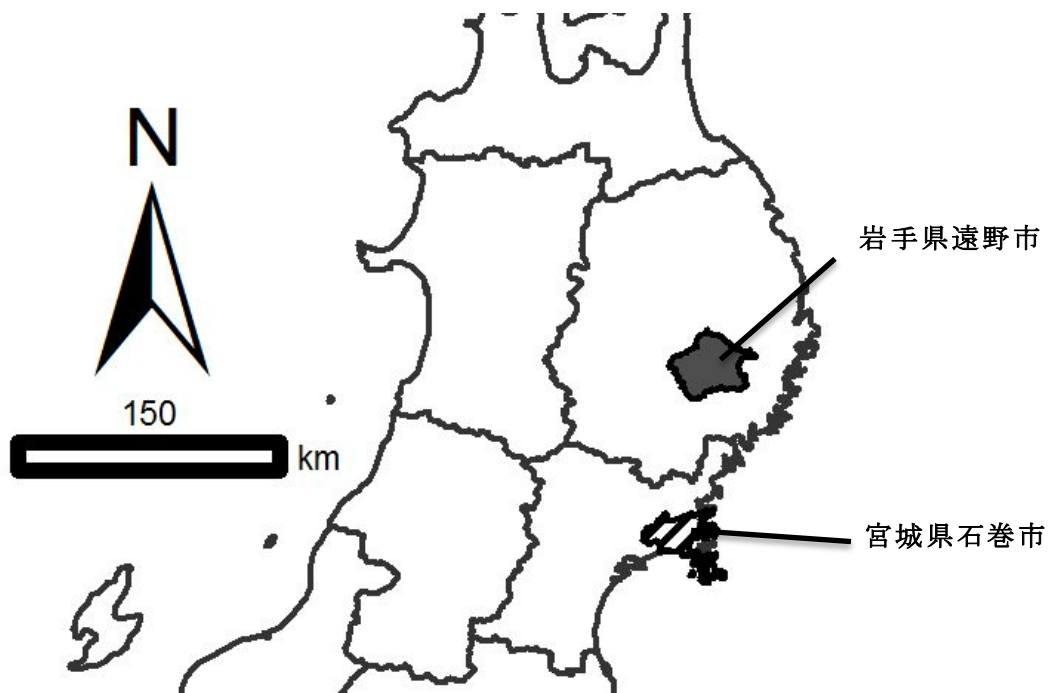


図 2-2. 対象地

第3章 経済的条件

本章では、まず馬搬作業の事例調査および馬の管理に関する事例調査について、それぞれにその調査内容および結果を示す。結果から、馬搬による搬出工期と年間の管理コストを求め、搬出費用について議論する。

3-1 石巻市における馬搬作業 (caseA)

1 概要

作業は石巻市北上町において2013年3月12日～14日及び20日の4日間に行われた。作業人数は最大でありあすの森の方2名（馬搬未経験）と石巻地域で馬搬経験のある男性2名の計4名で、初日から3日目まで4人で、4日目が3人であった。使用した馬はペリシユロン種、10歳の雄馬（写真3-1）である。この馬での馬搬作業は今回が初めてであった。1日当りの作業時間は朝9時頃から夕方4時頃まで（1時間の昼休憩）の約6時間である。現場は約60年生のスギの人工林であり、間伐材を搬出した。搬出作業では写真3-2のような長さ90cm（橙）×幅110cm（赤）、重量58.5kgの橇を用いた場合と原木を直接牽引する場合の2つの方法が行われた。この作業をcaseAとする。

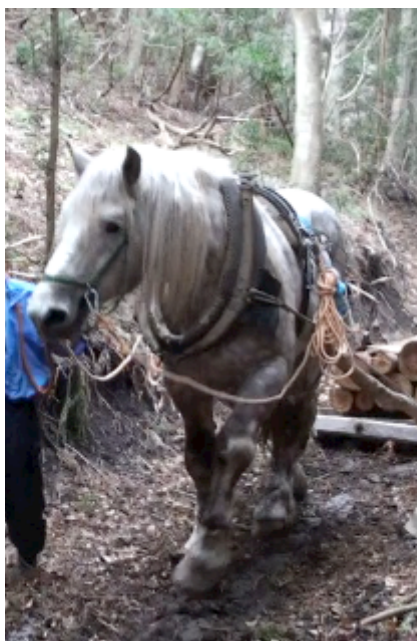


写真3-1. 使用した馬；caseA

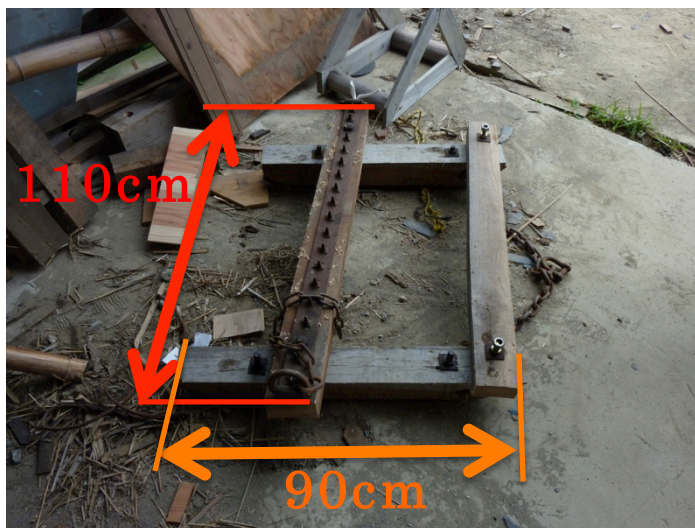


写真3-2. 橇

2 測定項目及び測定方法

馬搬出作業において、「搬出経路の地形」、「原木重量」、「搬出時間」、「搬出時の馬の牽引力」の4つの項目について測定した。以下にその測定方法を示す。

a. 搬出経路の地形

搬出経路の地形は、GPSによる測定で基準点を定め、そこからTruPluse360（以下TruPluse）を用いて搬出経路の距離、傾斜度を測定した。また同時にメジャーを用いてTruPluseの測定点での道幅を測定した。

b. 原木重量の算出

搬出した原木についてそれぞれ末口径、元口径、材長を測定した。また搬出した原木（4m材：57本、6m材：8本、2m材：4本）の中から4m材4本と6m材3本の重量をクレーンスケールにより測定し、材積と重量の関係から比重を算出し、それをもとに測定した材積から重量を計算した。

c. 搬出時間

搬出作業における要素を「木寄せ及び空荷移動」、「搬出準備」、「搬出」、「荷降ろし」と区別しそれぞれの時間をストップウォッチにより計測した。

d. 搬出時の馬の牽引力

牽引力の測定では搬出経路の測定から最も馬に負荷がかかると考えられる昇りの地点（斜度7.4°、距離が20.9m）を選択し牽引している橇又は原木と馬との間にクレーンスケールを装着し、その最大値を測定した(写真3-3)。



写真 3-3. 牽引力の測定（左）、拡大（右）

3 測定結果

a. 搬出経路の地形

搬出経路の投射図（図 3-1）及び断面図（図 3-2）を示す。搬出経路は直線的であり，距離は原木の位置の違いにより差はあるものの，250m～330m の範囲にあり，平均距離は292.2m である。また傾斜度は搬出方向に対して経路の 87%が下りになっており，下りの傾斜度は最大 14.7°，最小 0.6°，平均 6.5° である。一部には上りもあり，その傾斜度は最大 9.6°，最小 0.1°，平均 4.0° である。道幅は最小で 1.2m である。なお作業道となる搬出経路は，林道として整備されておらず，林道規定（林野庁，1973）に準拠するように系車両が走行できるようなものではない（写真 3-3）。



写真 3-4. 搬出経路；caseA



図 3-1. 投射図；caseA * 矢印は搬出方向

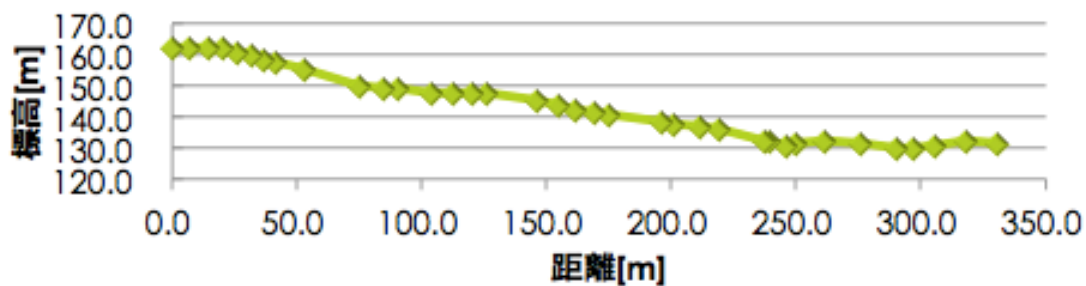


図 3-2. 断面図；caseA * 矢印は搬出方向

b. 原木重量の算出と搬出量

測定した原木の重量と材積の関係を表 3-1 に示す。

表 3-1. 比重 ; caseA

材積[m ³]	重量[kg]	比重[kg/m ³]
0.509	260.0	510.5
0.482	270.0	560.0
0.399	293.0	734.7
0.141	76.5	542.5
0.193	102.0	527.9
0.208	123.5	593.6
0.686	365.0	532.3
	平均	571.6

この比重の平均値から以下の式が導ける。

$$(\text{重量[kg]}) = 571.6 \times (\text{材積[m}^3\text{]}) \quad (1)$$

式(1)より測定した材積から重量を算出し、各搬出回ごとにその合計の結果を出し、搬出の際に橇を使用したかの有無によって分けたものが表 3-2、表 3-3 である。橇を用いた場合の最大値は 1.069m³ , 611.2kg で、橇を用いなかった場合の最大値は 1.196m³ , 683.8kg であった。全体的に橇を用いた場合の値が大きく、見かけ上より多くの原木を搬出できているが、1 本当たりの材積及び重量を見るとわかるように、橇を用いずに搬出する方がより大きな原木を搬出することができていることがわかる。

表 3-2. 搬出した原木の材積および重量 ; caseA(橇使用)

材積[m ³]	0.976	0.949	1.069	1.051	1.039	0.628	1.018	0.524
重量[kg]	558.1	542.4	611.2	600.9	594.1	358.9	582.0	299.6
本数	7	4	4	7	6	4	4	4
平均材積[m ³ /本]	0.139	0.237	0.267	0.150	0.173	0.157	0.255	0.131
平均重量[kg/本]	88.3	140.2	156.2	94.0	106.2	97.6	149.4	83.9

表 3-3. 搬出した原木の材積および重量 ; caseA(橋不使用)

材積[m ³]	0.778	0.380	0.404	1.080	0.881	0.843	0.576	0.416
重量[kg]	444.7	217.0	231.2	617.6	503.6	481.7	329.1	238.0
本数	1	2	2	2	2	2	2	2
平均材積[m ³ /本]	0.778	0.190	0.202	0.540	0.440	0.421	0.288	0.208
平均重量[kg/本]	427.2	115.0	121.6	301.1	248.1	238.0	167.1	124.8
材積[m ³]	0.455	0.742	0.484	0.638	1.196			
重量[kg]	260.1	424.4	276.6	364.5	683.8			
本数	3	3	3	2	2			
平均材積[m ³ /本]	0.152	0.247	0.161	0.319	0.598			
平均重量[kg/本]	94.8	145.7	99.9	183.5	331.8			

1 日当りの搬出量を表 3-4 に示す。平均値は 3.873[m³/日]である。日によるばらつきは作業人数の違いや林地での搬出する原木の位置による作業の難易度による木寄せ作業の時間の違いから、1 回当りの搬出量に影響したものが原因として考えられる。

表 3-4. 搬出量 ; caseA

作業日	搬出回数	本数	材積[m ³]	重量[kg]
1 日目	5	17	3.487	1993.3
2 日目	6	23	5.964	3409.1
3 日目	5	12	2.673	1528.1
4 日目	5	17	3.366	2288.8

c. 搬出時間

搬出時間は、測定することのできた 5 回の搬出についてその結果を示す (表 3-5)。時間はそれぞればらつきが見られるが、木寄せと搬出準備において多くの時間を占めているといえる。これは搬出する原木の林地での位置によって手作業である木寄せ及び搬出準備に多くの時間を要したためと考えられる。また搬出距離に応じた変化はあまり見られなかった。

搬出速度は測定できた 5 回の搬出の平均距離を平均時間で割った値で、空荷速度は 0.40m/s、搬出速度は 0.72m/s という値が得られた。ここで搬出速度の方が大きな値になっているのは、経路が下りになっていることが原因と考えられる。

表 3-5. 搬出時間および搬出速度; caseA

空荷移動[秒]	849	604	680	799	627	1032
木寄せ+搬出準備[秒]	1241	1548	772	1048	2036	1004
搬出[秒]	415	534	325	374	331	597
荷下ろし[秒]	506	426	246	200	490	691
距離[m]	326.6	326.6	307.3	283.9	283.9	326.6
空荷速度[m/s]	0.38	0.54	0.45	0.36	0.45	0.32
搬出速度[m/s]	0.79	0.61	0.95	0.76	0.86	0.55
本数	7	6	3	4	4	3
材積[m ³]	1.051	1.039	0.484	0.628	1.018	0.638

平均速度[m/s]:0.40(空荷), 0.72(搬出)

d. 馬の搬出時の牽引力

測定した馬の牽引力等を表 3-6, 表 3-7 に示す。最大値として 384.0kg が得られた。また原木の重量で見ると 597.7kg となる。そして橇を用いた場合とそうでない場合では、最大牽引力を原木重量で割った値に差が見られ、橇を用いた方がより小さな力で搬出することができたということがわかる。これは橇を使用することによる摩擦の減少が原因と考えられる。

表 3-6. 牽引力; caseA(橇使用)

材積[m ³]	1.051	1.039	1.018
重量*[kg]	659.4	652.6	640.5
最大牽引力[kg]	378.0	342.0	384.0
最大牽引力/重量	0.57	0.52	0.60

表 3-7. 牽引力; caseA(橇不使用)

材積[m ³]	0.881	0.843
重量[kg]	503.6	481.7
最大牽引力[kg]	360.0	340.0
最大牽引力/重量	0.71	0.71

* 橇の重量 58.5kg を加算している

3-2 石巻市における馬搬作業 (caseB)

1 作業概要

作業は石巻市北上町において2013年11月9日及び18日,19日の計3日間に行われた。今回の搬出は宮城県黒川郡大郷町で畜産業を営まれている方に依頼する形で行われた。そのため作業人数は最大で依頼先である馬方の2名,りあすの森の方の3名(caseAの搬出で馬搬経験のある方1名)と石巻地域で馬搬経験のある男性1名の計7名で,初日と3日目が6人で,2日目が7人であった。使用した馬はペリシュロン種,8歳の雄馬である(写真3-5)。この馬は普段は行事などで馬車引きを行うなどしているが馬搬作業は今回が初めてのことであった。1日当りの作業時間は朝



写真 3-5. 使用された馬;caseB

9時頃から夕方4時頃まで(1時間の昼休憩)の約6時間である。現場は約60年生と約75年生のスギの隣接した人工林であり,間伐材を搬出した。この搬出では轡は用いず直接原木を牽引した。この作業をcaseBとする。

2 測定項目及び測定方法

馬搬搬出作業において,「搬出経路の地形」,「原木重量」,「搬出時間」,「搬出時の馬の牽引力」の4つの項目について測定した。以下にその測定方法を示す。

a. 搬出経路の地形

搬出経路の地形は,GPSによる測定で基準点を定め,そこからTruPluseを用いて搬出経路の距離,傾斜度を測定した。また同時にメジャーを用いてTruPluseの測定点での道幅を測定した。

b. 原木重量の算出

搬出した原木について搬出した原木(4m材:66本,6m材:28本)の中から4m材15本と6m材6本の重量をクレーンスケールにより測定し,材積と重量の関係から比重を算出し,それをもとに測定した材積から重量を計算した。この重量の測定は搬出作業と同日に行わなかったが,1ヶ月以内では含水率に変化はほとんど見られない(水田,2010)と

して直接結果を用いて比重を出した。

c. 作業時間

搬出作業における要素を「木寄せ」、「空荷移動」、「搬出準備」、「搬出」、「荷下ろし」と区別しそれぞれの時間をストップウォッチにより計測した。

d. 搬出時の馬の牽引力

牽引力の測定では搬出経路の測定から搬出方向に対する傾斜度がより大きい値で、最も馬に負荷がかかると考えられる下りの地点（斜度 3.4° 、距離が 9.1m ）を選択し牽引している原木と馬との間にクレーンスケールを装着し、その最大値を測定した。

3 測定結果

a. 搬出経路の地形

搬出経路の投射図（図 3-3）及び断面図（図 3-4）を示す。搬出経路は一部で 90° 曲がる箇所もあり、カーブが多い。距離は原木の位置の違いにより差はあるものの、 370m ～ 430m の範囲にあり、平均距離は 394.3m である。搬出経路の一部にはアスファルトで舗装された道も含まれている。また傾斜度は搬出方向に対して経路の 98% が下りになっており、下りの傾斜度は最大 22.3° 、最小 0.3° 、平均 9.5° である。一部上りもあり、その傾斜度は 0.9° である。道幅は最小で 0.94m である。なお作業道となる搬出経路は、林道として整備されておらず、林道規定（林野庁、1973）に準拠するように系車両が走行できるようなものではない（写真 3-6）。



写真 3-6. 搬出経路；caseB

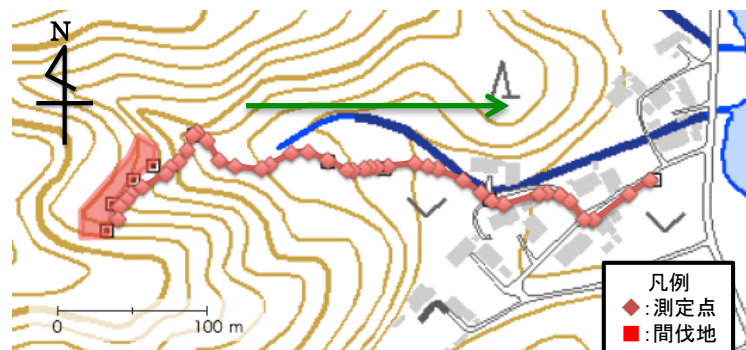


図 3-3. 投射図；caseB *矢印は搬出方向

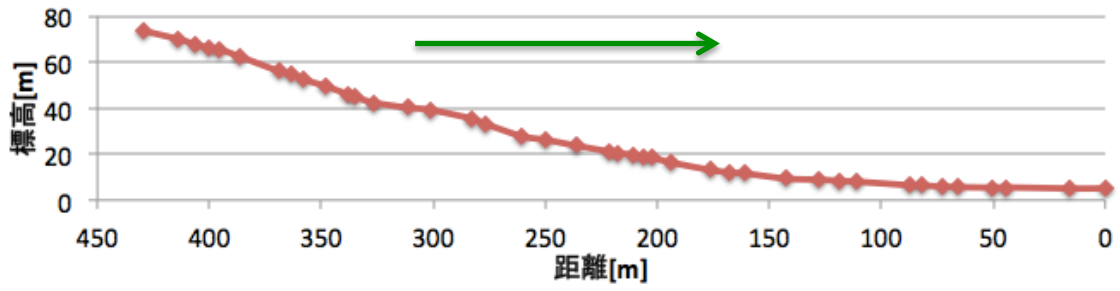


図 3-4. 断面図 ; caseB * 矢印は搬出方向

b. 原木重量の算出と搬出量

測定した原木の重量と材積の関係を表 3-8 に示す。

表 3-8. 比重 ; caseB

材積[m ³]	重量[kg]	比重[kg/m ³]
0.075	61.0	812.4
0.084	72.0	852.3
0.107	85.5	795.5
0.111	87.0	783.2
0.130	93.0	714.7
0.198	98.5	496.4
0.116	103.5	893.2
0.218	132.0	605.6
0.161	134.5	832.9
0.165	135.5	820.2
0.228	152.0	666.4
0.256	167.0	651.7
0.215	172.5	803.1
0.333	199.5	599.1
0.363	264.5	727.8
0.607	330.0	543.4
0.475	330.0	694.6
0.597	344.0	576.5
0.651	367.0	563.8
0.912	429.5	471.2
1.068	483.5	452.5
	Ave.	683.7

この比重の平均値から以下以下の式が導ける。

$$(\text{重量[kg]}) = 683.7 \times (\text{材積[kg]}) \quad (2)$$

式(2)より測定した材積から重量を算出し、各搬出回ごとにその合計の結果を出したものが表 3-9 である。最大値は 1.665m³ , 1138.4kg であった。この時の本数は 2 本であり、1 本当たり 0.833m³ とかなり大きな材でも搬出が可能であることを示すものである。値にばらつきがあるのは、径の小さな原木を搬出する際、原木に取り付ける鎖の数に限りがあることや複数本の原木を束ねずに搬出するため、本数を増やそうとすると荷崩れするようになってしまい、小径の原木だけを搬出するような場合に、値が小さくなっていると考えられる。

表 3-9. 搬出した原木の材積および重量 ; caseB

材積[m ³]	1.407	1.460	1.291	0.720	0.932	0.873	1.273	1.388	1.665
重量[kg]	961.9	998.4	882.6	492.0	637.0	596.7	870.2	949.2	1138.4
本数	2	4	3	4	6	4	6	3	2
平均材積[m ³ /本]	0.704	0.365	0.430	0.180	0.155	0.218	0.212	0.463	0.833
平均重量[kg/本]	481.0	249.6	294.2	123.0	106.2	149.2	145.0	316.4	569.2
材積[m ³]	1.159	0.906	0.967	1.492	1.161	1.215	1.142	1.301	1.131
重量[kg]	792.6	619.4	660.9	1020.3	793.6	830.4	781.0	889.3	773.3
本数	4	5	4	3	2	2	2	3	3
平均材積[m ³ /本]	0.290	0.181	0.242	0.497	0.580	0.607	0.571	0.434	0.377
平均重量[kg/本]	198.1	123.9	165.2	340.1	396.8	415.2	390.5	296.4	257.8
材積[m ³]	1.282	0.734	1.242	0.958	0.887	0.748	0.967		
重量[kg]	876.3	501.5	849.0	655.2	606.7	511.3	661.0		
本数	3	4	3	7	5	6	4		
平均材積[m ³ /本]	0.427	0.183	0.414	0.137	0.177	0.125	0.242		
平均重量[kg/本]	292.1	125.4	283.0	93.6	121.3	85.2	165.2		

1日当りの搬出量を表 3-10 に示す。平均で 9.434m³/日の搬出を行った。本数にはばらつきがあるが、材積としては全日同じような量を搬出していることがわかる。

表 3-10. 搬出量 ; caseB

作業日	搬出回数	本数	材積[m ³]	重量[kg]
1 日目	8	32	9.344	6388.0
2 日目	8	24	9.707	6636.5
3 日目	9	38	9.250	6323.7

c. 作業時間

搬出時間は、測定することのできた 23 回の搬出についてその結果を示す（表 3-11）。搬出速度は測定できた 23 回の搬出の平均距離を平均時間で割った値で、空荷速度は 0.65m/s、搬出速度は 0.74m/s という値が得られた。ここで搬出速度の方が大きな値になっているのは、経路が下りになっていることが原因と考えられる。

表 3-11. 搬出時間および搬出速度; caseB

空荷移動[秒]	612	523	470	689	500	915	585	508
木寄せ+搬出準備[秒]	628	418	432	322	488	283	300	363
搬出[秒]	757	502	447	461	513	487	570	781
荷下ろし[秒]	248	124	93	121	124	145	102	119
距離[m]	371.3	388.3	388.3	388.3	388.3	388.3	388.3	395.8
空荷速度[m/s]	0.61	0.74	0.83	0.56	0.78	0.42	0.66	0.78
搬出速度[m/s]	0.49	0.77	0.87	0.84	0.76	0.80	0.68	0.51
本数	4	3	4	6	4	6	3	4
材積[m ³]	1.460	1.291	0.720	0.932	0.873	1.273	1.388	1.159
空荷移動[秒]	504	600	499	934	667	778	394	548
木寄せ+搬出準備[秒]	304	215	161	543	232	488	412	147
搬出[秒]	351	988	364	667	607	597	583	625
荷下ろし[秒]	361	157	416	253	532	281	363	230
距離[m]	395.8	405.7	411.1	411.1	416.8	416.8	412	405.7
空荷速度[m/s]	0.79	0.68	0.82	0.44	0.62	0.54	1.05	0.74
搬出速度[m/s]	1.13	0.41	1.13	0.62	0.69	0.70	0.71	0.65
本数	5	4	3	2	2	2	3	3
材積[m ³]	0.906	0.967	1.492	1.161	1.215	1.142	1.301	1.131
空荷移動[秒]	583	592	527	405	641	635	895	
木寄せ+搬出準備[秒]	337	159	590	419	203	188	562	
搬出[秒]	434	593	383	401	415	421	393	
荷下ろし[秒]	233	534	229	152	175	121	105	
距離[m]	416.8	412	371.3	395.8	371.3	391.5	402.7	
空荷速度[m/s]	0.71	0.70	0.70	0.98	0.58	0.62	0.45	
搬出速度[m/s]	0.96	0.69	0.97	0.99	0.89	0.93	1.02	
本数	3	4	3	7	5	6	4	
材積[m ³]	1.282	0.734	1.242	0.958	0.887	0.748	0.967	

d. 馬の搬出時の牽引力

測定した馬の牽引力等を表 3-12 に示す。最大値として 440.0kg が得られた。また原木の重量で見ると 882.6kg となる。原木の重量に対して 50%程度の重量が牽引の際、負荷としてかかっていることがわかる。

表 3-12. 牽引力; caseB

材積[m ³]	1.460	1.291	0.720	0.932	1.388	1.159	0.906	0.967
重量[kg]	998.4	882.6	492.0	637.0	949.2	792.6	619.4	660.9
最大牽引力[kg]	427.0	440.0	265.0	295.0	380.0	304.5	276.5	290.0
最大牽引力/重量	0.43	0.50	0.54	0.46	0.40	0.38	0.45	0.44
材積[m ³]	1.161	1.215	1.142	1.301	1.131	1.282	1.242	0.887
重量[kg]	793.6	830.4	781.0	889.3	773.3	876.3	849.0	606.7
最大牽引力[kg]	354.0	354.0	295.0	350.5	276.0	324.5	386.5	300.5
最大牽引力/重量	0.45	0.43	0.38	0.39	0.36	0.37	0.46	0.50

3-3 搬出功程

3-1 3.a., 3.b., 3.c.および 3-2 3.a., 3.b., 3.c.の結果を元に、馬搬作業の搬出功程を算出しする。搬出距離 L [m]に応じた搬出功程 P [m³/日]の関係式の算出方法は以下の通りである。表 3-5 および 3-11 から求まる必要な平均値を表 3-13 に示す。なお、平均距離はそれぞれ作業時間を測定できた搬出での平均値を取り、平均空荷速度 (e/a) は平均距離を平均空荷移動時間で、平均搬出速度 (e/c) は平均距離を平均搬出時間でそれぞれ割った値である。平均搬出量 (h) も作業時間が測定できた搬出の平均値である。

表 3-13. 平均値

各平均値項目	caseA	caseB	立川①	立川②	記号
空荷移動[秒]	765	609	120	299	a
木寄せ+搬出準備[秒]	1,275	356	475	702	b
搬出[秒]	429	537	165	410	c
荷下ろし[秒]	427	227	270	291	d
その他[秒]	-	-	-	319	α
作業時間合計[秒]	2,896	1,729	1,030	2,021	-
距離[m]	309.2	397.1	43.0	149.0	e
空荷速度[m/s]	0.40	0.65	0.36	0.50	f
搬出速度[m/s]	0.72	0.74	0.26	0.36	g
搬出量[m ³ /日]	0.890	1.097	0.59	0.86	h
作業人数[人]	3.8	6.3	1	1	-

ここで搬出距離 L に応じて変化しない時間 (b, d, α) を固定時間 ($b + d + \alpha$) とする。搬

出距離Lに応じた搬出に要する時間は往復で、 $\left(\frac{1}{f} + \frac{1}{g}\right)L$ [秒]であり、よって $\left(\frac{1}{f} + \frac{1}{g}\right)L + (b + d)$ [秒]が1回の搬出に要する時間である。1日の作業時間をt[秒]とすると、1日に可能な搬出回数は作業時間tを1回の搬出時間 $\left(\frac{1}{f} + \frac{1}{g}\right)L + (b + d)$ [秒]で割ったものであり、よって1日の搬出量はこれに平均搬出量[m³/回] (h) をかけたもの、即ち

$$\frac{t}{\left(\frac{1}{f} + \frac{1}{g}\right)L + (b + d + \alpha)} \times h \text{ [m}^3\text{/日]}$$

となる。既往研究である立川(2011)では、

$$P = 12744 / (6.62L + 745) \quad (3)$$

$$P = 18576 / (4.76L + 1312) \quad (4)$$

この式に今回の2つの事例から得られた値を代入すると、

$$P = 19224 / (3.86L + 1701) \quad (5)$$

$$P = 23695 / (2.88L + 583) \quad (6)$$

となる。ここで作業時間tは6時間(21,600秒)として計算している。これらの式と立川(2011)で得られているエンジン出力5~18PS程度、積載量750~2,000kgf程度の小型運材車による作業の搬出工期を図3-5に示す。caseAの搬出(式(5))は過去の事例と同等の結果を示しており、caseBの搬出(式(6))は過去の事例と比較してもかなり大きな値を示す結果となった。この違いの原因として考えられることは、まず馬の経験の差が挙げられる。どちらの馬も林地での作業は初めてであったが、caseBの搬出で利用した馬はcaseAの搬出で利用した馬より馬車引きなどの経験も多く、調教がよくされていたという点で作業における扱いがしやすかったと考えられる。しかしそれ以上に大きな要因は作業に携わった人数の差にあると考えられる。今回の事例のように人数が複数人いる場合は、馬を牽いて実際の搬出を行う人、搬出を行っている時に林地に残り、次に搬出する原木の木寄せを行う人というように役割を分担して、効率よく作業を行うことができた。caseBの搬出では、人数が多い時は、土場で搬出された原木をはい積みする人もおり、全体の作業はより円滑に行われた。過去の事例では作業員の数は1名であることから、この差が大きな搬出工期を可能にした主な原因と考えられる。このことは表3-13の「木寄せ+搬出準備」の時間1,275秒(caseA)と356秒(caseB)の違いからもわかる。また、caseAおよびcaseBの搬出速度が同等なのに対して空荷速度がcaseBの方が大きくなっているのは、caseBでは作業日数が限られており、空荷で作業道を登る際にもあまり休憩を取らずに搬出回数を増やそうと作業したことが影響したと考えられる。このように全体として作業回数を多く、搬出量を増やそうとした結果caseBでは、式(6)の分母の値が小さくなると同時に分子の値が大きくなり相乗的に値を押し上げたものと考えられる。

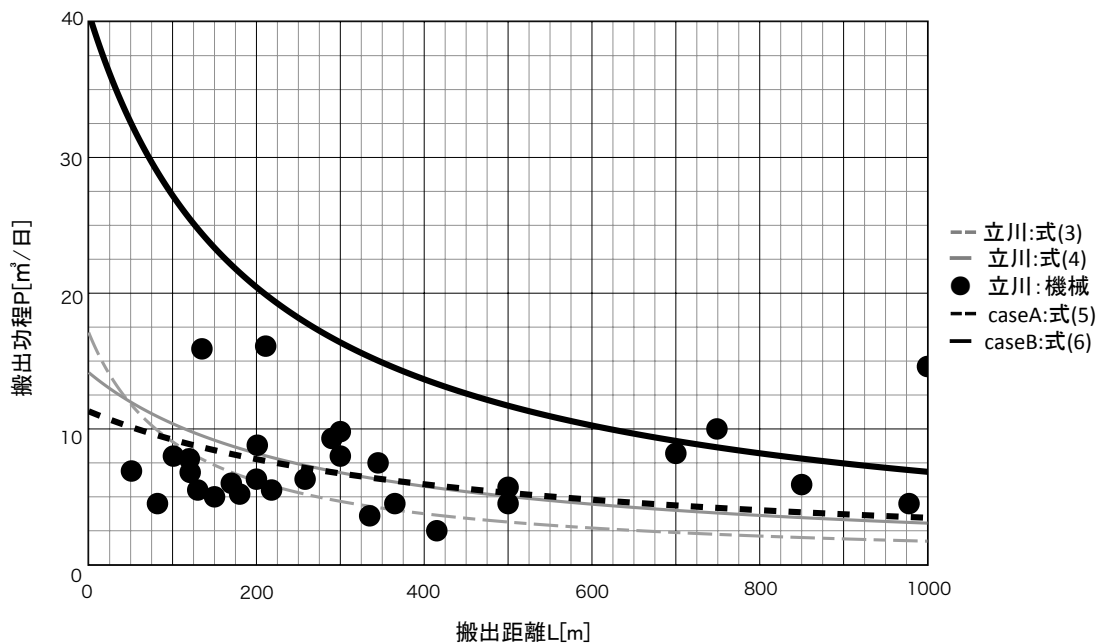


図 3-5. 搬出功程の比較

* 立川(2011)を元に作成

3-4 石巻市における馬の管理

1 調査方法

馬搬に使われる馬の管理について、りあすの森の方に聞き取り調査及び質問用紙による調査を行った。聞き取りをした内容は大きく分けて、エサに関する項目、世話をする人手に関する項目、装蹄及び診療に関する項目、馬の管理における必要な設備・道具などに関する項目である。それぞれ、その入手先や費用について聞き取った。ここで装蹄と診療を他の項目と分けるのは馬の世話の中でも特殊な技術、知識を持つ専門家(それぞれ装蹄師、獣医師)が必要なため、普段、馬の世話をしている方以外で直接世話にかかわるという点で「世話をする人手」とは別にする必要があると考えるためである。道具は普段使うものはもちろん、馬搬の際に必要な道具について調査した。

2 調査結果

a. エサについて

石巻の事例の場合、ハイキューブ、乾草(チモシーUS)、圧ペン麦、圧ペンとうもろこし、ふすまの5種類の飼料が与えられており、それぞれの金額を表3-14に示す。1日に与える量は表3-15に示す通りである。ここで運動時とは、馬搬などの力を使うときのことを指し、体力をつけるために普段よりも多くエサを与えている。運動時に該当する日数は馬

搬作業日の 10 日程度であるので、これを元にエサの金額を計算すると約 26.6 万円/年となる。ただしこれらの飼料の購入先は石巻市に隣接する宮城県大崎市にある店であり、飼料の価格には石巻までの輸送コストも含まれ全体の費用を押し上げていると考えられる。

表 3-14. 飼料の価格;石巻

種類	単価[円/kg]
ハイキューブ	75
乾草(チモシーUS)	79
圧ペン麦	58.5
圧ペントウモロコシ	49
ふすま	40

表 3-15. エサの量;石巻

種類	平時[kg/日]	運動時[kg/日]
ハイキューブ	6	9
乾草(チモシーUS)	3	6
圧ペン麦	0.2	0.4
圧ペントウモロコシ	0.2	0.4
ふすま	0.2	0.4

b. 人手について

馬の世話は朝・夕にエサやりと水やりをすることが主であり、時間にして 1 日あたり 30 分程度しかかかっていなかった。しかし、厩舎のあるところまで片道 6km ほどの道を往復しなければならず、この時間も含めると 1 時間はかかることになる。エサやりに必要な人数は 1 人である。

また、運動時にはトレーニングとして、約 1 週間、1 日あたり 2 時間タイヤ引きをさせることもあり、こういった調教の際には石巻の地域で以前、馬喰をされていた方にお手伝いいただくこともあった。

以上の労働時間を森林・林業統計要覧（林野庁，2013，以下要覧）の 2011 年の農業臨時雇賃金都道府県別平均を基準にして金額に換算する（表 3-16）。ここでエサやりは、馬の世話はその内容が造林や伐出といった林業業務よりも農業に当たると考えられるため農作業一般男農業賃金を基準にし、2 人で交代しながら行うことを考慮し人数を 1.5 人とする。またトレーニングは農作業専門男を基準とする。さらに年間での人件費として馬搬に関する人件費も同時に算出する。ここでは要覧の農諸外賃金都道府県別平均伐出を基準にし、作業人数は馬搬①が初日から 3 日目まで 4 人で、4 日目が 3 人であり、馬搬②が初日と 3 日目が 6 人で、2 日目が 7 人であった。表中ではその平均人数を用いる。また馬搬の際の人件費は、実際の作業時間にかかわらず 1 日（8 時間）として計算している。結果として年間で約 100.3 万円となった。

表 3-16. 人件費;石巻

	時間[時間/日]	日数	人数	時給[円]	賃金[円]
エサやり	1	365	1.5	869	475,709
トレーニング	2	7	2	1,114	31,199
馬搬(caseA)	8	4	3.8	1,603	192,405
馬搬(caseB)	8	3	6.3	1,603	243,713
				計	943,026

c. 装蹄・診療について

蹄鉄は1～1.5ヶ月の間隔,特に夏場は40日,冬場は60日程度で交換する必要がある。装蹄にかかる費用は1回あたり3万円で,年間(8回)で24万円である。装蹄師の方は当初は岩手県の方に依頼していたが,来ることができなくなったため現在では福島県郡山市の方に依頼している。

診療に関しては,伝菌検査を年に1回,予防接種を年に2回,石巻市内の地域の方に依頼し,その費用はそれぞれ3,000円と12,000円である。その他に怪我などした場合は仙台市内の方に依頼しており,その費用は4万円程度(交通費含む)である。年間では伝菌検査と予防接種も含めて5回ほど診療することがあった。よって年間の費用としては約19万円必要であった。

d. その他

馬の管理に関して,エサやりでは移動にかかる燃料費は40リットル/月で,年間では480リットルで,それに石油製品価格調査(資源エネルギー庁,2014)の宮城県2013年の年平均値(148.6円/リットル)をかけた,71,328円である。その他に共済保険費として1.5万円/年の費用がかかった。糞尿の処理に関しては,堆肥として利用するため特に費用はかかっていなかった。また馬搬の際に馬を移動するために,運送を依頼した費用は1回の搬出作業で約10万円かかった。馬の購入費用に関してはその価格が,馬肉とした場合で計算されているため,最終的に食用肉として卸すことにより回収できると考えられるため特に考慮していない。

e. 道具について

馬搬の際に必要な道具は,鞍を始めとする馬具の他に舵棒,チェーン,ドッコイ,櫓,チンチョ,トビがあり,これらは地域で以前利用していた人から,無償で借り受けて利用した。また,チンチョを新しく作る必要があった場合には,宮城県桃生郡桃生町の鉄工所に依頼した。

3. 小括

以上の結果から各項目の合計のコストを表 3-17 に示す。ここで「人件費（管理）」は表 3-16 の「エサやり」および「トレーニング」の合計である。また「人件費（馬搬）」は表 3-16 の「馬搬（caseA）」および「馬搬（caseB）」の合計である。総額は 186.5 万円となった。またその内訳の割合を見ると人件費が半分以上を占めていることがわかる。

表 3-17. 年間費用;石巻

項目	金額[万円]	割合[%]
人件費(馬搬)	43.6	23.9
人件費(管理)	50.7	27.8
エサ代	26.6	14.6
装蹄代	24.0	13.2
診療代	18.7	10.3
その他	18.6	10.2
計	182.2	100.0

3-5 遠野市における馬の管理

1 調査方法

馬搬に使われる馬の管理について、遠野馬搬振興会の方に聞き取り調査及び質問用紙による調査を行った。聞き取りをした内容は大きく分けて、エサに関する項目、世話をする人手に関する項目、装蹄及び診療に関する項目、馬の管理における必要な設備・道具などに関する項目である。それぞれ、その入手先や費用について聞き取った。

2 調査結果

a. エサについて

遠野市の事例の場合、エサとして与えている飼料はふすま、圧ペン麦があった。しかし、基本的なエサとなる牧草は、自らの放牧地にある草を乾草にして食べさせており、購入はしていなかった。乾草を作る際の機械の燃料費は、1日の消費量が40リットル/月で、作業日数は20日であるので、800リットルの消費がある。これに石油製品価格調査（資源エネルギー庁、2014）の岩手県2013年の年平均値（135.1円/リットル）をかけた、108,080円である。

また与えている飼料については圧ペン麦が約20～40kg/月、ふすまが約20kg/月程度、デントコーンが3～4kg/月であり、これらの飼料は、運動量が多い日与えるというように、その日の運動量などに応じて与えられており、一概に何日にどのくらいの量を与えるかと

いう細かな点までは分からないが、月での消費量がこの程度であるとのことだった。飼料の購入先は遠野市内の店であった。価格は、いずれの飼料も 1,000 円/20kg 程度であり（表 3-18）、エサの購入にかかる費用は約 2140 円/月であり（計算におけるエサの量は表 3-19 より平均値を使用）、年間では 2.6 万円程度である。よってエサを用意するのに必要な費用は年間で約 13.4 万円である。

表 3-18. 飼料の価格;遠野

種類	単価[円/kg]
ふすま	42.55
圧ペン麦	54.75
デントコーン	68.6

表 3-19. エサの量;遠野

種類	量[kg/月]
ふすま	20
圧ペン麦	20~40
デントコーン	3~4

b. 人手について

馬の世話は朝・夕に、馬搬などの仕事の際には昼もエサやりと水やりをすることが主であり、時間にして 1 日あたり 30 分程度しかかかっていなかった。この世話は 1 人で十分にすることが可能だが、毎日欠かすことのできない作業であるため、予備人員が必要である。

乾草にする作業は共同で行うこともあるが、1 人で作業し、1 番～3 番草までの年に 3 回あり、1 回で刈や反転などの作業を含めて 5 時間/ha の作業を 5 日程度行い、6ha 前後の土地の草を乾草にしている。年間ではこの作業にかかる日数は多い時でも 20 日ということであった。

以上の労働時間を要覧の 2011 年の農業臨時雇賃金都道府県別平均を基準にして金額に換算する（表 3-20）。ここでエサやりは、馬の世話はその内容が造林や伐出といった林業業務よりも農業に当たると考えられるため農作業一般男農業賃金を基準にし、2 人で交代しながら行うことを考慮し人数を 1.5 人とする。さらに年間での人件費として馬搬に関する人件費も同時に算出する。ここでは要覧の農諸外賃金都道府県別平均伐出を基準にし、作業人数は 2～3 人で作業するとのことからその平均人数 2.5 人とする。作業日数は聞き取りから 150 日程度の馬搬作業を行うとのことであった。ここで馬搬の際の人件費は、実際の作業時間にかかわらず 1 日（8 時間）として計算している。結果として年間で約 513.5 万円となった。

表 3-20. 人件費;遠野

	時間[時間/日]	日数	人数	時給[円]	賃金[円]
エサやり	0.5	365	1.5	869	237,855
飼料作り	5	20	1	869	86,888
馬搬	8	150	2.5	1,603	4,810,125
				計	5,134,867

c. 装蹄・診療について

蹄鉄は1～1.5ヶ月の間隔で交換する必要があるが、装蹄にかかる費用は1回あたり夏場で1.8万円、冬場で2.1万円である。よって年間（夏冬各3回）では、11.7万円である。これは冬場の蹄鉄には積雪のある地面でスリップしないようクランボンと呼ばれるスパイクのような滑り止めが付いており（写真3-7）、その分費用が大きくなっているためである。装蹄師は方に依頼している。

診療に関しては、伝菌検査が年に1回必要で、その費用は約1,500円である。また予防接種も受けており、その費用は約3,000円である。これらはいずれも遠野市内の獣医師の方に依頼している。その他に診療を受けることはあまり無いということであった。



写真 3-7. クランボン蹄鉄（イメージ）

d. その他

馬の管理に関して、共済保険費として1.5万円/年の費用がかかっていることがわかった。糞尿の処理に関しては、堆肥化して利用するため特に費用はかかっていなかった。

その他に馬の移動などに使われる2tトラックにかかる費用について、年間の燃料費は消費量が70リットル/月で、年間840リットルであるので、これに石油製品価格調査（資源エネルギー庁、2014）の岩手県2013年の年平均値（135.1円/リットル）をかけた、113,484円である。さらに車検代として年に約15万円必要である。馬の購入費用に関しては石巻と同様に考慮していない。

e. 道具について

馬搬の際に必要な道具は、鞍を始めとする馬具の他に舵棒、チェーン、ドッコイ、鉄板、チンチョ、ガッチャ、トビがある。遠野の事例では、鞍などの馬に直接取り付ける馬具を海外からインターネットを利用して購入していた。費用は一式で14万円程度であった。その他に馬搬で使うトビに関しては、昨年までは市内の鍛冶屋に依頼していたそうだが、その方が高齢を理由に廃業されたため、現在では岩手県一関市の鍛冶屋に依頼しているとのことであった。また実際の以来はしていないが、チンチョなどについて必要な場合は、こちらに依頼するとのことであった。

3 小括

以上の結果から各項目の合計のコストを表3-21に示す。ここで「人件費（管理）」は表3-20の「エサやり」および「飼料作り」の合計である。総額は566.9万円となった。またその内訳の割合を見ると馬搬の際の人件費がその多くを占めていることがわかる。逆に毎日必要なエサ代や管理費は割合としては小さい。

表 3-21. 年間費用;遠野

項目	金額[万円]	割合[%]
人件費(馬搬)	481.0	84.9
人件費(管理)	32.5	5.7
エサ代	13.4	2.4
装蹄代	11.7	2.1
診療代	0.45	0.1
その他	27.8	4.9
計	566.9	100.0

3-6 馬の管理の事例の比較

今回調査した2地域の事例では、エサに関する点と装蹄・診療に関する点、道具に関する点で違いが見られた。

まず、エサに関しては石巻の場合、全て購入しているのに対し、遠野ではほとんどが自ら用意することができていた。また飼料の購入に関しても、石巻では他の地域から調達しているのに対し、遠野では市内で調達できており、その費用に差が生じていた。

次に装蹄は、石巻の3万円/回に対し、遠野では最大2.1万円/回とその費用に大きな差があった。これもエサの場合と同様に地域外から装蹄師の方に来てもらう石巻の方が、地域内の装蹄師に依頼できる遠野に対して、より費用がかかっている。診療に関しては伝菌

検査および予防接種に関してはどちらの場合も地域内の方に依頼することができるため費用は同等であったが、それ以外に診療が必要な場合は地域外に診療を依頼する石巻のほうが費用がかかった。

道具に関しては、チンチョなどの金具類については、現在ではどちらの地域でも鍛冶屋が存在しないために地域外まで依頼する必要があった。しかし、遠野では馬具に関してはインターネットにより海外から輸入していた。このように馬搬が一般的である海外から道具を調達するという方法が確認された。

また全体の費用を比較すると、どちらも人件費に多くの費用が必要であることがわかった。石巻の場合馬搬に日数が少なかったために数字には現れていないが、遠野の事例からわかるように特に馬搬にかかる人件費は大きいものと考えられる。

2 地域の事例を通じて特に石巻において必要な物や人が近くに存在しておらず、より費用がかかる場面もあった。しかしながら、このことは逆に必ずしも地域内で必要な物が調達できなくても少し範囲を広げれば十分に馬を管理していくことができる可能性を示唆している。遠野では海外からインターネット通販を利用して馬具を調達していたように、今後はこれらのツールを活用することで、馬の管理に必要な物を調達し、人に関しても遠隔地の人とつながりができることも考えられる。

3-7 平均搬出工期と年間コストの比較

3-3 から、馬搬による年間の搬出量を推定する。まず、図 3-5 に表した式(3)～(6)から搬出工期の平均値を表す式(7)を導く。ここで、馬搬作業において、3-5 で考察したように作業人数によって作業効率が大きく変わることから、「木寄せ+搬出準備」および「荷降ろし」の時間を作業人数の比で補正する。ここで作業人数は、人件費の算出の際に使用した2.5人とし実際の平均作業人数との比を用いて計算する。その結果、搬出距離 $L[m]$ に応じた搬出工期 $P[m^3/日]$ の各式は以下ようになる。

$$P = 12744 / (6.62L + 298) \quad (3')$$

$$P = 18576 / (4.76L + 525) \quad (4')$$

$$P = 19224 / (3.86L + 2586) \quad (5')$$

$$P = 23695 / (2.88L + 1469) \quad (6')$$

(3')～(5')の平均を取ると式(7)となり、これを図に表したものが、図 3-6 である。

$$P = \left\{ \frac{12744}{6.62L + 298} + \frac{18576}{4.76L + 525} + \frac{19224}{3.86L + 2586} + \frac{23695}{2.88L + 1469} \right\} / 4 [m^3/日] \quad (7)$$

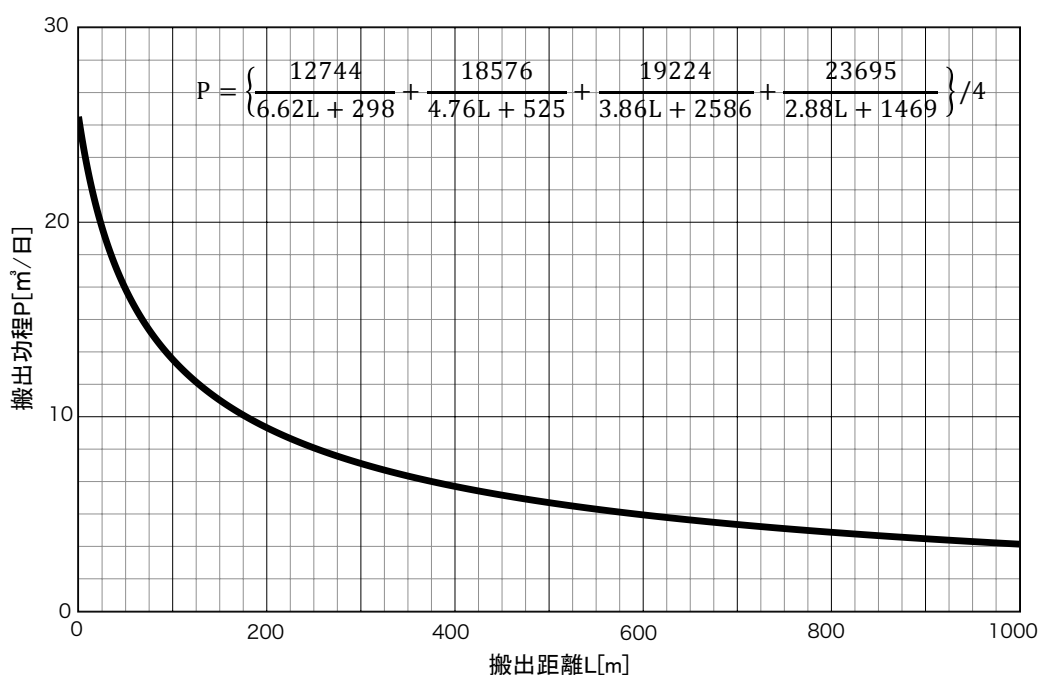


図 3-6. 搬出功程（平均値）

さらに式(7)に 3-5 の遠野での聞き取りによる年間作業日数 150 日かけた搬出距離に応じた年間搬出量 P_y [m³/年]が式(8)である。

$$P_y = \left\{ \frac{12744}{6.62L + 298} + \frac{18576}{4.76L + 525} + \frac{19224}{3.86L + 2586} + \frac{23695}{2.88L + 1469} \right\} / 4 \times 150 \text{ [m}^3\text{/年]} \quad (8)$$

次に遠野における年間作業日数 150 日を元に、石巻において同等の馬搬の作業日数をする場合の年間コストを推定する。表 3-14, 3-15 から年間のエサ代を求めると約 33.5 万円となり、人件費は表 3-16 を表 3-22 のように書き換えると約 530 万円となった。その他の装蹄代などは変化しないものとして、推定年間コストは表 3-23 のようになる。ここで「人件費（管理）」は表 3-22 の「エサやり」の値を、「人件費（馬搬）」は表 3-22 の「馬搬」の値を用い、「装蹄代」、「診療代」、「その他」の値は表 3-17 の対応する項目の値をもちいた。

表 3-22. 人件費(150日換算);石巻

	時間[時間/日]	日数	人数	時給[円]	賃金[円]
エサやり	1	365	1.5	869	475,709
馬搬	8	150	2.5	1603	4,810,125
				計	5,285,834

表 3-23. 年間費用(150日換算);石巻

項目	金額[万円]
人件費(馬搬)	481.0
人件費(管理)	47.6
エサ代	33.5
装蹄代	24.0
診療代	18.6
その他	18.6
計	623.3

表 3-23 と表 3-21 から石巻（推定）と遠野での年間費用，それぞれ 623.3 万円と 566.9 万円の平均値を求めると，約 595.1 万円となる。この値を馬搬を利用する際の年間費用とする。年間費用を式(8)で表される年間搬出量で割ったもの即ち，搬出距離に応じた m³ 当たりの搬出に必要な費用 C[万円/m³]が式(9)であり，それを表したものが図 3-7 である。

$$C = \frac{595.1}{\left\{ \frac{12744}{6.62L + 298} + \frac{18576}{4.76L + 525} + \frac{19224}{3.86L + 2586} + \frac{23695}{2.88L + 1469} \right\} / 4 \times 150} \text{ [万円/年]} \quad (9)$$

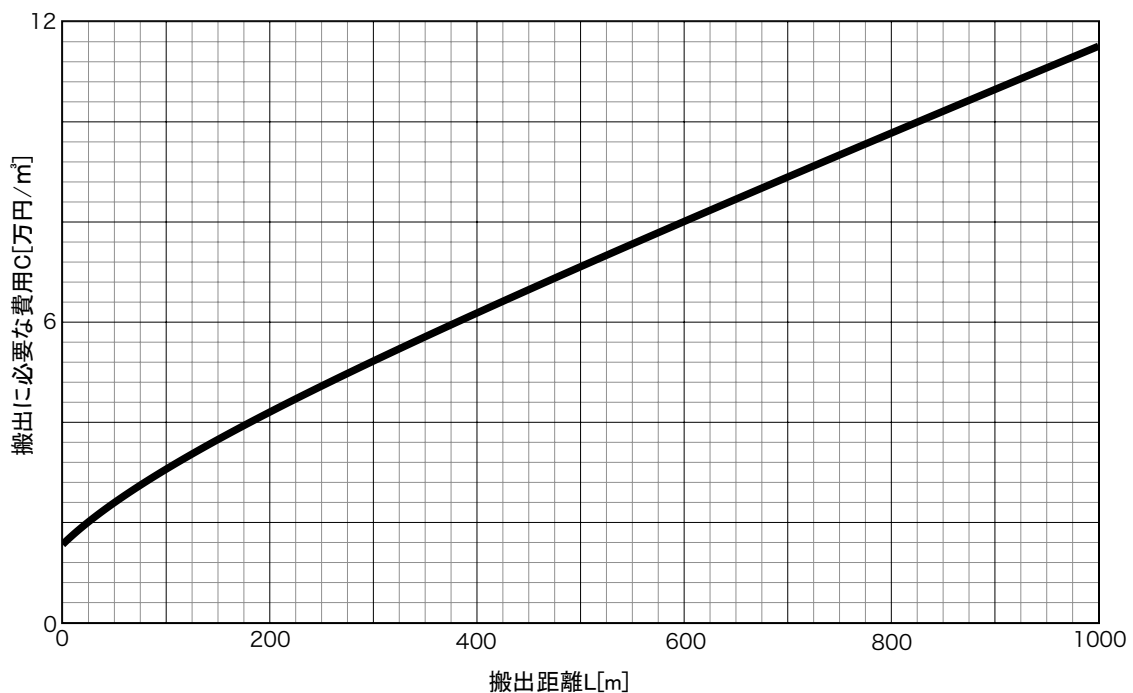


図 3-7. 搬出距離に応じた搬出に必要な費用

ここでの値はあくまでも必要最低な費用を示すものであるため，実際の搬出作業に支払われる費用はこれ以上になることが望ましいと考えられる。

第4章 環境的条件

本章では、3章で測定した馬搬作業における搬出経路の地形および馬の牽引力の結果を元に、馬搬の利用が有効と考えられる林地の傾斜などの条件から実際に馬搬が有効に利用されると考えられる林分を求め、その材積を求める。

4-1 馬の牽引力のまとめ

牽引力について、3章の3-1 3 a., 3-2 3.a.および表3-6, 3-7, 3-12から結果をまとめる(表4-1)。ここで最大牽引力および最大牽引時の原木重量は表3-6, 3-7および3-12の値から最大値を、平均[最大牽引力/原木重量]は各表の値の平均値をそれぞれとったものである。

表4-1. 馬搬での牽引力

	caseA(橇使用)	caseA(橇不使用)	caseB
搬出経路最大傾斜[°]	14.7	14.7	22.3
牽引力測定地の傾斜[°]	昇り7.4	昇り7.4	下り3.4
最小幅員[m]	1.2	1.2	0.94
最大牽引力[kgf]	384.0	384.0	440.0
最大牽引時の原木重量[kg]	597.7	597.7	882.6
平均[最大牽引力/原木重量]	0.56	0.71	0.43

搬出経路の条件は異なるが、最大値としてcaseAの搬出では384.0kgf、caseBの搬出では440kgfという結果が得られた。またこれを原木の重量で考えるとそれぞれ、597.7kgと627.4kgとなった。ここで平均[最大牽引力/原木重量]に着目すると、caseAでは橇を使用した場合と使用しなかった場合で、値に差が生じていることから、橇を用いた場合のほうが摩擦が少なくよりスムーズに多くの材を運ぶことができるのではないかと考えられることは、3-1 3 d.で既に論じた。次にcaseBとcaseAの値を比較するとcaseBの値がcaseAのいずれの値よりも小さくなっている。この原因として考えられるのが、表4-1の牽引力測定地の傾斜であり、caseBの場合若干ではあるが下りになっている。これにより牽引の際に馬にかかる重さが小さくなり、このような結果になったのではないかと考えられる。したがって、搬出においては下りの経路を選択することにより、より効率よく作業を行うことができると考えられる。

4-2 機械作業との比較

小型運材車として SUPER やまびこ（筑水キャニコム，BY1201，表 3-11，写真 3-5）（以下やまびこ）を代表例として比較する。やまびこシリーズは林野庁長官賞を受賞しているクローラタイプの小型運材車であり，研究論文や各県の間伐手引きなどに取り上げられるものである。表 5-2 からやまびこの積載能力は最大 1.2t である。しかしこれは水平という条件のもとでの値であり，筑水キャニコムに確認したところ例として傾斜が 15° になると積載量は半減するとのことであった。今回の馬搬作業では，最大傾斜はそれぞれ 14.7°

①，22.3° ② であるため，やまびこの最大積載量を 600kg と考え，比較すると，同程度またはそれ以上の原木を搬出できたということになる。

また馬搬作業において機械作業と大きく異なる点は，3 章の写真 3-4，3-6 からわかるように林道を整備していないということである。表 5-1 からわかるように，作業道としての幅員も小さい。機械作業では林道の整備が不可欠であるため，林道のない状態で機械作業と同等以上の作業を行えたということから，馬搬作業が林地への影響を小さくすることができ，林道を開設する分の作業期間も短縮できたと考えられる。

表 4-2. やまびこの性能

名称(ネーミング)		やまびこ	
型式		BY1201[DP]	
タイプ		ウインチ	
最大作業能力	kg	1200	
機械質量	kg	855 [875]	
機械寸法	全長	mm	2095 [2120]
	全幅	mm	1275
	全高	mm	2110
	最低地上高	mm	165
	床面高さ	mm	520
クローラ	接地長さ	mm	1075
	幅	mm	230
	中心距離	mm	910
荷箱内寸	長さ	mm	1810
	幅	mm	735
走行速度	最高/最低速度	km/h	6.6/1.6
最小回転半径		mm	1650
登坂能力(空車時)		度	25°

* 筑水キャニコム HP より

SUPER やまびこ



写真 4-1. やまびこ (イメージ)

* 筑水キャニコム HP より

4-3 馬搬の利用が有効な林分

馬搬による搬出が有効と考えられる林分を 3 章で取り扱った馬搬が行われた宮城県石巻旧北上町について求める。

1 方法

馬搬が有効な条件として、機械作業よりも林地への影響の少ない作業ができることから、林地を荒らさないという条件が考えられる。この条件に該当する林分として各種保安林や自然公園などの林地保全のために林業作業が制限される林分が選択される。また、牽引力の機械との比較から、傾斜度が 15° 以上の林地において馬搬による搬出作業が機械による搬出作業よりも優れた能力を発揮することが考えられるため、林業作業に制限のない普通林であっても、傾斜 15° 以上の林分は馬搬が有効であると考えられる。以上の 2 点から選択される林分を森林計画図 (宮城県, 2013), および森林簿 (宮城県, 2013) から ArcGIS

を用いて求める。以下にその手順を示す。

- ①森林計画図のシェープファイル（データ数 9229 個）と森林簿のエクセルファイル（データ数 9718 個）を読み込み、「林班」、「小班群」、「小班」、「枝番」の一致するファイルを属性の結合によって、抽出する。ここで不一致のものは除外する。
- ②結合した属性テーブルから、森林簿に記載されている「森林の種類」のうち「80（急傾斜地崩壊危険区域その他）」に該当するものおよび「林種」の「A（伐採跡地）」、「M（未立木地）」、「B（竹林）」に該当するもの、「伐採の方法等」の「禁伐」、「その他」に該当するものをそれぞれ除外する。
- ③残りの 6882 個のデータの属性から「森林の種類」の「01（普通林）」に該当するものとそうでないもの（保安林・自然公園など）とに分ける。
- ④普通林に該当するデータの属性から森林簿に記載されている「傾斜」の「1（緩（0～15°未満））」に該当するものを除外する。
- ⑤③および④で抽出したデータの属性の森林簿に記載されている「面積」および「総材積」の値をもちいて該当林分の面積および材積を算出した。

2 結果

以上の操作により抽出された林分の位置およびその情報を図 5-1 および表 5-3 に示す。

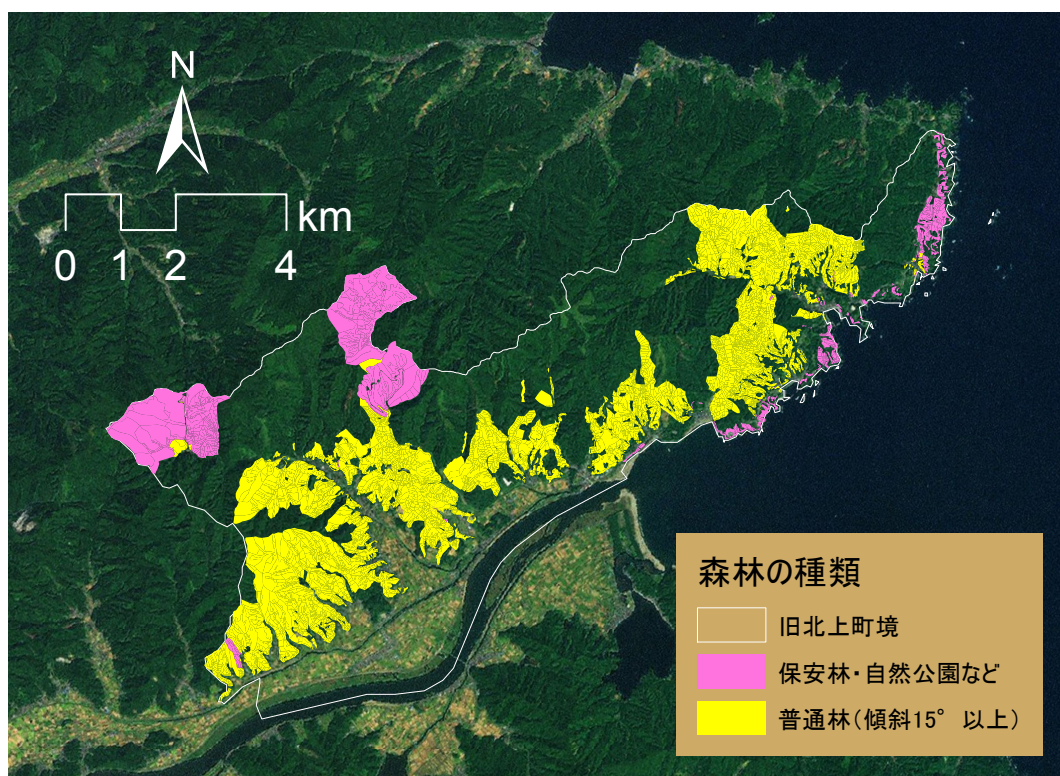


図 4-1. 条件に該当する林分

この林分における面積，材積，間伐により搬出が見込まれる材積を表 5-3 に示す。ここで間伐率は宮城北部国有林の地域別の森林計画書（東北森林管理局，2013，以下計画書）の自然公園における施業の方法，第一種特別地域に指定されている択伐率の値から 10%を仮定して計算した。厳密には択伐率と間伐率は同じものではないが，計画書で一般の間伐率を 35%以下としていることから，10%という値は間伐率としては低いものと考えられ，この値で得られる間伐材積は，最小程度のものであると考えられる。

表 5-3. 該当林分の情報

	普通林(傾斜 15° 以上)	保安林など	計
面積[ha]	1,712	523	2,236
材積[m ³]	291,521	78,768	370,289
間伐材積[m ³]	29,152	7,877	37,029

結果として，約 37,000 m³の材積が馬搬によって搬出される可能性があることがわかった。特に保安林などでは，約 7,900 m³の材積となった。前述したようにここで得られた値は最小程度のものであると考えられるため，実際にはこれ以上の材積が馬搬による搬出対象となりうる。

第5章 結論・展望・課題

本章では、まず石巻市旧北上町における馬搬の可能性に関して3章および4章で議論した環境的条件と経済的条件を合わせて考察する。そして、今後の馬搬についての課題を議論する。

5-1 石巻市旧北上町における馬搬の利用の可能性

3章で求めた馬搬が有効に利用されると考えられる林分について、ArcGISを用いて、図4-1に該当する林分の属性データから森林簿に記載されている「林道からの距離」に応じて再分類し、色付けしなおしたものが、図5-1である。また林道までの距離に応じた林分の面積および材積を森林簿に記載されているデータを元に林道までの距離の凡例に該当する範囲の林分の合計値を算出し、間伐により搬出が見込まれる材積を10%の間伐を行うと仮定して（第4章4-3-2計画書）算出した各項目の値を示したものが表5-1である。

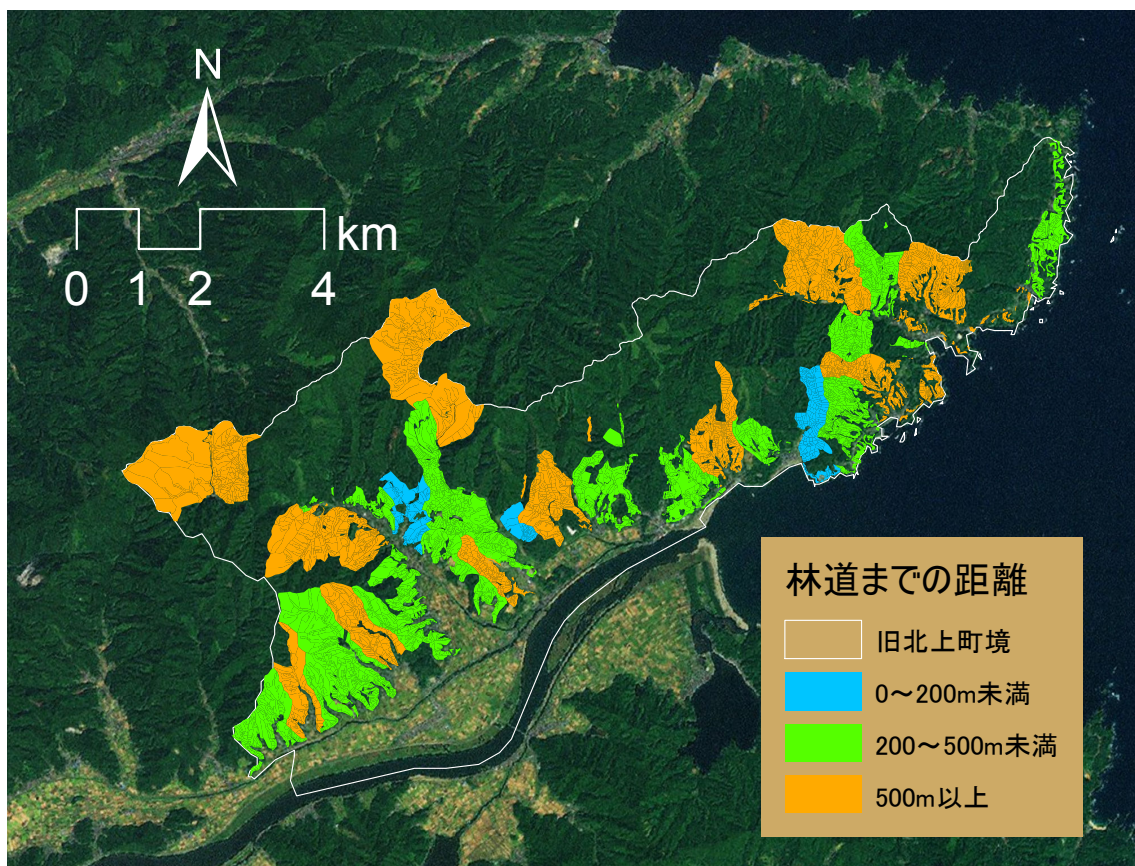


図5-1. 林道までの距離別の該当林分

表 5-1. 林道までの距離別の林地の情報

	0~200m 未満	200~500m 未満	500m 以上	計
面積[ha]	122	935	1,179	2,236
材積[m ³]	19,479	164,017	186,793	370,289
間伐材積[m ³](①)	1,948	16,402	18,679	37,029

$$P = \left\{ \frac{12744}{6.62L + 298} + \frac{18576}{4.76L + 525} + \frac{19224}{3.86L + 2586} + \frac{23695}{2.88L + 1469} \right\} / 4 [\text{m}^3/\text{日}] \quad (7)$$

3章の式(7) (再掲) から搬出距離に応じた搬出功程を求めたものが表 5-2 である。ここで、式(7)に代入する搬出距離は、図 5-1、表 5-1 における林分までの距離の分類のうち、それぞれの凡例の中間値を搬出距離と設定した。ただし 500m 以上の林分については、林道までの距離を 500~1000m と仮定している (以下同様の仮定のもと議論する)。よって代入する値は 0~200m 未満で 100m, 200~500m 未満で 350m, 500m 以上で 750m である。

表 5-2. 林道までの距離別の搬出功程

	0~200m 未満	200~500m 未満	500m 以上	計
搬出功程 [m ³ /日](②)	12.9	6.92	4.24	-
作業日数[日](③)	151	2,369	4,409	6,929

表 5-1, 5-2 から石巻市旧北上町における馬搬による搬出を想定した場合、間伐材積を搬出量で割った (表 5-1, 5-2 中で③ = ①/②) 値, つまり作業日数は林道までの距離に応じてそれぞれ, 0~200m 未満では, 151 日, 200~500m 未満では 2,369 日, 500m 以上では 4,409 日分の馬搬の搬出ができる材積が林地に存在していることがわかった。表 5-1 で搬出材積が各範囲であり変わらないにもかかわらず距離が遠くなるにつれて作業日数が増えているのは, 図 3-6 のグラフが示すように, 搬出距離が長くなるほど搬出功程が低くなるのが原因と考えられる。年間の作業日数を 150 日とすると, 林道までの距離が 0~200m 未満の範囲の作業は約 1 年分であり, 全体としては 46.2 年の作業量が存在する。第 4 章 4-3 2 計画書では, 間伐の間隔は 10 年を目安としており, 機械作業と平行して間伐を行う場合, 機械作業と馬搬作業が同等程度ということを考えると, 馬搬と機械を 1:3 程度の割合で利用すると, ちょうど 1 つの間伐サイクルで継続して搬出作業ができると考えられる。

ここで, 各搬出距離に応じた必要費用を 3 章の式(9)より求める。搬出距離は表 5-2 の搬出功程を求めた際の値を用いて, 式(9)に値を代入する。結果を表 5-3 に示す。

表 5-3. 林道までの距離別の搬出に必要な費用

	0～200m 未満	200～500m 未満	500m 以上
必要費用[円/m ³]	3,076	5,730	9,365

間伐材がチップ素材として取り扱われることを想定する。まず 2012 年における針葉樹の木材チップの素材価格 4,300 円（農林水産省，2014）である。またチップ工場などへの運搬費用は入江(2010)の 100km 以内の運搬にかかるコストの最低値 1,000 円/m³が必要であるとすると、4,300 円/m³から 1,000 円/m³を差し引いた 3,300 円/m³が搬出の作業に支払われることになる。これと表 5-3 の値を比較すると、搬出距離が 100m 程度であればこの範囲に収まっているが、多くの場合で搬出費用が上回ってしまっていることがわかり、馬搬によって搬出できる材積は十分存在するが、現状では採算が合わないという事になる。

5-2 結論

以上のように馬搬による搬出作業はそれが有効と考えられる林地および材積については十分に需要が存在していることが示唆された。しかしながら、搬出作業に支払われるべき費用を一般的な木材価格で賄うことは難しいことがわかった。

ただし、5-1 で議論した林地は、そもそもその選択条件として地形的に傾斜が急であったり、保安林など林内作業において林地への影響を少なくすることが望ましいというような機械作業が制約される条件をとっていた。このことは林道の開設などによる林地への影響を少なくすると同時に林道の開設にかかる費用をなくしているという点で、機械作業にはできない、馬搬作業の付加価値が生じていると考えられる。林道開設にかかる費用は安村ら(1994)から 84,400 円/m であり、この費用を馬搬作業による搬出費用に利用することで、経済的にも見合った馬搬の利用の可能性が考えられる。

また搬出する材の価格が 10,000 円/m³を超えるようなものであれば表 5-3 から、搬出距離が 500m 程度の範囲であれば採算の取れる搬出も可能であると考えられる。また逆に馬搬で搬出した材を環境にやさしい方法で搬出された材というブランド化した付加価値をつけて、販売することによって搬出した材の価格を上げ、その上乗せされた部分を搬出費用にあてることによって、馬搬を利用していくことも考えられる。実際、遠野では馬搬によって搬出された材を使った家具などを作って販売するといったこともされている。

さらに自然公園のなどの風致の維持を考慮する必要がある林地では、林道を開設せずに搬出作業が可能な馬搬はその利用の可能性が十分にあると考えられる。こういった自然公園の場合、適切な搬出費用を支払うために補助金を設定して利用することも考えられる。

馬搬は機械作業のような大量搬出による収益の向上はできないが、機械作業とは全く別に、地形的条件や搬出する材の価値、機械作業が望ましくない林地など各種の制約のかかった状況において経済的にも環境的にも見合った利用の可能性があると考えられる。

5-3 展望・今後の課題

馬搬による搬出が有効に利用できる林地の存在が明らかになった。しかしながら、実際の馬搬の需要がどれだけ存在しているかは明らかになっていない。遠野での聞き取りにおいて林地所有者が機械による作業を拒んだために馬搬による搬出が依頼された事例が確認できた。このような林地所有者の意向を調査し反映することで、より馬搬を有効に利用することができる林地が絞られ、それによって海外のように機械と馬搬の両者の長所を活かした施業が行われる可能性がある。今後は林地所有者側の意向を調査していくことが課題となる。

また馬搬に利用される馬を馬車引きなどに利用するといった、馬搬以外の利用法と複合的に考察することも重要と考える。馬と触れ合うという機械にはない生産性を活かした利用方法を取り入れることで、馬の存在が認知され、馬搬が利用される機会も現れるのではないかと期待される。

謝辞

「常に疑え」この言葉は2年間の課題であったように思います。私はもっといろんなことを知りたい、一つのことに集中してみたいという思いで修士課程に進みました。実際、学部生の時とはまるで違う分野で学ぶということは、今まで知ることなかった情報を私に与えてくれました。しかし、その情報の受け手として私は失格者でした。情報を鵜呑みにしたわけではありませんが、グラフや表の表面だけを見て、「なぜこんな数字が出てくるのか」「著者の解釈はおかしいのではないか」といったことに全く触れていない自分がいました。これが研究の第一歩になるということがわかっていなかったのです。

「研究とは何か」そんな基本中の基本から始まった私の2年間ですが、宮城、北海道、岩手、長野、鹿児島と様々なところに行き、様々な人や物に出会い、様々な経験をして自分でも少しは成長したと言える時間でした。初めに何も読めていなかった図表に対しても疑って確認して認識するという姿勢を意識するようになりました。もちろんまだまだですので、「常に疑え」という課題は一生ものになりそうです。それでもこうして成長を感じることができるのは、様々な方に親切にいただいたおかげです。皆様に感謝を述べさせていただきます。

まずは誰よりも、出来の悪い私の面倒を引き受けてくださった、山本先生に最大の御礼を申し上げます。山本研に入れていただいたことで、現場に行くと肌で感じてくることの面白さ・大切さに改めて気づくことができましたし、何より野外での調査は楽しかったです。貴重な経験をさせていただきありがとうございます。石巻では、熊谷様をはじめ、豊沢様、平井様などたくさんの方に大変お世話になりました。幾度となくご迷惑おかけする場面もありましたが、そのたびに対応していただきました。この研究をすることができたのも皆様のおかげです。本当にありがとうございます。遠野でも、多くの方にご迷惑をおかけし、お世話になりました。特に岩間様にはお忙しい中、何度も電話で対応していただき、そこで聞き取れた内容がこの研究の元になりました。本当にありがとうございます。山本研のゼミでは寺田先生や藤枝様、他の研究室との合同ゼミでは横張先生、雨宮先生、田中先生、宮本様、渡辺様、栗田様、また斉藤研の皆様にも、多くのご指摘をいただきました。そのすべてに応えることができたとは決して言えませんが、こうして一つのものにまとめることができました。本当に出来の悪い私にもかかわらず、多くのことを教えていただきありがとうございます。同じ学生同士の間にも助けられました。ゼミでボロボロになって沈んでいるとき、みんなと話すことで、またやる気にさせてもらいました。仲間であり一種のライバルのような存在のみんながいてくれたからこそ、ここまで辿りつけました。特に同じ研究室の風間君、原島君、村上君、趙君、陳さんには迷惑をかけることが多々あり、それに対応してくれたことに感謝しています。研究室のメンバーもちろん含みますが、研究室は関係なく本当にいい仲間巡り会えたと思います。この論

文の提出の際には、同じ部屋の仲間に本当に助けられました。このメンバーであったからこそ提出が出来ました。そして中でも私を支えてくれる人にも出会えたことは、最大の幸運でした。

この2年の間に会った全ての人が、私にとってはかけがえのない存在であり、そのつながりはこれで終わりではなく、今後も続けていきたいと願うものです。ご迷惑おかけすると思いますが、どうぞよろしくお願いいたします。

最後に大学・大学院と長い学生生活をおくれたのは、何より家族の支えがあったからです。実家から遠く離れていても、その支えはとても大きなものでした。最大の感謝を表します。ありがとうございました。

2014年1月23日 松浦満寿

引用文献

- ・神奈川県農政部林務課(1984)：「神奈川県林政史」，神奈川県農政部林務課，963pp
- ・国土交通省国土政策局国土情報課(2000)：国土数値情報 行政区域データ 平成12年宮城
- ・早尻正宏・夏目俊二(2012)：馬搬作業の今日的意味と森林文化・馬事文化の創造：北海道南西部の展開事例を踏まえて，北海道大学演習林研究報告 68(1)，1-10
- ・広部伸二(1996)：ドイツ山岳林における林業機械の使われ方-ドイツ KWF エクスカーションに参加して-，山林 1347，42-48
- ・入江賢治(2010)：山元からの運搬コスト縮減について，林野庁森林技術総合研修所課題研究第49期（平成21年度）
No.2<http://www.rinya.maff.go.jp/j/kensyuu/pdf/seika_2009_02.pdf>(2014/01/15 閲覧)
- ・岩手県遠野市(2014)：遠野市の人口基礎データ
<<http://www.city.tono.iwate.jp/index.cfm/30,26607,136,384,html>>(2014/01/09 閲覧)
- ・小林裕(1981)：「林業生産技術の展開-その近代化 100 年の実証的研究」，日本林業調査会，195pp
- ・Lihai Wang(1997)：Assessment of Animal Skidding and Ground Machine Skidding Under Mountain Conditions, Journal of Forest Engineering Volume 8, 57-64
- ・水田展洋(2010)：保管条件の違いによるスギ小径丸太の含水率変化，東北森林科学会誌，東北森林科学会 15(1)，6-10
- ・宮城県(2013)：森林計画図 2013 年 3 月 31 日時点
- ・宮城県(2013)：森林簿 2013 年 3 月 31 日現在
- ・宮城県石巻市(2013)：人口・世帯数（最新版）<
<http://www.city.ishinomaki.lg.jp/cont/10102000/0040/2204/2204.html>>(2014/01/09 閲覧)
- ・村づくり NPO 法人りあすの森(2012)：最新ニュース< <http://www.riasmomori.jp/>>(2014/01/07 閲覧)
- ・農林水産省(2010)：世界農林業センサス報告書，第1巻 都道府県別統計書，03 岩手県 第2部 農山村地域調査，総土地面積及び林野面積
- ・農林水産省(2010)：世界農林業センサス報告書，第1巻 都道府県別統計書，04 宮城県 第2部 農山村地域調査，総土地面積及び林野面積
- ・農林水産省(2014)：農林水産統計木材価格統計調査平成25年12月<
http://www.maff.go.jp/j/tokei/kouhyou/mokuryu/kakaku/pdf/mokuzai_kakaku_1312.pdf>(2014/01/15 閲覧)
- ・小田聡子(2004)：現代に生きる働く馬-馬力集材の現在と道具の紹介-，馬の博物館研究紀要 15，1-16

- ・小野耕平(1998)：一馬力の森林作業，山林 1367， 49-57
- ・ Pinney,C.(2010)：British horse loggers
<<http://www.britishhorseloggers.org/>>(2014/01/07 閲覧)
- ・林野庁(2009)：森林・林業再生プラン
<<http://www.rinya.maff.go.jp/j/kikaku/saisei/index.html>>(2014/01/07 閲覧)
- ・林野庁(2013)：「森林・林業統計要覧 2013」Ⅲ-B 林業労働，日本森林林業振興会，
262pp
- ・資源エネルギー庁(2014)：石油製品価格調査
<<http://www.enecho.meti.go.jp/info/statistics/sekiyukakaku/sekiyukakaku1.htm>>(2014/01/14 閲覧)
- ・ Suraj P. Shrestha, Bobby L. Lanford, Robert B. Rumme, Mark Dubois(2005)：Utilization and Cost of Log Production from Animal Logging Operations, International Journal of Forest Engineering Vol.16 No.2, 167-180
- ・ Suraj P. Shrestha, Bobby L. Lanford, Robert Rummer(2008)：Mark Dubois Soil disturbances from horse/mule logging operations coupled with machines in the Southern United States, International Journal of Forest Engineering19(1), 17-23.
- ・立川史郎・瓜田元美・渡邊篤・澤口勇雄(2011):馬搬作業の搬出工程と土壌への影響-小規模な搬出工程 における馬搬作業の可能性-, 東北森林科学会誌 16(1), 1-6
- ・畜産 ZOO 鑑(2005)：蹄鉄の種類<
http://zookan.lin.gr.jp/kototen/uma/u221_8.htm>(2014/01/09 閲覧)
- ・筑水キャニコム(2011)：製品カタログ林内作業車 SUPER やまびこ (BY1201) <
<http://www.canycom.jp/products/2011/10/13/by120/>>(2014/01/09 閲覧)
- ・遠野馬搬振興会(2010)：遠野馬搬振興会について
<<https://sites.google.com/site/tonobahan/>>(2014/1/7 閲覧)
- ・東北森林管理局(2013)：宮城北部国有林の地域別の森林計画書
- ・安村直樹，永田信(1994)：林道開設に伴う経済効果に関する考察，東京大学農学部演習林報告 (92), 167-174