

# 採材の単純化による歩留向上に向けた取組

～仕事はきれいに効率よく～

○津軽森林管理署金木支署 青山 岳彦

○津軽森林管理署金木支署 村野 宏樹

○青森森林管理署 村下 拓郎

## 1. 背景

我が国の人工林の多くが本格的な利用期を迎えていることから、公共建築物等における木材利用の推進や木質バイオマスのエネルギー利用など、新たな国産材需給を創出していく取組が進められている。一方で、林業従事者の高齢化や減少が進んでおり、現状のままでは拡大する木材需要に対応することが困難である。このことから、搬出間伐において生産歩留（生産量（丸太の材積）／資材量（立木の材積））を向上させるとともに、作業の効率化を進めることが極めて重要である。

東北地方のような急峻な地形が多い多雪地帯では、積雪の重みにより根元が大きく曲がった根曲り木が多く生じる（図2-2）。大きく曲がった丸太は製材用、合板用として活用できないため、根曲り木の根元部分は「短コロ」として切り落とされる。しかし、短コロは搬出に手間がかかる等の理由から、青森県内では大半が林内に放置されている状況にあり、このことが生産歩留の低下を引き起こす一つの要因となっている。そこで、本研究では短コロの活用を軸に、生産歩留と生産性をともに向上させるための新たな作業方法について検証した。

## 2. 調査方法

### 【1】 新規方法の考案

従来の造材方法（以下「従来方法」と呼ぶ）では、まず短コロを切り落とし、一番玉以降を4 m または2 m に造材していた（図1-1）。従来方法で造材した丸太は表1のように巻立てするため、短コロの搬出を含めると出材区分は計7種類となる。

本研究では採材の単純化と歩留向上を図るため、従来方法に対して新たな造材方法を考案した（以下「新規方法」と呼ぶ）。まず、サルカ部分（伐倒時に生じる切り口）を含めて一番玉を一律2 m で玉切りし、2 m 低質材とする。二番玉以降は作業の単純化のため一律4 m で玉切りし、一般材・合板材・低質材に仕分ける（梢端部に限り、2 m 採材が可能な場合は2 m 低質材として搬出）（図1-2）。そのため、新規方法で生産される出材区分は5種類となる（表1）。新規方法では、これまで未搬出だった部分を搬出することによる生産歩留の向上に加え、採材の単純化や4 m 材比率の増加による作業効率の向上も期待される。さらに、林地残材の減少により、大雨による残材の流出防止や、主伐後における造林作業の効率化も期待される。そこで、従来・新規方法のどちらが有効か検証するため、根曲り木が多く生育する林分における資材量あたりの販売単価＝「収入」と人件費＝「支出」を求め、その「収支差」＝収入－支出の比較を行った。

表1. 従来方法及び新規方法の巻立て区分

	従来方法	新規方法
4m材	一般材・合板材 ・細丸太	一般材・合板材 ・細丸太・低質材
2m材	一般材・合板材 ・低質材	低質材

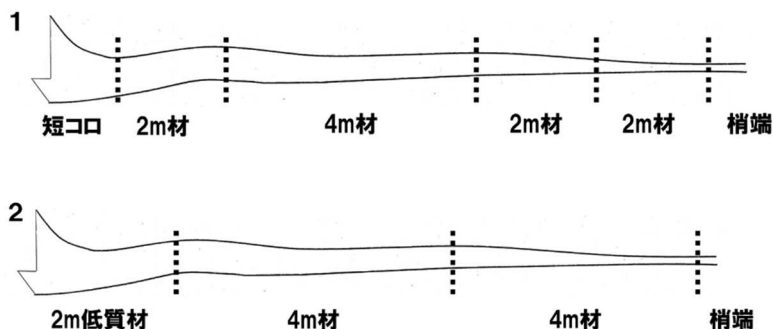


図 1 :

1. 従来方法における造材方法。
2. 新規方法における造材方法。

## 【2】 調査箇所

それぞれの作業方法による収支差を比較するため、従来方法または新規方法による搬出間伐を実施した。調査箇所として青森県五所川原市飯詰山国有林の林分条件に近い8つの小班を選定した(図2-1・表2)。各小班はスギを主体とする人工林であり、収穫調査復命書によると、全立木本数に対する根曲り木の割合は約30%と報告されていた(表2)。作業システムは車両系作業システムであり、伐倒はチェーンソー(ハスクバーナ560)、造材はプロセッサ(イワフジGPI-40-C)、運材はフォワーダ(イワフジフォワーダU6B・U6C)を使用した。搬出した丸太は林道上の仮土場で巻立てし、グラップル付きトラックで最終土場まで運搬した。

収入を算出するにあたり、東北森林管理局で販売実績のない4m低質材の需要を調査するため、青森県外ヶ浜町西小国山国有林641ろ2小班において新規方法を実施し、生産した4m低質材を山元委託販売により販売した。



図 2 :

1. 比較調査実施箇所。斜線が従来方法実施箇所、チェック柄が新規方法実施箇所である。
2. 調査箇所に生育していた根曲り木。

表2. 調査箇所の林分条件

	林小班	林齢	面積(ha)	資材量(m3)	平均胸高直径(cm)	根曲り木割合(%)
従来方法	112い1	37	2.86	458	16	35
	114い7	35	5.92	981	24	24
	114い8	35	3.05	410	16	36
新規方法	114い1	38	1.88	265	22	17
	114い2	38	5.11	634	24	26
	114い3	38	4.13	699	16	28
	114い6	36	4.23	646	22	34
	114い12	37	1.96	276	22	17

### 【3】 収支差の調査

#### ① 収入の算出

それぞれの方法によって生産された丸太の材積（生産量）を記録し、これを立木の材積（資材量）で割ることで生産歩留（生産量／資材量）を算出した。生産量に、青森県の平成30年度における各材区分の委託販売平均単価（表3）を掛けることで販売総額を計算し、これを資材量で割ることで「資材量あたりの販売単価＝収入」を求めた。なお、4m一般材・合板材については、取引される価格の違いから、径級18cm以上のものを「4m一般材・合板材」、径級16cm以下のものを「4m細丸太」として定義した。

表3. 青森県における平成30年度の山元委託販売平均単価(税抜)

4m一般材 ・合板材	4m 細丸太	2m一般材 ・合板材	2m 低質材
7,491	5,361	6,261	4,388

(単位:円/m3)

#### ② 支出の算出

新規方法の導入に伴い造材方法が変化するが、生産される丸太の区分別出材比率や長級比率、2m低質材の形状も変化するため、巻立てとトラック運搬の作業内容も変化すると考えられる。そこで、作業日報を参照することでこれらの作業に要した人工数（人・日）を記録し、生産量を人工数で割ることで作業効率＝生産性（m3／人・日）を算出した。人工数は、作業員一人が8時間作業に従事した場合を1とした。なお、作業道作設・伐倒・集材・運材は作業内容が変わらないため、今回はこれらに要した人工数を考慮しないこととする。さらに、人工数を資材量で割ることで資材量あたりに必要な労働量（人・日／資材量）を求め、これに作業員一人一日あたりの平均賃金（円／人・日）を掛けることで、「資材量あたりの人件費＝支出」を求めた。作業員の平均賃金は全国農業会議所「農作業料金・農業賃金に関する調査結果」における平成28年度のデータを使用した。

#### ③ 収支差の比較

- ① と②で得られた収入と支出から資材量あたりの収支差を求め、比較した。

**資材量あたりの収支差＝資材量あたりの販売額－資材量あたりの人件費**

### 3. 結果

#### 【1】 収入の比較

従来方法では 1176.689m<sup>3</sup> の丸太が生産されたのに対し、新規方法では 2213.685m<sup>3</sup> の丸太が生産された。生産された丸太の区分別出材比率は図 3-1 のとおりであり、新規方法は 4 m 一般・合板材と低質材の生産比率が増加した。なお、新規方法では 2 m 一般材・合板材は全く生産されないため 0%となっている。また、長級別の比率は図 3-2 のとおりであり、新規方法の方が 4 m 材の生産比率が大幅に高くなっていた。

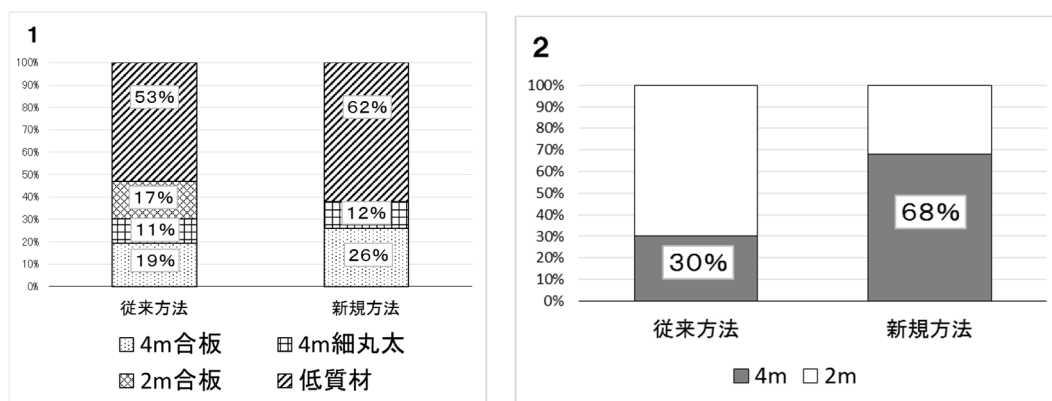


図 3： 1. 従来・新規方法における区分別出材比率。 2. 従来・新規方法における長級比率

生産量を資材量で割ることで生産歩留を算出した結果、新規方法の生産歩留は従来方法と比較し大幅に向上していた（図 4-1）。実際に、作業後の林地の状況を確認すると、従来方法実施箇所では林地に短コロが放置されていたが（図 4-2）、新規方法は枝条以外ほとんど残されていなかった（図 4-3）。これらのことから、新規方法は生産歩留の向上に効果的であることが示された。

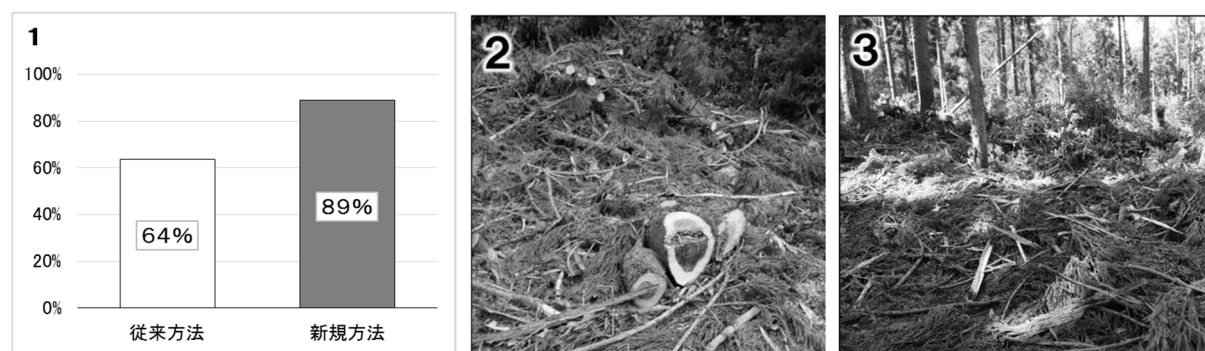


図 4： 1. 従来・新規方法における生産歩留（生産量／資材量）。

2. 従来方法実施箇所の林内の様子。 3. 新規方法実施箇所の林内の様子。

収入額を計算するにあたり、4 m 低質材の需要を調査した。その結果、販売した 4 桧全てが落札となり、それぞれ 3 枚程度の応札があったことから 4 m 低質材に需要があることが確認できた。また、平成 30 年度の金木支署・青森署における 2 m 低質材の平均販売単価の実績数値は 4,900 円（税抜）であり、4 m 低質材の販売単価と比べて大きな差がない（表 4）ことから、収入額の計算では 4 m 低質材の単価は 2 m 低質材と同一の値を用いることとした。それぞれの方法により

生産された材積に各材区分の平均単価（表4）を掛けたところ、販売総額（税抜）は従来方法で6,365,795円、新規方法は11,629,007円となり、資材量当たりの販売単価（税抜）従来方法で3,441円/m<sup>3</sup>、新規方法で4,672円/m<sup>3</sup>となった（図5）。

表4. 4m低質材の販売単価（税抜）

	桧1	桧2	桧3	桧4
数量(m <sup>3</sup> )	62.798	64.210	64.638	71.089
販売額(円)	351,669	351,669	351,669	319,901
販売単価(円/m <sup>3</sup> )	5,600	5,477	5,441	4,500

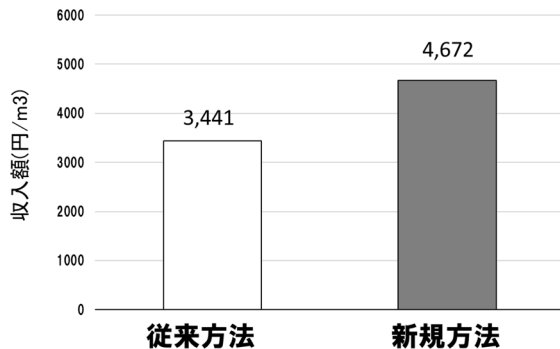


図5. 資材量当たりの収入額

## 【2】 支出の比較

それぞれの方法における造材・巻立て・トラック運搬に要した人工数を表5に示す。生産量を人工数で割り生産性（m<sup>3</sup>/人・日）を求めた結果、新規方法は巻立てとトラック運搬の生産性が微増し、3工程全体の生産性も僅かに向上した（図6）。トラック運搬については、2m低質材にサルカが含まれることで積載しにくくなることが予想されたため、各低質材のトラック積み時間も比較した。その結果、新規方法により生産されるサルカ付き2m低質材と4m低質材の積み時間は、いずれも従来方法により生産されるサルカ無し2m低質材より短い傾向が見られた（表6）。さらに、新規方法の作業難易度について作業員への聞き込み調査を実施した結果、造材作業員からは「長級が単純化したため考慮する事項が少なくなり、作業が大変楽になった。」、巻立て作業員からは「2m材の仕分け作業がなくなり楽になったが、4m材の仕分けには時間を要するようになった。」、トラック運転手からは「4m材の比率が増加したため作業が楽になった。サルカが付いていても特に影響ない。」といった意見があり、4m材の仕分け作業以外、生産性を下げているといった意見は聞かれなかった。

表5. 従来方法及び新規方法の人工数

	従来方法	新規方法
造材	13.0	24.5
巻立て	13.0	24.0
トラック運搬	22.7	40.3
計	48.7	88.8

（単位：人・日）

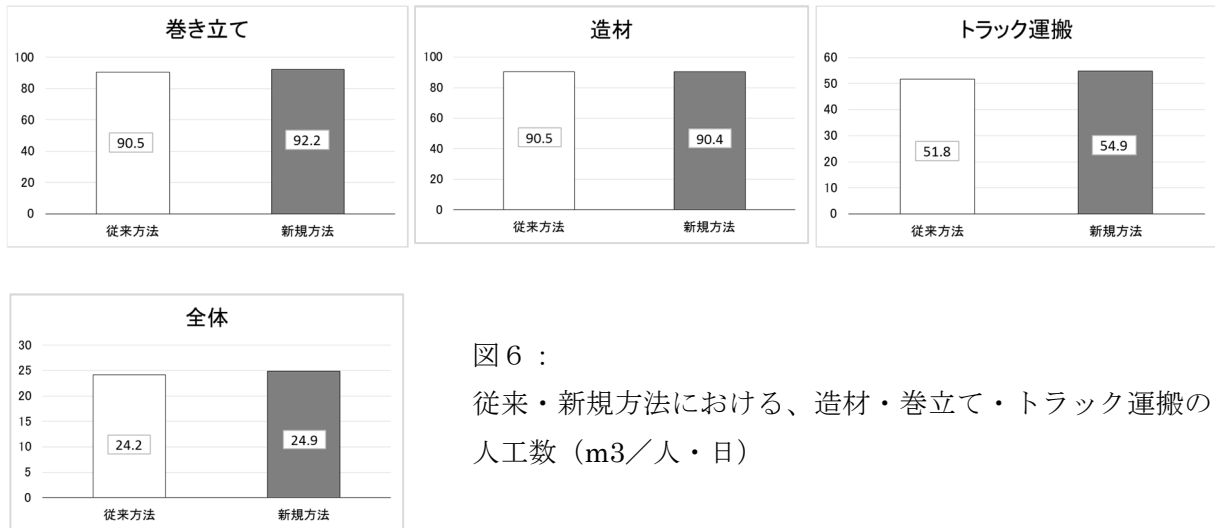


図6：従来・新規方法における、造材・巻立て・トラック運搬の人工数 (m<sup>3</sup>/人・日)

表6. トラック積込みの所要時間

	2m低質材 (サルカなし)	2m低質材 (サルカあり)	4m低質材
1回目	50	44	37
2回目	47	39	35
3回目	54	38	33

(単位:分)

支出額 (資材量あたりの人件費) を計算するため、それぞれの方法における人工数を資材量で割ることで、資材量あたりに必要な労働量を計算した結果が図7-1である。これに作業者一人一日あたりの平均賃金を掛けることで、資材量あたりの支出額を計算した結果が図7-2である。このように、資材量あたりの支出も新規方法の方が大きいことが明らかになった。

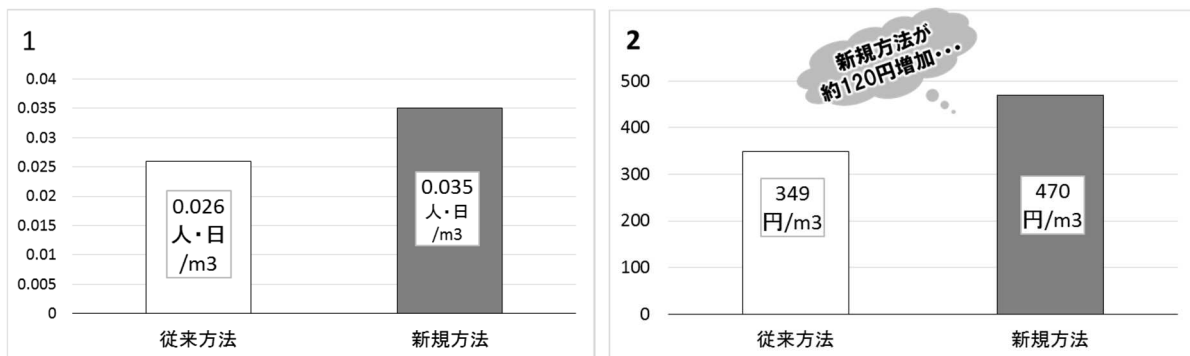


図7：1. 従来・新規方法における、資材量あたりに要した人工数 (人工数/資材量)。  
2. 従来・新規方法における、資材量あたりに必要な人件費 (円/m<sup>3</sup>)。

### 【3】 収支差の比較

収入 (図5) から、その収入を得るために要した支出 (図7-2) を差し引いた値=収支差を計算すると、従来方法の収支差は+3,092円、新規方法の収支差は+4,202円となり、新規方法の方が1,110円高くなった。このことから、今回の調査では新規方法の方が有効であったといえる。

#### 4. 考察

##### 【1】 生産歩留が向上した要因について

新規方法では、これまで未搬出であった短コロを2 m低質材として搬出するだけでなく、梢端付近の細い部分を4 m材として搬出するため、梢端部分の搬出も容易になったと考えられる。実際に、生産された4 m低質材を確認すると直径5 cm以下の極めて細い材も多数含まれていたが、従来方法で生産した2 m低質材にはほとんど含まれていなかった。このため、新規方法の生産歩留は極めて大きくなったと考えられる。

##### 【2】 作業効率（生産性）が向上した要因について

今回の調査では、巻立てとトラック運搬の生産性が微増していた。

巻き立てについては、2 m材の選別作業が不要になったことに加え、出材区分数が減少したため生産性が向上したと考えられる。

トラック運搬については、4 m材は2 m材と比べて2倍の効率で積み込みできるため、4 m材の比率が向上すると生産性が増加しやすい。また、平均径級が太い方が少ない回数で積み込みできるため、径級が大きい方が生産性は増加しやすい。新規方法は2番玉以降を一律4 m採材としたことにより、4 m材の比率が大幅に上昇した（図3-2）。さらに、新規方法により生産されるサルカ付き低質材は従来の2 m低質材と比べ、積み込み時間が短くなっていた（表6）。これは、サルカ付き2 m低質材は太い根元部分であるため、平均径級が大きいと考えられる。このように、新規方法は太い根元付近が2 m、それより上の細い部分が4 mで生産されたことで、トラック運搬の生産性が向上したと考えられる。

一方で、今回の調査では生産性の増加率はさほど高くなかった。これは、調査に協力を依頼した事業体が元々高い生産性を維持しており、現状の人員・設備では生産性が高止まりの傾向を示していたことが要因と考えられる。このような状況にかかわらず生産性が微増したことから、他の事業体では生産性も大きく向上できる可能性がある。

##### 【3】 新規方法が有効となった要因について

新規方法は搬出する丸太の量が増加したことで、資材量あたりに必要な労働量が増加してしまったと考えられる。しかし、今回の調査箇所では3つの要因により収入の増加率が支出の増加率を上回ったと考えられる。

一つ目は、歩留の飛躍的向上である。今回の調査箇所では、新規方法の生産歩留が飛躍的に向上したため、資材量あたりの販売材積が極めて大きくなり、収入の増加率が大きくなったと考えられる。

二つ目は、生産歩留が向上したにもかかわらず生産性も向上したことである。これにより、資材量あたりに必要な労働量の増加率が低く抑えられたため、支出額の増加率を下げることでできたと考えられる。

三つ目は、近年における販売単価の変化と4 m合板材の生産比率向上である。表1に示した材区分のうち、最も高値で買い取られるのが4 m一般・合板材であり、2 m合板材はそれより安値で取引される。新規方法は低質材の生産比率が上昇するものの、最も高価な4 m一

般・合板材の生産比率は向上していた（図3-1）。さらに、近年は木質バイオマスのエネルギー利用推進により木質チップ需要が拡大しており、青森県では低質材の平均販売単価が上昇している。この二つの要因により、低質材比率が増加しても販売総額が大きく減少しなかったのではないかと考えられる。

#### 【4】 新規方法の適用条件について

今回比較調査を実施した小班は林齢40年生未満の若年性林分であり、平均径級も20cm程度と細い木が多かった。今回の調査結果から、林齢40年生未満、あるいは平均径級20cm以下の低位な林分では新規方法が有効に働くことが示唆された。

しかし、新規方法には、従来方法に比べて低質材比率が大きくなってしまいうという欠点や、一般的に高品質な根元部分が全て低質材になってしまうという欠点がある。新規方法の実施によって低質材比率が極端に大きくなる林分や、生産される一般材と低質材との価格差が大きく、僅かな低質材比率の増加で収入が激減するような地域では、新規方法が不利に働く可能性がある。

そこで、どのような条件で新規方法が有効に働くか、収支差を用いてシミュレーションを実施した。シミュレーションでは、新規方法の生産歩留り、一般材・合板材の比率及び単価が、林分条件にかかわらず今回得られた結果で固定であり、新規方法で資材量当たり得られる収支差が一定（+4,202円/m<sup>3</sup>）であると仮定した。そして、一般材・合板材比率と一般材・合板材の単価が変動した場合に、どのような条件で従来方法の収支差が新規方法の収支差（+4,202円/m<sup>3</sup>）を上回り、有効になるのかをシミュレーションした。シミュレーションに用いる「従来方法における収支差」の式は下式のとおりである。

$$\begin{aligned} \text{「従来方法における収支差」} &= (\text{一般材・合板材収入額}) + (\text{低質材収入額}) - [\text{支出額}] \\ &= ([\text{生産歩留}] \times [\text{一般材・合板材比率}] \times [\text{一般材・合板材販売単価}]) \\ &+ ([\text{生産歩留}] \times [\text{低質材比率}] \times [\text{低質材販売単価}]) - [\text{支出額}] \end{aligned}$$

この式のうち、新規方法による低質材比率の増加に対する適用範囲の確認のため[一般材・合板材比率]を $x$ 、[低質材比率]を $1-x$ とし、一般材・合板材と低質材の価格差に対する適用範囲の確認のため[一般材・合板材販売単価]を $y$ とし、変数として設定した。なお、[生産歩留]は金木支署における平均的な値である0.65とし、[低質材販売単価]には実績数値である表3の数値（4,388円/m<sup>3</sup>）を用いた。[支出額]については本研究の結果の値（349円/m<sup>3</sup>）を適用している。それぞれの値を上式に当てはめものが下式である。

$$\underline{\text{「従来方法における収支差」} = (0.65 \times x \times y) + (0.65 \times (1-x) \times 4,388) - 349} \quad (0 < x < 1)$$

$$x = [\text{一般材・合板材比率}], \quad y = [\text{一般材・合板材販売単価}]$$

この式によって得られる従来方法の収支差の値を、新規方法の収支差（+4,202円/m<sup>3</sup>）が上回った時、新規方法が有効となるため、シミュレーションの式は次のようになる。



$$\underline{(0.65 \times x \times y) + (0.65 \times (1-x) \times 4,388) - 349 < 4,202} \quad (0 < x < 1)$$

さらに、この式を変換したものが下式である。

$$\underline{y < 2,614/x + 4,388} \quad (0 < x < 1)$$

この式をグラフ化したものを図8に示す。網掛け部分の範囲は、新規方法が従来方法より有効に働く場合の、従来方法における一般材・合板材比率 (x) と従来方法における一般材・合板材販売単価 (y) の範囲である。このグラフの x に本研究の従来方法で得られた数値である 0.47 を当てはめると (b1)、この点と交わる y の値が 9,950 円/m<sup>3</sup> となる (a1)。このことから、本研究で従来方法を実施したような林分では、同じく従来方法によって出材される一般材・合板材の平均販売単価が 10,000 円/m<sup>3</sup> 程度を超えない限りは、新規方法が有効と推察される。逆に、青森県内の一般材・合板材の平均販売単価である 7,590 円/m<sup>3</sup> を y に当てはめると (a2)、これと交わる x の値は 0.81 となる (b2)。このことから、従来方法によって平均的な価格の一般材・合板材が出材する林分では、同じく従来方法で一般材・合板材の出材比率が8割を超えるようなことがなければ、新規方法を適用できると考えられる。このように、従来方法による一般材・合板材の出材比率や販売単価の予測が可能であれば、このシミュレーションによって新規方法の適用範囲をある程度定めることができると予想される。そのためには、まず従来方法による出材比率や販売単価について調査を進め、どの程度の林齢や径級等の数値でどの程度の出材比率や販売単価となるのかを明らかにする必要がある。また、今回シミュレーションに用いた新規方法の収支差の数値 (+4,202 円/m<sup>3</sup>) は、若齢林分で実施した本研究の数値のみであり、この数値は他の林齢や地域、事業体によっては異なる数値となる可能性が多分に存在する。今後、様々な地域や事業体で同様の調査を実施し、新規方法を実施した際のデータを蓄積することで、よりシミュレーションの信用性を高める必要がある。

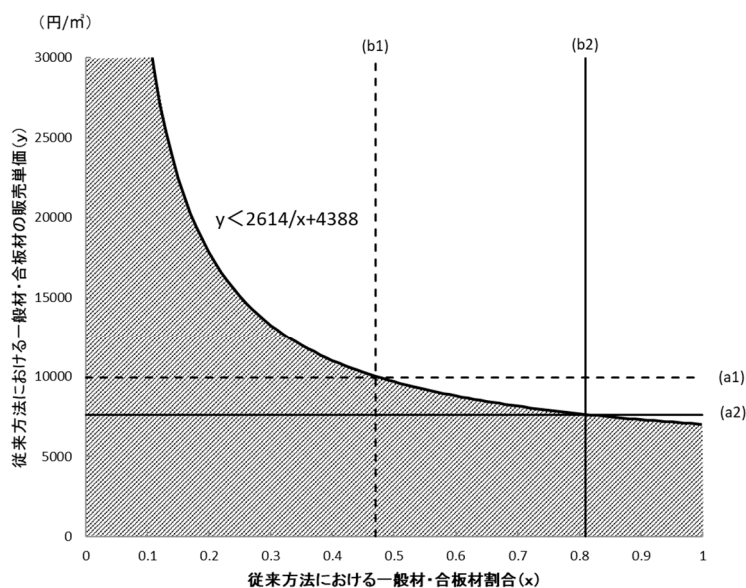


図8. 新規方法が有効となる林分条件シミュレーション

また、本研究ではスギを対象として調査を実施したが、他樹種については、カラマツは低質材単価と比べ一般材・合板材単価が極めて高いため、新規方法で実施すると収入の増加が小さくなる恐れがある。アカマツは一般材・合板材単価と低質材単価の差が縮まりつつあるものの、曲りにより4 m合板・一般材が生産できない場合が多いため、新規方法で実施すると大半が低質材になってしまう恐れがある。このことから、現状において新規方法はスギ林分のみで実施すべきであり、他樹種については同様の調査を重ねる必要があると考える。

本研究では採材の効率化と歩留向上を目的とし、概ね仮説どおりの結果を得ることができた。本研究で考案した新規方法を実践していくことで、搬出間伐をこれまで以上にきれいに効率よく実施できると考えている。

## 5. 謝辞

今回の調査にご協力頂いた有限会社 秋田谷林業 様、有限会社 中里運送 様、有限会社 前田林業 様に感謝の意を表す。