



贈呈

林業試験場

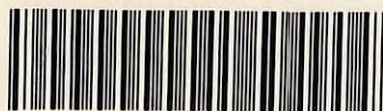
軌道インクラインに関する一調査



林業試験場秋田支場

秋保親悌

試  
北



02000-00130315-3



# 軌道インクラインに關する一調査

林業試験場秋田支場

秋 保 親 悌

## 一、緒 言

終戦後の諸産業の振興に伴い我國林業もその安定を取戻し、その經營合理化への方向をとり始めた事は喜ばしい限りである。林業は最近漸次その特殊性を認められつつあり、この意味に於ても國家産業としての適正な事業形態へ導かれなければならないのである。

木材産出分野に於て最も多くの經費を要する部門は木材搬出である事は云う迄もない。山元に於ける運材方法も人力、畜力利用のそれより次第に機械利用に推移して居り、その地形、經營規模の大小に依り種々の運材形態をとり、之を劃一的に云々する事は出来ないとしても、少くとも國有林事業に於ける軌道運材方法の採用は奥地に多い我國森林資源に價值を持たせる事に於て偉大な貢獻をなして來た事は之を否定し得ないのである。而して我國の様な急斜地林業に於てはその勾配等に無理を生ずる様な場合が少なく、相當高低差の大なる場所でも軌道を施設、運材を續行せざるを得ない様な場合が出て來るのである。この様な場合に採用されるのがインクライン装置であり、戰爭中は伐出容易な箇所に事業が集中した爲、以前各所に於て採り上げられていたこの装置が使用されずに廢止されてしまつた例が多かつた。然るに戦後伐採事業が再び奥地へ移行する趨勢にあり、軌道運材に於てもインクライン装置の必要を生ずる機會が多くなつてくるものと考えられる。この時に當りたまたま軌道インクラインを復活せしめ、利用して居られる秋田營林署の事業につき之を調査させて戴く事が出來たので茲にその概要を取纏めてみた。各事業方面に於て少しでも参考になる点を見出して戴ければ幸である。

尙調査に便宜を與えられた中利署長、工藤事業課長、山影詰員の各官に深甚なる感謝の意を表するものである。

## 一、インクライン利用の軌道運材について

調査結果の概要を記する前に、インクラインというものについて多少述べてみる。

軌道運材の施設に當つてはその始点より終点迄順緩勾配になる様に設計せられるのが理想的であり、全線が $\frac{1}{100} \sim \frac{1}{50}$ の勾配を有する線路であれば積載量の如何に關らず1人で能く運轉し得るとされている。然しその中に止むを得ず急勾配を挟まざるを得ない場合迂迴するよりも急勾配地に依り降した方が遙かに有利な場合等に於てインクライン設備が用いられるのである。貨車の積載量が制限され、能率の点よりも經費の点よりしても必ずしも有利とは云い得ない事が多いが上述の様に設計上の必要があつた場合には出來得る限り操作を簡易安全にして、然も搬出量を大ならしめ得る様に設備せられなければならない。

インクラインの型式は二大別され、單路式(Ooeway incline)と鈞瓶式(counterbalance system)とがそれである。前者は一操作に依り、盈車が降され、次に空車が同じ軌道を曳



上げられるもので、後者は盈車の降下と空車の曳上げとが同時に行われるもので、盈車の自重を利用するから頂部に於ける制動のみで運動される。軌條は複線のものと同様、部のみ複線のもの等種々ある。單路式のものや峰越のものは曳上に動力を要するが、釣瓶式のものには制動機の操作だけで事足りるので、我國に於ては多くこの方法が採用せられる可能性が多い。

過去に於ける実績については、秋田営林局能代営林署管内に於ける峰越インクライン（林曹會報昭和3年8月第139号参照）大坂営林局管内高野國有林内軌道インクライン（中村猪市著、「森林工学」参照）旧御領林付知営林署管内軌道インクライン（「御領林」昭和7年7月第50号）等の例があり、高知、熊本等に於ても相當利用せられて居つたようである。（關谷文彦著「伐木運林圖説」の圖例）

# 一、秋田営林署管内に於ける調査結果

## （イ）調査地

秋田縣南秋田郡船川町椿

（男鹿經營區山城澤國有林伐採事業用軌道内、椿貯木場附近。軌道始点より順緩勾配2.4軒、貯木場直前に於て急勾配をとる。）

## （ロ）調査の期日

昭和25年6月20日～22日

## （ハ）施設の概要

（i）開設年度……昭和5年度開設昭和27年度迄使用、一時中断

昭和24年度改修工事完了（1部は25年度へ繰越）

昭和25年5月26日より使用。

（ii）設 備……復線軌條、槽（1）、制動機（1）、曳上げワイヤー其他である。

昭和6年度の初期工事については設計關係資料が得られず不詳である。昭和24年度の改修に當つては制動機修理、槽建替え、ワイヤー架線を行つただけである。

（iii）施設經費……初期工事に於ける經費の總計は334円42銭となつて居る。（内譯は不詳）

改修工事經費は總額49,705円となつて居りその内譯は次の通りである。

①土木關係總工費（昭和24年度実行分）	40,705円00銭
内譯 槽建設用杉丸太拂下代	4,515円30銭
使用人夫賃金（槽建設及勾配路軌道整備）	36,189円70銭
②直營伐採關係經費（昭和25年度実行分）	9,000円00銭
内譯 制動機修理代	7,000円00銭
附帶設備	2,000円00銭

（iv）インクラインの型式……釣瓶式復線型インクライン

（第1圖は貨車降下の様子を槽上より撮影したものである）

（V）斜 距 離……80米（実測）

（Vi）勾 配……27度（実測） 高低差は35.0米となる。

（第2圖は実測縦断面圖である）

（Vii）制 動 機……三島式制動機

（第三圖及び第四、五圖参照）

本機械は新製品ではなく昭和6年度購入にかゝるもので、修理を施したものである。當時の説明書に依り其の構造、特徴をみると次の様になる。

◎設計は（第三圖参照）垂直荷重2,625kg（700貫）に対するもので各部分の重量は次の通りである。

名 称	数 量	單 位	重 量	總 重 量
ド ラ ム	3	本	38.0	114.00
内 枠	2	枠	25.5	51.00
外 枠	6	枠	14.36	86.16
ス テ ー	6		3.0	18.00
シャ フ ト	3		7.5	22.50
ハンドルスバ イラルギヤー 其 他				15.00
計				306.66

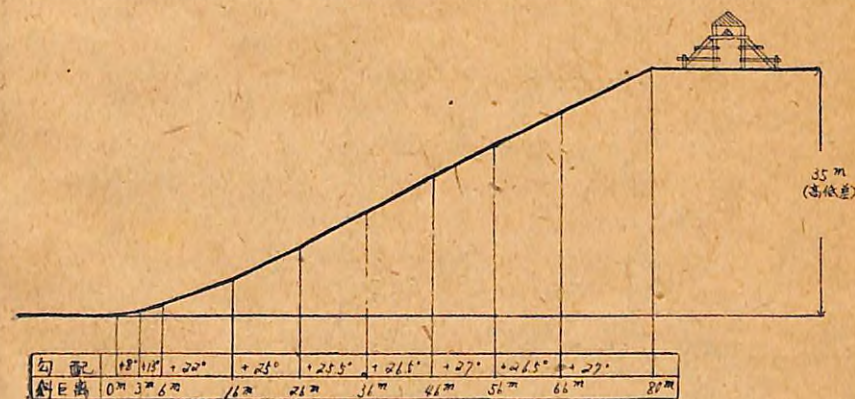
構造についてみれば次の通り。

ドラムは3個あつて各軟鉄製シ

貨車降下の状況（槽上より撮影）

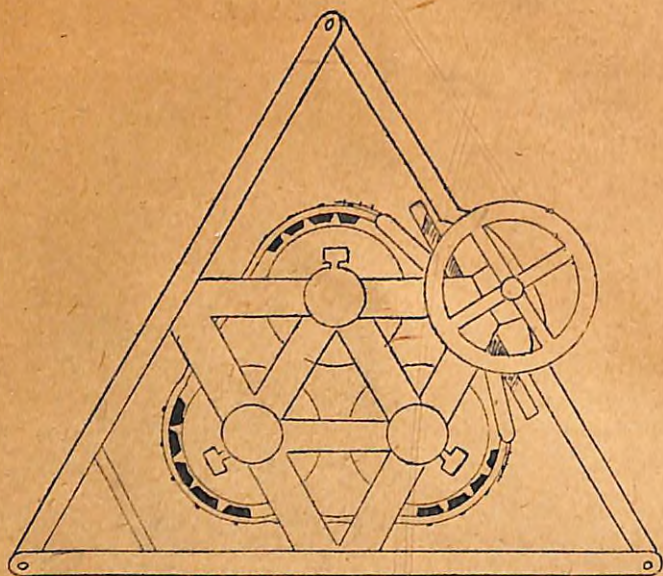
## 第 二 圖

椿軌道インクライン勾配縦断面

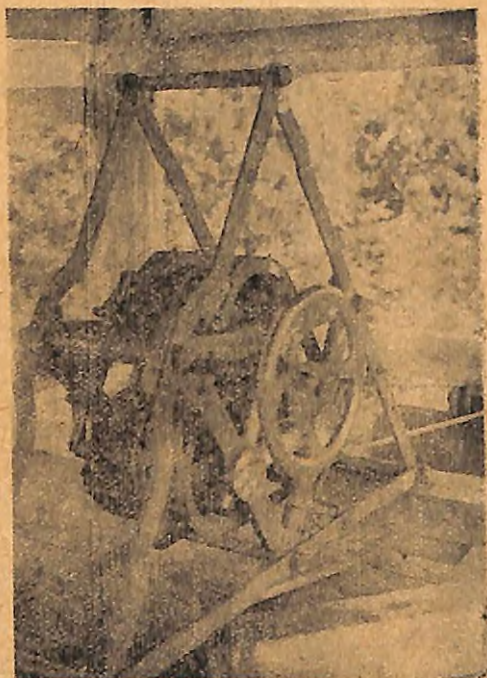
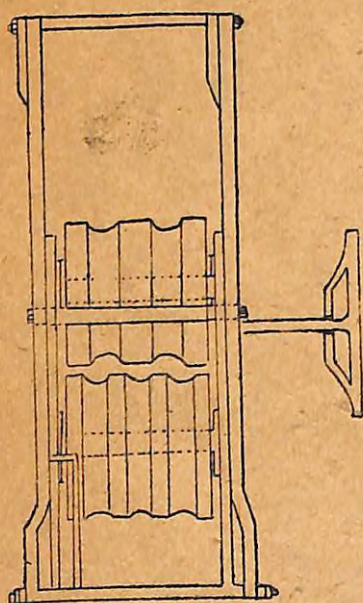




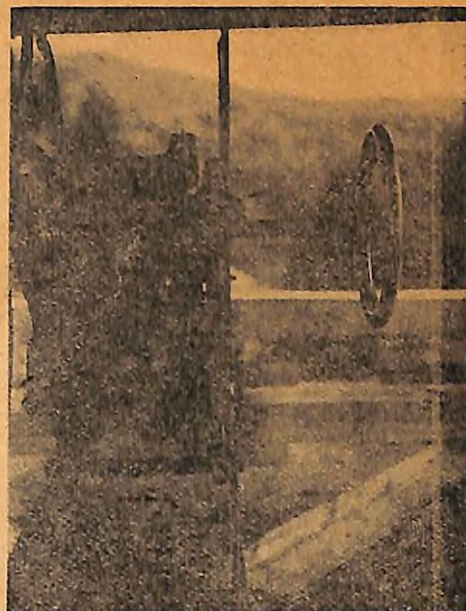
第三圖 三島式制動機正面及側面圖



第四圖 槽上に据付けられた三島式制動機

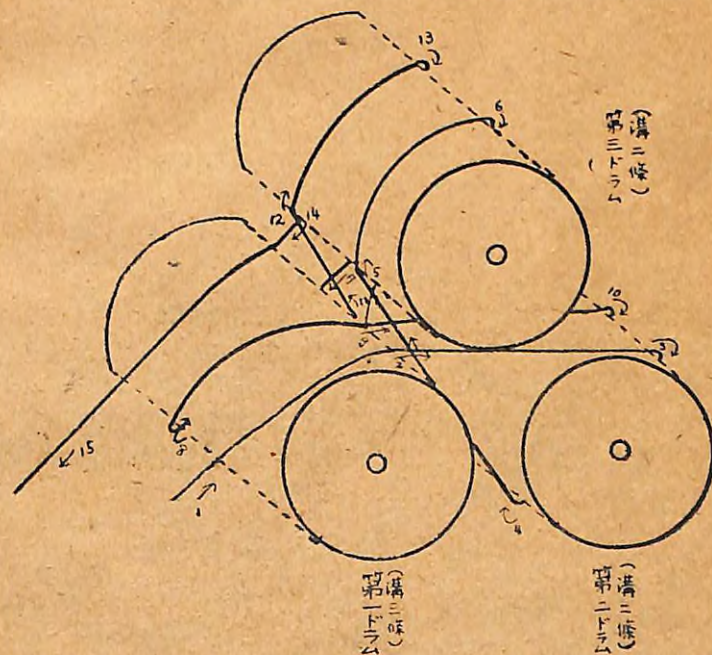


第五圖 三島式制動機制動裝置



ヤフトを差込んであり、其の軸の断面配置は正三角形の頂点をなして居り、孰れも鑄鉄型空胴体で表面に曳索の掛る溝（内角 $45^\circ$ ）と兩端に「ブレーキバンド」の掛る溝があり、前者の溝は1箇は3條他の2箇は2條ある。曳索の捲き方は次の通りである。（第六圖参照）

フレーム(frame) は内枠（鑄鉄製）と外枠（軟鉄製）があり、内枠は左右1枚づつあり、バビットメタルを附した3箇づつの軸承を有し、シャフトを左右兩面より支えている。外枠も正三角形に組立てられ兩面より6本のフレーム、ステイ(frame stay)で締付けられている。（第三圖参照）



第六圖



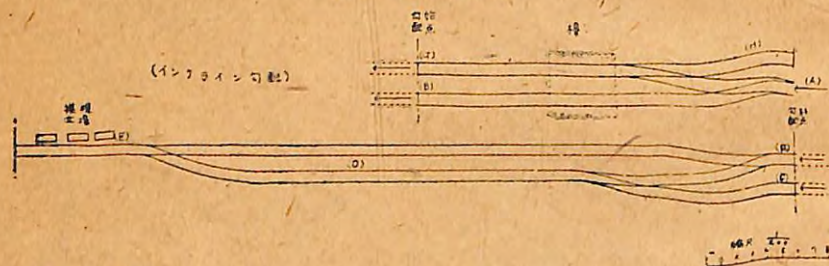
ブレーキバンド (brake-band) は鋼鉄板で之に2ヶ所軟鉄板を附す。バンドは左右2枚ドラムと接する所は木製ブロックを附す。ドラムの両端で3箇のドラムに掛り同時に締付ける。バンドの両端にスクリューナットがあり、これが各々1本のスクリュースピンドル (screw-spindle) に依る。スクリュースピンドルには各々その中央にスパイラルギヤー (spiral-gear) があり、これと相対したハンドルスピンドル (handle-spindle) のスパイラルギヤーと噛み合い、ハンドルに加わつた力で制動の機能を發揮し得る事となるのである。(第五圖参照)

特徴としては、曳索をエンドレス (endless) に廻転させ得、正三角体となしてある事に依り外力に対し安定で材料を多く要せず然も堅牢、小型、軽量で解体出来、各部分品は全て1人で運搬する事が出来る。又縦横、前後、左右どの様に据付けても使用出来、操縦容易で比較的制動力も大きいという事が挙げられて居る。この為我國に於て最も普及し利用されている様である。

(Viii) 軌 條……12ホンド(6趾)軌條を使用している。その配線の概略は第七圖の様になる。これはインクライン勾配にかゝる直前部と直後の貯木場内配線の状況を示したものであり、勾配區間(80m)は省略した。勾配區間の上り下り兩線の内側間隔は91cm前後となつて居り、軌間(Gauge)は他の部分と同様75cmとなつて居る。

(ix) 鋼 索……6分(18mm)ワイヤーで24本線6撫中心麻入(普通左撚)となつて居る。

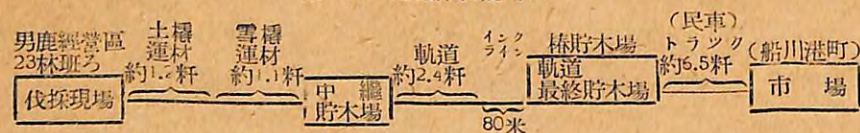
第七圖 軌道配線圖



#### ⑤運材連絡關係

軌道の最終貯木場直前にインクライン施設あり、軌道の始点である中繼貯木場よりは2.4軒の順緩勾配軌道であり、1台の貨車に丸太を積載之を1人で制動運搬しインクライン施設を利用貯木場構内に降下せしめ、卸した丸太を捲き立て、置き、トラックに依り市場迄運搬される事となる。現在運搬中の丸太は昭和24年度夏山(9月~11月)に於て伐採、約1.2軒の區間を土槽で中出し、冬山に於て約1.1軒を雪槽にて中出しを実行済みのものである。尚参考の爲に運搬系統の概略を記せば次の様になる。(第八圖参照)

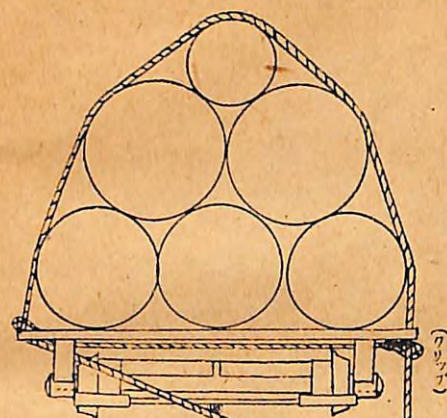
第八圖 運搬系統概略圖



#### ⑥インクライン運轉操作及び所要勞力

調査地軌道には4台の貨車が配置せられ、各貨車に1人宛の運材夫がつき制動機に依つて貨車を制動し乍ら、中繼貯木場よりインクラインの前迄運轉して来る。インクラインに於ける運轉操作を第七圖に依つて述べると、先ず盈車を全部單線の最終部である(A)の位置に停止せしめ、4台(或は3台)の運轉者は協同で1台を(B)の位置迄前進せしめ盈車にワイヤーを掛ける。(ワイヤーの掛け方及びクリップの形状は第九圖参照)それと同時に制動機操作に慣れている1名は槽上の制動機運轉を始める。盈車は自然に降下を始める位置迄押し出されると、後は制動機の制動のみでインクライン勾配終点(C)迄達し、(F)に於て捲立夫がワイヤーを掛けた(空車のワイヤーの掛け方は、盈車のその様に中央位置で上から掛け、横木の下を通らせる。但し締めワイヤーは用いない。)空車は釣鉤式に上昇せしめられて(G)点に達する。盈車は(C)より捲立夫に依つて(D)路に導かれ(E)に於て荷卸し捲立てされる事になる。(G)に曳上げられた空車は引込み線(H)に入れられる。これと同じ事を1台宛繰り返すのである。

第九圖 鋼索掛け方法見取圖



クリップ見取圖



名 稱	種 類	全 長	備 考
掛けワイヤー	18軒鋼索	8.2米	
同 (結束部)	"	0.45米	
締めワイヤー	12軒鋼索	2.0米	
同 (結束部)	"	0.4米	
クリップ		0.36米	

#### インクライン操作所要勞力

制動機運轉手	1名
頂部操作手	3名 (盈車押出し、空車引込み、ワイヤー掛け)
下部操作手	2名 (空車押出し、盈車引込み、ワイヤー掛け)
(貯木場操作手)	(4名) (盈車引込み、荷卸し、捲立て)



# 運材工程調査結果

丸太積載台車がインクライン施設地に到着してから降下（空車は上昇）が終る迄の操作について時間分析をやつた結果の一例を示せば次の様になる。（第1表参照）

第1表 インクライン操作時間分析結果（6月20日午後4号車の例）

時刻	時間	単位	動作	備考
16.20.20		分秒	3号貨車降下作業終了	
16.22.10	1.50	分秒	貨車位置づけ	運材夫4人で勾配始点前1.5米迄押出し
16.23.38	1.28	分秒	ワイヤー掛け	運材夫4人が貨車の両側に分れワイヤーを掛ける。
16.24.53	1.15	分秒	貨車押出し	運材夫4人で空車が自重で降下を始める位置迄押出す。
16.25.45	52	分秒	制動	制動手1名で制動機操作。貨車は80米を降下（空車は上昇）。
16.26.40	55	分秒	制動機調整	降下（上昇）を終り制動手はブレーキを締める。他の者は貨物のワイヤーを外す。

調査期間中各貨車別に上記の様な時間分析を試みたが、その結果を纏めてみると次表の通りとなる。（第2表参照）但し本表以後貨車番号は單に當日のその回に於ける貨車の降下順序を示す。

第2表 インクライン操作時間分析結果總括表

調査日及貨車記号	貨車位置 置け 所要時間	ワイヤー 掛け 所要時間	貨車押 出し 所要時間	制動（空 車降下） 所要時間	制動機調 整（空車 押戻し） 所要時間	計	其 他 時 間
6.20午前 1号貨車	2.50	1.10	22	53	50	6.05	分秒
6.20午前 2号貨車	1.45	1.00	35	50	1.27	5.37	
6.20午前 3号貨車	2.48	1.30	35	1.12	18	6.23	1.15 (休憩)
6.20午前 4号貨車	2.55	1.45	20	47	28	6.15	
6.20午後 1号貨車	35	1.00	35	1.00	10	3.20	1.45 (土木用石材積込) 1.05 (休憩)
6.20午後 2号貨車	1.25	1.45	35	1.00	35	5.20	
6.20午後 3号貨車	1.35	52	50	58	17	4.32	5.15 (土木用石材積込)
6.20午後 4号貨車	1.50	1.28	1.15	52	55	6.20	
6.22午前 1号貨車	1.20	1.35	20	47	50	4.52	
6.22午前 2号貨車	1.33	3.25	25	48	32	6.43	
6.22午前 3号貨車	2.35	2.45	52	1.03	37	7.52	4.23 (休憩)

6.22午後 1号貨車	15	1.30	55	52	18	3.50	1.05 (荒口其他雜品卸し)
6.22午後 2号貨車	4.35	1.10	45	59	16	7.45	
6.22午後 3号貨車	3.10	1.25	15	1.01	11	6.02	8.38 (休憩)
平均所要時間	2.05	1.36	37	56	33	5.47	1.36
同時間の全時間に 対する百分率	36.02	27.67	10.66	16.14	9.51	100.00	

即ち全時間に對する百分率に依つてその平均所要時間配分をみるに、實際制動操作を行つている時間は16.14%に過ぎず、他の83.86%はその前後の準備及び整理時間となつてゐる。

この事より考え、インクラインを能率的に利用しようとする場合には先づ、その前後の操作が容易である様に、軌道の配線を考え、仕事の段取りを決定して置かなければならない事は明らかである。

インクライン施設に於ける運材工程は、それ以前の軌道運材の状況、即ちその日の気象状況路線の状況等に依り左右せられる場合が多く積載量に相當の幅をもつてゐる。今運材日計簿に依り22日間分（昭和22.5.26～6.19）、更に實際調査に依る3日間分（6.20～6.22）の工程を集計してみると次の様になる。（第3表参照）

第 3 表

	運材期間	運搬日数	貨車 運搬数	運搬 丸太数	運搬 丸太材積	平均 積載量	備 考
I	22	44	165	681	1,791.30	10.86	軌道運材日計簿より
II	3	5	18	111	268.98	14.94	調査期間中測定集計
計	25	49	183	792	2,060.28	11.26	綜合工程

即ち、1日の運材回数は平均2回とみられ、1日平均運轉台数は7.32台となつて居り、インクラインの利用回数は過少の様に考えられる。然し之は事業計画の要請に依るものであり、當インクライン利用軌道運材の体系が確立していない爲と考えられる。貨車1台平均積載量がIに於て10.86石でIIの調査期間中に於て14.94石と大になつてゐるのは運材が、開始期に於けるよりも漸次「軌道にのり」出した爲後半部に於て積載量を増す傾向をとつて来た證とみられる。次に3日間の調査期間中の各貨車積載材積調査結果についてみれば次の様になる。但し丸太材積の算出は事業慣用の末口自乗法に依つた。（第4表参照）

第 4 表

	1号貨車 積載材積 (同本数)	2号貨車 積載材積 (同本数)	3号貨車 積載材積 (同本数)	4号貨車 積載材積 (同本数)	合 計	備 考
6.20 午前	石 16.15 (3本)	石 17.25 (5本)	石 17.54 (6本)	石 17.93 (6本)	68.87 (20本)	天候 気温 23°C 湿度 754mm



6.20 午後	14.80 (9)	14.08 (7)	14.55 (5)	14.68 (5)	58.11 (26)	天候 クモリ 気温 22.8°C 気圧 752.5mm
6.21 午後	12.79 (7)	12.99 (6)	12.87 (7)	11.76 (5)	50.41 (25)	午前中雨の爲作業休止 午後一回のみ。 天候 クモリ 気温 22.5°C 気圧 757mm
6.22 午前	14.39 (6)	13.38 (6)	14.04 (7)	—	41.81 (19)	天候 ハレ 気温 25.5°C 気圧 758mm
6.22 午後	16.48 (6)	15.35 (9)	17.95 (6)	—	49.78 (21)	天候 クモリ

これで見られる様に午前中に雨が降り軌條が濡れ危険度の大きい様な場合には積載量が相當減じている(6.21午後の例)即ち必ずしもインクライン能力に應じて積載量が増減しているのではなく、線路状況によつて積載量を加減されている面が大きく出ているのである。この様な積載状況下の制動に於ても無理があるとは見られなかつた。

次にこの積載量を重量に換算してみる。

當調査に於て丸太重量及び貨車重量は実際に秤量する事が出来なかつたので、過去に於て測定された平均値を乗じて算出してみる事とした。

即ち林業試験場作業研究室が昭和25年1月山瀬管林署管内、平戸内澤に於て、東京機械製造所製の「H型壓力計」を以て測定した例に依ると伐採後3~4箇月、材長12.5尺の杉丸太で末口徑0.8尺~2.2尺のものでは石當り平均重量は 213 疋となつて居る。(供試丸太は21本) この平均重量が必ずしもこの場合の丸太の石當り平均重量と適合するとは云い得ないが、他の測定例を参照してみても、この基礎数値を使用する事に依り大きな誤差を生ずるものとも考えられない。

次表は各貨車別積載丸太重量表である。(第5表参照)

第 5 表

	1号貨車 積載丸太重量	2号貨車 積載丸太重量	3号貨車 積載丸太重量	4号貨車 積載丸太重量	合 計
	kg	kg	kg	kg	kg
6.20 午前	3,441.6	3,676.0	3,737.8	3,820.9	14,676.2
6.20 午後	3,153.9	3,000.4	3,100.6	3,128.3	12,383.2
6.21 午後	2,725.5	2,768.2	2,742.6	2,506.1	10,742.4
6.22 午前	3,066.5	2,851.3	2,991.9	—	8,909.7
6.22 午後	3,511.9	3,271.1	3,825.1	—	10,608.1

車体重量についても之を秤量する事は出来なかつたが、中村猪市著「森林工学」に依れば普通木製貨車々体制動機のないもので225 疋位としているのでこの値を貨車重量と

してみる事とした。

次に貨車及び丸太重量毎に降下所要時間(制動時間)を比較してみると次の通りとなる。(第6表参照)

第 6 表

	1号貨車		2号貨車		3号貨車		4号貨車		平 均	
	自重	制動時間	自重	制動時間	自重	制動時間	自重	制動時間	自重	秒速
6.20 午前	疋 3,666.6	秒 53	疋 3,901.0	秒 50	疋 3,962.8	秒 72	疋 4,045.9	秒 47	疋 3,894.1	米/秒 1.44
6.20 午後	3,378.9	60	3,225.4	60	3,325.6	58	3,353.3	52	3,320.8	1.39
6.22 午前	3,291.5	47	3,076.3	48	3,216.9	63	—	—	3,194.7	1.52
6.22 午後	3,736.9	52	3,496.1	59	4,050.1	61	—	—	3,761.0	1.40

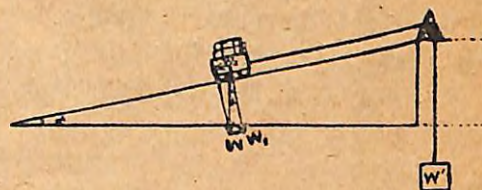
此の四つの測定例の平均速度は、1.44米/秒となつて居る。

#### ⑥貨車の制動に関する考察。

或る勾配地に荷重を持つた貨車を置いた場合、その重量に比例した走行せんとする力が生ずる。そしてインクラインに於て貨車を操作する場合はこの自走しようとするのを制止せんとする力及び空車を曳上げようとする力を考えなければならない。

第十圖に於て木材を積載した貨車の自重をWとすればWは重力方向にかゝり、それが勾配路である爲に、線路に平行に走行しようとする力  $W_2$  と線路に直角に働く力  $W_1$  とに分割されて作用する譯である。そしてW力線と  $W_1$  力線との爲す角度はその

第 十 圖



勾配の角度  $\alpha$  と一致するのである。自走力  $W_2$  は此處に抵抗が全然加わらないものとすればその儘作用し制動機ドラム外周の切線力  $W'$  は全く  $W_2$  と等しいか或はそれより大きくなければその機能を果し得ない事になる。然しこの場合貨車には諸種の抵抗が加わり、 $W_2$  の走行力は減じて居るのである。貨車の走行に當つては、始發抵抗、走行摩擦抵抗、空氣抵抗、勾配抵抗、曲線抵抗、衝激振動抵抗等が考えられるが、始發抵抗は、當調査の場合人力に依り押出して居り、制動力に關係はなく、空氣抵抗、衝激振動抵抗は當調査の場合に於ける様な低速の場合では殆んど無視する事が出来るし曲線部もないので曲線抵抗も關係がなく、結局走行摩擦抵抗及び勾配抵抗だけが問題となつて来る。先ず走行摩擦抵抗について考えると、これは轉動摩擦即ち車輪と軌條間の摩擦及び軸受摩擦(滑動摩擦)即ち車軸と軸受間の摩擦の二つの摩擦抵抗の合した



ものと考え事が出来、この中後者の摩擦抵抗が主要部分を占めている。轉動摩擦については、次の様な式が與えられて居る。

$$F_1 = W_1 \frac{f}{R}$$

$F_1$  …… 轉動摩擦抵抗  
 $W_1$  …… 車輪の中心を通り軌條に垂直に掛る荷重  
 $f$  …… 車輪と軌條の回轉摩擦係数  
 $R$  …… 車輪半径

又軸受摩擦については

$$F_2 = \mu W_1 \left( \frac{r}{R} \right)$$

$F_2$  …… 軸受摩擦による走行抵抗  
 $\mu$  …… 滑動に依る摩擦係数  
 $W_1$  …… 車輪の中心を通り軌條に垂直に掛る荷重  
 $r$  …… 車軸半径  
 $R$  …… 車輪半径

故に  $F_1 + F_2 = \frac{\mu r + f}{R} W_1$  が走行摩擦抵抗とみる事が出来る。この式に於ける  $f$  は車輪と道路の性質に依つて與えられるものであり、各状件の場合に依り異なる定数であるが、鋼又は軟鐵の軌條と車輪の場合、0.007~0.015 と一應実験的數値が算出せられて居り、當計算に於ては0.011とする。又  $\mu$  はその軸承の種類に依つて異なるもので、一々之を測定する外はないのであるが、実験的な計算數値が與えられているので、その數値を採用する事にする。即ち滑動に依る摩擦係数は油軸受で 0.15~0.25 となつて居り、0.2 とみる事にする。(引用式及び係数は江淵彦著「運搬機械」に依つた。)

$$\text{従つて } F_1 + F_2 = \frac{0.2r + 0.011}{R} W_1$$

となる。そして  $\frac{0.2r + 0.011}{R}$  を  $\mu$  とすれば  $\mu$  は荷を積んだ車の摩擦係数となる。當調査に於て  $r=2$ ,  $R=9.5$  であるから  $\mu=0.043$  となる。次に勾配抵抗について考える。第十圖に於て勾配の角度を  $\alpha$  とした場合、 $W'$  なる力がこの貨車を牽引しているとすれば、勾配上であるが故に  $W_2$  なる力が  $W'$  の反對方向に勾配抵抗として働いているのである。そしてこの抵抗は即ち牽引作用をなくすれば逆方向にこの貨車が自走せんとする力に等しい。

更に自走力

$$W_2 = W \sin \alpha$$

従つてこの自走力から、上述した二つの抵抗を減じたものが實際の自走力(P)という事となり、制動機の垂直耐抗力  $W'$  と平衡しなければならない事になる。

$$\begin{aligned}
 P = W_2 - (F_1 + F_2) &= W \sin \alpha - \frac{0.2r + 0.011}{R} W_1 \\
 &= W \sin \alpha - \frac{0.2r + 0.011}{R} W \cos \alpha \\
 &= W \left( \sin \alpha - \frac{0.2r + 0.011}{R} \cos \alpha \right)
 \end{aligned}$$

(第十圖に於て  $W_1 = W \cos \alpha$  は明かである。)

そこで今回の調査に於ける測定結果について之を算定してみると次の様になる。

勾配は第二圖に於ける  $\alpha = 27^\circ$  をとり、荷重は第6表中最大のもの即ち  $W = 4,050.1 \text{ kg}$

とし、実測結果より、 $R=9.5(\text{cm})$ ,  $r=2(\text{cm})$  とすると

$$\begin{aligned}
 P &= 4,050.1 \times \left( \sin 27^\circ - \frac{0.2 \times 2 + 0.011}{9.5} \times \cos 27^\circ \right) \\
 &= 4,050.1 \times (0.4540 - 0.0433 \times 0.8910) \\
 &= 1,682.5
 \end{aligned}$$

即ち 1,682.5 庇の荷重が制動機にかかる譯で、設計説明書(制動機の項参照)に依れば當インクラインに於て使用している三島式制動機については、2,625 庇の荷重に耐え得るように設計せられている事になっている。この値には相當の安全率が見込んであると考えられるので、2,625 庇の荷重迄は制動可能である。即ち P を 2,625 庇として實際の丸太積載貨車荷重 W を求めてみるに、

$$\begin{aligned}
 2,625 &= W \times \left( \sin 27^\circ - \frac{0.2 \times 2 + 0.011}{9.5} \times \cos 27^\circ \right) \\
 &= 0.41542 W \\
 \therefore W &= 6,319(\text{庇})
 \end{aligned}$$

即ち貨車及び積載丸太重量の總和が 6,319 庇 迄は制動能力があると云う事になる。貨車自重を 225 庇とみているので丸太重量は

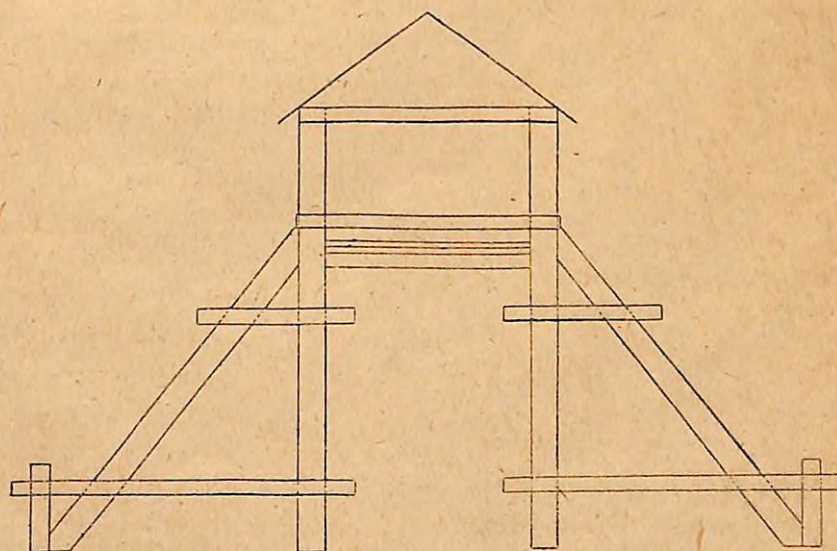
$$6,319 \text{ 庇} - 225 \text{ 庇} = 6,094 \text{ 庇}$$

これを石数に換算すると

$$6,094 \text{ 庇} \div 213.1 \text{ 庇} = 28.6$$

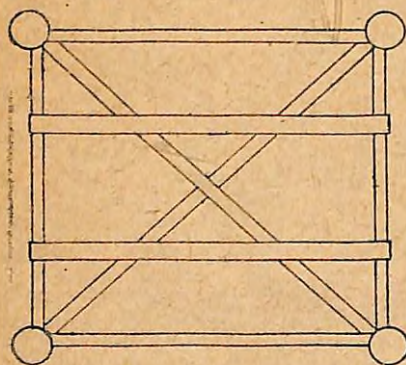
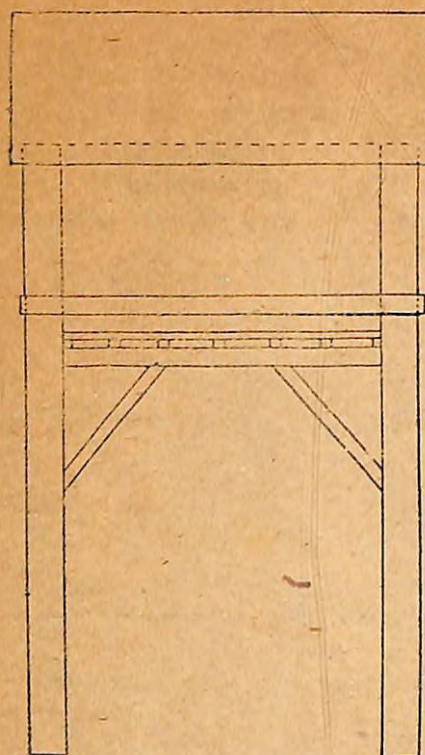
第十一圖 制動機据附用櫓見取圖

(側面)





(正面)



結局 28.6石迄は積載し得る事になる。然し実際問題に於て、貨車の標準積載量等より考えてこの許容最高荷重の  $\frac{1}{2}$  程度の荷重が最適と考察される。即ち

$$(6,319 \text{ 斤} \times \frac{1}{2}) - 225 \text{ 斤} = 2,934.5 \text{ 斤}$$

石数に換算すれば

$$2,934.5 \text{ 斤} \div 213.1 \text{ 斤} = 13.8$$

13.8石程度の積載丸太量を維持すれば當インクラインに於ては適當と考慮せられるのである。(第4表に依り3日間の平均丸太積載量を求めると 14.9石となる。)

制動機は、勾配路後方に安定せしめ、路面に略平行に制動力を作用せしめる爲に、勾配起点後方 8.7 米の位置にその前端が来る様に高さ 4.45 米(制動機を固定した台迄の高さで更に屋根の頂迄は 2.60 米ある)の櫓が設備せられている。(第十一圖制動機控付用櫓見取圖参照)

尙参考の爲に當標準荷重を積載した場合の鋼索の安全率について検してみる。

先ず彎曲應力( $f_a$ )は

$$f_a = \frac{3}{8} \cdot \frac{E_r}{D} \quad \text{なる式を利用して}$$

$$\begin{cases} E \dots \text{弾性係数} = 2,100,000 \text{ kg/cm}^2 \\ \sigma \dots \text{針金の直徑} \\ D \dots \text{ドラムの直徑} \end{cases}$$

(中村猪市著「森林工学」389頁参照)

実測結果に依り  $\sigma = 1.0 \text{ mm}$ ,  $D = 30.5 \text{ mm}$  を代入する。

$$f_a = \frac{3}{8} \times \frac{2,100,000 \times 1.0}{30.5} = 2582 \text{ (kg/cm}^2\text{)}$$

この場合の  $\frac{D}{\sigma} = \frac{30.5}{1}$  となり、実用の最小程度であり、従つて  $f_a$  が大となつてゐる。耐久性の点より考えれば、より素線の徑の小さなものを用いるか、又はドラムの徑のより大なるものを用いる必要がある。次に安全率を  $S$  とすれば

$$S = \frac{t}{v + f_a} \begin{cases} t \dots \text{破断應力} \\ v \dots \text{荷重に依る引張應力} \\ f_a \dots \text{彎曲應力} \end{cases}$$

となる。當インクラインに使用してある 24 本線 6 捻中心麻入 18 耗鋼索の破断張力は日本工業規格(J.I.S. G3525)に依り求めるに、14,600 斤の値を得る。

( $t = 14,600 / 1.02 \text{ 斤/種}$ )、張力・断面積で引張り應力は表わされるから、18 耗鋼索の断面積 1.02 種<sup>2</sup> で張力を除し各應力を求め代入する。荷重は前述標準荷重をとり  $2,934.5 \text{ 斤} + 225 \text{ 斤} = 3,159.5 \text{ 斤}$  とし、即ち  $v = 3,159.5 / 1.02 \text{ 斤/種}$  であるから

$$S = \frac{14600 / 1.02}{3159.5 / 1.02 + 2582} = 2.5$$

即ち安全率は 2.5 でこの程度では余り安全とは考えられない。利用度がより大である場合には安全率をもう少し大きくして置く必要がある。即ち同じ燃りの 24 耗鋼索を使用すれば安全率は 4.5 に増大する事となる。

本インクラインは釣瓶式であるので諸計算は盈車の降下の場合のみについて行つたが空車の曳上については盈車の降下に依る逆方向(即ち上昇)への力を利用するものであり、特に空車の曳上の場合について計算する必要を認めなかつた爲省略した。

#### の改善への考究

本調査地に於けるインクラインの利用方法は略適切であるが、更にインクライン施設の利用を安全且つ能率的ならしめる爲に、その改善すべき点につき考へてみる。

先ず制動機では、過去に於ける実績よりみてブレーキ・バンドがボルト孔の多い箇所より切斷する危険率が大であるから(主としてスクリュースピンドルに近い部分)その強度を増す爲、より厚い鐵板を用いるか又はその巾を大にする必要があると考えられる。又、ドラム軸の軸承に於いてはより一層摩滅を防ぎ得る様な方法が考えられるべきである。

1日の利用回数は事業量と脱み合わせて決定せらるべきものであるが、事業が増加した場合にはより回数を増加して有効に利用する方策を講じなければならない。時間分析結果に明かである様に実際に制動している時間の割合に比し貨車位置づけ、ワイヤー掛けの時間のそれが相當に大となつてゐる点より考へ、インクライン前の貨車停止位置を出来得る限り前進せしめる事、ワイヤー掛け操作はなるべく敏速に行ひうる様に工夫すべきである。(車体より強固な場合は鉤をとりつけワイヤーは單に引掛けるだけにすれば能率は向上するものと考えられる。)丸太の積載量は前述した通り 13.8 石程度が適正と考えられるが、雨天其他に依り線路の状況の悪い時には、車輪と制動子及び軌條の摩擦係数が減じ、この標準積載量ではスリップの危険を伴う事となるので、事業所に於ける詰員が其の状況程度を判定して連絡、事故防止に當る方策も考慮されなければならない。事業量がより大となり利用回数が増した場合には、安全率の点より鋼索はより大徑(24mm程度)のものをを用いた方がよいと考えられる。

#### 一、摘 要

①奥地林開發に軌道インクラインの活用が増加するものと考えられ、秋田營林署管内男鹿經營區椿野木場附近に於て調査した。

②インクラインは釣瓶式複線型で斜距離 30 米、勾配約 27 度、高低差 35 米である。



- ③制動機は三島式で垂直荷重 2,625 庇に對するものである。
- ④軌條は12ボンド軌條、鋼索は6分(18耗)ワイヤーを使用している。貨車は木製である。
- ⑤運材材は4人でインクライン前迄乗り下げ、内1人が制動機操作を行い、3人共同で盈車を押出す。下部の貯木場では捲立夫の2人が盈車曳込み、空車繋ぎ上げ操作を行う。
- ⑥操作時間分析結果よりみれば、實際制動時間は 16.14%に過ぎず前後の附帯操作時間が大きい。
- ⑦1日のインクライン利用回数は2回、1台平均積載量は、調査期間前では 10.86石、調査期間中で 14.94石となつてゐる。
- ⑧丸太積載量は軌條路面の状況に左右されている。
- ⑨丸太石當り重量を 213.1 庇とした場合調査期間中の積載丸太荷重は 2,506.1 庇〜3,851.3 庇となつて居り、貨車重量を225庇とした場合の盈車平均荷重(積載丸太重量及び貨車自重の和)は 3,778 庇となつてゐる。
- ⑩盈車の勾配を降下する速度は平均 1.44 米/秒となつてゐる。
- ⑪諸種の抵抗を計算した結果により、當インクラインに於ける標準丸太積載量を考えるに、13.8 石(2,984.5 庇)程度がよいものと思われる。
- ⑫鋼索の安全率を考えると、もう少し大径のもの(24mm)を使用する必要があると考えられる。又ドラムの直徑が約300位で、実用に供し得る最小の値となつてゐる点から考えると、よりドラムの直徑の大きい制動機を用いる事或は素線の直徑の小さい鋼索を用いる事が安全且つ耐久力的だと云い得るのである。
- ⑬制動機に於てはブレーキ、バンドの補強を圖るべきである。又軸承に何等か減磨補強の爲の改良を施す事が望ましい。
- ⑭インクライン勾配前の貨車停止位置を出来得る限り前進せしめる事。ワイヤー掛け操作はより敏速円滑に行い得る様工夫されるべき余地がある。
- ⑮丸太積載量はその軌條の状況に依り適切に加減される様管理されなければならない。

# 一、機械及び設備の主要寸法表

## (i) 制 動 機

区 分	高さ或は長さ	幅	直 径	備 考
制 動 機 全 体	cm 115.5	cm 46.5	cm —	幅は正面の幅員
ド ラ ム	26.5	—	30.5	各ドラム(3箇)中心間の距離 32.2cm
内 枠	75.0 (三角状の一边)	6.5	—	三角状の枠で兩側で計2枚 厚さ1.5cm
外 枠	132.0	4.5	—	6枚の枠が三枚宛三角状に組合され兩側より支えられてゐる。厚さ1.0cm

ス テ ー	46.5	—	4.0	計6本
シ ャ フ ト	30.0	—	5.0	計3本
スクリュースピンドル	46.0	—	3.5	
ハ ン ド ル	65.0	3.0 (リング内) 外側の幅	35.0	ハンドルの長さはハンドルスピンドル用のシャフトの長さ幅及び直徑はハンドルリングの幅及び直徑
ブレーキ・バンド	180.0	5.0	—	ドラムの兩側で計2本 厚さ0.5cm

## (ii) 台 車

区 分	高 さ	幅	長 さ	備 考
台 車 全 体	cm 30.0	cm 147.0	cm 166.0	木製、制動機附
測 梁	15.5	6.5	166.0	計2本
中 央 横 梁	6.5	6.5	147.0	計4本
車 輪	内輪直徑 23.0 外輪直徑 27.0	踏面の厚さ 5.5 輪縁の厚さ 2.0	車軸直徑 5.5 車軸の長さ 100.0	

## (iii) 檣

区 分	高 さ	幅	長 さ	直 径	備 考
檣 全 体	cm 745.0	cm 429.0	cm 400.0	cm —	長さは奥行の謂
主 柱	615.0	—	—	37.0	地上部高
梁	20.0	429.0	400.0	—	厚さ20cmの角材を組合せ使用
桁	7.0	7.0	400.0	—	角材計7本
台 床	6.0	429.0	400.0	—	運転室床厚さ6cmの板使用
機械据附台材	18.0	12.0	400.0	—	敷板上にX型に更に二型に角材を組合せ据附台としてゐる。
支 柱	540.0	—	—	37.0	各主柱に1本宛兩側面より支える計4本
梁I 支え腕木	20.0	9.0	120.0	—	主柱より梁へ正面側面各2本宛計4本
屋 根	130.0	429.0	400.0	—	正面に庇の下つた三角状屋根



## (IV)鋼 索

昭和25年5月制定日本工業規格、「鋼索」(JIS, G 3525)に依る使用鋼索表。

4号(24×6)鋼索の切断荷重及び重量

	切 断 荷 重 t			重 量	
用 途	動 索			kg / m	
コ ー ド	%				
メッキの有無	メ ッ キ		裸	メッキ鋼索	裸 鋼 索
鋼索の径mm	特 級	2 級			
18	14.6	13.8	15.3	1,129	1,057
24	25.9	23.4	25.9	1,885	1,776

## 一、結 言

今回の調査に於けるインクライン施設は非常に小規模なものであり、事業量の関係で利用度も極度に少なく、他の利用度の大きなインクライン施設の参考になり得ない面もあるかと考えられるが、事業地が奥部に移行する場合この様なインクラインの利用でも相當多くの効果を挙げ得る事も考えられる。非ずの身の深く考究する術を知らず、多大の誤謬を敢えてしているやも圖られないが、茲に諸先輩の御指摘を戴ければ幸い之に過ぎるものはないと考えるものである。最後に閱讀を賜つた林業試験場本場の本多三雄技官に感謝の意を表する。

## (参考文献)

- |                |                    |
|----------------|--------------------|
| 伐木運材圖説         | 關谷文彦著              |
| 森林工学           | 中村緒市著              |
| 運搬機械           | 江淵藤彦著              |
| 管内國有林に於ける伐木運材法 | 昭和13年12月林曹會報 加島繁太郎 |
| 林業機械化情報        | 林業機械化協會            |