
間伐実行監理演習 Part 1

路網・作業システム

2012年8月7日

准フォレスター研修

近中ブロック

講義の概要

路網整備

1. 路網の体系と現状
2. 林道、林業専用道、森林作業道の役割と特徴
3. 路網整備におけるフォレスターの役割
4. 路網整備の留意点

作業システム

1. 作業システムとは
2. 作業システムの特徴と性格
3. 作業システムとフォレスターの役割
4. 生産性向上や低コスト化へのアドバイス

路網の体系と現状

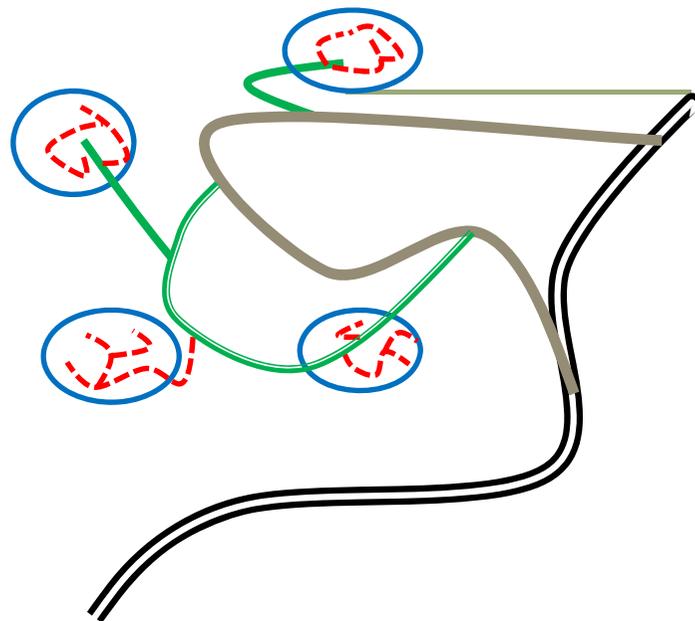
国内の路網整備状況

森林面積 千ha	林道等 (林道、公道)		作業道等 (作業道、作業路)		合計	
	延長 km	密度m/ha	延長km	密度m/ha	延長km	密度m/ha
24,997	322,656	12.9	111,118	4.4	433,774	17.4

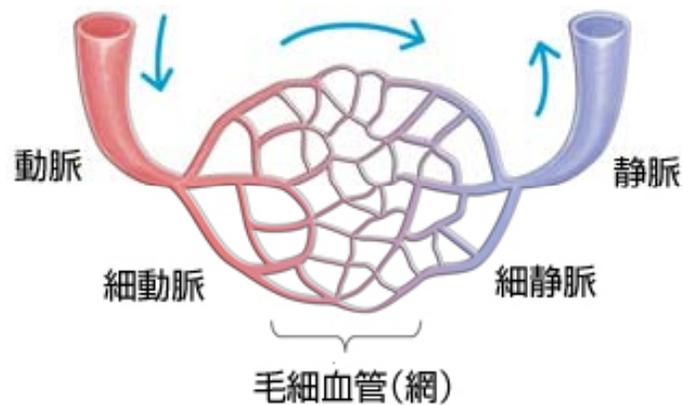
路網は森林の血管

- ・公道
- ・林道
- ・林業専用道
- ・森林作業道

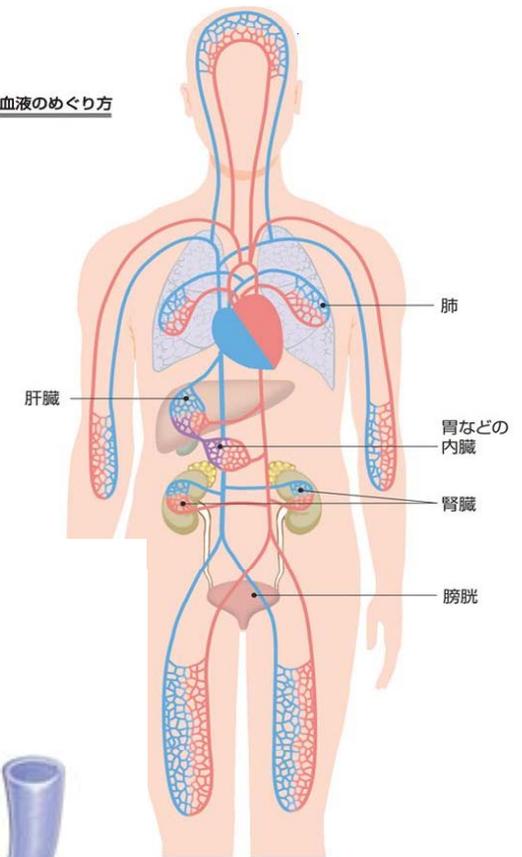
- ・大動(静)脈
- ・動(静)脈
- ・細動(静)脈
- ・毛細血管



動脈・静脈・毛細血管



血液のめぐり方



森林内で行われる路網の役割と性格

区分	主な役割	性 格
林道	森林施業、生活道路、山村地域の主な交通基盤	<p>(走行性と効率性)</p> <ul style="list-style-type: none"> ① 集落など2点間をできるだけ短区間で連絡 ② 設計速度に応じた走行性を重視、構造物を多用 ③ 公共物として主に市町村が設置・管理
林業専用道	森林施業のための自動車道	<p>(林業生産のコスト縮減)</p> <ul style="list-style-type: none"> ① 森林施業の対象地や森林作業道の分岐点を考慮した配置 ② 山土場からの運材や機械運搬などのためのトラック走行を想定 ③ 走行性よりも地形追従、土工量の最小化、構造物の抑制など作設・維持管理コスト抑制を重視 ④ 公共物として主に市町村が設置・管理
森林作業道	森林施業のための林業機械道	<p>(丈夫かつ簡易)</p> <ul style="list-style-type: none"> ① フォワーダなど林業用機械の走行を想定 ② 森林施業を行う者の施業方法、作業システムを勘案して、個別の事業地毎に計画 ③ 土構造、地形追従、土工量の最小化など耐久性とコストの両立 ④ 森林所有者・施業受託者が設置・管理

林業専用道と森林作業道の構造上の特徴

	林業専用道	森林作業道
基本構造	土構造が基本、構造物抑制 屈曲線形、波形勾配で地形追従により土工量抑制 横断勾配なし、波形勾配と開渠による排水	
		盛土の締め固め
走行車両	総重量25t以下の普通自動車	フォワーダ等林業機械
幅員 (m)	車道3.0、路肩0.25、全幅3.5	傾斜・車両重量に応じて2.5～3.0 (次表)
縦断勾配	9% 以下(100mに限り16%以下)	概ね18%以下 (短区間に限り25%程度)
耐用年数	40年	定めない
その他	施工に当たり、調査設計、施工管理を実施	プランナーが配置を計画、オペレーターが現地判断で作設

森林作業道の幅員の目安

林地傾斜	走行機械		幅員 (m)
	車両質量 (t)	バケット容量 (m ³)	
~25°	6~8	0.2~0.25	3.0
	9~13	0.45	
25~35°	6~8	0.2~0.25	
	3~4	~0.2	
35° ~	3~4	~0.2	

採択基準と補助単価



森林経営計画

林業専用道

1. 地域森林計画に記載
2. 2級林道
3. 都道府県の指針に適合
4. 開設効果指数0.9以上
5. 利用区域面積10ha以上、全体計画延長0.2km以上

①+②+③ \geq 0.2km (パッケージで採択)

森林作業道

1. 標準断面によるものは3000円/mを上限に補助
2. 簡易構造物を設ける必要がある場合は、当該部分につき3000円/mを上限に補助
3. これらを上回る場合は、設計図書によることとし、事業費の2分の1を補助

路網の役割分担（考え方の例）

□ 地形条件

- 急な斜面は、林道で馬の背状の尾根地形に到達後、**林業専用道**や**森林作業道**を計画することで林地崩壊のリスクを低減する

□ 作業システム

- フォワーダは単位時間当たり運搬量（積載量×走行速度）が小さいため、平均集材距離が500m程度以下に収まるよう、**林業専用道**・**土場**を計画する

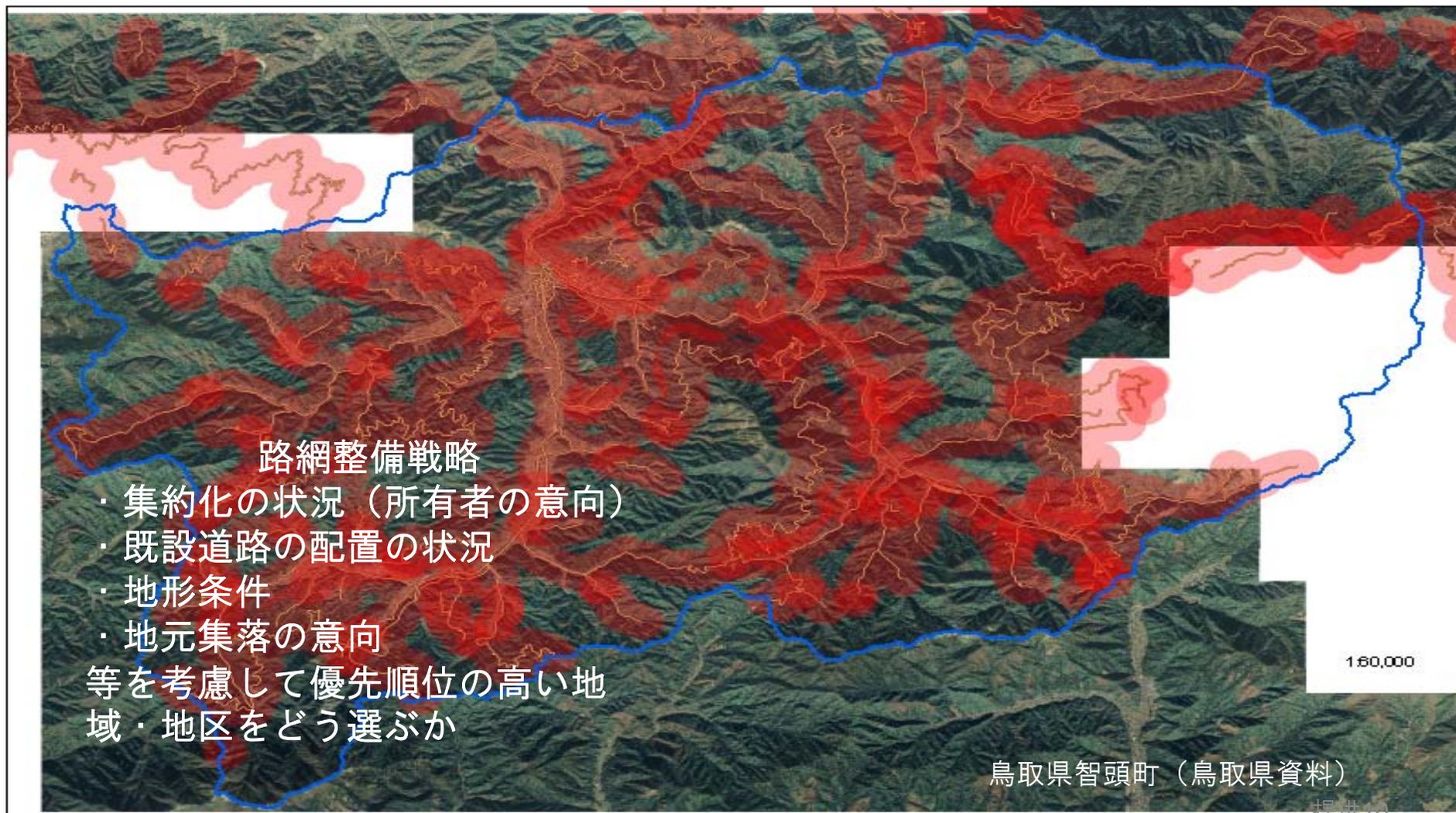
□ 集約化団地の大きさと分布

- 施業対象地が点的で奥行きがないなど発展性が小さい団地は、車道としての価値が低いので**森林作業道**で計画する
- 現在の施業対象地は点的だが、後背地に大きな広がりがあり、発展性がある団地は、集約化を加速する観点から**林業専用道**を計画する
- 集約化された地区がやや分散的で、公道が貫通しているような場合は、接続施設として突っ込み線形の**林業専用道**や**土場**を計画する

□ 橋梁

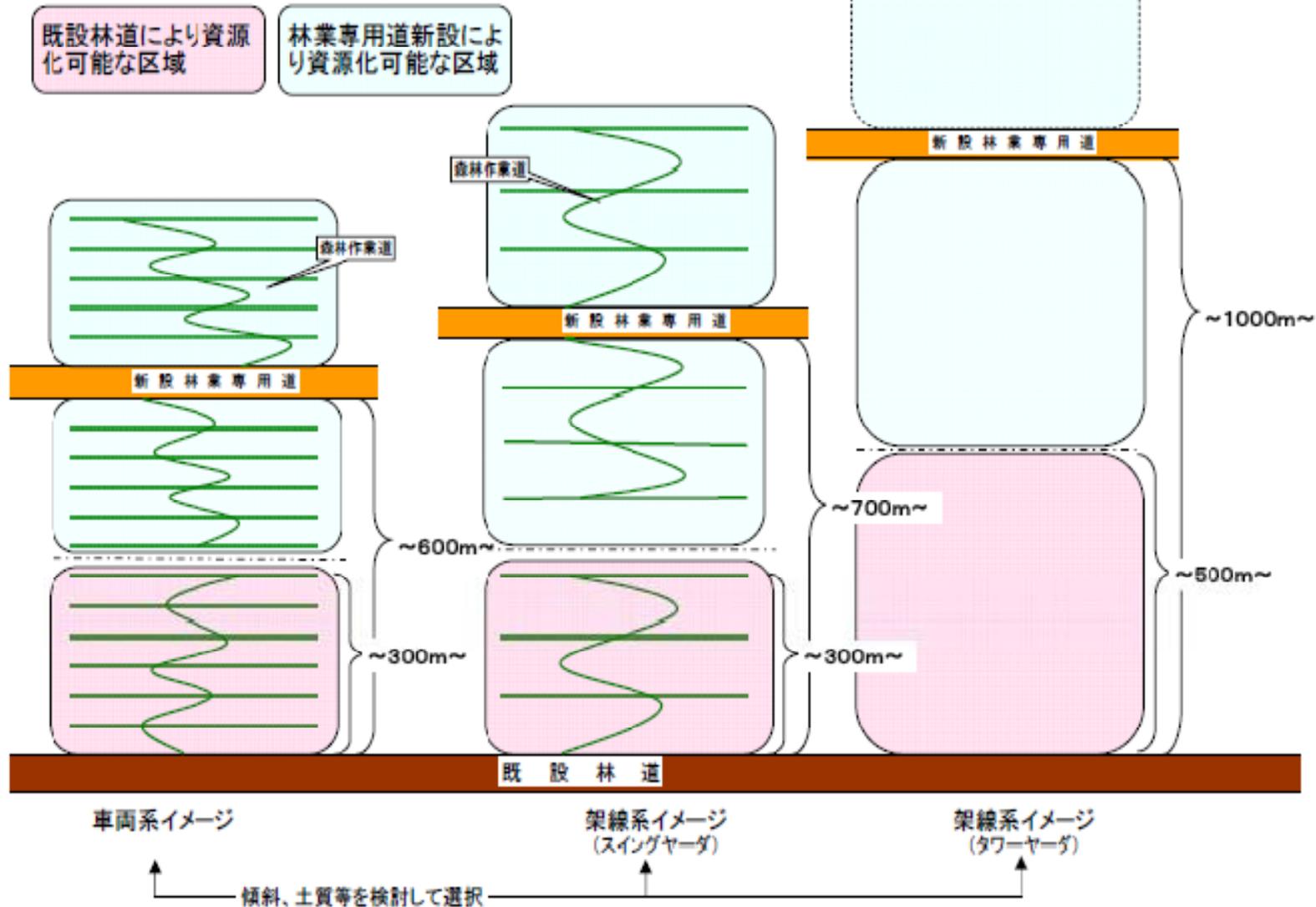
- 1級河川の両岸に集約化団地がある場合、団地全体の発展性を考え、思い切って**橋梁**を計画し、施業の一体化を促進する

路網配置を検討するため、公道、林道、作業道をマッピングし、
フォワーダーによる搬出コストの限界を水平距離で350mとして
ゾーニング表示し、路網配置を検討した事例



林業専用道配置の目的 (イメージ)

参考



市町村森林整備計画における 路網の位置づけ

- 市町村森林整備計画には、林道、林業専用道の作設計画を記載
- 作設計画の根拠（バックデータ）として、今後の出材量と分布、既設の路網、集約化の見通し、導入が見込まれる地域の作業システム等を勘案し、配置や優先順位を検討
- 実現に向けて市町村（長）へ働きかけ

路網整備におけるフォレスターの役割

広域的・長期的な構想に沿った路網（林業専用道等）の整備

林業の再生

大局観をもって地域をリードしていく

地形条件が良い場所から始める
土構造を主体に作設が可能
財源を有効に活用することを考える

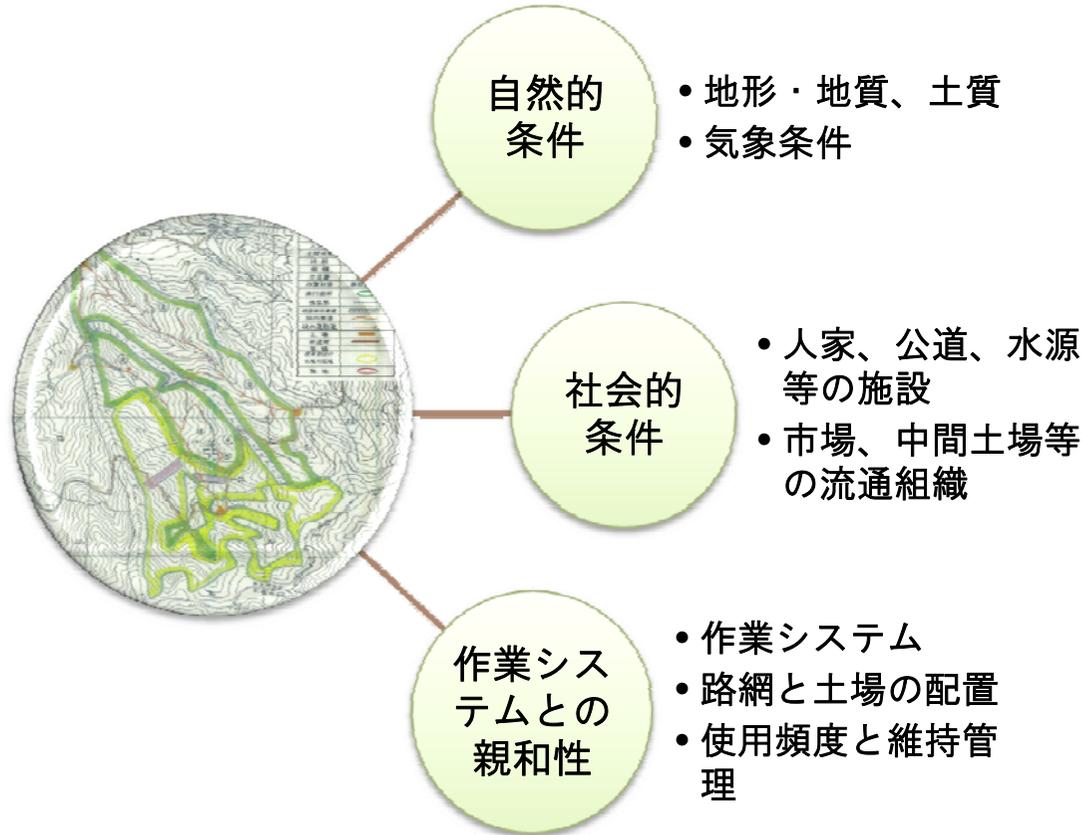
複数の経営計画を貫く
効率性を考える

経営計画の成功体験を積み重ね、集約化誘発と森林経営計画の拡大を誘発していく
合意形成のツールとしての利用を考える

地域の森林の循環的利用を構想する
投資、雇用機会、経済活動といった地域全体の姿を描く

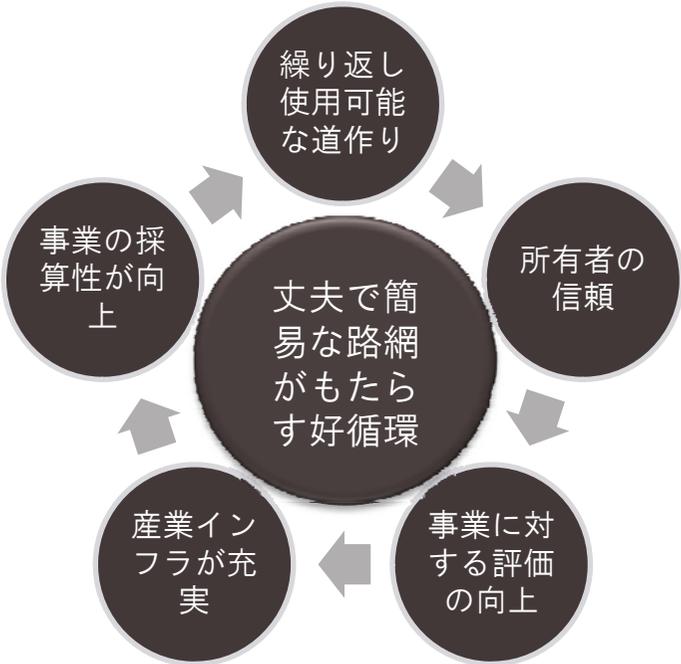
林業再生の端緒は地域の実情を知り、公平、公正、中立の立場から職務を遂行し、地域の信頼を得ていくフォレスター

路網整備の留意点



技術合理性と経済合理性を追求していく

チェック、技術力向上の取組を絶え間なく進めていく



路網整備のための情報収集：インターネットで入手可能な情報

法令による規制

- 土地利用規制5法の指定状況・・・LUCKY(土地利用調整総合支援ネットワークシステムにより確認する)
- 河川法、砂防法等・・・都道府県出先事務所に確認する
- 希少種等・・・環境省生物多様性情報システムにより関連する情報を確認する
- 文化財・・・周知の埋蔵文化財包蔵地（文化財保護法第93条）の有無を市町村の教育委員会に確認する

地形・地質

- 1 国土交通省土地・水資源局国土調査課>トップページ>調査データを見る>5万分の1の都道府県土地分類基本調査>地区名で検索する
 - 表層地質図1/50,000
 - 地形分類図1/50,000
- 2 産業技術総合研究所地質調査総合センター>オンライン地質図>総合地質図データベース>地図上で検索する
 - 表層地質図がデジタル化。地質年代、地質区分、表記法、凡例等が統一されている

気象条件

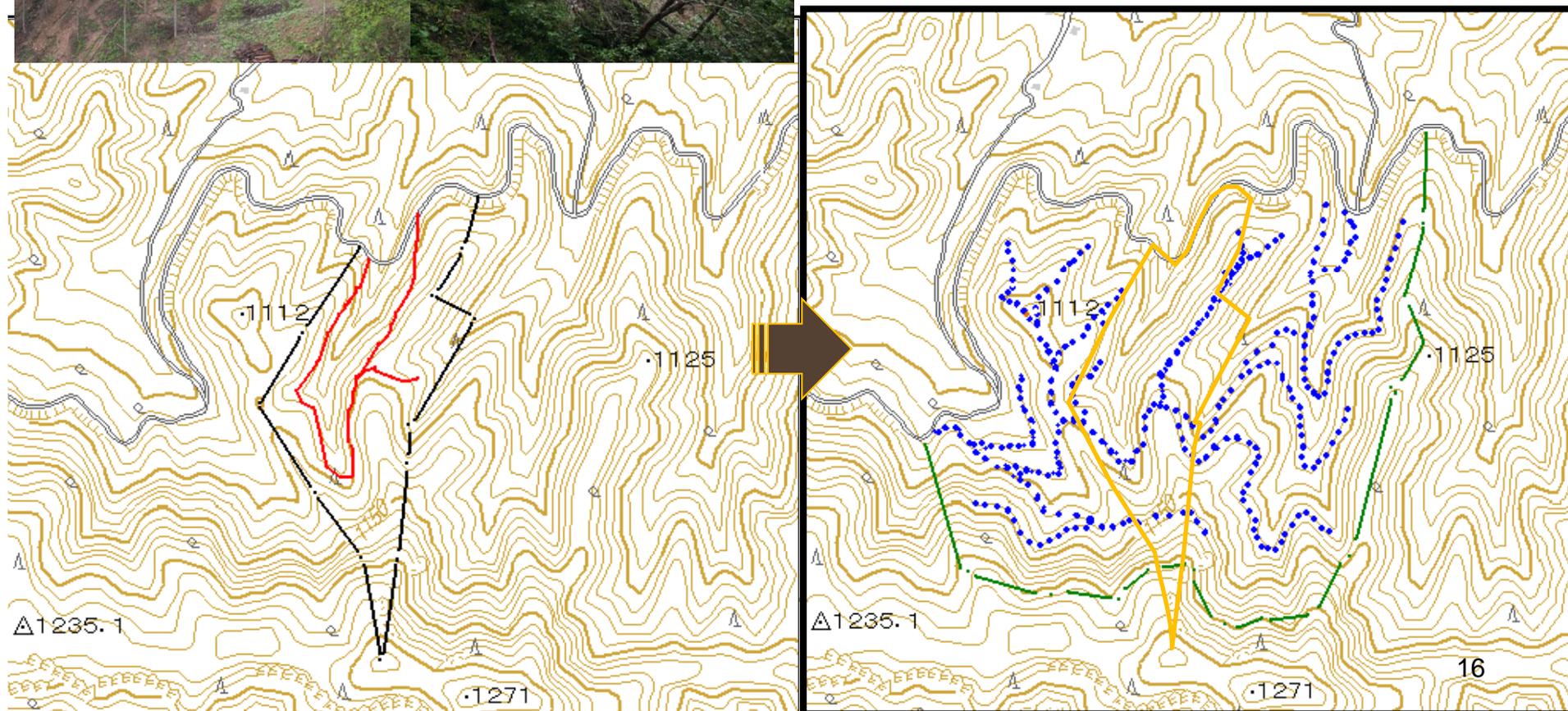
- 気象庁>気象統計情報>過去の気象>データ検索で検索する
年平均降水量等の降雨特性や降雪・氷結等の状況等を確認する

フォレスターの視点（例1）

事業地の制約から無理な路線計画となった事例



- 限られた事業地の中で路網計画を考えるだけでは限界
- 地形・地質の特徴を捉え、条件の良い場所を含めて集約化を行い、よりよい経営計画を立案するよう助言していくことも必要



フォレスターの視点（例2）



盛土にクラックが入り崩壊が起きそうな状態

- ・原因
締固め不足
滞水による強度低下

繰り返しの利用に耐える道作りでなければ、集約化は進まない

住宅地に接近した皆伐地

- ・切土主体の道
土工量が多い
盛土がルーズで斜面崩壊の誘因となる
- ・居住地に対する保全措置

資源の利用と地域行政の調和を目指す活動をしていくことが必要である



路網計画をチェックする

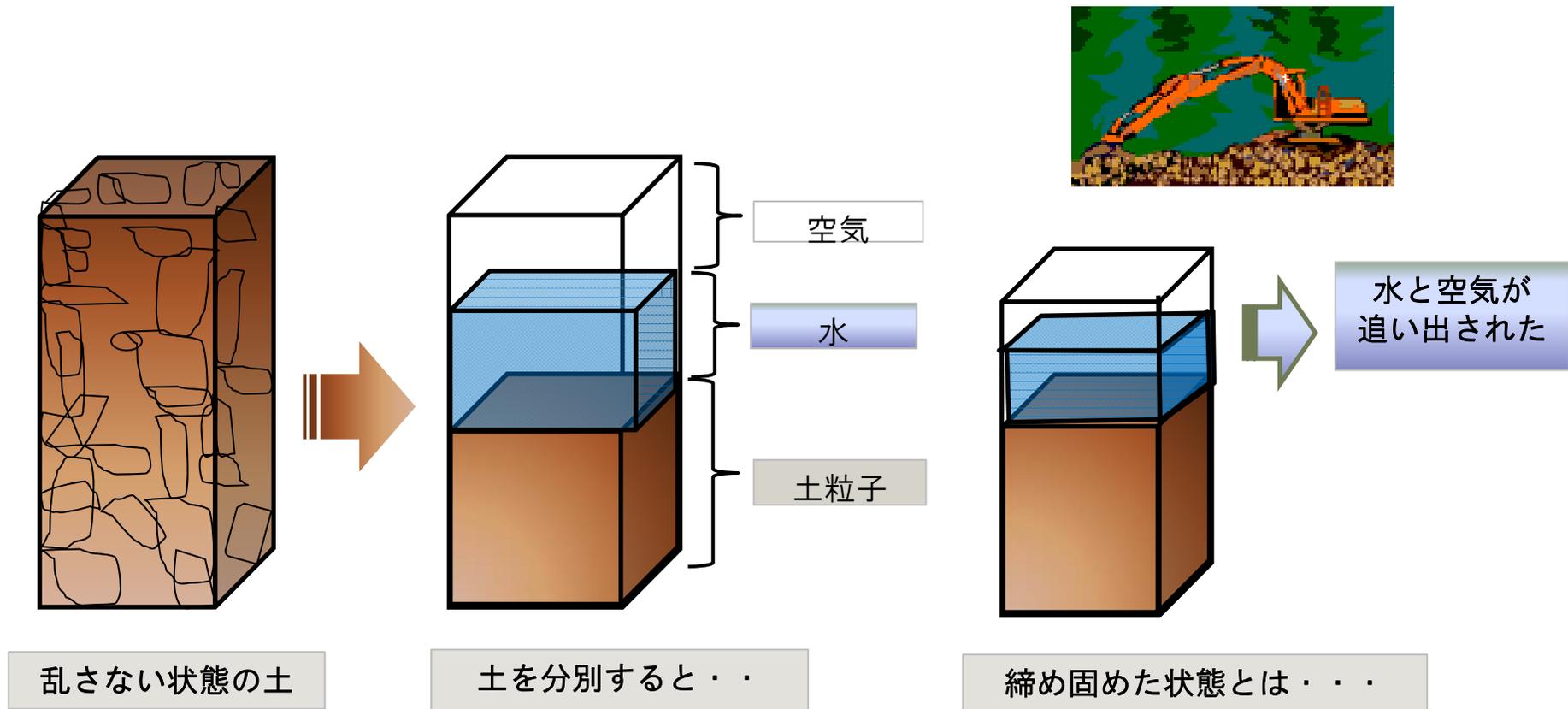
地形・地質、気象、経済的、技術的条件			留意点	
地形	地形分類	形態	傾斜、谷、斜面型、流れ盤等	地層の走向や谷の深さ、地盤の安定した場所か
		成因	地すべり、崖すい等	崩積土、湧水の可能性
地質	岩石成因	火成岩	風化を受けていないものは硬い	伏流水 (湧出部に転石、滝などがみられる場合がある) 角礫の抜け落ち、巨塊の存在、節理の崩壊の可能性
		変性岩	火成岩や堆積岩が高温や高圧により変質	変成帯によって性質が異なる (地すべりの原因になることがある)
		堆積岩	侵食、運搬、堆積した土が固結化	砂岩、泥岩などが積み重なっているか (層理面に沿った割れ目が生じやすい場合がある)
	年代と特徴	時間	固結化の程度に影響	特に第4紀以降の地質は軟弱
		土層の特徴	プレートの移動に伴って生成された付加体、断層、変性、火山活動等	流れ盤地形、褶曲作用や火山岩の冷却に伴って形作られる節理、雨水等による風化作用など地盤の生成過程による問題の有無 断層付近の固結度
	土	基岩の影響	粒度組成、密度、粘性、含水比等	安定した盛土ができる性質の土質か (含水比が高い場合は締固め困難)
特異な土		ローム、まさ、シラス等	作設作業や水処理法の影響	
気象	降雨特性		降雨強度、総雨量等	排水方法、沢の横断、集水区域の広がり 濁水の発生
	気温		凍結、融解の影響	のり面への影響、作業上の注意 (南側斜面は凍結融解の影響受けやすい、滑落の危険)
経済技術	事業者、作設者に必要な知識、技能、技術、過去の実績等			生産性を考慮しているか
	コストと事業委託者の満足度、作業従事者のインセンティブを高める工夫等			事業者の意識はどうか

(参考1)

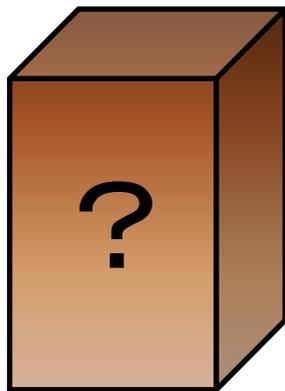
土質別の傾向 (切土・盛土)

土質	切土	盛土
粘性土	<ul style="list-style-type: none">・ のり方部分の侵食により、勾配は安息角に近づく (植生部分がオーバーハングした状態でのり面の侵食がとまる傾向)。・ 石礫が混在する場合も緩勾配化しやすい。	作業道は施工管理がなされていないため、盛土構造や施工方法にバラツキが大きく、土質別の傾向は把握できていない。 盛土は、段切り段盛りや全切り全盛りにより丁寧な作業を行うことが基本である。
まさ土	固結の程度によりのり面の侵食の程度が異なる。固結している場合は、直切りしても侵食が進みにくいが、指で簡単に押し込める場合は、風化が進行し3分程度で安定している事例が多い。	
礫質土 (火山噴出物)	火山噴火物に由来する礫質土は、切土による圧力解放を受け細かく抜け落ちるため、3分より緩い勾配とした方がよい。	
礫質土 (堆積岩)	変性作用によって性質が異なる。 弱い変性の場合は、直切りでも勾配を維持している例がみられる。 強い変性の場合や切土段階で石礫が抜け落ちるような場合は、3分より緩い勾配とした方がよい。	

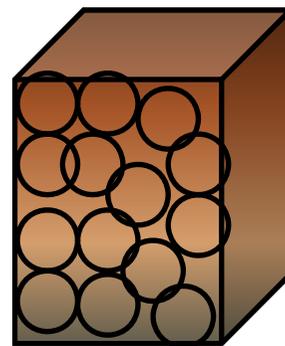
(参考2) 土の構成と状態 (締固め)



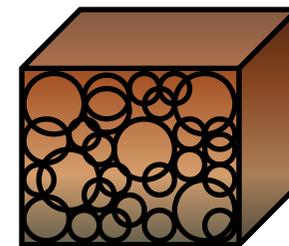
(参考3) 土の基本的な性質



締め特性の良い土とは？



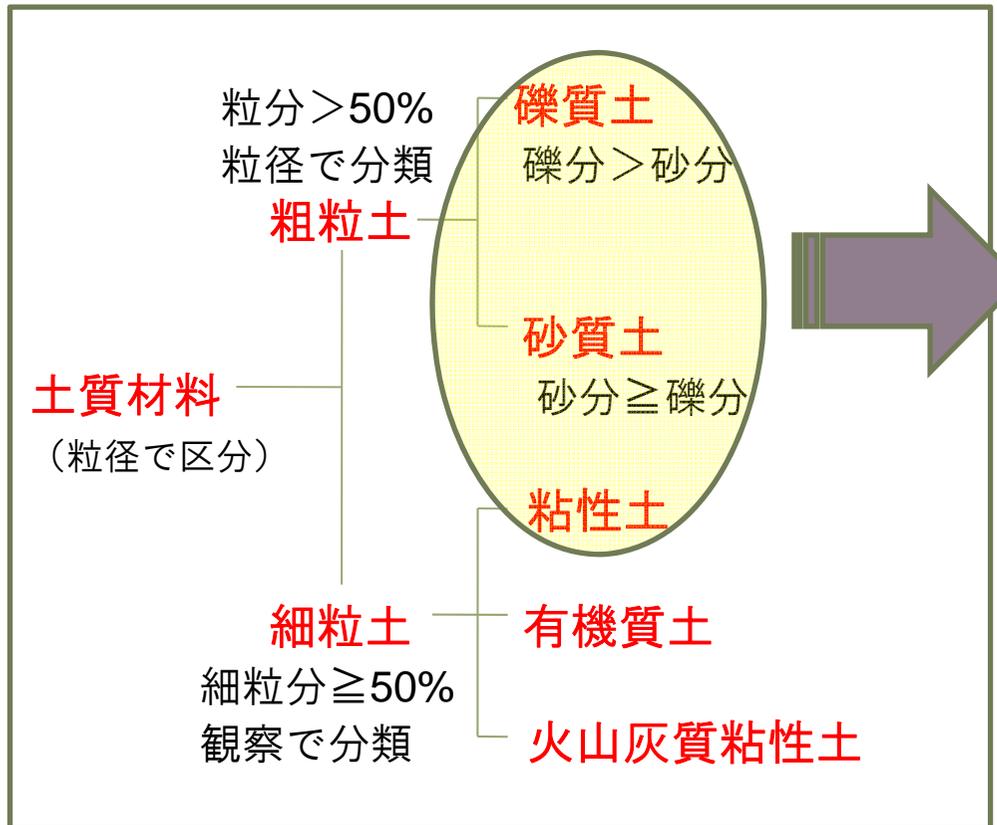
粒子の大きさが揃っている土
(隙間に入る小さい土がない)



細かい粒子、大きな粒子で構成
されている土
(大きな土の粒子の間に小さな
粒子が入り込み緻密になる)

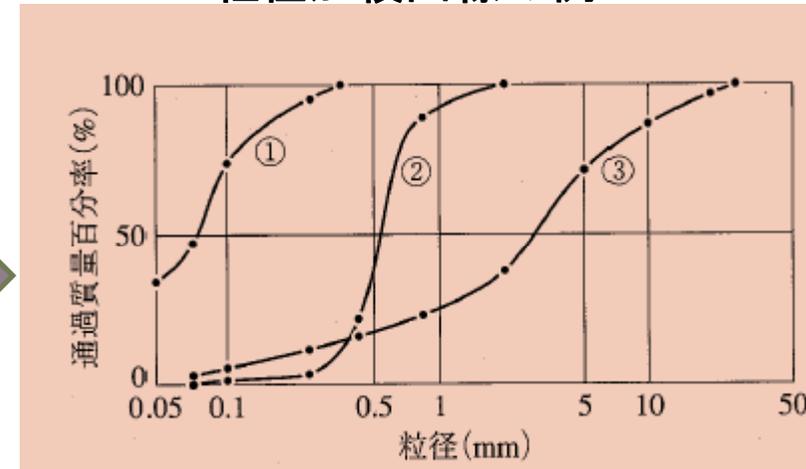
(参考4) 土の区分と締固め特性

土の分類



(日本統一土質分類法による土の分類(大分類)一部抜粋)

粒径加積曲線の例



粒度による土の一般的特徴

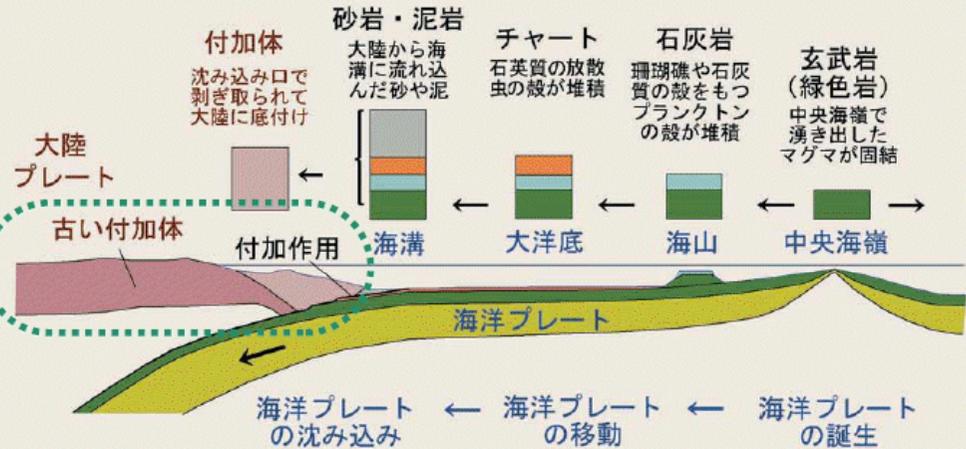
- ① 細粒分が多い土
- ② 粒径が狭い範囲に集中し締固め特性が悪い土
- ③ 粒径が広い範囲にわたって分布する締固め特性のよい土

(土質試験 基本と手引き P.27:地盤工学会)

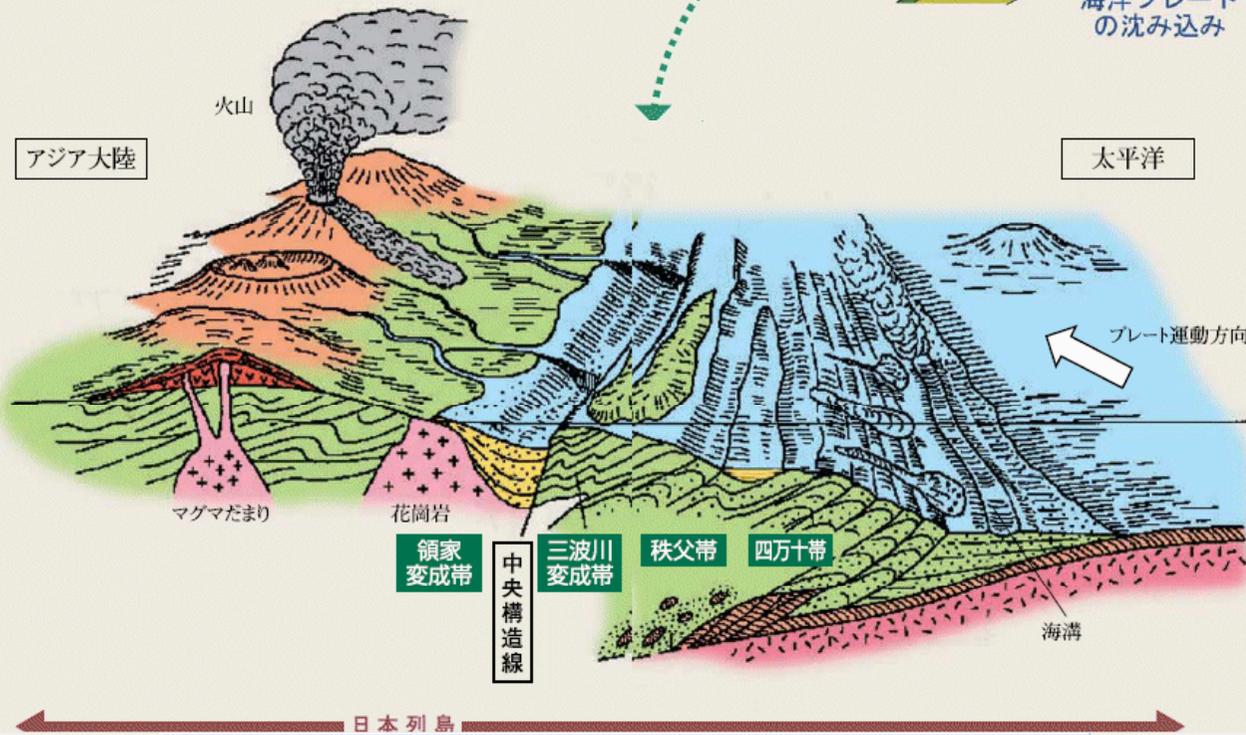
この他締固めには含水比と粘土の性質などが関係する。

(参考5) 白亜紀後期の西日本の地質

- ・西日本の基礎地盤は大陸地殻と付加体（海からきた物質が陸のほうへ「付け加わって」できたもの）、火成岩によって形づくられている
- ・海の中でできる付加体は、逆断層によって海底から海面、陸へ嵩が高くなっていく。このような生成過程から崩れやすい「流れ盤」と崩れにくい「受け盤」があり、斜面の方位によって変化する
- ・熱変性、圧力変性を受けた付加体では、**褶曲作用**や**断層**などにより層理面や片理の発達し岩石が脆弱になっている場合がある



南アルプスの岩石は南の海から運ばれてきた



大鹿村中央構造線博物館ホームページから引用
 出典 平朝彦「日本列島の誕生」
 1990より改変

(参考6) 日本海の拡大

日本列島は
アジア大陸の
一部だった。



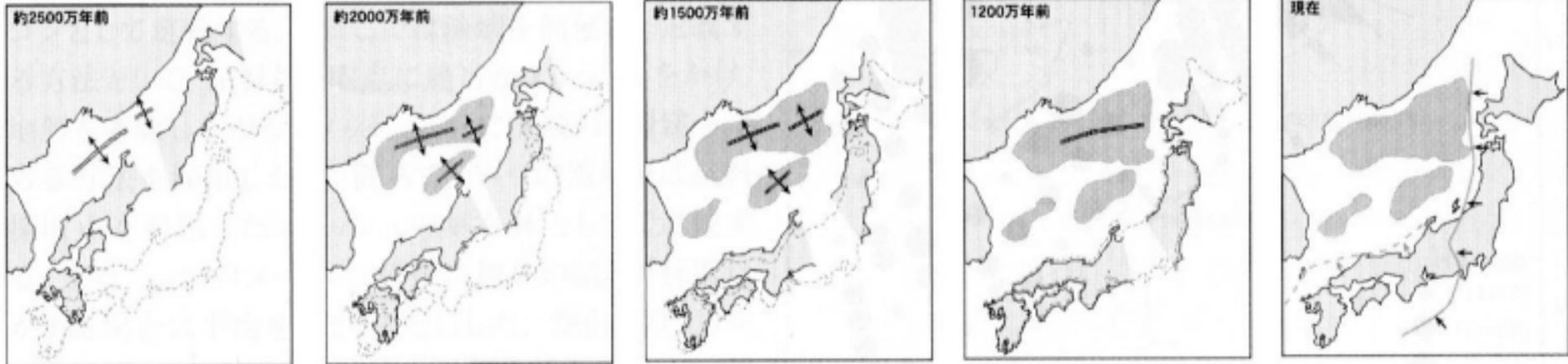
西南日本は時計まわりに、
東北日本は反時計まわりに
回転し、日本海が開いた。



日本海
拡大の
終了

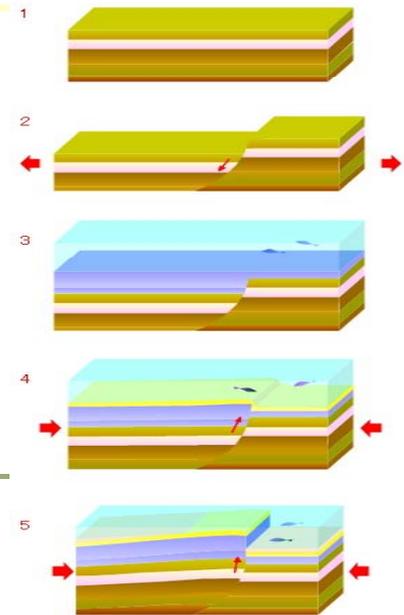


現在は東西圧縮に逆転、
日本海東縁が東北日本
に沈み込んでいる。



片山 肇・岡村行信・池原 研・中嶋 健・辻野 匠・野田 篤 『日本海はどうしてできた？—日本海の海底地質—』
産業技術総合研究所地質調査総合センター編「地質ニュース」2003年3月号掲載図

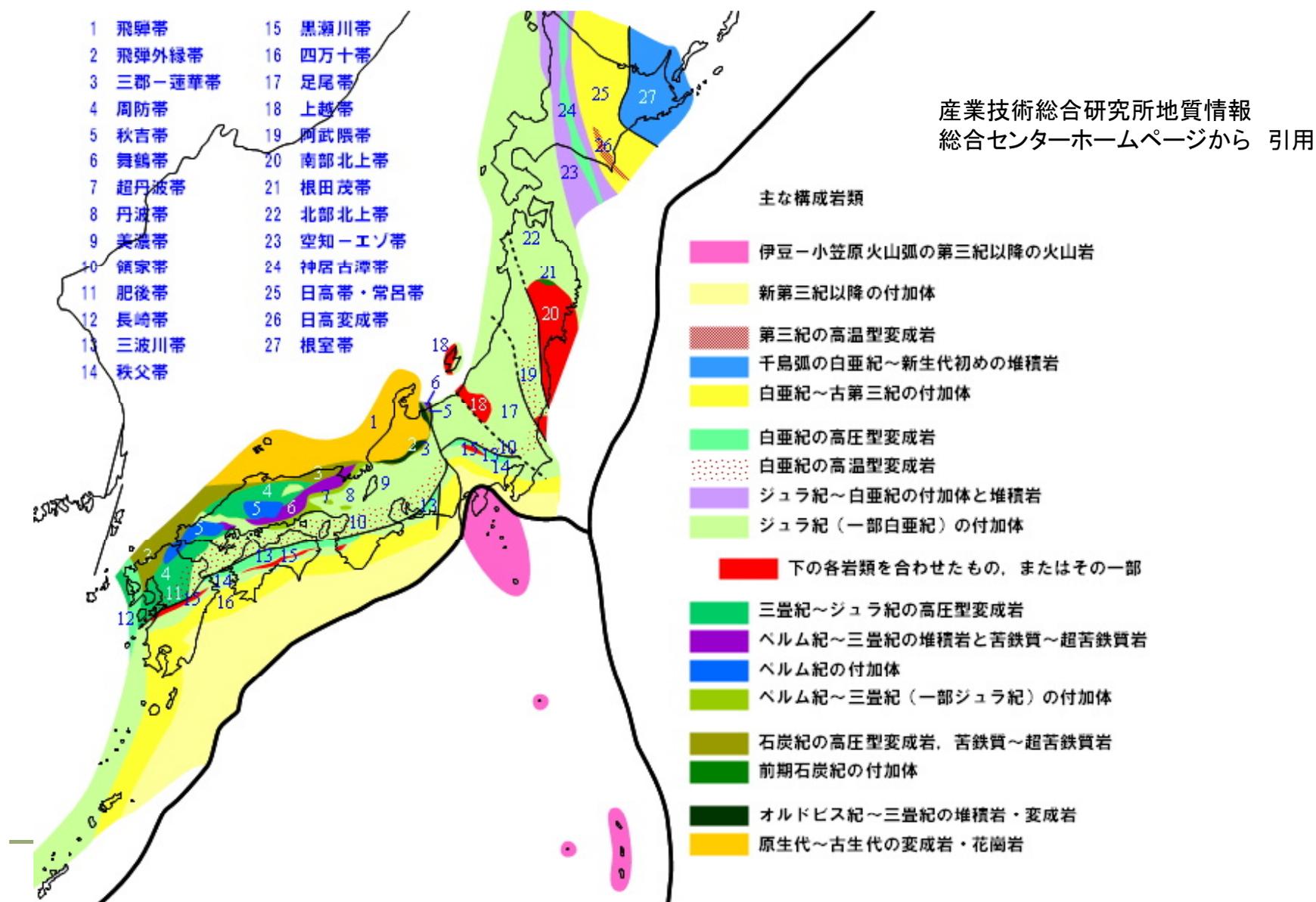
日本海ができるときに、地殻(右図1)には水平方向に引っ張られる力がはたらき正断層ができました(同2)。その後、安定した状態が続き、断層で落ち込んだ凹地は堆積盆地となり、堆積物が厚く堆積しました(同3)。やがて、今度は地殻が水平方向に押される力がはたらき始め(同4)、断層は逆断層として再活動します。このため、堆積盆地は次第に隆起し、今度は地形の高まりとなります(同5)。



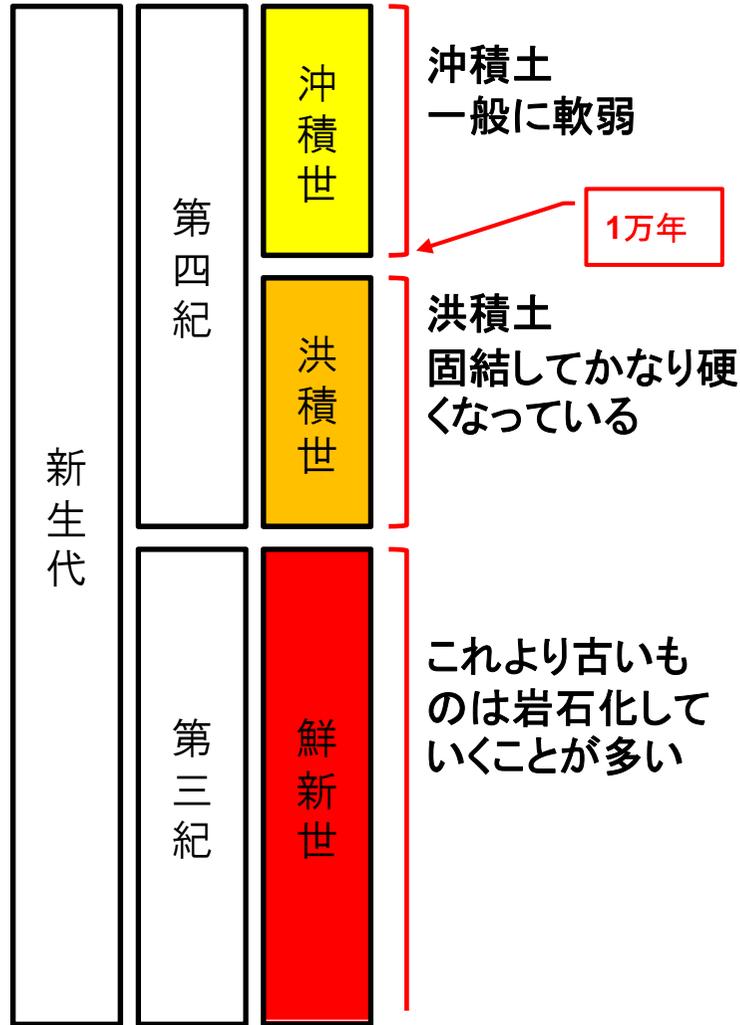
産業技術総合研究所地質情報総合センター地質図のホームページから引用

- ・ 東北日本は新第三紀以降の火山岩や堆積岩によって広く覆われているため、基盤岩類の詳しい分布と構造はよく分かってない
- ・ 日本海の生成過程から、第三期の堆積物である砂岩、泥岩の地層が日本海に向かって傾いている場合がある

(参考7) 地域の条件：日本列島の地質と構造



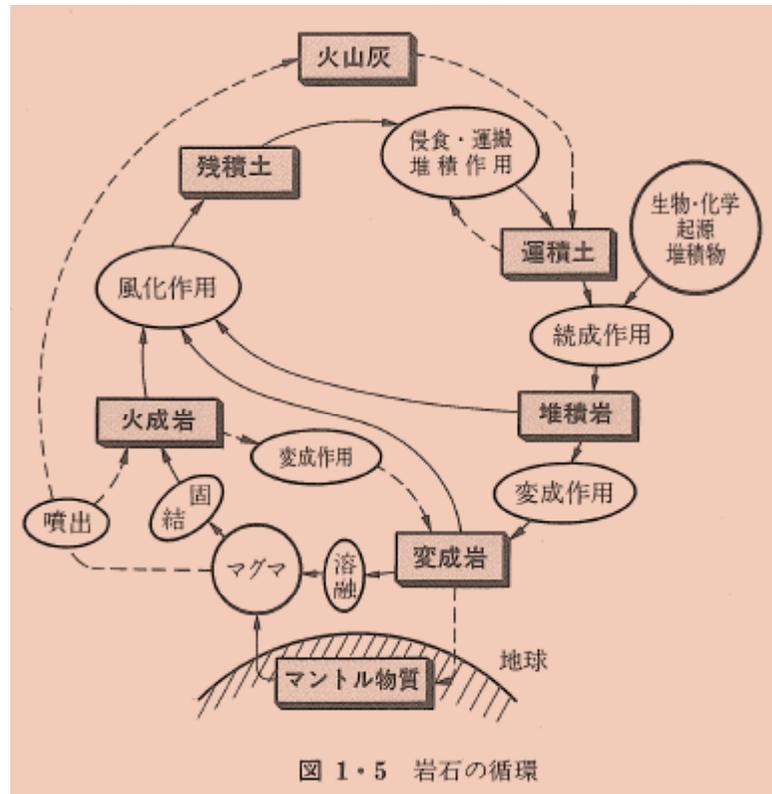
(参考8) 地質年代と岩と土の循環



長い年月の間に自然の作用を受け、その岩石は細粒化されて土となる。

この土も、堆積を重ね、長い年月の間に固結化して岩石となる。

岩石と土は、何千、何万年という非常に長い年数で見れば図1・5のように循環している。



(参考9) 地域的に分布する特異な土

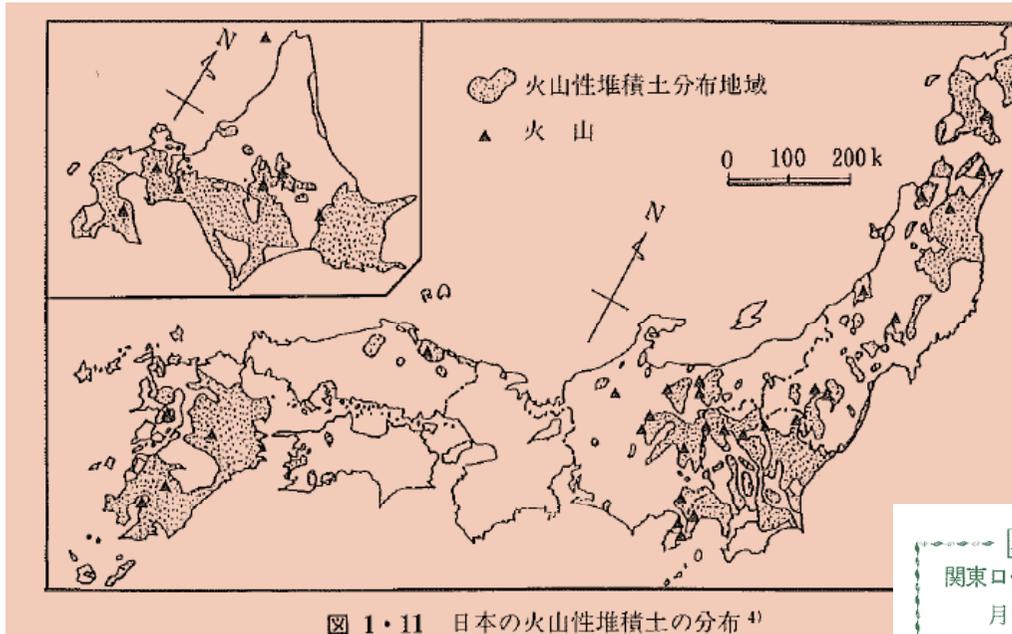


図 1・11 日本の火山性堆積土の分布⁴⁾

日本には、地域的に分布して特異な性状を示す土がある。その代表としてあげられるものに関東ローム、しらす、泥炭、まさ土がある。(略)わが国では、洪積世時代に火山活動が盛んで、火山噴出物に由来する堆積土が多く図1・11に示すように全国的に広く分布している。

関連知識

関東ローム……関東地方の大地や丘陵地の上に厚く堆積している火山灰質粘性土。長い年月で火山灰が粘土化しており、こね返されると著しく軟弱化するなど土木工事上問題となる。

しらす……鹿児島湾を中心として鹿児島県の大部分と宮崎県の一部に厚く堆積していて、軽石混じりの白砂からできている。大地を形成し、30 m以上の鉛直な崖をつくっていることがある。豪雨時に崩壊するなど、雨に弱い。このしらすは東北地方の一部にも分布している。

泥炭(PEAT)……沖積世に低温で多湿なところで枯死した植物が、未分解のまま堆積してできたもの。スポンジがイメージできる土で、圧縮性がきわめて大きく、大きな沈下やすべり破壊の発生で問題となる。北海道で大規模に分布するが、本州でも分布地域は小範囲で点在しており、土木工事上問題となる。

まさ土……花崗岩地帯に見られる残積土をいい、六甲山系以西の瀬戸内海沿岸に広く分布している。盛土や埋立て材料として用いられるが、長期の風化や、山地部での大雨による崩壊が問題となる。



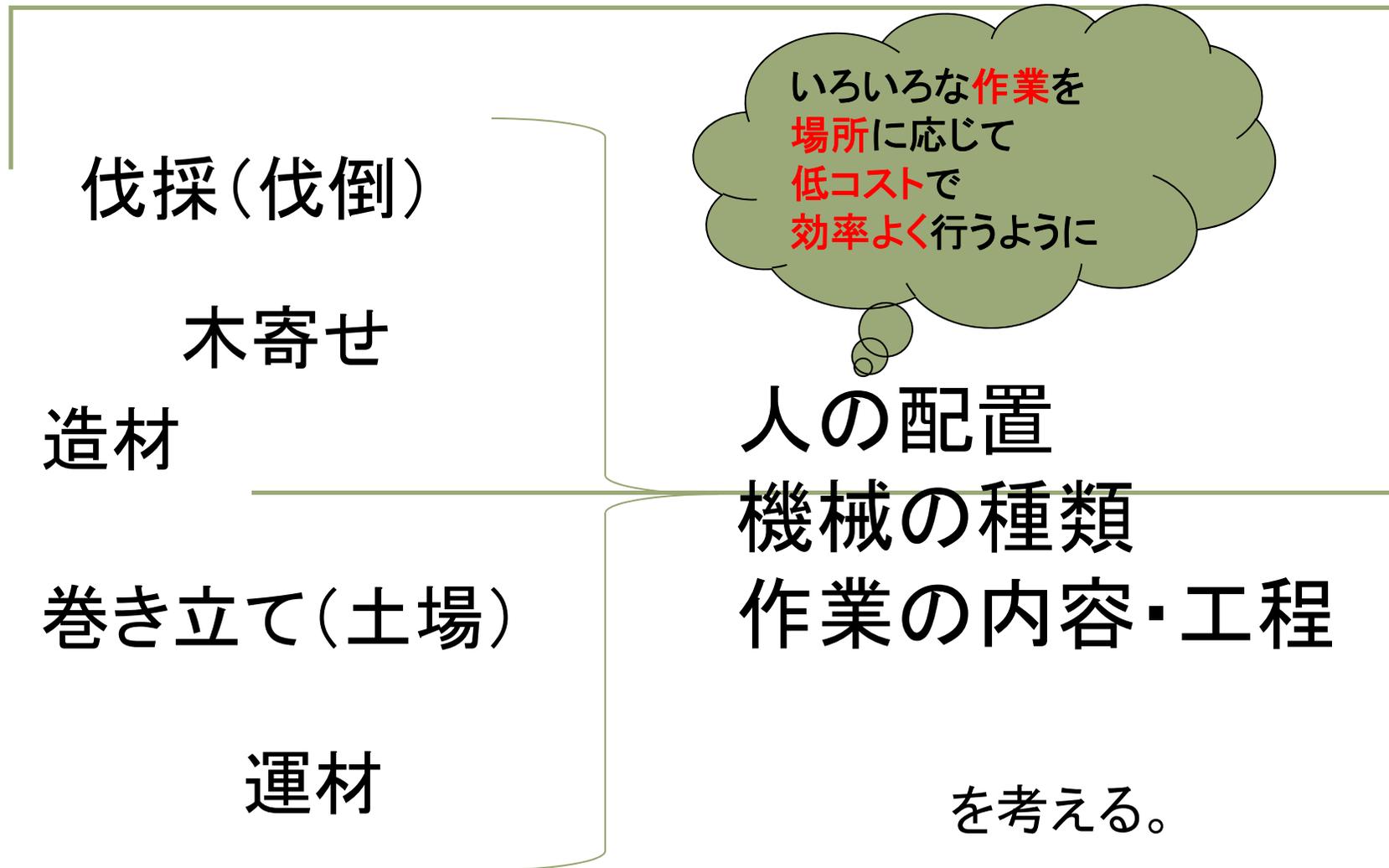
「作業システム」とは？

「人」「機械」「作業」の有機的な組み合わせ

この研修での定義

- 立木の伐倒からトラック搬出のための巻立（集積）までのプロセス
 - 伐倒、木寄、造材、集材、巻立（集積）
- 車両系/架線系、全木/全幹/短幹、チェーンソー/ハーベスタ/プロセッサ、グラップル/スイングヤーダ/ウインチ、etc. の組み合わせ

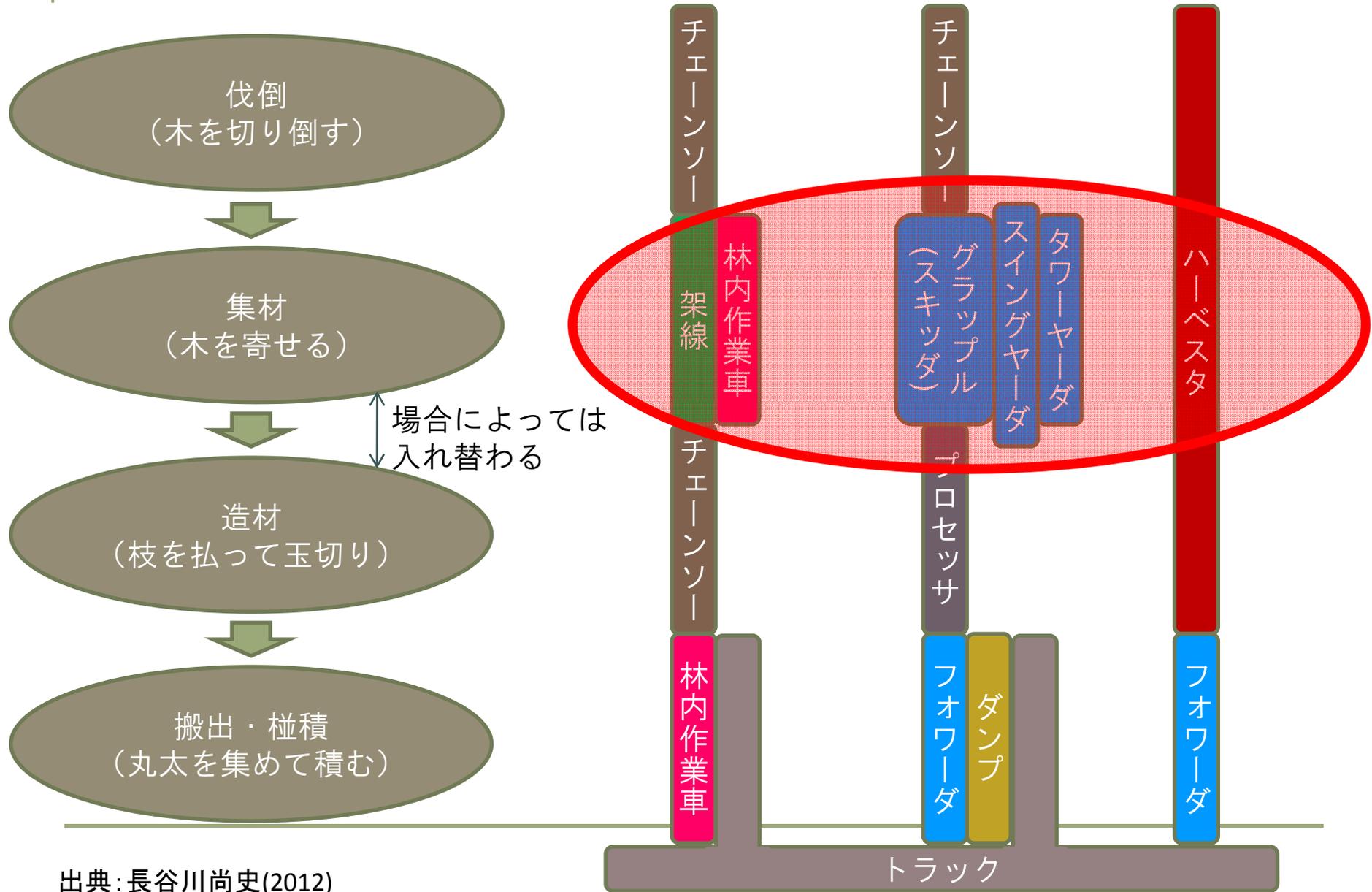
林業における作業システム



作業システムの特徴と性格

1. 機械・人の配置、作業の順序によって多くの選択肢
2. 最適なシステムは、事業体、事業地によって様々
3. 作業システムは、生産コスト、収益性を左右
4. 必要事業量、安全性、快適性、環境等に影響
5. 路網の密度、配置、構造と密接・相互に関連
6. 機械経費、人の育成、路網の整備状況、将来の事業量などを勘案して事業者が判断

様々な作業システム



出典:長谷川尚史(2012)

林地傾斜・作業システムに対応する路網密度の目安

(単位:m/ha)

区分	作業システム	基幹路網			細部路網	路網密度
		林道	林業専用道	小計	森林作業道	
緩傾斜地 (0~15°)	車両系	15~20	20~30	35~50	65~200	100~250
中傾斜地 (15~30°)	車両系	15~20	10~20	25~40	50~160	75~200
	架線系				0~35	25~75
急傾斜地 (30~35°)	車両系	15~20	0~5	15~25	45~125	60~150
	架線系				0~25	15~50
急峻地 (35°~)	架線系	5~15	—	5~15	—	5~15

(注)本目安は配置目標ではなく、森林整備の結果として想定される密度の目安である。

林地傾斜と作業システムの例

区分	作業システム	最大到達距離(m)		作業システムの例			
		基幹路網から	細部路網から	伐採	木寄せ	枝払い・玉切り	搬出
緩傾斜地 (0~15°)	車両系	150~200	30~75	ハーベスタ	(フォワーダ)	(ハーベスタ)	フォワーダ トラック
中傾斜地 (15~30°)	車両系	200~300	40~100	ハーベスタ チェンソー	グラップル ウインチ	(ハーベスタ) プロセッサ	フォワーダ トラック
	架線系		100~300	チェンソー	スイングヤーダ	プロセッサ	フォワーダ トラック
急傾斜地 (30~35°)	車両系	300~500	50~125	チェンソー	グラップル ウインチ	プロセッサ	フォワーダ トラック
	架線系		150~500	チェンソー	スイングヤーダ タワーヤーダ	プロセッサ	フォワーダ トラック
急峻地 (35° ~)	架線系	500~1500	500~1500	チェンソー	タワーヤーダ	プロセッサ	トラック

「森林・林業再生プラン 路網・作業システム検討委員会最終報告」の表を一部改変。

注： この表は、現在採用されている代表的な作業システムを、使用されている林業機械により現しつつ、傾斜及び路網密度と関連づけたものであり、林業機械の進歩・発展や社会経済的条件に応じて変化するものである。

地域において、今後の路網整備や資本装備の方向を決めるに当たっては、地域における自然条件、社会経済的条件を踏まえた工夫や経営判断が必要である。

「基幹路網から」の最大到達距離は、フォワーダ等による運搬距離を含まない。

「グラップル」にはロングリーチ・グラップルを含む。

1 緩傾斜地(0~15°)の主な作業システム

作業システム	車両系	架線系
伐採	ハーベスタ、(チェーンソー)	
木寄せ・集材	(グラップル)	
枝払い・玉切り	ハーベスタ(プロセッサ)	
運搬	フォワーダ、トラック	



ハーベスタ

2 中傾斜地(15~30°)の主な作業システム

作業システム	車両系	架線系
伐採	(ハーベスタ) チェーンソー	チェーンソー
木寄せ・集材	グラップル、ウインチ	スイングヤーダ
枝払い・玉切り	プロセッサ	プロセッサ
運搬	フォワーダ、トラック	フォワーダ、トラック



グラップル



プロセッサ

3 急傾斜地(30~35°)の主な作業システム

作業システム	車両系	架線系
伐採	チェーンソー	チェーンソー
木寄せ・集材	グラップル、ウインチ	スイングヤーダ、 タワーヤーダ
枝払い・玉切り	プロセッサ	プロセッサ
運搬	フォワーダ、トラック	フォワーダ、トラック



スイングヤーダ



フォワーダ

作業システムの改善と フォレスターの役割

1. フォレスターは地域の事業者の作業システムの改善に、どのような役割を果たすべきか？
2. なぜ事業者の経営判断に関わるのか？
3. どのように関わるのか？
 - 現状を診断（第三者の目で）
 - 今後の見通し（路網整備、補助金、市場 etc.）
 - 作業システムの改善のための適切な（コストの低い、生産性の高い、安全な）選択肢を示す
 - フォローアップ、PDCA

次のようなところをチェックしてアドバイス

- 生産性（労働生産性、工程生産性）
- 安全性（リスクアセスメント）
- 経費単価（人件費、機械経費、路網整備etc.）
- 快適性（労働強度軽減）
- 環境影響（土壌、希少種、水質、残存木）
- 将来性（長期的な戦略に合致しているか）
- 流通/販売（有利な販売方法に整合しているか）

作業システムのPDCAサイクル

- **Plan:** 計画を立てる
 - 作業システムの選択肢を比較検討
 - 少なくとも1年の仕事を見通す
- **Do:** 実行する
 - 生産性、コスト、稼働率、作業性、安全性、etc.について観察・記録・分析しながら実行
- **Check:** 評価する
 - 記録を分析しその結果を評価する
- **Act:** 改善する
 - 将来の作業（事業量、事業地）、人（従事者の年齢、能力）の見通しを踏まえて、作業システム、従事者の教育、機械の導入を考える
 - 評価の結果と将来の見通しを改善に反映する

生産性向上や低コスト化へのアドバイス (視点の例示)

- 伐倒・枝払い
 - 先行伐倒（分離作業）
 - 伐倒手の追加
 - 全幹から全木へ変更
 - 点状間伐から列状間伐へ変更
- 木寄・集材
 - 路網配置の見直し・改善（土場位置の見直し）
 - フォワーダの追加
 - ウインチからロングリーチへ
- 作業の組み合わせの改善
 - 森林作業道の作設など次の事業地の準備作業、機械のメンテナンス等の副作業との組み合わせ
- 工程の単純化
 - フォワーダの小運搬を省略、林内から直接トラックで

< 続き >

- 機械経費
 - 高性能機械の導入で台数を削減
 - レンタル・リースを採用して減価償却費、金利を削減
 - 定期的なメンテナンスにより故障を未然防止
- 人件費
 - トレーニングを通じたスキルの向上による生産性向上
 - 伐倒や木寄せの改善による効率性向上と事故防止
- 運搬費
 - 林道、林業専用道、森林作業道、土場の密度や配置
 - 何をどこまで運ぶか？どこで仕訳を行うか？売り先で路網の規格、配置を考える
- その他
 - 更新（造林）も含めて作業仕組みを再構築

グループ中心のシステムの労働生産性の例 (m³/人日)

	A	B	C
伐倒	30	30	30
木寄集材	15	30	50
造材	60	60	60
集材・運搬	60	60	60
巻立	80	80	80
システムの生産性	6.9	8.9	10.1

	A	B	C
伐倒	30	40	50
木寄集材	15	15	15
造材	100	100	100
集材・運搬	100	100	100
巻立	100	100	100
システムの生産性	7.7	8.2	8.6

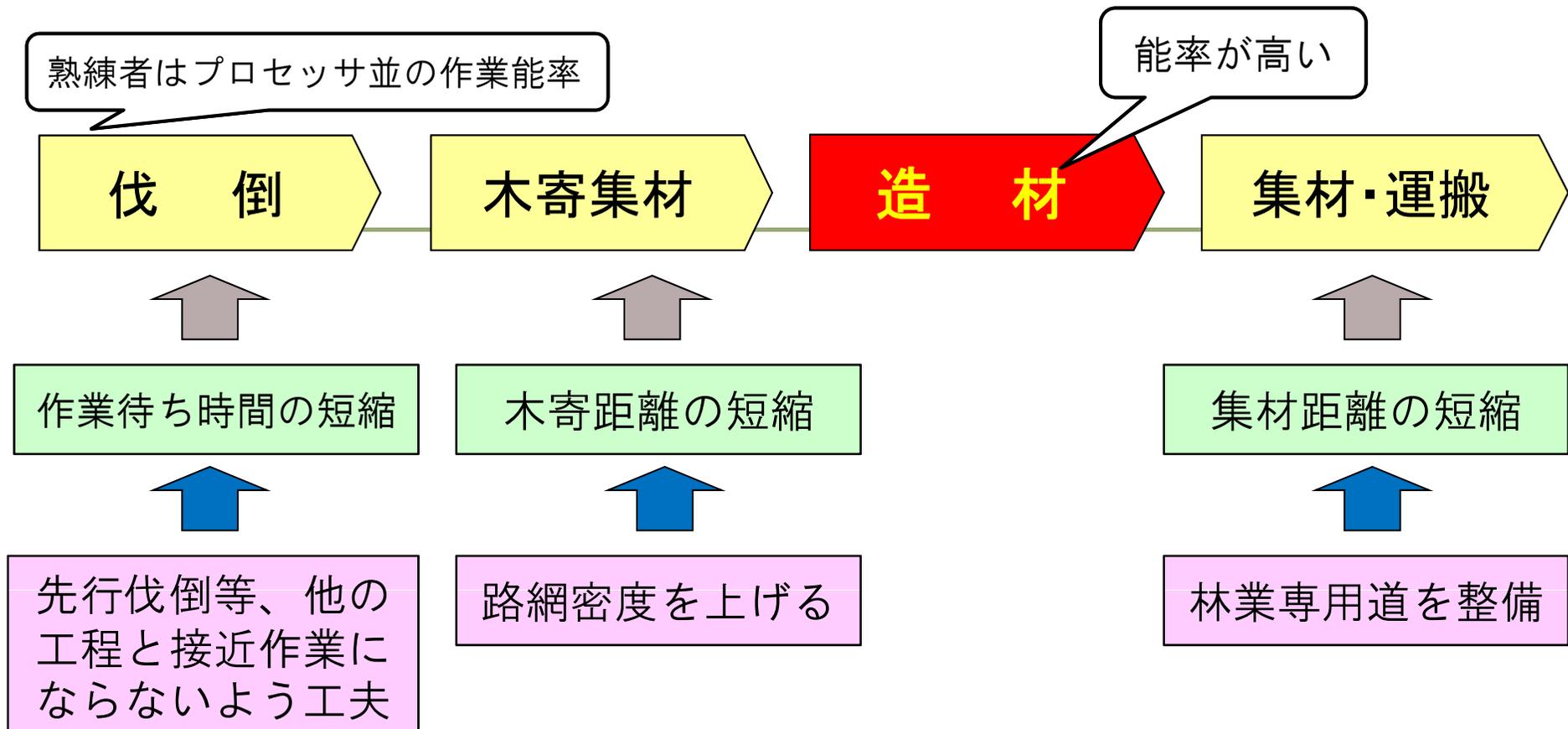
作業システム改善の視点（車両系の例）

—作業能率が低い工程を高い方に引き上げる—

- ・ プロセッサ（80 m³/日も可）



- ・ 他の工程の作業能率を上げるよう工夫(例)



高性能林業機械にかかる経費

機種	規格	基礎価格 (千円)	損料/時間 (円/時間)	損料/日 (円/日)
グラップル	6t - 0.25m ³	8,500	2,030	10,100
	12t - 0.45m ³	13,400	3,190	15,900
スイングヤーダ	6t - 0.25m ³	12,300	3,300	16,500
	12t - 0.45m ³	15,200	4,080	20,400
ハーベスタ	6t - 0.25m ³	15,500	4,410	22,000
	12t - 0.45m ³	19,600	5,570	27,800
フォワーダ	3t 積み	6,300	2,650	13,200
	4t 積み	9,200	3,870	19,300
木材運搬車	4t 積み	6,500	2,740	13,600
	6t 積み	9,000	3,790	18,900
プロセッサ	6t - 0.25m ³	11,700	3,120	15,500
	12t - 0.45m ³	18,300	4,880	24,300

出典：森林整備効率化機械支援事業のうち「高性能林業機械の利用高度化事業」報告書、林野庁 2012年3月
 機械損料＝維持修理費＋償却費＋管理費

作業システムの例

区分	作業システム	最大到達距離(m)		作業システムの例			
		基幹路網から	細部路網から	伐採	木寄せ	枝払い・玉切り	搬出
緩傾斜地 (0~15°)	車両系	150~200	30~75	ハーベスタ	(フォワーダ)	(ハーベスタ)	フォワーダ トラック
中傾斜地 (15~30°)	車両系	200~300	40~100	ハーベスタ チェンソー	グラップル ウインチ	(ハーベスタ) プロセッサ	フォワーダ トラック
	架線系		100~300	チェンソー	スイングヤーダ	プロセッサ	フォワーダ トラック
急傾斜地 (30~35°)	車両系	300~500	50~125	チェンソー	グラップル ウインチ	プロセッサ	フォワーダ トラック
	架線系		150~500	チェンソー	スイングヤーダ タワーヤーダ	プロセッサ	フォワーダ トラック
急峻地 (35° ~)	架線系	500~1500	500~1500	チェンソー	タワーヤーダ	プロセッサ	トラック

「森林・林業再生プラン 路網・作業システム検討委員会最終報告」の表を一部改変。

注： この表は、現在採用されている代表的な作業システムを、使用されている林業機械により現しつつ、傾斜及び路網密度と関連づけたものであり、林業機械の進歩・発展や社会経済的条件に応じて変化するものである。

地域において、今後の路網整備や資本装備の方向を決めるに当たっては、地域における自然条件、社会経済的条件を踏まえた工夫や経営判断が必要である。

「基幹路網から」の最大到達距離は、フォワーダ等による運搬距離を含まない。

「グラップル」にはロングリーチ・グラップルを含む。

(参考) 作業システム改善の実例

- H23年度林業機械化推進事例集から -

作業工程等	改善前のシステム	改善後のシステム
伐倒（枝払い）	チェーンソー全幹伐倒（1.5人/2台）	チェーンソー全木伐倒（1人/1台）
荷掛、木寄せ	グラップルウインチ（2人/1台）	ロングリーチ・グラップル（1人/1台）
造材	チェーンソー（1人/2台）	チェーンソー（0.5人/1台）
積み込み	グラップル（0.5人/1台）	グラップル（0.5人/1台）
運搬	2tトラック（0.5人/1台）	2tトラック（0.5人/1台）
巻立て	グラップル（0.5人/1台）	グラップル（0.5人/1台）
システム人数	5人	4人
大型機械の台数	4台	4台
システムの長所		木寄せ工程改善、労働強度低減
システムの短所	ウインチ木寄せの生産性がネック	高密度路網が条件
労働生産性	4～5m ³ /人日	6～7m ³ /人日
素材生産コスト	2,500～3,000円/m ³	1,700～2,000円/m ³

新作業システム構築の取り組み事例

(平成23年度 先進林業機械・新作業システム開発事業)

①ハーベスタ・フォワーダによる林内走行システムの構築

従来システム（課題）

- ・人力、手作業の多さ(工程の低さ)、安全上のリスク
- ・クローラー式で機動性に欠ける
- ・木寄せ作業工程の低さ など

伐倒
チェーンソー

集材
スイングヤード

造材
プロセッサ

運材
フォワーダ
(クローラー式)

新システム（改善点）

- ・効率的な作業プロセス
- ・ホイール式による機動力の向上
- ・労働安全性の向上 など

伐倒 造材
ハーベスタ (ホイール式)

運材
フォワーダ
(ホイール式)



(長野森林組合)

②ホイール式多機能ベースマシンによるシステム全体の効率化

各工程の処理能力のバラツキ

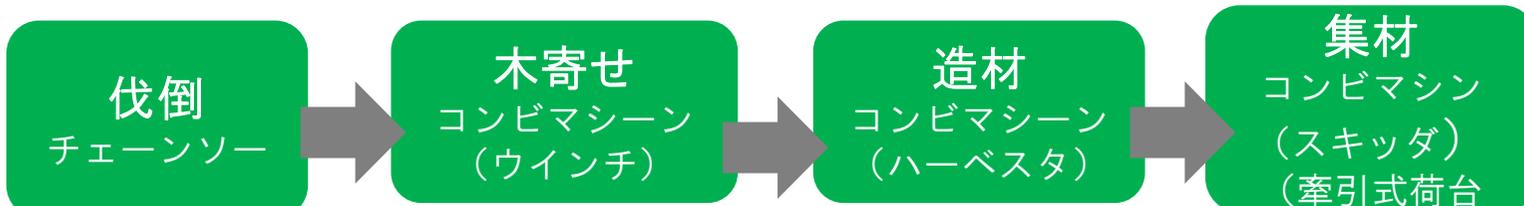
従来システム（課題）

- ・プロセッサの造材能力に集材が追いつかない
- ・単機能の機械の組み合わせのため、時間ロスが発生 など



新システム（改善点）

- ・機械の入れ替え、移動時間の削減によるシステム全体の効率向上



(宮崎県森林・林業再生プラン推進協議会)

③大型ハーベスタ導入による生産性の向上

従来システム（課題）

- ・土木用ベースマシンを用いた低い生産性
- ・チェーンソー伐倒による労働災害リスク
- ・一部に高性能機械を導入しても全体の労働生産性が向上しない



新システム（改善点）

- ・ロングアームハーベスタにより生産能力向上
- ・機械の組み合わせにより少人数班構成が実現

短幹集材

伐倒・造材
新ハーベスタ（ロングアーム）

集材・巻き立て
コンビマシンフォワーダ

全幹・全木集材

伐倒
新ハーベスタ

集材
コンビマシン
スキッド

造材
ハーベスタ

巻き立て
グラップル



（北海道佐藤木材工業）

(参考) 先進的な林業機械の導入

- 事業量拡大を検討する上で選択肢を広げるために検討
- 検討のために
 - 事業量の見通しを立てる
 - 導入後のシミュレーションを行う
 - オペレーターの割り付けと訓練、運搬、保管、システムの組み合わせ、導入資金（リースか購入か）、メンテナンス体制etc.
 - 生産性改善の見通し
 - 情報収集（導入事業者、販売店、インターネット等）

トラクタ（Wario 714 + Kesla）



ローテーションキャビン、強力かつ乱巻きのないウインチ、高い自走性能(30km/hにより公道走行可能)
アタッチメントはストローク式ハーベスタ、牽引荷台、グラップル
参考価格:トラクタ(ハーベスタ仕様)36百万円、牽引荷台6百万円

ハーベスタ (Sampo SR1046 Pro + Keto 100s)



高い自走性能、長く自由度の高いブーム、快適なキャビン

自重9.5t、クレーンのリーチ7.1m

参考価格:32百万円

ハーベスタ (Ponsse Beaver)



視界が良く快適なキャビン、10mのアーム、強力なエンジン(129kw)

自重17t、全高3.8m、全幅2840mm

参考価格:42百万円

フォワーダ（IHI建機 F801）



回転式シート、小さな回転半径、十分な速度、低い接地圧

自重8.8t、全高2700mm、積載量6-7m³

参考価格：20百万円

フォワーダ（松本システム ティラノ）



8輪独立懸架による強力な地形追従性、小さな回転半径、高速走行、フルキャビン
参考価格：15百万円

牽引式タワーヤード (Wonderfalke)



リモコンとコンピューターによる省力化運転システム
中間支持器により複雑な地形に対応
参考価格:37百万円

2013.2.26 (火) 代々木に集合！

■ 機械化推進シンポジウム

- 主催：林野庁、(株) 自然産業研究所
- テーマ：未定（先進林業機械導入から3年、事業の最終年度）
- 場所：国立オリンピック記念青少年総合センター
- 申し込み開始：未定