スウェーデンの林業・木材産業における情報活用を支えるStanForD

誌名	森林利用学会誌
ISSN	13423134
著者名	宗岡,寛子 上村,巧 松村,ゆかり 田中,亘 白井,教男
発行元	森林利用学会
巻/号	32巻2号
巻号補足	
掲載ページ	p. 77-81
発行年月	2017年4月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター
Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council Secretariat

AgriKnowledge

森利誌 32 (2) 2017　　77 ～ 81

研究・技術資料

スウェーデンの林業・木材産業における情報活用を支える StanForD *

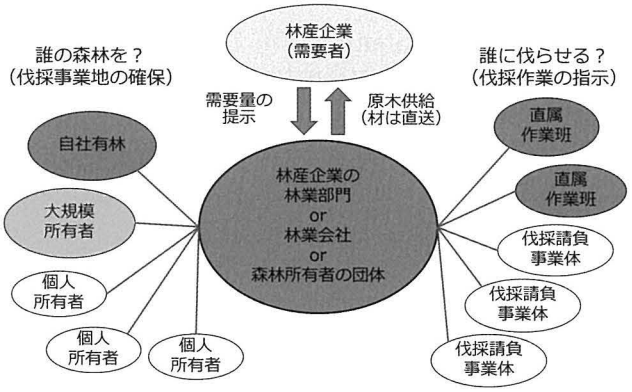
宗岡寛子 **・上村巧 **・松村ゆかり **・田中亘 **・白井教男 ***

1. はじめに

近年，ICT（情報通信技術）や IoT（Internet of Things；様々なモノに情報取得・通信機能を持たせ，それらのモノが取得した情報をインターネットを介して蓄積，分析してモノのコントロールに活かすこと）が様々な産業で取り入れられ，コスト削減や新たなビジネスモデルの構築といった恩恵をもたらしている。世界的に見れば林業もその例外ではなく，現場の林業機械と生産を管理する者がインターネットを介して木材の需要情報や生産情報等をやり取りしている。それにより，需給のマッチングや物流の効率化など様々な恩恵がもたらされている。特に，林業が全産業の中でも重要な位置を占めるスウェーデンでは早くから ICT を取り入れた林業機械が開発され，現在では高度な情報取得・通信機能を備えたものが普及している（吉田 2017）。しかし本報で特筆したいのは，林業機械の情報取得・通信機能の高度化そのものよりも，スウェーデンの林業・木材産業界全体がそれを最大限活用するための体制を整えているということである。その一つが StanForD（Standard for Forest machine Data and communication）の整備である。StanForD とは，生産を管理する者と現場の林業機械との間でやり取りする情報の記述形式を定めたスタンダードである。著者らは 2016 年 10 月にスウェーデンを訪問し，StanForD に関する聞き取り調査を行った。本報では，StanForD を生み出す土壌となったスウェーデンの林業・木材産業の構造，StanForD の概要とそれに基づく情報コミュニケーションがもたらす恩恵について報告する。

2. スウェーデンにおける林業・木材産業の構造

まず，StanForD を生み出す土壌となったスウェーデンの林業・木材産業の構造について概説する。スウェーデンの林産企業（製材，集成材，合板，紙製品等の木材製品の製造を行う企業。スウェーデンではそれらの製造を複合的に行う総合林産企業（松村 2017）も多い。）に原木を供給するのは，林産企業自身が持つ林業部門，あるいは林産企業と契約した林業会社や森林所有者の団体である。以下，原木調達を担うこれらの者を「林業会社等」と称する。林業会社等は，林産企業から示された径級・材長ごとの原木需要量に応じて，伐採事業地の確保から伐採作業，工場への運材までをコーディネートする「原木調達の司令塔」の役割を果たす（図－ 1）。具体的には，林業会社等はまず，自社有林の他，大規模所有者や個人所有者と契約して伐採事業地を確保する。そして自社で直接雇用する労働者からなる直属作業班，あるいは契約した伐採請負事業体（logging contractor）に作業指示を与え，確保した事業地での伐採作業を行わせる。スウェーデン農科大学の Tomas Nordfjell 教授によれば，かつてスウェーデンでは大半の伐採作業が林業会社等に直接雇用された労働者によって行われていたそうだ。しかし，機械化進展のきっかけにもなった 1975 年の林業労働者の大規模ストライキ以来，徐々に伐採作業のアウトソーシングが進み，伐採請負事業体の果たす役割が大きくなってきたとのことである。この伐採請負事業体については仁多見（1993）にも詳しく説明されているが，典型的な業態はハーベスタ，フォワーダを 1 台ずつ所有し，数名のオペレータを雇用して 2 シフトで作業を行うという小規模なものである。なお，図－ 1 は単純化のため林産企業と林業会社等を 1 対 1 で描いているが，実際には 1 つの林産企業が複数の林業会社等から原木を調達している場合もある。また，やはり単純化のため図－ 1 では直



図－ 1　スウェーデンにおける林業会社等の役割

* Information utilization supported by StanForD in Swedish forest industry
** Hiroko Muneoka, Takumi Uemura, Yukari Matsumura and Wataru Tanaka　森林総合研究所　For. and Forest Prod. Res. Inst., Tsukuba 305-8687
*** Norio Shirai　株式会社小松製作所　Komatsu Ltd., Tokyo 107-8414

属作業班や伐採請負事業体の数を2～3としているが，実際には林業会社等はより多くの直属作業班や伐採請負事業体に作業指示を与えている。例えばSveaskogという林業会社はスウェーデン全土で約1200の伐採請負事業体と契約している（Sveaskog 2016）。

このように，スウェーデンにおいては伝統的に林業会社等が司令塔となり，伐採事業地の確保から伐採作業，工場への運材までをコントロールするという構造が存在していた。林産企業の大量の需要に応えるために，林業会社等は多数の直属作業班や伐採請負事業体とコミュニケーションをとって伐採作業をコントロールする必要がある。このことが，次章に述べるようにStanForDが必要とされた背景にあると考えられる。

3. StanForDの始まりと発展

1978年に林業機械メーカーValmet社（現コマツフォレスト）が最適採材機能を持つハーベスタを開発した。これは，まずハーベスタヘッドで木の径を計測し，次に林業会社等から与えられた径級・材長ごとの価格表データを参照することで，その木の価値を最大化する採材を計算してオペレータに提案するというものである。これが林業分野でのICT導入の第1歩であったと言える。これを追って他の林業機械メーカーも最適採材機能の開発を始めた。しかし，各林業機械メーカーが価格表データの形式を独自に定めてしまうと，それを作成してハーベスタに送信する林業会社等にとって都合が悪い。なぜなら，第2章に述べたように林業会社等は多数の伐採事業地をコントロールしており，そこでは様々なメーカーのハーベスタが稼働している。価格表データの形式がメーカーによって異なっていては，それらの多数の伐採事業地に一括して価格表データを作成，送信することができない。そのため，価格表データの形式を統一するスタンダードが必要とされたのである。

このような需要を受け，Skogforsk（スウェーデン森林研究所）が中心となってスタンダードの検討が始まり，1987年に最初のStanForDが公表された。なお，Skogforskはスウェーデンの林産企業，林業会社，森林所有者の団体等が出資する研究機関である。StanForDの整備，管理に関しては，Skogforskのオーナー企業の他，林業機械メーカーや林業機械向けのソフトウェアを製作している会社等9社が出資している。

このように元々価格表データの形式を統一する目的で始まったStanForDだが，その後，ハーベスタが取得する様々な情報（生産した木材の直径や材長，機械の稼働状況等）の記述形式もカバーするようになり，総合的なデータ規格へと発展してきた。そして2011年には新たなバージョンであるStanForD 2010が公表された。現在では，欧州の多くの林業機械メーカーやソフトウェア会社がStanForD 2010に準拠して林業機械の情報取得・通信機能を作っている。従って，林業会社等はメーカー・機種を問わずどの林業機械との間でも円滑に情報をやり取りすることができる。このことを伐採請負事業体側の視点から言い換えれば，所有する機械のメーカーに関わりなく，どの林業会社等の仕事でも請け負うことができるということでもある。つまり，StanForDは林業会社等と現場の林業機械とのコミュニケーションにおける共通言語の役割を果たしていると言える。さらに，StanForDはもう1つの大きなメリットをもたらしている。それは，多くの林業機械から大量の情報が統一された形式で送られてくるため，それを容易に集計，分析して様々な目的で活用できるというである。特に，いくつかのデータ項目についてはStanForD 2010で記述形式が大きく変更され，より集計や分析の自由度が高まった。そのため最近では，林業機械が取得した情報を様々な目的で活用しようという試みがさかんになっている。

4. 現在のStanForD2010がカバーする情報の種類とその活用

StanForD 2010で記述形式が定められている情報の種類（データ項目）はSkogforskがオンラインで公表しているIntroduction to StanForD 2010（Skogforsk 2015）に詳しいが，ここでは主要なデータ項目とその活用状況について紹介する。特に，StanForD 2010で記述形式が変更されたことで集計や分析の自由度が高まり，活用の可能性が広がったデータ項目については重点的に紹介する。なお，StanForD 2010のもう一つの特徴として，旧StanForDにはなかったフォワーダとのコミュニケーションのためのデータ項目が追加されたことが挙げられる。しかし，情報取得・通信機能を持つフォワーダはスウェーデンにおいても未だ普及途上であり一般的に活用されているとは言い難いため，本報ではハーベスタとのコミュニケーションのためのデータ項目を中心に紹介する。

4.1 ハーベスタへの作業指示（Harvester instruction）

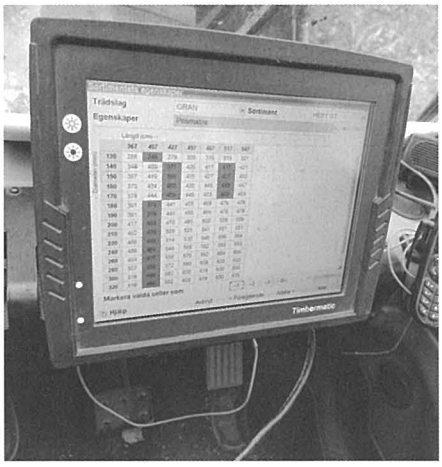
ハーベスタへの作業指示データとは，林業会社等からハーベスタに与えられる以下の1)～3)の情報である。1)作業を行う伐採事業地の所在地や所有者，そこで生産した材の需要先等，2) 最適採材機能を動かすために必要な，径級・材長ごとの材（以下，StanForD関連文書にならって「プロダクト」と称する。）の価格や需要量等，3)各樹種に適用する胸高の高さや樹皮率計算式等。スウェーデンで稼働するほとんどのハーベスタはこの作業指示データを林業会社等から受け取り，最適採材機能を活用している（図－2，3）。本調査で訪問した伐採作業現場でも，オペレータは伐倒した木に極端な曲がりや腐れがないかを判断し，それらがなければ最適採材機能に採材を任せており，造材作業が非常に速やかに進んでいた。また別の現場では，地元の職業訓練校を卒業したばかりで経験期間1か月未満というオペレータが1人で伐倒・造材作業を行っていた。オペレータの経験によらず需要

に合った造材ができることも最適採材機能の恩恵である。

この作業指示データの形式は StanForD 2010 で大きな変更が加えられた。それは，上記 1)，2)，3) の情報を別々のブロックとしたことである。旧 StanForD では 1) の伐採事業地の情報と 2)，3) の情報が一体になっていたため，林産企業の需要が変化した場合，林業会社等は個々の伐採事業地向けに新たな作業指示ファイルを作り直して送信しなければならなかった。しかし StanForD 2010 の形式であれば，2) の需要情報のみを更新して多数の伐採事業地に一括で送信することで，需要の変化により迅速に対応することができる。この変更は，以前よりも短いスパンで各プロダクトの需要量を見直す工場が出てきた（松村 2017）ことに対応したものである。

4.2 ハーベスタからの生産報告（Production report）

ハーベスタからの生産報告データとは，伐倒した木一本一本の胸高直径，位置座標，樹種，及びその木から採れたプロダクトの種類，直径，材長等のデータである。これらのデータのうち，胸高直径，各プロダクトの直径や材長はハーベスタヘッドで計測したもの，位置座標は伐倒時のハーベスタの位置を GPS で記録したもの，樹種はオペレータが手元のボタンで登録したものである。スウェーデンで稼働するほとんどのハーベスタはこの生産報告データを林業会社等に送信している。



図－2　径級・材長ごとの価格表

図－3　最適採材機能のインターフェース

この生産報告データの形式も，StanForD 2010 で大きく変更されたものである。旧 StanForD における生産報告データの形式は一本一本の木についてのデータそのものではなく，「プロダクトごとの総材積」等，集計されたものであった。当時は通信環境の制約があったため，集計することで送信するデータ量を減らしていたのである。また，当初の生産報告データの活用目的は林業会社等が工場への運材計画を立てるために現場での生産量を把握することであった。そのため，一本一本の木のデータは必ずしも必要なく，プロダクトごとの総材積がわかれば十分であった。しかし，通信環境の整備が進んだことを受け，StanForD 2010 における生産報告データの形式は伐採した一本一本の木についてのデータに変更された。この変更により，後から目的に応じて自由にデータを集計したり分析したりすることができるようになり，データ活用の可能性が大きく広がった。例えば，個々の木のデータから伐採前の森林の状態を再現し，その林分の地位を正確に評価するという活用方法がある。また，生産報告データには個々の木からどのプロダクトが採材されたかという情報も含まれるので，直径が十分なのにエネルギー用やパルプ用として採材された木の割合から，その林分における腐れ等の発生リスクを推定することもできる。このように，林地のポテンシャルを把握し再造林の戦略を立てることに生産報告データが活用され始めている。さらに，各地で稼働する林業機械から送信される生産報告データをデータベース化することで，例えば，これから伐採しようとする林分と条件の似た林分の生産報告をデータベースから抽出し，これから伐採する林分の収穫量を予測するといった活用も可能である。このように，生産報告データは当初の目的であった物流の効率化だけでなく，自由な集計と分析によって多様な目的に活用されるようになってきている。

4.3 ハーベスタの測材精度確認（Harvesting quality control）

4.2 節で述べた生産報告データは，林業会社等から伐採請負事業体への支払額算出のための生産材積計算にも用いられる。また，いくつかの林業会社等では森林所有者への支払額算出にも生産報告データを利用し始めている。そのため，生産報告データの信頼性は極めて重要である。信頼性確保のため，ハーベスタの所有者は定期的にハーベスタヘッドの測材機能のキャリブレーションを行うこととされており，その記録も StanForD で定められた形式で林業機械から林業会社等や監査人（Auditor）に送信される。具体的には，ハーベスタのオペレータは毎回のシフト中に 1 回ずつ，ランダムに選ばれたサンプルとなる木についてハーベスタで造材を行った後，改めて電子輪尺を用いて直径と材長を測定することになって

いる。ハーベスタとオペレータ，それぞれによる測材結果が測材精度確認データとなる。このデータはハーベスタの測材機能のキャリブレーションに用いられる他，林業会社等や監査人に送信されてチェックを受ける。監査人は林業会社等から独立した機関に所属しており，中立の立場からハーベスタの測材機能が適切に機能しているか監査する。具体的には，監査人は送信されてくる測材精度確認データから測材機能の不具合が疑われるハーベスタを見つけ，所有者に修理を勧告する。また，真値であるべきオペレータによる測材結果が不正確ではキャリブレーションの意味がない。そこで，監査人はハーベスタが稼働する現場を抜き打ちで訪問し，直近のキャリブレーションでオペレータが測材したサンプル木を再度測材して，オペレータによる測材の正確さを確認する場合もある。生産報告データの信頼性を確保することは林業会社等と伐採請負事業体の間の契約でも非常に重視されており，キャリブレーションを適切に行わない伐採請負事業体は林業会社等との契約を失うこともあるとのことである。

このように，生産報告データを活用するために不可欠な信頼性を確保する仕組みが整えられている。各機械メーカーの努力によってハーベスタによる測材の精度は向上しているが，それでもなお，支払額の算出といった関係者の利害に関わる部分に生産報告データを用いるためには，中立の立場にある監査人によるチェック体制の存在が重要な役割を果たしていると推察される。

4.4 機械の稼働記録（Operation monitoring）

機械の稼働記録データとは，機械の走行，伐倒・造材，停止，といった各作業の開始時刻とその継続時間や，その間の燃料消費量等の情報である。なお，各作業の開始，継続時間や燃料消費量は自動で記録されるが，停止の理由についてはオペレータが手動で入力することになっている。このデータ項目についてもStanForD 2010で形式が変更されたが，その方針は4.2節に述べた生産報告データと同じである。すなわち，旧StanForDにおける稼働記録データは「1週間の伐倒・造材時間」等，集計された形式であったが，StanForD 2010ではすべての作業の開始時刻，継続時間を集計せずにそのまま送信する形となっている。この変更によって，データを受け取った者が目的に応じてデータを自由に集計し，労働者の労働時間管理や賃金計算，機械の状態の把握等，様々な目的で活用することができるようになった。さらに生産報告データと組み合わせれば生産性の把握，分析も可能である。各機械メーカーやソフトウェア会社は，この稼働記録データの集計，分析用の様々なアプリケーションを提供している。

5. データハブの存在

各林業機械が取得し，StanForDが定める形式で出力されたデータは，多くの場合まずSDC（Skogsbrukets Datacentral；林業データセンター）に集積され，そこから林業会社等へ送信される。SDCとは，スウェーデンの林産企業や林業会社等が出資する団体である。その前身は木材の売り手，買い手双方の代表者からなる委員会で，木材の公正な取引のため製材工場での材積測定方法等を取り決めていた。現在では材積測定方法の基準作りは別の組織に引き継がれ，SDCは原木生産，流通，木材製品製造，エネルギー利用等の各現場の間でやり取りされる様々な情報のデータハブとなっている。SDCでは集まってくるデータをそのまま送信するだけでなく，必要な集計や分析を行って顧客へ送るサービスも行っており，多様な目的でのデータ活用に貢献している。

6. オープンミーティング

StanForDを管理するSkogforskは，年に2回StanForDに関するオープンミーティングを開催している。このミーティングには，StanForDに準拠して林業機械向けソフトウェア等を作っている林業機械メーカーやソフトウェア会社，それを利用している林業会社等が自由に参加し，StanForDに関する改善提案をすることができる。例えば林業会社等はStanForDに追加してほしいデータ項目等を提案することができる。StanForDはカナダやオーストラリアなど欧州以外の国々でも用いられているため，その地域の事情を反映した改善提案も多いとのことである。しかし，それらの提案に基づいて実際にStanForDを変更するか否かについては，慎重な調整が行われる。なぜなら，実際に変更するとなれば林業機械メーカーやソフトウェア会社はStanForDに準拠した自社のソフトウェアに修正を加えなければならず，それにはコストがかかるしソフトウェアがいたずらに複雑になる可能性もあるためである。従って，様々な提案の中でも，多くのユーザーが必要性を感じ，林業機械メーカーやソフトウェア会社の同意を得られるものが吟味されてStanForDに反映されることとなる。このように，スタンダードとは一旦定めたら参加するすべての者にそれに従うことを求めるものであるため，変更にあたっては慎重な調整を経て関係者の同意を得なければならない。そのため，1つのスタンダードを維持するということは，個別の要望に応じた改善を難しくするという側面はある。しかし，SkogforskでStanForDの管理を担うJohn Arlinger氏は，亜種をつくらず1つのスタンダードを維持することが長い目で見れば最善であると強調していた。どのメーカーの林業機械でも，どの林業会社との間でも，同じようにコミュニケーションができるという状態をつくることが，スタンダードの存在意義と考えているとのことである。

7. おわりに

ここまで述べてきたように，スウェーデンでは林業会社等が多数の伐採事業地をコントロールして林産企業の

需要に応えるという構造が存在し，どの伐採事業地とも円滑にコミュニケーションをとりたいという需要から，情報の記述形式を統一するスタンダードとしてStanForDが整備された。そして現在では様々な情報がStanForDで標準化された形式でやり取りされ，多様な目的で活用され始めている。林業会社等や林産企業は資金を出し合い，StanForDの管理を担うSkogforskやデータハブの機能を持つSDCを維持し，また，生産報告データの信頼性確保の仕組みづくりも行うなど，情報を円滑かつ高度に活用する体制を整えてきた。それによって，個々の機械メーカーの努力による林業機械の高度化だけでは得られなかったであろう恩恵がもたらされている。

スウェーデンで見られるような情報の活用が日本でもできれば，需給のマッチング，生産性の向上，林地のポテンシャルの把握など，様々な恩恵が得られるだろう。日本での適用を考えた場合，ハード面については，通信環境の整備という課題は非常に大きいが，情報取得・通信機能を持つ林業機械を導入すること自体は難しくない。しかし，情報を最大限活用するためには，データの信頼性確保のための仕組みづくり等，産業界全体での体制づくりが肝心である。日本では伝統的に，小規模な素材生産業者が伐採事業地の確保から伐採作業，運材までをそれぞれの戦略で自律的に行う場合が多く，司令塔となる存在がいなかった。また，需要者である林産企業が林業部門も持つ場合が多いスウェーデンと比較して，川下の需要者と川上の素材生産者が分かれている。そのため，誰が産業界全体の体制づくりをリードしていくかが大きな課題になると考えられる。しかし最近は，原木消費量の多い工場やバイオマス発電所も増加し，需要者側と素材生産者側が緊密にコミュニケーションをとって需要量を確実に調達することが必要になってくる場面も多いと考えられる。そのような状況が，情報活用のための体制づくりのインセンティブになるのではないかと考えられる。

謝辞

本調査は，農研機構生研支援センター「革新的技術開発・緊急展開事業（うち先導プロジェクト）」の支援を受けて行った。

本調査において貴重な情報をいただいたスウェーデン森林研究所のJohn Arlinger博士，スウェーデン農科大学のTomas Nordfjell教授，Esbjorn Andersson名誉教授，Tomas Ersson博士，森林技術クラスターのMaria Hedblom CEO，Sveaskogの Jonas Gustafsson氏，Komatsu Forest ABの皆様，SCA Rundvik工場の皆様，Setra Heby工場の皆様，CGI Gavleオフィスの皆様に厚く御礼申し上げる。

引用文献

松村ゆかり（2017）スウェーデンの林業分野における情報共有システム．木材工業 72（5）：192 ～ 195.

仁多見俊夫（1993）北欧の生活と自然環境，林業，機械化作業—日本林業機械化に関連して—．機械化林業 480：38 ～ 46.

Skogforsk（2015）Introduction to StanForD 2010. オンライン，（http://www.skogforsk.se/contentassets/1a68cdce4af1462ead048b7a5ef1cc06/stanford-2010-introduction-150826.pdf）2017年3月1日参照.

Sveakog（2016）Sveakog in brief. 32pp, TMG Sthlm, Bromma.

吉田美佳（2017）林業サプライチェーンマネジメントにおける情報処理と情報透明化．山林 1592：32 ～ 40.