ＳＤ法を用いた砂防事業の定住人口維持効果計測の試み

八千代エンジニヤリング（株）　○佐藤　敏明、目　晋一、若林　栄一、
矢野　孝樹、上野　祐生

1. はじめに

水源地域を対象として実施されている水系砂防事業の効果として、中山間地域の定住人口を維持する効果が考えられている。砂防事業は、地域の社会経済の中で様々な効果を及ぼしており、かつ時間の経過と共に影響が累積して発生すると考えられる。また、定住人口の維持は地域の社会経済の複数の要因が複雑に関連するものである。このため、事業の評価では事業効果を地域社会や経済の１つのシステムとしてとらえ、時系列的に評価する必要がある。また、公共事業効果の評価は、本来的な目的からいえば事業を実施する前にどのような効果があるかを知るために行うものであり、砂防事業では事業の実施期間が長期間であるため事業投資や内容の選択でその後の地域社会経済への影響を評価し、地域の環境と調和しながら事業を行うことが必要と考えられる。このように、地域の社会経済の中で砂防事業による主要な効果を相互に位置づけながら、事業の効果をみようとする場合には、砂防事業の実施されている地域の中で事業をシステムとしてとらえ、その時系列変化を追跡することが必要となる。ここでは、このような分析の手法として、地域をシステムとしてモデル化し、シミュレーションを行う手法であるシステムダイナミックス法（以下 SD 法と呼ぶ）を用い、砂防事業の効果を評価することを試みたので、その概要を報告する。

2. ＳＤ法（システムダイナミックス）の概要

SD 法は、マサチューセッツ工科大学教授の J.W.フォレスターにより考案された方法で、我々をとりまく社会，経済，自然などにおける複雑で非線形的な問題を取り扱うため、調査対象をシステムダイナミックスの考え方に従ってモデル化し、様々な状況を想定して、シミュレーションを行って問題の解決策を見出そうとする方法である*1)。SD 法による分析の基本的な流れは、図-1 に示すとおりである。以下に、各作業の概要を示す。

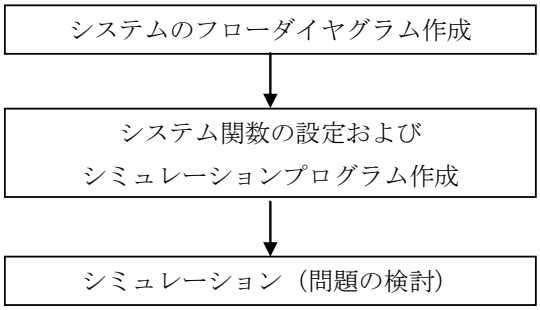

図-1　SD 法による基本的な検討の流れ

1）システムのフローダイヤグラム作成

ＳＤ法では、先ず調査対象を詳細に観察し、調査対象のシステムを構成する諸要素の相互関係を図示するフローダイヤグラムを作成する。図-2 に、フローダイヤグラムの一例を示す。図を見てわかるように、フローダイヤグラムはいくつかの記号を用いてシステムの各要素の因果関係を示しているが、基本的には図-2 に示すレベル，レイト，情報，フロー，の４つの要素がフィードバックループ上に１つのセットとして組み込まれて機能することが特徴となっている。全体のシステムはこのような基本システム（サブシステム）がいくつか集合し、それぞれが多重構造をつくっている。また、レベル，レイト，情報等にはそれらを表す変数が割り当てられる。

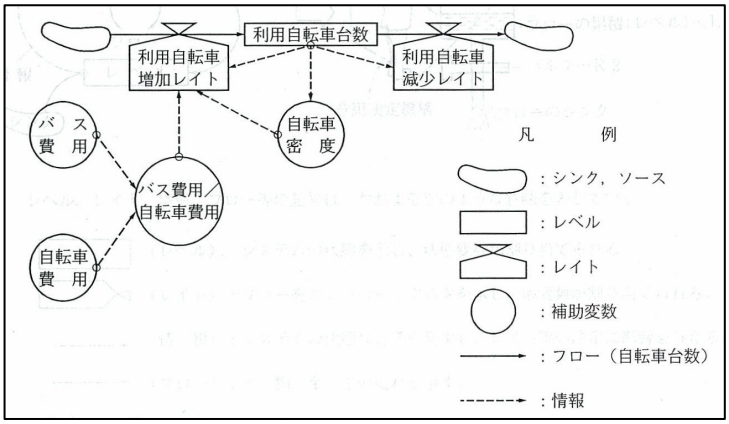

図-2　フローダイヤグラムの例
（地方自治体における自転車放置問題分析の例）

2）システム関数の設定およびシミュレーションプログラム作成

システムについて作成されたフローダイヤグラムには、多くの変数が割り当てられている。これらの変数を表す関数を現在までに観察された諸データを用いて特定化する。さらに、これらを時系列的に計算できるシミュレーションプログラムを作成する。

3）シミュレーション

作成したシミュレーションプログラムを用い、システム上の諸変数を変化させて計算を行い、対象とする問題の検討を行う。

3. システム構築（フローダイヤグラムの作成）

ＳＤ法により定住人口維持効果を評価する第１ステップとして、A 流域を例として地域社会経済と砂防事業の関係を、既往の調査資料等から分析し、砂防事業効果を評価するシステムのフローダイヤグラム（システムの構造を示す図）を検討した。

1）地域システムの基本構成

典型的な中山間地における基本的な地域システムは、図-3 のようになっていると考えられる。地域を構成する基本要素は、産業、社会基盤、生活環境、住民、公共事業、地域資源であり、これらが相互に関連したシステムが形成されている。産業は、地域の様々な資源と住民

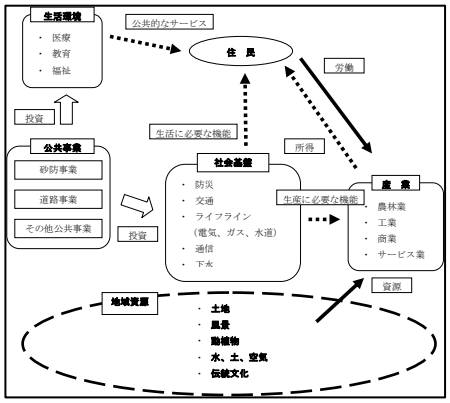

図-3　中山間地の地域システム

からの労働をもとに生産を行なう。住民は、産業に対して労働を提供し所得を得る。社会基盤は、公共投資により、生活に必要な安全性、利便性、快適性の各種機能を提供する。また、生活環境は公共事業により住民に公共的な各種サービスを提供する。

2）フローダイヤグラムの作成

1）の基本構成を念頭に置き、砂防事業効果を評価するシステムのフローダイヤグラムを作成した。図-4 に、システムのフローダイヤグラムを示す。また、各セクションにおけるシステムの概要を表-1 に示す。

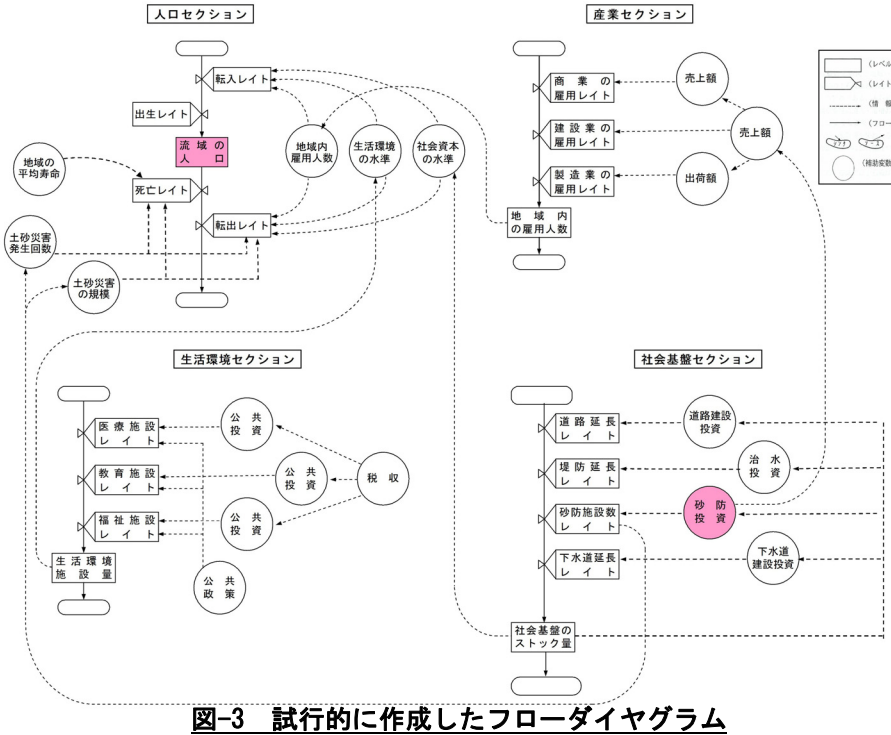

図-3　試行的に作成したフローダイヤグラム

表-1　構築したシステムの概要

セクション	システムの概要
人口セクション	① 流域の人口は、地域住民の転出及び地域外からの転入，地域内での出生と死亡により決定される。 ② 地域からの転出は、地域内での雇用，医療・教育・福祉の生活環境整備の水準、社会資本の整備水準などの要因により影響を受ける。また、土砂災害の発生回数、災害規模にも影響を受ける。 ③ 地域外からの転入は、地域内での雇用、医療・教育・福祉の生活環境整備の水準、社会資本の整備水準などの要因により影響を受ける。 ④ 地域内の出生は、各年毎の男女別年齢構成に応じて定まる。 ⑤ 地域内の死亡は、平均寿命と各年毎の男女別年齢構成により定まる。また、土砂災害の発生回数、災害規模にも影響を受ける。
産業セクション	① 地域内の雇用人数は、地域内の事業所の雇用により決定される。事業所の区分は、観光，建設，その他とする。 ② 事業所は、売上げの経緯，経済動向などにより売上高を予測して雇用人数を調整する。調整方法は次のとおりと考える。 売上の増加 → 雇用の増加　　売上の減少 → 雇用の減少 ③ 建設業への砂防投資は、フロー効果により他産業の売り上げに影響する。
生活環境セクション	① 地域内の生活環境水準は、医療、教育、福祉の施設整備水準により定まる。 ② 医療、教育、福祉の整備水準は、地域内の税収と国、県の公共政策により影響を受ける。
社会基盤セクション	① 地域内の社会基盤水準は、道路、治水、砂防、下水道の 4 つのストック量として定める。 ② 道路、治水、砂防、下水道の整備水準は、建設投資により影響を受ける。建設投資は、地域の社会基盤整備の水準にも影響を受ける。

3）定住人口維持効果の計測

構築したフローダイヤグラムに基づいて、システムを構成する要素の状態を表す関数形，定数について試行的設定を行い、これを時系列的に計算して定住人口の維持効果について検討を行なった。評価期間は 30 年間とし、表-2 に示す条件で計算を行なった。表-3 に 30 年後の人口を整理したものを示す。計算結果から、試行を行ったＡ流域の砂防事業による定住人口維持効果について、以下の結果が得られた。

表-2　計算ケース

計算ケース	内容
ケース 1	砂防事業なし、評価期間中に大規模災害 1 回
ケース 2	砂防事業なし、評価期間中に大規模災害なし
ケース 3	砂防事業あり、過去 10 年の実績投資ベースで均等に投資（年 8.5 億円）
ケース 4（感度分析）	砂防事業あり、過去 10 年の実績投資ベースの 2 倍で均等に投資
ケース 5（感度分析）	砂防事業あり、過去 10 年の実績投資ベースで右肩上がりで投資
ケース 6（感度分析）	砂防事業あり、過去 10 年の実績投資ベースで均等に投資に加え、他の社会資本整備を現状より 10%上昇させる。

①今後砂防事業を行なわず、なおかつ既往災害と同程度の災害が発生する場合、30 年後の人口は現在の人口の約半分まで減少する。砂防事業による災害発生の防止は中山間地の保全に大きく寄与することが伺われる。

②期間中に災害発生が無い場合で、砂防事業の無い場合とある場合の人口減少防止効果は 2%程度に過ぎない。砂防投資による雇用の確保は、地域の保全に対する寄与は小さい。

③投資規模を実績の 2 倍とした場合や投資の配分を変えても人口の減少にはほとんど差が無い。

④実績の砂防投資に加え、地域の他の社会資本の整備水準を 10%上昇させると人口減少防止効果は 3%程度上昇する。他の社会資本整備を含めた投資が必要なことが伺われる。

表-3　計算結果

計算ケース	内容	30 年後の人口（人）
ケース 1	砂防事業なし、評価期間中に大規模災害 1 回	1592（57.7%）
ケース 2	砂防事業なし、評価期間中に大規模災害なし	1981（71.7%）
ケース 3	砂防事業あり、過去 10 年の実績投資ベースで均等に投資（年 8.5 億円）	2033（73.6%）
ケース 4（感度分析）	砂防事業あり、過去 10 年の実績投資ベースの 2 倍で均等に投資	2035（73.7%）
ケース 5（感度分析）	砂防事業あり、過去 10 年の実績投資ベースで右肩上がりで投資	2033（73.6%）
ケース 6（感度分析）	砂防事業あり、過去 10 年の実績投資ベースで均等に投資に加え、他の社会資本整備を現状より 10%上昇させる。	2116（76.6%）
2010 年　人口		2761（100%）

4.終わりに

本検討では、SD法により砂防事業による定住人口の維持効果について定量的な評価を試みた。SD法では、システム関数の設定が重要なポイントとなるが、対象地域は市町村合併により地域の社会経済に関する統計指標が途切れており、十分な精度の関数は設定できなかったが、システムの分析や構築を通じて人口減少に及ぼす砂防事業効果の特徴についての知見が得られたものと考える。今後モデルの精度を高める課題として以下の点があげられる。

①対象流域内の社会資本整備率と既投資額の関係について調査を行い、システム関数に取り入れる。

②砂防事業によるストック量と転入、転出率への関係を分析し、システム関数の精度を高める。

③転出、転入に関する住民意識の把握を行い、システム関数に取り入れることで精度を高めることも考えられる。

＊1）BASICによるシステムダイナミックス；小玉陽一，共立出版