

便益帰着構成表に基づくグリーンインフラの持続化のための投資方策に関する基礎的考察

安藤 翼¹・則竹 登志恵²・川口 暢子³・秀島 栄三⁴

¹学生会員 名古屋工業大学大学院 工学研究科 博士前期課程 (〒466-8555 名古屋市昭和区御器所町)

E-mail:t.ando.160@stn.nitech.ac.jp

²学生会員 名古屋工業大学大学院 工学研究科 博士後期課程 (〒466-8555 名古屋市昭和区御器所町)

E-mail:noritake_toshie@tamano.co.jp

³正会員 名古屋工業大学大学院 工学研究科 研究員 (〒466-8555 名古屋市昭和区御器所町)

E-mail:kawaguchi.nobuko@nitech.ac.jp

⁴正会員 名古屋工業大学大学院 工学研究科 教授 (〒466-8555 名古屋市昭和区御器所町)

E-mail:hideshow.eizo@nitech.ac.jp

グリーンインフラは、自然環境が有する様々な機能を活用するために、便益を享受する主体も多様であり、支出負担者が明確にならない。現状ではグリーンインフラが存続不能となることが懸念される。本研究では、木曽川水系流域およびその利水域、氾濫原を含む流域圏の森林と農地を対象として諸便益を推定し、これに見合って支出可能な費用を、実際にかかる費用と、人材育成などにかけられる費用とに分け、後者にどれだけ投資することが可能であるかを算定した。結果として、人材育成等に必要とされる費用を十分にカバーできる便益が確保できること、上流で生み出される便益はその多くが下流や氾濫原等に帰着するため、整備にあたっては流域圏全体で費用を分担すべきであることがわかった。

Key Words : *Green Infrastructure, Benefit Attribution Table, Investment Policy, River Basin Area*

1. はじめに

グリーンインフラは、自然環境が有する多様な機能を活用し、持続可能で魅力ある国土づくりや地域づくりを進めるものである¹⁾。グリーンインフラという概念が登場したことで環境や防災、レクリエーションなど自然環境の様々な機能を活用する動きが出ている。しかし従業者の減少、農作物の需要変化、中山間部の過疎化の進行など森林や農地の多面的機能の存続の可能性に関連した多くの課題がある。人手が足りず、投資効果があるにもかかわらず事業を行えなくなること、供給過多のため価格が低下し従業者離れが加速すること等が考えられる。すなわち森林や緑地などがただ存在するだけではグリーンインフラとしての機能は発揮できない。植林や主伐といったハード施策だけでなく、人材育成や就業支援などソフト施策を併せて行わなければその効果が発揮されない。森林整備や農地整備において現状ではこうしたソフト施策費用は十分に考慮されていない。ところで、グリーンインフラ整備を公共事業として進めるならば、便益に見合った費用の支出が合理的とされる。グリーンイン

フラの現状としての便益と費用を推定し、もしも便益が上回るならばさらにソフト施策に費用をかけてよいはずである。ただし、個々の主体あるいは地区ごとに支出が便益に見合わなければそれぞれ費用を分担しようとはしない。そこで、一つの流域圏において、本稿では森林と農地を対象を絞り、その費用と便益の構造を明らかにし、便益帰着構成表に基づいてグリーンインフラを持続可能とする投資のあり方に関して考察する。

2. 分析方法

グリーンインフラの「自然環境の多機能性」の主要な機能である貯水や洪水軽減の機能は利水や治水と密接に関係していると考えられる。これらグリーンインフラの諸機能は日本建設業連合会等により示されている²⁾。グリーンインフラの投資に対する便益がどこに帰着するかという点まで考えなければ、地区によって住民が便益以上の費用を負担することになりかねない。どの地区にど

れだけの便益が帰着しているかに基づき、費用負担を考えられる分析手法として、便益帰着構成表を用いる。便益帰着構成表では、各地区がどれだけの便益を享受しているかを示すものである。便益に応じた支出を考える場合は、地区間の配分が議論になりうる。対象地域は上流の水資源を多く利用している木曾川水系と利水域、氾濫原を含めた木曾川流域圏とする。木曾川流域圏を利水域、河川の上流、下流域に基づき、図-1のように10地区に区分し、便益の帰着や投資効果に関する分析、考察を行う。図-1の地図中の木曾川流域は色の太い実線、流域外の氾濫域を黒色の太い破線で示す。なお、以降の表中では飛騨川上流など具体的な名称ではなく、表-1に示す地区Aのような記号で示す。

まず森林の各機能の便益を算出する。算出には林野庁

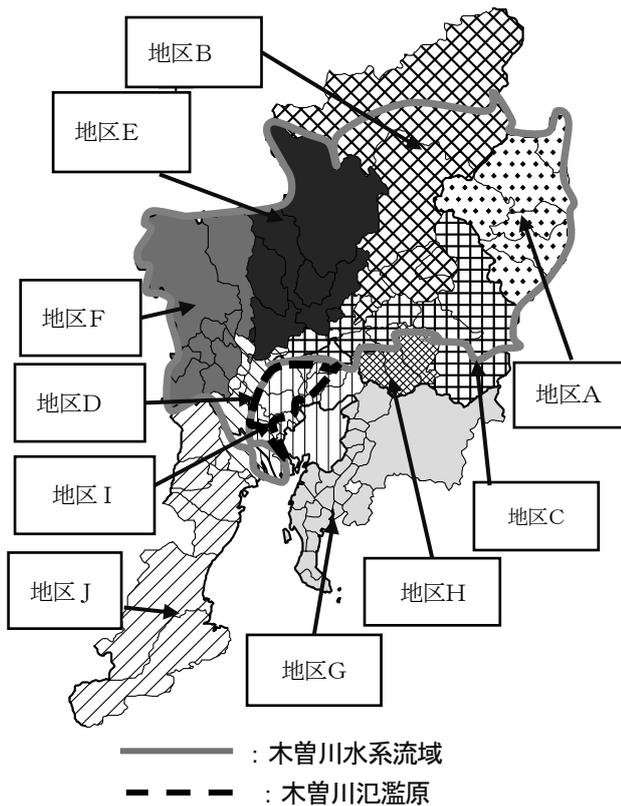


図-1 利水域、上流下流域に基づく流域圏区分図

表-1 地区名と地区の対応

番号	地区名
地区A	木曾谷(長野県)
地区B	飛騨川上流
地区C	木曾川上流(長野県以外)
地区D	木曾三川下流
地区E	長良川上流
地区F	揖斐川上流
地区G	愛知用水等受水域
地区H	東濃用水等受水域
地区I	木曾川氾濫原等
地区J	三重用水等受水域

の林野公共事業における事業評価マニュアル、農村生活環境整備費用対効果分析マニュアル、環境省の企業の生物多様性保全活動に関わる生態系サービスの価値評価・算定のための作業説明書を用いて行う³⁾⁴⁾⁵⁾。森林の便益について、人工林がほとんどない地区Dを除く木曾川水系流域内の森林が、木曾川流域圏10地区と流域外にどのような影響を与えるのか分析を行う。また、農地(水田)の便益について、木曾川水系流域内の6地区の農地が、木曾川流域圏10地区と流域外にどのような影響を与えるか分析する。便益の算出については、農地は作物生産機能、流域貯水機能等、森林は木材生産機能、洪水防止機能等があり、これらの機能による便益を算出する。森林については、人工林を対象に、要整備林の森林と、整備、管理した森林の機能の差を便益として算出する。農地は作物によって差が生じるため、地区の田が全てコメを作っていると仮定し、整備、管理された水田の機能による便益とする。便益の算出方法は、紙面の都合上一部の便益に限って示す。森林の洪水防止に関する便益 B_1 は、森林に雨水が浸透することで、河川の水位上昇を防ぐ機能による便益であり、洪水による最大流出量の減少分を、治水ダムで代替した時の値を便益として式(1)により算出する。水田の水質浄化便益は水田の水中微生物による窒素分解機能による便益であり、浄化定数、浄化率等は環境省のデータ⁵⁾を用い、大気浄化施設の代替法により式(2)を用いて算出する。いずれも、社会的割引率 $r=0.04$ を用いて現在価値に換算する。

$$B_1 = \left(\sum_{t=0}^{T-1} \frac{t}{T \times (1+r)^t} + \sum_{t=T}^{50} \frac{1}{(1+r)^t} \right) \times \frac{(f_1 - f_2) \times a \times A \times U}{360} \quad (1)$$

U : 治水ダムの年間減価償却費(円/m³/sec)

f_1 : 事業実施前の流出係数

f_2 : 事業実施後、 T 年経過後の流出係数

T : 事業実施後、流出係数が安定するのに必要な年数

α : 当該地区100年確率時雨量(mm/h)

A : 森林面積(ha)

$$B_2 = \sum_{t=1}^{50} \frac{1}{(1+r)^t} \times \frac{h}{t} \times A \times U \times 365 \times 10,000 \quad (2)$$

A : 農地(水田)面積(ha)

h : 浄化定数(m/day)

t : 浄化率

U : 単位処理能力当たりの経費(円/m³)

費用については、農地や森林を整備、管理する主体の負担⁶⁾と、林道や農地の水利施設を整備する自治体、国負

担の項目に分ける。整備補助金は、木材や作物の生産の売上から従業者負担の森林、農地整備費用を引いた際の赤字額を補助するためのもので、従業者に支払われることを考える。またソフト施策費用は、グリーンインフラを整備するために必要な環境を整えるための資金である。自治体以外の組織もこれらの費用を負担すること考えられるが、本分析では税金を徴収した自治体が費用を出すことを考える。ただしソフト施策のスピルオーバー効果による他業種や住民への便益波及は考慮しない。

便益帰着構成について、洪水軽減に関する機能は、国交省の過去の河川、ダム事業評価資料に基づく。水質浄化に関する機能は河川からの自流水取水量や木曾川の水利権量に基づき帰着構成を決定する。

炭素固定機能、生物多様性機能は全国に帰着することとし、レクリエーション機能は観光統計調査を基に便益帰着構成を決定する。土砂流出機能、大気浄化機能は、森林のある地区に便益が帰着することとする。

便益帰着構成表は、行に便益の項目、列に主体という構成になっている。例えば便益 i の主体 j 受益分(費用負担を含む)は表中 i 行 j 列に入力する。便益の項目は、森林であれば洪水防止機能や炭素固定機能による便益、農地であれば作物生産機能による便益等がある。また主体は、森林や農地の従業者(森林管理者、農地従事者)、市場、国、自治体、地域住民(木曾川流域圏内 10 地区と流域外の 11 種類に分類)に分ける。

3. 便益帰着構成表の作成結果及び考察

地区別機能別の便益額を、林野公共事業マニュアル等に基づき、便益帰着構成表の行の項目に埋める。各機能の便益帰着構成に基づき、各主体の列を埋める。次に、各地区に帰着する便益に比例して、各地区の住民から税金を徴収することとする。税金の使途は 3 種類で、国や

自治体の負担する整備費用、森林や農地の管理者の赤字補てんとしての整備補助金、グリーンインフラを持続可能な整備するためのソフト施策費用の 3 種類である。森林整備のうち国、自治体の負担分及び、整備補助金は金額を算出できるが、ソフト施策費用は具体的にいくらかかるという形では表せない。そのためにかけることのできる費用の範囲として、表-2 に例を示す。表-2 におけるソフト施策費用の範囲は 60,000 となる。以上から表-3 のような便益帰着構成表を作成することができる。表-2 に例を示す。表-2 におけるソフト施策費用の範囲は 60,000 となる。森林についての便益の地区別の算出結果を、表-3 に示す。便益から費用を引いた B-C は、便益の合計からハード施策費用の合計を引いた値である。水田についても表-3 と同じように費用、便益を算出するが、紙幅の都合上、割愛する。

表-3 森林の各機能の便益 (単位:十万円)

森林の便益	地区A	地区B	地区C	地区E	地区F
木材の売買 (売却益)	8,252	34,810	16,041	33,619	17,491
洪水防止機能	31,632	150,195	102,478	192,960	99,588
流域貯水機能	13,295	61,584	20,749	58,828	36,987
水質浄化機能	27,186	125,925	42,428	120,289	75,630
土砂流出防止機能	43,451	158,984	73,586	138,559	71,511
炭素固定機能	2,018	7,240	3,342	6,060	3,117
生物多様性保持機能	7,259	26,561	12,294	23,148	11,947
レクリエーション機能	52	190	88	165	85
費用 (従業者負担)	53,410	204,213	93,267	178,483	92,110
費用 (自治体, 国負担)	6,298	23,045	10,666	20,084	10,366
税金 (森林整備用途)					
整備補助金	45,157	169,403	77,227	144,864	74,619
ソフト施策費用					
B-C	73,437	338,231	167,071	375,061	213,881

図-2 に森林整備補助金負担額を示す。木曾川水系流域内の負担割合は 7 割、流域外の負担割合は 3 割であり、流域外の木曾川利水域、氾濫原の負担割合は約 1/4 であ

表-2 便益帰着構成表の例

	森林管理者	市場	自治体	地区1住民	地区2住民	地区3住民	合計
木材売買	30,000	-30,000					0
貯水便益							120,000
森林整備費用	-70,000		-10,000				-80,000
整備補助金	40,000		-40,000				0
ソフト施策費用			0~ -60,000				0~ -60,000
税金			60000~ 120,000	-5000~ -10,000	-30000~ -60,000	-25000~ -50,000	0
木材の消費		30,000					30,000
合計	0	0	0	0~ 5,000	0~ 30,000	0~ 25,000	0

る。このことから、便益の帰着に基づき負担額を決定すると、木曾川水系流域内の森林の整備には水系流域外も含めた流域圏の規模で負担することとなる。便益帰着に基づく、流域圏全体で整備していくことになることがわかる。地区Aの森林も地区Bと同様である。次に地区別負担額を各地区の2015年国勢調査人口により割り、50年間の合計負担額を、1年あたりの負担額に直すことで、森林の1人当たり年間整備補助金を算出する。その結果、図-3に示すように、流域内である地区A~Fの6地区の1人当たり負担額が大きく、流域外の1人当たり負担額が小さくなっている。

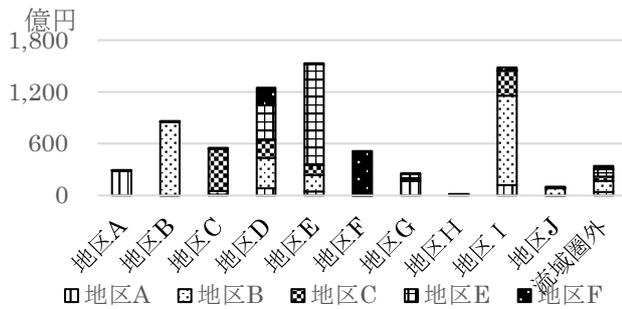


図-2 森林整備補助金の地区別負担額(単位:億円)

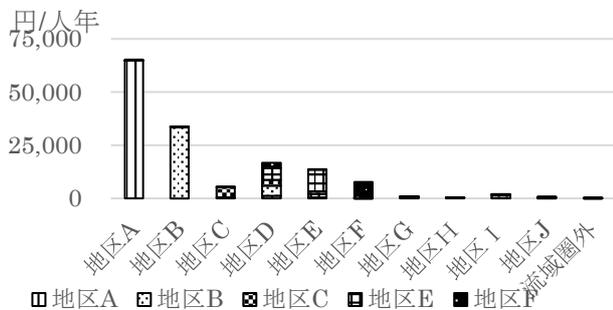


図-3 森林整備補助金の1人当たり年間地区別負担額

2045年の自治体、国の将来推計人口と2065年の国の将来推計人口に基づき、1人当たり年間整備補助金負担額を計算すると、図-4のように、2015年国勢調査人口に基づき計算した結果と比較し、大きくなる。増加割合は地区により異なり、地区Aでは1.36倍、地区Iは1.05倍となる。このことから、現在の国勢調査人口に基づいて負担額を決定した場合、世代間や地区間で不公平が生じることとなる。

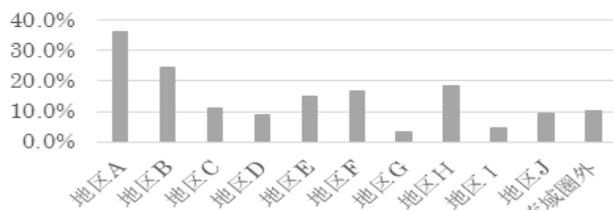


図-4 将来推計人口を考慮した場合の負担額増分

ここまでは土砂流出防止便益の帰着について、ダム等の土砂除去量の作業量が減少すると考え、森林のある地区に帰着するとして計算していた。しかし土砂の除去を行わない場合、下流の洪水被害の拡大につながると考えられる。土砂流出防止便益が森林のある地区に帰着構成の場合をパターン1、洪水防止便益と同じ帰着構成の場合をパターン2とする。森林のハード施策費用とソフト施策費用のとりうる範囲は図-5、図-6のようになり、パターン2では地区A、B、Cの負担額が大きく減少し、地区Dに負担額が増加した。水田については、ハード、ソフト施策費用は図-7のようになっており、1人当たり年間負担額は、地区D、E、Fで多くなっており、森林のパターン2と似た傾向が見られる。森林、水田ともに、ソフト施策費用のとりうる範囲は、ハード施策費用と同程度が高い。

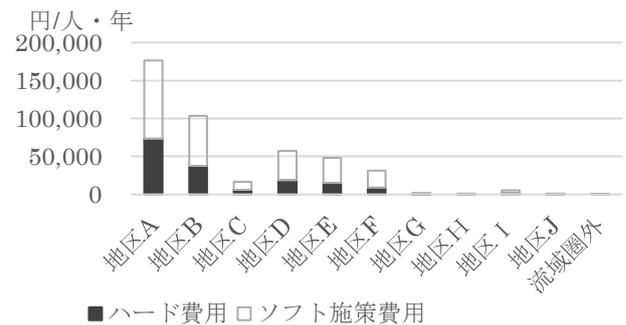


図-5 森林のハード、ソフト施策費用(パターン1)

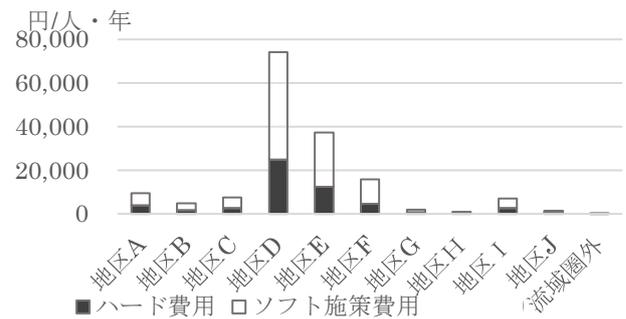


図-6 森林のハード、ソフト施策費用(パターン2)

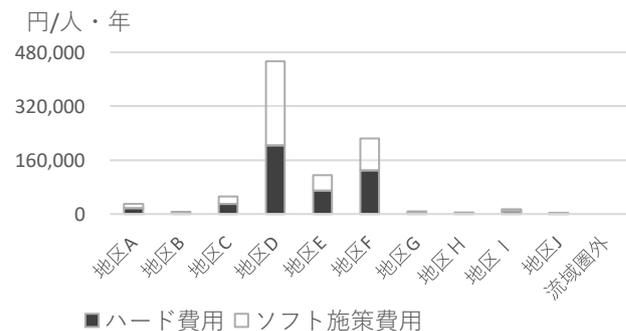


図-7 農地(水田)のハード、ソフト施策費用

ソフト施策費用のとりうる範囲について、地図上に表示すると、図-8、図-9、図-10のようになる。森林パターン1は上流部が高い負担となり、森林パターン2、農地(水田)は比較的下流部が高い負担となる。

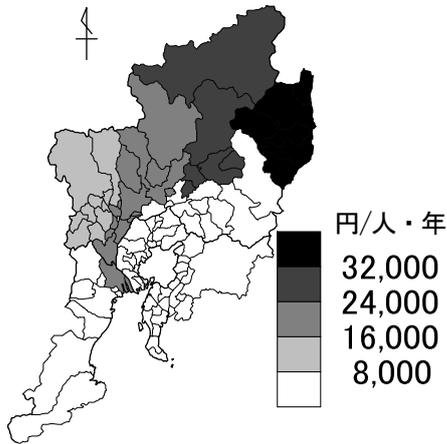


図-8 森林ソフト施策費用(パターン1)

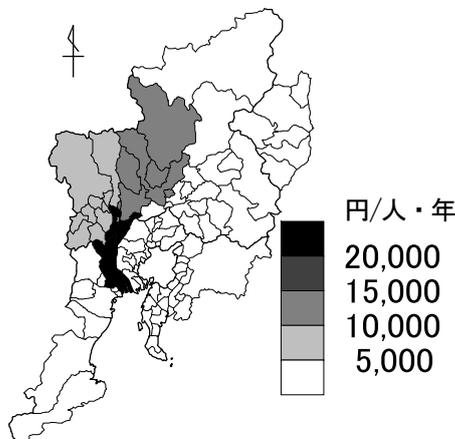


図-9 森林ソフト施策費用(パターン2)

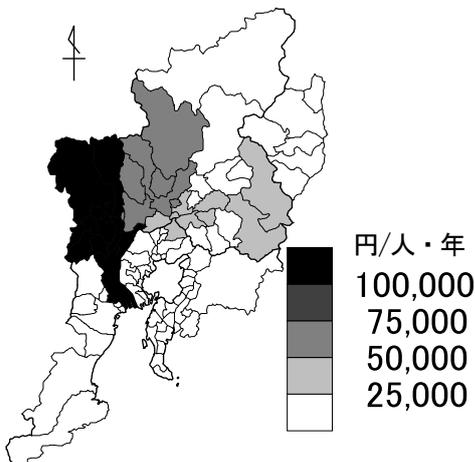


図-10 農地(水田)ソフト施策費用

木曾川水系流域全体の森林、農地(水田)1haあたりにかけられるソフト施策費用のとりうる範囲は、現在価値換算の合計値で、森林は地区ごとに異なり276~489万円、農地(水田)は8600万円であった。ソフト施策にこの範囲で支出してよいと言える。令和2年度の国の農林水産予算は約2.3兆円、岐阜県の農林水産関連予算は約500億円であるが、この額を国、県の水田面積から木曾川水系の水田面積に按分した値がすべて木曾川水系の水田整備のためのソフト施策予算に使われたとしても、分析で求めた額の範囲内である⁷⁸⁾。よってソフト施策には現在以上に費用をかけることができる。

4. おわりに

木曾川水系流域およびその利水域、氾濫原を含む流域圏を分析対象として、ソフト施策にかけられる費用の範囲を示すとともに、便益帰着構成表により、地区ごとの便益帰着や負担額を示し、グリーンインフラの投資効果の可視化を試みた。研究の結果、上流の便益の多くが下流や氾濫原等に帰着するため、整備にあたっては流域圏全体で費用の負担、環境整備を進めること、現在の農林水産予算すべてをソフト施策に充てたとしても、便益が費用を上回り、投資効果があると判断できることがわかった。しかし森林や農地をグリーンインフラとして持続的に整備するために必要な具体的な施策を明示していない。これについては今後の課題とする。

参考文献

- 1) 国土交通省：グリーンインフラ推進戦略，2019.7.
- 2) 一般財団法人日本建設業連合会：グリーンインフラに関する調査報告書，p.17,2020.3.
- 3) 小川和雄,三輪誠,嶋田知英,小川進:日本における緑地の大気浄化機能とその経済的評価,埼玉県環境科学センター報,No.1,pp.1-12,2000.
- 4) 林野庁:林野公共事業における事業評価マニュアル,p.1-4,2020.
- 5) 環境省生物多様性主流化室:企業の生物多様性保全活動に関わる生態系サービスの価値評価・算定のための作業説明書(試行版),pp.14-47,2019.
- 6) 太田徹志,高比良聡ら:伐採収益と植栽経費の観点からみた低密度植栽の有効性,日本森林学会誌,Vol.95,No.2,pp.126-133,2013.
- 7) 岐阜県:令和2年度当初予算 <https://www.pref.gifu.lg.jp/page/25358.html> (最終閲覧2021.2.20)
- 8) 農林水産省:令和2年度林野庁予算の概要 <https://www.maff.go.jp/j/budget/r2kettei.html> (最終閲覧2021.2.20)

A BASIC STUDY ON INVESTMENT POLICY FOR SUSTAINING GREEN
INFRASTRUCTURE USING BENEFIT ATTRIBUTION TABLE

Tsubasa ANDO, Toshie NORITAKE, Nobuko KAWAGUCHI and Eizo HIDESHIMA