

電力中央研究所報告

土地利用の変化が農林業の多面的機能に与える影響

研究報告：Y11020

平成24年5月

電力中央研究所

IR

CRIEPI

Central Research Institute of
Electric Power Industry

土地利用の変化が農林業の多面的機能に与える影響

林 直樹*

キーワード：多面的機能

人工林

天然林

草地

農地

Key Words : Multi-functional roles

Artificial forest

Natural forest

Grassland

Farmland

Relation between the Change of Land Use and Multi-Functional Roles of Agriculture and Forestry

Naoki Hayashi

Abstract

We focused on the multi-functional roles of Japanese farmland and artificial forest. For example, the erosion control by a forest protects hydropower dams from deposition. However, we cannot compare the roles of present land use and that of another because existing evaluation lacks unity on standard land use.

We unify the standard for evaluation and calculate the valuations of multi-functional roles by improving existing methods. As to an artificial forest, roles of carbon storage, erosion control, landslide prevention, flood mitigation, and water storage are evaluated. As to farmland, roles of flood alleviation and flow stabilization are evaluated.

The main results are as follows. (1) When we adopt devastated land as the standard, the valuation of an artificial forest in the multi-functional roles amount to 22,858 billion yen per year. (2) Compared with a natural forest, the valuation of an artificial forest (difference) is 58 billion yen. (3) Similarly, the valuation of farmland amount to 2,573 billion yen (standard: devastated land); compared with a forest, the difference is 817 billion yen. (4) If an artificial forest changes in grassland by deforestation, the valuations of erosion control, landslide prevention, and flood mitigation will decrease. However, we can maintain the valuation of erosion control by protecting the forest floor in deforestation. (5) When an artificial forest changes in grassland, the valuation of water storage will not decrease.

(Socio-economic Research Center, Rep.No.Y11020)

(平成 24 年 3 月 6 日 承認)

* 社会経済研究所 エネルギー技術政策領域 客員研究員

背景

農林業が有する侵食防止や水資源かん養などの多面的機能は、住民の生活を守るだけでなく、水力発電用ダムの経済価値の評価も左右する。しかし、既存の評価手法は、基準となる土地の状態が統一されていないため、異なる土地利用同士で比較することができない。その結果、将来の土地利用の変化の影響を知ることもできない。

目的

政府などでも広く引用されている三菱総合研究所の経済評価^[1]を改良して、人工林や農地、それらが天然林や草原などに変化したときの機能の評価額を求める。

主な成果

表1・表2に試算の結果をまとめた。これらは三菱総研の試算と既往文献の成果を組み合わせて求めたものである。例えば、草地の表面侵食防止機能の評価では、既往文献から、減少する侵食土砂量を求め、三菱総研の評価を使用して、貨幣価値を推計した。本稿の場合、機能ごとに、基準となる土地の状態を統一したため、別の土地の評価額との差額を求めることができる。

1. 多面的機能の相対的な評価額：人工林は584億円、農地は8170億円

非現実的な荒廃状態を基準とした人工林の評価額は、23兆円（表1：②列）となったが、天然林に変化したときの評価額（③列）との差額は、584億円であった（④列）。なお、木材の物質生産機能（3838億円）は、多面的機能に含めないことが多いが、これを加えると、差額は4422億円になる。荒廃状態を基準とした農地の評価額は、2兆6千億円となったが、森林との差額は8170億円であった（表2：④列、物質生産機能は含めない）。ただし、これらは、上流から取水している農業用水の価値（4兆円相当）を「負の効果」として計上すると、大幅に低下する可能性がある。つまり、裸地といった非現実的な荒廃状態を基準とした既往の評価は、明らかに過大である。

2. 土地利用変化の影響：人工林を天然林に転換する場合、機能の一時的な低下に留意

人工林を天然林に転換する過程で、草地（伐採跡地）に変化したとき、対策がなければ、表面侵食防止機能、表面崩壊防止機能、洪水緩和機能は低下する（表1：⑥列、正の値に注目）。しかし、例えば、伐採時に林床をかく乱しないように注意すれば、少なくとも、表面侵食は防止できる^[2]。一方、水資源貯留機能は向上するため、水量について、水力発電が悪影響を受ける可能性は低い。なお、農地の場合、水田が草地になると、河川流況安定機能が低下する可能性がある（表2：⑥列）。

表1. 「人工林」および「人工林が天然林や草地に変化したとき」の多面的機能の評価額
(単位：兆円/年)

		三菱総研[1]	本稿における多面的機能の試算				
		①	②	③	④	⑤	⑥
機能名	基準	森林全体 人工林+天然林	人工林	天然林*1	差額 ②-③	草地*1	差額 ②-⑤
二酸化炭素吸収	ゼロ*2	1.24	0.16*3	0.10*3	+0.0584	N/A	N/A
表面侵食防止	無林地	28.26	12.36	12.36	0	12.29	+0.06
表面崩壊防止*4	無林地	8.44	3.69	3.69	0	低	+
洪水緩和	裸地	6.47	2.83	2.83	0	2.36	+0.47
水資源貯留	裸地	8.74	3.82	3.82	0	5.92	-2.10
合計		53.15	22.86	22.80	+0.0584	20.57 (+x)	-1.57 (+x)

*1 現時点で人工林になっている場所が対象。人工林が天然林や草地に置き換わった場合の評価額。 *2 植物が一切存在しない土地。 *3 火力発電所のCO₂回収コスト(12,704円/t-CO₂)によるCO₂の評価額は非現実的と考え、排出権(3,000円/t-CO₂)による評価を採用した。 *4 いわゆる「がけ崩れ」のような大規模な崩壊を防止する機能。

表2. 「農地」および「農地が森林や草地に変化したとき」の評価額
(河川流況安定機能の評価は水田が対象)

(単位：兆円/年)

		三菱総研[1]	本稿における多面的機能の試算				
		①	②	③	④	⑤	⑥
機能名	基準	農地	農地	森林*1	差額 ②-③	草地*1	差額 ②-⑤
洪水防止	ゼロ*2	3.50	1.11*3	1.07	+0.0373	N/A	N/A
河川流況安定	ゼロ*4	1.46*5	1.46*5	0.68	+0.7797	0.98	+0.49
合計		4.96	2.57	1.76	+0.8170	0.98	+0.49

*1 現時点で農地や水田になっている場所が対象。森林や草地に置き換わった場合の評価額。 *2 雨水が一切浸透しない土地。 *3 本稿では、実態を考慮して、水田の有効貯水量を45mmに引き下げた。 *4 水田において水循環が遮断された状態。 *5 上流から取水している農業用水の価値を負の効果として計上すると、大幅に低下する。

[1] 三菱総合研究所『地球環境・人間生活にかかわる農業及び森林の多面的な機能の評価に関する調査研究報告書』(日本学術会議『地球環境・人間生活にかかわる農業及び森林の多面的な機能の評価について(答申)』の関連付属資料)2001

[2] 北原曜「植生の表面侵食防止機能」『砂防学会誌』54(5), 92-101, 2002

目 次

1. 研究の背景と目的	1
2. 多面的機能評価の方法	1
2.1 評価の方針	1
2.2 人工林や農地と比較される土地	3
2.3 個別の評価手法としての問題点	4
3. 人工林関連の多面的機能と評価	4
3.1 二酸化炭素吸収機能	4
3.2 表面侵食防止機能	5
3.3 表面崩壊防止機能	6
3.4 洪水緩和機能	6
3.5 水資源貯留機能	7
3.6 水質浄化機能	8
4. 農地関連の多面的機能の評価	8
4.1 洪水防止機能	8
4.2 河川流況安定機能（水資源かん養機能）	9
5. 負の効果と受益者不在の問題	10
5.1 負の効果	10
5.2 受益者が存在しない人工林・農地	11
6. 評価額とその比較	11
6.1 過大評価の是正	12
6.2 土地利用変化の影響の一例	13
6.3 林業予算の妥当性	13
7. まとめと今後の課題	14
7.1 まとめ	14
7.2 今後の課題	14
参考文献	15
附. 三菱総研試算（抜粋）	16

1. 研究の背景と目的

農林業には、生産面以外にも多くの公益的な機能があり、それらは一般に「多面的機能」と呼ばれる。例えば、森林や農地は、砂防えん堤のように、土壌の侵食を防止している。また、利水ダムのように、水資源のかん養にも貢献しているといわれる。

多面的機能は、流域の住民を災害や渇水から守るだけでなく、水力発電用ダムの堆砂防止などにも貢献している。また、用排水路などの水量の確保は、小水力発電の発展にも不可欠なものである。しかし、近年は耕作放棄などにより、その劣化が危惧されている。これに対して政府も、農業者戸別所得補償制度¹などを通じて、農林業に多額の公費を投入している。

さて、多面的機能を計画的に維持するための第一歩は、機能を定量的に、可能であれば経済的に評価することである。すでに多数の評価が提示されているが、全体的にみると、基準となる土地の状態が異なっているか、そもそも不明りょうであるため、異なる土地利用の評価を比較することができないという体系的な問題を抱えている。例えば、小路ら²による野草地の景観評価場合、基準は「草原が減少・荒廃した状態」であるが、減少・荒廃の定義が示されていない。同様のケースをもうひとつあげておく。吉田ら³は、アンケートを用いて農林地の公益的機能の評価したが、そのときの基準は「農業・農村の公益的機能が消滅した状態」であった。一見、基準は明確であるが、この仮想的状況を想像することができた回答者がいたとは考えにくい。つまり、実質的な基準は非常にあいまいなものである。

このような体系的な問題は、連鎖的に、次のような問題を引き起こしている。第一に、裸地などの非現実的な荒廃状態と比較した評価は、明らか

に過大であるが、これを修正することができない。例えば、林業が消滅しても人工林は裸地にはならない。仮に機能が低下したとしても、裸地よりは高いはずである。これは林業の評価額が過大になっていることを意味する。

第二に、既存の評価では土地利用の変化の影響を知ることができない。今後は、国全体の人口の減少、経済の縮小などと相まって、土地利用が粗放的なものに変化する可能性が高いが、既存の評価では、この事態に対応できない。

第三に、既存の評価では農林業予算を正当化することができない。予算を正当化するためには、少なくとも、「多面的機能を含めた農林業の便益から、そこに投入される予算を差し引いた値」が、現状以外の土地利用に置き換えた場合よりも高いことを示す必要がある²。

これら三つの問題は、比較可能な各種土地利用の評価があれば、原則として、すべて解決する。本稿の目的は、既存の多面的機能評価の手法を発展的に改良して、相互に比較可能な各種土地利用の評価を試算することである。例えば、人工林が天然林に変化した場合、農地が雑草地に変化した場合の評価額などを求める。

2. 多面的機能評価の方法

2.1 評価の方針

本稿では、政府などで広く引用され、一定の支持を受けている多面的機能評価、すなわち、日本学術会議の『地球環境・人間生活にかかわる農業及び森林の多面的な機能の評価(答申)』⁵(以下、「答申」)、および、機能の貨幣評価を求めた三菱

¹ 平成24年度概算決定額は6901億円¹⁾。

² 速水・神門⁴⁾も、条件不利地域補助に関して、「機会費用原理に従えば、ある外部効果を生むために必要な農業生産維持のための費用を、同じ効果を他の手段によって達成するに要する費用と比べて、前者が後者より低い場合にはじめて農業生産に対する補助が正当化されるのである」と指摘している。

総合研究所の関連付属資料⁶⁾（以下、「MRI 試算」）を発展的に改良することで、前述の評価額を試算する。MRI 試算も、農業総合研究所による試算⁷⁾、林野庁による試算⁸⁾を改良したものである。参考のため、答申が取り上げた機能を表1に示す。今回は答申本体に盛り込まれた貨幣評価のうち、評価額が年間1兆円を超えるものを取り上げる。MRI 試算による貨幣評価の結果を表2に示す。

さて、多面的機能などの貨幣評価においては、
①直接法、②同等の価値を有する他の市場財の価

格で評価する「代替法」、③機能の有無によって変化した地価をみる「ヘドニック法」、④社会調査で住民に価格を問う「仮想評価法（CVM）」などが用いられている。近年の主流は仮想評価法（CVM）であるが、MRI 試算で採用されたものは、直接法と代替法であった。これらの手法では非利用価値を測定することができないが、構造としては単純であり、改良も比較的容易である。

無論、本稿においては、別の土地利用と比較できるように、機能ごとであるが、基準となる土地

表1. 答申が取り上げた農業・森林の多面的機能

農業の多面的機能	森林の多面的機能
1 持続的食料供給が国民に与える将来に対する安心	1 生物多様性保全
2 農業的土地利用が物質循環系を補完することによる環境への貢献	遺伝子保全 生物種保全 生態系保全
(1) 農業による物質循環系の形成	2 地球環境保全
① 水循環の制御による地域社会への貢献	地球温暖化の緩和（二酸化炭素吸収 化石燃料代替エネルギー） 地球の気候の安定
洪水防止 土砂崩壊防止 土壌侵食（流出）防止 河川流況の安定 地下水かん養	3 土砂災害防止／土壌保全
② 環境への負荷の除去・緩和	表面侵食防止 表層崩壊防止 その他土砂災害防止 雪崩防止 防風 防雪
水質浄化 有機性廃棄物分解	4 水源涵養
大気調節（大気浄化 気候緩和など）	洪水緩和 水資源貯留 水量調節 水質浄化
資源の過剰な集積・収奪防止	5 快適環境形成
(2) 二次的（人工の）自然の形成・維持	気候緩和 大気浄化 快適生活環境形成（騒音防止 アメニティー）
① 新たな生態系としての生物多様性の保全など	6 保健・レクリエーション
生物多様性保全 遺伝子資源保全 野生動物保護	療養 保養（休養 散策 森林浴） 行楽 スポーツ
② 土地空間の保全	7 文化
優良農地の動態保全 みどり空間の提供	景観・風致 学習・教育（生産・労働体験の場 自然認識・自然とのふれあいの場） 芸術
日本の原風景の保全 人工的自然環境の形成	宗教・祭礼 伝統文化 地域の多様性維持
3 生産・生活空間の一体性と地域社会の形成・維持	8 物質生産
(1) 地域社会・文化の形成・維持	木材 食料 工業原料 工芸材料
① 地域社会の振興	
② 伝統文化の保存	
(2) 都市的緊張の緩和	
① 人間性の回復	
② 体験学習と教育	

出典：日本学術会議⁵⁾

表 2. MRI 試算による貨幣評価

(○印は答申本体に盛り込まれた評価^{*1}, 評価額の単位は「億円/年」)

農業の多面的機能			森林の多面的機能		
機能	評価額	手法	機能	評価額	手法
○洪水防止	34988	代替法	○二酸化炭素吸収	12391	代替法
○河川流況安定 ^{*2}	14633	代替法	化石燃料代替	2261	代替法
○地下水かん養 ^{*2}	537	直接法	○表面侵食防止	282565	代替法
○土壌侵食防止	3318	代替法	○表面崩壊防止	84421	代替法
○土砂崩壊防止	4782	直接法	○洪水緩和	64686	代替法
有機性廃棄物処理	123	代替法	○水資源貯留	87407	代替法
気候緩和	87	直接法	○水質浄化	146361	代替法
保健休養・やすらぎ	23758	家計支出	野生鳥獣保護	37792	代替法
			保健休養	22546	家計支出

*1 答申本体に盛り込まれたかどうかは、別の資料⁹⁾に記述されている。

*2 「河川流況安定機能」と「地下水かん養機能」は、あわせて「水(資)源かん養機能」と呼ばれることがある。

出典：三菱総合研究所⁹⁾

の状態を統一した。この点が本稿の多面的機能評価の最大の特徴といってもよい。

2.2 人工林や農地と比較される土地

各種土地利用の評価を求めると述べたが、すべての土地利用の評価を求めることは不可能である。この先、人工林が別のものに置き換わるとすれば、多くは天然林であろう。ただし、人工林を人の手で天然林に置き換える場合、一時的に草地(伐採跡地)になるため、草地についても考慮する必要がある。一方、農地については、森林や草地(耕作放棄地: 図1)が考えられる。なお、エネルギーが極端に不足すれば、薪炭材の乱伐によって、広い範囲で人工林が裸地に置き換わる可能性もある。しかし、松井¹⁰⁾によると、当面の間、石油などのエネルギーが不足する可能性は低い。つまり、現時点では裸地に置き換わる可能性も低いと思われる。以上より、人工林については天然林と草地、農地については、森林と草地の評価を求める。



図 1. 耕作放棄地の一例

なお、林業について言及する場合は、人工林の評価が不可欠であるが、MRI 試算は天然林と人工林を区別せず、森林全体を評価していた。この点について答申は、天然林であっても、調査・研究などを含む「管理」を必要とするため、両者を区別しなかったと述べている。しかし、天然林と人工林では、同じ「管理」でも規模や性質が大きく異なるため、答申が掲げる理由には無理があるといわざるをえない。そこで、本稿では、森林全体ではなく、人工林の評価を求める。

2.3 個別の評価手法としての問題点

本稿のねらいは、MRI 試算の仮説などをひとつひとつ検証することではないが、大きな問題が見つかった場合は、それを指摘して、可能であれば改良する。全般的な問題点については、第5章でまとめて取り上げる。

3. 人工林関連の多面的機能の評価

本章では人工林に注目して、二酸化炭素吸収機能、表面侵食防止機能、表面崩壊防止機能、洪水緩和機能、水資源貯留機能の評価額を試算する。特に断りがないかぎり、本稿で使用した測定値や仮定値は、MRI 試算に記されたものである。また、評価額などは、原則として、1年間の値である。

3.1 二酸化炭素吸収機能

3.1.1 既存の評価

森林は、成長する際、二酸化炭素を大量に貯留する。MRI 試算は、森林が二酸化炭素を貯留する機能を火力発電所の化学的湿式吸着法のコストで評価した（1兆2391億円）。評価基準は、植物が一切存在しない土地、あえていえば、地面をコンクリートで覆ったような土地である。なお、MRI 試算の方法の詳細については、附章にまとめた（ほかの機能も同様）。

MRI 試算の場合、貯留される二酸化炭素の価値を火力発電所の施設のコストで評価していたが、これは現実的な選択肢とは思えない。

3.1.2 発展的改良の要点

第2章で述べたように、本稿では、MRI 試算を発展的に改良することで、目標とする土地の多面的機能の試算値を求める。

人工林や天然林の二酸化炭素貯留量を MRI 試算の推計値などを使用して求める。ただし、前述のように、火力発電所の施設で置き換えることは現実的ではないため、二酸化炭素の排出権の価格で評価することを試みる。なお、本稿の評価の基準も、植物が一切存在しない土地とする。

3.1.3 貯留される二酸化炭素

丸太は人工林から、椎茸原木と薪炭材は天然林から産出されると仮定すると、1ha 当たりのバイオマス増加量、すなわち、成長分から伐採分を引いたものは、人工林が 2.81t/ha、天然林が 1.79t/ha となった³。

人工林の面積は 10,398 千 ha である。よって、人工林全体のバイオマス増加量は 29,239 千 t、人工林を天然林に置き換えたときのバイオマス増加量は 18,617 千 t と推計された。そして、これらを二酸化炭素の量に換算すると、前者が 53,605 千 t-CO₂、後者が 34,132 千 t-CO₂ となった⁴。

3.1.4 排出権を使った評価額

火力発電所の化学的湿式吸着法のコストは 12,704 円/t-CO₂ である。よって、人工林の二酸化炭素吸収機能の評価額は 6810 億円、人工林が天然林に変化したときの評価額は、4336 億円となった。

排出権を使って、貯留される二酸化炭素の価値を評価する。排出権の相場を少し高めにみて、3,000 円/t-CO₂ と仮定すると（朝野¹¹⁾）、人工林の評価額は 1608 億円、天然林に変化したときの評価額は、1024 億円となった。

³ 人工林のバイオマス増加量=成長分 4.96t/ha-伐採分 2.15t/ha。伐採分=丸太用 22,335 千 t/人工林面積 10,398 千 ha。天然林の増加量=成長分 1.94t/ha-伐採分 0.15t/ha。伐採分=(椎茸原木用 1,522 千 t+薪炭材用 479 千 t) / 天然林面積 13,382 千 ha。

⁴ バイオマス増加量×炭素含有係数 0.5×CO₂への換算係数 (44/12)。

3.2 表面侵食防止機能

3.2.1 既存の評価

森林の下層植生や落枝落葉は、雨水による表土の侵食を防止するといわれている。MRI 試算は森林が表面の侵食を防止する機能(侵食土砂量の差)を、えん堤の建設費で評価した(28兆2565億円)。評価基準は無林地である。なお、MRI 試算における「無林地」の年間侵食深は、10~50mm と非常に大きい。よって、この場合の無林地は裸地であると考えられる。

「無林地」の定義があいまいである点は問題であるが、表面侵食防止機能の評価方法に大きな問題は見られなかった。ただし、すべての機能を、えん堤で置き換えることが現実的かどうかについては検討の余地がある(後述)。洪水緩和機能、水資源貯留機能の評価においても、同様の問題が見られた。

3.2.2 発展的改良の要点

MRI 試算では、いくつかの文献に記された値を使用して、侵食土砂量を求めていた。本稿では、モデル式を利用して、草地などの侵食土砂量を推計する。

北原¹²⁾によると、USLE 式は山地でも適用することができる。そこで、本稿では USLE 式の作物係数(被植係数)を利用して、各種土地利用の侵食土砂量を推計する。作物係数は、裸地に対する森林などの侵食土砂量の比を示している⁵⁾。なお、USLE 以外の土壌流出モデルとしては、WEPP や

⁵⁾ USLE 式は、本来、小さな区画ごとに適用するものである。ただし、式は下に示す単項式であるため、区画ごとの R, K, L, S, P を定数に、C を全区画共通にすると、全区画の侵食土砂量 A の総和は、C に比例することになる。

$$A=RKLS\text{C}P$$

A: 侵食土砂量, R: 降雨係数, K: 土壌係数, L: 斜面長係数, S: 斜面係数, C: 作物係数, P: 保全係数

EUROSEM が有名であるが、パラメータの数が非常に多いため¹³⁾、今回の試算には使用できないと判断した。

表面侵食防止機能については、荒廃状態(林床なし)のヒノキ人工林の評価額なども求める。なお、本稿の基準も MRI 試算と同様、無林地とする。

3.2.3 人工林と天然林の評価

人工林、天然林、森林(一般)、ヒノキ人工林(通常)の作物係数は、ほぼ同程度(0.01)である¹²⁾。つまり、森林全体が人工林などに変化しても、表面侵食防止機能の評価額(28兆2565億円)は変わらない。よって、この値に人工林の面積の割合(10,398/23,780)を掛けて、人工林の評価額とした(12兆3554億円)。人工林が天然林に変化したときの評価額も同額である。なお、答申でも天然林と人工林の表面侵食防止機能は、ほぼ同程度であると評価された。

3.2.4 草地(伐採跡地)の評価

まず、森林全体について考える。無林地の作物係数を裸地と同程度の1と仮定すると、無林地を森林に置き換えることで、0.99(=1-0.01)の土壌侵食が防止される。ここでは、「0.99」の土壌侵食防止に対する評価額が28兆2565億円(MRI 試算の「無林地を基準とした森林の評価額」)であると仮定する。この仮定は草地や荒廃状態のヒノキ人工林の評価額を求めるときに使用する。

草地の作物係数を0.015とすると⁶⁾、無林地が草地に変化することで、0.985(=1-0.015)の土壌侵食が防止される。よって、草地の評価額は28兆1138億円となった⁷⁾。ただし、これは森林全体が

⁶⁾ スギ62年生林伐採1,2年目と3年目の作物係数(被植係数)の平均¹²⁾。

⁷⁾ 森林の評価額28兆2565億円×(草地の防止効果0.985/森林の防止効果0.99)。

草地に変化したときの評価額である。この値に人工林の面積の割合を掛けて、人工林が草地に変化したときの表面侵食防止機能の評価額とした（12兆2930億円）。なお、草地の作物係数の一般性については検討の余地があるため、評価額の精度も高いとはいえない。

3.2.5 ヒノキ人工林などの評価

MRI 試算の評価額に、ヒノキ人工林の面積の割合（ $(10,398/23,780) \times 0.25^{14)}$ ）を掛けて、ヒノキ人工林の表面侵食防止機能の評価額とした（3兆888億円）。ヒノキ人工林が天然林に変化したときの評価額も同額である。

荒廃状態のヒノキ人工林の評価額を求める。まず、森林全体が荒廃状態のヒノキ人工林になったと考える。荒廃状態のヒノキ人工林の作物係数を0.036と仮定すると¹²⁾、無林地が荒廃状態のヒノキ人工林に変化することで、0.964（ $=1-0.036$ ）の土壤侵食が防止される。よって、荒廃状態のヒノキ人工林の評価額は、27兆5144億円となった⁸⁾。ただし、これは森林全体が荒廃状態のヒノキ人工林に変化したときの評価額である。この値にヒノキ人工林の面積の割合を掛けて、ヒノキ人工林が荒廃状態になったときの表面侵食防止機能の評価額とした（3兆77億円）。なお、草地の場合と同様、作物係数の一般性には検討の余地があるため、この評価額の精度も高いとはいえないことを付け加えておく。冒頭から繰り返しているように、本稿の評価は、あくまで試算である。

3.3 表面崩壊防止機能

森林の根系は表層崩壊を防止するといわれている。MRI 試算は森林が表層崩壊を防止する機能を治山事業山腹工事費用で評価した（8兆4421億

⁸⁾ 森林の評価額 28兆2565億円×（荒廃ヒノキ林の防止効果0.964／森林の防止効果0.99）。

円）。評価の基準は無林地である。

答申によると、天然林と人工林の表面崩壊防止機能は、ほぼ同程度である。よって、森林全体が人工林や天然林に変化しても、表面崩壊防止機能の評価額（8兆4421億円）は変わらない。この値に人工林の面積の割合を掛けて、人工林の評価額、人工林が天然林に変化したときの評価額とした（3兆6914億円）。

人工林が草地に変化したときの評価額については求めることができなかったが、根系が表層崩壊を防止するという指摘が正しいとすれば、草地の表面崩壊防止機能は低い値になる可能性がある。

3.4 洪水緩和機能

3.4.1 既存の評価と発展的改良の要点

森林は雨水を一時的に貯留することで洪水を防止するといわれている。MRI 試算は、森林が洪水を緩和する機能（最大洪水流量の差）を、治水ダムの減価償却費と維持費で評価した（6兆4686億円）。なお、最大洪水流量の推計には、合理式が使用された。評価基準は裸地である。

比較的小さい流域の最大洪水流量の推計に使用される合理式を、すべての流域に適用したことには検討の余地があるが、洪水緩和機能の評価方法に重大な問題は見られなかった。ただし、前述のように、すべての機能を治水ダムで置き換えることについては検討の余地がある。

本稿でも、合理式を利用して、最大洪水流量を推計する（流域の設定も同じ）。合理式の流出係数は、最大洪水流量を比で示している⁹⁾。基準は、MRI 試算にあわせ、裸地とする。

⁹⁾ 合理式は、本来、小さな流域ごとに適用するものである。ただし、式は下に示す単項式であるため、流域ごとの r, A を定数に、 f を全流域共通にすると、全流域の最大洪水流量 Q の総和は、 f に比例することになる。

$$Q = (1/360) frA$$

Q : 最大洪水流量 ($m^3/秒$)、 f : 流出係数、 r : 洪水到達時間内の雨量強度 ($mm/時$)、 A : 集水面積 (ha)

3.4.2 人工林と天然林の評価

洪水緩和機能において、人工林と天然林の差異を見いだすことは難しい。少なくとも、浸透能・最終浸透率を見るかぎり（村井・岩崎¹⁵⁾）、針葉樹人工林と広葉樹天然林には、ほとんど差が見られない。また、治山に関する技術的な基準¹⁶⁾でも、流出係数について、人工林と天然林を区別していない。つまり、人工林、天然林、森林（一般）の流出係数は等しいことが示唆される。以下では、「等しい」と仮定して試算を進める。

森林全体が人工林や天然林に変化しても、洪水緩和機能の評価額（6兆4686億円）は変わらない。この値に人工林の面積の割合を掛けて、人工林の評価額、人工林が天然林に変化したときの評価額とした（2兆8284億円）。

3.4.3 草地の評価

草地の表面侵食防止機能の計算と同様である。まず、森林全体について考える。MRI試算は裸地の流出係数を0.9、森林を0.6と仮定した。つまり、裸地が森林に変化することで、最大洪水流量は0.3低下する。そして、それに対する評価額を6兆4686億円と推計した。

草地の流出係数を0.65と仮定すると¹⁰⁾、裸地が草地に変化することで、最大洪水流量は0.25（=0.9-0.65）低下する。よって、草地の評価額は5兆3905億円となった¹¹⁾。ただし、これは森林全体が草地に変化したときの評価額である。この値に人工林の面積の割合を掛けて、人工林が草地に変化したときの洪水防止機能の評価額とした（2兆3570億円）。

¹⁰⁾ 流出係数¹⁶⁾は、地質・地形によって異なるため、平均をとった。

¹¹⁾ 森林の評価額6兆4686億円×（草地の防止効果0.25／森林の防止効果0.3）。

3.5 水資源貯留機能

3.5.1 既存の評価と発展的改良の要点

森林は、降雨時に地表流が生じにくいいため、水資源を貯留するといわれている。MRI試算では、森林が水を貯留する機能、すなわち、森林の貯留量（裸地基準）を利水ダムの原価償却費と維持費で評価した（8兆7407億円）。このとき、森林の貯留量は「面積×（降水量－蒸発散量）」で、裸地の貯留量は「面積×降水量×0.1」で推計された。

本稿では、貯留量を求めるための計算式を、そのまま利用する。草地に変化したときの蒸発散量は、降水量に対する草地の蒸発散量の比、および、都道府県別の森林地帯の降水量から推計する。基準は、MRI試算にあわせ、裸地とする。

3.5.2 人工林などの評価

本稿では、小松らの分析¹⁷⁾をもとに、人工林、天然林、森林（一般）の年間蒸発散量は等しいと仮定する。つまり、森林全体が人工林や天然林に変化しても、年間蒸発散量、森林の貯留量、評価額（8兆7407億円）は変わらないと考える。

この評価額に人工林の面積の割合を掛けて、人工林の水資源貯留機能の評価額、人工林が天然林に変化したときの評価額とした（3兆8219億円）。

3.5.3 草地の評価

自然草地の浸透能・最終浸透率は、143.0mm/時であり¹⁵⁾、森林と同様、降水時の地表流は生じにくいと考えられる。つまり、草地の貯留量は、森林の場合と同様、「面積×（降水量－草地の蒸発散量）」で評価できると仮定する。また、裸地の貯留量も、MRI試算と同様、「面積×降水量×0.1」で評価する。以上から、裸地を基準とした草地の貯留量は、「面積×（降水量×0.9－草地

の蒸発散量)」となる。

林野庁による試算⁸⁾(以下、「林野庁試算」)を参考に、森林全体が草地に変化したときの貯留量(裸地基準)を求める。降水量に対する草地の蒸発散量の比は、全国一律であると仮定して、それを0.303とおく¹²⁾。まず、都道府県ごとに、草地の蒸発散量、すなわち、「森林地帯の平均降水量×0.303」を求める。次に、都道府県ごとに、裸地を基準とした草地の貯留量、「森林面積×(森林地帯の平均降水量×0.9-草地の蒸発散量)」を求め、それらを合計する。都道府県ごとの森林地帯の平均降水量と森林面積については、林野庁試算に掲載された値を用いる。計算の結果、森林全体が草地に変化したときの貯留量(裸地基準)は、2890億 m^3 となった。

一方、MRI試算では貯留量1864.25億 m^3 に対する評価額を8兆7407億円と推計した。貯留量1 m^3 当たりでは46.9円である。よって、森林全体が草地に変化したときの評価額は13兆5490億円となった。この値に人工林の面積の割合を掛けて、人工林が草地に変化したときの水資源貯留機能の評価額とした(5兆9244億円)。

降水量に対する草地の蒸発散量の比は全国一律という仮定については、意見が分かれると思われる。つまり、この試算についても、検討の余地が大きく、評価額は、おおよそのものであることを強調しておく。なお、MRI試算と林野庁試算では、「降水量」と「降雨量」の二つのことばを使用しているが、内容から判断して、本稿では「降水量」に統一した。

3.6 水資源浄化機能

森林は、雨水の不純物を除去するといわれている。MRI試算は森林が雨水の水質を改善する機能を雨水利用施設の原価償却費と維持費で評価した

¹²⁾ 近藤¹⁸⁾が既往の文献から集めたデータの平均(第1表の33~35)。

(14兆6361億円)。評価基準は、浄化機能が存在しない土地である。

水質浄化機能評価については、何の根拠もなく、森林の水質浄化機能と雨水利用施設の浄化機能が等しいと仮定するなど、不明りょうな点が多い。今回は情報不足により試算を断念した。

4. 農地関連の多面的機能の評価

本章では農地に注目して、洪水防止機能、水田の河川流況安定機能の評価額を試算する。特に断りがなにかぎり、本稿で使用した測定値や仮定値は、MRI試算に記されたものである。また、評価額などは、原則として、1年間の値である。

4.1 洪水防止機能

4.1.1 既存の評価と発展的改良の要点

水田は地表に、畑は土壌の孔隙に雨水を貯留することで洪水を防止しているといわれている。MRI試算では農地が洪水を防止する機能(有効貯水量)を治水ダムの減価償却費と維持費で評価した(3兆4988億円)。評価基準は、水が一切貯留されない土地であると考えられる。

MRI試算では、大雨の際、畦畔の高さまで水が貯留されると仮定したが、それは著しく非現実的である。雨が激しいとき、農家は田に水を張らないからである(宇根¹⁹⁾)。そのほか、表面侵食防止機能などと同様、すべての機能をダムで置き換えることについても検討の余地がある。これは河川流況安定機能の評価にも当てはまる。

MRI試算における水田の有効貯水量は、明らかに過大である。本稿では、水田の有効貯水量の推計値を引き下げて、より現実的なものにする。また、畑の有効貯水量の推計方法(孔隙の広さを求める)を応用して、森林に変化したときの有効貯水量を推計する。なお、本稿における基準も、水

が一切貯留されない土地とする。

4.1.2 農地の評価額

前述のように、畦畔の高さまで水が貯留されるという仮定には無理がある。仮に貯留されたとしても、75mm程度であろう¹³。本稿では、75mmから平均湛水深(30mm)を引いて、45mmを有効貯水量(水深)とする。この値に評価対象の水田面積(23,640km²)¹⁴を掛けて、水田の有効貯水量とした(10.6億m³)。農地の有効貯水量は、水田の有効貯水量に畑の有効貯水量(8.0億m³)を加えて、18.6億m³となった。

一方、MRI試算は全国の有効貯水量58.8億m³に対する治水ダムの減価償却費と維持費を3兆4988億円と推計した。有効貯水量1m³当たりでは596円である。よって、農地の洪水防止機能の評価額は1兆1099億円となった。

ただし、最大水深についての厳密な情報がない状況にあって、この評価額の精度は低いことを明記しておく。例えば、最大水深を5mm引き下げるだけで、評価額は704億円も低くなった。

4.1.3 森林の評価額

MRI試算は、畑について、深さ200mmまでの土壌(作土層)の孔隙の広さを有効貯水量と仮定した。これにならって、農地が森林に変化したときの有効貯水量を求める。藤枝²¹⁾によると、森林の場合、深さ1,000mmまでの土壌の孔隙は、150mmから250mmである。これは土壌の15%から25%が孔隙であることを意味する。ここでは、中間をとって200mmとする。さらに、深さ200mm

までの土壌の孔隙を40mmと仮定する¹⁵。

森林についても、深さ200mmまでの土壌の孔隙の広さを有効貯水量とする。40mmに評価対象の農地の面積(45,030km²)¹⁶を掛けて、農地が森林に変化したときの有効貯水量とした(18.0億m³)。前述と同様、単価を596円/m³とすると、農地が森林に変化したときの洪水防止機能の評価額は1兆726億円となった。

4.2 河川流況安定機能(水資源かん養機能)

4.2.1 既存の評価と発展的改良の要点

河川流況安定機能については農地全体ではなく、実際に作付けされた水田が評価対象であった。水田から地下に浸透した水の一部は、時間をかけて河川に向かう。そのため、水田は河川の水量を安定させるといわれている。MRI試算では、そのような機能(開発流量)を治水ダムの減価償却費と維持費で評価した(1兆4633億円)。評価基準は、開発流量が無い状態、すなわち、水田において水循環が遮断された状態である。

河川流況安定機能の評価方法に大きな問題は見られなかったが、水循環という点から見た場合、河川などから取り入れた農業用水、すなわち、取水される側にとっての負の効果が一切考慮されていなかったことには、検討の余地がある(後述)。

本稿では、農地が耕作放棄地や森林に変化した場合の開発流量を求めるが、この場合、外部からの水の流入は雨水だけになると考える。浸透する水の量から開発流量を求めるための計算式は、MRI試算と同様とする。また、基準も開発流量が無い状態とする。

¹³ 畦畔には必要以上に水がたまらないように切れ込みが入っている。その部分の高さは、50mm~100mm程度である(京都府の農家の話)。

¹⁴ 2000年の全水田本地面積²⁰⁾24,850km²-低平地水田面積⁷⁾4,842km²+低平地水田面積×洪水防止機能受益率0.75。

¹⁵ 深さ1,000mmまでの土壌の孔隙200mm×(200mm/1,000mm)。

¹⁶ 評価対象の水田面積23,640km²+2000年の畑地本地面積²⁰⁾21,390km²

4.2.2 草地（耕作放棄地）の評価

ここでは、耕盤が破壊されて、浸透能が高くなった草地、すなわち、地表流が生じにくい草地を想定する。降水量²²⁾を1690mm、降水量に対する草地の蒸発散量の比を0.303と仮定すると、草地の蒸発散量は512mmとなった。その結果、地下に浸透する水の量、すなわち、降水量から蒸発散量を引いたものは1178mmと推計された。この値に評価対象の水田面積(14,830km²)⁷⁾を掛けて、水田を草地に置き換えたときの「地下に浸透する水の量」とした(175億m³)。さらに、ここから開発流量を求めた(415m³/秒)¹⁷⁾。

一方、MRI試算では全国の開発流量623m³/秒に対する利水ダムの減価償却費と維持費を1兆4633億円と推計した。開発流量1(m³/秒)当たりでは23億円である。よって、水田が草地に変化したときの河川流況安定機能の評価額は9756億円となった。

4.2.3 森林の評価

草地の場合と同様の手順で評価額を求める。降水量に対する森林の蒸発散量の比を0.512と仮定すると¹⁸⁾、水田が森林に変化したときの河川流況安定機能の評価額は、6836億円となった。

5. 負の効果と受益者不在の問題

本章では、MRI試算の全般的な問題、負の効果と受益者不在の問題について言及する。なお、ここでは答申に盛り込まれた貨幣評価のすべてについて検討する。

¹⁷⁾ (浸透する水×河川還元率0.75) / (365日×24時間×60分×60秒)。

¹⁸⁾ 都道府県ごとの(蒸発散量/降水量)⁸⁾の平均。

5.1 負の効果

5.1.1 林業の負の効果

MRI試算の評価では農林業の負の効果が考慮されていなかった。栗山²³⁾も、負の効果を無視して正の効果だけをみても、説得力はないと指摘している。負の効果を考慮することによって、評価額が大幅に低下する可能性がある。

まず、人工林の管理や木材の搬出で排出される二酸化炭素が考慮されていなかったことを二酸化炭素吸収機能の問題点として指摘しておく。

ところで、農業の多面的機能評価では「持続的食料供給が国民に与える将来に対する安心」が多面的機能のひとつとして評価された。このように、感情面を対象に含めるのであれば、安心だけでなく、不安も検討されるべきであろう。

人工林は、天然林と比較すれば、不安定な土地利用であり、間伐などを放棄すると、表面の侵食が増加するといわれている。つまり、人工林は国民の多くに「管理が放棄されると、表土が失われるという不安」、すなわち、負の効果を与えていると考えられる。実際、「人工林の管理が放棄された場合、下流も土砂災害の被害を受ける」といった主張(一例²⁴⁾)が何度も繰り返されている。しかも、このような場合、実際の被害の程度については一切言及されない。そのため、過大な被害を想像して、不安を感じる都市住民も少なくないと考えられる。本稿では、このような点が考慮されていなかったことを表面侵食防止機能評価の問題点として指摘しておく。

5.1.2 農業の負の効果

水資源かん養機能、すなわち、河川流況安定機能と地下水かん養機能は、同じ問題を抱えていた。第一に、上流などから取り入れた農業用水(負の効果)が一切考慮されていなかった。畑用も含ま

れるが、全国の農業用水の量は、546億 m^3 、1,731 m^3 /秒である²²⁾。1 (m^3 /秒) 当たりの農業用水の評価額を23億円(前述の開発流量と同じ)と仮定すると、4兆666億円になる。MRI試算では河川流況安定機能の評価額を1兆4633億円、地下水かん養機能を537億円と推計したが、このような負の効果を考慮すると、二つの評価額は大幅に低下する可能性がある。第二に、農薬などによる水質汚染が一切考慮されていなかった。宇根¹⁹⁾によると、用水のBODが3ppm以下の場合、水田は汚染源になるという。また、米国では農林業による環境保全ではなく、環境汚染のほうが注目されている²³⁾。水質汚染についても無視できるとはいえない。

5.2 受益者が存在しない人工林・農地

5.2.1 受益者に注目する理由

太平洋ベルト地帯のような人口密度が非常に高いところを除くと、下流部が無人になっている農地や人工林は少なくない(図2)。洪水防止機能といった「水循環にかかわる機能」については、下流部が無人の場合、公益的な機能の受益者が存在しない。機能低下を理由に、このような場所にダムが新設される可能性もない。よって、受益者が存在しない人工林・農地は、評価から除外すべきではないか。少なくとも、何らかの形で割り引くべきである。

表面侵食防止機能評価などの説明では、すべての機能をダムなどで置き換えることに検討の余地があると指摘したが、受益者が存在しない人工林・農地を除外することで、このような問題も、ある程度改善されると考えられる。

5.2.2 MRI試算における受益者の考慮

林業に関する「水循環にかかわる機能」は、表面侵食防止機能、表面崩壊防止機能、洪水緩和機



図2. 下流部が無人の棚田

能、水資源貯留機能、水質浄化機能であるが、いずれも公益的な機能の受益者が存在しない森林が除外されていなかった。

一方、農業の場合は、洪水防止機能、河川流況安定機能(水資源かん養機能)、地下水かん養機能(水資源かん養機能)、土壌侵食防止機能、土砂崩壊防止機能が「水循環にかかわる機能」である。土壌侵食防止機能と土砂崩壊防止機能については、公益的な機能の受益者が存在しない農地が除外されていなかった。一方、洪水防止機能は、排水機場が必要になるほどの低平地の水田の一部が除外されていた。また、河川流況安定機能も、低平地の水田が除外されていた。地下水かん養機能は、実際に利用された水の量をみていたため、受益者が存在しない水田は除外されていると考えられる。

6. 評価額とその比較

人工林などの二酸化炭素吸収機能、表面侵食防止機能、表面崩壊防止機能、洪水緩和機能、水資源貯留機能、農地などの洪水防止機能、河川流況安定機能(水資源かん養機能)の評価結果を表3、表4に示す。ここでは、機能ごとではあるが、基準となる土地の状態が統一されているため、異なる土地利用の評価額を比較することができる(差額に意味がある)。ここでは、第1章で触れた三つの問題点について言及する。

表 3. 「人工林」および「人工林が天然林や草地に変化したとき」の多面的機能の評価額（億円/年）

		MRI 試算	本稿における多面的機能の試算				
		①	②	③	④	⑤	⑥
機能名	基準	森林全体	人工林	天然林*1	差額 ②－③	草地*1	差額 ②－⑤
		人工林+天然林					
二酸化炭素吸収	ゼロ*2	12391	1608*3	1024*3	+584	N/A	N/A
表面侵食防止	無林地	282565	123554	123554	0	122930	+624
表面崩壊防止	無林地	84421	36914	36914	0	低	+
洪水緩和	裸地	64686	28284	28284	0	23570	+4714
水資源貯留	裸地	87407	38219	38219	0	59244	-21025
合計		531470	228579	227995	+584	205744 (+x)	-15687 (+x)

ヒノキ林の表面侵食防止機能（以下も同じ機能）：3兆888億円，ヒノキ林が天然林に変化：3兆888億円，ヒノキ林が荒廃状態に変化：3兆77億円。

*1 現時点で人工林になっている場所が対象。人工林が天然林や草地に置き換わった場合の評価額。

*2 植物が一切存在しない土地。 *3 排出権（3,000円/t-CO₂）による評価

表 4. 「農地」および「農地が森林や草地に変化したとき」の評価額（億円/年）
（河川流況安定機能は水田が対象）

		MRI 試算	本稿における多面的機能の試算				
		①	②	③	④	⑤	⑥
機能名	基準	農地	農地	森林*1	差額 ②－③	草地*1	差額 ②－⑤
		農地					
洪水防止	ゼロ*2	34988	11099	10726	+373	N/A	N/A
河川流況安定	ゼロ*3	14633*4	14633*4	6836	+7797	9756	+4877
合計		49621	25732	17562	+8170	9756	+4877

*1 現時点で農地や水田になっている場所が対象。森林や草地に置き換わった場合の評価額。 *2 雨水が一切浸透しない土地。 *3 機能がまったく存在しない状態。農地において水循環が遮断された状態。 *4 上流から取水している農業用水の価値（4兆666億円相当）を負の効果として計上すると、評価額は大幅に低下する。森林や草地に変化した場合の評価額は、上流からの取水がないため、この問題とは無関係である。

6.1 過大評価の是正

人工林の評価額は、22兆8579億円となったが（表3の②列）、これは裸地といった非現実的な荒廃状態を基準としたものであり、明らかに過大である。はじめにも述べたが、林業が消滅しても、人工林が裸地などに変化するとは考えにくい。

放棄された人工林は、高山、風衝地、海岸などを除けば、天然林になると考えるべきである²⁵⁾。「人工林が天然林に変化したときの機能の評価額（③列）」との差額は、584億円であった（④列）。なお、木材の物質生産機能（3838億円：答申の付表）は、多面的機能に含めないことが多いが、仮にこれを加えても、差額は4422億円である。前述

の「22兆8579億円」と比較すると、かなり低い金額となった。

農地についても同じようなことが当てはまる。農地の多面的機能の評価額は、2兆5732億円となったが(表4の②列)、「農地が森林に変化したときの機能の評価額(③列)との差額は、8170億円であった(④列)。なお、前述のように、上流から取水した農業用水の価値を負の効果として計上すると、評価額は大幅に低下する。

6.2 土地利用変化の影響の一例

人工林を人の手で天然林に転換する場合、一時的であるが、草地に変化する。それが多面的機能に及ぼす影響について、若干の考察を加える。

「人工林が草地に変化したときの機能の評価額(表3の⑤列)」と比較すると、人工林の表面侵食防止機能、表面崩壊防止機能、洪水緩和機能は、正の値になった(⑥列)。これは実際に人工林が草地に変化すると、三つの機能が低下することを意味する。ダムの堆砂問題に取り組む側としても、これは重大な問題である。

人工林を天然林に転換する場合は、このような一時的な機能低下への対策が求められる。例えば、伐採時に林床をかく乱しないように注意すれば、少なくとも、表面侵食は防止できる¹²⁾。

一方で、水資源貯留機能は、負の値となった(⑥列)。これは、人工林が草地に変化すると、水資源貯留機能が向上することを意味する。つまり、草地に変化しても、水量不足など、水力発電などへの悪影響はないと思われる。ただし、農地(水田)については、草地に変化した場合、河川流況安定機能が低下する可能性がある(表4の⑥列)。

6.3 林業予算の妥当性

この節では、試論として、いくつかの仮定のもと、人工林と天然林の比較から、人工林への林業

予算の妥当性について検討したい。仮定は次の3点である。(1) 林業予算は、9704億円(2009年と2010年の平均)¹⁴⁾であるが、このうち80%(7763億円)が人工林の維持に、残りの20%(1941億円)が天然林の維持に投入される¹⁹⁾。(2) 人工林の便益は、本稿で評価された多面的機能の評価額と木材生産(物質生産機能)の評価額によって測定される。つまり、雇用創出などの便益は考慮しない。

(3) 人工林が天然林に置き換わったときの便益は、本稿で評価された多面的機能の評価額によって測定される。物質生産機能などは無視できるほど小さい。

さて、費用便益分析における「便益」は、農林業予算が「ある場合」と「ない場合」の差であり、表3の②列などとは異なる。「便益」を求めるためには、農林業予算がない場合の評価額を差し引く必要がある。ただし、評価額同士の差(④列など)は、「ない場合」の機能が打ち消し合って、「便益」の差と一致する。

「人工林の多面的機能の評価額から、天然林に変化したときの評価額を引いた値」は、584億円であったが(④列)、これに木材生産の評価額3838億円を加えると、4422億円となった。

さて、13,382千haの天然林の維持に投入される予算を1941億円と仮定すると、1ha当たりでは14,504円となる。つまり、10,398千haの人工林を天然林に変更した場合の予算は、1508億円と推計された(変更に必要な金額は含まない)。人工林の維持に投入される予算から、天然林に切り替えた場合の予算を差し引くと、6255億円となった。これは便益の差よりも大きい。

以上から、「人工林の便益から、人工林への林業予算を引いた値」は、天然林に置き換えた場合

¹⁹⁾ 例えば、一般公共事業費²⁶⁾に注目して、治山事業費の半分が天然林の予算、残り半分と森林整備事業費が人工林の予算と仮定した場合、人工林の予算は、全体の84%を占める。

の値よりも低くなると考えられる²⁰。前述の仮定において、人工林への林業予算に根拠を与えることは難しい。ただし、以上の試論は、人工林の多面的機能の存在や林業自体の価値を否定するものではないことを強調しておく。

7. まとめと今後の課題

7.1 まとめ

本稿では、人工林と農地を中心に、MRI 試算（三菱総合研究所⁶⁾）を発展的に改良して、各種土地利用の多面的機能の評価額を、比較可能な形で試算した。

本稿では、これをもとに、(1) 裸地といった非現実的な荒廃状態を基準とした評価は明らかに過大であること、(2) 人工林が草地に変化した場合、対策がなければ、表面侵食防止機能、表面崩壊防止機能、洪水緩和機能が低下して、水力発電などにも影響が出ること、(3) 人工林への林業予算に根拠を与えることは難しいことなどを示した。ただし、(3) については、次の三つの仮説をもとにした試論である点に留意していただきたい。

第一に、林業予算の 80% が人工林の維持に、残りの 20% が天然林の維持に投入される。第二に、人工林の便益は、本稿で評価された多面的機能と木材生産量(物質生産機能)によって測定される。第三に、人工林が天然林に置き換わったときの便益は、本稿で評価された多面的機能によって測定される。

²⁰ B_a : 人工林の便益, C_a : 人工林の予算, B_n : 天然林の便益, C_n : 天然林の予算とする。 $(B_a - C_a) - (B_n - C_n) = (B_a - B_n) - (C_a - C_n) = 4422 \text{ 億円} - 6255 \text{ 億円}$ 。したがって、 $(B_a - C_a) < (B_n - C_n)$ 。

7.2 今後の課題

まずは、答申本体に盛り込まれた評価額 1 兆円以下の機能について、本稿と同様の評価を行う必要がある。さて、筆者による評価は MRI 試算の評価手法を発展的に改良したものであるが、試算を構成する各種モデルの検証などは行われていないため、技術面での問題の多くが、そのまま引き継がれている可能性がある。

今後は、これらについても検討して、評価額の精度を向上させる必要がある。ただし、MRI 試算を基礎とするかぎり、精度の向上には限界があると思われる。実際の政策決定に耐えるような精度を求めるのであれば、一から構築したほうがよい。

計算方法の再構築について、留意すべき点をあげておく。国土全体を見た場合、地域間の気候、植生、土壌などの差異は非常に大きい。そのため、国全体の平均的な評価額は、個々の実務では、参考の域を出ない。実務という点では、環境特性を反映した地域ごとの評価額が求められる。なお、この点についても、基準となる土地の状態を統一して、比較可能な形とすることが肝要である。

また、近年、身近な生態系への関心が高まっているが（例：JSSA²⁷⁾）、MRI 試算では、生物多様性は評価の対象となっていなかった。定量評価は容易ではないと思われるが、今後は積極的に取り入れるべきである。

さらに、現状では土地利用の 카테고리も粗雑といわざるをえない。人工林については、少なくとも、「針広混交林」が必要であろう。農業についても、作物の違いを考慮すべきである。例えば、土壌侵食比をみると、牧草は 0.007、ダイズは 0.756 である（種田²⁸⁾）。土壌侵食防止機能の評価額を求める場合、両者は別のものとみるべきである。また、水質や生態系を考えるなら、大量の農薬や化学肥料を投入するような農法と、それらをあえて使用しないような農法も区別する必要がある。

多面的機能評価は、無批判な農林業の維持、あるいは、無批判な排除、天然林への転換などを支持するための道具ではない。合理的な国土利用再編の指針として利用されるような「きめ細かな評価手法」を確立することが関係者の急務であると考える。

参考文献

- 1) 農林水産省『平成 24 年度農林水産予算概算決定の概要』
<http://www.maff.go.jp/j/budget/2012/kettei.html>
- 2) 小路敦・須山哲男・佐々木寛幸「仮想市場評価表 (CVM) による野草地景観の経済的評価」『日本草地学会誌』45 (1), 88-91, 1999
- 3) 吉田謙太郎・木下順子・合田素行「CVM による全国農林地の公益的機能評価」『農業総合研究』51 (1), 1-57, 1997
- 4) 速水佑次郎・神門善久『農業経済論 新版』岩波書店, pp.290-295 (第 9 章第 4 節「条件不利地域の環境と社会」), 2002
- 5) 日本学術会議『地球環境・人間生活にかかわる農業及び森林の多面的な機能の評価について (答申)』2001
http://www.maff.go.jp/j/nousin/noukan/nougyo_kinou/
- 6) 三菱総合研究所『地球環境・人間生活にかかわる農業及び森林の多面的な機能の評価に関する調査研究報告書』(日本学術会議『地球環境・人間生活にかかわる農業及び森林の多面的な機能の評価について (答申)』の関連付属資料) 2001
- 7) 農業総合研究所 (農業・農村の公益的機能評価検討チーム)「代替法による農業・農村の公益的機能評価」『農業総合研究』52 (4), 113-142, 1998
- 8) 林野庁計画課『森林の公益的機能評価について』, pp.18-56 (第 2 章第 2 節「水源かん養機能」), 2001
- 9) 農林水産省『農業及び森林の多面的機能の貨幣評価の比較対照表』
http://www.maff.go.jp/j/nousin/noukan/nougyo_kinou/06_hikaku.html
- 10) 松井賢一『エネルギー問題!』NTT 出版, pp.10-73 (第 1 章「石油問題の本質—石油時代終わりの始まり, 第 2 章「息の長い石炭・急成長する天然ガス」), 2010
- 11) 朝野賢司『再生エネルギー政策論—買取制度の落とし穴』エネルギーフォーラム, pp.88-107 (第 4 章「温暖化対策として非効率」), 2011
- 12) 北原曜「植生の表面侵食防止機能」『砂防学会誌』54(5), 92-101, 2002
- 13) 池田英史・若松孝志・中屋耕・阿部聖哉 (電力中央研究所)『森林流域からの土壌流出に関する文献調査とモデル化への課題』電力中央研究所, pp.15-17 (第 3 章第 4 節「日本国内の流域に予測手法を適用する際の課題」), 2011
- 14) 林野庁『平成 23 年版 森林・林業白書』全国林業改良普及協会, 2011
- 15) 村井宏・岩崎勇作「林地の水および土壌保全機能に関する研究 (第 1 報) —森林状態の差異が地表流下, 浸透および侵食に及ぼす影響—」『林業試験場研究報告』274, 23-84, 1975
- 16) 日本治山治水協会『平成 21 年版 治山技術基準解説—総則・山地治山編』日本治山治水協会, pp.62-84 (第 2 編第 2 章第 7 節「水文調査」), 2009
- 17) 小松光・久米朋宣・大槻恭一「流域水収支データの現代的意義—森林蒸発散を考えるために—」『日本森林学会誌』89 (5), 346-359, 2007
- 18) 近藤純正「蒸発散量と降水量の気候学的関係—研究の指針」『天気』45(4), 269-277, 1998
- 19) 宇根豊「「生物多様性」と「多面的機能」を百姓は実感できるのか」『日本作物学会紀事』69, 277-285, 2000
- 20) 農林水産省『耕地及び作付面積統計・長期累年』2007
<http://www.e-stat.go.jp/SG1/estat/List.do?lid=000001061493>
- 21) 藤枝基久「森林流域の保水容量と流域貯留量」

- 『森林総合研究所研究報告』6(2), 101-110, 2007
- 22) 国土交通省水管理・国土保全局水資源部『平成23年版 日本の水資源—気候変動に適應するための取り組み—』ミツバ総合印刷, pp.56-75 (第2編第1章「水の循環と水資源の賦存状況」, 第2章「水資源の利用状況」), 2011
- 23) 栗山浩一「農林業政策における環境評価の役割」『林業経済研究』46(1), 69-74, 2000
- 24) 「中山間地域 置き去りに」日本農業新聞, 2011年10月28日
- 25) 星野義延「二次草原」『図解 日本の植生』(福島司・岩瀬徹編) pp.120-123, 朝倉書店, 2005
- 26) 林野庁『平成24年度 林野庁関連予算概算決定の概要』2011
<http://www.rinya.maff.go.jp/j/rinsei/yosankesan/pdf/24k-00a.pdf>
- 27) Japan Satoyama Satoumi Assessment, 'Satoyama - Satoumi Ecosystems and Human Well-being: Socio-ecological Production Landscapes of Japan - Summary for Decision Makers', United Nations University, 2010
- 28) 種田行男「農地の土壌侵食量の予測」『農業土木学会論文集』56, 8-12, 1975

附章 三菱総研試算（抜粋）

この章の内容は、次の文献から、本稿に関連する部分を抜粋したものである。

三菱総合研究所『地球環境・人間生活にかかわる農業及び森林の多面的な機能の評価に関する調査研究報告書』（日本学術会議『地球環境・人間生活にかかわる農業及び森林の多面的な機能の評価について（答申）』の関連付属資料）2001

附.1 森林の二酸化炭素吸収機能

附.1.1 評価の考え方

木質バイオマスの増量から森林の二酸化炭素吸収量を算出し、石炭火力発電所における化学的湿式吸着法という二酸化炭素回収技術コストにより評価する。

附.1.2 計算諸元

① 森林の二酸化炭素吸収量（機能物理量）

森林の成長による木質バイオマスの増加と伐採による減少の差から森林の炭素貯蔵量の増減を計算する（1995年時点）。

それをもとに森林の二酸化炭素吸収量を求めると以下のとおりである。

* 木質バイオマスの増 $(F-L) = 53,200$ 千 t/年 (M)

* 炭素含有係数 = 0.5 (N)

* 森林における炭素貯蔵量の増 $(M \times N) = 26,600$ 千 t-C/年 (O)

* 炭素から CO₂ への換算係数 = 44/12 (P)

* 森林の CO₂ 吸収量 $(O \times P) = \underline{97,533}$ 千 t-CO₂/年 (Q)

→表附1, 表附2, 表附3 参照

② 火力発電所における化学的湿式吸着法によるCO₂回収コスト

財団法人電力中央研究所は、火力発電所における化学的湿式吸着法によるCO₂回収コストを以下のように求めている。

表附1. 森林の成長による木質バイオマス増加量

区分	haあたり幹材積生産量 *1 A	換算係数		haあたりバイオマス増加量 (乾燥重量) D=A×B×C	森林面積 *4 E	バイオマス増加量 (乾燥重量) F=D×E
		枝葉・根 *2 B	容積密度 *3 C			
人工林	m ³ /ha 7.3		t/m ³ 0.4	t/ha 4.96	千 ha 10,398	千 t 51,574
天然林	1.7	1.7	0.6	1.94	13,382	25,961
合計					23,780	77,535

注：

*1 (95年森林蓄積-90年森林蓄積+5年間の伐採量) ÷ (5年×90年森林面積)

*2 科学技術庁資料

*3 森林総合研究所資料

*4 林野庁(1997)「林業統計要覧」

表附2. 伐採による木質バイオマスの減少

区分	素材生産量 *5 G	素材生産量から伐採材積への換算係数 *6 H	伐採材積 I=G×H	換算係数		バイオマス減少量 (乾燥重量) L=I×J×K
				枝葉・根 *7 J	容積密度 *8 K	
丸太	千 m ³ 22,915	1/0.79	千 m ³ 29,006	1.74	t/m ³ 0.44	千 t 22,335
椎茸原木	1,055	1/0.79	1,335	1.90	0.60	1,522
薪炭材	332	1/0.79	420	1.90	0.60	479
合計	24,302		30,761			24,335

注：

*5 林野庁(1997)「林業統計要覧」

*6 林野庁業務資料

*7 科学技術庁資料

*8 森林総合研究所資料

表附3. 木質バイオマスの増減→炭素貯留量の増減

バイオマスの増減 (千 t) M=F-L	炭素含有係数 N	炭素貯留量の増減 (千 t) O=M×N	炭素→CO ₂ 換算係数 P	CO ₂ 吸収量 (千 t) Q=O×P
53,200	0.5	26,600	44/12	97,533

*方法：化学的湿式吸着法＝（モノエタノールアミン法＝MEA法）

吸収溶液に排ガス中の二酸化炭素を吸収させ塩を作り、その塩を加熱することにより二酸化炭素を分離回収する。

*規模：100万KW級石炭火力発電所

*ガス流量： $3 \times 10^8 \text{Nm}^3/\text{hr}$

N＝ノルマルとは標準ガス量の意である。ガス流量は温度により変化するが、標準は15℃。

*炭酸ガス放出量：21,200 t-CO₂/day

*年間CO₂処理：4,770千t-CO₂（＝21,200 t-CO₂/day × 250日 × 回収率0.9）

*稼働率及び時間：70%，6,000hr/年（＝250日 × 24hr）

*回収装置建設費：961億円

*回収装置減価償却費：54億円/年（ア）

減価償却期間16年，残存価格10%

（961億円－961億円×10%）÷16年＝54億円/年

*回収施設運転費：275億円/年（イ）

*CO₂処理費：277億円/年（ウ）

（年間CO₂処理量4,770千t-CO₂/年 × 処理単価5,800円/t-CO₂）

以上から、100万KW級石炭火力発電所において年間4,770千t-CO₂のCO₂を処理するコスト総額を算出すると、606億円/年（（ア）＋（イ）＋（ウ））となり、それからCO₂1t当たりのコストを計算すると12,704円/t-CO₂となる。

*火力発電所における化学的湿式吸着法によるCO₂回収コスト＝（54億円/年＋275億円/年＋277億円/年）÷4,770千t-CO₂/年＝606億円/年÷4,770千t-CO₂/年＝12,704円/t-CO₂

附.1.3 評価額

*火力発電所における化学的湿式吸着法によるCO₂回収コストから算出した評価額＝12,704円

/t-CO₂ × 97,533千t-CO₂/年＝1兆2400億円/年

附.2 森林の表面侵食防止機能

附.2.1 評価の考え方

有林地と無林地における土砂の年間侵食深の差と森林面積により、森林地域全体の侵食土砂量と森林地域が全て無立木地とした場合の侵食土砂量を求め、両者の差を森林による土砂侵食防止量とし、これを堰堤で代替する。

附.2.2 計算諸元

① 森林による土砂流出防止量

表附4は、地質区分ごとの有林地と無林地の年間侵食深、年間侵食土砂量、土砂侵食防止量を示している。この年間侵食深は昭和47年評価の際、各種の文献等から導き出された数値である。これによると有林地で0.01mm～0.1mm、無林地で10～50mmとなっている。

一般に、地被別の年侵食土量の概数は、表附5に示したとおりといわれており、47年評価の数値はこの概数の範囲内であることから、今回の評価もこれを用いる。

森林による土砂侵食防止量（有林地と無林地の侵食土砂量の差）は56.77億m³/年であり、1995年の森林面積2,515万haによる補正（2,515万ha ÷ 2,520万ha）をかけると56.65億m³/年となる。

*土砂流出防止量＝56.77億m³/年 × （2,515ha ÷ 2,520ha）＝56.65億m³/年

ところで、土砂流出量は傾斜にも大きく左右される。侵食土砂量を推定するUSLE式では、傾斜度5度未満の土砂流出量は、森林の平均傾斜度である25度の侵食土砂量と比較しておよそ3.5%に過ぎない。このため、傾斜度5度未満の森林につ

表附 4. 森林の土砂侵食防止量（年間）の計算

地質区分	森林面積 (万 ha) A	年間侵食深 (mm/年) B		侵食土砂量 (百万 m ³) A×B		侵食土砂量 の差 (百万 m ³) C-D
		無林地	有林地	無林地 C	有林地 D	
第三紀堆積岩	428	20	0.05	856	2	854
中・古生層堆積岩	623	10	0.01	623	1	622
変成岩	232	20	0.05	464	1	463
花崗岩	287	50	0.10	1,435	3	1,432
火山岩	610	10	0.01	610	1	609
火山灰	340	50	0.10	1,700	3	1,697
合計	2,520			5,688	11	5,677

表附 5. 地被別の年侵食土量の概数

地被別	荒廃地	裸地	農耕地	草地・林地
年間侵食土量 (mm)	10 ² ~10 ¹	10 ¹ ~10 ⁰	10 ⁰ ~10 ⁻¹	10 ⁻¹ ~10 ⁻²

いては、機能物理量から外すこととする。

したがって、

$$* \text{土砂流出防止量} = 56.65 \text{ 億 m}^3/\text{年} - (56.65 \text{ 億 m}^3/\text{年} \times 8.9\%) = \underline{51.61 \text{ 億 m}^3/\text{年}}$$

となる。なお、8.9%は傾斜度 5 度未満の森林面積の割合である。

②堰堤建設費

全国治水砂防協会（1993）「砂防便覧」より、1985 年以降に着工した全国の主要堰堤（直轄）36 ヶ所の建設費と計画貯砂量から、計画貯砂量 1m³あたりの堰堤建設費を算出する。

$$* \text{計画貯砂量 } 1\text{m}^3 \text{ あたり堰堤建設費} = 257.815 \text{ 億円} \div 4,815.4\text{m}^3 = \underline{5,354 \text{ 円/m}^3}$$

$$* \text{平成 10 年価格に置き換え} = 5,354 \text{ 円/m}^3 \times \text{治水工事費デフレーター (104.6/102.3)} = \underline{5,475 \text{ 円/m}^3}$$

附. 2. 3 評価額

* 堰堤で代替した土砂流出防止機能評価額

$$= 51.61 \text{ 億 m}^3/\text{年} \times 5,475 \text{ 円/m}^3 = \underline{28 \text{ 兆 } 2565 \text{ 億円/年}}$$

附. 3 森林の洪水緩和機能

附 3.1 評価の考え方

直接流出量（洪水流量）を軽減し、豪雨時のピーク流量を低下・遅延させる森林の機能を洪水防止機能として評価することとし、森林と裸地との比較において、100 年確率雨量の流量調節量を算出し、これを治水ダムで代替する。

附 3.2 計算諸元

① 流量調節量（機能物理量）

ア 100年確率雨量強度の試算

各観測地点において、治山事業において使用されている直接解法（ピアソンⅢ型分布）により、100年確率雨量強度を求め、それぞれの観測地点における100年確率雨量強度を各都道府県単位で平均し、各都道府県における100年確率雨量強度を求めた。

イ 森林の流量調節量

合理式により都道府県ごとに流量調節量を求めた。流量調節量の全国計は、1,285,996m³/secとなる。

*合理式による流量調節量

$$Q \text{ (m}^3\text{/sec)} = A \text{ (千 ha)} \times R \text{ (mm/h)} \times f \times (1000 \div 360)$$

ここで、Q: 流量調節量, A: 森林面積, R: 100年確率雨量強度, f: 森林と裸地の流出係数の差（裸地 0.9－森林 0.6= 0.3）

（治山事業における技術基準より）

② 治水ダムの減価償却費及び年間維持費

治水ダムの総事業費、洪水調節量合計から、洪水調節量あたりの減価償却費を償却期間100年、利子率5%として計算する。年間維持費は減価償却費の1%とする。

*治水ダム総事業費=8321.00億円

1998年度治水ダム建設事業費一覧表（日本ダム協会（1999）「ダム年鑑」61～62ページ）より、43の治水ダムの総事業費。

*洪水調節量計=8,416m³/sec

（前出「ダム年鑑」より）

*洪水調節量あたり治水ダム総事業費=8321.00億円÷8,416m³/sec=9887万円/（m³/sec）

*洪水調整量あたり治水ダム減価償却費
=9887万円/（m³/sec）×0.05×（1+0.05）¹⁰⁰／{（1+0.05）¹⁰⁰－1} =498万円/年・（m³/sec）

（償却期間100年、利子率5%）

*洪水調整量あたり治水ダム年間維持費=498万円/年×1%=5万円/年・（m³/sec）

（減価償却費の1%）

附. 3.3 評価額

*治水ダムで代替した洪水防止機能評価額

=1,285,996m³/sec×{498円/年・（m³/sec）+5万円/年・（m³/sec）} =6兆4686億円/年

附. 4 水資源貯留機能

附. 4.1 評価の考え方

森林地帯への降水量から樹冠による遮断、樹木による蒸発散を差し引いて森林土壌による流域貯留量（裸地との差を考慮）を算出し、これを利水ダムで代替する。

附. 4.2 計算諸元

① 流域貯留量（機能物理量）

まず、森林地帯への平均降水量から平均蒸発散量を差し引き、森林面積を乗じて貯留量を算出する。この場合、裸地においても降雨の10%は浸透するものと考え、森林地帯への平均降雨量に0.9を乗じる。

ア 森林地帯への平均降雨量

降雨量は、森林地帯と都市部とは異なることから、より詳細に森林地帯への降雨量を算出するため、アメダスデータを使用することとした。

全国の森林143地点における平成6年から平成10年までの降水量をアメダスメッシュデータか

ら調べ、森林地帯への平均年間降水量を求めた。

イ 森林からの蒸発散量

森林からの蒸発散量については、森林総合研究所、各大学等における森林地域における年蒸発散量の調査データを元に、割合を設定した。

ウ 裸地における貯留量

裸地における貯留量は、以下のデータを参考に10%と見込んだ。

*裸地における降雨分配は、表面に一時保留し蒸発するもの（消失）約40%、降雨直後の表面流出約55%、貯留約5%といわれていること

*火山灰地における地被別の浸透強度の調査データによると、雨量強度400mm/hrに対する流下量において、裸地は40mm/hr以下の浸透強度であること

*治山事業における技術基準において、不毛岩石地の流出係数（降雨量に対する溪流に流入する雨水流出量の比率）を、0.7~0.9としていること

エ 流域貯留量（年間）

= 森林面積 × (森林地帯の平均降水量 × 裸地の流出係数 - 平均蒸発散量) = 1864.25 億 m³/年

上式による都道府県別の流域貯留量を推定し、全国を合計すると1864.25 億 m³/年となる。これを1秒あたりの水量に割り戻すと、5,911.50m³/secとなる。

* 1864.25 億 m³/年 ÷ (365 日 × 86,400sec/日)
= 5,911.50m³/sec

② 利水ダムの減価償却費及び年間維持費

利水ダムの総事業費、開発流量合計から、上水道開発水量あたりの減価償却費を償却期間80年、利子率5%として計算し、年間維持費は減価償却

費の1%とする。

* 利水ダム総事業費 = 9 兆 5546.13 億円

1 万 m³/sec ~ 100 万 m³/sec の上水道専用ダム及び上水道関連ダム 266 ヶ所の総事業費（前出「ダム年鑑」488~529 ページ）。

* 上水道開発水量計 = 28,774,680m³/日 ÷ 86,400sec/日 = 333.040m³/sec（「ダム年鑑」）

* 上水道開発水量あたり利水ダム総事業費 = 9 兆 5546.13 億円 ÷ 333.040m³/sec = 286.89 億円 / (m³/sec)

* 上水道開発水量あたり利水ダム減価償却費 = 286.89 億円 / (m³/sec) × 0.05 × (1 + 0.05)⁸⁰ / { (1 + 0.05)⁸⁰ - 1 } = 14.64 億円/年・(m³/sec)
(償却期間80年、利子率5%)

* 上水道開発水量あたり利水ダム年間維持費 = 14.64 億円/年 × 1% = 1460 万円/年・(m³/sec)
(減価償却費の1%)

附. 4. 3 評価額

* 利水ダムで代替した流域貯留機能評価額 = 5,911.50m³/sec × { 14.64 億円/年・(m³/sec) + 1460 万円/年・(m³/sec) } = 8 兆 7407 億円/年

附. 5 農業の洪水防止機能

附. 5. 1 算定式

A 評価額（水田）（円/年） = (水田（低平地水田除く）の有効貯水量（m³） + 低平地水田（受益建物あり）の有効貯水量（m³）) × (有効貯水量あたりダム減価償却費（円/m³） + 貯水量あたりダム維持管理費（円/m³）)

B 評価額（畑）（円/年） = 畑の有効貯水量（m³） × (有効貯水量あたりダム減価償却費（円/m³） + 貯水量あたりダム維持管理費（円/m³）)

附 5.2 諸元

A 水田

○水田（低平地水田除く）の有効貯水量（ m^3 ）：
430567 万 m^3 （平成 12 年，全国）

（畦畔高（m）－平均湛水深（m））×水田面積（低平地水田除く）（ m^2 ）

【データ】

□畦畔高（m）：整備田 0.30m=30cm（志村（1982）），未整備田 0.17m=17cm（農林水産省資源課調査）

□平均湛水深（m）：0.03m =3cm（志村（1982））

□水田面積（低平地水田除く）（ m^2 ）：水田面積－低平地水田面積

・水田面積（ m^2 ）：農政局別（平成 12 年）「耕地及び作付面積統計」本地面積

・低平地水田（ m^2 ）：農政局別（平成 6 年）「基幹水利施設整備状況調査」排水機場受益計画面積より推計

□ほ場整備率（%）：農政局別（平成 11 年）「農用地建設業務統計」

○低平地水田の有効貯水量（受益建物あり）（ m^3 ）：
76952 万 m^3 （平成 12 年，全国）

（畦畔高（m）－平均湛水深（m））×低平地水田面積（ m^2 ）×洪水防止機能受益率

【データ】

□畦畔高（m）：整備田 0.30m=30cm（志村（1982）），未整備田 0.17m=17 cm（農林水産省資源課調査）

□平均湛水深（m）：0.03m=3cm（志村（1982））

□低平地水田（ m^2 ）：（平成 6 年データ）「基幹水利施設整備状況調査」排水機場受益面積

□洪水防止機能の受益対象となる建物等が存在する低平地水田率：0.75（農業環境技術研究所（1998））

建物用地 33,000 m^2 以上のメッシュの水田面積（ha）／湿性土壌が第 1 位土壌のメッシュの水田面積（ha）=765,918ha／1,018,680ha=0.75

□ほ場整備率（%）：農政局別（平成 11 年）「農用

地建設業務統計」

○有効貯水量あたりダム減価償却費（円/ m^3 ）：
302.5 円/ m^3 ～969.2 円/ m^3 （平成 12 年，農政局別）
有効貯水量あたりダム建設費（円/ m^3 ）× i × $(1+i)^n$ ／ $\{(1+i)^n-1\}$

【データ】

□有効貯水量あたり治水ダム建設費（円/ m^3 ）：
6,281 円/ m^3 （東北）～18,992 円/ m^3 （北陸）（竣工年 2000 年以降）

（日本ダム協会（2001）「ダム年鑑」水系別ダム一覧による。2000 年時点での評価は，竣工年が 2000 年以降のダムを適用）

□耐用年数（n）：80 年（「土地改良事業における経済効果の測定に必要な諸係数」による）

□利子率（i）：0.05（土地改良法施行令 52 条 2）

○有効貯水量あたりダム年間維持費（円/ m^3 ）：2.34 円/ m^3 （平成 7 年，全国平均）

【データ】

□有効貯水量あたりダム年間維持費（円/ m^3 ）：2.34 円/ m^3

（「基幹水利施設整備状況調査」貯水池維持管理費（平成 7 年）から貯水量あたり維持管理費を算定）

B 畑

○畑の有効貯水量（ m^3 ）：80006 万 m^3 （平成 12 年，全国）

作土層厚（m）×有効孔隙率×畑地面積（ m^2 ）

【データ】

□作土層厚（m）：0.2m=20cm（農業総合研究所（1998））

□有効孔隙率：0.187（農業総合研究所（1998））

□畑地面積（ m^2 ）：農政局別（平成 12 年）「耕地及び作付面積統計」本地面積

附 5.3 文献資料^(筆者注1)

志村博康 (1982) 「水田・畑の治水機能評価」農業土木学会誌, 50, 1
農林水産省構造改善局 (平成 12 年 7 月) 「農用地建設業務統計」
農林水産省構造改善局 (平成 6 年 8 月) 「わが国の農地の現況—第 3 次土地利用基盤整備基本調査—」
農林水産省構造改善局 (平成 7 年) 「基幹水利施設整備状況調査」
農業環境技術研究所 (1998) 「農業環境研究成果情報 (第 14 集)」
財団法人日本ダム協会 (2001) 「ダム年鑑」
昭和 60 年 7 月 1 日 60 構改 C 第 690 号構造改善局長通達 (最終改正平成 8 年 10 月 23 日 8 構改 C 第 463 号) 「土地改良事業における経済効果の測定に必要な諸係数」

附. 6 河川流況安定機能 (水資源かん養機能)

附. 6.1 算定式

評価額 (流況安定寄与分) (円/年) = 水田の開発流量 (m^3/s) \times (開発流量当たり利水ダム減価償却費 (円/ (m^3/s)) + 開発流量あたりダム維持管理費 (円/ (m^3/s)))

附. 6.2 諸元

○水田の開発流量 (m^3/s) : $623m^3/s$
1 日あたり地下浸透量 (m) \times かんがい日数 (日) \times 水稲作付面積 (低平地水田除く) (m^2) \times 河川還元率 / (365 (日) \times 86,400 (s/日))

【データ】

□整備水田 1 日あたり地下浸透量 (m) : $0.0179m = 17.9mm = 22.8mm - 4.9mm$
・整備水田減水深 : $22.8mm$ (事業計画書地域別平

均を加重平均, 農林水産省地域計画課調べ)

・平均的な蒸発散量 : 1 日あたり $4.9mm$ (中川昭一郎)

□未整備水田 1 日あたり地下浸透量 (m) : $0.0141m = 14.1mm = 19.0mm - 4.9mm$

・未整備水田減水深 : $19.0mm$ (事業計画書地域別平均を加重平均, 農林水産省地域計画課調べ)

・平均的な蒸発散量 : 1 日あたり $4.9mm$ (中川昭一郎)

□かんがい日数 (日) : 田植期 ~ 出穂期 + 30 日 (作物統計より農政局別に算定)

□ほ場整備率 (%) : 農政局別 (平成 11 年) 「農用地建設業務統計」

□水稲作付面積 (低平地水田除く) (m^2) : (水田面積 (m^2) - 低平地水田面積 (m^2)) \times 水稲作付面積 (m^2) / 水田面積 (m^2)

・水田面積 (m^2) : 農政局別 (平成 12 年) (「耕地及び作付面積統計」本地面積)

・低平地水田 (m^2) : 農政局別 (平成 6 年) (「基幹水利施設整備状況調査」排水機場受益面積 (平成 7 年))

・水稲作付面積 : 農政局別 (平成 12 年) (「作物統計」)

□河川還元率 : 0.75 (利根土地改良調査事務所 (平成 2 年) 地表水還元 $1,080mm$ / 地下浸透 $1,440mm = 0.75$)

○開発流量あたり利水ダム年間減価償却費 (円/ (m^3/s)) : $2,349$ 百万円/ (m^3/s) (平成 12 年, 全国平均)

開発流量あたり上水関連ダム建設費 (円/ m^3) $\times i \times (1+i)^n / \{(1+i)^n - 1\}$

【データ】

□開発流量あたり上水関連ダム建設費 (円/ (m^3/s)) : 46040 百万円/ (m^3/s) (竣工年 2000 年以降)

(日本ダム協会 (2001) 「ダム年鑑」上水専用ダムおよび上水道関連ダム一覧による。竣工年が 2000

年以降のダムを適用)

□耐用年数 (n) : 80 年 (「土地改良事業における経済効果の測定に必要な諸係数」による)

□利子率 (i) : 0.05 (土地改良法施行令 52 条 2)

○開発流量あたり利水ダム年間維持費 (円/
(m^3/s)) : 0.038 百万円/ (m^3/s) (平成 12 年, 全国平均)

有効貯水量あたりダム年間維持費 (円/ m^3) \times 開発流量あたり有効貯水量 ($\text{m}^3 / (\text{m}^3/\text{s})$)

【データ】

□有効貯水量あたりダム年間維持費 (円/ m^3) : 2.34 円/ m^3

(「基幹水利施設整備状況調査」貯水池維持管理費 (平成 7 年) から貯水量あたり維持管理費を算定)

□開発流量あたり有効貯水量 ($\text{m}^3 / (\text{m}^3/\text{s})$) : 16,390 $\text{m}^3 / (\text{m}^3/\text{s})$ (竣工年 2000 年以降)

(日本ダム協会 (2001) 「ダム年鑑」上水専用ダムおよび上水道関連ダム一覧による。竣工年が 2000 年以降のダムを適用)

附. 6.3 文献資料 (著者注 2)

農林水産省利根川土地改良調査事務所 (平成 2 年)

「利根川水系における水田のもつ多面的機能の計量的評価について」

農業水利研究会 (1980) 「日本の農業用水」地球社

農林水産省構造改善局 (平成 12 年 7 月) 「農用地建設業務統計」

農林水産省構造改善局 (平成 6 年 8 月) 「わが国の農地の現況—第 3 次土地利用基盤整備基本調査—」

農林水産省構造改善局 (昭和 59 年 7 月) 「わが国の農地の現況—第 2 次土地利用基盤整備基本調査—」

農林水産省構造改善局 (昭和 51 年 3 月) 「わが国の農地の現況—土地利用基盤整備基本調査—」

財団法人日本ダム協会 (2001) 「ダム年鑑」

農林水産省構造改善局 (平成 7 年) 「基幹水利施設整備状況調査」

国土庁 (平成 12 年) 「日本の水資源」

山本荘毅 (1992) 「地下水水文学 (水文学講座 6)」共立出版

地下水政策研究会 (1994) 「わが国の地下水—その利用と保全—」大成出版

筆者注

筆者注 1 リストと本文との対応関係が整理されていなかった。なお、森林の評価方法の説明には、文献リストが存在しない。

筆者注 2 リストと本文との対応関係が整理されていなかった。なお、ここには地下水かん養に関する文献も含まれている。

電力中央研究所報告

[不許複製]

編集・発行人 一般財団法人 電力中央研究所
社会経済研究所長
東京都千代田区大手町1-6-1
電話 03 (3201) 6601 (代)
e-mail src-rr-ml@criepi.denken.or.jp

発行・著作・公開 一般財団法人 電力中央研究所
東京都千代田区大手町1-6-1
電話 03 (3201) 6601 (代)

印刷所 株式会社 ユウワビジネス
東京都千代田区神田須田町1-1
電話 03 (3258) 9380

ISBN978-4-7983-0799-2

