

ため池が里山林に生息する節足動物を中心とした 動物相に及ぼす影響

Effects of Small Reservoir Pond on Arthropod Fauna in Satoyama Forest

高橋大輔*	西順平**	斉藤大地**
Daisuke TAKAHASHI	Jumpei NISHI	Daichi SAITOH
	堀内聖志**	海津亮**
	Kiyoshi HORIUCHI	Ryo KAIZU
	馬場文秋**	朝妻裕之**
	Fumiaki BABA	Hiroyuki ASAZUMA
	小林慧**	山崎尊**
	Kei KOBAYASHI	Takeru YAMAZAKI

1. はじめに

里山とは、人間の居住地とともに、二次林、農地、ため池、草地などの異なるタイプの生態系のモザイクで構成されるランドスケープ（景観）を示す言葉である（日本の里山・里海評価 2010）。里山は、農作物や肥料、家畜の餌料や燃料となる薪など様々な生態系サービスをより効率的に得られるように人が改変して形成された二次的自然であり、自然状態ではみられない様々な植生遷移の段階が存在する。加えて、里山林などの陸上生態系だけでなく、水田およびため池などの水界生態系も含まれるため環境の異質性が高く、状態の異なる環境を好む多くの生物の共存が可能な生物多様性の高い空間を産み出すと共に、絶滅危惧種の約半数が生息する日本の主要なホットスポットとなっている（石井 2005）。森に恵まれた日本において、その国土のおよそ4割は里地里山林であると推定されており（環境省自然環境局自

然環境計画課 2009）、里山は我が国の自然環境の保全を考える上で重要な生態系要素としての認識が高まりつつある。

近年、生物多様性の低下による里山生態系の単純化とそれに伴う里山生態系サービスの悪化が懸念されている（日本の里山・里海評価 2010）。このような里山生態系の悪化は、昨今の農業従事者の減少や化石燃料に依存したエネルギー生産などを通じた人々のライフスタイルの変化が一因と考えられている。里山に依存しない生活様式は、里山における生態系サービスの利用価値を低下させることになり、里山への人々の関心の希薄化や里山の保全・管理の放棄につながる（日本の里山・里海評価 2010）。里山生態系サービスの持続可能な利用を目指す上で、生態系サービスの基盤となる生物多様性の維持や改善は必須であり、そのためには、多様な生物が生息するための環境の異質性の再生や創出が重要である

*環境ツーリズム学部教授

**環境ツーリズム学部卒業生

と思われる。

長野県上田市に広がる塩田平は、年間降水量が極めて少なく (<1000mm/年)、また、ため池築堤用の良質の粘土が豊富である土壌特性から、主に水田農業の用水の確保のために古くから数多くのため池が造成された歴史を持つ。この塩田平のため池群は、2010年に農林水産省のため池百選にも選定されており、ため池は地域住民にとってなじみの深い景観要素の一つといえる(上田小県近現代史研究会 2000)。このように塩田平のシンボルとも呼べるため池は最盛時の1960年頃には300を超える数だったが、年々数を減らしており、現在は農業用に利用されているため池はわずか40程度にまで落ち込んでいる(上田小県近現代史研究会 2000)。

塩田平のため池の多くは平地部でみられるが、いくつかは森林の保水機能を利用して里山林内に造成されている。林内における水辺の創出は、様々な生物にとっての生息環境の異質性を産み出し、結果として生物多様性を増加させることが予想される。ため池文化が根付くこの塩田平において、里山林内におけるため池の再生や新規の造成は、地域住民の里山環境への関心を誘起すると共に、里山林の生物多様性の維持や向上に寄与するこの地域特有の手法になり得ることが期待される。

今回、人工的に造成された林内水域が里山林の生物の種多様性にもたらす効果を推定するために、里山林内に造成されたため池ならびにその周辺において節足動物を中心とした動物相調査を行ったのでここで報告する。

方法 調査場所

調査は、長野県上田市に立地する長野大学の敷地内にある6.5haの里山林「AUN長野大学恵みの森(通称、恵みの森)」で行われた。恵みの森を構成する主な樹種はクスギ、コナラ、アカマツである。この森には2008年6月に造成された直径約3mの小規模なため池(36°22'N,138°13'E、標高490m)が存在する(図1)。このため池は、ため池の構造や造成技術に詳しい地域住民のアドバイスの元、塩田平に古くから伝わる伝統的なため池造成技術を取り入れ、長野大学の学生と教員によって手作業で造られたものである。2012年6月には、ため池の北側を水平方向に50cm程度、鉛直方向に20cm程度掘削する拡張工事



図1. AUN 長野大学恵みの森に造成されたため池。
写真の杭は 1m×1m の小区画を作成するために打たれたもの。2012年3月に撮影。

が同じく手作業により行われた。ため池が造成された場所は、森に降った雨水が流れる谷筋であり、土壌は粘土質で水の透水性は極めて低く、ため池底面にビニールシートを設置するなど水抜を防止するための処理は行っていない。このため池は谷筋の低標高側に粘土で堤を造ることで雨水を溜める谷池であり、ため池内の水には地下水は含まれない。ため池上流部に農耕地や民家はなく、ため池の水質はリン酸濃度や亜硝酸濃度が極めて低い貧栄養の状態が維持されている(高橋大輔 未発表データ)。

水温と水深の測定

ため池の基本的な環境特性を知るために、2010年10月から2013年3月にかけて、池の水温と水深を同時に計測できるデータロガー(U20ウォーターレベルロガー、HOBO社)1台を池の最深部に設置し30分間隔で計測した。また、池の周縁から約30cm程度離れた位置(地表高は約30cm)に同型のデータロガーを1台設置し、30分間隔で計測を行った。そして、このデータロガーから得られた大気圧データを用いて水深のデータを補正した。

生物採集

ため池が里山林の種多様性に及ぼす影響を知るために、恵みの森内において、ため池を中心とした調査区(以後、ため池造成区)とため池から約100m離れた林内に調査区(非造成区)を1つずつ設置した。それぞれの区画のサイズは10m×10mであり、各調査区は1m×1mの小区画にさらに細分された。ため池造成区と非造成区における節足動物を中心とする動物相を把握するために、2011年5月から11月にかけて

て、月毎に1~2回、それぞれの調査区において無作為に5つの小区画を選び、選択された小区画内の表層約5cm程度の土壌を採取し、土壌表面および土壌内に含まれる体サイズが約5mm以上の動物を採集した。また、ため池造成区、非造成区共に小区画内に草本植物が存在する場合はたも網（直径約30cm；目合い3mm×3mm）を用いて数回のスィーピングも合わせて行った。さらに、ため池造成区において、無作為に選択された小区画がため池内であった場合は、たも網を用いて池の表中層を数回スィーピングすると共に、底層の落葉や泥をすくい、それらに含まれる動物を採集した。選択した小区画内の水中に植物が生えていた場合は、その植物ごと表中層でのスィーピングを行った。

採集された動物は実体顕微鏡を用いて種同定を行った。同定には「日本産水生昆虫検索図説」（川合 1992）、「日本産クモ類」（小野 2009）、「見つけよう信州の昆虫たち」（田下ら 2009）、「日本産アリ類画像データベース」（アリ類データベース作成グループ 2008 2008）、「日本産土壌動物第二版」（青木 2015）を主に使用した。それぞれの調査区において5つの小区画から採集された各動物の個体数を月毎に合計し、その月の動物相のデータとして取り扱った。また、調査区における動物種の季節消長のパターンを知るために、それぞれの調査区においてある月の調査回でのみ採集された種（1月数で採集された種とする）、2~3月数の調査回で採集された種、4~5月数の調査回で採集された種、6月数以上の調査回で採集された種の4つのカテゴリーに分け、それぞれのカテゴリーに含まれる種数の全種数に対する割合を計算した。さらに、調査期間中に両調査区で採集された各動物種の個体数を合計したデータを用い、種多様性の指標の一つである Shannon-Wiener の多様度指数 (Krebs 1999) を計算した。この指数は0以上の数値をとり、大きいほど種多様性が高いことを意味する。加えて、ため池が里山林の動物相に及ぼす影響を推測するために、ため池造成区と非造成区の種組成のデータを用いて Morisita の重複度指数 (Krebs 1999) を計算した。この指数は0から1の数値をとり、1に近いほど群間の種組成の類似性が高いことを示す。

結果

ため池の物理的環境

ため池内の水温の変動幅は0.89~26.8 °C（平均

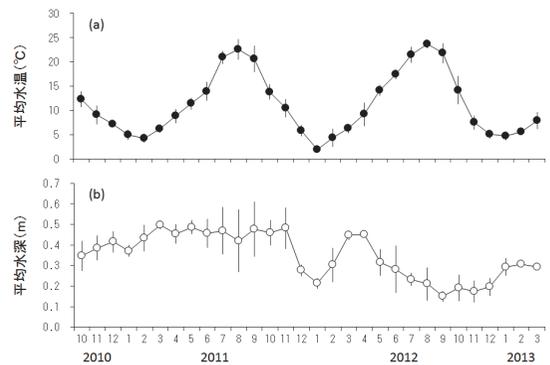


図2. ため池の水温(a)および水深(b)の経時変化。各プロットは月毎の平均値で、縦線は標準偏差を示す。

11.3 °C±6.6標準偏差, N = 42551) で、夏季において上昇し、冬季に低下した(図2a)。また、大きな年変動は確認されなかった。

水深は0.27~0.51 m (0.35 m±0.13, N = 42551) の範囲で変動を示した(図2b)。水深の年変動は大きく、2010年の秋季から2011年の秋季にかけて大きな変化は示さなかったが、2011年の秋季から2012年の冬季では大きく低下し、そして一旦水深が上昇した後、夏季から秋季にかけて再び低下した。

ため池造成区の動物相

ため池造成区において、12目25科34種の動物が採集された(表1)。分類群としてはクモ目が最も多く(9種)、次いでハチ目(7種)が多くみられた。また、ため池内ではヤブヤンマやオオシオカラトンボなどトンボ目の幼生が採集された。採集された動物種の総個体数は1125個体で、ヤブヤンマの幼生が最も多く、次いでマツモムシやオオシオカラトンボの幼生など水生昆虫が多数を占めた。Shannon-Wienerの多様度指数は3.055であった。種数は6月にかけて増加した後、7月に一旦減少した(図3)。そして、10月に再び上昇し、12月にかけて減少した。また、全ての月でみられたヤブヤンマの幼生や7月と9月を除く月で採集されたニホンヒメフナムシのように調査期間を通して頻繁にみられた種は例外的であり、全種数の半数以上(61.8%)はある特定の月のみで採集された(図4a)。

表1. ため池造成区において採集された動物種と個体数。種名における*は水生昆虫を示す。トンボ目の3種は全て幼生（ヤゴ）。

目	科	種名	学名	個体数							合計	
				5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月		
ハチ	アリ	アミメアリ	<i>Pristomyrmex punctatus</i>					18			18	
		クロオオアリ	<i>Camponotus japonicus</i>	27							27	
		ムネアカオオアリ	<i>Camponotus obscuripes</i>			15					15	
		シワクシケアリ	<i>Myrmica kotokui</i>			16					16	
		シリアゲアリ属の一種	<i>Crematogaster</i> sp.			2					2	
		トビロケアリ	<i>Lasius japonicus</i>			17					17	
		ルリアリ	<i>Ochetellus glaber</i>						19	19		
トンボ	トンボ	オオシオカラトンボ*	<i>Orthetrum triangulare melania</i>		44			22		22	88	
		ヤマトンボ	コヤマトンボ*	25		25			25		75	
		ヤンマ	ヤブヤンマ*	23	46	23	23	46	46	23	230	
カメムシ	アメンボ	アメンボ*	<i>Aquarius paludum japonicus</i>					32			32	
		カメムシ	ウズラカメムシ				3				3	
		マツモムシ	マツモムシ*					24	48	24	96	
コウチュウ	ハネカクシ	アオバアリガタハネカクシ	<i>Paederus fuscipes</i>	28				28			56	
		ハイロハネカクシ	<i>Eucibidulus japonicus</i>			29					29	
		オサムシ	オオクロツヤヒラタゴミムシ	<i>Synuchus nitidus</i>						31	31	
チョウ	ヒトリガ	クビウスグロホソバ	<i>Macrobroschis staudingeri</i>				33			33		
クモ	コモリグモ	キバラコモリグモ	<i>Pirata subpiraticus</i>			4					4	
		ナガズキンコモリグモ	<i>Trochosa aquatica</i>	7			7		7		21	
		アシナガグモ	キララシロカネグモ	<i>Leucauge subgemma</i>						1	1	
		ウエムラグモ	イタチグモ	<i>Itatsina praticola</i>			2				2	4
		ネコグモ	ヤバネウラシマグモ	<i>Phrurolithus pennatus</i>					8			8
		ハエトリグモ	アオビハエトリ	<i>Siler vittata</i>				5				5
		ヒメグモ	オオヒメグモ	<i>Parasteatoda tepidariorum</i>						9		9
		ヤチグモ	クロヤチグモ	<i>Coelotes exitialis</i>					6	6		12
		ユウレイグモ	シモングモ	<i>Spermophora senoculata</i>							3	3
		コムシ	ハサミコムシ	ハサミコムシ属の一種	<i>Occasjapyx</i> sp.						34	34
		トビムシ	ツチトビムシ	ヒメツチトビムシ	<i>Proisotoma minuta</i>							35
オビヤスデ	ババヤスデ	キシヤヤスデ	<i>Parafontaria laminata armigera</i>			14	14				28	
		ババヤスデ属の一種	<i>Parafontaria</i> sp.			12					12	24
		ヤケヤスデ	ヤケヤスデ	<i>Oxidus gracilis</i>			11			11	11	33
ヒメヤスデ	ヒメヤスデ	フジヤスデ属の一種	<i>Anaulaciulus</i> sp.	13							13	
ワラジムシ	フナムシ	ニホンヒメフナムシ	<i>Ligidium japonicum</i>	1	2		2		2	1	8	
ナガミミズ	フトミミズ	フトミミズ属の一種	<i>Pheretima</i> sp.	21					21		42	

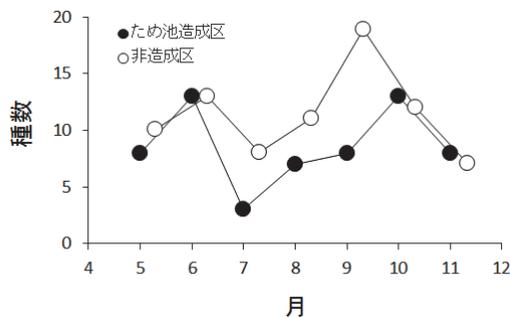


図3. ため池造成区（黒丸）と非造成区（白丸）において採集された動物種数の経時変化。

非造成区の動物相

非造成区においては、12月29科43種の動物が採集された（表2）。分類群としてはコウチュウ目とクモ目の種数が最も多く（共に11種）、次いでアリ目（6種）が多く採集された。採集された動物種の総個体数は1349個体で、フトミミズ科の一種の個体数が最も多く、ヒゲブトゴミムシダマシやアオスジアオリンガが次いで多くみられた。Shannon-Wienerの多様度指数は3.485であった。種数の季節的な変動パターンはため池造成区と類似しており、6月にかけて増加した後、7月に一旦減少した（図3）。そして、9月に再び上昇し、12月にかけて減少した。また、ほぼ全ての月でみられたニホンヒメフナムシのように調査期間を通じて頻繁に採集された種はわずかであ

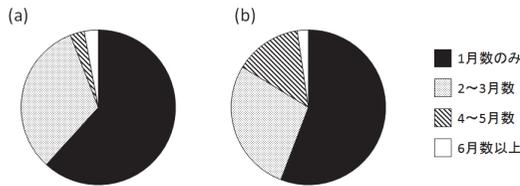


図4. ため池造成区 (a) と非造成区 (b) におけるそれぞれの月数カテゴリーに含まれる種数の全種数 (ため池造成区34種、非造成区43種) に対する割合。

り、半数以上 (55.8%) の種はある特定の月でのみ採集された (図4b)。この動物種の採集されるタイミングがある特定の月に集中する傾向はため池造成区と同様であった (Fisherの正確確率検定、 $p > 0.4$)。

ため池造成区と非造成区の動物相の比較

両調査区で採集された全64種の内、ため池造成区のみで採集されたのはヤブヤンマなどの水生昆虫やハイイロハネカクシなど21種、非造成区のみで採集

表2. 非造成区において採集された動物種と個体数。

目	科	種名	学名	個体数							合計	
				5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月		
コウチュウ	ゴミムシダマシ	アラメヒゲトゴミムシダマシ	<i>Luprops cribrifrons</i>					43			43	
		ヒゲトゴミムシダマシ	<i>Luprops orientalis</i>						35	35	70	
		ゴミムシダマシ科の一種	Tenebrionidae sp.	36		36						72
オサムシ		オオクロツヤヒラタゴミムシ	<i>Synuchus nitidus</i>	3	6		3		3		15	
		マイマイカブリ	<i>Damaster blaptoides</i>					45			45	
シデムシ		オオヒラタシデムシ	<i>Necrophila japonica</i>			39					39	
		ヨツボシヒラタシデムシ	<i>Dendroxena sexcarinata</i>					4			4	
ハネカクシ		アオバアリガタハネカクシ	<i>Paederus fuscipes</i>					27	54		81	
		ヒゲトハネカクシ属の一種	<i>Aleochara</i> sp.		26						26	
ケシキスイ		ナガコゲチャケシキスイ	<i>Amphicrossus lewisi</i>						44		44	
		ムナビロサビキコリ	<i>Agrypnus cordicollis</i>	31				31			62	
ハチ	アリ	クロクサアリ	<i>Lasius fuji</i>					24			24	
		ツヤクロヤマアリ	<i>Formica candida</i>							21	21	42
		ヤマクロヤマアリ	<i>Formica lemni</i>							22	22	44
		ムネアカオオアリ	<i>Camponotus obscuripes</i>						23			23
コハナバチ		シロスジカタコハナバチ	<i>Lasioglossum (Lasioglossum) occidens</i>				41				41	
ハナアブ		ヘリヒラタアブ	<i>Didea alneti</i>					42			42	
カメムシ	サシガメ	オオトビサシガメ	<i>Isyndus obscurus</i>					28			28	
		クロモンサシガメ	<i>Peirates turpis</i>			34					34	
ヘリカメムシ		オオヘリカメムシ	<i>Molipteryx fuliginosa</i>			29	29				58	
		アオスジアオリンガ	<i>Pseudoips prasinanus</i>	32	32						64	
チョウ	ヤガ	ヨトウガ	<i>Mamestra brassicae</i>			37					37	
		タテハチョウ	ヒメキマダラヒカゲ			33					33	
バッタ		コロギス	<i>Nippancistroger testaceus</i>			38					38	
ザトウムシ		マザトウムシ	<i>Leiobunum japonicum japonicum</i>					13			13	
クモ	コモリグモ	イナダハリグモモリグモ	<i>Pardosa agraria</i>					14			14	
		キバラコモリグモ	<i>Pirata subpiraticus</i>		4	4		4	4	4	20	
		ナガズキンコモリグモ	<i>Trochosa aquatica</i>			12			12		24	
		ヒノマルコモリグモ	<i>Tricca japonica</i>				7				7	
タナグモ		コタナグモ	<i>Cicurina japonica</i>					11			11	
		ヤマヤチグモ	<i>Tegeocoeletes corasides</i>	3				3	3	3	12	
アシナガグモ		キララシロカネグモ	<i>Leucauge subgemmea</i>					1			1	
ウエムラグモ		イタチグモ	<i>Itatsina praticola</i>		4			4	2	2	12	
ハエトリグモ		ミスジハエトリ	<i>Plexippus setipes</i>					9			9	
ホラヒメグモ		コホラヒメグモ	<i>Nesticella brevipes</i>		5		5				10	
ヤマシログモ		ヤマシログモ	<i>Dictis striatipes</i>			6					6	
オビヤスデ	ババヤスデ	キシヤスデ	<i>Parafontaria laminata armigera</i>	2	2		4	4			12	
		ババヤスデ属の一種	<i>Parafontaria</i> sp.		16			16			32	
ヤケヤスデ		ヤケヤスデ	<i>Oxidus gracilis</i>			15			3	15	33	
ヒメヤスデ		フジヤスデ属の一種	<i>Anaulacitulus</i> sp.						17		17	
オオムカデ		セスジアカムカデ	<i>Scolopocryptops rubiginosus rubiginosus</i>						19		19	
ワラジムシ		フナムシ	<i>Ligidium japonicum</i>	1	1	1	2	2	1		8	
ナガミミズ		フトミミズ	<i>Pheretima</i> sp.	25	5	25	25				80	

されたのはヒゲトゴミムシダマシヤアオスジアオリンガなど30種であった。また、両調査区で採集された種はオオクロツヤヒラタゴミムシヤキシヤスデなど13種であり、Morisitaの重複度指数は0.205であった。

考察

今回の調査において、恵みの森に造成されたため池の水温は年ごとに大きな変化は示さなかったが、水深においては大きな年変動が確認された。2012年6月以降の低水位状態はため池の拡張工事に起因するかもしれないが、その工事が行われる以前の2011年度の冬季や2012年5月における水位がそれぞれ前年同時期のものに比べて低かったことは、降雨の状況を反映したものであると思われる。恵みの森に造成されたため池は直径が約3m程度と小規模のものであり、その年の降雨量によって水量が大きく変化する不安定な環境であることが示唆される。

非造成区と比べてため池造成区でみられた動物の種数や多様度指数は若干低かったものの、ため池内において、マツモムシやトンボ類のヤゴなど水生昆虫の生息が確認された。加えて、今回の調査では採集されなかったが、本ため池ではトウキョウダルマガエルの幼体やアズマヒキガエルの幼生など両生類の生息も確認されている(高橋ら 2010)。森林性のアズマヒキガエルを除き、これらの水生昆虫や両生類は、2008年にため池が造成された後、恵みの森に移入してきたと思われる。また、ため池造成区において陸上では生活できない水生昆虫がみられたことで自明ではあるが、Morisitaの重複度指数は低い値を示した。以上の結果から、ため池造成区では、従来の恵みの森ではみられなかった動物相が形成されているといえる。このような新規の動物相の形成は、ため池が里山林内に造成されたことにより、林内の環境の異質性が高まったことが理由であろう。

今回、新たに恵みの森で確認された水生昆虫や両生類は、一生の間で水界と陸上を行き来する生活史を持つ。そのため、ため池の造成は単に種多様性を向上させるだけでなく、捕食-被食などの生物間相互作用を通じて里山林内の食物網構造に影響を及ぼしている可能性が示唆される。この点については、本稿では触れなかった植物相のデータも加えて炭素-窒素安定同位体比分析(Kato et al. 2010など)を行うことで今後検討していきたい。

両調査区共に、採集された種数に季節的な変動パターンがみられ、また多くの種がある特定の月のみで採集された。このような季節消長は、それぞれの種の生活史に対応したものであると思われる。ただし、今回の採集調査は10m×10mの比較的狭い範囲において行われたものであり、また月によって調査回数が異なっていたため、季節消長の十分なデータとはいえない。それぞれの種の季節消長と生活史との関連性を正確に評価するためには、より広範囲で月ごとの調査回数を統一して採集調査を行うと共に、採集された動物の発生段階も詳細に調べる必要があるだろう。

おわりに

今回の調査結果から、恵みの森の生物の種多様性を高めるために林内におけるため池造成は一定の効果を持つといえる。上田市塩田平でみられる里山林の多くは、恵みの森と同様に主にクヌギ、コナラ、アカマツの混交林によって構成されていることから、ため池を造成することにより塩田平の里山林においても本稿で示した動物相の変化をみることができると予想される。したがって、林内におけるため池造成は塩田平の里山林の生物多様性の改善に広く適用できる有効な手法であると期待できる。

謝辞

本研究を進めるにあたり、坂田忠則氏、橋詰洋司氏、村山 隆氏には塩田平のため池の歴史やその造成技法について詳細な情報を頂いた。本研究は、平成22~24年度長野大学研究助成金(基礎)の助成を受けて行われた。

引用文献

- 青木淳一編『日本産土壌動物第二版 分類のための図解検索』東海大学出版部、2015年
- アリ類データベース作成グループ2008『日本産アリ類画像データベース2008』、アリ類データベース作成グループ、2008年
- 石井 実「里やま自然の成り立ち」日本自然保護協会編『生態学からみた里やまの自然と保護』講談社サイエンティフィック、2005年、1-6頁
- 上田小県近現代史研究会『農業の文化財 ため池を

- たずねる』上田小県近現代史研究会、2000年
- 小野展嗣編『日本産クモ類』東海大学出版会、2009年
- Kato Y, Hori M, Okuda N, Tayasu I, Takemon Y
“Spatial heterogeneity of trophic pathways in the invertebrate community of a temperate bog”
Freshwater Biology Vol. 55, 2010, pp.450-462
- 川合禎次編『日本産水生昆虫検索図説』東海大学出版会、1992年
- 環境省自然環境局自然環境計画課『平成20年度重要里地里山選定等業務報告書』プレック研究所、2009年
- Krebs C.J. *Ecological Methodology*, 2nd ed. Benjamin Cummings, 1999
- 高橋大輔・丸野内淳介・井出悠生・高橋一秋・三上光一・伊藤和哉・佐藤 哲「新規の里山林内水域に移入したトウキョウダルマガエルとアズマヒキガエル」『爬虫両棲類学会報』2010 (2) 号、2010年、121-124頁
- 田下昌志・丸山 潔・福本匡志・小野寺宏文編『見つけよう信州の昆虫たち』信濃毎日新聞社、2009年
- 日本の里山・里海評価『里山・里海生態系と人間の福利：日本の社会生態学的生産ランドスケープ概要版-』国際連合大学、2010年
- 丸山徳次「里山学のねらい」丸山徳次・宮浦富保編『里山学のまなざし』昭和堂、2009年、1-35頁