



## 淀川水系の河川敷における地表性甲虫類の群集生態学的研究

メタデータ	言語: jpn 出版者: 公開日: 2014-06-30 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 藤澤, 貴弘 メールアドレス: 所属:
URL	<a href="https://doi.org/10.24729/00000581">https://doi.org/10.24729/00000581</a>

大阪府立大学博士（緑地環境科学）学位論文

淀川水系の河川敷における地表性甲虫類の  
群集生態学的研究

藤澤 貴弘

2013 年

## 目次

緒言 .....	1
第 1 章 淀川河川敷における地表性甲虫群集の種多様性 .....	7
第 1 節 淀川の特徴的な景観にみられる地表性甲虫相 .....	8
第 2 節 淀川河川敷の河川改修が地表性甲虫群集に与えた影響 .....	17
第 2 章 瀬田川・宇治川における地表性甲虫類の多様性 .....	26
第 3 章 桂川・木津川における地表性甲虫類の多様性 .....	36
第 4 章 河川敷内の環境傾度と地表性甲虫類の分布 .....	47
総合考察 .....	56
摘要 .....	66
謝辞 .....	71
引用文献 .....	72
Summary .....	91

## 緒言

河川は、上流域から河口域まで、巨視的には地形、地質、流水の状態など様々な環境条件が連続的あるいは不連続的に変化し、より狭い空間スケールでは、瀬や淵、氾濫原、移行帯など、様々な微地形が存在し、そこに生息・生育する生物に多様な生息場所を提供している (Ward, 1998 ; Ward *et al.*, 1999 ; 綾ら, 2000 ; Bunn *et al.*, 2002 ; 沖野, 2002). 河川敷には、砂地や泥地、砂礫、岩礫で覆われた環境もあれば、高茎草地、低茎草地、河辺林などの植生の発達した環境もあり、定期的・不定期的に生じる洪水により遷移が抑制される氾濫原を生息・生育場所として好む植物や、昆虫類も多い (清, 1996 ; 沖野, 2002 ; 岡田・倉本, 2009 ; Casanova and Brock, 2000 ; Sadler *et al.*, 2004 ; Osawa *et al.*, 2010 など). そのため河川は生物多様性の保全の上で重要な場となっている (Ward, 1998 ; Ward *et al.*, 1999 ; Bunn *et al.*, 2002 ; Sabo *et al.*, 2005).

しかし、多くの河川では近年の水需要の増加や洪水対策のために、ダム・堰の建設、河道の直線化や護岸整備が行われ、河川の均一化が進んでおり、これによる生物多様性の減少が問題となっている (Hauer and Lorang, 2004 ; Poff *et al.*, 2007 ; Vörösmarty *et al.*, 2010). 国内においても、河川改修、河川公園の建設など、流域の土地利用の変化に伴い、氾濫原などの生息地の減少、外来種の侵入など、河川の生物の生息条件が悪化している (清, 1996 ; 宮脇・鷺谷, 2004 ; 外来種影響・対策委員会, 2008 ; 萩原ら, 2009). また、第4次レッドリストでは、草原や河川敷に生息する昆虫類にランクを上げたものが多く、湿地や草原性のゴミムシ類やガ類が多くリストに掲載されたことから、平地の河川敷や草原の環境の悪化が指摘されている (環境省, 2012).

本研究を行った淀川水系は、その源である滋賀県山間部の大小支川を琵琶湖に集め、大津市から河谷状となって南流し、桂川と木津川を合わせて大阪平野

を流れ、途中神崎川及び大川（旧淀川）を分派して大阪湾に注ぐ（綾，2004；西野，2009）。淀川水系の生物相は魚類や水生貝類についてよく調べられており、淡水魚が約 60 種、貝類は 52 種が知られているが琵琶湖固有種を除いたとしても、各分類群で 40 種以上の種が生息している（西野，2009）。水生生物の多様性にはワンドなどの止水域が重要とされ、1972 年から 1986 年にかけて行われたワンド・たまりの調査では 51 種の魚類が確認された（紀平ら，1988）。この中には、絶滅危惧種であるイタセンパラ *Acheilognathus longipinnis* やアユモドキ *Leptobotia curta* も含まれている。また、水生貝類も同調査で 30 種以上が止水域で確認されている（紀平ら，1988）。

陸生の生物に関しては、植物では、トネハナヤスリ *Ophioglossum namegatae*、ミコシガヤ *Carex neurocarpa*、オニナルコスゲ *Carex vesicaria* など、近畿地方において淀川水系にのみ生育する植物が知られている（藤井，1994，2009）。これらはいずれも大規模な氾濫原に依存する植物で、淀川水系の植物相を特徴付けるものである（藤井，2009）。陸生動物では、鳥類が河川水辺の国勢調査の 1998 年のデータにより、淀川と木津川合わせて 117 種確認されている（国土交通省，2007）。また、昆虫類については、指標生物としてよく利用されるチョウ類の群集調査が淀川、木津川、桂川で行われており、合計で 43 種が確認されている（吉田，2001；Tojo *et al.*，2007；青柳，2012）。

淀川水系においても、洪水対策のために河川敷の掘削や河床の低下など、大規模な河川改修が行われ、幹川である淀川、宇治川ではワンドやたまりなどを含む氾濫原の多くが消失した（綾，2004；西野，2009）。残ったワンドも水位の安定化による遷移の進行やオオクチバス *Micropterus salmoides* やブルーギル *Lepomis macrochirus* などの外来種の侵入により、前述のイタセンパラやアユモドキなど、止水域や氾濫原内の一時的な水域を生息場所としている魚類や、貝類

が著しく減少した（河合，2009；渡辺・前畑，2011）。

陸上環境に関しては，河川敷の掘削や河床の浚渫による水位低下により土壌の乾燥化が進み，広大なヨシ群落が残る鶺鴒や向島では，乾燥化による乾地性植物の侵入によりヨシを含む湿地性植物群落が衰退するなど，河川敷の環境に大きな影響を与えている（小山，1988，1999；高田ら，1999）。また，木津川の三川合流部付近では砂利の採取や下流部にあたる淀川の水位低下の影響で，いくつかの裸地砂州で遷移が進行し，植生が繁茂する環境に変化した（辻本ら，2002）。

このような状況を改善するために，近年では数多くの保全事業や自然再生事業が行われるようになった。例えば，淀川ではワンドに生息する希少種の保全のための取り組みや鶺鴒のヨシ原の保全事業などが行われ（小山，1999；西野，2009；渡辺・前畑，2011），宇治川でもツバメの埒となる向島のヨシ原の保全（高田ら，1999），桂川では希少種のアユモドキの保全のための取り組みが行われている（岩田，2009）。木津川では木津川研究グループによる多角的な研究が行われ，砂州環境の保全のための基礎データが提供されている（辻本，2001，2004；松良，2006；Tojo *et al.*，2007；尾花・辻本，2009 など）

このような河川改修工事や自然再生事業などに限らず，ある環境の評価やモニタリングにはしばしば生物指標が用いられる（Dufrêne and Legendre, 1997；Carignan and Villard, 2002）。中でも，地表性甲虫類はさまざまな陸上生態系に分布し，種ごとに異なる生息場所選好性を持ち（Thiele, 1977；石谷, 1996 など），ピットフォールトラップ法を用いることで，調査者の技能差による捕獲成果の差がなく，定量調査が可能であることから（石谷，2003），指標生物として広く利用されている（Thiele, 1977；Lövei and Sunderland, 1996；Dufrêne and Legendre, 1997；Rainio and Niemelä, 2003；Koivula, 2011）。地表性甲虫類は歩行活動を主

体とし、地表面付近を生活場所とする甲虫類の総称で、ハンミョウ科 Cicindelidae, オサムシ科 Carabidae, シデムシ科 Shilphidae, ハネカクシ科 Staphylinidae, ゴミムシダマシ科 Tenebrionidae などが含まれる (石谷, 2003). 地表性甲虫類は各種の陸上生態系内において、植食者・捕食者・腐食者などの生態的地位を占めており、アブラムシ類・トビムシ類・ミミズ類・陸生貝類、植物ではイネ科の種子などを捕食し (Thiele, 1977; Luff, 1987), 鳥類・哺乳類・両生類などに捕食される (Theile, 1977; Holland, 2002; 堀, 2004 など) など、生態系の中で重要な位置を占めている。本研究ではオサムシ科を対象として研究を行った。

地表性甲虫類 (オサムシ科) の生態は欧州を中心によく研究されている (Thiele, 1977; Luff, 1987; Lövei and Sunderland, 1996). 日本国内でも、土生・貞永 (1961, 1963, 1965, 1969, 1970ab, 1971) が畑や水田の周辺にみられる種の幼虫の記載とともに生態情報を記録しており、井上 (1947-1982) は北海道に生息する種を中心に数多くの地表性甲虫類の生活史を報告している。食性については、農地の害虫の天敵生物として研究されており、櫻井・井上 (1953) や桑山・大島 (1964) は室内実験において数種の地表性甲虫類の成虫がヨトウガ *Mamestra brassicae* やケラ *Gryllotalpa orientalis* に対する選好性をもつことを確認している。石谷 (1996) は成虫の胃内容物の調査により 25 種を植食者・捕食者・雑食者に分類した。また、Sasakawa (2007, 2009ab, 2010) は植食性を示すマルガタゴミムシ属 *Amara*, ゴミムシ属 *Anisodactylus* を飼育実験により、雌の産む卵の質や幼虫の成長に及ぼす動物質の餌の重要性を指摘している。また、Ikeda *et al.* (2010) は安定同位体を用いた解析によって 14 種の地表性甲虫類を捕食者と雑食者に分類した。このように、日本国内の地表性甲虫類の生態は少しずつ明らかになってきている。

国内の地表性甲虫群集の研究は農地や森林、河川などで行われてきた。農地では、水田畦畔（井上，1974；Yahiro *et al.*, 1992；李ら，2008），圃場（Yahiro *et al.*, 1990；Ishitani *et al.*, 1994；Suenaga and Hamamura, 2001；香川，2008；Ito *et al.*, 2010），果樹園（Yano *et al.*, 1989；Ishitani and Yano, 1994；富樫・大島，1995；Funayama, 2010）で地表性甲虫群集の特徴や季節消長が明らかにされている。また，巢瀬（1992）や Yamazaki *et al.*（2003）は農地景観の地表性甲虫類の生息地として休耕地の重要性を指摘している。

森林環境では，木元・保田（1990-1995）が北海道の高山帯において植生分布の違いにより地表性甲虫群集が異なることを明らかにした。その他にも地表性甲虫群集の研究は主に広葉樹林（富樫・杉江，1994；細田ら，1996；Osawa *et al.*, 2005；松本，2005，2008，2009，2012；Suttiprapan and Nakamura, 2007；近藤ら，2012 など）を中心に行われてきた。特に松本（2005-2012）や近藤ら（2012）は，里山林の植生管理による地表性甲虫群集の変化とともに，林内に出現する種の選好性についても考察している。また，都市近郊の森林では，生息地の断片化や縮小化が地表性甲虫群集に及ぼす影響が解析されている（Ishitani *et al.*, 2003；堀，2003；谷脇ら，2005；Fujita *et al.*, 2008；李・石井，2009；Soga *et al.*, 2012）。例えば，Ishitani *et al.*（2003）は郊外から都市部に近づくにしたがって，森林性の大型種が減少することを報告している。また堀（2003）と Fujita *et al.*（2008）は，森林性種の種数と孤立林の面積の間に正の相関があることを指摘している。

河川敷においては，河川敷の微小環境と地表性甲虫類群集の構造との関係を，特定の環境（富樫，1986；堀ら，1994；Matsura *et al.*, 2006；Hiramatsu, 2007）や多様な環境（Ishii *et al.*, 1996；Ishitani *et al.*, 1997；李・石井 2010）で解析したものがある。海外，特にヨーロッパでは，河川を調査地とした地表性甲虫類



の研究は数多く行われている。例えば、洪水による攪乱の影響 (Bonn *et al.*, 2002 ; Follner and Henle, 2006 ; Gerisch *et al.*, 2006 ; Lambeets *et al.*, 2008 ; Follner *et al.*, 2009 ; Lessel *et al.*, 2011 ; Sienkiewicz and Zmihorski, 2012), 流路の人為改変に対する影響 (Paetzold *et al.*, 2008), 地表性甲虫類各種の河川敷内における選好性 (Eyre and Lott, 1996 ; Eyre *et al.*, 2001 ; Eyre and Luff, 2002 ; Sadler *et al.*, 2004), 河川の自然再生工事の評価 (Günther and Assmann, 2005 ; Lambeets *et al.*, 2008 ; Jähnig *et al.*, 2009) などである。また、河川の攪乱や環境条件によって捕獲される地表性甲虫類のサイズや産卵期が異なることも指摘されている (Gerisch, 2011)。ヨーロッパにおいて地表性甲虫類の研究が進んでいる背景には、各種の生態や環境選好性がかなり明らかにされていることがあげられる。地表性甲虫類は、国内の研究においても、河川の微小環境によって種構成が異なることが知られる (富樫, 1986 ; 堀ら, 1994 ; Matsura *et al.*, 2006 ; Hiramatsu, 2007) など、河川敷の環境を反映する生物指標として優れていると考えられている。

そこで、本研究では淀川水系に属する河川の河川敷において、地表性甲虫群集に及ぼす河川敷の人為改変の影響を明らかにすることを目的とし、無餌ピットフォールトラップ法による捕獲調査を行った。第 1 章では淀川の河川改修工事とそれが地表性甲虫群集にあたえる影響について、第 2 章では宇治川・瀬田川において出水による河川敷の冠水の有無による影響について、第 3 章では桂川と木津川で都市部と郊外部を流れる河川の比較や堤内地の土地利用と地表性甲虫群集との関係性について、第 4 章では河川敷内の微小な環境傾度に対する地表性甲虫類の応答について、それぞれ明らかにし、総合考察ではこれらの結果にもとづき淀川水系の河川敷における地表性甲虫群集の特徴と河川改修工事などの人為との関係、および地表性甲虫類の環境指標性について検討した。

## 第1章 淀川河川敷における地表性甲虫群集の種多様性

淀川は、大阪府域を流れる最大の河川で、宇治川、木津川、桂川の三川が合流する地点から河口までの流域に鶺鴒のヨシ原や城北のワンド群など、いくつかの特徴的な景観が存在し、多くの生物の生息場所となっている。例えば、鶺鴒のヨシ原はヨシ *Phragmites australis* やオギ *Miscanthus sacchariflorus* などの高茎草本が優占し、多くの動植物にとって良好な生息場所となっている（小山，1988）。また、ワンド内ではタナゴ類などの止水性の魚類や貝類，トンボ類が記録されており，中にはイタセンパラやオオサカサナエ *Stylurus annulatus* など絶滅危惧種も含まれている（大阪府，2000b；石井他，2002）。これらの景観は1970年代の大規模堀削による河床の低下，上流部のダム群・淀川大堰の建設による水量の安定化，河川公園の建設など大きな河川改修が行われた結果，大きく変化し，衰退が進んでいる。そのため，現在これらの地域では，淀川の在来生物の種多様性を守ることを目的として，河川敷の掘り下げ工事，外来種の除去やワンド再生工事など景観の回復・保全事業が行われている（小山，1999；綾，2004；西野，2009）。本章では，淀川の特徴的な景観に成立する地表性甲虫群集の特性，および種多様性を明らかにし，淀川河川敷の河川改修工事がそれらにどのような影響を及ぼしたのかを明らかにするために，鶺鴒のヨシ原やワンド群周辺（第1節）および高水敷と低水敷（第2節）において地表性甲虫類の捕獲調査を行った。

## 第 1 節 淀川の特徴的な景観にみられる地表性甲虫相

淀川の特徴的な景観のひとつである鶉殿のヨシ原では、1950年代から毎年、春にヨシ原の保全、不慮の火災防止を目的にヨシ焼きが行われ維持されてきた。しかし、1971年以降の河川敷の大規模掘削による河床低下や、クズ *Pueraria lobata* やカナムグラ *Humulus japonicus* などの陸生植物の侵入により、ヨシ群落は衰退しつつある（小山，1988，1999）。また、淀川のワンドでも、1983年の淀川大堰の操作による河川水面の安定化のため、本来見られた増水時の冠水がおこりにくくなり（綾，2000，2004），そこに生息する希少種の減少や、遷移の進行や外来種の侵入によるワンド自体の衰退も起こっている（西野，2009）。

このような改修によって衰退した景観を復元するため、淀川では自然再生事業が行われている。鶉殿では、ヨシ原内に河川から汲み上げた水を流す導水路の設置や、ヨシ原が冠水しやすくなるよう高水敷の掘り下げが行われている（小山，1988，1999）。また、樟葉ワンドや城北ワンドでは乾燥したワンドの再生が行われている（綾，2000，2004；西野，2009）。

本節ではこのような淀川河川敷の特徴的な景観に成立する特性地表性甲虫群集の特性を明らかにするために、無餌ピットフォールトラップ法による地表性甲虫の捕獲調査を行った。

### 調査地および方法

調査は2008年4～12月に大阪府を流れる淀川の4ヶ所の河川敷（サイト1～4）においてピットフォールトラップ法によって行われた（Fig. 1-1）。トラップにはプラスチック製のカップ（口径7 cm，深さ10 cm）を用い，誘引物を入れず，雨水を抜くために底に小さい穴（直径約2 mm）を5か所あけた。トラップ

は、各地点に約 3 m 間隔で 1 列に、開口部が地面と同じ高さになるように設置した。トラップの設置期間は 1 週間とし、月に 2 回合計 18 回行った。サイト 1～4 に設置した各回のトラップ数はそれぞれ 30, 20, 30, 40 個であったが、設置期間中に失われたものがあつたため、実際に回収したトラップ数はそれぞれ 424, 332, 515, 689 個であった。各サイトの概要およびトラップの設置場所は以下のとおりである。

サイト 1：鵜殿のヨシ原（高槻市）。淀川河口からの距離 31 km 付近の右岸河川敷。川幅（兩岸の堤防間；以下同様）は約 150 m，ヨシ，オギ，セイタカヨシ *Phragmites karka*，カナムグラが優占するヨシ原である。トラップは 2008 年 3 月にヨシ焼きが行われた 2 地点（1Ra, 1Rb）に、それぞれ 10 個ずつ、ヨシ焼きが行われていない 1 地点（1Rc）に、10 個、合計 30 個設置した。1 R c の地点では 8 月と 11 月に 2 度ヨシ群落の一部で、草刈りが行われた。

サイト 2：芥川合流部付近（高槻市）。河口から約 23 km，枚方大橋下流約 2 km 付近にある右岸低水敷，川幅は約 800 m。トラップはヤナギ類 *Salix spp.*，エノキ *Celtis sinensis* が優占する樹林（2W）と，ヨモギ *Artemisia indica*，セイタカアワダチソウ *Solidago canadensis*，キンエノコロ *Setaria glauca* などの草本が優占する草地（2G）にそれぞれ 10 個ずつ，合計 20 個設置した。

サイト 3：鳥飼仁和寺大橋付近（摂津市）。河口から約 19 km，鳥飼仁和寺大橋下流約 1 km 付近の右岸河川敷，川幅は約 800 m。オギ，セイタカヨシ等の草本が優占する高水敷のヨシ原（3R）に 1 地点，ヤナギ類，エノキの樹林（3W）に 1 地点，ヨモギ，セイタカアワダチソウ，シロツメクサ *Trifolium repens* などの草本が優占する草地（3G）に 1 地点，10 個ずつ，合計 30 個設置した。これらの地点では，調査期間中 3R は 12 月に，3G は 10 月にそれぞれ草刈りが行われた。

サイト 4：城北のワンド群（大阪市）。河口から約 12 km 付近にある左岸低水敷，川幅は約 200 m でワンドが数多く残っている。トラップは菅原城北大橋から約 500m 上流に 3 地点，ヨシ，オギ，セイタカヨシなどが優占するヨシ原(4R)に 1 地点，ヤナギ類，エノキの樹林に 1 地点(4W)，アメリカセンダングサ *Bidens frondosa*，クワクサ *Fatoua villosa*，キンエノコロなどの草本が優占する草地(4G)に 1 地点，それぞれ 10 個ずつ設置した。これらの 3 地点では調査期間中 5 月，7 月，11 月の 3 回，草刈りが行われた。また，トラップは 2007 年 12 月～2008 年 3 月に自然再生工事が行われた，城東貨物線赤川鉄橋上流約 50m の荒地(4B)にも 1 地点設定した。この地点は調査開始時に草本がほとんど見られなかったが，その後植生に覆われ，シロツメクサ，キンエノコロなどが優占した。城北ではトラップを合計 40 個設置した。

各地点の地表性甲虫類群集の構造を比較するために，種数，捕獲個体数，密度（1 トラップ当たりの捕獲個体数）に加え，Simpson（1949）の多様度指数（ $1 - \lambda$ ）を次式より算出した。

$$1 - \lambda = \sum \frac{n_i (n_i - 1)}{N (N - 1)} \quad \cdot \cdot \cdot (1)$$

ただし， $n_i$  は  $i$  番目の種の個体数， $N$  は全種の合計個体数を示す。

2 つの調査地点の重複度を Sørensen の重複度指数  $QS$ （Sørensen, 1948）によって算出した。重複度指数  $QS$  は次式より算出した。

$$Qs = 2c / (a + b) \quad \cdot \cdot \cdot (2)$$

ここで， $a$  と  $b$  は各地点の種数を  $c$  は  $a$ ， $b$  2 地点の共通種数を示している。

また，12 地点の群集構造の違いを明らかにするために，Pianka の重複度指数  $\alpha$ （Pianka, 1973）をもとに非荷重群平均法（UPGMA 法）を用いたクラスター分析を行った。重複度指数  $\alpha$  は次式より算出した。

$$\alpha_{ab} = \frac{\sum p_{aj} \cdot p_{bj}}{\sqrt{\sum (p_{aj})^2} \cdot \sqrt{\sum (p_{bj})^2}} \quad \dots (3)$$

$$P_{aj} = \frac{n_a}{N_a}, \quad P_{bj} = \frac{n_b}{N_b} \quad \dots (4)$$

ここで  $N_a$  は  $a$  地点の総採集個体数であり,  $n_{aj}$  は  $a$  地点での種  $j$  の個体数を表す.

## 結果

本節の調査により, オサムシ科 Carabidae 51 種 5,622 個体が捕獲された (Table 1-1). 種数をサイト別に見ると, サイト 2 が 41 種で最も多く, サイト 4 (36 種), サイト 1 (34 種), サイト 3 (33 種) と続いた. 各サイトの地点別種数は, 2G で 38 種と最も多く 4W で最も少なく 10 種であった. 密度については, 種数と同じく, サイト 2 で 4.68 と最も高く, 以下, サイト 3 の 3.48, サイト 4 の 2.37, サイト 1 の 1.51 だった. 各サイトの密度を調査地点別に見ると, 最高値は 4B で 7.31, 最も低いのは 4W の 0.12 であった. 種多様度 (1- $\lambda$ ) については, サイト 2 で最も高い値 (0.94) をとり, サイト 3 で最も低い値 (0.77) をとった. 調査地点では 4G と 4W の 0.92 が最高で 3W の 0.66 が最低の値となった.

全地点の合計捕獲個体数からみた優占種は, ミイデラゴミムシ *Pheropsophus jessoensis* (密度 0.53), オオクロナガゴミムシ *Pterostichus prolongatus* (0.46), オオナガゴミムシ *P. eschscholtzii* (0.26), セアカヒラタゴミムシ *Dolichus halensis* (0.20), アオゴミムシ *Chlaenius pallipes* (0.18) と続き, これら上位 5 種で捕獲個体数全体の約 57% を占めた (Table 1-2). この内, 全サイトで確認された種はミイデラゴミムシ, オオクロナガゴミムシ, セアカヒラタゴミムシ, アオゴミムシの 4 種で, オオナガゴミムシは鶺鴒を除く 3 サイトで記録された. また, 各サイトの優占種を比較すると, サイト 2~4 では全地点の優占種との共

通種が3種以上であった。一方、サイト1の共通種はセアカヒラタゴミムシのみであった。

各地点の上位5種を比較すると、サイト1の上位種のうちキボシアオゴミムシ *C. posticalis*、ニセコガシラアオゴミムシ *C. kurosawai* の2種は、サイト1の3地点、および4R、4W、4Gの3地点の上位種となっていた。また全サイトの上位種は、6地点の優占種と2種以上共通していた。なかでもミイデラゴミムシとオオクロナガゴミムシは6地点以上で上位5種に含まれており、淀川に広く分布していると考えられる。

今回の調査により淀川河川敷にはヌレチゴミムシ属 *Archipatrobus*、オオゴミムシ属 *Lesticus*、ナガゴミムシ属 *Pterostichus*、セアカヒラタゴミムシ属 *Dolichus*、ツヤヒラタゴミムシ属 *Synuchus*、マルガタゴミムシ属 *Amara*、ゴモクムシ属 *Harpalus*、アオゴミムシ属 *Chlaenius*、ミイデラゴミムシ属 *Pheropsophus*、が広く分布することが明らかになったが (Table 1-1, 2)、これら9属とそれ以外の属について、各調査地点の個体数割合を Fig. 1-2 に示した。サイト1ではセアカヒラタゴミムシ属、ツヤヒラタゴミムシ属、マルガタゴミムシ属の割合が他サイトよりも高くなっていたほか、ヤコンオサムシ *Carabus yaconinus* やクビボソゴミムシ *Galerita orientalis* などこの9属以外の種の割合が高いのが特徴的であった。サイト2では特に個体数割合の高かった属は見られなかったが、ヌレチゴミムシ属、ナガゴミムシ属、アオゴミムシ属、ミイデラゴミムシ属の割合が高かった。サイト3では3地点ともにナガゴミムシ属、ミイデラゴミムシ属の割合が高く、それに加えて3Wではアオゴミムシ属の割合が高かった。サイト4では全体的にゴモクムシ属、アオゴミムシ属の割合が高かったほか、4G、4Bではミイデラゴミムシ属、4R、4Bではナガゴミムシ属の割合が高かった。

Table 1-4 は本節において1地点でのみ捕獲された種（以下ユニーク種）の種

数と個体数を示している。ユニーク種はサイト 1 で 4 種と最も多く、以下サイト 2 とサイト 4 で 3 種、サイト 3 ではユニーク種は捕獲されなかった。サイト 1 においてユニーク種となっていたのはマルガタツヤヒラタゴミムシ *Synuchus callitheres*、ケゴモクムシ *Harpalus vicarius*、クビボソゴミムシ *Galerita orientalis*、オオホソクビゴミムシ *Brachinus scotomedes* の 4 種 62 個体であった。

重複度指数  $QS$  は 1Rb と 1Rc、2W と 2G、2W と 3W、2G と 3G と 4B、4R と 4G、そして 4G と 4B で高かった ( $QS > 0.7$ )。それに対して 1Ra と 1Rb、1Rc は他の大部分の地点と似なかった ( $QS < 0.6$ ) (Table 1-5)。

クラスター分析の結果、12 地点の地表性甲虫群集は 0.3 から 0.4 のレベルで 3 つのクラスターに分けることができた (Fig. 1-3)。それぞれのクラスターはサイト 1 に属する 3 地点、4R、4B の 2 地点のクラスター、そして残りの 7 地点のクラスターである。

## 考察

本章の調査の結果、淀川河川敷の 4 サイト、12 地点から 51 種の地表性甲虫類が確認され、これは大阪府北部と中部地域から記録のある地表性甲虫類の 24.1% を占める (大阪府, 2000a)。この結果を、大阪府南部を流れる大和川の調査結果 (李・石井, 2010) と比較すると、2 つの河川では 39 種が共通し、ミイデラゴミムシ、オオナガゴミムシ、セアカヒラタゴミムシなどはどちらの河川でも上位種となっていた。

芥川と淀川の合流地点付近のサイト 2 において、種数と種多様度がどちらも高かったのは注目すべき結果である。芥川は北摂山地から大阪府北部の郊外地域を通り流れる河川である。過去の研究では地表性甲虫類の種数や種多様度は都市部よりも郊外部で高いことが示されている (Niemelä *et al.*, 2002; Ishitani *et*



*al.*, 2003 ; *Hartley et al.*, 2007 など). 芥川で毎年夏期におこる河川の増水 (国土交通省, 2002) が, 地表性甲虫類を郊外部から運んだため, 合流地点で多様な群集が形成された可能性がある.

全サイトの上位種は多い順にミイデラゴミムシ, オオクロナガゴミムシ, オオナガゴミムシ, セアカヒラタゴミムシ, アオゴミムシで, これら 5 種で全捕獲個体数の約 57% を占めた (Table 1-2). 全サイトの上位種のうち, ミイデラゴミムシ, オオクロナガゴミムシは多くの地点で上位種となっており, 淀川河川敷を特徴づける種と考えられる. また, 全サイトの上位 5 種のうち, この 2 種とオオナガゴミムシは好湿性とされる種である (中根ら, 1963 ; 土生・貞永, 1965 ; 上野ら, 1985). しかし, これら 2 種は河川敷のみを特に選好するというわけではなく, ミイデラゴミムシは河川敷 (石谷, 1996 ; 李・石井, 2009, 2010) のほか, 水田 (Yahiro *et al.*, 1992 ; 李ら, 2008), 畑地 (富樫・北嶋, 1993 ; 石谷, 1996 ; ), 都市公園 (李・石井, 2009) など平地の草地環境でみられ, オオクロナガゴミムシも河川敷 (Ishii *et al.*, 1996 ; Ishitani *et al.*, 1997 ; 李・石井, 2010) ばかりでなく, 水田 (Yahiro *et al.*, 1992), 森林 (富樫・杉江, 1994), 都市公園 (李・石井, 2009) など様々な環境で得られているが, 森林での記録は少なく, 多くは平地に生息すると考えられる.

重複度指数に基づくクラスター分析の結果はサイト 1 に属する 3 地点の群集構造が他の地点と異なっていたことを示している (Fig. 1-3). 4R と 4W の地点の群集構造も他の地点とは異なっていた. これは種数, 個体数, サイト全体の優占種の少なさによるものと考えられる. この 2 地点では地表性甲虫類の活動期に 3 度の草刈りが行われている. 過去の研究によれば, 高頻度の攪乱が加えられた草地では, 地表性甲虫類の種多様性は低くなることが指摘されている (Koivula *et al.*, 2005 ; *Hartley et al.*, 2007). これらのことからすると, この 2

地点の種数・個体数が小さな値を示したのは、河川敷の草刈りによる攪乱頻度が高かったことによる影響と考えられる。

一方、サイトまたは地点ごとに上位 5 種を比較すると、サイト 1 の種構成がとくに異なることが明らかになった。サイト 1 では、全サイトの優占種 4 種（ミイデラゴミムシ、オオクロナガゴミムシ、オオナガゴミムシ、アオゴミムシ）がほとんど認められず、ヤコンオサムシ、オオマルガタゴミムシ *Amara gigantea*, キボシアオゴミムシ、ニセコガシラアオゴミムシが優占していた。このうち、キボシアオゴミムシ、ニセコガシラアオゴミムシは 4 サイト全てで捕獲されており、特に 1Rb, 1Rc, 4R, 4B で多く捕獲された。キボシアオゴミムシは、河川敷（Ishii *et al.*, 1996 ; Ishitani *et al.*, 1997 ; 李・石井, 2009, 2010）、水田、牧場、果樹園、樹林地（香川ら, 2008）などの草地環境で記録されている。井上（1953b）は、本種が湿潤地を好まないとしており、香川ら（2008）は本種を乾燥した草地を好む種としている。ニセコガシラアオゴミムシに関して、Yamazaki（1999）は木津川河川敷のヤナギ林や、低水敷と高水敷の間の段丘で越冬成虫を採集していることから、本種は河川敷に広く分布する可能性がある。

次に、サイト 1 で最も多く捕獲されたオオマルガタゴミムシは砂礫河原（富樫, 1986）、河川敷（Ishii *et al.*, 1996 ; Ishitani *et al.*, 1997 ; Hiramatsu, 2007）、畑地（石谷, 1996）での捕獲記録があり、土生・貞永（1965）も畑地や草地に生息するとしている。李・石井（2009, 2010）はセイタカヨシが優占する河川敷で本種を多く捕獲しているが、富樫（1986）の砂礫河原での調査では本種の捕獲個体数は少なかった。これらのことから、本種は河川敷の草地環境を比較的好むと考えられる。すなわち、サイト 1 の地表性甲虫群集は主に草地性種で構成され、好湿性種は少ないことが示された。

先にも述べたように、鶺鴒のヨシ原（サイト 1）では河床低下による乾燥化

が進行し、陸生植物が優勢となりつつある。この河川改修工事の影響により、好湿性の地表性甲虫類の減少ややや乾燥した草地を好む種の増加が引き起こされた可能性がある。さらに、サイト1では大部分の地表性甲虫類が越冬している2月に毎年ヨシ焼きが行われている。野焼きなどの火入れが地表性甲虫類を含む陸上の無脊椎動物に影響を及ぼすことが知られており (Touyama *et al.*, 1989 ; Touyama, 1999), サイト1においてユニークな地表性甲虫群集が成立していたのは改修工事や火入れが関係している可能性がある。

## 第 2 節 淀川河川敷の河川改修が地表性甲虫群集に与えた影響

前節の結果、鵜殿のヨシ原は河川改修工事による乾燥化のため、好湿性種が少ないなど地表性甲虫群集の構造が認められた。しかし、鵜殿のヨシ原では高水敷の掘り下げなどの自然再生事業が行われている。地表性甲虫類は自然再生工事により、新たに創出された環境に進入する種の存在のため、種構成が変化することが知られている (Jähnig *et al.*, 2009)。淀川においては、前節の調査のほか、安井ら (2011) はミズギワゴミムシ類が河川改修や水系周辺の開発によって減少しつつあることを報告している。

そこで本節では、河川改修工事同様、自然再生事業が地表性甲虫群集に及ぼす影響を明らかにするために、低水敷と高水敷の地表性甲虫群集の比較を行った。

### 調査地および方法

調査は 2009 年 4~12 月に大阪府を流れる淀川河川敷のヨシ原 13 ヲ所 (Yo. 1~13) において前章と同様の方法と設置期間で行った (Fig. 1-4)。地点 1~13 に設置した各回のトラップ数はそれぞれ 10 個であったが、設置期間中に掘り返されたもの、増水により回収できなかったものがあったため、実際に回収したトラップ数は、それぞれ 171, 179, 150, 170, 145, 160, 155, 91, 165, 162, 148, 147, 149 個であった。淀川の各地点の概要は以下のとおりである。

Yo. 1: 豊里 (大阪市) 河口から約 12 km, 川幅約 200 m, 菅原城北大橋上流約 100 m の右岸低水敷地点で、ヨシ、オギ、セイタカヨシ、アメリカセンダングサ *Bidens frondosa* などが優占するヨシ群落であった。

Yo. 2: 八雲野草地区 (守口市) 河口から約 16 km, 川幅約 300 m, 鳥飼大橋

下流 1.5 km の左岸高水敷，セイタカヨシ，セイタカアワダチソウ，カラスウリ *Trichosanthes cucumeroides* が優占するヨシ原であった．

Yo. 3：出口野草地区（枚方市）河口から約 23 km，川幅約 200 m，淀川新橋上流約 2 km の左岸高水敷，セイタカヨシ，オギ，クズが優占するヨシ原であった．

Yo. 4：三島江野草地区（高槻市）河口から約 23 km，川幅約 200 m，枚方大橋下流約 2 km の右岸低水敷，セイタカヨシ，オギ，セイタカアワダチソウなどが優占するヨシ原であった．また，高水敷は河川公園となっており，グラウンドが整備されていた．

Yo. 5：天野川合流部周辺（枚方市）河口から約 27 km，川幅約 200 m，枚方大橋上流約 1 km の左岸高水敷，セイタカヨシ，オギなどが優占するヨシ原．

Yo. 6：淀川河川公園大塚地区（高槻市）河口から約 28 km，川幅約 200 m の右岸低水敷，枚方大橋上流約 2 km の地点．セイタカヨシ，オギ，セイタカアワダチソウなどが優占する高茎草地．高水敷は河川公園となっており，グラウンドが整備されていた．

Yo. 7a：鵜殿のヨシ原（高槻市）：河口から約 31km 付近，右岸側に位置するヨシ，オギなどが優占するヨシ原で，川幅は約 150 m．2009 年にヨシ焼きが行われた．この地点では 2007 年にヨシ原保全のために地面の掘り下げ工事が行われ，年に何度か冠水するようになった．2009 年 7 月 28 日～8 月 24 までの間に冠水し，トラップの回収ができなかった．

Yo. 7b：鵜殿のヨシ原（高槻市）Yo. 7 が冠水し，トラップの回収ができなくなったため 8 月より設定した．Yo. 7 より約 1 m 高い場所にトラップを設置した．植生は少なく，クサネム *Aeschynomene indica* や，ヒメムカシヨモギ *Erigeron canadensis* が疎らに生えていた．

Yo. 8 : 鶺鴒のヨシ原 (高槻市) : 河口から約 31 km 付近の右岸側に位置するヨシ, オギ, セイタカヨシ, カナムグラなどが優占する地点で, 川幅は約 150 m. 2008, 2009 年ともにヨシ焼きが行われた.

Yo. 9 : 鶺鴒のヨシ原 (高槻市) : 淀川河口からの距離 32 km 付近の右岸側に位置するヨシ, オギ, セイタカヨシ, カナムグラなどが優占する地点で, 川幅は約 150 m. この地点では 2008, 2009 年ともにヨシ焼きが行われなかった.

Yo. 10 : 樟葉砂州 (枚方市) 淀川において砂州が残っている数少ない地点. 河口から約 32km, 川幅約 150 m の左岸低水敷. ヨシ, オギなどが優占した. この地点では河川が増水によりトラップ設置場所に入ることができなくなったため, 2009 年 7 月 21 日~8 月 10 日までトラップの回収ができなかった.

Yo. 11 : 樟葉ワンド周辺 (枚方市) 河口から約 33km, 川幅は約 200 m のオギ, セイタカアワダチソウなどが優占する左岸低水敷. 2009 年にワンドの再生工事が行われた.

Yo. 12 : 三川合流部周辺 (大山崎町) 河口から約 36km の桂川と淀川の合流部付近, 右岸高水敷で, 川幅は約 100 m で, オギ, セイタカヨシ, セイタカアワダチソウが優占していた.

各地点の地表性甲虫類群集の構造を比較するために, 種数, 捕獲個体数, 密度に加え, 多様度指数 ( $1-\lambda$ ) を前節の (1) 式より算出した.

さらに, 高水敷と低水敷の比較のため, 各条件の密度, 種数, 種多様度の平均値と 95%信頼区間を, 重複を許したブートストラップ法による 1000 回繰り返しによって求めた.

群集構造を比較するため, 20 個体以上捕獲された種の個体数をもとに, 各地点と各種の除歪対応分析 (DCA) による座標づけを行った. これらの計算には, フリーウェアの R ver. 2.14.1 (R Development Core Team, 2011) および Vegan

パッケージ (Oksanen, 2010) を用いた。次に、環境要因と地表性甲虫類各種の個体数との関係を調べるため、種数、個体数をそれぞれ目的変数に、各環境要因を説明変数として、一般化線形混合モデル (Generalized linear mixed model ; GLMM) による解析と赤池情報量規準 (Akaike's Information Criterion ; AIC) (Akaike, 1973) によるモデル選択を行った。その際、地表性甲虫類の種数、個体数はポワソン分布に従うとし、ここでは、AIC が最も小さいモデルを最良モデルとして選択した。これらの計算には R の glmmML パッケージ (Broström and Holmberg, 2011) および MuMIn パッケージ (Bartoń, 2012) を用いた。

## 結果

この調査により、オサムシ科 Carabidae 65 種 8,697 個体の地表性甲虫類が捕獲された (Table 1-6)。種数を見ると、Yo. 3, 10 が 36 種で最も多く Yo. 8 で 22 種と最も少なくなった。密度については Yo. 1 で 10.95 と最も高く、種数と同じく Yo. 8 で 0.12 と最低値をとった。種多様度 ( $1-\lambda$ ) については多くの地点で 0.8 以上であったが、Yo. 4 で 0.91 と最も高い値で、Yo. 2 で 0.77 と最も低い値となった。

ユニーク種が多く捕獲された地点は Yo. 7a と 7b で、2 地点を合わせると、オヒラタゴミムシ *Platynus magnus*, コアオマルガタゴミムシ *Amara chalcophaea*, オオトックリゴミムシ *Oodes vicarius*, トックリゴミムシ *Lachnocrepis prolixa*, チビミズアトキリゴミムシ *Apristus cuprascens* の 5 種 107 個体であった (Table 1-6)。

全地点の合計捕獲個体数からみた優占種は、ミイデラゴミムシが最上位種であり、以下、ヤコンオサムシ、オオゴモクムシ *Harpalus capito*, セアカヒラタゴミムシ、キボシアオゴミムシと続き、これら上位 5 種で捕獲個体数全体の約

45%を占めた (Table 1-7). この内, 全地点で確認された種はオオゴモクムシ, セアカヒラタゴミムシ, キボシアオゴミムシの 3 種で, ミイデラゴミムシは Yo. 8, 9 を除く 11 地点で, ヤコンオサムシは Yo. 7a, 7b, 8 を除く 10 地点からそれぞれ記録された (Table 1-6). 上位種のうち, ミイデラゴミムシの多くは低水敷で捕獲されており, それに対して, ヤコンオサムシは高水敷で多く捕獲された. また, オオゴモクムシは捕獲個体数のほとんどが Yo. 1 で捕獲されていた.

最優占種が, 全地点の上位 5 種と共通しなかったのは Yo. 4, 5, 7a, 11, 12 でそれぞれオオナガゴミムシ, チョウセンゴモクムシ *H. crates*, アトボシアオゴミムシ *C. naeviger*, ニセコガシラアオゴミムシ, チビアオゴミムシ *Eochlaenius suvorovi* であったが, それらを含む上位 5 種の多くは他の地点でも見られる種であった (Table 1-7). その中でも特徴的だったのは Yo. 7a, 7b からなる鶺鴒の自然再生工事が行われた地点であった.

ブートストラップによる解析の結果, 種数は高水敷, 低水敷間に有意な差が認められた ( $P < 0.05$ ) が, 密度及び種多様度には差がみられなかった (Fig. 1-5).

DCA による各調査地点と各種の座標付けを行った結果を Fig. 1-6ab に示した. DCA の軸の固有値は第 1 軸が 0.56, 第 2 軸が 0.29 と, 1 軸の値が相対的に大きく, 群集組成の成分の多くを 1 軸が説明していることが示唆された. 各地点の内, 第 1 軸の値が高かったのは Yo. 7b, Yo. 7a, Yo. 1 で, これらの地点は鶺鴒の掘り下げ地点や低水敷の地点であった. これに対して, 1 軸の値が低かったのは Yo. 2, Yo. 3, Yo. 12 などの高水敷の地点だった (Fig. 1-6b). 各種の配列に関して, 1 軸の値が高かった種はオサムシモドキ *Craspedonotus tibialis*, チビミズアトキリゴミムシ *Apristus cuprascens*, オオトックリゴミムシなどで, それに対してオオゴミムシ, ヤコンオサムシ, オオクロツヤヒラタゴミムシなどの種が第 1 軸の値の低い方に配列された (Fig. 1-6a).



## 考察

本節の調査において、65種の地表性甲虫類が捕獲され、前節の調査と比較すると、オサムシモドキ、ハコダテゴモクムシ *H. discrepans*、チビミズアトキリゴミムシなど20種が本節の調査でのみ捕獲された。これに対して、アオグロヒラタゴミムシ *Agonum chalconus* やヒメゴミムシ *Anisodactylus tricuspis*、ヒメキベリアオゴミムシ *C. inops* などを含む6種は前節の調査でのみ捕獲された。これにより2年間の調査において淀川で得られた種は合計71種となった。これは大阪府北部および中部から記録のある地表性甲虫類の約33.5%を占める（大阪府，2000a）。

本節の調査で捕獲された地表性甲虫類の中で、環境省レッドデータリスト（環境省，2012）に記載されている種が3種確認され、それぞれチョウセンゴモクムシ、チビアオゴミムシ、オオトックリゴミムシであった。チビアオゴミムシはYo. 4, 6, 11で捕獲され、前2地点では優占種となっていたので、ヨシ群落のような草地環境を好む可能性がある。残り2種のうち、チョウセンゴモクムシの大部分は鶉殿で捕獲された、特に個体数が多かったのはYo. 7a, 7b, 8の3地点で184個体中175個体が捕獲され、オオトックリゴミムシは全個体がYo. 7aで捕獲された。Yo. 7ab, 8はヨシ原再生工事が行われた地点やその周辺の地点であるため、鶉殿の自然再生工事がこれらの種に有利に働いた可能性がある。

20個体以上捕獲された種の中の7種、ナガヒョウタンゴミムシ *Scarites terricola*、キンナガゴミムシ *Pterostichus versicolor*、オオナガゴミムシ、セアカヒラタゴミムシ、オオズケゴモクムシ *H. eous*、ヒメケゴモクムシ *H. jureceki*、オオトックリゴミムシの捕獲個体数は低水敷の存在と冠水期間に正の相関を示した（Table 1-8）。これら7種の内2種ナガヒョウタンゴミムシとキンナガゴミ

ムシの捕獲個体数は土壌の中央粒径値との間にも正の相関が認められた。これに対して、オオナガゴミムシ、セアカヒラタゴミムシ、オオズケゴモクムシ、ヒメケゴモクムシは両者の間に負の相関が認められた。これら 6 種は農地（例えば、土生・貞永，1961，1969；Ishitani and Yano, 1994；石谷，1996；Salah *et al.*, 2005；香川ら，2008）や河川敷（Ishii *et al.*, 1996；Ishitani *et al.*, 1997；李・石井，2010）のような低地の草地に生息している。また、キアシヌレチゴミムシ *Archipatrobus flavipes*、オオクロナガゴミムシ、オオアトボシアオゴミムシの 3 種は、捕獲個体数と低水敷の存在や土壌水分割合との間に正の相関を示した (Table 1-8)。前 2 種はすでに好湿性種として知られている (土生・貞永，1965；上野，1985)。オオアトボシアオゴミムシは低地の農地 (Yano *et al.*, 1989；Ishitani and Yano, 1994；香川ら，2008)、森林 (Suttiprapan and Nakamura, 2007)、河川敷 (Ishii *et al.*, 1996；石谷，1996；Ishitani *et al.*, 1997；李・石井，2009，2010) など様々な環境に出現する。さらに井上 (1953a) はこの種が夏期に河川の湿地や影のある草地で個体数が多くなると述べている。これに加えて、田中 (1991) はこの種が夏期に産卵のために森林から河川敷や水田に移動することに注目した。本節においても、この種の大部分は 6 月から 8 月の間に捕獲されており、夏期の活動期に好湿性を示すものと考えられる。このように、これらの 10 種は好湿性種と考えられる。これらの種の大部分は DCA 第 1 軸の値の大きい方に配置された (Fig. 1-6a)。

一方、ヤコンオサムシ、オオクロナガオサムシ *C. kumagaii*、オオクロツヤヒラタゴミムシ *Synuchus nitidus*、スジアオゴミムシ *Haplochlaenius costiger*、アトボシアオゴミムシ、クビボソゴミムシの 6 種は、捕獲個体数と低水敷の存在や土壌水分割合との間に負の相関が認められた (Table 1-8)。ヤコンオサムシでは土壌の中央粒径値との間にも負の相関を示した。加えて、マイマイカブリ

*Damaster blaptoides* とキアシツヤヒラタゴミムシ *S. callitheres* では冠水期間と土壤水分割合との間に負の相関を、オオゴミムシ *Lesticus magnus* では低水敷の存在と冠水期間との間に負の相関を示した (Table 1-8). これらの中の 6 種ヤコンオサムシ, オオクロナガオサムシ, マイマイカブリ, オオゴミムシ, スジアオゴミムシ, クビボソゴミムシは体長 20 mm 以上の大型種である (Ishitani *et al.*, 2003; Fujita *et al.*, 2008; 李・石井, 2009, 2010). Lessel *et al.* (2011) は *Bembidion quadrimaculatum* や *B. lampros* が氾濫原において優占し, 攪乱の少ない場所では *Carabus purpurascens* のような大型種が含まれることを確認した. 安定した環境が大型種によって特徴づけられるという傾向は河川だけではなく, 森林でもみられる (例えば, Ishitani *et al.*, 2003; Osawa *et al.*, 2005; Schwerk and Szyszko, 2007). これらの調査は大型種が高水敷に生息することを裏付けている. さらに, オオクロツヤヒラタゴミムシ, アトボシアオゴミムシの 2 種は森林環境によく見られる (松本, 2005, 2009; Fujita *et al.*, 2008). このことは, これら 9 種が河川敷の高水敷のような攪乱の少ない環境を好む可能性を示している. これらの種の多くは DCA 第 1 軸の値の低い方に配置された (Fig. 1-6a).

淀川における河川改修は, 河川敷の環境の変化を通して地表性甲虫群集に影響を与えていることが明らかになった. 高水敷には大型種や森林性種が生息していたことから, 河川改修工事はこれらの種に対しては攪乱の少ない安定した生息場所を提供したと考えられる. 対照的に, 好湿性種は低水敷で多く確認されたが, これらの種は前節の調査においても, 高水敷上のヨシ群落では密度が低かった. DCA の結果は, 地表性甲虫群集の構造が低水敷と高水敷の地点間で異なることを示しているが, 第 1 軸は攪乱の強度もしくは土壤水分量の多さに対応すると考えられる (Fig. 1-6b).

近年, 淀川の景観を保全するために自然再生事業が行われている. 本章の結

果は、鶺鴒殿で行われた乾燥化を防ぐための高水敷の掘り下げ工事（小山，1999；綾，2004；西野，2009）が地表性甲虫類の種多様性の保全に効果があったことを示している。鶺鴒殿の Yo. 7a と 7b では，種数が多く，オサムシモドキ，チョウセンゴモクムシ，チビミズアトキリゴミムシなどユニーク種がもっとも多かった（Tables 1-6, 1-7）。また，Yo. 7ab の上位種の中の 3 種オオナガゴミムシ，セアカヒラタゴミムシ，オオアトボシアオゴミムシとユニーク種の 1 種オトックリゴミムシは上記より，好湿性種と考えられる。残りのミイデラゴミムシ，チョウセンゴモクムシは，捕獲個体数が冠水期間と土壤水分割合との間にそれぞれ正の相関を示した（Table 1-8）。さらに Yo. 7b で多数捕獲されたオサムシモドキやチビミズアトキリゴミムシは河川敷内の砂地を好むことが知られている（土生・貞永，1965；松良ら，2006）。すなわち，淀川の自然再生事業は好湿性種や砂礫地性種にとって好ましいものであったと考えられる。

## 第 2 章 瀬田川・宇治川における地表性甲虫類の多様性

第 1 章の調査により，河川敷の状態により地表性甲虫群集が変化することが明らかになった．Bonn *et al.* (2002) は河川改修の度合いが異なる 3 つの河川で地表性甲虫類とクモ類の種構成を調べ，河川改修の度合いの大きい河川では好湿性種の減少がおきることを報告している．また，Sienkiewicz and Zmihorski (2012) は洪水により広範囲に冠水がおこる草地で地表性甲虫群集の調査を行い，洪水による冠水が地表性甲虫群集の形成に重要な役割を果たすことを報告している．このように地表性甲虫類の群集構造の変化には河川敷の冠水が大きく影響していると考えられるが，国内では，石谷 (1996) が出水による攪乱による捕獲個体数と種数の減少について，Hiramatsu (2007)，李・石井 (2010) が冠水の認められた地点での群集構造の変化を報告しているのみで，出水による冠水が地表性甲虫群集に与える影響に関する知見は断片的なものである．

瀬田川・宇治川は滋賀県大津市域を通り，京都府宇治市域を流れる，淀川の上流部分である．ここでも淀川の治水対策として南郷洗堰，天ヶ瀬ダムの建設や，河道の拡幅や直線化など多くの人為的改変が行われてきた (西野，2009)．そのため，下流部では淀川と同じく河川敷の乾燥化がおこっている．南郷洗堰では 1992 年より「瀬田川洗堰操作規則」が制定され，琵琶湖の水位調整を目的として放流量の操作が行われている．特に 6 月から 8 月にかけて琵琶湖の水位を低い状態に維持するため，5 月下旬より洗堰・天ヶ瀬ダムの放水量が増加する (国土交通省，2002)．そのため，この時期には両河川の水位も増加し，洗堰やダム直下の河川敷はこの時期に頻繁に冠水する．したがって，両河川に生息する地表性甲虫類は水位操作の影響下にあると考えられる．本章では，ダムからの放流が瀬田川・宇治川河川敷の地表性甲虫群集の種多様性に与える影響を

明らかにするために地表性甲虫類の捕獲調査を行った。

#### 調査地および方法

調査は2010年4～12月に宇治川河川敷で9地点、瀬田川河川敷で3地点、合計12地点(Uj. 1～Uj. 9, Se. 1～Se. 3)において前章と同様の方法で行った(Fig. 2-1)。設置した各回のトラップ数はそれぞれ10個であったが、設置期間中に掘り返されたもの、増水により消失、回収できなかったものがあったため、実際に回収したトラップ数は、それぞれ宇治川で170, 161, 145, 164, 180, 162, 130, 142, 101, 瀬田川で151, 107, 161個であった。

宇治川・瀬田川の各地点の概要は以下のとおりである。

Uj. 1：三川合流部1（京都府八幡市）。淀川河口からの距離36 km付近、御幸橋下流約1.2 kmの左岸側に広がるセイタカヨシ、カナムグラなどが優占するヨシ原で、川幅は約350 m。

Uj. 2：三川合流部2（大山崎町）。河口から約37 km、御幸橋下流約150 m付近に位置し、川幅は約200 mの右岸側に位置するオギ、クズ、カナムグラなどが優占する河川敷。

Uj. 3：京阪鉄橋付近（八幡市）。河口から約38 km、京阪鉄橋上流約500 m付近、セイタカヨシ、クズ、カナムグラなどが優占する左岸河川敷。川幅は約250 m。

Uj. 4：淀大橋付近（京都市）。河口から約39 km、淀大橋上流約300 m付近、右岸側に位置するオギ、セイタカヨシ、セイタカアワダチソウなどが優占する草地で、川幅は約350 m。

Uj. 5：向島ヨシ原1（京都市）。河口から約43 km、阪神高速道路下流約300 m付近の左岸側に広がるヨシ、オギなどが優占するヨシ原で、2010年の春にはヨ

シ焼きが行われた。川幅は約 700 m。

Uj. 6：向島ヨシ原 2（京都市）。河口から約 44 km，阪神高速道路上流約 1 km 付近に位置し，川幅は約 700 m。ヨシ，オギなどが優占する左岸部のヨシ原。2010 年春に草刈りが行われた。河川の増水による冠水は確認されなかったが，2010 年 7 月の大雨の際トラップが水没したため，本地点を冠水が見られた地点として扱った。

Uj. 7：観月橋付近（京都市）。河口から約 45 km，川幅約 200 m の左岸河川敷，観月橋上流約 300 m の地点。ヨシ，オギなどが優占する他，ヤナギ属の樹木が見られた。2010 年 5 月から 7 月にかけて天ヶ瀬ダムの放流による増水のため調査地点が冠水した。

Uj. 8：桃山（京都市）。河口から約 46 km，川幅約 200 m の右岸河川敷。セイタカヨシ，クズ，ササ属などが優占した。

Uj. 9：京滋バイパス付近（宇治市）。河口から約 49 km，京滋バイパス下流約 300 m，川幅約 200 m の右岸砂礫河原。ヨシ，オギなどが優占し，2010 年 5 月から 7 月に河川の増水による冠水が確認された。

Se. 1：大戸川合流部付近（滋賀県大津市）河口から約 68 km 川幅約 150 m 左岸河川敷，オギが優占する草地でヤナギの低木も疎らに見られた。この地点は 2010 年 5 月から 7 月にかけて南郷洗堰からの放流による河川の増水のため冠水した。

Se. 2：南郷洗堰付近（大津市）。河口から約 70 km，南郷洗堰下流約 300 m，川幅約 250 m，の右岸河川敷。ヨシ，オギが優占し，一部でノイバラ *Rosa multiflora* も見られるヨシ群落。この地点も 2010 年 4 月から 7 月にかけて南郷洗堰からの放流による河川の増水のため冠水した。

Se. 3：瀬田川緑地（大津市）。河口から約 73 km，京滋バイパス上流約 500 m

付近に位置し、川幅約 100 m. クズ, オナモミ *Xanthium strumarium*, セイタカアワダチソウが優占する草地で、ソメイヨシノ *Cerasus yedoensis* が植樹されている。公園として管理されているため、2010年10月と12月に2度草刈りが行われた。

各地点の地表性甲虫類群集の構造を比較するために、種数、捕獲個体数、密度に加え、多様度指数 ( $1-\lambda$ ) を前章の (1) 式より算出した。

地表性甲虫類の群集構造を比較するため、20個体以上捕獲された種の個体数をもとに、前章と同じく DCA による各地点と各種の座標づけを行った。また、各地点を冠水の有無により2つに分け、地表性甲虫類各種の冠水に対する影響を比較した。その際、冠水が見られた地点と見られなかった地点両方で捕獲された種に対しては、Mann-Whitney の U 検定を用いて、どちらの地点で多く捕獲されていたか検定を行った。これらの計算には、フリーウェアの R ver. 2.14.1 を用いた。

## 結果

本章の調査の結果、合計 63 種 7,999 個体が捕獲された (Table 2-1)。種数は Uj. 1 で最大の 33 種、次に Uj. 4, Uj. 8 の 30 種、27 種と続いた。また、種数が最小となったのは Se. 3 の 7 種だった。密度については Uj. 7 で 10.38 と最も高く、続いて Uj. 1 の 10.21, Uj. 3 の 8.64 となった。また、密度の最も低かった地点は Uj. 5 の 0.51 であった。種多様度は種数、密度が最小となった St. 5 で最高値 0.87, 最低値は Se. 3 の 0.44 であった。

本調査の優占種に関して、調査地全体の上位 5 種はヤコンオサムシ、アオゴミムシ、オオクロツヤヒラタゴミムシ、オオゴミムシ、ミイデラゴミムシであり、これら 5 種で全捕獲数の約 50% を占めていた (Table 2-2)。各地点の上位 5



種をみると、調査地全体の上位種と 3 種以上が共通していた地点は少なく、Uj. 2 の 1 地点のみであり、Uj. 5 や Se. 3 の地点では共通種がみられなかった。また、ヤコンオサムシ、オオクロツヤヒラタゴミムシの両方もしくはいずれかが上位種となっていた地点は Uj. 1, Uj. 2, Uj. 3, Uj. 4, Uj. 8 でいずれの地点も、調査期間中に河川の増水による冠水しなかった地点であった。対照的に冠水した地点全てで、オオゴミムシ、アオゴミムシ、ミイデラゴミムシのいずれかが上位種となっていた。しかし、冠水しなかった地点の中にも、これらの種が上位種に含まれた地点が存在した。

本調査において、ユニーク種が存在していた地点は 12 地点中、7 地点で、各地点に 1~3 種、個体数も最大で 12 個体と種数・個体数ともに少なかった (Table 2-3)。

捕獲された地表性甲虫類を冠水の有無別に比較を行うと、冠水した地点でのみ捕獲された種を Table 2-4a に、冠水しなかった地点でのみ捕獲された種を Table 2-4b に示した。冠水した地点でのみ捕獲された種はオオナガゴミムシ、ヒメケゴモクムシ、アオバネホソクビゴミムシ *Brachinus aeneicostis* など 5 種 316 個体で、これに比べて、冠水しなかった地点でのみ捕獲されたのは 15 種 1,933 個体、その中には大型のオサムシ類であるヤコンオサムシ、マイマイカブリの 2 種、ツヤヒラタゴミムシ属が 4 種、ゴモクムシ属 4 種が含まれた。また、冠水した地点としなかった地点両方で捕獲された種の個体数を比較すると、キアシヌレチゴミムシ、オオトックリゴミムシ、オオクロナガゴミムシ、キンナガゴミムシの 4 種は冠水した地点で有意に個体数が多く、冠水しなかった地点ではオオクロツヤヒラタゴミムシのみが有意に個体数が多かった (Mann-Whitney の U 検定,  $P < 0.05$ )

DCA 軸の固有値は第 1 軸で、0.74、第 2 軸で 0.52 であり、第 1 軸が相対的に

高く、群集組成の成分の多くを第 1 軸が説明していると考えられた (Fig. 2-2). 各地点の内、冠水した地点は 1 軸の値が高い方に配置され、冠水しなかった地点は 1 軸の値が低い方に配置されたが、Uj. 5, Uj. 4 の 2 地点は 1 軸の値が比較的高い方に配置されていた。残りの 5 地点は第 2 軸に沿って配列されており、2 軸の高い方には Uj. 3, Uj. 8 の 2 地点が配列され、Uj. 1, Se. 3 の地点は 2 軸の低い方に配列された。Uj. 2 はこれら 2 つの中間地点に配置された (Fig. 2-2b). 各種の配列に関しては、アオバネホソクビゴミムシ、オオトックリゴミムシ、キアシヌレチゴミムシなどが 1 軸の値の高い方に配列され、1 軸の値の低い方にはオオスナハラゴミムシ *Diplocheila zeelandica*, ニセマルガタゴミムシ *Amara congrua*, オオホシボシゴミムシ *A. sadoensis* などが配置された。DCA の第 2 軸に注目すると、値の高い方に配列された種はツヤヒラタゴミムシ属のマルガタツヤヒラタゴミムシ、オオクロツヤヒラタゴミムシ、キアシツヤヒラタゴミムシであり、2 軸の値の低い方に配列されたのは、ホシボシゴミムシ *A. punctatipennis*, ニセマルガタゴミムシ、ヤコンオサムシの 3 種であった。

## 考察

本章の調査により、宇治川・瀬田川河川敷から 63 種の地表性甲虫類が確認されたが、これは京都府内で確認されているオサムシ科昆虫 342 種 (京都府, 2002) の約 18% に相当した。これはトラップの設置地点数が同じ、前章第 2 節の調査 (65 種) と比べて 2 種少ない値であった。しかし、本章の調査でのみ捕獲された種は、マルクビゴミムシ *Nebria chinensis*, ヒメツヤヒラタゴミムシ *S. dulcigradus*, アオバネホソクビゴミムシなど 10 種で、逆に前章の調査でのみ捕獲された種はオサムシモドキ, ヒラタゴモクムシ, チビミズアトキリゴミムシなど 11 種であった。前章の調査でのみ捕獲された種の内、オサムシモドキは主

に砂地を生息地とする種である（井上，1956c）．宇治川・瀬田川には，このような種が生息するのに好適な環境である砂州がほとんどみられないため，本章の調査では捕獲できなかつたものと考えられる．

また，本章の調査で捕獲された地表性甲虫類の中で，環境省レッドデータリスト（環境省，2012）および京都府レッドデータブック（京都府レッドデータ調査選定・評価委員会普及版編集委員，2003）に記載されている種はチョウセンゴモクムシ，チビアオゴミムシ，オオトックリゴミムシ，アオバネホソクビゴミムシの4種521個体で，各種の捕獲個体数はそれぞれ18，4，389，110個体であった．アオバネホソクビゴミムシは京都府要注目種にランクしていた．前章の淀川での調査と比較すると，オオトックリゴミムシの個体数は宇治川の方が多く，チビアオゴミムシ，チョウセンゴモクムシの個体数は少なかった（Table. 1-6, 2-1）．しかし，この2種は淀川においても，個体数の多い地点は局所的であったため，宇治川河川敷内にもこれらの種が多く生息している地点が存在する可能性がある．

調査地全体の上位5種であるヤコンオサムシ，アオゴミムシ，オオクロツヤヒラタゴミムシ，オオゴミムシ，ミイデラゴミムシで全捕獲個体数の50%を占めたが，どの地点においても優占的であったわけではなかった（Table 2-2）．これらの内，冠水した地点でのみ優占種となっていた種はキンナガゴミムシ，オオナガゴミムシ，ヒメケゴモクムシ，オオトックリゴミムシ，アオバネホソクビゴミムシの5種で，いずれも冠水した地点で個体数の多かった種であった．一方，冠水しなかった地点でのみ上位種となっていたのはヤコンオサムシとオオクロツヤヒラタゴミムシで，他にはオオクロナガオサムシ（Uj. 1でのみ上位種），オオマルガタゴミムシ（Uj. 1），オオホシボシゴミムシ（Uj. 1, Se. 3）など13種であった．これらの13種の内の5種，ヤコンオサムシ，ヒメツヤヒラ

タゴミムシ, マルガタツヤヒラタゴミムシ, キアシツヤヒラタゴミムシ, オオスナハラゴミムシは冠水した地点でのみ捕獲された種であり (Table 2-4b), オオクロツヤヒラタゴミムシは有意に個体数の多かった種であった.

DCA の配列をみると, 冠水した地点は DCA の第 1 軸の値の高い方に配置され, その周辺に位置づけられた種は, アオバネホソクビゴミムシ, オオトックリゴミムシ, キアシヌレチゴミムシ, キンナガゴミムシ, オオナガゴミムシ, ミイデラゴミムシ, ヒメケゴモクムシ, オオクロナガゴミムシ, オオナガゴミムシ, ナガヒョウタンゴミムシ, アオゴミムシの 11 種であった (Fig. 2-2a). これらの内, アオバネホソクビゴミムシとアオゴミムシを除く 9 種は前章において, 好湿性種とした種であった. このことから, 冠水した地点は好湿性種の生息場所として好適な環境であったと考えられる.

冠水しなかった地点は DCA の第 1 軸の値の低い方に配置された. 各種の配置をみると, オオスナハラゴミムシ, ニセマルガタゴミムシ, オオホシボシゴミムシ, ハコダテゴモクムシ, オオクロツヤヒラタゴミムシ, ホシボシゴミムシ, マルガタツヤヒラタゴミムシ, アトボシアオゴミムシ, オオマルガタゴミムシ, クビボソゴミムシ, ヤコンオサムシ, ヒメツヤヒラタゴミムシ, キアシツヤヒラタゴミムシ, オオクロナガオサムシの 14 種が第 1 軸のスコアの低い方に位置づけられた (Fig. 2-2a). 冠水しなかった地点はこれらの種によって特徴づけられていたと考えられる. これらの 14 種には, 前章で攪乱頻度の低い環境もしくは乾燥した環境を好むとされた種が 6 種含まれた. これ以外の 5 種のうち, マルガタツヤヒラタゴミムシ, オオマルガタゴミムシは冠水日数との間に, ニセマルガタゴミムシ, オオホシボシゴミムシ, ホシボシゴミムシは土壤水分割合との間に, それぞれ捕獲個体数が負の相関を示した種であった (Table 1-8). これらのことから, 冠水しなかった調査地点は安定した環境であったと考えら

れる．また，前章で言及しなかった 3 種については，ヒメツヤヒラタゴミムシが森林性種とされるのみで (石谷, 1996; Ishitani *et al.*, 2003; Fujita *et al.*, 2008)，ハコダテゴモクムシは河川敷 (Ishitani *et al.*, 1997; 李・石井, 2010)，森林 (松本, 2009)，農地 (Siddiquee *et al.*, 2005) など様々な環境で少数が記録されているが，どのような環境を選好するのかわかり不明であり，同様にオオスナハラゴミムシも森林性とされることもあれば (Fujita *et al.*, 2008)，生息地ジェネラリストとされることもある (Ishitani *et al.*, 2003)．しかし，本調査においてこれら 3 種はいずれも冠水しなかった地点でのみ確認されていたことから (Table 2-4b)，攪乱の少ない環境を好む種と推定される．このように，冠水の有無によって地表性甲虫類各種の個体数が異なることは Sienkiewicz and Zmihorski (2012) も指摘しており，本章の調査においてもこのことが裏付けられた．

DCA による各地点の群集の配置は，冠水の有無により分離し，群集構造の違いを反映した．Bonn *et al.* (2002) は地表性甲虫群集が生息場所の構造よりも氾濫期間の長短，氾濫が一時的か周期的かなどの要因により影響されるとしている．また，国内では李・石井 (2010) が大和川において山間部の氾濫が頻発する砂礫河原において，他の河川敷とは異なる群集が成立していたことを報告している．本章の調査においては，各調査地点の氾濫が一時的か周期的かは考慮に入れなかった．しかし，天ヶ瀬ダムや南郷洗堰の近くの地点 Uj. 9 や Se. 1, 2 は 1992 年に制定された瀬田川洗堰操作規則による琵琶湖の水位操作のため，少なくとも過去 10 年以上強く影響を受けているものと考えられる．

以上のことより，宇治川・瀬田川では，天ヶ瀬ダム・瀬田洗堰の放流によって冠水する地点が存在することが河川敷全体の地表性甲虫群集の種多様性を高めていると考えられる．また，冠水した地点としなかった地点のいずれかでのみ捕獲された種も多く存在したため，宇治川・瀬田川河川敷の地表性甲虫群集

は冠水の有無により，二分化が進んでいる可能性がある．今後，河川改修工事などで河川敷の冠水がみられる地点が消失すると，好湿性種の一部は減少もしくは消失すると予想されるため，河川敷の地表性甲虫群集を保全する場合，冠水がみられる地点の存在が重要であると考えられる．

### 第3章 桂川・木津川における地表性甲虫類の多様性

都市化は生息地の縮小や断片化を引き起こす他、生息地周辺の環境の均質化や、それに伴う外来種の侵入など、在来の生物多様性を減少させる要因の一つとなっている (Niemelä, 1999 ; McKinney, 2002, 2006, 2008). 生息地周辺の環境は地表性甲虫類の多様性に影響を与える大きな要因の一つであり (Eyre and Luff, 2004), 地表性甲虫類に対する都市化の影響については Niemelä (2000) が Global Network for Monitoring Landscape Change (Globnet) プログラムを提唱し、温帯域を中心に各国の都市部で都市、都市近郊、郊外の森林を比較することによって、調査が行われてきた (Niemelä *et al.*, 2002 ; Ishitani *et al.*, 2003 ; Venn *et al.*, 2003 ; Magura *et al.*, 2004, 2008 ; Gaublomme *et al.*, 2008 ; Sadler *et al.*, 2006 ; Sapia *et al.*, 2006 ; Elek and Lövei, 2007). これらの結果は Niemelä and Kotze (2009) や Magura *et al.* (2010) によってまとめられ、どの都市でも森林性スペシャリストは都市部の森林で減少することが示されている。しかし、Magura *et al.* (2010) は都市部の森林には非森林性の種が代替するように侵入してくるため、森林内のみかけの多様性は都市化により減少しないとしている。日本国内では Ishitani *et al.* (2003) 以降にも、断片化された都市林では森林性種の減少がみられることが報告されている (堀, 2003 ; Fujita *et al.*, 2008). このように、ある地点の地表性甲虫類の種多様性を考えるときにその土地の周辺の土地利用を評価することは重要である。

河川は上流部から下流部まで連続した緑地帯が続き、氾濫原などの多様な生息場所を地表性甲虫類に提供している (Gerisch *et al.*, 2006 ; Follner *et al.*, 2009 など) が、河川敷に生息する地表性甲虫類に対して堤内地の土地利用がどのような影響を及ぼしているかを評価した研究は少ない。

淀川水系に属する桂川と木津川はともに京都府域の平野部を流れる河川で、前者は京都市域の都市部を流れており、堤外地には耕作地や公園などが整備されている。後者は木津川市、城陽市、八幡市など、比較的農地の多い郊外部を流れており、堤外地は一部耕作地となっている場所もあるが、砂州や砂礫地、河辺林など良好な河川環境が数多く残っている。そのため、この二河川は堤内地の土地利用の違いを評価するには適当である。

本研究は、両河川において地表性甲虫群集の捕獲調査を行い、堤内地の土地利用の違いと、河川敷内の地表性甲虫群集との関係を明らかにすることを目的とした。

#### 調査地および方法

調査は、2011年4～12月に桂川河川敷で9地点、木津川河川敷で9地点、合計18地点（Ka. 1～Ka. 9, Ki. 1～Ki. 3）において前章と同様の設置期間でピットフォールトラップ法により行った（Fig. 3-1）。設置した各回のトラップ数はそれぞれ10個であったが、設置期間中に掘り返されたもの、増水により消失、回収できなかったものがあったため、実際に回収したトラップ数は、それぞれ桂川で142, 169, 157, 169, 166, 170, 131, 142, 164, 木津川で147, 152, 128, 167, 159, 127, 153, 155, 137個であった。

桂川・木津川の各地点の概要は以下のとおりである。

**Ka. 1:** 三川合流部（京都府八幡市）。淀川河口からの距離37 km, 天王山大橋下流約350 m付近の左岸側に広がるセイタカヨシ、カナムグラ、クズなどが優占する草地で、川幅は約550 m。2011年5月に、河川の増水による冠水が見られた。

**Ka. 2:** 三川合流部（乙訓郡）。河口から約37 km, 天王山大橋下流約350 m



付近の右岸側に位置する。ヨシ、オギなどが優占するヨシ原で、川幅は約 550 m。2011 年 5 月、7 月、9 月に、河川の増水による冠水が見られた。

Ka. 3：宮前橋付近（京都市）。河口から約 38 km，宮前橋上流約 50 m 付近，右岸側に広がるオギ，セイタカヨシ，セイタカアワダチソウなどが優占する草地で，川幅は約 250 m。河川の増水による冠水は見られなかったが，大雨の後トラップの一部が水没することがあった。

Ka. 4：羽束師（京都市）。河口から約 41 km 付近，羽束師橋下流約 600 m の右岸側に広がるセイタカヨシ，クズ，カナムグラなどが優占する草地で，川幅は約 450 m。2011 年 5 月，9 月に河川の増水のため，トラップの一部が冠水した。

Ka. 5：久我橋東詰公園（京都市）。河口から約 45 km，久我橋下流約 400 m 付近，左岸側に広がるヨシ，オギ，ヤブガラシ *Cayratia japonica* などが優占する草地，2011 年 5 月，7 月，9 月に調査地点が冠水した。川幅は約 300 m。

Ka. 6：西大橋付近（京都市）。河口から約 49 km，西大橋下流約 100 m 付近で川幅は約 300 m，ヨシ，オギ，セイタカアワダチソウなどが優占する左岸部の河川敷。礫の多い地点であるが，冠水のたびに地表面が砂で覆われた。2011 年 5 月，7 月，9 月に河川の増水による冠水が確認された。

Ka. 7：桂上野（京都市）。河口から約 50 km，上野橋上流約 200 m 付近に位置する川幅約 250 m の右岸河川敷。ツルヨシ *Phragmites japonica* が優占する砂礫地。2011 年 4 月，5 月，7 月，9 月に河川の増水により調査地点の一部が冠水した。

Ka. 8：梅津（京都市）。河口から約 50 km，上野橋上流約 300 m 付近に位置する川幅約 250 m のヨシ，オギなどが優占する左岸河川敷。2011 年 4 月，5 月，7 月，9 月に河川の増水により調査地点の冠水が確認された。

Ka. 9 : 渡月橋付近 (京都市). 河口から約 54 km, 渡月橋下流約 400 m 付近の川幅約 250 m でツルヨシ, ヤブガラシが優占する右岸河川敷. 砂礫地が発達した地点で, 2010 年 5 月, 9 月に河川の増水による冠水が見られた.

Ki. 1 : 三川合流部 (京都府八幡市). 淀川河口からの距離 36 km, 御幸橋下流約 700 m 付近, 左岸側に広がるセイタカヨシ, カナムグラ, クズなどが優占する草地で, 川幅は約 350 m. 2011 年にはこの調査地点の冠水は見られなかった.

Ki. 2 : 三川合流部 (八幡市). 河口から約 37 km, 川幅約 350 m, 御幸橋上流約 20 m の左岸, オギ, ツルヨシなどが優占し, 一部には砂地が存在する. この地点は 2011 年 5 月, 7 月, 9 月に河川の増水により冠水が確認された.

Ki. 3 : 川口 (八幡市). 河口から約 39 km, 木津川大橋下流約 1 km 付近に位置する, 川幅約 350 m のセイタカヨシ, オギなどが優占する草地. 2011 年 5 月, 7 月, 9 月に調査地点の冠水が確認された. 調査地点の周辺には, 数カ所の止水域が確認された.

Ki. 4 : 淀生津 (京都市). 河口から約 40 km, 木津川大橋下流約 400 m で川幅約 350 m のオギ, セイタカアワダチソウが優占する右岸河川敷. この地点は 2011 年 7 月と 9 月に河川の増水により冠水した.

Ki. 5 : 京奈和自動車道付近 (京田辺市). 河口から約 45 km, 京奈和自動車道上流約 400 m 付近に位置し, 川幅約 400 m の左岸河川敷. ノイバラ, カナムグラが優占し, 一部でオギやセイタカヨシも見られる草地. この地点は 2011 年 4 月と 7 月に河川の増水により冠水した.

Ki. 6 : 近鉄鉄橋付近 (京田辺市). 河口から約 47 km, 近鉄鉄橋上流約 50 m 付近に位置し, 川幅は約 550 m. 土壌は砂地でセイタカヨシ, カナムグラ, ノイバラが優占する左岸河川敷. 2011 年 5 月, 7 月, 9 月に河川の増水により冠水が見られた.

Ki. 7 : 玉水橋付近 (綴喜郡). 河口から約 52 km, 玉水橋下流約 50 m に位置する, 川幅約 400 m の右岸. 砂州が発達しておりツルヨシ, オギが疎らに生育している. 2011 年 7 月, 9 月に河川の増水による冠水が確認された. 9 月の河川の増水の際に調査地の大部分に砂が堆積した.

Ki. 8 : 開橋付近 (木津川市). 河口から約 56 km, 開橋上流約 400 m に位置する, 川幅約 400 m の右岸河川敷, セイタカヨシ, オギ, クズが優占していた. この地点では調査期間中に冠水は確認されなかった.

Ki. 9 : 泉大橋付近 (木津川市). 河口から約 61 km, 泉大橋下流約 400 m 付近で, 川幅約 400 m の左岸河川敷, ツルヨシが優占する砂礫地. この地点では最も多く冠水が見られ, 2011 年 4 月から 7 月, そして 9 月, 10 月に確認された.

各地点の地表性甲虫類群集の構造を比較するために, 種数, 捕獲個体数, 密度に加え, Simpson (1949) の多様度指数 ( $1-\lambda$ ) を第 1 章の (1) 式より算出した.

2 河川の地表性甲虫群集を比較するため, 地表性甲虫の種数・密度・種多様度の 3 つの指数について, 2 河川間で差があるかどうかを検討するため, 第 1 章と同じく, ブートストラップ法によるリサンプリングを 1,000 回繰り返したときの平均値および 95% 信頼区間を算出した. また, 前章と同じく, 群集構造を比較するため, 20 個体以上捕獲された種の個体数をもとに, 各地点と各種の DCA による座標づけを行った. これらの計算には, フリーウェアの R ver. 2.14.1 および Vegan パッケージを用いた.

堤内地の土地利用と地表性甲虫類の種数, 個体数との関係を調べるため, 環境省自然環境保全基礎調査植生調査の地図データをもとに, GIS ソフト Quantum GIS ver. 1.6.0 を使用し, 森林, 農地, 市街地に分類し, 各地点の半径

1,000m 以内の堤内地における各面積を求めた。河川間の各面積の違いを比較するため、ブートストラップ法によるリサンプリングを 1,000 回繰り返したときの平均値および 95%信頼区間を算出した。

次に、堤内地の土地利用と各地点の種数、個体数との関係を調べるため、種数、個体数をそれぞれ目的変数として、上記の堤内地の各面積を説明変数として、第 1 章と同じく、GLMM と AIC を用いたモデル選択による解析を行った。これらの計算には、R ver. 2.14.1, glmmML パッケージおよび MuMIn パッケージを用いた。

## 結果

桂川では、63 種 7,080 個体、木津川では 72 種 7,052 個体が捕獲され、調査地全体では 79 種 14,132 個体となった (Table 3-1)。各調査地点の種数に関しては桂川では Ka. 2 で 37 種と最も多く、最も少なかったのは Ka. 3 の 17 種だった。木津川では Ki. 2 の 52 種が最多で、最少は Ki. 7 の 18 種であった。

密度に関して、桂川では Ka. 6 が最大で 10.84 となり、最小で Ka. 3 の 1.10 だった。木津川では Ki. 3 の 8.08 が最大値で、最小値が Ki. 8 で 1.14 であった。

種多様度については、多くの地点で 0.8 以上と高い数値となっていた。桂川の最大値は Ka. 2 と Ka. 5 の 0.92 で、最小値は Ka. 9 の 0.70、木津川では Ki. 2 と Ki. 5 の 0.90 で、最小値は Ki. 7 の 0.67 であった。

Fig. 3-2 はブートストラップ法によって算出された各河川の種数、密度、種多様度の平均値と 95%信頼区間を示す。これら 3 つの値を桂川、木津川間で比較すると、3 つの値全てで信頼区間が重なっていたため、河川間には有意な差が見られなかった。

両河川で捕獲された種の内、桂川各地点の上位 5 種を Table 3-2a に、木津川

各地点の上位 5 種を Table 3-2b に示した。2 河川全体の上位 5 種はキボシアオゴミムシ, アオゴミムシ, オオアトボシアオゴミムシ, オオクロナガゴミムシ, ヤコンオサムシで, 調査地全体の捕獲数の 46% を占めた。桂川の上位 5 種はオオアトボシアオゴミムシ, キボシアオゴミムシ, アオゴミムシ, オオクロナガゴミムシ, オオゴモクムシで, この内, オオゴモクムシを除く 4 種が調査地全体の上位種と共通していた。また, 桂川では桂川全体の上位種と各地点の上位 5 種が 3 種以上共通していた地点が多く, Ka. 2, Ka. 3, Ka. 5, Ka. 6, Ka. 7, Ka. 8 の 6 地点であった。また, キボシアオゴミムシとアオゴミムシは 7 地点で上位種となっており, 桂川の広範囲で優占することが明らかになった。桂川では, 各地点の優占種の構成が似ていると考えられる。また, 調査地全体の上位種であるが桂川全体の上位種でないヤコンオサムシは Ka. 1 の地点でのみ優占していた。木津川全体の上位 5 種はキボシアオゴミムシ, ヤコンオサムシ, オオクロナガゴミムシ, キアシヌレチゴミムシ, アオゴミムシで, キアシヌレチゴミムシを除く 4 種が調査地全体の上位 5 種と共通した。また, 木津川全体の上位種と木津川各地点の上位 5 種とが 3 種以上共通していた地点は少なく, Ki. 2, Ki. 3, Ki. 5 の 3 地点のみで, 残りの 6 地点, Ki. 1, Ki. 4, Ki. 6, Ki. 7, Ki. 8, Ki. 9 は共通する上位種が 2 種以下の地点であった。この内, キボシアオゴミムシが上位種となっていた地点は 7 地点あり, この種は木津川においても広範囲に優占することが明らかになった。また, 調査地全体の上位種であるが木津川全体の上位種ではなかった, オオアトボシアオゴミムシは Ki. 4, Ki. 6, Ki. 9 の 4 地点で上位種となっていた。

Table 3-3ab は桂川と木津川のどちらか一方の河川でのみ捕獲された種を示している。桂川でのみ捕獲された種はウスモンコミズギワゴミムシ *Tachyura fuscicauda* やヨツモンコミズギワゴミムシ *Tachyura laetifica* など, 7 種 16 個体

だった。これに対し、木津川のみで捕獲された種はオサムシモドキやルイスオオゴミムシ *Trigonotoma lewisii* など 16 種 265 個体だった。このような種の多くは捕獲数 10 個体未満の種であったが、木津川でのみ捕獲された、オサムシモドキ、ヒラタゴモクムシ、チビミズアトキリゴミムシの 3 種は個体数が多く、それぞれ 30, 99, 100 個体であった。

Table 3-4 には GIS を用いたバッファ分析により算出した各地点の農地、市街地、森林面積の値を示した。各々の平均値を両河川で比較した結果、農地と市街地面積において、95%信頼区間が重ならず、河川間に有意な差が見られた (Fig. 3-3)。農地面積は木津川で、市街地面積は桂川で大きかった ( $P < 0.05$ )。森林面積は両河川間で信頼区間が重なり、有意な差が認められなかった ( $P > 0.05$ )。

堤内地の土地利用と各地点の種数、個体数との関係を調べた結果、種数に関しては、森林面積と正の相関があるモデルが選択され、個体数に対してはどの面積も関係していないというモデルが選択された (Table 3-5)。農地面積、市街地面積と地表性甲虫類の種数、個体数には相関がみられなかった。

DCA による各調査地点と各種の座標付けを行った結果を Fig. 3-4 に示した。DCA の軸の固有値は第 1 軸が 0.55、第 2 軸が 0.26 と、1 軸の値が相対的に大きく、群集組成の成分の多くを 1 軸が説明していることが示唆された。各地点の内、第 1 軸の値が高かったのは Ki. 7, Ki. 9, Ka. 9 で、これらの地点は砂地や礫地であった。これに対して、1 軸の値が低かったのは Ki. 1, Ki. 8, Ka. 1 と調査期間中の冠水が少なかった地点だった。また、各地点の配列は河川毎にはまとまらず、第 1 軸に沿って桂川、木津川両河川の地点が混在して配列された (Fig. 3-4b)。各種の配列において、1 軸の値が高かった種はオサムシモドキ、チビミズアトキリゴミムシ、コアオマルガタゴミムシなどで、反対にオオホソクビゴミムシ、オオクロツヤヒラタゴミムシ、オオスナハラゴミムシなどの種

は 1 軸の値の低い方に配列された (Fig. 3-4a).

## 考察

本章の調査において、木津川・桂川の河川敷から合計で 79 種の地表性甲虫類が捕獲された。これは京都府で確認されている地表性甲虫類の約 23% を占めている (京都府, 2002)。前 2 章の調査と比較すると、本章の調査でのみ捕獲された種はダイミョウチビヒョウタンゴミムシ *Dyschirius aeneus*, ウスモンケシミズギワゴミムシ *Bembidion assimile*, ウスモンコミズギワゴミムシ, ヨツモンコミズギワゴミムシ, タンゴヒラタゴミムシ *Agonum leucopus*, マメゴモクムシ *Stenolophus fulvicornis*, ヤマトトックリゴミムシ *Lachnocrepis japonica*, チャバネクビナガゴミムシ *Odacantha aegrota*, アオヘリホソゴミムシ *Drypta japonica* の 9 種であった。この内の 4 種, ダイミョウチビヒョウタンゴミムシ, ウスモンケシミズギワゴミムシ, ウスモンコミズギワゴミムシ, ヤマトトックリゴミムシ, アオヘリホソゴミムシは桂川でのみ, マメゴモクムシ, チャバネクビナガゴミムシは木津川でのみ確認された (Table 3-3b)。個体数は少ないが, 本研究においてミズギワゴミムシ亜科 *Bembidiinae* に属する 3 種が初めて記録された。李・石井 (2010) は大和川の河川敷において, ミズギワゴミムシ類を砂礫河原スペシャリストとしている。しかし, ウスモンコミズギワゴミムシは畑地, 水田畦畔並びに河原の石下, 山地にも生活しておりその生活範囲は広いとされ (井上, 1954), ヨツモンコミズギワゴミムシは耕地や水田畦畔にも出現している (井上, 1956b; 石谷, 1996; Yahiro *et al.*, 1992; 八尋, 2007)。そのため, これらの種は砂礫河原スペシャリストとは考えにくい。また, ダイミョウチビヒョウタンゴミムシは水田畦畔の他, 河原の粘質な湿潤地や塵芥下に生息しており (井上, 1953c), アオヘリホソゴミムシは湿地や水田に普通の種とされる

(土生・貞永, 1965). 個体数は少ないが, これらの種が捕獲されたのは冠水することの多かった Ka. 7, Ka. 8 の地点であり, 土壌湿度と関わりの深い種とも考えられる.

上位5種をみると, 本章の調査地全体の上位種であるアオゴミムシ属の2種, キボシアオゴミムシ, アオゴミムシは各地点においても優占しており, 桂川では両種ともに9地点中7地点で, 木津川では前者は9地点中8地点で, 後者は4地点で上位種となっていた. キボシアオゴミムシは第1章において, 河川敷の草地環境の広い範囲に出現するとしたが, 本章の調査でもそのことが裏付けられた. また, 今回も第1章で好湿性もしくは攪乱地を好むとした種が多くの地点でみられた. 例えばオオクロナガゴミムシは桂川では3地点, 木津川では4地点, など比較的多くの地点で上位種になった. 本調査ではほとんどの地点で冠水が確認されたので, 1章で示した冠水や湿度との関連性が裏付けられた.

本章の調査では, 都市部を流れる桂川と郊外を流れる木津川との比較において, 種数・個体数・種多様度の平均値には有意な差がみられなかった ( $P > 0.05$ ). また, バッファ分析による調査地点周辺の堤内地の面積との関係については, 森林と種数にのみ正の相関が認められたが, 農地, 市街地面積と種数, 個体数には相関が認められなかった. 都市化と地表性甲虫類の関係に関しては, 森林性の大型種が都市化による生息地の分断による影響を受けやすいとされる (Halme and Niemelä, 1993 ; Raino and Niemelä, 2003). 国内においても都市化による森林の断片化が森林性の地表性甲虫類の減少を引き起こすことが報告されている (Ishitani *et al.*, 2003 ; Fujita *et al.*, 2008 ; 李・石井, 2009). しかし, 草地を中心に広い環境でみられる種には都市化による生息地の断片化の影響は小さい (Fujita *et al.*, 2008 ; Niemelä and Kotze, 2009 ; Magura *et al.*, 2010). 河川敷では, 森林性種, 砂礫性種も捕獲されるが, 多くの種は生息場所ジェネラリ



ストである (Eyre and Luff, 2002 ; 李・石井, 2010). この傾向は桂川・木津川でも認められ, 河川敷には周辺の都市化の影響を受けにくい地表性甲虫群集が成立していると考えられる.

DCA の結果, 各地点の群集は河川ごとにはまとまらず, 互いに重なりあっていたため, 両河川の群集構造は多くの地点で類似していたと考えられる. また, 木津川の各地点の配置は桂川と比べてばらつきが大きかった. 例えば, 第 1 軸の値の高い方に配列された地点 (Ki. 7 や Ki. 9) はツルヨシが疎生する砂地と砂礫地で, 前者はオサムシモドキ, チビミズアトキリゴミムシ, 後者はノグチアオゴミムシ *Lithochlaenius noguchii*, カワチマルクビゴミムシ *Nebria lewisi* が優占していた. ノグチアオゴミムシは砂質土壌の河原を好み (井上, 1952c, 1956a), カワチマルクビゴミムシも河原の砂礫地で捕獲されている (富樫, 1986 ; 李・石井, 2010). これらの種は本章の調査において, 木津川でのみ捕獲された種, もしくは個体数の多い種であった. 木津川では砂地や礫地が断続的に見られる他, それを維持している出水も多い (辻本, 2001, 2004 ; 尾花・辻本, 2009). これが木津川において砂礫性種が多い要因のひとつと考えられる. また, 冠水頻度が少なく, 第 1 軸の低い方に配置された Ki. 1 や Ki. 8 などの地点は, 前 2 章の結果と同じく, ヤコンオサムシ, オオマルガタゴミムシなどによって特徴づけられていた. 以上のことより, 淀川水系の河川敷の地表性甲虫群集の構造に対する河川周辺の土地利用の影響は小さく, むしろ河川敷内の植生環境や物理環境の影響が大きいと考えられる.

#### 第4章 河川敷内の環境傾度と地表性甲虫類の分布

前章の結果から、河川敷内における地表性甲虫類の群集構造には河川敷周辺の土地利用よりも河川敷内の環境が強く影響していることが示唆された。河川敷の地表性甲虫類の微小生息地に注目した調査は日本国内でも行われている。例えば、富樫（1986）は河原において、地表性甲虫のみつけどりをを行い、礫地に生息する地表性甲虫相を報告しており、堀ら（1994）は北海道の天塩川において、海岸から河川を経て内陸に至る森林、草地、湿地の地表性甲虫群集の構造が植生環境を反映することを明らかにした。また、Hiramatsu（2007）は河川敷の比較的限定された範囲の河辺林や草地、砂地で地表性甲虫類の調査を行い、河辺林とそれに隣接する草地で種構成が似ていたが、砂地の種構成が特徴的であったことを報告している。また、木津川においては、松良ら（2006）が河川に近い方から河川敷を水辺、礫地、砂地、草地に分け、粘管目 *Collembola* や甲虫目 *Coleoptera*, 膜翅目 *Hymenoptera* などの土壌性節足動物の調査を行なった。彼らは、オサムシ科については属レベルでの解析を行い、各環境を特徴付ける属について言及している。また、Yamazaki *et al.*（1999）は淀川の三川合流部付近の河川から堤防までの河川敷で越冬期の調査を行い、地表性甲虫類各種は河川敷の微小環境ごとに越冬場所が異なっていることを明らかにした。

以上のような先行研究により、洪水の影響を受けやすい河川の水際の砂礫地では、地表性甲虫類の種構成が異なることが明らかにされている。しかし、前章までの調査において、河川敷の草地においても攪乱の有無や土壌の湿度によって、地表性甲虫群集が異なることが示された。本章の調査は河川敷内の環境傾度と地表性甲虫各種の選好性との関係を明らかにするために行った。

## 調査地と方法

調査は2012年4～8月に合計10回行い、調査地は前章の木津川河川敷 Ki. 5、京奈和自動車道付近下流約400 m付近に設定した (Fig. 4-1)。河川に近い方から、砂地、低茎草地、高茎草地を含むように、100 m×100 mのコドラートを設定し、その内部に20 m間隔で河川から堤防に向かった6つのラインをつくり、各ライン上に6の地点、合計36地点を設定し、1地点毎に3トラップ、合計108個設置した。トラップは、各地点に約2 m間隔で1列に、開口部が地面と同じ高さになるように設置した。トラップの設置期間は1週間とし、これを月に2回行った。設置した各回のトラップ数はそれぞれ3個であったが、設置期間中に掘り返されたもの、増水により消失、回収できなかったものがあったため、実際に回収したトラップ数はライン毎に、137、132、175、174、164、170個であった。各ラインの詳細は以下のとおりである。

ライン1：最も河川に近い砂礫地。植生はほとんど発達していない。6月の出水によって冠水した。

ライン2：草地に隣接する砂礫地。ライン1と同じく、植生はほとんど発達しておらず、6月に出水による冠水が確認された。約3 m堤防側には植生が見られた。

ライン3：砂礫地から少し離れた草地。ノイバラ、ネズミムギ *Lolium multiflorum* やヨモギ、ツルヨシが優占する。6月の出水により冠水が確認された。

ライン4：ノイバラや、ネズミムギなどのイネ科草本が優占する草地。6月の出水により冠水が確認された。

ライン5：オギが優占する高茎草地だが、地点によってはセイタカアワダチソウ、ノイバラやクズがみられる地点も存在した。調査期間中には出水による

冠水は見られなかった。

ライン 6: セイタカヨシ, ササ属が優占する高茎草地だが, 夏期以降はそれらの上をクズが覆った。最も河川から遠く, 堤防に近い地面が他のラインよりも高い位置にあったため, 調査期間中に冠水は見られなかった。

また, 各地点の環境データとして, 冠水の有無, 土壌水分量, 土壌の中央粒径, 植物体積を求めた。各環境データは以下のように計測した。土壌水分量はライン上の各地点から 1 サンプル (約 150 g) を 5 月, 8 月に回収し,  $110\pm 5^{\circ}\text{C}$  の定温乾燥器 (型式 DX602, ヤマト株式会社) で 24 時間以上乾燥させた。乾燥直前の土壌の重量 (湿重) と乾燥直後の土壌の重量 (乾重) の差から土壌水分割合をもとめた。土壌の重量は電磁式はかり (型式 GX-2000, 研精工業株式会社) を用いて計測した。次に, 乾燥させた土壌はそれぞれ 2, 0.85, 0.425, 0.250, 0.106, 0.075 mm メッシュの篩でふるい, 篩の上に残った土壌の重量を電磁式はかり (型式 GP-12K, 研精工業株式会社) で測定し, 中央粒径値を算出した。植物体積は各地点に 1 m $\times$ 1 m の小コドラートを設定し, その中の植物の被度 (%) と平均高さ (m) を計測し, 1 m<sup>2</sup> $\times$ 被度 $\times$ 高さで求めた。植物のデータは 5 月 29 日に計測したものをを用いた。

各地点の地表性甲虫類群集の構造を比較するために, 種数, 捕獲個体数, 密度に加え, 多様度指数 ( $1-\lambda$ ) を第 1 章の (1) 式より算出した。

本章の調査で 20 個体以上捕獲された種については, ライン間の個体数を比較するため, 各ライン対してブートストラップ法によるリサンプリングを 1,000 回繰り返す, ライン毎の平均値と 95% 信頼区間を算出し, ライン間の多重比較を行った。また, 群集構造を比較するため, 前章までと同じく, 20 個体以上捕獲された種の個体数をもとに, 各地点と各種の DCA による座標づけを行った。これらの計算には, フリーウェアの R ver. 2.15.2 (R Development Core Team,

2012) および *Vegan* パッケージを用いた。

各環境データと各地表性甲虫類の相関を調べるため、各地表性甲虫類の個体数を目的変数、上記の環境データを説明変数として、GLMM による解析と AIC によるモデル選択にを行った。その際、各地表性甲虫類の個体数はポワソン分布に従うとし、AIC の値が最も小さいモデルを最良モデルとして選択した。これらの計算には、R ver. 2.15.2, *glmmML* パッケージおよび *MuMIn* パッケージを用いた。

## 結果

本章の調査の結果 48 種 6,463 個体が捕獲された (Table 4-1)。各ラインの種数はライン 1 で 3 種、ライン 2 で 11 と少なく、他のラインでは 31~33 種の間をとった (Table 4-1)。密度は種数と同じくライン 1, 2 でそれぞれ 0.86, 0.89 と低く、ライン 3 で 11.19, ライン 4 で最大値 13.70 とそれぞれ大きな値をとった。その後は河川からの距離が離れるに従って、密度が減少する傾向を示し、ライン 5 では 6.85, ライン 6 では 4.48 となった。種多様度 ( $1 - \lambda$ ) は、ライン 1, 2 では 0.50 前後と低く、ライン 3 から 6 は 0.8 以上、最も高かったのはライン 6 の 0.87 であった。

全体の上位 5 種はオオホシボシゴミムシ、アオゴミムシ、キボシアオゴミムシ、ホシボシゴミムシ、オオマルガタゴミムシで全体の個体数の約 64% を占めていた (Table 4-2)。各ラインの優占種をみると、ライン 1, 2 ではオサムシモドキ、スジミズアトキリゴミムシ *Apristus grandis*, チビミズアトキリゴミムシの 3 種で構成種の 90% 以上を占めていた。ライン 3, 4, 5 では、オオホシボシゴミムシ、アオゴミムシ、キボシアオゴミムシが上位種になった。ライン 6 は他のラインとは上位種が異なり、ニセコガシラアオゴミムシ、アトボシアオゴ

ミムシ、オオスナハラゴミムシはこのラインでのみ上位であった。

地表性甲虫類各種の個体数をライン毎に比較した結果も Table 4-1 にあわせて示した。20 個体以上捕獲された 26 種の内、スジミズアトキリゴミムシとチビミズアトキリゴミムシ、ニセコガシラアオゴミムシを除くすべての種はライン 1 及び 2 では捕獲されなかったか、有意に個体数が少なかった ( $P < 0.05$ )。また、ライン 3 から 6 にかけて個体数の減少が認められたのは、キアシヌレチゴミムシ、キンナガゴミムシ、オオナガゴミムシ、オオクロナガゴミムシ、コガシラナガゴミムシ *P. microcephalus*、キアシツヤヒラタゴミムシ、ホシボシゴミムシ、オオホシボシゴミムシ、コガシラアオゴミムシ *C. variicornis*、オオアトボシアオゴミムシ、アオゴミムシの 11 種だった。それに対して個体数の増加が認められた種は 3 種で、スジアオゴミムシ、アトボシアオゴミムシ、オオスナハラゴミムシであった。そしてライン間の個体数に有意な差が認められなかった種は、ヤコンオサムシ、マイマイカブリ、セアカヒラタゴミムシ、マルガタツヤヒラタゴミムシ、オオゴモクムシ、ニセマルガタゴミムシ、オオマルガタゴミムシ、ニセコガシラアオゴミムシ、キボシアオゴミムシ、クビボソゴミムシの 10 種であった。

DCA の結果、軸の固有値は第 1 軸で 0.95、第 2 軸が 0.44 と軸の配列の多くを第 1 軸が説明していた。しかし、第 1 軸に沿った各地点の配列をみると、ライン 1, 2 の地点と他ラインの地点で大きな違いが認められた。第 1 軸の値の大きい方に配置され、その他の地点は値の小さい方に配置された (Fig. 4-2)。ライン 2 の 1 地点が第 1 軸の値の小さい方に配列されていたが、この地点は調査期間を通してオオマルガタゴミムシ 1 個体のみが捕獲された地点であったので、外れた位置に配列されたものと考えられる。また、DCA 第 2 軸をみると、2 軸の値の大きい方にライン 6 の地点が、2 軸の値の小さい方にライン 3, 4 の地点

が、それぞれ配置された (Fig. 4-2b). ライン 5 の 4 地点はライン 3, 4 の近くに配置されたが, 2 地点はライン 6 とライン 3, 4 の間に配置された (Fig. 4-2b). 各種の配列も地点の配列と同じ傾向を示し (Fig. 4-2a), スジミズアトキリゴミムシ, チビミズアトキリゴミムシが第 1 軸の値の大きい方へ配置され, 残りの種は全て 1 軸の値の低い方へ配置され, さらに第 2 軸に沿って配列されていた. アトボシアオゴミムシ, オオスナハラゴミムシ, スジアオゴミムシは第 2 軸の値の高い方へ配置されており, それに対して, キアシツヤヒラタゴミムシ, オオクロナガゴミムシ, キンナガゴミムシが低い方へ配置された (Fig. 4-2a).

#### 考察

本章の調査において 48 種の地表性甲虫類が捕獲された, これは前章において, 木津川で捕獲された種の約 67% を含んでおり, 第 3 章の調査で同地点 (Ki. 5) で捕獲された地表性甲虫類の種数と比べて 11 種多かった. 本章の調査で同地点から新たに確認されたのはカワチマルクビゴミムシ, ルイスオオゴミムシ, オオクロツヤヒラタゴミムシ, スジミズアトキリゴミムシ, フタホシスジバネゴミムシ *Planetes puncticeps*, オオホソクビゴミムシなどの 18 種で, ナガマルガタゴミムシ *A. macronota*, ケウスゴモクムシ *H. griseus* など 9 種は確認されなかった.

DCA の結果, 河川敷における地表性甲虫類の群集構造は 3 つに別れた. 1 つは砂礫地であるライン 1 とライン 2 で, 特にライン 1 で捕獲されたのはスジミズアトキリゴミムシ, チビミズアトキリゴミムシ, オサムシモドキの 3 種のみで構成されていた. これら砂礫地に出現する種は移動性が高く, 生息地が良好ならば比較的短時間で再移住が起こるとされている (Bonn *et al.*, 2002; Jähnig *et al.*, 2009). この 3 種の飛行による移動に関する知見はないが, 井上 (1977) は,

スジミズアトキリゴミムシの歩行がきわめて速いことを報告しているため、ある程度移動性の高い種と考えられる。

草地、特にライン 3, 4, 5 で個体数の多かった 13 種と環境要因との関係を見ると、キアシヌレチゴミムシ、キンナガゴミムシ、コガシラナガゴミムシ、オオホシボシゴミムシ、コガシラアオゴミムシ、アオゴミムシの 6 種は冠水及び土壤水分に正の、植物体積に負の相関が認められた (Table 4-3)。残りの 7 種については、オオクロナガゴミムシは全ての環境要因との間に正の相関が認められるモデルが選択され、オオナガゴミムシは冠水と土壤水分割合との間に正、キアシツヤヒラタゴミムシは冠水、土壤の中央粒径値、土壤水分割合との間に正、ニセマルガタゴミムシは植物量との間に負、土壤水分割合との間に正、オオマルガタゴミムシは冠水との間に正、植物量との間に負、ホシボシゴミムシとオオアトボシアオゴミムシは冠水との間に正、植物量との間に負の相関を、それぞれ示した (Table 4-3)。植物量との間に正の相関を示したオオクロナガゴミムシ、土壤の中央粒径値との間に正の相関が認められたキアシツヤヒラタゴミムシを除く 11 種は冠水、植物量の比較的少ない、土壤水分割合の高い地点と関係が深いと考えられる。

草地に設定した 4 ラインの中で、群集構成が大きく異なっていたのは河川から最も遠いライン 6 で、このラインで個体数の増加が認められた種はスジアオゴミムシ、アトボシアオゴミムシ、オオスナハラゴミムシの 3 種であった。この 3 種は冠水や土壤水分割合との間に負の相関を示した (Table 4-3)。

また、ヤコンオサムシ、マイマイカブリ、セアカヒラタゴミムシ、マルガタツヤヒラタゴミムシ、オオゴモクムシ、キボシアオゴミムシ、クビボソゴミムシの 7 種はライン間の個体数に有意な差が認められなかった種であった。しかし、ヤコンオサムシ、マイマイカブリ、セアカヒラタゴミムシ、マルガタツヤ



ヒラタゴミムシ、クビボソゴミムシは DCA の結果において、第 2 軸の値の高い方に配置された (Fig. 4-2a)。環境要因との関係を見るとマイマイカブリとクビボソゴミムシは土壌の中央粒径値との間に正、土壌水分割合との間に負の相関を示し、セアカヒラタゴミムシ、マルガタツヤヒラタゴミムシは土壌の中央粒径値、土壌水分割合との間に正の相関が認められた。ヤコンオサムシは土壌の中央粒径値、土壌水分割合に加えて冠水との間にも有意な相関がみられた (Table 4-3)。スジアオゴミムシ、アトボシアオゴミムシ、オオスナハラゴミムシと似た環境要因との関係性を示したマイマイカブリ、クビボソゴミムシの 2 種もライン 6 を特徴付ける種である可能性が高い。

本章の調査の結果、砂礫地と草地の地表性甲虫群集には違いが認められたことから、DCA の第 1 軸は河川敷の環境が砂礫地かどうかを示す軸と考えられる。砂礫地の地表性甲虫群集の構造が異なることは過去の調査においても指摘されており、砂礫地が河川における重要なハビタットとされている (Gerisch *et al.*, 2006 ; 松良ら, 2006 ; Hiramatsu, 2007 ; Paetzold *et al.*, 2008 ; 李・石井, 2010)。松良ら (2006) は水際や礫地においても地表性甲虫類の捕獲調査を行っており、スジミズアトキリゴミムシ、チビミズアトキリゴミムシの他、ホソチビゴミムシ属 *Perileptus spp.* やヒラタコミズギワゴミムシ *Tachyura exarata* を記録している。本章の調査でこれらの種が捕獲されなかったのは、コドラートが水際に近い場所に設置されなかつたためと考えられる。

本章の調査では、河川敷の草地においても環境の勾配に沿って、いくつかの種が増減し、地表性甲虫群集の構造が変化することを明らかにした。すなわち、DCA の第 2 軸は、値の高い方にライン 6 が、値の低い方にライン 3, 4 の地点が、それぞれ配置されていたことから、その構造が異なることを示している。この違いが単に河川からの距離によるものか、土壌の湿度によるものかは不明

である。しかし、Hiramatsu (2007) によると、河川に近い林でも離れた林でも、地表性甲虫群集は類似していたと報告していることから、河川敷の地表性甲虫類の群集構造は単純に河川からの距離によってきまるのではないと考えられる。すなわち、地表性甲虫群集の構造には河川敷からの距離だけではなく、河川敷の環境の異質性が影響しており、地表性甲虫類は微小環境の変化に敏感に応答していると考えられる。

## 総合考察

### 淀川水系の地表性甲虫類の種多様性

本研究の結果，第 1 章では淀川の河川改修工事とそれが地表性甲虫群集の構造にあたる影響や環境要因との関係性を調査し，河川改修によって攪乱の少ない安定した環境が成立している高水敷では非湿地性種が優占することが明らかになった．第 2 章では宇治川・瀬田川において，前章で調査した環境要因のなかでも出水による河川敷の冠水の影響に着目して調査を行い，冠水した地点では湿地性種が，冠水がなかった地点には非湿地性種が優占し，群集構造が異なっていることを明らかにした．また，第 3 章では桂川と木津川において堤外地の環境および堤内地の土地利用と地表性甲虫群集との関係性を解析し，群集構造には堤内地の都市化の影響よりも河川敷内の環境の違いによる影響が大きいことを明らかにした．第 4 章では，河川敷内の微小環境の違いが群集構造に及ぼす影響を調査し，地表性甲虫類各種は異なる環境選好性をもち，河川敷内の異質な微小環境に依存しながら生活していることを示した．

本研究においては，淀川水系の 43 ヶ所の調査地点から合計 92 種と，大阪府北部から記録のある地表性甲虫類（オサムシ科）の 43% の種が記録された．内訳は，淀川本川から 71 種（第 1 章），宇治川から種（第 2 章），桂川から 63 種，木津川から 72 種（第 3 章）であり，いずれも 60 種以上の大きな値を示している．この傾向は，国内の他の河川でも同様に見られ，通年の調査が行われた多くの河川で，40 種以上の地表性甲虫類が捕獲されている（Ishii *et al.*, 1996 ; Ishitani *et al.*, 1997 ; Hiramatsu, 2007 ; 李・石井 2010)．また，石谷（2010）は「河川水辺の国勢調査」が行われた 64 河川から国内の地表性甲虫類の約 30%

にあたる 405 種が記録されていたことを報告している。これらのことから、河川敷は多様な地表性甲虫類が生息する重要なハビタットであるということができる。

李・石井（2010）は奈良県と大阪府を流れる大和川において地表性甲虫類群集の捕獲調査を行い、山間部の砂礫河原にはオオアオミズギワゴミムシ *Bembidion lissonotum* やカワチマルクビゴミムシなどの河川に特徴的なスペシャリストが存在するが、都市部の河川敷の優占種は生息場所ジェネラリストであることを指摘している。本研究においても、優占種の多くは河川だけではなく、農地周辺など様々な草地に出現する種であったが、一部の地点では森林性種が優占するなど、地表性甲虫類の種構成は河川敷の微小環境により異なった。環境ごとに地表性甲虫類の群集構造が異なるのは、地表性甲虫類各種の微小環境に対する選好性の違いによるものであり、河川改修工事や河川の自然再生工事など、河川敷の環境の改変によって地表性甲虫類の群集構造が異なるのは、各種のもつ生息場所選好性に由来するといえる。このように、地表性甲虫類は高い種多様性や各々の環境選好性の違いから、河川敷においても、自然環境の状態を反映する指標生物として優れていると考えられる。そこで、本研究において捕獲調査を実施した全地点（40 地点）の群集構造のデータを利用して、河川敷における地表性甲虫類の指標性について、より詳細な解析を行った。

#### 淀川水系における地表性甲虫群集の環境指標性

まず、淀川水系の河川敷に成立する地表性甲虫群集を群集構造の観点から把握するために、Kimoto（1967）の重複度指数  $C\pi$  を求めた。数式は以下の通りである。

$$C_{\pi} = \frac{2 \sum_{i=1}^n X_{ij} X_{ik}}{(\lambda_j + \lambda_k) N_j N_k} \cdot \cdot \cdot (5)$$

$$\lambda_j = \frac{\sum X_{ij}^2}{N_{ij}^2}, \quad \lambda_k = \frac{\sum X_{ik}^2}{N_{ik}^2} \cdot \cdot \cdot (6)$$

ここで、 $N$  は群集  $j$  と  $k$  の全個体数、 $X_{ij}$  と  $X_{ik}$  は群集  $j$ ,  $k$  における  $i$  番目の種の個体数を示している。この数値をもとに非荷重群平均法 (UPGMA 法) を用いてクラスター分析を行った (Fig. 5-1)。

その結果、各地点は重複度 0.3 のレベルで 5 つのクラスターに分けられた。クラスター 1 には 12 地点 (Yo.2, Yo.3, Yo.5, Yo.12, Uj.1, Uj.2, Uj.3, Ka.1, Ka.4, Ki.1, Ki.8, Uj.8) が含まれ、クラスター 2 には 2 地点 (Yo. 7b, Ki. 7), クラスター 3 には 6 地点 (Yo.6, Yo.7a, Yo.10, Uj.9, Ka.3, Ki.3), クラスター 4 には 16 地点 (Yo.1, Uj.4, Uj.5, Uj.6, Uj.7, Ka.2, Ka.5, Ka.6, Ka.7, Ka.8, Ka.9, Ki.2, Ki.4, Ki.5, Ki.6, Ki.9), クラスター 5 には 4 地点 (Yo.4, Yo.8, Yo.9, Yo.11) が、それぞれ含まれた。興味深いことに、クラスター 5 を除く各クラスターには複数の河川が含まれ、地表性甲虫群集が河川ごとに特徴的な構造をもつのではないという第 3 章の結果が支持された。

この傾向は 40 地点全ての群集を DCA によって分析することによっても示された (Fig. 5-2)。DCA の第 1 軸の値が高かったのはクラスター 2 に属する 2 地点であった。クラスター 3, 4 に属する地点は比較的近い位置に配列されていたことから、この 2 つのクラスターに属する地点に成立する地表性甲虫類の群集構造は比較的類似しており、1 つのグループとみなすことができると考えられる。クラスター 5 に属する地点も、DCA の 1 軸においてクラスター 4 に属する地点の近くに配置されたが、これらの地点はクラスター 1 に属する地点にも近いことから、クラスター 1 と 4 に属する地点の群集の中間的な性格をもつもの

と考えられる。クラスター1に属する地点は1軸の値の低い方へ配列された。

以上のような、重複度指数によるクラスター分析とDCAによる解析の結果を組み合わせることにより、淀川水系の各地点の地表性甲虫群集を4つのグループに分けることが可能と考えられる。そこで、クラスター1, 5, 3+4, 2に分類された地点を、それぞれグループ1~4とした。各グループに含まれる地点の地表性甲虫群集の種数と密度を比較すると (Fig. 5-3), グループ内でのばらつきは、密度については大きく、種数では小さかった。

次に、各グループに属する地点の地表性甲虫群集の特性を明らかにするために、各群集を構成する種の体サイズ、分布域、ニッチ幅について解析した。

体サイズについては、李・石井 (2009, 2010) に従い、上野ら (1985) に記載されている体長の平均に基づき、10 mm 未満の種を小型種、10 mm 以上 20 mm 未満の種を中型種、20 mm 以上の種を大型種として、各地点の密度・種数に対する体サイズ別の種の分布を比較した (Fig. 5-4ab)。グループ1では大型種の密度が高いのに対して、それ以外の3グループでは多くの地点で中型種が優占していた (Fig. 5-3a)。一方、種数ではグループ間に大きな違いは認められなかった (Fig. 5-3b)。

分布域については、上野ら (1985) に記載されている分布情報に基づき、日本国内からのみ記録されている種を「日本固有種」、東アジア地域周辺からも記録のある種を「南方系種」、中国北部あるいは極東ロシア地域からも記録のある種を「北方系種」、韓国や台湾、中国などアジア地域から記録されている種を「温帯広域種」とした。各地点における分布域別の密度と種数の分布を Fig. 5-5ab に示した。全地点において北方系種と温帯広域種が種数・密度において優占していたが (Fig. 5-5a), グループ1では日本固有種の密度が、グループ4では南方系種の密度が、それぞれ高い傾向が認められた (Fig. 5-5b)。

捕獲された地表性甲虫類各種の内、20 個体以上捕獲された 59 種の河川敷における分布状況について、種ごとの平均多様度 ( $H'$ ) を算出し、解析を行った。この解析では  $H'$  の値を「ニッチ幅」とみなし、 $H'$  が 1.0 未満の種を「スペシャリスト」、1.0 以上 2.5 未満の種を「準ジェネラリスト」、2.5 以上の種を「ジェネラリスト」と定義した。このように定義された 59 種の分布状況の内訳は、準ジェネラリストが 39 種 (66.1%)、ジェネラリストが 13 種 (22.0%)、スペシャリストが 7 種 (11.9%) の順であった。ジェネラリストには 40 地点中 35 地点以上で確認されたセアカヒラタゴミムシ、スジアオゴミムシ、ニセコガシラアオゴミムシ、オオアトボシアオゴミムシ、キボシアオゴミムシ、アオゴミムシ、クビボソゴミムシが含まれ、準ジェネラリストにはヤコンオサムシ、マイマイカブリ、オオクロツヤヒラタゴミムシ、ミイデラゴミムシ、オオナガゴミムシなどが含まれた。スペシャリストにはカワチマルクビゴミムシ、タンゴヒラタゴミムシ、マルガタゴミムシ *A. chalcites*、ノグチアオゴミムシ、チビアオゴミムシ、チビミズアトキリゴミムシ、アオバネホソクビゴミムシが含まれた。このうち、マルガタゴミムシ、チビアオゴミムシを除く 5 種は砂礫地性の種であり、洪水などの攪乱が頻繁に起こる河川敷を特徴付ける種と考えられる。各地点の密度と種数をこの 3 タイプに分けて解析する (Fig. 5-6ab)、グループ 1 ではスペシャリストがきわめて少なく、ジェネラリストや準ジェネラリストの種で構成されていることが明らかになった。グループ 3 では上流部の砂礫地 (Ka. 9, Ki. 9) でスペシャリストの種数、密度がともに比較的大きな値を示した。グループ 4 では、含まれる 2 地点ともにスペシャリストが比較的多かった。しかし、どのグループでも多くの地点で準ジェネラリスト、ジェネラリストの密度が高く、淀川水系の河川敷の大部分はこれらのタイプの種によって特徴づけられていることが明らかになった。

次に、各グループの優占種を明らかにするために、全 40 地点における上位 10 種（ヤコンオサムシ、アオゴミムシ、キボシアオゴミムシ、ミイデラゴミムシ、オオゴモクムシ、オオアトボシアオゴミムシ、オオクロナガゴミムシ、オオクロツヤヒラタゴミムシ、セアカヒラタゴミムシ、オオマルガタゴミムシ、ニセコガシラアオゴミムシ、オオホシボシゴミムシ、キンナガゴミムシ、キアシヌレチゴミムシ、マルガタツヤヒラタゴミムシ）の各々の密度を地点別に解析するとともに（Fig. 5-6）、各グループの上位 5 種を抽出した（Table 5-1）。その結果、各グループの優占種は、グループ 1 ではヤコンオサムシ、オオクロツヤヒラタゴミムシ、オオマルガタゴミムシ、グループ 2 ではセアカヒラタゴミムシ、チビアオゴミムシ、グループ 3 ではミイデラゴミムシやキボシアオゴミムシやアオゴミムシなどアオゴミムシ属の種、グループ 4 ではチビミズアトキリゴミムシ、オサムシモドキなどであることが明らかになった。

以上のような解析の結果から、群集構造が他の地点と大きく異なっているのはグループ 1 であり、その特徴としてヤコンオサムシやオオクロナガオサムシ、マイマイカブリなどのオサムシ類やスジアオゴミムシやオオスナハラゴミムシ、オオマルガタゴミムシなどの大型種、ツヤヒラタゴミムシ属、アトボシアオゴミムシなどの森林性種の豊富さがあげられる。これらは第 1 章において攪乱の少ない環境や乾燥した環境を好むとされた種であった。また、このグループに含まれる多くの地点が河川敷の高水敷上に位置し、クズやセイタカヨシが優占する第 4 章のライン 6 に相当する地点と考えられる。

グループ 2 はセアカヒラタゴミムシ、チビアオゴミムシにより特徴づけられることが明らかになった。その他、このグループはキボシアオゴミムシやニセコガシラアオゴミムシなど、河川敷の幅広い環境で見られる種も優占していた。このグループには毎年、ヨシ焼きによる攪乱を受ける鶺鴒のヨシ原の 2 地点が



含まれており、それらの地点では植生遷移の進行が人為により抑えられていることが興味深い。遷移初期の草地によく出現するとされるセアカヒラタゴミムシなどが優占種に含まれるのはそのためと考えられる。

グループ3の優占種は、キンナガゴミムシ、オオナガゴミムシ、オオクロナガゴミムシやアオゴミムシ、オオアトボシアオゴミムシ、オオトックリゴミムシ、ミイデラゴミムシなど、第1章で好湿性種とした種によって構成されていた。このグループに属する地点は中程度の攪乱にさらされる低水敷の草地のような環境であり、湿った草地を選好する種によって特徴づけられるとと考えられる。

グループ4の優占種には、砂礫地性種のオサムシモドキ、キアシマルガタゴミムシ、ヒラタゴモクムシ、チビミズアトキリゴミムシ、スジミズアトキリゴミムシなどが含まれた。このグループに属する地点は、植生が疎らな砂礫地であり、第4章のライン1, 2に相当する地点と考えられる。このような地点の地表性甲虫群集は密度が低いが、河川敷に特徴的な種が数多く出現するため、河川環境の保全を考える場合には重要である。

このように、河川敷に多様な地表性甲虫類が生息している背景には、河川敷内に攪乱頻度の多い氾濫原や河川から陸地への移行帯、出水時に冠水する草地、冠水がほとんどみられない草地などの異質な環境が存在し、それぞれに対応する種が生息することによると考えられる。言い換えれば、グループ1~4に含まれる地点の地表性甲虫類は河川敷における次のような環境を指標すると考えることができる。

グループ1の地点の種：洪水などの自然攪乱からかなり時間が経過した環境、

もしくは河川改修によってできた洪水の影響を受けにくい高水敷の環境。

グループ2の地点の種：草刈りや野焼きによって更新がリセットされたもしくは

は、それらの作業後あまり時間の経過していない草地環境。

グループ 3 の地点の種：植生が繁茂するが、年の何日かは洪水による攪乱を受ける環境。

グループ 4 の地点の種：洪水による攪乱の影響を強くうけ、植生が繁茂しにくい砂礫地・砂州などの環境。

### 河川敷の地表性甲虫類の多様性と河川管理

河川は山間の上流部から平地の下流部まで緑地が連続し、特に堤内地の自然環境が乏しく分断化した下流の都市部においては、野生生物に生息場所および移動経路を提供している (Naiman *et al.*, 1993 ; Ward *et al.*, 2001 ; Gerish *et al.*, 2006). 李・石井 (未発表) は大和川河口部の造成後 9 年目の緑地公園で 30 種もの地表性甲虫類を確認し、大和川が種の供給源として機能していることを示唆している。本研究では河川周辺の緑地などでの調査を行っていないが、南大阪地域の緑地公園や大学キャンパス (李・石井, 2009)、阪神地域の社寺林など (Fujita *et al.*, 2008) では地表性甲虫類の調査が行われており、これらの結果との比較を行うと、南大阪の都市緑地で確認された 37 種の地表性甲虫類のうち、本研究で確認されなかった種はコホソナガゴミムシ *Pterostichus longinquus* のみである。また、阪神地域の都市林から記録された 26 種中、コホソナガゴミムシ、ニセフトクビナガゴミムシ *Pterostichus thorectoides*、クビナガゴモクムシ *Oxycentrus argutoroides*、ヒメツヤゴモクムシ *Trichotichnus congruus* を除く 22 種が本研究において淀川水系で捕獲された種と共通した。ヤコンオサムシやマイマイカブリなど後翅が退化した種にとっては、河川敷から都市部への移動は困難と考えられるが、後翅の発達した種に関しては、河川敷から周辺の都市緑

地へ移動・分散する可能性は高いと思われる。実際、李・石井（2009）は、河川敷では日本固有種を含む大型種が確認されたのに対して、市街地に孤立した都市緑地では大型種は見られず、小型の生息場所ジェネラリストが多いことを指摘している。河川から地表性甲虫類が移動を行なっているのかどうか、実際に検証する必要があるが、河川敷が周辺地域の地表性甲虫類の多様性にとって重要な場所だということを示すと考えられる。

現在、多くの河川は大規模な河川改修や外来種の侵入により、必ずしも河川本来の環境が成立しているとは言えない状態になっている（Ward, 1999; Kadono, 2004; 外来種影響評価・対策研究会, 2008 など）。また、2012年に公表された環境省の第4次レッドリストには、河川敷や湿地に生息する多くのゴミムシ類が新たに掲載されたことから、河川敷を含む湿地環境の悪化が指摘されている（環境省, 2012）。このような現状を改善するための自然再生工事により、地表性甲虫群集が回復する例はいくつか知られている（Günther and Assmann, 2005; Lambeets *et al.*, 2008; Jähnig *et al.*, 2009 など）。本研究においても、鶺鴒のヨシ原の乾燥化対策のために高水敷を掘り下げた地点に再生されたヨシ群落（Yo. 7a）では、好湿性種が優占するようになり、またその周辺に創出された砂礫地（Yo. 7b）にも特徴的な地表性甲虫群集が成立していることが確認された。この地点（Yo. 7b）で確認されたオサムシモドキやチビミズアトキリゴミムシは木津川の砂州においても確認されており、新たな生息場所ができたことにより河川敷の別の地点から移動してきた可能性が高い。これは、河川敷の再生を行った場合に、その環境を好む種が近隣に残っているのであれば、再移住することを示している。

河川敷に生息する希少な地表性甲虫の保全が行われている例として、神奈川県鶴見川の絶滅危惧種ヨコハマナガゴミムシ *Pterostichus yokohamae* が挙げら

れる。この種は鶴見川の限られた地域のみで生息しており、河川改修による絶滅が危惧されている（上野，2006）。この種の生息地で遊水地工事が行われることになった際に、生活史、生息密度、生息環境などの詳細な生態調査が行われ、保全の指針が決定された（小池ら，2001）。現在のところ、淀川水系でのみ確認されるような種は存在しないが、本研究でもレッドリスト種であるチョウセンゴモクムシ、チビアオゴミムシ、オオトックリゴミムシ（環境省，2012）などが局地的ではあるが多く捕獲された。しかし、草原性のセアカオサムシ *Carabus tuberculatus*（八尋，2001）や海浜性のオオヒョウタンゴミムシ *Scarites sulcatus* など、生息地の消失などを原因に地域絶滅が危惧される種（大阪府，2000b，京都府レッドデータ調査選定・評価委員会普及版編集委員，2003）は本研究においては捕獲できなかった。このように、淀川水系の地表性甲虫類の多様性は維持されていると考えられるが、減少傾向にある種も存在していると考えられる。今後は希少種の保全も視野にいれた河川管理を行なっていく必要がある。

河川敷の生物相が衰退する要因は河川改修による冠水などの攪乱頻度の低下など、河川が本来もつ動態の変化によるものである。中程度の攪乱は攪乱後に進入してくるパイオニア種の増加をもたらす、環境内の生物の多様性を高めることが知られている（Connell，1978）。河川敷で減少している動植物の中には、このような中程度の攪乱によって維持されてきた環境に生息する種が多く含まれている。本研究の結果から、地表性甲虫類についても攪乱の程度が群集構造に大きく影響していたことが示唆された。冠水の影響を受けやすい砂礫地や、植生が破壊されない程度の冠水がおこる湿った草地にはその環境のみを嗜好する種や、希少種が確認されている。淀川水系の地表性甲虫の多様性を保全するという観点から河川環境の自然再生工事を行う場合、希少種の生息地に配慮しながら、多様な微小環境を含むように行うことが望ましい。

## 摘要

河川敷は多様な生物の生息場所になっているが、さまざまな人為による改変を受け、本来の自然環境は大きく変化することで生物多様性の減少が顕著になっている。琵琶湖に源を発し、木津川、桂川などの支流を集めて、大阪平野を流れる淀川の河川敷には、ヨシ原やワンドのような特徴的な景観が存在するが、ダムや堰の建設、河道の掘り下げ、護岸整備、運動場の造成などにより、生物の生息環境が大きく変化している。

本研究では、河川敷を含む陸上生態系の環境指標性として優れているとされる地表性甲虫類（オサムシ類）に注目し、淀川水系の河川敷のさまざまな環境において捕獲調査を行い、その群集構造を比較することで人為による河川敷環境の変化を明らかにすることを目的とした。第1章では、まず淀川中流域のヨシ原やワンドのような特徴的な景観の地表性昆虫群集の性質を明らかにし、河川改修工事が地表性甲虫群集に及ぼす影響について解析を行った。第2章では淀川上流の瀬田川と宇治川の河川敷において、第3章では淀川支流の桂川と木津川の河川敷において、それぞれ出水による河川敷の冠水および堤内地の土地利用との関係に注目して、地表性昆虫群集の解析を行った。第4章では、木津川の河川敷において、水辺からの距離の異なる場所で地表性甲虫類の捕獲を行い、河川敷内の微小生息場所に関する解析を行った。最後に、総合考察ではこれらの結果に基づき、淀川水系の河川敷における地表性甲虫群集の特徴と河川改修工事などの人為との関係、および地表性甲虫類の環境指標性について考察した。

## 第1章 淀川河川敷における地表性甲虫類の多様性

鵜殿のヨシ原や城北のワンド群のような特徴的な景観の河川敷に成立する地

表性甲虫群集の特徴を明らかにするために、淀川中流域の河川敷に4ヶ所の調査地を設定し、各調査地2~4地点、合計12地点において、2008年4~12月に無餌ピットフォールトラップ法による地表性甲虫類の捕獲調査（以下、捕獲調査）を行った。その結果、53種5622個体の地表性甲虫が捕獲され、その中でもミイデラゴミムシ、オオクロナガゴミムシ、オオナガゴミムシの3種は多くの地点で確認され、これらが淀川中流域の河川敷を特徴づける種と考えられた。しかし、鵜殿のヨシ原ではこれらの種が少なく、非湿地性種が優占する異なった群集が形成されていることが明らかになったため、その要因として、河川改修による河床の低下がもたらす河川敷の乾燥化が考えられた。

そこで、河川改修が地表性甲虫群集に及ぼす影響を明らかにするために、2009年4~12月に淀川中流域の高水敷6地点と低水敷7地点において捕獲調査を行った。この調査で捕獲された65種8697個体について、河川敷の環境要因と地表性甲虫類各種の個体数との関係を解析したところ、オオトックリゴミムシ、オオナガゴミムシ、オオクロナガゴミムシなど9種の個体数が低水敷の存在と冠水期間との間に正の相関が認められ、ヤコンオサムシ、オオゴミムシ、オオクロツヤヒラタゴミムシなど10種の個体数が低水敷の存在および土壌水分量もしくは冠水期間との間に負の相関を示すことが明らかになった。これらのことから、前者は湿地性種、後者は非湿地性種と考えられ、河川改修は冠水頻度の低下による高水敷の乾燥化や安定化により、非湿地性の種に有利にはたらいっていると考えられた。

## 第2章 瀬田川・宇治川河川敷における地表性甲虫類の多様性

前章で群集構造を決定する要因として抽出された冠水頻度の影響を明らかにするために、上流の堰やダムなどにより琵琶湖の水位調節のための放流量操作

が行われている瀬田川・宇治川の河川敷において、2010年4～12月に捕獲調査を行った。この調査では、宇治川の9地点、瀬田川の3地点から、合計64種7999個体が捕獲され、冠水の有無別に比較すると、冠水があった地点のみで捕獲された種はオオナガゴミムシやヒメケゴモクムシなど5種、冠水がなかった地点でのみ捕獲された種はヤコンオサムシやマイマイカブリなど15種と異なった種構成であった。さらに、両方の地点で捕獲された種のうち、キアシヌレチゴミムシなど4種は冠水があった地点で個体数が多かったのに対して、オクロツヤヒラタゴミムシは冠水がなかった地点で多かった。各地点の群集構造を除歪対応分析（以下DCA）により比較すると、冠水の有無により2群に分かれたことから、放流によって冠水する地点が存在することで河川敷全体の地表性甲虫類の種多様性が維持されていると考えられた。

### 第3章 桂川，木津川における地表性甲虫類の多様性

河川周辺の土地利用と河川敷の地表性甲虫群集の種構成と各種の個体数（以下、群集構造）との関係を明らかにするために、市街地を流れる桂川と比較的農地が多い郊外部を流れる木津川の河川敷にそれぞれ9地点を設定し、2011年4～12月に捕獲調査を行った。その結果、桂川では63種7080個体、木津川では72種7052個体が捕獲されたが、総種数では木津川の方が多かったものの、各地点の平均種数と平均個体数には大きな差はなかった。各地点の群集構造をDCAにより解析すると、河川別ではなく、調査地点の河川敷の環境を反映したクラスターを形成した。また、各地点の半径1000m以内の堤内地の土地利用を森林、農地、市街地に分類し、GISを用いて各面積を求め、捕獲された地表性甲虫類の種数、個体数との関係を解析したところ、種数は堤内地の森林面積との間にのみ弱い正の相関を示したが、個体数に関しては土地利用との関係は

認められなかった。これらのことから、河川敷の地表性甲虫類の種数、個体数には堤内地の土地利用の影響は小さく、地表性甲虫の群集構造は河川敷内の環境により決まると考えられた。

#### 第4章 河川敷内の環境傾度と地表性甲虫類の分布

第3章の結果より、地表性甲虫群集の構造は河川敷の環境の違いによる影響を強く受けることが示されたことから、河川敷内における地表性甲虫各種の微小分布を明らかにするために木津川の河川敷に裸地、低茎草地、高茎草地を含むように、水辺から約100 mの地点から堤防に向かって河道に平行に20 m間隔で6列にトラップを設置し、2012年4～8月に合計10回、捕獲調査を行った。そして、環境要因として冠水の有無、植物の体積、土壤水分量、土壤の粒径を計測し、地表性甲虫各種の個体数との関係について解析を行った。その結果、48種6463個体が捕獲され、河川に近い裸地ではオサムシモドキやスジミズアトキリゴミムシ、チビミズアトキリゴミムシが、低茎草地ではアオゴミムシやキンナガゴミムシなど13種が、河川から離れた高茎草地ではオオスナハラゴミムシ、スジアオゴミムシ、アトボシアオゴミムシが、それぞれ多数捕獲された。環境要因との関係については、低茎草地に多い種は冠水および土壤水分量との間に正、植物体積との間に負の相関がそれぞれ認められたのに対して、高茎草地に多い種は冠水や土壤水分との間に負の相関を示した。これらの結果は、地表性甲虫類の各種が異なる環境選好性をもち、河川敷内の異質な微小環境に依存しながら生活していることを示している。

#### 総合考察



本研究の結果、淀川水系から 92 種の地表性甲虫類が確認することができたが、その種多様性は、河川が多様な陸上環境を創り出すことにより維持されていることが明らかになった。そこで、捕獲調査を行った合計 40 地点の地表性甲虫群集について重複度指数によるクラスター分析を行ったところ、5 つのクラスターに分離した。この結果と DCA による群集構造の解析を重ねることにより、4 つの異なる性格の種からなるグループを識別することができた。それらは、高水敷の高茎草地のような比較的安定した環境を好むグループ、水際の砂礫地や砂州のような高頻度の洪水による攪乱を受ける環境を好むグループ、低水敷の低茎草地のような中頻度で洪水の影響を受ける環境を好むグループ、草刈や野焼きなどの攪乱を頻繁に受ける高水敷の草地環境を好むグループであるが、河川敷の環境を評価する有効な指標として利用できると考えられる。

## 謝辞

本研究を行うにあたり，多大なご指導，ご助言を賜った大阪府立大学大学院生命環境科学研究科の石井実教授，広渡俊哉准教授，平井規央助教に深く感謝申し上げます．また，本論文の作成にあたり，貴重なご指導，ご助言を賜った同研究科の上甫木昭春教授，堀野治彦教授に厚く御礼申し上げます．また、本研究を行うにあたり，土壌データの分析法などについてご教授いただいた同研究科の木全卓講師，本研究の遂行にあたり多大なご協力、ご助言をいただいた韓国国立森林科学院の李哲敏博士，広島大学大学院総合科学研究科の石谷正宇博士に御礼申し上げます．また，国土交通省近畿地方整備局淀川河川事務所の松本沙矢花氏には、鶴殿での越冬調査および淀川の水文データの利用に際してご協力いただいた．心より感謝申し上げます．

最後になったが，折に触れご助言，ご協力を頂いた小林茂樹氏，坂本佳子氏をはじめとする大阪府立大学昆虫学研究グループの各位に深く感謝の意を表す．

引用文献

- Akaike, H. (1973) Information theory as an extension of the maximum likelihood principle. *Second International Symposium on Information Theory*. pp. 267–281, Akademiai, Kiado.
- 青柳正人 (2012) 淀川中流域河川敷におけるチョウ類群集. 環動昆 23 : 1–8.
- 綾 史郎・紀平 肇・松波由佳・井田康夫 (2000) 河川の水位・流量の周年／経年変化と河川生態環境. 河川技術に関する論文集 6 : 77–82.
- 綾 史郎 (2004) 近年の淀川の生態環境の変化. 生活衛生 48 : 334–340.
- Bartoń, K. (2012) MuMIn: Multi-model inference. R package version 1.6.6. <http://cran.r-project.org/web/packages/MuMIn/index.html> (accessed on 15 January 2012).
- Broström, G. and Holmberg, H. (2011) glmmML: Generalized linear models with clustering. R package version 0.82-1. <http://CRAN.R-project.org/package=glmmML> (accessed on 15 January 2012).
- Bonn, A., Hagen, K. and Reiche, D.W. (2002) The significance of flood regimes for carabid beetle and spider communities in riparian habitats—a comparison of three major rivers in Germany. *Riv. Res. Appl.* 18: 43–64.
- Bunn, S. E. and Arthington, A. H. (2002) Basic Principles and Ecological Consequences of Altered Flow Regimes for Aquatic Biodiversity. *Environ. Mgmt.* 30: 492–507.
- Carignan, V. and Villard, M. A. (2002) Selecting indicator species to monitor ecological integrity: a review. *Environ. Monit. Assess.* 78: 45–61.
- Casanova, M. and Brock, M. (2000) How do depth, duration and frequency of

- flooding influence the establishment of wetland plant communities? *Plant Ecol.* 147: 237–250.
- Connell, H. J. (1978) Diversity in tropical rain forests and coral reefs. *Science* 199: 1302–1310.
- Dufrêne, M. and Legendre, P. (1997) Species assemblages and indicator species: the need for a flexible asymmetrical approach. *Ecol. Monogr.* 67: 345–366.
- Elek, Z. and Lövei, G. L. (2007) Patterns in ground beetle (Coleoptera: Carabidae) assemblages along an urbanisation gradient in Denmark. *Acta Oecol.* 32: 104–111.
- Eyre, M. D. and Lott, D. (1996) Assessing the potential for environmental monitoring using ground beetles (Coleoptera: Carabidae) with riverside and Scottish data. *Ann. Zool. Fennici* 33: 157–163.
- Eyre, M. D., Luff, M. L. and Phillips D. A. (2001) The ground beetles (Coleoptera: Carabidae) of exposed riverine sediments in Scotland and northern England. *Biodivers. Conserv.* 10: 403–426.
- Eyre, M. D., Luff, M. L. and Phillips, D. A. (2001) The ground beetles (Coleoptera: Carabidae) of exposed riverine sediments in Scotland and northern England. *Biodivers. Conserv.* 10: 403–426.
- Eyre, M. D. and Luff, M. L. (2002) The use of ground beetles (Coleoptera: Carabidae) in conservation assessments of exposed riverine sediment habitats in Scotland and northern England. *J. Insect Conserv.* 6: 25–38.
- Eyre, M. D. and Luff, M. L. (2004) Ground beetle species (Coleoptera, Carabidae) associations with land cover variables in northern England and southern Scotland. *Ecography* 27: 417–426.

- Follner, K. and Henle, K. (2006) The performance of plants, molluscs, and carabid beetles as indicators of hydrological conditions in floodplain grasslands. *Internat. Rev. Hydrobiol.* 91: 364–379.
- Follner, K., Hofacker, A. and Glaeser, J. (2009) Accurate environmental bioindication in floodplains in spite of an extreme flood event. *Riv. Res. Applic.* 26: 877–886.
- 藤井伸二 (1994) 琵琶湖湖岸の植物—海岸植物と原野の植物. 植物分類, 地理 45 : 45–66.
- 藤井伸二 (2009) 植物からみた琵琶湖・淀川水系の特性. とりもどせ! 琵琶湖・淀川  
の原風景水辺の生物多様性保全に向けて. pp.68–80. サンライズ出版. 滋賀県.
- Funayama, K. (2010) Influence of pest control pressure on occurrence of ground beetles (Coleoptera: Carabidae) in apple orchards. *Appl. Entmol. Zool.* 46: 103–110.
- 外来種影響・対策委員会 (編) (2008) 河川における外来種対策の考え方とその事例【改訂版】. リバーフロント整備センター. 東京都.
- Gaublomme, E., Hendrickx, F., Dhuyvetter, H. and Desender, K. (2008) The effects of forest patch size and matrix type on changes in carabid beetle assemblages in an urbanized landscape. *Biol. Conserv.* 141: 2585–2596.
- Gerisch, M. (2011) Habitat disturbance and hydrological parameters determine the body size and reproduction strategy of alluvial ground beetles. *ZooKeys* 100: 353–370.
- Gerisch, M., Schanowski, A., Figura, W., Gerken, B., Dziock, F. and Henle, K. (2006) Carabid beetles (Coleoptera, Carabidae) as indicators of hydrological site

- conditions in floodplain grasslands. *Internat. Rev. Hydrobiol.* 91: 326–340.
- Günther, J. and Assmann, T. (2005) Restoration ecology meets carabidology: effects of floodplain restitution on ground beetles (Coleoptera, Carabidae). *Biodivers. Conserv.* 14: 1583–1606.
- 土生昶申・貞永仁恵 (1961) 畑や水田付近に見られるゴミムシ類 (オサムシ科) の幼虫の同定手引き (I). 農業技術研究所報告 C 13 : 207–248.
- 土生昶申・貞永仁恵 (1963) 畑や水田付近で見られるゴミムシ類 (オサムシ科) の幼虫の同定手引き (II). 農業技術研究所報告 C 16 : 151–179.
- 土生昶申・貞永仁恵 (1965) 畑や水田付近で見られるゴミムシ類 (オサムシ科) の幼虫の同定手引き (III). 農業技術研究所報告 C 19 : 81–216.
- 土生昶申・貞永仁恵 (1969) 畑や水田付近で見られるゴミムシ類 (オサムシ科) の幼虫の同定手引き (補遺 I). 農業技術研究所報告 C 23 : 113–143.
- 土生昶申・貞永仁恵 (1970a) 畑や水田付近に見られるゴミムシ類 (オサムシ科) の幼虫の記載 (I). 昆虫 38 : 9–23.
- 土生昶申・貞永仁恵 (1970b) 畑や水田付近に見られるゴミムシ類 (オサムシ科) の幼虫の記載 (II). 昆虫 38 : 24–41.
- 土生昶申・貞永仁恵 (1971) 畑や水田付近に見られるゴミムシ類 (オサムシ科) の幼虫の記載 (III). 昆虫 39 : 159–166.
- 萩原陽二郎・山下雅幸・澤田 均 (2009) 安倍川のミヤマシジミ生息地におけるシナダレスズメガヤの侵入状況と除去処理の効果. 保全生態学研究 14 : 25–35.
- Halme, E. and Niemelä, J. (1993) Carabid beetles in fragments of coniferous forest. *Annal. Zool. Fennici* 30: 17–30.
- 橋本佳延 (2010) 都市河川におけるアレチウリ群落での刈り取りが種組成・種

多様性に与える影響. ランドスケープ研究 3 : 32-38.

Hartley, D. J., Koivula, M. J., Spence, J. R., Pelletier, R. and Ball, E. G. (2007) Effects of urbanization on ground beetle assemblages (Coleoptera, Carabidae) of grassland habitats in western Canada. *Ecography* 30: 673-684.

Hauer, F. R. and Lorang, M. S. (2004) River regulation, decline of ecological resources, and potential for restoration in a semi-arid lands river in the western USA. *Aquat. Sci.* 66: 388-401.

Hiramatsu, S. (2007) Species composition of carabid beetles (Coleoptera, Carabidae and Brachinidae) on a riverbank of the Tedor river. *Biogeography* 9: 31-40.

Holland, J. M. (2002) Carabid beetles: their ecology, survival and use in agroecosystems. *The agroecology of carabid beetles*. pp. 1-31. Intercept Ltd. Hampshire.

堀 繁久 (2003) 孤立林のオサムシ科甲虫群集の特性. 北海道開拓記念館研究紀要 31 : 15-28.

堀 繁久 (2004) 奥尻島の歩行性甲虫相とタヌキによる捕食の影響について. 北海道開拓記念館研究紀要 32 : 1-20

堀 繁久・宮本雅美・西川洋子 (1994) 天塩川下流域の歩行性甲虫群集と地表植生との関係. 北海道環境化学研究センター所報 21 : 78-86.

Horn, S. and Ulyshen, M. D. (2009) The importance of streamside sandbars to ground beetle (Coleoptera, Carabidae) communities in a deciduous forest. *J. Insect Conserv.* 13 (1) : 119-123.

細田浩司・浦山光太郎・米倉竜次・小島純一 (1996) 北関東の萌芽二次林の昆虫相 (1) -ピットフォールトラップ採集による徘徊性甲虫類とアリ類-. *New Entomol.* 45(1,2) : 1-6.

- Ikeda, H., Kubota, K., Kagawa, A. and Sota, T. (2010) Diverse diet compositions among harpaline ground beetle species revealed by mixing model analyses of stable isotope ratios. *Ecol. Entomol.* 35: 307–316.
- 井上 寿 (1952a) 北海道に於けるセアカヒラタゴミムシの生活史. 新昆虫 5 (9) : 39.
- 井上 寿 (1952b) 北海道に於けるキンナガゴミムシの生活史. 新昆虫 5 (10) : 49.
- 井上 寿 (1952c) 北海道におけるノグチアオゴミムシの生活史. 新昆虫 5 (11) : 40.
- 井上 寿 (1953a) 北海道に於けるオオアトボシアオゴミムシの生活史. 新昆虫 6 (5) : 43–44
- 井上 寿 (1953b) 北海道に於けるキボシアオゴミムシの生活史. 新昆虫 6 (13) : 43–44.
- 井上 寿 (1953c) 北海道産 *Dyschirius* 属の生活史. 新昆虫 6 (8) : 41–42.
- 井上 寿 (1953d) カワチマルクビゴミムシの生活史. 新昆虫 6 (10) : 34.
- 井上 寿 (1954a) ウスモンコミツギワゴミムシの生活史. 新昆虫 7 (12) : 43–44.
- 井上 寿 (1956a) 北海道に於けるアオゴミムシ亜科の生活史. 生態昆虫 5 : 69–77.
- 井上 寿 (1956b) ヨツモンコミズギワゴミムシの生活史. 新昆虫 9 (9) : 52.
- 井上 寿 (1956c) オサムシモドキ造巢習性の知見追補. 新昆虫 9 (11) : 49–50.
- 井上 寿 (1969) ゴミムシ類の生態. 昆虫と自然 4 (9) : 2–6.
- 井上 寿 (1974) 捕食性天敵としてのオサムシ・ゴミムシ類 - 水田に生息する走行性の種類について -. 北農 41 (8) : 13–25.



- 井上 寿 (1977) スジミズアトキリゴミムシの生活史. 昆虫と自然 12 (1) : 18.
- 井上 寿 (1978) キアシヌレチゴミムシの生活史. 昆虫と自然 13 (2) : 25.
- 井上 寿 (1982) 北海道旭川地方のゴミムシ類. 層雲峡博物館研究報告 2: 1-28.
- Ishii, M., Hirowatari, T., Yasuda, T. and Miyake, H. (1996) Species diversity of ground beetles in the riverbed of the Yamato River. *Jpn. J. Environ. Entomol. Zool.* 8: 1-12.
- 石井 実・郷右近勝夫・矢田 脩 (2002) 昆虫類の多様性保護のための重要地域 第3集. 日本昆虫学会自然保護委員会. 東京都.
- 石谷正宇 (1996) 環境指標としてのゴミムシ類 (甲虫目: オサムシ科, ホソクビゴミムシ科) に関する生態学的研究. 比和科学博物館研究報告 34.
- 石谷正宇 (2003) 地表性甲虫類による生物環境評価技術. 野生生物保全技術. pp. 171-185. 海游舎. 東京都.
- 石谷正宇 (2010) 地表性甲虫類を指標とした環境影響評価の現状. 環動昆 21 : 73-83.
- Ishitani, M. and K. Yano (1994) Species composition and seasonal activities of ground beetles (Coleoptera) in a fig orchard. *Jpn. J. Ent.* 62: 201-210.
- Ishitani, M., J. Watanabe and K. Yano (1994) Species composition and spatial distribution of ground beetles (Coleoptera) in a forage crop field. *Jpn. J. Ent.* 62: 275-283.
- Ishitani, M., Tukamoto, T., Ikeda, K., Yamakawa, K. and Yano, K. (1997) Faunal and biological studies of ground beetles (Coleoptera; Carabidae and Brachinidae) (1) Species compositions on the banks of the same river system. *Jpn. J. Ent.* 65: 704-720.
- Ito, M., Ito, K. and Ito, K. (2010) Are carabid beetles suitable biotic indicators of

insecticide impact in potato fields? *Appl. Entomol. Zool.* 45: 435–447.

岩田明久 (2009) 桂川におけるアユモドキの保全. とりもどせ! 琵琶湖・淀川  
の原風景水辺の生物多様性保全に向けて. pp. 262–274. サンライズ出  
版. 滋賀県.

Jähnig, S. C., Brunzel, S., Gacek, S., Lorenz, A. W. and Hering, D. (2009) Effects of  
re-braiding measures on hydromorphology, floodplain vegetation, ground  
beetles and benthic invertebrates in mountain rivers. *J. Appl. Ecol.* 46: 406–  
416.

Kadono, Y. (2004) Alien aquatic plants naturalized in Japan : history and present  
status. *Glob. Environ. Res.* 8: 163–169.

香川理威・伊藤 昇・前藤 薫 (2008) 小スケールのモザイク植生で構成され  
る農地景観における歩行虫類の種構成. 昆虫 (ニューシリーズ) 11: 75–  
84.

環境省 (2012) 第 4 次レッドリスト昆虫類. 環境省生物多様性情報システム HP.  
[http://www.biodic.go.jp/rdb/rdb\\_f.html](http://www.biodic.go.jp/rdb/rdb_f.html) (2012 年 8 月 30 日確認)

紀平 肇・長田芳和・木村英造 (1988) ワンド・タマリの保全—淡水魚介類を  
中心に—. 関西自然保護機構会報 15: 19–26.

Kimoto, S. (1967) Some quantitative analysis on the chrysomelid fauna of the ryukyu  
archipelago. *Esakia* 6: 27–54.

木元新作・保田信紀 (1990) 地表性甲虫群集による生物環境学的研究 1—大雪  
山黒岳のダケカンバ帯について—. 久留米大学比較文化研究科紀要 1:  
167–196.

木元新作・保田信紀 (1991) 地表性甲虫群集による生物環境学的研究 2—北海  
道羊蹄山の垂直分布について—. 久留米大学比較文化研究科紀要 9: 21–

48.

木元新作・保田信紀（1992a）地表性甲虫群集による生物環境学的研究 3－北海道利尻山の垂直分布について－．久留米大学比較文化研究科紀要 11：39-64.

木元新作・保田信紀（1992b）地表性甲虫群集による生物環境学的研究 4－大雪山黒岳の垂直分布について－．久留米大学比較文化研究科紀要 12：31-83.

木元新作・保田信紀（1995）北海道の地表性歩行虫類その生物環境学的アプローチ．東海大学出版会．東京都．

小池太規洋・田中長光・安藤康伸（2001）鶴見川における希少昆虫の生態観察・保全対策に関する研究．リバーフロント研究所報告 12：51-58.

Koivula, M. (2011) Useful model organisms, indicators, or both? Ground beetles (Coleoptera, Carabidae) reflecting environmental conditions. *ZooKeys* 100: 287-317.

国土交通省（2002）水文水質データベース HP. <http://www1.river.go.jp/>（2011年3月1日確認）

国土交通省（2007）河川環境データベース - 河川水辺の国勢調査 - HP. <http://mizukoku.nilim.go.jp/ksnkankyō/index.html>（2013年1月1日確認）

小山弘道（1988）「鶺鴒のヨシ原」の保全．関西自然保護機構会報．15：13-18.

小山弘道（1999）鶺鴒のヨシ原の保全事業．関西自然保護機構会報．21：207-215.

京都府（2002）京都府自然環境目録 2002．京都府．

京都府レッドデータ調査選定・評価委員会普及版編集委員（2003）京都府レッドデータブック．サンライズ出版．滋賀県．

- 近藤慶一・松本和馬・日野輝明（2012）皆伐萌芽更新による薪炭林施業がもたらすオサムシ科甲虫（Coleoptera : Carabidae）の種多様性．環動昆 23 : 127-142.
- 河野円樹・福住早苗・梅森一義・石川槇吾・三宅尚（2008）四国山地塩塚高原における半自然草地の種多様性に及ぼす管理様式の影響．Hikobia 15 : 205-215.
- 桑山 寛・大島喜四郎（1964）夜盗虫の敵虫エゾカタビロオサムシならびに数種オサムシ・ゴミムシ類の生態に関する研究．北海道農業試験場報告 66 : 1-43.
- Lambeets, K., Hendrickx, F., Vanacker, S., Looy, K., Maelfait, J. P. and Bonte, D. (2008) Assemblage structure and conservation value of spiders and carabid beetles from restored lowland river banks. *Biodivers. Conserv.* 17: 3133-3148.
- 李 哲敏・石井 実（2009）南大阪の都市緑地における地表性甲虫類の種多様性．環動昆 20 : 47-58.
- 李 哲敏・石井 実（2010）大和川の河川敷における地表性甲虫類群集の種多様性．環動昆 21 : 15-28.
- 李 哲敏・長井良浩・広渡俊哉・石谷正宇・石井 実（2008）圃場整備による水田畦畔のゴミムシ類群集の変化．昆虫と自然 43（11）：6-10.
- Lessel, T., Marx, Thomas, M. and Eisenbeis, G. (2011) Effects of ecological flooding on the temporal and spatial dynamics of carabid beetles (Coleoptera, Carabidae) and springtails (Collembola) in a polder habitat. *ZooKeys* 100: 421-446.
- Luff, M. L. (1987) Biology of polyphagous ground beetles in agriculture. *Agr. Zool.*

*Rev.* 2: 237–278.

Lövei, G. L. and Sunderland K. D. (1996) Ecology and behavior of ground beetles (Coleoptera: Carabidae). *Annul. Rev. Entomol.* 41: 231–256.

Magura, T., Ködöböcz, V. and Tóthmérész, B. (2008) Effects of habitat fragmentation on carabids in forest patches. *J. Biogeogr.* 28: 129–138.

Magura, T., Lövei, G. L. and Tóthmérész, B. (2010) Does urbanization decrease diversity in ground beetle (Carabidae) assemblages? *Global Ecol. Biogeogr.* 19: 16–26.

松本和馬 (2005) 森林総合研究所多摩試験地および東京都立桜ヶ丘公園のゴミムシ類群集と林床植生の管理. 環動昆 16 : 31–38.

松本和馬 (2008) 里山林の管理とゴミムシ群集の多様性. 昆虫と自然 43 (11) : 20–26.

松本和馬 (2009) 東京農工大 Field Museum 多摩丘陵および東京都立七生公園のゴミムシ類群集と林床植生の管理. 環動昆 20 : 115–125.

松本和馬 (2012) 東京都八王子市戸吹北緑地保全地域における林床植生の管理とゴミムシ類群集. 環動昆 23 : 9–17.

松良俊明・三上由記・若林陽子・山崎一夫 (2006) 木津川砂州における地表性甲虫群集 : 微小生息域間での差異. 環動昆 17 : 59–65.

McKinney, M. L. (2002) Urbanization, biodiversity, and conservation. *BioScience* 52: 883–890.

McKinney, M. L. (2006) Urbanization as a major cause of biotic homogenization. *Biol. Conserv.* 127: 247–260.

McKinney, M. L. (2008) Effects of urbanization on species richness: A review of plants and animals. *Urban Ecosyst.* 11: 161–176.

- 宮脇成生・鷺谷いづみ (2004) 生物多様性保全のための河川における侵略的外来植物の管理. 応用生態工学 6 : 195–209.
- Naiman, R., Decamps, H. and Pollock, M. (1993) The role of riparian corridors in maintaining regional biodiversity. *Ecol. Appl.* 3: 209–212.
- Niemelä, J. (1999) Ecology and urban planning. *Biodivers. Conserv.* 8: 119–131.
- Niemelä, J., Kotze, D. J., Venn, S., Penev, L., Stoyanov, I., Spence, J., Hartley, D. and Montes, O. E. (2002) Carabid beetle assemblages (Coleoptera, Carabidae) across urban-rural gradients: an international comparison. *Landsc. Ecol.* 17: 387–401.
- Niemelä, J. and Kotze, D. J. (2009) Carabid beetle assemblages along urban to rural gradients: A review. *Landsc. Urban Plan.* 92: 65–71.
- 中根猛彦・大林一夫・野村 鎮・黒沢良彦 (1963) 原色昆虫大圖鑑Ⅱ (甲虫篇). 北隆館. 東京都.
- 岡田久子・倉本 宣 (2009) 市民・行政・研究者の協働による絶滅危惧種カラノギク保全活動の取組 - 多摩川における保全の実践とその評価 -. 保全生態学研究 14 : 101–108.
- 沖野外輝夫 (2002) 新・生態学への招待河川の生態学. 共立出版. 東京都.
- Oksanen, J., Guillaume, B. F., Roeland, K., Legendre, P., Minchin, P. R., O'Hara, R. B., Simpson, G. L., Solymos, P., Stevens, M. H. H. and Wagner, H. (2011) vegan: Community Ecology Package. R package version 2.0-2. <http://CRAN.R-project.org/package=vegan> (accessed on 15 January 2012).
- 大阪府 (2000a) 大阪府野生生物目録. 大阪府.
- 大阪府 (2000b) 大阪府における保護上重要な野生生物 - 大阪府レッドデータブック -. 大阪府.

- Osawa, N., Terai, A. and Hirata, K. (2005) Logging impacts on forest carabid assemblages in Japan. *Can. J. For. Res.* 35: 2698–2708.
- Osawa, T., Mitsuhashi, H. and Ushimaru, A. (2010) River confluences enhance riparian plant species diversity. *Plant Ecol.* 209: 95–108.
- Pianka, E. R. (1973) The structure of lizard community. *Ann. Rev. Ecol. Syst.* 4: 53–74.
- Peatzold, A., Yoshimura, C. and Tockner, K. (2008) Riparian arthropod responses to flow regulation and river channelization. *J. Appl. Ecol.* 45: 894–903.
- Poff, N. L., Olden, J. D., Merritt, D. M. and Pepin, D. M. (2007) Homogenization of regional river dynamics by dams and global biodiversity implications. *PNAS* 104: 5732–5737.
- R Development Core Team (2011) R: A language and environment for statistical computing. *R Foundation for Statistical Computing*. Vienna. Austria.  
<http://www.R-project.org/>
- R Development Core Team (2012). R: A language and environment for statistical computing. *R Foundation for Statistical Computing*. Vienna. Austria.  
<http://www.R-project.org/>
- Raino, J. and Niemelä, J. (2003) Ground beetles (Coleoptera: Carabidae) as bioindicators. *Biodivers. Conserv.* 12: 487–506.
- Sabo, J. L., Sponseller, R., Dixon, M., Gade, K., Harms, T., Heffernan, J., Jani, A., Katz, G., Soykan, C., Watts, J. and Welter, J. (2005) Riparian zones increase regional species richness by harboring different, not more, species. *Ecology* 86: 56–62.
- Sadler, J. P., Bell, D. and Fowles, A. (2004) The hydroecological controls and

- conservation value of beetles on exposed riverine sediments in England and Wales. *Biol. Conserv.* 118: 41–56.
- Sadler, J.P., Small, E.C., Fiszpan, H., Telfer, M.G. and Niemela, J. (2006) Investigating environmental variation and landscape characteristics of an urban-rural gradient using woodland carabid assemblages. *J. Biogeogr.* 33: 1126–1138.
- 櫻井 清・井上 寿 (1953) ケラの天敵としての歩行虫科 (予報). 北日本病害虫研究会報 4 : 145–146.
- Sapia, M., Lovei, G. and Elek, Z. (2006) Effects of varying sampling effort on the observed diversity of carabid (Coleoptera: Carabidae) assemblages in the Dangle Project, Denmark. *Entomol. Fennica* 11: 345–350.
- Sasakawa, K. (2007) Laboratory studies on larval feeding habits of *Amara macronota* (Coleoptera: Carabidae: Zabryini). *Appl. Entomol. Zool.* 42: 669–674.
- Sasakawa, K. (2009a) Effects of maternal diet on fecundity and larval development in the “primitive” granivorous carabid *Amara (Curtonotus) macronota*. *Entomol. Exp. Appl.* 130: 106–112.
- Sasakawa, K. (2009b) Diet affects male gonad maturation, female fecundity, and larval development in the granivorous ground beetle *Anisodactylus punctatipennis*. *Ecol. Entomol.* 34: 406–411.
- Sasakawa, K. (2010) Laboratory studies on the larval food habits of the ground beetle *Amara (Curtonotus) gigantea* (Motschulsky) (Coleoptera: Carabidae: Zabryini). *Entomol. Sci.* 13: 358–362.
- 清 邦彦 (1996) 河辺環境と蝶相. 日本産蝶類の衰亡と保護第 4 集 : 113–117. 日本鱗翅学会. 東京都.



- Siddiquee, S. U., Fujita, M. and Nakamura, H. (2005) Evaluation of environments by the species composition of carabid beetles in different husbandry fields. *Jpn. J. Environ. Entomol. Zool.* 16: 39–47.
- Sienkiewicz, P. and Zmihorski, M. (2012) The effect of disturbance caused by rivers flooding on ground beetles (Coleoptera: Carabidae). *Eur. J. Entomol.* 109: 535–541.
- Soga, M., Kanno, N., Yamaura, Y. and Koike, S. (2012) Patch size determines the strength of edge effects on carabid beetle assemblages in urban remnant forests. *J. Insect Conserv.* Published online in Springer.
- Suenaga, H. and Hamamura, T. (2001) Occurrence of carabid beetles (Coleoptera: Carabidae) in cabbage fields and their possible impact on lepidopteran pests. *Appl. Entomol. Zool.* 36: 151–160.
- Suttiprapan, P. and Nakamura, H. (2007) Species composition and seasonal abundance of carabid beetles by three sampling methods on the campus of the faculty of agriculture, Shinshu University. *Jpn. J. Environ. Entomol. Zool.* 18: 83–90.
- 巢瀬 司 (1992) 地表性甲虫類から見た見沼たんぼの自然環境. 昆虫と自然, 27 (2) : 13–15.
- Sørensen, T. A. (1948) A method of establishing groups of equal amplitude in plant sociology based on similarity of species content and its application to analysis of the vegetation on Danish commons. *Biol. Skr. K. Danske Vidensk. Selsk.* 5: 1–34.
- 高田直俊・有馬忠雄・村上興正・中川美好・松宮照雄・白鳥 茂・伊藤敦基 (1999) 宇治川におけるツバメの埒地としてのヨシ原の創成. 関西自然保護機構

会報 21 (2) : 257-270.

谷脇徹・久野春子・細田浩司 (2005) 都市近郊の小規模孤立林における地表性  
甲虫類の群集構造の経年変化. 日緑工誌 30 : 552-560.

田中康司 (1991) ピットホールトラップ法による歩行虫 (Ground Beetles) の生  
態観察. 昆虫と自然 26 : 27-33.

Thiele, H. U. (1977) Carabid beetles in their environments. Springer-Verlag, Berlin.

富樫一次・杉江良治 (1994) 石川県河内村で無餌ピットフォールトラップによ  
り採集された地表性甲虫類. 環動昆 6 (1) : 27-30.

富樫一次・大畠和博 (1995) 石川県農業短期大学附属実験農場のブドウ園のゴ  
ミムシ相. 日本海城研究所報告 26 : 37-42.

富樫一次・北嶋啓里 (1993) 石川県金沢地方におけるタマネギ畑のゴミムシ類.  
北陸病虫研報 41 : 97-99.

富樫一次 (1986) 犀川中流域の河原の地上性甲虫類. 金沢大学日本海城研究所  
報告 18 : 37-42.

Tojo, T., Kanno, K., Yagi, T., Michioka, Y., Ogasawara, T. and Sakuratani, Y. (2007)  
Seasonal and annual changes of butterfly communities on the bank and dry  
riverbed areas of the Kizu River, Kyoto, central Japan. *Jpn. J. Environ.  
Entomol. Zool.* 18: 67-81.

島谷幸宏 (2001) 河川整備. ミティゲーシヨンー自然環境の保全・復元技術ー :  
pp. 301-309. ソフトサイエンス社. 東京都.

頭山昌郁・中越信和・高橋史樹 (1989) 林野火災跡地の植生回復と地表性節足  
動物群集の動態. 日生態会誌 39 : 107-119.

Touyama, Y. (1999) Ecological effect of reforestation on the postfire succession of  
Carabid fauna. *Edaphologia* 62: 1-9.

- 辻本哲郎 (2001) 木津川河川生態学術研究の展開状況. 河川技術論文集 7 : 351–356.
- 辻本哲郎 (2004) 砂州景観保全を河川生態工学からどう意義づけるか. 河川技術論文集 10 : 43–48.
- 辻本哲郎・寺井達也・寺本敦子 (2002) 木津川下流部砂州の植生繁茂と裸地維持の仕組み. 河川技術論文集 8 : 307–312.
- 上野俊一・黒澤良彦・佐藤正孝 (1985) 原色日本甲虫図鑑 (Ⅱ). 保育社. 大阪府.
- 上野俊一 (2006) ヨコハマナガゴミムシ. 改訂・日本の絶滅のおそれのある野生生物—レッドデータブック—昆虫類. p. 57. 自然環境研究センター. 東京都.
- Venn, S. J., Kotze, D. J. and Niemela, J. (2003) Urbanization effects on carabid diversity in boreal forests. *Eur. J. Entomol.* 100: 73–80.
- Vörösmarty, C. J., McIntyre, P. B., Gessner, M. O., Dudgeon, D., Prusevich, A., Green, P., Glidden, S., Bunn, S. E., Sullivan, C. A., Liermann, C. R. and Davies, P. M. (2010) Global threats to human water security and river biodiversity. *Nature* 467: 555–561.
- Ward, J. V. (1998) Riverine landscapes: biodiversity patterns, disturbance regimes, and aquatic conservation. *Biol. Conserv.* 83: 269–278.
- Ward, J. V., Tockner, K. and Schiemer, F. (1999) Biodiversity of floodplain river ecosystem: ecotones. *Regul. Rivers: Res. Mgmt.* 139: 125–139.
- Ward, J. V., Tockner, K., Uehlinger, U. and Malard, F. (2001) Understanding natural patterns and processes in river corridors as the basis for effective river restoration. *Regul. Rivers: Res. Mgmt.* 17: 311–323.

- 渡辺勝敏・前畑政善（2011）絶体絶命の淡水魚イタセンパラ希少種と川の再生に向けて．東海大学出版会．神奈川県．
- 八尋克郎（2007）滋賀県の南東平野部水田のライトトラップで採集された昆虫類の種構成．環動昆 18 : 43-47.
- Yahiro, K., Fujimoto, T. Tokuda, M. and Yano, K. (1992) Species composition and seasonal abundance of ground beetles (Coleoptera) in paddy fields. *Jpn. J. Ent.* 60: 805-813.
- Yahiro, K., Hirashima, T. and Yano, K. (1990) Species composition and seasonal abundance of ground beetles (Coleoptera) in a forest adjoining agroecosystems. *Trans. Shikoku Ent. Soc.* 19: 127-133.
- Yamazaki, K., Sugiura, S. and Kawamura, K. (1999) Overwintering ground beetles assemblages along the Kizu river, Kyoto. *Entomol. Sci.* 2: 33-40.
- Yamazaki, K., Sugiura, S and Kawamura, K. (2003) Ground beetles (Coleoptera: Carabidae) and other insect predators overwintering in arable and fallow fields in central Japan. *Appl. Entomol. Zool* 38: 449-459.
- Yano, K., Yahiro, K., Uwada, M. and Hirashima, T. (1989) Species composition and seasonal abundance of ground beetles (Coleoptera) in a vineyard. *Bull. Fac. Agr. Yamaguchi Univ.* 37: 1-14.
- 安井通宏・初宿成彦・大阪市立自然史博物館大和川水系調査グループ甲虫班（2008）大和川水系のミズギワゴミムシ相と分布状況．大阪市立自然史博物館研究報告 62 : 27-45.
- 安井通宏・初宿成彦・大阪市立自然史博物館淀川水系調査グループ甲虫班（2011）淀川水系におけるミズギワゴミムシ相と分布状況．大阪市立自然史博物館研究報告 65 : 39-76.

吉田宗弘（2001）京都市桂川河川敷のチョウ類群集．河川敷と都市近郊住宅地のチョウ類群集の比較．工学と技術：関西大学工学会誌 12：29-35．

## Summary

Rivers serve as important landscape features to various aquatic and terrestrial animals and plants. However, biodiversity has heavily declined as a result of artificial river modifications. The Yodo River originates from Lake Biwa, interflows to the Katsura and Kizu River in the middle reaches and runs through the Osaka plain. This river has such characteristic landscapes as large reed communities and “*Wando*” ponds. However, these landscapes drastically modified by construction of river regulation works such as dams, weirs, channelization and dredging.

In this study, to elucidate the environmental change of riverbed by human activities, ground beetles (Carabidae), which are regarded as effective bioindicators of terrestrial ecosystems involving riverbed, were captured in various environments of riverbeds of the Yodo River System, and their assemblages were compared among the riverbeds. In Chapter 1, field survey was carried out to clarify ground beetle assemblages in such characteristic landscapes as a large reed community and *Wando* ponds and to analyze influence of river regulation projects on the assemblages. Secondary, in Chapter 2, I analyzed relationships between ground beetle assemblages and flooding of riverbeds in the Seta and Uji River riverbeds. In Chapter 3, relationships between the assemblages and land use of landside areas were investigated in the Katsura and Kizu River riverbeds. In Chapter 4, to clarify microhabitat preference of ground beetles, field survey was carried out at various plots, which had different distances from a shoreline, in the Kizu River riverbed. Finally, based on these results, three points were discussed: 1) characteristics of ground beetle assemblages; 2) relationships between artificial river regulation works

and the assemblages 3) their availability as indicators in riverbed.

## Chapter 1. Ground beetles diversity in the Yodo River riverbed

We investigated ground beetle assemblages at characteristic landscapes, as reed communities “*Udono*” and the *Wando* ponds, in the Yodo River, to clarify the faunal characteristics and species diversity. A field survey using unbaited pitfall trapping was carried out at four sites, included two to four sub-sites, in the riverbed from April to December in 2008. A total of 5,622 individuals of ground beetles belonging to 51 carabid species were captured. Three dominant species, *Pheropsophus jessoensis*, *Pterostichus prolongatus* and *Pterostichus eschscholtzii*, which captured the most part of the riverbeds, could be characterized in the Yodo River riverbeds. However, at *Udono*, these species were lower individuals than other sites. The result suggested that abundances of these species had decreased because of the aridification of the riverbed.

To elucidate the influence of river regulation works on ground beetle assemblages, a field survey was carried out in six major beds and seven minor beds of the Yodo River from April to December, 2009. A total of 8,697 individuals of ground beetles belonging to 65 species were captured. Also, analysis between ground beetle abundance and environmental parameters showed that the abundance of nine species, such as *Oodes vicarius*, *P. eschscholtzii* and *P. prolongatus*, was positively correlated with the existence of minor beds and submergence duration or soil moisture, while that of 10 other species, such as *Carabus yaconinus*, *Lesticus magnus* and *Synuchus nitidus*, was negatively correlated with existence of minor beds, soil moisture rate and/or submergence duration. As a consequence, I regarded former

species as hygrophilous species and latter species as non-hygrophilous species. River regulation works may favor the non-hygrophilous species for aridification and stabilization of major beds.

## Chapter 2. Ground beetles diversity in the Seta and Uji River riverbed

To elucidate influences of submergence, which was extracted as a factor determining ground beetle assemblage in the former chapter, a field survey was conducted in the Seta and Uji River riverbeds, where water discharge was operated for controlling water levels of the Lake Biwa by the dam and weir, from April to December, 2010. A total of 7,999 individuals of ground beetles belonging to 64 species were captured. Comparing flooded sites with non-flooded sites during the study period, five species, such as *P. eschscholtzii* and *Harpalus jureceki*, were only captured in the former sites, while 15 species, such as *Carabus yaconinus* and *Carabus blaptoides* were only captured in the latter sites. As for remaining species, which were captured the both sites, four species such as *Archipatrobus flavipes* were significantly abundant in the former sites and a species, *Synuchus nitidus*, was significantly abundant in the latter sites. Detrended correspondence analysis (DCA) showed that flooded and non-flooded sites supported different species compositions. Consequently, ground beetles species diversity may be maintained in the riverbed by existence of flooded sites.

## Chapter 3. Ground beetles diversity in the Katsura and Kizu River riverbed

In order to clarify that ground beetle assemblages had relations to inland land use in riverbeds, a field study carried out in 18 sites of the Katsura and Kizu River



riverbeds, which runs through urban area and suburban area in Kyoto Prefecture respectively, from April to December, 2011. A total of 7,080 ground beetles belonging to 63 species in the Katsura River and 7,052 individuals belonging to 73 species in the Kizu River were captured. Although, the total species of the Kizu River was more abundant than that of the Katsura River, mean numbers of species and individuals weren't significant difference between the rivers. DCA showed that ground beetle assemblages reflected difference of environments at each site, but not at each river. Also, I classified inland land uses within 1,000 m radius from each site as forest, agricultural land and urban area and calculated the each area to use GIS. When relationships between species richness and these areas, between abundance and those were analyzed, respectively, the species richness was weakly correlated with forest area levels, but the abundance wasn't correlated with the each areas. Possibly, the ground beetle assemblages were determined by riverbed environments.

#### Chapter 4. Relationship between ground beetle distributions and environmental gradient in riverbeds

Results of chapter 3, the structures of ground beetle assemblages were strongly influenced by environmental differences in riverbeds. In this chapter, to elucidate micro-distribution of each ground beetle, a field survey was conducted in a riverbed of the Kizu River from April to August, 2012. Traps were established at a 100 m distance from the shoreline in six lows about 20 m intervals toward embankments, involving bare ground, short grass communities and tall grass communities. In addition, four environmental parameters 1) existence of flooding; 2) volume of plants; 3) soil water content rate; and 4) median soil particles—were measured at

each site, to analyze relationships of ground beetles abundances to the parameters. A total of 6,463 ground beetles belonging to 48 species were captured. At bare grounds, three species, *Craspedonotus tibialis*, *Apristus grandis* and *Apristus cuprascens*, at short grass communities, 13 species such as *Chlaenius pallipes* and *Pterostichus versicolor* and at tall grass communities, three species, *Diplocheila zeelandica*, *Haplochlaenius costiger* and *Chlaenius naeviger*, were captured more than other environments respectively. As for the relationships to the environmental parameters, the species, which were abundant at short grass communities, were positively correlated with existence of flooding and soil water content rate and negatively with volume of plants, while the species, which were abundant at tall grass communities, were negatively correlated with existence of flooding and soil water content rate. These results showed that ground beetles had various habitat preferences and depended on microhabitat heterogeneity.

#### General discussion

Results of this study, 92 ground beetles were captured in the Yodo River system. It was clarified that the species diversity was maintained by various terrestrial environments into the riverbeds. Cluster analysis of the similarity ( $C\pi$ ) in ground beetle assemblages among 40 sites revealed five clusters. When this result was added on a result of DCA, four different groups were divided: 1) a group preferring stable environment such as tall grass communities on major beds; 2) a group preferring highly disturbed environment by flooding such as sand and/or gravel bars near shorelines; 3) a group preferring moderately disturbed environment by flooding such as short grass communities on minor beds; 4) a group preferring artificially disturbed

environments by mowing or burning. Consequently, these ground beetle groups were possible to utilize as effective bioindicators to assess riverbed environments.

Table 1-1 Mean number of individual ground beetles caught per trap at each of 12 sub-sites in Sites 1-4 in the riverbed of the Yodo River, central Japan from April to December, 2008. Total number of individuals caught at each sub-site is shown in parentheses.

Species	Japanese name	St. 1			St. 2		St. 3			St. 4				Total
		1Ra	1Rb	1Rc	2W	2G	3R	3W	3G	4R	4W	4G	4B	
<i>Campalita chinense</i>	エゾカタビロオサムシ	-	-	-	-	0.01 (1)	-	-	-	-	-	-	0.04 (7)	0.004 (8)
<i>Carabus yacominus</i>	ヤコンオサムシ	0.08 (10)	0.20 (26)	0.01 (2)	0.27 (43)	0.75 (129)	-	0.01 (2)	-	-	-	-	-	0.108 (212)
<i>C. kumagaii</i>	オオクロナガオサムシ	-	-	0.02 (3)	-	0.02 (3)	-	-	-	-	-	-	-	0.003 (6)
<i>C. blaptoides</i>	マイマイカブリ	-	0.01 (1)	0.02 (3)	0.02 (3)	0.02 (4)	-	-	0.01 (1)	-	-	-	-	0.006 (12)
<i>Scarites terricola</i>	ナガヒョウタンゴミムシ	-	-	-	0.02 (3)	0.03 (6)	-	-	0.04 (6)	-	-	-	0.09 (16)	0.016 (31)
<i>Archipatrobis flavipes</i>	キアシヌレチゴミムシ	0.02 (2)	-	-	0.30 (48)	0.28 (49)	-	0.07 (12)	0.13 (20)	0.01 (2)	0.02 (4)	0.10 (18)	0.12 (22)	0.090 (177)
<i>Lesticus magnus</i>	オオゴミムシ	-	0.01 (1)	0.01 (2)	0.13 (21)	0.05 (9)	0.03 (6)	0.08 (15)	0.11 (18)	-	-	-	0.03 (6)	0.014 (78)
<i>Pterostichus versicolor</i>	キンナガゴミムシ	-	0.02 (3)	-	0.54 (86)	0.70 (121)	-	-	0.01 (1)	-	-	-	0.16 (28)	0.157 (308)
<i>P. sulcitaris</i>	アシミゾナガゴミムシ	-	-	-	0.01 (2)	0.02 (4)	-	-	0.01 (1)	-	-	-	0.01 (1)	0.004 (8)
<i>P. haptoderoides</i>	トックリナガゴミムシ	-	-	-	-	0.01 (1)	-	-	-	-	-	-	-	0.001 (1)
<i>P. eschscholtzii</i>	オオナガゴミムシ	-	-	-	0.17 (27)	0.13 (23)	0.84 (149)	0.14 (25)	0.46 (73)	0.01 (2)	-	-	207(1.17)	0.258 (506)
<i>P. prolongatus</i>	オオクロナガゴミムシ	-	-	0.02 (3)	0.16 (26)	0.90 (154)	1.23 (219)	0.51 (90)	1.37 (218)	0.19 (32)	0.01 (1)	0.01 (1)	159(0.90)	0.461 (903)
<i>P. microcephalus</i>	コガシラナガゴミムシ	-	-	-	0.06 (10)	0.04 (7)	-	0.02 (4)	0.01 (2)	-	-	-	0.16 (28)	0.026 (51)
<i>Agonum chalconum</i>	アオグロヒラタゴミムシ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.01 (1)	0.001 (1)
<i>Dolichus halensis</i>	セアカヒラタゴミムシ	0.65 (86)	0.32 (41)	0.05 (9)	0.04 (6)	0.51 (88)	0.03 (5)	0.05 (9)	0.12 (19)	0.01 (2)	-	0.03 (5)	0.70 (124)	0.201 (394)
<i>Synuchus nitidus</i>	オオクロツヤヒラタゴミムシ	0.05 (7)	0.01 (1)	0.01 (2)	-	0.01 (1)	0.11 (19)	0.01 (1)	-	-	0.01 (1)	-	-	0.016 (32)
<i>S. arcuaticollis</i>	マルガタツヤヒラタゴミムシ	0.12 (16)	0.01 (1)	0.04 (7)	-	-	0.01 (1)	0.01 (1)	-	0.04 (7)	0.01 (2)	0.02 (3)	-	0.019 (38)
<i>S. callitheres</i>	キアシツヤヒラタゴミムシ	0.15 (20)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.010 (20)
<i>Amara congrua</i>	ニセマルガタゴミムシ	-	0.01 (1)	0.02 (3)	0.07 (11)	0.02 (3)	-	-	-	0.01 (1)	-	0.01 (2)	-	0.011 (21)
<i>A. nipponica</i>	ヒメツヤマルガタゴミムシ	-	-	-	-	0.02 (4)	-	-	-	-	-	-	-	0.003 (5)
<i>A. simplicidens</i>	コマルガタゴミムシ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.01 (1)	-	-	0.001 (1)
<i>A. macronota</i>	ナガマルガタゴミムシ	-	-	-	-	0.05 (8)	0.06 (11)	-	0.01 (1)	-	0.01 (1)	0.01 (2)	0.01 (1)	0.012 (24)
<i>A. gigantea</i>	オオマルガタゴミムシ	0.18 (24)	0.32 (41)	0.02 (3)	0.03 (4)	-	-	0.02 (3)	-	0.01 (1)	-	-	-	0.039 (76)
<i>Anisodactylus signatus</i>	ゴミムシ	-	-	-	0.01 (2)	0.14 (24)	-	-	-	-	-	-	0.10 (18)	0.022 (44)
<i>A. punctatipennis</i>	ホシボシゴミムシ	-	-	-	0.03 (4)	0.01 (1)	-	-	-	-	-	-	-	0.003 (5)
<i>A. sadoensis</i>	オオホシボシゴミムシ	0.01 (1)	-	-	0.36 (58)	0.08 (14)	-	0.02 (3)	0.01 (1)	-	-	-	-	0.039 (77)
<i>Harpalus capito</i>	オオゴモクムシ	-	0.02 (2)	0.02 (3)	0.03 (4)	0.01 (1)	0.03 (5)	0.10 (18)	0.01 (2)	0.14 (24)	0.01 (2)	0.02 (3)	0.03 (5)	0.035 (69)
<i>H. vicarius</i>	ケゴモクムシ	-	0.01 (1)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.001 (1)
<i>H. jureceki</i>	ヒメケゴモクムシ	0.01 (1)	-	-	-	0.20 (35)	-	-	0.01 (2)	0.02 (3)	-	0.02 (4)	0.06 (10)	0.028 (55)
<i>H. griseus</i>	ケウスゴモクムシ	-	-	-	-	0.08 (14)	0.01 (1)	-	0.03 (4)	-	-	0.05 (9)	0.28 (50)	0.040 (78)
<i>H. eous</i>	オオズケゴモクムシ	-	0.02 (2)	0.02 (4)	-	0.20 (35)	-	0.01 (1)	0.11 (17)	-	-	0.07 (12)	0.73 (129)	0.102 (200)
<i>H. tridens</i>	コゴモクムシ	0.02 (2)	-	-	-	0.19 (33)	-	-	-	0.01 (2)	-	0.01 (1)	0.02 (3)	0.021 (41)
<i>H. sinicus</i>	ウスアカクロゴモクムシ	0.02 (2)	-	-	-	0.02 (4)	-	-	0.01 (1)	-	-	0.02 (3)	0.14 (24)	0.017 (34)
<i>H. niigatanus</i>	クロゴモクムシ	-	-	0.02 (4)	0.01 (1)	0.05 (9)	-	0.01 (1)	0.02 (3)	0.01 (2)	-	0.05 (9)	0.01 (1)	0.015 (30)
<i>H. simplicidens</i>	ニセクロゴモクムシ	0.01 (1)	-	0.01 (1)	0.01 (2)	0.03 (5)	0.01 (1)	0.02 (4)	0.01 (2)	-	-	0.02 (3)	0.01 (2)	0.011 (21)
<i>H. platynotus</i>	ヒラタゴモクムシ	-	-	-	-	0.02 (3)	-	-	-	-	-	-	-	0.002 (3)
<i>H. crates</i>	チョウセンゴモクムシ	0.01 (1)	0.01 (1)	0.01 (1)	-	0.03 (6)	0.03 (5)	-	0.01 (1)	0.01 (1)	-	-	-	0.008 (16)
<i>H. tinctulus</i>	アカアシマルガタゴモクムシ	0.06 (8)	-	0.02 (4)	-	-	-	-	0.01 (1)	0.01 (1)	0.02 (3)	0.04 (7)	-	0.012 (24)
<i>Harpalus</i> spp.	ゴモクムシ属 spp.	-	-	-	-	0.01 (1)	-	-	-	-	-	-	0.01 (2)	0.002 (3)
<i>Diplocheila zeelandica</i>	オオスナハラゴミムシ	-	-	0.01 (1)	0.01 (1)	-	-	-	-	-	-	-	0.01 (2)	0.002 (4)
<i>Haplochlaenius castiger</i>	スジアオゴミムシ	0.01 (1)	0.03 (4)	0.01 (1)	0.03 (4)	0.01 (1)	-	-	-	-	-	-	-	0.006 (11)
<i>Eochlaenius suvorovi</i>	チビアオゴミムシ	-	-	-	0.04 (6)	0.01 (2)	-	0.02 (3)	-	-	-	-	-	0.006 (11)
<i>C. kurosawai</i>	ニセコガシラアオゴミムシ	0.05 (6)	0.19 (24)	0.15 (25)	0.01 (2)	0.02 (4)	0.03 (5)	0.03 (6)	-	0.26 (43)	0.01 (2)	0.09 (15)	0.01 (2)	0.068 (134)
<i>Chlaenius pallipes</i>	アオゴミムシ	0.03 (4)	0.02 (2)	-	0.73 (116)	0.37 (63)	0.02 (3)	0.69 (123)	0.16 (26)	0.01 (1)	0.02 (3)	0.06 (10)	0.02 (4)	0.181 (355)
<i>C. virgulifer</i>	アトワアオゴミムシ	-	-	-	-	-	0.01 (1)	0.01 (2)	0.01 (1)	-	-	0.07 (12)	0.02 (3)	0.010 (19)
<i>C. micans</i>	オオアトボシアオゴミムシ	0.01 (1)	0.05 (6)	-	0.03 (4)	-	0.02 (3)	-	-	0.03 (5)	-	0.09 (15)	0.07 (12)	0.023 (46)
<i>C. naeviger</i>	アトボシアオゴミムシ	-	0.02 (2)	0.01 (1)	-	0.01 (1)	-	-	-	-	-	-	-	0.002 (4)
<i>C. posticalis</i>	キボシアオゴミムシ	0.08 (11)	0.88 (112)	0.22 (36)	0.11 (18)	0.12 (21)	0.01 (1)	0.03 (5)	0.03 (5)	0.04 (7)	-	0.09 (15)	0.66 (117)	0.178 (348)
<i>C. inops</i>	ヒメキベリアオゴミムシ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.01 (1)	0.001 (1)
<i>Galerita orientalis</i>	クビボソゴミムシ	0.01 (1)	0.09 (12)	0.11 (18)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.016 (31)
<i>Brachinus scotomedes</i>	オオホソクビゴミムシ	0.02 (3)	0.04 (5)	0.01 (2)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.005 (10)
<i>Pheropsophus jessoensis</i>	ミイデラゴミムシ	-	0.05 (6)	-	0.36 (57)	0.55 (94)	0.55 (98)	0.20 (35)	2.94 (468)	-	-	0.21 (36)	1.36 (240)	0.528 (1034)
Density (total catch)		1.58 (208)	2.30 (295)	0.84 (138)	3.56 (569)	5.73 (986)	2.99 (533)	2.04 (363)	5.63 (895)	0.81 (136)	0.12 (20)	1.07 (185)	7.31(1294)	2.868 (5622)
			1.51 (641)		4.68 (1555)			3.48 (1791)			2.37 (1635)			
Total no. of species		21	22	23	27	38	17	21	26	17	10	21	29	
Species diversity index (1-λ)			34		41			33			36			51
		0.79	0.80	0.88	0.90	0.91	0.72	0.81	0.66	0.81	0.92	0.92	0.89	
			0.87		0.94			0.77			0.90			

Table 1-2 Five dominant ground beetles in decreasing order and their mean number of individuals caught per trap at each of four sites, St. 1-4, in the riverbed of the Yodo River. Total number of individuals caught at each site is shown in parentheses.

Order	St. 1	St. 2	St. 3	St. 4	Whole sites
1	<i>Chlaenius posticalis</i> 0.38 (159)	<i>Pterostichus versicolor</i> 0.62 (207)	<i>Pheropsophus jessoensis</i> 1.17 (601)	<i>Pheropsophus jessoensis</i> 0.40 (276)	<i>Pheropsophus jessoensis</i> 0.53 (1034)
2	<i>Dolichus halensis</i> 0.32 (136)	<i>Pterostichus prolongatus</i> 0.54 (180)	<i>Pterostichus prolongatus</i> 1.02 (527)	<i>Pterostichus eschscholtzii</i> 0.30 (209)	<i>Pterostichus prolongatus</i> 0.46 (903)
3	<i>Amara gigantea</i> 0.16 (68)	<i>Chlaenius pallipes</i> 0.54 (179)	<i>Pterostichus eschscholtzii</i> 0.48 (247)	<i>Pterostichus prolongatus</i> 0.28 (193)	<i>Pterostichus eschscholtzii</i> 0.26 (506)
4	<i>Chlaenius kurosawai</i> 0.13 (55)	<i>Carabus yaconinus</i> 0.52 (172)	<i>Chlaenius pallipes</i> 0.30 (152)	<i>Harpalus eous</i> 0.20 (141)	<i>Dolichus halensis</i> 0.20 (394)
5	<i>Carabus yaconinus</i> 0.09 (38)	<i>Pheropsophus jessoensis</i> 0.45 (151)	<i>Lesticus magnus</i> 0.08 (39)	<i>Chlaenius posticalis</i> 0.20 (139)	<i>Chlaenius pallipes</i> 0.18 (355)
Density (Total catch)	1.08 (456)	2.68 (889)	3.04 (1566)	1.39 (958)	1.63 (3192)
Percentage <sup>1)</sup>	71.1	57.2	87.4	58.6	56.8

1) Percentage of the 5 dominant to all the species caught at each site in the total number of individuals.

Table 1-3 Five dominant ground beetles in decreasing order and their mean number of individuals caught per trap at each of 12 sub-sites in the riverbed of the Yodo River. Total number of individuals caught at each sub-site is shown in parentheses.

St. 1				
Order	1Ra	1Rb	1Rc	
1	<i>Dolichus halensis</i> 0.65 (89)	<i>Chlaenius posticalis</i> 0.88 (115)	<i>Chlaenius posticalis</i> 0.22 (34)	
2	<i>Amara gigantea</i> 0.18 (25)	<i>Dolichus halensis</i> 0.32 (40)	<i>Chlaenius kurosawai</i> 0.15 (24)	
3	<i>Synuchus callitheres</i> 0.15 (20)	<i>Amara gigantea</i> 0.32 (34)	<i>Galerita orientalis</i> 0.11 (16)	
4	<i>Synuchus arcuaticollis</i> 0.12 (16)	<i>Carabus yaconinus</i> 0.20 (26)	<i>Dolichus halensis</i> 0.05 (10)	
5	<i>Chlaenius posticalis</i> 0.08 (10)	<i>Chlaenius kurosawai</i> 0.19 (25)	<i>Synuchus arcuaticollis</i> 0.04 (7)	
Total	1.19 (157)	1.49 (244)	0.74 (95)	
Percentage <sup>1)</sup>	75.5	82.7	68.8	

St. 2		
Order	2W	2G
1	<i>Chlaenius pallipes</i> 0.73 (116)	<i>Pterostichus prolongatus</i> 0.90 (154)
2	<i>Pterostichus versicolor</i> 0.54 (86)	<i>Carabus yaconinus</i> 0.75 (129)
3	<i>Anisodactylus sadoensis</i> 0.36 (58)	<i>Pterostichus versicolor</i> 0.70 (121)
4	<i>Pheropsophus jessoensis</i> 0.36 (57)	<i>Pheropsophus jessoensis</i> 0.55 (94)
5	<i>Archipatrobus flavipes</i> 0.30 (48)	<i>Dolichus halensis</i> 0.51 (88)
Density (Total catch)	2.28 (365)	3.41 (586)
Percentage <sup>1)</sup>	64.1	59.4

St. 3			
Order	3R	3W	3G
1	<i>Pterostichus prolongatus</i> 1.23 (219)	<i>Chlaenius pallipes</i> 0.69 (123)	<i>Pheropsophus jessoensis</i> 2.94 (468)
2	<i>Pterostichus eschsoltzii</i> 0.55 (94)	<i>Pterostichus prolongatus</i> 0.51 (90)	<i>Pterostichus prolongatus</i> 1.37 (218)
3	<i>Pheropsophus jessoensis</i> 0.55 (94)	<i>Pheropsophus jessoensis</i> 0.20 (35)	<i>Pterostichus fortis</i> 0.46 (73)
4	<i>Synuchus nitidus</i> 0.11 (19)	<i>Pterostichus fortis</i> 0.14 (25)	<i>Chlaenius pallipes</i> 0.16 (26)
5	<i>Amara macronota</i> 0.06 (11)	<i>Harpalus capito</i> 0.10 (18)	<i>Archipatrobus flavipes</i> 0.13 (20)
Density (Total catch)	2.76 (492)	1.83 (291)	4.52 (805)
Percentage <sup>1)</sup>	93.0	80.2	89.9

St. 4				
Order	4R	4W	4G	4B
1	<i>Chlaenius kurosawai</i> 0.26 (43)	<i>Archipatrobus flavipes</i> 0.02 (4)	<i>Pheropsophus jessoensis</i> 0.21 (36)	<i>Pheropsophus jessoensis</i> 1.36 (240)
2	<i>Pterostichus prolongatus</i> 0.19 (32)	<i>Harpalus tinctulus</i> 0.02 (3)	<i>Archipatrobus flavipes</i> 0.10 (18)	<i>Pterostichus fortis</i> 1.17 (207)
3	<i>Harpalus capito</i> 0.14 (24)	<i>Chlaenius pallipes</i> 0.02 (3)	<i>Chlaenius kurosawai</i> 0.09 (15)	<i>Pterostichus prolongatus</i> 0.90 (159)
4	<i>Synuchus arcuaticollis</i> 0.04 (7)	<i>Synuchus arcuaticollis</i> 0.01 (2)	<i>Chlaenius posticalis</i> 0.09 (15)	<i>Harpalus eous</i> 0.73 (129)
5	<i>Chlaenius posticalis</i> 0.04 (7)	<i>Harpalus capito</i> 0.01 (2)	<i>Chlaenius micans</i> 0.09 (15)	<i>Dolichus halensis</i> 0.70 (124)
		<i>Chlaenius kurosawai</i> 0.01 (2)		
Density (Total catch)	0.65 (113)	0.10 (16)	0.58 (99)	4.85 (859)
Percentage <sup>1)</sup>	84.3	80.0	53.5	66.4

1) Percentage of the 5 dominant to all the species caught at each site in the total number of individuals.

R: reed community, W: woodland, G: the grass, B: bare ground

Table 1-4 Total numbers of individuals and species of ground beetles caught only at a single site in this study.

Species	St. 1			St. 2		St. 3			St. 4				Total
	1Ra	1Rb	1Rc	2W	2G	3R	3W	3G	4R	4W	4G	4B	
<i>Pterostichus haptoderoides</i>	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	1
<i>Synuchus callitheres</i>	20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	20
<i>Agonum chalcomus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1
<i>Amara simplicidens</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	1
<i>Anisodactylus punctatipennis</i>	-	-	-	4	1	-	-	-	-	-	-	-	5
<i>Harpalus vicarius</i>	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
<i>H. platynotus</i>	-	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	3
<i>Chlaenius inops</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1
<i>Galerita orientalis</i>	1	14	16	-	-	-	-	-	-	-	-	-	31
<i>Brachinus scotomedes</i>	3	5	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10
Total no. of individuals	24	20	18	4	5	0	0	0	0	1	0	2	74
	62			9		0			3				
Total no. of species	3	3	2	1	3	0	0	0	0	1	0	2	10
	4			3		0			3				

R: reed community, W: woodland, G: the grass, B: bare ground

Table 1-5 The quotient of similarity ( $QS$ ; figures lower left from the diagonal) and number of common species among the ground beetle assemblages (figures upper right) at 12 sub-sites, in the riverbed of the Yodo River, central Japan. Shaded numbers represent  $QS$  indices of more than 0.7.

	Site 1			Site 2		Site 3			Site 4				
	1Ra	1Rb	1Rc	2W	2G	3R	3W	3G	4R	4W	4G	4B	
	1Ra	-	13	13	11	14	9	11	10	12	6	12	10
Site 1	1Rb	0.60	-	17	14	16	11	12	10	10	5	10	10
	1Rc	0.59	0.76	-	14	17	10	13	11	11	6	11	10
Site 2	2W	0.46	0.57	0.56	-	24	11	17	17	12	5	12	19
	2G	0.47	0.52	0.55	0.73	-	14	18	24	13	7	17	25
	3R	0.47	0.56	0.50	0.50	0.50	-	13	13	10	7	13	14
Site 3	3W	0.52	0.56	0.59	0.71	0.60	0.68	-	15	11	7	13	15
	3G	0.43	0.42	0.45	0.64	0.74	0.60	0.64	-	11	6	16	21
	4R	0.63	0.51	0.55	0.55	0.46	0.59	0.58	0.51	-	7	14	12
Site 4	4W	0.39	0.31	0.36	0.27	0.29	0.52	0.45	0.33	0.52	-	8	6
	4G	0.57	0.47	0.50	0.50	0.57	0.68	0.62	0.68	0.74	0.52	-	18
	4B	0.39	0.38	0.38	0.67	0.72	0.60	0.59	0.75	0.51	0.30	0.71	-

R: reed community, W: woodland, G: the grass, B: bare ground



Table 1-6 Mean number of individual ground beetles caught per trap and the total catch ( in parentheses) at each of 13 sites in the riverbed of the Yodo River, central Japan from April to December, 2009. Total number of individuals, species richness and species diversity index ( $1-\lambda$ ) at each site are shown at the bottom.

	Yo.1	Yo.2	Yo.3	Yo.4	Yo.5	Yo.6	Yo.7a	Yo.7b	Yo.8	Yo.9	Yo.10	Yo.11	Yo.12	Whole sites
<i>Campalita chinense</i>	0.01 (1)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.001 (1)
<i>Carabus yacoinus</i>	0.01 (1)	2.00 (358)	2.22 (333)	0.06 (10)	0.22 (32)	0.45 (72)	-	-	-	0.01 (2)	0.16 (24)	0.05 (7)	0.32 (48)	0.445 (887)
<i>C. kumagaii</i>	-	0.01 (2)	0.13 (19)	-	0.04 (6)	-	0.01 (1)	-	0.07 (12)	0.01 (1)	0.01 (2)	0.01 (1)	-	0.022 (44)
<i>C. blaptoides</i>	-	0.02 (4)	0.01 (1)	0.02 (3)	0.01 (1)	0.01 (2)	-	-	0.01 (2)	0.01 (1)	0.03 (4)	0.07 (11)	-	0.015 (29)
<i>Scarites terricola</i>	-	-	-	-	-	0.03 (5)	0.06 (10)	0.02 (2)	-	-	0.03 (5)	0.01 (1)	-	0.012 (23)
<i>Craspedonotus tibialis</i>	-	-	-	-	-	-	0.02 (3)	0.36 (33)	-	-	-	-	-	0.018 (36)
<i>Archipatrobus flavipes</i>	0.05 (8)	-	-	0.02 (3)	-	0.08 (13)	0.39 (60)	0.01 (1)	-	-	0.39 (57)	0.01 (1)	-	0.072 (143)
<i>Lesticus magnus</i>	0.03 (5)	0.28 (50)	0.03 (5)	-	-	0.03 (4)	-	-	0.01 (1)	-	-	-	0.02 (3)	0.034 (68)
<i>Pterostichus versicolor</i>	-	-	-	-	-	0.05 (8)	0.34 (52)	0.02 (2)	-	-	0.11 (16)	0.14 (20)	0.04 (6)	0.050 (100)
<i>P. dulcis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.01 (1)	0.001 (1)
<i>P. sulcitaris</i>	0.09 (16)	-	0.01 (1)	-	-	-	0.01 (1)	-	-	-	-	-	-	0.009 (18)
<i>P. eschscholtzii</i>	0.20 (34)	0.01 (1)	-	0.01 (1)	-	-	1.21 (187)	0.01 (1)	-	-	-	0.01 (1)	-	0.113 (225)
<i>P. prolongatus</i>	0.95 (163)	0.01 (1)	-	0.10 (17)	0.07 (10)	0.08 (13)	0.59 (92)	0.02 (2)	0.01 (1)	-	0.14 (20)	0.14 (20)	0.04 (6)	0.173 (345)
<i>P. microcephalus</i>	-	-	-	0.15 (26)	0.01 (2)	0.03 (4)	-	0.01 (1)	-	-	0.05 (7)	-	-	0.020 (40)
<i>Platynus magnus</i>	-	-	-	-	-	-	0.01 (2)	-	-	-	-	-	-	0.001 (2)
<i>Dolichus halensis</i>	0.42 (72)	0.26 (46)	0.41 (62)	0.25 (43)	0.12 (17)	0.46 (74)	1.07 (166)	0.32 (29)	0.34 (56)	0.11 (18)	0.07 (11)	1.06 (156)	0.01 (1)	0.377 (751)
<i>Synuchus nitidus</i>	0.01 (2)	0.03 (5)	2.08 (312)	0.01 (2)	0.37 (53)	0.04 (6)	0.01 (1)	-	-	0.01 (1)	0.03 (5)	0.02 (3)	0.28 (41)	0.216 (431)
<i>S. cycloclerus</i>	0.02 (4)	-	0.01 (1)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.003 (5)
<i>S. arcuaticollis</i>	0.98 (168)	-	0.81 (122)	0.04 (6)	0.06 (8)	0.02 (3)	0.05 (8)	-	0.46 (76)	0.05 (8)	0.07 (11)	0.01 (1)	0.11 (17)	0.215 (428)
<i>S. callitheres</i>	-	0.01 (2)	0.31 (47)	-	-	-	-	0.01 (1)	-	-	0.22 (33)	0.01 (1)	0.03 (4)	0.044 (88)
<i>Amara congrua</i>	0.10 (17)	0.05 (9)	0.40 (60)	0.22 (38)	-	0.01 (2)	-	-	0.02 (4)	-	0.01 (2)	-	-	0.066 (132)
<i>A. chalcophaea</i>	-	-	-	-	-	-	-	0.20 (18)	-	-	-	-	-	0.007 (18)
<i>A. macra</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.01 (1)	-	-	0.001 (1)
<i>A. ampliata</i>	-	-	-	-	-	-	0.01 (1)	0.22 (20)	-	-	0.01 (1)	-	-	0.011 (22)
<i>A. simplicidens</i>	0.01 (1)	-	-	-	-	-	-	0.07 (6)	-	-	0.04 (6)	0.01 (1)	-	0.007 (14)
<i>A. macronota</i>	0.02 (4)	0.01 (1)	0.01 (1)	0.01 (1)	0.01 (1)	-	-	-	-	-	-	-	-	0.004 (8)
<i>A. gigantea</i>	0.12 (21)	0.01 (2)	0.94 (141)	0.18 (31)	0.03 (5)	0.12 (19)	0.01 (2)	0.09 (8)	0.10 (17)	0.02 (4)	0.10 (15)	0.02 (3)	0.03 (4)	0.137 (272)
<i>Anisodactylus signatus</i>	0.04 (7)	-	0.01 (1)	0.01 (1)	0.01 (1)	0.01 (1)	-	0.01 (1)	-	-	0.01 (1)	0.01 (1)	-	0.007 (14)
<i>A. punctatipennis</i>	0.02 (3)	0.06 (11)	-	0.05 (9)	-	0.03 (5)	-	-	-	0.01 (1)	0.01 (1)	0.01 (1)	-	0.016 (31)
<i>A. sadoensis</i>	0.01 (2)	0.08 (14)	0.03 (4)	0.13 (22)	-	0.04 (7)	-	-	-	-	-	-	-	0.025 (49)
<i>A. tricuspidatus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.01 (1)	-	-	-	0.001 (1)
<i>Harpalus capito</i>	4.25 (727)	0.06 (10)	0.06 (9)	0.02 (3)	0.12 (17)	0.04 (6)	0.08 (12)	0.04 (4)	0.01 (2)	0.01 (1)	0.03 (4)	0.16 (24)	0.01 (1)	0.412 (820)
<i>H. jureceki</i>	0.37 (64)	-	0.01 (1)	0.04 (6)	-	0.01 (1)	0.28 (43)	0.29 (26)	0.01 (1)	-	-	-	-	0.071 (142)
<i>H. griseus</i>	0.04 (6)	0.02 (3)	0.04 (6)	0.14 (23)	-	-	0.02 (3)	0.04 (4)	-	0.01 (1)	0.01 (1)	-	-	0.024 (47)
<i>H. eous</i>	0.02 (3)	-	0.03 (5)	0.07 (12)	-	0.02 (3)	0.03 (4)	-	0.01 (1)	0.02 (3)	-	0.03 (4)	-	0.018 (35)
<i>H. pseudophonoides</i>	0.01 (1)	-	-	0.01 (1)	-	0.01 (2)	-	-	-	0.01 (1)	-	-	-	0.003 (5)
<i>H. tridens</i>	0.01 (1)	-	-	0.04 (6)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.004 (7)
<i>H. sinicus</i>	0.06 (10)	0.13 (23)	0.07 (11)	0.12 (21)	-	0.02 (3)	0.03 (4)	0.03 (3)	-	-	0.01 (1)	0.04 (6)	-	0.041 (82)
<i>H. nigatatus</i>	0.16 (28)	-	0.01 (1)	0.03 (5)	0.01 (1)	0.03 (4)	-	0.01 (1)	0.02 (3)	0.01 (1)	0.01 (1)	0.01 (2)	0.01 (1)	0.024 (48)
<i>H. simplicidens</i>	0.16 (28)	-	0.02 (3)	0.03 (5)	0.01 (2)	-	0.01 (1)	0.01 (1)	-	-	0.01 (2)	-	0.01 (1)	0.022 (44)
<i>H. platynotus</i>	-	-	-	-	-	-	-	0.24 (22)	-	-	0.22 (33)	0.02 (3)	-	0.029 (58)
<i>H. crates</i>	-	-	-	-	0.04 (6)	-	0.25 (39)	0.97 (88)	0.29 (48)	0.01 (2)	-	0.01 (1)	-	0.092 (184)
<i>H. tinctulus</i>	0.02 (3)	-	0.01 (2)	0.01 (1)	0.01 (1)	-	-	-	0.07 (11)	0.04 (6)	0.01 (1)	-	-	0.013 (25)
<i>H. discrepans</i>	-	-	0.06 (9)	-	0.01 (2)	-	-	-	-	-	-	0.01 (1)	0.01 (1)	0.007 (13)
<i>Harpalus spp.</i>	0.02 (3)	-	-	0.01 (1)	-	-	-	0.02 (2)	-	-	-	0.01 (1)	-	0.004 (7)
<i>Bradycellus subditus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.01 (1)	0.001 (1)
<i>Diplocheila zealandica</i>	-	-	0.01 (2)	0.02 (3)	0.01 (2)	-	-	-	-	-	-	0.01 (1)	0.01 (1)	0.005 (9)
<i>Dischissus mirandus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	0.01 (1)	-	-	-	-	0.001 (1)
<i>Haplochaenius costiger</i>	-	0.07 (12)	0.03 (5)	-	0.01 (1)	0.06 (10)	0.01 (1)	-	-	-	0.11 (17)	-	0.16 (24)	0.035 (70)
<i>Eochlaenius suworovi</i>	-	-	-	0.68 (116)	-	0.15 (24)	-	-	-	-	0.01 (2)	-	-	0.071 (142)
<i>Chlaenius kurosawai</i>	1.07 (183)	0.01 (1)	0.23 (34)	0.50 (85)	0.68 (98)	0.02 (3)	0.14 (21)	-	0.12 (20)	0.01 (1)	0.05 (8)	0.01 (2)	0.22 (33)	0.245 (489)
<i>C. circumdatus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.01 (1)	-	-	0.001 (1)
<i>C. pallipes</i>	0.07 (12)	0.11 (20)	0.03 (4)	0.35 (60)	0.05 (7)	0.43 (69)	0.15 (23)	-	-	0.01 (2)	0.24 (35)	0.08 (12)	0.04 (6)	0.126 (250)
<i>C. abstersus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.01 (1)	-	0.001 (1)
<i>C. virgulifer</i>	0.02 (4)	-	0.02 (3)	0.01 (1)	-	-	-	0.01 (1)	-	0.02 (3)	-	-	-	0.006 (12)
<i>C. micans</i>	0.17 (29)	0.01 (1)	0.01 (1)	0.02 (4)	-	0.14 (22)	0.75 (116)	0.03 (3)	0.16 (27)	0.01 (1)	0.08 (12)	0.01 (1)	0.01 (2)	0.110 (219)
<i>C. naeviger</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.09 (13)	-	0.72 (108)	0.061 (121)
<i>C. posticalis</i>	1.38 (236)	0.03 (5)	0.06 (9)	0.26 (45)	0.03 (4)	0.08 (13)	0.35 (55)	0.20 (18)	0.52 (86)	0.09 (15)	0.17 (25)	0.11 (16)	0.11 (17)	0.273 (544)
<i>Chlaenius spp.</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.01 (1)	-	0.05 (8)	0.005 (9)
<i>Oodes vicarius</i>	-	-	-	-	-	-	0.15 (23)	-	-	-	-	-	-	0.012 (23)
<i>Lachnocypris prolixa</i>	-	-	-	-	-	-	0.05 (7)	0.02 (2)	-	-	-	-	-	0.005 (9)
<i>Aephidius adeltoioides</i>	-	-	0.01 (1)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.001 (1)
<i>Apristus cuprascens</i>	-	-	-	-	-	-	-	0.60 (55)	-	-	-	-	-	0.028 (55)
<i>Galerita orientalis</i>	-	0.01 (2)	0.13 (20)	0.02 (4)	0.10 (14)	0.03 (4)	0.02 (3)	0.01 (1)	0.07 (11)	0.01 (2)	0.01 (1)	0.01 (2)	0.02 (3)	0.034 (67)
<i>Planetes puncticeps</i>	-	-	0.01 (1)	-	-	-	-	-	-	0.01 (1)	-	-	0.05 (8)	0.005 (10)
<i>Brachinus scotomedes</i>	-	-	0.05 (7)	-	-	0.01 (1)	0.01 (1)	-	-	0.01 (1)	-	0.01 (1)	0.01 (2)	0.007 (13)
<i>Pheropsophus jessoensis</i>	0.04 (6)	0.01 (2)	0.03 (4)	-	0.01 (2)	2.91 (465)	1.10 (171)	0.49 (45)	0.01 (2)	-	1.22 (180)	0.05 (8)	0.14 (21)	0.455 (906)
Density (total catch)	10.95 (1873)	3.27 (585)	8.32 (1248)	3.62 (615)	2.02 (293)	5.43 (868)	7.18 (1113)	4.41 (401)	2.33 (384)	0.48 (77)	3.78 (560)	2.14 (315)	2.45 (365)	4.37 (8697)
Total no. of species	34	24	36	33	24	31	31	29	22	23	36	32	26	65
Species diversity index ( $1-\lambda$ )	0.80	0.61	0.84	0.91	0.83	0.69	0.90	0.90	0.86	0.89	0.87	0.74	0.86	

Table 1-7 Five dominant ground beetles in decreasing order and their mean number of individuals caught per trap at each of 13 sites in the riverbed of the Yodo River. Total number of individuals caught at each site is shown in parentheses.

Order	Yo. 1	Yo. 2	Yo. 3	Yo. 4	Yo. 5
1	<i>Harpalus capito</i> 4.25 (727)	<i>Carabus yaconinus</i> 2.00 (358)	<i>Carabus yaconinus</i> 2.22 (333)	<i>Eochlaenius suvorovi</i> 0.68 (116)	<i>Chlaenius kurosawai</i> 0.68 (98)
2	<i>Chlaenius posticalis</i> 1.38 (236)	<i>Lesticus magnus</i> 0.28 (50)	<i>Synuchus nitidus</i> 2.08 (312)	<i>Chlaenius kurosawai</i> 0.50 (85)	<i>Synuchus nitidus</i> 0.37 (53)
3	<i>Chlaenius kurosawai</i> 1.07 (183)	<i>Dolichus halensis</i> 0.26 (46)	<i>Amara gigantea</i> 0.94 (141)	<i>Chlaenius pallipes</i> 0.35 (60)	<i>Carabus yaconinus</i> 0.22 (32)
4	<i>Synuchus arcuaticollis</i> 0.98 (168)	<i>Harpalus sinicus</i> 0.13 (23)	<i>Synuchus arcuaticollis</i> 0.81 (122)	<i>Chlaenius posticalis</i> 0.26 (45)	<i>Dolichus halensis</i> 0.12 (17)
5	<i>Pterostichus prolongatus</i> 0.95 (163)	<i>Chlaenius pallipes</i> 0.11 (20)	<i>Dolichus halensis</i> 0.41 (62)	<i>Dolichus halensis</i> 0.25 (43)	<i>Harpalus capito</i> 0.12 (17)
Density (Total catch)	8.64 (1477)	2.78 (497)	6.47 (970)	2.05 (349)	1.50 (217)
Percentage*	78.9	85.0	77.7	56.7	74.1

Order	Yo. 6	Yo. 7a	Yo. 7b	Yo. 8	Yo. 9
1	<i>Pheropsophus jessoensis</i> 2.91 (465)	<i>Pterostichus eschscholtzii</i> 1.21 (187)	<i>Harpalus crates</i> 0.97 (88)	<i>Chlaenius posticalis</i> 0.52 (86)	<i>Dolichus halensis</i> 0.11 (18)
2	<i>Dolichus halensis</i> 0.46 (74)	<i>Pheropsophus jessoensis</i> 1.10 (171)	<i>Apristus cuprascens</i> 0.60 (55)	<i>Synuchus arcuaticollis</i> 0.46 (76)	<i>Chlaenius posticalis</i> 0.09 (15)
3	<i>Carabus yaconinus</i> 0.45 (72)	<i>Dolichus halensis</i> 1.07 (166)	<i>Pheropsophus jessoensis</i> 0.49 (45)	<i>Dolichus halensis</i> 0.34 (56)	<i>Synuchus arcuaticollis</i> 0.05 (8)
4	<i>Chlaenius pallipes</i> 0.43 (69)	<i>Chlaenius micans</i> 0.75 (116)	<i>Craspedonotus tibialis</i> 0.36 (33)	<i>Harpalus crates</i> 0.29 (48)	<i>Harpalus tinctulus</i> 0.04 (6)
5	<i>Eochlaenius suvorovi</i> 0.15 (24)	<i>Pterostichus prolongatus</i> 0.59 (92)	<i>Dolichus halensis</i> 0.32 (29)	<i>Chlaenius micans</i> 0.16 (27)	<i>Amara gigantea</i> 0.02 (4)
Density (Total catch)	4.40 (704)	4.72 (732)	2.75 (250)	1.78 (293)	0.31 (51)
Percentage*	81.1	65.8	62.3	76.3	66.2

Order	Yo. 10	Yo. 11	Yo. 12	Whole sites
1	<i>Pheropsophus jessoensis</i> 1.22 (180)	<i>Dolichus halensis</i> 1.06 (156)	<i>Chlaenius naeviger</i> 0.72 (108)	<i>Pheropsophus jessoensis</i>
2	<i>Archipatrobus flavipes</i> 0.35 (57)	<i>Harpalus capito</i> 0.16 (24)	<i>Carabus yaconinus</i> 0.32 (48)	<i>Carabus yaconinus</i> 0.45 (887)
3	<i>Chlaenius pallipes</i> 0.22 (35)	<i>Pterostichus prolongatus</i> 0.14 (20)	<i>Synuchus nitidus</i> 0.28 (41)	<i>Harpalus capito</i> 0.41 (820)
4	<i>Synuchus callitheres</i> 0.20 (33)	<i>Pterostichus versicolor</i> 0.14 (20)	<i>Chlaenius kurosawai</i> 0.22 (33)	<i>Dolichus halensis</i> 0.38 (751)
5	<i>Harpalus platynotus</i> 0.20 (33)	<i>Chlaenius posticalis</i> 0.11 (16)	<i>Haplochlaenius costiger</i> 0.16 (24)	<i>Chlaenius posticalis</i> 0.27 (544)
Density (Total catch)	2.28 (338)	1.61 (236)	1.70 (254)	1.96 (3908)
Percentage*	60.40	74.9	69.60	44.9

\*Percentage of the 5 dominant to all the species caught at each site in the total number of individuals.

Table 1-8 Generalized liner mixed models (GLMM) evaluating the effects of environmental parameter of each site except Site 7b (fixed model) together with those of sites (random factor) on the number of individuals of ground beetles in which more than 20 individuals were captured. The logarithm of the number of traps was used as an offset to correct for unequal trapping effort. All models assumed a Poisson error distribution in the response variable and used a log link function.

	Intercept	coefficient			df	AIC	
		riverbed conditio	submergenc e duration	soil moisture			median particle
<i>Carabus yaconinus</i>	4.71	-2.17		-0.37	-3.94	5	53.2
<i>C. kumagaii</i>	-3.24	-2.28		-0.03		4	33.9
<i>Damaster blaptoides</i>	-3.43		-0.08	-0.08		4	27.9
<i>Scarites terricola</i>	-55.37	50.33	0.06		1.40	5	21.2
<i>Archipatrobus flavipes</i>	-63.15	57.35		0.12	4.45	5	26.5
<i>Lesticus magnus</i>	-4.50	-0.23	-0.80			4	38.9
<i>Pterostichus versicolor</i>	-8.14	3.04	0.09		2.82	5	39.0
<i>P. eschscholtzii</i>	-6.18	2.49	0.20		-5.03	5	34.0
<i>P. prolongatus</i>	-4.81	3.05		0.02		4	50.4
<i>P. microcephalus</i>	-0.28	1.51		-0.55	-5.40	5	33.6
<i>Dolichus halensis</i>	-1.12	0.81	0.05		-2.31	5	62.1
<i>Synuchus nitidus</i>	0.19	-2.14		-0.19		4	46.9
<i>S. arcuaticollis</i>	-2.65		-0.02			3	60.9
<i>S. callitheres</i>	49.73		-19.39	-10.24		4	67.9
<i>Amara congrua</i>	-1.19	0.15		-0.14	-4.30	5	51.9
<i>A. gigantea</i>	-2.63		-0.06			3	49.5
<i>Anisodactylus punctatipenn</i>	-1.68			-0.14	-4.00	4	33.0
<i>A. sadoensis</i>	-6.66	5.47		-0.66	-23.38	5	53.5
<i>Harpalus capito</i>	-3.73	1.57	-0.02			4	56.0
<i>H. jureceki</i>	0.16	0.52	0.29		-22.72	5	33.4
<i>H. griseus</i>	-5.09		0.03			3	37.3
<i>H. eous</i>	-2.96	0.60	0.05		-5.84	5	29.7
<i>H. sinicus</i>	-5.03	1.64	-0.02			4	46.0
<i>H. niigatanus</i>	-7.11	3.19	-0.83	0.11	0.88	6	18.5
<i>H. simplicidens</i>	-4.87		-0.02			3	34.9
<i>H. platynotus</i>	-124.10					2	34.5
<i>H. crates</i>	-11.42			0.30	3.99	4	37.2
<i>H. tinctulus</i>	-7.82		-0.24	0.17	2.66	5	20.0
<i>Haplochlaenius costiger</i>	-1.49	-1.01		-0.21		4	40.7
<i>Eochlaenius suvorovi</i>	-57.79	55.09		-0.26		4	30.7
<i>Chlaenius kurosawai</i>	-2.43		0.01			3	63.2
<i>C. pallipes</i>	-2.57	1.71		-0.07		4	42.7
<i>C. micans</i>	-8.39	2.51		0.19	2.78	5	40.7
<i>C. naeviger</i>	-9.03	-0.12		-0.31		4	27.2
<i>C. posticalis</i>	-5.49	1.82	-0.06	0.16	1.83	6	48.0
<i>Oodes vicarius</i>	-84.68	0.06	6.46	-4.84		5	10.0
<i>Galerita orientalis</i>	-2.94	-1.25		-0.02		4	34.3
<i>Pheropsophus jessoensis</i>	-1.37		0.19	-0.17		4	61.5

\* We divided the riverbed of 12 sites into two types of conditions, major (0) or minor (1) beds.

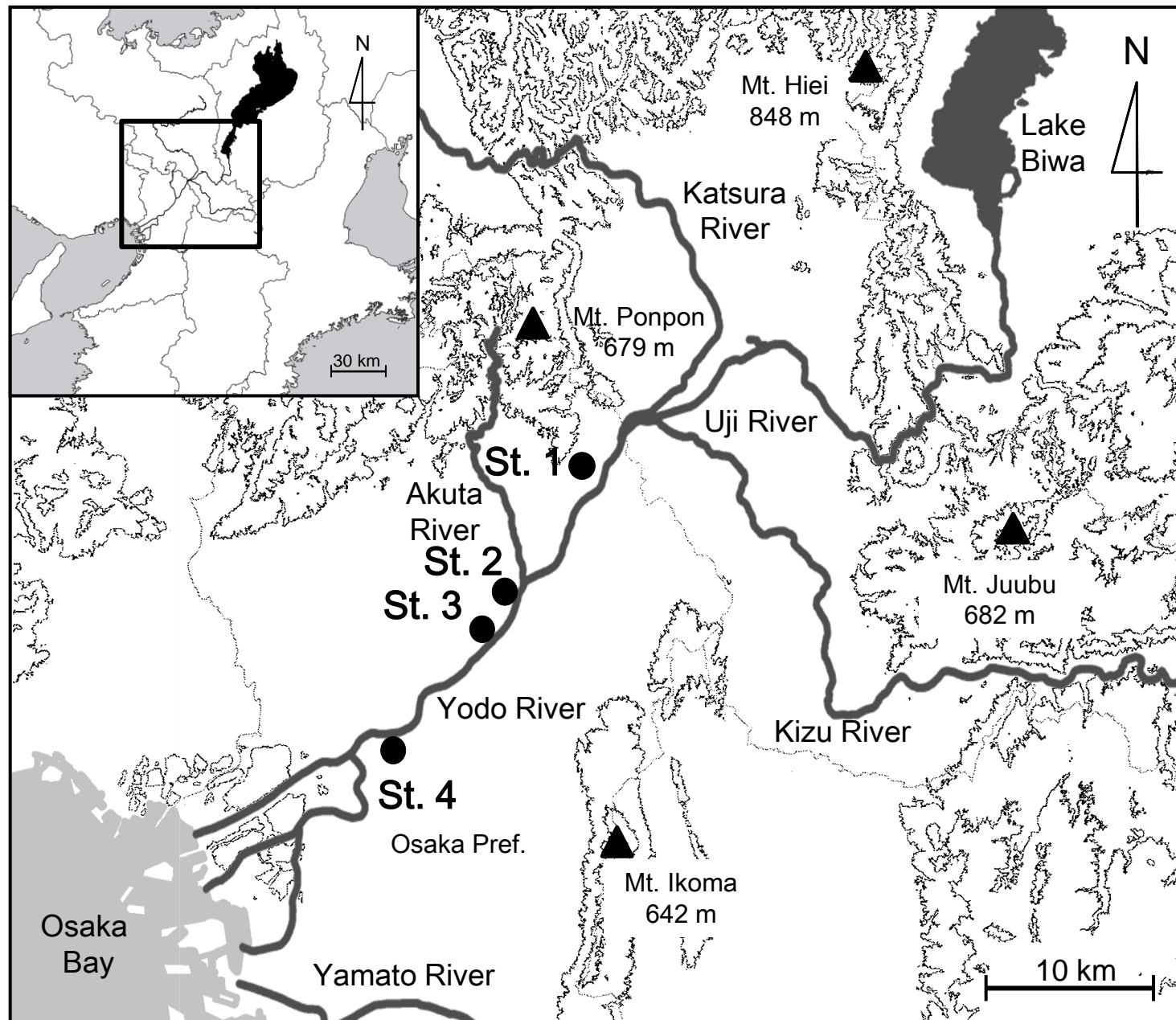


Fig. 1-1 Location of four study sites in the riverbed of the Yodo River, central Japan. The contour interval is 200 m.

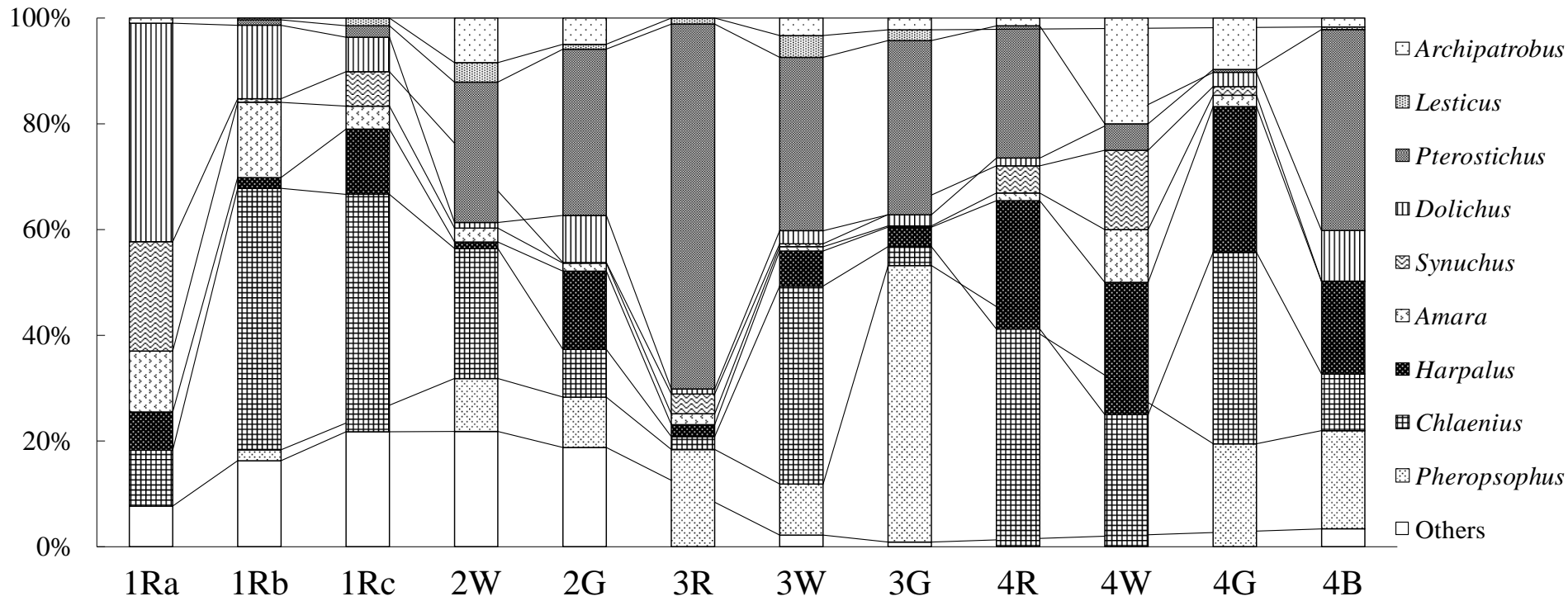


Fig. 1-2 The percentage of individuals of 9 dominant ground beetle genera caught at more than six sub-sites, *Archipatrobus*, *Lesticus*, *Pterostichus*, *Dolichus*, *Synuchus*, *Amara*, *Harpalus*, *Chlaenius* and *Pheropsophus*, at 12 sub-sites in the Yodo River, central Japan, in 2008.

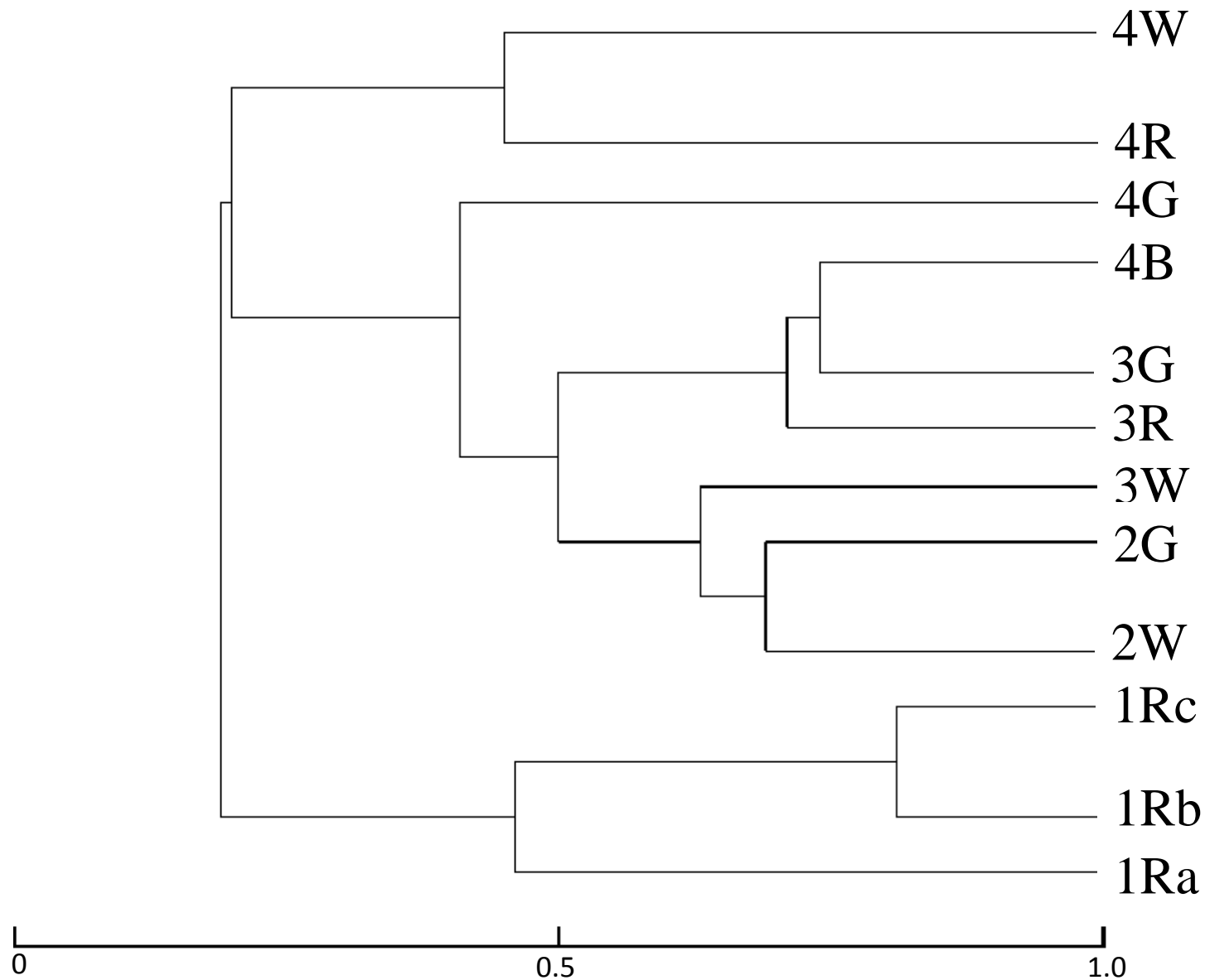


Fig. 1-3 A dendrogram drawn by the cluster analysis using the Pianka's  $\alpha$  Index showing differences in ground beetle assemblage structure at 12 sub-sites in the Yodo River, central Japan in 2008.

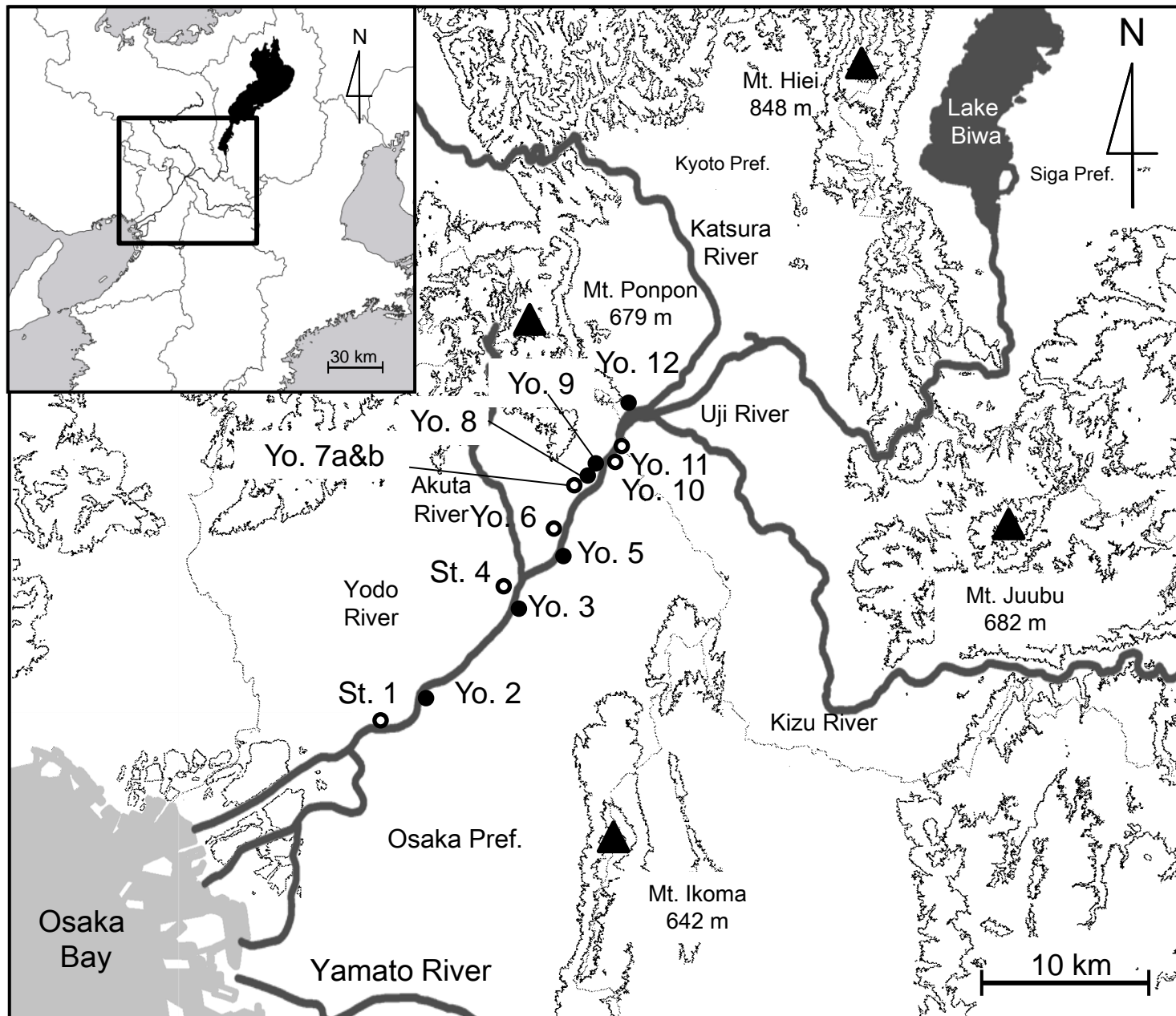


Fig. 1-4 Location of 13 study sites (closed circle: major beds, open circle: minor beds) in the riverbed of the Yodo River, central Japan. The contour interval is 200 m.

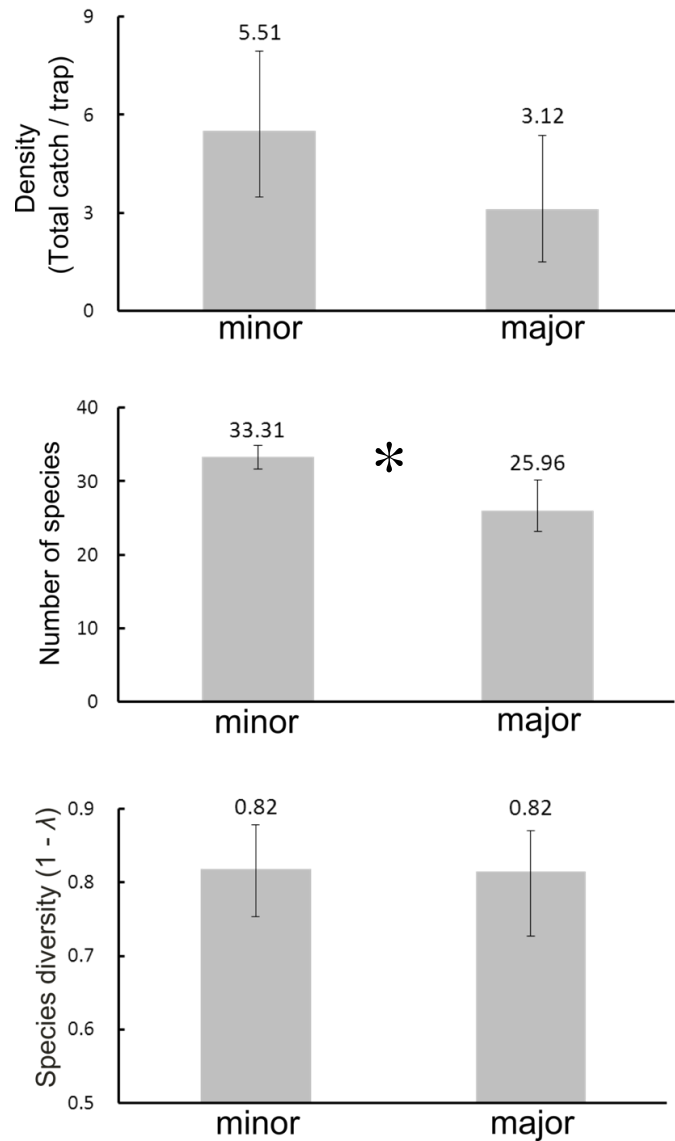


Fig. 1-5 Mean values and 95% confidence intervals calculated using bootstrap sampling of each parameter of ground beetles (density (upper), the number of species (medium) and species diversity index (below)) on minor and major beds in the Yodo River, respectively. \*:  $P < 0.05$



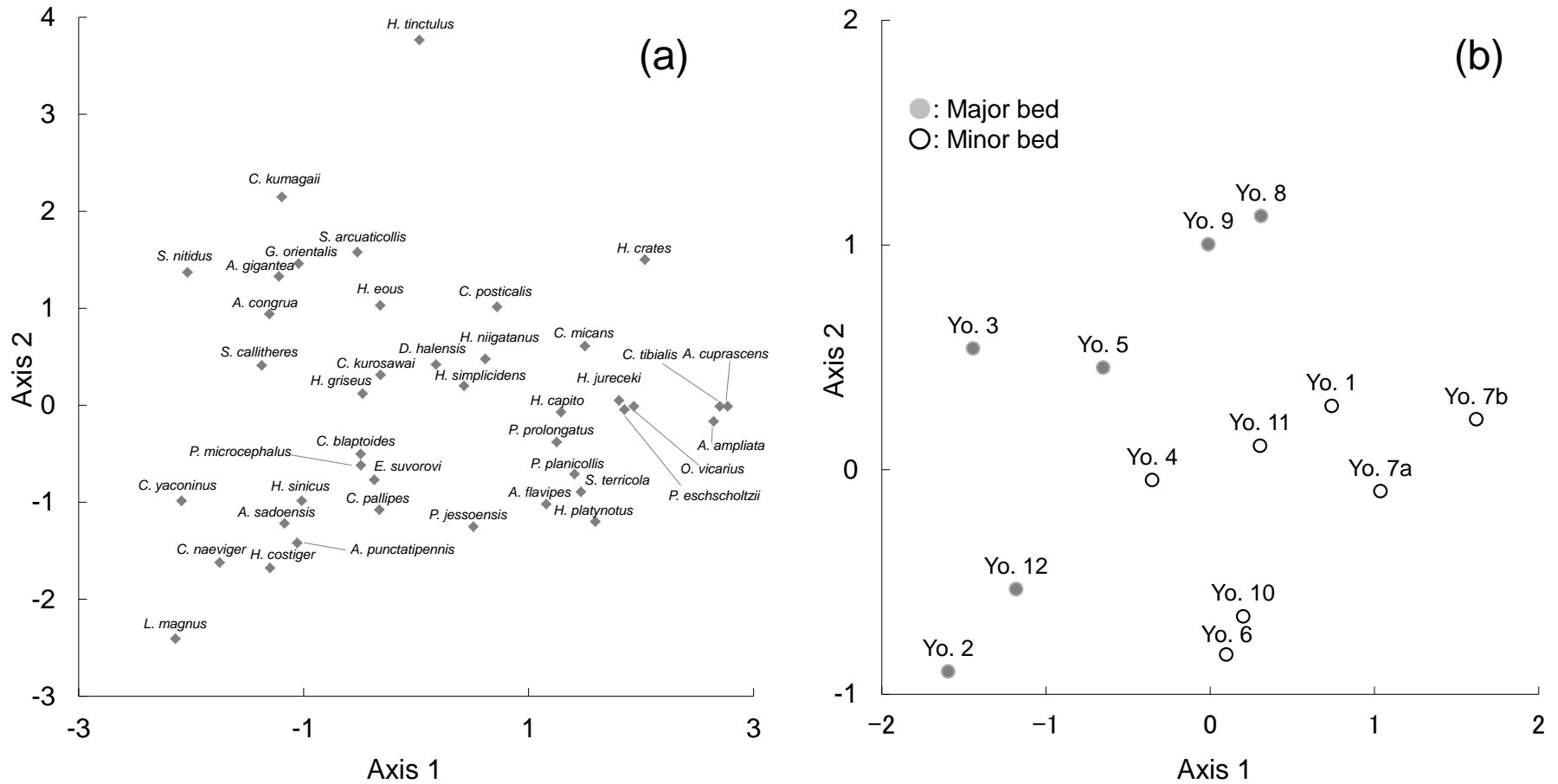


Fig. 1-6 Results of the detrended correspondence analysis (DCA) of ground beetles in which more than 20 individuals were captured (a) and of study sites (b) (closed circle: major beds, open circle: minor beds). Eigenvalues of axes 1 and 2 were 0.56 and 0.29, respectively .

Table 2-1 Mean number of individual ground beetles caught per trap at each of 12 sites in the riverbed of the Uji River (Uj. 1 - 9) and the Seta River (Se. 10 - 12), central Japan from April to December 2010. Total number of individuals caught at each site is shown in parentheses. Total number of individuals, species richness and species diversity index ( $1-\lambda$ ) at each site are shown at the bottom.

Species	Japanese name	Uj. 1	Uj. 2	Uj. 3	Uj. 4	Uj. 5	Uj. 6	Uj. 7	Uj. 8	Uj. 9	Se. 1	Se. 2	Se. 3	Whole sites
<i>Campalita chinense</i>	エゾカタビロオサムシ	-	-	-	0.02 (3)	0.01 (1)	0.01 (1)	-	-	-	-	-	-	- 0.003 (5)
<i>Carabus yacominus</i>	ヤコンオサムシ	5.32 (904)	1.07 (172)	0.47 (68)	0.26 (42)	-	-	-	0.01 (1)	-	-	-	-	- 0.669 (1187)
<i>Carabus kumagaii</i>	オオクロナガオサムシ	0.49 (83)	-	0.18 (26)	0.01 (1)	0.02 (3)	0.02 (3)	-	-	-	-	-	-	- 0.065 (116)
<i>Damaster blaptoides</i>	マイマイカブリ	0.06 (10)	0.04 (6)	0.19 (27)	0.01 (1)	-	-	-	-	-	-	-	-	- 0.025 (44)
<i>Nebria chinensis</i>	マルクビゴミムシ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	- 0.001 (2)
<i>Scarites terricola</i>	ナガヒョウタンゴミムシ	0.02 (4)	0.02 (3)	-	0.04 (6)	-	-	-	0.01 (1)	0.35 (35)	-	-	-	- 0.028 (49)
<i>Artipatrobis flavipes</i>	キアシヌレチゴミムシ	-	-	0.01 (1)	-	-	0.01 (1)	0.05 (6)	-	0.12 (12)	0.01 (1)	0.05 (5)	-	- 0.01 (26)
<i>Lesticus magnus</i>	オオゴミムシ	0.08 (14)	0.05 (8)	0.02 (3)	0.01 (1)	0.01 (1)	0.02 (4)	0.13 (17)	0.02 (3)	0.01 (1)	-	-	0.07 (11)	- 0.036 (63)
<i>Prerostichus versicolor</i>	キンナガゴミムシ	-	0.01 (1)	0.01 (1)	0.01 (2)	-	0.07 (11)	1.93 (251)	0.01 (1)	0.75 (76)	0.16 (24)	0.04 (4)	-	- 0.209 (371)
<i>P. sulcitaris</i>	アシミノナガゴミムシ	0.01 (1)	-	-	-	-	-	0.08 (11)	-	0.02 (2)	-	-	-	- 0.008 (14)
<i>P. prolongatus</i>	オオクロナガゴミムシ	-	0.06 (9)	-	0.02 (3)	0.11 (20)	0.07 (11)	0.98 (127)	0.01 (1)	0.22 (22)	0.05 (7)	0.07 (7)	-	- 0.117 (207)
<i>P. eschscholtzii</i>	オオナガゴミムシ	-	-	-	-	-	0.31 (51)	0.58 (75)	-	0.33 (33)	0.01 (2)	-	-	- 0.091 (161)
<i>P. microcephalus</i>	コガシラナガゴミムシ	-	-	-	0.01 (1)	-	-	0.04 (5)	0.01 (1)	-	0.01 (2)	0.02 (2)	-	- 0.006 (11)
<i>Dolichus halensis</i>	セアヒラタゴミムシ	0.06 (10)	0.02 (3)	0.01 (2)	0.01 (2)	0.01 (1)	0.17 (28)	0.07 (9)	0.11 (16)	0.19 (19)	0.01 (1)	0.01 (1)	-	- 0.05 (92)
<i>Synuchus nitidus</i>	オオクロナガヒラタゴミムシ	0.43 (73)	0.66 (107)	3.89 (564)	-	-	-	-	1.43 (203)	-	-	-	0.01 (1)	- 0.02 (4) 0.537 (952)
<i>S. cycloclerus</i>	クロツヤヒラタゴミムシ	-	-	-	-	-	-	-	0.01 (1)	-	-	-	-	- 0.001 (1)
<i>S. dulcigradus</i>	ヒメツヤヒラタゴミムシ	0.02 (4)	0.20 (32)	-	-	-	-	-	0.23 (32)	-	-	-	-	- 0.038 (68)
<i>S. arcuaticollis</i>	マルガタツヤヒラタゴミムシ	0.04 (7)	0.12 (20)	1.75 (254)	0.01 (2)	-	-	-	0.19 (27)	-	-	-	-	- 0.175 (310)
<i>S. callitheres</i>	キアシツヤヒラタゴミムシ	-	0.34 (54)	0.57 (83)	0.01 (1)	-	-	-	0.03 (4)	-	-	-	-	- 0.080 (142)
<i>Amara congrua</i>	ニセマルガタゴミムシ	0.22 (37)	-	-	-	-	-	-	0.06 (8)	0.01 (1)	-	-	0.10 (16)	- 0.035 (62)
<i>A. macra</i>	イグチマルガタゴミムシ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.01 (1)	-	-	- 0.001 (1)
<i>A. simplicidens</i>	コマルガタゴミムシ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.01 (1)	-	-	- 0.001 (1)
<i>A. macronota</i>	ナガマルガタゴミムシ	-	-	-	-	-	-	-	-	0.10 (10)	-	-	-	- 0.006 (10)
<i>A. gigantea</i>	オオマルガタゴミムシ	1.11 (188)	0.17 (27)	0.06 (8)	0.02 (4)	-	-	0.01 (1)	0.11 (16)	-	0.01 (1)	-	-	- 0.138 (245)
<i>Anisodactylus signatus</i>	ゴミムシ	0.01 (1)	-	-	-	-	-	-	0.01 (1)	-	-	-	-	- 0.001 (2)
<i>A. punctatipennis</i>	ホシボシゴミムシ	0.13 (22)	0.01 (1)	-	0.01 (2)	-	-	-	0.01 (2)	-	-	-	0.04 (6)	- 0.02 (33)
<i>A. sadoensis</i>	オオホシボシゴミムシ	0.71 (120)	0.16 (25)	0.02 (3)	0.02 (3)	-	0.01 (2)	0.08 (11)	0.15 (22)	0.01 (1)	-	0.03 (3)	1.27 (205)	- 0.22 (395)
<i>Harpalus captio</i>	オオゴモクムシ	0.79 (135)	0.02 (3)	0.06 (9)	0.01 (2)	0.01 (1)	0.56 (90)	1.58 (205)	0.05 (7)	0.18 (18)	-	-	0.01 (2)	- 0.266 (472)
<i>H. vicarius</i>	ケゴモクムシ	-	-	-	-	-	0.01 (1)	0.01 (2)	-	-	-	0.01 (1)	-	- 0.002 (4)
<i>H. jureceki</i>	ヒメケゴモクムシ	-	-	-	-	-	-	0.49 (80)	-	0.01 (1)	0.01 (1)	-	-	- 0.046 (82)
<i>H. griseus</i>	ケウスゴモクムシ	-	-	0.01 (1)	0.04 (6)	-	0.02 (3)	-	0.01 (1)	-	-	-	-	- 0.006 (11)
<i>H. eous</i>	オオズケゴモクムシ	0.05 (9)	-	-	0.07 (11)	-	-	-	-	-	-	-	-	- 0.011 (20)
<i>H. pseudophonoides</i>	ニセケゴモクムシ	0.02 (3)	0.01 (2)	-	0.06 (10)	-	-	-	-	-	-	-	-	- 0.008 (15)
<i>H. tridens</i>	コゴモクムシ	-	-	-	0.02 (3)	-	-	-	-	-	-	-	-	- 0.002 (3)
<i>H. sinicus</i>	ウスアカクログオモクムシ	-	-	0.02 (3)	0.01 (1)	0.01 (1)	-	0.01 (1)	-	0.05 (5)	0.01 (1)	0.01 (1)	-	- 0.007 (13)
<i>H. niigatanus</i>	クロゴモクムシ	0.01 (1)	-	0.01 (2)	-	-	-	0.01 (1)	-	0.01 (1)	-	-	-	- 0.003 (5)
<i>H. simplicidens</i>	ニセクログオモクムシ	0.01 (1)	-	0.01 (1)	0.01 (1)	-	-	-	0.01 (1)	-	-	0.01 (1)	-	- 0.003 (5)
<i>H. chalcidius</i>	ツヤアオゴモクムシ	0.01 (2)	0.01 (1)	-	0.01 (1)	-	-	-	-	-	-	-	-	- 0.002 (4)
<i>H. crates</i>	チョウセンゴモクムシ	-	-	-	-	0.09 (17)	0.01 (1)	-	-	-	-	-	-	- 0.010 (18)
<i>H. tinctulus</i>	アリアシマルガタゴモクムシ	0.01 (1)	-	-	-	0.01 (1)	0.01 (1)	-	-	-	-	-	-	- 0.002 (3)
<i>H. discrepans</i>	ハコダテゴモクムシ	0.02 (3)	0.02 (3)	0.01 (1)	-	-	-	-	0.23 (32)	-	-	-	-	- 0.022 (39)
<i>Diplocheila zeelandica</i>	オオスナハラゴミムシ	0.01 (2)	0.02 (4)	0.01 (2)	0.01 (1)	-	-	-	0.01 (1)	-	-	-	0.10 (16)	- 0.015 (26)
<i>Dischissus mirandus</i>	オオヨツボシゴミムシ	-	-	-	-	-	0.01 (2)	-	-	-	-	-	-	- 0.001 (2)
<i>Eochlaenius suvorovi</i>	チビアオゴミムシ	-	-	0.01 (2)	-	-	0.01 (1)	0.01 (1)	-	-	-	-	-	- 0.002 (4)
<i>Haplochlaenius costiger</i>	スジアオゴミムシ	0.03 (5)	-	0.01 (1)	-	-	0.01 (2)	0.04 (6)	0.08 (11)	-	-	0.03 (3)	-	- 0.02 (28)
<i>Epomis nigricans</i>	オオキベリアオゴミムシ	-	-	0.01 (1)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	- 0.001 (1)
<i>Chlaenius varicornis</i>	コガシラアオゴミムシ	-	-	-	-	-	-	-	-	0.01 (1)	0.01 (2)	0.02 (2)	-	- 0.003 (5)
<i>C. kurosawai</i>	ニセコガシラアオゴミムシ	0.09 (16)	0.16 (26)	0.61 (89)	0.22 (36)	0.04 (8)	0.27 (43)	0.20 (26)	0.02 (3)	0.07 (7)	0.04 (6)	0.06 (6)	-	- 0.150 (266)
<i>C. sericimicans</i>	ムナビロアオゴミムシ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.01 (1)	-	- 0.001 (1)
<i>C. pallipes</i>	アオゴミムシ	0.06 (11)	0.08 (13)	0.58 (84)	0.60 (99)	0.02 (4)	1.09 (176)	3.60 (468)	0.01 (2)	0.41 (41)	0.06 (9)	0.72 (77)	-	- 0.555 (984)
<i>C. abstersus</i>	アカガネアオゴミムシ	0.01 (1)	-	-	0.01 (1)	0.02 (3)	-	-	-	-	-	-	-	- 0.003 (5)
<i>C. virgulifer</i>	アトワアオゴミムシ	-	-	-	0.01 (1)	-	-	-	-	-	-	-	-	- 0.001 (1)
<i>C. micans</i>	オオトボシアオゴミムシ	0.01 (2)	-	-	0.09 (14)	0.08 (15)	1.01 (164)	0.08 (10)	-	0.03 (3)	0.17 (26)	0.10 (10)	-	- 0.138 (244)
<i>C. naeviger</i>	アトボシアオゴミムシ	0.09 (15)	0.07 (12)	-	-	-	-	-	0.07 (10)	-	-	-	-	- 0.021 (37)
<i>C. posticalis</i>	キボシアオゴミムシ	0.14 (24)	0.05 (8)	0.05 (7)	0.08 (13)	0.07 (13)	0.14 (23)	0.09 (12)	0.23 (33)	0.02 (2)	0.01 (1)	0.12 (13)	-	- 0.084 (149)
<i>C. inops</i>	ヒメキベリアオゴミムシ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.01 (2)	-	-	- 0.001 (2)
<i>Lithochlaenius noguchii</i>	ノグチアオゴミムシ	-	-	-	-	-	-	-	-	0.02 (2)	-	-	-	- 0.001 (2)
<i>Oodes vicarius</i>	オオトックリゴミムシ	0.02 (3)	-	-	-	-	0.08 (13)	0.55 (72)	-	0.42 (42)	-	2.42 (259)	-	- 0.219 (389)
<i>Odaecantha puziloi</i>	ナカグロキバネクビナガゴ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.01 (1)	-	- 0.001 (1)
<i>Galerita orientalis</i>	クビボソゴミムシ	0.05 (9)	0.01 (1)	0.01 (2)	-	-	0.01 (1)	-	0.02 (3)	-	-	-	-	- 0.009 (16)
<i>Pheropsophus jessoensis</i>	ミイテラゴミムシ	0.03 (5)	0.30 (49)	0.01 (2)	0.04 (6)	-	0.03 (5)	0.09 (12)	0.01 (2)	2.91 (294)	0.11 (17)	0.17 (18)	-	- 0.231 (410)
<i>Brachinus scotomedes</i>	オオホソクビゴミムシ	0.06 (10)	0.02 (4)	0.04 (6)	-	-	-	0.11 (14)	-	-	-	-	0.11 (18)	- 0.029 (52)
<i>B. aeneicostis</i>	アオハネホソクビゴミムシ	-	-	-	-	-	-	0.03 (4)	-	1.05 (106)	-	-	-	- 0.037 (66)
Density (total catch)		10.21 (1736)	3.69 (594)	8.64 (1253)	1.71 (280)	0.51 (92)	4.46 (723)	10.38 (1350)	3.06 (435)	7.28 (735)	0.70 (106)	3.90 (417)	1.73 (278)	4.509 (7999)
Total no. of species		33	24	26	30	16	24	20	27	22	18	20	7	63
Species diversity index ( $1-\lambda$ )		0.70	0.86	0.74	0.83	0.87	0.86	0.81	0.76	0.82	0.85	0.57	0.44	0.928

Table 2-2 Five dominant ground beetles in decreasing order and their mean number of individuals caught per trap at each of 12 sites and whole sites in the riverbed of the Uji River and the Seta River. Total number of individuals caught at each site is shown in parentheses.

Order	Uj. 1	Uj. 2	Uj. 3	Uj. 4
1	<i>Carabus yaconinus</i> 5.32 (904)	<i>Carabus yaconinus</i> 1.07 (172)	<i>Synuchus nitidus</i> 3.89 (564)	<i>Chlaenius pallipes</i> 0.60 (99)
2	<i>Amara gigantea</i> 1.11 (188)	<i>Synuchus nitidus</i> 0.66 (107)	<i>Synuchus arcuaticollis</i> 1.75 (254)	<i>Carabus yaconinus</i> 0.26 (42)
3	<i>Harpalus captio</i> 0.79 (135)	<i>Synuchus callitheres</i> 0.34 (54)	<i>Chlaenius kurosawai</i> 0.61 (89)	<i>Chlaenius kurosawai</i> 0.22 (36)
4	<i>Anisodactylus sadoensis</i> 0.71 (120)	<i>Pheropsophus jessoensis</i> 0.30 (49)	<i>Chlaenius pallipes</i> 0.58 (84)	<i>Chlaenius micans</i> 0.09 (14)
5	<i>Carabus kumagaii</i> 0.49 (83)	<i>Synuchus dulcigradus</i> 0.20 (32)	<i>Synuchus callitheres</i> 0.57(83)	<i>Chlaenius posticalis</i> 0.08 (13)
Density (Total catch)	8.41 (1430)	2.57 (414)	7.41 (1074)	1.24 (204)
Percentage <sup>1)</sup>	82.4	69.7	85.7	73.1

Order	Uj. 5	Uj. 6	Uj. 7	Uj. 8
1	<i>Pterostichus prolongatus</i> 0.11 (20)	<i>Chlaenius pallipes</i> 1.09 (176)	<i>Chlaenius pallipes</i> 3.60(468)	<i>Synuchus nitidus</i> 1.43 (203)
2	<i>Harpalus crates</i> 0.09 (17)	<i>Chlaenius micans</i> 1.01 (164)	<i>Pterostichus versicolor</i> 1.93 (251)	<i>Chlaenius posticalis</i> 0.23 (33)
3	<i>Chlaenius micans</i> 0.08 (15)	<i>Harpalus captio</i> 0.56 (90)	<i>Harpalus captio</i> 1.58 (205)	<i>Harpalus discrepans</i> 0.23 (32)
4	<i>Chlaenius posticalis</i> 0.07 (13)	<i>Harpalus jureceki</i> 0.49 (80)	<i>Pterostichus prolongatus</i> 0.98 (127)	<i>Synuchus dulcigradus</i> 0.23 (32)
5	<i>Chlaenius kurosawai</i> 0.04 (8)	<i>Pterostichus eschscholtzii</i>	<i>Pterostichus eschscholtzii</i>	<i>Synuchus arcuaticollis</i> 0.19 (27)
Density (Total catch)	0.41 (73)	3.46 (561)	8.66 (1126)	2.30 (327)
Percentage <sup>1)</sup>	79.3	77.7	83.4	75.5

Order	Uj. 9	Se. 1	Se. 2	Se. 3
1	<i>Pheropsophus jessoensis</i> 2.91 (294)	<i>Chlaenius micans</i> 0.17 (26)	<i>Oodes vicarius</i> 2.42 (259)	<i>Anisodactylus sadoensis</i> 1.27 (205)
2	<i>Brachinus aeneicostis</i> 1.05 (106)	<i>Pterostichus versicolor</i> 0.16 (24)	<i>Chlaenius pallipes</i> 0.72 (77)	<i>Brachinus scotomedes</i> 0.11 (18)
3	<i>Pterostichus versicolor</i> 0.75 (76)	<i>Pheropsophus jessoensis</i> 0.11 (17)	<i>Pheropsophus jessoensis</i> 0.17 (18)	<i>Amara congrua</i> 0.10 (16)
4	<i>Oodes vicarius</i> 0.42 (42)	<i>Chlaenius pallipes</i> 0.06 (9)	<i>Chlaenius posticalis</i> 0.12 (13)	<i>Diplocheila zeelandica</i> 0.10 (16)
5	<i>Chlaenius pallipes</i> 0.41 (41)	<i>Pterostichus prolongatus</i> 0.05 (7)	<i>Chlaenius micans</i> 0.10 (10)	<i>Lesticus magnus</i> 0.07 (11)
Density (Total catch)	5.54 (559)	0.55 (83)	3.52 (377)	1.65 (266)
Percentage <sup>1)</sup>	76.0	78.3	90.4	95.7

Order	Whole sites
1	<i>Carabus yaconinus</i> 0.67 (1187)
2	<i>Chlaenius pallipes</i> 0.56 (984)
3	<i>Synuchus nitidus</i> 0.54 (952)
4	<i>Harpalus captio</i> 0.27 (472)
5	<i>Pheropsophus jessoensis</i> 0.23 (410)
Density (Total catch)	2.26 (4005)
Percentage <sup>1)</sup>	50.0

1) Percentage of the five dominant to all the species caught at each site in the total number of individuals.

Table 2-3 Total number of individuals and species richness of ground beetles caught at an only site in this study.

Species	Uj. 1	Uj. 2	Uj. 3	Uj. 4	Uj. 5	Uj. 6	Uj. 7	Uj. 8	Uj. 9	Se. 1	Se. 2	Se. 3	Total
<i>Synuchus cycloderus</i>								1					1
<i>Amara macronota</i>									10				10
<i>A. macros</i>										1			1
<i>A. simplicidens</i>										1			1
<i>Harpalus tridens</i>				3									3
<i>Dischissus mirandus</i>						2							2
<i>Epomis nigricans</i>			1										1
<i>Chlaenius inops</i>										2			2
<i>C. sericimicans</i>											1		1
<i>C. virgulifer</i>				1									1
<i>Lithochlaenius noguchii</i>									2				2
<i>Odacantha puziloi</i>											1		1
No. of individuals	0	0	1	4	0	2	0	1	12	4	2	0	26
No. of species	0	0	1	2	0	1	0	1	2	3	2	0	12

Table 2-4a Total number of individuals and species richness of ground beetles caught at flooded sites in this study.

Species	Flooded sites					Non-flooded sites							Total
	Uj. 6	Uj. 7	Uj. 9	Se.1	Se.2	Uj. 1	Uj. 2	Uj. 3	Uj. 4	Uj. 5	Uj.8	Se. 3	
<i>Nebria chinensis</i>				1	1								2
<i>Pterostichus eschscholtzii</i>	51	75	33	2									161
<i>Harpalus jureceki</i>	80		1	1									82
<i>Chlaenius variicornis</i>			1	2	2								5
<i>Brachinus aeneicostis</i>		4	106										66
No. of individuals	131	79	141	6	3	0	0	0	0	0	0	0	316
No. of species	2	2	4	4	2	0	0	0	0	0	0	0	5

Table 2-4b Total number of individuals and species richness of ground beetles caught at non-flooded sites in this study.

Species	Flooded sites					Non-flooded sites							Total
	Uj. 6	Uj. 7	Uj. 9	Se.1	Se.2	Uj. 1	Uj. 2	Uj. 3	Uj. 4	Uj. 5	Uj.8	Se. 3	
<i>Carabus yaconinus</i>						904	172	68	42		1		1187
<i>C. blaptoides</i>						10	6	27	1				44
<i>Synuchus cycloderus</i>											1		1
<i>S. arcuaticollis</i>						7	20	254	2		27		310
<i>S. dulcigradus</i>						4	32				32		68
<i>S. callitheres</i>							54	83	1		4		142
<i>Anisodactylus signatus</i>						1					1		2
<i>A. punctatipennis</i>						22	1		2		2	6	33
<i>Harpalus eous</i>						9			11				20
<i>H. pseudophonoides</i>						3	2		10				15
<i>H. chalcensus</i>						2	1		1				4
<i>H. discrepans</i>						3	3	1			32		39
<i>Diplocheila zeelandica</i>						2	4	2	1		1	16	26
<i>Chlaenius abstersus</i>						1			1	3			5
<i>C. naeviger</i>						15	12				10		37
No. of individuals	0	0	0	0	0	983	307	435	72	3	111	22	1933
No. of species	0	0	0	0	0	13	11	6	10	1	10	2	15

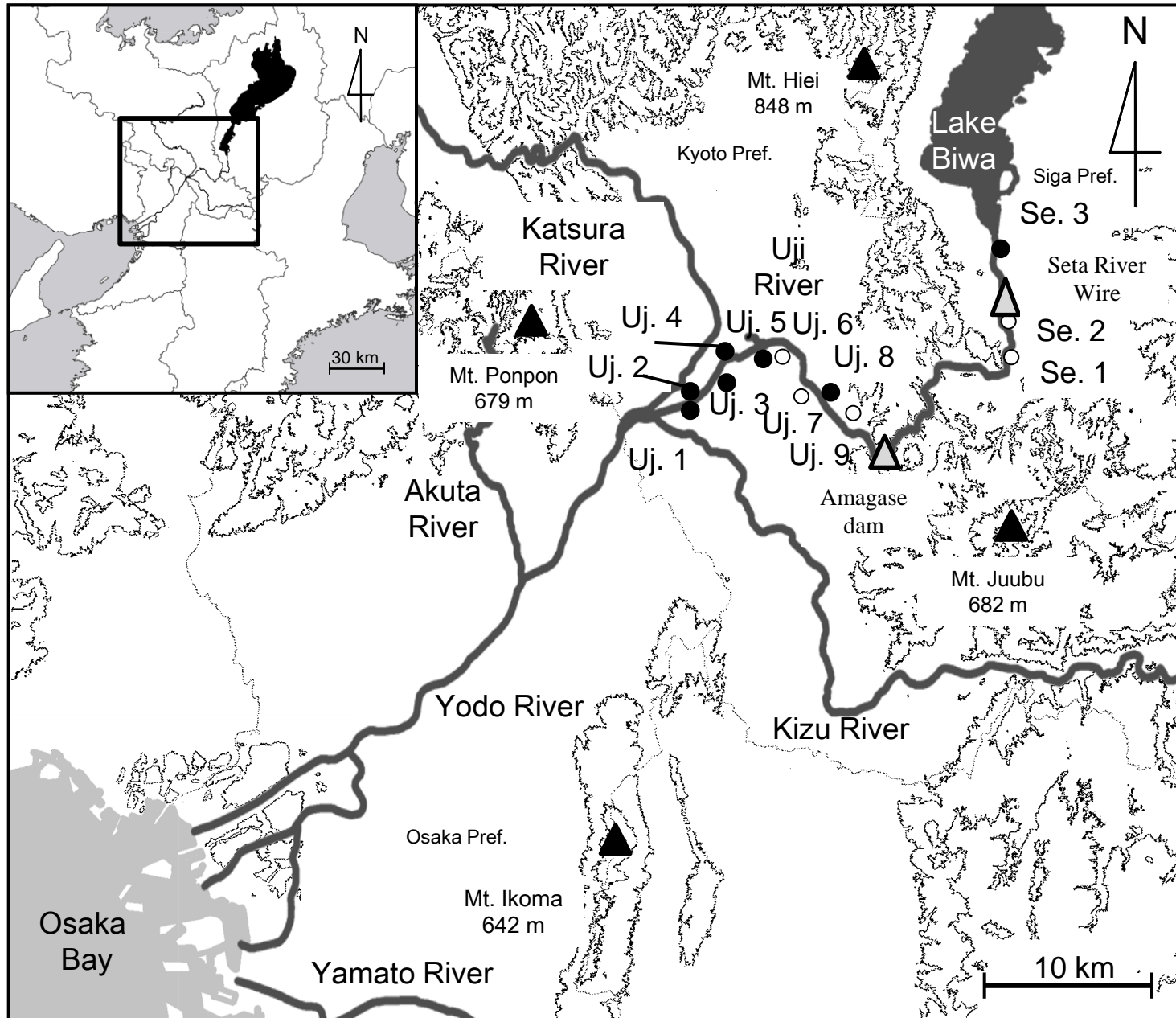


Fig. 2-1 Location of 12 study sites (closed circle: non-flooded sites, open circle: flooded sites) in the riverbed of the Uji and the Seta Rivers, central Japan. The contour interval is 200 m.

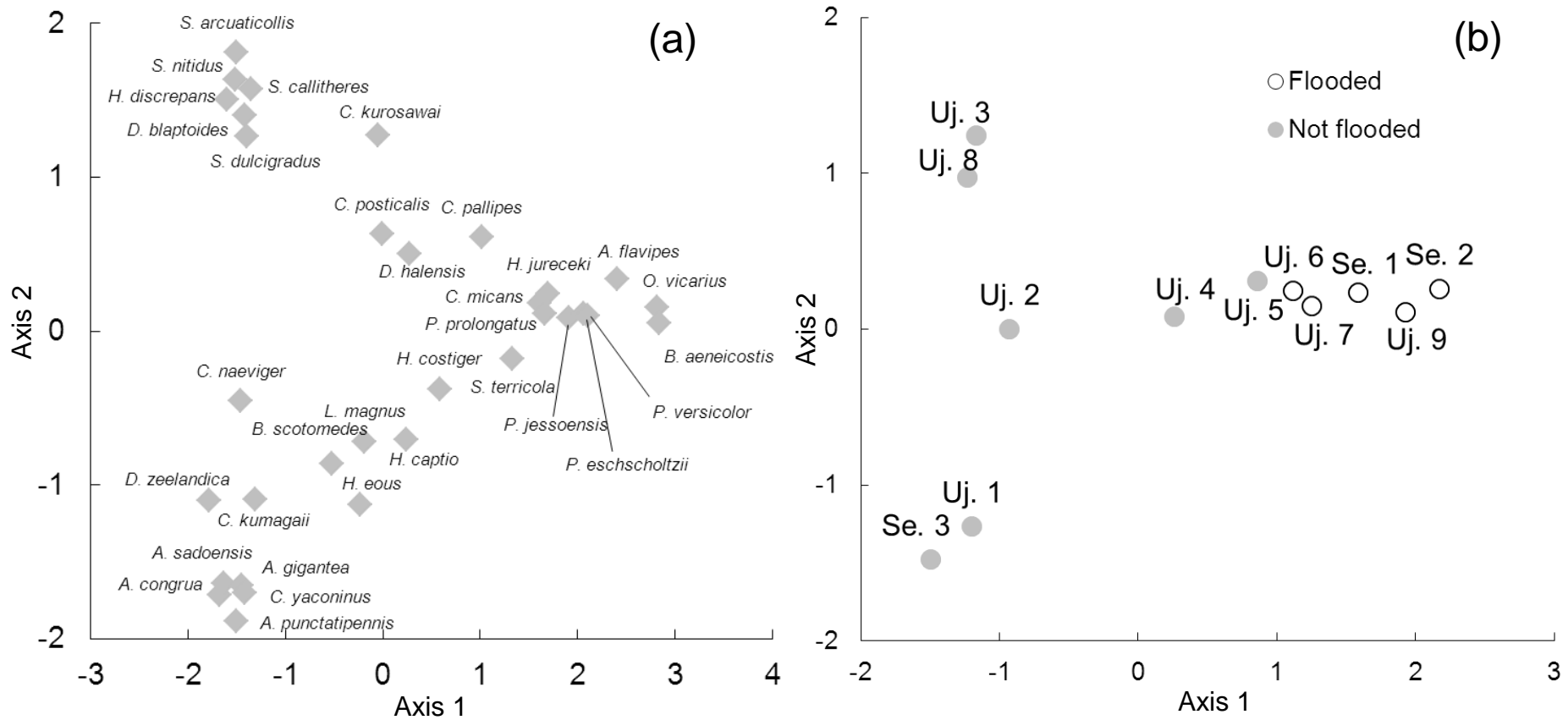


Fig. 2-2 Results of the detrended correspondence analysis (DCA) of ground beetles in which more than 20 individuals were captured (a) and of study sites (b) (closed circle: not flooded sites, open circle: flooded sites). Eigenvalues of axes 1 and 2 were 0.74 and 0.52, respectively .

Table 3-1 Mean number of individual ground beetles caught per trap at each of 18 sites in the riverbed of the Katsura River (Ka. 1 - 9) and the Kizu River (Ki. 1 - 9), central Japan from April to December 2011. Total number of individuals, species richness and species diversity index (1-H) at each site are shown at the bottom.

Species	Japanese name	Ka. 1	Ka. 2	Ka. 3	Ka. 4	Ka. 5	Ka. 6	Ka. 7	Ka. 8	Ka. 9	Katsura Riv.	Ki. 1	Ki. 2	Ki. 3	Ki. 4	Ki. 5	Ki. 6	Ki. 7	Ki. 8	Ki. 9	Kizu Riv.	Whole sites																
<i>Campalita chinense</i>	エゾカタピロオサムシ	-	-	-	0.01 (1)	-	0.22 (38)	0.08 (11)	0.03 (4)	-	0.038 (54)	-	0.03 (4)	0.01 (1)	0.01 (2)	-	-	-	-	-	0.26 (35)	0.032 (42)	0.0351 (96)															
<i>Carabus yacominus</i>	ヤコンオサムシ	1.04 (147)	0.10 (17)	0.01 (1)	0.12 (21)	0.10 (16)	0.06 (10)	0.11 (15)	0.20 (26)	0.01 (2)	0.181 (255)	3.63 (533)	0.01 (2)	0.05 (7)	0.04 (7)	0.79 (125)	-	-	-	-	0.98 (152)	0.01 (1)	0.624 (827)	0.3956 (1082)														
<i>C. kumagaii</i>	オクノクナガオサムシ	-	-	-	-	-	0.01 (1)	-	-	-	0.001 (1)	0.09 (13)	0.01 (1)	0.01 (1)	-	-	-	-	-	-	-	0.015 (20)	0.0077 (21)															
<i>Damaster blattoideus</i>	マママイカブリ	0.01 (2)	-	-	-	-	-	-	-	-	0.001 (2)	-	-	-	-	0.06 (9)	-	-	-	-	-	-	0.034 (45)	0.0172 (47)														
<i>Nebria levisii</i>	カウチマルゴモミシ	0.01 (2)	-	-	-	-	0.01 (1)	0.10 (14)	-	-	0.018 (26)	0.10 (14)	0.02 (3)	-	0.01 (1)	0.15 (19)	-	-	-	-	-	1.56 (214)	196 (259)	0.1042 (285)														
<i>Scaphisoma terricola</i>	カウチヨウタンゴモミシ	-	0.01 (2)	-	0.04 (6)	0.01 (1)	-	0.03 (4)	0.02 (2)	0.05 (9)	0.011 (15)	-	0.03 (5)	0.12 (15)	0.38 (64)	0.04 (6)	0.02 (2)	0.01 (1)	0.01 (2)	-	-	0.03 (4)	0.075 (99)	0.0417 (114)														
<i>Dyschirius aeneus</i>	ダイシヨウチビヒョウタンゴモミシ	-	-	-	-	-	-	0.01 (1)	-	-	0.001 (1)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.0004 (1)														
<i>Craspedonotus tibialis</i>	オサムシモドキ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.001 (1)	-	0.07 (11)	0.01 (1)	-	0.01 (1)	-	0.11 (17)	-	-	-	-	-	0.023 (30)	0.0110 (30)													
<i>Bembidion assimile</i>	ウスモンケンシズギワゴモミシ	-	-	-	-	-	-	0.01 (2)	-	-	0.001 (2)	-	-	-	-	-	0.01 (1)	-	-	-	-	-	-	-	0.001 (1)	0.010 (3)												
<i>Tachyura fuscicauda</i>	ウスモンコムズギワゴモミシ	-	-	-	-	-	0.01 (1)	-	-	-	0.001 (1)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.0004 (1)													
<i>T. laetifica</i>	ヨツモンコムズギワゴモミシ	-	-	-	-	-	0.06 (8)	0.01 (1)	-	-	0.006 (9)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.0033 (9)												
<i>Archipitropus flavipes</i>	キアシヌレチゴモミシ	0.08 (12)	0.63 (107)	-	0.01 (1)	0.11 (19)	0.77 (131)	0.04 (6)	0.03 (4)	-	0.199 (280)	0.01 (1)	1.48 (225)	0.26 (33)	0.01 (1)	0.81 (128)	0.16 (20)	0.01 (1)	0.10 (15)	-	-	0.23 (31)	343 (455)	0.2687 (735)														
<i>Lesticus magnus</i>	オオゴモミシ	0.01 (1)	0.09 (15)	0.01 (1)	0.01 (2)	0.14 (23)	0.01 (1)	0.04 (5)	0.01 (1)	-	0.031 (44)	0.01 (2)	0.04 (6)	0.01 (1)	0.01 (1)	0.04 (6)	-	-	-	-	-	-	-	-	0.020 (27)	0.0260 (71)												
<i>Trigonotoma lewisii</i>	ルイスオオゴモミシ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.01 (1)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.001 (1)	0.0004 (1)											
<i>Pterostichus versicolor</i>	ケンナツナゴモミシ	-	0.48 (81)	-	-	-	0.02 (4)	0.35 (49)	0.27 (35)	-	0.120 (169)	-	0.16 (25)	1.30 (166)	0.10 (17)	0.09 (14)	0.02 (2)	-	-	0.01 (1)	-	0.47 (64)	218 (289)	0.1675 (458)														
<i>P. sulcitaris</i>	アンミノナゴモミシ	-	0.04 (6)	-	-	-	0.01 (1)	0.04 (5)	0.01 (1)	0.01 (1)	0.01 (14)	-	0.04 (6)	0.03 (4)	-	-	0.01 (1)	-	-	-	-	0.01 (1)	0.009 (12)	0.0095 (26)														
<i>P. haptoderoides</i>	トククナゴモミシ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.01 (2)	0.002 (2)	0.0007 (2)														
<i>P. eschscholtzii</i>	オオナゴモミシ	0.01 (1)	0.07 (12)	0.23 (36)	-	-	0.31 (53)	-	-	-	0.072 (102)	-	0.39 (59)	0.12 (15)	-	0.08 (12)	0.02 (3)	-	-	-	-	-	-	-	-	0.007 (89)	0.0695 (191)											
<i>P. prolongatus</i>	オオナゴモミシ	-	0.02 (4)	0.15 (24)	0.15 (26)	0.05 (8)	2.61 (443)	0.04 (6)	0.27 (36)	0.01 (2)	0.389 (549)	-	1.16 (176)	0.50 (64)	0.77 (129)	0.96 (152)	0.09 (11)	-	-	-	-	0.02 (3)	405 (535)	0.3965 (1084)														
<i>P. microcephalus</i>	コガシラナゴモミシ	-	0.01 (1)	-	-	0.01 (2)	0.04 (6)	0.09 (13)	0.04 (5)	-	0.019 (27)	-	0.03 (5)	0.06 (7)	-	0.06 (10)	0.01 (1)	0.01 (1)	-	-	-	0.01 (1)	0.019 (25)	0.0190 (52)														
<i>Platynus magnus</i>	オオヒラタゴモミシ	-	0.01 (2)	-	0.01 (1)	-	0.01 (1)	-	-	-	0.003 (4)	-	-	-	0.06 (7)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.02 (3)	0.008 (11)	0.0055 (15)										
<i>Agonum leucopus</i>	タンゴヒラタゴモミシ	-	0.01 (1)	-	-	-	-	0.11 (16)	-	-	0.012 (17)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.07 (9)	0.007 (9)	0.0095 (26)										
<i>A. chalcolum</i>	アオヒロヒラタゴモミシ	-	-	-	-	-	0.01 (2)	-	-	-	0.001 (2)	-	0.03 (4)	0.03 (4)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.04 (5)	0.010 (13)	0.0055 (15)										
<i>Dolichus halensis</i>	セアガヒラタゴモミシ	0.26 (37)	0.55 (93)	0.03 (5)	0.46 (78)	0.21 (35)	0.28 (47)	0.06 (8)	0.29 (38)	0.09 (15)	0.252 (356)	0.05 (8)	0.28 (42)	0.06 (8)	0.10 (17)	0.28 (44)	0.04 (5)	-	-	-	-	-	-	-	-	0.137 (182)	0.0467 (538)											
<i>Synuchus nitidus</i>	オオクワヤヒラタゴモミシ	0.07 (10)	0.02 (3)	0.01 (2)	0.63 (106)	-	-	0.02 (3)	0.02 (2)	0.04 (6)	0.094 (132)	0.79 (116)	0.01 (2)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.04 (6)	0.094 (124)	0.0936 (256)										
<i>S. dulcigradus</i>	ヒメヤヒラタゴモミシ	0.09 (12)	-	-	-	-	-	-	-	-	0.009 (12)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.020 (26)	0.0139 (38)								
<i>S. arcuaticollis</i>	マルガタヤヒラタゴモミシ	0.08 (11)	0.08 (13)	-	0.24 (40)	-	-	-	-	0.01 (1)	0.047 (66)	0.01 (2)	0.04 (6)	0.01 (1)	0.02 (3)	0.02 (3)	0.02 (2)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.01 (2)	0.014 (19)	0.0311 (85)									
<i>S. callitheres</i>	キアシヤヒラタゴモミシ	0.04 (6)	0.01 (2)	-	0.01 (1)	0.08 (13)	0.02 (3)	0.03 (4)	0.04 (7)	0.026 (36)	0.05 (7)	0.02 (3)	-	-	0.03 (4)	0.06 (7)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.025 (67)									
<i>Amara congnua</i>	ニセマルガタゴモミシ	-	0.01 (2)	-	0.01 (2)	-	-	-	0.04 (5)	-	0.006 (9)	0.01 (1)	0.01 (1)	-	-	0.01 (1)	0.05 (6)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.01 (2)	0.10 (14)	0.020 (26)	0.0128 (35)						
<i>A. chalceus</i>	マルガタゴモミシ	-	0.01 (1)	-	-	-	-	-	-	-	0.001 (1)	-	-	0.01 (1)	-	-	0.02 (3)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.22 (30)	0.027 (36)	0.0135 (37)						
<i>A. chalcophaea</i>	コアママルガタゴモミシ	-	-	-	-	-	-	-	-	0.02 (3)	0.002 (3)	-	0.20 (31)	-	-	-	0.01 (1)	0.02 (3)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.026 (35)	0.0139 (38)							
<i>A. lacens</i>	ヒツツマルガタゴモミシ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.01 (1)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.001 (1)	0.0004 (1)							
<i>A. ampliana</i>	キアシマルガタゴモミシ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.006 (8)	0.0029 (8)							
<i>A. simplicidens</i>	コマルガタゴモミシ	0.01 (1)	-	-	-	0.02 (3)	0.01 (1)	-	-	0.01 (1)	0.004 (6)	0.01 (1)	0.03 (4)	0.02 (2)	-	-	0.02 (2)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.001 (1)	0.0011 (3)							
<i>A. macronota</i>	ナガマルガタゴモミシ	-	0.01 (1)	-	0.07 (12)	0.01 (1)	0.01 (2)	-	-	-	0.011 (16)	0.01 (1)	-	-	0.03 (4)	0.02 (3)	0.01 (1)	0.02 (2)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.03 (5)	-0.012 (16)	0.0117 (32)					
<i>A. gigantea</i>	オオマルガタゴモミシ	0.45 (64)	0.62 (105)	0.02 (3)	1.02 (172)	0.05 (9)	0.04 (6)	-	0.06 (8)	0.01 (1)	0.261 (368)	1.09 (160)	0.03 (5)	-	0.02 (4)	0.28 (45)	0.15 (19)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.30 (47)	-	0.211 (280)	0.2369 (648)				
<i>Anisodactylus signatus</i>	ゴモミシ	-	0.01 (2)	-	-	-	-	-	-	-	0.001 (2)	-	-	-	-	-	-	0.01 (1)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.01 (1)	0.002 (3)	0.0018 (5)				
<i>A. punctatipennis</i>	ホンボンゴモミシ	-	0.01 (2)	-	-	0.01 (1)	-	-	0.01 (1)	-	0.003 (4)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.02 (3)	-	0.002 (3)	0.0026 (7)			
<i>A. sadonsii</i>	オオホンボンゴモミシ	0.41 (58)	1.20 (202)	-	0.12 (21)	0.25 (41)	0.01 (1)	-	0.07 (9)	0.01 (1)	0.236 (338)	0.16 (23)	0.11 (17)	0.02 (2)	-	0.67 (106)	0.04 (5)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.02 (3)	-	0.118 (556)	0.1788 (489)		
<i>Harpalus capito</i>	オオゴモクムシ	0.31 (44)	0.70 (118)	0.02 (3)	0.12 (21)	0.03 (5)	0.25 (43)	0.02 (3)	1.94 (254)	0.02 (4)	0.351 (495)	0.02 (3)	0.09 (13)	0.01 (1)	-	1.13 (180)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.03 (4)	0.02 (3)	0.154 (204)	0.2556 (699)			
<i>H. vicarius</i>	ケゴモクムシ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.02 (3)	0.01 (1)	0.01 (1)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.01 (1)	-	0.005 (6)	0.0022 (6)		
<i>H. jureceki</i>	ヒメケゴモクムシ	-	0.12 (21)	-	0.08 (14)	0.01 (2)	-	-	-	-	0.026 (37)	-	0.01 (2)	0.03 (4)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.01 (1)	0.0179 (49)			
<i>H. griseus</i>	ケウスゴモクムシ	-	0.01 (2)	0.01 (1)	0.03 (5)	0.01 (2)	0.04 (6)	-	0.02 (3)	-	0.014 (19)	-	0.03 (4)	0.01 (1)	0.02 (3)	0.01 (1)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.02 (3)	-	0.009 (12)	0.0113 (31)	
<i>H. eous</i>	オオズケゴモクムシ	-	0.01 (1)	0.01 (1)	0.02 (4)	0.19 (31)	0.06 (10)	-	-	-	0.033 (47)	0.01 (1)	0.19 (29)	-	0.23 (38)	0.02 (3)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.19 (30)	-	0.076 (101)	0.0541 (148)
<i>H. pseudophonoides</i>																																						



Table 3-2a Five dominant ground beetles in decreasing order and their mean number of individuals caught per trap at each of nine sites and whole sites in the riverbed of the Katsura River and whole sites of the Katsura and the Kizu Rivers. Total number of individuals caught at each site is shown in parentheses.

Order	Ka. 1	Ka. 2	Ka. 3	Ka. 4
1	<i>Carabus yaconinus</i> 1.04 (147)	<i>Anisodactylus sadoensis</i> 1.20 (202)	<i>Pterostichus</i> <i>eschsoltzii</i>	<i>Amara gigantea</i> 1.02 (172)
2	<i>Chlaenius pallipes</i> 0.68 (97)	<i>Chlaenius pallipes</i> 0.74 (125)	<i>Pheropsophus jessoensis</i> 0.22 (35)	<i>Synuchus nitidus</i> 0.63 (106)
3	<i>Amara gigantea</i> 0.45 (64)	<i>Harpalus capito</i> 0.70 (118)	<i>Chlaenius micans</i> 0.19 (30)	<i>Chlaenius kurosawai</i> 0.54 (92)
4	<i>Anisodactylus sadoensis</i> 0.41 (58)	<i>Chlaenius posticalis</i> 0.70 (118)	<i>Pterostichus prolongatus</i> 0.15 (24)	<i>Dolichus halensis</i> 0.46 (78)
5	<i>Harpalus capito</i> 0.31 (44)	<i>Artipatrobis flavipes</i> 0.63 (107)	<i>Chlaenius pallipes</i> 0.07 (11)	<i>Chlaenius posticalis</i> 0.33 (56)
Density (Total catch)	2.89 (410)	3.96 (670)	0.87 (136)	2.98 (504)
Percentage <sup>1)</sup>	65.4	51.8	78.6	64.6

Order	Ka. 5	Ka. 6	Ka. 7	Ka. 8
1	<i>Chlaenius posticalis</i> 0.36 (60)	<i>Chlaenius micans</i> 2.71 (461)	<i>Chlaenius posticalis</i> 1.92 (252)	<i>Harpalus capito</i> 1.79 (254)
2	<i>Chlaenius micans</i> 0.27 (45)	<i>Pterostichus prolongatus</i> 2.61 (443)	<i>Chlaenius micans</i> 1.82 (238)	<i>Chlaenius pallipes</i> 1.22 (173)
3	<i>Chlaenius pallipes</i> 0.26 (43)	<i>Chlaenius pallipes</i> 1.80 (306)	<i>Chlaenius pallipes</i> 0.89 (116)	<i>Chlaenius posticalis</i> 0.49 (70)
4	<i>Anisodactylus sadoensis</i> 0.25 (41)	<i>Chlaenius posticalis</i> 1.17 (199)	<i>Pterostichus versicolor</i> 0.89 (49)	<i>Dolichus halensis</i> 0.27 (38)
5	<i>Dolichus halensis</i> 0.21 (35)	<i>Artipatrobis flavipes</i> 0.77 (131)	<i>Chlaenius variicornis</i> 0.18 (23)	<i>Pterostichus prolongatus</i> 0.25 (36)
Density (Total catch)	1.35 (224)	9.06 (1540)	5.18 (678)	4.02 (571)
Percentage <sup>1)</sup>	57.1	82.8	74.3	80.1

Order	Ka. 9	Whole sites of Katsura Riv	Whole sites in this study
1	<i>Chlaenius posticalis</i> 1.08 (177)	<i>Chlaenius micans</i> 0.66 (989)	<i>Chlaenius posticalis</i> 0.70 (1814)
2	<i>Lithochlaenius noguchii</i> 0.30 (49)	<i>Chlaenius posticalis</i> 0.49 (963)	<i>Chlaenius pallipes</i> 0.68 (1328)
3	<i>Chlaenius micans</i> 0.24 (39)	<i>Chlaenius pallipes</i> 0.46 (886)	<i>Chlaenius micans</i> 0.63 (1263)
4	<i>Dolichus halensis</i> 15 (0.09)	<i>Pterostichus prolongatus</i> 0.40 (549)	<i>Pterostichus prolongatus</i> 0.39 (1084)
5	<i>Nebria lewisi</i> 0.05 (9)	<i>Harpalus capito</i> 0.40 (495)	<i>Carabus yaconinus</i> 0.35 (1082)
Density (Total catch)	1.76 (289)	2.40 (3882)	2.75 (6571)
Percentage <sup>1)</sup>	85.3	54.8	46.5

1) Percentage of the five dominant to all the species caught at each site in the total number of individuals.

Table 3-2b Five dominant ground beetles in decreasing order and their mean number of individuals caught per trap at each of nine sites and whole sites in the riverbed of the Kizu River and whole sites of the Katsura and the Kizu Rivers. Total number of individuals caught at each site is shown in parentheses.

Order	Ki. 1	Ki. 2	Ki. 3	Ki. 4
1	<i>Carabus yaconinus</i> 3.63 (533)	<i>Artipatrobis flavipes</i> 1.48 (225)	<i>Pheropsophus jessoensis</i> 3.04 (389)	<i>Pterostichus prolongatus</i> 0.77 (129)
2	<i>Amara gigantea</i> 1.09 (160)	<i>Pterostichus prolongatus</i> 1.16 (176)	<i>Pterostichus versicolor</i> 1.30 (166)	<i>Chlaenius posticalis</i> 0.44 (74)
3	<i>Synuchus nitidus</i> 0.79 (116)	<i>Chlaenius pallipes</i> 0.83 (126)	<i>Chlaenius pallipes</i> 0.97 (124)	<i>Chlaenius micans</i> 0.41 (69)
4	<i>Diplocheila zeelandica</i> 0.24 (35)	<i>Chlaenius posticalis</i> 0.72 (110)	<i>Chlaenius posticalis</i> 0.72 (92)	<i>Scarites terricola</i> 0.38 (64)
	<i>Anisodactylus sadoensis</i> 0.16 (23)			<i>Harpalus eous</i> 38 (0.23)
5	<i>Brachinus scotomedes</i> 0.16 (23)	<i>Pterostichus eschscholtzii</i>	<i>Pterostichus prolongatus</i> 0.50 (64)	
	<i>Chlaenius posticalis</i> 0.16 (23)			
Density (Total catch)	6.21 (913)	4.58 (696)	6.52 (835)	2.24 (374)
Percentage <sup>1)</sup>	83.5	62.4	80.8	80.4

Order	Ki. 5	Ki. 6	Ki. 7	Ki. 8
1	<i>Harpalus capito</i> 1.13 (180)	<i>Chlaenius posticalis</i> 1.54 (196)	<i>Apristus cuprascens</i> 0.59 (91)	<i>Carabus yaconinus</i> 0.98 (152)
2	<i>Pterostichus prolongatus</i> 0.96 (152)	<i>Chlaenius kurosawai</i> 0.35 (45)	<i>Chlaenius posticalis</i> 0.25 (39)	<i>Dolichus halensis</i> 0.37 (58)
3	<i>Chlaenius pallipes</i> 0.81 (129)	<i>Chlaenius pallipes</i> 0.33 (42)	<i>Craspedonotus tibialis</i> 0.11 (17)	<i>Chlaenius posticalis</i> 0.34 (52)
4	<i>Artipatrobis flavipes</i> 0.81 (128)	<i>Chlaenius variicornis</i> 0.24 (31)	<i>Apristus grandis</i> 0.03 (5)	<i>Amara gigantea</i> 0.30 (47)
5	<i>Carabus yaconinus</i> 0.79 (125)	<i>Chlaenius micans</i> 0.22 (28)	<i>Harpalus platynotus</i> 0.03 (5)	<i>Diplocheila zeelandica</i> 0.24 (37)
Density (Total catch)	4.49 (714)	2.69 (342)	1.03 (157)	2.23 (346)
Percentage <sup>1)</sup>	61.6	71.3	89.7	62.7

Order	Ki. 9	Whole sites of Kizu Riv.	Whole sites in this study
1	<i>Lithochlaenius noguchii</i> 1.85 (254)	<i>Chlaenius posticalis</i> 0.64 (851)	<i>Chlaenius posticalis</i> 0.70 (1814)
2	<i>Nebria lewisi</i> 1.56 (214)	<i>Carabus yaconinus</i> 0.62 (827)	<i>Chlaenius pallipes</i> 0.68 (1328)
3	<i>Chlaenius posticalis</i> 1.16 (159)	<i>Pterostichus prolongatus</i> 0.40 (535)	<i>Chlaenius micans</i> 0.63 (1263)
4	<i>Chlaenius micans</i> 0.77 (105)	<i>Artipatrobis flavipes</i> 0.34 (455)	<i>Pterostichus prolongatus</i> 0.39 (1084)
5	<i>Pterostichus versicolor</i> 0.47 (64)	<i>Chlaenius pallipes</i> 0.33 (442)	<i>Carabus yaconinus</i> 0.35 (1082)
Density (Total catch)	5.81 (796)	2.35 (3110)	2.75 (6571)
Percentage <sup>1)</sup>	77.1	44.1	46.5

1) Percentage of the five dominant to all the species caught at each site in the total number of individuals.



Table 3-4 The area (m<sup>2</sup>) of each of three land use categories, forest, urban district and farmland, within the range of 1,000 m from the edge of 18 sites, Ka. 1-9 and Ki. 1-9, in the Katsura and the Kizu Rivers.

Site	forest	urban district	farmland
Ka. 1	7,120	818,741	285,998
Ka. 2	0	972,270	279,453
Ka. 3	0	1,814,801	150,635
Ka. 4	0	1,765,280	667,675
Ka. 5	0	1,962,190	279,940
Ka. 6	0	2,273,831	227,463
Ka. 7	0	2,273,831	239,172
Ka. 8	0	2,333,497	213,316
Ka. 9	699,868	1,920,007	35,920
Ki. 1	412,660	845,447	17,639
Ki. 2	509,721	751,009	138,019
Ki. 3	0	1,199,608	633,739
Ki. 4	0	1,324,597	509,065
Ki. 5	0	883,942	956,697
Ki. 6	0	1,019,931	1,068,737
Ki. 7	52,383	952,091	1,316,058
Ki. 8	167,231	752,377	1,400,659
Ki. 9	11,896	1,459,849	737,433

Table 3-5 Generalized linear mixed models (GLMM) evaluating the effect of land use around each site together with those of sites (random factor) on numbers of individuals and species of ground beetles. The logarithm of the number of trap was used as an offset to correct for unequal trapping effort. All models assumed a Poisson error distribution in the response variable and used a log link function.

	Intercept	forest	rban distri	farmland	<i>df</i>	AIC
Species richness	3.44	-	-	1.35E-07	3	35
Individuals	1.47	-	-	-	2	124

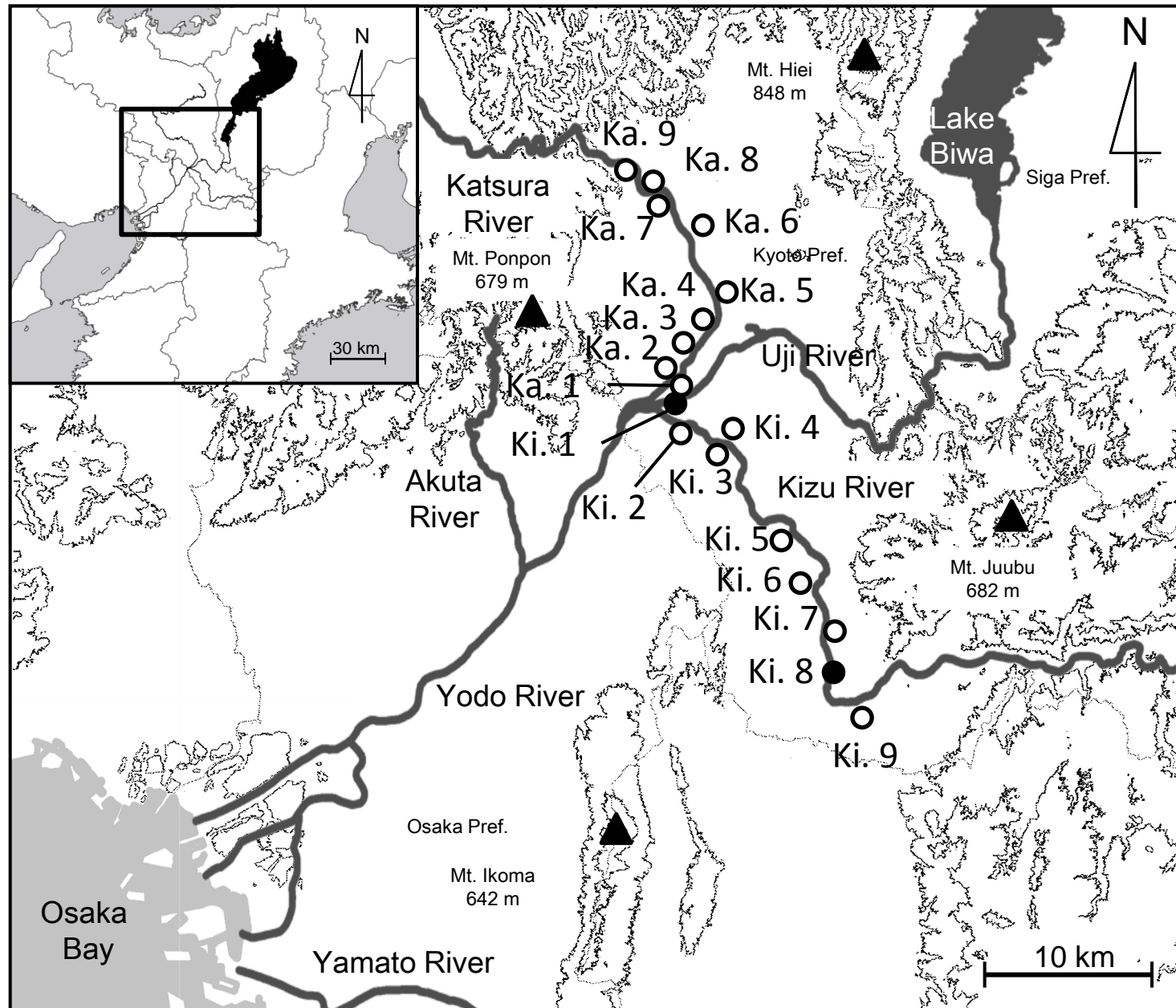


Fig. 3-1 Location of 12 study sites (closed circle: non-flooded sites, open circle: flooded sites) in the riverbed of the Katsura and the Kizu Rivers, central Japan. The contour interval is 200 m.

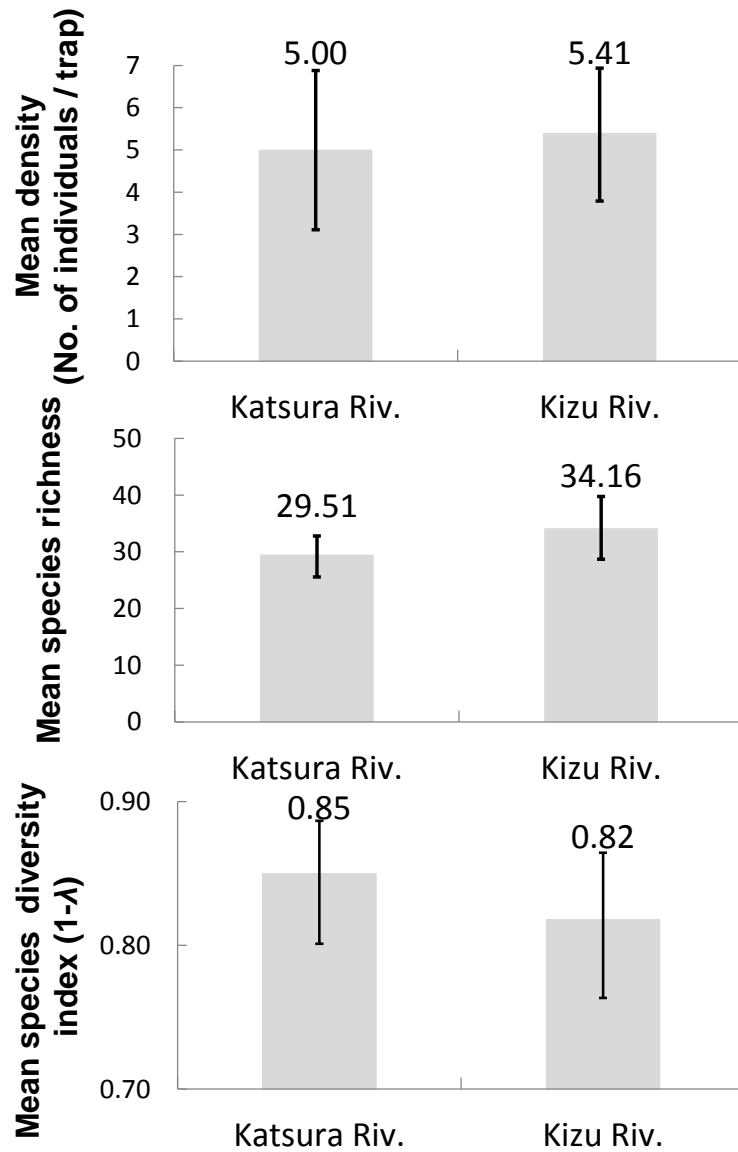


Fig. 3-2 Mean values and 95% confidence intervals calculated using bootstrap sampling of each parameter of ground beetles (density (upper), the number of species (medium) and species diversity index (below)) on the Katsura and the Kizu Rivers, respectively.

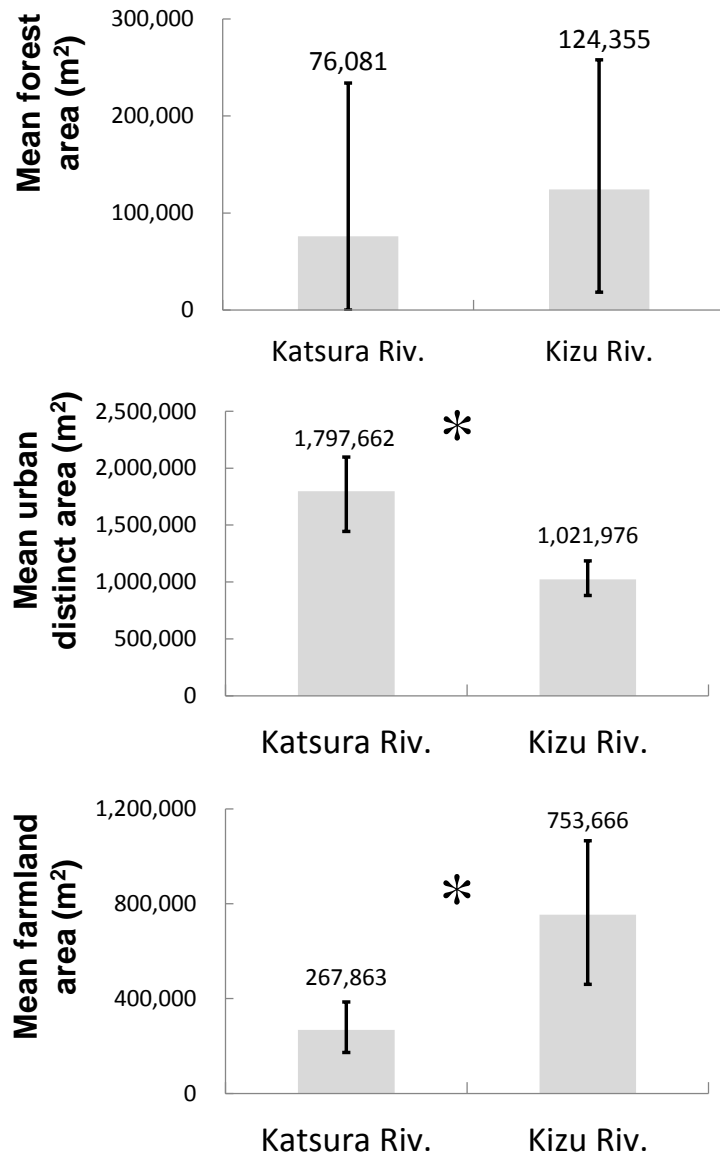


Fig. 3-3 Mean values and 95% confidence intervals calculated using bootstrap sampling of each area of landscapes, forests (upper), urbanized districts (medium) and farmlands (below), of landside in the Katsura and the Kizu Rivers, respectively. \*:  $P < 0.05$



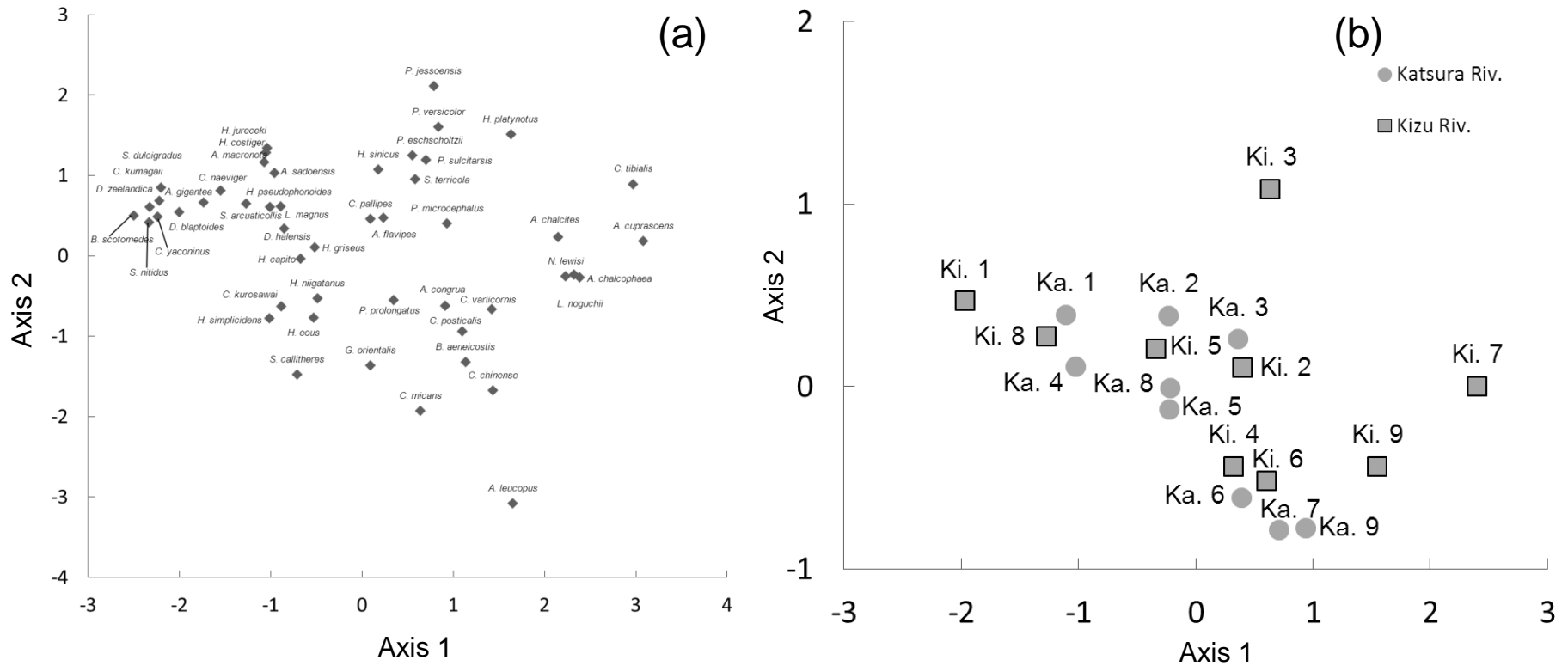


Fig. 3-4 Results of the detrended correspondence analysis (DCA) of carabid beetles in which more than 20 individuals were captured (a) and of study sites (b) in the Kizu (■) and the Katsura (●) Rivers. Eigenvalues of axes 1 and 2 were 0.55 and 0.26, respectively.

Table 4-1 Mean number of individual ground beetles caught per trap at each of six lines in the study site from April to August 2012. Differences of abundance of each species that was captured over 20 individuals among lines were tested by comparison of 95% confidence interval using bootstrap sampling. Values in a row followed by different letters differ significantly. Total number of individuals, species richness and species diversity index ( $1-\lambda$ ) at each site are shown at the bottom.

Species	Japanese name	Line 1	Line 2	Line 3	Line 4	Line 5	Line 6	Whole lines
<i>Campalita chinense</i>	エゾカタビロオサムシ	-	-	0.01 (2)	-	-	-	0.002 (2)
<i>Carabus yaconinus</i>	ヤコンオサムシ	-	-	0.13 (22) <sup>a</sup>	0.45 (79) <sup>b</sup>	0.35 (58) <sup>b</sup>	0.62 (105) <sup>b</sup>	0.277 (264)
<i>C. blaptoides</i>	マイマイカブリ	-	-	0.03 (5) <sup>ab</sup>	0.02 (4) <sup>a</sup>	0.06 (9) <sup>ab</sup>	0.09 (16) <sup>b</sup>	0.036 (34)
<i>Craspedonotus tibialis</i>	オサムシモドキ	0.015 (2)	0.08 (10)	0.01 (2)	0.01 (1)	-	-	0.016 (15)
<i>Nebria lewisi</i>	カワチマルクビゴミムシ	-	0.01 (1)	-	-	-	-	0.001 (1)
<i>Archipatrobus flavipes</i>	キアシヌレチゴミムシ	-	-	0.35 (62) <sup>a</sup>	0.59 (102) <sup>a</sup>	0.24 (39) <sup>a</sup>	0.01 (1) <sup>b</sup>	0.214 (204)
<i>Lesticus magnus</i>	オオゴミムシ	-	-	-	-	0.02 (3)	0.01 (1)	0.004 (4)
<i>Trigonotoma lewisii</i>	ルイスオオゴミムシ	-	-	-	-	0.01 (1)	-	0.001 (1)
<i>Pterostichus versicolor</i>	キンナガゴミムシ	-	-	0.32 (56) <sup>a</sup>	0.18 (31) <sup>a</sup>	0.03 (5) <sup>b</sup>	-	0.097 (92)
<i>P. eschscholtzii</i>	オオナガゴミムシ	-	-	0.10 (18) <sup>a</sup>	0.04 (7) <sup>ab</sup>	0.01 (1) <sup>b</sup>	-	0.027 (26)
<i>P. prolongatus</i>	オオクロナガゴミムシ	-	-	0.33 (58) <sup>a</sup>	0.26 (46) <sup>a</sup>	0.01 (2) <sup>b</sup>	0.01 (1) <sup>b</sup>	0.112 (107)
<i>P. microcephalus</i>	コガシラナガゴミムシ	-	-	0.17 (30) <sup>a</sup>	0.66 (115) <sup>b</sup>	0.17 (28) <sup>a</sup>	0.01 (1) <sup>c</sup>	0.183 (174)
<i>P. sulcitaris</i>	アシミゾナガゴミムシ	-	-	0.02 (3)	0.01 (1)	-	-	0.004 (4)
<i>Dolichus halensis</i>	セアカヒラタゴミムシ	-	-	0.03 (6) <sup>a</sup>	0.10 (18) <sup>ab</sup>	0.15 (24) <sup>b</sup>	0.08 (13) <sup>ab</sup>	0.064 (61)
<i>Synuchus nitidus</i>	オオクロツヤヒラタゴミムシ	-	-	-	0.01 (1)	-	0.04 (6)	0.007 (7)
<i>S. cycloderus</i>	クロツヤヒラタゴミムシ	-	-	-	-	-	0.02 (3)	0.003 (3)
<i>S. dulcigradus</i>	ヒメツヤヒラタゴミムシ	-	-	-	-	-	0.08 (14)	0.015 (14)
<i>S. arcuaticollis</i>	マルガタツヤヒラタゴミムシ	-	-	0.02 (3) <sup>a</sup>	0.02 (4) <sup>a</sup>	0.02 (3) <sup>a</sup>	0.07 (12) <sup>a</sup>	0.023 (22)
<i>S. callitheres</i>	キアシツヤヒラタゴミムシ	-	-	0.13 (23) <sup>a</sup>	0.06 (10) <sup>ab</sup>	0.01 (1) <sup>b</sup>	-	0.036 (34)
<i>Amara congrua</i>	ニセマルガタゴミムシ	-	-	0.06 (10) <sup>a</sup>	0.05 (8) <sup>ab</sup>	0.07 (11) <sup>ab</sup>	0.01 (1) <sup>b</sup>	0.032 (30)
<i>A. ampliata</i>	キアシマルガタゴミムシ	-	-	-	-	-	0.01 (1)	0.001 (1)
<i>A. gigantea</i>	オオマルガタゴミムシ	-	0.02 (2) <sup>a</sup>	0.56 (98) <sup>b</sup>	0.48 (83) <sup>bc</sup>	0.31 (51) <sup>bc</sup>	0.22 (38) <sup>c</sup>	0.286 (272)
<i>Anisodactylus signatus</i>	ゴミムシ	-	-	0.01 (1)	0.02 (4)	-	-	0.005 (5)
<i>A. punctatipennis</i>	ホシボシゴミムシ	-	-	0.44 (77) <sup>a</sup>	0.91 (158) <sup>ab</sup>	0.23 (38) <sup>b</sup>	0.01 (1) <sup>c</sup>	0.288 (274)
<i>A. sadoensis</i>	オオホシボシゴミムシ	-	0.01 (1) <sup>a</sup>	2.89 (506) <sup>bc</sup>	4.74 (825) <sup>b</sup>	1.90 (312) <sup>c</sup>	0.21 (35) <sup>d</sup>	1.764 (1679)
<i>Harpalus capito</i>	オオゴモクムシ	-	-	0.05 (9) <sup>a</sup>	0.05 (8) <sup>a</sup>	0.10 (16) <sup>a</sup>	0.02 (4) <sup>a</sup>	0.039 (37)
<i>H. eous</i>	オオズケゴモクムシ	-	-	0.01 (1)	-	0.01 (1)	0.01 (1)	0.003 (3)
<i>H. chalcatus</i>	ツヤアオゴモクムシ	-	-	0.01 (1)	-	-	-	0.001 (1)
<i>H. discrepans</i>	ハコダテゴモクムシ	-	-	-	-	-	0.01 (2)	0.002 (2)
<i>H. tinctulus</i>	アカアシマルガタゴモクムシ	-	-	0.01 (1)	0.01 (1)	-	-	0.002 (2)
<i>Diplocheila zeelandica</i>	オオスナハラゴミムシ	-	-	-	0.01 (1) <sup>a</sup>	0.24 (40) <sup>b</sup>	0.57 (97) <sup>b</sup>	0.145 (138)
<i>Lithochlaenius noguchii</i>	ノグチアオゴミムシ	-	0.02 (3)	-	-	-	-	0.003 (3)
<i>Haplochlaenius costiger</i>	スジアオゴミムシ	-	-	0.01 (2) <sup>a</sup>	0.01 (2) <sup>ab</sup>	0.07 (12) <sup>b</sup>	0.22 (38) <sup>c</sup>	0.057 (54)
<i>Chlaenius varicornis</i>	コガシラアオゴミムシ	-	-	0.45 (79) <sup>a</sup>	0.17 (29) <sup>ab</sup>	0.06 (10) <sup>b</sup>	0.01 (2) <sup>c</sup>	0.126 (120)
<i>C. kurosawai</i>	ニセコガシラアオゴミムシ	-	0.02 (2) <sup>a</sup>	0.07 (13) <sup>ab</sup>	0.13 (22) <sup>b</sup>	0.20 (32) <sup>b</sup>	0.3(51) <sup>b</sup>	0.126 (120)
<i>C. pallipes</i>	アオゴミムシ	-	-	3.19 (559) <sup>b</sup>	3.41 (594) <sup>b</sup>	1.81 (297) <sup>c</sup>	0.12 (20) <sup>d</sup>	1.544 (1470)
<i>C. abstersus</i>	アカガネアオゴミムシ	-	-	0.02 (3)	-	-	-	0.003 (3)
<i>C. virgulifer</i>	アトワアオゴミムシ	-	-	0.02 (4)	0.03 (5)	-	-	0.010 (9)
<i>C. micans</i>	オオアトボシアオゴミムシ	-	-	0.59 (103) <sup>a</sup>	0.40 (69) <sup>ab</sup>	0.18 (29) <sup>bc</sup>	0.05 (8) <sup>c</sup>	0.220 (209)
<i>C. naeviger</i>	アトボシアオゴミムシ	-	-	0.01 (2) <sup>a</sup>	-	0.08 (13) <sup>a</sup>	1.14 (193) <sup>b</sup>	0.219 (208)
<i>C. posticalis</i>	キボシアオゴミムシ	-	0.02 (2) <sup>a</sup>	1.08 (189) <sup>b</sup>	0.83 (145) <sup>b</sup>	0.42 (69) <sup>b</sup>	0.34 (58) <sup>b</sup>	0.486 (463)
<i>Oodes vicarius</i>	オオトックリゴミムシ	-	-	-	-	0.01 (1)	-	0.001 (1)
<i>Apristus cuprascens</i>	チビミズアトキリゴミムシ	0.37 (51) <sup>a</sup>	0.21 (27) <sup>a</sup>	-	-	-	-	0.082 (78)
<i>A. grandis</i>	スジミズアトキリゴミムシ	0.47 (65) <sup>a</sup>	0.52 (68) <sup>a</sup>	-	-	-	-	0.140 (133)
<i>Planetes puncticeps</i>	フタホシスジバネゴミムシ	-	0.01 (1)	-	0.01 (1)	0.03 (5)	0.04 (7)	0.015 (14)
<i>Galerita orientalis</i>	クビボソゴミムシ	-	-	0.03 (5) <sup>a</sup>	0.03 (6) <sup>a</sup>	0.04 (6) <sup>a</sup>	0.12 (21) <sup>a</sup>	0.040 (38)
<i>Brachinus scotomedes</i>	オオホソクビゴミムシ	-	-	-	0.01 (1)	0.02 (3)	0.05 (9)	0.014 (13)
<i>Pheropsophus jessoensis</i>	ミイデラゴミムシ	-	0.01 (1)	0.03 (6)	0.02 (3)	0.02 (3)	0.01 (1)	0.015 (14)
Density (total catch)		0.86 (118)	0.89 (118)	11.19 (1959)	13.70 (2384)	6.85 (1123)	4.48 (761)	6.789 (6463)
Total no. of species		3	11	33	32	31	31	48
Species diversity index ( $1-\lambda$ )		0.50	0.49	0.83	0.80	0.83	0.87	0.86

Table 4-2 Five dominant ground beetles in decreasing order and their mean number of individuals caught per trap at each of six lines and whole lines. Total number of individuals caught at each line is shown in parentheses.

Order	Line 1	Line 2	Line 3
1	<i>Apristus grandis</i> 0.47 (65)	<i>Apristus grandis</i> 0.52 (68)	<i>Chlaenius pallipes</i> 3.19 (559)
2	<i>Apristus cuprascens</i> 0.37 (51)	<i>Apristus cuprascens</i> 0.21 (27)	<i>Anisodactylus sadoensis</i> 2.89 (506)
3	<i>Craspedonotus tibialis</i> 0.02 (2)	<i>Craspedonotus tibialis</i> 0.08 (10)	<i>Chlaenius posticalis</i> 1.08 (189)
4		<i>Lithochlaenius noguchii</i> 0.02 (3)	<i>Chlaenius micans</i> 0.59 (103)
		<i>Amara gigantea</i> 0.02 (2)	<i>Amara gigantea</i> 0.56 (98)
5		<i>Chlaenius kurosawai</i> 0.02 (2)	
		<i>Chlaenius posticalis</i> 0.02 (2)	
Density (Total catch	0.86 (118)	0.86 (114)	8.31 (1455)
Percentage <sup>1)</sup>	100	96.6	74.27

Order	Line 4	Line 5	Line 6	Whole lines
1	<i>Anisodactylus sadoensis</i> 4.74 (825)	<i>Anisodactylus sadoensis</i> 1.90 (312)	<i>Chlaenius naeviger</i> 1.14 (193)	<i>Anisodactylus sadoensis</i> 1.764 (1679)
2	<i>Chlaenius pallipes</i> 3.41 (594)	<i>Chlaenius pallipes</i> 1.81 (297)	<i>Carabus yaconinus</i> 0.62 (105)	<i>Chlaenius pallipes</i> 1.544 (1470)
3	<i>Anisodactylus punctatipennis</i> 0.91 (158)	<i>Chlaenius posticalis</i> 0.42 (69)	<i>Diplocheila zeelandica</i> 0.57 (97)	<i>Chlaenius posticalis</i> 0.486 (463)
4	<i>Chlaenius posticalis</i> 0.83 (145)	<i>Carabus yaconinus</i> 0.35 (58)	<i>Chlaenius posticalis</i> 0.34 (58)	<i>Anisodactylus punctatipennis</i> 0.288 (274)
5	<i>Pterostichus microcephalus</i> 0.66 (115)	<i>Amara gigantea</i> 0.31 (51)	<i>Chlaenius kurosawai</i> 0.30 (51)	<i>Amara gigantea</i> 0.286 (272)
Density (Total catch	10.56 (1837)	4.80 (787)	2.96 (504)	4.29 (4158)
Percentage <sup>1)</sup>	77.06	70.1	66.2	64.34

1) Percentage of the five dominant to all the species caught at each line in the total number of individuals.

Table 4-3 Generalized liner mixed models (GLMM) evaluating the effect of environmental parameter of each plot (fixed model) together with those of plots (random factor) on the number of individuals of ground beetles in which more than 20 individuals were captured. The logarithm of the number of trap was used as an offset to correct for unequal trapping effort. All models assumed a Poisson error distribution in the response variable and used a log link function.

Species	intercept flood*		median particle	volume of	soil moisture	df	AIC
<i>Carabus yaconinus</i>	-4.12	0.72	8.74		0.08	5	52.30
<i>C. blaptoides</i>	-3.96		5.96		-0.004	4	29.60
<i>Dolichus halensis</i>	-4.41		4.92		0.06	4	50.20
<i>Archipatrobus flavipes</i>	-3.72	2.46		-1.92	0.12	5	59.30
<i>Pterostichus versicolor</i>	-4.36	3.33		-2.06	0.06	5	50.20
<i>P. eschscholtzii</i>	-7.20	3.43			0.04	4	39.30
<i>P. prolongatus</i>	-8.56	5.42	9.09	1.23	0.01	6	39.90
<i>P. microcephalus</i>	-4.60	2.28		-0.80	0.12	5	50.90
<i>Synuchus arcuaticollis</i>	-4.88		4.78		0.03	4	42.40
<i>S. callitheres</i>	-6.81	3.61	0.91		0.02	5	43.50
<i>Amara congrua</i>	-1.91			-2.19	0.02	4	43.50
<i>A. gigantea</i>	-0.86	0.51		-0.59		4	67.20
<i>Anisodactylus punctatipennis</i>	-6.10	3.25			0.15	4	63.50
<i>A. sadoensis</i>	-1.98	2.18		-0.40	0.09	5	100.50
<i>Harpalus capito</i>	-3.19		3.30	-1.71	0.03	5	52.70
<i>Diplocheila zeelandica</i>	0.10	-5.25			-0.07	4	48.60
<i>Haplochlaenius costiger</i>	-1.23	-2.76			-0.04	4	39.50
<i>Chlaenius kurosawai</i>	-3.23		5.22		0.04	4	31.60
<i>C. variicornis</i>	-1.80	2.00		-2.82	0.02	5	56.40
<i>C. pallipes</i>	-1.83	2.18		-0.53	0.08	5	106.70
<i>C. micans</i>	-1.53	1.32		-0.96		4	67.60
<i>C. naeviger</i>	0.98	-5.32			-0.12	4	59.80
<i>C. posticalis</i>	-2.05	1.46	4.39			4	76.50
<i>Galerita orientalis</i>	-3.92		5.96		-0.005	4	36.50

\* We divided the 36 plots into two types of conditions, non-flooded (0) or flooded (1) plots.

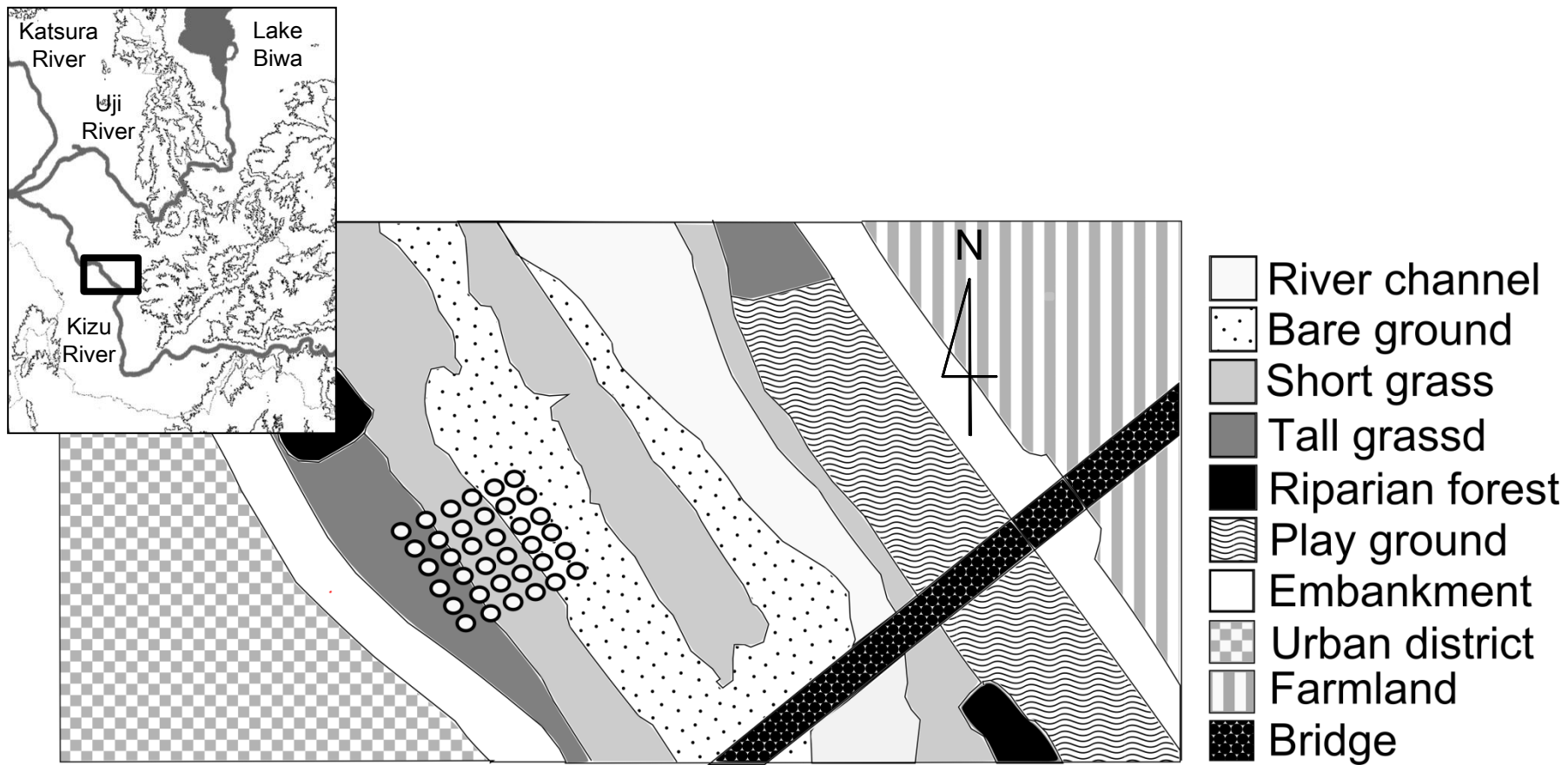


Fig. 4-1 Location of the study site in the riverbed of the Kizu River, central Japan. Open circle showed each plot of this survey.

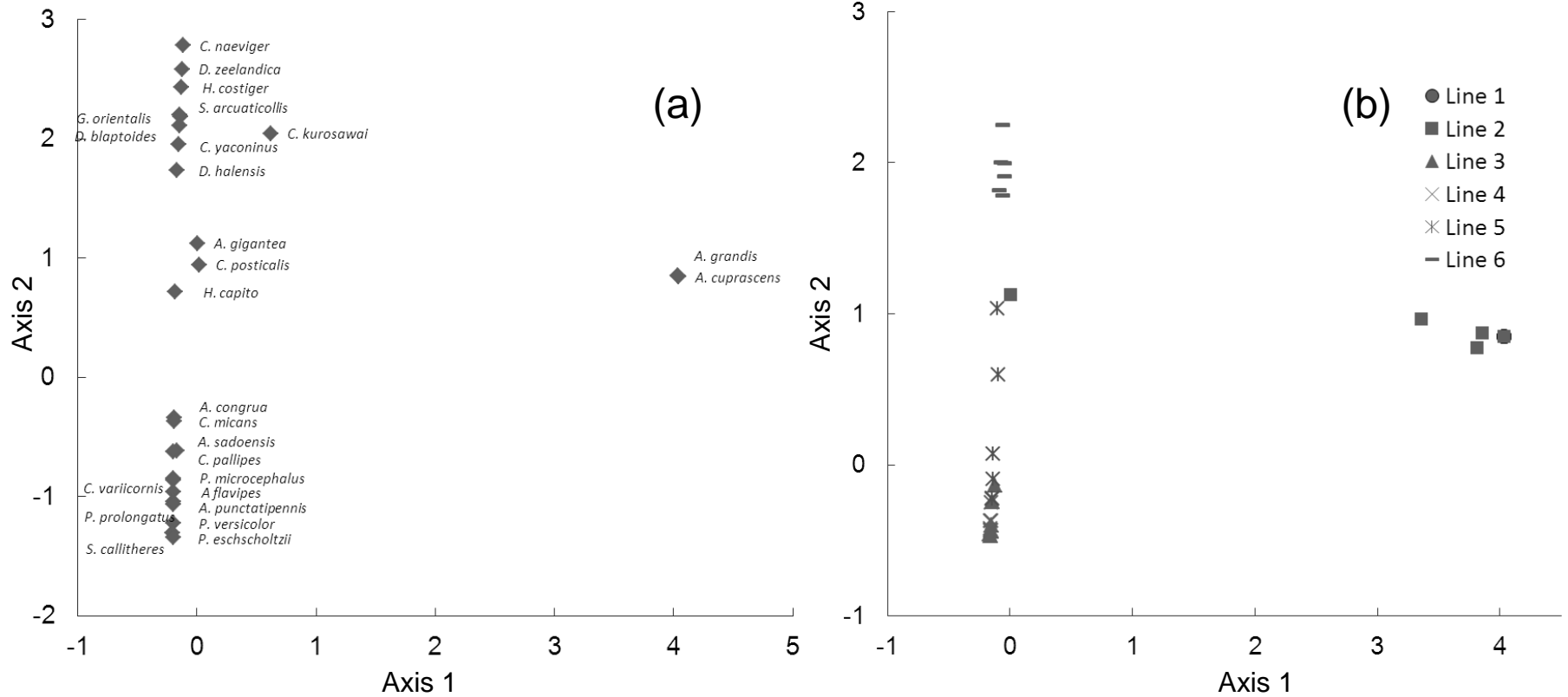


Fig. 4-2 Results of the detrended correspondence analysis (DCA) of carabid beetles in which more than 20 individuals were captured (a) and of each plot (b) in Lines 1 (●), 2 (■), 3 (▲), 4(×), 5 (\* ) and 6 (—). Eigenvalues of axes 1 and 2 were 0.95 and 0.44, respectively.

Table 5-1 Five dominant ground beetles in decreasing order and their mean number of individuals caught per trap at each of four groups. Total number of individuals caught at each group is shown in parentheses.

Group 1	Group 2	Group 3	Group 4
<i>Carabus yaconinus</i> 1.38 (2565)	<i>Dolichus halensis</i> 0.42 (273)	<i>Chlaenius pallipes</i> 0.64 (2141)	<i>Apristus cuprascens</i> 0.60 (146)
<i>Synuchus nitidus</i> 0.77 (1436)	<i>Chlaenius posticalis</i> 0.25 (162)	<i>Chlaenius posticalis</i> 0.60 (2014)	<i>Harpalus crates</i> 0.36 (88)
<i>Amara gigantea</i> 0.43 (802)	<i>Eochlaenius suvorovi</i> 0.18 (116)	<i>Harpalus capito</i> 0.51 (1692)	<i>Chlaenius posticalis</i> 0.23 (57)
<i>Synuchus arcuaticollis</i> 0.26 (482)	<i>Chlaenius kurosawai</i> 0.17 (108)	<i>Pheropsophus jessoensis</i> 0.50 (1671)	<i>Craspedonotus tibialis</i> 0.20 (50)
<i>Chlaenius kurosawai</i> 0.18 (332)	<i>Synuchus arcuaticollis</i> 0.14 (91)	<i>Chlaenius micans</i> 0.47 (1584)	<i>Pheropsophus jessoensis</i> 0.18 (45)

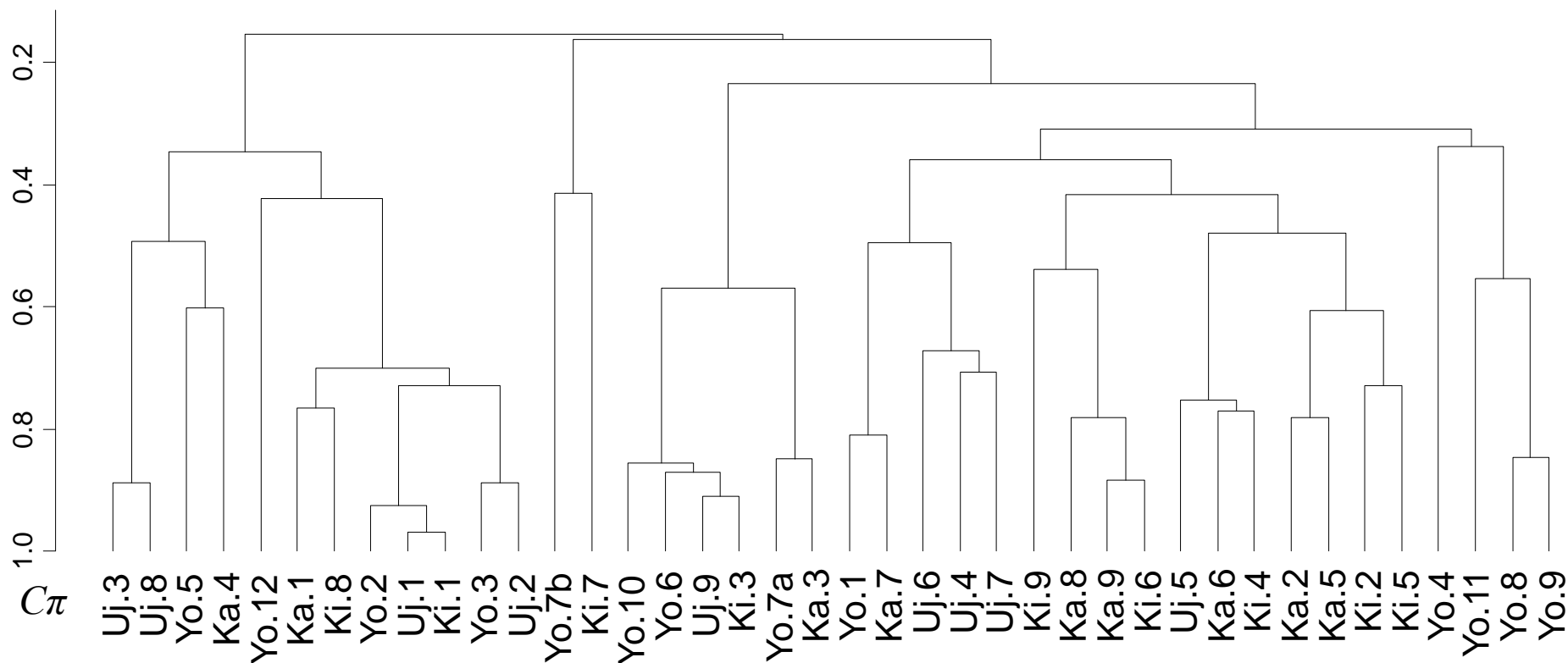


Fig. 5-1 A dendrogram constructed by results of UPGMA cluster analysis based on the overlap of ground beetle assemblages using Kimoto's  $C\pi$  index among 40 sites in Yodo (Yo), Uji (Uj), Katsura (Ka), and Kizu (Ki) Rivers of the Yodo River system.



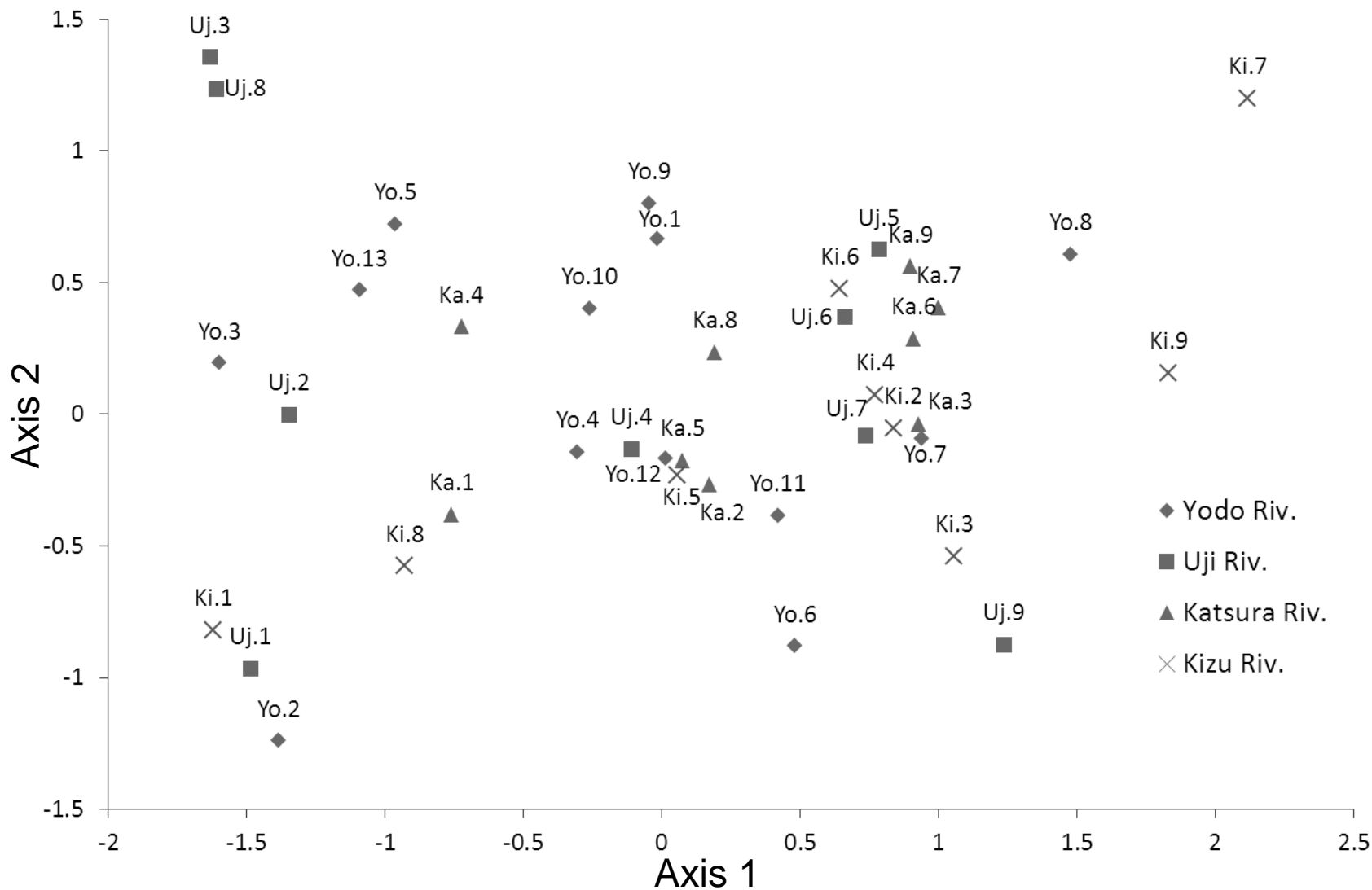


Fig. 5-2 Results of the detrended correspondence analysis (DCA) of each plot in Yodo (◆), Uji (■), Katsura (▲) and Kizu (×) Rivers. Eigenvalues of axes 1 and 2 were 0.60 and 0.32, respectively.

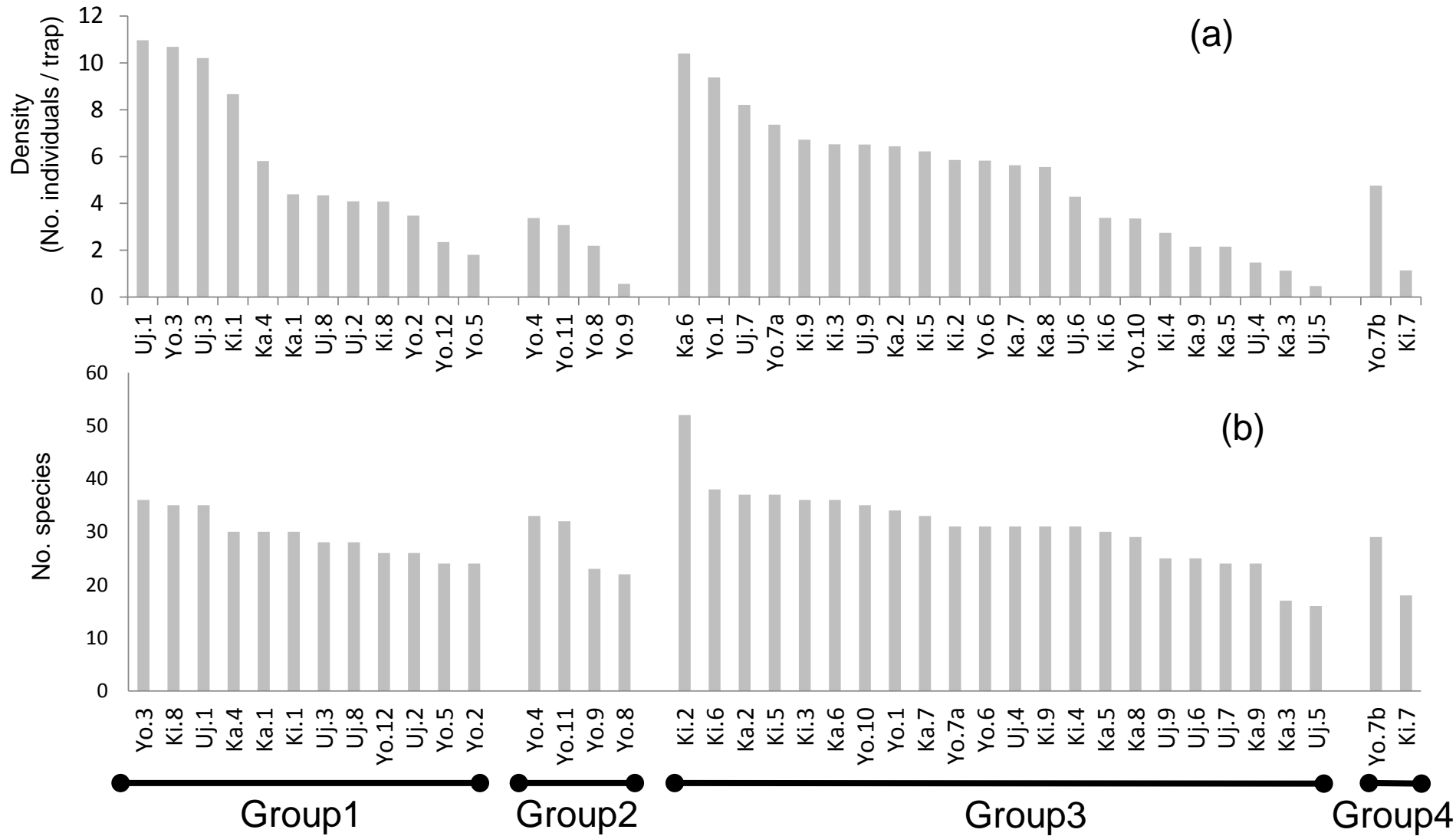


Fig. 5-3 Density (no. of individuals / trap) (a) and number of species (b) at each group among 40 sites in Yodo (Yo), Uji (Uj), Katsura (Ka) and Kizu (Ki) Rivers of the Yodo River system.

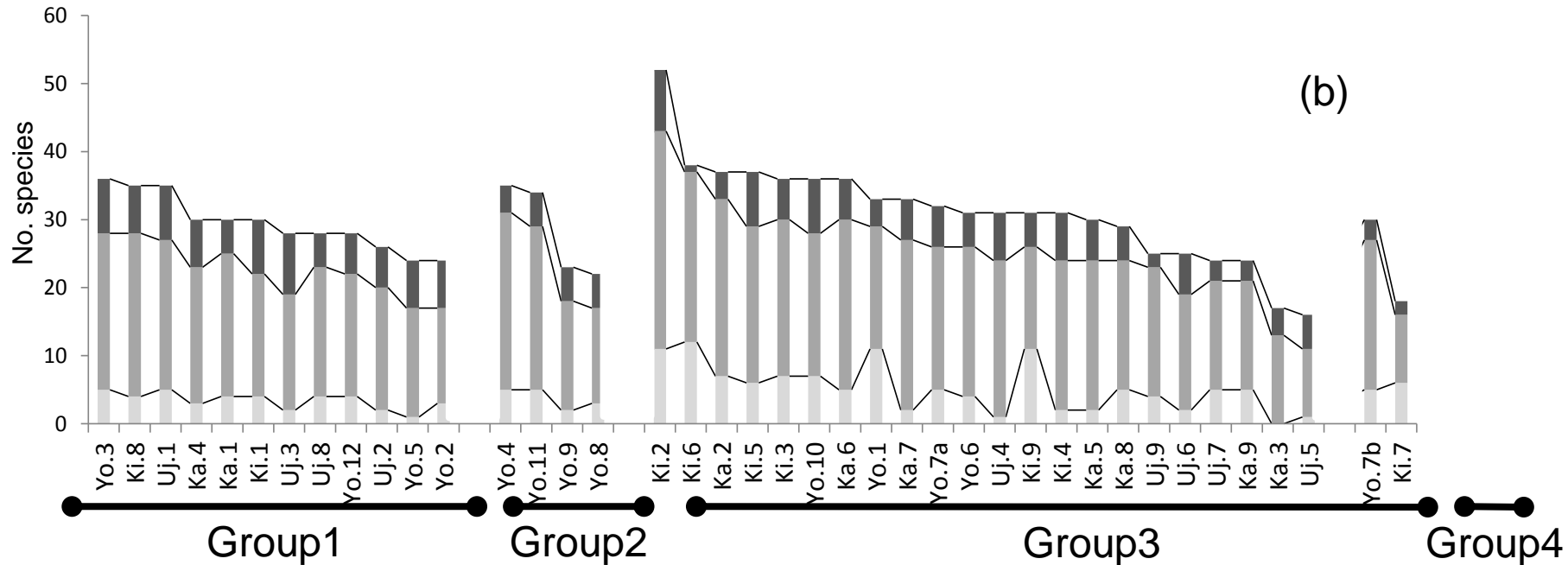
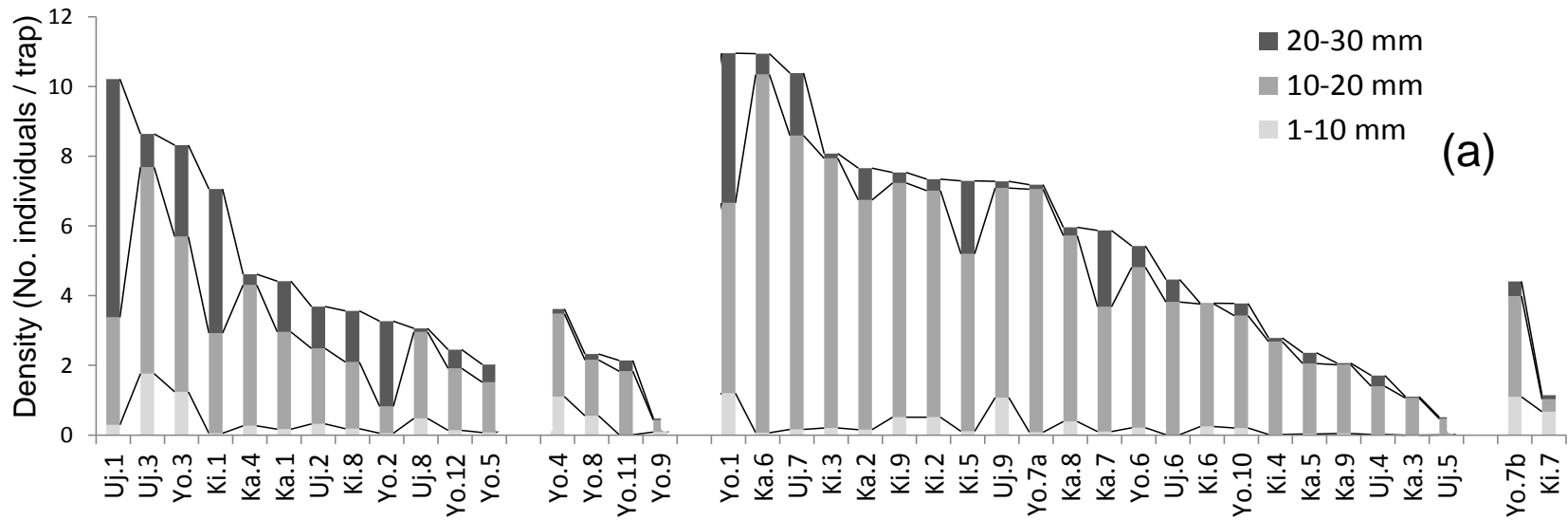


Fig. 5-4 Density (no. of individuals / trap) (a) and the number of species (b) of three different size classes of ground beetles caught in the Yodo (Yo), Uji (Uj), Katsura (Ka) and Kizu Rivers (Ki) in the Yodo River system.

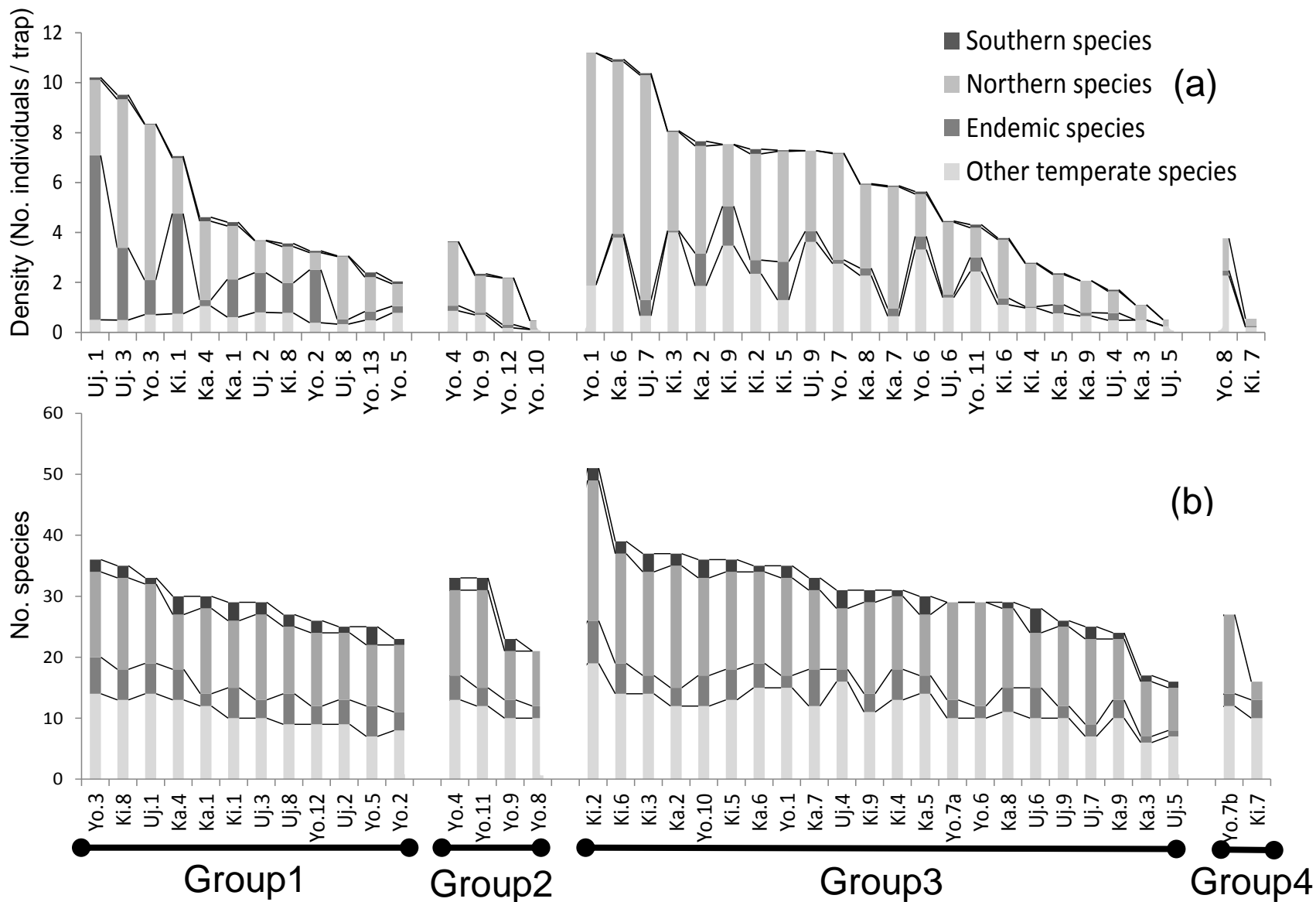


Fig. 5-5 Density (no. of individuals / trap) (a) and number of species (b) of four different distributional patterns of ground beetles caught in the Yodo River system in Yodo (Yo), Uji (Uj), Katsura (Ka), Kizu Rivers (Ki).

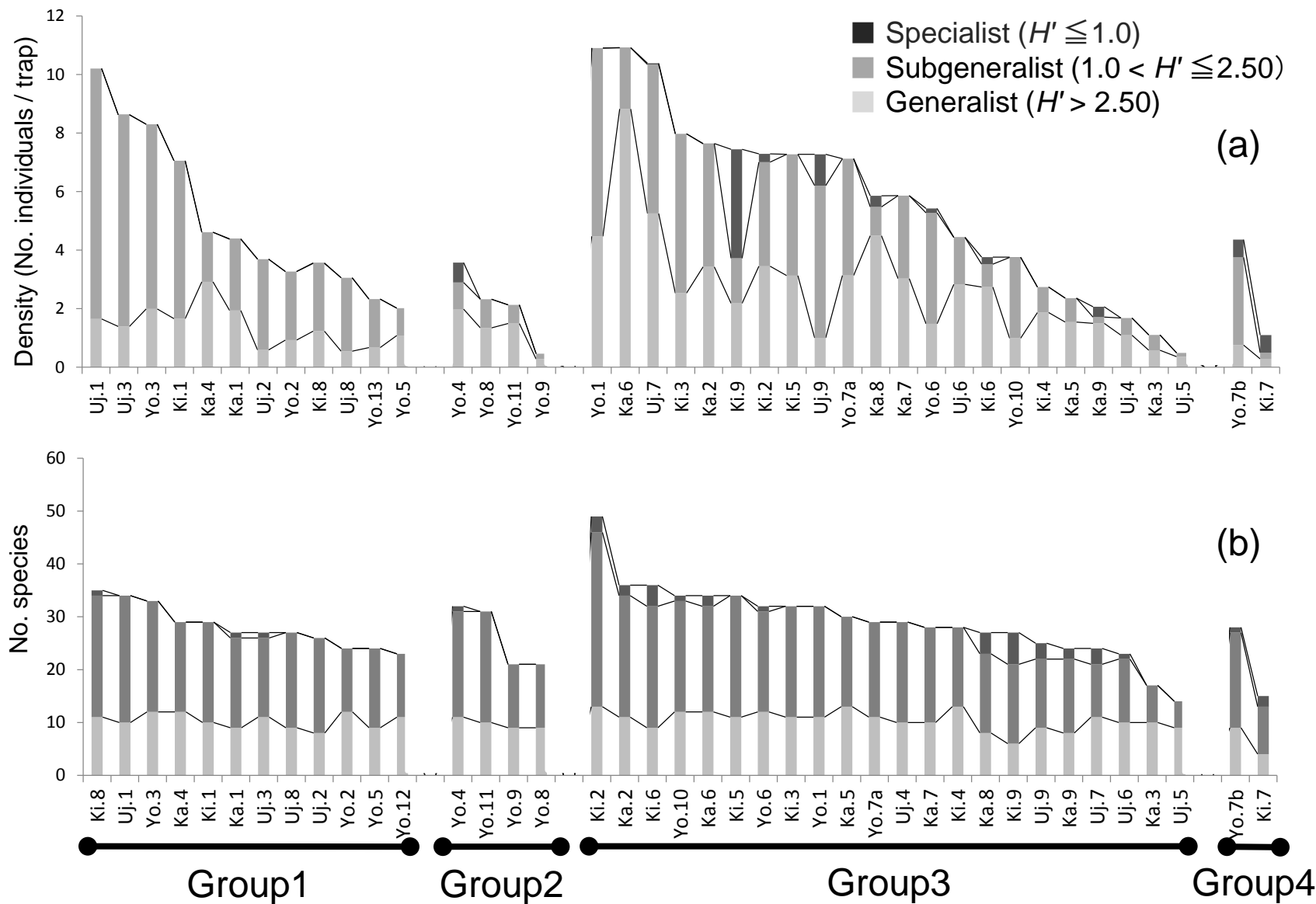


Fig. 5-6 Density (no. of individuals / trap) (a) and number of species (b) of three different niche classes of ground beetles caught in the in the Yodo (Yo), Uji (Uj), Katsura (Ka) and Kizu Rivers (Ki) in the Yodo River system. The niche classes was determined by the value of the shannon's index,  $H'$ , of each species: specialist;  $H' \leq 1.0$ , subgeneralist ;  $1.0 < H' \leq 2.50$ , generalist;  $H' > 2.50$ .

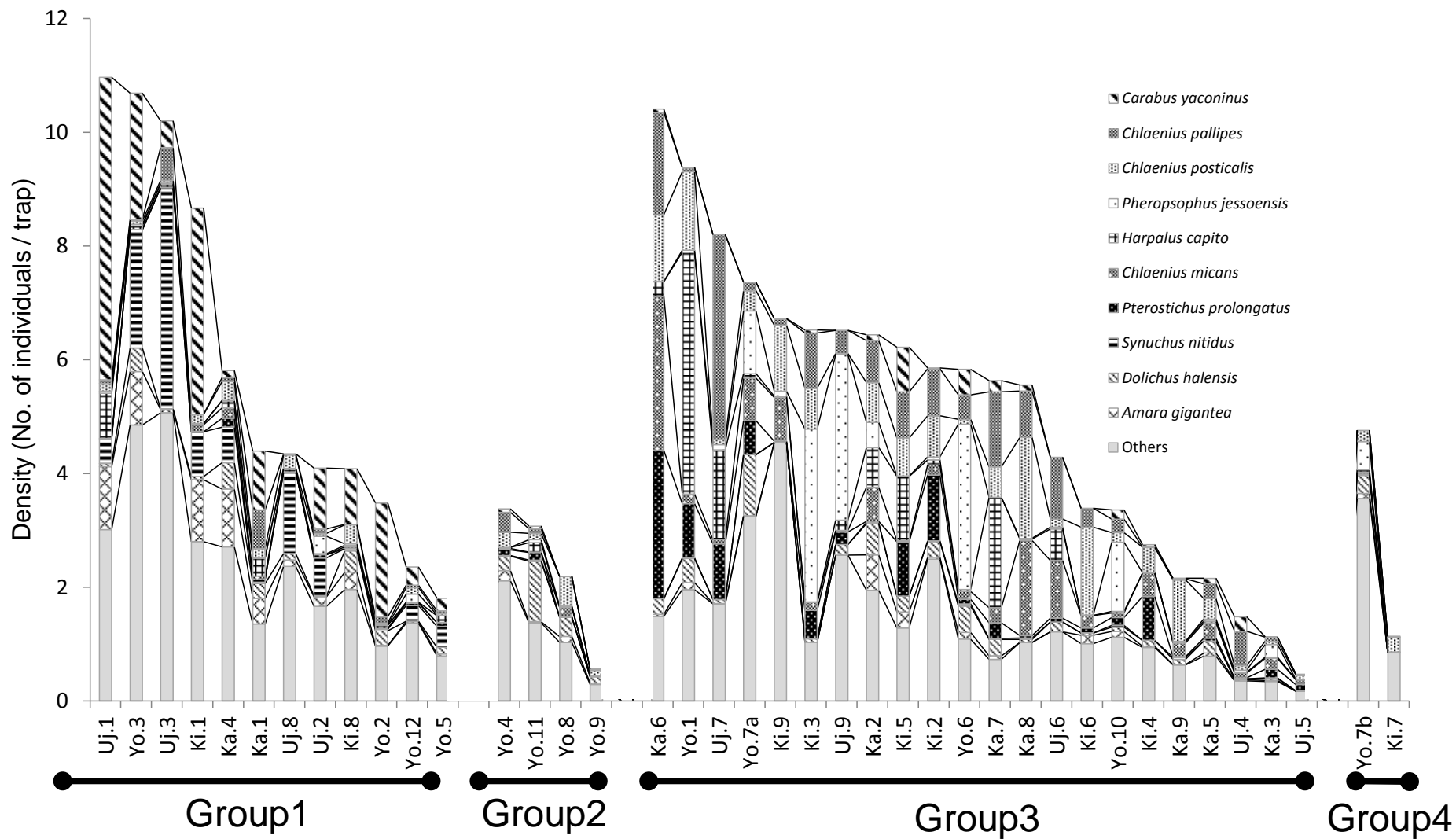


Fig. 5-7 Density (no. of individuals / trap) of 10 dominant ground beetle species caught in the Yodo (Yo), Uji (Uj), Katsura (Ka) and Kizu River (Ki) in the Yodo River system.