

山梨県の水田域における水草・大型藻類群集の 市町村間の類似性

Similarity of Aquatic Plants and Macroalgae Community in the Paddy Fields among
Municipalities of Yamanashi Prefecture, central Japan

渡 邊 亮 中 村 誠 司 原 野 晃 一
Ryo WATANABE Seiji NAKAMURA Koichi HARANO
芹 澤 (松山) 和 世 芹 澤 如 比 古
Kazuyo MATSUYAMA-SERISAWA Yukihiro SERISAWA

山梨県の水田域における水草・大型藻類群集の 市町村間の類似性

Similarity of Aquatic Plant and Macroalgal Communities in the Paddy Fields among
Municipalities of Yamanashi Prefecture, central Japan

渡邊 亮¹ 中村 誠司² 原野 晃一³
Ryo WATANABE Seiji NAKAMURA Koichi HARANO
芹澤 (松山) 和世⁴ 芹澤 如比古
Kazuyo MATSUYAMA-SERISAWA Yukihiko SERISAWA

要約：山梨県の水田域において2016年に120定点で行った定性調査の結果と2017年に161定点で行った定量調査の結果を基に、各市町村間で群集類似度をHornの重複度指数により算出し、クラスター解析を最短距離法により行った。類似度は甲斐市と北杜市で最も高く、次いで甲府市と南アルプス市、昭和町と南アルプス市であり、隣接するか距離的に近い市町村間で高い傾向が見られた。これは距離的に近い場所では環境が似ていることや、水草・大型藻類の移入頻度などに起因すると考えられた。クラスター解析では東部・富士五湖地方の4市町から成るクラスターと中西部の12市町全てを含んだクラスターが形成された。これら2つの地域は山によって隔てられていることから、標高や気温などが異なり、それらが水草・大型藻類の種組成や生育量に影響したものと推察された。

I 緒言

近年、陸水生態系における主要な一次生産者である水草・大型藻類の減少傾向が顕在化し、現在日本に生育している水草269種の内108種、車軸藻類約80種の内62種が絶滅危惧種に指定されている(角野 2014, Kato et al. 2014)。水田や水路を含む水田域では水草・大型藻類が生育できる環境が残されているが、最近では水田域は減少傾向にあり、2007~2017年までの11年間に水田の耕地面積(本地)は日本全体では10.2万ha、山梨県では700ha減少しているという(農林水産省 2018, 総務省統計局 2018)。したがって、各地の水田域に生育する絶滅危惧種を含めた水草・大型藻類の現状を可視化することは重要な研究課題であると考えられる。

山梨県の水田域における水草・大型藻類についてはこれまでに渡邊ら(2018)が2016年に県内に120定点を設定して定性調査を行い、36種の水草(抽水植物18種、浮葉植物2種、浮遊植物5種、沈水植物11種)と19種の大型藻(車軸藻類2種、その他の大型藻17種)を確認しており、このうちの9種(ヘラオモダカ、カワヂシャ、イトトリゲモ、イチョウウキゴケ、サンショウモ、ミズオオバコ、パイカモ、シャジクモ、ミルフランスコモ)が環境省(2018)または山梨県(2018)のレッドリストに記載されていると報告している。生育している種がどの程度希少であるかを評価するためには定量的な情報も必要であることから、渡邊ら(2017a, 2019)は2017年に山梨県内に161定点を設定して定量調査を行い、県内における水草・大型藻類の希少種や優占種を詳らかにした。その際、加えてCR法による4段階評価が定量方法として優れていることも報告している。さらに上述の2016年のデータを渡邊ら

¹ 大学院修士課程教育学研究科 科学文化コース

² 大学院博士課程工学専攻 環境社会システム学コース

³ 教育人間科学部 科学教育コース

⁴ 本学部協力研究員

(2016)は山梨県を流れる四大河川の流域毎にまとめ、群集類似度が甲府盆地を流れる富士川水系の釜無川、富士川、笛吹川流域では高く、それらと相模川水系の桂川流域では低いことを明らかにした。また、渡邊ら(2017b)は2016年のデータを標高階級でまとめ、水草・大型藻類の種数は標高が高くなるにしたがって減少する傾向が見られることを示した。しかしながら、絶滅危惧種の保護・保全は市町村などの行政単位で行われることが多いため、水生植物の種組成と生育量に関するデータを市町村毎にとりまとめることも必要と考えられる。

そこで本研究では、山梨県の水田域における上述の水草・大型藻類の生育状況のデータを市町村毎に整理し、市町村間の群集類似度を求めて地域的な類似性を検討した。

II 方法

山梨県内には現在、27の市町村が存在するが(Fig. 1)、山間部にある鳴沢村、小菅村、丹波山村の3村では水田域が5ha以下と極めて少ない。そこで、これら3村を除いた山梨県内の水田域において、2016年6~9月に120定点を設定して行った定性的な調査の結果(渡邊ら 2018)と、2017年7~8月に161定点を設定して行った定量的な調査の結果(渡邊ら 2017a, 2019)を参照し、市町村毎の水草・大型藻類の生育状況評価を再度行った。生育状況の評価には渡邊ら(2019)においてコドラート法より簡便で積算優占度とも相関が高かったCR法を用いた。CR法は各種の概略的な確認頻度を4段階(CC: 極普通, C: 普通, R: 希, RR: 極希)で評価するものであり、渡邊ら(2017a, 2019)はこれを4段階の階級値(CC: 80%, C: 40%, R: 12.5%, RR: 2.5%)で定量化した。そこで、今回はそのデータを用いて、市町村毎に各種のCR階級値の各定点の合計をその市町村に設定した定点数で割ることで、市町村毎の平均概略的な確認頻度を算出した。なお、2016年の調査(渡邊ら 2018)でのみ確認された種については便宜的に希な種(R)と判断し、階級値12.5%を用いた。

山梨県内の24市町村間の群集類似度は出現種とその量(平均概略的な確認頻度)を基に、(株)東海アクアノーツがHP上で公開しているMicrosoft Excelのマクロシート「類似度指数計算マクロ」を用いてHornの重複度指数(Horn 1966)により算出し、クラスター解析を最短距離法により行った。

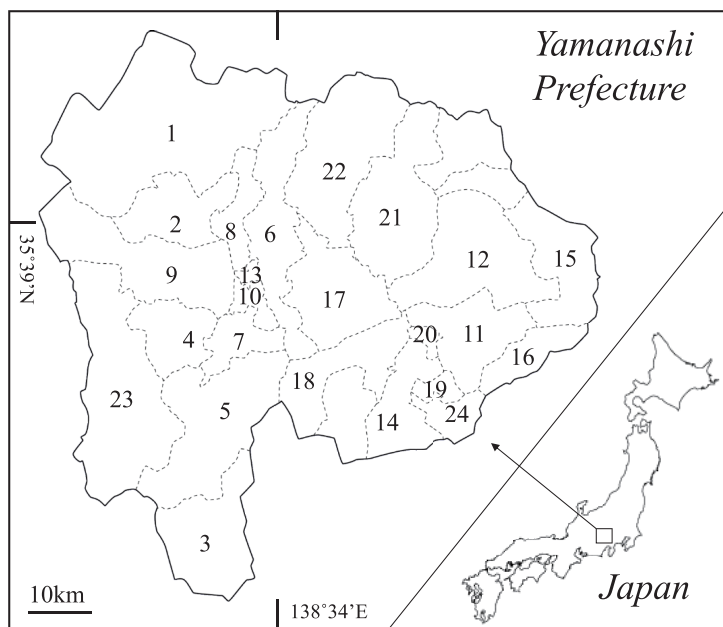


Fig. 1. 水草・大型藻類の群集類似度を解析した山梨県の24市町村。1, 北杜市; 2, 韮崎市; 3, 南部町; 4, 富士川町; 5, 身延町; 6, 甲府市; 7, 市川三郷町; 8, 甲斐市; 9, 南アルプス市; 10, 中央市; 11, 都留市; 12, 大月市; 13, 昭和町; 14, 富士吉田市; 15, 上野原市; 16, 道志村; 17, 笛吹市; 18, 富士河口湖町; 19, 忍野村; 20, 西桂町; 21, 甲州市; 22, 山梨市; 23, 早川町; 24, 山中湖村。
The 24 municipalities of Yamanashi Prefecture which was analyzed similarity of aquatic plant and macroalgal communities in the paddy field. 1, Hokuto City; 2, Nirasaki City; 3, Nanbu Town; 4, Fujikawa Town; 5, Minobu Town; 6, Kofu City; 7, Icikawamisato Town; 8, Kai City; 9, Minami-alps City; 10, Chuo City; 11, Tsuru City; 12, Otsuki City; 13, Showa Town; 14, Fujiyoshida City; 15, Uenohara City; 16, Doshi Village; 17, Fuefuki City; 18, Fujikawaguchiko Town; 19, Oshino Village; 20, Nishikatsura Town; 21, Koshu City; 22, Yamanashi City; 23, Hayakawa Town; 24, Yamanakako Village.

Table 2. 山梨県の水田域における水草・大型藻類の市町村毎のCR法による平均概略的確認頻度(CRF)を基にしたHornの類似度(重複度指数)
Horn's similarity coefficients based on the mean rough frequency of appearance by CR method (CRF) of aquatic plants and macroalgae in the paddy field at each municipality. See Fig. 1 for municipality name and position.

Municipality Number	Municipality Number																							
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
1	0.905	0.848	0.845	0.908	0.880	0.872	0.935	0.887	0.851	0.670	0.716	0.873	0.834	0.801	0.547	0.869	0.669	0.777	0.614	0.781	0.785	0.469	0.340	
2		0.872	0.894	0.892	0.915	0.882	0.914	0.913	0.840	0.582	0.619	0.886	0.806	0.762	0.488	0.861	0.567	0.668	0.518	0.762	0.745	0.557	0.100	
3			0.859	0.883	0.845	0.825	0.857	0.848	0.760	0.781	0.798	0.841	0.807	0.801	0.586	0.779	0.760	0.652	0.649	0.822	0.795	0.552	0.269	
4				0.852	0.850	0.853	0.835	0.865	0.766	0.652	0.653	0.821	0.820	0.758	0.485	0.854	0.616	0.653	0.604	0.753	0.770	0.599	0.169	
5					0.896	0.872	0.885	0.869	0.789	0.656	0.702	0.830	0.822	0.780	0.567	0.810	0.681	0.703	0.659	0.737	0.756	0.453	0.279	
6						0.898	0.908	0.922	0.820	0.591	0.625	0.866	0.801	0.749	0.467	0.850	0.566	0.653	0.521	0.730	0.751	0.473	0.058	
7							0.867	0.907	0.851	0.653	0.655	0.891	0.829	0.814	0.504	0.906	0.612	0.686	0.581	0.692	0.742	0.443	0.122	
8								0.904	0.834	0.602	0.625	0.872	0.791	0.789	0.482	0.856	0.576	0.724	0.528	0.839	0.803	0.474	0.238	
9									0.877	0.621	0.655	0.916	0.807	0.753	0.509	0.870	0.575	0.716	0.555	0.760	0.752	0.469	0.204	
10										0.591	0.634	0.909	0.744	0.678	0.476	0.806	0.573	0.697	0.522	0.655	0.597	0.416	0.131	
11											0.881	0.588	0.704	0.678	0.676	0.591	0.886	0.622	0.771	0.602	0.659	0.242	0.415	
12												0.626	0.655	0.693	0.683	0.594	0.844	0.611	0.672	0.608	0.633	0.368	0.462	
13													0.791	0.771	0.515	0.856	0.582	0.681	0.533	0.743	0.695	0.438	0.105	
14														0.725	0.577	0.858	0.697	0.653	0.791	0.603	0.759	0.400	0.121	
15															0.447	0.787	0.611	0.522	0.572	0.769	0.663	0.397	0.204	
16																0.444	0.763	0.557	0.702	0.378	0.490	0.179	0.479	
17																	0.553	0.644	0.573	0.693	0.755	0.531	0.100	
18																		0.587	0.820	0.499	0.576	0.319	0.377	
19																			0.565	0.628	0.726	0.141	0.431	
20																				0.407	0.543	0.257	0.459	
21																					0.752	0.422	0.340	
22																						0.366	0.195	
23																							0.000	

III 結果

群集類似度の解析のために使用した水草・大型藻類の生育状況のデータをTable 1に示した。山梨県における平均概略的確認頻度はアオウキクサが58%と最大、次いでウキクサとオモダカが41%、コナギが40%、アミミドロ属sp.が34%であった。調査を行った市町村全てで確認された種はいなかったが、確認された市町村数が22と最大であった水生植物はオモダカ、コナギ、ホタルイ、アオウキクサであった。1市町村でしか確認されなかった水草は8種、大型藻は5種で、それらが確認されたのは道志村（イグサ、ホシクサ属sp.）、南アルプス市（オオフサモ、ササバモ、タニシゴロモ（仮称）、バシクラディア属sp.）、甲斐市（コガマ）、西桂町（バイカモ）、身延町（ミズオオバコ）、市川三郷町（ヤナギモ）、昭和町（ツルギミドロ属sp.）、山梨市（ミクロスポラ属sp.）、笛吹市（リングビア属sp.）であった。市町村毎の定点数と確認種数には有意な正の相関が認められ（ $R^2=0.78$, $p<0.01$ ）、確認種数は定点数が1であった早川町で最小の3種、次いで同じく定点数が1であった山中湖で4種、定点数が9であった南アルプス市で最大の31種、次いで定点数が12であった韮崎市と10であった甲府市で28種であった。

調査が行われた山梨県の24市町村で、各市町村間の水草・大型藻類の群集類似度をTable 2に示した。類似度が高い市町村の組み合わせとその値は北杜市・甲斐市0.935、甲府市・南アルプス市0.922、南アルプス市・昭和町0.916、韮崎市・甲府市0.915、韮崎市・甲斐市0.914、韮崎市・南アルプス市0.913、中央市・昭和町0.909、北杜市・身延町0.908、甲府市・甲斐市0.908、市川三郷町・南アルプス市0.907、市川三郷町・笛吹市0.906、北杜市・韮崎市0.905、甲斐市・南アルプス市0.904であった。類似度は隣接するか距離的に近い市町村間で高い傾向が見られ、特に中西部に位置する韮崎市、甲府市、甲斐市、南アルプス市の4市間で0.9以上と顕著であった。一方、定点数が1定点で、確認種数が3種と最小であった山中湖村と4種と少なかった早川町では（Table 1）、他の市町村との類似度が山中湖村では0.479以下、早川町では0.599以下と低かった。

各市町村で類似度が最も高かったのは、北杜市では甲斐市、韮崎市では甲府市、南部町では身延町、富士川町では韮崎市、身延町では北杜市、甲府市では南アルプス市、市川三郷町では南アルプス市、甲斐市では北杜市、南アルプス市では甲府市、中央市では昭和町、都留市では富士河口湖町、大月市では都留市、昭和町では南アルプス市、富士吉田市では笛吹市、上野原市では市川三郷町、道志村では大月市、笛吹市では市川三郷町、富士河口湖町では都留市、忍野村では北杜市、西桂町では富士河口湖町、甲州市では甲斐市、山梨市では甲斐市、早川町では富士川町、山中湖村では道志村であった。各市町村で類似度が最も高かったのは隣接するか距離的に近い市町村であることが多かったが、離れた市町村との類似度が最大となった市町村(身延町、上野原市、忍野村)も見られた。

クラスター解析の結果、2つのクラスターが形成され、東部・富士五湖地方(桂川水系)の富士河口湖町、都留市、大月市、西桂町の4市町からなるクラスターと、中西部(甲府盆地および富士川水系)の14市町(北杜市、甲斐市、南アルプス市、甲府市、昭和町、韮崎市、中央市、身延町、市川三郷町、笛吹市、富士川町、南部町、甲州市、山梨市)と東部・富士五湖地方の2市(富士吉田市と上野原市)からなるクラスターが形成された(Fig. 2)。また、この2つのクラスターとまず忍野村が、次いで道志村がクラスターを形成し、さらにそれと早川町が、最後に山中湖村がクラスターを形成した。なお、確認種数が少なかった早川町と山中湖村は接合するクラスターとの距離が離れていた。

IV 考察

今回の解析から、水草・大型藻類の市町村間の群集類似度は隣接するか距離的に近い市町村間で高い傾向があることが判明した(Table 2)。また、中西部に位置する4市(韮崎市、南アルプス市、甲府市、甲斐市)ではそれぞれの類似度が0.9以上と高かった。御池ら(2011)は長野県の天竜川沿い(伊那市、駒ヶ根市、南箕輪村)の水田や用水路の水生植物について、根元・星野(2007)は栃木県茂木町の水田域の雑草についての調査を行い、隣接する水田間で植生が類似していたことを報告しており、水田をつなぐ水路の存在が植生の類似性に影響していることを指摘している。本研究においてもこれらの4市では稲作が盛んで水田の耕地面積が比較的広く、それらの水田域は釜無川などの大河川によ

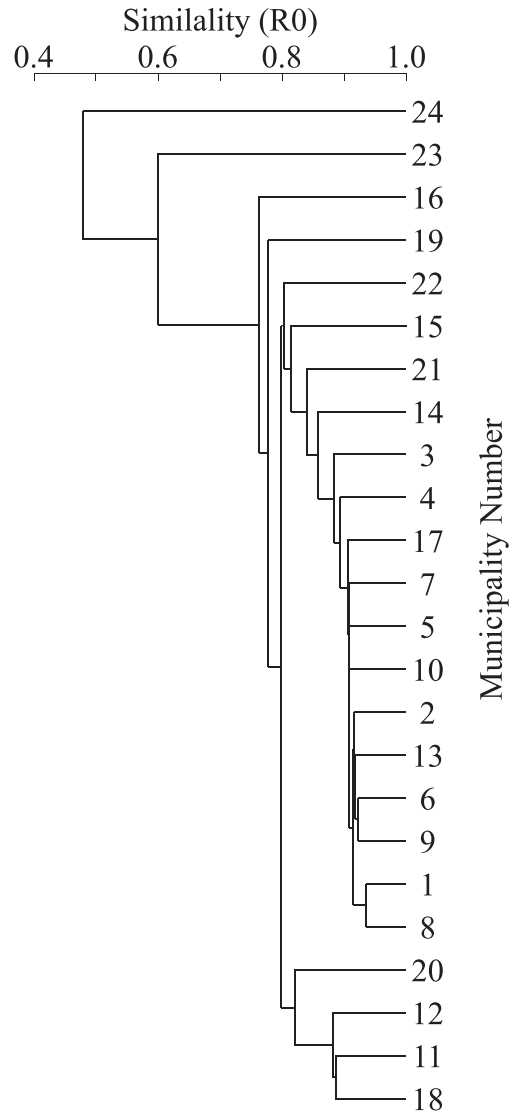


Fig. 2. 山梨県の水田域における水草・大型藻類の市町村毎のCR法による平均概略的確認頻度(CRF)を基にしたHornの類似度(R0)によるクラスター解析結果。

Dendrogram constructed from Horn's similarity coefficients (R0) based on the mean rough frequency of appearance by CR method (CRF) of aquatic plants and macroalgae in the paddy field at each municipality. See Fig. 1 for municipality name and position.

り隔てられてはいるものの連続的に広がっており、生育環境が類似しているため水草・大型藻類の群集類似度が高かったと考えられた。また、これら4市では確認種数も22~31種と多かった(Table 1)。Vestergaard & Sand-Jensen (2000) は水生植物の種数は生育可能面積にしたがって増加することを報告している。本解析に用いたデータの基となった市町村毎の調査定点数は水田の耕地面積に応じて決められており(渡邊ら 2017a, 2018), これら4市では水田面積が広く定点数も9点以上と多かったため、多くの種が確認できたと考えられた(Table 1)。一方、他の市町村との類似度が山中湖村では0.479以下、早川町では0.599以下と低かったが、これは両町村の水田面積が狭く、確認種数が3~4種と少なかったためと考えられた。

クラスター解析の結果、一部の市町村(富士吉田市, 上野原市, 早川町, 山中湖村)を除き山梨県の水田域の水草・大型藻類植生は桂川水系である東部・富士五湖地方と甲府盆地および富士川水系から成る中西部の2つのクラスターに分かれることが明らかとなった。山梨県内のこれら2つの地域は御坂山地(標高約1000~1800m)や大菩薩嶺(標高約2000m)といった山々によって隔てられており、それぞれ標高や気温などの生育環境が異なっていると考えられる。実際に2016~2017年の2年間での日平均気温の月平均値は中西部の韮崎, 甲府, 切石, 南部で1.7~25.4°C, 3.2~27.4°C, 1.8~26.2°C, 3.9~26.6°C, 東部・富士五湖地方の大月, 河口湖, 山中湖で1.6~25.6°C, -0.5~23.1°C, -2.1~21.9°Cであり、年平均値は韮崎, 甲府, 切石, 南部で13.6°C, 15.3°C, 14.1°C, 15.2°C, 大月, 河口湖, 山中湖で13.5°C, 11.3°C, 10.0°Cと、東部・富士五湖地方で低かった(気象庁2018)。また、今回解析を行った水田域の標高は山梨県中西部では91~725m, 東部・富士五湖地方では303~960mであり、東部・富士五湖地方で比較的高い。標(2007)は昆虫綱キリギリス科のウマオイには鳴き方の違う2種が存在するが、いずれも山梨県内では標高800mを超える富士五湖地方にはほとんど生息しておらず、低標高であり比較的平地が広がっている中西部にハタケノウマオイが広く生息していることを報告している。したがって、水草・大型藻類群集にも温度や標高の違いが影響し、2つのクラスターが形成されたものと推察された。

一方で、それぞれの地域内では生育環境が類似しており、各地域で同一の水系であることから種の分散や移入が頻繁に生じていると予想される。米森・倉本(1999)は河川では水散布様式を持たない種においても流水による種子散布が行われることを指摘しており、本研究で地域毎にクラスターを形成していた要因として、それぞれの地域内で河川により種子や殖芽、植物体の断片や胞子などが移動している可能性が示唆された。

V 引用文献

Horn HS (1966) Measurement of "overlap" in comparative ecological studies. *The American Naturalist* 100 (914): 419-424

角野康郎 (2014) 日本の水草. 文一総合出版. 東京

環境省 (2018) 環境省レッドリスト2017 <http://www.env.go.jp/nature/kisho/hozen/redlist/MOERedlist2017.pdf>

Kato S, Kawai H, Takimoto M, Suga H, Yohda K, Horiya K, Higuchi S, Sakayama H (2014) Occurrence of the endangered species *Nitellopsis obtusa* (Charales, Charophyceae) in western Japan and the genetic differences within and among Japanese populations. *Phycological research* 62: 222-227

気象庁 (2018) 過去の気象データ検索. 各種データ・資料. <https://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index.php>

根本真理, 星野義延 (2007) 丘陵地の谷底における水田雑草群落の種組成の空間パターンに水流のつながりが与える影響. *応用生態工学* 10: 163-174

農林水産省 (2018) 面積調査 作物統計 <http://www.maff.go.jp/j/tokei/kouhyou/sakumotu/menseki/index.html#>

御池俊輔, 大窪久美子, 大石善隆 (2011) 長野県上伊那地域における水路網ネットワーク単位での水生植物の分布と立地環境条件との関係. *ランドスケープ研究* 74: 501-506

- 標輝人 (2007) 「子ども達が持つ興味関心の対象生物」群の知られざる生態変化：山梨県内におけるウマオイ属・近縁種の生態分布の変遷について. 日本科学教育学会研究会研究報告21：35-40
- 総務省統計局 (2018) 長期累計 面積調査 作物統計調査 <https://www.e-stat.go.jp/stat-search/files?page=1&layout=dataлист&toukei=00500215&tstat=000001013427&cycle=0&tclass1=000001032270&tclass2=000001034721>
- Vestergaard O, Sand-Jensen K (2000) Aquatic macrophyte richness in Danish lakes in relation to alkalinity, transparency, and lake area. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 57: 2022-2031
- 渡邊亮, 中村誠司, 芹澤(松山)和世, 芹澤如比古 (2016) 山梨県内の水田域における水草・大型藻類－2016－. 日本陸水学会甲信越支部会報42：37-38
- 渡邊亮, 芹澤(松山)和世, 芹澤如比古 (2017a) 山梨県の水田に生育する水生植物の生育量の評価. 日本陸水学会甲信越支部会報43：19-20
- 渡邊亮, 中村誠司, 芹澤(松山)和世, 芹澤如比古 (2017b) 山梨県の水田域に生育する水草・大型藻類と標高との関係. 水草研究会第39回全国集会発表要旨集p7
- 渡邊亮, 中村誠司, 芹澤(松山)和世, 芹澤如比古 (2018) 山梨県の水田域における水草・大型藻類. 山梨大学教育学部紀要27：89-103
- 渡邊亮, 中村誠司, 芹澤(松山)和世, 芹澤如比古 (2019) 山梨県の水田域に生育する水草・大型藻類の生育量の評価. 富士山研究13：投稿中
- 山梨県 (2018) 山梨県レッドデータブック (平成17年6月公開) <http://www.pref.yamanashi.jp/midori/29092660998.html>
- 米森由佳, 倉本宣 (1999) 多摩川における増水による種子散布と増水後の護岸植生についての研究. ランドスケープ研究63：527-530