日本国内における北限の絶滅危惧植物ヒシモドキ (*Trapella sinensis* Oliver)

田崎冬記¹⁾・内田泰三²⁾・林田寿文³⁾・丸山純孝⁴⁾・荒瀬輝夫⁵⁾

- 1) 株式会社 北開水工コンサルタント Hokkaisuiko Consultant Co., Ltd.
- 2) 九州産業大学工学部 Fac. of Eng., Kyushu Sangyo Univ.
- 3) 国土交通省 北海道開発局 帯広開発建設部 Ministry of Land, Infrastructure and Transport Hokkaido Regional Development Bureau
- 4) 北海道三祐株式会社 HOKKAIDO SANYU, Inc.
- 5) 信州大学農学部 Fac. of Agric., Shinshu Univ.

摘要: 国内における北限(北海道十勝)の絶滅危惧植物ヒシモドキの自生地および生育状況を調査した。また、絶滅の危険分散に資する移植試験および他地域との果実の外部形態を調査した。その結果、自生地は遷移によって、開放水面が著しく減少し、これに伴い生育密度、水中閉鎖花の形成数も大きく減少していることが示された。また、自生地では渇水がみられ、他地域の生育環境とは異なった。水深別の移植試験では、水深 40 cm 程度の試験区のみで被度・閉鎖花の形成等、旺盛な生長が確認され、容易に定着可能と判断されたが、それ以上の水深では定着しなかった。果実の外部形態では芒数から北海道産は佐賀県産に類似していることが示された。同種の保全には、自生地の保全と共に、土取り場跡地・浚渫排泥跡地等、河川事業を活用した止水環境の創出が重要と考えられた。

キーワード: ヒシモドキ, 絶滅危惧種, 北限の個体群, 移植, 果実の外部形態

TAZAKI, Fuyuki, UCHIDA, Taizo, HAYASHIDA, Kazufumi, MARUYAMA, Junkoh, and ARASE, Teruo : *Trapella sinensis* Oliver, an endangered floating leaved plant in the Tokachi River basin, Hokkaido, the northernmost distribution in Japan.

Abstract: Changes of the habitat and inhabitation of *Trapella sinensis* Oliver, an endangered species were investigated in Hokkaido, the northernmost distribution in Japan. We also investigated transplant conditions of water depth, and morphological characters of fruits and seeds from the cleistogamous flowers among Hokkaido's, Okayama's, and Saga's. As the results show; open water area, density of individuals, and number of cleistogamous flowers in the habitat were highly decreased in recent. It is also clarified that the habitat in Hokkaido has a drought period unlike the others. In the transplant experiment, only low water depth plot (water depth:40 cm) showed high values of survival rate, coverage, and number of cleistogamous flowers. In addition, the morphological character, especially, number of awns of fruits in Hokkaido was almost same as in Saga. For the conservation of *T. sinensis*, we proposed an idea that river improvement works, dredge basins and borrow area in river area should be used as a new habitat of *T. sinensis* and other riparian organisms.

Key words: *Trapella sinensis* Oliver, endangered species, northern limit, transplantation, fruit

1. はじめに

ヒシモドキ (*Trapella sinensis* Oliver) はヒシモドキ科の一年生浮葉植物であり、池沼等の止水環境に生育する。その繁殖は主に水中に形成される閉鎖花(以下、水中閉鎖花)によるところが大きい^{7,10)}。各種開発や水質汚濁等によって減少の一途にあり、環境省レッドデータブックでは絶滅危惧 IA 類に指定されている^{7,9,13)}。同種は東アジアの温帯から暖帯に分布し^{7,10)}、日本国内においてその生育が確認できる地域は秋田県、兵庫県、岡山県、佐賀県の 4 県に過ぎないとされてきた^{9,11,13)}。しかし近年、亜寒帯に属する北海道十勝川水系においてもヒシモドキが確認され、同ヒシモドキが日本国内における北限の個体群として位置づけられている^{3,13)}。

絶滅の危機に瀕するヒシモドキの保護あるいは保全が求められるが、これに資する情報は分布や花粉形態等に限られ、生育環境や生態的特性等についての情報はほとんどない^{2,8,13)}。

そこで本研究では、遺伝的多様性の観点からも特に重要と考えられる国内北限のヒシモドキ個体群(北海道十勝川水系)に着目し、その生育環境および生育状況について把握するとともに、絶滅の危険分散への一助として移植試験を行った。また、国内北限に位置づけられるヒシモドキ個体群の起源についても、水中閉鎖花(果実および種子)の外部形態から考察を加えた。

2. 方法

2.1 調査地の概要

国内北限のヒシモドキ個体群は、北海道十勝川河口から上流約 10 km の池沼にのみ自生する^{11,13)}。本池沼は、雨水涵養型の止水域で流れはなく、冬季は全面結氷して沼底まで凍結する。ヒシモドキの自生地およびその周辺は、かつては十勝川の氾濫原として広大な湿地が成立していた。

2.2 生育環境と生育状況

2.2.1 生育環境

自生地の開放水面面積の変遷を把握するため、1978 年 7 月、1995 年 8 月、2000 年 8 月および 2005 年 7 月撮影の航空写真（縮尺 1/12,000～1/20,000）からオルソ画像を作成した。各年のオルソ画像から開放水面面積を判読し、その面積を計測した。なお、オルソ画像による開放水面の判読においては、抽水植物や木本等、立体的に見える植生との違いを基準の一つとしているため、開放水面にはオルソ画像で立体的に見えないヒシモドキをはじめ浮葉植物群落が含まれる可能性もある。

自生地の水位変動を把握するため、自生地の平面座標および標高を約 2～3 m 間隔で測量（TOPCON パルストータルステーション GPT）するとともに、2005 年 5 月下旬から 10 月下旬まで自記水位計（コーナシステム KADEC21-MIZU-C）を設置し、毎時の水位データを得た。また、降水量についてもヒシモドキ自生地近傍の天津気象観測所からデータを得た。

2.2.2 生育状況

2002 年 8 月および 2005 年 8 月、1×1 m のコドラートを 4～5 箇所設置し、個体数、草丈および水中閉鎖花数をそれぞれ計測した。さらに、2005 年 5 月には、各個体の分布を GPS（Thales Mobile Mapper）を用いて平面座標に取得するとともに、これらの個体について 10 月まで月 1 回、草丈および開花結実状況を調査した。

2.3 移植試験

2007 年 5 月初旬、ヒシモドキ自生地近傍の造成池において、異なる 3 つの水深に試験区を設置した。すなわち、水深別に目合い 4 mm のネットで囲んだ 2×1 m の試験区を 3 区設け（各 3 反復）、10 個体ずつ発芽直後の果実を移植した。各試験区の平均水深は、それぞれ 0.37 m（最大 1.07 m—最小 0.00 m）、0.66 m（最大 1.25 m—最小 0.04 m）および 1.03 m（最大 1.46 m—最小 0.23 m）であり、水深の変動幅は自生地とほぼ同等であった。

同造成池は水域面積 30,000 m²、勾配 1/10、期待水深 1.0 m の楕円形状の止水域であり、造成後間もないため、植生は乏しい。移植後、約 30 日間隔で 10 月まで、個体数、被度および水中閉鎖花数について調査した。

2.4 果実の外部形態

ヒシモドキの生育地は既述のように秋田県、兵庫県、岡山県、佐賀県の 4 県とされてきた。しかし、調査当時、秋田県では同県版レッドデータブック（2002）¹⁾により絶滅とされ（2004 年再確認）、また、兵庫県では生育箇所が未公開とされていた⁹⁾。そこで、本研究では、地元有識者への聞き取り

図-1 ヒシモドキ自生地の開放水面面積の経年変化

Fig.1 Changes of open water area in *Trapella sinensis* Oliv. habitat.

写真-1 ヒシモドキ生育地の開放水面面積の変化

上段は 1978 年、下段は 1995 年撮影のオルソ画像を示す。

Photo.1 Changes of open water area in *Trapella sinensis* Oliv. habitat. Above orthophoto was taken in 1978, below one was taken in 1995.

等によって得られた当時調査可能な全生育箇所、すなわち佐賀県 2 箇所および岡山県 1 箇所に北限である北海道 1 箇所を加えた計 4 箇所を対象とし、以下のように調査を実施した。

2003 年 9～10 月、各自生地から当年産の完熟した水中閉鎖花起源の果実を異なる個体からそれぞれ 1 個、計 12～30 個採取した。これら果実から、芒数、最大芒長、がく歯長、果柄長、果実長、果実巾、種子長、種子巾を計測し、地域間で比較検討した。

3. 結果

表-1 ヒシモドキの生育状況の変化

Table 1 Comparison of some morphological characters in 2002 and 2005.

Year	No. of sample quadrats (No./pond)	No. of individuals (No./m ²)	Plant height (cm)	No. of cleistogamous flowers (No./individuals)
2002	<i>n</i> = 4	114.0 ± 68.4 ^{1) ※※}	60.7 ± 10.4	6.8 ± 2.2 [※]
2005	<i>n</i> = 5	2.7 ± 0.9 ^{※※}	62.6 ± 2.3	3.3 ± 0.8 [※]

1) Mean ± S.D.

※ shows significant difference at 1 % level between each year using Student's t-test.

※※ shows significant difference at 5 % level between each year using Welch's t-test.

Life history	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.
Dormant Stage												
Germinating Stage												
Elongating Stage												
Flowering and Seed-Setting Stage												

図-2 ヒシモドキ草丈の季節変化と生活史
縦線は標準偏差を示す。Fig.2 Seasonal changes of plant height and life history.
Vertical bars show the standard deviations.

図-3 ヒシモドキ生育地の水位変動および降水量

Fig.3 Changes of water level and rainfall in *Trapella sinensis* Oliv. habitat.

3.1 開放水面面積の変化

図-1 および写真-1 に自生地の開放水面面積の変遷を示した。開放水面面積は1978年には約14,800 m², 1995年には約3,800 m², 2000年には約3,500 m², 2005年には約220 m²と判読された。特に、近年における開放水面面積の減少は著しく、2005年の開放水面面積は1978年の約1.5%と大きく減少していた。この開放水面面積の減少は、開放水面が抽水

図-4 ヒシモドキ個体数・水中閉鎖花数と標高との関係

Fig.4 Number of individuals and cleistogamous flowers of *Trapella sinensis* Oliv. in each ground height.

図-5 ヒシモドキ生育地の地盤高コンターおよびヒシモドキの生育位置

図中の●はヒシモドキの生育箇所を示す。●周辺の数値は生育個体数を、()内の数値は水中閉鎖花数を示す。

Fig.5 Ground height contour and habitat points of *Trapella sinensis* Oliv. ● : habitat point. The values and those in parenthesis show number of individuals, cleistogamous flowers, respectively.

草本あるいは木本への変遷によって減少したことが読みとれたが、現地踏査からはヨシ (*Phragmites australis* (Cav.) Trin.), ツルアブラガヤ (*Scirpus radicans* Schk.) およびミクリ (*Sparganium erectum* L.) 等の抽水草本、エゾノキヌ

ヤナギ (*Salix schwerinii* E. Wolf) およびオノエヤナギ (*Salix udensis* Trantv. et Mey) 等の木本によるものであったと確認できた。

3.2 生育状況

2002年および2005年におけるヒシモドキの生育状況を表-1に示した。2002年の平均個体数は、114.0個体/m²であったのに対して、2005年では2.7個体/m²と著しく減少していた ($p<0.05$)。草丈は、2002年および2005年との間に差異は認められなかったが ($p>0.05$)、水中閉鎖花は、2002年が6.8個/個体であるのに対して、2005年では3.3個/個体と減少した ($p<0.01$)。

2005年における草丈の推移および生活史を図-2に示した。ヒシモドキは概ね5月中旬から発芽を開始した。7月中旬にかけて草丈は15 cm程度まで漸増するが、その後、8月中旬まで急速に伸長し、草丈は60 cm程度に達した。この間、生長の早い個体では7月中から結実がみられ、11月には地上部の枯死とともに果実の状態で翌春まで休眠する。

3.3 水位変動

ヒシモドキ自生地の水位変動および降水量を図-3に示した。融雪水の供給を受ける5月下旬まで水位は2.2 m程度であった。しかし、融雪水の供給の減少とともに水位は低下に転じ、6月下旬から7月下旬にかけて1.8 m以下に達することが多かった。7月下旬以降は、降雨によって水位は再び上昇に転じ、9月以降は2.0~2.2 m程度で安定した。7月中旬や9月上旬には、集中的な降雨や台風によって一時的に水位は上昇したが、本池沼は毎年上述した水位変動が繰り返される^{5,11)}。

3.4 地盤高

図-4にヒシモドキ個体数・水中閉鎖花数と標高との関係を、図-5にヒシモドキ自生地の地盤高コンターおよびヒシモドキ生育箇所を示した。ヒシモドキの自生地はおおよそ標高1.7~2.3 mの間にあるが、ヒシモドキの生育は標高1.8 m以下に集中し、同範囲に生育個体数は32個体、水中閉鎖花数は72個確認された。また、ヒシモドキは標高2.0 m以上で生育が確認されなかった。

3.5 移植試験

図-6に移植後の生育状況について示した。水深浅区の個体数はやや減少したが、7月以降7.3個体で維持された。これに対して、水深中区では移植後大きく減少し、8月には全て枯死していた。水深深区では、8月のみ確認された。被度では、どの試験区も移植時は1%未満と非常に低く、7月においても3%未満であった。しかし、水深浅区で被度は8月以降に大きく増加し、8月には31.7%、9月には48.3%、10月には55.0%に達した。なお、水深中区および水深深区で被度は最大でも3%に達しなかった。水中閉鎖花は水深浅区のみで8月から確認され、9月には400個/試験区を超え、その後、漸増した。

3.6 果実の外部形態

図-7にヒシモドキの水中閉鎖花起源の果実および種子の一般的な外部形態を示した。果実は特徴的な形態をしており、

図-6 移植後の生育状況

(1) は個体数、(2) は被度、(3) は水中閉鎖花数の変化を示す。縦線は標準偏差を示す。

Fig.6 Seasonal changes of plant height (1), coverage (2), and number of cleistogamous flowers (3) in each experimental plot. Vertical bars show the standard deviations.

図-7 ヒシモドキ果実および種子の外部形態

Fig.7 Morphological characters of fruit and seed from cleistogamous flower of *Trapella sinensis* Oliv..

表-2 各地域におけるヒシモドキ果実および種子の外部形態の諸値

Table 2 Comparison of some morphological characters among cleistogamous flowers and seeds in several sites, Saga, Okayama and Hokkaido (Tokachi).

	Site			
	Saga 1	Saga 2	Okayama	Hokkaido (Tokachi)
Number of samples	<i>n</i> = 30	<i>n</i> = 12	<i>n</i> = 12	<i>n</i> = 20
Number of awns (No./fruit)	5.00 ± 0.00 ^{1) a}	5.08 ± 0.29 ^a	3.00 ± 0.00 ^b	4.90 ± 0.31 ^a
Maximum length of awn (cm)	2.66 ± 0.59 ^c	2.45 ± 0.52 ^c	4.22 ± 0.50 ^a	3.33 ± 0.68 ^b
Length of calyx tooth (cm)	0.23 ± 0.03 ^b	0.29 ± 0.03 ^b	0.33 ± 0.05 ^a	0.26 ± 0.03 ^b
Length of pedicel (cm)	0.48 ± 0.24 ^c	0.80 ± 0.30 ^b	1.93 ± 0.45 ^a	0.58 ± 0.20 ^{bc}
Length of fruit (cm)	1.30 ± 0.13 ^b	1.30 ± 0.06 ^b	1.51 ± 0.09 ^a	1.12 ± 0.08 ^c
Width of fruit (cm)	0.36 ± 0.10 ^b	0.45 ± 0.12 ^a	0.23 ± 0.03 ^c	0.29 ± 0.06 ^{bc}
Length of seed (cm)	1.17 ± 0.13 ^{ab}	1.24 ± 0.06 ^a	1.24 ± 0.06 ^a	1.08 ± 0.07 ^b
Width of seed (cm)	0.11 ± 0.01 ^a	0.24 ± 0.31 ^a	0.12 ± 0.01 ^a	0.10 ± 0.01 ^a
Weight of seeds (g/1,000 seeds)	13.76	10.25	14.42	11.12

1) Mean ± S.D.

Within any row, values followed by the different letters are significantly different at 1% level.

5本の長い芒を有する。この芒には毛や刺がなくほとんど平滑であるが、先端が巻きひげ状になっていてひっかかり易い。また、果実は黄白色の細長い種子を1個含んでいる。表-2に各地域における果実および種子の外部形態を示した。芒数は、佐賀県産および北海道産で5本確認できたが、岡山県産はすべて3本（5本のうち3本が長く、残り2本は4~6 mmの短い刺となっている）から構成された。最大芒長、がく歯長および果柄長について、岡山県産は他地域と比べて長かったが、佐賀県産ならびに北海道産との間には、最大芒長および果実長を除いて差異は認められなかった。果実長は、岡山県産、佐賀県産、北海道産の順で大きかったが、果実巾では逆に岡山県産が最も小さかった。また、種子長では十勝産が最も小さく、種子巾ではどの産地においても差異は見られなかった。

4. 考察

4.1 自生地の変遷

経年的な航空写真（オルソ画像）の解析および現地での観察状況より、ヒシモドキ自生地の開放水面面積は減少の一途であり、その減少の要因は植生遷移によるものであると示された（図-1および写真-1）。ヒシモドキの自生地を含め、現状の止水環境（池沼）はいずれ遷移によって消失する。したがって、自生地の開放水面の確保につながる抽水植物除去等の保全対策や止水環境の創出によるヒシモドキの新たな生育環境の確保が求められよう。

4.2 自生地の環境

本州以南のヒシモドキは一般的に流速が無く、水深30 cm程度の比較的浅く安定した日当たりの良い止水環境をその生育地としている^{7,10,11)}。北海道の自生地においても、流速がない点は一致する。しかし、北海道の自生地では、地盤の大部分は標高1.8 m以上であり（図-5）、水位が最も低下する6月下旬から7月にかけて水位は1.8 m以下になるため（図-3）、20日間程度、その大部分が渇水した状態となる。また、この

渇水は毎年同様に繰り返される傾向にある^{4,5,11)}。ヒシモドキは標高1.8 m以下に全生育個体数の94%が集中している（図-4および図-5）。また、渇水期以外の水位は概ね2.0~2.2 m程度であり（図-3）、ヒシモドキ生育箇所の地盤高（1.8 m）から、北海道においても、水深20~40 cmをその生育環境にしていることが示された。また、同環境は、最も水位の低下する時期においては、渇水するが、水位は地盤の直下にあるため、土壌は湿潤状態を保持していると考えられ、このため、浮葉植物であるヒシモドキも渇水にも適応できるものと考えられる。

4.3 移植後の生長

平均水深が40 cm程度である水深浅区を除いて、全て枯死しており、前述のように、ヒシモドキは浅い水深を好む種と考えられる。また、水深浅区においては移植後の定着状況も70%を超え、平均水深40 cm程度の環境には容易に移植可能であると判断されたが、北海道においては、それ以上の水深への定着は困難であると考えられた。

一方、移植試験区の水の中閉鎖花の形成状況は、8月に12.9個/個体、それ以降は急激に増加し、10月には66.4個/個体に達した。2002年および2005年の8月の自生地の水中閉鎖花数は、それぞれ6.8個/個体、3.3個/個体であることから、8月の水中閉鎖花数で比較しても移植試験区は良好な環境であると言える。このように、競合種の少ない環境では、1個体当たり60個以上の水中閉鎖花を形成することが示され、その繁殖力も高いことが示された。

4.4 果実の外部形態

果実の外部形態から分類すると、北海道十勝産のそれは、芒の形態からは佐賀県産に、果実巾の形態からは岡山県産に近いことが示された。なお、岡山県産ヒシモドキの芒数は全て3本であったが、これは角野（1994）が示唆している芒数3本の果実の存在⁷⁾を裏付けるものとする。また、十勝産では全般的に他の産地より小さい傾向がみられた。これは、北海道は亜寒帯に属するため、結実期間を含めた生育期間が

短いことに起因すると考えられた。

他方、本研究以降、絶滅したとされる秋田県のヒシモドキが再確認されたことは既述の通りである。また、岡山県においても近年、新たな個体群が示唆されている⁶⁾。よって、北海道産と他の地域との系統の比較については、これらも含めた解析が今後の課題である。

5. ヒシモドキの保全に向けて

本論で述べたように、北海道産のヒシモドキは渇水を含め、水位の低下する環境でも現状では適応しているといえるが、同種は水中閉鎖花で主に繁殖を行うことから、渇水の長期化は個体群の絶滅につながりかねない。前述のように、自生地を含めた止水環境は植生遷移等によって、長期的には陸化する運命にあるが、新たな止水環境が自然条件下で誕生する可能性は、各種河川事業による攪乱規模の低下・平滑化によって極めて低い状況にある。したがって、自生地の保全をはじめ新たな止水環境の創出が求められるが、北海道の自生地の保全に向けては、かつてヒシモドキが生育し、現在では陸化したエリアを掘削し、通年で湛水を確保する等の対策が重要と考える。また、その掘削土砂中に含まれるヒシモドキ埋土種子についても他の止水域への導入を含めた有効利用が望まれよう。一方、新たな止水域の創出に向けては、河川事業によって生じる土取り場跡地、あるいは浚渫排泥跡地等、止水環境となりえる立地を同種の新たな生育環境と位置づけ、より積極的に活用していくことが重要と考える。これと本論で得られた移植の指針等を融合させることによって、ヒシモドキはもちろんのこと止水環境をハビタットとする各種生物のさらなる保全が図られると考える。

謝辞：本研究の実施にあたり、北海道開発局帯広開発建設部の方々に助力をいただいた。ここに謹んで謝意を表す。本研究の一部は、平成15年度河川整備基金事業、平成16年度トイトッキ地区自然環境調査検討業務および平成19年度トイトッキ地区自然環境調査検討業務の一環として実施されたことを追記する。

引用文献

- 1) 秋田県（2002）秋田県の絶滅のおそれのある野生生物 2002 秋田県版レッドデータブック植物編, 207pp.
- 2) 荒瀬輝夫・内田泰三（2004）絶滅危惧の水生植物ヒシモドキの種子形態の地域性について、野生生物保護学会第10回大会要旨集, p.39.
- 3) 北海道開発局帯広開発建設部（2000）平成12年十勝川水系河川水辺の国勢調査, pp.3-7.
- 4) 北海道開発局帯広開発建設部（2001）平成13年度十勝川トイトッキ築堤外地の水涸れに対する考察, 13pp.
- 5) 北海道開発局帯広開発建設部（2007）平成19年度トイトッキ地区自然環境調査検討業務, 181pp.
- 6) http://kanon101.cool.ne.jp/foto_sinrin/006_souhon/K_hisi_modoki/hisi_modoki/hisi_modoki.htm, 2008.6.1 参照
- 7) 角野康郎（1994）日本水草図鑑, 文一総合出版, 177pp.
- 8) 片岡裕子・三好教夫（2002）ヒシモドキ(*Trapella sinensis* Oliver)の花粉形態, 日本花粉学会誌 48: 19-23.
- 9) 環境庁編（2000）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-, 432pp.
- 10) 牧野富太郎（1986）原色牧野植物大図鑑, 北隆館, 906pp.
- 11) 丸山純孝・内田泰三・吉田可奈子（2003）絶滅危惧種ヒシモドキ群落の水位と発達過程, 平成15年度河川整備基金事業, 24pp.
- 12) 田崎冬記・梅木幸治・江藤泰山・丸山純孝・内田泰三（2006）十勝川下流域の水生・湿生植物の分布と生育環境条件について, 日本緑化工学会誌 32: 262-265.
- 13) 田崎冬記・飯尾直人・荒瀬輝夫・丸山純孝・内田泰三（2007）北海道十勝川水系に自生する絶滅危惧種ヒシモドキ(*Trapella sinensis* Oliver)の保全対策に向けて, 日本緑化工学会誌 32: 412-414.

(2008. 8.1 受理)