

Original article

생태계교란 생물 미국가재(*Procambarus clarkii*)의 국내 서식과 분포 연구

박철우 · 김종욱 · 조윤정 · 김재구 · 이민지¹ · 김수환^{1,*}

(주)알파생태연구원, ¹국립생태원

Distribution of Invasive Alien Species Red Swamp Crawfish (*Procambarus clarkii*) in Korea. Cheol Woo Park (0000-0002-0416-4542), Jong Wook Kim (0000-0001-5387-8317), Yun Jeong Cho (0000-0003-4504-7067), Jae Goo Kim (0000-0003-1626-939X), Min Ji Lee¹ (0000-0001-5644-2199) and Su Hwan Kim^{1,*} (0000-0003-4831-5071) (Alpha Research Ecology Institute, Gunsan 54151, Republic of Korea; ¹National Institute of Ecology, Seoecheon 33657, Republic of Korea)

Abstract The red swamp crawfish (*Procambarus clarkii*) is native to northeastern Mexico and south-central United States. But the species has been introduced to other parts of the world, and cause ecological problems including habitat destruction and competition with indigenous species. In this study, we identified the distribution of *P. clarkii* in the freshwater system in Korea. *P. clarkii* were collected in the field sampling and it is assumed that they have settled in major domestic water systems of Korea including six points in the Yeongsangang River, five points in the Mangyeonggang River, two points in the Seomjingang River, and one point in the Geumgang River. In particular, more than 20 individuals were found in Seobongri, Wanjugun and Mosanri, Hampyeonggun, which are believed to form a relatively large population. Considering high mobility and environmental adaptability of the species, the possibility of their dispersal to other water systems is very high. Therefore, continuous monitoring and assessment of their distribution and potential spread are required and effective management to remove them policy is needed to prevent damage in the Korean ecosystem.

Key words: dispersion, invasive alien species, red swamp crawfish, ecosystem management, Korean ecosystem

서 론

교통과 무역의 발달로 기존 서식 지역을 벗어난 생물의 이동이 증가하고 있으며, 이러한 생물종이 다른 지역으로 이동 및 정착하는 일이 국내외에 많이 발생하고 있다(Williamson, 1996; Lowe *et al.*, 2000; Bang *et al.*, 2004; Hill *et al.*, 2010). 외래 생물의 유입은 식량 해결 및 사육 등과 같이 인간의 필요성에 의해 주로 발생하고, 대부분

초기 목적과는 다르게 토착종과 생태계에 악영향을 미치고 있으며, 막대한 경제적 손실을 유발하여 전 세계적으로 심각한 문제가 되고 있다(Lovell *et al.*, 2006; Shine, 2010).

국내의 경우 다양한 목적으로 유입된 외래생물 중 생태계에 균형에 교란을 가져올 우려가 있거나 우려가 있는 30종(동물 14종, 식물 16종)을 생태계교란 생물로 지정하여 관리하고 있다(환경부 고시 제2020-114호).

본 연구의 대상 종인 미국가재(*Procambarus clarkii*)는 십각목 Decapoda 가재과 Cambaridae에 속하는 저서성 대형무척추동물로 멕시코 북동부 및 미국 중남부가 원산지이며, 아시아, 유럽과 아프리카 등 전 세계에 유입되어 많

Manuscript received 25 November 2020, revised 7 December 2020, revision accepted 7 December 2020

* Corresponding author: Tel: +82-41-950-5805, Fax: +82-41-950-6103
E-mail: ksh0814@nie.re.kr

© The Korean Society of Limnology. All rights reserved.

This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>), which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provide the original work is properly cited.

은 문제를 야기하고 있다(Huner, 2002; Gherardi, 2006; Lee and Park, 2019). 개체의 몸 길이는 15 cm 정도이며, 붉은색, 흰색, 푸른색 등 다양한 채색을 띠며, 동물 사체나 수서곤충은 물론 수생식물까지 다양하게 섭식하는 것으로 알려져 있다(U.S. Fish and Wildlife Service, 2015). 또한 용존 산소가 낮은 상태에서도 생존이 가능하며, 굴을 파는 습성으로 인하여 토착생물의 서식지를 파괴하고, 수생태계를 교란시킬 수 있다(Bissattini *et al.*, 2015; Haubrock *et al.*, 2019). 유럽에서는 먹이 경쟁을 통해 토종 가재의 서식을 방해하고, 가재전염병(*Aphanomyces astaci*)을 매개하는 것으로 알려져 유럽의 악성 침입성외래종에 포함되어 있다(Catherine *et al.*, 2016). 일본의 경우 1930년 이전에 일본 전역에 분포했던 일본가재 *Cambaroides japonicus*가 미국가재에 의해 서식지가 급격히 파괴되어 현재는 일본의 북쪽 일부에서만 서식하는 것으로 보고하고 있다(Nakata *et al.*, 2002; Kawai and Kobayashi, 2005). 그 밖에도 중국 장쑤성, 후베이성 및 필리핀, 대만 등에서도 이와 같은 문제를 일으키는 것으로 보고된 바 있다(Xinya, 1988; Huner, 2002; Gherardi, 2006).

최근 미국가재의 국내 서식이 확인되었으며, 분포 영역이 지속적으로 확대될 것으로 보고하고 있으며(Song *et al.*, 2018; Kim *et al.*, 2019; Lee and Park, 2019), 국내 생태계에 교란을 야기할 우려가 높아 환경부에서 2019년 생태계교란 생물로 지정 고시하여 관리하고 있다. 본 연구에서는 미국가재의 국내 서식지와 정확한 분포 범위를 파악하는데 있으며, 이러한 연구 자료를 토대로 급격한 확산 양상과 생태계위해성을 파악할 수 있다. 또한 환경부 및 지자체에서 생태계교란 생물인 미국가재를 효과적으로 관리할 수 있도록 하는 기초자료로 활용하고자 한다.

재료 및 방법

미국가재의 정착과 확산을 확인하기 2019년 9월과 10월에 만경강과 영산강 유역의 200개(만경강 100개, 영산강 100개) 지점을 2회 이상 조사하였으며, 인터넷 게시물, 블로그와 카페 등에서 국내 서식 정보를 확인하여 금강, 한강, 섬진강 지역의 출현 가능성이 높은 지점에 대해 2020년 9월까지, 총 228개 지점에서 조사를 실시하였다(Fig. 1). 조사 지점의 선정은 대상종이 선호하는 서식지 유형을 확인하여, 강과 하천의 지류와 본류, 소규모 저수지, 수변공원, 배후습지 등 가능한 모든 서식지 유형을 포함하여 선정하였다.

미국가재의 포획은 통발(우산형)에 먹이(북어포, 마른멸

치 등 건어물)를 넣어 24시간 이상 설치 후 확인하였으며, 일부 지점에서는 족대와 뜰채를 사용하여 조사하였다(Fig. 2). 통발 설치 지점은 대상종의 생태적 특성을 반영하여 유속이 느리고 수초가 풍부한 지점에 주로 설치하였다.

결과 및 고찰

미국가재의 국내 분포 및 서식 현황을 조사한 결과 총 228개 지점을 조사하여 14개 지점에서 미국가재의 서식을 확인하여 전체 조사지점의 6.1%에서 서식이 확인되었으며, 영산강, 섬진강, 만경강 주변, 및 청주에서 총 141개체가 확인되었다. 영산강은 6개 지역에서 65개체가 확인되었다. 기존 조사(Kim *et al.*, 2019)에서 서식이 알려진 지식천(21개체), 대초천(12개체)과 풍림저수지(1개체) 외에 전라남도 장성군 황룡면 제2황룡교 인근(N 35°20'39.00", E 126°46'11.44")과 전라남도 함평군 해보면 해보리 모산리 방죽(N 35°10'8.39", E 126°36'6.82") 2개 지점에서 각각 1

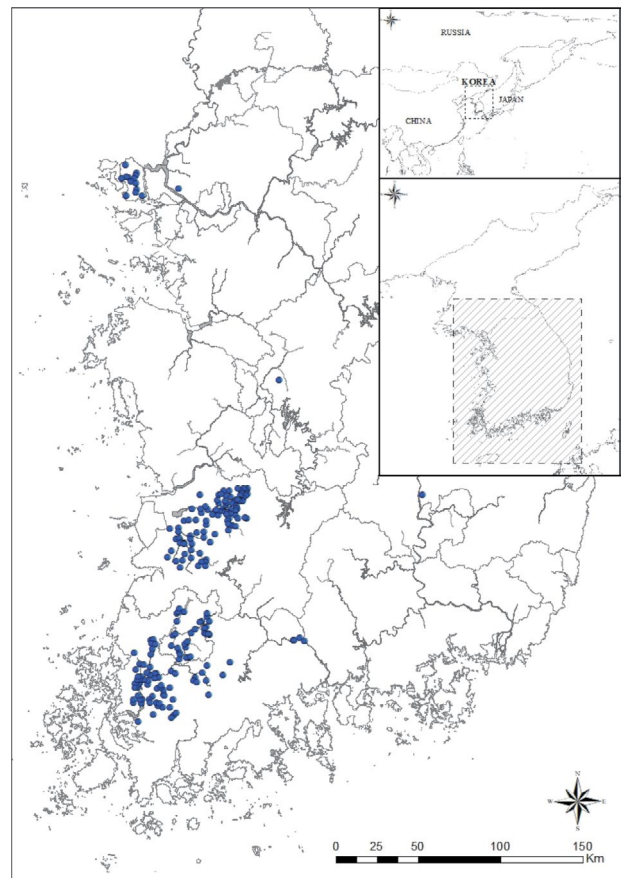


Fig. 1. Study sites for the habitat and distribution of red swamp crawfish in Korea.

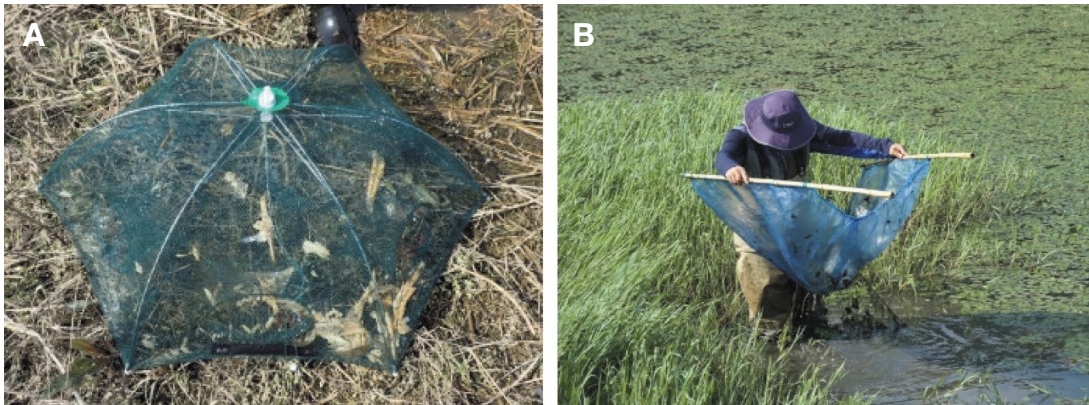


Fig. 2. Sampling of red swamp crawfish using a trap (A) and kick-net (B).

Table 1. Locations sampling sites where red swamp crawfishes were collected and the number of individuals collected in each site in this study

River basin	Site NO.	Location	GPS	Number of individuals
Yeongsangang River	1	Wolpyeong-ri, Hwangnyong-myeon, Jangseong-gun	N 35°17'28.43" E 126°46'11.44"	1
	2	Haebo-ri, Haebo-myeon, Hampyeong-gun	N 35°10'8.39" E 126°36'6.82"	30
	3	Singa-ri, Geumcheon-myeon, Naju-si	N 35°3'11.68" E 126°46'33.73"	11
	4	Ogye-ri, Nampyeong-eup, Naju-si	N 35°0'33.72" E 126°51'52.49"	10
	5	Usan-ri, Nampyeong-eup, Naju-si	N 34°59'1.36" E 126°52'56.67"	12
	6	Poongnim-ri, Nampyeong-eup, Naju-si	N 35°2'3.80" E 126°52'26.52"	1
Mangyeonggang River	7	Gumi-ri, Bongdong-eup, Wanju_Gun	N 35°56'21.86" E 127°8'48.68"	2
	8	Yulso-ri, Bongdong-eup, Wanju-Gun	N 35°57'29.44" E 127°10'30.67"	8
	9	Seobong-ri, Gosan-myeon, Wanju-gun	N 35°59'27.62" E 127°12'22.71"	20
	10	Seobong-ri, Gosan-myeon, Wanju-gun	N 35°59'40.38" E 127°12'28.09"	12
	11	Janggi-ri, Bongdong-eup, Wanju-gun	N 35°58'26.29" E 127°7'37.22"	1
Seomjingang River	12	Yangcheon-ri, Ganjeon-myeon, Gurye-gun	N 35°11'16.10" E 127°32'44.23"	20
	13	Yangcheon-ri, Ganjeon-myeon, Gurye-gun	N 35°11'21.42" E 127°33'0.66"	10
Geumgang River	14	Seonghwa-dong, Seowong-gu, Cheongju-si	N 36°36'45.62" E 127°27'8.91"	3

개체와 30개체가 추가로 확인되었다(Table 1, Fig. 3).

만경강은 본류를 포함한 고산천 등 지류 하천과 농업용저수지에서 조사한 결과 전라북도 완주군 봉동읍 구미리 대간선수로(N 35°56'21.86", E 127°8'48.68") 2개체, 봉동읍 울소리 울소제(N 35°57'29.44", E 127°10'30.67") 8개체, 고산면 서봉리 신태제(N 35°59'27.62", E 127°12'22.71") 20개체, 서봉리 소류지(N 35°59'40.38", E 127°12'28.09") 12개체 및 완주군 봉동읍 장기리 목동저수지(N 35°58'26.29", E 127°7'37.22") 1개체로 총 43개체가 확인되었다. 이는 만경강 상류지역에 주로 분포하는 것으로 확인되었다(Table 1, Fig. 3).

또한 섬진강 일대인 전라남도 구례군 간전면 양천리 섬진강어류생태관(N 35°11'16.10", E 127°32'44.23")과 섬

진강 본류인 전라남도 구례군 간전면 간전교(N 35°11'21.42", E 127°33'0.66")에서 각각 20개체, 10개체가 확인되었고, 금강지역인 충청북도 청주시 서원구 성화동 잠자리공원(N 36°36'45.62", E 127°27'8.91")에서 3개체가 조사되었다(Table 1, Fig. 3).

미국가재는 국내에 서식하는 토종가재(*Cambaroides similis*)와는 달리 이동성이 매우 높아 하루에 평균 4 km 정도 이동할 수 있으며, 산란기 수컷의 경우 그 이상으로 이동할 수 있는 것으로 알려져 있다(Gherardi and Barbarelli, 2000; Gherardi et al., 2002; Loureiro et al., 2015). 이에 서식이 확인된 영산강 지역의 인접 하천, 저수지 혹은 농경지로의 확산 우려가 있으며, 만경강 지역의 울소제, 대간선수로, 신태제, 목동저수지와 서봉리는 미국가재의 서

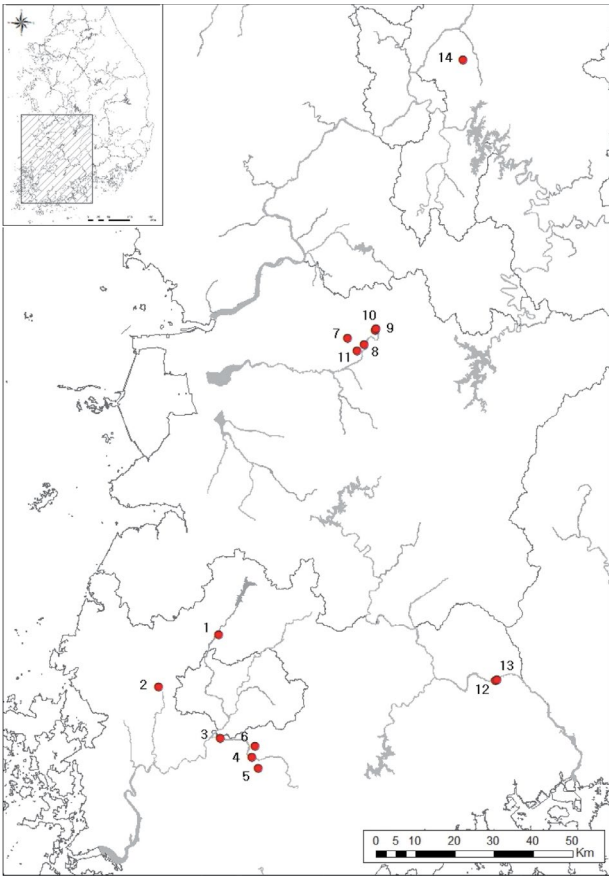


Fig. 3. Check points for habitats red swamp crawfish in this study (red spot, 1~14).

식이 확인되지 않은 만경강 본류로의 확산 위험이 높으며, 대간선수로의 경우 전북 완주뿐만 아니라 인근 전주, 익산까지 광범위한 지역을 연결하고 있어 광역 확산 경로로 작용할 수 있다.

또한 섬진강에서 확인된 미국가재의 경우 섬진강어류생태관의 인공연못과, 섬진강본류 습지에서 확인되었다. 이에 섬진강에서는 확산에 대한 지속적인 모니터링을 실시하여야 하며, 강력한 퇴치 활동 진행하여 초기에 조기 관리하는 것이 필요하다. 금강 수계의 청주 잠자리공원은 아파트 단지 내에 조성된 인공연못으로 인위적인 유기 가능성이 매우 높으며, 하천이나 주변지역으로 연결되어 있지는 않아, 다른 지역으로의 급격한 확산가능성은 낮을 것으로 판단된다.

이외 강화도 지역과 경기도(일산호수공원) 및 경북 칠곡의 낙동강 유역의 조사에서는 미국가재의 서식이 확인되지는 않았다. 하지만 이 지역도 위의 서식 지역과 같이 인터넷블로그 등의 자료에서 미국가재의 자연생태계 서식을 주장하고 있어, 이에 대해서도 추가 확인이 필요하다.

관상용 등으로 사육하던 개체가 자연생태계로 유기된다면 국내의 대부분 지역에서 정착과 서식이 가능(National Institute of Ecology, 2018)하기 때문에 국내 자연생태계에서의 발견 정보에 대해 항상 주의 깊게 확인하여, 자연생태계 정착 초기 광역적 확산 이전에 관리 대책을 마련하여야 한다.

미국가재는 습지나 유속이 느린 하천 등에서 주로 서식하며, 수중생활을 하지만 건조하거나 온도가 높아지면 진흙이나 모래에 굴을 파고 들어가는 습성을 가지고 있다(Ingle, 1997). 또한 0~40°C의 서식 수온 범위, pH 5.8~10, 12 ppt 이상의 염도와 3 ppm 이하의 용존산소량에서도 서식이 가능한 넓은 환경내성범위를 가지고 있어(Dong *et al.*, 2015; US. Fish and Wild life Service, 2015; Kim *et al.*, 2019; Lee and Park, 2019), 국내 생태계에 적응하여 급격하게 확산될 우려가 있다. 이에 추가적으로 발견된 서식지에서도 무리 없이 빠르게 정착, 확산 될 것이며, 국내 토착종에 서식에 악영향을 줄 것으로 판단 된다.

국내 생태계에서 정착한 미국가재는 애완용(관상용)으로 사육되던 개체들의 방생으로 유입된 것으로 보고하고 있으며(Song *et al.*, 2018; Lee and Park, 2019), 인위적으로 유입되어 자연생태계에 정착한 미국가재를 완전 제거하는 것은 매우 어려운 일이다. 따라서 미국가재에 의한 수생태계 교란 등 생태적 피해와 농경지나 양식장 등의 경제적인 피해를 막기 위해서는 지속적인 제거와 관리 노력이 절실하다.

적 요

미국가재는 멕시코 북동부 및 미국 중남부가 원산지로서, 전 세계에 유입되어 서식처 파괴와 토착종과의 경쟁 등 많은 문제를 야기하고 있다. 본 조사에서 영산강 6개 지점, 만경강 5개 지점, 섬진강 2개 지점 금강 1개 지점에서 확인되었으며, 주요 수계에서 정착 서식하는 것으로 나타났다. 완주군 서봉리와 함평군 모산리는 20개체 이상이 확인되어 비교적 큰 개체군을 형성하고 있을 것으로 추정된다. 높은 이동성과 환경적응력으로 보아 확인된 지점에서 타 수계로의 유입 가능성이 매우 높을 것으로 생각되며, 이에 지속적인 확산 현황 파악과 생태계 피해 예방을 위한 지속적인 제거 노력이 필요하다.

저자정보 박철우(주) 알파생태연구원 연구원, 김종욱(주) 알파생태연구원 연구원, 조윤정(주) 알파생태연구원 연구원, 김재구(주) 알파생태연구원 대표, 이민지(국립생태원

생태안전연구실 외래생물연구팀 연구원), 김수환(국립생태원 생태안전연구실 외래생물연구팀 전임연구원)

저자기여도 주저자 박철우와 교신저자인 김수환은 본 연구를 설계하고 수행하였으며, 공동저자인 김종욱, 조윤정, 김재구는 공동으로 본 연구에 참여하였으며, 본 연구 논문은 김수환과 박철우, 이민지가 원고를 작성하였고, 모든 저자는 원고를 확인하였습니다.

이해관계 본 연구 논문의 모든 저자는 이해관계에 충돌이 없음을 밝혀드립니다.

연구비 본연구는 국립생태원 외래생물연구팀의 연구사업에 의해 수행되었으며, 특히 생태계교란생물모니터링(NIE-법정연구-2020-09)의 사업 지원에 의해 수행되었습니다.

REFERENCES

- Bang, S.W., M.H. Kim and T.H. Ro. 2004. Development of Integrated Management Plan for Abating the Threats from Invasive Alien Species in Korea. Korea Environment Institute, Seoul. 325 pp.
- Bissattini, A.M., L. Traversetti, G. Bellavia and M. Scalici. 2015. Tolerance of increasing water salinity in the red swamp crayfish *Procambarus clarkii* (Girard, 1852). *Journal of Crustacean Biology* **35**(5): 682-685.
- Catherine, S., M.A. Pedro, A. Laura, B. Filipe, C. Justine, C. Christoph and T. Elena. 2016. The red swamp crayfish *Procambarus clarkii* in Europe: Impacts on aquatic ecosystems and human well-being. *Limnological* **58**: 78-93.
- Dong, C., S. Bai and L. Du. 2015. Temperature regulates circadian rhythms of immune responses in red swamp crayfish *Procambarus clarkii*. *Fish & Shellfish Immunology* **45**: 641-647.
- Gherardi, F. 2006. Crayfish invading Europe: the case study of *Procambarus clarkii*. *Marine and Freshwater Behaviour and Physiology* **39**: 175-191.
- Gherardi, F. and S. Barbaresi. 2000. Invasive crayfish: activity patterns of *Procambarus clarkii* in the rice fields of the Lower Guadalquivir (Spain). *Archiv für Hydrobiologie* **150**: 153-168.
- Gherardi, F., E. Tricarico and M. Ilhéu. 2002. Movement patterns of an invasive crayfish, *Procambarus clarkii*, in a temporary stream of southern Portugal. *Ethology Ecology & Evolution* **14**: 183-197.
- Haubrock, P.J., A.F. Inghilesi, G. Mazza, M. Bondoni, L. Solari and E. Tricarico. 2019. Burrowing activity of *Procambarus clarkii* on levees: analysing behaviour and burrow structure. *Wetlands Ecology and Management* **27**: 497-511.
- Hill, J.K., H.M. Griffiths and C.D. Thomas. 2010. Climate change and evolutionary adaptations at species' range margins. *Annual Review of Entomology* **56**: 143-159.
- Huner, J.V. 2002. *Procambarus*. In: Biology of Freshwater Crayfish (Holdich, D. ed.). Blackwell, Oxford. p. 541-584.
- Ingle, R.W. 1997. Crayfishes, Lobsters, and Crabs of Europe: an illustrated guide to common and traded species. Chapman & Hall, London. 231 pp.
- Kawai, T. and Y. Kobayashi. 2005. Origin and Current Distribution of the Alien Crayfish, *Procambarus clarkii* (Girard, 1852) in Japan. *Crustaceana* **78**(9): 1143-1149.
- Kim, S.H., H.J. Baek and G.B. Yang. 2019. Report on settlement of alien species red swamp crawfish (*Procambarus clarkii*) in Korea. *Korean Journal of Ecology and Environment* **52**(4): 333-339.
- Lee, D.S. and Y.S. Park. 2019. Evaluation of potential distribution area of the red swamp crayfish (*Procambarus clarkia*) in South Korea. *Korean journal of Ecology and Environment* **52**(4): 340-347.
- Loureiro, T.G., P.M.S.G. Anastácio, P.B. Araujo, C. Souty-Grosset and M.P. Almerão. 2015. Red swamp crayfish: biology, ecology and invasion - an overview. *Nauplius* **23**: 1-19.
- Lovell, S.J., S.F. Stone and L. Fernandez. 2006. The economic impacts of aquatic invasive species: a review of the literature. *Agricultural and Resource Economics Review* **35**: 195.
- Lowe, S., M. Browne, S. Boudjelas and M. De Poorter. 2000. 100 of the world's worst invasive alien species: a selection from the global invasive species database (Vol. 12). Auckland: Invasive Species Specialist Group. 11 pp.
- Nakata, K., T. Hanano, K.I. Hayashi and T. Kawai. 2002. Lethal limits of high temperature for two crayfishes, the native species *Cambaroides japonicus* and the alien species *Pacifastacus leniusculus* in Japan. *Fisheries Science* **68**: 763-767.
- National Institute of Ecology. 2018. Investigating Ecological Risk of Alien Species (V). 107 pp. (in Korean)
- Shine, R. 2010. The ecological impact of invasive cane toads (*Bufo marinus*) in Australia. *The Quarterly Review of Biology* **85**: 253-291.
- Song, H.R., N.Y. Kim, S.H. Kim, D.E. Kim, D.H. Lee, D.R. Choi, H. Lee, H.J. Baek, D. Kim, M.J. Kim, T.B. Ryu, Y.C. Kim and S. Sim. 2018. Investigating Ecological Risk of Alien Species (V). National Institute of Ecology, Secheon, Korea. 89 pp.
- U.S. Fish and Wildlife Service. 2015. Red Swamp Crayfish (*Procambarus clarkii*) Ecological Risk Screening Summary. U.S. Fish and Wildlife Service. 21 pp.
- Williamson, M. 1996. Biological invasions. Chapman & Hall. London. 244 pp.
- Xinya, S. 1988. Crayfish and its cultivation in China. *Freshwater Crayfish* **7**: 391-395.