

<Short Note>

태백 구문소 구하도 퇴적단면의 연대측정을 통한 하도(황지천)의 유로 변화 연구

신승원¹ · 정대교^{1,*} · 최정현²

¹강원대학교 지질학과

²한국기초과학지원연구원

요 약

구하도는 과거에 하천이 흘렀던 곳으로, 강원도 태백시의 구문소 인근에는 구문소로 황지천이 관통하기 이전의 구하도로 추정되는 저지대에 퇴적층이 위치하고 있으며, 퇴적층의 특성과 OSL 연대측정을 통하여 유로 변화과정에 관한 연구를 수행하였다. 퇴적층은 크게 두 개의 단위로 구별할 수 있으며, 기반암인 석회암 상위에 쌓여있는 하부층은 모래질 자갈층으로 역은 소하도 형태를 보이며 수차례 반복 누적되어 있으며 소형 망상하천 내에서 내부 유로 변경에 따라 사질 또는 역질 사주가 측방 혹은 하류 방향으로 성장하면서 형성한 퇴적층으로 추정되는데, 약 7만년 이전부터의 하천 활동에 의해 형성된 것으로 판단된다. 이후 하천이 지금의 구문소 방향으로 장애 석회암 지형을 부분 관통하며 유로변화가 일어났고 유량이 감소함에 따라 상부층이 축적되었는데, 하부층에 비하여 평균 입도는 감소하고 작은 역들은 일부 표면이 산화되어 관찰된다. 연대측정 결과 약 3만년 경에는 황지천 하도 유로의 구문소 부근 장애지형 부분 관통됨으로써 유수가 이원화되어 흘렀고, 약 1만년 이후에는 더 이상 구하도 지역으로 유수가 흐르지 않고 현재의 유로로만 황지천이 흐른 것으로 해석된다.

주요어: 구문소, 구하도, OSL 연대측정, 망상하천

Seungwon Shin, Daekyo Cheong and Jeong-Heon Choi, 2016, Evolution process of the abandoned channel around Gumunso in Taebaek, Korea, based on OSL dating of sedimentary layers. Journal of the Geological Society of Korea. v. 52, no. 1, p. 51-56

ABSTRACT: An abandoned channel (or paleo-channel) was once a river channel, but no longer is active due to avulsion. The sedimentary layers located at an abandoned channel of Hwangji Stream was trenched and have been dated with OSL (Optically Stimulated Luminescence) dating method, in order to elucidate the evolution process of the paleo-channel around Gumunso in Taebaek, Korea. The sedimentary section is divided into two parts. A lower part is sandy gravel sediments, consisting of repeated small channel-shaped layers, which had been formed as sandy or gravelly bar deposits of lateral and downward accretion within a braided stream since 70,000 year BP. The upper part is finer sediments including small oxidized gravels which have been deposited after the Hwangji Stream penetrated partially a downward limestone topographic barrier since 30,000 year BP. At that time the stream was bifurcated into two pathways, and the old channel was still active but the discharge decreased rapidly resulting in finer sandy gravelly deposition representing flooding times. Finally since 10,000 years BP the paleo-channel of Hangji Stream has not been active any longer.

Key words: Gumunso, abandond channel, OSL age dating, braided river

(Seungwon Shin, Daekyo Cheong, Department of Geology, Kangwon National University, Chuncheon 24341, Republic of Korea; Jeong-Heon Choi, Geochronology Group, Korea Basic Science Institute, Chungbuk 28119, Republic of Korea)

* Corresponding author: +82-33-250-8559, E-mail: dkcheong@kangwon.ac.kr

1. 서론

구하도(abandoned channel, paleo-channel)는 과거에는 하천의 활동이 있었으나, 지금은 중단된 과거의 물이 흘렀던 흔적 혹은 과거에는 하천에 물이 흘러 하도의 역할을 하였으나, 지금은 하천의 유로가 변화하여 물이 거의 흐르지 않는 지역을 말한다(Goudie, 2004; Lee, 2011). 우리나라의 여러 구하도 형성 시기는 매우 다양하다고 알려져 있다. 기반암에 의해 유로가 지배되는 감입곡류 하천의 경우는 수 만년에서 수십 만년 전에 곡류의 절단으로 형성되었을 것이며, 최근 하천 주변의 제방공사 등으로 만들어진 인위적인 구하도는 수 십년 전에 형성된 곳도 있다. 따라서 자연적인 하천의 유로 변화로 만들어진 구하도는 하천 시스템을 이해하는데 있어 매우 중요한 학술적 가치가 있다고 할 수 있다.

현재 국내에서 구하도를 주제로 한 연구는 매우 소수에 불과한데, Suh (1988)는 영월군 방절리, 제천시 구학리, 태백시 동점동을 대상으로 구하도가 관찰되는 지역의 지형학적 특성과 주변 퇴적물을 분석하여 기반암에 의해 규제되는 감입곡류하천의 형성 과정을 연구한 바 있다. 그리고 Song (1993)은 감입곡류 절단에 의한 구하도의 형성과정을 단계별로 설명한 바 있다. 또한, 최근에는 지형학적 연구를 통해 우리나라 구하도의 유형과 분포 특성과 형성시기를

종합하여 제시한 바 있다(Lee, 2011, 2012). 또한, 이외에도 구하도를 주제로 한 연구들이 있었으나, 대부분 지형학적인 관점에서 하도의 패턴과 지형의 변화과정에 대한 설명을 하였다(Jeong and Lee, 2004; Lee and Yoon, 2004; Lee *et al.*, 2005a, 2005b; Son, 2009). 그러나 형성시기를 연구한 논문에서조차 대부분 하안단구나 구하도 곡저의 하천 퇴적층에서 채취한 매우 소수의 퇴적물 시료에 대한 연대측정 결과를 제시하고 있는데, 신뢰도는 다소 낮은 것으로 판단되며, 특히 각 지역별로 한 지점에 대한 절대연대 값만을 제시하고 있어 자료에 대한 신뢰는 높지 않다고 사료된다. 또한 국내에서는 구하도를 수직 절단하여(trenching) 하도의 활동 시기와 하천의 유로변화가 있었던 시기를 정량적으로 제시한 경우는 아직 찾아볼 수 없다. 따라서 이번 연구에서는 태백시 구문소 부근의 황지천 구하도로 추정되는 퇴적층의 수직단면에서 시료를 깊이별로 채취해 하도의 활동시기를 정밀한 절대연대측정을 통하여 보다 정확하게 제시하고, 특히 최상부 퇴적층의 축적 시기를 측정하여 최종적으로 유로가 변해 구하도로 전환된 시기를 추정하고자 한다.

이번 태백 구문소 구하도의 연구는 앞서 설명하였듯이 국내 최초의 구하도 절개 단면에서 순차적인 퇴적 연대를 제시함으로써 지형학적 연구에 있어 매우 중요한 자료를 제시할 수 있을 것으로 판단된다.



Fig. 1. Geomorphology of Gumunso area in Taebaek (a) and location of the sedimentary section.

2. 연구지역의 수계

연구지역은 과거 황지천이 흘렀던 지역으로 추정되며, 현재는 태백시 수질환경사업소의 하류쪽으로 사업소 확장으로 구하도 퇴적층이 노출되어 연구를 진행하게 되었다. 과거 황지천이 흘렀던 흔적이 아직도 잘 남아있으며, 하류로 내려가 현재의 구문소 지점에서 철암천을 만나 낙동강 상류를 형성했던 것으로 추정된다(그림 1).

구하도의 수계로 추정되는 낙동강 유역의 최상류 하천인 황지천은 기반암에 의해 유로가 정해지는 갑입곡류 하천의 성격을 띠고 있다. 황지천은 총 길이 20.5 Km로 하천의 발원지에서는 고산지역의 계곡을 따라 발달하는 수지상 하천형을 유지하다가 황지천과 철암천을 만난 이후에는 하류 방향으로 망상하천 혹은 사행하천 형태로 변화한다.

황지천은 애초 하천의 침식사면인 구문소 부근 석회암 장애지형을 만나 남서방향으로 크게 우회하여 현재 연구 중인 구하도 지역으로 곡류했던 것으로 추정되며, 이후 철암천과 합류했을 것이다. 과거 황지천과 철암천의 곡류부 공격사면에 해당하는 구

문소 부근 석회암 지형은 능선의 서쪽은 황지천에 의해 침식되고, 동쪽은 철암천에 의해서 측방침식이 활발히 진행되었을 것이다. 즉, 구문소는 황지천이 아닌 철암천의 침식사면에 발달한 깊은 웅덩이로 석회암에 발달된 단층과 절리 때문에 깊은 소가 형성되었다. 이후 황지천의 침식으로 구문소 방향으로 관통 터널이 자연적으로 형성되면서 유로가 변경되고 암반을 침식시킨 굴 형태의 하천 유로가 형성된 것으로 추정된다. 이렇듯 황지천의 유로변화는 구하도의 형성, 구문소의 관통 하도 형성 등 다양한 특이 지형과 학술적 가치를 지닌 자연유산을 제공하고 있다.

3. 퇴적단면과 OSL연대측정 결과

퇴적단면은 크게 거력을 포함하는 원마도가 양호한 역들로 조성된 하부층과 잔자갈과 모래층 및 일부 철산화물로 피복된 상부층으로 구별가능하다. 퇴적층의 연대를 파악하기 위하여 하부층에서 3지점, 상부층에서 2지점을 선별하여 OSL (Optically Stimulated Luminescence) 연대를 측정하였다.

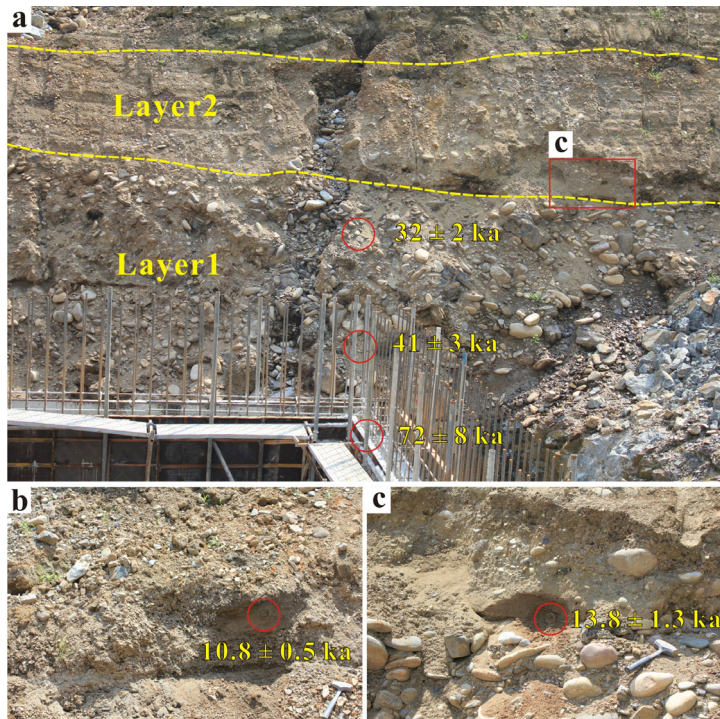


Fig. 2. Sedimentary units and OSL dating results.

3.1 하부층(Layer 1)

퇴적 단면 최하부 구간으로 기반암 위를 덮고 있는 자갈층으로 두께는 5~7 m로 위치에 따라 층 두께가 달리 분포하고 있다. 기반암은 두무동층에 해당하는 암회색의 석회암이 괴상의 형태로 나타나며, 일부 단층면이 위치하여 기반암의 표면 높이가 차이를 보인다. 퇴적층은 모래질 자갈층으로 입자지지(grain supported)로 되어 있으며, 역의 배열은 소하도의 형태를 보이는 것이 수차례 반복해서 관찰된다. 역의 크기는 3~30 cm로 다양한 크기를 보이고 있으며, 원마도는 원형(rounded)으로 매우 양호하다. 역은 석회암, 사암, 화강암 등 다양한 조성을 보이고 있다.

3.2 상부층(Layer 2)

퇴적 단면 Layer1 상부에 놓이며, 하부층과는 뚜렷한 경계면을 보이고 있다. 역의 크기가 하부층에 비해 작고 모래의 함량이 높다. 층의 두께는 2 m로 최상부면은 산화되어 붉은 색조를 보이고 있다. 자갈은 5 cm 내외 크기로 원마도는 원형에서 아원형으로 되어 있으며, 측면의 같은 층에서는 모래층도 관찰되며, 엽층리가 잘 발달되어 있다.

3.3 OSL 연대측정

퇴적층은 자갈과 모래로 구성되어 유기물의 함량이 거의 없고, 목탄 등도 확인이 되지 않아 OS� 연대

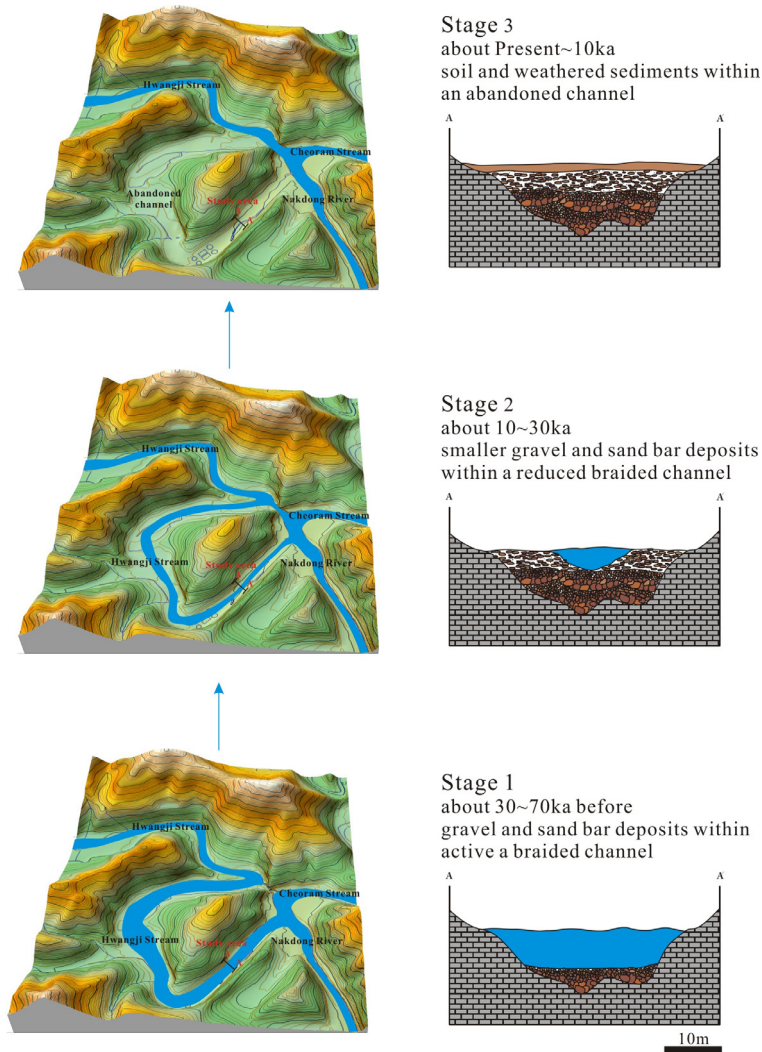


Fig. 3. Schematic diagram of evolution process of the abandoned channel around Gumunso area.

Table 1. OSL age dating results of abandoned channel sediments.

Sample Code	Depth (cm)	Dose Rate (Gy/ka)	Water content (%)	Equivalent Dose (Gy)	Aliquots used (n)	OSL age (ka, 1 σ SE)
TB-1	top	3.05 \pm 0.08	37.0	32.8 \pm 1.3	16/16	10.8 \pm 0.5
TB-2	side	2.71 \pm 0.07	37.1	37.4 \pm 3.3	16/16	13.8 \pm 1.3
TB-3	310	3.95 \pm 0.10	35.6	128 \pm 7	16/16	32 \pm 2
TB-4	630	4.14 \pm 0.10	30.0	172 \pm 12	16/16	41 \pm 3
TB-5	850	2.66 \pm 0.07	27.0	91 \pm 20	16/16	72 \pm 8

측정법을 이용하여 퇴적층의 연대를 도출하고자 하였다. 시료는 30 cm 스테인레스 파이프를 사용하여 채취되었으며 한국기초과학지원연구원 오창센터에 설치된 루미네선스 자동측정장치(Model: Risø TL/OSL-DA-20C/D)를 이용하여 연대측정을 실시하였다.

측정된 시료는 Layer 1 (TB-3, 4, 5)과 Layer 2 (top, side)로 두 층에서 연대가 측정되었으며, 퇴적단면의 최하부 측정지점인 850 cm 구간에서는 72 \pm 8 ka으로 측정되었다. 이후 상부 구간에서는 41 \pm 3 ka와 32 \pm 2 ka로 상부로 가면서 젊어지는 연대가 측정되어 신뢰도가 비교적 높은 것으로 해석된다. 이후 Layer 2에 해당하는 기준퇴적단면 오른쪽 모래층과 기준퇴적단면 서쪽의 모래 퇴적층의 OSL연대는 1 σ 표준오차를 기준으로 각각 14 \pm 1 ka 와 11 \pm 1 ka 로서, 2 σ 의 신뢰구간을 적용하는 경우에는 이 두 연대간의 유의미한 차이가 있다고 볼 수 없다. 따라서, 이 두 시료는 거의 유사한 시대에 퇴적되었다고 해석하는 것이 타당할 것이다.

4. 구하도의 유로 변화에 대한 토의 및 결론

연구지역은 과거 황지천이 구문소 부근 지형을 우회하여 곡류하여 흘렀던 것으로 추정되는 지역으로 하천이 관통 유로를 통해 구문소 방향으로 직선화하면서 만들어진 구하도(abandoned channel) 지역이다. 퇴적환경의 변화를 추정하기 위하여 앞서 분석한 퇴적층의 특성과 연대 자료를 활용하여 다음과 같이 시기별로 하천의 이동방향 및 유량 등을 해석할 수 있다.

4.1 Stage 1

구하도의 최하부 지층(Layer 1)이 형성된 시기로서, 이 시기에 형성된 Layer 1 하부에는 기반암인 석회암이 분포하고 있으며, 기반암과는 매우 날카로운 접촉관계를 보인다. 연구지역에 최초로 하천 하도에

의한 퇴적작용이 영향을 주기 시작한 시기로 이 당시 황지천은 현재의 장성동 지역을 지나 하류로 내려오다가 구문소 부근의 암반지형 장애에 부딪혀 연구지역으로 크게 우회 곡류하여 흘렀던 것으로 해석된다(그림 3, Stage 1). 퇴적층은 주로 원마도가 양호한 자갈층에 모래가 협재되어 있는 양상으로 전체가 큰 하도 형태로 관찰되는 것이 아니라 작은 하도 형태가 계속해서 반복해서 누적된 양상으로 형성된 것으로 추정된다. 이러한 것으로 보아 소규모의 망상하천 내에서 내부 유로 변경에 따라 사질 또는 역질 사주(sand or gravel bar)가 측방 또는 하류방향으로 성장하면서 (lateral accretion or downstream accretion) 지속적으로 축적된 퇴적층으로 해석된다. OSL 연대측정 결과 최초의 하도 내에 퇴적물이 쌓이기 시작한 시기가 약 7만년 전으로 측정되어 연구지역을 황지천이 최초 흘렀던 시기는 약 7만년 이전으로 판단된다. 이후 계속적인 자갈질 망상하천의 이동으로 자갈층이 퇴적이 일어났으며, 절대연령 측정 자료에 의하면 약 3만년 전까지 유사한 환경이 반복되어 현재의 퇴적층을 형성한 것으로 해석된다. 또한, 황지천은 이 시기에 하도를 직선화하기 위해 지속적으로 공격사면에 해당하는 구문소 방향으로 석회암 지형을 침식시켜왔을 것이다.

4.2 Stage 2

이 시기엔 Layer 2가 형성된 시기로서, 하부 Layer 1의 모래질 자갈층 상부에 놓인 자갈층으로 하부층에 비하여 자갈의 크기가 현저히 작아지며, 모래의 함량이 높게 관찰되는 지층이 형성된 시기에 해당한다(그림 3, Stage 2). 자갈은 납작한 형태의 자갈이 우세하게 많으며, Layer 1과 같이 작은 하도 형태로 이루어져 있던 망상하천 내부의 유로변화에 따른 사질 또는 역질 사주의 측방 또는 하류방향으로의 누적에 의한 퇴적작용에 의해 형성된 것으로 추정된다.

그리고 하부층에 비해 입도에서 크게 감소한 원인은 황지천의 유량과 유속 변화가 일부 영향을 준 것으로 추정된다. 황지천은 약 4만년 이상 공격사면인 석회암으로 구성된 장애지형을 침식을 시켜 약 3만년 이후에는 소규모의 관통 유로가 만들어져 일부 유량이 이를 통해 배출됨으로써 점차 본래 유로인 현재의 구하도의 하천 유량은 감소되기 시작하고 유속도 감소하여(competence와 capacity의 감소에 따른 입자 크기의 감소와 퇴적물 운반량의 감소) 퇴적작용이 변화되었기 때문인 것으로 추정된다. 홍수 시에 상대적으로 이전 홍수 시기에 비해 비교적 작은 자갈만이 잔류한 구하천으로 유입되어 축적되고 평시엔 모래크기의 퇴적물이 유입되어 자갈층 사이에 축적된 것으로 해석된다. 이러한 Layer 2 퇴적층의 형성 시기는 절대연령 측정 결과를 이용하면 약 3만년 이후부터 1만년 경으로 추정된다.

4.3 Stage 3

Layer 2 퇴적 이후의 시기로서 현재 토양층 및 매립층이 형성된 시기에 해당되며, 황지천에 의한 하도 퇴적작용이 전혀 영향을 주지 않은 시기에 해당한다(그림 3, Stage 3). 황지천의 지속적인 하류방향으로의 침식으로 하도는 구분소 방향으로 완전히 석회암 장애지형을 관통하여 유로가 직선화되었고, 구하도 지역은 얇은 습지로 변화되어 더 이상 퇴적물의 운반이 진행되지 않는 환경으로 약 1만년 전 이후 현재까지의 시기인 것으로 추정된다. 그러나 주변 고지역 산지에서 발원하는 소규모 계곡 유래의 개울에 의한 퇴적작용이 연구지역에 영향을 주었을 것으로 해석되지만, 그 영향은 미미했던 것으로 판단된다.

사 사

이번 연구는 태백시청 고생대박물관의 의뢰로 연구가 진행되었으며, 부분적으로 2014년도 강원대학교 학술연구조성비(과제번호C1011756-01-01)의 지원을 받아 연구하였기에 감사드립니다. 또한 연구의 진행에 있어 많은 도움을 준 강원대학교 지질학과 퇴적지질학연구실의 대학원생들에게 감사의 말씀을 전하며 논문을 심사해 주시고 유익한 비평을 해주신 편집위원과 이광률 교수님, 그리고 익명의 심사위원께 감사드립니다.

REFERENCES

- Goudie, A.S., 2004, *Encyclopedia of Geomorphology*, Routledge, New York.
- Jeong, S.M. and Lee, M.B., 2004, Change of Estuary Landscape in Suncheon Bay, South Coast of Korea. *Journal of the Korean Geomorphological Association*, 11, 127-139 (in Korean with English abstract).
- Lee, G.R., 2011, Study on Types and Distributional Properties of Abandoned Channels in Korea. *The Korean Geographical Society*, 46, 304-318 (in Korean with English abstract).
- Lee, G.R., 2012, Formative ages and processes by type of natural abandoned channels in Korea. *Journal of the Korea Geomorphological Association*, 19, 1-15 (in Korean with English abstract).
- Lee, G.R. and Yoon, S.O., 2004, Distribution Characteristics of the Incised Meander Cutoff in Gyeonggi and Gangwon Provinces, Central Korea. *Journal of the Korean Geography Society*, 39, 845-862 (in Korean with English abstract).
- Lee, M.B., Kim, N.S., Lee, G.R. and Han, U., 2005a, Analysis of Landscape Changes of Channel Meandering by Satellite Images in Lower Reach of Daedong and Jaeryeong Rivers, West North Korea. *Journal of the Korean Geomorphological Association*, 12, 91-102 (in Korean with English abstract).
- Lee, M.B., Lee, G.R., Kim, N.S., Shin, K.H. and Nam, H.J., 2005b, A Study on the Geomorphic Changes in Yeonbaek Coastal Plain by Using Satellite Images and Topographical Map, West Coast of North Korea. *Journal of the Korean Geomorphological Association*, 12, 73-85 (in Korean with English abstract).
- Son, I., 2009, A Geomorphology on the Baekhwa Mountains, *Journal of the Korean Geomorphological Association*, 16, 1-12 (in Korean with English abstract).
- Song, U.G., 1993, Geomorphic Development of Incised Meander in the Middle and South Part of the Korean Peninsula, *Kyungpook University Doctor Thesis* (in Korean with English abstract).
- Suh, H.J., 1988, A Study on the process of the abandoned channel formed by incised meander. *Journal of Geography Education*, 20, 43-66 (in Korean with English abstract).

Received : December 10, 2015

Revised : February 3, 2016

Accepted : February 12, 2016