

Wavelet Transform을 이용한 감조하천 수위자료의 유출성분 추출

Extraction of Runoff Component from Stage in Tidal River Using Wavelet Transform

오 창 열* / 이 진 원** / 정 성 원*** / 박 성 천****

Oh, Chang Ryeol / Lee, Jin Won / Jung, Sung Won / Park, Sung Chun

Abstract

This research applied to Wavelet transform that have soft resolution time and frequency area for stage of Hadong2 station in order to extract to discharge component by rainfall and tidal level component by tide. Approximation component(A6) of last level for wavelet decomposition displayed the biggest energy value 87.77%, and detail component(D3) energy value was 10.70% with periodicity of semidiurnal tide type(about 12 hours). Also skewness, kurtosis values of D3 have similar to tidal level of Yeosu. Approximation component(A6), Detail component(D6, D5) for Hadong2 stage was runoff component, and detail component(D4, D3, D2) was tide component according to effect of tide.

keywords : approximation component, detail component, wavelet transform, tide

요 지

본 연구는 조석의 영향을 받는 하동2 지점의 수위자료로부터 시간과 주파수 영역에서 유연한 분해능을 갖는 웨이블릿 변환을 적용하여 강우에 의한 유출성분과 조석에 의한 조위성분을 추출하였다. 최종과형 분해단계의 근사성분은 가장 큰 에너지 값인 87.77%를 나타내었으며, 상세성분 중 반일주조형의 주기성(약 12시간)을 갖는 D3의 에너지 값은 10.70%로 나타났다. 또한 D3의 왜도 및 첨도 값은 여수 조위자료와 유사함을 보여주었다. 따라서 하동2 지점의 수위자료에 대하여 최종 분해된 최종과형 분해단계의 근사성분(A6)과 D6, D5 상세성분은 유출성분이며, 상세성분 D4, D3, D2는 조석의 영향으로 수위가 상승과 하강을 반복하는 조위성분인 것으로 나타났다.

핵심용어 : 근사성분, 상세성분, 웨이블릿 변환, 조석

* 유량조사사업단 품질정책실 그룹장

Group Manager, Quality Control & Policy Division, Hydrological Survey Center, Goyang, Kyeonggi 411-805, Korea.
(e-mail: croh@kict.re.kr)

** 한국건설기술연구원 하천·해안연구실 선임연구원

Senior researcher, River & Coast Research Division, KICT, Goyang, Kyeonggi, 411-712, Korea
(e-mail: jwlee@kict.re.kr)

*** 유량조사사업단 단장

Director, Hydrological Survey Center, Goyang, Kyeonggi 411-805, Korea.
(e-mail: swjung@kict.re.kr)

**** 동신대학교 토목공학과 교수

Professor, Dongshin University, Naju, Jeonnam, 520-714, Korea.
(e-mail: psc@dsu.ac.kr)

1. 서 론

조석 현상은 지구와 달 그리고 태양의 인력 효과와 지구의 중력의 평형에 의해 발생하는 해수면의 주기적 승강운동을 의미하는 것으로서 조석의 지배를 받는 수위관측소는 약 기왕고극조위 이하의 수위에 대한 유량 결정에 많은 어려움을 수반하고 있다. 또한 감조하천 구간에서는 흐름방향의 변화와 더불어 유량 값 역시 시시각각으로 큰 변동성을 갖고 있음에 따라 약 기왕고극조위 이하에 대한 수위-유량관계곡선식 개발은 제한적인 가정에 근거하고 있다.

수위-유량관계곡선식의 중요한 매개변수인 수위자료는 하도의 특정 단면을 통과하는 물의 양에 대하여 평균해수위를 기준으로 관측한 자료이다. 이러한 수위에 대하여 적절한 형식으로 기록하거나 전송할 때 측정오차(measurement error), 계통오차(systematic bias), 동역학적 잡음(dynamical noise) 등 다양한 형태의 오차를 수반하게 된다(Kaplan, 1997). 따라서 수위-유량관계곡선식에 수위자료를 적용함에 앞서 정도 있는 수위수문자료 생성과 더불어 수위자료에 대한 특성분석에 관한 연구가 선결되어야 한다.

이처럼 수문분석의 기초자료인 수위자료에 대한 특성 분석에 관한 국내의 연구는 거의 전무한 실정이며, 웨이블릿 변환에 관한 연구 역시 초보적인 단계에 있다. 먼저 조위자료의 특성 분석에 관한 연구 동향을 살펴보면, Chen et al.(2007)은 웨이블릿 변환 함수 'db15'와 인공신경망 모형의 결합을 통하여 잡음제거와 결측조위자료의 보간, 조위 예측에 대한 적용 가능성을 보여주었다.

웨이블릿 변환 함수의 적용성에 관한 연구 동향을 대상 자료의 관점에서 연구동향을 살펴보면 다음과 같다. Drago et al.(2002)은 해수위 및 대기압에 대하여 이산형 및 연속형 웨이블릿 변환 함수를 적용하여 장·단기 특성을 규명하였으며, 권현환과 문영일(2005)은 월·년 강수량 자료 및 남방진동지수와 해수면자료에 대하여 Morlet 웨이블릿 함수를 적용하여 주기성 분석을 수행하였다. 또한 진영훈 등(2005)은 목포지방의 강수량 자료에 대하여 Daubechies의 'db9'을 적용하여 약 8년까지의 장주기성을 확인한 바 있으며 진영훈과 박성천(2006)은 웨이블릿 변환의 최적과형 분해단계 결정 도구로서 비선형동역학 이론을 적용하여 비선형동역학 이론의 중요한 결정 요건인 잡음저감을 위한 웨이블릿 변환의 적용 가능성을 보여 주었다. 광필정 등(2006)은 웨이블릿 변환과 인공신경망 이론의 결합으로 주암호 지점의 TOC 수질예측 모형을 개발하였으며, 일반적으로

인공신경망 모형의 적용시 시계반대방향으로 전이되는 Persistence 현상의 극복 가능성을 보여주었다.

이러한 다양한 시계열 자료에 대하여 웨이블릿 변환의 적용 가능성은 우수하다고 판단되나 수문시계열 자료에 국내의 연구는 미비한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 조석의 영향을 받는 하동2 지점의 수위자료에 대한 특성분석과 잡음저감을 통해 다양한 유출해석 및 수문시계열 모형화를 위한 기초자료를 제공하고자 한다. 이를 위해 다양한 주파수 성분에 따라 유연한 분해능을 강점으로 갖고 있는 웨이블릿 변환함수 적용하여 유출성분과 조위성분으로 분리하고 상관분석 방법을 검증의 도구로서 활용하고자 한다.

2. 웨이블릿 변환

웨이블릿 변환의 주된 개념은 대상 자료의 시계열을 각기 다른 주파수 성분으로 분리하는 도구이며, 각 스케일(주파수)에 따른 다양한 분해능에 의해 자료에 내재되어 있는 다양한 성분들을 조사할 수 있는 도구로써 정의된다. 시간에 따라 변화하는 신호에 대한 웨이블릿 변환은 스케일 및 시간에 따라 달라진다. 이러한 과정을 위해 적용되는 웨이블릿 함수는 함수자체에 포함된 스케일과 전이항에 의해 그 크기와 위치가 변하여 시간-주파수 영역에서 유연한 분해능을 갖고 있다(Daubechies, 1992).

각 자료의 특성에 따라 달리 선택될 수 있는 기저 웨이블릿(basis or mother wavelet)은 각 단계의 스케일 항과 전이항을 포함한 웨이블릿군(wavelet family)을 만들어내며, 그 수학적 표현은 다음의 Eq. (1)과 같다.

$$\psi_{j,k}(t) = 2^{-j/2} \psi(2^{-j}t - k) \quad (1)$$

Eq. (1)에 포함된 스케일을 나타내는 j 와 전이항을 나타내는 k 는 정수의 범위에서 정의되며, 각각 기저 웨이블릿을 시간-주파수영역에서 다른 분해능과 위치를 갖도록 변형시키는 역할을 한다. 즉 스케일 항은 웨이블릿의 크기를 전이항은 시간축을 따라 이동하는 웨이블릿의 위치를 나타낸다.

여기서 각 단계의 스케일과 전이항에 의해 표현되는 $\psi_{j,k}(t)$ 는 앞서 말한 바와 같이 기저 웨이블릿 함수로부터 도출되며, 그 특징으로는 대상 자료에 대해 조밀한 스케일, 즉 고주파 성분을 추출하는데 사용된다. 그러나 저주파 및 넓은 영역의 스케일을 추출하기 위해서는 상대적인 역할을 할 수 있는 함수가 필요하며, 이를 스케일링 함수($\phi_{j,k}(t)$)라 하고 그 수학적 표현은 Eq. (2)와 같다.

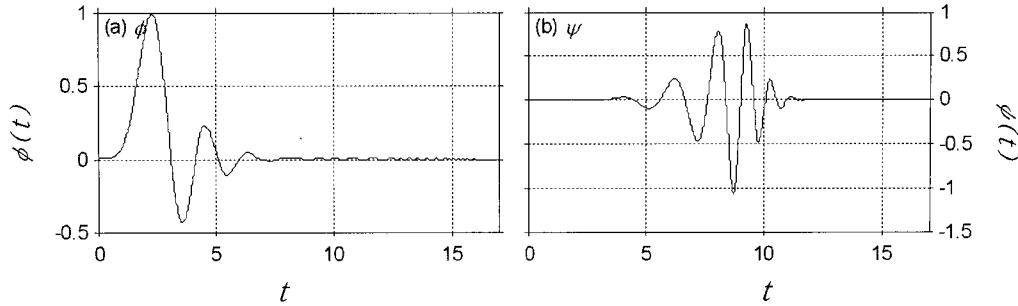


Fig. 1. (a) Scaling Function and (b) Wavelet Function for the Present Study('db10')

$$\phi_{j,k}(t) = 2^{-j/2} \phi(2^{-j}t - k) \quad (2)$$

결과적으로 대상 자료의 이산형 웨이블릿 변환 (Discrete Wavelet Transform: DWT)는 각각의 스케일과 전이항에 의해 다음 Eq. (3)과 같이 표현된다.

$$f(t) = \sum_{k=-\infty}^{\infty} a_{j,k} \phi_{j,k}(t) + \sum_{j=1}^J \sum_{k=-\infty}^{\infty} d_{j,k} \psi_{j,k}(t) \quad (3)$$

여기서 J 는 최대 분해단계를 나타내며 일반적으로 자료의 수에 따라 그 값이 결정된다.

최대 분해단계에 의해 도출된 계수인 $a_{j,k}$ 는 가장 낮은 주파수 성분 즉 가장 넓은 스케일 영역을 나타내며 대상자료($f(t)$)와 스케일링 함수($\phi_{j,k}(t)$)의 내적에 의해 산정된다. 반면에 각각의 이산형 스케일 j 와 전이항 k 에 의해 산정되는 $d_{j,k}$ 는 최대 분해단계 이전의 각 단계에서의 주파수 성분들에 대한 계수들이며, 원자료($f(t)$)와 웨이블릿 함수($\psi_{j,k}(t)$)의 내적값이다.

이러한 방법론에 의한 Daubechies의 웨이블릿 함수는 'db1'부터 'db45'까지 다양한 스케일을 갖는 웨이블릿 함수 중 본 연구에서는 'db10'을 적용하였으며, Fig. 1은 각 단계에서 다른 스케일 값을 갖는 웨이블릿 함수($\psi_{j,k}$)에 의해 분해되어 추출되는 상세성분(Detail component : D)과 스케일링 함수($\phi_{j,k}$)에 의해 분리되는 근사성분(Approximation component : A)을 나타내고 있다. 즉 원시계열 자료에 대한 DWT를 적용하여 상세성분과 근사성분을 분리 추출하는 과정을 보이고 있으며, 스케일링 함수에 의해 분리된 근사성분은 최대 분해단계까지 연속적으로 분리된다.

웨이블릿 변환의 일반적인 특징으로, 스케일 j 가 작은 값 일수록 웨이블릿 함수가 나타내는 스케일의 크기는 조밀해지며, 고주파수 성분을 나타낸다. 역으로 j 가 큰 값을 가질수록 스케일의 크기 역시 커지게 되며, 저주파수에 해당하는 성분을 대표하게 된다. 저주파수를

나타내는 성분은 근사성분(approximation)이라 하고, 고주파수 성분은 상세성분(detail)이라 부른다.

Fig. 2는 본 연구에서 적용된 웨이블릿 변환함수 'db10'의 최대 분해단계인 6단계까지의 과정을 나타내며, 이러한 과정을 위해 적용되는 스케일은 각 단계별로 2의 거듭제곱 형태(2^j)로 그 크기가 증가한다. 따라서 스케일항의 증가는 낮은 분해능으로 귀결되며 결국 최종단계에서는 가장 낮은 주파수의 성분을 추출하게 된다. 또한 원자료는 각 단계별 상세성분의 합과 6단계 근사성분의 합이다.

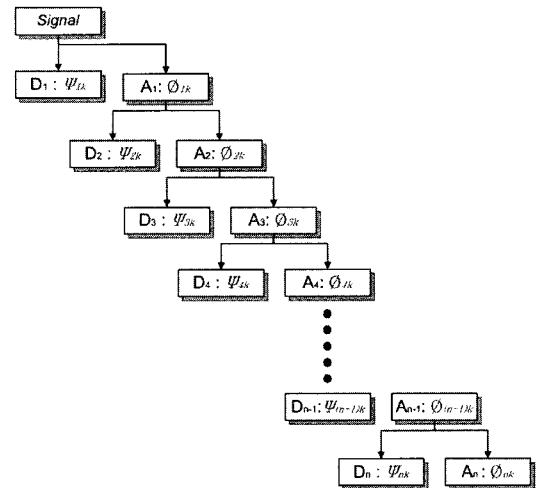


Fig. 2. Each Step Apply Course of DWT According to Scale Term

3. 대상지점 및 자료의 특성

3.1 대상지점

본 연구는 섬진강 하류부에서 남해안 조석의 영향을 받는 하동2 수위관측소 수위자료로부터 유출성분과 조위성분을 추출하고자 한다. 이에 대한 검토를 위하여 조석의 영향을 받지 않는 상류의 송정수위관측소와 섬진강 하구에서 가장 가까운 여수조위관측소를 대상지점으로 선정하였으며 대상 유역도는 Fig. 3과 같다.

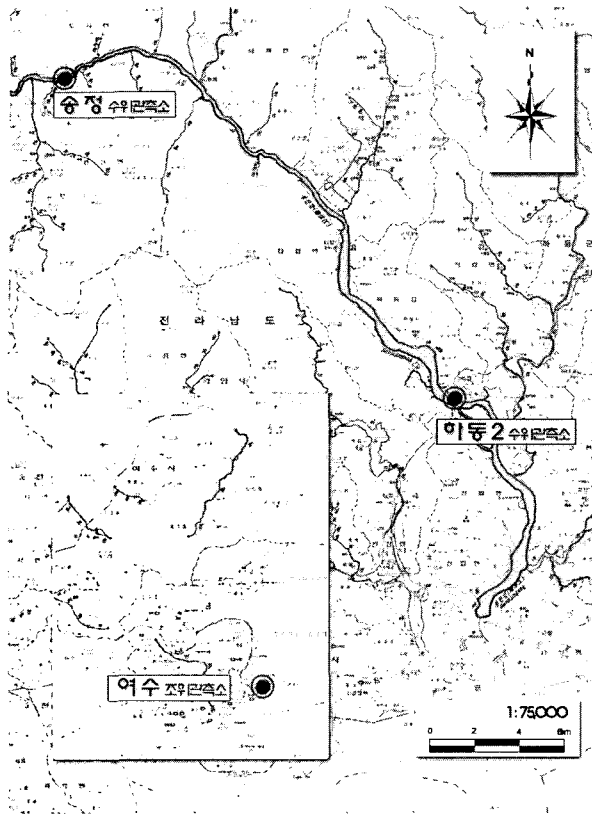


Fig. 3. Geographical Location of the Target Area.

조석의 영향을 받는 하동2 수위관측소는 1919년 2월부터 보통수위계로 관측을 개시하였고, 1998년 9월 30일부터 기 설치된 하동 수위관측소를 폐쇄하고 하동2 수위관측소를 T/M화하여 현재 운영 중인 관측소이다. 유역면적은 4,603.2km²로써 섬진강의 최하류에 위치하고 있다(유량조사사업단, 2007).

송정 수위관측소는 섬진강 유역을 대표하는 수위관측소로서 1917년 3월부터 보통수위계로 관측을 개시하였으며, 1990년 T/M으로 전환되어 관측하고 있는 지점이다. 송정 수위관측소의 유역면적은 4,269.5km²이며, 하천의 유심은 우안측에 위치하고 있고, 하상은 자갈 및 호박돌이 분포하고 있으며 비교적 직선형의 하도이다(유량조사사업단, 2007).

여수 조위관측소는 전남 여수시 수정동에 위치하고 있으며 1965년 2월에 관측 개시된 지점으로서 서해안과 비교할 때 중정도 조석(meso-tidal)의 특성을 갖고 있다. 대조차는 여수만에서 2.90m이며, 약간의 일조부등이 있는 1일 2회조의 반일주조형으로써 만 전체에서 위상이 거의 같아 고·저조가 같은 시각에 발생하는 특성을 갖고 있다(한국컨테이너부두공단, 2001).

3.2 자료의 특성

본 연구의 대상 자료는 하동2·송정 수위관측소 및 여수 조위관측소에 대한 2006년 1월 1일 00시부터 2006년 12월 31일 23시까지 8,760개의 수위 자료(국립해양조사원, 영산강홍수통계소)이다. 여수 조위관측소의 조위 자료는 이상치나 결측치가 존재하지 않았으나 하동2·송정 수위관측소의 수위자료는 데이터 전송 오류 등으로 인하여 결측치가 존재하였다. 이런 결측치는 자기기록지 판독과 선형보간법을 적용하였으며 이에 따른 통계 분석 결과와 수위자료 그림은 Table 1과 Fig. 4와 같다.

Table 1에 제시된 바와 같은 본 연구의 대상자료 중 송정 수위자료는 정규분포에 비하여 우측으로 편향된

Table 1. Descriptive Statistics for Using Data

(m)

	Max	Min	Mean	Standard deviation	Skewness	Kurtosis
Hadong2 stage	6.41	0.47	2.16	0.87	0.29	2.84
SongJung stage	10.39	0.22	0.79	0.98	4.00	23.17
Yeosu tidal level	391.00	-36.00	185.53	77.13	-0.03	2.41

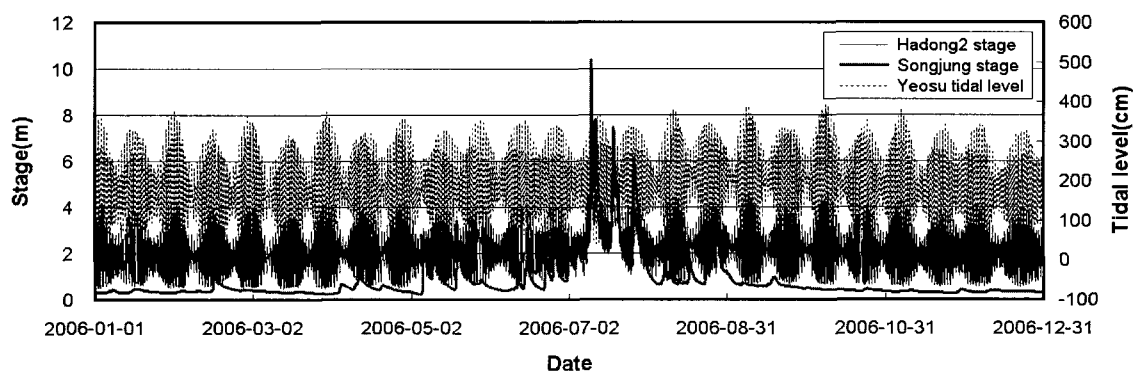


Fig. 4. Stage According to Target Station

Table 2. Correlation Coefficient for the Each Using Data

	Hadong2 stage	Songjung stage	Yeosu tidal level
Hadong2 stage	1.000		
SongJung stage	0.308	1.000	
Yeosu tidal level	0.884	0.065	1.000

분포와 뾰족한 형태의 분포를 갖는 것으로 나타났다. 반면에 여수 조위자료는 가장 큰 표준편차 값을 갖고 있으나 정규분포 가장 가까운 형태의 분포를 나타내었다. 이는 전술한 바와 같이 반일주조형을 갖는 조위자료의 특성에 기인한 것으로 판단된다. 또한, 송정 수위 관측소의 최고 수위는 2006년 7월 10일 15시에 기록한 10.39m로서 이는 장마전선과 태풍 에위니아(EWINIAR)에 영향으로 판단된다.

대상 자료간의 상관분석 결과인 Table 2를 살펴보면 하동2 수위자료와 여수 조위자료간의 상관계수는 0.88로서 이는 하동2 지점이 조석의 영향을 많이 받고 있음을 반증하고 있다. 또한 하동2 지점과 송정 지점간의 상관계수는 0.31로서 통계학적으로 유의미한 상관계수 값을 얻을 수 없었다. 따라서 본 연구에서는 조석의 영향을 받는 하동2 지점의 수위자료를 대상으로 유출성분과 조위성분을 각각 추출하고자 하며 그 결정의 도구로서는 웨이블릿 변환에 의해 최종 분해된 하동2 지점의 유출성분과 송정 지점, 하동2 지점의 조위성분과 여수 지점간의 상관분석 결과를 가지고 판단하고자 한다.

4. 조위성분 추출 및 분석

웨이블릿 변환의 적용에 앞서 웨이블릿 함수의 선택과 최적파형 분해단계의 결정은 대상 자료의 주기성 및 본질적인 거동 특성 파악에 중요한 결정 요건이다. 이에 대하여 박진수와 김신도(2004)는 스케일링 함수의 내적에 의해 산정되는 웨이블릿 함수의 특성에 의하여 최적파형 분해단계의 결정은 원자료에 대한 계절적 변동 요인과 파형이 비슷하게 분리되는 객관적인 영향요인에 대한 상호보완적인 분석이 수반되어야 한다고 지적하고 있다.

따라서 본 연구에서는 조석의 영향에 의한 반일주조형의 특성을 갖는 하동2 지점의 수위자료임에 따라 Daubechies의 'db1'부터 'db45'의 다양한 웨이블릿 함수 중 재현기간 24시간 이상 해석이 가능하고 원시계열과 최종분해단계 근사성분과의 상관계수가 높은 기준으로 웨이블릿 함수를 선택하였으며 그 결과 'db10'으로 나타났다. 이와 더불어 웨이블릿 변환 함수의 적용에 있어서 중요한 결정 요건인 최적파형 분해단계(level)는

일반적으로 다음 Eq. (4)에 의해 결정되고 있다.

$$level = fix\left(\frac{\log(D_{length}/(S_{size}-1))}{\log(2)}\right) \quad (4)$$

여기서, D_{length} 는 원시계열의 길이, S_{size} 는 각 웨이블릿 함수의 길이, $fix()$ 함수는 소수점 이하를 절사하는 함수로서 원시계열의 길이, 즉 D_{length} 에 의해 결정된다.

본 연구의 대상 자료의 경우 1개년의 시자료임에 따라 웨이블릿 변환 함수를 적용 시 최적파형 분해단계는 Eq. (4)에 의하여 28의 스케일을 갖는 8단계까지 분해 가능하다. 그러나 하동2 지점의 수위자료에 대하여 8단계까지 분해할 경우 원자료를 평활화함에 따라 그 특성이 크게 왜곡됨을 본 연구의 과정에서 확인하였다.

따라서 이런 연구결과를 바탕으로 최종파형 분해단계의 근사성분과 송정 지점과의 상관계수 값이 가장 좋은 것은 6단계로 나타났으며, 이에 따른 하동2 수위자료 및 최적파형 분해단계의 근사성분과 각 단계별 상세성분의 웨이블릿 변환 결과와 이에 따른 히스토그램은 Fig. 5와 같다.

Fig. 5를 살펴보면, 최적파형 분해단계의 근사성분은 제외한 상세성분에서는 0을 중심으로 한 대칭 분포를 갖고 있다는 것을 히스토그램이 잘 보여주고 있다. 또한, 반일주조형의 조위자료의 주기성과 유사한 D3 성분과 약 6시간 주기성과 일주기성을 갖는 D2, D4 성분은 조위성분이며, A6와 D6, D5 성분은 유출성분임을 직관적으로 알 수 있다. 이에 대하여 전술한 Table 1과 최종분해된 각 단계별 기술통계를 나타내는 Table 3과 그리고 최종 분류된 조위성분과 유출성분에 대하여 송정 수위자료 및 여수 조위자료간의 상관분석 결과인 Table 4가 뒷받침해 주고 있으며 좀 더 구체적으로 살펴보면 다음과 같다.

각 단계별 주기성 및 상세·근사성분의 에너지 값과 기술통계 결과는 나타내고 있는 Table 3를 살펴보면, 상세성분 중 반일주조형의 주기성(약 12시간)과 일주기성을 갖는 D3와 D4의 에너지 값은 각각 10.70%, 0.98%로 나타났으며, 그 통계적 특성치는 여수 조위자료와 유사함을 보여주었다. 또한, 일반적으로 잡음성분으로 간주되는 D1 성분은 0.09%로서 가장 낮은 에너지 값을

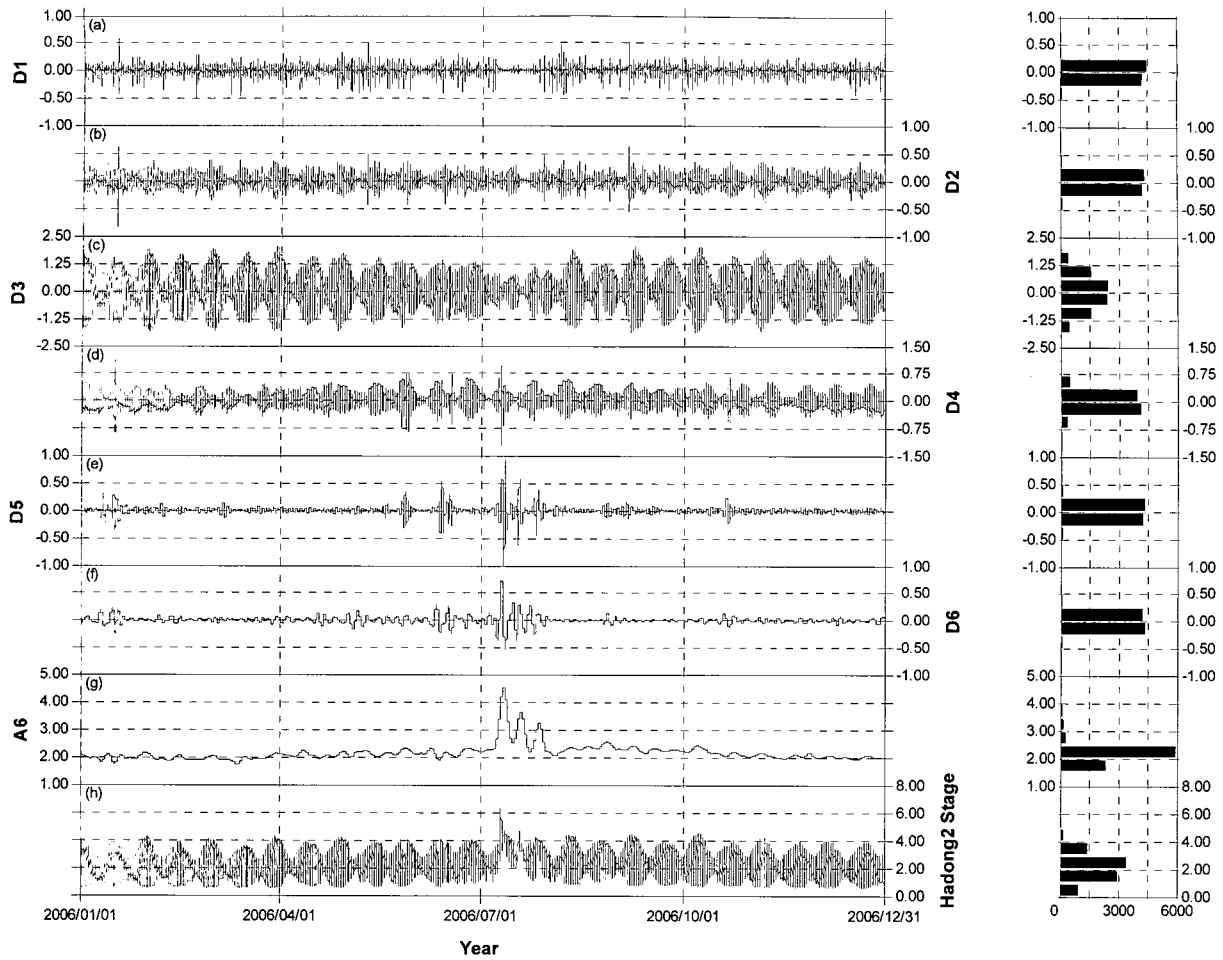


Fig. 5. Discrete Wavelet Transform and its Approximation and Detail Components for Hadong2 Stage Data

Table 3. Periods, Energy Values and Statistics Analysis for Each Levels of Discrete Wavelet Transform for Hadong2 Stage

Level (j)	Scale (a=2 ^j)	Frequency (1/hours)	Period (hours)	Energy (%)	Max	Min	Mean	Standard deviation	Skewness	Kurtosis
D1	2	0.3421	2.9231	0.09	0.58	-0.51	3.44E-06	0.07	-0.48	10.30
D2	4	0.1711	5.8462	0.20	0.63	-0.84	-2.68E-06	0.10	0.01	4.84
D3	8	0.0855	11.6923	10.70	2.04	-1.91	9.42E-05	0.76	0.01	2.31
D4	16	0.0428	23.3846	0.95	1.13	-1.23	-1.27E-04	0.23	0.05	3.51
D5	32	0.0214	46.7692	0.16	0.92	-1.04	9.87E-05	0.09	-0.34	32.09
D6	64	0.0107	93.5385	0.13	0.73	-0.55	-3.83E-05	0.08	0.68	18.50
A6	"	"	"	87.77	4.51	1.72	2.16E+00	0.31	3.81	23.01

Table 4. Correlation Coefficient for Compounding an Each Component from Wavelet Transform for Hadong2 Stage

	Compounding an each component from wavelet transform for Hadong2 stage					
	A6	D6	D5	A6+D6	A6+D6+D5	A6+D6+D5+D4
Songjung stage	0.868	0.136	0.110	0.874	0.871	0.733
	Compounding an each component from wavelet transform for Hadong2 stage					
	D2	D3	D4	D2+D3	D3+D4	D2+D3+D4
Yeosu tidal level	0.049	0.885	0.247	0.919	0.917	0.912

보였으나 최종파형 분해단계의 근사성분은 가장 큰 에너지 값을 87.77%를 나타내었다.

최종 분해된 각 성분과 유출성분과 조위성분에 대한 송정 지점, 여수 조위관측소 자료간의 상관분석 결과를 나타내는 Table 4를 살펴보면, 하동2 지점과 송정 지점간의 상관계수 0.308로써 무상관의 특성을 보였으나 최종 분해된 A6, D6 그리고 D5 성분의 조합에 의한 결과에서는 각각 0.874와 0.871의 값을 보였고, D4 성분을 포함할 경우 0.733으로 하향 추세를 보이는 것으로 나타났다.

또한 하동2 지점과 여수 지점간의 상관계수는 0.884로서 하동 2지점이 조석의 영향을 많이 받는 것으로 나타났는데 최종 분해된 D2, D3 그리고, D4 성분의 조합에 의한 상관계수는 각각 0.919, 0.917, 0.912로써 원 자료간의 상관계수 값보다 높은 값을 보였다. 이는 6월부터 9월까지 홍수기 수위자료에 대한 유출성분과 조위성분의 적절한 분해로 향상된 상관계수 값을 보이는 것으로 판단된다.

이상의 연구결과를 종합해보면, 하동2 지점의 수위자료에 대하여 최종 분해된 최종파형 분해단계의 근사성분(A6)과 D6, D5 상세성분은 강우에 의한 유역의 반응으로 발생하는 유출성분으로 판단되며, 상세성분 D4, D3, D2는 조석의 영향으로 수위가 상승과 하강을 반복하는 조위성분으로 판단된다.

5. 결 론

본 연구는 조석의 영향을 받는 하동2 지점의 수위자료로부터 시간과 주파수 영역에서 유연한 분해능을 갖는 웨이블릿 변환을 적용하여 강우에 의한 유출성분과 조석에 의한 조위성분을 추출하고자 하였다. 이에 따른 방법론으로는 웨이블릿 변환함수 'db10'를 적용하여 6 단계까지 분해하였으며, 상하류의 송정 지점과 여수조위관측소의 조위자료를 활용하여 검증한 결과는 다음과 같다.

- 1) 최종파형 분해단계의 근사성분은 가장 큰 에너지 값을 87.77%를 나타내었으며, 상세성분 중 반일주조형의 주기성(약 12시간)을 갖는 D3의 에너지 값은 10.70%로 나타났고 왜도 및 첨도 값은 여수 조위자료와 유사함을 보여주었다. D4는 0.95%는 낮은 0.95%를 나타내었다.
- 2) 하동2 지점의 수위자료에 대하여 최종 분해된 최종파형 분해단계의 근사성분(A6)과 D6, D5 상세성분은 강우에 의한 유역의 반응으로 발생하는 유

출성분으로서 송정 지점과의 상관계수가 0.817~0.874의 범위를 갖는 것으로 나타났으며, 이는 원 자료간의 상관계수인 0.308에 비하여 크게 개선된 값에 해당한다.

- 3) 최종 분해된 상세성분 D4, D3, D2는 조석의 영향으로 수위 강하를 반복하는 조위성분으로서 여수 지점과의 상관계수는 0.912~0.919의 범위로써 원 시자료간의 상관계수인 0.884보다 개선된 결과를 보였다.

이상의 연구결과는 수문자료에 대한 특성분리의 가능성을 보여주었으며 유량조사의 신기술로 적용되고 있는 감조하천에서의 실시간 유량측정 성과에 대하여 조위성분과 유출성분의 분리로 정확도 있는 수자원 부존량 파악이 가능할 것으로 기대된다. 또한 감조하천에서의 수위-유량관계곡선식은 제한적으로 개발되고 있으나 최종 분해된 유출성분에 대한 수위-유량관계곡선의 개발과 이에 대한 상하류 유출량 검토 등의 검증의 도구로서 활용될 수 있을 것으로 판단된다.

참 고 문 헌

- 곽필정, 오창열, 진영훈, 박성천 (2006). "웨이블릿 변환과 인공신경망을 이용한 일 TOC 자료의 예측에 관한 연구." **한국물환경학회지**, 제22권, 제5호, 한국물환경학회, pp. 952-957.
- 권현한, 문영일 (2005). "Wavelet Transform을 이용한 수문시계열 분석." **한국수자원학회논문집**, 제38권, 제6호, 한국수자원학회, pp. 439-448.
- 국립해양조사원, <http://www.nori.go.kr>
- 박진수, 김신도 (2004). "웨이브릿 기법을 이용한 오존 특성분석 및 AR모델을 이용한 예측." **대한환경공학회지**, 제26권, 제8호, 대한환경공학회, pp. 844-852.
- 영산강홍수통제소, <http://www.hrfco.go.kr/youngsan/>
- 유량조사사업단 (2007). **2006년도 유량조사보고서 VI. 영산강유량측정**. 건설교통부, pp. 115-119.
- 진영훈, 박성천, 이연길 (2005). "수문시계의 장·단기 성분 추출을 위한 웨이블릿 변환의 적용." **대한토목학회논문집**, 제25권, 제6B호, 대한토목학회, pp. 493-499.
- 진영훈, 박성천 (2006). "수문기상자료의 웨이블릿 변환에 의한 비선형 동역학적 성분의 추출." **대한토목학회논문집**, 제26권, 제5B호, 대한토목학회, pp. 439-446.
- 한국컨테이너부두공단 (2001). **항만변천사**. pp. 274-276

- Chen, B.F., Wang, H.D., Chu, C.C. (2007). "Wavelet and artificial neural network analyses of tide forecasting and supplement of tides around Taiwan and South China Sea." *Ocean Engineering, In pressing*.
- Daubechies, I. (1992). *Ten lectures on wavelets.* Soc. for Ind. and Applied Math., Philadelphia, PA.
- Drago, A.F. & Boxall, S.R. (2002). "Use of the wavelet transform on hydro-meteorological data." *Physics and Chemistry of the Earth, 27*, pp. 1387-1399.
- Kaplan, D., & Glass, L. (1997). *Understanding Nonlinear Dynamics.* Springer, pp. 280-286.
- (논문번호:07-61/접수:2007.06.29/심사완료:2007.09.13)