

<Note>

해양퇴적물의 자동음파전달속도 측정장치

김대철 · 김길영 · 서영교 · 하덕호¹ · 하인철¹ · 윤영석¹ · 김정창²
부경대학교 탐사공학과, ¹부경대학교 정보통신공학과, ²부경대학교 실습과

Automated Velocity Measurement Technique for Unconsolidated Marine Sediment

DAE CHOUL KIM, GIL YOUNG KIM, YOUNG KYO SEO, DEOCK HO HA¹
IN CHUL HA¹, YOUNG SEOK YOON¹ AND JENG CHANG KIM²

Department of Exploration Engineering, Pukyong National University, Pusan 608-737, Korea

¹*Department of Telematics Engineering, Pukyong National University, Pusan 608-737, Korea*

²*Department of Shipboard Training, Pukyong National University, Pusan 608-737, Korea*

퇴적물 음파전달속도 측정은 전통적으로 신호투과방식을 이용한 수은기둥 방법을 응용하여 사용하여 왔다. 그러나 이 방법은 시료 및 표준물질을 통과한 신호를 오실로스코프상에서 자료처리를 할 수 없으며, 육안으로 펄스 신호를 구분해야 하고, 측정자에 따라 속도값의 차이가 나타날 수 있고, 동일인이 측정할 경우에도 반복된 연습에 의한 숙련이 필요하다. 또한 수은기둥을 자주 보정해 주어야 하는 등의 단점이 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해 퍼스널컴퓨터와 음파전달속도 측정장치인 오실로스코프 사이를 GPIB(General Purpose Interface Bus) 카드를 이용하여 연결한 다음 컴퓨터상에서 커서를 움직여 퇴적물의 음파전달속도를 측정하는 새로운 측정기법을 개발하였다. 새로운 측정방법의 검증을 위해서 동일시료에 대해 기존 수은기둥 방법과 병행하여 측정한 결과 측정 오차를 넘지 않는 거의 유사한 값을 보였다. 따라서 새로운 측정기법은 해양퇴적물의 속도측정에 이용될 수 있게 되었으며 입력된 양질의 파형을 이용하여 신호처리(FFT)를 함으로서 장래에 다른 음향특성(감쇠)까지도 구할 수 있는 장점을 갖게 되었다.

The conventional mercury delay method to measure compressional wave velocity of unconsolidated sediment is inconvenient because the signal must be analyzed on the oscilloscope and the mercury column has to be calibrated between measurements. We developed an automated compressional wave velocity measurement technique by connecting an oscilloscope and a PC with a GPIB (General Purpose Interface Bus) card. The GPIB card buses signals from the oscilloscope to the PC where the signal from a sample is analyzed and compared to the input pulse thereby the compressional wave velocity of the sample is computed and recorded automatically. Differences between the mercury delay method and the automated measurement technique are negligible except the slightly greater velocity in the automated measurement technique. We concluded that the new technique can be used to measure the velocity for unconsolidated marine sediment. It also has an advantage to calculate sediment attenuation through the processing of waveform using the spectral ratio technique.

서 론

해저퇴적물의 음파전달속도는 속성작용과의 연관성, 다른 물리적 성질의 해석 등에도 필요하지만 그 자체로도 중요한 것으로 인정되고 있다(Kim *et al.*, 1985). 해상에서 탄성과 탐사자료를 이용하여 퇴적층의 두께를 측정하기 위해서는 각 층별로 음파전달속도를 알고 있어야 한다. 개략적인 속도구조는 탄성과 자료분석을 통하여 계산해 낼 수가 있지만 실제 측정치와 차이가 나는 경우가 많고 이런 경우에는 층후계산이 틀리게 된다. 특히 정확한 반사면 위치와 반사계수와 직접적인 관계가 있는 음향임피던스를 계산하기 위해서는 코어에 대한 음파전달속도

측정이 반드시 필요하다.

해저 미고결퇴적물의 음향학적 성질에 관한 연구는 측정방법에 따른 기술적인 문제 때문에 어려웠으나 최근들어 측정장비 개발이 활발하게 추진되면서 음향에 관한 연구가 본격적으로 시도되고 있다. 해저지각 굴착 프로그램(Ocean Drilling Program: ODP)에서는 코어를 채취한 후 모든 코어에 대해 즉시 다기능측정기(Multi Sensor Tracks: MST)에 주사시켜 연속적인 음파전달속도 등 퇴적물 물성을 측정하고 있다.

실험실에서 음파전달속도 측정은 수은기둥 방법을 이용하여 Birch(1960)가 암석에 대해 처음 측정한 후 Boyce(1976)가 이 방법을 약간 변형한 신호투과방식을 이용하여 미고결 해양 퇴적

물에 대해 적용하였다. 그후 지금까지 실험실에서 음파전달속도 측정은 수은기둥 방법을 응용하여 사용하여 왔다(김, 1989; 김과 김, 1991; 김 등, 1994; Kim and Kim, 1998). 본 연구에서는 이러한 전통적인 방법의 단점을 해결하고, 자동으로 속도를 측정함은 물론 신호를 수치화하여 간단한 신호처리를 통하여 감쇠와 같은 다른 음향특성까지도 구할 수 있는 새로운 음파전달속도 측정 방법을 개발하였다.

기존 측정방법

실험실에서 미고결 해양퇴적물의 음파전달속도 측정방법인 수은기둥 방법은 동일한 펄스를 시료와 수은기둥에 통과시켜 이중 제일 먼저 도착한 신호(First arrival)를 오실로스코프상에서 서로 교차시키고 이때 수은기둥 길이를 측정하여 속도를 계산하는 방법이다(Fig. 1). 오실로스코프상에서 최상의 원하는 신호를 받아드릴 수 있도록 low cut filter 및 증폭기 등을 통과한 신호가 오실로스코프 화면상에 표시되게 된다.

계산식은

$$V_p = L_s \times V_m / L_m$$

V_p =시료의 음파전달속도

L_s =시료의 길이

V_m =수은의 음파전달속도

(25 °C 에서 1450 m/s)

L_m =수은의 길이

Kim(1985)은 수은기둥 대신에 속도를 알고 있는 물질을 표준

재료로 사용하였다. 표준재료로는 순수한 알루미늄($V_p=6.244$ km/s)을 사용하였다. 이 방법도 시료와 표준재료를 통과한 신호를 디지털 오실로스코프에 입력시킨후 각각 첫번째 피크사이 시간차(ΔT)를 커서를 이용하여 측정한 후 속도를 계산하는 방법이다.

계산식은

$$V_p = L_s / (\Delta T + L_r / V_r)$$

ΔT =시료와 표준재료 사이의 통과시간

L_r =표준재료의 길이

V_r =표준재료의 음파전달속도

이러한 기존방법들은 2% 이내의 측정오차 범위내에서 상당히 정확하지만 1) 오실로스코프상에서 신호처리가 불가능함 2) 육안으로 펄스신호를 구분해야 함 3) 측정자에 따라 약간의 속도값의 차이가 나타남 4) 동일인이 측정할 경우에도 반복된 연습에 의한 숙련이 필요함 5) 측정시 마다 수은기둥을 보정해야 하는 등의 문제점을 가지고 있다.

새로운 측정방법

본 측정시스템은 오실로스코프(Model: Tektronix 2230, 100 MHz) 채널 1에는 펄스발생기(Model: Tektronix TM 502A, PG 508, 50 MHz Pulse generator) 펄스를, 채널 2에는 이 펄스를 측정하고자하는 시료에 통과시켜서 획득한 지연된 신호를 증폭하여 연결하는 것으로 구성되어 있다(Fig. 2). 컴퓨터와 오실로스코프간은 GPIB(General Purpose Interface Bus, IEEE488.2,

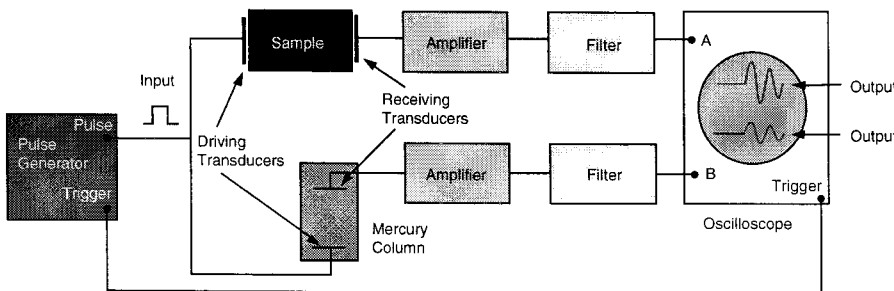


Fig. 1. Block diagram showing compressional wave velocity measurement using mercury delay technique.

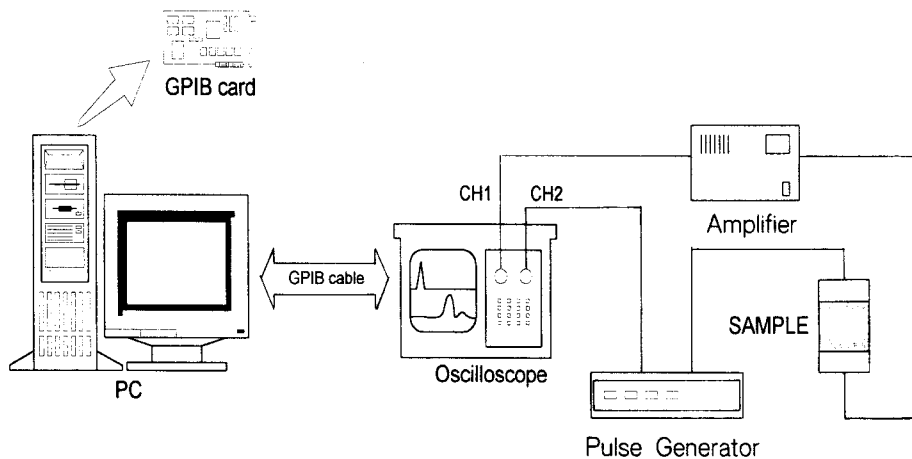


Fig. 2. System configuration of automated velocity measurement technique. GPIB card connects an oscilloscope and a computer.

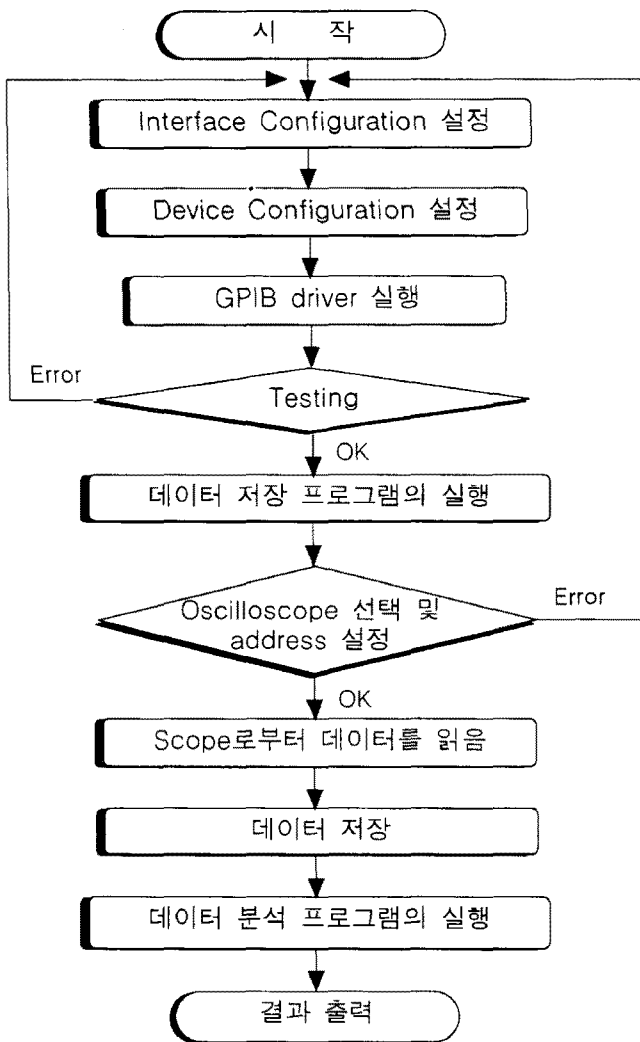


Fig. 3. Flowchart showing the procedure of automated velocity measurement technique.

IOtech)를 통해 연결함으로써 오실로스코프상의 신호를 컴퓨터에 디지털 및 아날로그 데이터로 저장하는 작업을 가능하게 하였다. 측정을 위해서는 컴퓨터와 오실로스코프상의 환경을 설정하여야 하는데 그 절차는 Fig. 3의 흐름도에 나타내었다. 펄스발생기의 환경은 주기 20 μ s, 천이시간 0.5 μ s, 지속시간 1 μ s, 지연시간 1 μ s로 설정하였다. 오실로스코프 시간축은 0.5 μ s로 고정하였다. 오실로스코프와 컴퓨터의 인터페이스 설정(Interface configuration)은 인터페이스 형태(Interface Type) GP488b, IEEE Bus Address 21, 인터페이스 기본주소(Interface Base Address) 62E1, 동적 메모리 주소(DMA) Channel 1, Interrupt 5로 고정하고, 장치설정(Device configuration)은 초기주소(Primary Address)를 16으로 맞추어 연결하였다.

Fig. 4는 펄스발생기에서 보내진 표준신호와 시료를 통과시켜 얻은 오실로스코프상에서 데이터를 컴퓨터를 통해 받아들이는 예를 나타낸 것이다. 컴퓨터상에서는 표준신호 및 시료를 통과한 파형이 표시되고(Fig. 4a), 또한 디지털 데이터는 시간에 따른 진폭값으로 표시된다(Fig. 4b). 이 진폭값을 자동측정 프로그램에 입력시키고 시료의 길이를 입력하면 표준신호와 시료를 통과한 신호사이의 시간차(ΔT)를 계산하여 자동으로 시료의 음파전달속도가 계산된다(Fig. 5a). 시료의 길이는 약 2.5 cm 내외로 하였으며 통과한 펄스의 지연시간은 약 14 μ s 정도로 나타났다. 또한 표준신호 및 시료를 통과한 두 신호의 첫번째 도달과의 파형을 볼 수 있도록 되어있다(Fig. 5b). 만약 성형된 시료의 상태가 좋지 않아 잡음(noise)이 많이 나타날 경우는 커서를 이용하여 첫번째 도달과 신호의 위치를 임의로 조절할 수도 있어 그에 따른 지연시간 조절이 가능하고 따라서 잡음 때문에 발생하는 오차를 최대한 줄일 수 있는 장점도 있다.

새로 개발된 음파전달속도 측정방법을 검증하기 위해서 기존에 사용하고 있는 수은기동 방법과 병행하여 동일 시료에 대해 음파전달속도를 측정하였다. 실험에 사용된 시료는 울산앞쪽 수심 100 m 지점에서 피스톤 시추기로 채취한 2개의 코어로서 수직적으로 13개의 깊이에서 측정을 하였다. 퇴적물의 평균입도는

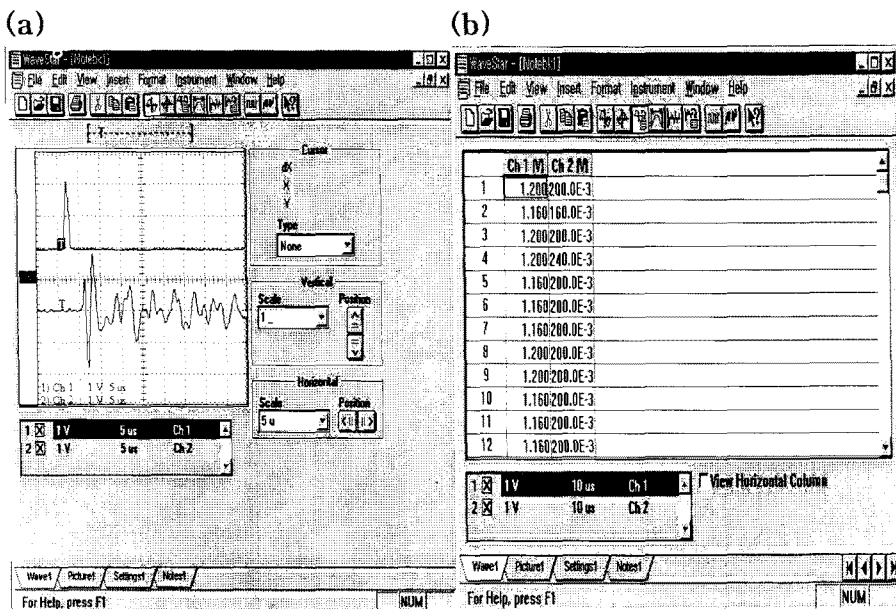


Fig. 4. Waveforms (a) and amplitudes (b) transferred through GPIB from the oscilloscope to the computer.

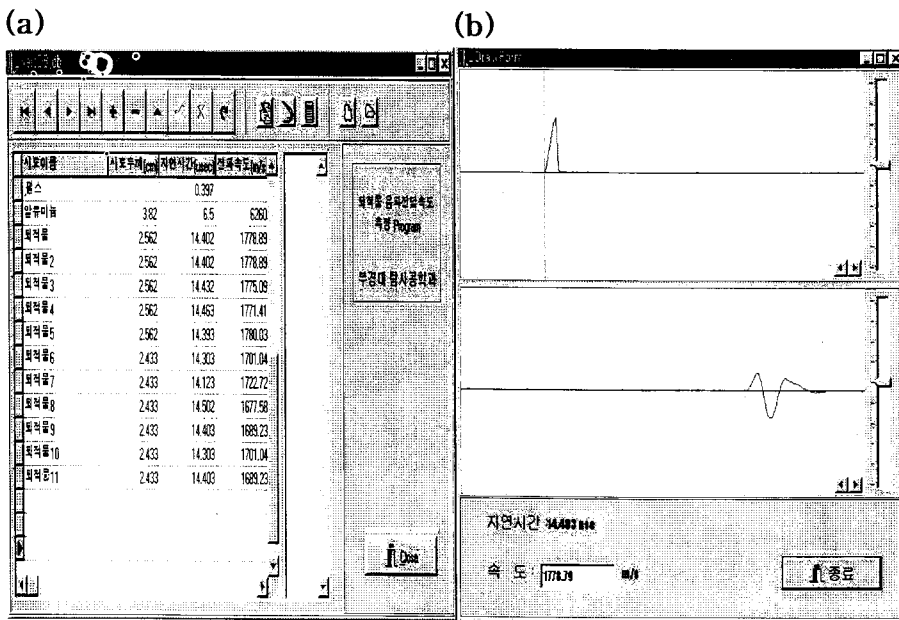


Fig. 5. Velocity data (a) and first arrival signals (b) calculated by automated measurement program.

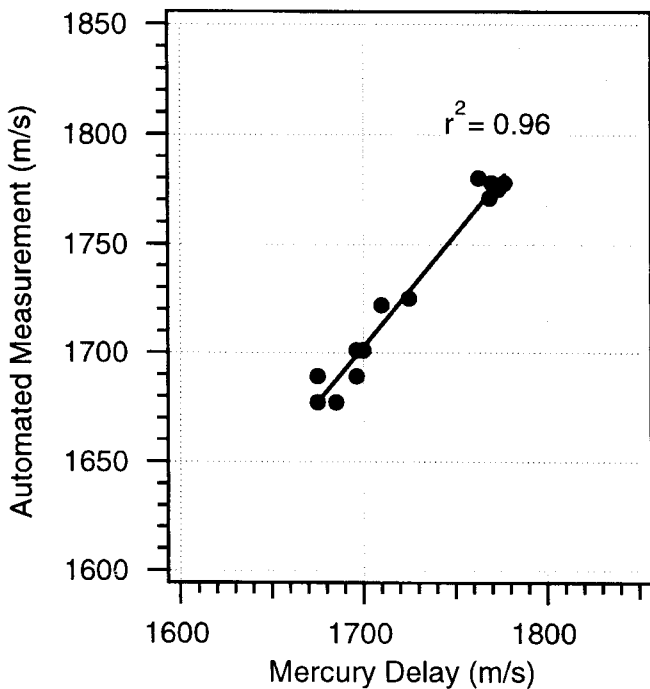


Fig. 6. Comparison of data obtained by the two different measurement techniques. Note the almost linear relationship. Refer the text for the samples.

4~6Φ이고 전밀도 1.67~1.90 g/cm³인 전형적인 한반도 주변 현생퇴적물의 물리적 성질을 가지고 있다. 본 시료는 또한 조립질 퇴적물 함량이 비교적 높은 니질사(muddy sand)로서 니질과 사질을 모두 포함하고 있기 때문에 객관적인 자료검증에 유리한 점이 있다. 두 방법을 이용하여 측정된 속도값의 차이는 그 범위가 0~17 m/s로 미미하여 측정오차내의 값을 보였다. 측정값을 비교해보면 자동측정으로 구한 속도값이 일반적으로 약간 높은 경향이 있으나 두 방법간의 상관관계가 뚜렷하고(Fig. 6) 값의 차이가 적은 것으로 보아 측정값의 신뢰도는 인정된다고

볼 수 있다. 따라서 새로운 측정방법으로 구한 자료는 컴퓨터상에서 처리는 물론 저장도 가능하며, 파형은 신호처리과정(FFT) 및 스펙트럼비(Spectral ratio)분석 방법(Toksoz et al., 1979; Sears and Bonner, 1981)등을 이용하여 음파감쇠 등 다른 음향특성을 구하는데 이용할 수 있게 되었다.

결론

본 연구를 통하여 해양 미고결퇴적물 음파전달속도 측정장치를 새로이 개발함으로써 기존 방법들에서 야기된 여러 단점들을 해결할 수 있게 되었다. 또한 오실로스코프상의 자료를 컴퓨터에서 직접 읽을 수 있게 되어 컴퓨터상에서 자료처리가 가능하게 되었고, 처리된 자료들은 저장할 수 있게 되어 실험실에서 측정된 방대한 자료들을 신속하고 효율적으로 관리할 수 있는 큰 이점을 갖게 되었다. 또한 본 측정장치 개발을 통하여 음파전달속도 그 자체를 측정하는 것은 물론 장래에 신호처리를 통한 해양 미고결퇴적물의 주요한 음향특성중 하나인 음파감쇠율이 방식을 응용하여 구할 수 있는 계기를 마련하였다.

사사

본 연구는 서울대학교 수중음향특화연구센터(UARL)에서 지원하는 제 12과제 “한국근해퇴적층 상부 미세물성 연구”의 일환으로 수행되었으며 연구내용 중 일부는 1997년도 한국학술진흥재단 대학교수 해외파견 연구지원에 의하여 연구되었음을 밝힙니다. 논문 수정에 도움을 주신 익명의 심사위원들께 감사드립니다.

참고문헌

김대철, 1989. 미고결 해저퇴적물의 음파전달속도 측정에 관한 연구. 한국수산학회지, 22: 147-153.

- 김대철, 김길영, 1991. 광양만 미고결퇴적물의 물리적 및 음향학적 성질: 북태평양 대륙붕 및 사면자료와의 비교. *한국수산학회지*, **24**: 289-302.
- 김길영, 성준영, 김대철, 김정창, 1994. 여수해만 주변해역 퇴적물의 물리적 및 음향학적 성질. *한국수산학회지*, **27**: 434-444.
- Birch, F., 1960. The velocity of compressional waves in rocks up to 10 kilobars. Part 1. *J. Geophys. Res.*, **65**: 1083-1102.
- Boyce, R.E., 1976. Definitions and Laboratory Techniques of Compressional Sound Velocity Parameters and Wet-water Content, Wet-bulk Density, and Porosity Parameters by Gravimetric and Gamma Ray Attenuation Techniques, Initial Reports of the Deep Sea Drilling Project, 33, U.S. Government Printing Office, pp. 931-958.
- Kim, D.C., 1985. Diagenetic Factors Controlling Physical, Acoustic, and Electrical Properties of Deep-sea Carbonate Sediments. Ph.D. Dissertation, University of Hawaii, Honolulu, 199 pp.
- Kim, D.C., M.H. Manghnani, and S.O. Schlanger, 1985. The role of diagenesis in the development of physical properties of deep-sea carbonate sediments. *Mar. Geol.*, **69**: 69-91.
- Kim, G.Y. and D.C. Kim, 1998. Correlations between sound velocity and related properties of marine sediment from the Ulleung Basin, East Sea. *Mar. Nature* **6**: 25-36.
- Sears, F.M. and B.P. Bonner, 1981. Ultrasonic attenuation measurement by spectral ratios utilizing signal processing techniques. *IEEE Trans. Geoscience and Remote Sensing*, **GE-19**: 95-99.
- Toksoz, M.N., D.H. Johnston and A. Timur, 1979. Attenuation of seismic waves in dry and saturated rocks: I. Laboratory measurements, *Geophysics*, **44**: 681-690.

1999년 5월 19일 원고 접수

1999년 7월 10일 수정본 채택