

# R을 이용한 자료처리 및 시각화

## 기본 환경 설정부터 재현가능한 연구 방법 입문

충남대학교 병원 임상시험센터 R 교육 강의자료

구본초, *Ph.D. in Statistics*



# Contents

<b>1 R을 사용하기 위한 환경 설정</b>	<b>5</b>
1.1 Overview . . . . .	5
1.2 R 설치하기(Windows 용) . . . . .	7
1.3 R 시작 및 작동 체크 . . . . .	14
1.4 RStudio 설치하기 . . . . .	17
1.5 RStudio의 구성 . . . . .	20
1.6 RStudio에서 배치 파일 생성 및 실행 . . . . .	24
1.7 R 패키지 설치 . . . . .	25
1.8 rJava 설치하기 . . . . .	25
1.9 RStudio 프로젝트 생성 및 ProjectTemplate 패키지 연동 . . . . .	29
<b>2 R의 기본 사용</b>	<b>35</b>
2.1 R의 데이터 유형 . . . . .	35
2.2 R 객체 유형 . . . . .	37
2.3 행렬(matrix) . . . . .	50
2.4 배열(array) . . . . .	56
2.5 데이터 프레임(data frame) . . . . .	57
2.6 리스트 . . . . .	63



# Chapter 1

## R을 사용하기 위한 환경 설정

### 1.1 Overview

#### 1.1.1 What is R?

- R 언어: 통계 및 자료 시각화를 지원하는 언어 및 환경
- 1980년 AT&T 연구소의 John Chambers가 개발한 S 언어를 기반으로 1995년 뉴질랜드 Auckland Univ.의 Robert Gentleman & Ross Ihaka 개발이 그 기원임
- GNU 기반 오픈소스

#### 1.1.2 Why R?

##### 1. 장점

- Free software
- 주요 운영체제(Unix, Windows, Macintosh)에서 사용 가능
- 현존하는 거의 대부분의 통계 방법론들이 package로 구현
- 강력한 그래픽 기능
- 빠른 update 및 연산속도(?)
- 방대한 community 및 R package에 공개 및 공유된 자료

##### 2. Do we have to learn R language?

- 물론 꼭 배울 필요는 없다!! (요리를 하는데 꼭 좋은 칼이 필요 없듯이...)

- 다양한 통계 소프트웨어 및 분석 언어(SPSS, SAS, WEKA, MATLAB, PYTHON, ...) 존재
- 프로그래밍에 익숙하지 않은 사용자들의 접근성이 떨어짐
- 하지만 배워두면 좋은 이유
  - 통계분석과 보고서 작성을 위한 최적 환경
    - \* R + Rstudio + Rmarkdown을 통해 분석에서부터 보고서 작성까지 한번에 가능
  - SPSS, SAS에 비해 확장성이 높기 때문에 다양한 문제에 적용 가능
  - 방대한 양의 메뉴얼 및 서적들
  - 그리고 이 모든 것을 거의 대부분 무료 사용 가능

### Tips

- R에서 구현한 모든 package들은 CRAN (The Comprehensive R Archive Network, <http://cran.r-project.org/web/view>)에서 살펴볼 수 있음
- R과 관련한 대부분의 문제는 Google 검색과 스택 오버플로우 (<http://stackoverflow.com>)에서 해결할 수 있음
- 해당 문서는 서민구 선생님의 “R을 이용한 데이터 처리 & 실무” [[서민구, 2014](#)], 고석범 선생님의 “R과 Knitr을 활용한 데이터 연동형 문서 만들기” [[고석범, 2014](#)], R Friend 님의 블로그 “R, Python 분석과 프로그래밍” [[R-F](#)] 의 내용을 주로 참조함.
- 해당 문서는 RMarkdown + L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X + knitr로 작성된 문서이며, 이를 위해 작성한 모든 소스 코드 및 자료는 <https://github.com/Secondmoon-Kiom/CNUH-R-Lecture-2017>에서 확인할 수 있음.

## 1.2 R 설치하기(Windows 용)

R은 공개 소프트웨어로 <http://www.r-project.org/>에서 다운로드 및 설치 가능

1. 웹브라우저(i.e. explore, chrome, firefox 등)에서 <http://www.r-project.org> 이동
2. 좌측 R Logo 하단 Download 아래 'CRAN' 클릭

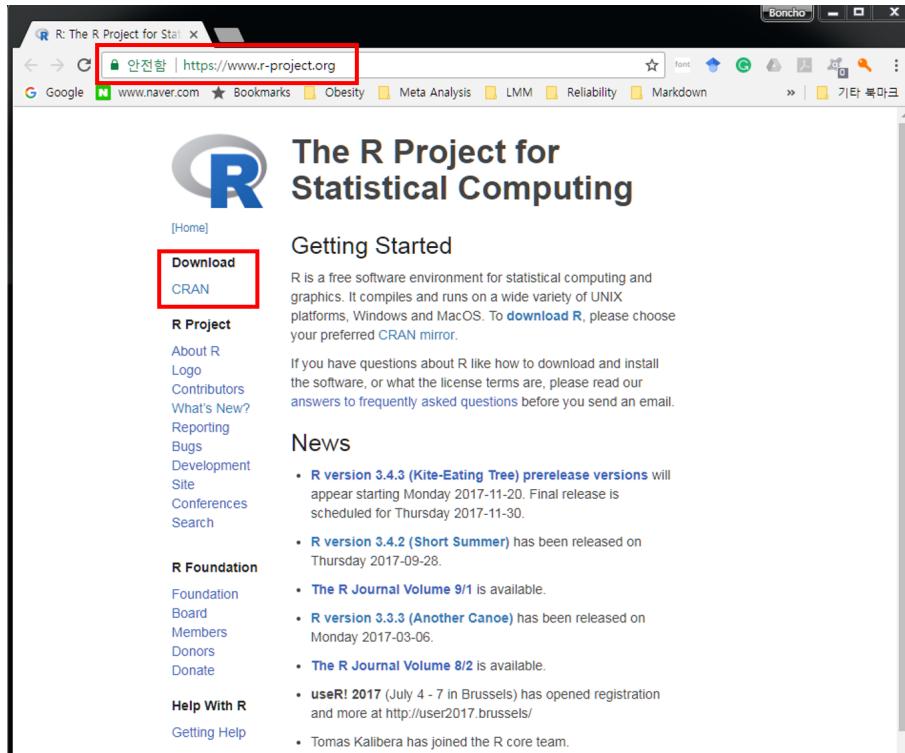


Figure 1.1: www.r-project.org 메인화면

3. 클릭 후 연결한 페이지를 스크롤 후 “Korea” 아래 링크 클릭 (그림 1.2 참조)

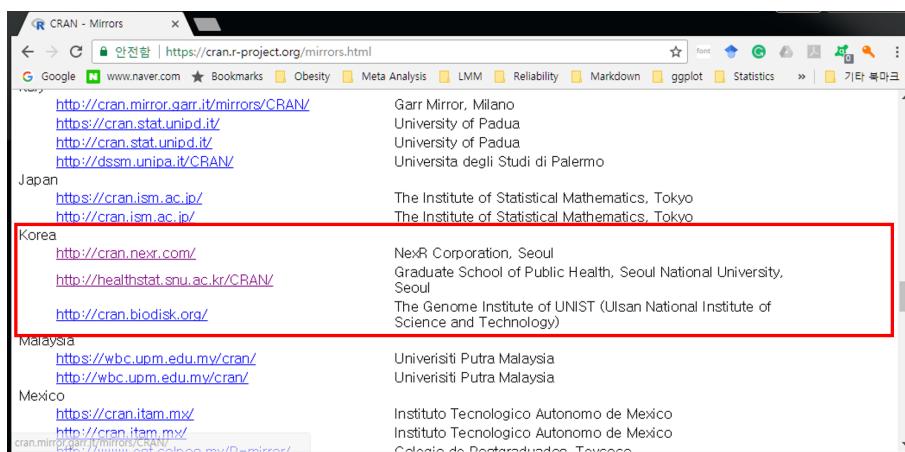


Figure 1.2: CRAN 국가별 mirrors

4. 클릭 후 세 가지 운영체제(Linux, Mac OS X, Windows)에 따른 R 버전 선택 가능

- 본 문서에서는 Windows 버전 설치만 다룸

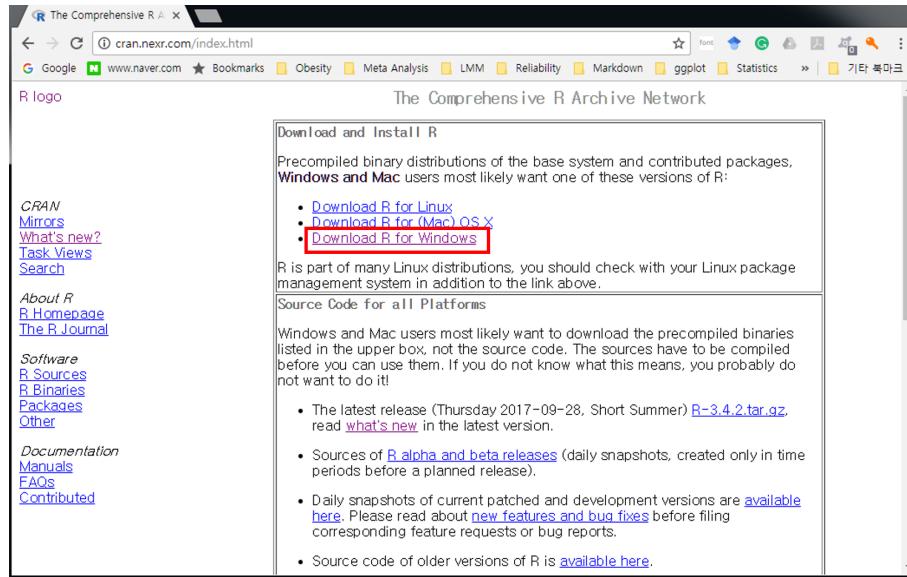


Figure 1.3: 운영체제 별 R 버전 선택

## 5. “Downloads R for Windows” 링크 클릭하면 다음과 같은 화면으로 이동

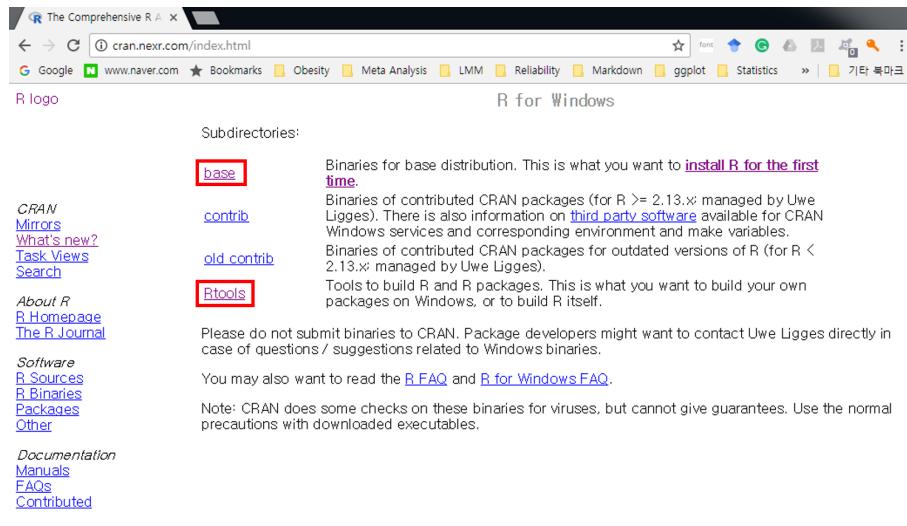


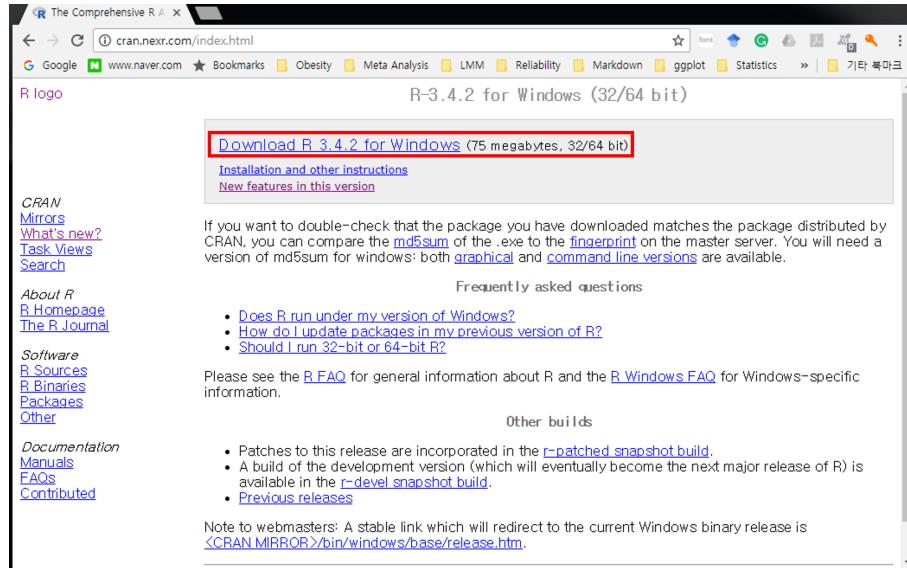
Figure 1.4: Windows 용 R base 및 구성요소 다운로드

## 6. R을 구성하는 하위구조 중 “base” 링크 클릭 후 다음 화면에서 가장 최신버전2017-11-20 현재 “Downloads R 3.4.2 for Windows”)를 클릭 후 설치 파일을 임의의 디렉토리에 저장 후 실행 (그림 1.5 참조)

## 7. 참고로 3개 subdirectories에 대한 간략한 설명은 아래와 같음

- **base:** R 실행 프로그램
- **contrib:** R package의 바이너리 파일

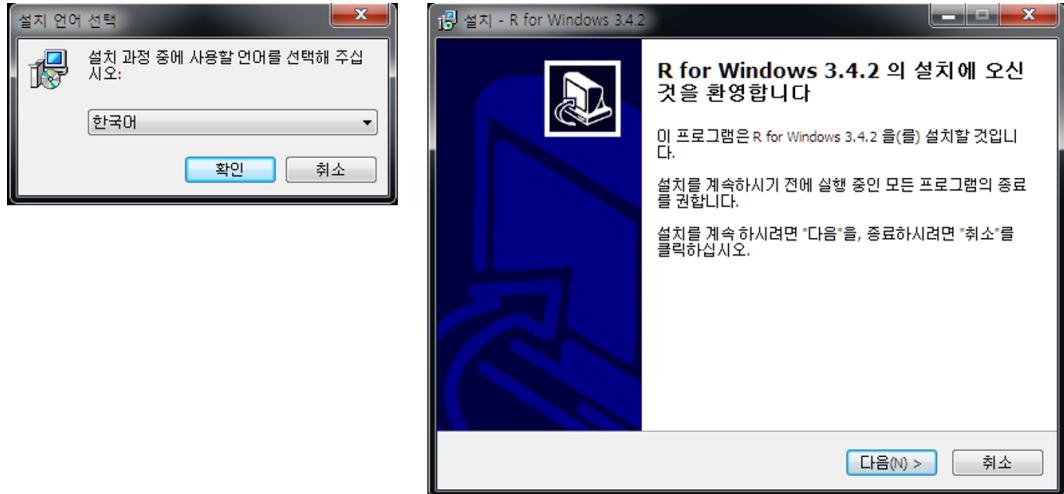
- Rtools: R package 개발 및 배포를 위한 프로그램



**Figure 1.5:** Windows 용 R 설치 파일 다운로드 페이지

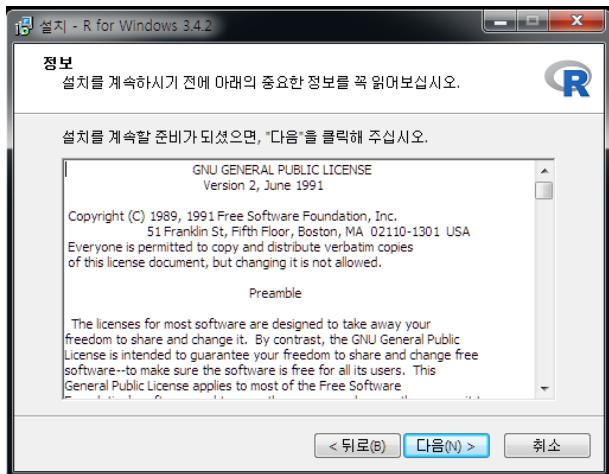
## 8. 다운로드한 파일을 실행하면 아래와 같은 대화창이 나타남

- 한국어 선택 → 환영 화면에서 [다음(N)>] 클릭



**Figure 1.6:** R 설치과정 01

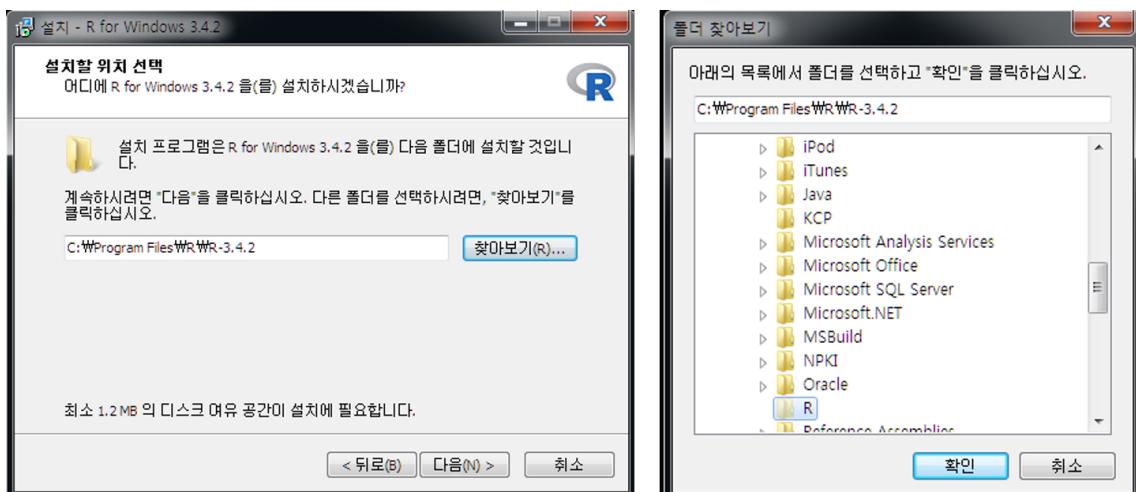
## 9. GNU 라이센스에 대한 설명 및 동의 여부([다음(N)>]) 클릭 (그림 1.7)



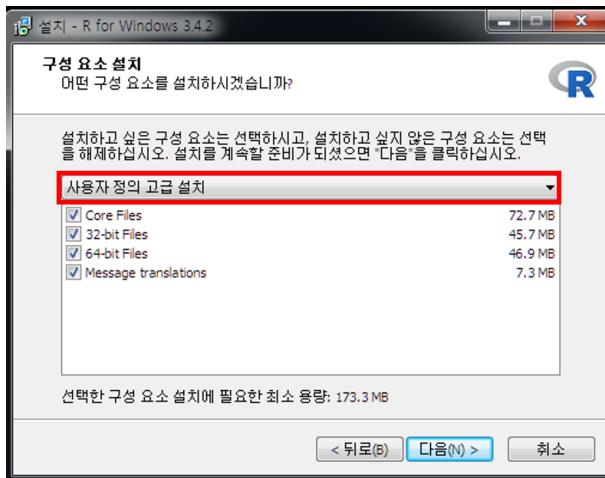
**Figure 1.7:** R GNU general license

## 10. 설치 디렉토리 설정 및 구성요소 설치 여부

- 원하는 디렉토리 설정(예: C:\R\R-3.4.2) (그림 1.8)
- 기본 프로그램("Core Files"), 32 또는 64 bit 용 설치 파일, R console 한글 번역 모두 체크 뒤 [다음(N)>] 클릭 (그림 1.9)



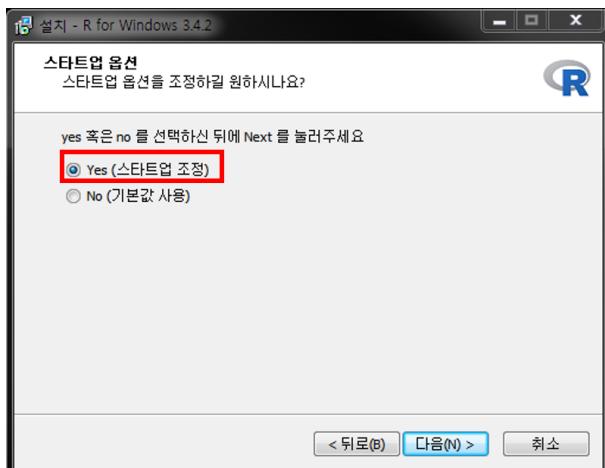
**Figure 1.8:** R 설치 디렉토리 설정



**Figure 1.9:** R 구성요소 설치

## 11. R 스타트업 옵션 지정

- 기본값("No" check-button)으로도 설치 진행 가능
- 본 문서에서는 스타트업 옵션 변경으로 진행



**Figure 1.10:** R 스타트업 옵션 변경

## 12. 화면표시방식(디스플레이) 모드 설정 변경

- MDI: 한 윈도우 내에서 script 편집창, 출력, 도움말 창 사용
- SDI: 다중 창에서 각각 script 편집창, 출력, 도움말 등을 독립적으로 열기

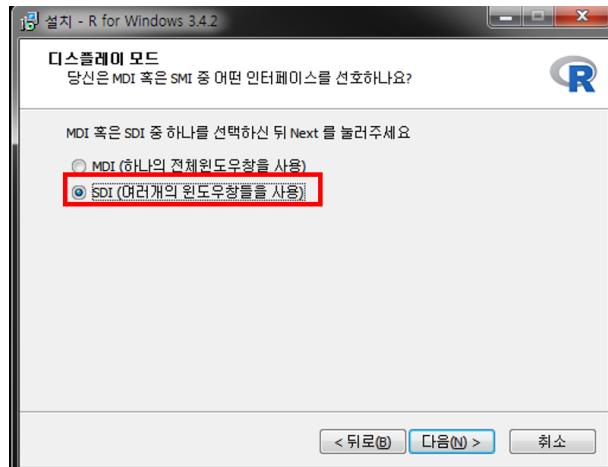


Figure 1.11: R 화면표시방식 설정 변경

### 13. 도움말 형식에서 HTML 도움말 기반 선택

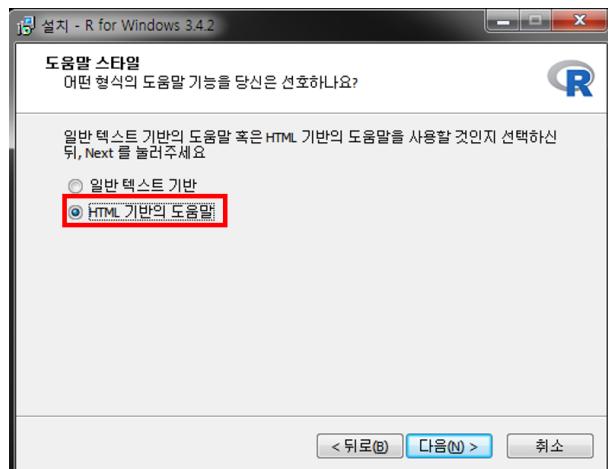


Figure 1.12: R 도움말 형식 변경

### 14. 시작메뉴 폴더 선택(그림 1.13)

- “바로가기”를 생성할 시작 메뉴 폴더 지정 후 [다음(N)>] 클릭 후 설치 진행
- 하단 “시작메뉴 폴더 만들지 않음” 체크박스 표시 시 시작메뉴에 “바로가기” 생성되지 않음(실행에 전혀 지장 없음)



Figure 1.13: 시작메뉴 폴더 선택

15. 추가 옵션 지정: 바탕화면 아이콘 생성 등 추가적 작업 옵션 체크 후 [다음(N)>] 클릭 → 설치 진행

- 설치된 R 버전 정보 레지스트리 저장 여부
- .Rdata 확장자를 R 실행파일과 자동 연계

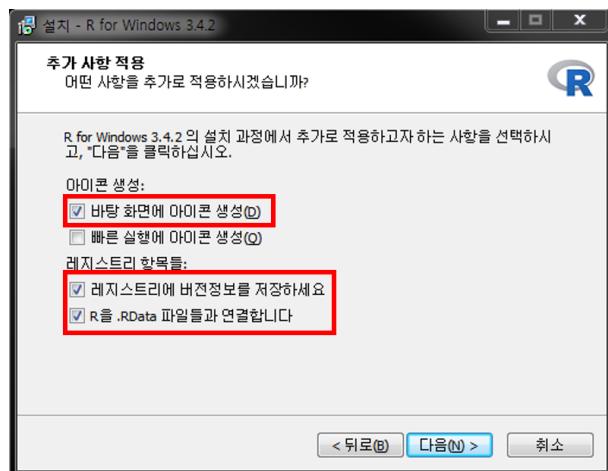


Figure 1.14: R 추가옵션 사항 선택

16. 설치 완료 후 바탕화면의 R 아이콘을 더블클릭하면 Rgui가 실행

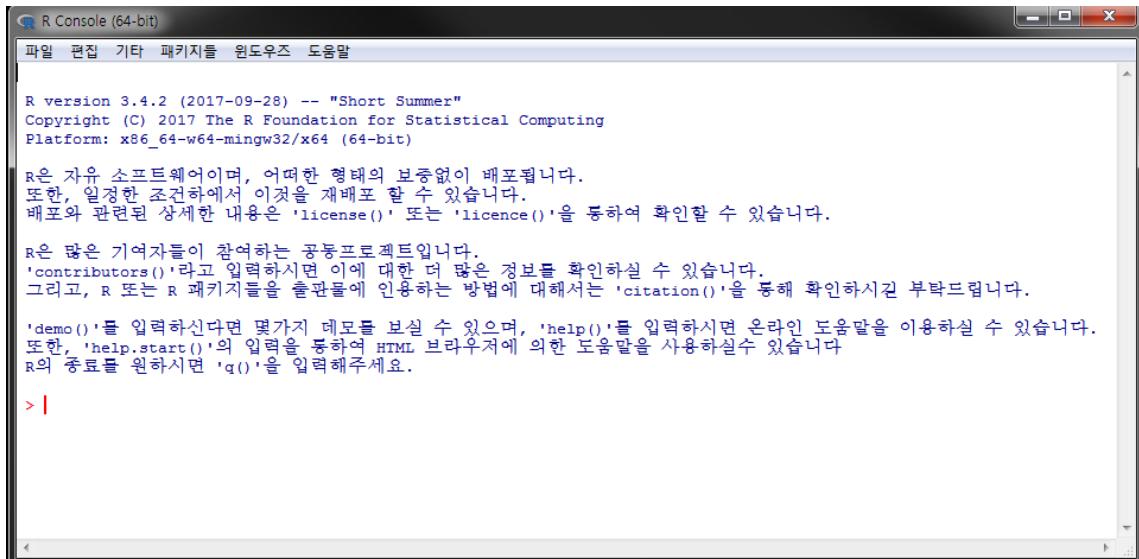


Figure 1.15: Windows에서 R 실행화면(콘솔 창, SDI 모드)

### 1.3 R 시작 및 작동 체크

위 R 시작화면에서 간단한 명령어들을 체크

- 그림 1.15에서 > 기호는 R의 명령 프롬프트임.
- Checklist
  - 1) “Hello R” 출력
  - 2) 1부터 100까지 정수 출력
  - 3) 간단한 histogram 출력

```
> # 문자열 출력
> print("Hello R")
```

```
[1] "Hello R"
```

여기서 # 기호는 주석의 시작을 의미하며 같은 행에서 # 뒤 내용의 코드는 실행되지 않음

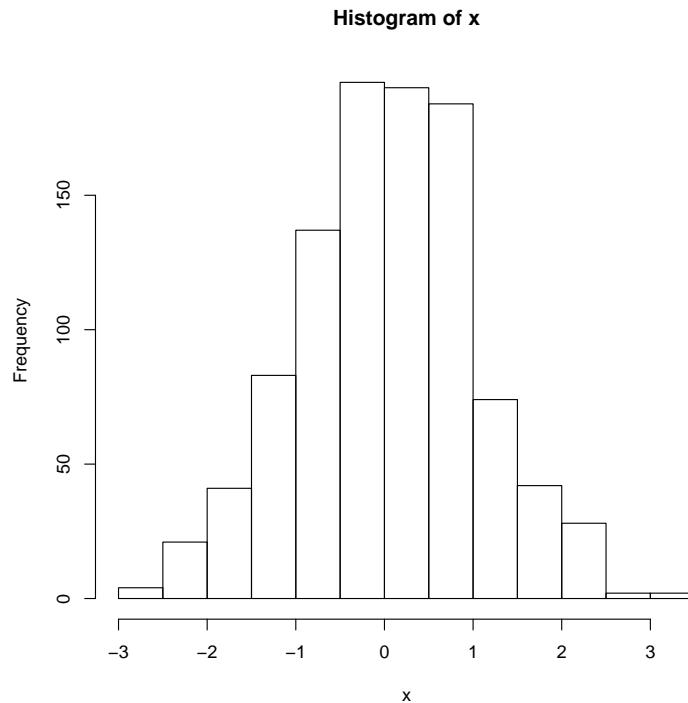
```
> # 1부터 100까지 수열 출력
> seq(1:100) # print('Hello R')
```

```
[1]  1  2  3  4  5  6  7  8  9 10 11 12 13 14 15 16 17
[18] 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34
[35] 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51
[52] 52 53 54 55 56 57 58 59 60 61 62 63 64 65 66 67 68
[69] 69 70 71 72 73 74 75 76 77 78 79 80 81 82 83 84 85
[86] 86 87 88 89 90 91 92 93 94 95 96 97 98 99 100
```

```

> # 간단한 히스토그램
> set.seed(12345) # random seed 지정
> x <- rnorm(1000) # 평균 0, 분산 1인 정규분포에서 난수 1000개 생성
> hist(x) # 히스토그램

```



### Tips

R 명령어 실행 시 간혹 아니 매우 빈번히 오류가 나타나는데, 이를 해결할 수 있는 가장 손쉬운 방법은 Googling과 R의 도움말을 이용하는 것이 가장 효율적임.

도움말을 볼 수 있는 R 함수 리스트

Table 1.1: R help 관련 명령어 리스트

도움말 보기 명령어	설명	사용법
help 또는 ?	도움말 시스템 호출	help(topic # 도움말을 찾고자 하는 대상 또는 함수)
help.search 또는 ??	주어진 문자열을 포함한 문서 검색	help.search(pattern # 찾고자 하는 문자열)
example	topic의 도움말 페이지에 있는 examples section 실행	example(topic # 예제를 실행하고자 하는 topic 또는 함수)
vignette	topic의 pdf 또는 html 레퍼런스 메뉴 열 불러오기	vignette(topic # topic에 저장된 reference manual )

## Tips

- vignette에서 제공하는 문서는 실제 분석을 기반으로 작성한 문서이기 때문에 초보자들이 R 패키지의 접근성을 높여줌. browseVignettes()으로 현존하는 모든 R 패키지들의 vignette을 볼 수 있기 때문에 매우 유용함.
- R 세션(R 콘솔이 시작해서 종료까지)에 설정된 옵션은 options() 실행으로 확인 가능
- 현재 R 세션에 대한 정보는 sessionInfo() 함수로 확인 가능

참고

```
> # 현재 설정된 출력 자리수 확인
```

```
> options("digits")
```

```
$digits
```

```
[1] 7
```

```
> pi
```

```
[1] 3.141593
```

```
> # 출력 자리수를 7에서 3으로 변경
```

```
> options(digits = 3)
```

```
> pi
```

```
[1] 3.14
```

### 1.3.1 이것으로 R 설치 완료??

- 기본적 R 사용방식은 입력한 명령어와 실행결과를 확인하는 대화형(interpreter) 방식
- R 기본 콘솔창 안에서도 TAB을 누르면 자동완성 기능이라던가 ↑, ↓를 누르면 이전/이후 명령 기록을 볼 수 있음.
- 여러 줄 이상의 R 명령어라든가 반복적, 장기간 작업을 수행해야 하는 경우라면 R 명령어로 구성된 스크립트 작성 후 일괄 실행하는 것이 일반적임.
- 이러한 다중 명령 코딩 시 콘솔창에 직접 입력하는 것은 비효율적 → 스크립트 에디터를 주로 사용
- R 자체적으로 기본적인 스크립트 에디터 제공(R editor) → 가독성 및 코딩 효율이 떨어짐
- 대표적 R 에디터: WinEdt (<http://www.winedt.com>), Tinn-R (<https://sourceforge.net/projects/tinn-r/>), Vim ([http://www.vim.org/scripts/script.php?script\\_id=2628](http://www.vim.org/scripts/script.php?script_id=2628))
- 대부분의 분석 및 개발 환경이 R GUI 만으로 구성되어 있지 않음 → RStudio를 이용한 통합 분석 환경 설정

## 1.4 RStudio 설치하기

- Rstudio: R 통합 분석/개발 환경(integrated development environment, IDE)으로 현재 가장 대중적으로 사용되고 있는 R 사용 환경
- 명령 콘솔 외 파일 편집, 데이터 보기, 명령 기록(.history), 그래프 등에 쉽게 접근 가능
- R과 마찬가지로 무료 소프트웨어임

### 1. Rstudio 사이트 접속

- 웹 브라우저를 통해 <https://www.rstudio.com> 연결 후 메인 화면에서 “Download RStudio” 클릭
- 혹은 상단 Pop-up 메뉴 중 Products → RStudio 클릭 후 연결된 화면에서 다운로드 진행

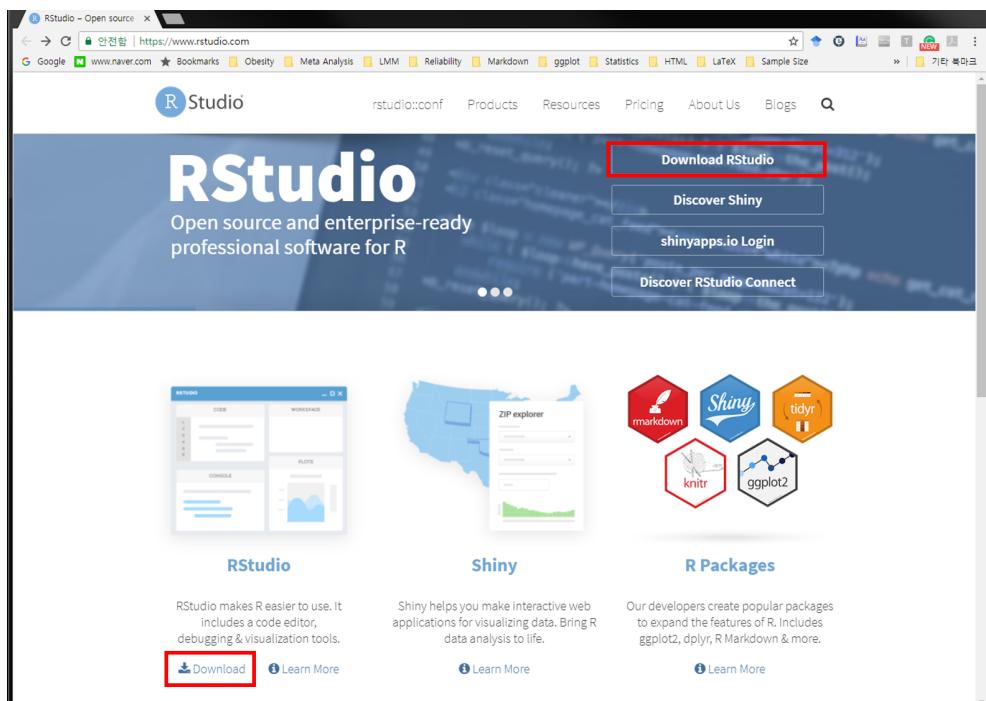


Figure 1.16: RStudio 메인 페이지 화면

### 2. Desktop 또는 Server 버전 중 택일

- 서버용 설치를 위해서는 Server 클릭 → 소규모 자료 분석용으로는 불필요
- 여기서는 “Desktop” 버전 선택 후 다음 링크로 이동

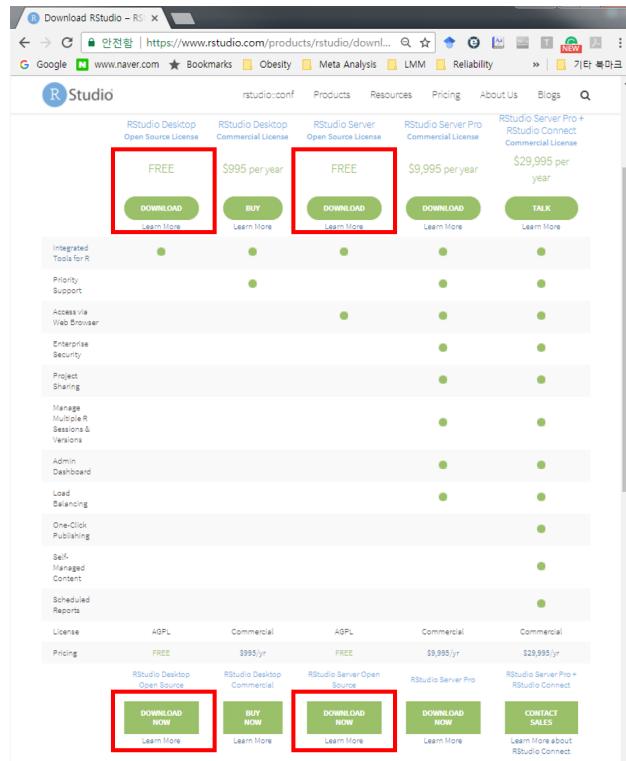


Figure 1.17: RStudio 다운로드 페이지

### 3. 운영체제에 맞는 Rstudio installer 다운로드(여기서는 Windows 버전 다운로드)

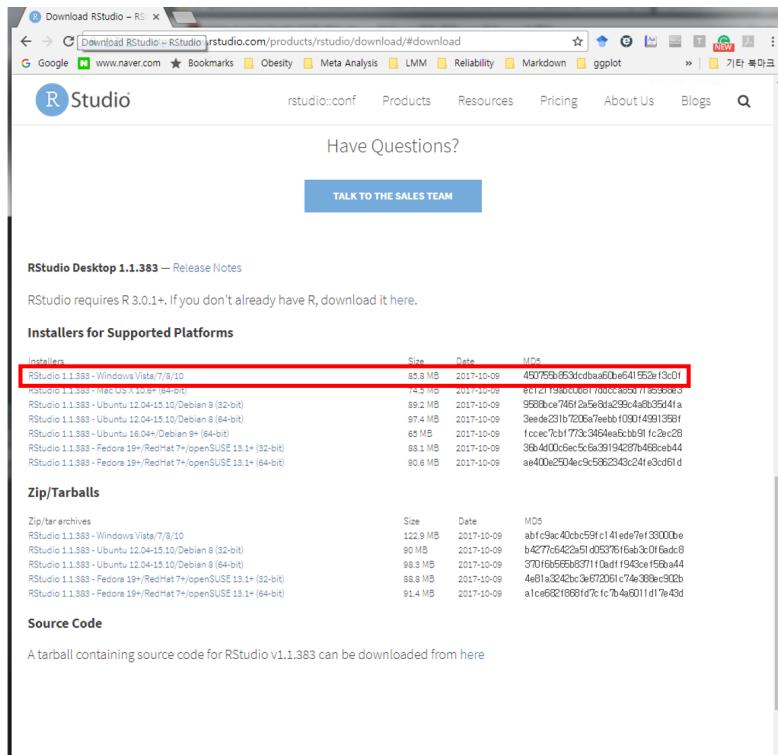


Figure 1.18: RStudio 운영체제 선택

### 4. RStudio installer 다운로드 시 파일이 저장된 폴더에서 보통 RStudio-xx.xx.xxxx.exe 형식

## 의 파일명 확인

- 더블 클릭 후 실행
- 다음> 몇 번 누르면 설치 종료

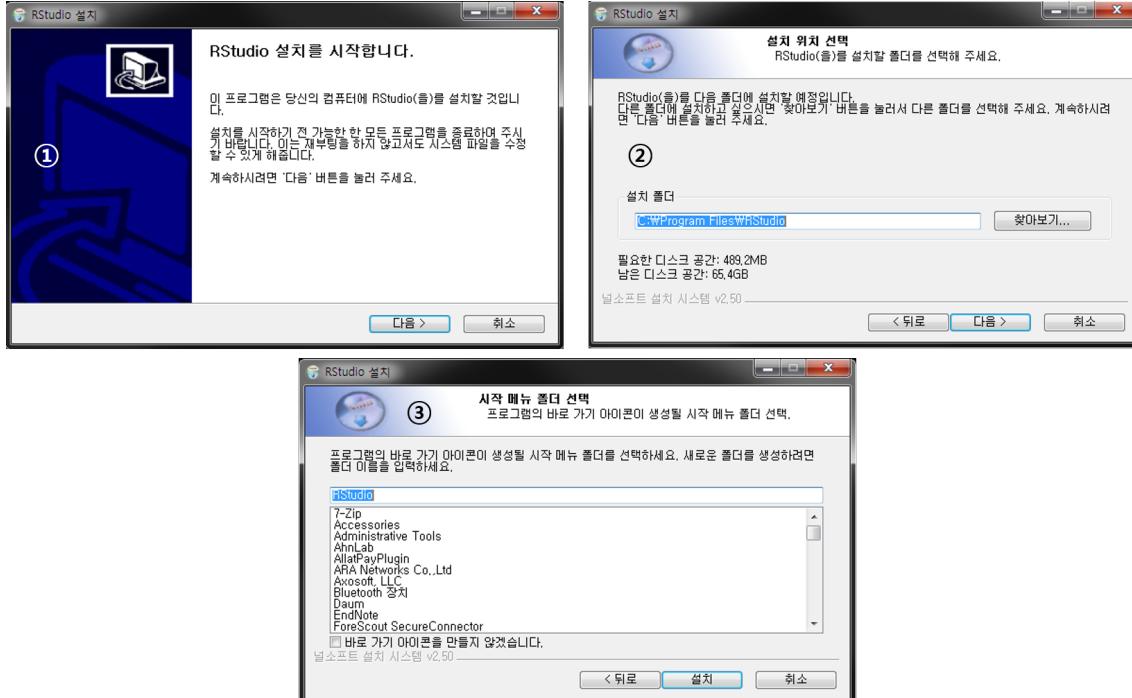


Figure 1.19: RStudio 설치화면

## 5. 아래와 같은 실행화면이 나타나면 RStudio 설치 성공

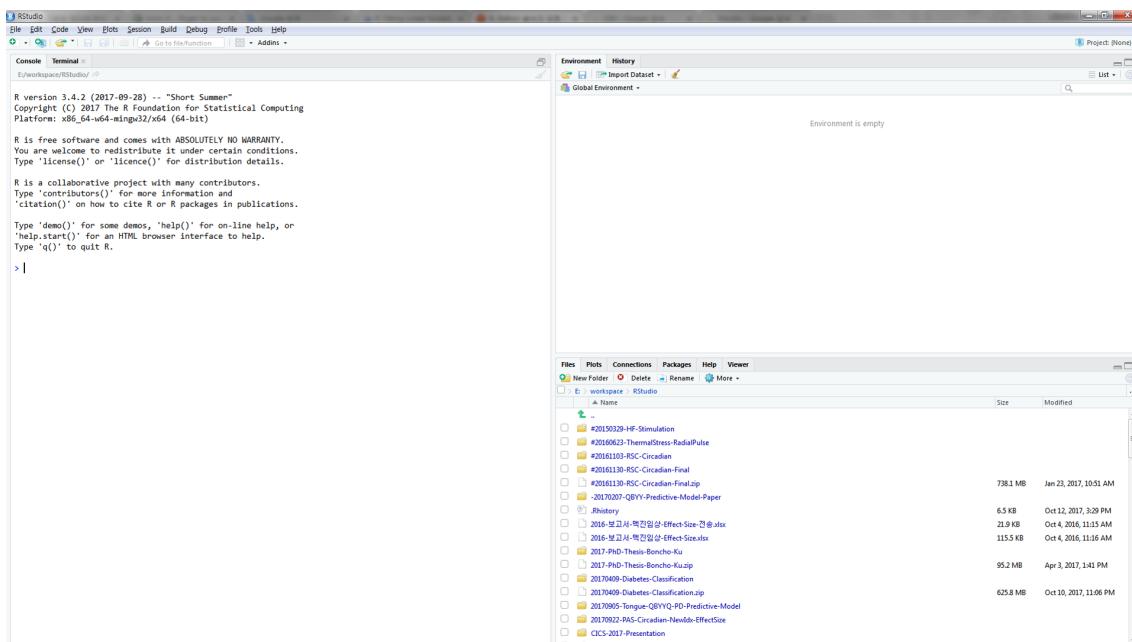


Figure 1.20: RStudio 초기 실행화면

## 1.5 RStudio의 구성

### 1.5.1 RStudio IDE 화면 구성

RStudio는 아래 그림 1.21과 같이 크게 4개 창으로 구성

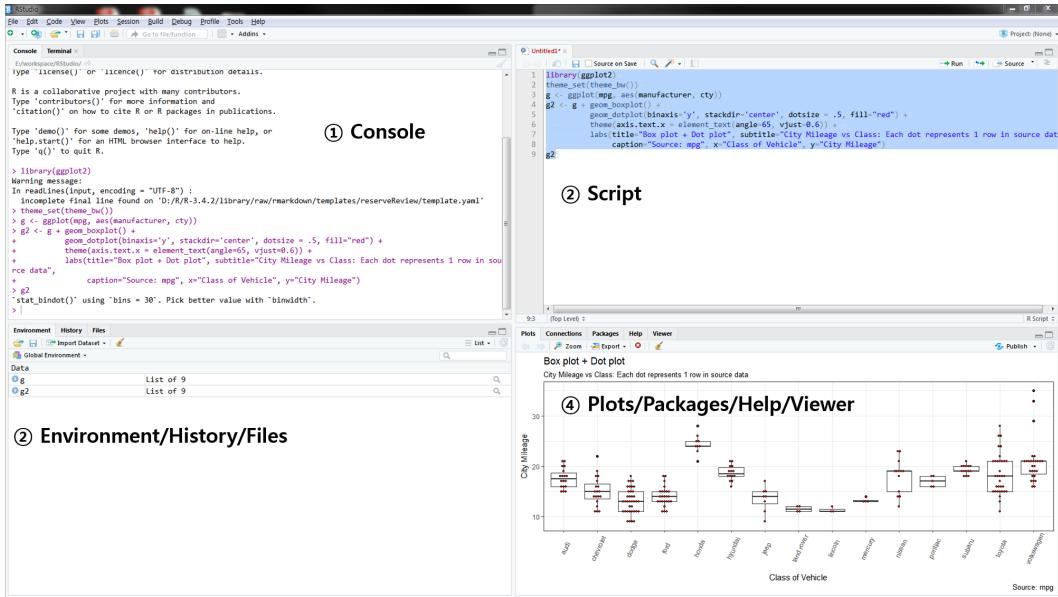


Figure 1.21: RStudio 화면구성: 우하단 그림은 <http://r-statistics.co/Top50-Ggplot2-Visualizations-MasterList-R-Code.html>에서 발췌

#### 1. 콘솔(console)

- R 명령어 실행 공간(RGui, 정확하게는 Rterm.exe가 실행되고 있는 창)
- R 스크립트 또는 콘솔 창에서 작성한 명령어(프로그램) 실행 결과 출력
- 경고, 에러/로그 등의 메세지 확인

#### 2. 스크립트(script) R 명령어 입력 공간으로 일괄처리(batch processing) 가능

- 일괄 처리를 위한 RStudio 제공 단축키
  - **Ctrl** + **Enter**: 선택한 블럭 내 명령어 실행
  - **Alt** + **Enter**: 선택 없이 커서가 위치한 라인의 명령어 실행
- 새 R 스크립트 파일 열기
  - R 상단 메뉴: [File] → [New File] → [R Script]
  - 단축키: **Ctrl** + **Shift** + **N**
- R 스크립트 이외 R Markdown, R Notebook, Shiny Web Application 등 새 문서의 목적에 따라 다양한 종류의 문서 생성 가능

#### 3. Environment/History

- 1) Environment: 현재 R 작업환경에 저장되어 있는 객체의 특성을 요약 제시

- 좌측 화살표 버튼 클릭: 해당 객체의 상세 정보 확인(그림 1.22)
- 우측 사각형 버튼 클릭: 객체가 데이터프레임인 경우 스프레드 시트 형태로 데이터 셋 확인(그림 1.23)
- 디스크 아이콘: 작업공간 저장 여부
- 빗자루 아이콘: 작업공간 객체 일괄 삭제
- Global Environment 아이콘: 현재 작업공간에서 사용중인 패키지 및 선택 패키지 내장 함수 목록 확인

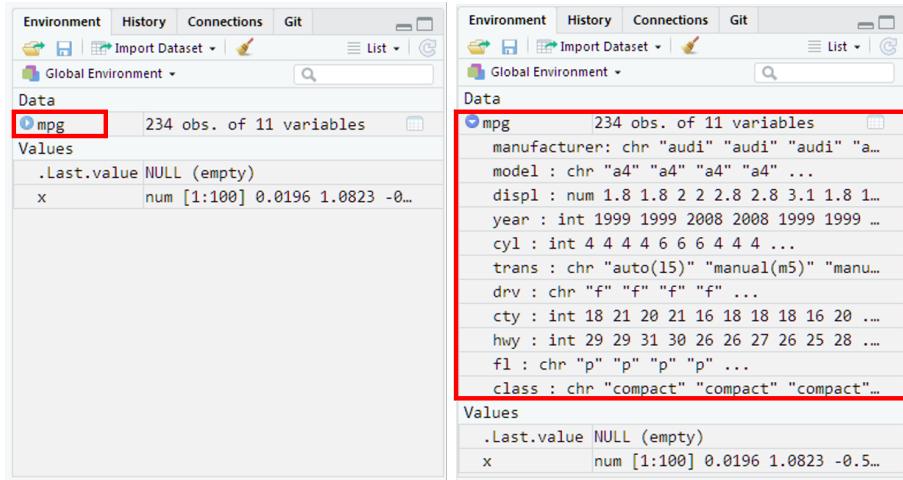


Figure 1.22: RStudio Environment 창: 객체 상세정보

	manufacturer	model	displ	year	cyl	trans	drv	cty	hwy	fl	class
1	audi	a4	1.8	1999	4	auto(l5)	f				compact
2	audi	a4	1.8	1999	4	manual(m5)	f				compact
3	audi	a4	2.0	2008	4	manual(m6)	f				compact
4	audi	a4	2.0	2008	4	auto(av)	f				compact
5	audi	a4	2.8	1999	6	auto(l5)	f				compact
6	audi	a4	2.8	1999	6	manual(m5)	f				compact
7	audi	a4	3.1	2008	6	auto(av)	f				compact
8	audi	a4 quattro	1.8	1999	4	manual(m5)	4				compact
9	audi	a4 quattro	1.8	1999	4	auto(l5)	4				compact
10	audi	a4 quattro	2.0	2008	4	manual(m6)	4				compact
11	audi	a4 quattro	2.0	2008	4	auto(s6)	4				compact
12	audi	a4 quattro	2.8	1999	6	auto(l5)	4				compact
13	audi	a4 quattro	2.8	1999	6	manual(m5)	4				compact
14	audi	a4 quattro	3.1	2008	6	auto(s6)	4				compact
15	audi	a4 quattro	3.1	2008	6	manual(m6)	4				compact

Figure 1.23: RStudio Environment 창: 스프레드 시트

- History: R 콘솔에서 실행된 명령어(스크립트)들의 이력 확인

```

Environment History Connections Git
To Console To Source ⚡ 🔍
ReadExcel <- function(filename) {
  require(XLConnect)
  require(plyr)
  WB <- loadWorkbook(filename)
  SheetName <- getSheets(WB)
  DF1 <- lapply(SheetName, function(name) readWorksheet(WB, sheet=name))
  names(DF1) <- SheetName
  return(DF1)
}
ReadExcel <- function(filename) {
  require(XLConnect)
  require( plyr)
  WB <- loadWorkbook(filename)
  SheetName <- getSheets(WB)
  DF1 <- lapply(SheetName, function(name) readWorksheet(WB, sheet=name))
  names(DF1) <- SheetName
  return(DF1)
}

```

Figure 1.24: RStudio History 창

#### 4. File/Plots/Packages/Help/Viewer

##### 1) File: Windows 탐색기와 유사

- 파일 및 폴더 생성, 삭제 수정, 그리고 작업경로 설정

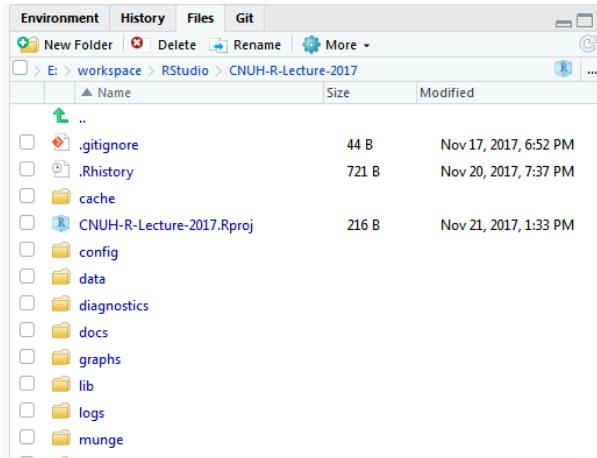


Figure 1.25: RStudio File 창

##### 2) Plots: 콘솔 또는 스크립트 창으로부터 생성한 그래프 출력

- 작업 중 생성한 그래프가 이력에 따라 저장: ⌛ 이전, ⌛ 최근
- Zoom** 기능으로 그래프 확대 가능
- Export** 를 통해 선택 그래프를 이미지 파일(.png, .jpeg 등), PDF 파일 및 PDF 출력 파일로 저장 가능
- 엑스박스는 현재 화면에 출력된 그래프 삭제, 빗자루 아이콘은 생성한 모든 그래프 삭제

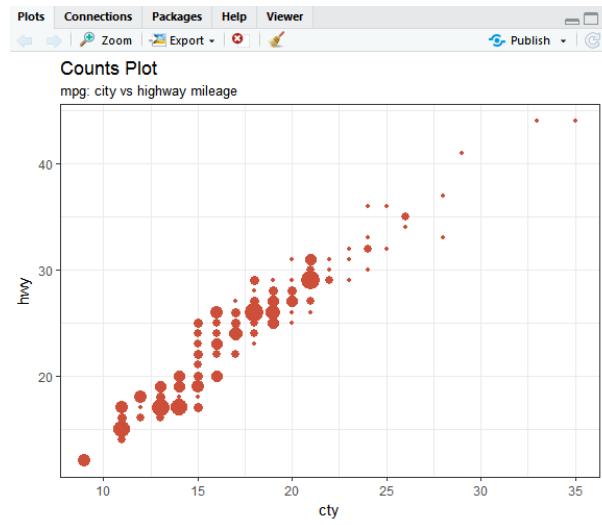


Figure 1.26: RStudio Plots 창 화면

- 3) Packages: 현재 컴퓨터에 설치된 R 패키지 목록 출력: 신규 설치 및 업데이트 가능

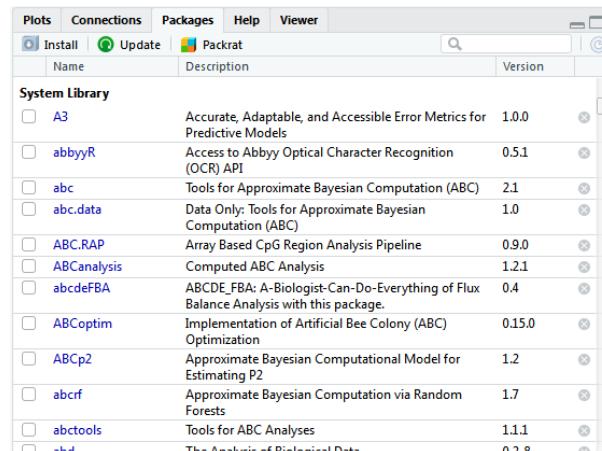


Figure 1.27: RStudio Packages 창 화면

- 4) Help: `help(topic)` 입력 시 도움말 창이 출력되는 공간

```
> help(lm)
```

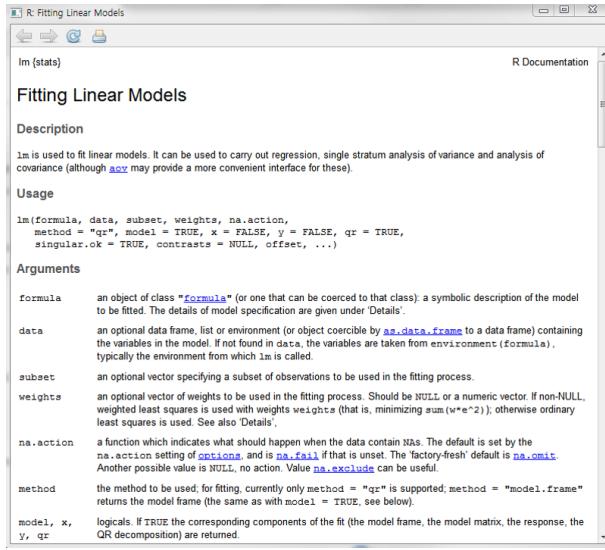


Figure 1.28: help(lm) 실행 후 RStudio Help 창 화면

5. RStudio의 창 layout은 [Tools] → [Global Options] → [Pane Layout]에서 변경 가능

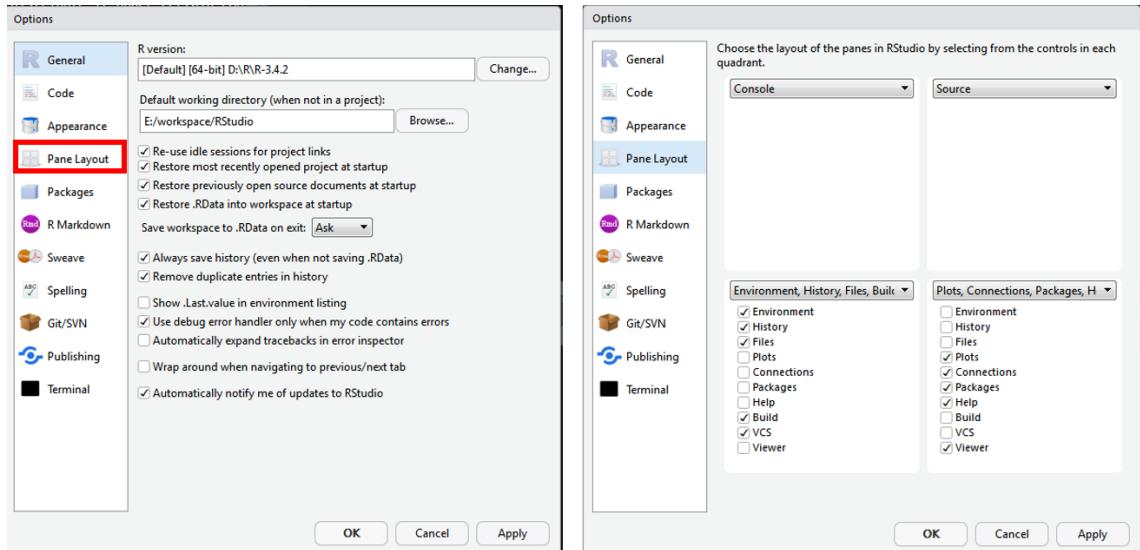


Figure 1.29: RStudio Option 선택화면 및 Pane 레이아웃 선택 화면

## 1.6 RStudio에서 배치 파일 생성 및 실행

스크립트 파일 생성, 저장, 실행

### 1. R 소스 파일 실행

- **[Ctrl]** + **[Shift]** + **S**
- **[Ctrl]** + **[Shift]** + **Enter**
- **source("파일이름")**

## 2. 파일 경로 설정

- R에서 디렉토리 구분자는 /임
- Windows에서 사용하는 \는 특수문자로 간주
- 경로 복사 후 R에서 사용하는 경우 \를 \\로 변경해야 인식

## 1.7 R 패키지 설치

1. RStudio 메뉴 [Tools] → [Install packages] 클릭 후 생성된 팝업 창에서 설치하고자 하는 패키지 입력 후 설치
2. RStudio Packages 창에서  버튼 누르고 설치(위와 동일)
3. R 콘솔 또는 스크립트 창에서 `install.packages()`

### 1.7.1 패키지 불러오기

#### 1. `library()` vs. `require()`

- `library()`: 불러오고자 하는 패키지가 시스템에 존재하지 않는 경우 에러 메세지 출력  
(에러 이후 명령어들이 실행되지 않음)
- `require()`: 패키지가 시스템에 존재하지 않는 경우 경고 메세지 출력(경고 이후 명령어 정상적으로 실행)

#### 2. 다중 패키지 동시에 불러오기

- RStudio Packages 창에서 설치하고자 하는 패키지 선택 버튼 클릭하면 R workspace로 해당 패키지 로드 가능
- 스크립트 이용

```
pkgName <- c("MASS", "tidyverse", "ggthemes", "readxl", "ProjectTemplate", "kableExtra",
           "ztable", "car", "lsmeans")
# 'lapply()': 벡터, 리스트 또는 표현식에 함수를 적용하여 그 결과를 리스트로 반환
lapply(pkgName, require, character.only = T)
```

## 1.8 rJava 설치하기

1. 자바 명령을 호출하는 패키지를 정상적으로 사용하기 위한 패키지

- Java 계열 머신러닝 어플리케이션 활용 또는 최근까지 Excel 파일을 불러오기 위해 설치 필수(Excel에 관해서는 Hadley Wickham의 `readxl` 개발 이전에는...)
- 다음은 Java가 설치되지 않은 환경에서 `rJava`를 불렀을 때 발생한 오류 예시임

```

Console Terminal ×
E:/workspace/RStudio/CNUH-R-Lecture-2017/ ↵
> library(rJava)
Error: package or namespace load failed for 'rJava':
.onLoad failed for 'rJava' because 'rJava' failed to load
 未能加载: fun(libname, pkgname)
  错误: No CurrentVersion entry in Software/JavaSoft registry! Try re-installing Java and make sure R and Java have matching architectures.
> |

```

Figure 1.30: `rJava` 에러 메세지

2. `rJava` 설치 전 자바 설치 및 Windows 시스템 환경 설정 필요
3. 자바 개발 키트(Java Development Kit, JDK)는 <http://www.oracle.com/technetwork/java/javase/downloads/index.html>에서 다운로드 가능
  - [Java Platform (JDK)] → [Download] 클릭

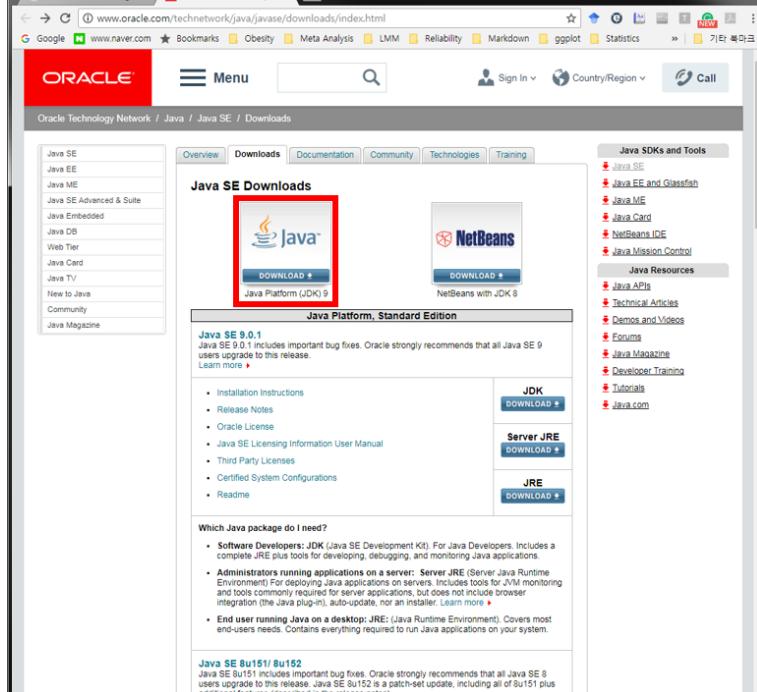


Figure 1.31: JDK 다운로드 페이지

#### 4. JDK 다운로드 전 현재 주로 작업하고 있는 R 버전 정보(32 bit vs. 64 bit) 확인

- R 세션 시작 시 또는 RStudio에서 [Tools] → [Global Options]에서 R 버전 확인 가능
- 라이센스 계약에 동의 후 확인한 R 버전에 대응하는 링크 클릭 후 다운로드 진행

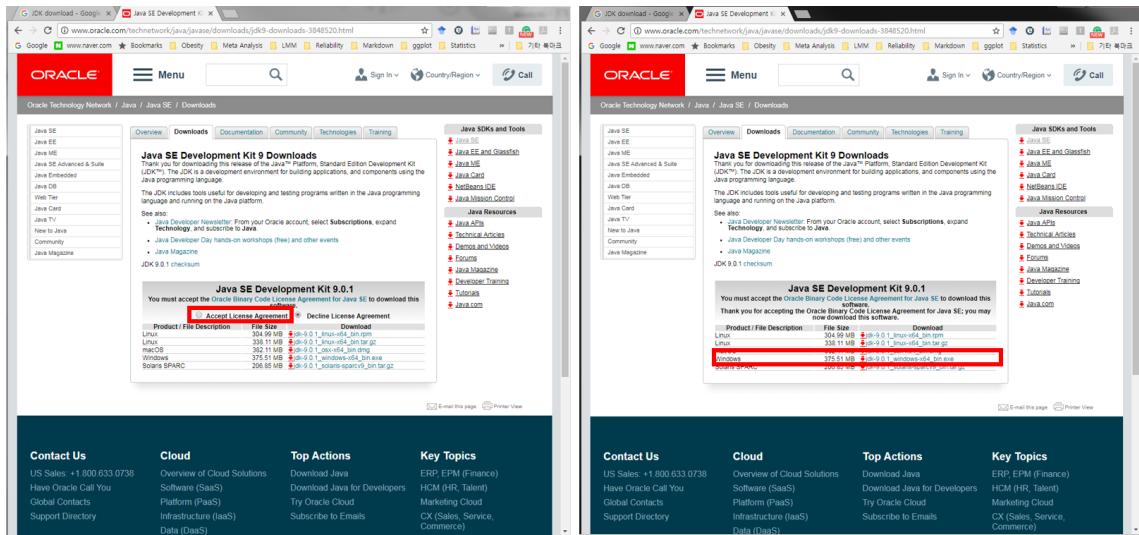


Figure 1.32: JDK 라이센스 및 다운로드 링크 페이지

#### 5. 다운로드 완료 후 설치 확인

- 정상적으로 설치한 경우라면 C:\Program Files\Java\jdk-9.0.1 디렉토리에서 설치 확인 가능
- Java runtime environment (JRE)는 C:\Program Files\Java\jre-9.0.1에서 설치 확인 가능

#### 6. 새 사용자 변수 생성

- **Windows 시작** 클릭 → [컴퓨터] 우 클릭 → [속성] 클릭 후 다음 그림 1.33에서 [고급 시스템 설정] 클릭

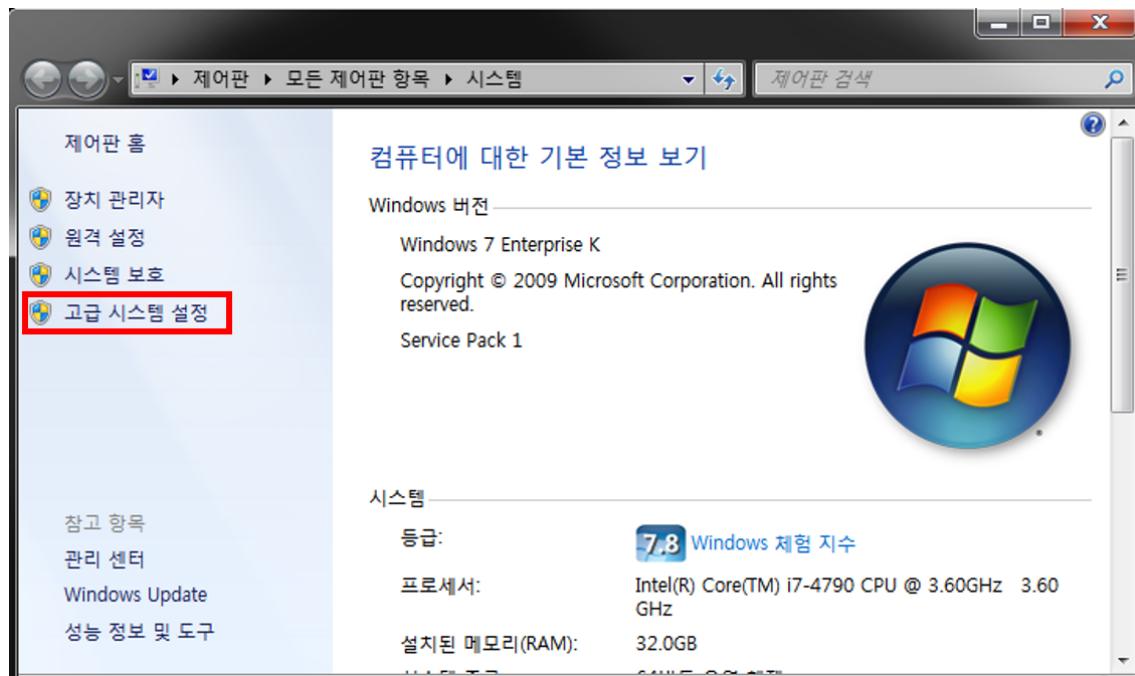


Figure 1.33: Windows 시스템 설정 화면

- 시스템 속성 창에서 [환경변수(N)...] 클릭 후 환경변수 창에서 사용자 변수 [새로 만들기(N)...] 클릭
- 변수 이름에 JAVA\_HOME, 변수 값에 JDK 설치 디렉토리 이름(예: C:\Program Files\Java\jdk-9.0.1) 입력

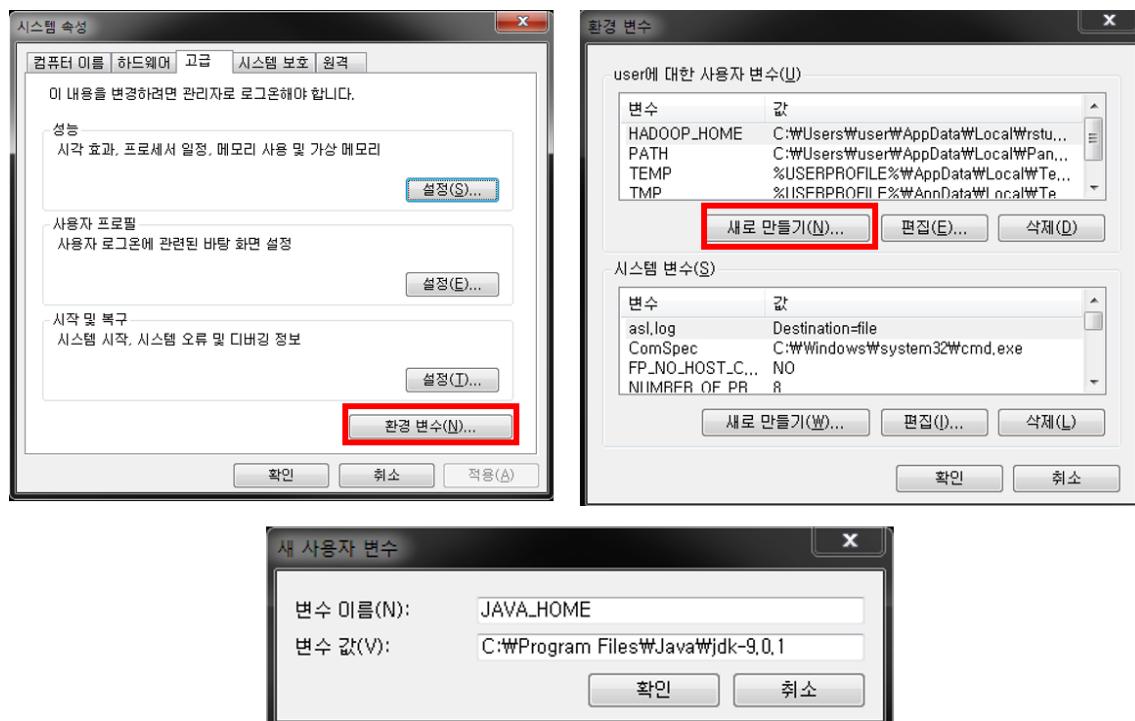


Figure 1.34: Windows 시스템 설정 화면

## 7. 시스템 변수 PATH 갱신

- JRE가 설치된 디렉토리(아래 나열)를 기준 PATH에 추가(디렉토리 구분자: ;)
  - C:\Program Files\Java\jre-9.0.1\bin
  - C:\Program Files\Java\jre-9.0.1\bin\server

## 8. 설정 완료 후 R 또는 RStudio 재실행 후 rJava 설치

## 9. 별 다른 에러 메세지 출력이 없으면 성공적으로 설치

# 1.9 RStudio 프로젝트 생성 및 ProjectTemplate 패키지 연동

## 1.9.1 RStudio 프로젝트

### 1. 프로젝트

- 물리적 측면: 최종 산출물(문서)를 생성하기 위한 데이터, 사진, 그림 등을 모아 놓은 폴더
- 논리적 측면: R 세션 및 작업의 버전 관리

### 2. 프로젝트의 필요성

- 자료의 정합성 보장
- 다양한 확장자를 갖는 한 폴더 내에 뒤섞일 때 곤란해 질 수 있음
- 실제 분석 및 그래프 생성에 사용한 정확한 프로그램 또는 코드 연결이 어려움

### 3. 좋은 프로젝트 구성을 위한 방법

- 원자료(raw data)의 보호: 가급적 자료를 읽기 전용(read only) 형태로 다루기
- 데이터 정제(data wrangling 또는 data munging)를 위한 스크립트와 정제 자료를 보관하는 읽기 전용 데이터 디렉토리 생성
- 작성한 스크립트로 생성한 모든 산출물(테이블, 그래프 등)을 “일회용품”처럼 처리 → 스크립트로 재현 가능
- 한 프로젝트 내 각기 다른 분석마다 다른 하위 디렉토리에 출력결과 저장하는 것이 유용

### 4. RStudio 새로운 프로젝트 생성

- RStudio의 가장 강력하고 유용한 기능
- 새로운 프로젝트 생성

1) RStudio 메뉴에서 [File] → [New Project] 선택하면 아래와 같은 팝업 메뉴 생성

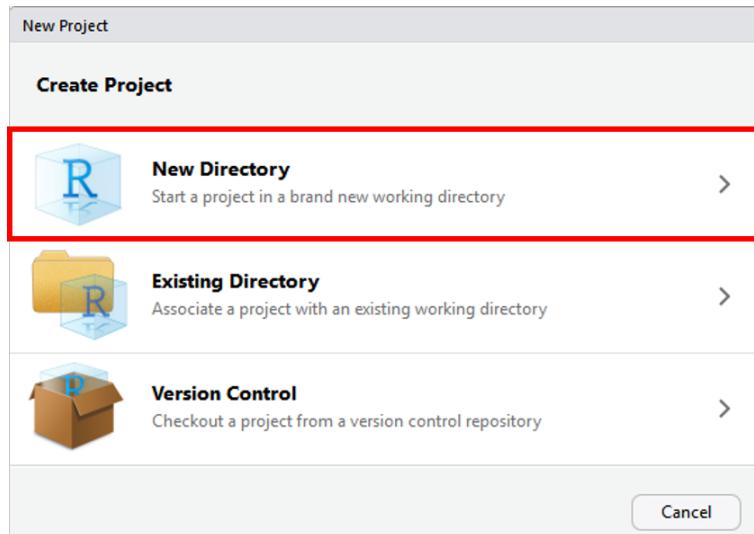


Figure 1.35: RStudio 새로운 프로젝트 생성

- **New Directory** : 이미 작업공간이 존재하고 있는 경우 해당 디렉토리 선택(다루지 않음)
- **Version Control** : 버전관리 시스템(Git, SVN)의 저장소에 존재하는 프로젝트 작업 시 선택(다루지 않음)

2) 그림 1.35에서 **New Directory** 선택 후 다음 창으로 이동

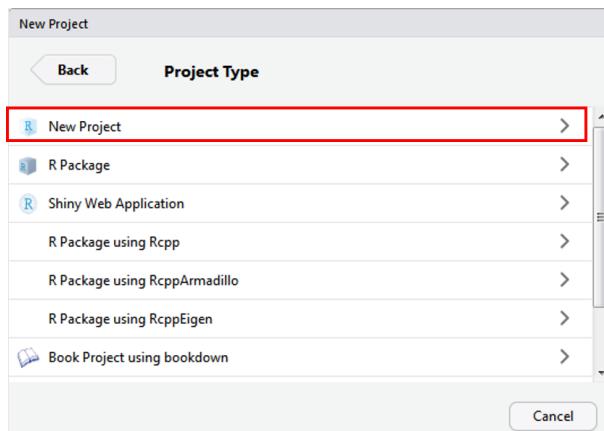


Figure 1.36: RStudio 새로운 프로젝트 유형 선택

- **New Project** : 자료분석을 위한 프로젝트 생성
- **R Package** : 패키지 개발을 위한 작업 프로젝트 생성
- **Shiny Web Application** : Shiny를 이용한 데이터 연동형 웹 어플리케이션 개발 프로젝트 생성
- **Book Project using bookdown** : 책 지필 작업을 위한 프로젝트 생성

3) **New Project** 선택 후 프로젝트 저장 폴더 생성 창으로 이동

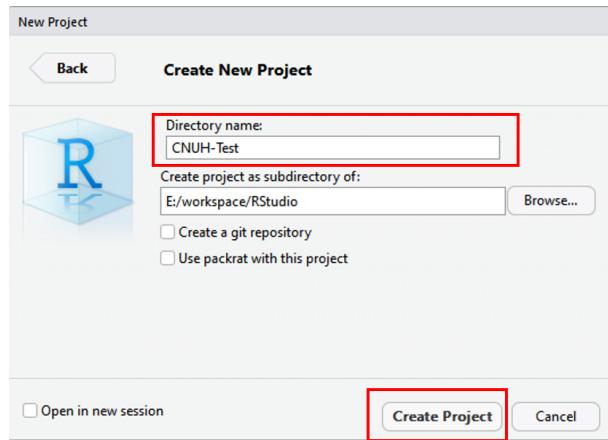


Figure 1.37: 새로운 프로젝트의 폴더명 지정

- 여기서는 CNUH-Test라는 프로젝트 이름으로 폴더 생성
- 아래 [Create projects as subdirectories of]에서 생성하고자 하는 프로젝트의 상위 디렉토리 설정 → 보통 RStudio의 default working directory로 기본 설정되어 있음.
- 입력 완료 후 **Create Project** 클릭 후 새로운 R 세션 화면이 열리는 것을 확인 했으면 새로운 프로젝트 생성 완료

#### 4) 생성한 프로젝트 확인

- 새로운 R 세션 콘솔 창에 getwd()로 생성한 프로젝트 폴더 확인
- 아래 그림처럼 생성 프로젝트 폴더에 CNUH-Test.RProj 실행파일 확인

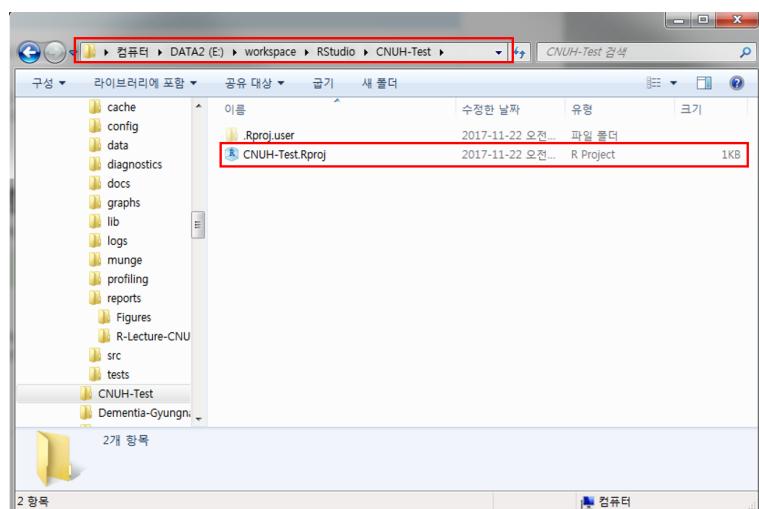


Figure 1.38: 프로젝트 폴더 내 실행 파일 생성 확인

### 1.9.2 ProjectTemplate

#### 1. 프로젝트 관리를 자동화 하기 위한 솔루션을 제공하는 R 패키지

- 프로젝트 관리에 이상적인 directory 구조 제공
- 자동으로 분석 파이프라인 및 작업흐름을 구성해서 구조화 함
- RStudio Project + ProjectTemplate + Git: 작업 기록 및 공동 작업 가능
- ProjectTemplate의 자세한 사항은 다음 링크 <http://projecttemplate.net/index.html>

참조

#### 2. ProjectTemplate 설치 및 생성

##### 1) `install.packages()` 함수를 이용해 설치

```
> install.packages("ProjectTemplate")
```

##### 2) 패키지 불러오기

```
> library(ProjectTemplate)
```

##### 3) ProjectTemplate 작업환경 생성

```
> # '..'는 default working directory 지시변수  
> create.project("../CNUH-Test", merge.strategy = "allow.non.conflict")
```

##### 4) 프로젝트 폴더 내 아래 폴더 생성 확인

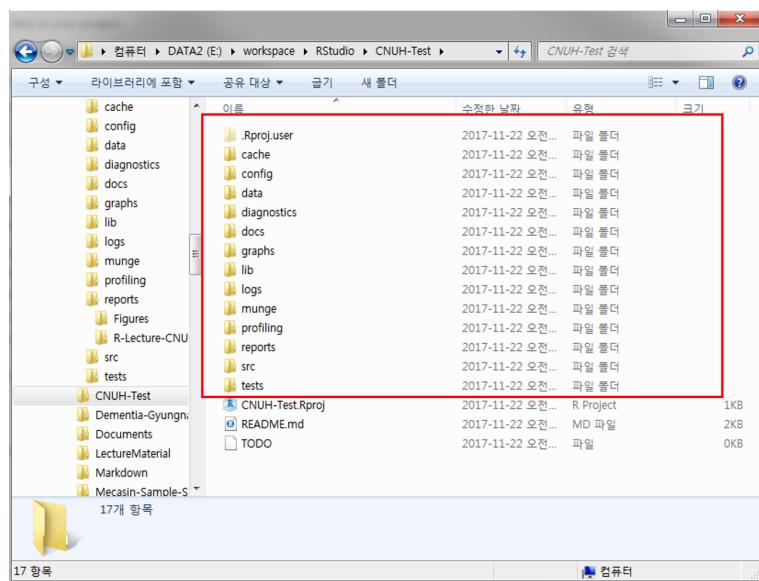


Figure 1.39: `create.project()` 후 프로젝트 폴더 내 생성 디렉토리

- `cache/`: 자료 전처리 과정 중 생성한 cache 처리 데이터 저장
- `config/`: 프로젝트 설정(`global.gcf`에 저장) 관리

- `data/`: 원자료 또는 읽기 전용 분석 자료 저장
- `diagnostics/`: 자료의 오류 및 이상치 탐지를 위한 스크립트 저장
- `doc/`: 프로젝트 산출물을 위한 모든 종류의 문서 저장
- `graphs/`: 스크립트로 출력된 그래프 저장
- `libs/`: 재사용 혹은 자체 제작한 R 함수 스크립트 저장
- `munge/`: 자료 전처리를 위한 스크립트 저장
- `profiling/`: 코드 실행 시간 체크를 위해 작성한 스크립트 저장
- `reports/`: 프로젝트 보고 문서(HTML, PDF 등) 저장
- `src/`: 자료분석을 위해 사용한 스크립트 저장
- `tests/`: 함수 작성을 위해 생성한 test 스크립트 저장

### 3. ProjectTemplate 관리

1) ProjectTemplate는 config/global.dcf 파일로 프로젝트 불러올 때 옵션 설정 가능

```
version: 0.8 # 현재 `ProjectTemplate` 버전 정보
data_loading: TRUE # 'data/' 폴더 내 자료읽기 여부
data_loading_header: TRUE # 'data/' 폴더 내 자료읽기 여부
data_ignore: # 'data/' 폴더 내 읽기무시 파일 목록
cache_loading: TRUE # 'cache/' 자료읽기 여부
recursive_loading: FALSE
munging: TRUE # 'munging/' 자료전처리 스크립트 읽기여부
logging: FALSE # Log 정보 기록여부
logging_level: INFO
load_libraries: FALSE # 아래 패키지 리스트 불러오기 여부
libraries: reshape, plyr, dplyr, ggplot2, stringr, lubridate
as_factors: TRUE # 문자형 변수 요인화 여부
data_tables: FALSE # data.frame()|| data.table 속성 추가
attach_internal_libraries: FALSE # 'lib\'에 저장된 자체 생성 함수 읽기 여부
cache_loaded_data: TRUE
sticky_variables: NONE
```



# Chapter 2

## R의 기본 사용

**목적:** R 활용을 위해 기초적으로 알아야 할 객체 속성 및 기본 연산 논리 학습

- R은 객체지향언어(object-oriented language)
- 객체: 숫자, 데이터셋, 단어, 테이블, 분석결과 등 모든 것을 칭함
  - “객체지향”의 의미는 R의 모든 명령어는 객체를 대상으로 이루어진다는 것을 의미
- R에서 사용자가 데이터 입력을 위해 생성 또는 읽어온 객체(object)는 종종 변수(variable)라는 말과 혼용됨.
- 본 문서에서는 최상위 데이터 저장장소를 객체라고 명명하며 데이터프레임과 같이 여러 종류의 데이터타입으로 이루어진 객체의 1차원 속성을 변수라고 칭함.
- R을 다룰 수 있으려면 기본적인 R의 데이터 할당 방식과 데이터 타입, 그리고 연산 방법에 대한 이해가 있어야 함.
- 특히 데이터 타입에 따라 사용하는 함수 또는 분석 방법이 조금씩 다른 것이 R의 특징임
- 따라서 R의 데이터 타입에 좀 더 익숙해져야 R을 보다 쉽게 다룰 수 있음

### 2.1 R의 데이터 유형

#### 2.1.1 R 객체 입력 방법 및 변수 설정 규칙

##### 2.1.1.1 객체 입력 및 할당

R의 가장 기본적인 데이터 입력 및 할당 방법과 객체 또는 변수의 명명 규칙 설명

## 1. 객체를 할당하는 두 가지 방법:=, <-

### 1) 두 할당 지시자의 차이점

- :=: 명령의 최상 수준에 사용 가능
- <-: 어디서든 사용 가능
- 함수 호출과 동시에 변수에 값을 할당할 목적으로는 <-만 사용 가능

```
# 이전 히스토그램 생성 위해 생성한 x 삭제  
rm(x)  
# `mean()` 입력 벡터의 평균 계산  
mean(y <- c(1, 2, 3, 4, 5))
```

```
[1] 3
```

```
y
```

```
[1] 1 2 3 4 5
```

```
mean(x = c(1, 2, 3, 4, 5))
```

```
[1] 3
```

```
x
```

```
Error in eval(expr, envir, enclos): 객체 'x'를 찾을 수 없습니다
```

## 2. 객체 또는 변수의 명명 규칙

- 1) 알파벳, 한글, 숫자, \_, .의 조합으로 구성 가능(-은 사용 불가)
- 2) 변수명의 알파벳, 한글, .로 시작 가능
  - .로 시작한 경우 뒤에 숫자 올 수 없음(숫자로 인지)
- 3) 대소문자 구분

```
# 1:10은 1부터 10까지 정수 생성 'c()'는 벡터 생성 함수  
x <- c(1:10)  
# 1:10으로 구성된 행렬 생성  
X <- matrix(c(1:10), nrow = 2, ncol = 5, byrow = T)  
x
```

```
[1] 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
```

```
X
```

```
[,1] [,2] [,3] [,4] [,5]
```

```
[1,] 1 2 3 4 5
```

```
[2,]      6      7      8      9     10
```

```
# 논리형 객체
```

```
.x <- TRUE  
.x
```

```
[1] TRUE
```

```
# 알파벳 + 숫자
```

```
a1 <- seq(from = 1, to = 10, by = 2)  
# 한글 변수명  
가수 <- c("Damian Rice", "Beatles", "최백호", "Queen")  
가수
```

```
[1] "Damian Rice" "Beatles"      "최백호"      "Queen"
```

### 3. 잘못된 객체 또는 변수 명명 예시

```
3x <- 7
```

```
Error: <text>:1:2: 예상하지 못한 기호(symbol)입니다.
```

```
1: 3x
```

```
^
```

```
_x <- c("M", "M", "F")
```

```
Error: <text>:1:1: 예상하지 못한 입력입니다.
```

```
1: _
```

```
^
```

```
0.3 <- 10
```

```
Error in 0.3 <- 10: 대입에 유효하지 않은 (do_set) 좌변입니다
```

## 2.2 R 객체 유형

### 1. 객체의 종류

- 스칼라(scalar)
- 벡터(vector): R의 기본연산 단위
- 행렬(matrix)

- 배열(array)
- 데이터프레임(data frame)
- 리스트(list)

## 2. 객체에 입력 가능한 값

- 수치형(numeric): 숫자(정수, 소수)
- 문자열(string): "충남대학교", "R강의"
- 논리형(logical): TRUE/FALSE
- 결측값(NA): 자료에서 발생한 결측 표현
- 공백(NULL): 지정하지 않은 값
- 요인(factor): 범주형 자료 표현(수치 + 문자 결합 형태로 이해하면 편함)
- 기타: 숫자아님(NaN), 무한대(Inf) 등

### 2.2.1 스칼라

1. 단일 차원의 값(하나의 값):  $1 \times 1$  벡터로 간주 가능
  - R 자료형의 기본은 벡터
2. 자료형은 크게 숫자형, 문자열, 논리형이 있음

참고: 스칼라를 입력시 R의 벡터 지정 함수인 c()를 꼭 사용해서 입력할 필요가 없다.

단, 두 개 이상 스칼라면 벡터이므로 꼭 c()를 써야 한다.

#### 2.2.1.1 숫자형: 수치연산(+, -, \*, ^, \*\*, /, %%, %%) 가능

```
> # 숫자형 스칼라
> a <- 3
> b <- 10
> a
```

[1] 3

```
> b
```

[1] 10

```
> # 덧셈  
> c <- a + b  
> c
```

[1] 13

```
> # 뺄셈  
> d <- b - a  
> d
```

[1] 7

```
> # 곱셈  
> a * b
```

[1] 30

```
> # 역승  
> b^a
```

[1] 1000

```
> b^a
```

[1] 1000

```
> # 나누기  
> b/a
```

[1] 3.33

```
> # 나누기 나머지 반환  
> b%%a
```

[1] 1

```
> # 나누기 몫 반환  
> b%/%a
```

[1] 3

```
> # 연산 우선순위  
> n <- (3 + 5) * 3 - 4^2/2  
> n
```

[1] 16

### 2.2.1.2 문자형 스칼라: 수치연산 불가능

```
> h1 <- c("Hello CNU Hospital CTS.")  
> g2 <- c("R is not too difficult.")  
> h1
```

```
[1] "Hello CNU Hospital CTS."
```

```
> g2
```

```
[1] "R is not too difficult."
```

```
> h1 + g2
```

Error in h1 + g2: 이항연산자에 수치가 아닌 인수입니다

### 2.2.1.3 논리형 스칼라

- TRUE, T: 참
- FALSE, F: 거짓
- &, && (AND); |, || (OR); ! (NOT) 연산자 사용 가능
- 비교연산: 숫자값들의 비교를 통해 논리값 반환
  - >, <, >=, <=, ==, !=
  - 문자형 비교 연산은 ==, !=만 가능

참고 1: 논리형 스칼라도 숫자형 연산 가능하다. 왜냐하면 컴퓨터는 TRUE/FALSE를 1과 0의 숫자로 인식하기 때문이다.

참고 2: &와 &&는 동일하게 AND를 의미하지만 연산 결과가 다르다. &의 연산 대상이 벡터인 경우 벡터 구성 값 각각에 대해 & 연산을 실행 하지만 &&는 한 개(스칼라)에만 논리 연산이 적용된다(아래 예시 참고).

```
> TRUE & TRUE
```

```
[1] TRUE
```

```
> TRUE & FALSE
```

```
[1] FALSE
```

```
> TRUE | TRUE
```

```
[1] TRUE
```

```
> TRUE | FALSE
```

```
[1] TRUE
```

```
> !TRUE
```

```
[1] FALSE
```

```
> !FALSE
```

```
[1] TRUE
```

```
> # T/F는 각각 TRUE/FALSE의 전역변수
```

```
> T <- FALSE
```

```
> T
```

```
[1] FALSE
```

```
> TRUE <- FALSE
```

```
Error in TRUE <- FALSE: 대입에 유효하지 않은 (do_set) 좌변입니다
```

```
> T <- TRUE
```

```
> # 와 &&의 차이
```

```
> l1 <- c(TRUE, TRUE, FALSE, TRUE)
```

```
> l2 <- c(FALSE, TRUE, TRUE, TRUE)
```

```
> l1 & l2
```

```
[1] FALSE TRUE FALSE TRUE
```

```
> l1 && l2
```

```
[1] FALSE
```

```
> x <- 10
```

```
> y <- 13
```

```
> x > y
```

```
[1] FALSE
```

```
> x < y
```

```
[1] TRUE
```

```
> x >= y
```

```
[1] FALSE
```

```
> x <= y
```

```
[1] TRUE
```

```
> x == y
```

```
[1] FALSE
```

```
> x != y
```

```
[1] TRUE
```

```
> y <- 10
```

```
> x != y
```

```
[1] FALSE
```

#### 2.2.1.4 결측값(NA)

- 데이터 값이 없음을 의미
- 예를 들어 4명의 학생 중 3명의 수학 시험 점수가 80, 95, 90 점인데 한 학생의 점수를 모르는 경우 NA를 이용해 점수 표현
- is.na() 함수를 이용해 해당 값이 결측을 포함하고 있는지 확인

```
> one <- 80  
> two <- 90  
> three <- 75  
> four <- NA  
> four
```

```
[1] NA
```

```
> # 'is.na()' 결측 NA가 포함되어 있으면 TRUE  
> is.na(NA)
```

```
[1] TRUE
```

#### 2.2.1.5 NULL 값(NULL)

- 초기화 되지 않은 값 표현
- is.null() 함수를 통해 NULL 지정 여부 확인

참고: NA와 NULL은 자료의 공백을 의미한다는 점에서 유사한 측면이 있으나 아래 측면에서 큰 차이가 있음!!

- NULL: 값을 지정하지 않은 객체(object) 표현
- NA: 자료값이 결측임을 지정해주는 논리형 상수

```

> # NA와 NULL의 차이점 'is.null()' 객체 또는 변수에 NULL이 저장되어 있는지 판단
> # 'class()' 객체의 유형을 반환
> x <- NULL
> is.null(x)

```

[1] TRUE

```
> is.null(1)
```

[1] FALSE

```
> is.null(NA)
```

[1] FALSE

```
> is.na(NULL)
```

logical(0)

```
> class(NA)
```

[1] "logical"

```
> class(NULL)
```

[1] "NULL"

### 2.2.1.6 요인형

- 범주형 자료를 표현하기 위한 값
- 범주형 자료
- 데이터가 사전에 정해진 특정 유형으로만 분류되는 경우 - 성별, 인종, 혈액형 등
  - 범주형 자료는 명목형과 순서형으로 구분 가능
    - \* 순서형 자료 예: 성적, 교육수준, 선호도, 종종도 등
- factor() 함수를 통해 표현 가능
  - 프로토타입: factor(x, levels, labels, ordered) (`help(factor)` 참조)
    - \* x 벡터(스칼라)에 대응하는 요인의 수준(`levels`)과 수준의 레이블(`labels`)을 지정.
    - 만약 요인 x가 순서형이면 `ordered`인지 아닌지를 입력
  - 숫자형에 적용되는 연산 불가
  - 요인형을 조금 더 부연설명 하면 숫자 또는 문자 값에 수준의 속성을 부여한 값의 형태임

## 예시 사용 함수

- `is.factor()`: 벡터(스칼라)가 요인형인지 확인
- `nlevels()`: factor의 level 개수 반환
- `levels()`: level 목록 반환
- `labels()`: level에 대응하는 label 목록 반환
- `ordered()`: 순서형 factor 생성
- `is.ordered()`: 순서형 factor 확인

```
> # factor() 기본 사용법 factor(x, levels, labels, ordered = F) x: factor 형으로  
> # 지정하고자 하는 스칼라 또는 벡터 levels: factor의 수준 지정 labels: factor의 레이블  
> # 지정  
> sex <- factor("M", levels = c("M", "F"))  
> sex
```

[1] M

Levels: M F

```
> # factor 형 판단 TRUE/FALSE  
> is.factor(sex)
```

[1] TRUE

```
> # factor의 level 개수 반환  
> nlevels(sex)
```

[1] 2

```
> # factor의 level 목록 반환  
> levels(sex)
```

[1] "M" "F"

```
> # factor의 level 목록 수정  
> levels(sex) <- c("Male", "Female")  
> sex
```

[1] Male

Levels: Male Female

```
> # 순서형 factor  
> severity <- factor(1, levels = c(1, 2, 3), labels = c("Mild", "Moderate", "Severe"))  
> # severity <- ordered(severity) 또는 factor() 함수 내에서 ordered 옵션을 TRUE로 지정  
> severity <- factor(1, levels = c(1, 2, 3), labels = c("Mild", "Moderate", "Severe"), ordered = TRUE)  
> severity
```

```
[1] Mild
```

```
Levels: Mild < Moderate < Severe
```

```
> is.ordered(severity)
```

```
[1] TRUE
```

## 2.2.2 벡터(vector)

- 동일한 유형의 자료(스칼라)가 2개 이상 1차원 ( $n \times 1, n \geq 2$ ) 으로 구성되어 있는 자료 형태
- 벡터는 앞의 예시에서 본 바와 같이 `c()` 함수를 사용해 생성
- 서로 다른 자료형으로 벡터를 구성한 경우 표현력이 높은 자료형으로 변환한 값 반환
  - 예: 문자열 + 숫자로 구성된 벡터 → 문자형 벡터
- 벡터 각 원소에 이름 부여 가능
  - `names()` 함수를 이용해 원소 이름 지정
    - 사용 프로토타입: `names(x) <- 문자열 벡터, 단 x와 이름에 입력할 문자열 벡터의 길이는 같아야 함.`
  - 벡터의 길이(차원) 확인
    - `length()` 또는 `NROW()` 사용
- 색인(indexing)을 통해 벡터의 원소에 접근 가능
  - `x[i]`: 벡터 `x`의 `i`번 째 요소
  - `x[-i]`: 벡터 `x`에서 `i`번 째 요소를 제외한 나머지
  - `x[I]`: `I`가 인덱싱 벡터라고 할 때 `I`에 지정된 요소를 얻어옴. 일반적으로 `I`는 벡터의 행 순서 번호 또는 각 벡터 원소의 이름에 대응하는 문자열 벡터를 인덱싱 벡터로 사용할 수 있음.
  - `x[start:end]`: `x`의 `start`부터 `end`까지 값 반환
- 벡터의 원소가 `NULL`을 포함한 경우 해당 원소가 완전히 삭제(예시 참조)

```
# 숫자형 벡터
```

```
x <- c(1:25)  
y <- c(26:50)  
is.numeric(x)
```

```
[1] TRUE
```

```
# 벡터의 연산 사칙연산
```

```
x + y
```

```
[1] 27 29 31 33 35 37 39 41 43 45 47 49 51 53 55 57 59 61 63 65 67 69 71  
[24] 73 75
```

```
x - y
```

```
[1] -25 -25 -25 -25 -25 -25 -25 -25 -25 -25 -25 -25 -25 -25 -25 -25 -25 -25 -25
```

```
[18] -25 -25 -25 -25 -25 -25 -25 -25
```

```
x/y
```

```
[1] 0.0385 0.0741 0.1071 0.1379 0.1667 0.1935 0.2188 0.2424 0.2647 0.2857
```

```
[11] 0.3056 0.3243 0.3421 0.3590 0.3750 0.3902 0.4048 0.4186 0.4318 0.4444
```

```
[21] 0.4565 0.4681 0.4792 0.4898 0.5000
```

```
x * y
```

```
[1] 26 54 84 116 150 186 224 264 306 350 396 444 494 546
```

```
[15] 600 656 714 774 836 900 966 1034 1104 1176 1250
```

```
## 비교 연산
```

```
a <- c(1, 2, 3, 3, 4, 2, 5, 1, 2, 3, 4, 4, 4)
```

```
b <- c(2, 2, 4, 4, 3, 2, 5, 1, 2, 4, 4, 4, 3)
```

```
a > b
```

```
[1] FALSE FALSE FALSE FALSE TRUE FALSE FALSE FALSE FALSE FALSE
```

```
[12] FALSE TRUE
```

```
a >= b
```

```
[1] FALSE TRUE FALSE FALSE TRUE TRUE TRUE TRUE TRUE FALSE TRUE
```

```
[12] TRUE TRUE
```

```
a < b
```

```
[1] TRUE FALSE TRUE TRUE FALSE FALSE FALSE FALSE FALSE TRUE FALSE
```

```
[12] FALSE FALSE
```

```
a <= b
```

```
[1] TRUE TRUE TRUE TRUE FALSE TRUE TRUE TRUE TRUE TRUE TRUE
```

```
[12] TRUE FALSE
```

```
a == b
```

```
[1] FALSE TRUE FALSE FALSE FALSE TRUE TRUE TRUE TRUE FALSE TRUE
```

```
[12] TRUE FALSE
```

```
a != b
```

```
[1] TRUE FALSE TRUE TRUE TRUE FALSE FALSE FALSE FALSE TRUE FALSE
```

```
[12] FALSE TRUE
```

```
# 벡터의 길이: `length()` 또는 `NROW` 함수 이용  
z <- 1  
length(z)
```

```
[1] 1
```

```
NROW(x)
```

```
[1] 25
```

```
# 문자형 벡터  
str1 <- c("Boncho Ku", "Linear Regression", "307", "Male")  
str1
```

```
[1] "Boncho Ku"           "Linear Regression" "307"
```

```
[4] "Male"
```

```
# 벡터 원소의 이름 지정  
names(str1) <- c("Name", "Subject", "Room", "Sex")  
str1
```

Name	Subject	Room
"Boncho Ku"	"Linear Regression"	"307"
Sex		
"Male"		

```
is.numeric(str1)
```

```
[1] FALSE
```

```
is.character(str1)
```

```
[1] TRUE
```

```
# 숫자와 문자를 동시에 포함한 벡터라면?  
vec1 <- c(1, 2, 5, "1", "Clinical Trial")  
## check: 모든 원소가 문자열로 변환된 것 확인  
vec1
```

```
[1] "1"          "2"          "5"          "1"  
[5] "Clinical Trial"
```

```
# 논리형 벡터  
boolen <- c(TRUE, TRUE, FALSE, TRUE, TRUE, TRUE, FALSE, FALSE)  
is.numeric(boolen)
```

```
[1] FALSE
```

```
is.logical(boolen)
```

```
[1] TRUE
```

```
# 결측을 포함한 벡터
```

```
vecNA <- c(1:10, NA, NA)
```

```
is.na(vecNA)
```

```
[1] FALSE FALSE FALSE FALSE FALSE FALSE FALSE FALSE FALSE TRUE
```

```
[12] TRUE
```

```
is.numeric(vecNA)
```

```
[1] TRUE
```

```
# NULL 포함 벡터
```

```
vecNULL <- c(NULL, 1, 2, NULL, 3)
```

```
vecNULL
```

```
[1] 1 2 3
```

```
# seq_along(), rep() 함수 사용
```

```
seq_along(x)
```

```
[1] 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23
```

```
[24] 24 25
```

```
z <- c(3, 8)
```

```
# `rep(x, each)` 사용 예
```

```
rep(z, each = 3)
```

```
[1] 3 3 3 8 8 8
```

```
# `rep(x, times)` 사용 예
```

```
rep(z, times = 3)
```

```
[1] 3 8 3 8 3 8
```

```
# `rep(x, each, times)` 사용 예
```

```
rep(z, each = 2, times = 3)
```

```
[1] 3 3 8 8 3 3 8 8 3 3 8 8
```

```
# 요인 벡터 rep() 함수를 이용한 0,1 벡터 생성
```

```
sex <- rep(c(0, 1), each = 10)
```

```
sex
```

```
[1] 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1
```

```

sex <- factor(sex, levels = c(0, 1), labels = c("Male", "Female"))

sex

[1] Male   Male   Male   Male   Male   Male   Male   Male   Male
[11] Female Female Female Female Female Female Female Female Female
Levels: Male Female

str(sex)

Factor w/ 2 levels "Male","Female": 1 1 1 1 1 1 1 1 1 ...
# 벡터의 색인
x[10]

[1] 10

x[-3]

[1] 1 2 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24
[24] 25

x[1:5]

[1] 1 2 3 4 5

x[c(1:3, 10:12)]

[1] 1 2 3 10 11 12

x[-c(1:10)]

[1] 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25

str1["Name"]

Name
"Boncho Ku"

알아두면 유용한 벡터 연산자: 벡터는 숫자, 문자열의 묶음, 즉 집합의 개념으로 볼 수 있기 때문에 집합연산이 가능함


- identical(x, y): 객체 x와 객체 y가 동일한지 판단
- union(x, y): 객체 x와 객체 y의 합집합
- intersection(x, y): 객체 x와 객체 y의 교집합
- setdiff(x, y): 객체 x와 객체 y의 차집합
- x %in% y : y에 x의 원소가 포함되어 있는지 판단

```

## 벡터 연산 예시

```
x <- c(1:3)
y <- c(1:3)
identical(x, y)
```

[1] TRUE

```
y <- c(1, 2, 4)
identical(x, y)
```

[1] FALSE

```
union(x, y)
```

[1] 1 2 3 4

```
intersect(x, y)
```

[1] 1 2

```
setdiff(x, y)
```

[1] 3

```
setdiff(y, x)
```

[1] 4

```
x %in% y
```

[1] TRUE TRUE FALSE

## 2.3 행렬(matrix)

- 동일한 유형의 2차원 데이터 구조 ( $n \times p$  자료행렬)
  - $n \times 1$  차원 벡터  $p$ 개로 묶여진 데이터 덩어리
- 행렬 관련 함수 프로토타입

```
> X <- matrix(data = <DATA>, nrow = <N>, ncol = <P>, byrow = <TRUE/FALSE>)
```

- `matrix(data, nrow, ncol, byrow = FALSE, dimnames= NULL)`: `data`를 열의 개수가 `nrow`이고 열의 개수가 `ncol`인 행렬을 생성한다. 여기서 `byrow = FALSE` 열 우선으로 행렬의 entry를 채우고, `byrow = TRUE`이면 행 우선으로 행렬의 entry를 채운다
- `dimnames[[i]] <- value`: 행렬의 이름을 설정하는 함수
  - $i=1$ 이면 행,  $i=2$ 이면 열을 의미하며

- `value`는 지정할 이름을 포함하고 있는 벡터이며 각 행과 열의 길이와 동일한 길이를 갖는다.
- `rownames(X)`: 행의 이름을 가져온다
  - `rownames(X) <- value`: 행의 이름을 지정
- `colnames(X)`: 열의 이름을 가져온다
  - `colnames(X) <- value`: 열의 이름을 지정
- `NROW(X), nrow(X)`: 행렬 X의 행 길이 반환
- `NCOL(X), ncol(X)`: 행렬 X의 열 길이 반환
- `dim(X)`: 행렬 X의 차원 반환
- 행렬 색인: 행과 열의 번호 또는 이름으로 인덱싱 가능
  - 행렬의 행과 열은 꺽쇠 []' 안에서, ' (콤마)로 구분
  - `X[idx_row, idx_col]`: 행렬 X의 `idx_row` 행, `idx_col` 행에 저장된 값 반환
    - \* `idx_row, idx_col`을 지정하지 않으면 전체 행 또는 열을 선택
- 행렬 연산
  - 행렬과 스칼라: 사칙연산 가능
  - 행렬과 행렬: 같은 차원의 행렬에 대해 +, - 연산 가능
  - 행렬과 행렬의 곱: `X %*% Y` 이때 X의 열과 Y의 행의 길이는 같아야 함
  - 행렬의 전치: `t(X)`
  - 정방행렬(행과 열의 길이가 같은 행렬)의 역행렬 구하기: `solve(X)`

```
# 행렬 생성
X <- matrix(c(1:9), nrow = 3, ncol = 3, byrow = FALSE)
Y <- matrix(c(1:9), nrow = 3, ncol = 3, byrow = TRUE)
X
```

```
[,1] [,2] [,3]
[1,]    1    4    7
[2,]    2    5    8
[3,]    3    6    9
```

```
Y
```

```
[,1] [,2] [,3]
[1,]    1    2    3
[2,]    4    5    6
[3,]    7    8    9
```

```
# 행렬 X에 행렬 이름 지정: `rownames()`, `colnames()` 사용  
rownames(X) <- c(1, 2, 3)  
colnames(X) <- c("A", "B", "C")  
dimnames(X)
```

```
[[1]]  
[1] "1" "2" "3"
```

```
[[2]]  
[1] "A" "B" "C"
```

```
# 행렬의 행/열 길이 차원 반환  
nrow(X)
```

```
[1] 3
```

```
ncol(X)
```

```
[1] 3
```

```
dim(X)
```

```
[1] 3 3
```

```
# 행렬 색인  
X[1, 2]
```

```
[1] 4
```

```
X[1:2, ]
```

```
A B C  
1 1 4 7  
2 2 5 8
```

```
X[, 2:3]
```

```
B C  
1 4 7  
2 5 8  
3 6 9
```

```
X[, c("A", "B")]
```

```
A B  
1 1 4  
2 2 5  
3 3 6
```

```
X[c("2", "3"), ]
```

```
A B C  
2 2 5 8  
3 3 6 9
```

```
## 행렬 연산 행렬-스칼라 또는 벡터  
X + 1
```

```
A B C  
1 2 5 8  
2 3 6 9  
3 4 7 10
```

```
X - 3
```

```
A B C  
1 -2 1 4  
2 -1 2 5  
3 0 3 6
```

```
X * 2
```

```
A B C  
1 2 8 14  
2 4 10 16  
3 6 12 18
```

```
X/3
```

```
A B C  
1 0.333 1.33 2.33  
2 0.667 1.67 2.67  
3 1.000 2.00 3.00
```

```
z <- c(1:3)  
z
```

```
[1] 1 2 3
```

```
X + z
```

```
A B C  
1 2 5 8  
2 4 7 10  
3 6 9 12
```

```
X - z
```

```
A B C  
1 0 3 6  
2 0 3 6  
3 0 3 6
```

```
X * z
```

```
A B C  
1 1 4 7  
2 4 10 16  
3 9 18 27
```

```
X/z
```

```
A B C  
1 1 4.0 7  
2 1 2.5 4  
3 1 2.0 3
```

```
### 행렬-행렬
```

```
Y <- matrix(c(10:18), nrow = 3, ncol = 3, byrow = TRUE)  
Z <- matrix(c(1:6), nrow = 3, ncol = 2) # 확인용  
Y
```

```
[,1] [,2] [,3]  
[1,] 10 11 12  
[2,] 13 14 15  
[3,] 16 17 18
```

```
Z
```

```
[,1] [,2]  
[1,] 1 4  
[2,] 2 5  
[3,] 3 6
```

```
X + Y
```

```
A B C  
1 11 15 19  
2 15 19 23  
3 19 23 27
```

```
X - Y
```

```
A   B   C  
1  -9  -7  -5  
2 -11  -9  -7  
3 -13  -11 -9
```

```
X * Y # X의 i행 j열 원소와 Y의 i행 j열 원소의 곱
```

```
A   B   C  
1 10  44  84  
2 26  70  120  
3 48  102 162
```

```
X/Y
```

```
A      B      C  
1 0.100 0.364 0.583  
2 0.154 0.357 0.533  
3 0.188 0.353 0.500
```

```
X %*% Y # 행렬의 곱
```

```
[,1] [,2] [,3]  
1 174 186 198  
2 213 228 243  
3 252 270 288
```

```
X + Z
```

```
Error in X + Z: 배열의 크기가 올바르지 않습니다
```

```
X - Z
```

```
Error in X - Z: 배열의 크기가 올바르지 않습니다
```

```
X * Z
```

```
Error in X * Z: 배열의 크기가 올바르지 않습니다
```

```
t(Z) %*% X
```

```
A   B   C  
[1,] 14 32 50  
[2,] 32 77 122
```

```
# 역행렬
```

```
X <- matrix(c(1:4), ncol = 2)
```

```
X
```

```
[,1] [,2]  
[1,]    1    3  
[2,]    2    4
```

```
# 역행렬 계산  
Xinv <- solve(X)  
Xinv
```

```
[,1] [,2]  
[1,] -2  1.5  
[2,]  1 -0.5
```

```
# 역행렬 계산 확인  
X %*% Xinv
```

```
[,1] [,2]  
[1,]    1    0  
[2,]    0    1
```

## 2.4 배열(array)

- 동일한 유형의 데이터가 2차원 이상으로 구성된 구조
  - 동일 차원( $n \times p$ )의 행렬  $k$ 개의 방에 저장되어 있는 구조

```
# 1~24까지의 숫자를 '2 x 3 행렬'로 해서 '4층' 짜리 배열 생성
```

```
a1 <- array(1:24, c(2, 3, 4))  
a1
```

```
, , 1
```

```
[,1] [,2] [,3]  
[1,]    1    3    5  
[2,]    2    4    6
```

```
, , 2
```

```
[,1] [,2] [,3]  
[1,]    7    9   11  
[2,]    8   10   12
```

```
, , 3
```

```
[,1] [,2] [,3]
[1,]    13    15    17
[2,]    14    16    18

, , 4

[,1] [,2] [,3]
[1,]    19    21    23
[2,]    20    22    24

# 1~24까지의 숫자를 '3 x 4' 행렬로 해서 '2층'짜리 배열 생성
a2 <- array(1:23, c(3, 4, 2))
a2
```

```
, , 1

[,1] [,2] [,3] [,4]
[1,]    1     4     7    10
[2,]    2     5     8    11
[3,]    3     6     9    12

, , 2

[,1] [,2] [,3] [,4]
[1,]    13    16    19    22
[2,]    14    17    20    23
[3,]    15    18    21     1
```

```
# 출처: http://rfriend.tistory.com/14?category=601862 [R, Python 분석과 프로그래밍 (by
# R Friend)]
```

## 2.5 데이터 프레임(data frame)

- Excel 스프레드시트와 같은 형태
- 데이터 프레임은 데이터 유형에 상관없이 2차원 형태의 데이터 구조
- 행렬과 유사한 구조를 갖고 있지만 각기 다른 유형의 자료형태로 자료행렬을 구성할 수 있다  
는 점에서 행렬과 차이를 갖음
- R에서 가장 빈번하게 활용되고 있는 데이터 형태임

참고: 행렬은 동일한 유형의 자료형으로 이루어짐

유용한 함수: `ls()` → 작업공간(메모리)에 존재하는 객체 리스트 출력

- 다음은 일반적인 데이터프레임 형태

성명	국어	수학
홍길동	80	94
박길동	97	100
김길동	85	76

### 2.5.1 데이터 프레임 생성 및 관련 명령어

- 데이터 프레임 생성 함수

```
> # 벡터 vector1 (열 이름 V1)과 vector2 (열 이름 V2)로 구성된 데이터 프레임 DF 생성  
> # data.frame() 함수에 대한 보다 자세한 내용은 help(data.frame)으로 확인  
> DF <- data.frame(V1 = vector1, V2 = vector2, ...)
```

- 데이터 프레임 사용 문법
  - `DF$colname`: 데이터 프레임 `DF`에서 변수명 `colname`에 접근
  - `DF$colname <- x`: 데이터 프레임 `DF`에 `colname`의 변수명을 갖는 열에 `x`를 저장. 여기서 `x`의 길이와 `DF` 행의 길이는 같아야 제대로 저장
- 데이터프레임 색인
  - `DF$colname`
  - `DF[i, j, drop = T]`: 행렬과 유사한 형태로 `DF`의 `i`번째 행과 `j`번째 열의 원소 지정
    - 행이름 및 컬럼이름으로 지정 가능
      - \* `DF[, j]`처럼 특정 컬럼만 가져올 수 있음.
      - \* 하나의 컬럼만 선택한 경우 자동으로 벡터 변환
      - \* 이를 방지하기 위한 옵션이 `drop = F`
      - \* `DF[-i, -j]`: `i`번째 행과 `j`번째 열을 제외한 나머지 반환
- 많이 활용되는 데이터프레임 유ти리티 함수
  - `is.data.frame()`으로 데이터프레임 여부 확인
  - `names(DF)`: 데이터프레임 `DF`의 변수명 출력
    - \* `names(DF)[j] <- "vname1"`: `DF`의 `j`번째 열에 해당하는 변수명을 `"vname1"`로 바꾸기
  - `with(DF, 명령문)`: `DF` 내에서 `DF$` 사용 없이 변수명 사용하고 싶을 때

- `head(DF)`, `tail(DF)`: 자료의 처음 또는 마지막 행(보통 5개 행) 부분 반환
- `str(DF)`: 자료의 내부구조 확인
- `View(DF)`: DF를 스프레드 시트 형태로 확인할 수 있는 뷰어 명령어
- `summary(DF)`: DF에 포함된 변수들의 요약통계량(예: 평균, 중위수, 최솟값, 최댓값 등)  
출력

```
# 데이터프레임 생성 rm(list = ls()) # 메모리상 모든 객체 삭제하는 명령어!!
ID <- c(1:10)
SEX <- rep(c(0, 1), each = 5)
SEX <- factor(SEX, levels = c(0, 1), labels = c("Female", "Male"))
AGE <- c(34, 22, 54, 43, 44, 39, 38, 28, 31, 42)
AGE2 <- c(32, 22, 52, 41, 44, 39, 35, 28, 31, 40)
AGE3 <- c(32, 22, 52, 41, 44, 39, 35, 28, 31)
DBP <- c(112, 118, 132, 128, 128, 124, 121, 119, 124, 109)
HEIGHT <- c(165, 158, 161, 160, 168, 172, 175, 182, 168, 162)
WEIGHT <- c(52, 48, 59, 60, 48, 72, 73, 82, 64, 60)
DF <- data.frame(ID = ID, Sex = SEX, Age = AGE, DBP = DBP, HEIGHT = HEIGHT, WEIGHT = WEIGHT)
# DF 확인
str(DF)
```

```
'data.frame': 10 obs. of 6 variables:
 $ ID     : int 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
 $ Sex    : Factor w/ 2 levels "Female","Male": 1 1 1 1 1 2 2 2 2 2
 $ Age    : num 34 22 54 43 44 39 38 28 31 42
 $ DBP    : num 112 118 132 128 128 124 121 119 124 109
 $ HEIGHT: num 165 158 161 160 168 172 175 182 168 162
 $ WEIGHT: num 52 48 59 60 48 72 73 82 64 60
```

```
names(DF)
```

```
[1] "ID"      "Sex"      "Age"      "DBP"      "HEIGHT"   "WEIGHT"
```

```
ncol(DF)
```

```
[1] 6
```

```
nrow(DF)
```

```
[1] 10
```

```
dim(DF)
```

```
[1] 10 6
```

```
# 데이터 프레임 자료 확인
```

```
DF$Age
```

```
[1] 34 22 54 43 44 39 38 28 31 42
```

```
# 데이터프레임 변수 값 변환: DF$AGE를 AGE2로 변경
```

```
DF$Age <- AGE2
```

```
DF$Age
```

```
[1] 32 22 52 41 44 39 35 28 31 40
```

```
# 만약 입력하고자 하는 벡터의 길이가 DF의 행길이와 다르다면?
```

```
DF$Age <- AGE3
```

```
Error in `$<- .data.frame`(`*tmp*`, Age, value = c(32, 22, 52, 41, 44, : replacement has 9 rows, data has 10
```

```
# 데이터 프레임에 BMI라는 변수를 추가하고 싶다면?
```

```
DF$Age <- AGE
```

```
DF$BMI <- WEIGHT / ((HEIGHT / 100) ^ 2)
```

```
dim(DF)
```

```
[1] 10 7
```

```
DF
```

	ID	Sex	Age	DBP	HEIGHT	WEIGHT	BMI
1	1	Female	34	112	165	52	19.1
2	2	Female	22	118	158	48	19.2
3	3	Female	54	132	161	59	22.8
4	4	Female	43	128	160	60	23.4
5	5	Female	44	128	168	48	17.0
6	6	Male	39	124	172	72	24.3
7	7	Male	38	121	175	73	23.8
8	8	Male	28	119	182	82	24.8
9	9	Male	31	124	168	64	22.7
10	10	Male	42	109	162	60	22.9

```
# 데이터프레임 색인 6 번째 대상자의 성별확인
```

```
DF[6, 2]
```

```
[1] Male
```

```
Levels: Female Male
```

```
DF[6, "Sex"]
```

```
[1] Male
```

```
Levels: Female Male
```

```
## ID, 성별, BMI만 추출
```

```
DF[, c(1, 2, 7)]
```

```
ID      Sex   BMI  
1     1 Female 19.1  
2     2 Female 19.2  
3     3 Female 22.8  
4     4 Female 23.4  
5     5 Female 17.0  
6     6   Male 24.3  
7     7   Male 23.8  
8     8   Male 24.8  
9     9   Male 22.7  
10    10  Male 22.9
```

```
DF[, c("ID", "Sex", "BMI")]
```

```
ID      Sex   BMI  
1     1 Female 19.1  
2     2 Female 19.2  
3     3 Female 22.8  
4     4 Female 23.4  
5     5 Female 17.0  
6     6   Male 24.3  
7     7   Male 23.8  
8     8   Male 24.8  
9     9   Male 22.7  
10    10  Male 22.9
```

```
DF[, names(DF) %in% c("ID", "Sex", "BMI")]
```

```
ID      Sex   BMI  
1     1 Female 19.1  
2     2 Female 19.2  
3     3 Female 22.8  
4     4 Female 23.4  
5     5 Female 17.0  
6     6   Male 24.3  
7     7   Male 23.8  
8     8   Male 24.8  
9     9   Male 22.7
```

```
10 10 Male 22.9
```

```
## 남자만 추출
```

```
DF[Sex == "Male", ]
```

```
Error in `.[.data.frame`(DF, Sex == "Male", ): 객체 'Sex'를 찾을 수 없습니다
```

```
DF[DF$Sex == "Male", ]
```

	ID	Sex	Age	DBP	HEIGHT	WEIGHT	BMI
6	6	Male	39	124	172	72	24.3
7	7	Male	38	121	175	73	23.8
8	8	Male	28	119	182	82	24.8
9	9	Male	31	124	168	64	22.7
10	10	Male	42	109	162	60	22.9

```
with(DF, DF[Sex == "Male", ])
```

	ID	Sex	Age	DBP	HEIGHT	WEIGHT	BMI
6	6	Male	39	124	172	72	24.3
7	7	Male	38	121	175	73	23.8
8	8	Male	28	119	182	82	24.8
9	9	Male	31	124	168	64	22.7
10	10	Male	42	109	162	60	22.9

```
## 첫 번째 대상자와 아이디 정보 제외
```

```
DF[-1, -1]
```

	Sex	Age	DBP	HEIGHT	WEIGHT	BMI
2	Female	22	118	158	48	19.2
3	Female	54	132	161	59	22.8
4	Female	43	128	160	60	23.4
5	Female	44	128	168	48	17.0
6	Male	39	124	172	72	24.3
7	Male	38	121	175	73	23.8
8	Male	28	119	182	82	24.8
9	Male	31	124	168	64	22.7
10	Male	42	109	162	60	22.9

```
head(DF)
```

	ID	Sex	Age	DBP	HEIGHT	WEIGHT	BMI
1	1	Female	34	112	165	52	19.1
2	2	Female	22	118	158	48	19.2
3	3	Female	54	132	161	59	22.8

```

4 4 Female 43 128     160      60 23.4
5 5 Female 44 128     168      48 17.0
6 6   Male 39 124     172      72 24.3

```

```
tail(DF)
```

	ID	Sex	Age	DBP	HEIGHT	WEIGHT	BMI
5	5	Female	44	128	168	48	17.0
6	6	Male	39	124	172	72	24.3
7	7	Male	38	121	175	73	23.8
8	8	Male	28	119	182	82	24.8
9	9	Male	31	124	168	64	22.7
10	10	Male	42	109	162	60	22.9

```
# 데이터프레임을 스프레드시트 형태로 보기 View(DF)
```

```
# 데이터프레임 요약 통계량
```

```
summary(DF)
```

	ID	Sex	Age	DBP	HEIGHT
Min.	: 1.00	Female:5	Min. :22.0	Min. :109	Min. :158
1st Qu.	: 3.25	Male :5	1st Qu.:31.8	1st Qu.:118	1st Qu.:161
Median	: 5.50		Median :38.5	Median :122	Median :166
Mean	: 5.50		Mean :37.5	Mean :122	Mean :167
3rd Qu.	: 7.75		3rd Qu.:42.8	3rd Qu.:127	3rd Qu.:171
Max.	:10.00		Max. :54.0	Max. :132	Max. :182

	WEIGHT	BMI
Min.	:48.0	Min. :17.0
1st Qu.	:53.8	1st Qu.:20.1
Median	:60.0	Median :22.8
Mean	:61.8	Mean :22.0
3rd Qu.	:70.0	3rd Qu.:23.7
Max.	:82.0	Max. :24.8

## 2.6 리스트

```

> # Vector(L1), Matrix(L2), Array(L3), Data Frame(L4)를 만들어서, 하나의 List(L5)로
> # 묶어라
> L1 <- c(1, 2, 3, 4)  # Vector
> L2 <- matrix(1:6, 3, byrow = TRUE)  # Matrix
> L3 <- array(1:24, c(3, 4, 2))  # Array

```

```

> L4 <- data.frame(cust_id = c(1, 2, 3, 4), last_name = c("Kim", "Lee", "Choi", "Park")) # Data Frame
> L5 <- list(L1, L2, L3, L4) # List
> # [[1]]는 Vector(L1), [[2]]는 Matrix(L2), [[3]]는 Array(L3), [[4]]는 Data Frame(L4)가
> # 뚜인 것임
> L5

```

[[1]]

```
[1] 1 2 3 4
```

[[2]]

```
 [,1] [,2]
[1,]    1    2
[2,]    3    4
[3,]    5    6
```

[[3]]

```
, , 1
```

```
 [,1] [,2] [,3] [,4]
[1,]    1    4    7   10
[2,]    2    5    8   11
[3,]    3    6    9   12
```

```
, , 2
```

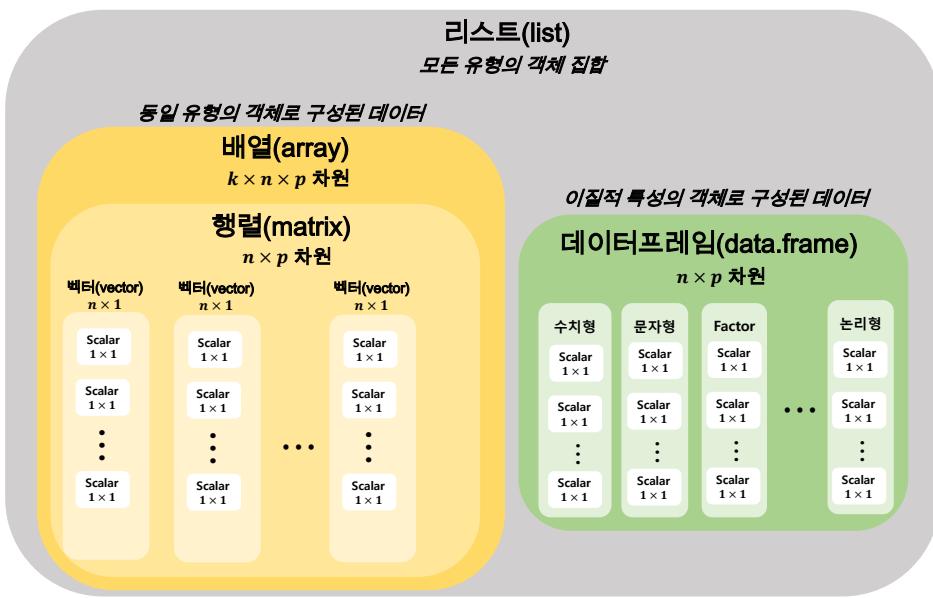
```
 [,1] [,2] [,3] [,4]
[1,]   13   16   19   22
[2,]   14   17   20   23
[3,]   15   18   21   24
```

[[4]]

	cust_id	last_name
1	1	Kim
2	2	Lee
3	3	Choi
4	4	Park

```

> # 출처: http://rfriend.tistory.com/14?category=601862 [R, Python 분석과 프로그래밍 (by
> # R Friend)]
```



**Figure 2.1:** R 데이터 탑 구조 다이어그램: R, Python 분석과 프로그래밍 (by R Friend)에서 발췌 후 수정



# References

RFriend r, python 분석과 프로그래밍. <http://rfriend.tistory.com>. Accessed: 2017-11-20.

고석범. *R과 Knitr를 활용한 데이터 연동형 문서 만들기(에이콘 데이터 과학 13)*. 에이콘출판, 2014. ISBN 9788960775510. URL <https://books.google.co.kr/books?id=7UXFoAEACAAJ>.

서민구. *R을 이용한 데이터 처리 & 분석 실무*. 길벗, 2014. ISBN 9788966188260. URL <https://books.google.co.kr/books?id=0GjAoQEACAAJ>.