GTAP\_K 프로그램 매뉴얼

유종현

Jonghyun.yoo@yale.edu

Yale School of Forestry and Environmental Studies

2014.11.28

1. **개관**

GTAP\_K프로그램은 한국 산업연관표(Input-Output table: 이하 IO)를 입력자료로 사용하여 기초가격표(불변가격표) 작성, 에너지소비량 및 온실가스 배출량 산정 등의 실시와 함께 CGE 모형(KEI\_Linkage)에서 사용가능한 변수로 출력하는 프로그램이다. 입력자료로 사용되는 산업연관표의 업종부문의 갯수에 따라 2가지 버전을 사용할 수 있다. GTAP\_K1은 입력되는 산업연관표의 업종 갯수에 상관없이 사용할 수 있으며, GTAP\_K2는 입력되는 산업연관표의 업종 갯수가 충분히 커야한다. 본 매뉴얼은 GTAP\_K1을 주로 다룰 것이다.[[1]](#footnote-1)

GTAP\_K1(이하 GTAP\_K)의 매커니즘은 다음과 같다.

**그림. GTAP\_K 프로그램의 작동 매커니즘**

프로그램의 프로젝트명은 GTAP\_K.gpr이며, EE.gms가 기본 창이다.

1. **GTAP\_K1 프로그램 매뉴얼**
   1. 섹터 및 주요 변수 정의

섹터 및 주요 변수 정의에 대한 내용은 기본 창인 ‘EE.gms'을 실행(run)시킬 때 처음 불러오는 ‘Sectors.gms'와 ‘Declaration.gms'에 담겨있다. 본 명령어에 앞서 ‘EE.gms'에서는 ‘Yeark‘와‘t‘로 정의되는 연도를 입력하게 되어있다. 프로그램에서는 편의상 ‘YearK’을 1990~2030년으로 정의하였으며, 실제로 사용하는 IO의 연도(t)는 2009년과 2010년으로 정의하였다. 입력되는 IO 혹은 생성되는 IO의 연도를 수정할 경우‘t ‘값을 수정하면 된다.

2.1.1 Sectors.gms

‘Sectors.gms‘에서는 업종부문에 대한 정의와 상이한 업종분류끼리의 연계(Mapping) 작업이 진행된다. 먼저 ‘i\_s‘는 raw data로 입력되는 IO의 산업분류 및 최종수요항목, 부가가치항목을 포함한다. 반면, ‘i0‘는 CGE 모형에서 사용되는 업종분류에 대한 명칭이다. 이 둘에 대한 매핑은 ‘mapi\_G(i\_s,i0) ‘로 정의된다. 입력되는 IO의 업종분류가 바뀔경우 ‘i\_s‘와 ‘mapi\_G(i\_s,i0) ‘를 수정해야하며, 출력되는 업종분류(CGE 모형에서 이용되는 업종분류)가 바뀔경우 ‘i0‘와 ‘mapi\_G(i\_s,i0) ‘ 그리고 이후의 ‘mapi\_SEC0(i\_sec0,i0) ‘를 수정해야한다.

단, ‘TRANSPT(i\_s) ‘는 ‘i\_s‘ 업종분류 중 운송업에 대한 업종 집합이며, ‘i0\_TR(i0) ‘는 ‘i0‘ 업종분류 중 운송업에 대한 업종 집합이다. 이 두 집합은 ‘mapi\_TRANS(TRANSPT,i0\_TR) ‘으로서 매핑되며, 입력IO의 업종분류 혹은 출력 업종분류가 바뀌는 경우 이 부분도 수정되어야 한다. [[2]](#footnote-2)

이 외에 ‘Fin\_Demand‘는 ‘i\_s‘ 중 최종수요항목만, ‘va‘, ‘va0‘, ‘fact‘는 ‘i\_s‘ 중 부가가치항목만 모아둔 부분집합이다. ‘R0‘와 ‘fp‘는 CGE 모형(KEI\_Linkage)에서 사용되는 국가분류 및 부가가치 분류이다.

한편, 업종별 에너지소비량 및 CO2 배출량을 산정하기 위해서는 자세하게 분리된(highly disaggregated) IO와 에너지수급밸런스가 필요하다.[[3]](#footnote-3) ‘I\_sec0‘는 현재 2005년 산업연관표 기준 403개 업종부문이며, ‘i\_ene‘는 이 중 에너지업종만 모아둔 하위항목이다. 2005년 산업연관표 기준의 403개 업종분류가 아닌 다른 산업연관표로서 에너지 소비량 및 배출량을 추정하는 경우(예컨대 2010년 IO기준), 현재부분과 이후 설명될 ‘mapi\_SEC0(i\_sec0,i0) ‘을 수정해야한다. 이 외 ‘Energy ‘및 ‘Energy\_D‘는 역시 에너지소비량 및 CO2 배출량 산정을 위해 입력되는 에너지밸런스에서 사용되는 명칭들이며, 에너지밸런스의 명칭이 바뀔경우 이 부분을 수정하여 사용할 수 있다.

마지막으로 ‘mapi\_SEC0(i\_sec0,i0) ‘는 앞에서 추정된 403개 업종별 에너지소비량 및 온실가스 배출량을 ‘i0‘분류(CGE 모형에서 이용되는 업종분류)로 이어주는 매핑이며, ‘i\_sec0‘분류 혹은 ‘i0‘분류가 바뀔 경우 ‘mapi\_SEC0(i\_sec0,i0) ‘도 수정되어야 한다.

**표. GTAP\_K 프로그램 내에서 사용되는 업종분류**

|  |  |
| --- | --- |
| 업종 분류명 | 설명 |
| I\_s | CGE 모형에서 사용될 산업연관표(IO) 입력자료에서 사용된 업종분류. 업종의 개수가 충분히 크지 않아도 가능. |
| I0 | CGE 모형에서 사용될 업종분류. I\_sec0 혹은 i\_s의 업종갯수보다 작아야함. |
| I\_sec0 | 에너지소비량 및 온실가스 배출량 산정에 사용될 산업연관표(IO) 입력자료에서 사용된 업종분류. 업종의 개수가 충분히 커야함. |

2.1.2 Declaration.gms

‘Declaration.gms‘는 다양한 parameters을 정의한다. 여기서 parameters을 정의하는 이유는, ‘GTAP\_K.gms‘와 같이 명령어 전체를 loop로 묶는 경우, loop 명령어 중에는 parameters의 정의가 불가능하기 때문이다.

* 1. IO 입력 및 출력

산업연관표를 입력하고 재출력하는 과정은 ‘IOImport.gms‘와 ‘EE.gms‘에서 발생한다. 평소에는 ‘EE.gms‘에서 ‘IOImport.gms‘가 ‘\*’로 불능화되어있다. GAMS에서는 엑셀파일로 된 산업연관표를 읽는 시간이 매우 오래걸리기 때문에 산업연관표를 새로 입력할 경우만 ‘\*’을 임시로 지워 사용하도록 한다. 즉, IO를 입력시키는 경우에는 ‘IOImport.gms‘를 작동시키는 \*$include "Agg\IOT\IOimport.gms" 명령어에서 맨 앞 ‘\*’을 지우고, 그 뒤 명령어인 \*$exit 역시 ‘\*’을 지우도록 한다. ‘IOImport.gms‘를 실행시킬 경우 모형 내에서 자동으로 IO값들을 ‘IOImport.gdx‘파일에 저장시키며, 이후 $exit을 통해 그 후의 과정을 진행하지 않는다.

2.2.1 IOImport.gms

‘IOImport.gms'는 ‘EE.gms'의 명령어 중 하나인 $include "Agg\IOT\IOimport.gms"앞에 붙어있는 ‘\*’을 삭제하고 실행시킬 수 있다. 이 과정에서는 raw data인 산업연관표와 에너지수급밸런스를 엑셀파일에서 불러온다. 엑셀에서 GAMS로 값을 읽는 명령어로는 $LIBINCLUDE XLIMPORT을 사용하고 있으며, $LIBINCLUDE XLIMPORT 명령어 뒤에 변수명, 엑셀파일명, 시트명, 구간을 설정해준다.

본 모형에서 사용하고 있는 모든 산업연관표는 Agg\IOT\IOT.xlsx에 입력되어 있다. Raw data로서의 산업연관표를 추가/수정/삭제할 경우 IOT.xlsx의 값을 수정하면 된다. 현재 두 가지의 업종분류에 대한 산업연관표가 입력되어 있다. 2.1.1에서 언급하였듯이 첫 번째 업종분류는 에너지소비량 및 온실가스배출량 산정을 위한 자세한(highly disaggregated) 업종분류(i\_sec0)이며 현재 2005년 산업연관표기준 403개 업종분류로 되어있다. 기초가격[[4]](#footnote-4) 기준으로 총거래표는 ‘IOT\_Basic’시트에, 국산거래표는 ‘IOT\_BasicD’, 수입거래표는 ‘IOT\_BasicM’에 입력되어있다. 경상가격표는 ‘Gross\_norm’, ‘Domestic\_norm’, ‘Import\_norm’시트에 입력되어있다. 현재 입력되어있는 2009년과 2010년 이외의 에너지소비량 및 배출량을 계산하려면, 상위의 6개 시트에 산업연관표를 추가해야한다. 현재 프로그램에 입력되어있는 2005년 산업연관표 기준 403개 업종분류 대신 타 분류(예, 2010년 IO 기준)를 사용할 경우에는 상위 시트에 있는 업종분류(i\_sec0) 및 IO값을 수정할 수 있다.

두 번째 업종분류(i\_s)가 사용되는 산업연관표는 CGE 모형에 사용될 변수들을 생성할 raw data다. 본 업종분류는 자세할 필요가 없으며, 어떠한 업종분류도 사용될 수 있다. 첫 번째 업종분류와 같은 분류일 수도 있다. 이 역시도 기초가격과 경상가격에 대해 총거래표, 국산거래표, 수입거래표 등 총 6개 IO가 작성되어 있다.

주의할 점은, 업종분류의 수정 혹은 IO의 추가로 인해 엑셀파일의 행렬이 바뀔 경우 ‘IOImport.gms'에서 해당 파라메터에 대한 구간을 수정해야 한다. 즉, 추가로 2011년의 IO를 2010년 IO 하단에 입력할 경우, 새로 추가된 구간을 포함한 모든 구간에 대해 ‘IOImport.gms'의 구간 명령어를 바꿔야하며, 이로인해 위치가 수정된 항목(예, 부가가치항목)에 대해서도 ‘IOImport.gms' 구간을 새로 설정해야한다. 또한, 모든 IO에 있어 중간수요 외에 최종수요항목, 관세, 수입상품세, 부가가치항목 등 입력되어있는 자료들은 모두 업데이트가 되어야한다.

‘IOImport.gms'에 존재하는 명령어들은 모두 같은 형식이며, ‘IOT.xlsx’의 값들을 차례로 입력한다. 단, Output(xp\_b, xpnorm, xp\_00 등)과 관세(Tar0, Tar\_0, Tar\_00등), 수입상품세(TaxM0, TaxM\_0, TaxM\_00등)는 더미변수(각각 output, Tariff, TaxImport)를 이용해 엑셀파일에서 읽은 후에 더미변수를 제거하는 과정을 거친다. 또한 부가가치항목 중 ‘Subsidy’는 ‘PTAX’항목과 합산된다. 추후에 부가가치항목 중 ‘Subsidy’를 존속시킬 경우, 본 과정을 삭제할 수 있다.

‘EBS’는 에너지수급밸런스를 일컫는다. 이를 프로그램 내에 입력시키는 명령어는 산업연관표를 입력하는 앞의 경우와 같으며, 에너지수급밸런스 엑셀파일은 ‘Energy\_Estimation’ 폴더 내의 ‘Energy\_Balance\_Sheet.xlsx’이다. 에너지수급밸런스는 에너지경제연구원에서 매년 발표하는 에너지통계연보에 수록되어있으며, 새로운 연도의 에너지밸런스를 입력할 경우, 이를 상위 엑셀파일에 입력한 후, ‘IOImport.gms'에서 파라메터 정의 및 $LIBINCLUDE명령어와 EBS(“20XX”,Energy\_d,Energy)=EBS20XX(Energy\_d,Energy); 와 같은 명령어를 입력하도록 한다.

‘execute\_unload ioimport.gdx' 명령어는 지금까지 입력한 파라메터와 그 값을 ‘IOImport.gdx'에 작성하는 명령어다. ‘ioimport.gdx'에 작성되는 파라메터의 리스트는 아랫줄에 입력되어있으며, ‘IOImport.gms'에서 새로운 파라메터를 추가할 경우, 본 부분에 파라메터 명칭을 입력한다.

2.2.2 EE.gms

파라메터 입력 과정이 종료되고, ‘IOImport.gms'가 생성되었다면, 이후부터는 다시 삭제하였던 ‘\*’를 살려 ‘IOImport.gms'을 읽지 않도록 한다. 해당 부분을 읽을 경우 프로그램 구동에 매우 오랜 시간이 걸리기 때문이다. GAMS프로그램은 gdx파일 로딩을 매우 빠르게 진행하기 때문에, ‘IOImport.gdx라는 gdx파일을 생성한 후에 이후부터는 ‘IOT.xlsx’의 엑셀파일이 아닌 ‘IOImport.gdx’의 gdx파일을 읽는다.

이후에는 $GDXIN이라는 입력값 사이의 명령어들로 ‘IOImport.gdx에 있는 파라메터와 그 값을 불러들인다. $LOAD 후에 작성하는 파라메터 명칭은 앞의 ‘IOImport.gms'에서 마지막에 작성하였던 리스트와 같다. 대신 해당 파라메터를 불러들이기 전 set와 parameters에 대한 정의를 해야한다.

* 1. IO 조정

에너지 소비량과 온실가스 배출량을 업종별로 산정하기 위해서는 경상가격표가 아닌 기초가격 산업연관표가 필요하다. 기초가격 IO는 업종별로 상이한 세금의 영향이 제외되어있기 때문에 에너지소비량과 온실가스 배출량을 업종별로 추정하기에 더욱 알맞다. 본 과정에서는 목표 연도의 산업연관표 중 경상가격표는 있으나 기초가격표가 없을 경우, 기초가격표를 작성(추정)한다. 그렇기 때문에 기초가격표가 있는 경우, 본 과정을 건너뛸 수 있다. Agg\Cal\_IOT.gms파일에서 본 과정이 이뤄지게 되는데, 이 과정을 건너뛰는 경우 ‘ee.gms'에서 $include “Agg\Cal\_IOT.gms"앞에 ‘\*’을 붙이도록 한다.

2.3.1 Cal\_IOT.gms

기초가격표를 만드는 매커니즘은 다음과 같다. 먼저 경상가격표와 기초가격표가 모두 존재하는 연도를 벤치마크해로 둔다. (이는 앞의 2.2.1과정에서 ’IOT.xlsx’에 ’IOT\_Basic’, ’IOT\_BasicD’, ’IOT\_BasicM’, ’Gross\_norm’, ’Domestic\_norm’, ’Import\_norm’의 6개 시트에 모두 입력되어있는 연도를 의미한다.) 그리고 이를 ’by(t)’로 입력해둔다. (기본으로 2009년을 입력해두었다.) 그리고 기초가격표를 만들 연도를 ’ty(t)’에 입력한다.[[5]](#footnote-5) (기본으로 2010년을 입력해두었다.) 이제’by(t)’와 ’ty(t)’를 정의했다면, ’by(t)’의 경상가격표와 기초가격표의 차이를 세액으로 두어 해당 세율을 구한다음, ’ty(t)’의 경상가격표에 적용하여 기초가격표를 구할 수 있다.

구체적으로 주요 변수를 설명하면, ‘R\_DFCTAX\_K000’는 base year(by)의 국산 최종소비에 대한 세율을 의미하며, ‘R\_DFTAX\_K000(by)’는 base year의 국산 중간소비에 대한 세율을 의미한다. ‘R\_MFCTAX\_K000’는 base year(by)의 수입산 최종소비에 대한 세율을 의미하며, ‘R\_MFTAX\_K000’는 base year(by)의 수입산 최종소비에 대한 세율을 의미한다. ‘R\_MFTAX’는 (base year의 경상가격표와 기초가격표의 차액)/(관세+수입상품세)이다. 즉, 이후에 관세와 수입상품세를 (투입)업종별로 배분해주는 배분계수라 할 수 있다. ‘R\_MPTAX’도 마찬가지로 관세와 수입상품세를 최종수요항목별로 배분해주는 배분계수다. ‘R\_MFTAX\_K00’, ‘R\_MFCTAX\_K00’, ‘R\_DFTAX\_K00’, ‘R\_DFCTAX\_K00’는 각각 IO로 본 국산과 수입상품에 대한 세율((경상가격-기초가격)/기초가격)이다.

이후 Base year(by)의 산업연관표에서 구한 위의 네 변수(‘R\_DFCTAX\_K000’, ‘R\_DFTAX\_K000’, ‘R\_MFCTAX\_K000’, ‘R\_MFTAX\_K000’)를 Target year(ty)의 경상표에 적용((1+세율))하여 Target year의 기초가격표를 작성한다. 단, 수입상품에 대한 중간수요와 최종수요에 대해서는 앞에서 구한 ‘R\_MFTAX’와 ‘R\_MPTAX’를 target year의 (관세+수입상품세)에 곱하여 구하는데, 이렇게 하는 이유는 최대한 본래 target year의 경상가격표에서 제시된 (관세+수입상품세)를 보존하기 위해서이다. (국산IO에 적용한 것처럼 수입IO에 단순히 base year의 세율을 적용할 경우, 이렇게 산정한 관세와 수입상품세는 본래 target year의 경상가격표에서 제시된 관세와 수입상품세와 차이를 보일 가능성이 크다.) 이 후 관세와 수입상품세가 잘 배분되었는지를 확인하면, 기초가격표 작성 과정이 마무리된다.

그러나 앞의 과정을 거치면서 중간수요에 비해 최종수요가 상대적으로 크게 증가할 경우, 기초가격의 산출액이 음수가 되는 경우가 발생할 수 있다. 이럴 경우를 대비해, 간단한 조정과정이 입력되어있다. 본 과정에서는 본래의 경상가격 IO의 산출액에 기초가격 IO를 맞춰주고, 그 차액만큼을 국산 최종수요 중 ‘재고증가’에서 차감하도록 해두었다. 이후 조정방식을 다른 방법으로 대체할 경우, 본 과정을 수정할 수 있다.

한 가지 명심할 것은, 본 과정에서 생성된 기초가격 IO의 총투입과 총산출을 일치시키는 조정과정(IO의 행합과 열합을 일치)을 두지 않았다. 여기서 결정된 기초가격 IO는 에너지소비량과 온실가스 배출량을 산정하는데만 이용되기 때문에, 총투입과 총산출이 반드시 일치될 필요가 없다.[[6]](#footnote-6) 총투입과 총산출의 차액은 부가가치에서 조정된다고 가정할 수 있다. (부가가치 부문은 에너지소비량과 온실가스 배출량 산정 과정에서 사용되지 않는다.) 그러나 이 후 총투입과 총산출을 일치시키고 싶다면, 이후 설명될 GTAP\_K.gms의 조정 매커니즘을 가져와 이 곳에 적용시켜도 좋다.

* 1. 에너지소비량 및 온실가스 배출량 산정

2.2절에서 입력된 기초가격표, 혹은 바로 앞의 2.3절에서 작성된 기초가격표를 바탕으로 하여 에너지소비량과 온실가스 배출량을 산정한다. 본 과정은 크게 3과정으로 나뉜다. 첫번째로 에너지수급밸런스를 토대로 한 업종별 에너지소비량 산정이며, 이는 ‘Energy\_Estimation’ 폴더의 ‘Energy\_Estimation.gms'에서 계산된다. 두번째로 앞에서 추정된 업종별 에너지소비량을 바탕으로 CO2 배출량을 산정하며, 이는 ‘emissions\_estimation ‘폴더의 ‘Emission\_Estimation.gms'에서 추정된다. 마지막으로 Non CO2와 공정가스를 산정하는 과정이며, 이는 ‘Emissions\_Estimation ‘ 폴더의 ‘Emission\_IP.gms'에서 발생된다.

2.4.1 Energy\_Estimation.gms

업종별 에너지소비량을 산정하는 방식은 간단하다. 먼저 총발열량 에너지수급밸런스 자료를 기초로 순발열량 에너지수급밸런스를 작성한다. 이 후 에너지수급밸런스의 분류방식과 산업연관표의 업종분류 방식을 매칭한다.

먼저 ‘Energy\_Estimation.gms'에서는 ‘con\_totB’을 입력하게 되는데, 이는 앞에서 입력 혹은 추정한 기초가격 IO의 (중간수요+가계소비)의 합계다. 이는 이후 에너지 혹은 배출량을 분배할 때 denominator로 사용된다. 다음 과정으로, 국내의 에너지 수급밸런스는 총발열량 기준으로 작성되는데, 이를 전환계수를 사용하여 순발열량 기준으로 환산해야한다. (IEA 등 국제적인 에너지 수급밸런스표에서 총발열량 기준이 아닌 순발열량 기준으로 발표한다.) ‘Fac\_Conv’는 에너지별 전환계수에 대한 입력자료이다. ‘energy0(energy)’로 명칭된 집합은 에너지 중 에너지유의 집합이며, ‘energy1(energy)’은 비에너지 부분이다. 이는 순발열량 기준 에너지밸런스를 작성한 후 ‘에너지유(E21)’와 ‘비에너지유(E23)’에 대한 합계를 내기 위한 세트일 뿐이다. (‘Energy0’와 ‘Energy1’은 ‘Energy’의 부분집합이며, ‘Energy’는 앞의 2.1.1절 ‘sectors.gms'에서 정의된 ‘i\_sec0’의 부분집합이다.)

이제 총발열량 기준인 에너지밸런스 ‘EBS’에 전환계수 ‘Fac\_Conv’를 곱하여 순발열량 기준 에너지밸런스 ‘EBS\_LLH’를 계산한다. 여기서 ‘GTAPBASE’란 옵션에 따라 두 가지 방식이 존재하는데, ‘GTAPBASE’가 아닌 경우, 단순히 “총발열량\*전환계수”로 순발열량 기준 에너지밸런스를 작성한다. 반면 ‘GTAPBASE’인 경우, 한국의 에너지수급밸런스에서 국제운송서비스(GTAP에서는 ‘VST’ 변수)에 해당하는 에너지소비량을 제외한다.(GTAP에서는 국제운송서비스 부분을 IO에 포함시키지 않고 ‘VST’로 따로 두고 있다. 본 모형에서는 ‘VST’에 해당하는 에너지소비량만을 차감하는 것뿐만 아니라, 이후 한국 IO에서도 ‘VST’부분을 따로 차감할 것이다.) 모델에서도 설명되어있듯이, 한국 수상운수/항공운수에서 국제운송서비스에 해당하는 비중을 차감한다. (육상운수에는 해외운송이 불가능하다.) 단, 수상운수의 경우 일단 수상운수에서 소비된 모든 에너지는 해외운송이라 가정하고 전부 차감하였다.(추후 일정비율만 적용할 필요가 있다.) 항공운수의 경우 ‘대한항공 2007 영업보고서’를 참고하여 전체 운송 매출액 대비 국제운송 비율만큼만 제외하였다. ‘GTAPBASE’에 대한 옵션 명령은 ‘ee.gms'에 있으며, ‘1’일 경우 옵션을 켜고, ‘0’일 경우 옵션을 끈다.

이후에는 계산된 에너지별 순발열량 기준 에너지밸런스 ‘EBS\_LLH(t,Energy\_d,Energy)’에 대한 상위항목별 합계(Aggregation)를 구한다. 그리고 에너지밸런스와 산업연관표의 업종분류를 매칭시키는 작업이 수행된다. ‘Con\_ene(t,i\_ene)’은 산업연관표에서 사용되는 에너지업종(i\_ene)에 대한 에너지소비량이다. 이를 기준으로 앞에서 계산한 순발열량 기준 에너지소비량을 산업연관표의 업종분류에 따라 17개 에너지업종에 할당한다. (현재 본 모형에서 사용되는 2005년 IO 업종분류 기준의 403개 업종이 아닌 다른 분류를 사용할 경우, 에너지업종의 섹터명(i\_ene; 예컨대 0030, 0031 등)을 수정해야한다.) 단, 에너지업종 중 기타석탄제품의 에너지소비량은 발전용을 제외한 유연탄의 소비량에서, 산업연관표 기준 유연탄이 기타석탄제품에 투입되는 비중만으로 산정한다. 또한 화력과 기타발전은 전력에 사용된 에너지소비량(타 부분을 모두 제외) 중 산업연관표 기준 화력과 기타발전간의 비중만큼 산정하였다. 위의 비중을 적용할 때에는 앞에서 입력 혹은 작성된 기초가격 IO를 기준으로 한다. 이로써 산업연관표의 에너지 업종 기준 에너지소비량 데이터(Con\_ene)가 완성된다.

2.4.2 Emission\_Estimation.gms

본 과정에서는 앞서 산정한 에너지별 소비량 데이터를 기준으로 에너지IO 및 업종별 CO2 배출량을 산정한다. 먼저, ‘Dist’는 앞서 2.4.1절에서 정의하였던 ‘con\_totB’ (산업연관표의 에너지별 중간수요액+가계소비액)이다. 이를 denominator로 두고, (산업연관표 상) 해당 에너지를 수요하는 업종별 수요액을 numerator로 두어, 앞에서 구한 에너지별 소비량을 분배해 에너지 IO (IOT\_energy)를 작성한다.

단, 본 모형에서는 몇 가지의 투입구조에 대하여 앞에서 설명한 산업연관표 기준 분배방식을 이용하는 것이 아니라, 에너지밸런스의 고유 값을 이용한다. 이는 주요한 에너지 투입구조에 대하여, 에너지경제연구원에서 발표하는 에너지밸런스와 한국은행에서 발표하는 산업연관표의 차이에서 비롯되는 불확실성을 감소시키기 위함이다. 이러한 고정값이 사용되는 에너지 투입구조는: 무연탄(0030)의 연탄(0131) 투입, 무연탄(0030)의 화력발전(0299) 투입, 유연탄(0031)의 화력발전(0299) 투입, 중유(0138)의 화력발전(0299) 투입, 도시가스(0302)의 화력발전(0299) 투입, 도시가스(0302)의 증기 및 온수공급업(0303) 투입, 그리고 나프타(0133)의 석유화학(0142~0171; 모형에서는 ‘i\_naph(i\_sec0)’로 정의함.) 투입이 있다. 만약 고정값을 사용하지 않을 경우 해당 투입구조에 대한 명령어를 삭제하면 된다.

최종소비에 대한 에너지 배출량은 ‘IOT\_energy\_FinD’로 정의되며, 중간소비에 대한 배출량 산정과 같이 주요 투입구조에 대한 고정값 방식을 사용한다. 최종소비에 따른 에너지 소비량은 ‘가계소비’만 적용되며, ‘정부소비’, ‘투자’, ‘수출’, ‘재고증감‘등의 타 최종수요 부문은 해당되지 않는다. 이로서 에너지 IO의 작성이 완료되는데, 중간소비의 경우 ’IOT\_energy’, 최종소비의 경우 ’IOT\_energy\_FinD’으로 명칭된다.

마지막으로 에너지소비량에 배출계수를 곱하여 CO2 배출량을 산정할 수 있다. ’Emit\_Fact0’은 IPCC 배출계수를 의미하며, 본 모형에서는 1996년 emission factor를 사용하고 있다. 이에 탄소를 CO2 중량으로 환산하는 44/12를 곱하고, 나프타, 윤할유제품에 대해 각각의 몰입탄소율을 적용한다. 마지막으로 에너지 소비량 산정 중에 고정값의 사용 등의 이유로 중복 집계되었던 소비량(배출량)을 더미변수 ‘0’으로 두고 본 배출량 행렬에 곱하면 에너지별 직접배출량을 산정할 수 있다. 중간투입에 대한 (에너지X산업) 배출량 행렬은 ’Emit\_Dir0’로 정의되며, 최종소비(가계소비)에 대한 에너지 직접배출량 벡터는 ’Emit\_Dir0\_FinD’로 정의된다. 이에 에너지를 합산한 데이터가 각각 ’Emit\_Dir1’ 와 ’Emit\_Dir1\_FinD’ 이며, 이후에 tonCO2기준으로 단위를 수정하였다. 이 외 ’Emit\_Dir\_Ene’는 에너지별 배출량을 확인하기 위한 데이터이며, ’Emit\_Dir\_G’은 연도별 총 배출량을 확인하기 위한 데이터다.

2.4.3 Emission\_IP.gms

‘Emission\_IP.gms'는 업종별 Non-CO2 및 공정가스 배출량을 추정하는 프로그램이다. 온실가스종합정보센터의 인벤토리보고서를 바탕으로 계산하는데, 자세한 산정방식은 ‘산업부문별 공정가스 및 non-CO2 할당방법’ 매뉴얼을 참고할 수 있다.

‘산업부문별 공정가스 및 non-CO2 할당방법’에서 설명되는 이외에 프로그램 상으로 언급할 점은, 첫번째, 인벤토리 보고서는 ‘Emission\_Estimation ‘ 폴더의 ‘GIR\_Emissions.xlsx’에 입력되어있다. 입력값을 바꿀 경우, 본 엑셀파일의 값을 조정해야한다. 두번째, ‘Emission\_IP.gms'에서는 ‘Emission\_Estimation.gms'와 같이 특정 업종에 대한 값을 직접적으로 언급하였다. (예, “0179” 혹은 “0188”) 그렇기 때문에 기초가격표를 구성하는 ‘i\_sec0’의 업종명 혹은 업종분류를 변경할 경우, 위와 같이 특정 업종을 정의한 값을 조정해야한다. 마지막으로, 본 프로그램에는 ‘Prcs\_ratio’라는 옵션이 내재되어있다. 이는 배출량을 산정하는 연도의 기초가격표가 존재하지 않는 경우, 다른 연도의 기초가격표를 바탕으로 배출량을 추정하는 옵션이다.(현재의 프로그램에서는 target year의 +1년의 기초가격표를 이용하거나, 2003년 기초가격표를 이용하도록 되어있다. 본 옵션을 사용하기 위해서는 이후에 해당 값을 수정해야한다.) 옵션을 켜고 끄는 명령어는 ‘EE.gms'에 입력되어있다. 그러나 앞의 2.3.1절에서 언급되어있듯이, ‘Cal\_IOT.gms'에서는 특정 연도의 기초가격표를 작성할 수 있기 때문에 기본적으로 본 옵션이 수행될 필요가 없다.

* 1. GTAP 변수 정의

본 과정에서는 2.2절에서 입력된 산업연관표(2.2.1절에서 언급되었듯이, 첫번째 업종분류(i\_sec0)가 아닌 두번째 업종분류(i\_s))에 대해 2.1절에서 정의된 업종분류(i0)로 연계시키고, CGE 모형에서 사용되는 변수로 전환시키는 과정이다. 또한 2.3절에서 추정된 에너지소비량 및 온실가스 배출량 역시 GTAP변수로 전환된다. ‘GTAP\_K’ 폴더에는 ‘GTAP\_K.gms'와 ‘GTAP\_EGY.gms' 두 파일이 존재하는데, 전자는 IO에 대해, 후자는 에너지소비량 및 배출량에 대해 변수전환을 실시한다.

2.5.1 GTAP\_K.gms

‘GTAP\_K.gms'는 ‘IOT.xlsx’에 입력되어있는 한국 산업연관표(IO)를 CGE 모형에서 이용될 수 있도록 변환시키는 작업이다.[[7]](#footnote-7) 먼저, 한국원화(\)로 작성되어있는 IO를 달러화로 전환시키기 위한 환율 정의가 되어있다. ‘GTAP 8’은 2007년 가격기준이므로, 2007년 환율을 적용하며, 이 후 다른 GTAP 버전을 사용할 경우 해당 연도에 맞춰 환율을 조정할 수 있다. 환율 외에 가격 역시 조정되어야 하므로, GDP 성장률을 기준으로 deflating 규모가 입력되어있다. 여기에 사용된 입력값들(‘CR(t)’, ‘GDPDF(t)’)은 한국은행의 자료를 참고로 하였다.

다음으로 ‘IOT.xlsx’에 입력된 IO의 일관성을 체크하고, 총투입과 총산출(행렬의 행합과 열합)을 맞추는 조정을 한다. 기본적인 방식은 업종별 총투입액을 구한 후 총산출과 맞지않을 경우 차액을 최종수요 혹은 부가가치에서 제하는 방식이다. (여기서 중간수요는 총산출과 총투입 모두에 관여되기 때문에 수정하지 않는다.) 현재 모형에서 사용한 방식은 4단계를 거치며 다음과 같다. 1단계, 가장 기본적으로는 총투입과 총산출의 차액에 대해 국산 최종수요항목 중 재고증감에서 제하도록 한다. 2단계, 재고증감이 음수값을 가지는 경우, 재고증감뿐만 아니라 6개 모든 최종수요항목에서 제하도록 한다.(최종수요항목간은 비례배분) 3단계, 최종수요합계의 1/2값(절대값)이 조정해야하는 값(절대값)보다 큰 경우에는 문제가 없으나, 최종수요합계의 1/2값(절대값)이 조정해야하는 값(절대값)보다 작은 경우에, 최종수요합계의 ½를 제하고 남은 값은 부가가치에서 조정한다.(부가가치항목간은 비례배분). 4단계, 부가가치합계의 1/2보다 최종수요에서 조정하고 남은 값이 작다면 문제가 없으나, 부가가치합계의 1/2보다 최종수요에서 조정하고 남은 값이 크다면, 부가가치합계의 1/2에서 제한 나머지에 대해 부가가치의 생산물세(PTAX)에서 제하도록 한다. 이러한 조정과정은 기초가격IO와 경상가격IO, 두 가지의 IO에 대해서 실시하며, 추후에 이러한 조정방식을 바꿀 경우, 본 과정을 수정할 수 있다. 이 후 output에 대한 조정과정을 거치는데, 기초가격 기준 output과 경상가격 output의 값이 같도록 기초가격의 국산 재고증감에서 차감한다.[[8]](#footnote-8) 모든 값들에 대해 앞에서 입력한 GDP 성장률(GDPDF)을 적용하여 2007년 가격으로 조정하면, 기초 작업은 마무리된다.

앞서 2.4.1절에서는 에너지수급밸런스에서 국제운송 부분을 따로 분리하여 ‘VST’에 대한 부분으로 남겨두었다. 한국의 산업연관표에서는 국제운송을 운송 및 여객 업종에서 따로 분리하고 있지 않으므로, 앞에서 에너지소비량을 산정한 것과 같은 방식으로 일정부분만을 국제운송으로 정의하여 ‘VST‘변수로 만들었다. 여기서 ‘TRANSPT’라는 set은 운송 및 여객 업종을 의미하며, 앞서 섹터를 정의하는 ‘Sectors.gms'에서 정의되어야 한다. ‘Mapi\_TRANS(TRANSPT,i0\_TR)’는 한국 산업연관표에서의 운송업종과 CGE 모형에서 정의하는 운송업종에 대한 매핑이다. 결국, 업종에 대한 분류가 바뀌는 경우, ‘Sectors.gms'에서 운송업종 카테고리와, 운송업종에 대한 매핑을 수정해야 한다. 국내 수출액에서 ‘VST’를 차감한 나머지를 국내 수출액으로 재정의하며, 이에따라 달라지는 국산 최종수요 합계, 총 최종수요합계를 다시 계산한다. 이 후 ‘VXMD\_K’는 GTAP에서 수출액을 의미하므로, 국내 수출액에서 ‘VST’를 차감한 나머지 값이 된다.

다음 단계는 관세, 수출상품세, 생산세 등 세금에 대한 내용이다. 먼저 관세와 관련하여, 경상가격 IO를 이용히여 업종별 관세율(R\_Tar\_K00)을 구한다. 기초가격표가 아닌 경상가격표를 이용해 관세율을 구하는 이유는, 기초가격표는 한국은행에서 발표된 자료가 아니라 ‘Cal\_IO’를 통해 계산되어 정확성이 떨어지는 경우가 있기 때문이다. 이렇게 구한 관세율을 기초가격표에 적용하면, 관세액을 재산출할 수 있다. ‘TarPR\_K00’는 (기초가격)최종수요에 대한 관세, ‘TarR\_K00’는 (기초가격)중간수요에 대한 관세를 계산한 변수이다. 이를 이용해 투입산출구조의 관세액(Tar)을 산출하고, 수입거래표 상 경상가격-기초가격에서 관세액을 제외한 수치를 수입상품세(TarF)로, 국산거래표 상 경상가격-기초가격을 국내상품세(TaxD)로 본다. 이제 CGE에서 사용하는 업종분류로 매핑을 시킨 후 환율을 적용하면 수입상품세(IFTAX\_K), 국내상품세(DFTAX\_K), 관세(TFRV\_K) 변수를 만들 수 있다.

이후는 일반적인 GTAP 변수에 대한 입력자료다. GTAP 변수의 정의에 따라 ‘PTAX’, ‘VDPM’, ‘VDGA’, ‘VIPA’등의 변수를 매핑과 환율을 적용시키며 입력한다. 단, 현재 투자를 의미하는 ‘INVD\_K’와 ‘INVI\_K’에 재고증가액을 포함시켰다. 이 후 투자액에 재고증가를 제외할 경우 본 명령어를 수정할 수 있다. 이에 따른 세금자료를 산출하고, output(VOA\_K, VOM\_K)까지 산출하면 GTAP 변수 입력은 마무리된다.

이 후 입력자료에 대한 검증과정을 거친다. GTAP 변수로 입력한 자료가 본래 산업연관표 자료와 맞는지 검증하고, 총산출과 총투입이 맞는지를 검증하여 오류가 있을 경우 abort시킨다. 또한 몇 가지 조정과정을 수행하는데, 첫 번째 조정과정은 최종수요액 데이터(‘VDPM\_K’, ‘INVD\_K’, ‘INVI\_K’)에 음수가 나오는 경우, 이를 0으로 조정하였다. 이에 따른 차감액은 부가가치항목에서 조정하도록 하였다. 부가가치항목별로 총부가가치액에서 차지하는 비중(R\_EVFA\_K)을 구한 후에, 최종수요액 음수조정에서 합산한 값을 부가가치항목에서 비중(R\_EVFA\_K)에 따라 차감하도록 하였다. 이 후 output을 재계산한 후 다시 총산출과 총투입(행렬합)이 맞는지 검증하여, 오류가 있을 경우 abort시킨다. 마지막으로 KEI Linkage Model에서 사용하는 타 변수들(prdtax, VFM\_K00, DEP\_K 등)을 계산하면 GTAP 입력변수에 대한 작업이 완료된다.

* 1. 데이터의 출력

결과물은 gdx파일로 출력되어 CGE 모형에서 사용된다. gdx파일의 생성을 위해서는 GAMS프로그램에서 ‘EE.gms'를 수행(run)할 때, 상단의 명령어 창에 ‘gdx=ee’란 명령어를 입력하여 결과물이 ‘ee.gdx’라는 파일에 출력되도록 한다.

1. **GTAP K\_2 버전**

‘GTAP K\_2’버전과 앞서 설명한 ‘GTAP\_K(GTAP\_K1)’ 버전의 차이점은 세가지다.

첫번째, CGE 모형에서 사용되는 산업연관표의 업종의 개수가 ‘GTAP\_K’ 버전은 자유로운 반면, ‘GTAP\_K2’버전은 자유롭지 못하다. 이는 ‘GTAP\_K’ 버전의 경우 업종분류를 세가지(i\_s, i0, i\_sec0)로 정의해 업종별 에너지소비량과 온실가스 배출량을 산정하는 업종분류(i\_sec0)가 상이한 반면, ‘GTAP\_K2’ 버전에서는 두가지(i\_s, i\_sec)의 업종분류만이 존재해 에너지소비량과 온실가스 배출량을 산정하는 업종분류(i\_sec)가 입력자료로 사용되는 산업연관표의 업종분류(i\_sec)와 같다. 즉, ‘GTAP\_K2’ 버전을 사용할 경우, 모든 산업연관표에 ‘자세히 분리된(highly disaggregated)’ 하나의 업종분류 자료가 입력되어야 한다.

두번째, ‘GTAP\_K2’버전은 ‘GTAP\_K’버전과 조정과정이 다소 차이를 보인다. 대표적인 예로서, 2.5.1절에 설명되어있듯이 ‘GTAP\_K’버전은 산업연관표의 총투입과 총산출(행렬의 행합과 열합)이 일치하지 않는 경우, 4단계의 조정과정을 거쳐 총투입과 총산출을 일치시킨다. 그러나 ‘GTAP\_K2’ 버전에는 주로 ‘재고증가’의 조정만을 통해 총투입과 총산출을 일치시키는 반면, 세금 특히 ‘PTAX’ 변수 등에 대한 조정 역시 추가되어있다. 이 후에 ‘GTAP\_K’ 버전에서 세금 등의 추가 조정이 필요할 경우 ‘GTAP\_K2’의 명령어를 참고할 수 있다.

세번째, ‘GTAP\_K2’의 ‘Cal\_IO.gms'에서는 기초가격표 작성 외에 ‘RAS법’을 이용한 불변가격표(연장표)를 작성하는 매커니즘이 담겨있다. RAS법을 간단히 소개하자면, 수요측면의 업종(IO의 행렬에서 행측)별로 가격지수를 적용하는 방법이다. 즉, 중간수요와 최종수요에 상관없이 업종별로 적절한 가격지수를 적용할 수 있으며, 국산표에는 국산품에 대한 가격지수를, 수입표에는 수입품에 대한 가격지수를 적용한다. 이러한 과정에서는 몇 가지 문제가 발생할 수 있는데, 첫번째로 업종별로 가격지수가 충분하지 못하다. 기본적인 ‘GTAP\_K2’ 프로그램에서는 393개 업종에 대한 IO가 입력되어있으며, 이를 위해서는 393개의 국산가격지수와 393개 업종에 대한 수입가격지수가 적용되어야 한다. 그러나 393개 업종에 대한 자세하고 정확한 가격지수가 부재하기 때문에, 가격지수가 존재하지 않는 업종에 대해서는 상위 업종분류에 대한 가격지수를 적용할 수 있으며, 이에 대한 명령어는 가격지수가 입력되어있는 ‘Price\_Index.gms’에 내재되어 있다. 참고로 본 프로그램에서는 국산표에 대해서는 통계청의 생산자가격지수, 수입표에 대해서는 한국은행의 수입가격지수를 사용하였다. 두번째로, 행별로 가격지수를 적용할 경우 총투입과 총산출(행렬의 행합과 열합)이 일치되지 않는 문제가 발생한다. 앞서 2.3.1절에서 설명된 것과 같이 총투입과 총산출이 일치되지 않는 경우, 한국은행의 기존 방식대로 차액을 ‘부가가치조정분’으로 부가가치부문에 포함시킬 수 있다. 그러나 국산최종수요 중 ‘재고증감’을 조정하거나 부가가치항목에 비례배분하여 총투입과 총산출을 직접 조정할 수도 있다. 본 프로그램에는 이러한 조정과정이 내재되었다. 마지막으로, 산업연관표 중 세금이 포함되어있는 경상가격표가 아닌 기초가격표에 가격지수를 적용할 경우 불변가격표(연장표)의 정확성을 더 높일 수 있다. 이는 해마다 산업연관표에 적용되는 (업종X업종)별 각종 세율이 다르기 때문인데, 이러한 세금의 영향을 배제시키기 위하여, (명목)기초가격표에 가격지수를 적용한 후, (명목)경상가격표와 (명목)기초가격표의 차이에서 구할 수 있는 세율을 “불변화된” 기초가격표에 적용하는 방식을 사용할 수 있다.[[9]](#footnote-9) 이 후 ‘GTAP\_K’ 프로그램에 RAS법을 이용한 불변가격표(연장표) 작성 매커니즘을 적용할 경우, 본 방식을 참고할 수 있다.

1. GTAP\_K2에 대한 내용은 본 매뉴얼 마지막 부분에서 다룰 것이다. [↑](#footnote-ref-1)
2. 이후에도 설명하겠지만 운송업에 대한 업종을 따로 정의해둔 이유는한국 IO 업종 중 운송업의 일부분을 국제운송서비스로 따로 정의하여 제외시켜야하기 때문이다. [↑](#footnote-ref-2)
3. 여기서 사용되는 업종분류는 자세하게 나눠져야(highly disaggregated)하나, ‘i\_s‘ 혹은 ‘i0‘에서 사용되는 업종분류의 갯수는 상관이 없다. [↑](#footnote-ref-3)
4. 업종별 에너지소비량 및 CO2 배출량 추정을 위해서는 산업연관표 중 기초가격표가 필요하다. 그러나 기초가격표가 없는 경우를 대비해, 본 프로그램에서는 경상가격표를 기본데이터로 하여 기초가격표를 작성할 수 있다. 이에 대한 명령어는 ‘Cal\_IO.gms'에 담겨있으며, 이후 설명할 것이다. 이러한 경우 해당연도에 대한 기초가격 IO는 ‘IOT.xlsx’에 입력되지 않아도 되나, benchmark 연도에 대한 기초가격 IO는 입력되어있어야 한다. [↑](#footnote-ref-4)
5. ‘ty(t)’의 기초가격표는 존재하지 않아도 되나, 경상가격표는 꼭 입력되어있어야 한다. [↑](#footnote-ref-5)
6. 한국은행에서 산업연관표의 불변표(연장표)를 만들 때, 총투입과 총산출의 차액을 중간수요행렬 혹은 최종수요에서 조정하지 않고, ‘부가가치조정분’으로 두는 것과 같은 원리다. [↑](#footnote-ref-6)
7. 다시 한번 언급하지만, 본 절에서 이용되는 IO는 에너지 소비량 및 배출량을 추정하는 IO가 아닌, 두 번째 업종분류(i\_s)에 대한 IO다. ‘IOT.xlsx’의 sheet를 기준으로하면, ‘sme10gross’, ‘sme10domestionc’, ‘sme10import’, ‘sme10grossB’, ‘sme10domesticB’, ‘sme10importB’ 등 총 6개다. [↑](#footnote-ref-7)
8. 경상가격Output에 기초가격 Output을 맞추는 본 조정과정 역시 이 후에 수정될 수 있다. [↑](#footnote-ref-8)
9. 만약 (명목)기초가격표가 존재하지 않는다면 (명목)경상가격표에서 (명목)기초가격표를 구한 후, (실질)기초가격표를 작성하고 (실질)경상가격표를 산출하는 매커니즘이 작동되지만, 이런 경우 (실질)기초가격표의 존재 가치가 모호할 수 있다. [↑](#footnote-ref-9)