

국내 원자력발전소 주변 주민의 방사선량 평가를 위한 음식물 섭취율 설정 연구

이갑복, 정양근
한국전력공사 전력연구원

2008년 9월 18일 접수 / 2008년 10월 7일 1차수정 / 2008년 10월 16일 채택

원전 주변의 주민에 대한 방사선량의 대부분을 음식물 섭취에 의한 내부피폭이 차지하고 있다. 그러나 우리나라 원전에 적용하고 있는 음식물 섭취 관련 인자는 1989년 한국원자력연구소가 고리원전 주변지역을 대상으로 수행한 현장조사 결과를 계속 적용하고 있어 최근의 식습관 변화를 적절히 반영하지 못하고 있다. 또한 우리나라는 미국 NRC (Nuclear Regulatory Commission)에서 적용하고 있는 최대개인에 근거하여 음식물 섭취율을 결정하고 있다. 그러나 최근의 ICRP (International Commission on Radiological Protection)의 권고 및 유럽의 관련 지침에서는 결정집단 또는 결정집단을 대표하는 개인에 대해 선량을 평가토록 권고하고 있다. 따라서 이러한 식습관의 변화추이나 피폭평가 대상에 대한 국제적인 권고기준에 준하는 음식물 섭취율 설정방법에 대한 연구가 필요하다. 보건복지가족부에서는 국민건강증진법에 의거 매 3년마다 전국 규모의 국민의 식품 및 영양 섭취실태 조사를 실시하고 있다. 따라서 본 연구에서는 이러한 정부 조사자료를 활용하여 주기적으로 음식물 섭취량 자료를 갱신할 수 있는 방안을 연구하였다. 보건복지가족부에서 2001~2002년에 수행한 국민영양조사 원자료(raw data)를 분석하여 결정집단을 대표하는 개인의 음식물 섭취율을 결정하는데 이용할 수 있는 기초통계량을 제시하고, 또한 현재 국내 원전에서 적용하고 있는 최대개인의 음식물 섭취율을 재설정하였다.

중심어: 방사선 영향평가, 환경방사선, 주민 방사선량, 음식물 섭취율

1. 서론

원자력발전소 주변의 주민을 방사선으로부터 안전하게 보호하기 위해 원전사업자는 주민의 방사선량을 평가하고 있다. 원전 주변 환경방사선 조사보고서에서 선량기여도가 높은 주요 피폭경로는 음식물 섭취에 의한 내부피폭으로 나타나고 있다. 국내 4개 원전부지의 기체상 배출물에 의한 선량은 음식물 섭취경로에 의한 것이 약 50% 정도 또는 그 이상을 차지하고 있다. 액체상 배출물에 의한 선량은 수산물 섭취에 의한 것이 약 99.5% 이상을 차지하고 있으며, 이중 어류 섭취가 가장 크게 기여하고 있다.

음식물 섭취에 의한 방사선량은 음식물의 핵종 농도에 선량환산인자와 음식물 섭취율을 곱하여 계산된다. 음식물 섭취율은 개인 특성에 따라 섭취 음식의 종류, 섭취 빈도, 섭취하는 양에 따라 매우 상이하게 나타날 수 있다. 우리나라와 미국 NRC (Nuclear Regulatory Commission)에서는 평균적인 사람에게 비해 합리적 편차를 가지면서 최대로 섭취하는 최대개인을 대상으로 방사선량을 평가하고 있는 반면, ICRP

(International Commission on Radiological Protection)의 권고지침[1]이나 유럽 등에서는 최대의 피폭이 예상되는 인구 집단, 즉 결정집단의 평균적인 구성원(대표개인)에 대해 방사선량을 평가하고 있다.

국내 원자력발전소 주변 주민의 방사선량 평가에 사용하고 있는 음식물 섭취율은 1987년~1988년에 고리원전 반경 80km 이내에 거주하는 주민을 조사한 값[3]으로 전 원전 부지에 대해 동일하게 적용하고 있다. 미국과 국내 원전 주민 방사선량 평가에 사용하고 있는 최대개인 음식물 섭취율은 다소 보수적인 방법론으로 평가된다. 반면에 ICRP, 유럽, 일본 등에서는 지나친 보수적 가정을 배제하고 다소 현실적인 방법론을 적용하고 있다. 이와같이 방사선량 평가에 사용되는 음식물 섭취율을 결정하는 방법론은 각 국의 여건에 따라서 다르게 적용되고 있다.

국내에서는 최근 한국원자력안전기술원이 주최한 “제9회 원자력 안전기술정보회의”에서 관련된 논의가 있었다[4]. 동 회의에서 우리나라에 적용되고 있는 음식물 섭취율은 1980년대 후반 조사자료를 토대로 설정되었기 때문에 최근의 식습관 변화를 반영하지 못하고 있으며, 외국에 비해 다소 보수적인 값이 적용되고 있다는 의견이 제기되었다. 또한 ICRP-60 권고에서도 “결정그룹에 대한 평균선량이 선량한도 및 선량제약치와 비교되어야 한다”고 기술하고 있으므로 차

책임저자: 이갑복, gblee@kepco.co.kr, 전력연구원 방사선화학그룹
대전시유성구 문지로 65

후 외국의 결정그룹 사례의 구체적인 비교 분석을 통하여 결정그룹의 도입을 신중히 검토할 필요성도 논의되었다.

정부에서 한국인의 음식물 섭취율을 정기적으로 조사하고 있으므로 보건복지가족부의 국민영양조사결과를 이용하여 주기적인 변경방안을 도출하는 것이 합리적이고, 경제적인 방법이 될 것이다. ICRP에서도 식습관 자료 등을 결정할 때 전국적인 조사를 통한 정보로부터 구해진 통계자료를 이용하여 구하는 것이 합리적이고 지속적인 섭취율을 정의하는데 있어 조심스럽지만 수용이 가능한 것으로 권고하고 있다. 상기와 같이 보건복지가족부의 국민영양조사 원자료(raw data)를 이용하여 최대개인의 음식물 섭취율을 결정하는 방법론이 전력연구원에 의해 제시된 바가 있다.

본 연구에서는 국내 외의 방사선량 평가에 적용되는 음식물 섭취율 현황을 분석하고, 2001년~2002년에 시행된 보건복지부 국민영양조사보고서(6)의 원자료를 이용하여 ICRP에서 권고하는 결정집단에 대한 대표개인에 대한 음식물 섭취율을 산정하였다. 또한 현재 국내원전 주변 주민의 방사선량 평가에 적용하고 있는 최대개인에 대한 음식물 섭취율도 재설정하였다.

2. 국내 외 음식물 섭취율 자료 현황

2.1 국내

현행 국내 원전의 음식물 섭취율 자료는 1988년도에 당시 한국에너지연구소(현재는 한국원자력연구원과 한국원자력안전기술원으로 분리)에서 고리원전 주변지역에서 실시한 현장 조사결과(3)이다.

상기의 음식물 섭취율에 관한 조사는 1987년 10월부터 1988년 8월까지 일년간에 걸쳐 계절별로 실시되었다. 조사 대상지역은 고리원전 반경 80 km 이내의 지역 중 대도시, 중소도

시, 어촌, 농촌 등으로 나누어 실시하였다. 조사 표본은 각 지역별로 50 가구씩 총 800 가구를 임의로 선정하였으며, 선정된 가구를 호별 방문하여 연 3일간 세대별 음식물 섭취량을 조사하였다. 최대 음식물 섭취율은 전체 조사대상 800 가구 중 총 음식물 섭취량이 가장 많은 10가구를 뽑아 그 평균치로 구하였다. 상기의 자료를 다른 원전(영광, 월성, 울진)에도 적용하고 있으며, 이후 현장 조사의 어려움으로 인해 부지 주변에 대한 음식물 섭취율 조사가 추가적으로 이루어지지 않고 있다.

보건복지가족부에서 정기적으로 조사하고 있는 국민영양 조사보고서의 1987년 이후 음식물 섭취량 추이를 보면(그림 1 참조), 식물성 식품군의 경우 곡류 및 그 제품의 섭취량은 감소하고 있는 반면 과일류는 계속 증가하는 추세를 보이고 있으며, 동물성 식품의 경우는 전반적으로 증가하고 있는 추세이다. 그리고 어패류 섭취량의 경우에는 전반적으로 감소하고 있는 추세이다.

2.2 일본

일본의 원전주변 주민 방사선량 평가에 적용되는 음식물 섭취율은 일본원자력위원회의 지침 “경수로형 원전주변의 선량목표치에 대한 평가지침(1975.9.28 제정, 1989.3.27, 2001.3.29 일부개정)”(7)에 따르며, 이 지침은 동 위원회의 환경안전전문부회의에서 1974년에 발표한 “환경안전전문부회보고서 제3부 환경방사능분과회보고서(8)”를 기술적 근거로 삼고 있다.

일본은 현실적으로 존재하는 피폭경로에 대해 집단취락 지역의 각 연령군의 식생활 상태 등이 표준적인 사람을 대상으로 하여 음식물 섭취율을 결정하고 있다. 대상 음식물 종류는 해산물(어류, 무척추동물, 해조류), 열채류, 우유로 한정하고 있으며, 평균 음식물 섭취율을 적용하고 있다.

또한 일본에서는 원자력발전소 주변 주민이 섭취하는 음식물 중 발전소로부터 방출된 방사성물질에 의해 오염된 분율을 적용하여 실제적으로는 더욱 현실적인 평가가 이루어

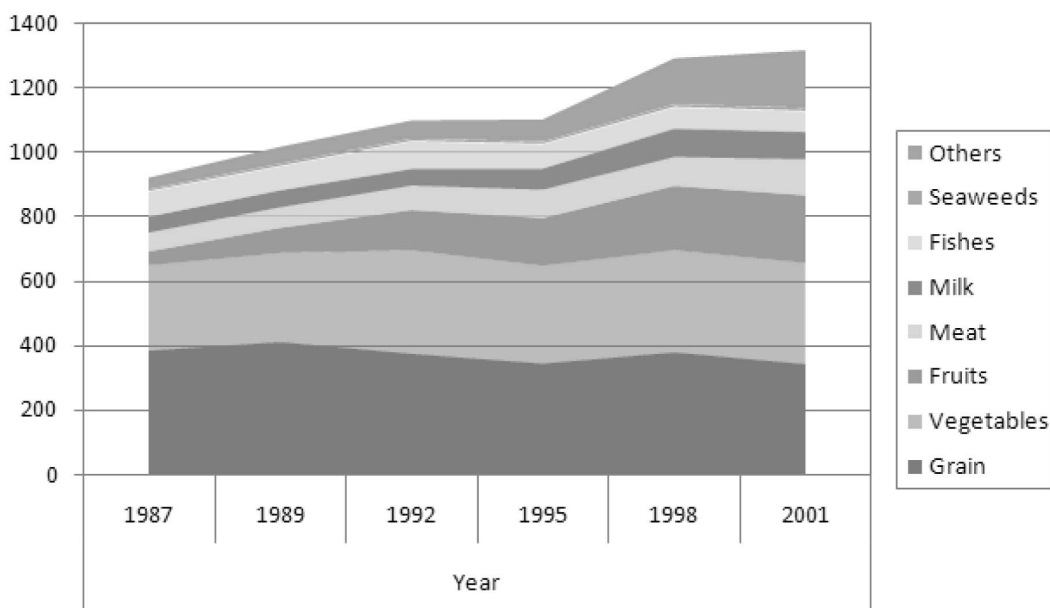


Fig. 1. Daily averaged food consumption rates(unit: g/day) per person from national dietary surveys by Ministry of Health, Welfare and Family Affairs of Korea.

지고 있다. 오염 분율과 관련된 인자는 시장회석계수, 제염계수, 목초성장기간의 연분율, 농작물 재배기간 연간비 등이 있다. 즉, 음식물 섭취율에 이러한 인자를 곱해 방사성물질에 오염된 음식물을 섭취하는 양이 결정된다.

2.3 미국

Regulatory Guide 1.109에서는 음식물 섭취율 결정시 적용할 피폭대상으로 가상적인 최대개인을 설정하고 있다. 최대개인은 음식물 섭취율, 활동시간 및 기타 부지인근 지역에서의 인자들이 최대인 가상적인 개인을 말하며, '최대'란 일반 인구집단의 평균적인 값으로부터 합리적인 편차를 가지고 설정된다. 즉, 음식물 소비량은 독립적 음식물 군별로 각각 최대 가능 소비량이 선택되기 때문에 매우 보수적인 가정에 근거하여 선정이 평가된다.

Regulatory Guide 1.109는 미국 농무부(US Department of Agriculture)의 1974년 식품소비량 조사자료를 이용하여 1인당 평균섭취율을 도출하였고, 연령군별 평균섭취율과 최대섭취율은 HERMES 코드의 방법을 이용하여 산출하였다 [10]. HERMES에서는 미국농무부의 1963년 가구당 식품소비량 통계자료와 미국 남북부 주민들의 연령군별 식품 소비량 자료를 이용하여 연령군별 평균섭취율을 산출하였다. 최대 음식물 섭취율은 Hanford 인근지역 주민과 미국 북부 Washington 주 초등학교에 대한 국지 음식물 섭취율 조사 자료로부터 음식물 종류별로 평균 음식물 섭취율과 최대 섭취율의 비율을 산출하였다. 소비량이 상대적으로 많은 육류의 최대섭취율 비율이 작고, 섭취빈도가 낮아질수록 최대 섭취율 비율이 커지는 경향이 나타난다. 미국의 대부분 원전에서는 1977년 Regulatory Guide 1.109에 제시한 평균 및 최대개인의 음식물 섭취율을 현재까지 사용하고 있다.

일반 오염물질, 기타 원자력시설 및 자연적으로 발생한 방사선원에 의한 위해도 평가 등을 위해 미국 EPA (Environmental Protection Agency)에서도 별도의 음식물 섭취율을 정리하여 권고하고 있다 [11]. 개인별 섭취율에 대한 통계는 평균 섭취율, 표준오차, 섭취율 분포의 백분율(즉, 0, 1, 5, 10, 25, 50, 75, 90, 95, 99, 100 백분위수) 등에 대한 자료를 분석하여 제시하고 있는데, 보수적 평가가 필요한 분야에서는 95백분위수 값을 이용토록 권고하고 있다.

2.4 유럽

영국에서는 현재는 HPA (Health Protection Agency)에 통합된 영국의 NRPB (National Radiological Protection Board)를 중심으로 음식물 섭취율을 설정하고 있다 [12]. 동일한 사람이 모든 피폭경로로부터 가장 많은 피폭을 받는다는 것은 현실성이 없기 때문에 결정집단에 해당되는 참조집단(reference group)의 음식물 섭취율은 해당 지역의 정보와 타당성 있는 가정에 근거하여 평균적인 섭취율과 최대의 섭취율의 조합으로 결정된다. 이는 지나친 보수성을 배제하기 위함이다. 일반적으로 상대적으로 더 많이 섭취하는 상위 2개의 음식물은 최대 섭취율을(이를 'Top-Two rule'이라 칭함), 나머지는 평균 섭취율을 이용하여 선량을 평가한다. 최대 섭취율은 97.5백분위수로 결정된다.

프랑스에서는 원자력시설별로 주변 현장조사 자료를 바

탕으로 섭취율을 결정한다. La Hague 원자력단지에서는 그 지역에서 평균적인 식품소비 및 식습관을 가진 사람을 가정한다. 독일에서는 전국적인 조사자료를 이용하여 최대 섭취율을 결정하는데, 95백분위수를 이용한다.

2.5 IAEA

국제원자력기구(IAEA)에서는 결정집단(critical group)의 음식물 섭취율을 보다 보수적인 관점에서 설정한다 [13,14]. IAEA는 "결정집단은 고려하고자 하는 방사선원으로부터 가장 많은 피폭을 받을 것으로 예상되는 인구집단에 속해 있는 개인을 대표해야 하며, 가장 많이 오염된 지역에서 생산된 음식을 공급받고, 방사능 준위가 가장 높은 공기를 흡입하는 집단을 고려해야 한다"고 권고하고 있다. 그리고 식습관은 지역적 특성에 크게 좌우되므로 각 지역별 조사로부터 얻어진 자료를 적용할 것을 권고하고 있다. 결정집단에 속해 있는 개인에 대한 음식물 섭취율을 설정하는 방법론에 대해 구체적인 제시는 없지만, 음식물 섭취율을 예시하면서 최대 피폭개인에 대한 값을 제시하고 있다. 즉, 비록 이러한 현상이 실제적으로 발생하기 어렵다 하더라도 일반론적인 지침으로서 보수적 가정을 견지하고 있는 것으로 판단된다.

2.6 ICRP

국제방사선방호위원회(ICRP)에서는 ICRP-60 권고안에서 '결정집단은 방사선원에 의해 최대 피폭된 개인들을 대표하기 위해 선택된다. 이들은 그 선원으로부터의 선량에 영향을 주는 특성들에 대해 합리적인 동질성을 가져야 하며, 이러한 조건이 성립될 때, 개인 선량제한치를 결정집단의 평균값과 비교하여야 한다. 이는 그 결정집단의 일부 구성원들은 그들 평균보다 높거나 낮은 선량을 받을 수 있다는 것을 내포한다고 제시하고 있다.

최근에 ICRP에서는 새로운 권고안 [15]에서 '결정론적인 접근방법에 이용되는 음식물 섭취율, 위치, 지역 자원 이용 특성과 같은 개인의 습관 특성 자료는 인구집단의 한 개인의 극단적인 특성치가 아니라 가장 많이 피폭되는 소수의 개인들에 대한 평균적인 특성자료이다. 일부의 극단적인 생활습관을 고려할 수 있다. 그러나 고려된 개인들에 대한 특성을 그대로 반영하여야 하는 것은 아니다'라고 제안하고 있다.

또한 '지역 인구에 대한 특정 습관 데이터를 구할 수 없다면, 전국 또는 지역 인구데이터에서 값을 도출할 수도 있다. 이런 데이터의 분포는 확률론적 평가에 사용될 수 있고, 또는 분포도 상의 어느 한 값을 결정론적 계산을 위해 선정할 수도 있다. 결정론적 방법을 이용하는 경우, 기본식품류 소비율의 95 백분위수를 이용하는 것이 합리적이고 지속적인 섭취율을 정의하는 데 있어서 조심스럽지만 수용가능한 가정을 대표하는 것으로 간주한다'고 제시하였다.

지역주민의 습관 특성은 어느 특정 시점에서 유사 지역마다 서로 다를 수 있고 시점에 따라 달라질 수가 있다. ICRP는 '이런 약점들은 만약 습관 특성자료를 전국적인 조사를 통한 정보로부터 구해진 95백분위수를 이용하여 도출한다면 피할 수도 있다'고 권고하면서, '대표개인의 특성을 선정할 때에는 합리성, 지속성, 동질성을 반드시 고려하여야 한다고 권고한다.

2.7 종합

우리나라와 미국, 그리고 IAEA는 최대개인을 대상으로 음식물 섭취율을 결정하기 때문에 다소 보수적인 가정에 기초하여 선량을 평가하고 있는 것으로 사료된다. 상대적으로 일본은 평균적인 식습관 자료를 사용하고, 특정 음식물 몇 종류만을 대상으로 선량을 평가하기 때문에 너무 현실적인 평가가 이루어지고 있다. 영국을 중심으로 한 유럽의 결정집단의 음식물 섭취율 결정 방법은 보수적 가정과 현실적 가정을 병행하고 있다. 이는 지나친 보수성을 배제하면서도 일본과 같이 너무 현실적이지도 않은 방사선량 평가가 이루어질 수 있는 합리적인 방법론으로 판단된다. ICRP에서는 최근의 권고안을 통해 최대피폭이 예상되는 결정집단의 평균적인 구성원(대표개인)의 음식물 섭취율을 영국과 유사한 방법론을 토대로 권고하였다. 다만 영국에서는 최대 섭취율을 97.5백분위수를 적용하는 반면에 ICRP에서는 95백분위수를 적용하고 있다. 두 개 이상의 섭취경로가 선량에 상당한 기여를 한다면 95백분위수의 습관자료를 모든 피폭경로에 적용하는 가정은 비합리적일 수 있으므로 보다 지배적인 경로(보통 상위 2개 음식물군)에 대해서는 95백분위수의 섭취율을 할당하고, 다른 경로에 대해서는 더 작은 값(예를들어, 평균값)을 할당하도록 권고하고 있다. 이러한 방법이 모든 피폭경로에 대해 최대값을 할당하는 방법보다 피폭대상의 동질성 및 합리성에 대한 ICRP의 원칙에 더 잘 부합되기 때문이다.

3. 재료 및 방법

본 연구에서는 ICRP-60의 연령군별 피폭평가 대상 개인의 음식물 섭취율을 결정하기 위해 2001년~2002년도 보건복지가족부 국민영양조사 원자료를 재분석하였다. 보건복지가족부에서는 국민건강증진법에 근거하여 매 3년마다 전국 규모의 국민의 식품 및 영양 섭취실태 조사를 실시하고 있다. 1990년대 이후에는 1992년, 1995년, 1998년, 2001년에 조사하였는데, 1998년까지는 11월~12월 사이에 약 20여 일간 조사하였으며, 2001년~2002년도에는 계절별로도 음식물 섭취율을 조사하였다[6]. 조사개요는 표 1에 제시하였다. 본조사에 해당하는 겨울철 조사는 4,000가구, 기타 보조 조사인 봄, 여름, 가을철 예는 각각 1,000가구를 대상으로 실시하였다. 조사방법은 24시간 회상법을 이용하였다. 이 방법은 조사대상자가 조사시점 전 24시간 동안 섭취한 음식물의 종류와 양을 회상하여 섭취한 양을 일정한 정량적 기준으로 기록하고, 이를 표준 환산치를 이용하여 일일 섭취량을 조사하는 방법

[6]이다. 또한 3세미만의 유아에 대해서는 수유현황 조사도 실시되었다.

국민영양조사 결과보고서에는 5세 간격의 연령군에 대해 각 식품항목별 평균적인 식품섭취율이 제시되고 있고, 조사후 일정기간이 경과한 뒤에 각 조사 응답자에 대한 원자료를 공개하고 있다. 본 연구에서는 조사 응답자에 대한 원자료를 재분석하여 최대개인 및 결정집단의 대표개인에 대한 음식물 섭취율 설정에 필요한 기초 통계를 분석하였다. 원자료에는 1,425 항목의 음식물을 세분하여 일일 섭취율이 제시되어 있다.

본 연구에서는 ICRP-60에서 제시하고 있는 6개 연령군에 대해 총 조사대상자 중 음식물별 섭취자의 분율, 평균, 표준편차, 중위수, 90-95-97.5백분위수, 최대값(극대값)과 같은 섭취율에 대한 기초통계량을 분석하였다.

ICRP에서 권고하는 결정집단을 대표하는 개인, 즉 대표 개인에 따라 원전 주변 주민의 선량을 평가할 경우에는 상기의 기초통계량을 이용하여 각 결정집단에 대한 식품군별 섭취율을 결정할 수 있을 것이다. 예를 들어 농업에 종사하는 개인을 결정집단으로 설정할 경우에는 주 생산품목에 해당되는 음식물을 주요 피폭경로로 가정하여 최대 섭취율을 적용하고, 다른 섭취식품은 평균적인 섭취율을 적용할 수 있다. 우리나라 어촌의 일반적인 특성인 반농반어 가구에 대해서는 곡류 또는 채소와 어류에 대해서는 최대 섭취율을, 나머지 식품에 대해서는 평균 섭취율을 적용할 수 있을 것이다.

그러나 현재 우리나라에서는 피폭평가 대상자를 최대개인으로 설정하고 있기 때문에 대표개인이 적용되기 전까지는 최대개인에 대한 섭취율을 재설정할 필요가 있다. 최대개인 음식물 섭취량 결정시 모든 음식물의 95백분위수를 취할 경우에는 선량을 지나치게 과대평가할 수 있다. 이는 ICRP에서 권고하는 집단의 동질성을 유지하지 못하는 비합리적인 평가를 유발할 수 있다. 따라서 본 연구에서는 총섭취율의 95백분위수를 최대개인 총섭취율로 결정한 후, 각 식품군에 대한 섭취특성을 반영하여 식품군별 최대 섭취율을 결정하는 방법을 제안하였다.

본 연구에서는 식품군별 최대 섭취율은 식 (1)과 같이 총 섭취율의 95백분위수와 평균값의 차이에 식품군별 섭취율의 공분산을 고려한 가중치를 곱하여 각 식품군 섭취율의 평균에 더해주는 방법을 제안하였다. 이 방법으로부터 얻은 각 식품군의 최대개인 섭취율은 총섭취율이 주어졌을 때 각 식품군 섭취율의 조건부 분포의 평균이다. 즉, 분산-공분산 행렬을 이용하여 변수들의 크기와 상관관계를 모두 고려하여 최대개인을 결정하는 방법으로 다변량 정규분포에서 총합이 주어졌을 때 각 변수의 조건부 최대값을 구하는 방법을 사용하였다. 조

Table 1. Outline of National Dietary Survey by Korean Ministry of Health, Welfare, and Family Affairs in 2001~2002.

	Winter	Spring	summer	Fall
Survey period	2001. 11. 1~12. 31	2002. 3. 15~4. 18	2002. 6. 17~7. 16	2002. 9. 23~10. 22
Sampling siz (person)	10,051	2,863	2,825	2,650
Survey method	24-hour dietary recall method			
Content of survey	Daily food consumption rates			

건부분포의 평균은 각 식품군들의 섭취 양상을 반영하는 것으로서 다변량정규분포의 특성을 이용한 것이다[16,17]. 따라서 최대개인 총섭취율은 식 (1)과 같이 계산할 수 있다.

$$Max_i = G_{i,mean} + (T_{95} - T_{mean}) \times w_i \quad (1)$$

- T_{95} : 총섭취율의 95백분위수
- T_{mean} : 총섭취율의 평균
- $G_{i,mean}$: i 식품군 섭취율의 평균
- w_i : 식품군별 섭취율의 공분산을 고려한 가중치

식품군별 섭취율의 공분산을 고려한 가중치는 섭취자의 분율에 따른 표준편차의 상대적 크기와 음식물 간의 상관관계 즉 돼지고기 섭취율이 큰 사람은 상대적으로 상추와 같은 열채류의 섭취율도 크다. 을 고려하기 위함이다. 상기의 방법론은 어떤 인구집단에서 많이 섭취되는 음식물과 섭취빈도는 크지 않지만 섭취량의 표준편차가 큰 음식물의 섭취량을 함께 반영할 수 있도록 고안되었다.

물과 음료는 주요 식품군 섭취와는 상관성이 낮은 경향이 있고, 현재 선량평가 식품군에 포함되지 않기 때문에 총섭취율을 산출하는 주요 식품군에서는 제외하였다. 주요 식품군은 모두 12가지로 곡류, 김치류, 채소류, 과일류, 소고기류, 돼지

Table 2. Statistical Figures for Daily Food Consumption Rates Obtained from National Dietary Survey by Korean Ministry of Health, Welfare, and Family Affairs in 2001~2002.

		under 1 year							(unit: g/day, Sample number: 67)
Item	Ratio of consumer(%)	Average	Standard deviation	Median	90 Percentile	95Percentile	97.5Percentile	Maximum	
Grain	85.1	57.83	55.07	41.91	137.72	187.77	204.54	212.55	
Bean	25.4	1.84	4.38	0.00	9.28	11.67	16.90	24.00	
Processed Foodstuff	62.7	20.39	33.67	8.00	64.60	117.34	133.25	150.00	
Sub Total ①	91.0	80.06	72.76	58.86	220.78	239.72	260.95	271.22	
Kimchi	17.9	1.59	4.57	0.00	6.26	10.80	22.59	24.90	
Leafy Vegetable	62.7	8.97	14.55	2.71	25.22	47.94	63.49	67.40	
Root Vegetable	62.7	9.78	20.10	0.56	28.74	49.21	82.09	128.05	
Sub Total ②	73.1	20.34	28.66	12.03	66.80	71.23	112.59	162.12	
Fruit Vegetable	28.4	23.83	60.49	0.00	81.88	127.24	291.01	367.10	
Fruit	52.2	36.08	56.02	1.33	122.56	163.38	213.00	220.00	
Sub Total ③	62.7	59.91	79.34	31.00	176.46	226.84	299.39	367.10	
Beef	22.4	3.76	14.26	0.00	6.77	30.24	62.84	100.00	
Pork	26.9	3.46	8.20	0.00	14.46	23.09	34.63	46.27	
Poultry	6.0	2.00	11.97	0.00	0.00	12.33	38.89	96.02	
Egg	41.8	6.81	17.70	0.00	19.57	36.66	93.00	100.00	
Processed Foodstuff	1.5	0.70	5.77	0.00	0.00	0.00	14.16	47.20	
Sub Total ④	55.2	16.74	32.30	4.13	47.90	109.55	136.84	144.70	
Fish	53.7	5.65	15.91	0.12	20.94	28.52	63.94	113.28	
Crustacea	13.4	1.08	3.97	0.00	4.51	7.21	19.95	25.00	
Mollusca	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Marine Algae	44.8	3.13	10.70	0.00	7.21	19.79	54.14	70.22	
Sub Total ⑤	71.6	9.87	20.46	1.44	32.38	53.16	91.92	113.28	
Total (①~⑤)	94.0	186.92	157.52	166.89	442.64	530.46	672.95	720.22	
Milk	41.8	165.07	258.39	0.00	501.30	661.62	1090.82	1180.00	
Powdered Milk	58.2	84.33	115.54	35.50	272.83	326.45	446.44	510.00	
Dairy Products	49.3	39.19	70.33	0.00	146.32	216.56	298.27	349.30	
Sub total (⑥)	94.0	288.59	255.95	223.20	594.42	674.62	1096.22	1198.00	
the Others (⑦)	88.1	164.41	246.81	24.77	432.61	780.07	1043.01	1105.42	
Total (①~⑦)	100.00	639.92	359.87	585.70	1102.41	1366.78	1457.00	1541.06	
Water	100.00	291.04	178.15	200.00	440.00	720.00	930.00	1000.00	

고기류, 닭고기류, 어류, 패류/갑각류, 연체류, 해조류로 선정하였다. 빵, 국수, 라면 등 유통 곡류 가공식품, 가공 육류, 그리고 유지류, 조리가공품 등과 같은 기타류는 제외하였다. 우유의 경우, 유아는 식사대용으로 섭취하는 경향이 있지만, 성인의 경우에는 음료의 섭취와 같이 다른 식품류의 섭취율과는 상관성 약하기 때문에 식 (1)의 방법으로 식품군별 섭취율을 결정하지 않고, 우유의 95백분위수 자체를 최대개인 섭취율로 결정하였다. 단, 분유와 유제품의 섭취량은 제외하였다.

1세미만의 신생아를 대표하는 연령군(3개월)의 섭취율을 결정할 때, 유아의 이유식 시작 시기를 고려하여 식품 섭취 연분율을 적용하였다. 국민영양조사결과 이유보충식 시작시기는 생후 약 6개월 이후로 조사되었다. 유아의 음식물

섭취량 중 우유를 제외한 나머지는 거의 대부분 이유식 섭취에 의한 것이므로 유아(1세미만)의 우유를 제외한 음식물 섭취율은 이유식 섭취 연분율 0.5를 고려하여 설정하였다.

4. 결과 및 토의

국제방사선방호위원회의 권고기준인 ICRP-60의 연령군에 대해 음식물 섭취율에 대한 기초통계량을 분석하였다. 인구학적 통계는 대도시 46%, 중소도시 33%, 시골 21%로 구성되어 있으며, 전체적으로 1세미만이 0.5%, 1세~2세미만이 1.3%, 2세~7세미만이 7%, 7세~12세미만이 9.2%, 12세~17세

Table 2. (continued)

1 year and over~under 2 years

(unit: g/day, Sample number: 175)

Item	Ratio of consumer(%)	Average	Standard deviation	Median	90 Percentile	95Percentile	97.5Percentile	Maximum
Grain	95.4	78.27	62.97	67.58	155.80	192.19	272.29	316.74
Bean	39.4	5.39	12.91	0.00	18.41	35.18	43.59	83.02
Processed Foodstuff	69.7	34.00	60.58	14.33	87.14	113.76	156.60	611.12
Sub Total ①	97.7	117.66	93.45	104.93	232.94	284.58	395.50	652.12
Kimchi	40.0	10.38	22.69	0.00	32.22	57.20	97.30	140.40
Leafy Vegetable	73.7	14.87	23.88	4.91	52.75	69.11	87.10	138.90
Root Vegetable	80.0	16.50	30.03	4.14	54.29	74.45	102.90	208.45
Sub Total ②	87.4	41.75	54.47	21.45	103.24	190.95	213.65	276.45
Fruit Vegetable	18.3	20.10	77.71	0.00	62.00	101.87	245.37	821.50
Fruit	64.6	78.35	110.07	31.80	221.28	292.00	376.29	738.00
Sub Total ③	71.4	98.44	132.93	52.50	278.40	362.10	465.65	821.50
Beef	32.0	5.89	14.49	0.00	22.56	36.10	57.91	90.96
Pork	26.3	5.35	14.93	0.00	19.66	36.74	64.29	94.34
Poultry	9.1	2.90	13.80	0.00	0.00	16.25	51.08	122.79
Egg	55.4	13.18	22.93	2.15	50.00	60.74	71.48	163.60
Processed Foodstuff	9.1	2.07	9.14	0.00	0.00	11.28	35.35	81.60
Sub Total ④	73.7	29.39	37.51	15.35	82.32	100.54	133.53	239.20
Fish	49.1	8.62	22.49	0.00	30.29	50.33	71.68	206.66
Crustacea	17.1	1.98	8.95	0.00	2.16	9.31	28.75	78.00
Mollusca	4.6	1.12	8.89	0.00	0.00	0.12	6.99	103.71
Marine Algae	57.7	3.61	8.28	0.50	10.33	21.90	32.48	50.22
Sun Total ⑤	74.9	15.34	28.10	3.13	45.66	70.98	98.23	215.45
Total (①~⑤)	98.3	302.58	241.41	257.55	604.66	744.80	1058.43	1246.59
Milk	68.6	238.67	269.07	198.00	601.50	800.40	997.50	1188.00
Powdered Milk	44.6	51.18	94.76	0.00	171.90	244.73	367.20	540.00
Dairy Products	41.7	38.83	66.08	0.00	135.84	180.64	207.95	403.20
Sub total (⑥)	92.6	328.69	275.67	260.49	700.40	896.82	1109.48	1538.50
the Others (⑦)	93.1	100.99	158.46	23.99	268.63	402.06	704.02	907.80
Total (①~⑦)	100.00	732.26	403.40	688.10	1258.63	1552.12	1730.13	1871.86
Water	100.00	367.66	259.80	300.00	600.00	1000.00	1000.00	2000.00

미만이 7.7%, 17세 이상이 73.4%로 구성되어 있다. 전체적으로 남여의 비율은 비슷한 것으로 나타났다. 국민영양조사 자료는 4계절의 자료로 분할되어져 있다. 따라서 계절적인 조사대상자 수에 의한 통계적 왜곡을 방지하고, 전체자료를 효율적으로 활용하기 위하여 각 조사대상자와 식품군을 고려하여 4계절 취합자료를 생성하였다. 표 2에 4계절 취합자료의 각 식품군에 대한 섭취한 사람의 비율과 섭취율에 대한 기초통계량을 제시하였다.

4계절 취합자료는 반복 조사된 인원 에 대해서는 그 평균값을 사용하여 한번 조사된 대상자와 취합하여 작성한 자료로서 연간 임의의 하루에 대한 섭취율을 의미한다. 본 논문에는 제시하지 않았으나, 4계절 취합자료로부터 지역별 식품섭

취율에 대한 특성의 차이가 있는지에 대한 분석결과, 유의수준 5%에서 업체류, 과채류, 과실류, 과일류, 닭고기류, 어류, 총섭취율, 물섭취율에서 지역별 평균 섭취율의 차이가 없는 것으로 나타났다. 특히, 주요 식품군의 총섭취율의 경우 지역별 평균섭취율의 차이가 없는 것에 주목할 수 있다. 농작물의 경우 대도시와 중소도시 보다는 시골에서 평균섭취율이 유의하게 높은 것으로 나타났으며, 나머지 식품군의 경우 시골 지역에서 평균섭취율이 유의하게 낮은 것으로 나타났다. 따라서 국민영양조사 자료를 이용할 때, 대도시, 중소도시, 시골의 구분 없이 전체적인 자료를 이용하여 대표개인에 대한 섭취율을 설정해도 큰 무리가 없을 것으로 사료된다. 그러나 향후 동일 시기에 실시된 현장자료 조사와의 비교평가를 통

Table 2. (continued)

2 years and over~under 7 years

(unit: g/day, Sample number: 1137)

Item	Ratio of consumer(%)	Average	Standard deviation	Median	90 Percentile	95Percentile	97.5Percentile	Maximum
Grain	98.9	151.56	82.99	140.73	253.13	309.57	356.12	570.34
Bean	52.9	10.85	20.23	1.65	34.00	46.80	66.64	208.98
Processed Foodstuff	80.1	62.40	74.56	44.00	143.22	191.47	252.14	1064.84
Sub Total ①	99.8	224.82	109.30	208.15	359.23	418.75	483.29	1288.44
Kimchi	80.4	35.38	41.68	23.20	82.98	109.51	145.73	343.60
Leafy Vegetable	93.8	36.41	54.63	22.20	81.39	114.45	134.09	834.03
Root Vegetable	94.3	43.40	62.00	24.09	104.75	139.52	211.67	621.40
Sub Total ②	97.5	115.19	100.21	92.48	225.22	287.96	369.38	1136.80
Fruit Vegetable	18.4	15.00	51.84	0.00	44.40	100.78	147.10	705.50
Fruit	77.9	143.09	192.04	86.65	371.50	485.07	663.35	1704.40
Sub Total ③	82.1	158.09	196.05	97.30	389.27	540.00	669.69	1704.40
Beef	45.5	12.69	30.57	0.00	40.13	59.15	93.16	578.39
Pork	50.0	19.76	43.35	0.12	57.12	93.20	137.36	415.62
Poultry	14.7	10.00	34.66	0.00	30.08	62.07	122.79	289.50
Egg	68.0	23.09	31.93	10.47	61.00	85.93	106.19	324.46
Processed Foodstuff	21.7	7.04	21.29	0.00	20.00	45.20	82.91	232.93
Sub Total ④	90.7	72.59	75.21	52.14	169.55	217.03	277.37	646.59
Fish	69.5	14.81	35.93	2.26	39.97	68.35	113.59	587.50
Crustacea	23.0	3.06	12.16	0.00	6.52	16.58	36.30	183.40
Mollusca	15.4	2.63	11.28	0.00	5.67	15.49	34.02	222.44
Marine Algae	68.2	4.95	12.81	1.20	10.58	27.80	42.88	153.00
Sun Total ⑤	89.8	25.44	43.45	10.30	67.11	100.23	138.67	587.50
Total(①~⑤)	99.8	596.12	310.73	543.11	954.57	1152.81	1366.71	3191.88
Milk	69.6	183.26	179.97	199.00	401.00	500.80	601.50	1386.00
Powdered Milk	1.1	3.91	68.48	0.00	0.00	0.00	0.00	2130.60
Dairy Products	40.1	35.93	66.88	0.00	107.76	155.68	220.00	657.00
Sub total(⑥)	80.4	223.09	199.54	200.00	469.04	597.98	696.79	2130.60
the Others(⑦)	99.4	115.53	157.29	48.37	285.20	407.31	552.75	2000.00
Total(①~⑦)	100.00	934.75	406.61	873.49	1441.45	1669.87	2018.40	3880.04
Water	100.00	627.79	394.75	600.00	1000.00	1200.00	1600.00	5500.00

Table 2. (continued)

7 years and over~under 12 years								
(unit: g/day, Sample number: 1323)								
Item	Ratio of consumer(%)	Average	Standard deviation	Median	90 Percentile	95Percentile	97.5Percentile	Maximum
Grain	99.4	214.38	110.93	200.52	337.59	390.65	453.96	1135.70
Bean	59.8	17.35	30.04	4.94	51.49	73.39	93.17	321.50
Processed Foodstuff	78.8	83.28	99.72	56.16	204.44	254.13	299.80	1399.51
Sub Total ①	100.0	315.01	141.07	294.65	469.00	554.28	651.92	1425.61
Kimchi	94.6	71.57	64.22	57.30	145.57	192.79	233.19	572.68
Leafy Vegetable	97.1	63.19	64.79	47.54	130.55	181.62	213.92	687.66
Root Vegetable	96.2	57.93	62.66	41.70	127.28	175.53	224.02	583.22
Sub Total ②	99.8	192.69	123.57	168.06	342.80	429.42	509.29	915.05
Fruit Vegetable	20.0	19.66	63.72	0.00	62.52	130.99	215.08	820.00
Fruit	80.0	153.96	221.92	77.00	443.81	591.87	773.52	1801.75
Sub Total ③	84.5	173.62	224.54	98.48	481.44	600.99	779.94	1801.75
Beef	54.5	20.00	41.57	4.37	54.94	88.39	120.17	583.65
Pork	58.4	32.03	51.80	10.80	87.69	135.67	200.00	475.01
Poultry	23.4	18.81	55.21	0.00	60.00	105.75	190.23	853.23
Egg	68.7	25.27	34.07	11.81	69.71	100.00	120.83	205.45
Processed Foodstuff	18.1	8.85	37.66	0.00	24.95	52.32	86.15	781.25
Sub Total ④	95.4	104.97	96.84	81.22	225.32	273.88	338.46	966.47
Fish	70.6	16.70	32.27	2.69	50.48	81.63	119.41	278.83
Crustacea	26.9	4.31	16.81	0.00	10.30	21.75	38.05	240.00
Mollusca	23.7	6.26	18.52	0.00	18.72	35.29	64.82	220.50
Marine Algae	61.7	6.28	20.46	1.10	14.08	32.71	46.20	360.07
Sub Total ⑤	89.8	33.55	46.92	17.18	83.72	128.81	165.69	473.83
Total(①~⑤)	100.0	819.84	351.65	755.53	1262.02	1485.88	1778.53	2667.13
Milk	70.9	172.82	159.23	199.25	400.00	401.00	544.45	1444.25
Powdered Milk	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Dairy Products	33.9	27.44	56.59	0.00	90.00	144.48	165.91	658.80
Sub total(⑥)	79.7	200.26	167.59	200.00	401.00	484.54	592.74	1514.25
the Others(⑦)	99.5	129.63	155.82	65.18	319.68	453.00	539.59	1407.13
Total(①~⑦)	100.00	1149.73	426.60	1100.11	1743.31	1957.95	2156.47	2984.38
Water	100.00	791.29	393.97	800.00	1200.00	1500.00	1600.00	3600.00

Table 2. (continued)

12 years and over~under 17 years								
(unit: g/day, Sample number: 1092)								
Item	Ratio of consumer(%)	Average	Standard deviation	Median	90 Percentile	95Percentile	97.5Percentile	Maximum
Grain	98.7	243.44	126.99	226.28	390.23	463.49	558.63	1228.72
Bean	54.0	18.52	34.18	3.41	55.29	85.64	128.83	392.58
Processed Foodstuff	76.8	97.58	109.35	70.00	235.79	302.47	370.82	1283.51
Sub Total ①	100.0	359.54	160.48	336.41	545.53	649.68	768.90	1538.37
Kimchi	96.0	99.75	78.98	85.02	192.45	234.31	288.94	843.90
Leafy Vegetable	94.9	69.86	70.41	50.41	153.79	217.17	268.64	579.52
Root Vegetable	95.8	74.63	95.11	51.17	157.64	224.85	294.08	1560.82
Sub Total ②	99.3	244.24	155.88	218.74	432.53	512.45	596.59	1716.46

Fruit Vegetable	14.0	16.53	62.23	0.00	43.50	120.53	211.06	746.25
Fruit	72.9	145.33	227.10	48.50	413.51	646.98	832.60	1894.00
Sub Total ③	75.6	161.86	231.69	85.26	456.46	661.23	836.29	1894.00
Beef	50.7	22.58	45.73	2.18	67.39	99.40	132.73	599.81
Pork	57.0	41.78	70.59	12.79	120.45	196.61	255.76	589.20
Poultry	21.2	24.55	75.96	0.00	81.14	142.91	242.93	888.23
Egg	68.9	27.59	36.65	12.64	69.59	102.01	130.46	230.94
Processed Foodstuff	18.9	8.86	28.42	0.00	27.00	59.91	102.95	390.63
Sub Total ④	93.7	125.36	118.34	96.85	277.93	356.23	426.20	983.59
Fish	68.6	18.22	37.69	2.35	58.70	103.28	129.14	377.00
Crustacea	23.4	5.58	23.63	0.00	12.54	30.38	50.99	417.05
Mollusca	25.3	8.61	22.89	0.00	29.76	53.66	77.00	207.89
Marine Algae	58.6	6.14	18.05	1.00	15.98	33.56	49.44	315.70
Sun Total ⑤	87.3	38.55	56.25	18.05	105.52	153.40	199.94	564.62
Total(①~⑤)	100.0	929.55	414.32	863.40	1428.51	1744.35	2041.67	3625.57
Milk	56.0	136.41	171.97	100.00	394.35	427.40	583.40	1800.00
Powdered Milk	0.1	0.01	0.39	0.00	0.00	0.00	0.00	12.81
Dairy Products	30.3	26.31	56.46	0.00	90.00	146.40	192.78	401.50
Sub total(⑥)	66.8	162.73	180.73	137.26	400.00	495.74	600.51	1800.00
the Others(⑦)	99.1	168.22	199.96	83.75	439.08	543.58	726.35	1695.60
Total(①~⑦)	100.00	1260.49	515.39	1194.17	1900.05	2205.97	2437.07	5321.17
Water	100.00	903.71	483.02	800.00	1400.00	1700.00	2000.00	6000.00

Table 2. (continued)

17 years and over								
(unit :g/day, Sample number: 10552)								
Item	Ratio of consumer(%)	Average	Standard deviation	Median	90 Percentile	95Percentile	97.5Percentile	Maximum
Grain	99.4	263.27	131.01	248.00	418.18	492.51	555.89	1906.65
Bean	61.2	29.73	53.18	10.18	81.79	121.38	164.48	1348.36
Processed Foodstuff	52.3	57.94	93.47	7.31	176.96	234.26	298.88	1581.18
Sub Total①	99.9	350.94	158.31	328.64	539.20	628.71	725.56	2071.71
Kimchi	97.4	150.68	117.03	123.79	291.09	365.69	439.75	1759.48
Leafy Vegetable	96.2	120.53	113.42	95.02	252.61	321.87	403.00	2235.41
Root Vegetable	96.2	79.42	93.53	53.77	181.06	243.78	315.48	1895.46
Sub Total②	99.7	350.63	202.37	317.35	600.24	713.63	848.18	2879.44
Fruit Vegetable	14.5	19.80	75.32	0.00	48.96	134.81	242.42	1500.00
Fruit	72.9	165.31	255.31	52.86	482.45	679.00	860.94	2844.92
Sub Total③	75.9	185.11	262.63	95.68	504.28	695.51	893.76	2844.92
Beef	43.6	28.74	67.18	0.00	86.69	138.52	202.30	1972.73
Pork	42.4	36.14	79.95	0.00	110.70	193.63	266.96	1438.40
Poultry	10.8	14.79	72.48	0.00	20.87	93.38	181.00	2530.24
Egg	47.9	19.17	33.59	0.00	57.92	87.80	112.58	601.09
Processed Foodstuff	8.2	3.10	19.78	0.00	0.00	15.50	37.58	956.08
Sub Total④	80.9	101.93	134.02	59.91	248.12	343.63	449.16	2581.48
Fish	76.0	39.44	74.66	8.62	108.84	172.08	236.84	1001.86
Crustacea	33.5	9.14	42.56	0.00	23.30	46.47	75.34	2396.43
Mollusca	23.0	8.92	29.90	0.00	27.68	54.28	81.89	766.93

Marine Algae	53.8	9.48	37.20	0.70	25.62	48.38	79.73	1834.80
Sun Total(⑤)	90.6	66.98	103.78	34.71	165.46	238.91	325.71	2606.58
Total(①~⑤)	100.0	1055.58	473.64	983.34	1639.92	1917.89	2204.19	4961.48
Milk	22.2	39.71	94.88	0.00	200.00	200.50	300.25	1203.00
Powdered Milk	0.1	0.03	1.55	0.00	0.00	0.00	0.00	125.00
Dairy Products	37.8	12.74	39.30	0.00	30.84	76.74	126.65	1235.00
Sub total(⑥)	51.7	52.49	104.91	4.00	200.50	240.62	351.44	1280.00
the Others(⑦)	99.6	220.70	360.88	102.43	520.19	769.02	1038.72	11235.82
Total(①~⑦)	100.00	1328.77	648.43	1213.38	2073.67	2467.44	2880.86	12781.77
Water	100.00	884.15	453.84	800.00	1400.00	1700.00	2000.00	6000.00

Table 3. Food Consumption Rates for 3-Month Age Group of ICRP-60 (unit: g/day).

Item	Maximum Individual		Average Individual	
	existing	this study	existing	this study
Grain	-	78.9	-	29.8
Kimchi	-	1.4		0.8
Vegetable	-	31.4		9.4
Fruit	-	102.7		30.0
Milk	1,003.8	661.6	-	165.1
Beef	-	6.7	-	1.9
Pork	-	6.0		1.7
Poultry	-	17.4		4.4
Fish	-	8.5		2.8
Crustacea	-	1.2	-	0.5
Mollusca	-	0.0	-	0.0
Marine Algae	-	6.2	-	1.6
Total	1,003.8	922.1	-	248.0

Table 4. Food Consumption Rates for 1-Year Age Group of ICRP-60 (unit: g/day).

Item	Maximum Individual		Average Individual	
	existing	this study	existing	this study
Grain	-	171.0	-	83.7
Kimchi	-	23.0		10.4
Vegetable	-	74.2		31.4
Fruit	-	289.5		98.4
Milk	-	800.4	-	238.7
Beef	-	10.1	-	5.9
Pork	-	15.0		5.4
Poultry	-	39.3		16.1
Fish	-	23.1		8.6
Crustacea	-	5.5	-	2.0
Mollusca	-	2.1	-	1.1
Marine Algae	-	6.2	-	3.6
Total	-	1,459.4	-	505.3

Table 5. Food Consumption Rates for 5-Year Age Group of ICRP-60 (unit: g/day).

Item	Maximum Individual		Average Individual	
	existing	this study	existing	this study
Grain	344.3	252.7	382.8	162.4
Kimchi	178.8	62.2		35.4
Vegetable	231.5	163.3		79.8
Fruit	121.0	423.8		158.1
Milk	115.6	500.8	47.2	183.3
Beef	37.9	24.2	35.0	12.7
Pork	22.6	42.3		19.8
Poultry	40.1	56.2		33.1
Fish	144.8	28.6	60.5	14.8
Crustacea	16.1	5.9	10.9	3.1
Mollusca	16.1	4.9		2.6
Marine Algae	29.0	7.4	8.7	5.0
Total	1,297.8	1,572.3	545.1	710.0

Table 6. Food Consumption Rates for 10-Year Age Group of ICRP-60 (unit: g/day).

Item	Maximum Individual		Average Individual	
	existing	this study	existing	this study
Grain	-	347.6	-	231.7
Kimchi	-	119.0		71.6
Vegetable	-	221.7		121.1
Fruit	-	488.4		173.6
Milk	-	401.0	-	172.8
Beef	-	37.4	-	20.0
Pork	-	53.4		32.0
Poultry	-	67.4		44.1
Fish	-	27.6	-	16.7
Crustacea	-	9.1	-	4.3
Mollusca	-	10.1		6.3
Marine Algae	-	10.3	-	6.3
Total	-	1,793.0	-	900.5

해 국민영양 조사결과를 이용한 일반론적인 섭취율을 전체 원전에 적용하는 것이 타당한 지에 대한 검토가 필요하다.

통계량을 살펴볼 때 전반적으로 정규분포보다는 왼쪽으로 치우쳐진 분포의 특성을 나타낸다. 따라서 평균 보다는 백분위수가 좀 더 분포에 영향을 받지 않는 통계량이라고 볼 수 있다. 섭취자 비율이 큰, 다시 말해 대부분의 사람이 섭취하는 곡류, 김치류, 물 등은 평균섭취율과 95백분위수의 비율이 성인의 경우 각각 1.82, 2.69, 1.90으로 상대적으로 작게 나타나고 있다. 반면에 섭취자 비율이 작은 과채류, 닭고기류, 연체류 등은 각각 6.66, 5.62, 5.64 등으로 나타나고 있다. 이는 피폭대상 개인의 선량을 평가할 때, 각 식품군별로 95백분위수를 취해 총 섭취율의 최대값을 설정하면 섭취자 비율이 작은

식품에 의해 전체적으로 과대평가될 수 있음을 의미한다.

식 (1)에 의해 구해진 최대개인의 음식물 섭취율은 표 3~표 8에 제시하였다. 기존의 섭취율과 비교하여 총섭취율은 전반적으로 증가하였다. 곡류, 김치, 해산물은 비슷하거나 약간 감소하였고, 과일, 우유, 육류는 전반적으로 증가하였다. 이는 1980년대 후반과 현재의 음식물 섭취 특성의 변화 추세를 반영하는 것으로 볼 수 있다.

본 연구에서 새로 제안된 최대개인의 음식물 섭취율이 원자력시설 주변의 주민 방사선량에 미치는 영향을 분석하였다. 세부 음식물군의 증감이 핵종별로 선량에 미치는 영향이 다르게 나타난다. 이는 핵종별로 각 음식물에 대한 전이농축계수 등과 같은 피폭경로인자가 다르기 때문이다. 본 연

Table 7. Food Consumption Rates for 15-Year Age Group of ICRP-60 (unit: g/day).

Item	Maximum Individual		Average Individual	
	existing	this study	existing	this study
Grain	539.4	411.5	749.6	262.0
Kimchi	280.1	161.1		99.8
Vegetable	362.6	281.7		144.5
Fruit	189.6	466.0		161.9
Milk	181.1	427.4	92.4	136.4
Beef	59.3	48.6	68.6	22.6
Pork	35.5	79.0		41.8
Poultry	62.8	104.1		52.1
Fish	226.9	32.1	118.4	18.2
Crustacea	25.2	15.4	21.4	5.6
Mollusca	25.3	15.3		8.6
Marine Algae	45.4	8.8	17.0	6.1
Total	2,033.2	2,051.1	1,067.4	959.6

Table 8. Food Consumption Rates for Adult Group of ICRP-60 (unit: g/day).

Item	Maximum Individual		Average Individual	
	existing	this study	existing	this study
Grain	516.5	434.2	717.8	293.0
Kimchi	268.2	238.6		150.7
Vegetable	347.2	364.2		200.0
Fruit	181.6	483.6		185.1
Milk	173.4	200.5	88.5	39.7
Beef	56.8	58.6	65.6	28.7
Pork	33.9	72.1		36.1
Poultry	60.2	69.5		34.0
Fish	217.3	77.6	113.4	39.4
Crustacea	24.1	20.9	20.5	9.1
Mollusca	24.2	16.6		8.9
Marine Algae	43.4	16.3	16.3	9.5
Total	1,946.8	2,052.9	1,022.1	1,034.2

구에서는 기체상 방사성물질은 방사선량에 미치는 영향이 상대적으로 큰 삼중수소, ¹⁴C, ¹³¹I, 그리고 ⁶⁰Co을 대상 핵종으로 선정하였고, 액체상 방사성물질은 ³H, ⁵⁹Fe, ⁶⁵Zn, ⁹⁰Nb, 그리고 ¹³¹I을 선정하였다.

그림 2는 현행 원자력발전소 주민 방사선량 평가에 적용하고 있는 음식물 섭취율을 이용하여 계산한 유효선량과 본 연구에서 제안한 최대개인의 신규 음식물 섭취율을 적용하여 계산한 선량값의 비율을 도시한 것이다. 선량 계산시 입력 자료는 2003년도 고리원전의 주민 방사선량 계산 지침서 (ODCM : Off-site Dose Calculation Manual) 입력값을 기준으

로 계산하였고, 회석수량율은 임의의 값 1,270 ft³/sec를 적용하였다. 핵종별 방출량은 1 Bq/yr로 가정하였다. 기체 폐기물에 의한 선량은 전반적으로 증가하는 것으로 분석되었다. 이는 총섭취율의 전반적인 증가에 의한 영향도 있지만, 기존에는 유아군으로 통합되었던 1세 기준의 연령군이 세분화된 것에도 기인한다. 1세 연령군은 고 연령군 보다는 음식물 섭취율은 작으나 선량환산인자가 상대적으로 크고, 1세미만의 연령군보다는 선량환산인자는 작지만 섭취율이 상대적으로 큰 특성이 있기 때문에 다른 연령군에 비해 상대적으로 선량이 크게 계산되었다.

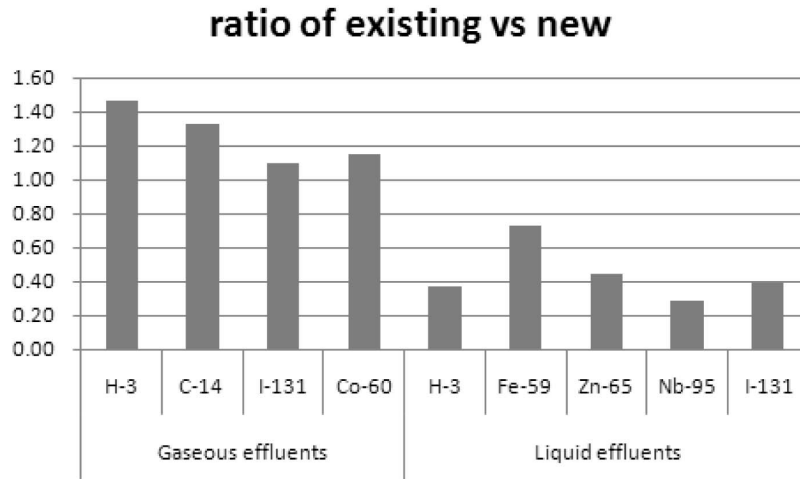


Fig. 2. Ratio of maximum individual doses calculated by the existing vs new food consumption rates.

5. 결론

우리나라와 미국에서는 원전 주변 주민의 방사선량을 평가하기 위한 음식물 섭취율을 최대개인을 대상으로 설정하고 있으나, ICRP, 유럽연합 등에서는 결정집단 또는 결정집단을 대표하는 개인을 고려하여 설정하는 추세이다.

본 연구에서는 원전 주변 주민 방사선량 평가를 수행하기 위해 2001년~2002년에 시행된 보건복지가족부 국민영양조사보고서의 원자료를 이용하여 최대개인 및 결정집단의 대표개인에 적용할 수 있는 음식물 섭취율을 설정하였다.

국민영양조사 결과를 이용하여 섭취자수의 분율, 평균, 표준편차, 90 95 97.5백분위수, 극대값 등과 같은 음식물 섭취율에 대한 여러 기초통계량을 제시하였다. 본 연구를 통해 제시된 음식물 섭취율에 대한 기초통계량은 ICRP-101에 제시된 대표개인에 대한 음식물 섭취율을 설정하는데 이용될 수 있을 것이다. 즉, ICRP와 영국의 적용사례와 같이 주요 피폭경로(보통 상위 2개 경로)와 그렇지 않은 경로를 구분하여 습관자료를 적용하는 'Top-Two Rule'에 의해 각 식품군별 평균값과 95백분위수 값을 적절히 조합하여 음식물 섭취율을 적용할 수 있을 것이다. 따라서 원전 부지 주변 경계에서 농작물을 재배하는 농부, 원전 인근 해안에서 양식업에 종사하는 어부, 부지경계 지역에 거주하는 직장인 등과 같이 여러 집단에 대해 결정집단을 설정하고, 각 집단의 대표개인의 방사선량을 평가함으로써 보다 합리적이고, 실제적으로 선량을 평가할 수 있는 계기가 될 것으로 기대된다.

또한 현재 국내 원전에서 적용하고 있는 최대개인에 대한 음식물 섭취율도 재설정하였다. 각 음식물군별로 95백분위수를 최대값으로 설정할 경우에는 결정집단의 동질성을 유지하지 못할 수 있기 때문에 선량의 과대평가를 유발할 수 있다. 이를 방지하기 위해 총섭취율의 95백분위수를 평가대상 개인의 최대 총섭취율로 설정하고, 이 값을 기준으로 식품군별 최대섭취율을 결정하였다. 즉, 평균섭취율과 분산-공분산 행렬을 이용하여 변수들의 크기와 상관관계를 모두 고려하여 최대개인을 결정하는 방법으로 다변량 정규분포에서 총합이 주어졌을 때 각 변수의 조건부 최대값을 구하는 방법을

사용하였다. 이와 같이 구해진 최대개인의 음식물 섭취율은 기존의 값에 비해 곡류, 김치류, 수산물 등은 비슷하거나 감소하였고, 육류, 과일 등은 증가하였다. 이는 우리나라 국민의 전반적인 식습관 변화 추이를 반영하는 것으로 판단된다. 또한 본 연구를 통해 ICRP에서 권고하는 6개 연령군에 대해 선량을 평가할 수 있는 토대가 마련되었다. 그러나 과거에는 고려하지 않았던 1세 기준의 연령군이 추가됨으로써 선량이 다소 증가되는 것으로 분석되므로, 향후 방사선 안전관리에 보다 세심한 주의가 요구된다.

2005년도에 원전 주변 주민을 대상으로 실시한 음식물 섭취실태 조사 결과, 쌀을 제외하고는 대부분 유통되는 식품을 섭취하고 있는 것으로 나타났다. 국민영양조사결과에서도 대도시, 중소도시, 시골 등 거주지역에 관계없이 섭취 특성이 거의 고르게 나타났다. 이는 정부에서 실시하는 국민영양조사 결과를 이용하여 원전 주변 주민의 대표개인에 대한 음식물 섭취율을 설정하는 것이 큰 무리가 아님을 시사한다. 따라서 정부에서 실시하는 국민영양조사 결과를 이용하여 주기적으로 음식물 섭취율을 경제적으로 변경할 수 있는 계기가 마련되었다고 사료된다.

참고문헌

1. ICRP. 1990 Recommendation of the International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 60. 1990.
2. EC. Guidance on the realistic assessment of radiation doses to members of the public due to the operation of nuclear installations under normal condition. Radiation Protection 129. ISBN 92-894-4007-4. 2002
3. 한국원자력연구소. 주민 생활습성 및 조건. In: 고리 주변 환경 종합평가 및 관련모델 개발-부록3 환경특성조사. 1989;7-9.
4. 전제근, 이관희. 원자력시설 정상운전시 주민피폭선량/대기확산인자 평가 입력자료 개선방안. 제4회 원자력안전기술정보회의. 한국원자력안전기술원. 2004.
5. 전력연구원. 원전주변 주민의 음식물 섭취량 평가 최종보고서. 2006;167-173.
6. 보건복지가족부. 2001년도 국민건강 영양조사- 영양조사부문. 2002.
7. 일본원자력위원회. 발전용 경수로형 원자로 시설주변의 선량 목표치에 대한 평가지침. 2001.
8. 일본원자력위원회. 환경안전전문 부회보고서 제3부 환경방사

- 능분과회보고서. 1974.
9. USNRC. Calculation of annual doses to man from routine releases of reactor effluents for the purpose of evaluating compliance with 10CFR Part 50, Appendix I. Rev. 1. Regulatory Guide 1.109. 1977.
 10. Fletcher JF and Dotson WL. HERMES-A digital computer code for estimating regional radiological effects from the nuclear power industry. USAEC Report HEDL-TME-71-168. Hanford Engineering Development Laboratory. 1971;123-137.
 11. US Environmental Protection Agency(EPA). Exposure Factors Handbook: Update to Exposure Factors Handbook. EPA/600/8-89/043, EPA/600/P-95/002Fa. 1997.
 12. Smith KR and Jones AL. Generalized habit data for radiological assessments. NRPB-W41. NRPB. 2003.
 13. IAEA. Generic models and parameters for assessing the environmental transfer of radionuclides from routine releases-exposures of critical groups, Safety Series No. 57. 1982.
 14. IAEA. Generic models for use in assessing the impact of discharges of radioactive substances to the environment. Safety Report Series No. 19. 2001.
 15. ICRP. Assessing Dose of the Representative Individual for the Purpose of Radiation Protection of the Public. ICRP Publication 101. 2006.
 16. Anderson TW. An Introduction to Multivariate Statistical Analysis. John Wiley & Sons Inc. 2003.
 17. Johnson RA and Wichern DW. Applied Multivariate Statistical Analysis. Prentice Hall. 2001.

A Study on the Food Consumption Rates for Off-site Radiological Dose Assessment around Korean Nuclear Power Plants

Gab-Bock Lee, Yang-Geun Chung

Korea Electric Power Research Institute, Korea Electric Power Corporation

Abstract - The internal dose by food consumption mostly accounts for radiological dose of public around nuclear power plants (NPPs). But, food consumption rates applied to off-site dose calculation in Korea which are the result of field investigation around Kori NPP by the KAERI (Korea Atomic Energy Research Institute) in 1988, are not able to reflect the latest dietary characteristics of Korean. The food consumption rates to be used for radiological dose assessment in Korea are based on the maximum individual of US NRC (Nuclear Regulatory Commission) Regulatory Guide 1.109. However, the representative individual of the critical group is considered in the recent ICRP (International Commission on Radiological Protection) recommendation and European nations' practice. Therefore, the study on the re-establishment of the food consumption rates for individual around nuclear power plant sites in Korea was carried out to reflect on the recent change of the Korean dietary characteristics and to apply the representative individual of critical group to domestic regulations. The Ministry of Health and Welfare Affairs has investigated the food and nutrition of nations every 3 years based on the Law of National Health Improvement. The statistical data such as mean, standard deviation, various percentile values about food consumption rates to be used for the representative individual of the critical group were analyzed by using the raw data of the national food consumption survey in 2001~2002. Also, the food consumption rates for maximum individual are re-estimated.

Keywords : Radiological Assessment, Environmental Radiation, Off-site Dose Calculation, Food Consumption Rate