



방사성 물질의 제염과 오염 폐기물 처리의 과제 ②

후쿠시마 제1원전 사고와 그 영향 및 대책



고데라 쇼이찌(小寺 正一)
일본 국회 조사 및 입법조사국 농림환경과장

제염과 오염 폐기물을 중점으로 한 과제

1. 제염의 양, 코스트, 방법, 유효성

가. 양(제거 토양 등)과 코스트

정부는 제염에 수반하여 발생하는 제거 토양 등(제거 토양 및 폐기물)의 양을 <표 1>와 같이 시산(試算)하고 있다. 한편 계산의 전제는 달라지지만 매시 1micro/Sv⁵⁹ 이상의 토지의 깊이와 5cm의 표층(表層)토양(土壤)을 제거했을 경우 그 면적이 후쿠시마 현 전체에서 약 12억m³(2,373m²)에 달한다는 시산(정부의 시산 대상 면적은 이것의 절반 전후)⁶⁰도 나온다.

<표 1> 제거 토양 등의 발생량(정부 시산)

	후쿠시마	기타 지역
발생량이 적은 경우	1,500만 m ³ (소각 전 같은 양)	140만 m ³ (소각 전 같은 양)
발생량이 많은 경우(주1)	2,800만 m ³ (소각 전 3,100만)	1,300만 m ³ (소각 전 같은 양)

(주 1) 발생량이 많은 경우에는 년 20m/Sv 이상의 지역에 대하여 비생활권의 삼림에 대해서도 제염을 행하고, 추가 피폭선량이 비교적 낮은 지역에 대해 추가적 제염(토양은 빼고)을 할 것으로 예상

(출처) 환경성 「제염에 수반하여 발생하는 제거 토양 등의 시산에 대하여」(2011년 10월 29일) 高市早苗 중의원 의원의 질문주위서(質問注意書)에 대한 정부답변서(2014년 2월 3일 내각 중질(衆質) 180 제17호)에 근거하여 필자 작성

※ 본고는 본지 2013년 11, 12월호(p.97)의 연속 원고임. (편집자)

제염 및 오염 폐기물 처리에 관한 국가의 필요 경비는 중간 저장 시설 정비 및 고농도 오염 지역 대책비를 제외하고 1조 수천억엔 정도로 정부는 예상하고 있는 한편⁶¹, 실제의 사업 실시에 있어서는 제염 대상의 선량, 범위, 방법 등에 의한 변동 요인이 현지점에서는 크며, 정부 스스로도 명확한 입장에서 비용을 명시하는 것은 곤란하다는 것을 인정하고 있다⁶².

후쿠시마 현 이이타테촌(飯館村)의 제염비만 3,224억엔으로 계산⁶³ 되므로, 이를 참고로 년 1m/Sv 이하를 목표로 할 경우의 광역 제염 비용을 28조엔으로 한 시산도 보인다⁶⁴. 현재의 국가의 보조 수준으로는 실제로 자치단체 측의 부담 중 일부만 부담할 수밖에 없다는 지적도 있다⁶⁵. 경제에 대한 악영향도 염려되는⁶⁶ 가운데, 현실적으로 담보가 가능한 제정 범위 내에서 어디까지 유효한 제염이 가능할 것인가에 대해 다시 신중한 검토가 요구될 것이다.

나. 제염 방법, 기술과 유효성

환경성은 2011년 12월, 선량이 특히 높은 지역 이외의 지역을 대상으로 오염 조사 측정 방법, 건물, 도로, 토양, 초목 등의 제염 방법 등을 표시한 가이드라인(Guideline)⁶⁷을 명시하였으나, 상황에 따라 반드시 유효, 적당하지 않을 경우가 있다는 지적과⁶⁸, 가이드라인 이외의 처리 방법을 둘러싼(보조금 지급과의 관계 등에서)자치단체 측의 곤혹도 지적⁶⁹ 된다.

또 내각부는 농지 등을 포함한 제염 대상마다 유효한 기술을 정리한 카탈로그⁷⁰를 준비하고, 더욱 감용화(減容化), 박리(剝離) 등의 제염 기술에 대해 공모하여 실증 시험⁷¹을 행하고 있다. 이 기술의 실지(實地)유



후쿠시마 제1원전 4호기 오염수 저장탱크

효성에 대하여 향후 주시(注視)가 필요할 것이다.

2. 처분장을 중심으로 한 문제

후쿠시마 현에서 제염에 수반한 제거 토양 등의 처분의 흐름은 ① 가치장(仮置場)의 선정 및 보관, ② 중간 저장 시설로의 반입 및 보관, ③ 최종 처분이라고 볼 수 있다.

중간 저장 시설에 대해서 정부는 후쿠시마현 후타바(双葉)군에 설치할 방향으로 진행하고 있으나⁷², 지역과의 조정, 공용 개시(供用開始)까지의 과밀한 공정⁷³ 등 많은 난제를 안고 있다. 또 최종 처분에 대해서 정부는 후쿠시마현 주민이 이미 과중한 부담을 안고 있는 등을 고려하여 후쿠시마현 외에서 실시하기로 하고 있으나⁷⁴, 그 장소를 예정한 30년 이내에 결정하고 처분을 완료할 것인가는 예측할 수 없다.

59. 환경성은 매시 0.99micro/Sv를, 연 5m/Sv의 추가 피폭선량에 상당한다고 한다.

60. 「공간선량별·토기이용별 면적의 추산 결과(환경성 제2회 환경회복검토회 森口 위원 제출 자료)」(2011년 9월 27일)단 이러한 수치는 2011년 7월 시점인 것이며, 제염 결과 발생하는 처분 대상 토양이나 폐기물의 추산은 아니므로 목표로 이해해야 할 것이다.

61. 환경성 「2012년도 환경성 중점시책」(2011년 12월) p.4.

62. 高市早苗 중의원 의원의 질문주위서에 대한 정부답변서(2012년 2월 10일 내각 중의원질문 180 제33호)

63. 후쿠시마현 이이타테촌 「이이타테촌 제염계획서」(2011년 9월)

64. 원자력위원회사무국 편 「원자력발전·핵연료사이클기술 등 검토소위원회 회원이 제출한 자료(원자력발전 핵연료기술 등 검토소위원회 자료집 3)」(2011. 11. 10)

65. 「제염 비용 부담은?」[朝日신문] 2012.3.10 : 「제염 부담 모금 불신」[東京신문] 2012.2.27.

66. 제염의 장기화에 따라 GDP를 억제할 염려의 지적도 있다(일본경제연구센터), 「제38회(중간보고)중기경제예측(2011년도 - 2020년도)」2011. 12. 2.



후쿠시마 제1원전과 주변 지역

한편 다른 자치단체에서는 오니(汚泥)나 일반 쓰레기 등 폐기물의 처분 등을 둘러싸고도 전술(前述)한 바와 같이 곤란한 상황에 처할 수 있어서, 특별조치법 하에서 매립 기준 등이 표시된 이후에도 저준위 폐기물조차 매립에 대한 지장을 받을 수 있고 시민 생활이나 산업에 대한 영향도 무시할 수 없어, 환경성은 자치단체에 대해 독자 제한이나 지도는 부적절하다는 통지⁷⁵를 하였다.

더욱이 국가 직할(直轄)처리 대상이 된 고농도의 지정 폐기물에 대해서도 처리나 처분장을 국가가 직접 준비하는 것은 어려우며⁷⁶, 결국 기존의 폐기물 처리 시설의 활용을 최우선으로 하는 취지로 통지⁷⁷를 하고 있으며, 자치단체 측이 불신감을 드러내고 있다는 보도⁷⁸도 볼 수 있다. 또한 급후 각 자치단체에서 제염 실시 구역의 제염 작업이 본격화됨에 따라 가치장(假置場)의 확보를 포함하여 처분장을 둘러싼 문제 해결

이 한층 곤란할 것으로 예측된다.

이와 같은 상황 중 방사성 물질로 오염된 폐기물이나 토양 등은 모두 사전의 선별이나 자원화 등을 생각하지 않고, 누출 대책을 충분히 강구한 다음에 일괄하여 해양 매립 처분을 검토해야 한다는 주장도 나오고 있다⁷⁹.

3. Clearance Level과 광역 처리

이와 같이 오염 폐기물의 처리가 난항을 겪고 있으며 매우 긴요한 과제인 재해 폐기물의 광역 처리가 지지부진하는 이유의 하나로서, 이번 정부가 제시한 기준(방사성 세슘 농도 8,000Bq/kg 이하의 폐기물은 통상 처리방법에 의해 안전한 처리가 가능⁸⁰)이 종전의 Clearance Level(방사성 세슘 농도 100Bq/kg을 초과하지 않을 경우, 방사성 물질(오염물)로 취급하지 않는다)과 양립되는 게 지적된다⁸¹.

환경성은 전자를 ‘폐기물을 안전하게 처리하기 위한 기준’, 후자를 ‘폐기물을 안전하게 재이용할 수 있는 기준’이라면서⁸², 이중 기준은 아니라고 한다. 어느 기준이나 목적이 되는 피폭선량의 상한을 설정하여 산출되어 있으나, 그것들을 비교한 것이 <표 2>이다. 이 기준으로는 피폭선량의 상한이 년 1m/Sv로 설정되어 있는 경우가 있음을 안다. 즉, 양자 모두 ‘안전’이라고 하면서 목적은 다르다. 이번의 기준은 사고시의 대응으로 이해해야 할 것이다⁸³.

또 방사성 물질의 농도 규제에 추가하여 총량 규제(예를 들면 처분장마다 상한 설정 등)의 필요성에 대해 폐기물과 재(灰)등의 혼합 조정에 의해 방사능 농도를 관리하고 있다면, ‘희석(希釋)’⁸⁴과의 관계 등에

67. 환경성「제염 관계 가이드라인 제1판」(2011년 12월)

68. 예를 들면 「제염기술문제 가이드라인 효과 불충분 도로 선량(線量)내리지 않아」[후쿠시마민보] 2012.1.24; 「지붕 위를 고압세정(주의) 낮은 제염 효과」[朝日신문] 2012.1.12; 「삼림(森林)오염 감(感:어림)으로 짐작함」[朝日신문] 2012. 1. 25.

69. 오나가요오코(小長洋子) 「눈 앞의 코스트론보다 장기적 배려가 필요」[주간동양경제] 2012.2.18, p.124-125.

70. 내각부 원자력피해자 생활지원팀 「제염기술 카탈로그」(2011년 11월 22일)

71. 일본원자력연구개발기구 후쿠시마기술본부 「2011년도(제염기술실정시험사업)개요」, 2012년 1월 22일(접수일: 2012.3.19)

72. 환경성 「호소노(細野)대신 기자회견록」(2012년 1월 6일)

73. 예정한 3년으로는 곤란하며 최소한 7년은 필요하다는 지적도 볼 수 있다(小長, 참고번호:69 p.124).

74. 다카시(高市, 중의원 의원의 결문서에 대한 정부답변서(2012년 2월 10일, 내각 중의원결문 180 제25호)

75. 환경성대신 관방폐기물 리사이클대책부 「사고유래 방사성물질에 오염된 폐기물의 처리에 관한 유의사항에 대하여」(2012년 1월 20일)



대해서도 생각과 방법을 정리해 둘 필요가 있다.

한편 종래의 저준위 방사성폐기물을 매설 처분할 때, Trench(塹壕)처분을 하는 세슘137 농도 상한치는 1톤 당 1억베크렐(10만 Bq/kg)이었으나⁸⁵, 그 점에서는 이번에는 오히려 기준이 엄격해졌다고 할 수 있다. 향후는 8,000Bq/kg을 초과하는 이번 오염 폐기물과 원전, 사업소 기준의 것도 포함하여 방사능에 쫓인 폐기물의 처리 처분의 안전성에 대한 생각에 대해 일관된 전체 구도를 표시하여 국민의 이해를 얻어갈 필요가 있다고 생각된다.

4. 농지, 삼림, 수역(水域)에 대한 대책

가. 농지

국민의 양식에 대한 신뢰를 회복하고, 피재지(被災地)의 농업을 재생하는 데 있어서 제염은 중요한 위치에 있다. 정부는 농지(단년성(單年性)재배 농지)의 제염 방법으로 ① 경토(耕土)깎아내기, ② 토양교반(土壤攪拌) 및 제거, ③ 반전경(反轉耕)⁸⁶ 등을 표시하여 토양의 오염 농도에 따른 적용 기술을 정리하고 있다⁸⁷.

당초 기대되었던 고흡수식물(高吸收植物)에 대해서 효과는 작다(해바라기)고 하였으나, 종자(種子)중의 기름에 세슘이 흘러 들어가지 않았다면 바이오 연료 등으로 활용이 가능하며, 오염지에서 재배 작물로 유용하게 된다⁸⁸.

향후에는 10a(are)당 40m³⁸⁹ 나 되는 방대한 폐기 토양의 처리 및 감용화(減容化), 가치장의 확보에 추가하여, 휴반(畦畔:밭두둑), 농도(農道), 수로 등으로부터 재오염의 방지나(경지가 깎여나간)밭의 토양 진단과 지력(地力)회복⁹⁰, 임산물이나 축산물까지 포함시켜 방사성 물질 이행 저감 기술의 실용화 등이 과제될 것이다.

나. 삼림(森林) 및 수역(水域)

삼림에 대해서는 목재나 버섯 등 임산물과 야생 생물에 대한 오염의 증장기적 영향이 염려된다. 그러나 체르노빌의 사고에 대한 대책을 보면 적극적인 제염이라기보다 임업 활동의 제한이나 2차적 오염을 고려한 방화 대책이라는 관리상의 조치에 머물고 있다⁹¹.

이번 사고에 있어서도 IAEA는 기술적인 대책의 비용 대 효과상의 의문, 생태계에 대한 영향을 지적하고, 삼림 제염 실시 전에 공중(公衆)피폭선량의 저하로 이어질 것인 것 평가해야 할 것이다⁹².

정부는 낙엽 등의 퇴적물의 제거와 나뭇잎의 제거 등이 필요하며, 가이드라인에서는 거주자의 피폭량 저감의 관점에서 임야 주변의 제염을 예정하고 있다. 그러나 생활권 이외의 삼림에 대해서도 국가가 주체적으로 제염을 시행할 것을 요구하는 소리(여론)⁹³. 도 있으므로 동일본의 임업의 장래도 눈여겨 검토할 필요가 있다.

76. 국유림 활용 방향은 제시되었다(「오염된 고목처분 국유림을 활용 환경대신 표명」[日經신문] 2012.3.13, 석간).

77. 환경성 대신관방 폐기물리사이클대책부「지정 폐기물의 처리를 위한 기본적인 생각에 대하여」(2012.1.20)

78. 「(국가는 처분 실행 일정표를 제시하라)부담 계속 불신감」[朝日신문] 2012.2.29.

79. 타찌가와(立川)「나의 시점 방사능 오염 처리 폐기물은 일괄 매립을」[朝日신문] 2011.10.20; 무라타(村田「환경형 사회의 허구와 현실 제69회 방사성 물질 오염물의 처분」[월간폐기물] 37(12), 2011.12, p.66-71.

80. 특별조치법 하에서는 다시 추가된 특별기준을 적용한다고 되어 있다.

81. 예를 들면, 「고목(古木)기준의 차이에 불안」[朝日신문] 2012.2.24.

82. 환경성 폐기물리사이클대책부「100Bq/kg과 8,000Bq/kg 등 두 기준의 차이에 대하여」

83. 참고로 국제원자력기구(IAEA)의 BSS(국제기본안전기준)에서는, 평상시 10micro/Sv의 면제 수준을 사고 시에는 년 1m/Sv로 한다(방사선안전규제검토회, 문부과학성(방사선장해방지법에 대한 Clearance 제도의 도입을 위한 기술적 검토 결과에 대하여(제2차 중간보고서) 2010년 1월) p.177-182.

84. 평균 방사능 농도만 규제할 경우 농도를 상회하는 것을 희석함에 따라 규제치에 만족시키는 의도적 조작의 고려에 대한 IAEA의 생각은 다음 자료를 참조. 원자력안전위원회「원자로 시설 및 핵연료 사용 시설의 해체 등에 수반하여 발생하는 것 중 방사성 물질로 취급할 필요가 없는 것들 등의 방사능 농도에 대하여」(2004년 12월 <2005년 3월 일부 정정 및 수정) p.5, 25.

85. 원자력안전위원회「저준위 방사성 고체 폐기물의 매설 처분에 관련된 방사능 농도 상한치에 대하여」(2007년 5월) <http://www.nsc.go.jp/shinsashishin/pdf/3/ho3005.pdf>

〈표 2〉 기준 산출에 있어서 피폭선량의 비교

기준	기준 산출에 있어서 목표의 비교
이번의 기준 (8,000Bq/kg이하)	· 처리, 수송, 보관에 수반한 주변주민의 피폭선량이 연 1m/Sv를 초과하지 않는다 · 처리 등을 하는 작업자의 피폭선량이 가능한 한 연 1m/Sv를 초과하지 않음 · (최종적인) 처분시설의 관리기간 종료 후 주변주민이 받는 피폭선량이 연 10micro/Sv이하
이번의 기준 (8,000Bq/kg이하)	· 매설처분, 재이용 및 재사용, 소각 처리에 있어서 작업자, 주변주민, 일반인의 피폭선량이 연 10micro/Sv를 초과하지 않음 (소각 처리는 방사선장해방지법의 Clearance Level 산출 시에 부가)

(출처) 원자력안전위원회 「동경전력주식회사 후쿠시마 제1원자력발전소 사고의 영향을 받은 폐기물의 처리처분 등에 관한 안전 확보에 대한 당면한 생각에 대하여」(2011년 4월 3일) : 원자력안전위원회 「원자로시설 및 핵연료 사용시설의 해체 등에 수반하여 발생하는 것 중 방사성 물질로 취급할 필요가 없는 것의 방사능 농도에 대하여」(2004년12월(2005년 3월 일부 정정 및 수정) 방사선 안전규제검토회 문부과학성 「방사선 재해 방지법에 규정한 Clearance Level에 대하여」(2010년 11월) 등에 따라 필자 작성

더욱이 수목의 방사성 물질 농도는 장기간(예를 들면 10년 정도)을 거치면 최고의 절점(Peak)을 맞이할 가능성도 있으며⁹⁴, 목재를 이용함에 있어서는 주의가 필요하다. 또 수역에 관한 가이드라인은 하상 퇴적물(河床堆積物)에 대해서 당면 모니터링에 의존할 뿐이나, 해양도 포함해 수산물이나 생태계 등의 상황도 주시해갈 필요가 있을 것이다.

맺음말

특별조치법의 전면적 시행에 따라 추가된 폐기물 처

리 시설 등에 있어서 각종 기준의 적절한 운용으로 오염물의 누출 등을 감시하는 것이 향후에 중요하다. 동법이 정한 범위에 해당하지 않는 폐기물이나 폐기물에 해당하지 않는 유가물에 대한 대처⁹⁵도 과제일 것이다. 또 제염에 대해 기본방침에서 2년 앞으로의 목표가 달성되었지만 그 후에도 제염을 확실히 계속하지 않으면 주민의 생애 피폭선량이 100m/Sv를 초과할 염려도 있다⁹⁶. 경우에 따라서는 종래의 토지에서 생활을 재건하는 것은 별도의 선택 방법을 검토하지 않으면 안될 곤란한 국면이 발생할 가능성⁹⁷도 금후 염두에 둘 필요가 있을 것이다. 

86. 30cm 이상의 농지를 갈아엎어 방사성 물질을 농지 깊이 묻는 수법.
87. 농림수산성 「농지토양의 방사성 물질 제거기술(제염기술)에 대하여」(2011년 9월 14일) <http://www.affrc.go.jp/docs/press/110914.htm>
88. 「방사성 물질 제거기술의 실증시험의 성과」(aff) 42(12), 2011.12.25. p.2-3: 「해바라기 기름 세습이 옮겨지지 않아 오염농지에서 재배가능 바이오 연료의 활용도」(朝日신문) 2012. 1. 25. 금후는 야채 종류의 검토도 필요할 것이다.
89. 원자력재해대책본부 「농지제염의 적당한 방법 등 공고에 대하여」(2011년 9월 30일 p.3. <http://www.maff.go.jp/j/kanbo/joho/saigai/josen/joho/pdf/111020-a2.pdf>) 4cm의 표토(表土)를 깎을 경우.
90. 나가다찌(中達) 외 「농지의 방사성 물질대책을 위한 기술개발에 대하여」[농지개발] 276, 2012.1, p. 24-29.
91. 레오니드 이린(Leonid Irene) 외(사이조:西條泰博 역) 「3.4 사고지역의 삼림과 입엽」(방사능 오염의 대사고: 영향과 방호조치) 나가사키 피폭자 의료국제협력회, [2002], p.155-164
92. I.AEA, Final Report of the International Mission on Remediation of Large Contaminated Areas Off-site the Fukushima Daiichi NPP, 2011. 11. 15, p.49-51.
93. 「삼림제염을 어떻게 하나? 현장으로부터의 보고」(임정(林政)뉴스) 427, 2011. 12. 21, p.8-10.
94. IAEA, op. cit. (11), p.46-47.
95. 가와다(河田)
96. 가와다(河田東海夫) 「사회 복구에 불가결한 후쿠시마지방의 환경 복구에 대응」[原子力eye] 57(11),
97. 시미즈 슈지(清水 修二) 「원전재해가 가져온 것, 원전재해를 가져온 것」[환경과 공해] 41(3), 2012. 1, p.45-50.