

미래산업 분야 법제이슈에 관한 연구(Ⅳ)

- 우주폐기물 관리 및 배상 책임에 관한 법제 연구 -

신 홍 균

글로벌법제전략 연구 16-20-①

**미래산업 분야 법제이슈에 관한 연구(Ⅳ)
- 우주폐기물 관리 및 배상 책임에 관한
법제 연구 -**

신 홍 균

미래산업 분야 법제이슈에 관한 연구(Ⅳ)
- 우주폐기물 관리 및 배상 책임에 관한 법제 연구 -
Research on Legal Issues Associated with Future
Industries (Ⅳ)
- Study on the Law Applicable in Respect of the Space
Debris Management and Responsibility -

연구자 : **신홍균(국민대학교 법과대학 교수)**
Shin, Hong Kyun

2016. 8. 31.



요약문

I. 배경 및 목적

- 우주폐기물위험에 대한 국가책임 부담의 증대
 - 우주폐기물 감소 조치 등에 관한 국제적 의무는 아직 없으나, 관련 국내법의 제정 등을 통해서 폐기물감소를 위한 국제적 노력에 동조하여야 할 필요성이 있음
 - 우리나라 국적이 식별되는 우주폐기물의 제3자책임보험기간이 만료된 이후에 발생하는 사고에 대해서 국가가 책임을 부담하여야 함
- 우주폐기물로 인한 재산상 손해 보전의 어려움
 - 우주폐기물의 대부분은 국적식별이 안되고 관리도 불가능한 파편 등이기에 불법행위법에 따른 손해배상책임이나 국제조약에 따른 국가책임의 추궁이 어려움
- 우리나라 우주개발활동의 확대에 따라 우주폐기물에 대한 법제도적 대응이 필요함
 - 우주폐기물로 인한 사고 발생 가능성이 나날이 증대하고 있어서 관련 국내 법령을 정비할 필요가 있음
 - 외국에서의 인공위성 발사, 및 국내에서의 인공위성 및 발사체 발사시의 우주폐기물 억제를 위한 규제 근거 마련

II. 주요 내용

□ 우주폐기물의 법적 지위와 규율 동향

- 우주폐기물의 배출이 국제조약상 당연 위법에 해당하지는 않는다.
- 타국의 우주 비행의 자유를 제한하는 우주폐기물의 배출이 위법한가에 대해서는 논쟁이 남아 있다.
- 우주폐기물 배출에 있어서 타국과 협의하여야 할 의무에 있어서도, 협의의무가 성립하는 유해한 간섭에 우주폐기물 배출이 포함되는가에 관한 논쟁이 남아 있다.

□ 우주폐기물로 인한 피해 방지와 책임제도

- 충돌 피해를 일으킨 우주폐기물의 국적이 판별된 경우에, 해당 폐기물이 1972년 책임협약상의 우주물체에 해당하는지에 대한 논쟁이 남아 있다.
- 특히 미국과 프랑스의 국내법 규정은 자국에 등록된 우주물체의 정상 운용 등의 기간이 지난 경우에는 정부의 재정적 지원이 없다고 규정하고 있다.
- 충돌 피해를 일으킨 우주폐기물의 국적이 판별되지 않은 경우에 누가 책임을 부담하여야 하는가에 대해서는 국제 조약상 아무런 규정이 없다.

□ 우주폐기물 감축을 위한 법제도 동향

- IADC 가이드라인과 UN COPUOS 가이드라인은 강제성을 갖추지 않았다.

- 가이드라인의 내용도 우주폐기물의 배출 감축을 위해서는 부족하다는 지적이 제기되고 있다.
- 가이드라인의 제정 이전에 발사된 우주물체들의 폐기물 배출 사례도 쟁점으로 대두되고 있다.

□ 우주폐기물 감축에 관한 산업계의 기술기준

- 산업계 기준이 우주폐기물을 감축하기 위해서 충분한 강제력을 갖고 있지는 않다.
- 또한 기술적 기준이 강제성이 인정되기에 충분한 정당성을 갖추고 있는가도 논란의 여지가 있다.

□ 결 론

- 우주폐기물의 감축을 통해서 현재와 같이 우주공간에 접근할 수 있기 위해서는 구속력있는 국제 조약 등을 통한 규범의 제정이 필요하다.
- 현재 우리나라의 우주사업중에 일부 사업은 UN COPUOS의 가이드라인을 준수할 수 없는 것으로 알려져 있다.
- 우주폐기물 감축에 관한 기술기준 또는 가이드라인을 채택하되 적용 면제에 관한 절차를 운용하는 방식의 도입은 강구될 필요가 있다고 판단된다.

Ⅲ. 기대효과

- 해외 주요 국가의 우주폐기물 관련 입법 사례 연구를 통해서 국내 입법에 활용함

- 우주 폐기물 감축에 관한 해외 우주 산업계의 기술기준 채택 동향에 대한 연구를 통해서 향후의 국제 기술기준 채택에 대비함
- 우주 폐기물과의 충돌로 인한 피해의 구제를 위한 절차의 수립에 활용함

▶ 주제어 : 우주폐기물, IADC, UN COPUOS, 충돌, 우주보험, 1967년 우주조약, 우주법

Abstract

I . Background and Purpose

- States' burden regarding the space debris risk
 - While international obligation does not matter regarding the space debris mitigation, the needs exists for acting in accordance with the international effort to mitigate the space debris.
 - Government is expected to take the responsibility for the damage caused by the space debris the nationality of which is identified without insurance coverage.
- It is hard to expect to get financial compensation about the space debris damage
 - It is expected to face great difficulties in pursuing the international responsibility and tort liability for space debris damage because of unknown nationality of space debris and fragments.
- Increasing number of korean space activity has made necessary to assume legislative effort about the space debris risk.

II . Main Contents

- Legal status of space debris and its regulation

- Space debris generation is not illegal per se.
 - There exists controversy about whether space debris generation hindering space access is illegal or not.
 - There exists controversy about whether international consultation duty should apply to the space debris generation matter.
- Space debris collision avoidance and responsibility
- There exists controversy about whether the space debris belongs to the concept of space object defined in the 1972 responsibility treaty.
 - Domestic regulations in the case of U.S.A and France have some provisions excluding the state financial assistance regarding the damage caused by the space object beyond nominal normal operations.
- Space debris mitigation regulation
- IADC guidelines and UN COPUOS guidelines have no binding forces.
 - It is claimed that the contents of the guidelines are insufficient for assuring the space debris mitigation.
- Industry standards regarding the space debris mitigation
- Industry standards has no binding forces.
 - There exists controversy about the sufficient rationale for setting the industry standards.

III. Expected Effect

- This study may be used for legislative effort for space debris.
- This study may be used for assuring the preparedness with respect to the adoption of international standards.
- This study may be used for implementing the remedy process regarding the space debris damage.

▶▶ Key Words : Space debris, IADC, UN COPUOS, Collision, Space insurance, 1967 Space treaty, Space law

목 차

| | |
|-----------------------------------|----|
| 요 약 문 | 3 |
| Abstract | 7 |
| | |
| 제 1 장 우주폐기물의 법적 지위와 규율 동향 | 15 |
| 제 1 절 우주폐기물의 개념과 법적 지위 | 15 |
| 1. 우주물체의 개념과 규율 | 16 |
| 2. 우주폐기물의 개념과 규율 | 20 |
| 제 2 절 우주폐기물 배출 행위의 법적 지위 | 23 |
| 1. 우주폐기물 배출에 관한 국가의 국제적 의무 | 24 |
| 2. 우주폐기물 배출에 관한 국가의 감독 의무 | 30 |
| | |
| 제 2 장 우주폐기물로 인한 피해 방지와 책임제도 | 33 |
| 제 1 절 우주폐기물 충돌의 위험성과 대책 | 35 |
| 1. 우주폐기물 충돌 방지 | 35 |
| 2. 우주폐기물 보수 | 37 |
| 제 2 절 우주폐기물 피해의 책임 제도 | 40 |
| 1. 우주활동 및 물체로 인한 국제책임의 성립 | 40 |
| 2. 입법 사례 | 42 |
| 제 3 절 충돌위험의 담보와 대응 방안 논의 | 43 |
| 1. 우주보험에 의한 위험담보 | 43 |
| 2. 재정적 책임의 분배와 공유 방안 | 48 |

| | |
|------------------------------------|-----|
| 제 3 장 우주폐기물 감축을 위한 법제도 동향 | 51 |
| 제 1 절 국제기구의 가이드라인 | 54 |
| 1. IADC 가이드라인 | 54 |
| 2. UN COPUOS의 가이드라인 | 60 |
| 3. European Code of Conduct | 64 |
| 제 2 절 국내 입법 사례 | 70 |
| 1. 미 국 | 70 |
| 2. 캐나다 | 76 |
| 3. 오스트리아 | 77 |
| 4. 벨기에 | 78 |
| 5. 프랑스 | 79 |
| 6. 독 일 | 80 |
| 7. 영 국 | 80 |
| 8. 일 본 | 81 |
| 9. 호 주 | 82 |
| | |
| 제 4 장 우주폐기물 감축에 관한 산업계의 기술기준 | 85 |
| 제 1 절 미국 NASA | 85 |
| 1. NASA의 관련 규정의 체계 | 85 |
| 2. 우주폐기물 감축 업무 분장 | 87 |
| 3. 사업별 감축계획 수립 및 이행 | 89 |
| 4. 기술기준 | 92 |
| 제 2 절 유럽의 ESA | 102 |
| 1. 적용 범위 및 절차 | 103 |
| 2. 기술 기준 | 105 |

| | |
|--------------------------------|-----|
| 제 3 절 기타 국가 | 110 |
| 1. 일본의 JAXA 사례 | 110 |
| 2. 프랑스 CNES 사례 | 112 |
| 제 4 절 기술기준의 비교와 의의 | 115 |
| 1. 기술기준의 비교 | 115 |
| 2. 기술기준의 의의 | 117 |
| 제 5 장 결 론 | 119 |
| 제 1 절 현행 관리 및 책임 제도의 문제점 | 119 |
| 1. 국제 조약의 문제점 | 119 |
| 2. 국제적 가이드라인의 문제점 | 120 |
| 3. 산업계 기준의 문제점 | 121 |
| 제 2 절 우주폐기물 관리 제도의 개선 방안 | 123 |
| 1. 구속력있는 국제 규범의 제정 | 123 |
| 2. 국내 우주사업과 우주폐기물 대책 | 125 |
| 참 고 문 헌 | 127 |

제 1 장 우주폐기물의 법적 지위와 규율 동향

우주공간의 이용과 우주활동에 관해서는 1967년 『달과 기타 천체를 포함한 외기권의 탐색과 이용에 있어서의 국가 활동을 규율하는 원칙에 관한 조약』(Treaty on Principles Governing the Activities of States in the Exploration and Use of Outer Space, including the Moon and Other Celestial Bodies, 이하 “1967년 우주조약”이라 칭함)¹⁾이 우주비행의 자유와 평화적 이용의 원칙, 아울러 우주공간의 비영유 원칙을 규정하고 있다. 그러한 원칙들에 기초하여 국가는 우주비행의 자유라는 권리와 함께 자국의 우주물체를 등록하고, 해당 우주활동을 감독할 의무를 부담하고 있다. 또한 1972년 『우주물체에 의하여 발생한 손해에 대한 국제책임에 관한 협약』(Convention on International Liability for Damage Caused by Space Objects, 이하 “1972년 책임협약”이라 칭함)²⁾은 우주물체로 인해서 발생한 손해에 대한 책임제도를 수립하고 있다. 그러나 우주폐기물의 양과 그 위험성이 두 국제조약의 체결 당시에는 예상하지 못했던 것으로 평가되는 만큼, 두 조약의 해석과 적용이 우주폐기물의 위험성 문제를 해결하기에 부족한 것으로 보이며, 이에 법률적 쟁점이 대두되고 있다.

제 1 절 우주폐기물의 개념과 법적 지위

우주공간의 이용과 활동에 관한 1967년 우주조약과 1972년 책임협약의 기본적인 접근 방법은 국가의 국적과 관할권이라는 국제법의 전통적인 국적 관계 원리를 우주물체에 적용하고, 그에 기초하여 국가의 국제 책임의 주체를 판별하게 하는데에 있다.

1) 대한민국 발효일 1967년 10월 13일 (조약 제262호), 외교부 다자조약집 제2권

2) 대한민국 발효일 1980년 01월 14일 (조약 제702호), 외교부 다자조약집 제5권

1. 우주물체의 개념과 규율

1967년 우주조약은 우주물체의 등록과 감독에 관해 규정하고 있다.

(1) 우주물체의 개념 정의

1967년 우주조약의 기초가 된 UN의 the 1963 Declaration of Legal Principles는 우주물체의 개념을 규정하지는 않고 “우주공간에 발사된 물체”라는 표현을 사용하였다. 1967년 우주조약도 제7조와 8조에서 “달과 기타 천체를 포함한 외기권에 물체를 발사”라는 표현을 사용하고 있다. 1972년 책임협약은 우주물체를 “우주 물체의 구성 부분 및 우주선 발사기, 발사기의 구성 부분을 공히 포함한다”라는 표현을 사용하였다. 그래서 우주물체의 개념은 현재의 국제공법상 규정되어 있지 않다.³⁾

(2) 우주물체의 등록

1967년 우주조약은 우주물체와 국가간에 연결로서 등록(registry)이라는 개념을 규정하고 있다. 동 조약 제5조는 우주비행사가 사고 또는 조난으로 인해서 타국의 영토에 착륙하는 경우에 해당 우주 운반체(space vehicle)의 등록국가(the State of registry)로 우주비행사를 영토국가가 즉각 귀환시킬 의무를 규정하고 있다. 아울러 동조약 제8조는 우주물체를 등록한 국가가 해당 우주물체에 대한 관할권 및 통제권을 가짐을 인정하고 있다. 아울러 동조의 두번째 문장은 우주물체가 우주공간 또는 천체행성에 위치하더라도 그에 대한 소유권(ownership)을 인정하고 있다.

3) Joyeeta Chatterjee, "Legal Issues Relating To Unauthorised Space Debris Remediation", *65th International Astronautical Congress*, Toronto, Canada. the International Astronautical Federation.

(3) 우주물체의 관할권과 통제권

1967년 우주조약 제8조는 등록된 우주물체에 대해서 등록국가가 관할권 및 통제권을 갖는다고 규정하고 있는데, 관할권은 일반 국제법의 강학상 관할권의 개념인 입법, 행정 및 사업의 관할권을 의미하는 것으로 이해되고, 통제권은 우주물체의 항행을 포함하여 전반적인 운용에 대한 통제를 의미하는 것으로 보기도 한다.

통제권이라는 용어는 1958년 『공해에 관한 제네바협약』 제5조에 서도 사용되었다. 동 조항은 “국가는 자국기를 게양한 선박에 대해서 행정적, 기술적 및 사회적 문제에 대한 관할권 및 통제권을 효과적으로 실시하여야 한다”고 규정하고 있다. 아울러 통제권은 통제의 배타성을 보다 확실히 하기 위해서 추가된 것으로서 국기 국가가 그 관할권을 물리적으로 행사할 수는 없지만 그 국기를 게양한 선박의 활동에 대해서 국가가 감독할 수 있다는 의미로 해석된다.

(4) 국가의 감독 및 통제

1967년 우주조약 제6조의 두번째 문장은 조약 당사국이 비정부 기관에 의한 우주공간에서의 활동을 허가 및 지속적 감독의 의무를 규정하고 있다. 특히 허가 및 지속적 감독의 주체는 “본 조약의 관계 당사국”(the appropriate State Party)으로 규정되어 있다. 제6조의 첫째 문장이 국가의 우주활동에 대한 국제 책임을 언급하고 있어서 적절한 조약 당사국은 비정부 기관의 국적 국가라고 해석된다. 이에 비정부 기관, 즉 사인이나 법인 등과 국가와의 국적 관계 성립의 기준에 있어서는, 동 조약이 적절한 국가의 개념을 한정하고 있지 않고, 또한 국적 관계에 대해서는 제8조에서 우주공간에 발사된 물체를 등록된 국가라는 용어가 사용되고 있기에, 국적 관계가 성립되는 기준중의

하나를 우주물체의 등록이라고 해석된다. 또는 제8조에 따라서 해당 우주물체에 대해서 관할권과 통제권을 가진 국가로 해석된다.

한편, UN 총회 결의 62/101 제3조는 국제기구가 우주활동을 수행하지만 등록조약에 따른 권리와 의무를 승낙하지 않은 경우에 대체 조치가 마련되어야 함을 권고하고 있다. 아울러 동 조항은 자국의 영토 또는 시설로부터 우주물체가 발사되는 국가는 사전 협약이 없는 경우에 “발사 국가”(launching States)의 범주에 해당하는 국가들 또는 국제기구와 접촉하여 어느 국가 또는 법률 주체가 우주물체를 등록하여야 하는가에 대해서 공동으로 결정할 것을 권고하고 있다. 아울러 복수의 우주물체가 공동으로 발사되는 경우에, 각 우주물체는 분리되어 등록되어야 한다고 권고하고 있다. 또한 국가는 자국의 관할권하에서 발사서비스를 제공하는 자로 하여금 우주물체의 등록에 적절한 국가와 협의할 것을 우주물체의 소유자나 운용자에게 촉구할 것을 권고하고 있다.

아울러, UN 총회 결의 62/101 제4조는 궤도상의 우주물체에 대한 감독의 변동이 일어나는 경우에, 우주물체의 등록국가가 1967년 우주조약 제6조에 따라 책임을 부담하는 국가와 협력하여 UN 사무총장에게 추가 정보를 제공할 것을 권고하고 있다. 아울러 동 조항은 우주물체의 등록국가가 없는 경우에는, 1967년 우주조약 제6조에 따라서 책임을 부담하는 국가가 UN 사무총장에게 위의 추가 정보를 제공할 것을 권고하고 있다.

(5) 우주자산의 개념

UNIDROIT의 이동장비에 대한 국제적 담보권에 관한 UNIDROIT 협약안(Protocol To The Convention On International Interests In Mobile Equipment On Matters Specific To Space Assets)은 우주물체의 취득 및

이용 활성화를 도모하기 위한 자금조달 필요성과 자금조달 이해관계자의 권리관계 보호를 목적으로 한다. 동 협약안은 제1조 1항 (k)에서 “우주자산(Space Asset)”의 개념을 정의하고 있는데, 이에 따르면, “우주공간에서 독립적인 구분이 가능하거나 또는 우주공간으로 발사할 목적으로 제작된 인공물체로서, ① 인공위성, 우주정거장, Module 등 우주비행체, ② 독립적인 등록이 가능한 탑재체, ③ 독립적 등록이 가능한 구성부품 및 Data, Manual 및 기록 등을 포함한다”라고 규정하고 있다.⁴⁾

“우주자산”이라는 표현은 1967년 우주조약 등의 국가간 국제조약에서 사용되어 온 “우주물체”(“Space Objects”)라는 표현과 구별된다.

첫째, 1967년 우주조약 등이 다루고 있지 않았던 사항으로서 우주물체의 등록국가와 그 우주물체에 탑재된 중계기의 등록국가가 다를 수 있다는 점을 전제하고, 그러한 중계기를 우주자산으로 규정하고 있다.

둘째, 우주자산의 소재지에 따라서 우주자산을 둘러싼 재판관할권을 정함에 있어서⁵⁾ 우주자산이 지구상에 있지 않을 때에 우주자산의 소재지 결정은 다음 사항에 참조한다고 규정하고 있다. 첫째, 우주자산의 소재지가 영토인 국가, 둘째, 우주자산을 운용할 허가를 발급한 국

4) “space asset” means any man-made uniquely identifiable asset in space or designed to be launched into space, and comprising

(i) a spacecraft, such as a satellite, space station, space module, space capsule, space vehicle or reusable launch vehicle, whether or not including a space asset falling within (ii) or (iii) below;

(ii) a payload (whether telecommunications, navigation, observation, scientific or otherwise) in respect of which a separate registration may be effected in accordance with the regulations; or

(iii) a part of a spacecraft or payload such as a transponder, in respect of which a separate registration may be effected in accordance with the regulations, together with all installed, incorporated or attached accessories, parts and equipment and all data, manuals and records relating thereto.

5) Convention 제43조는 당사자가 정하는 법원과 담보의 소재지를 영토로 하는 국가의 법원이 관할권을 가짐을 규정하고 있다.

가, 셋째, 우주자산의 임무를 통제하는 센터의 소재지가 영토인 국가 등이다.

2. 우주폐기물의 개념과 규율

(1) 우주폐기물의 종류

우주폐기물은 다음의 4가지로 구분될 수 있다.⁶⁾

- 운용자가 더 이상 조종하지 않는 우주선(인공위성 등)
- 정상적인 우주활동의 결과로서 우주공간에 남겨진 운용 폐기물 (operational debris) (발사체 등)
- 폭발 또는 충돌의 결과로 배출된 파편 폐기물(fragmentation debris)
- 초소형물체(Microparticulate)로서 누출된 연료가 냉각된 것

한국의 항공우주연구원(KARI)과 미국의 항공우주국(National Aeronautics and Space Administration, “NASA”라 칭함)을 포함한 세계 13개국의 우주 담당 기관이 설립한 협의체인 Inter-Agency Space Debris Coordination Committee(이하 “IADC”라 칭함)는 우주폐기물의 배출의 종류별로 다음의 표1과 같이 분류하고 있다.⁷⁾

6) U.S. Congress, Office of Technology Assessment, Orbiting Debris: A Space Environmental Problem-Background Paper, OTA-BP-ISC-72 (Washington, DC: U.S. Government Printing Office, September 1990)

7) IADC, "Support to the IADC Space Debris Mitigation Guidelines", Working Group 4, Action Item 26.2, IADC-04-06, Rev 5.5, May 2014, p.7

<표-1> 우주폐기물 배출의 요인과 종류

| | 주요 원인 | 폐기물 배출의 요인 |
|------------|-------------------|--|
| 임무관련 배출 | 배출이 설계된 물체 | 우주선의 커버, 우주선 부품간의 고정장치, 또는 각종 전기선 등 |
| | 배출이 의도되지 않은 물체 | 노후화에 따라 발생하는 파편(표면 페인트 조각 등), 고체연료의 연소에 따라 발생하는 조각 등 |
| 궤도상 파손 | 의도적 파손 | 과학 또는 군사적 목적에 따른 실험, 지표상 피해를 줄이기 위해 지구대기권 재진입 이전에 실해하는 파손, 우주선에 탑재된 장치 및 자료의 보안을 위한 의도적 파손 |
| | 우발적 파손 | 임무수행중 실패로 인한 폭발, 우주선의 잔존 에너지원으로 인한 파손 등 |
| | 궤도상 충돌 | 우주물체와의 충돌로 인한 파편 |
| 임무종료 | | 지구정지궤도나 저궤도 등에 남겨진 우주선, 또는 발사체 등 |

(2) 우주폐기물의 법적 개념 논의

법적인 관점에서의 개념 정의를 시도한 사례로서는 1994년에 International Law Association에서 채택된 개념으로서 우주폐기물은 “우주공간에 있는 인공 물체인데, 사용중인 또는 유용한 위성을 제외한 것이고, 예견될 수 있는 장래에는 그러한 상황이 변할 것으로 기대될 수 없는 것”을 말한다.⁸⁾

8) “manmade objects in outer space, other than active or otherwise useful satellites, when

UN COPUOS 가이드라인에서는 본문이 아니라 가이드라인의 작성 배경에 관한 전문에서 우주폐기물 개념이 “지구궤도 또는 대기권에 재진입하는 인간이 만든 물체, 그 물체의 조각 및 요소를 말하며 작동하지 않는 것”이라고 정의되어 있다. 이 가이드라인은 구속력이 없는 것이고, 또한 본문이 아닌 전문에서 우주폐기물 개념이 서술되었기에, 법률 개념으로서의 지위가 인정되기 어렵다. 그러나 이 가이드라인이 당시의 관행을 수렴하고 있다는 점에서 우주폐기물 법률 개념의 수립에 있어서 무시될 수는 없다. 즉 가이드라인에서 채택된 개념 정의는 하나의 연성법의 범주에 속한다고 볼 수도 있다.⁹⁾ 그래서 이 개념은 국가에게 우주폐기물 충돌로 인한 책임을 추궁하기에 충분한 근거 논리는 아니지만, 우주폐기물 감축을 위해서 필요한 관심과 주의를 요구할 수 있는 근거 논리일 수는 있다.¹⁰⁾

(3) 국제 조약상 우주물체와 우주폐기물

1967년 우주조약은 우주폐기물 개념을 규정하고 있지 않으며, 아울러 우주물체 개념도 규정하고 있지 않다. 다만 동 조약 제7조는 우주공간으로의 물체의 발사(“the launching of an object into outer space”)라는 표현을 사용하고, 제8조는 우주공간으로 발사된 물체의 등록이라는 표현을 사용하고 있으며, 특히 제8조는 물체와 그 구성 부품이 우주공간에 존재한다고 하더라도 그에 대한 소유권(ownership)이 영향받지 않는다고 규정하고 있다.

위의 조항들은 우주물체의 포괄적이고 보편적인 개념을 법률로 정한 것이라기 보다는 각 협약에서 사용되는 우주물체의 의미를 한정하는데 의의가 있다. 즉 우주물체가 무엇이다라고 정한 것이라기 보다는 우주물체라는 용어가 통상적으로 사용되고 있는데 협약상 그 통상

no change can reasonably be expected in these conditions in the foreseeable future”

9) Joyeeta Chatterjee 전계 논문

10) 위 상동

적인 용어의 의미를 보다 구체적으로 한정하는 것이다. 예컨대 책임협약에서의 우주물체에는 그 구성품도 포함되므로, 구성품에 의해서 발생한 손해에 대한 책임은 우주물체에 의해서 발생한 손해에 대한 책임이다.

책임협약의 협상 과정에서 우주물체의 개념에 대해서 합의가 어려웠고, 우주궤도상에 남겨진 우주물체도 우주물체에 포함되는가의 문제에 대해서도 합의가 어려웠다. 광의의 우주물체의 개념에는 우주물체에 부착된 부품만이 아니라 우주물체로부터 분리된 물체도 포함한다는 안도 제시되었으나 우주물체와 그 구성품을 우주물체라고 보는 협의의 개념이 채택되었다.

이러한 협상의 경과 및 초안자들의 취지에 따르면 우주물체로부터 분리되어 타인에게 손해를 입힌 물체는 위 책임협약상의 우주물체에 속하지 않는다. 그래서 우주폐기물은 1972년 책임협약상의 손해배상책임 유발의 원인이 아니라는 주장도 논거를 갖게 된다.

이러한 배경에서 “우주활동의 국제적 코드”(International Code of Conduct for Outer Space Activities) 2013년도 초안은 우주물체만이 아니라 우주폐기물도 다루고 있다. 즉 동 초안 제5조 제1항은 회원국의 통보 사항에 속하는 것으로서 우주물체간의 충돌 위험, 우주물체와 우주폐기물간의 충돌위험, 우주폐기물을 배출할 수 있는 우주물체의 과손 등을 규정하고 있다.

제 2 절 우주폐기물 배출 행위의 법적 지위

앞에서 살펴 본 바와 같이 1967년 우주조약과 1972년 책임협약은 우주활동으로 인한 책임과 우주물체로 인한 책임에 관해서 규정하고 있다. UN 국제법 위원회(International Law Commission, 이하 “ILC”라 칭함)의 “국제적으로 위법한 행동으로 인한 국가의 책임에 관한 조약문 초안”(Draft articles on Responsibility of States for Internationally

Wrongful Acts, 이하 “ILC 국제책임 초안”이라 칭함)에 따르면 국제책임은 행위의 위법성 및 국가 귀속성을 두가지 요소로 하는 바,¹¹⁾ 본 절에서는 우주폐기물의 위법성 및 국가 귀속성 측면에서 살펴보고자 하겠다.

1. 우주폐기물 배출에 관한 국가의 국제적 의무

(1) ILC 초안상의 위법성과 국제책임

국제책임에 관한 ILC 국제책임 초안은 국가의 위법한 행위(wrongful acts)에 의해서 국제책임이 성립한다는 원칙을 규정하고 있다.

1) 의무 위반의 위법성

ILC 국제책임 초안에 따르면 국제책임의 성립 요소중의 하나는 국제 의무의 위반(breach of an international obligation)이다. 국제책임 초안을 작성한 ILC가 국제 의무의 위반에 대해서 상술한 내용은 다음과 같다.

첫째, 타국이 권리에 반하는 행위가 국제의무의 위반과 같은 것으로 취급되어 왔다.¹²⁾

둘째, 국제 의무 위반의 여부는 국내법이 아니라 국제법에 의해서 판단된다. 국가의 특정 행위가 국내법에 부합하는 행위일지라도 그 국제법상의 위법성은 국제법에 따라 판단된다.

셋째, 국제의무의 위반은 해당 행위가 그 의무에 따라서 요구되는 것과 부합하지 않을 때에 발생한다.¹³⁾

11) Yearbook of the International Law Commission, 2001, vol. II (Part Two)

12) “Draft articles on Responsibility of States for Internationally Wrongful Acts, with commentaries”(이하 “ILC 국제책임 초안 해설서”라 칭함), Yearbook of the International Law Commission, 2001, vol. II, Part Two 35면

13) ILC 국제책임 초안 해설서 55면

넷째, 국제의무 위반의 판단 기준은 “일차 의무”(primary obligation)의 내용과 그 해석에 따르는 것이며 국제책임 초안이 그에 관한 일반적이고 추상적인 기준이나 원리를 제시하지는 않는다.¹⁴⁾ 예컨대 획일적인 법률을 제정할 의무가 국가의 입법 미비인 경우에 위반된다고 보아야 하는가에 대해서, 그러한 입법 미비가 국제적 의무의 위반을 구성하는지 아니면 그러한 미비로 인해서 특정 국가가 피해를 입어야만 국제적 의무의 위반이 구성되는지는 일차 의무의 내용과 해석에 따라 달라진다.¹⁵⁾

2) 일차 의무의 판별

국가는 국제법상 명백히 허용된 행위의 결과로 발생한 손해에 대해서 보상할 의무를 부담하는 경우도 있고, 합법적 행위가 완성된 이후에 사실관계를 현 상태 이전의 상태로 복원시켜야 할 의무를 부담하는 경우도 있다. 그러한 의무의 존부 여부는 일차 의무가 무엇이냐에 따라 달라진다.¹⁶⁾

국가의 국제법상 위법한 행위의 요소를 초안 제2조는 국제법에 따라 국가에의 귀속 여부 및 국제적 의무의 위반이라고 규정하고 있다. 국제적 의무의 기준은, 예컨대 과실, 상당한 주의의 결핍 등 여러 가지가 제시될 수 있지만, 해당 일차 의무의 내용에 따라서 그 기준은 달라진다고 보아야 한다. 조약의 조문의 취지와 목적이 일차 의무의 내용을 정할 수도 있고 다른 형태의 규범이 일차 의무의 내용을 정할 수도 있다.¹⁷⁾

일차 의무의 내용과 해석은 국제 책임에 따라서 보상의 의무가 성립하는가에 대해서도 중요하다. 국제책임 초안 제31조는 국제적으로

14) ILC 국제책임 초안 해설서 36면

15) ILC 국제책임 초안 해설서 36면

16) ILC 국제책임 초안 해설서 31면

17) ILC 국제책임 초안 해설서 34면

위법한 행위에 의해서 손해가 발생한 경우에 유책 국가가 완전한 보상을 하여야 할 의무를 규정하고 있다. 손해가 보호받는 이익에 대한 것이어야만 하는가의 문제에 대해서 ILC는 일반적인 원칙이 없음을 강조하고 있다. 즉 타국에게 실제로 손해를 끼친 경우, 실제로 손해를 끼치지 않는 것만 그를 방지하기 위해서 필요한 조치를 취하지 않은 경우 등이 상정되는데, 어느 것이 국제 책임의 성립 요건이 되는가는 일차 의무의 내용과 해석에 따른다.¹⁸⁾

3) 국제책임과 손해배상책임

ILC는 국제책임 초안이 국제적으로 위법한 행위에 대한 책임에 대해서 규정하고 있다고 밝히면서, 국제법상 금지되지 않은 행위로 인한 손해에 대해서 배상 또는 원상회복하여야 할 의무가 발생하는 경우도 있고, 그런 경우에도 국제적 책임이 해당 국가에게 부과된다고 밝히고 있다.¹⁹⁾

ILC 국제책임 초안은 일차 의무의 내용과 해석에 따라서 국제책임 성립의 판단 기준이 정해진다고 보면서, 손해(damage)가 손해배상책임(liability) 성립의 기준이라는 입장을 택하고 있다. ILC 초안은 1972년 책임협약에 따른 손해배상책임은 합법적 행위로 인한 손해배상책임을 다루는 사례에 해당한다고 보고 있다.²⁰⁾

18) ILC 초안에 따르면 ILC는 "Rainbow Warrior" 사건을 손해의 여부보다 당사국의 의사에 따라 일차 의무가 정해지는 사례로 보고 있다 이 사건에서 중재재판부는 “이론상 배상의 원인이 되는 손해배상책임은 피해를 요건으로 하지만, 당사자들은 명예, 위신, 또는 국가의 품격 등에 영향을 주는 행위와 같이 중요하지 않은 이익에 대한 위법한 행위가 금전적인 손실을 발생시키지 않더라도 피해국이 배상을 요구할 권리를 갖는다는데 동의하고 있다”고 적시하면서, 프랑스의 행동이 뉴질랜드의 국민적 분노를 일으켰고 이를 손해(damage)를 끼친 행위라고 판단한 바 있다.

ILC 국제책임 초안 해설서 92면

19) ILC 국제책임 초안 해설서 31면

20) ILC 국제책임 초안 해설서 125면

요컨대 ILC 국제책임 초안은 국제적으로 위법한 행위의 경우에는 국제책임, 국제법으로 허용되지만 타국에게 손해를 미친 행위의 경우에는 손해배상책임, 그리고 그 둘을 합쳐서 국제 책임이라고 칭할 수 있다는 점을 인정하고 있다. 또한 그러한 책임의 성립 요건은 일차 의무의 내용과 해석에 따른다.

(2) 우주폐기물 배출의 위법성 문제

1) 우주비행의 방해에 따른 위법성 문제

우주폐기물의 배출이 당연 위법은 아니다.²¹⁾ 그 논거로서는 1967년 우주조약 제1조가 우주공간의 자유로운 이용과 비행을 규정하고 있다는 점이다. 두번째로는 1972년 책임협약이 규정한 책임의 성립 요건이다. 동 조약 제2조에 따라서 발사국가는 지상 또는 비행중의 항공기에 발생한 손해에 대해서 보상하여야 할 절대책임을 부담하고, 제3조에 따라서는 지표상 이외의 장소에서 발생한 손해 또는 우주물체에 탑승한 인명 또는 재산에 대한 손해의 경우에는 과실책임을 부담한다. 다만 피해자측의 중과실로 인한 손해이거나 또는 피해자가 손해를 일으킬 의도하의 작위 또는 부작위로 인한 손해인 경우에는 제2조에 따른 절대책임을 제6조에 따라서 면해진다. 이와 같이 책임협약도 손해의 발생을 손해배상책임의 성립 요건으로 규정하고 있어서 우주폐기물의 배출 자체가 당연 위법을 구성한다고 볼 수는 없다.

반면에 우주폐기물의 배출은 타국의 자유로운 이용과 비행을 방해한다고 볼 수 있다는 점에서, 위법이라고 판단할 여지가 있다. 예컨대, the European Code of Conduct on Space Debris는 서문에서 1967년 우주조약 제1조에 따라서 우주 공간의 탐사와 이용의 자유 및 모든 국가를 위한 이용의 원칙을 인용하면서 제9조에 따른 우주탐사에 있

21) UN Document A/AC.105/C.1/2011/CRP.14, p.22

어서 오염의 방지 및 적절한 조치를 취할 의무도 인용하고 있다. 요컨대 유럽 코드는 우주조약에 따른 우주공간에의 자유로운 접근권의 보장을 위해서 우주폐기물의 배출을 감축하기 위한 국가들의 약속 이행이 있어야 한다고 강조하고 있다.

2) 우주환경오염 금지의무의 성립 문제

1967년 우주조약 제9조는 우주환경에 대한 유해한 오염을 피할 의무를 규정하고 있고, 타국의 우주활동에 유해한 간섭을 일으킬 가능성이 있다고 생각되는 경우에 협의할 의무를 규정하고 있다. 그러나 위 조항에서 “오염(contamination)”의 개념에 대한 해석상 논쟁은 남아 있다.

예컨대 UN ILC의 “국경을 넘은 위대한 활동의 예방 조약 초안”(Draft articles on Prevention of Transboundary Harm from Hazardous Activities, 이하 “탈국경 위해조약 초안”이라 칭함) 원인 국가의 의무는 상당한 주의(due diligence)에 해당하며, 유해한 결과의 발생 방지를 절대적으로 보장하여야 할 의무에 해당하지는 않는다.²²⁾ “상당한 주의”는 우주폐기물에 관한 의무의 근거에 따라 결정된다고 보아야 할 것이다. 의무의 근거는 앞서 살펴 본 조약상의 일차 의무가 무엇이나에 따라 결정될 것이다.

첫째, 우주폐기물이 1967년 우주조약 제9조에 따른 오염에 해당하는가의 문제도 아직은 쟁점사항이다. 예컨대 제9조는 우주폐기물에 대해서 전혀 언급하고 있지 않다는 점, 유해한 오염 등의 용어가 너무 추상적이라는 점, 그래서 이 조항의 위반에 대한 제재도 매우 불확실하다는 점 등이 고려될 때에, 우주폐기물을 오염으로 보기는 어렵다.²³⁾

22)Report of the International Law Commission on the work of its fifty-third session, UN Doc. A/56/10 (2001), p. 154.

23) Meghan R. Plantz, “Orbital Debris: Out Of Space”, GA. J. INT’L & COMP. L.

둘째, 우주폐기물의 배출이 타국의 우주접근을 방해하기에 위법이라고 본다는 주장도 아직은 법적확신의 존재 등을 제시하지는 않고 있다.²⁴⁾ 예컨대 UN 가이드라인도 국가간의 합의는 우주폐기물이 지구궤도상의 우주선과 지구 표면에 문제를 제기하고 있다는 점에 대해서만 합의한 것이라고 적시하고 있다.²⁵⁾

3) 우주폐기물에 관한 협의 의무 문제

1967년 우주조약 제9조에 따라서 자국의 우주활동이 타국의 우주이용에 유해한 간섭을 일으킬 수 있다고 생각하는 국가는 그러한 활동의 개시 이전에 타국과 적절한 국제적 협의를 이행하여야 한다. 아울러 타국의 그러한 행위에 의해서 자국의 우주이용에 유해한 간섭이 발생할 수 있다고 생각하는 국가는 그러한 활동에 대해서 협의를 요청할 수 있다.

우주폐기물이 어떠한 성격이나에 따라서 위 조항에 따른 협의의 의무, 구체적으로 정보의 제공이나 교환의 의무가 성립한다고 볼 수 있다.

4) 국경을 넘는 위험의 국가 귀속성

UN ILC의 탈국경 위해조약 초안 제3조는 원인 국가가 국경을 넘는 유해성을 억제하거나 또는 여하한 경우에도 그 위험을 최소화하기 위해서 모든 적절한 조치를 취할 의무를 규정하고 있다. 국경의 개념에 대해서 초안 보고서는 우주공간 또는 공해에서의 활동과 같이 특정 국가와 특정 행위간의 영토적 연계가 없는 경우에는 기국주의의 적용이 통상적인 사례라고 지적하고 있다.²⁶⁾ 그래서 원인 국가는 우주물체의 등록국가라고 귀결된다.

2012, Vol. 40, p.609

24) 위 Plantz 논문 p.603

25) Stephan Hobe, "Environmental Protection In Outer Space: Where We Stand And What Is Needed To Make Progress With Regard To The Problem Of Space Debris", The Indian Journal Of Law And Technology, Volume 8, 2012,

26) Report of the International Law Commission on the work of its fifty-third session, UN Doc. A/56/10 (2001), p.151

그러나 우주물체로부터 분리된 파편의 국적이 판별되지 않는 경우에는, 즉 파편을 배출한 우주물체의 등록국가가 판별되지 않는 경우에 대해서는 위 조약 초안도 다루고 있지 않다.

2. 우주폐기물 배출에 관한 국가의 감독 의무

(1) 1967년 우주조약 제6조의 해석과 관행

ILC의 국제책임제도 초안 제2조가 국제적으로 위법한 행위의 요건으로서 그 행위가 국제법에 따라 국가에 귀속될 수 있는가 및 그 행위가 국가의 국제 의무 위반인가를 규정하고 있다. 1967년 우주조약 제6조는 국가 귀속성에 있어서, 우주공간에서의 국가 활동(national activities)이라는 용어를 택하면서, 국가 자신만이 아니라 비정부 기관(non-governmental entities)의 우주공간에서의 활동이 국가 활동에 포함됨을 전제하고 있다. 한편 ILC 초안에서 국가 귀속성이 인정되는 경우는 공식적으로 국가기능을 행사하는 주체들의 행위, 국내법에 의하여 권한을 위임받은 주체의 행위, 정부기관의 월권행위, 사실상 국가기능을 수행하는 사인의 행위 등이다.

이와 같이 1967년 우주조약 제6조에 따른 국가귀속성은 ILC 초안에 따른 국가귀속성 인정의 요건과는 다르다. 그러나 동 조항의 제정 취지가 우주활동에 대한 국가의 감독 및 통제 의무의 이행이라는 점, 특히 제6조의 두번째 문장은 비정부 기관에 의한 우주공간에서의 활동에 대한 국가의 허가 및 지속적인 감독 의무를 규정하고 있다는 점에서 볼 때에 제6조에 따른 국가의 책임은 국가의 감독 의무 미이행에 따른 책임에 해당한다. 이는 일반 국제법에서 사인의 활동에 대한 국가의 국제 책임이 상당한 주의의무(due care)의 이행에 관한 책임이라고 보는 시각과 일치한다.

반면에 위 조항에 따른 국가의 책임은 일반 국제법상의 책임과 달리 사인의 행위를 국가의 행위로 보고 귀속된다고 보기도 한다. 즉 사인의 우주활동은 국가의 우주활동에 해당한다고 보는 시각이다.²⁷⁾ 1967년 우주조약의 협상과 체결 당시에 미국 기업들의 우주활동을 구 소련 등의 조약 당사국들이 상당히 경계했었다는 점, 그래서 미국 정부 이외의 다른 당사자를 우주활동의 당사자로 인정하기 보다는 미국 정부만을 당사자로 인정하기를 원했다는 점 등이 고려될 때에, 이 조항의 취지는 사인의 우주활동은 곧 해당 국가의 활동이라고 보려는 입장을 반영하려는 것이라고 보인다.

국가들의 관행은 제6조 두번째 문장에 따른 감독을 조약상의 의무로 인정하고 그 위반이 같은 조항 첫번째 문장에 따른 책임 성립의 사유라는 점을 인정하는 것으로 보인다. 예컨대 많은 국가들이 자국민의 우주활동에 대해서 허가제도를 시행하고 있다.

요컨대 사인의 우주활동에 대한 국가 정부의 허가제가 관행인 바, 1967년 우주조약에 따른 국가감독 의무는 허가제를 최소한의 이행 기준으로 설정된다고 볼 수 있으며, 국가 책임은 그러한 허가제의 이행 여부를 성립 요소로 두고 있다고 볼 수 있다. 달리 말하면 국제책임에 관한 ILC 초안상의 일차 의무(primary obligation)에 해당하는 의무가 사인의 우주활동에 관한 허가제도의 수립과 이행이라고 볼 수 있다.

(2) 국가의 감독 의무에 따른 국가 귀속성

국가귀속성이 그렇게 결정된다면, 제6조에 따른 국제책임은 비정부 기관에 의한 활동이 1967년 우주조약을 위반하는 경우에, 그러한 위

27) Dispute Settlement in International Space Law: A Multi-door Courthouse for Outer Space

(공)저: Gérardine Meishan Goh, p.28, Martinus Nijhoff Publishers, 2007

반에 대한 책임이 아니라, 국가의 감독의무 미이행에 따른 책임으로 한정되는 것으로 해석된다. 예컨대 원격자원탐사에 있어서 UN 총회 결의²⁸⁾ 제14조는 자원탐사를 수행하는 국가는 그에 따른 국제책임을 부담하여야 하고, 그 자원탐사활동이 자신에 의한 것만이 아니라 비정부 기관에 의한 경우라도 1967년 우주조약 및 국제법을 준수하도록 하여야 한다고 규정하고 있다.

요컨대, 우주폐기물의 배출의 억제 등이 1967년 우주조약에 따른 일차 의무에 해당한다면 국가는 관련 감독 의무를 부담한다.

28) UN A/RES/41/6541/65. “Principles relating to remote sensing of the Earth from space”, 95th plenary meeting, General Assembly, 3 December 1986

제 2 장 우주폐기물로 인한 피해 방지와 책임제도

미국항공우주국(National Aeronautics and Space Administration, 이하 “NASA”라 칭함)에 따르면 2016년7월5일 현재 우주폐기물의 현황은 다음 표와 같다.²⁹⁾ 우주폐기물의 수는 미국의 Space Surveillance Network 이 추적할 수 있는 물체를 등재(catalog)한 수를 나타내므로, 실제로 우주폐기물이라 불릴 수 있는 물체의 수는 훨씬 더 많을 수 있다. 우주폐기물의 등재는 지표상의 관측장비에 의해서 우주폐기물의 확인이 가능한가의 여부 및 지속적인 추적이 가능한가의 여부 등에 따른다. 예컨대 저궤도(Low Earth Orbit, 이하 “LEO”라 칭함)인 경우에는 5 내지 10cm 크기, 지구정지궤도인 경우에는 1meter이상인 우주폐기물이 등재되는 것으로 알려져 있다.³⁰⁾ 이에 등재되지 않은 우주폐기물 예컨대 1mm보다 큰 우주폐기물의 수는 약 1억7천만 개, 1cm보다 큰 우주폐기물은 67만여 개에 이른다고 추정되기도 한다.

<표-2> 우주폐기물 현황

| 국가명 | 인공위성 | 발사체 잔해 및 우주폐기물 | 합계 |
|-----|-------|----------------|-------|
| 중국 | 215 | 3,564 | 3,779 |
| CIS | 1,509 | 4,809 | 6,318 |
| ESA | 69 | 53 | 122 |
| 프랑스 | 62 | 467 | 529 |
| 인도 | 70 | 112 | 182 |

29) Orbital Debris Quarterly News, Volume 20, Issues 3, July 2016

30) <http://insights.globalspec.com/article/1258/cleaning-up-space-debris>, 2016년 6월 방문 ; 관찰장비의 추적 능력이 군사기밀에 의해서 보호되는 정보이기에 추적될 수 있는 정확한 크기는 추정될 수밖에 없다.

제 2 장 우주폐기물로 인한 피해 방지와 책임제도

| 국가명 | 인공위성 | 발사체 잔해 및 우주폐기물 | 합계 |
|-----|-------|----------------|--------|
| 일본 | 154 | 90 | 244 |
| 미국 | 1,384 | 4,279 | 5,663 |
| 기타 | 779 | 113 | 892 |
| 합계 | 4,242 | 13,487 | 17,729 |

IADC가 국제연합에 보고한 바에 따르면, 우주폐기물의 크기별 위험성은 다음과 같다.³¹⁾

- 직경 1mm 미만의 작은 폐기물은 우주선의 sensor, 전력선 및 파이프 등을 손상시킬 수 있다.
- 직경 1mm 내지는 1cm의 폐기물은 우주선 외벽을 관통하여 심각한 손상을 끼칠 수 있다.
- 직경 1cm보다 큰 폐기물은 우주선에 심각한 손상을 끼치거나 파괴시킬 수 있다. 현재는 10cm보다 큰 폐기물만이 지상의 감시장치에 의해서 추적될 수 있다. 다만 GEO인 경우에는 1m보다 큰 폐기물만이 추적될 수 있다.

이에 우주폐기물의 충돌 위험은 실제로 존재하는 위험이기에 그 위험성을 평가하고 대책을 마련하자는 논의가 계속되고 있다. 본장에서는 그러한 논의의 동향과 그에 따르는 책임 제도에 대해서 살펴 보고자 한다.

31) IADC “Space Debris Mitigation”, presented to: 35th Session Of The Scientific And Technical Subcommittee Committee On Peaceful Uses Of Outer Space United Nations, pp. 8-9,

http://www.iadc-online.org/Documents/35th_UN_COPUOS_STSC.pdf, 2016년8월20일 방문

제 1 절 우주폐기물 충돌의 위험성과 대책

1. 우주폐기물 충돌 방지

우주폐기물과의 충돌 방지를 위한 장치는 미국 공군의 정보 수집과 통보에 의하며, 미국 의회에서 개최된 청문회 기록에 따르면 관련 현황은 다음과 같다.³²⁾

- 미국 캘리포니아주 반덴버그 공군기지에 위치하고 있는 Joint Functional Component Command for Space(이하 “JFCC”라 칭함)가 우주상황인식(Space Situational Awareness, 이하 “SSA”라 칭함)의 임무의 하나로서 우주폐기물을 탐색하고 추적한다.
- JFCC가 우주폐기물의 근거리 접근을 탐지하면 위성 운용자에게 conjunction summary를 발부한다. 하루 평균 1,400여개의 경보(warning)가 발부된다. JFCC는 이를 경보라고 칭하기도 하지만, 통보를 받은 위성 운용자가 회피 기동 등의 조치를 취할 의무는 없다. 특히 상업용 위성의 경우에는 국방용 위성 등과 같은 다른 용도의 위성보다 위성의 회피 기동을 취하는 결정과정이 복잡한 것으로 알려져 있다.
- 2014년 현재 JFCC는 41개의 기업과 우주궤도상의 자산에 대한 추적 데이터를 공유하는 협정을 체결한 바 있고, 호주, 이탈리아, 일본, 캐나다, 및 프랑스 등의 국가와 데이터 공유 협정을 체결하고 있다.
- JFCC가 추적 가능한 우주폐기물의 크기는 4인치 이상으로서 그것보다 작은 폐기물의 추적은 불가능하다. 예컨대 시속 17,500 마일

32) Hearing Before The Subcommittee On Space Committee On Science, Space, And Technology House Of Representatives One Hundred Thirteenth Congress Second Session May 9, 2014 Serial No. 113 - 74, pp. 9-11

의 속도로 비행하는 페인트 덩어리는 추적이 불가능하다. 그러나 그 작은 페인트 덩어리도 심각한 피해를 줄 수 있는 폐기물이다. 최근에는 이른바 큐브셋(cubesat)의 숫자가 증가하고 있다. 한 면의 길이가 10cm인 사각형 모양의 위성으로 예컨대 2014년2월에 ISS는 33개의 큐브셋을 우주궤도에 설치하였다. 이보다 더 작은 것이 이른바 chipsat이라고 불리는 것으로 신용카드보다 작은 크기이다, 향후 몇 년내에 ISS는 수천 개의 chipsat을 설치할 것으로 예상된다.

- 2007년 중국의 위성파괴무기의 실험으로 1cm보다 큰 우주폐기물 150,000여개가 배출된 것으로 탐색되었고, 2000년도 러시아의 Kosmos-2251 위성과 미국의 Iridium-33 위성의 충돌로 인해서 2,000여개 이상의 우주폐기물이 배출되었다. 이 두 사건만으로 인해서 배출된 폐기물이 현재 JFCC가 추적하는 우주폐기물의 거의 4분의 1에 해당한다.

위와 같은 기술적 능력이 고려될 때에 우주폐기물의 충돌을 막는 방법은 다음과 같다.³³⁾

- 충돌로 인한 충격을 막도록 우주선을 shielding 하는 방법은 폐기물의 크기가 1 이나 2 cm 이상만 되더라도 효과가 없다.
- 충돌을 사전에 감지하고 회피하는 기동은 폐기물의 추적 장부를 작성하여 추적하는 경우에만 신뢰할 수 있다.
- 우주선에 중대한 손상을 끼치는 폐기물을 제거하는 방법은 현재로서는 실현하기 어렵다.
- 우주폐기물의 감축(mitigation)이 현재로서는 가장 효율적인 전략이다. 전략적으로 중요한 궤도 지역에 폐기물의 양을 줄이는 것이 궤도 자원의 장기적 안정 측면에서 가장 효율적이다.

33) Position Paper on Space Debris Mitigation Implementing Zero Debris Creation Zones, ESA, International Academy of Astronautics (IAA), October 15, 2005, pp.5-6
<http://www.esa.int/esapub/sp/sp1301/sp1301.pdf>, 2016년6월29일 방문

2. 우주폐기물 보수

우주폐기물의 감축만이 아니라 기존의 폐기물을 제거하는 방법의 적법성에 관한 논의가 지속되고 있다.

(1) 우주폐기물의 보수 및 제거의 경제성 전망

우주폐기물의 보수에 관한 연구에 따르면 다음과 같은 점에서 우주폐기물의 보수가 장기적으로 경제성을 갖는다.³⁴⁾

- 고도 2,000km 이하의 저궤도에서는 운용중인 위성이 약 500여개, 10cm보다 큰 우주폐기물로서 추적되는 것이 12,000여개, 1cm보다 크고 추적안되는 것이 500,000 여개이다. 저궤도에서의 인공위성의 평균 비용은 1억3천만 달러에서 3억3천만달러로 추산된다.
- 지구정지궤도에서는 440여개의 운용중인 위성이 있고, 1m보다 큰 1,000 여개의 위성이 추적되고 있고, 추적되지 않는 우주폐기물의 수는 확인되지 않고 있다. 인공위성의 평균 비용은 2억달러에서 4억달러로 추산된다.
- 10cm보다 작은 우주폐기물에 대해서는 그 운동 에너지를 줄이는 방법, 예컨대 얇은 필름으로 둘러싸는 방법 등을 적용하거나, 레이저빔 투사하는 방법 등이 고려되고 있다. 그러나 이렇게 작은 폐기물의 보수나 청소는 비용측면에서 비효율적인 것으로 판단되고 있다. 따라서 이러한 폐기물이 배출되지 않도록 하는 방법, 예컨대 우주물체의 임무 종료후 조치 등이 더 효율적인 것으로 판단되고 있다.

34) “Space Debris Remediation & On-Orbit Servicing: Concepts, Considerations, Moving Forward”, William Ailor, Ph.D, Center for Orbital & Reentry Debris Studies, The Aerospace Corporation, Presented at Interdisciplinary Congress on Space Debris Remediation, McGill University November 11, 2011

https://www.mcgill.ca/iasl/files/iasl/sdc2011_2_ailor.pdf, 2016년6월5일 방문

- LEO에서는 1cm보다 큰 물체, GEO에서는 10cm보다 큰 물체만이 추적될 수 있다. 또한 큰 우주폐기물은 작은 폐기물과의 충돌을 피할 수 없다. 그 결과 작은 우주폐기물이 더 많이 배출된다.
- 위와 같은 경제성 전망에 기초하여 볼 때에 향후 20 내지 30년간은 우주폐기물의 제거가 운용중인 위성에는 최소한이지만 명백한 편익을 가져다 준다. 왜냐하면 우주폐기물의 양이 현재와 같다면 그로 인해서 인공위성의 수명이 점점 줄어들기 때문이다.
- 또한 장기적으로는 통제할 수 없는 우주폐기물과의 충돌 가능성이 줄어들 것이기 때문에 위성 운용의 편익이 증대될 것으로 예상된다.
- 요컨대 우주폐기물 제거의 편익은 장기적인 관점에서 존재한다.
- 우주폐기물 제거 기술의 개발과 시험을 위한 재원의 마련이 필요하다. 특히 장기간 사용될 수 있는 재원의 마련이 필요하다.

(2) 우주폐기물 보수를 둘러싼 법적 쟁점

앞에서 살펴 본 바와 같이 1cm보다 크고 추적이 안되는 우주폐기물 50여만 개를 포함하여 우주폐기물의 수는 51만여 개를 상회한다. 그렇게 많은 우주폐기물의 등록국적을 찾는 것은 사실상 불가능하기에 일부 학설은 이러한 우주물체를 유기(derelect)상태로 보기도 한다. 유기된(derelect) 우주폐기물의 개념은 다음과 같이 정의될 수 있다. 해당 물체를 책임지는 자가 그 물체를 다시 회수할 의사나 기대를 하지 않고 포기한(abandoned and deserted) 물체로서, 예컨대 유인 우주선인데 그 승무원이 다시 회수하거나 복귀할 의도없이 포기한 것, 인공위성과 그 부속 물체인데 그 운용 수명이 종료되었을 때 유기된 것으로 간주될 수 있다.

위와 같은 우주물체의 포기 또는 유기와 밀접히 관련되는 행위가 임무종료(End of Mission, 이하 “EOM”이라 칭함)조치이다. 일반적으로

위성의 운용자는 다음 중의 하나를 수행하는 것이 하나의 관행으로 인정되고 있다.³⁵⁾ 즉 위성의 연료가 소진되거나, 위성을 조종하는 것이 불가능하거나, 위성의 성능이 저하되어서 더 이상 운용할 수가 없거나 또는 고장일 때에 위성의 EOM을 선언한다. 이러한 선언은 국가 정부가 하는 것은 아니지만, 위성 운용자들의 관행이다.

EOM은 해당 우주물체에 대한 위성 운용자의 의사에 따른 처분이라고 보인다. 문제는 그와 같이 EOM 선언된 우주물체만이 아니라 유기된 물체에 대해서 등록국가의 관할권과 통제권이 유지되는가이다.³⁶⁾ 현재까지 등록국가의 관할권과 통제권의 일시적인 정지는 조약상 또는 관행상 인정된 바 없다고 판단된다. 또한 우주물체의 회수를 위해서 관할권과 통제권이 이전된 선례도 없고, 등록국가의 허락을 받은 선례도 없다. 아울러 등록국가가 누구인지 불확실한 물체를 회수한 선례도 없다.

근본적인 쟁점은 다음과 같다.³⁷⁾

- 국가가 등록 국가의 허락없이 우주물체를 보수하는 것이 허용되는가?
- 등록 국가의 허락 없이 보수가 허용될 때 그 법적인 근거는 무엇인가?
- 그러한 보수의 편익은 무엇인가?
- 등록 국가의 허락없이 행하는 보수가 우주물체에 대한 간섭(interference)에 해당하고 해당 국가의 국가안보 이익을 침해하는 것은 아닌가?

35) Space Safety Regulations and Standards, Edited by: Joseph N. Pelton, Ram S. Jakhu, pp.376-377

36) Space Debris and the Corpus Iuris Spatialis (공)저: George T. Hacket, Edition Frontieres, 1994년, 193면

37) Presented to the International Space Debris Remediation Congress Montreal, QC Nov. 11th 2011, "Space debris remediation and the jurisdiction and control of space objects" Dr. Michael Mineiro

요컨대 우주물체의 보수를 둘러싼 관할권과 통제권 문제에 대해서 현행 법규범은 불확정적이다.

제 2 절 우주폐기물 피해의 책임 제도

1957년 최초의 우주선인 Sputnik의 발사 이래, 우주공간에 대한 자유로운 접근이 국가의 권리로 인정되었고, 우주공간은 마치 하나의 공유의 대상으로 이용되어 왔다. 그 결과 우주공간에는 폐기된 인공 위성이나 발사체의 잔해 등의 각종 우주폐기물이 쌓이게 되었고, 그 규모는 이제 지구궤도에서의 우주비행을 불가능하게 만들 우려를 낳고 있다. 이에 현 상태에서의 우주폐기물의 위험의 정도를 파악하고 그에 맞는 대책의 마련이 필요하다고 인식되고 있다.

1. 우주활동 및 물체로 인한 국제책임의 성립

1967년 우주조약과 1972년 책임협약은 우주활동에 관한 책임 및 우주물체로 인한 손해발생에 따른 책임을 규정하고 있다.

(1) 조약상 의무 위반에 대한 책임

1967년 우주조약 제6조는 자국민을 포함한 자국의 우주활동에 대해서 조약 준수에 관한 국제적 책임을 당사국이 부담하도록 규정하고 있다. 또한 우주공간에서 비정부 주체에 의한 활동에 대해서 적절한 국가가 허가 및 지속적인 감독을 행할 의무를 규정하고 있다.

(2) 우주활동으로 인한 유해한 간섭에 따른 책임

1967년 우주조약 제9조는 우주공간의 탐사(exploration)를 수행하면서 우주공간의 유해한 오염을 회피할 의무를 규정하고 있다. 아울러 자

국 또는 자국민에 의한 활동이 타국의 활동에 유해한 간섭을 잠재적으로 유발할 것으로 믿는 경우에 적절히 사전에 협의할 의무를 규정하고 있다. 또한 유해한 간섭을 받을 것으로 생각하는 국가도 사전 협의를 요청할 수 있다.

(3) 우주물체로 인한 피해에 대한 책임

1967년 우주조약 제7조는 “달과 기타 천체를 포함한 외기권에 물체를 발사하거나 또는 그 물체를 발사하여 궤도에 진입케 한 본 조약의 각 당사국과 그 영역 또는 시설로부터 물체를 발사한 각 당사국은 지상, 공간 또는 달과 기타 천체를 포함한 외기권에 있는 이러한 물체 또는 동 물체의 구성부분에 의하여 본 조약의 다른 당사국 또는 그 자연인 또는 법인에게 가한 손해에 대하여 국제적 책임을 진다”고 규정하고 있다.

1972년 우주물체로 인한 손해에 대한 국제책임협약은 제2조에서 우주물체로 인한 손해에 대한 책임을 규정하고 있다.³⁸⁾ 지표상 또는 비행중인 항공기에 대해서는 절대책임을, 반면에 지표를 제외한 다른 곳에서는 과실책임이 적용된다.

동 협약에서 유책국가는 발사 국가이다. 협약 제1조에 따라서 발사 국가는 우주물체를 발사하거나 그 발사를 조달한 국가, 또는 자국의 영토나 시설로부터 우주물체가 발사된 국가를 의미한다. 아울러, 우주물체는 우주물체와 우주물체의 구성품, 발사체와 발사체의 구성품을 포함한 개념이다.

그러나, 1972년 책임협약에 따른 우주물체에 우주폐기물이 포함되는가의 문제에 대해서는 아직 논쟁의 여지가 있다. 즉 우주폐기물로 인

38) 영문 조약문에서는 liability이기에 불법행위책임에 따른 손해배상으로 번역되는 반면에, 프랑스어 조약문에서는 프랑스어에 liability와 responsibility가 구분되지 않기에 responsibility이기에, 이 책임을 불법행위법에 따른 손해배상책임만이 아니라 일반적인 국제책임이라고 해석하기도 한다

해서 손해발생시에 해당 국가의 책임이 성립하는가에 대해서는 아직 논쟁의 여지가 있다.

요컨대, 우주물체의 국적이 판별되면, 지표상에서 우주물체로 인해서 발생한 손해에 대한 절대(absolute) 책임이 성립되고, 지표 이외의 장소에서 우주물체로 인해서 발생한 손해의 경우에는 과실책임이 적용된다. 우주물체의 국적이 판별되지 않는 경우에 대해서는 1972년 책임협약은 다루지 않고 있다. 우주물체의 국적이 판별되지만, 그로부터 분리된 구성 부품으로 인한 피해의 발생시의 책임에 대한 1972년 책임협약 적용 문제에 대해서는 아직 논란이 있다고 판단된다. 우주물체의 국적이 판별되지 않으면서, 아울러 유기된 우주물체, 예컨대 EOM 처리된 우주물체로 인한 피해에 대해서는 1972년 책임협약은 규정하고 있지 않고 있다.

2. 입법 사례

(1) 미 국

발사체로 인한 제3자 피해에 대해서 법률은 미국 NASA의 발사체 경우와 상업용 발사체 경우로 나누어 규정하고 있다. 전자의 경우에 미국 NASA의 발사체를 이용하는 자를 피보험자로 하여 발사체의 운용중에 발생하는 제3자 피해를 담보하는 책임보험에 발사체 이용자를 피보험자로 설정할 권한을 51 U.S.C. § 20138에 따라 NASA에게 인정하고 있다. 발사행위가 종료된 이후의 우주물체, 예컨대 발사체의 궤도 단계 등으로 인해서 발생한 제3자 피해는 발사체의 운용중에 발생한 것이 아니므로 제3자책임보험의 부보 대상에는 포함되지 않는다고 해석된다.

상업용 발사서비스의 경우에, 서비스 허가하에 수행된 활동으로 인한 제3자 피해에 대해서 발사서비스 사업자가 책임보험을 구입할 의무

가 부과된다. 여기서 51 U.S.C § 50902에 따라 발사서비스는 발사체 및 탑재체 등의 준비에 관련된 행위와 발사 행위 그 자체를 의미하므로 발사행위가 종료된 이후의 우주물체, 예컨대 발사체의 궤도 단계 등으로 인해서 발생한 제3자 피해는 포함되지 않는다고 해석된다.

요컨대, 우주폐기물로 인한 제3자 피해에 대해서는 법률상 규정이 없다.

(2) 프랑스

『2008년 우주활동에 관한 법률』³⁹⁾ 제15조는 우주활동 허가를 득한 자가 우주물체로 인하여 제3자에게 발생한 피해를 보상하여야 하는 경우에 허가받은 활동의 범위내에서 국가의 지원을 받는다. 동 법 제2조는 우주활동이라 함은 우주공간에 우주물체가 있는 동안 우주물체를 통제하는 모든 활동을 말한다고 규정하고 있다. 따라서 우주폐기물로 인한 제3자 피해는 정부의 지원 대상에 속하지 않는다고 해석된다.

제 3 절 충돌위험의 담보와 대응 방안 논의

1. 우주보험에 의한 위험담보

(1) 보험의 종류

일반적으로 우주보험("space insurance")이라 불리는 보험 상품은 다음과 같다.⁴⁰⁾

39) LOI n° 2008-518 du 3 juin 2008 relative aux opérations spatiales

40) 영국의 Marsh & McLennan사의 자료 중 다음의 주소에 있는 자료를 재편집함
<https://www.marsh.com/uk/industries/aviation-aerospace/space-and-satellite-insurance.html>
2016년5월 방문

제 2 장 우주폐기물로 인한 피해 방지와 책임제도

- 위성발사 및 궤도보험(Satellite Launch and In-Orbit Insurance) : 발사, 궤도상 실험 및 궤도상 운용중인 위성을 부보대상으로 하며 보험금 지급조건은 발생하는 손실, 손해, 또는 고장 등이다.
- 발사보험(Launch Risk Guarantee) : 발사서비스 제공자들의 서비스를 부보대상으로 한다. 발사서비스의 실패 등의 불이행이 보험금 지급의 조건이다.
- 발사체분리 보험(Satellite Launch Vehicle Flight Only Insurance) : 인공위성이 부보대상이며 인공위성이 발사되어서 발사체로부터 분리될 때까지를 기간으로 하고, 발사서비스의 불이행이 보험금 지급의 조건이다.
- 위성분리 보험(Satellite Post Separation Insurance) : 인공위성이 부보대상이며 위성이 발사체로부터 분리된 이후의 손실, 손해, 또는 고장 등이 보험금 지급 조건이다.
- 위성궤도진입보험(Satellite In-Orbit Insurance) : 위성의 궤도진입 단계에서의 손실, 파손 및 실패 등의 위험을 담보하는 보험이다. 일반적으로 보험기간이 1년으로 한정된다. All-Risk Basis의 경우에 우주폐기물로 인해서 피보험자가 손해를 입는 위험도 담보된다.
- 위성제3자책임보험(Satellite Third Party Liability Insurance) : 발사 및 궤도 진입단계에서 제3자에 대한 신체 및 재산 훼손의 위험을 담보하는 보험이다.
- 위성궤도보험(Satellite Loss of Revenue Insurance) : 위성이 제조사의 규격을 못맞추는 하자로 인해서 발생한 금전적 손실 위험을 담보하는 보험이다.
- 우주제조물보험(Space Products) : 제조사 규격을 못맞추는 제품에 대해서 제조사가 구입하는 보험이다.

(2) 보험의 위험분배 기능

우주보험은 우주사업에 참여하는 당사자들간의 위험을 분배하는 기능을 한다. 예컨대, 발사서비스 계약의 오랜 관행 및 특히 미국 국내 법령 및 판례에서 그러한 역할이 인정된 바 있다. 일반적으로 발사서비스 계약은 당사자들간의 “상호과실책임면제”(reciprocal no fault), 상호 대위권 포기, 상호 손해배상책임청구권 포기(interparty waivers of liability)에 관한 내용을 규정한다. 그러한 상호 포기는 발사체제작자 및 하도급 계약자, 발사서비스 제공자 및 하도급 계약자, 발사체로 운반될 인공위성의 제작자 및 하도급 계약자 등간의 모든 계약에 규정되게 된다. 우주물체의 발사를 둘러싼 당사자들간의 계약 체인(contractual chain)에 동일한 내용이 규정된다. 대신에 각 당사자들은 보험을 구입하여 위험에 대비한다. 요컨대 보험상품이 있기에 이러한 청구권 포기의 위험분배가 가능하다는 것이 일반적인 인식이다. 예컨대, 미국의 Martin Marietta사가 발사체의 실패로 인한 손해배상책임을 청구한 Martin Marietta Corp. v. Intelsat 사건에서 2심 법원은 발사서비스에 따른 상호청구권의 포기가 보험을 통한 위험의 분배라는 미국 법령의 취지와 부합한다고 판시하면서, 중과실인 경우에 법령상의 청구권 포기 조항이 적용되지 않는다는 원고측의 주장에 대해서 계약상 원고가 보험을 구매한다는 조항이 명시된 만큼 위험의 분배라는 취지에서 볼 때에 원고의 주장을 인정할 이유가 없다고 결정한 바 있다.⁴¹⁾

(3) 보험시장의 기능

보험이 위험의 분배기능을 하기 위한 기반은 보험사의 수익성 확보이고, 그 수익성은 보험 상품이 시장에서 거래되기 때문이다. 보험사

41) Martin Marietta Corp. v. Intelsat, 763 F. Supp. 1327 (D. Md. 1991), U.S. District Court for the District of Maryland - 763 F. Supp. 1327 (D. Md. 1991), May 13, 1991

가 보험금을 지급하고 우주사업의 당사자들이 보험료를 지급하는 시장거래에서 당사자들이 효용을 찾기 때문이다. 그러한 시장거래는 예컨대 우주선의 제작사, 우주선의 운용자, 및 보험사 등의 3자간의 관계에서 이루어진다.

예컨대 태양의 흑점 폭발 등으로 인해서 발생하는 전자파 위험은 현재 보험금 지급의 면책사유로 인정되는 것이 관행이다.⁴²⁾ 즉 전자파 위험은 보험으로 보호받지 않는다. 그 배경은 보험사가 우주선에 적용되는 기술의 과거 실적에 기초해서 위험도를 평가한다는 점이다. 특히 현재 쟁점이 되는 과거의 실적은 우주선의 운용자 특히 통신위성의 운용자들이 상업용으로 사용될 용량이 있음에도 불구하고 전손 보험금을 청구하는 사례가 늘어났고, 그러한 배경에서 우주선 제작사의 품질보증 신뢰도가 저하되고 있다는 점이다. 그런 상황에서 전자파 위험을 보험금 지급 사유로 한다면, 보험사는 제작사의 신뢰도를 살펴보게 되고, 그렇다면 현재의 상황에서는 (즉 제작사의 신뢰도가 낮은 상태에서는) 보험료가 상당히 높아질 가능성이 있는데, 이는 보험사와 위성운용자들이 원하지 않고 있다.⁴³⁾

예컨대 위성운용자가 우주 전자파로부터의 위험으로부터 보호받기를 원한다면, 현재 시장에서 보험사는 제작사의 품질보증활동을 신뢰하지 않으므로 보험료를 높일 것이고, 또한 우주전자파로 인한 사고 발생시에 보험금을 지급하고 제작사에 구상권을 행사할 것인데, 그렇다면 우주선의 제작비용이 인상될 것이고, 결국 위성운용자가 그 비용을 부담하게 된다. 만약에 현재의 제작사 능력에 대해서 보험사가 제작사를 크게 신뢰한다면, 보험료를 인상하지 않고 새로운 위험이

42) <http://www.unidir.ch/files/conferences/pdfs/debris-and-insurance-the-impacts-of-space-debris-on-future-insurance-premiums-for-satellite-operators-en-1-843.pdf>, 2016년5월 방문

43) "Market Update" Chris Kunstadter, XL Insurance, World Space Risk Forum, 2014, Dubai, pp. 45-46
"http://worldspaceriskforum.com/2014/wp-content/uploads/2014/05/1_MARKET-UPDATE_KUNSTADTER.pdf", 2016년5월 방문

담보될 수 있지만 현재는 그렇지 않다. 달리 말하면 우주전자파로부터의 우주물체의 보호 비용이 보험시장에서 수용될 수 없는 수준이다. 결국 보험사와 위성운용자는 이미 알려진 위험, 이미 과거의 실적이 있는 위험에 기초하여 산정된 보험료에 따라서 거래하게 된다. 새로운 위험에 대한 보험상품은 시장에서 거래 가능한 보험료가 산출될 수 있어야만 가능하다.

(4) 우주폐기물 보험의 논의 동향

이러한 배경에서 보험사들은 시장거래를 가능하게 할 수준의 보험료와 보험금을 예측할 수 없다는 불확실성이 우주폐기물 보험의 문제점이라고 지적하고 있다.⁴⁴⁾

우주선의 운전자 입장에서 우주폐기물 위험은 자신의 우주선이 피해를 입는 경우와 자신의 우주폐기물이 타인에게 피해를 가할 위험의 두가지인데, 전자의 경우에 현재는 일반적으로 위성궤도진입보험에 의해 담보된다. 그러나 우주폐기물로 인한 위험도가 커질 경우에, 시장에서 상품이 급속히 취급되지 않을 가능성, 또는 피보험자가 현재의 1년보다 더 연장된 보험상품을 원할 가능성이 있지만 그 경우의 보험료 산정의 불확실성 등이 쟁점으로 남아 있다.

후자의 경우에 첫번째 쟁점은 보험기간이다. 우주폐기물의 궤도상 잔존기간이 현재의 보험상품의 기간보다 훨씬 더 길기 때문에 그 기간을 담보하는 보험료 산출이 현재로서는 매우 어렵다. 둘째, 보험금을 지급하는 경우에 보험사가 피해자의 우주물체에 대해서 구상권을 행사할 수 있는가의 불확실성이 쟁점으로 남아 있다.⁴⁵⁾

44) “Space Risks: A new generation of challenges. An insurer’s perspective from Allianz Global Corporate & Specialty”, <http://www.agcs.allianz.com/insights/white-papers-and-case-studies/space-debris-white-paper/> 2016년 5월 방문

45) The Cape Town Convention: Its Application to Space Assets and Relation to the Law of Outer Space, (공)저: Mark J. Sundahl, Martinus Nijhoff, September 9, 2013, p.110

2. 재정적 책임의 분배와 공유 방안

과거의 Intelsat 모델에 기초하여 새로운 국제기구를 만들자는 제안, 새로운 국제협약을 체결하자는 제안 등이 있는 바, 다양한 제안들의 핵심 쟁점은 재원의 문제이다.

(1) 기금 조성 방안

모든 발사서비스 제공자와 인공위성 운용자가 (정부 또는 기업을 포함하여) 조성하는 기금이 미래지향적이고 가장 공평한 방법이라는 주장이 제기되고 있다. 이 방안의 장점은 기금을 재원으로 하여 우주 폐기물 제거에 필요한 기술을 개발할 수 있다는 점, 그 개발 주체들이 우주폐기물을 제거하는 기술을 개발하고 폐기물을 개발한 이후에야 대가를 받도록 한다는 점, 단일 국제 기구나 법인이 아니라 기금의 운용을 통해서 보다 유연하고 경쟁력있는 기술의 개발이 가능하다는 점, 국제 기구나 법인은 우주 폐기물 문제가 없어진 이후에도 해체하기가 어려우나 기금은 그렇지 않다는 점, 기금의 조성은 이미 우주산업에서 성숙한 보험제도의 모델을 따르는 것인 만큼 효율적이라는 점 등이다.⁴⁶⁾

“보험사는 우주자산에 대한 보험료를 지급하고 우주자산에 대해 갖는 권리, 즉 구상권을 갖는다. ... 무궁화1호의 경우에 보험은 궤도보험 9년이었고 보험금은 1억 400만 달러였다. 발사 실패로 인하여 수명은 그 이하로 줄은 상태였다. 보험사는 수명이 5년 이상 남았으므로 이는 전손이 아니라고 주장하면서 KT가 보험금 전액을 받으려면 소유권을 보험사에 양도하여야 한다고 주장하였다. 거의 대부분의 보험 계약은 보험사가 보험금을 지급하면 구상권(salvage right)을 행사함을 규정한다. 구상권은 권리에 대한 구상(title salvage)과 수입에 대한 구상(revenue salvage)의 두 가지 종류로 나뉜다. 인공위성의 경우, 전손(total loss)의 경우 또는 추정전손(constructive total loss)인 경우에 보험사가 보험금을 지급하고 구상권을 행사한다. 일반적인 관행은 인공위성의 중계기의 반 이상이 작동하지 않는 피해가 추정전손의 요건에 해당한다”

46) Joseph N. Pelton, "Global Economic Fund for Space Debris Removal", Institute of Air & Space Law, 2011.2 https://www.mcgill.ca/iasl/files/iasl/sdc2011_2_pelton.pdf 2016년7월방문

(2) 책임의 분배 방안

우주폐기물의 원인을 제공한 비율만큼 책임을 분배하자는 방안으로서 이른바 “Market-Share Liability” 방안이 제기되고 있다. 이는 우주폐기물을 배출해서 다른 국가에게 피해를 끼치는 행위, 즉 경제학 용어로서 외부효과를 발생시킨 국가는 그 비용을 내부화, 즉 그 편익에 따른 대가를 지불하여야 한다는 원리에 기초한다.

이에 따르면 국적이 판별되지 않는 우주폐기물에 의해서 피해를 입은 국가에 대한 보상은 우주폐기물 배출의 원인을 제공한 국가들의 비율에 따라서 국가들이 부담한다.⁴⁷⁾ 그러나 이 방안의 단점으로는 우주폐기물 원인을 덜 제공한 국가들이 우주폐기물의 감축 노력을 덜 할 것이라는, 즉 도덕적 해이의 발생될 수 있다는 점이다.⁴⁸⁾

소 결

또한 1967년 우주조약에 따른 국가의 감독 의무 등에 따라서 국가가 우주폐기물의 배출 억제 등의 의무를 부담하는가에 대해서는 아직 논란이 있다고 판단된다.

47) Mark J. Sundahl, Note, Unidentified Orbital Debris: The Case for a Market-Share Liability Regime, 24 *Hastings Int’L & Comp. L. Rev.* 125, 128 (2000)

48) Michael W. Taylor, Trashing the Solar System One Planet at a Time: Earth’s Orbital Debris Problem, 20 *Geo. Int’L Env’tl. L. Rev.* 1, 53 (2007)

제 3 장 우주폐기물 감축을 위한 법제도 동향

앞장에서 살펴 본 바와 같이 우주 폐기물에 대한 국제 조약상 규범의 내용과 성격이 불확실하지만, 우주폐기물의 위험성에 대해서는 우주 관련 산업계와 각국의 정부 당국이 인지하고 있었다. 특히 1973년 12월 미국의 Delta 로켓의 2단계 로켓이 궤도상에서 폭발하면서 상당한 양의 폐기물이 배출된 사건은 궤도상에 남겨져 있는 우주폐기물이 더 큰 위험을 불러일으킬 수 있음을 확인시켜 주는 계기가 되었다. 이에 1980년에 the International Astronautical Federation (IAF)이 지구정지 궤도상의 우주폐기물의 관리가 필요하다는 연구 보고서를 발표했다. 또한 1981년에는 The American Institute of Aeronautics and Astronautics (AIAA)가 우주폐기물 관리에 대한 연구 결과를 발표했다. 한편 미국의 NASA는 Delta 로켓 사건을 계기로 발사체에 남은 연료를 제거하는 방침을 시행하기 시작했다. 이러한 배경속에서 우주폐기물 감축의 목표를 운용중에 폐기물 배출을 줄이는 것과 궤도상에서 우주물체를 파괴하지 않도록 하는 것, 두 가지로 설정하자는 논의가 대세가 되었다. 그리고 그러한 논의는 국제법주체로서의 국가가 아닌 산업계와 전문가, 아울러 국제 기구 차원에서 진행되었다.

2015년에 발표된 연구 논문에 따르면⁴⁹⁾, 2014년 현재 미국의 우주감시체계(Space Surveillance Network, “SSN”라 칭함)의 등재(catalogued) 기록상 우주폐기물의 현황은 다음과 같다.

- 4,950회의 발사와 250여개 이상의 궤도상 위성, 그 발사와 위성이 만들어낸 17,000여개의 파편(fragmentation)이 지구 궤도를 돌고 있으며,

49) Dr. Manfred Wittig, “Space Debris and De-Orbiting”, ITU Symposium and Workshop on small satellite regulation and communication systems, Prague, Czech Republic, 2-4 March 2015, p.4

- 궤도상에 등재된 물체의 무게는 약 6,700톤이고, 그 중에 저궤도 (Low Earth Orbit, LEO)상의 물체의 무게는 약 2,700톤이며,
- 그중에 6%가 현재 운용중인 우주선, 37%가 기능하지는 않지만 외관상 원형을 유지하고 있는 우주선이다. 그 중에 57%는 폭발이나 충돌로 인해서 배출된 파편들이다.
- 그러한 물체들중의 76%가 LEO, 17%가 중궤도(Medium Earth Orbit, MEO), 그리고 7%가 지구정지궤도(Geostationary Earth Orbit, GEO)에 있다.

NASA의 연구원인 Kessler가 1978년 발표한 논문에 따르면⁵⁰⁾, 우주폐기물 위협의 특징과 규모는 다음과 같다.

- 비교적 큰 우주물체가 우주폐기물이 되고, 그 폐기물들이 충돌하면서 더 작지만 더 많은 수의 우주폐기물이 배출되고, 그 작고 더 많은 우주폐기물들이 다른 우주물체나 우주폐기물과 충돌할 가능성이 비례적이 아닌 기하급수적으로 늘어나게 된다.
- 궁극적으로는 우주공간은 우주물체가 항행할 수 없는 우주폐기물의 구름층으로 뒤덮이게 된다.

또한 2010년 Kessler를 비롯한 NASA의 연구진은 그러한 효과(이른바 Cascade effect)를 당시의 데이터와 방법론으로 추정한 결과는 다음과 같다.⁵¹⁾

50) D.J. Kessler and B.G. Cour-Palais, "Collision Frequency of Artificial Satellites: The Creation of a Debris Belt", Journal of Geophysical Research, Vol. 83, No. A6, pp. 2637-2646, June 1, 1978.

<http://webpages.charter.net/dkessler/files/Collision%20Frequency.pdf>, 2016년5월15일 방문

51) Donald J. Kessler et al., The Kessler Syndrome: Implications to Future Space Operations, 33d Annual AAs Guidance and Control Conference, Paper AAS 10-016, at 1 (Feb. 2010),

<http://webpages.charter.net/dkessler/files/Kessler%20Syndrome-AAS%20Paper.pdf>. 2016년5월15일 방문

- 2010년 당시부터 추가로 우주선의 발사가 없더라도 그러한 Kessler 증상이 발생할 가능성은 줄어들지 않는다.
- 향후 50여년간 비교적 큰 규모의 충돌의 발생 빈도가 지난 50년에 비해서 3배로 늘어날 것이다.

우주폐기물의 양을 줄이는 방법은 다음과 같다.⁵²⁾

- 우주물체의 수 자체를 줄임
- 우주공간에서 파손(break-ups)의 발생을 억제함
- 위성의 표면의 열화를 줄임
- 크기를 측정할 수 있는 우주물체간의 충돌을 억제함
- 수명종료시에 인공위성을 폐기궤도로 이전함
- 위성을 탈궤도시키거나 궤도수명을 줄임
- 우주물체 또는 폐기물을 제거함

위의 5가지 방법을 단기간 및 장기간으로 나누어 보면 다음과 같은 대책이 도출된다.⁵³⁾

- 위로부터 5가지는 새로운 폐기물의 배출을 최소화하는 것이고, 궤도상에 남은 우주물체와 폐기물 전체의 양을 줄이는 것은 아니다. 특히 위로부터 3가지는 우주폐기물의 배출 원인중 가장 큰 것들이다. 그래서 위로부터 3가지를 적용하면 단기간의 실적이 기대된다. 즉 적용후 20년 후의 성과를 목표로 하는 방법이다.
- 나머지 2가지는 궤도상에 남은 인공위성과 폐기물 전체의 질량을 줄이는 것이다. 적용되면 약 50년후의 성과를 목표로 하는 방법이다. 예컨대, 충돌위험이 감소될 수 있다.

52) 위 Position paper pp.19-21

53) 위 Position paper p.19

따라서 우주폐기물의 감축이 현재로서는 보다 현실적이고 효율적인 방법으로 판단되기에 각종 가이드라인과 기술기준이 우주폐기물의 감축을 목표로 하고 있다.

제 1 절 국제기구의 가이드라인

1. IADC 가이드라인

이러한 지속적인 논의와 노력의 경과 후에, 각국의 우주사업 담당 부처 및 기관들의 양자간, 또는 다자간 협의의 결과 1993년에 IADC가 설립되었다. IADC는 우주폐기물 감축의 목표는 위의 논의와 같이 우주폐기물 배출의 감소, 궤도상 파손 억제였고, 이에 사용되는 궤도에서 쓰지 않는 우주물체의 제거, 및 충돌 방지 등으로 설정되었다.

(1) 적용 범위

IADC가이드라인은 우주폐기물의 배출을 억제하려는 기존의 관행을 설명한 문서라고 가이드라인의 적용 범위를 규정하는 조항이 밝히고 있다. 또한 본 가이드 라인의 적용에 있어서, 구속력을 갖는다는 언급은 없으며, 관련 기구들이 기술 표준 등을 수립함에 있어서 본 가이드 라인의 적용이 권고될 뿐이다.

(2) 용어의 정의

IADC 가이드라인에 사용된 용어들은 당시의 관행을 반영한 것으로서 UN COPUOS의 가이드라인 및 ISO 표준에도 사용되고 있다.

1) 우주폐기물

IADC 가이드라인에서 우주폐기물이란 정상 기능하지 않는 인공 물체 및 그 파편과 그 구성 요소를 포함한 것으로 지구 궤도상 또는 대기권에 재진입하는 것을 말한다.

2) 우주선, 발사체 및 궤도 발사체 stage

우주선은 특정 기능 또는 임무 수행용으로 설계되어 궤도를 비행하는 물체로서 그 의도된 임무를 더 이상 수행할 수 없을 때 정상 기능하지 않는 것으로 간주된다 (스탠바이 모드 또는 예비 모드상태에서 대기 재가동될 수 있는 인공위성은 정상 기능하는 것으로 간주된다.)

발사체는 우주공간으로의 상승을 위해서 제작된 운반체, 우주공간에 하나 또는 여러개의 물체를 운반하기 위해서 제작된 운반체 및 sub-orbital(지구궤도까지 상승하기는 하지만 지구 궤도를 단 한번이라도 일주할 수 있는 궤도에는 진입하지 않는 상태) 로켓을 말한다.

발사체 Orbital Stage : (다단계 발사체의 여러 단계중에서 우주선 등의 탑재체를 지구궤도에 분리시키고) 지구궤도에 남은 단계를 말한다

3) 지구궤도와 보호구역

지구의 적도 반경은 6,378km이라고 보고,

보호구역 :

구역 A 저궤도(LEO) 구역 : 지구의 표면으로부터 고도 2,000 km까지에 이르는 둥근 구형의 구역이다

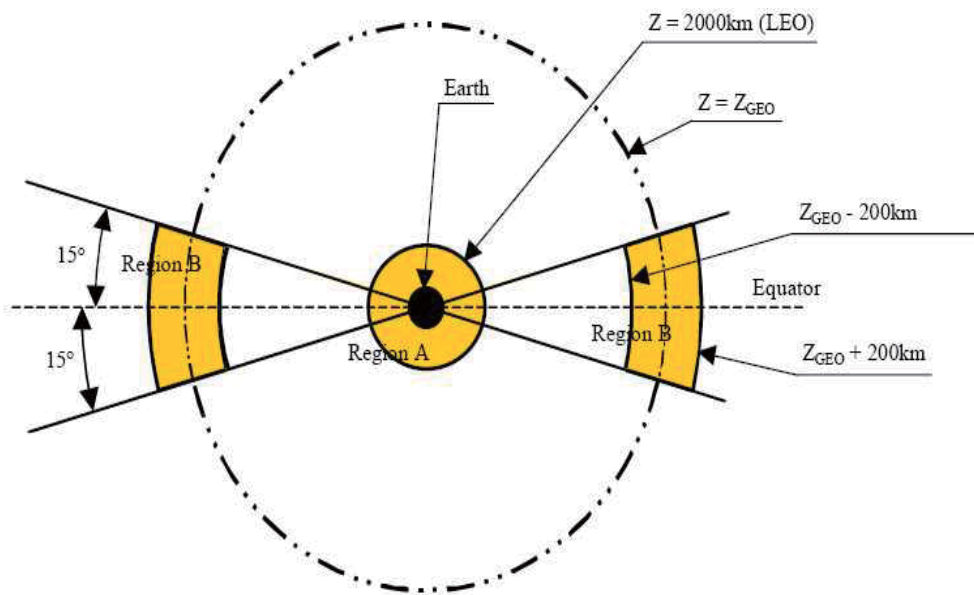
구역 B 지구정지궤도(Geosynchronous) 구역 : 다음의 요소에 의해서 확정되는 구형의 일부분이다.⁵⁴⁾

54) Nicholas L. Johnson, "A New Look At The Geo And Near-Geo Regimes: Operations, Disposals, And Debris", <http://ntrs.nasa.gov/archive/nasa/casi.ntrs.nasa.gov/20110006974.pdf>
2016년5월 방문

제 3 장 우주폐기물 감축을 위한 법제도 동향

- 지구정지궤도(고도 35,786km)보다 200km 낮고, 지구정지궤도보다 200 km 높으며 지구의 중심으로부터의 각도가 15도 크고 -15보다 큰 각도
- 지구정지궤도(Geostationary Earth Orbit) : 궤도의 일주 시간이 지구의 자전속도와 같은 궤도
- 지구천이궤도(Geostationary Transfer Orbit) 낮은 궤도로부터 지구 정지궤도로 인공위성 또는 orbital stage를 이동시키기 위해서 사용될 수 있는 궤도

<그림-1> IADC 가이드라인의 궤도 구분⁵⁵⁾



GEO 근처에서의 우주선과 orbital stage의 수가 100개를 넘어선 1977년부터, 우주선의 임무종료시에 폐기궤도로 이동하여야 한다는 주장이 전문가들에 의해서 제기되었고, 1993년에 ITU가 권고안을 제시한 바 있다. GEO 보호구역은 GEO보다 높은 곳에 위치하여야 한다는 것이었고, IADC는 2007년에 발표한 수정안에서 GEO보다 200km 높은 지역으로 결정한 바 있다. 2001년에서 2010년 사이에 160여개의 GEO 위성이 임무종료되었고, 그중의 80%가 폐기궤도로 이동하였다. 폐기궤도로 이동할 계획없이 설계된 위성들의 경우가 20%에 속한다.

55) http://www.unoosa.org/documents/pdf/spacelaw/sd/IADC-2002-01-IADC-Space_Debris-Guidelines-Revision1.pdf

4) 감축조치 및 관련 용어

부동화(Passivation)란 인공위성 또는 orbital stage에 남아있는 에너지를 소진하여 파손(break-up) 가능성을 줄이는 조치를 말한다. 전형적인 예로서 추진체 연료를 배출하거나 태우기, 배터리를 방전시키시, 인공위성의 내부 압력을 낮추는 것 등이다.

탈궤도(De-orbit)란 인공위성 또는 orbital stage가 지구 대기권으로 재진입하게 하기 위해서 의도적으로 궤도를 변경시키는 것으로 대개의 경우 추진체를 이용하여 인공위성 또는 orbital stage에 저항력을 가하는 조치를 말한다.

궤도 조정(Re-orbit)이란 인공위성 또는 orbital stage의 궤도를 의도적으로 변경하는 조치를 말한다.

파손(Break-up)이란 지구궤도로 파편을 배출하는 모든 사건을 말한다. 예컨대 추진체, 또는 구조물 등으로부터의 화학적 또는 열 에너지로 인해서 유발되는 폭발, 내부 압력 증가로 인해서 유발되는 균열, 다른 물체와의 충돌로 인한 에너지에 의해서 유발되는 파손 등이 이에 해당한다. 다만 다음의 사건은 이에 속하지 않는다.

- 궤도 재진입시에 공기력의해서 유발되는 파손
- 인공위성 또는 orbital stage의 열화 또는 노화로 인해서 발생하는, 예컨대 표면 도색의 파편(paint flakes) 등으로 인한 파편의 배출

5) 운용단계

발사단계란 발사준비와 점화 등의 지상의 설비와 발사체가 물리적으로 접촉이 끝나면서 시작되는 단계로서 발사체에 주어진 임무의 종료시까지 계속되는 단계를 말한다.

임무단계란 인공위성 또는 orbital stage가 그 임무를 수행하는 단계로서 발사단계의 끝에 시작되어 폐기단계의 시작점에 끝나는 단계를 말한다.

폐기단계란 인공위성 또는 orbital stage의 임무단계 종료시에 시작되어 인공위성 또는 발사체가 다른 인공위성 및 orbital stage에 미치는 위험을 줄이는 행동을 수행할 때 끝나는 단계를 말한다.

(2) 감축 방식

가이드라인 para.5.1은 궤도상에서의 모든 운영에 있어서 우주선과 발사체는 정상 운용중에 폐기물을 배출하지 않도록 설계되어야 한다고 규정하고 있다. 아울러 para. 5.2는 궤도상 파손의 잠재적 가능성을 최소화하기 위해서 다음의 요소들이 para. 5.2.1 - 5.2.3에 따른 조치에 의해서 최소화되어야 함을 규정하고 있다.

- 임무중의 파손을 유발하는 잠재적 가능성은 최소화되어야 한다.
- 임무 종료시에 우발적 폭발 및 균열을 예방하도록 우주 물체가 설계되고 운영되어야 한다.
- 궤도상 잔존 수명이 긴 우주폐기물을 배출하는 의도적 파손은 계획되어서도 안되고 수행되어서도 안된다.

가이드라인 para. 5.2.1은 저장된 에너지로 인해서 발생하는 임무후 파손의 잠재적 가능성을 최소화하기 위한 조치를 규정하고 있다. 즉, 임무 완료후에 우주비행선 및 orbital stage가 우연히 파손될 위험을 줄이기 위해서, 연료, 배터리, 자체파손 기기, flywheels 등과 같이 탑재된 에너지원은 임무 수행 또는 임무 완료후 폐기를 위해서 더 필요하지 않을 때에 완전히 소진되거나 밀봉되어야 한다. 소진되어도 탑재체에 위험을 제기하지 않을 때에 즉각 소진 작업이 수행되어야 한다. 구체적인 조치로서는 다음 사항이 규정되어 있다.

- 잔존 연료 및 다른 종류의 액체는 태우거나 날려버려서 가능한한 완전히 소진되어서 압력과다 또는 화학적 반응에 의해서 우발적 파손이 일어나지 않도록 하여야 한다.

- 배터리는 파손을 막도록 구조적 및 전기적으로 설계되고 제작되어야 한다. 배터리 셀의 압력 증가가 기계적 조치에 의해서 방지될 수 있어야 한다. 임무 종료후에 배터리 충전선은 부동화되어야 한다.
- 높은 압력을 담은 용기는 파손이 일어나지 않는 수준으로까지 비워져야 한다. 압력으로 인해서 폭발하기 전에 배출되도록 하는 방식도 바람직하지만 불충분하다. 열 파이프는 그 균열 가능성이 매우 낮다는 것이 입증된다면 압력 상태를 유지할 수 있다.
- 자체 파손 시스템은 의도하지 않은 조작, 열 전달 또는 무선 주파수 간섭 등으로 인해서 의도하지 않은 파손이 일어나지 않도록 설계되어야 한다.
- flywheels 및 momentum wheels의 동력은 폐기 단계에서 차단되어야 한다.
- 다른 형태의 저장된 에너지도 평가되고 적절한 조치가 취해져야 한다.

가이드라인 para. 5.2.2는 운용단계에서 파손의 잠재적 가능성을 최소화하기 위한 조치를 규정하고 있다. 이에 따르면, 우주사업은 우주선 또는 orbital stage의 설계시에 우발적(사고에 의한) 파손에 이르는 failure mode가 없음을 입증하여야 한다. 그러한 failure mode가 피할 수 없다면 설계 또는 운용 절차가 그 발생 확률을 최소화하여야 한다. 또한 우주선 또는 orbital stage는 운용단계에서 파손 또는 통제기능의 상실에 이르는 기능고장을 탐지하기 위해서 모니터되어야 한다. 기능고장이 발견된 경우에 적절한 회복조치가 계획되고 수행되어야 하고, 그렇지 않다면, 폐기와 부동화 조치가 계획되고 수행되어야 한다.

가이드라인 5.2.3은 의도적 파손 및 기타 유해한 활동의 방지에 관해 규정하고 있다. 이에 따르면, 우주선 또는 orbital stage의 의도적 파

손 및 다른 우주선과의 충돌 가능성을 상당히 높이는 유해한 활동은 회피되어야 한다. 예컨대 의도적 파손은 충분히 낮은 고도에서 수행되어서 궤도상 파편의 잔존 기간이 짧도록 하여야 한다.

2. UN COPUOS의 가이드라인

UN COPUOS 가이드라인은 현재의 우주폐기물 환경은 지구궤도상의 우주선에 위험하다는데에 공동의 인식이 있다는 점을 전문에서 밝히고 있다. 또한 가이드라인은 임무 실패 또는 인명의 손실에 이르는 피해를 우주폐기물이 끼칠 수 있다는 점에서 그 제정 이유가 있음을 밝히고 있다.⁵⁶⁾

인공의 우주폐기물이 배제된 원시 상태로 우주공간을 보존하여야 하는 것인지 아니면 단지 충분히 안전한 정도로만 우주공간을 보존하여야 하는지에 대해서는 논란으로 남아 있지만, UN 가이드라인은 미래 세대를 위한 우주 환경을 보존하기 위해 필요한 신중한 노력의 일환이라고 가이드 라인의 제정 취지를 밝히고 있다.

(1) 주요 연혁

UN COPUOS의 과학기술소위원회(Scientific and Technical Subcommittee)가 1994년 제31차 회의에서 우주폐기물을 새로운 의제로 선정하고 논의를 시작하였다. 2007년 44차 회의에서 위 소위원회회원이 space debris mitigation guideline을 채택하였다. COPUOS는 2007년 제50차 회의에서 위 가이드라인을 채택하였고, UN총회는 2007년 12월22일자 결의 62/217을 채택하면서 위 가이드라인을 승인하였다. 위 결의에서 총회는 회원국들이 자국의 관련 국내 조치를 통해서 위 가이드라인을 이행할 것을 권유하였다. 이 승인의 의의는 우주폐기물 문제에 대한 논

56) 가이드라인 para.1

의가 이제 더 이상 자발적인 논의가 아니라 법률적인 논의의 개시라는데에 있다.⁵⁷⁾

(2) 주요 논의 배경

위 보고서에서 COPUOS의 과학기술소위원회는 우주폐기물감축 가이드라인은 다음의 기본적 조건을 충족하자는데에 소위원회가 합의했다고 밝히고 있다.

- 가이드라인은 IADC의 가이드라인에 기초한다.
- 가이드라인은 IADC 가이드라인의 목표 및 내용과 기술적으로 부합한다.
- 가이드라인은 IADC 가이드라인보다 더 엄격해서는 안된다
- 가이드라인은 자발적 준수의 대상이고 국제법상 구속력을 갖지 않는다.

이러한 조건에 맞추어서 과학기술소위원회는 제673차 회의에서 가이드라인 초안을 채택하였다. 또한 가이드라인 제3조에 "가이드라인의 이행의 예외 또는 그 요소의 이행의 예외는 예컨대 UN 조약상의 조항 및 우주공간에 관한 원칙 등에 의해서 정당화될 수 있다"는 내용을 가이드라인에 포함시키는 것에 합의했다.

(3) 주요 내용

가이드라인의 적용 단계는 우주물체의 임무 계획, 설계, 제작 및 운용(발사, 우주물체의 임무 수행 및 폐기) 단계, 아울러 발사체의 경우에는 궤도 단계(orbital stage)이다. 여기서 궤도단계(orbital stage)의 의미는 지구 궤도상에 남겨진 발사체를 말한다.(Any stage of a launch vehicle left in Earth orbit)

57) Space Law, Francis Lyall, Paul B. Larsen, p.301

가이드라인 1 : 정상 운용중에 배출되는 폐기물을 제한함

우주물체는 정상 운용중에 폐기물을 배출하지 않도록 설계되어야 한다. 그렇게 할 수 없는 경우에 우주폐기물의 배출이 우주환경에 미치는 영향은 최소화되어야 한다.

가이드라인 2 : 운용단계에서 파손 가능성을 최소화

인공위성과 발사체는 우발적 파손이 발생하지 않도록 설계되어야 한다. 그러한 파손을 일으키는 조건이 탐지되는 경우에 폐기와 운용 정지(passivation) 조치가 사전에 계획되어 파손을 피할 수 있도록 집행되어야 한다.

가이드라인 3 : 궤도상에서의 우발적 충돌의 확률을 줄임

인공위성과 발사체의 설계와 임무를 정함에 있어서 우주물체의 발사 단계 및 궤도상 운용기간중에 이미 인지된 물체와의 우발적 충돌의 확률이 추정되어야 하고 그 확률이 제한되어야 한다. 충돌 가능성이 예측되면 발사 시간의 조정 또는 궤도상 회피 기동이 고려되어야 한다.

가이드라인 4 : 의도적 파손과 유해한 행위를 피할 것

충돌 위험의 증가는 우주 활동에 위협이 될 수 있음을 인식하고 궤도상 인공위성과 발사체의 의도적 파손 또는 기타 유해한 행위는 오랜 기간 지속되는 우주폐기물을 배출할 수 있으므로 억제되어야 한다. 의도적 파손이 필요한 경우에는 그로 인한 파편의 궤도상 잔존 기간이 줄어들수 있도록 충분히 낮은 고도에서 의도적 파손이 수행되어야 한다.

가이드라인 5 : 저장된 에너지로 인한 임무후 파손의 가능성을 최소화함

다른 인공위성 및 발사체가 우발적 과손으로부터 받은 위험을 줄이기 위해서 우주물체에 탑재된 저장된 에너지는 우주물체의 임무 또는 임무후 폐기를 위해서 더 이상 필요하지 않을 때에 소진되거나 봉인되어야 한다.

가이드라인 6 : 인공위성과 발사체의 임무 종료후에 저궤도에 남게 되는 기간을 줄일 것

저궤도 지역을 통과하는 궤도에서 임무를 종료한 인공위성과 발사체는 궤도상에서 제거되도록 조정되어야 한다. 그것이 불가능한 경우에 인공위성과 발사체는 저궤도 지역에 장기간 머물지 않도록 궤도에서 폐기되어야 한다.

가이드라인 7 : 인공위성과 발사체가 임무 종료후에 지구정지궤도 남아서 간섭하는 기간을 줄일 것

지구정지궤도를 통과하는 궤도에서 운용단계를 종료한 인공위성과 발사체는 지구정지궤도에서 장기간 간섭을 일으키지 않는 궤도에 남겨져야 한다.

UN 가이드라인은 구속력을 갖는 것은 아니며, UN 총회 결의 62/217은 회원국들이 국내 조치를 통해서 이 가이드라인을 최대한 가능한한 이행할 것을 권유하고 있다.⁵⁸⁾

58) 총회 결의 62/217

para. 26. 26. Endorses the Space Debris Mitigation Guidelines of the Committee on the Peaceful Uses of Outer Space;

para. 27. "Agrees that the voluntary guidelines for the mitigation of space debris reflect the existing practices as developed by a number of national and international organizations, and invites Member States to implement those guidelines through relevant national mechanisms;"

para. 28. Considers that it is essential that Member States pay more attention to the problem of collisions of space objects, including those with nuclear power sources, with space debris, and other aspects of space debris, calls for the continuation of national research on this question, for the development of improved technology for the monitoring of space debris and for the compilation and dissemination of data on space

3. European Code of Conduct

2002년에 유럽 4개 국가 정부 및 유럽 연합의 우주 관련 기관(ASI, BNSC, CNES, DLR 및 ESA)이 European Space Debris Safety and Mitigation Standard를 작성, 공표하였고, 이 문서가 2004년도부터는 the European Code of Conduct on Space Debris(“유럽 코드”라 칭함)로 불리게 되었다. 유럽 코드는 강제성을 갖는 규범이 아니다. 다만 계약 당사자들이 합의하여 구속력있는 법률 문서를 통해서 구속력을 인정하는 경우는 배제되지 않는다.

유럽 코드의 적용 범위는 궤도상의 모든 우주물체, 궤도 진입을 목표로 하는 모든 우주물체이고, 우주물체는 발사체 및 그 부속품(components) 등을 포함한다. 유럽 코드의 적용은 강제가 아니라 자발적 의사에 따른다.

(1) 우주폐기물관리직 설치

para.3.1에 따르면 모든 우주사업은 SDM(Space Debris Manager)직을 설치하여야 하며, SDM은 우주폐기물감축계획의 집행을 위한 권한 및 책임을 갖고, 우주사업의 우주폐기물 요구규격이 준수되도록 검증하여야 한다. 요컨대 SDM은 우주사업에서 우주폐기물에 관한 결정권한을 가져야 한다. 또한 SDM은 안전 및 품질보증 업무와 우주폐기물업무가 서로 부합하도록 조정하여야 한다.

debris, also considers that, to the extent possible, information thereon should be provided to the Scientific and Technical Subcommittee, and agrees that international cooperation is needed to expand appropriate and affordable strategies to minimize the impact of space debris on future space missions;

(2) 우주폐기물감축계획

para. 3.2에 따르면 모든 우주사업은 우주폐기물감축계획을 수립하여야 한다. 우주폐기물업무 범위와 내용을 정함에 있어서, 다음의 사항이 결정되어야 한다.

- 정상 운영상태 및 이상 운영상태에서 우주폐기물의 배출 가능성이 가능한한 최대한으로 감소되었는지 여부,
- 인공 또는 자연적 물체와 궤도상에서 충돌하여 우주폐기물을 배출할 가능성이 가능한한 최대한으로 감소되었는지 여부,
- 우발적 폭발 또는 파손으로 인해서 우주폐기물을 배출할 가능성이 가능한한 최대한으로 감소되었는지 여부,
- 폐기 단계에서 진행 절차, 지구궤도 재진입시에 지구 표면에 대한 유해나 환경 침해의 가능성

우주폐기물감축계획은 적어도 다음의 사항 등을 포함하고 있어야 한다.

안전규칙 리스트, 우주사업의 각 단계별 SDM의 기능 및 책임, 우주폐기물업무의 관리계획, 우주폐기물에 관련된 위험의 평가 및 경감계획, 우주폐기물을 배출할 가능성이 있는 기능장애를 최소화하는 조치, 우주물체이 폐기 계획, 선택적 대응 계획, Code of Conduct를 준수하지 않는 내용의 관별 및 그 정당화, 부속서 1에 규정된 준수표, 우주폐기물 위험도 분석

Code of Conduct를 준수하지 않는 우주사업은 그 이유를 정당화하여야 하고, 그러한 사항을 우주폐기물감축계획에 기록하여야 한다.

(3) 우주사업의 관리

우주사업이 진행되는 동안의 검토회의에서, SDM은 우주폐기물감축 계획의 내용과 진행 상황을 보고하여야 하며, 최종 발사준비검토 (Flight Readiness Review)시에 동 계획의 최종 내용이 보고되어야 한다. 최종보고서는 우주사업 주체가 우주사업의 폐기물처리 계획을 준수하겠다는 약속을 포함하여야 한다.

우주사업이 진행되는 동안의 검토회의에서 SDM은 관할 당국의 책임자에게 우주폐기물감축계획을 보고하여야 하고, 책임자는 위 계획에 대해서 권고할 권한을 갖는다.

(4) 설계 단계 기술기준

1) 예방조치

첫째, 임무 관련 우주물체는 다음의 기준에 따라서 설계되어야 한다.

- 페이로드가 하나인 경우에 궤도에 오르는 발사체는 (페이로드 이외에) 단 하나의 구성요소만으로 이루어져야 한다(예컨대 3단계 로켓장치 등)
- 페이로드가 여러개인 경우에 궤도에 오르는 발사체는 (페이로드 이외에) 최대 두개의 구성요소만으로 이루어져야 한다(예컨대, 여러 페이로드를 고정하는 구조물과 발사체 장치 등)
- 탑재체는 부착된 부품들이 고정되도록 설계되어야 한다.
- 설계상 페이로드 이외의 것을 궤도에 올려야 하는 장치는 사용되지 말아야 한다.
- 위 두개의 요건이 충족되지 않을 경우에 우주폐기물이 될 가능성이 있는 물체가 무엇인지, 그 갯수, 크기, 궤도 파라미터 등이 사전에 판별되고 우주폐기물감축계획에서 다루어져야 한다.

- 모든 suborbital 우주물체는 장기간 우주에 남는 우주폐기물을 배출해서는 안된다.

둘째, 우주물체 또는 그 부품의 어떤 것이라도 의도적으로 파손하는 것은 금지된다. 추진장치 등의 내적 요인에 의해서 우주물체가 우연히 파손될 확률은 우주물체의 운용단계에서 일만분의 1이하이어야 한다.

셋째, 고체 연료 및 발화장치의 설계에 있어서,

- 10 마이크론보다 큰 입자 형태의 우주폐기물을 배출할 수 있는 고체연료의 사용은 금지된다.
- 10 마이크론보다 큰 입자를 배출할 수 있는 pyrotechnics의 궤도상 사용은 금지된다.

넷째, 재료 및 기술의 설계단계에서의 선택에 있어서,

- 사용되는 재료와 기술에 따라서 우주공간에서의 제품에 미치는 환경이 대량의 우주폐기물을 배출할 수 있다. 재료, 재료의 응용 및 그 설계는 우주물체가 궤도상에서 우주폐기물을 배출하지 않도록 하여야 한다.

위와 관련하여 다음 사항이 권고된다.

- 재료 및 기술 때문에 우주폐기물이 배출되는 것이 어쩔 수 없다면 그것이 최소화되어야 한다.
- 우주물체에 사용되는 재료 및 기술은 예컨대 radiation 시험, 또는 충격 시험 등의 인증을 받아야 한다.

다섯째, 오작동으로 인하여 우주물체의 구성요소가 우주폐기물을 배출할 수 있는 위험을 발생시키지 않도록 우주물체가 설계되어야 한다. 그러한 조치가 우주폐기물감축계획에 포함되어야 한다.

2) 수명종료후 조치

첫째, 부동화(Passivation)⁵⁹⁾ 기준으로서, 우주물체는 폐기단계에서 부동화되어야 하고 부동화 상태로 남아야 한다. 그렇지 못할 경우에 다음 두 요건이 준수되어야 한다.

- 연료탱크의 압력이 제거될 수 없는 경우에는 임계압력의 50% 이하로 압력이 낮아져야 한다. 임계압력은 외부충격이 폭발을 일으키지는 않으나 연료누출을 일으킬 수 있는 압력을 말한다.
- 압력이 줄어들 수 없는 경우에는 우주물체의 설계가 다음의 조건을 준수하여야 한다.(외부충격으로 인해서 폭발이 발생해서는 안된다. 연료탱크의 온도가 올라가서 연료가 분해되어서는 안된다. 연료가 혼합되는 연료 누출이 발생해서는 안된다. 연료탱크의 폭발을 일으킬 수 있는 압력상승이 일어나지 않도록 탱크가 설계되어야 한다.

또한 부동화 조치가 우주물체의 설계에서 고려되어야 한다.

둘째, 탈궤도(De-orbiting)와 궤도복귀(Re-orbiting) 조치가 우주물체의 설계에서 고려되어야 한다.

59) 인공위성을 비롯한 우주물체의 폭발로 인해서 우주폐기물이 배출되는 비율이 우주물체의 12.5퍼센트에 이른다. 인공위성은 그 정상적 수명동안 또는 그 이후에 다양한 이유로 폭발하는데 예컨대 연료탱크 폭발, 추진체 오작동, 우주폐기물 충격에 의한 탱크 연료의 누출 등이다. 그러한 폭발을 우주물체의 파손(breakup)이라고 칭하는데, 그러한 파손을 막기 위해서 다양한 조치가 강구된다. 그러나 아직 모든 종류의 파손을 막는 기술은 없다.

다만 우주물체를 설계함에 있어서 우주물체가 우연히 파손되는(accidental breakup)을 막기 위해서 system-level 접근 방법이 채택된다. 즉 우주물체의 수명기간의 종료 시점에 남아있는 에너지원이 얼마인지를 정하고, 그 에너지를 분출하는 방법으로서, 우주물체의 수명이 종료될 시점에 에너지를 분출해버린다. 이를 부동화(passivate)라고 한다. 예컨대 우주물체의 배터리가 우주물체의 우발적 파손의 원인이라고 판단되고 있는데, 우주물체의 수명종료 시점에 배터리가 완전히 방전된 상태가 되도록 하고, 더 이상 충전이 되지 않도록 케이블을 절단한다.

3) 궤도재진입 안전조치

우주물체의 궤도재진입시에 지구환경에 유해한 오염이 발생하여서는 안된다. 우주사업은 우주폐기물의 궤도 재진입으로 인한 위험을 안전한 수준으로 낮추도록 하여야 한다. 수명종료에 따른 운용은 지표상에서의 안전 규범을 고려하여야 한다.

(5) 운용시의 조치(Operational Measures)

수명종료후 조치로서 폐기절차의 종료로부터 1년 이내에 부동화 절차가 완료되어야 하며, 그 성공 확률이 0.9를 넘어야 한다. 우주폐기물의 배출을 억제하기 위한 수명종료 조치는 다음과 같다.

- 우주물체의 운용자는 보호구역에서 해당 우주물체가 최대 25년까지만 상주하거나 주기적으로 출현하도록 우주물체의 운용 종료시에 폐기 기동을 수행하여야 한다. 다음의 우선순위에 따라 행한다.(우주물체를 폐기궤도로 이전, 또는 우주물체의 궤도상 수명을 25년 이내로 제한, 또는 우주물체의 궤도복귀)
- 지구정지궤도상 우주물체의 운용단계 종료시에 우주물체는 폐기궤도로 궤도복귀하여야 한다.
- 위의 두 조치를 수행할 수 있는 경우에 성공확률이 0.9보다 커야 한다.

아울러 우주물체의 폐기기동이 수행될 때, 다음 조치가 적용되어야 한다.

- 남은 연료의 양은 우주물체의 수명종료조치 요건을 충족시키기 위해서 계산되어야 한다.
- 우주물체의 폐기기동이 수명종료조치 요건을 충족하기 위해서 필요한 연료량이 남을 때에 맞추어서 우주물체의 운용 절차가 중지되어야 한다.

- 폐기기동을 하면서 우주물체가 보호구역에 남아있는 시간이 최소화되어야 한다.

소 결

본장에서 살펴 본 세가지 가이드라인은 아직 국제 관습법으로서의 지위를 갖고 있지는 않다.⁶⁰⁾ 가이드라인은 우주폐기물 문제에 대해서 국가들의 관심을 모으는데에는 성공적이지만 우주사업 국가들이 이미 하고 있는 관행을 편집한 것에 불과하지 새로운 조치를 제도화한 것은 아니라고 평가된다.⁶¹⁾

제 2 절 국내 입법 사례

우주폐기물의 사실상 원인을 제공한 주요 우주사업의 수행 국가들은 우주폐기물의 감축을 일차적 목표로 하는 관련 법령을 제정하여 시행하고 있다.

1. 미 국

(1) 입법 사례

1) 상업용 발사체

미국 정부나 NASA가 아니라 사인이 상업적 목적으로 발사체를 발사하고자 하는 경우로서 미국 영토내의 발사장을 이용하는 자나 또는 미국 시민으로 간주되는 자는 미국 정부의 허가를 득하여야 한다. 연방항공청(Federal Aviation Administrations, FAA)이 이를 관장한다. 허가 조건 및 절차에 있어서 우주폐기물 감축에 관한 내용이 포함되어 있

60) Progress Report of the Working Group on Space Debris, Submitted by the Chairman of the Working Group, UN Copuos, UN Doc A/AC.105/C.1/L.284, 2006

61) Plantz 위 논문 p.607

다. 14 CFR §417.129 Safety at end of launch는 다음 사항을 규정하고 있다.

- 발사체 운용자는 발사체로부터 탑재체(발사체로 운반되는 우주선 등을 말함)가 분리된 후에 발사체 및 그 부속품과 탑재체가 물리적으로 의도하지 않은 접촉이 없도록 하여야 한다.
- 발사체 또는 그 부속품을 조각나게 만드는 에너지원의 사용에 의해서 폐기물이 배출되지 않는다. 에너지원은 화학에너지, 압력 에너지 및 관성 에너지 등을 포함한다.
- 남은 연료를 소진하고, 연료 밸브를 열린 상태로 유지하고, 압력 체계의 압력을 제거하고, 배터리가 항구적으로 방전된 상태로 유지하고, 기타 저장된 에너지를 제거함으로써 저장된 에너지는 제거되도록 하여야 한다.

2) 통신위성의 허가 조건

FCC가 제정한 규칙 47 CFR § 25.114에 따라 통신위성의 운용 허가를 신청하는 자는 우주폐기물을 감축하기 위한 설계 및 운용 전략을 설명하여야 한다. FCC의 취지는 일괄적인 기준이 아니라 통신위성 각각의 특성에 맞추어서 우주폐기물 감축을 위한 합리적인 기준을 적용한다는 것이다.⁶²⁾

위와 같은 설명 의무의 장점은 폐기물 감축에 관한 기술 등을 사업자들이 공유할 수 있다는 점, 해당 인공위성에 의해서 영향을 받을 수 있는 인공위성을 운용하는 타 사업자가 사전에 대응할 수 있게 한다는 점 등이다. 또한 인공위성을 상업적 목적으로 이용하려는 사업자들은 자신의 인공위성이 우주폐기물로 인해서 피해를 보지 않게 할 동기가 충분하므로, 특정 규격이나 절차를 의무로 부과할 필요가 없

62) In the Matter of Mitigation of Orbital Debris, Second Report And Order, FCC 04-130, June 9, 2004

다고 FCC는 판단하였다. 이에 허가의 신청자들이 우주폐기물 감축에 관해서 고려하고 있는가를 판단하는 것이 일차적 목표이고, 필요하다면 감축을 위한 설계 또는 운용 전략의 불충분을 이유로 허가 조건을 부과할 수 있다는 것이 FCC의 방침이다.⁶³⁾

FCC가 우주폐기물 감축에 관한 규칙을 제정할 수 있는 권한의 법적인 근거는 1934년 Communications Act에 따라 FCC가 통신사업을 허가함에 있어서의 기준중의 하나가 공익(public interest)에의 기여이고, 우주폐기물의 감축이 그러한 공익에 속한다는 점이다.

3) 인공위성의 폐기 절차

상업용 통신위성의 발사와 운용은 연방통신위원회(FCC)의 허가 대상이며, FCC가 제정한 허가에 관한 규칙 47 CFR § 25.283에 따라 인공위성은 다음 요건을 준수하여야 한다.

- GEO 위성은 수명 종료시에 위성의 부속품으로 인한 재난적 실패를 막기 위해서 특정 궤도로 이동하여야 한다.
- 모든 인공위성(통신위성)은 수명 종료 또는 임무 종료시에, 또는 임무 완료시에, 기술적 요인에 의해서 통제가 불가능하지 않는한, 위성에 탑재된 모든 저장 에너지는 소진되어야 한다.

자원탐사위성의 경우, NOAA(The National Oceanic and Atmospheric Administration)의 허가를 득하여 운용하여야 하며, NOAA가 허가 조건에 부과한 절차에 따라 위성의 폐기 절차가 이행되어야 한다.

63) 실제로 FCC는 통신위성의 허가신청시에 우주폐기물 감축에 관한 설명이 충분하지 않음을 이유로 허가를 반려하는 관행을 보여주고 있다. 예컨대 우주선의 우발적 폭발을 방지하기 위해서 연료가 소진되어야 하는 것이 IADC 가이드라인이지만 연료를 최소화하겠다는 계획을 제출한 Panasonic Avionics Corporation사의 허가신청을 2013년2월6일자로 반려된 바 있다.

(2) 대통령 지시

Presidential Policy Directive(PPD)는 대통령의 행정지시(executive order)의 성격을 갖는다. 행정지시는 연방법령, 또는 국제 조약 등의 해석 및 적용에 대해서 대통령이 행사하는 권한에 근거한다. 행정지시는 관보(Federal Register)에 공표된다. 관례상 행정지시는 연방 법령(federal statutes)의 지위를 가지며, 행정부가 제정하는 규칙(Regulation)이 행정지시에 따른 것이라면 법규성을 가지며, 행정부의 행정행위가 행정지시에 따른 것이라면 법령에 근거한 행정행위와 동등한 지위를 갖는다. U.S. National Space Policy는 이러한 행정지시에 속한다.

U.S. National Space Policy of 2006는 제11조는 “미래 세대를 위한 우주 환경을 보존하기 위해서 미국은 정부 및 비정부의 우주 활동에 의한 궤도상 폐기물 배출을 최소화하여야 한다”고 규정하고 있다. 특히 동 조항은 다음 사항을 규정하고 있다.

- “연방행정부처와 청 등은 우주공간에서의 인공위성의 조달과 운용, 발사서비스 및 운용시험과 실험 등에 있어서 임무 요구조건이 비용 효율성과 부합하면서 미국 정부의 the United States Government Orbital Debris Mitigation Standard Practices를 계속 채택하여야 한다.
- FCC와 운수성은 각 부처의 허가 절차를 통해서 우주폐기물 문제에 대응하여야 한다.
- 미국 정부는 폐기물의 최소화를 목표로 하는 정책과 관행을 채택하도록 외국 정부 및 국제기구에 권유하는 국제적 논의의 장에서 리더로서의 역할을 맡아야 하며 폐기물 연구 및 폐기물 감축 관행에 관한 연구에 관한 정보의 교환을 촉진하여야 한다“

U.S. National Space Policy of 2010는 우주폐기물에 관한 내용을 “우주환경의 보전 및 우주공간의 책임있는 사용”이라는 제목하에 규정하고 있다.

(3) 미국정부의 표준

1) 연 혁

1994-1995년도 NASA 예산을 책정하면서 미국 의회는 백악관의 Office of Science and Technology Policy(OSTP)가 우주폐기물의 통제에 관한 계획을 1년내에 제출할 것을 요청하였다. 1995년에 OSTP가 “Interagency Report on Orbital Debris”라는 이름의 보고서를 제출하였다. 보고서는 미국 정부가 가이드라인 초안을 작성할 것을 권고하였다. 1998년1월 OSTP는 “U.S. Government Orbital Debris Workshop for Industry” 을 개최하여 미국 NASA와 국방성이 작성한 가이드라인을 설명하였다. 2001년2월 이 가이드라인 미국 정부의 우주폐기물감축 표준 (United States Government Orbital Debris Mitigation Standard Practices)으로 채택되었다.

2) 주요 내용

1. 정상 운용상태에서 배출된 폐기물의 통제

1-1 모든 궤도상 운용에서 : 인공위성 및 발사체의 upper stage는 정상적인 운용에서 폐기물이 억제되거나 최소화되도록 설계되어야 한다. 5mm보다 큰 폐기물이 25년 이상 궤도에 머무르는 것으로 계획된 경우에 비용의 효율성 및 사업의 목표에 기초해서 평가되고 정당화되어야 한다.

2. 우발적 폭발로 인한 폐기물의 최소화

2-1 운용중의 우발적 폭발로 인해 다른 우주물체에 미치는 위험을 제한 : 모든 우주사업은 인공위성 또는 발사체의 upper stage를 설계상 우발적 폭발이 없음을 증명하여야 하고, 있다면 설계 또는 운용절차가 그 확률을 제한하여야 한다.

2-2 인공위성 또는 발사체의 upper stage에 탑재된 모든 종류의 에너지원은 임무 수행이나 임무종료후 폐기를 위해서 더 이상 에너지가 필요하지 않을 때에 소진되거나 밀봉되어야 한다. 그렇게 하는 운용이 탑재체에 위험을 가하지 않는 즉시 소진 작업이 시행되어야 한다. 연료의 연소를 통한 소진과 압축 가스를 누출하는 작업은 우발적 충돌의 확률 또는 우발적 폭발로 인한 충격을 최소화하도록 설계되어야 한다.

3. 안전항행방식 및 운영 형식의 선택

우주물체의 설계 및 임무수행방식을 개발함에 있어서, 우주사업은 궤도상에서 이미 확인된 물체와의 충돌 확률을 측정하고 최소화하여야 한다.

우주물체는 직경 1cm 보다 작지만 우주물체의 조종을 불가능하게 하여 임무후 폐기과정을 저해할 수 있을 정도의 물체와의 충돌 확률이 제한되도록 비용효율성과 부합하면서 설계되어야 한다.

4. 우주구조물의 임무후 폐기

인공위성 또는 발사체의 upper stage는 다음 세가지 방법중의 하나로 폐기처분된다.

- 대기권 재진입
- 우주물체를 기동하여 storage orbit로 이동함
- 직접 회수

2. 캐나다

Canadian Remote Sensing Space Systems Act 및 그 시행령(regulation)에 따라서 원격탐사 시스템을 운용하려는 자는 허가를 받아야 하며, 그 허가는 “시스템폐기계획”(system disposal plan)을 제출하여야만 부여된다. 특히 그 계획은 환경, 공중건강 및 인명과 재산의 보호에 대해서 기술하여야 한다. 시행령 별표 1은 위 계획에 포함되어야 할 사항을 명시하고 있으며, 그 중의 하나가 우주폐기물감축 표준이다. 다음의 사항이 규정되어 있다.

- 위성의 폐기 방법 및 그 방법의 신뢰성
- 위성폐기를 위한 운용에 소요되는 추정 기간
- 인간 생명의 손실 화골 및 그 계산 방법
- 지표면에 도달할 것으로 예상되는 폐기물의 양, 추락시의 피해 규모(평방미터로 표시) 및 그 계산 방법

경계획정 방법의 신뢰 수준 및 그 경계와 신뢰 수준의 측정 방법

- 수명 종료시에 각 위성에 탑재되어 있는 유해한 물질 및 위험 물품의 이름 및 양, 궤도 재진입시에 지구 표면에 도달할 것으로 예상되는 양 및 그 양의 계산 방법
- 위성의 폐기궤도(disposal orbit)의 궤도 위치 등의 기술적 파라미터
- 위성의 정상 운용중에 폭발, 또는 의도적 파손, 궤도상 충돌로 인해서 위성에서 배출될 수 있는 우주폐기물에 대한 평가, 그러한 우주폐기물을 감축하기 위한 조치

Canadian Space Agency는 IADC의 우주폐기물감축 가이드라인을 채택한다는 방침을 2012년에 발표한 바 있다.

캐나다 산업성(Industry Canada)은 2014년도에 시행된 우주국 허가제도 관련 Client Procedures Circular에서 우주국의 허가 절차를 규정하고

있다. 동 Circular 3.3.3조는 우주국이 사용할 주파수와 무선국 허가를 신청하는 자는 우주폐기물감축계획을 신청서와 같이 제출하도록 규정하고 있다. 이에 따르면 GEO위성의 신청자는 Recommendation ITU - R S.1003-2, Environmental Protection of the Geostationary Satellite Orbit. 에 따라서 위성을 탈궤도 시키는 계획을 제출하여야 한다. 비정지궤도 위성의 경우, 신청자는 산업계의 관행(best industry practices)에 따라 위성을 탈궤도시키는 계획을 제출하여야 한다.

3. 오스트리아

오스트리아의 관련 법령은 Outer Space Act of 2011(Bundesgesetz über die Genehmigung von Weltraumaktivitäten und die Einrichtung eines Weltraumregisters - Weltraumgesetz) 로서 2011년12월28일자로 발효되었다.

동법 제4조는 우주활동의 허가 조건으로서 우주폐기물의 감축을 위한 적절한 조치가 취해져함을 규정하고 있다.

아울러 제5조의 조문 제목이 우주폐기물의 감축이며, 동 조항은 우주활동의 운영자는 첨단 기술과 국제적으로 인정된 가이드라인에 따라서 우주폐기물의 감축을 위한 조치를 취하여야 한다고 규정하고 있다.

위 법령의 해설서는 제4조와 제5조에 대해서 다음과 같이 설명하고 있다.

- 제 4 조 : 우주폐기물의 억제 는 모든 국가와 우주활동의 수행자들에게 중요한 사항이다. 따라서 제5조가 우주폐기물의 감축의 중요성을 강조하면서 별도로 규정되었다. 따라서 제4조는 제5조와 연동하여 해석 및 적용되어야 한다.
- 제 5 조 : 우주폐기물의 감축은 모든 국가와 우주활동의 수행자들에게 중요한 사항이다. 따라서 우주폐기물을 감축할 의무는 제4조에 따른 허가에 있어서 중요한 역할을 수행한다. 이러한 의미에서

제4조와 제5조는 연동되어 해석되고 적용되어야 한다. 또한, 우주 폐기물의 감축 의무는 허가를 받은 이후에도 계속되는 의무에 해당한다.

- “우주폐기물 감축에 관한 국제적으로 인정된 가이드라인”은 무엇보다도 IADC의 2002년도 가이드라인이다. 또한 ESA가 Requirements on Space Debris Mitigation for ESA Projects’ of 2008를 IADC의 가이드라인과 일치시킨다고 밝힌 바 있다. 아울러 UN의 2007년 가이드라인도 IADC의 가이드라인과 맥락을 같이한다.

4. 벨기에

“2005년 우주물체의 발사 및 비행에 관한 법”(Law of 17 September 2005 on Activities of Launching, Flight Operation or Guidance of Space Objects (revised by the Belgian Parliament on 1 December 2013) 제4조 제3항, 제5조 제1항 및 제8조 제2항이 우주폐기물에 관해 규정하고 있다. 또한 2008년3월19일자 시행규칙이 규정하고 있다. 법률 및 시행규칙 모두 우주폐기물의 감축에 관한 기술적 표준이나 기준을 규정하고 있지는 않고, 국가간 기구 또는 비정부기구에 의해서 채택된 표준이나 기준을 준수할 것을 장관이 우주물체의 운용자에게 요구할 수 있는 여지를 남겨두고 있다. 다만 기술적 표준이나 기준에 대해서는 장관이 전문가로 하여금 감독하고 검토하게 할 수 있으며, 이러한 목적에서 벨기에의 관할 당국(BELSP0)와 ESA간에 협정이 체결되어 있다.

위 법률은 벨기에의 영토관할권에 속하는 운용자의 행위에 적용된다. 여기서 운용자란 우주물체의 기동에 관한 궁극적인 권한을 행사하는 자를 말한다. 기동할 수 없는 우주물체의 경우에, 운용자는 그 물체의 발사를 주문한 자로 법률이 규정하고 있다. 위 법률은 운용자가 벨기에 국적이건 또는 외국인이건 상관없이 운용자의 지위를 부여하고 있다.

5. 프랑스

위 법률 제5조는 우주활동의 허가에 우주폐기물로 인한 위험을 억제하기 위해서 조건이 부과될 수 있음을 규정하고 있다. 허가는 우주담당 중앙부처가 관장하고, 기술적 기준 등은 CNES(Centre Nationale d'Etudes Spatiales)가 관장한다. 허가조건에는 인명과 재산의 보호 및 공중 위생과 환경, 특히 우주폐기물 등에 관한 사항이 포함된다.

시행령(Décret)⁶⁴에 따라서, 우주활동법에 따른 허가는 우주담당 장관에 의해 부여된다. 시행령 제5조는 허가에 환경 보호 등을 위한 조건이 부과될 수 있으며, 허가 조건의 이행을 우주활동의 전 기간에 걸쳐서 감독할 수 있음을 규정하고 있다. 허가받은 자가 활동중에 허가 당시에 예상하지 않았고 허가 받은 활동에 영향을 줄 수 있는 사건이 발생한 경우에는 CNES에게 통보하여야 한다.(제7조) CNES는 그에 따른 조치를 제안할 수 있고 장관은 그에 따라서 허가를 변경할 수 있다. 그럼에도 불구하고 환경 등에 대한 영향이 더 악화되는 경우에 장관은 CNES의 제안에 따라서, 허가받은 자로 하여금 신규 허가를 신청하게 할 수 있다.(제7조)

우주 환경 등에 관련된 시스템 또는 서브시스템의 설계 및 개발 책임자 등은 CNES에 관련 자료를 제출하여 CNES가 기술 사항의 준수 여부를 판단하게 할 수 있다. CNES는 제출된 자료에 기초하여 기술 기준에 적합함을 확인하는 증서를 허가 신청자에게 교부한다. CNES의 적합성 증서는 발사체의 발사허가, 인공위성의 운용 허가에 같음 하지는 않는다(제11조)

위 시행령 제11조에 따라 제출된 자료에 대하여 시행규칙 제50조 및 제51조에 따라 CNES는 시행규칙이 정한 기술기준과의 1차 적합성

64) Décret n° 2009-643 du 9 juin 2009 relatif aux autorisations délivrées en application de la loi n° 2008-518 du 3 juin 2008 relative aux opérations spatiales

을 판단한다. 또한 CNES 시행규칙 제52조 및 제53조에 따라서 허가 신청자의 발사체 및 우주시스템이 시행규칙이 정한 기술기준에 따라 검사, 분석 및 실험 등을 수행한다.

6. 독 일

The Space Administration of the German Aerospace Centre (DLR) 이 독일의 국가 우주사업을 수행하며, DLR과 계약하여 우주사업을 수행하는 자는 품질보증 및 안전에 관련된 요구 조건을 수용하여야 하고, 그 조건중의 하나가 우주폐기물의 감축이다.

각각의 우주사업마다 요구조건이 우주사업의 특성에 맞추어 정해진다. 각 요구조건이 입찰 요구조건에 포함되어 낙찰자는 계약시에 그러한 요구조건을 수용하여야 한다. 필요한 경우에는 요구조건의 포기 절차를 통해서 DLR이 허용하면 요구조건이 포기된다.

7. 영 국

Outer Space Act에 따라서 우주활동을 하려는 자는 공중건강, 인명 안전 및 재산의 안전을 위협하지 않아야만 허가를 득할 수 있으며, 우주환경의 오염 금지, 타인의 평화로운 우주공간의 이용에 대한 간섭 금지 의무 등을 관할 부처의 장이 요구할 수 있다.

우주활동을 하려는 자는 제3자로부터 받은 피해를 보험을 통해서 보전하도록 관할 부처의 장이 요구할 수 있으며, 우주활동을 하려는 자는 자신의 행동에 의해서 발생한 손해를 이유로 영국 정부에게 제시된 손해배상 청구에 책임진다.

Outer Space Act에 따라서 안전의 평가는 발사체 및 인공위성의 발사를 신청자가 안전하게 수행할 수 있는가를 대상으로 한다.

특히 각 우주산업이 공중건강, 인명 안전 및 재산의 안전, 우주환경의 오염, 타인의 우주공간의 이용에 대한 간섭 등에 대해서 현재의 관행을 고려하여 평가한다. 그러한 관행에 속하는 것이 IADC의 우주폐기물 경감가이드라인, UN의 가이드라인 등이다.

8. 일 본

ISO-24113 “Space Debris Mitigation Requirements”에 해당하는 JMR-003B가 JAXA의 표준으로 제정되어 시행되고 있다. 위 표준에는 다음 사항이 포함되어 있다.

- 우주물체의 임무 종료후에 많은 양의 우주폐기물을 배출할 수 있는 궤도상 파손(on-orbit break-up)를 금지함
- GEO에서 임무를 종료한 우주물체를 보다 높은 고도로 이전함
- 발사체의 구성품 등이 GTO에 남아있는 시간을 줄이도록 함
- 우주물체의 운용중에 배출될 수 있는 물체의 수를 최소화함
- 운용을 종료한 우주물체가 LEO에 침해할 수 있으므로 궤도상 수명을 단축함
- 궤도로부터 제거된 우주물체가 지표상의 인명에 미칠 수 있는 위험을 억제하고, 우주물체의 발사중에 다른 인공물체와 궤도에서 충돌하여 지표상의 인명에 미칠 수 있는 위험을 억제함
- 궤도상 충돌에 의한 피해를 최소화함

JMR-003B는 JAXA의 내부지침이지만 다른 정부 부처가 우주물체를 조달할 때에 이를 준수하고 있다. 또한 JAXA와 계약하여 우주물체를 설계하는 사업자들에게 이 지침을 준수할 것을 요구하고 있다. 또한 JAXA가 발사 및 비행 안전을 책임지는 발사체를 이용하여 자신의 우주물체를 발사하려는 자들에게 이 지침을 준수할 것을 권고하고 있다.

9. 호 주

호주의 경우 법규성있는 조치는 아직 없다. 2013년 4월에 공표된 우주정책은 호주 정부가 우주활동을 수행함에 있어서 UN의 우주폐기물 경감 가이드라인을 지지한다고 명시하고 있다. 아울러 우주활동에 관한 international code of conduct의 협의에 적극 참여한다고 밝히고 있다.

아울러 Space Activities Act 1998에 따라서 해외에서 발사하고자 하는 자는 증명서를 신청하여야 하며, 증명서 신청 가이드라인은 다음과 같이 명시하고 있다. "해외에서 발사하고자 하는 자는 UN의 우주폐기물경감 가이드라인과 부합하는 경감 전략을 제시하여야 한다." 위 증명서는 호주 정부의 관할 부처인 the Space Licensing and Safety Office (SLASO)가 담당한다.

소 결

우주물체로 인한 피해에 대해서 미국과 프랑스 등의 주요 국가의 법률들은 우주물체를 통제하는 범위 내에서 발생한 경우에 국가가 피해를 지원한다고 규정하고 있다. 따라서, 우주 폐기물은 지원 대상에 속하지 않는다고 해석된다. 요컨대 주요 국가들의 경우에 우주 폐기물로 인한 피해에 관련되는 책임 제도는 법률상 특정하게 규정되어 있지 않고 일반적인 민, 형사상의 불법행위책임의 영역에 속한다고 판단된다.

반면에, 해외 주요 국가들은 강제력은 없으나 우주폐기물의 감축에 관한 산업계의 관행을 담은 기술표준 또는 가이드 라인 등을 시행하고 있다. 미국과 프랑스의 경우 우주폐기물 감축에 관한 기술기준의 준수가 허가 조건으로 부과되기는 하나, 우주사업에 따라서 면제가 인정되는 절차도 시행되고 있다.

우주 폐기물의 배출이 국제법상 위법하다고 보기 어려운 점, 우주폐기물의 감축 등이 국가에게 부과된 국제법상 의무라고 보기 어려운 점, 국가가 자국민으로 하여금 우주폐기물을 감축하도록 감독하여야 할 의무가 국제법상 수립되었다고 보기 어려운 점 등이 해외 주요 국가들의 이러한 입법 태도의 배경이라고 이해된다.

제 4 장 우주폐기물 감축에 관한 산업계의 기술기준

앞에서 살펴 본 바와 같이 우주폐기물 위험에 대해 취할 수 있는 조치로서 현재로서는 가장 효율적인 것은 우주폐기물의 감축이라는 것이 전문가와 산업계의 인식이다. 이에 제3장에서 살펴 본 바와 같이 IADC와 UN COPUOS 가이드라인은 감축을 목적으로 하고 있고 해외 주요 국가들의 경우, 우주폐기물에 관한 책임제도보다는 감축을 목적으로 하는 법률을 제정, 시행하고 있다. 본장에서는 그러한 감축을 위한 구체적 기술기준을 제정하여 시행하고 있는 미국과 프랑스 등의 사례를 살펴 보고자 한다.

제 1 절 미국 NASA

1. NASA의 관련 규정의 체계

(1) 개요

우주폐기물에 관한 NASA 내부 규정은 우주폐기물을 직접 다루는 규정과 간접적으로 다루는 규정으로 나뉜다고 볼 수 있다. 먼저 간접적으로 다루는 규정으로서 NPD 8700.1, NASA Policy for Safety and Mission Success에 속하는 Safety and Mission Assurance (SMA)가 우주사업에 참여하는 NASA 인력, 자산 및 환경의 보호에 관한 규정을 담고 있고, SMA가 우주폐기물에 관한 규정도 담고 있다.

다음 직접적으로 다루는 규정을 살펴 보면, NASA Procedural Requirements for Limiting Orbital Debris(NPR 8715.6A)는 위 SMA 규정에 따라 요구되는 업무와 책임 한계에 관해 규정한다. 대표적인 업무가 orbital debris assessments (ODA), 보고 및 기술적 처리 절차이다. 여기

서 assessment는 우주폐기물 대응 업무를 총괄하는 용어로 사용되고 있다. 그러한 assessment의 구체적이고 기술적으로 요구되는 업무의 내용은 NASA Safety Standard (NSS) 1740.14(Guidelines and Assessment Procedures for Limiting Orbital Debris), NASA Standard (NASA-STD) 8719.14(Process for Limiting Orbital Debris), 및 NASA-Handbook (NHBK) 8719.14(Handbook for Limiting Orbital Debris) 등이다.

NASA Procedural Requirements for Limiting Orbital Debris (NPR 8715.6A)이 NASA가 관여하는 우주사업에서의 우주폐기물 감축에 관해, NASA 조직내에서의 책임자 및 책임 조직을 정하고, 개별 우주사업(Project, 또는 Program 또는 Mission)을 수행하는 조직내에서의 업무를 정하며, 위 NPR의 준수 여부에 관한 보고 절차 등을 정하고 있다.

NASA Standard (NASA-STD) 8719.14(Process for Limiting Orbital Debris)는 우주폐기물 감축에 관한 기술적 사항을 규정하고 있다. HANDBOOK FOR LIMITING ORBITAL DEBRIS (NASA-Handbook 8719.14)은 NPR8715.6A와 NASA-STD 8719.14A의 설명서로의 역할을 한다.

(2) 법령상 근거 및 적용 대상

NASA의 관련 규정은 Section 203 (c)(1) of the National Aeronautics and Space Act of 1958, as amended에 따라 NASA의 규칙 제정권에 근거한다.⁶⁵⁾

NASA의 관련 규정의 적용대상은 다음과 같다.

- NASA가 주도하고 통제하는 우주사업에서 우주공간에 발사되는 모든 우주물체, 또는 미국내 또는 국제적 협력 관계하에 우주물체의 설계 및 운용에 대한 통제권을 NASA가 갖는 부분적 참여 형

65) In the performance of its functions the Administration is authorized

(1) to make, promulgate, issue, rescind, and amend rules and regulations governing the manner of its operations and the exercise of the powers vested in it by law;

태하에 우주공간에 발사되는 모든 우주물체에 적용된다.(FAA 허가를 받는 상업용 우주발사체, 국방성이 조달받는 발사서비스 등은 NASA가 참여하지 않으며 또는 발사운용에 통제권을 갖지 않는다.)

- 고도 100km 이상을 비행하고 지구의 궤도 속도와 같거나 넘는 속도를 갖는 물체에만 적용된다.
- 우주폐기물 감축에 대해서 “임무요건과 비용효율성과 부합하면서” United States Government Orbital Debris Mitigation Standard Practices의 준수를 규정하고 있는 U.S. National Space Policy of 2010를 원용하여 본 NPR에 따른 의무로부터의 면제를 요청할 수 있다.

2. 우주폐기물 감축 업무 분장

NASA의 거버넌스는 두 기구의 견제와 균형을 기반으로 한다. 하나는 우주물체를 발사하여 운용하는 등의 직접 사업을 운용하는 기구로서 이를 사업 기구(일반적으로 programmatic authority라고 칭한다)이고 다른 하나는 기술적 사항을 담당하는 기구(일반적으로 technical authority라고 칭한다)이다.

사업기구의 주요 보직은 1개의 사업(Project)을 추진하는 Project Management, 복수의 Project를 관리하는 Program Management, 복수의 Program을 관리하는 Directorate Management, 그리고 최상위의 Agency Management 등이다. Human Exploration and Operations Mission Directorate 등이 복수의 Program을 관리하는 Directorate Management이다. 한편, Technical authority에 속하는 기구의 하나가 Safety and Mission Assurance, Office of Safety and Mission Assurance이다.

NASA Procedural Requirements for Limiting Orbital Debris (NPR 8715.6A, 이하 “절차규정”이라 칭함)의 para.1.3.1에 따라 우주폐기물

감축 기준을 Office of Safety and Mission Assurance가 수립하고⁶⁶⁾, 각 우주사업의 Program Manager 또는 Project Manager가 자신이 수행하는 사업에서 우주폐기물 감축 계획을 수립하면 SMA가 검토한다. Program Manager 또는 Project Manager보다 한 단계 상위 기구인 Mission Directorate Associate Administrator (MDAA)는 각 Program이나 Project의 우주폐기물감축계획의 이행을 감독하는 역할 및 필요시에는 그 일탈을 수용할 것인가의 여부를 결정한다.⁶⁷⁾ MDAA보다 한 단계 상위 기구인 Space Operations Mission Directorate도 각 Program 및 Project의 우주폐기물 감축계획을 검토할 수 있다.⁶⁸⁾

요컨대, 우주폐기물 감축 기준을 technical authority인 Office of Safety and Mission Assurance가 수립하면, 각 우주사업의 책임자가 각 사업에

66) 1.3.1 Chief, Safety and Mission Assurance, Office of Safety and Mission Assurance (Chief/OSMA)

- 우주폐기물 감축 요건을 수립한다
- NASA의 우주물체의 폐기 정책을 수립한다.
- 모든 ODAR과 모든 EOMP가 요건을 충족하는가를 심사한다.

67) 1.3.2 Program's Mission Directorate Associate Administrator (MDAA)

- 해당 우주사업(NASA가 주도하는 것 및 부분 참여하는 것을 포함)이 NASA-STD 8719.14 요건을 일탈하여 제기하는 우주폐기물 위험을 수용하는 NASA측 대표의 역할을 MDAA가 맡는다.
- 해당 우주사업의 ODA가 NASA-STD 8719.14에 따른 요건을 준수하도록 보장한다.
- 해당 우주사업의 ODAR에 명시된 조치가 EOMP에서 제대로 수행되도록 보장한다.

68) 1.3.3 Associate Administrator, Space Operations Mission Directorate (AA/SOMD)

- 위 MDAA와 협력하여 각 우주사업의 ODAR과 EOMP를 심의한다.

1.3.7 NASA Office of the General Counsel

- ODAR를 심의하고 의견을 제시한다.

1.3.10 NASA Center SMA Directors

- 인공위성과 발사체 사업 인력이 NASA의 우주폐기물 감축 정책과 요건을 자신들의 해당 사업에 반영(incorporate)하도록 보장한다.

1.3.11 NASA Orbital Debris Program Office (NASA ODPO)

- 지구 궤도로 재진입하는 NASA의 인공위성과 해당 위성과 관련된 orbital stage의 리스트를 재진입 최소 60일전에 작성한다.

1.3.13 NASA Program/Project Manager

- NASA의 모든 우주비행 계획에서 궤도상 폐기물감축 활동을 수립한다.
- 우주폐기물의 배출을 설명하는 자료를 SMA의 검토를 위해서 제출하여야 한다.

맞추어서 이를 이행하는 계획을 수립하여 사업기구의 심의를 받는다. 각 사업의 책임자는 기준 준수 및 일탈 여부를 결정한다.

3. 사업별 감축계획 수립 및 이행

(1) 발사전 단계

1) ODA 수립 및 이행

ODA(Orbital Debris Assessment)는 우주사업의 수행과정에서 우주폐기물이 배출될 수 있는 과정, 양 및 시기 등을 사전에 점검하여 판별함을 보여주는 평가서이다. ODAR은 그러한 평가 내용에 기초하여 대응 방안을 담은 보고서를 말한다. 절차규정에 따라 NASA Program/Project Manager가 자신이 담당하는 사업에 적용될 우주폐기물 요구사항을 작성하고, 우주폐기물위험 대응 보고서(ODAR)을 작성하여 MDAA에 제출하면, MDAA가 이를 NASA본부에 제출한다. ODAR의 최종승인은 MDAA의 책임이다.⁶⁹⁾ 단 우주폐기물이 25년 이내에 지구 표면에 영

69) 2.1 우주폐기물 프로그램 수립 및 통제

2.1.1 NASA Program/Project Manager가 NASA의 우주비행 사업에 적용되는 우주폐기물 요건을 작성한다.

2.1.2 NASA Program/Project Manager는 해당 우주사업의 요구조건에 NASA-STD 8719.14에 따른 설계요구조건이 포함되도록 한다.

2.2 우주폐기물위험 대응(Orbital Debris Risk Assessments)

2.2.1 Orbital Debris Assessment Report (ODAR)

- NASA Program/Project Manager가 NASA가 수행하는 우주사업들이 궤도상 우주폐기물 배출에 있어서 이 NOR과 NASA-STD 8719.14를 준수하는가를 평가한다.

- NASA Program/Project Manager는 위의 평가를 ODAR에 기록하여 MDAA에게 전달한다.

- MDAA는 ODAR을 Chief/OSMA와 AA/SOMD에게 제출한다.

- 우주폐기물이 지구 표면에 25년 이내에 영향을 주는 것으로 평가되면 ODAR이 NASA Headquarters Environmental Management Division, the AA/OER, 및 the Office of the General Counsel에게 제출된다.

- MDAA가 최종 ODAR을 승인한다.

- 해당 사업의 Program/Project Manager가 임무 PDR 이전에 사전 임무ODAR을 제

향을 주는 것으로 평가되는 경우에는 NASA 본부의 환경본부 및 법무실(Office of the General Counsel)에 제출된다.

ODA의 보고서가 ODAR이고 그 주요 내용은 다음과 같다.⁷⁰⁾

Section 1 Program Management and Mission Overview

- 우주사업의 총괄 책임자 및 기구 등의 식별정보
- 우주물체의 설계부터 발사일까지의 마일스톤을 포함한 구체적인 사업의 추진일정
- 임무의 내용
- 발사예정일 및 장소
- 운용 예정인 궤도 및 그 궤도를 선정한 사유
- 물리적 접촉 등의 간섭이 예상되는 다른 운용중인 인공위성의 식별 정보

Section 2. Spacecraft Description

- 인공위성의 탑재체, 버스, 태양전지판, 안테나, 자세제어 시스템 등에 관한 설명
- 인공위성의 형태, 내부 구조, 크기 및 내부 장비의 위치 등과 같이 인공위성 전체를 그림으로 표시
- 발사 중량, 인공위성의 dry mass, 에너지원 등

Section 3. Assessment of Spacecraft Debris Released during Normal Operations

출하여야 한다. ; 임무 CDR 적어도 45일 이전에 개선된 ODAR을 제출하여야 한다. ; 발사 윈도우가 열리기 적어도 30일전에 최종 임무 ODAR을 제출하여야 한다.

70) NASA Process for Limiting Orbital Debris (NASA-STD 8719.14A), p.54

2) 위험감수(Risk Acceptance) 결정

절차규정 para. 2.2.4에 따른 위험감수 결정 절차는 다음과 같다.

- MDAA는 ODAR과 EOMP에서 판별된 모든 미충족사항(noncompliances)을 검토하고, risk tradeoff를 실시한다.
- 모든 미충족사항에 대해서 관련 부서는 Chief/OSMA에 면제요청을 제출한다.
- 궤도상 폐기물 risk를 수용하는 MDAA 각서가 발사 적어도 30일 전에 발사전 안전성검토회의에 제출되어야 한다.
- EOM과 연관된 폐기물 risk를 수용하는 MDAA 각서가 EOM 기동 또는 부동화 개시 최소 4주전에 제출되어야 한다.
- 폐기물감축 요건을 일탈하기로 하는 여하한 결정도 발사전에 Chief/OSMA의 검토를 받고 협조 동의를 받아야 한다. EOM 기동 또는 부동화 개시의 경우에도 같다.

(2) 우주사업 운용 단계

설계단계에서 각 우주사업의 책임자인 Program/Project Manager는 우주물체가 임무를 완수하고 폐기될 때에 NPR에 따라서 폐기되어 우주 폐기물이 되지 않도록 설계되도록 할 책무를 부담한다. 또한 임무 수행중에는 우발적 사고 등으로 인해서 파손되지 않도록 설계되도록 하여야 한다.⁷¹⁾

71) 절차규정 3.1 설계 단계

- NASA Program/Project Manager는 NASA 및 NASA가 재정지원한 또는 NASA가 통제하는 인공위성 및 발사체가 본 NPR에 따라서 폐기되도록 설계됨을 보장하여야 한다.
- NASA Program/Project Manager는 이 NPR 및 NASA-STD 8719.14의 요건의 충족 여부를 추적, 모니터한다.
- NASA Program/Project Manager는 모든 인공위성 및 발사체가, 가능한한, self-initiated unintentional on-orbit breakup을 하지 않도록 설계되어야 함을 보장하여야 한다.

우주물체가 임무를 수행하기 위한 우주비행중에는 각 우주사업의 책임자인 Program/Project Manager가 우주폐기물을 배출하는 운용을 파악하기 위하여 모니터링하여야 한다. 특히 ODAR 또는 EOMP 분석과 달리 우주폐기물이 배출된다고 판단하는 경우에는 상위 직급인 MDAA, 및 NASA 본부 조직에 알려야 한다.⁷²⁾

4. 기술기준

NASA Process for Limiting Orbital Debris (NASA-STD 8719.14A, 이하 “NASA 기술기준”이라 칭함)는 NASA가 관여하는 모든 우주사업에 적용되는 우주폐기물 감축을 위한 기술적 요구 사항을 정하고 있다.

72) 3.2 우주비행의 모니터링

- NASA Program/Project Manager는 우주폐기물을 배출하는 의도된 또는 의도되지 않은 운용을, 가능한한, 파악하기 위하여 모니터링하여야 한다.
- NASA Program/Project Manager는 인공위성이 위와 같은 폐기물을 ODAR 또는 EOMP 분석과 달리 배출한다고 판단한 경우에는 그 사실을 48시간내에 MDAA, OSMA, and NASA ODPO 및 SOMD에 알려야 한다.
- NASA Program/Project Manager는 각 우주사업에서 지구궤도에 배출된 모든 우주 폐기물(계획된 및 계획되지 않은 폐기물 모두 포함)이 각 우주사업에서 분석되어 3개월안에 우주폐기물이 같은 궤도 또는 교차하는 궤도 또는 지구로 귀환하는 인공위성에 위협을 미치는가를 결정하도록 하여야 한다.
- 위 분석 결과 사고발생 확률이 1000분의 1 이상이면, MDAA가 Chief/OSMA에게 분석후 48시간 이내에 통보하여야 한다. 다른 위성이 유인 우주물체이고 사고 확률이 100만분의 1 이상이라면 MDAA가 Chief/OSMA에게 분석후 48시간 이내에 통보하여야 한다.
- 지구궤도에서 우주물체의 정상적인 기동 또는 EON시점에 부동화나 폐기조치에 영향을 줄 수 있는 파손 또는 통제 상실을 일으킬 수 있는 사안으로서 ODAR 또는 EOMP에서 중요한 사안으로 규정된 사안을 NASA Program/Project Manager는 모니터링 하여야 한다
- 지구궤도에서 우주폐기물의 배출 또는 EOMP 실행에 영향을 줄 수 있는 사건이 감지되면, NASA Program/Project Manager는 우주물체의 부동화 및 폐기 등을 방해할 수 있는 우주폐기물의 배출이 억제되도록 조치가 취해지도록 하여야 한다.

(1) 우주폐기물 감축 계획의 수립

우주물체의 설계와 발사 단계 이전에 우주폐기물 감축에 관한 계획의 수립 및 대비 조치 등에 대해서는 미국 NASA 기술기준이 구체적으로 규정하고 있다.

1) 궤도상 폐기물 대비 계획의 목적 및 내용

NASA 기술기준 para.4.1는 모든 우주사업은 인공위성, 발사체 orbital stage, 및 정상 운용중에 배출되는 물체 등에 적용되는 요건을 충족하도록 노력하여야 한다고 규정하고 있다. 또한 그림에 있어서 우주사업이 추구하는 목표와 비용도 필연적으로 고려되어야 함이 인정되며, 우주사업이 추구하는 목표, 기술적 능력 또는 비용 요인에 의해서 요건이 충족되지 않을 경우에는 면제요청(waiver)이 신청되어야 한다.

아울러 NASA 기술기준 para.4.2는 궤도상 폐기물 감축은 다음의 업무를 수반한다고 규정하고 있다.

- 정상적 운용과 관련된 폐기물 배출을 줄이기
- 궤도에서 다른 물체와의 충격 확률을 줄이기
- 기존의 궤도상 폐기물 또는 유성과의 충격의 영향을 줄이기
- tether system에 의한 폐기물 위험을 줄이기
- 임무 완료후에 에너지원을 고갈시키기
- 임무 완료후 또는 폐기궤도로의 기동후에 LEO에서의 잔존 기간을 줄이기
- 임무후 폐기의 결과로서 재진입하면서 잔존한 우주물체의 구성품이 인간에게 미치는 위험을 줄이기

2) ODA의 작성

NASA 기술기준 para. 4.2.1에 따라서 ODA는 다음 영역을 포함하여야 한다.

제 4 장 우주폐기물 감축에 관한 산업계의 기술기준

- 정상 운용 또는 이상 조건에서의 폐기물을 배출할 가능성
- 폐기물 또는 궤도상 우주물체와의 충돌로부터 폐기물을 배출할 가능성
- 임무후 폐기

위 영역은 다음의 7가지 쟁점으로 분류된다.

- 정상 운용중에 배출되는 폐기물
- 폭발 및 의도적 파손에 의해서 배출되는 폐기물
- 임무 운용중에 궤도상 충돌로 인해서 배출되는 폐기물
- 임무 완수후에 인공위성 및 발사체 orbital stage의 폐기의 신뢰성
- 대기권에 재진입하면 지구에 영향을 줄 수 있는 구조물
- 달 궤도에서의 인공위성과 발사체의 폐기
- tether system과의 궤도상 충돌로 인해서 배출되는 폐기물

또한 PDR 이전에 ODAR 완성본이 제출되지 않더라도, 적어도 비용에 미치는 영향이 설계단계에서 고려될 수 있는 시점에 제출되어야 한다. Initial ODAR은 NASA가 구매 검토를 개시하기 적어도 30일전에 제출되어야 한다. ISS의 탑재체로서 비행하는 NASA 우주사업은 ODA를 면제받는다.

3) 임무종료대비계획(EOMP)

우주물체의 설계와 실제 운용의 결과 우주물체가 안전하게 폐기되지 못하게 되어서는 안되며, EOMP는 그러한 목적에서 운용중에 EOM에 영향을 주는 요소들을 판별하여 대비하게 함을 목적으로 한다. NASA 기술기준 para.4.2.2는 EOM 폐기 계획을 수행할 능력에 심각한 지장을 주는 성능 저하 등의 경우에 어떤 조치가 취해져야 하는가를 EOMP는 기술하도록 규정하고 있다.

NASA 기술기준 para. 4.2.4에 따라서 ODAR과 EOMP을 준수하지 못하는 이탈/면제/예외(deviation/waiver/exceptions)는 NASA의 승인을 득 하여야 한다.

(2) 운용중의 폐기물 배출 감축 조치

IADC 가이드라인 para. 5.1은 정상 운용중 배출되는 폐기물의 배출 제한을 규정하고 있다. 아울러 NASA 기술기준 para. 4.3도 이에 관해 규정하고 있다.

정상 운용중의 폐기물 배출 개념

정상 운용중에 폐기물을 배출할 수 밖에 없는 경우에, 폐기물의 양, 배출되는 구역, 그리고 궤도상 잔존 기간 등이 최소화되어야 한다. NASA 기술기준 para.4.3.1은 폐기물의 직경이 1mm 이상인 것은 LEO에서, 직경이 5cm 이상인 것은 GEO에서 인공위성에 심각한 피해를 주기에 충분한 에너지를 가지므로 배출이 억제되어야 할 폐기물로 규정하고 있다. 반면에 고체연료의 연소로부터 배출되는 slag 등의 작은 폐기물은 NASA-STD에 따른 기준에서 다루지 않는다.⁷³⁾

정상 운용중의 폐기물 배출 통제

NASA 기술기준 para. 4.3.2는 정상 운용중의 폐기물 배출의 통제에 관해 규정하고 있다.

첫째, LEO를 통과하는 폐기물로서 직경 1mm 이상인 폐기물의 경우에 NASA 기술기준 para. 4.3.2.1에 따라서 다음 사항이 요구된다.

- 우주물체의 배치, 운용 및 폐기 단계에 배출되는 모든 폐기물은 그 배출일로부터 최대 25년 이상 궤도에 잔존해서는 안된다.

73) NASA Standard (NASA-STD) 8719.14(Process for Limiting Orbital Debris), para. 4.3.1 Definition of Released Debris Technical Area

- 하나의 임무를 수행하는 우주물체에서 배출된 모든 물체의 궤도상 잔존기간중에서 2,000km 이하에서 잔존하는 시간을 모두 합한 것을 object-time product라고 할 때, object-time product는 100 object-years 보다 커서는 안된다. (한 폐기물이 2,000km 이하에서 25년간 잔존한다면 4개를 초과한 폐기물이 배출되어서는 안된다.)

둘째, GEO 근처를 통과하는 폐기물의 경우에 NASA 기술기준 para. 4.3.2.2에 따라서 다음 사항이 요구된다.

- GEO를 가로지를 가능성이 있는 궤도상 폐기물을 남겨두는 임무의 경우에, 직경 5cm 이상의 폐기물은 그 배출로부터 25년 이내에 apogee가 GEO에 더 이상 있지 않도록 하여야 한다.

para. 4.3.1의 요건은 LEO에서의 폐기물을 합리적인 기간내에 없애기 위함이다. 25년 조건은 향후 100년 동안에 폐기물의 증가를 억제하기 위함이며, 25년 조건은 미국 정부 및 주요 국가가 그동안 인정해 온 조건이다. 근지점 고도가 600km 이하인 궤도상 폐기물의 궤도상 잔존 기간은 25년 미만이다. 근지점 고도가 700km를 넘은 우주물체는 궤도상에 수백년 동안 잔존한다. 배출된 폐기물이 운용중이 인공위성에 주는 피해의 위험이 용인될 수준으로 그칠려면 그 확률이 0.0000001 보다 작아야 한다는 것이 여러 선례를 통해서 입증된 바 있다. 100 object-years는 그러한 요건을 충족한다.

4.3.5 이 구역에서의 감축 조치의 개요

우주사업이 위의 요건에 해당하는 구역에 없다면 다음의 조치 등이 취해지는 것도 허용된다.

- 낮은 근지점고도를 가진 폐기물을 배출하여 궤도상 잔존 기간을 줄인다.
- 폐기물의 궤도상 잔존수명이 줄어들수 있도록 설계한다.

- 달이나 태양의 영향으로 궤도상 잔존 수명이 줄어들 수 있는 상태에서 폐기물을 배출한다.
- 설계변경, 운용절차 변경 등으로 폐기물의 배출을 감소시킨다.

3) 폭발로 인한 폐기물 배출의 억제

① 폭발의 종류

LEO에서 직경 1cm보다 큰 파편물이 배출된 주된 원인은 orbital stage의 우발적 폭발인 것으로 알려져 있다. 그러한 폭발의 주요 에너지원으로 추정되는 것은 액화산소 등의 남아 있는 연료였다. 그러한 폭발은 발사후 몇시간 이후이기도 하고 발사후 23년 이후이기도 하다. 1996년 pegasus 발사체의 orbital stage가 발사 2년 후에 폭발하였는데, 그로 인해 배출된 파편의 양은 지금까지 최대 기록이다.

한편, 큰 우주구조물이 지구궤도에 재인입하고 남은 파편 조각의 양을 줄이기 위해서 의도적 파손이 수행되어 왔다. 또는 궤도상 실험을 위해서 발사된 후에 의도적 파손이 수행되기도 하였다. 의도적 파손이 수행되면 파손이 이루어진 바로 그 시점, 그 궤도상 지점에는 폐기물이 없다가 다른 시점에 집중되어서 폐기물의 밀도가 높아진다. 의도적 파손으로 인한 폐기물의 밀도, 위치, 시점 등은 모의 실험을 해서 예측할 수 있고, 그러한 실험을 통해서 우주물체에 대한 피해가 줄어들 수 있다.

② 억제 조치

NASA 기술기준 para. 4.4.2.1은 우발적 폭발의 억제에 관해 다음 사항을 규정하고 있다. - 인공위성과 발사체의 orbital stages의 우발적 폭발 확률이 0.001보다 작아야 한다, 해당 우주사업은 위 요건을 충족함을 입증하여야 한다.

제 4 장 우주폐기물 감축에 관한 산업계의 기술기준

- 인공위성과 발사체의 orbital stage의 설계는 다음의 사항을 위한 성능과 계획을 포함하여야 한다. : 저장된 모든 종류의 에너지가 임무 수행과 임무후 폐기를 위해 더 이상 필요하지 않을 때에 완전히 소진되어야 한다. 또는 궤도상 폐기물을 배출하거나 인공위성을 파손시킬 정도로 큰 폭발을 일으키지 않을 수 있는 정도의 양으로 에너지를 조절하기 위해서 에너지가 더 이상 필요하지 않을 때에 완전히 소진되어야 한다.

NASA 기술기준 para 4.4.3.1은 다음 사항을 규정하고 있다.

- 우발적 폭발의 확률을 0.001보다 낮게 함으로써, 운용중인 인공위성이 1mm보다 큰 폭발 파편과 충돌할 평균 확률은 0.000001보다 작게 된다.
- 저장된 에너지를 제거할 수 있도록 설계가 되거나 운용이 되는 경우에 우발적 폭발은 예방되어 왔다. 이러한 절차를 부동화(passivation)이라고 한다. 대개의 경우에 파편 조각이 되지 않는 봉인된 배터리 등과 같이 압축된 시스템(pressurized system)이 매우 빠른 물체와의 충돌할 경우의 결과를 억제하기 위해서 임무종료기간(EOM)에 부동화할 필요가 있는지가 분석되어야 한다.
- 모든 에너지원과 충전 시스템의 부동화는 그러한 운용이 임무 수행에 받아들일 수 없는 위험을 제기하지 않는 한 즉각 수행되어야 한다. LEO에서 연료의 연소로 인한 소진은 우주물체의 궤도상 수명을 늘리기 위해서 설계된다. 연소 소진가 압축가스 배출은 우발적 충돌의 확률을 줄이기 위해서도 설계되어야 한다.

NASA 기술기준 para. 4.4.2.2는 의도적 파손의 억제에 관해 다음 사항을 규정하고 있다.

- 계획된 파손이 다른 우주물체에 미칠 수 있는 장기간의 위험을 줄임 : 계획된 폭발 또는 의도적 충돌은 10cm보다 큰 궤도상 폐

기물의 object-time product가 100 object-years를 넘지 않도록 할 수 있는 고도에서 수행되어야 한다. 예컨대 10cm보다 큰 폐기물 파편이 최대 1년간 궤도에 잔존할 수 있다면 그러한 파편은 최대 100개까지만 배출되는 것이 허용된다. 또한 1mm보다 큰 폐기물로서 1년 이상 지구궤도에 잔존하는 폐기물을 배출해서는 안된다.

- 계획된 파손이 다른 우주물체에 미칠 수 있는 단기간의 위험을 줄임 : 파괴 이후 24시간 이내에 다른 운용중인 인공위성과 1mm보다 큰 폐기물이 충돌할 확률이 0.0000001을 넘지 않는지가 폭발 또는 의도적 충돌 직전에 검증되어야 한다.

NASA 기술기준 para. 4.4.3.2는 다음 사항을 규정하고 있다.

- 의도적 파손으로 인한 폐기물의 밀도, 위치, 시점 등은 모의 실험을 해서 예측할 수 있고, 그러한 실험을 통해서 우주물체에 대한 피해가 줄어들 수 있다. 그러나 그러한 실험의 유효성은 불과 며칠밖에 안되는 것이기 때문에 언제 어느 지점에서 의도적 파손을 하여야 우주물체에 주는 위험이 줄어드는지는 파괴하기 며칠전에 실험을 수행해야 알 수 있다. 그 실험은 미국 국방성과의 협조에 수행된다. 국방성과의 협조는 파괴 계획된 시점의 적어도 30일 전에 개시되어야 한다.

(3) 궤도상 충돌로 인한 폐기물 배출 억제

1) 궤도상 충돌로 인한 폐기물 배출

폐기물은 임무 운용 또는 임무 운용후에 궤도상 충돌로 인해서 배출될 수 있다. 인공위성과 다른 큰 물체와의 충돌에 의한 직접 배출이 있고, 또한 작은 폐기물이 인공위성에 피해를 주어서 위성의 폐기를 불가능하게 하여 그 위성이 결국 파괴되어서 파편화되게 해서 배출되는 간접적 배출의 경우가 있다.

인공위성이나 발사체의 orbital stage는 원래의 상태 그대로에서는 우주 공간의 다른 이용자에게 미치는 충돌의 위험은 작다. 그러나 충돌로 인해서 파편화되면 훨씬 더 큰 충돌 위험을을 미치게 된다. 인공위성보다 훨씬 더 작은 폐기물의 속도가 상당히 큰 경우에 그 충돌의 결과는 재난적 충돌에 이른다. 직경 10cm 이상의 폐기물과의 충돌을 재난적 충돌이라고 부른다.

재난적 충돌은 폐기물의 직접적 배출원인이다. 또한 폐기운용을 거치지 않은 인공위성이나 발사체 orbital stage도 궤도상에 버려진 구조물이기에 충돌이나 폭발에 의해서 재난적 파손을 일으킬 수도 있다.

2) 궤도상 충돌로 인한 폐기물 관리

NASA 기술기준 para. 4.5.2는 충돌로 인한 위험의 감축 요건으로서 다음 사항을 규정하고 있다.

- 지구궤도에서 운용중일 때 큰 물체와의 충돌에 의해서 배출되는 폐기물을 줄일 것 : LEO에 있거나 LEO를 통과하는 인공위성과 발사체 orbital stage 사업은 그 궤도 수명기간 동안에 직경 10cm 보다 큰 우주물체와의 우발적 충돌의 확률이 0.001보다 작음을 입증하여야 한다.
- 지구궤도 또는 달궤도에서 운용중일 때 작은 물체와의 충돌에 의해서 배출되는 폐기물을 줄일 것: 해당 우주산업은 인공위성의 임무 후 폐기요건을 준수하지 못하게 할 정도의 궤도상 폐기물과의 우발적 충돌과 유성과의 우발적 충돌의 확률이 0.01보다 작음을 입증하여야 한다.

IADC 가이드라인 para. 5.4는 다음 사항을 규정하고 있다.

- 우주선 또는 orbital stage의 설계 및 임무 계획 수립에 있어서, 인지하고 있는 물체와의 우발적 충돌 확률을 측정하고 억제하여야 한다. 충돌위험이 경미할 것으로 생각되지 않는다면, 신뢰할 수

있는 궤도상 데이터를 사용할 수 있는 한 우주선의 회피 기동 및 발사 윈도우의 조정이 고려될 수 있다. 우주선의 설계는 작은 물체와의 충돌이더라도 통제 기능의 상실에 이르러서 임무후 폐기를 방해할 수 있는 경우를 최소화하도록 하여야 한다.

(4) 우주구조물의 임무후 폐기

1) 임무후 폐기의 필요성 및 개요

EOM에서의 인공위성과 발사체 상단 로켓을 유기해온 관행의 결과 LEO에 축적된 우주폐기물의 양이 2백만 kg가 넘는 것으로 알려져 있다. 비슷한 양의 폐기물이 GEO에도 남아 있다. 임무후 폐기 방법은 주어진 시간내에 대기권으로 재진입하게 조종하거나 또는 자연히 재진입하게 하는 방법, 또는 우주 구조물이 향후의 우주 사업에 거의 위협이 되지 않는 폐기 지역으로 옮기는 방법 또는 지구로 회수하는 방법 등이다.

일반적으로 1,400km이하 궤도상의 우주구조물을 폐기하는 가장 에너지 효율적인 방법은 EOM으로부터 25년 내지는 발사로부터 30년 이내에 자연적으로 “궤도붕괴”(decay)이 일어나는 지역으로 옮기는 방법이다. 1,400 내지 2,000 km 사이의 궤도상 우주구조물에 대해서는 2,000 km 이상으로의 storage orbit로 옮기는 방법이 최선의 방법이다. GEO 근처 궤도에서의 인공위성과 orbital stage의 경우에는 GEO로부터 300km 이상의 궤도가 폐기 궤도이다.

2) 임무후 폐기 조치

NASA 기술기준은 다음 사항을 규정하고 있다.

para. 4.6.2.1 LEO를 통과하거나 LEO에 있는 우주구조물의 폐기 : 근지점고도가 2,000km 이하인 인공위성이나 orbital stage는 다음의 세 가지 방법중의 하나에 따라서 폐기된다.

- 대기권 재진입 : 인공위성의 임무 완료후 25년내에 (발사후 30년을 넘지 않고) 자연력에 의해서 대기권에 재진입할 수 있는 궤도에 우주구조물을 위치시킴 ; 임무완료후 곧 우주구조물을 조종하여 탈궤도하기 위한 궤도로 이동시킴
- 저장궤도 : 근지점 고도가 2,000km보다 크고 원지점⁷⁴⁾ 고도가 GEP-500km 인 궤도로 우주구조물을 이동시킴
- 직접 회수 : 임무 완료후 10년 이내에 우주구조물을 회수하여 궤도로부터 제거한다.

para. 4.6.2.2 GEO 근처의 우주구조물의 폐기 : EOM 시점에 인공위성 또는 orbital stage를 폐기궤도로 이동시킴

para. 4.6.2.3 LEO와 GEO 사이의 우주구조물의 폐기 : 인공위성 또는 orbital stage는 지표로부터 2,000km보다 높은 근지점 고도, GEO보다 최대 500km 낮은 원지점 고도를 갖는 궤도에 남겨져야 한다. 인공위성과 orbital stage는 부가가치가 큰 운용중인 우주 구조물이 비행하는 궤도, 예컨대 19,200에서 20,700 km사이의 폐기궤도를 사용해서는 안된다.

para. 4.6.2.4 지구 궤도에서의 임무후 폐기운용의 신뢰성 : NASA의 우주사업은 모든 폐기운용이 4.6.1., 4.6.2 및?또는 4.6.3의 요건을 충족할 수 있도록 성공확률이 다음과 같도록 설계하여야 한다. EOM에서 0.9보다 커야 함

제 2 절 유럽의 ESA

유럽의 ESA는 우주폐기물의 감축에 관한 방침을 새로이 규정하는 “Space Debris Mitigation Policy for Projects”를 2014년3월28일자로 채택

74) 우주물체가 비행하는 궤도에서 지구 중심으로부터의 거리가 가장 먼 궤도상의 한 지점(Apogee)

하면서⁷⁵⁾ 기존의 European Code of Conduct for Space Debris Mitigation (2004년6월28일자 채택)과 IADC 가이드라인을 대체하였다. 그 방침의 일환으로서 2012년2월10일자로 ISO 24113을 Space debris mitigation requirements로 채택하였다.(ECSS-U-AS-10C, 이하 “ESA 기술기준”이라 칭함) 또한 2015년2월에 ESSB-HB-U-002 - ESA Space Debris Mitigation Compliance Verification Guidelines이 발간되었다. 본절에서는 ECSS-U-AS-10C를 중심으로 살펴 보도록 하겠다.

1. 적용 범위 및 절차

(1) 목적 및 적용 범위

ESA의 우주폐기물 감축 정책의 목표는 다음과 같다.

- LEO보호지역과 GEO 보호지역을 보존하기 위해서 버려진 우주선과 소비된 발사체 orbital stage의 통제없는 증가를 방지하는 것
- 임무 관련 물체의 의도적인 배출 또는 우주시스템의 의도적인 과손으로 인해서 폐기물이 배출되는 것을 억제하는 것
- 우주시스템에 탑재된 에너지를 저장하는 부분의 폭발로 인한 사고의 결과로 파손이 발생하는 것을 방지하는 것
- 운용하지 않는 우주시스템이 보호 지역에 장기간 잔존하는 것을 억제하기 위하여 충돌회피기동 및 폐기 기동을 수행하여 궤도상 충돌을 방지하는 것
- 우주시스템의 통제된 또는 통제되지 않은 재진입으로 인한 위험도를 억제하는 것

적용 범위는 다음과 같다.

- 발사체, 인공위성 등의 우주시스템을 ESA가 조달하는 경우

75) ESA/ADMIN/IPOL(2014)2 - Space Debris Mitigation Policy for Projects, ESA DG, 28/03/2014

- ESA의 책임하에 운용되는 우주시스템의 경우
- 단 ESA의 우주시스템을 발사하기 위해서 발사서비스를 구매하는 경우에는 ESA 기술기준을 준수하기 위한 합리적인 노력 의무가 적용된다.

(2) 승인 및 면제 절차

1) 기준 적합성 및 일탈 심의

우주시스템의 개발단계에서 ESA기술기준과의 적합성 판단은 일반적인 Technical Project Reviews절차에서 수행되고, 궤도상 운용단계에서의 중요한 일탈(major deviations)이 발생하는 경우에는 Space Debris Mitigation Review Panel이 별도로 설치되어 일탈에 대한 평가작업이 수행된다.

2) 업무별 분장과 절차

우주사업별 폐기물감축에 대해서 해당 사업의 Project Manager 또는 Mission Manager가 Space Debris Mitigation Plan (SDMP)과 Space Debris Mitigation Report (SDMR)을 수립, 작성한다. 일반적인 품질보증 업무를 담당하는 the Department in charge of Product Assurance and Safety (D/TEC-Q)가 우주폐기물에 대한 업무를 the Independent Safety Office (TEC-QI)에게 위임한다. TEC-QI은 SDMP와 SDMR을 검토하고 승인하는 책임을 진다. 즉 TEC-QI은 해당 우주사업에서 ESA기준의 적합성을 심사하고, 면제(waiver)절차를 진행한다.

2. 기술 기준

(1) 정상 운용중에 의도적인 배출의 억제

1) 임무 관련 물체⁷⁶⁾의 배출 억제⁷⁷⁾

발사 또는 운용단계에서 1mm보다 큰 물체가 의도적으로 또는 의도 없이 분리되거나 배출되는 것을 억제하는 것을 목적으로 하는 기준이다. 특히 MRO들은 본체에 비해 상대적으로 낮은 속력으로 비행하기에 본체와 충돌 가능성이 다른 물체에 비해서 높기에 MRO의 배출이나 분리를 억제할 필요가 있다.

이에 우주선과 orbital stage는 정상적 운용중에 지구 궤도로 우주폐기물을 배출하지 않도록 설계되어야 한다. ESA는 1mm보다 큰 물체의 배출이 위 규정의 적용대상으로 한정하고 있다.

2) 임무 관련 물체의 방치 억제⁷⁸⁾

LEO보호 지역과 GEO 보호 지역에 MRO의 방치는 폐기물과의 충돌 위험을 늘리므로, 이를 억제할 필요가 있었다. IADC 및 여러 국가의 우주 담당 부처가 채택하고 있는 기준은 LEO 지역에서의 잔존 기간을 최대 25년으로 제한하는 것이고, ESA도 이를 채택하고 있다.

정상 운용의 일부로서 지구 궤도에 배출된 우주폐기물은 GEO 보호구역 밖에 남아야 하고 LEO 보호구역에서의 잔존 기간은 25년을 넘지 않도록 하여야 한다.

76) 임무 관련 물체(mission-related object, MRO)란 임무중에 소비된(dispense), 분리된(separate) 또는 배출(release)된 물체를 말한다. 예컨대 발사체의 로켓단을 서로 연결하는 클램프, 발사체에 탑재체를 고정시키는 fairing, 카메라 렌즈의 뚜껑 등이다.

77) ECSS-U-AS-10C / ISO 24113:2011 6.1.1.1

78) ECSS-U-AS-10C / ISO 24113:2011 6.1.1.2

3) 발사 관련 물체의 배출 억제⁷⁹⁾

발사체가 우주선을 궤도에 올려 놓는 임무에 있어서 로켓의 마지막 단계인 orbital stage를 최소한으로 줄이는 것이 궤도에 잔존하는 우주 폐기물의 수를 줄이는 방법이다.

이를 위해서, 정상적 발사 운용중에 지구궤도로 배출되는 우주폐기물의 수는, 추진체 관련 물체 이외에, 1개(우주선 1개를 발사하는 경우) 또는 2개(우주선 여러 개를 발사하는 경우)를 초과하지 말아야 한다.

4) 발화장치의 미세물질 배출 억제⁸⁰⁾

연료가 발화된 후에 발생하는 여러 물질중에서 1mm보다 큰 물질은 작지만 운용중인 우주 시스템을 파손시킬 수 있다. 그래서 발화장치는 1mm 보다 큰 물체를 지구 궤도에 배출하지 않도록 설계되어야 한다.

5) 고체로켓모터의 GEO에서의 미세물질 배출 억제⁸¹⁾

고체로켓모터에서 배출되는 1mm보다 큰 미세물질은 운용중인 우주 시스템을 파손시킬 수 있다. 따라서 고체로켓모터는 GEO 보호구역에 고체연료물질을 배출하지 않도록 설계되어야 한다. ESA는 1mm이상의 물질을 이 규정의 적용 대상으로 한정하고 있다.

6) 고체로켓모터의 LEO에서의 미세물질 배출 억제⁸²⁾

- 고체로켓모터의 설계와 운용에 있어서 LEO 보호구역을 오염시킬 수 있는 고체로켓모터의 미세물질의 배출을 회피할 수 있는 방법이 강구되어야 한다. ESA는 1mm이상의 물질을 이 규정의 적용 대상으로 한정하고 있다.

79) ECSS-U-AS-10C 6.1.1.3

80) ECSS-U-AS-10C / ISO 24113:2011 6.1.2.1

81) ECSS-U-AS-10C 6.1.2.2 / adapted from ISO 24113:2011 6.1.2.2

82) ECSS-U-AS-10C / ISO 24113:2011 6.1.2.3

(2) 궤도상 파손의 억제

1) 의도적 파손의 방지⁸³⁾

지구 궤도상에 우주폐기물을 배출할 수 있는 의도적 파손은 어떠한 경우에도 금지되어야 한다. 우주사업이 임무수행계획에서 의도적 파손은 배제되어야 한다. 이에 para. 6.2.1 지구 궤도에서 우주선 또는 발사체 orbital stage의 의도적 파손은 금지된다.

2) 우발적 파손의 최대 확률⁸⁴⁾

우발적 파손으로 인해서 지구 궤도에 밀도가 매우 높은 우주폐기물 층을 배출할 수 있는 위험이 최소화되어야 한다. 이를 위해서 폭발확률이 낮은 부품이 사용되어야 하고, 다른 부품이 폭발하더라도 폭발하지 않는 부품이 사용되어야 한다. 이에 우주선과 orbital stage의 우발적 파손 확률이 1000분의 1보다 커서는 안된다.

3) 우발적 파손의 확률 계산

위 확률의 계산에서는 우주폐기물 또는 유성 등과 충돌과 같은 외부적 요인을 배제한다.

4) 부동화(passivation)⁸⁵⁾

폐기 단계에서 우주선 또는 orbital stage는 남아있는 탑재 에너지를 통제된 절차에 따라서 소진하거나 안전하게 밀봉하여야 한다.

83) ECSS-U-AS-10C / ISO 24113:2011 6.2.1

84) ECSS-U-AS-10C / ISO 24113:2011 6.2.2.1

85) ECSS-U-AS-10C / ISO 24113:2011 6.2.2.3

(3) 폐기 절차

1) 폐기절차 신뢰도⁸⁶⁾

우주시스템이 임무를 마친후에 GEO보호지역과 LEO 보호지역에 남아있지 않도록 폐기되는 절차의 성공 확률이 높도록 설계되어야 한다. 폐기절차의 성공 가능성이 0.9 이상이어야 한다.

2) 폐기절차 신뢰도 산정⁸⁷⁾

폐기절차 신뢰도를 설계 단계에서만 확인하는 것이 아니라 우주시스템이 궤도에서 운용중일 때에 모니터링하여 실제 신뢰도를 확인하고 유지하는 것이 중요하다.

3) GEO 궤도로부터의 이격⁸⁸⁾

GEO 보호구역에서 운용하는 우주선 또는 발사체 orbital stage는 GEO 보호 지역에 완전히 바깥쪽에 있는 궤도로 폐기 단계동안에 이동하여야 한다.

4) GEO 폐기 기동⁸⁹⁾

GEO 보호 지역에서 운용하는 우주선은 GEO 폐기기동을 마친 후에 중력 등의 영향으로 GEO 보호 지역으로 재진입할 가능성이 적은 곳에 있어야 한다.

86) ECSS-U-AS-10C / ISO 24113:2011 6.3.1.1

87) ECSS-U-AS-10C / ISO 24113:2011 6.3.1.2

88) ECSS-U-AS-10C / ISO 24113:2011 6.3.2.1

89) ECSS-U-AS-10C / ISO 24113:2011 6.3.2.2

5) LEO 궤도로부터의 이격⁹⁰⁾

현재까지의 경험에 따르면 EOM후에 우주선과 발사체 orbital stage 를 LEO에 방치한 결과 약 200만 킬로그램의 우주물체가 축적되어 있다. 이들 물체들간의 충돌은 더 이상 통제할 수 없는 충돌을 유발하고 LEO궤도는 더 이상 사용될 수 없을 수 있다.

LEO보호구역에서 운용하는 우주선 또는 발사체 orbital stage는 임무 종료후 최대 25년 동안만 LEO 보호지역에 남아있어야 한다.

6) LEO 폐기 기동⁹¹⁾

임무 종료후에 LEO보호구역에서 우주선 또는 발사체 orbital stage 는 다음의 방법중의 하나에 의해서 제거되어야 한다(선호도에 따라 나열됨)

- 지구로 안전하게 회수하기 위해서 재진입시킴
- 인명 살상 가능성을 억제하기 위해서 지표상에 충돌 지점을 정하여 재진입시키는 기동을 함
- 위 6.3.3.1에 따라서 최소의 궤도상 잔존 수명을 갖게 하기 위해서 기동함
- 위 6.3.3.1에 따르는 궤도상 잔존 수명을 갖게 하기 위해서 특정 기기를 사용하여 궤도상 멸실(decay)하게 함
- 위 6.3.3.1에 따르는 궤도상 잔존 수명을 갖게 하기 위해서 자연적으로 멸실(decay)하게 하도록 함
- LEO 보호 구역보다 충분히 높은 궤도로 이동시켜서 100년 이내에 LEO 보호 지역에 재진입하지 않도록 함

90) ECSS-U-AS-10C / ISO 24113:2011 6.3.3.1

91) ECSS-U-AS-10C / ISO 24113:2011 6.3.3.2

제 3 절 기타 국가

1. 일본의 JAXA 사례

일본의 JAXA는 2004년에 JMR-003 우주폐기물발생방지표준(スペースデブリ発生防止標準)을 공표하여 시행하고 있다.

(1) 관리 조직

우주폐기물 감축을 위해서 업무 분장 및 조직은 다음의 사항을 준수하여야 한다.

- 우주사업의 책임자와 외부 계약자는 우주폐기물의 감축 방안을 연구하고, 계획하고 이행할 책임자 및 조직을 설치하여야 한다.
- 우주 사업은 Safety and Mission Assurance Department와 협조하여 JAXA의 표준에 따른 요구사항에 따라서 실현 가능한 우주폐기물 감축계획을 수립하여야 한다.
- 위 계획은 System Safety Program Plan에 포함될 수 있으며, System Safety Review Board의 검토를 받아야 한다.
- 외부 계약자는 JAXA가 제시하는 위 폐기물감축계획에 준수하는 폐기물감축 관리 계획을 수립하여 JAXA의 승인을 득하여야 한다.

(2) 주요 원칙

JAXA의 표준의 시행 원칙은 다음과 같다.

- 우주시스템의 궤도상 파손을 억제함
- GEO에서 임무를 종료한 우주선을 더 높은 궤도로 이전함
- orbital stage가 GTO에서 머무는 시간을 줄임

- 궤도에서 운용중에 배출되는 물체의 수를 최소화함
- LEO에서의 우주시스템의 잔존 기간을 25년 이하로 줄임
- 궤도상 충돌을 회피함

(3) 기술 표준

JAXA의 전신인 NASDA가 1996년도에 “Space Debris Mitigation Standard” (NASDA STD 18)을 채택한 바 있고, 2003년도에 NASDA가 JAXA로 되면서 NASDA STD 18이 “JAXA Management Requirements 003 (JMR 003)으로 되었다. 2011년도에 JMR-003의 version B가 채택되었다. JMR-003B의 기술 표준은 ISO 24113의 기술표준과 거의 같다.

임무 관련 물체의 배출 억제에 있어서 ISO 24113에 따라서 정상적 운용중에 지구궤도로 우주폐기물을 배출하지 않도록 우주시스템은 설계되어야 한다. 고체연료모터로부터 slag가 배출되지 않도록 설계되어야 하는데, ESA의 기준은 slag가 1mm보다 크면 안된다고 규정하고 있지만, 일본의 경우는 ISO 24113 표준을 따르고 있다. 반면에 발화장치의 경우에는 1mm보다 큰 물체를 배출하여서는 안된다.

궤도상 파손의 억제에 있어서 지구궤도에서 우주선 또는 발사체 orbital stage의 의도적 파손은 금지된다.

임무후 폐기절차에 있어서는 ISO 24113에 따라서 GEO위성과 LEO 위성의 폐기절차의 성공률을 0.9보다 크게 하여야 한다. LEO위성의 폐기에 있어서 ISO 24113과 달리 NASA의 기술기준에 나온 10년 이내에 회수방법이 폐기 방법중의 하나로 인정된다.

2. 프랑스 CNES 사례

2011년에 고시된 규칙⁹²⁾에 규정된 기술기준과의 적합성을 CNES가 검사한다.

(1) 발사체

위 규칙 제21조는 발사체의 우주폐기물 감소에 대해서 다음과 같이 규정하고 있다.

- 발사 운용자에 의해서 실시되는 발사체는 다음의 조건을 충족하면서 설계, 생산 및 실시되어야 한다.
- 발사체는 정상적인 운용기간(발사체의 수명종료 및 그 구성 부품의 수명종료를 포함한 기간)중에 우주폐기물의 배출을 최소화하도록 설계, 생산 및 실시되어야 한다. 특히 발사체 운용자는 다음의 조치를 취한다.(한개의 우주물체의 발사인 경우에 단일 발사체 구성 요소(예컨대 stage)가 궤도에 위치할 수 있다. 여러개의 우주물체의 경우에 최대 2개의 발사체 구성요소(예컨대 한개의 stage, 또는 구조물)가 궤도에 위치할 수 있다.
- 발화장치는 최대 1mm의 물질만을 배출할 수 있고, 고체연료모터는 B보호구역에서 최대 1mm의 물질을 배출할 수 있다. A보호구역에서는 물질이 환경을 오염시키지 않도록 하기 위해서 장기간 잔존하지 않도록 하는 방법을 적용하여야 한다.
- 발사체는 위 조건을 충족하면서 배출된 우주폐기물이 지표면에 도달하더라도 인명, 재산 및 공중의 보건이나 환경에 심각한 위협을 끼치지 않도록 설계, 생산 및 실행되어야 한다.

92) Arrêté du 31 mars 2011 relatif à la réglementation technique en application du décret n° 2009-643 du 9 juin 2009 relatif aux autorisations délivrées en application de la loi n° 2008-518 du 3 juin 2008 relative aux opérations spatiales

- 발사체의 우발적 파손(accidental break-up) 확률이 수명종료시까지 0.001보다 적어야 한다. 이 확률은 외부적 충격에 의한 우발적 파손을 고려하지 않고 계산된 것이다. 발사체의 의도적인 파편화는 금지된다.
- 발사체의 폐기 단계에서 발사체에 남아 있는 모든 종류의 에너지 완전히 소진되거나 또는 완전 소진될 수 밖에 없게 하거나 또는 우주폐기물을 배출할 위험이 없는 상태가 되도록 발사체가 설계, 생산 및 실행되어야 한다. 모든 종류의 에너지를 생산할 수 있는 방법이 완전히 차단되도록 발사체가 설계, 생산 및 실행되어야 한다.
- 발사체는 발사의 종료단계에서 보호구역 A를 통과하면서 궤도에 위치하게 되는 구성품들이 대기권 재진입시에 통제받으면서 탈궤도하도록 발사체가 설계, 생산 및 실행되어야 한다. 이 조건을 충족하는 것이 불가능한 경우에, 발사체의 구성품이 25년 이상 보호구역 A에 남아있지 않도록 발사체가 설계, 생산 및 실행되어야 한다.
- 발사체는 발사단계의 종료후에 궤도상에 남은 그 구성품 또는 보호구역 B를 통과한 구성품이 1년 이상 보호구역 B를 침입하지 않도록 설계, 제작 및 실행되어야 한다.
- 위의 폐기기동을 성공적으로 완료할 수 있는 확률이 적어도 0.9이어야 한다.

(2) 궤도상 우주시스템

시행규칙 제40조는 궤도상의 우주물체의 폐기물에 대해서 다음과 같이 규정하고 있다.

- 우주물체는 정상적인 운용의 기간동안에 우주폐기물을 배출하지 않도록 설계, 제작 및 이행되어야 한다. 단 발화장치는 최대 1mm의 물질만을 배출할 수 있고, 고체연료모터는 B보호구역에서 최대 1mm의 물질을 배출할 수 있다. A보호구역에서는 물질이 환경

을 오염시키지 않도록 하기 위해서 장기간 잔존하지 않도록 하는 방법을 적용하여야 한다.

- 우주물체의 우발적 파손(accidental break-up)은 우주물체의 수명종료시까지 0.001보다 적어야 한다. 이 확률은 외부적 충격에 의한 우발적 파손을 고려하지 않고 계산된 것이다. 우발적 파손에 이르는 failure가 감지되는 경우에 운용자는 파손을 막기 위한 조치를 취하여야 한다.
- 우주물체는 다음의 폐기절차를 충족하도록 설계, 생산 및 이행되어야 한다. : 우주물체에 탑재된 모든 에너지원이 완전히 소진되거나 우주폐기물을 배출할 위험이 없는 조건하에 놓인다. 에너지를 생산하는 모든 수단은 완전히 정지된다.
- 우주물체는 보호구역 A를 통과하면서 궤도에서 그 운용 단계를 종료하면, 우주물체가 대기권에 통제받으면서 재진입하여 탈궤도하도록 우주물체가 설계, 생산 및 이행되어야 한다. 위 조건을 충족하는 것이 불가능함이 입증된다면, 우주물체가 그 운용단계의 종료후에 25년 이상 보호구역 A에 남아 있지 않도록 설계, 제작 및 이행되어야 한다.
- 우주물체가 보호구역 B를 통과하는 궤도에서 또는 보호구역 B의 궤도에서 그 운용단계를 종료하면, 보호구역 B를 침해하지 않는 궤도에 위치하여야 한다.
- 위의 폐기 기동을 성공적으로 수행하기 위해서 충분한 에너지를 확보할 확률이 적어도 0.9 이어야 한다.

(3) 우주시스템 운용자의 우주폐기물 감축 계획

시행령 제1조의 제4항에 따라서 우주시스템의 운용자는 우주 폐기물의 감축에 관한 계획을 제출하여야 하며, 시행령 제32조 및 제33조에 따라서 우주시스템의 운용자가 준비하여야 할 자료는 지구로 재진

입할 경우의 인명 등에 대한 위험, 폭발 후의 우주폐기물의 배출, 유인 우주선과의 충돌 위험, 다른 우주선과의 충돌 위험 등에 관한 분석을 포함하여야 한다.

시행규칙 제34조에 따라서 우주시스템의 운용자는 시행규칙의 기술기준에 따르는 우주폐기물의 감축 계획, 환경 오염의 방지 계획 등을 수립하여야 한다.

제 4 절 기술기준의 비교와 의의

1. 기술기준의 비교

각국의 우주사업 주관 기관의 기술기준은 다음의 표에 나타난 바와 같이 세 기관이 모두 규정하고 있는 공통의 기준들을 포함하고 있어서, 이 기준들은 우주산업계의 전반적인 관행과 인식에 기초한 요구사항이라고 판단된다.⁹³⁾

<표-3> 산업계 기술기준 비교

| | 내용 | ESA | NASA | JAXA |
|----------------|-------------------|----------------------|--|-----------|
| 임무 관련 물체 | 정상운용 중의 폐기물 | 탑재체 1기당 1개 폐기물 | (1) LEO: >1mm (25년 이내 에 decay 하도록 하고, 총 object years가 100보다 작아 야 함 (2) GEO: > 5cm (decay - 500km within 25 years) | 폐기물 억제 |

93) “JAXA’s Space Debris Related Activities : Mitigation, R&D”, Prof. Seishiro KIBE Innovative Technology Research Center, ARD/JAXA pp.46-50의 표를 재구성한 것임
www.stardust2013.eu/Portals/63/Images/Training/OTS%20Repository/JAXA’s%20Space%20Debris%20Related%20Activities.pdf, 2016년6월 방문

제 4 장 우주폐기물 감축에 관한 산업계의 기술기준

| | | 내 용 | ESA | NASA | JAXA |
|-----------------------|-------------|--------------------|-----------------------------|--|--------------------------|
| | | 고체연료 모터의 slag | slag가 1mm보다 작아야 함 | - 기준없음 | slag가 억제되어야 함 |
| | | 추진장치 | 1mm보다 작아야 함 | - 기준없음 | 1mm보다 작아야 함 |
| 궤도상 파손 | | 의도적 파손의 회피 | 의도적 파손은 억제되어야 함 | - 10cm보다 큰 물체의 object -time product가 100 object years미만 이어야 함 - 1mm보다 큰 파편은 1년 이상 잔존하지 말아야 함 - 운용중인 우주선과의 충돌 확률이 0.0000001을 초 과해서는 안됨 | 의도적 파손은 억제되어야 함 |
| | | 운용중의 사고 | - 기준없음 | 억제함 | 억제함 |
| | | 임무후 파손 | 파손 확률이 0.0001보다 작아야 함 | 억제함 | 억제함 |
| 임 무 후 폐 기 | G E O | EOL시에 reorbit | 성공확률 0.9보다 커야 함 | 성공확률 0.9보다 커야 함 | 성공확률 0.9보다 커야 함 |
| | | GEO lower limit | 25년내에 500km | 500km | 25년내에 500km |
| | L E O | 궤도상 수명 단축 | 25년보다 짧아야 하고 | 전체 기간이 30년보다 짧아 야 하고, | 25년보다 짧아야 |

| | 내용 | ESA | NASA | JAXA |
|--|--------------|----------------------|--|----------------------------|
| | | 성공확률 0.9보다 커야함 | 임무종료후 수명이 25년보 다 짧아야 하고 성공확률 0.9보다 커야함 | 하고 성공확률 0.9보다 커야함 |
| | 폐기궤도 로 이전 | 이전되어야 함 | 지표로부터 2,000km 지점 고도로 이전되어야 함 | 이전되어야 함 |
| | 궤도상 회수 | - 기준없음 | 10년이내에 회수 방법을 선 택할 수 있음 | 회수 방법을 선택할 수 있음 |

2. 기술기준의 의의

우주폐기물 피해에 대한 구제가 일반 민, 형사상의 불법행위책임의 영역에서 다루어질 수밖에 없다고 판단되기에, 앞에서 살펴 본 기술 기준은 불법행위책임의 성립에 있어서 살펴 볼 주의의무를 구성할 수 있다는 의의를 가질 것으로 판단된다.

(1) 우주폐기물 불법행위책임 성립과 한계

앞에서 살펴 본 바와 같이, 우주폐기물로 인한 피해의 발생시에 국가의 국제책임은 성립하기가 어렵다고 판단된다. 즉 우주폐기물의 배출이 국제법상 위법이라고 보기 어렵기에 우주폐기물을 배출하거나 또는 감축하지 않은 자국민에 대한 국가의 감독 의무가 성립하는가에 대해서는 아직 논쟁이 계속되고 있다. 또한 국가 또는 그 국민이 통제하지 않는 우주폐기물이 1972년 책임협약의 적용 대상인지에 대한 논쟁이 남아 있기 때문이다.

다른 한편으로는 국가가 아닌 사인에 대해서 불법행위 책임을 묻기 위해서 피해자가 가해자의 과실을 입증하여야 하는 경우에, 본 장에서 살펴 본 기술기준은 우주폐기물의 감축에 관한 것이지 우주폐기물로 인한 가해 행위의 억제를 위한 것이 아니기에, 책임성립의 요소라고 판단되지는 않는다.

(2) 우주폐기물 감축 의무의 수립과 한계

본장에서 살펴 본 기술기준은 우주폐기물의 감축이 가장 효율적인 대비책이라고 산업계가 인식한 내용을 각국의 우주 담당 기관이 채택한 것인 만큼, 매우 의미있는 관행을 담고 있다. 예컨대 궤도상 잔존 기간을 25년이하로 줄이는 조치, 의도적으로 우주선을 파손하지 않는 조치, LEO 궤도용 우주선을 임무 종료 후에 폐기 궤도로 이전시키는 조치 등이 그러한 관행에 속한다.

현재까지는 그러한 관행을 담은 기술기준의 위반은 미국과 프랑스의 경우에 행정처분에 따라 처리된다. 반면에 민, 형사상의 불법행위 책임에 있어서는, 우주폐기물이 더 배출되기에 발생한 피해를 입증한다는 것은 매우 어렵기에, 우주폐기물 감축에 관한 기술기준의 위반이 불법행위법의 영역에서 다루어지지 않고 있다고 판단된다. 다만 이론적 논의를 떠나서, 예컨대 LEO 궤도용 우주선이 임무 종료후에 폐기 궤도로 이전하지 않았고, 그 우주선이 다른 우주선과 충돌하여 피해가 발생한다는 가상의 경우에, 피해자는 폐기 궤도 이전에 관한 기술기준의 위반이 주의의무 위반에 해당하므로 과실이 성립한다고 주장할 여지는 충분하다고 판단된다.

제 5 장 결 론

본 연구에서 살펴 본 결과, 우주폐기물의 관리 및 책임에 관한 현행 제도는 국제 조약의 해석 및 적용의 문제점, 각종 기술기준이나 가이드라인의 강제성 및 내용의 문제점 등을 갖고 있는 것으로 판단된다. 이에 본 장에서는 그러한 문제점을 살펴 보고 그에 대한 개선 방안을 제시하여 보고자 한다.

제 1 절 현행 관리 및 책임 제도의 문제점

1. 국제 조약의 문제점

우주폐기물의 배출이 국제조약상 당연 위법에 해당하지는 않는다. 타국의 우주 비행의 자유를 제한하는 우주폐기물의 배출이 위법한가에 대해서는 1967년 우주조약 제9조에 따른 환경 오염금지 의무에 우주폐기물 배출 금지도 포함되는가의 논쟁이 남아 있다. 아울러 우주폐기물 배출에 있어서 타국과 협의하여야 할 의무에 있어서도, 1967년 우주조약 제9조에 따라 협의의무가 성립하는 유해한 간섭에 우주폐기물 배출이 포함되는가에 관한 논쟁이 남아 있다.

충돌 피해를 일으킨 우주폐기물의 국적이 판별된 경우에, 우주물체의 등록 국가가 책임을 부담할 의무에 있어서, 해당 폐기물이 1972년 책임협약상의 우주물체에 해당하는지에 대한 논쟁이 남아 있다. 특히 미국과 프랑스의 국내법 규정은 자국에 등록한 우주물체의 정상 운용 등의 기간이 지난 경우에는 정부의 재정적 지원이 없다고 규정하고 있다.

충돌 피해를 일으킨 우주폐기물의 국적이 판별되지 않은 경우에 누가 책임을 부담하여야 하는가에 대해서는 국제 조약상 아무런 규정이 없다.

이와 같이 국제 조약상 규정이 미비한 가운데, 우주폐기물을 회수하는 방식이 강구되고 있으나, 해당 우주폐기물을 등록 국가가 아닌 제 3국 또는 제3국의 국적민이 회수할 권리가 있는가에 대한 논쟁이 남아 있다. 아울러 보험에 의한 처리 방식에 있어서, 우주폐기물로 인한 피해의 발생시에 보험료 급등의 가능성이 상존하고 있어서, 우주폐기물로 인한 피해는 보험금 지급 사유에 해당하지 않을 가능성도 있다.

2. 국제적 가이드라인의 문제점

IADC 가이드라인과 UN COPUOS 가이드라인은 강제성을 갖추지 않았다. 예컨대, 2007년 중국의 ASAT 실험은 UN가이드라인과 상충되는 행위로 비난은 받지만 법적인 제재의 대상은 아니다. UN에서 가이드라인 채택에 동의한 국가도 가이드라인을 항상 준수하지는 않는다. 2009년에 러시아는 수명이 종료한 위성 3기를 그대로 GEO에 방치한 바 있고, 2008년도에는 미국과 러시아가 각각 1기씩의 위성을 GEO에 방치하였다. 전반적으로 3기 중의 1기의 GEO 위성만이 폐기궤도로 이동되는 추세라고 알려져 있다.⁹⁴⁾

또한 가이드라인의 내용도 우주폐기물의 배출 감축을 위해서는 부족하다는 지적이 제기되고 있다. 예컨대, 2016년에 발생한 러시아 발사체 사건은 IADC 가이드라인이 규정하고 있는 발사체 마지막 단계의 우발적 파손 확률 최소화 요건만으로는 우주폐기물의 감축이 구현되기 어려운 사례를 보여준다. 러시아의 Cosmos 2513 위성을 GEO에 진입시키고 지표로부터 34,866km에서 33일동안 머물러 있던 러시아의 발사체의 마지막 단계인 Briz-M단의 내부 구성품이 2016년 1월16일 GMT 03시50분경에 파편화되었다. 우주폐기물로 SSN에 등재되지는 않았지만 이는 GEO가 너무 멀어서 지상으로부터 관측하기가 어렵다

94) Meghan R. Plantz, "Orbital Debris: Out of Space", 40 Ga. J. Int'l & Comp. L. 585, 595 (2012)

는 점에 기인하는 것이며, 수백개의 파편으로 이루어진 폐기물구름이 형성되어 있을 것으로 예상된다.

또한 가이드라인의 제정 이전에 발사된 우주물체들의 폐기물 배출 사례도 쟁점으로 대두되고 있다. 예컨대, 2015년11월25일 GMT 09시 50분경에 미국의 기상위성인 NOAA-16 (SSN catalog number 26536)이 파손을 당하면서 우주폐기물이 배출되는 결과가 발생했다. 그 중에서 136개가 SSN에 등재되었다. 배터리가 폭발한 것으로 추정되었다. 이 위성은 2000년도에 발사되었고, 2014년6월6일에 갑작스럽게 통신이 두절된 이후, 2014년6월9일에 임무 종료된 바 있다. 2000년도에 발사되었기에 IADC 가이드라인이나 UN COPUOS 가이드라인의 적용 대상은 아니지만, 만약에 가이드라인이 적용되었었다면 폐기물이 배출되지 않았었을 수도 있는 사례에 해당한다.⁹⁵⁾

3. 산업계 기준의 문제점

산업계 기준이 우주폐기물을 감축하기 위해서 충분한 강제력을 갖고 있지는 않다. 예컨대 NASA와 ESA의 경우에 우주폐기물 감축을 위한 기술기준의 적합성을 심사하면서 동시에 그 일탈 및 면제의 절차가 규정되어 있다. 또한 프랑스의 경우에 기술기준이 시행규칙으로 정해져 있지만 그 위반에 대한 제재 규정이 없으며, 적합성을 CNES가 심사하면서 일탈 사항을 허가의 변경 사항으로 판단하여 의견을 제안할 수 있는 절차를 규정하고 있다.⁹⁶⁾

또한 기술적 기준이 강제성이 인정되기에 충분한 정당성을 갖추고 있는가도 논란의 여지가 있다. 예컨대, Envisat 사례는 LEO위성의 임무종료후 궤도상 잔존기간을 25년 이하로 하여야 한다는 기술기준을 둘러싼 쟁점을 보여주고 있다.⁹⁷⁾

95) Orbital Debris Quarterly News, Volume 20, Issues 1 & 2 April 2016

96) 시행령 제7조

97)

- 2002년에 ESA가 발사한 자원탐사위성 Envisat 위성이 궤도상 잔존 기간이 25년이하로 예상되는 궤도로 이전하지 않은 상태에서 2012년 4월 8일 갑자기 통신이 두절되었다. Envisat ESA는 2012년 4월에 위성의 임무종료(EOM)를 선언하였다. 이것이 책임협약에 따른 과실에 해당한다고 보기도 한다.
- 780km에서의 궤도상 잔존 기간은 약 150년이고 750km에서의 잔존 기간은 25년이다. 따라서 750km까지 낮추면 다른 물체와의 충돌 확률이 줄어든다.
- 2010년에 ESA가 Envisat의 궤도를 780km에서 768km로 낮추었는데, 이때 궤도를 750km까지 낮추었다라면 잔존 기간은 25년으로 줄어들었을 것이다. 750km까지 낮추었다라면 60kg으로 연료를 소비하였었을 것인 바, 당시 위성에는 60kg의 연료는 남아있었던 상태이고, 따라서 궤도를 750km까지 낮추기에 충분한 양이었다.
- 위성의 잔존기간을 25년으로 낮추기 위해 궤도를 낮출 충분한 양의 연료가 있었는데, 위성을 좀더 오랜기간 운영하기 위해서 궤도를 낮추지 않은 결과 위성의 잔존기간이 150년에 이르게 한 상태에서 통신이 두절되었고, 그리고 임무종료를 선언한 것은 과실이다.

그러나 이에 대한 반론은 다음과 같다.

- 750km까지 궤도를 낮추기에 충분한 양이었는지는 당시에 위성을 둘러싼 여러가지 환경을 고려할 때에 불확실하다. 따라서 Envisat 이 750km까지 궤도를 낮추지 않은 것은 비난받을 만한 행위가 아니다.
- 768km까지 낮추고 남은 연료를 충돌회피용으로 사용하는 것이 더 적절한 판단이었다.

http://www.esa.int/Our_Activities/Observing_the_Earth/Envisat/Focus_on_space_debris_Envisat, 2016년7월방문

- Envisat이 설계될 당시에는 우주선의 임무후 폐기에 관한 가이드라인이 없었다.⁹⁸⁾ Envisat은 1980년대 말에 설계된 우주사업으로서 당시에는 UN COPUOS가이드라인도 없었고, ESA의 가이드라인도 없었다고 ESA는 2012년10월11일자로 발표한 바 있다.

요컨대, 잔존기간이 25년인 궤도로 이전하기에 충분한 연료가 있는가에 관한 사실 확인의 문제, 궤도로 이전하기 위해서 연료를 사용하는 것과 충돌회피용으로 연료를 사용하는 것 둘중의 어느 방법이 더 나은 방법인가에 관한 판단의 문제 등이 쟁점으로 남아 있다.

그래서 산업계 기준은 그 위반이 우주폐기물 감축의무를 위반하는 일응의 증거로 사용되기는 어려울 것으로 판단된다.

제 2 절 우주폐기물 관리 제도의 개선 방안

1. 구속력있는 국제 규범의 제정

우주폐기물의 감축을 통해서 현재와 같이 우주공간에 접근할 수 있기 위해서는 다음과 같은 이유에서 구속력있는 국제 조약 등을 통한 규범의 제정이 필요하다.

첫째, 앞에서 살펴 본 바와 같이, 현재 구속력을 갖춘 1967년 우주조약 및 1972년 책임 협약은 우주폐기물 배출의 억제, 우주폐기물로 인한 피해의 구제, 아울러 우주폐기물의 감축 의무를 부과하기 위해서 충분한 법적 안정성과 집행력을 제공하지 못한다.

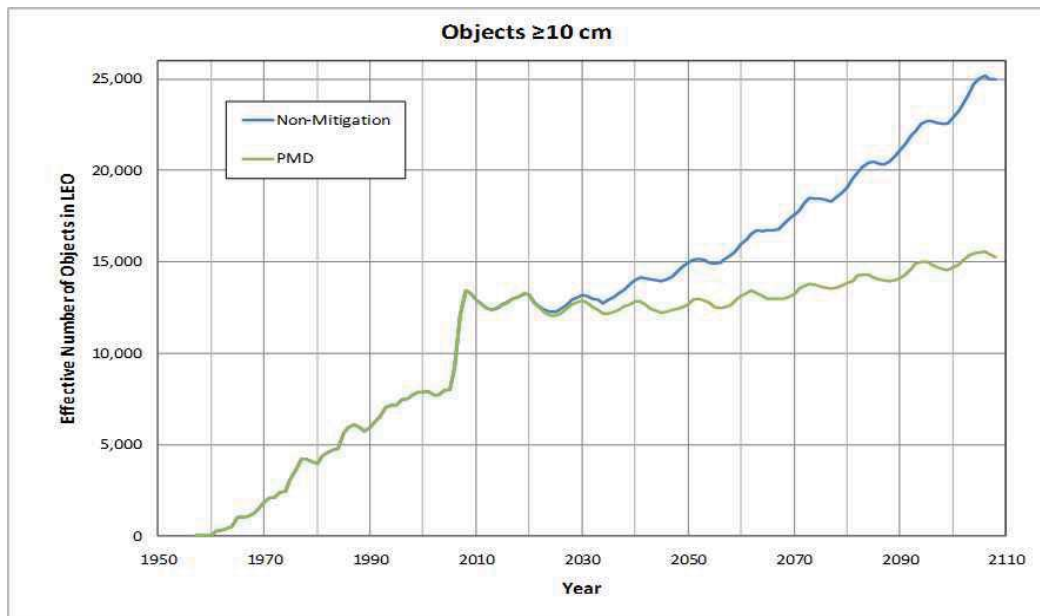
둘째, UN COPUSOS의 가이드라인과 IADC의 가이드라인을 90% 준수한다면, 향후 200년동안에 우주폐기물 전체 양은 30%만 증가할 것으로 추정된다.⁹⁹⁾ 그 정도의 증가라면 우주공간의 이용은 지속될 수

98) <http://spacenews.com/envisat-pose-big-orbital-debris-threat-150-years-experts-say/> 2016년7월방문

99) J.C. Liou & N.L. Johnson, Risk in Space from Orbiting Debris, 311 Science 340,

있고, 부분적으로나마 Kessler 증후군은 막을 수 있을 것으로 예상된다. 다음의 그래프는 우주폐기물의 임무종료후에 폐기조치가 없을 경우를 보여준다.¹⁰⁰⁾ 따라서 각국의 모든 우주사업중에서 예컨대 80%가 가이드라인을 준수한다면 Kessler 증후군이 실현될 가능성은 더 커진다. 그렇기 때문에 가이드라인에 담긴 요구사항이 구속력있는 규범에 의해서 강제되어야 한다.

<그림-2> EOM후 폐기절차의 준수 여부의 결과



셋째, 산업계의 일반적인 인식과 관행에 기초한 기술기준은 우주폐기물 감축을 실질적으로 구현하기 위해서는 현재보다는 더 구속력있는 제도에 의해서 뒷받침되어야 한다.

340 (2006), Justin Moor, “You're Not Actually Going Into An Asteroid Field?”--The Threat Of Manmade Spacedebris, And A Proposal To Extend Existing Law To Prevent It“, 23 Minn. J. Int'l L. 245, Summer 2014에서 재인용
 100) 미국 FAA 주최 워크샵 발표자료, Nicholas L. Johnson (Chief Scientist for Orbital Debris, NASA), "The Disposal of Launch Vehicle Orbital Stages", 28 October 2009

2. 국내 우주사업과 우주폐기물 대책

현재 우리나라의 우주사업중에 일부 사업은 UN COPUOS의 가이드라인을 준수할 수 없는 것으로 알려져 있다. 한국형발사체 3단은 고도 약 250km에서 점화되어 고도 약 700km에서 인공위성을 분리시킨 후 우주폐기물이 되며 그 고도에 그대로 남아 있을 경우 약 90년 이상에 이를 것으로 예상된다.¹⁰¹⁾ 이 발사체는 2011년에 설계된 것이기에 이는 UN COPUOS 가이드라인의 적용대상이며, 이를 위반한 사례에 해당한다. 또한 발사체 3단의 궤도상 잔존 기간을 25년으로 줄이기 위해서는 인공위성 분리후에 발사체 3단이 500km 이하로 내려와야 하고, 그러기 위해서는 추력기를 설치하여야 하는데, 현재 한국형 발사체의 기술수준 및 경제성을 고려하면 이는 불가능한 것으로 알려져 있다.¹⁰²⁾

이러한 현실을 고려하여 볼 때에, 또한 미국 및 프랑스의 기술기준의 운용 방식 등을 고려하여 볼 때에, 우주폐기물 감축에 관한 기술기준 또는 가이드라인을 채택하되 적용 면제에 관한 절차를 운용하는 방식의 도입은 강구될 필요가 있다고 판단된다.

101) 정영진, “우주폐기물 경감을 위한 국제규범과 우리나라의 대응”, 국제법학회논총 61(1), 2016.3, 182면

102) 위 논문 182면

참 고 문 헌

논 문

정영진, “우주폐기물 경감을 위한 국제규범과 우리나라의 대응”, 『국제법학 회논총』, 61(1), 2016.3,

William Ailor, Ph.D, “Space Debris Remediation & On-Orbit Servicing: Concepts, Considerations, Moving Forward”, Center for Orbital & Reentry Debris Studies, The Aerospace Corporation, Presented at *Interdisciplinary Congress on Space Debris Remediation*, McGill University November 11, 2011

https://www.mcgill.ca/iasl/files/iasl/sdc2011_2_ailor.pdf, 2016년6월5일 방문

Joyeeta Chatterjee, "Legal Issues Relating To Unauthorised Space Debris Remediation", *65th International Astronautical Congress*, Toronto, Canada. the International Astronautical Federation.

Stephan Hobe, “Environmental Protection In Outer Space: Where We Stand And What Is Needed To Make Progress With Regard To The Problem Of Space Debris”, *The Indian Journal Of Law And Technology*, Volume 8, 2012,

Nicholas L. Johnson, “A New Look At The Geo And Near-Geo Regimes: Operations, Disposals, And Debris”, <http://ntrs.nasa.gov/archive/nasa/casi.ntrs.nasa.gov/20110006974.pdf>, 2016년5월 방문

Nicholas L. Johnson (Chief Scientist for Orbital Debris, NASA), “The Disposal of Launch Vehicle Orbital Stages”, 미국 FAA 주최 워크샵 발표자료, 28 October 2009

참 고 문 헌

D.J. Kessler and B.G. Cour-Palais, "Collision Frequency of Artificial Satellites: The Creation of a Debris Belt", *Journal of Geophysical Research*, Vol. 83, No. A6, pp. 2637-2646, June 1, 1978.

<http://webpages.charter.net/dkessler/files/Collision%20Frequency.pdf>, 2016년5월15일 방문

Donald J. Kessler et al., The Kessler Syndrome: Implications to Future Space Operations, 33d *Annual AAs Guidance and Control Conference*, Paper AAS 10-016, at 1 (Feb. 2010),

<http://webpages.charter.net/dkessler/files/Kessler%20Syndrome-AAS%20Paper.pdf>, 2016년5월15일 방문

Seishiro KIBE, "JAXA's Space Debris Related Activities : Mitigation, R&D", Innovative Technology Research Center, ARD/JAXA

www.stardust2013.eu/Portals/63/Images/Training/OTS%20Repository/JAXA's%20Space%20Debris%20Related%20Activities.pdf, 2016년6월 방문

Chris Kunstadter, XL Insurance, "Market Update" *World Space Risk Forum, 2014, Dubai*, pp. 45-46

["http://worldspaceriskforum.com/2014/wp-content/uploads/2014/05/1_MAR_KET-UPDATE_KUNSTADTER.pdf](http://worldspaceriskforum.com/2014/wp-content/uploads/2014/05/1_MAR_KET-UPDATE_KUNSTADTER.pdf), 2016년5월 방문

J.C. Liou & N.L. Johnson, "Risk in Space from Orbiting Debris," 311 *Science* 340, 340 (2006)

Dr. Michael Mineiro, "Space debris remediation and the jurisdiction and control of space objects", Presented to *the International Space Debris Remediation Congress*, Montreal, QC Nov. 11th 2011,

Justin Moor, "You're Not Actually Going Into An Asteroid Field?"-- The Threat Of Manmade Spacedebris, And A Proposal To

- Extend Existing Law To Prevent It“, 23 *Minn. J. Int'l L.* 245, Summer 2014
- Joseph N. Pelton, “Global Economic Fund for Space Debris Removal”, *Institute of Air & Space Law*, 2011.2 https://www.mcgill.ca/iasl/files/iasl/sdc2011_2_pelton.pdf, 2016년7월방문
- Meghan R. Plantz, “Orbital Debris: Out Of Space”, *GA. J. INT’L & COMP. L.* 2012, Vol. 40
- Mark J. Sundahl, “Unidentified Orbital Debris: The Case for a Market-Share Liability Regime”, 24 *Hastings Int’L & Comp. L. Rev.* 125, 128 (2000)
- Michael W. Taylor, Trashing the Solar System One Planet at a Time: Earth’s Orbital Debris Problem, 20 *Geo. Int’L Env’tl. L. Rev.* 1, 53 (2007)
- Dr. Manfred Wittig, “Space Debris and De-Orbiting”, *ITU Symposium and Workshop on small satellite regulation and communication systems*, Prague, Czech Republic, 2-4 March 2015

저 서

- George T. Hacket, “Space Debris and the Corpus Iuris Spatialis”, Edition Frontieres, 1994년
- Gérardine Meishan Goh, “Dispute Settlement in International Space Law: A Multi-door Courthouse for Outer Space”, Martinus Nijhoff Publishers, 2007
- Francis Lyall & Paul B. Larsen, “Space Law”, Ashgate, 2007
- Mark J. Sundahl, “The Cape Town Convention: Its Application to

참 고 문 헌

Space Assets and Relation to the Law of Outer Space”, Martinus Nijhoff, September 9, 2013,

정부 간행물

외교부 다자조약집 제2권 및 제3권

U.S. Congress, Office of Technology Assessment, Orbiting Debris: A Space Environmental Problem-Background Paper, OTA-BP-ISC-72 (Washington, DC: U.S. Government Printing Office, September 1990)

ESA/ADMIN/IPOL(2014)2 - Space Debris Mitigation Policy for Projects, ESA DG, 28/03/2014

ECSS-U-AS-10C / ISO 24113:2011

In the Matter of Mitigation of Orbital Debris, Second Report And Order, FCC 04-130, June 9, 2004

Hearing Before The Subcommittee On Space Committee On Science, Space, And Technology House Of Representatives One Hundred Thirteenth Congress Second Session May 9, 2014 Serial No. 113 - 74,

Martin Marietta Corp. v. Intelsat, 763 F. Supp. 1327 (D. Md. 1991), U.S. District Court for the District of Maryland - 763 F. Supp. 1327 (D. Md. 1991), May 13, 1991

NASA Process for Limiting Orbital Debris (NASA-STD 8719.14A)

NASA, Orbital Debris Quarterly News, Volume 20, Issues 1 & 2 April 2016

NASA Orbital Debris Quarterly News, Volume 20, Issues 3, July 2016

http://www.esa.int/Our_Activities/Observing_the_Earth/Envisat/Focus_on_space_debris_Envisat, 2016년7월 방문

국제기구 등의 문서

Position Paper on Space Debris Mitigation Implementing Zero Debris Creation Zones, ESA, International Academy of Astronautics (IAA), October 15, 2005, pp.5-6

<http://www.esa.int/esapub/sp/sp1301/sp1301.pdf>, 2016년7월 방문

IADC, “Support to the IADC Space Debris Mitigation Guidelines”, Working Group 4, Action Item 26.2, IADC-04-06, Rev 5.5, May 2014, p.4

IADC “Space Debris Mitigation”, presented to: 35th Session Of The Scientific And Technical Subcommittee Committee On Peaceful Uses Of Outer Space United Nations,

http://www.iadc-online.org/Documents/35th_UN_COPUOS_STSC.pdf, 2016년8월20일 방문

<http://www.unidir.ch/files/conferences/pdfs/debris-and-insurance-the-impacts-of-space-debris-on-future-insurance-premiums-for-satellite-operators-en-1-843.pdf>, 2016년5월 방문

“Draft articles on Responsibility of States for Internationally Wrongful Acts, with commentaries”(이하 “ILC 국제책임 초안 해설서”라 칭함), Yearbook of the International Law Commission, 2001, vol. II, Part Two

참 고 문 헌

Progress Report of the Working Group on Space Debris, Submitted by the Chairman of the Working Group, UN Copuos, UN Doc A/AC.105/C.1/L.284, 2006

Report of the International Law Commission on the work of its fifty-third session, UN Doc. A/56/10 (2001)

“Space Risks: A new generation of challenges. An insurer’s perspective from Allianz Global Corporate & Specialty”,

<http://www.agcs.allianz.com/insights/white-papers-and-case-studies/space-debris-white-paper/> 2016년 5월 방문

UN Document A/AC.105/C.1/2011/CRP.14

UN A/RES/41/6541/65. “Principles relating to remote sensing of the Earth from space”, 95th plenary meeting, General Assembly, 3 December 1986

기 타

<http://spacenews.com/envisat-poses-big-orbital-debris-threat-150-years-experts-say/> 2016년 7월 방문