



저작자표시-동일조건변경허락 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.
- 이차적 저작물을 작성할 수 있습니다.
- 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



동일조건변경허락. 귀하가 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공했을 경우에는, 이 저작물과 동일한 이용허락조건하에서만 배포할 수 있습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

문학석사학위논문

개입주의 인과 이론의 문제와
소산주의적 대안

2015 년 8월

서울대학교 대학원

철학과 서양철학전공

박 종 원

개입주의 인과 이론의 문제와 소산주의적 대안

지도교수 한 성 일

이 논문을 문학석사 학위논문으로 제출함
2015 년 4월

서울대학교 대학원
철학과 서양철학전공
박 종 원

박종원의 석사 학위논문을 인준함
2015 년 7월

위 원 장 _____ (인)

부위원장 _____ (인)

위 원 _____ (인)

국문초록

개입주의 이론은 “일부 가능한 개입에서 불변하는 일반화가 기술하는 관계”를 인과 관계로 정의한다. 개입주의적 인과 정의는 다양한 인과 기준 중 하나가 아니라 인과 관계가 존재하는 전 영역에 공통 적용되는 유일한 기준이다. 개입주의 이론에 내재된 근본적 문제는 인과 관계가 전제된 근본 물리학 영역에 개입주의적 인과 기준이 적용되지 않는다는 것이다. 근본 물리학 영역의 인과 일반화는 의존 변수에 인과적 영향을 미치는 모든 변수를 독립 변수로 포괄하는 근본 물리 법칙과 일부 변수만을 포함하는 개별 인과 일반화로 구분된다. 근본 물리 법칙과 개별 인과 일반화는 개입 변수 조건(IV)의 일부 조항을 충족하지 못하여 현실적 개입을 배제한다. 근본 물리 법칙의 미분 방정식 형태는 개입 변수 조건과 별도로 근본 물리 법칙에 개입을 허용하지 않는다. 개입주의 이론은 근본 물리학 영역에 대한 현실적 개입 불가능 문제를 해결하기 위해 반사실적 조건문과 과학 이론에 호소한다. 현실적 개입이 불가능한 상황에서의 인과 관계는 관련된 반사실적 조건문의 결정적 진리값을 토대로 결정되며, 진리값 결정의 원리적 기반으로 과학 이론과 법칙이 제시된다. 하지만 과학 이론에의 호소는 근본 물리 법칙을 정의하기 위해 근본 물리 법칙에 의존하는 순환성을 야기한다. 성립 여부를 탐구 중인 법칙이 원리적 기반인 법칙과 다르다는 개입주의 이론의 대안은 모든 법칙의 원리적 기반이 되는 최초 법칙 또한 원리적 기반으로 법칙을 요구하는 무한 소급의 문제를 발생시킨다. 이에 대해 개입주의자 이론은 근본 물리학 영역의 인과 관계에 대해 탐구하는 대안이나 근본 물리 법칙을 비인과 일반화로 간주하는 대안을 택할 수 있다. 하지만 전자는 현실적 개입이 불가능한 상황의 해결책으로 도입되었던 “원리적 기반”에 의존할 수 없어 개입주의적 인과 정의의 유효 범위가 오직 현실적 개입이 가능한 상황으로 제한되는 인간 중심주의 문제를 야기한다. 후자는 근본 물리 법칙을 인과 일반화의 한 종류로 취급하는 개입주의 이론의 주장과 모순될 뿐

아니라 비인과 일반화가 인과 일반화의 원리적 기반이 되는 방식 제시 없이는 정당화될 수 없다. 근본 물리학 영역의 인과 관계를 전제하지만 유일한 인과 기준인 개입주의적 인과 기준이 해당 영역에 적용될 수 없는 모순은 근본 물리학 영역의 요소들의 관계와 거시 세계의 요소들의 관계에 상이한 개념을 부여하는 다원주의적 접근법을 통해 해결될 수 있다. 근본 물리학 영역의 요소들은 모든 것이 모든 것에 영향을 미치는 상호 연관의 복잡한 그물망을 형성하고 있으며 시간 대칭적 작용 방향을 갖는다. 반면 거시 세계의 요소들의 관계에는 독립성이 존재하며 특정 시간 방향으로의 작용이 두드러진다. 또한 근본 물리학 영역의 요소들 사이의 관계를 기술하는 근본 물리 법칙은 독립 변수들이 의존 변수의 값을 결정론적으로 확정하여 의존 변수에 대해 필연적이지만, 의존 변수에 영향을 미치는 일부 요소만을 포함하는 거시 세계의 인과 일반화는 의존 변수에 대한 필연성을 결여한다. 요소 간 전체론적 상호 연관뿐 아니라 인과의 핵심으로 간주되어 온 필연성 및 시간 대칭성에서 차이를 보이는 미시적 관계와 거시적 관계는 양자를 인과 개념으로 포괄하는 개입주의적 방식 대신 인과 개념을 후자에만 한정하고 전자에 새로운 개념을 부여하는 다원주의적 방식에 의해 적절히 탐구될 수 있다. 개입주의 이론은 거시적 관계가 미시적 관계로 완전히 분석되거나 환원되지 않는다는 인과 반토대주의에서 적절했지만 미시/거시 관계 모두를 인과로 일괄한 획일성에서 부적절했다. 미시적 관계는 거시적 관계인 인과 관계와 본질적으로 상이하며 인과 관계는 미시적 관계에 인간 인식의 한계가 더해진 복합적 산물이다. 다원주의적, 소산주의적 방식만이 개입주의적 인과 기준이 근본 물리학 영역에 이론적, 원천적으로 적용되지 못하는 개입주의 이론의 문제를 해결할 수 있는 대안으로 보인다.

주요어 : 인과, 인과 관계, 개입주의, 소산주의, 조작가능성 이론
학 번 : 2012-20046

목 차

1. 도입	1
2. 개입주의 이론	2
2.1 행위자 이론과 문제점	3
2.2 개입주의 이론	5
2.2.1 개입	5
2.2.2 순환성과 인간 중심주의에 대한 대응	11
2.2.3 불변과 안정	12
2.2.4 거시 세계와 대충 같기	16
3. 개입주의 이론의 문제	18
3.1 인과 기준의 일원성	19
3.2 근본 물리학 영역의 인과 관계	21
3.3 개입주의 이론의 내재적 문제	27
3.3.1 개입주의 이론의 미시 세계 구조	28
3.3.2 상대성 이론과의 상충	33
3.3.3 I_2 위반	36
3.3.4 I_3, I_4 위반	40
3.3.5 근본 물리 법칙의 미분 방정식 형태	44
4. 개입주의 이론의 대안과 문제점	45
4.1 과학 이론에의 호소가 야기하는 순환성 문제 ...	50
4.1.1 순환성 문제	50
4.2 순환성 문제에 대한 반론과 문제점	51

4.3 개입주의 이론의 대안과 문제점	52
4.4 순환성이 개별 인과 일반화에 미치는 영향	58
5. 개입주의 이론의 딜레마	58
6. 대안 - 다원주의와 소산주의	60
7. 결론	71
참고문헌	75
Abstract	79

1. 도입

인과에 대한 근대적 담론은 반복 관찰되는 사건의 연쇄를 인과로 정의하는 흄의 규칙성(regularity) 이론에서 시작되었다. 하지만 규칙성 이론의 다양한 문제들이 대두되면서 인과를 관찰이 아닌 행위에 입각시키는 새로운 접근법이 태동한다.¹⁾ 행위자 중심의 인과 정의는 콜링우드(1940), 개스킹(1955), 라이트(1971), 멘지스와 프라이스(1993) 등에 의해 발전되었으며 인과를 인간의 조작(manipulation)과 연관시킨다는 의미에서 조작가능성(manipulability) 이론이라 통칭된다. 우드워드의 개입주의(interventionist) 이론은 이러한 조작가능성 이론 계열에 속하는 인과 이론이다. 기존 조작가능성 이론들은 인과 개념을 행위자 개념으로 환원시키는 환원적 정의 방식을 취하지만, 인과 개념에 대한 사전 이해 없이 행위자 개념에 대한 이해가 불가능하다는 순환성 문제와 행위자에 기반한 인과 정의가 행위자를 포함하지 않는 현상에 확장 적용되지 않는 인간 중심주의 문제에 직면한다. 개입주의 이론은 환원적 인과 정의 대신 다른 인과 관계들에 대한 선행 정보를 바탕으로 특정 인과 관계를 정의하는 비환원적 정의 방식과 인간에 대한 지시를 제거한 개입(intervention) 개념을 통해 순환성 문제와 인간 중심주의 문제를 극복할 수 있다고 주장한다. 개입주의 이론은 기존 조작가능성 이론의 고질적 문제를 해결할 구체적 방안을 제시하였을 뿐 아니라 명확히 정의된 개입 개념을 통해 인과 논의의 체계적 기틀을 마련했다는 점에서 큰 의의를 지닌다. 따라서 “개입주의 이론은 최근 몇 년 동안 점차 큰 호응을 얻어

1) 누전과 화재 발생이 반복 관찰될 경우 규칙성 이론은 전자를 후자의 원인으로 규정하지만 화재는 누전 외에도 산소, 가연성 물질 등을 필요로 하기 때문에 규칙성 이론의 규칙성은 불완전한 규칙성(imperfect regularity)라는 비판이 히치콕(2002)에 의해 제기되었다. 또한 “A→B”가 참이라면 “not B→not A” 또한 참이기 때문에 규칙성 이론이 원인은 결과를 야기하지만 그 역은 성립하지 않는 인과의 비대칭성을 설명하지 못한다는 문제가 지적되었다. 이 외에도 공통원인에 의한 연관 관계를 한 사건이 다른 사건을 야기하는 인과 관계와 구분하지 못한다는 비판과 단칭(singular) 인과를 설명하지 못한다는 비판, 비결정론에 기반을 둔 확률적 인과를 다루지 못한다는 비판 등이 제기된 바 있다.

가고 있으며 특히 인과 추론의 문제를 다루는 다양한 분야의 문헌들이 개입주의 이론이 발전시킨 사고들을 이용하고 있다.” (바움가르트너 2009, p. 175)

하지만 개입주의 이론은 세계를 미시와 거시로 양분하지 않았던 초기 이론에서 근본 물리학의 영역인 미시 세계와 상식 및 특수 과학의 영역인 거시 세계로 이원화하는 후기 이론으로 변화하면서, 상식 및 특수 과학의 영역에 적절하도록 고안된 개입주의적 인과 정의가 근본 물리학 영역에 적용되지 않는 문제에 직면하는 것으로 보인다. 개입주의 이론은 미시 세계의 인과 관계를 전제하고 개입에 의거한 인과 정의를 유일한 인과 정의라 규정하지만, 거시 세계의 본질과 대비되는 미시 세계의 본질이 현실적 개입뿐 아니라 이론적 개입까지 불가능하게 하여 개입에 의거한 인과 정의가 미시 세계에 적용되지 않는 것이다.

본 논문은 근본 물리학 영역의 인과 관계를 전제하지만 이론이 인정하는 유일한 인과 기준인 개입주의적 인과 정의가 근본 물리학 영역에 적용되지 않는 문제를 개입주의 이론이 당면한 중대한 이론적 오류로 지적하고 논증할 것이다. 이를 위해 개입주의 이론을 개괄하고(\$2), 근본 물리학 영역의 인과 관계를 개입주의 이론을 통해 정의할 수 없는 모순을 진단한 후(\$3) 개입주의 이론이 제시하는 해결책을 논할 것이다(\$4). 또한 상기 해결책을 채택함으로써 개입주의 이론이 직면하는 딜레마를 살펴본 후(\$5) 근본 물리학 영역의 관계와 특수 과학 영역의 관계를 상이한 개념을 통해 분석하는 다원주의적 접근법 및 인과를 인식의 산물로 간주하는 소산(所産)주의적(productionalism) 접근법을 발전적 인과 이론 정립을 위한 대안으로 제시할 것이다(\$6).

2. 개입주의 이론

조작가능성 이론은 “조작과 통제의 목적을 위해 잠재적으로 이용 가능

한 관계가 인과 관계라는 인과에 대한 상식적 견해” (우드워드 2001, p. 1)를 발전시킨 인과 이론들을 지칭한다. 조작가능성 이론은 기존의 규칙성 이론이 인과 관계와 연관 관계를 구분할 수 없다고 지적한 후, 이를 해결하기 위해 인간의 행위에 기반을 둔 실용주의적 인과 이론을 정립하였다.²⁾ 우드워드에 따르면 조작가능성 이론들이 공유하는 인과에 대한 근본적 관점은 다음과 같다.

C가 E의 진정한 원인이라면, 인간이 C를 올바른 방법으로 조작하는 것이 가능할 때 C를 조작하는 것이 E를 조작하거나 변화시키는 방법이어야 한다. (우드워드 2001, p. 1)

인용문에 나타난 조작가능성 이론의 근본 관점은 “인간”을 강조하는 멘지스와 프라이스의 행위자(Agency) 이론과 인과 정의에서 인간에 대한 지시를 제거한 우드워드의 개입주의 이론으로 각기 발전하였다. 전자는 행위를 통해 목표를 달성하는 행위자 개념을 인과 개념과 독립적인 근본 개념으로 설정한 후, 인과 개념을 행위자 개념으로 환원시키는 환원적 정의법을 채택한다. 우드워드는 행위자 개념이 인과 개념을 전제하여 행위자 이론의 인과 정의가 순환적이며 행위자에 입각한 정의 방식은 행위자를 배제하는 인과 현상에 확장 적용될 수 없다고 주장한다. 또한 이에 대한 대안으로 인과에 대한 비환원적 정의를 목표로 하고 인간에 대한 지시가 결여된 개입 개념을 도입한 개입주의 이론을 제시한다.

2.1 행위자 이론과 문제점

2) 사건 A가 사건 B와 C의 공통 원인이고 B가 C에 시간적으로 선행할 때, “B-C” 연쇄는 반복 관찰되지만 인과 관계를 형성하지 않는다. 대기압이 기압계 눈금과 폭풍 발생의 공통 원인일 때 기압계 눈금과 폭풍 발생은 서로 연관되지만 전자는 후자의 원인이 아니다. 조작가능성 이론은 반복 관찰되는 사건의 연쇄를 인과로 정의하는 규칙성 이론이 공통 원인을 매개로 한 두 사건 사이의 연관 관계와 한 사건이 다른 사건이 원인이 되는 인과 관계를 구분하지 못하다고 지적한다. 본 논문은 규칙성 이론에 대한 조작가능성 이론의 문제제기가 유효하다는 가정 하에서 진행될 것이다.

행위자 이론은 근본 개념으로 설정된 행위자 개념을 통해 인과를 환원적으로 정의한다. 행위자 이론의 핵심은 멘지스와 프라이스에 의해 다음과 같이 요약된다.

사건 A의 발생을 산출하는 것이 자유 행위자가 사건 B의 발생을 산출하는 효과적인 수단인 경우에만 사건 A는 다른 사건 B의 원인이다. (멘지스 & 프라이스 1993, p. 187)

상기 정의 방식은 익숙한 행위 경험을 토대로 인과에 대한 직관적 해석을 제공한다는 장점을 갖지만 순환성 문제와 인간 중심주의 문제를 내포하고 있다. 순환성은 인과 정의의 바탕이 되는 행위자 개념이 인과 개념에 의존하여 인과를 환원적으로 정의할 수 없는 문제이다. 행위자가 된다는 것은 특정 사건을 산출(bring about)하는 것이고 사건을 산출하는 것은 그 사건을 야기(cause)하는 것이기 때문에 행위자 개념에 대한 이해는 인과 개념에 대한 이해를 전제한다. 이에 대해 행위자 이론은 행위자로서의 인간은 인과 개념과 독립적으로 산출에 대한 직접적인 경험을 갖는다고 반론한다. 아메드(2007)는 해석적(interpretative) 견지에서 인간이 인과 개념과 독립적으로 행위자 개념을 이해할 수 있음을 논증한 바 있다. 내기(betting)에서의 인간 행동 방식에서 인간이 인과 개념을 이해하지 않고도 행위자 개념을 이해한다고 간주할 수 있는 해석적 근거가 존재한다는 것이다.³⁾

하지만 아메드의 논증을 통해 순환성 문제가 해결된다고 가정하여도 행위자 이론은 인간 중심주의라는 또 다른 문제에 직면한다. 인간 중심주

3) 아메드는 다음의 논증을 통해 행위자 개념이 인과 개념과 독립적으로 이해될 수 있음을 보인다. i) 행위자의 내기 행동을 토대로 행위자에게 행위자-확률(agent-probability)에 대한 이해를 귀속시키는 것은 합리적이다. ii) 행위자의 내기 행동을 토대로 행위자에게 인과에 대한 이해를 귀속시키는 것은 불합리적이다. iii) 내기에 대한 행위자의 행동은 인과 개념을 행위자에게 귀속시키지 않는 내기 행동을 포함할 수 있다. i), ii), iii)을 전제로 하여 다음이 유도된다. iv) 인과에 대한 이해 없이 행위자-확률을 이해할 수 있다. 아메드는 행위자 이론이 상기 논증을 통해 순환성 반론을 반박할 수 있다고 주장한다. 자세한 사항은 「Agency and Causation」 (2007) 참조.

의는 “인간 행위”에 토대한 행위자 이론의 인과 정의를 인간이 조작하거나 통제할 수 없는 사건들에 적용할 수 없는 문제이다. 화산 폭발에 따른 인명 재해나 두 행성 사이의 중력 작용은 인간이 화산 폭발과 행성 간 중력을 산출할 수 없다는 점에서 행위자의 산출 경험으로 분석될 수 없다. 이에 대해 행위자 이론은 인간이 한 사건을 산출함으로써 다른 사건을 산출할 수 있는 것은 해당 사건들의 “기본적이고(basic) 내재적이며(intrinsic) 본질에 있어 인과적이지 않은 특성” (멘지스 & 프라이스 1993, p. 197) 때문이며, 인간이 야기할 수 없는 사건들 또한 이러한 특성을 공유하여 인과가 적용될 수 있다고 주장한다. 문제는 인간이 산출할 수 있는 사건과 산출할 수 없는 사건 모두에 인과 적용을 가능하게 하는 “기본적이고 내재적인, 그러면서도 본질적으로 인과적이지 않은 특성”에 대한 설명이나 정당화가 전무하다는 것이다. 결국 행위자 이론은 인간 중심주의 문제에 대해 모든 인과적 사건들이 공유하는 “기본적이고 내재적인 특성”이라는 모호한 개념만을 도입할 뿐 적절한 해결책을 제시하지 못한다. 행위자 이론은 순환성 문제와 인간 중심주의 문제 중 적어도 후자에 대한 타당한 대응책을 마련하지 못했다는 점에서 중대한 결점을 지니고 있는 것으로 보인다.

2.2 개입주의 이론

2.2.1 개입

우드워드는 순환성 문제와 인간 중심주의 문제가 행위자 개념을 인과 개념과 독립적인 근본 개념으로 설정한 후 후자를 전자로 환원시키는 환원주의 정의법에 기인한다고 진단하며, 전술된 문제들을 해결하기 위해서는 비환원적 인과 정의를 목표하고 행위자 개념에 의존하지 않는 새로운 접근법이 요구된다고 주장한다. 이러한 배경 위에서 개입 개념이 도입된다. “C가 E의 진정한 원인이라면, 인간이 C를 올바른 방법으로 조작하는 것이 가능할 때 C를 조작하는 것이 E를 조작하거나 변화시키는 방법이어야 한다”는 조작가능성 이론의 기초를 유지하면서 조작에서 “인간”에 대한 지시를 제거한 것이 개념 개념의 특징이다. 따라서 개입은

인간과 같은 특정 주체에 의해 행해지는 조작이나 행위가 아니라 “변수 X에 발생한 변화가 다른 변수 Y에 발생한 변화와 인과적으로 연관되었는지를 확인하기 위해 X에 행하는 이상화된 실험적 조작(idealized experimental manipulation)” (2003, p. 94)이라는 넓은 의미로 이해되어야 한다. 실험적 조작이 인간에 의해 행해지면 인간에 의한 개입이 되며, 인간을 포함하지 않는 사건이나 과정에 의해 발생하면 자연적 개입에 해당한다—우드워드는 후자를 물리학자들이 말하는 “자연적 실험(natural experiment)”과 동일한 것으로 간주한다.

개입 개념의 또 다른 주요 특징은 인과 관계항으로 기존 인과 논의에서 주로 등장하였던 사건(event)이나 명제(proposition) 대신 하나 이상의 값을 취할 수 있는 변수(variable)를 채택한다는 것이다. 변수는 조작가능성 이론의 기저에 놓인 “변화”에 대한 직관을 체계화하기 위해 도입된다. 조작가능성 이론은 특정 사물이나 사건의 상태를 “변화시키는” 조작을 통해 다른 사물이나 사건의 상태가 “변할” 때 전자를 후자의 원인으로 간주한다. 이러한 “상태 변화”는 하나 이상의 값을 취할 수 있는 변수에 의해 적절히 포착될 수 있다. 야구공과 충돌한 후 유리창이 깨졌을 때, 사건이나 명제를 인과 관계항으로 보는 이론들은 “야구공과 유리창의 충돌”이라는 사건 혹은 명제를 “유리창 분쇄”라는 사건 혹은 명제의 원인으로 규정한다. 반면 개입주의 이론은 특정 사건 혹은 명제가 아닌 “야구공과 유리창의 충돌과 관련된 변수”와 “유리창 분쇄와 관련된 변수”를 인과 관계항으로 제시하고, 전자의 변수값 변화(충돌→비충돌 또는 비충돌→충돌)에 따라 후자의 변수값이 변화(분쇄→비분쇄 또는 비분쇄→분쇄)한다는 사실을 토대로 충돌 관련 변수를 유리창 상태 관련 변수의 원인으로 지목한다. 우드워드는 인과 관계항으로써 사건이나 명제가 갖는 한계나 변수가 갖는 이점을 논하지는 않기 때문에 변수 도입은 인과 관계항의 본질에 대한 체계적 고찰의 결과라기보다는 상태 변화를 인과 메커니즘의 기초로 삼는 개입주의 이론 구조로부터의 자연적 도출의 결과로 보인다. 하지만 변수 채택은 의도성 여부와 관계없이 조작가능성 이론 전통에 상대적으로 결여되었던 인과 관계항에 대한 논의를 본

격 도입했을 뿐 아니라 상태 변화를 성공적으로 포착했다는 점에서 조작가능성 이론에 대한 중요한 기여로 볼 수 있다.

개입 개념은 “개입주의”라는 이론 명칭이 명시하듯 개입주의 이론의 중핵이자 조작가능성 이론 체계화를 위한 기반이다. 기존 조작가능성 이론인 행위자 이론이 “행위자에 의한 사건 산출”에 대한 엄밀한 정의 없이 행위에 대한 일상적 직관에 의존했던 것과 대조적으로 개입주의 이론은 기술적 용어를 통해 개입 개념을 명확히 정의한다. 이러한 개입 개념의 토대 위에서 인과 개념이 정의되기 때문에 개입주의 이론은 적어도 명확화와 체계화의 측면에서 조작가능성 이론의 진일보로 볼 수 있다.

개입주의 이론이 제시하는 개입 변수에 대한 정의는 다음과 같다.

X에 대한 일부 개입이 Y에 변화를 산출하는지를 결정하기 위해, X, Y를 변수로 설정하는데 변수들이 갖는 값들은 개체(unit) u 가 갖는 상이하고 양립 불가능한 속성들을 표현한다. 이 때 오직 I가 다음의 조건을 만족할 때에만 I는 Y와 관련하여 X에 대한 개입 변수이다.

(IV)

I₁. I는 X의 원인이다.

I₂. I는 X를 야기하는 다른 모든 변수에 대해 스위치와 같이 작용한다. 즉, I가 특정 값을 갖는다면 X는 X를 야기하는 다른 변수들의 값들에 의존하지 않으며 대신 I가 갖는 값에만 의존한다.

I₃. I에서 Y로 가는 모든 직접적인 경로는 X를 거친다. I는 Y를 직접적으로 야기하지 않으며 X와 구분되는 Y의 어떤 원인도 야기하지 않는다. 이 때 Y의 원인 중 I-Y-X 연관 속에 있는 원인들, 즉 (a) X의 결과들인 Y의 원인들 (예를 들어 인과적으로 X와 Y 사이에 있는 변수들), (b) I와 X 사이에 있으면서 X와 독립적으로 Y에 영향을 미치지 않는 Y의 원인들은 제외된다.

I₄. I는 Y를 야기하고 X를 거치지 않고 Y로 향하는 경로 위에 있는 어떠한 변수 Z로부터 (확률적으로) 독립적이다. (2003, p. 98)

I_1 은 변수 Y와 관련하여 변수 I가 변수 X에 대한 개입 변수라면 I가 X의 원인이어야 한다고 규정한다. 인과 정의에 선행하는 개입 변수 정의에서 원인이라는 인과 개념을 사용하는 I_1 은 인과 관계를 정의하기 위해 다른 인과 관계들에 대한 정보에 의존하는 개입주의 인과 정의의 순환성을 분명히 보여준다. 개입주의적 인과 정의의 순환성 및 이에 대한 정당화는 차후 논의될 예정으로 현 시점에서 I가 X의 원인이라는 조항은 I의 변수값 변화가 X의 변수값 변화에 영향을 준다는 대략적 의미로 이해되는 것이 적절하다. 대기압(A)이 기압계 눈금(X)과 폭풍 발생(Y)의 공통 원인일 때 기압계 눈금과 폭풍 발생 사이의 인과 관계를 조사하기 위해 주사위를 던져 나온 값을 기압계 눈금으로 설정하는 행위(I)는 주사위 값이 기압계 눈금을 결정하여 I_1 을 만족한다. I_2 는 I가 X와 X의 이전 원인들을 차단하여 X의 값이 오직 I에 의해서만 결정되어야 한다고 규정한다. 주사위 값에 따라 기압계 눈금을 설정하는 행위는 기압계 눈금의 이전 원인이었던 대기압의 영향을 차단하고 기압계 눈금을 단독으로 결정하여 I_2 를 충족한다. I_3 은 개입 변수 I가 X, Y의 공통 원인인 상황을 배제하기 위한 규정이다. 대기압이 기압계 눈금을 결정할 때 기압계 눈금 변화에 따라 폭풍 발생 여부가 변화하지만 대기압이 양자 모두의 공통 원인이기 때문에 기압계 눈금과 폭풍 발생 사이의 관계는 인과 관계로 간주될 수 없다. 주사위 값을 통한 기압계 눈금 설정은 주사위 값이 기압계 눈금을 거치는 경로와 독립적으로 폭풍 발생에 인과적 작용을 가하지 않는다는 점에서, 즉 주사위 값이 기압계 눈금의 원인이지만 폭풍 발생의 원인은 아니라는 점에서 I_3 을 만족한다. I_4 는 I가 X를 거치는 경로와 독립적으로 Y에 어떠한 인과적 영향도 가해서는 안 된다는 조건을 규정한 조항이다. I가 X를 통하는 경로와 독립적으로 Y에 인과적 영향을 주는 경우는 I가 X, Y의 공통 원인이거나 I의 원인인 Z가 Y의 원인인 경우 등이 있다. 전자가 I_3 이 금지하는 조건이라는 점에서 I_4 는 I_3 을 포함하여 I와 Y가 (X를 거치는 경로와 독립적으로) 직접적으로 연관되는 경우뿐 아니라 간접적으로 연관되는 경우까지 배제하는 포괄적 조항

이다. 상기 사례에서 주위에 존재하는 강력한 자기장(Z)이 주사위 던지기의 결과와 폭풍 발생 여부 모두에 영향을 미친다면 주사위 값을 통한 기압계 눈금 설정은 자기장이 눈금 설정 및 폭풍 발생과 인과적으로 연관되어 I_4 를 위반한다. 만약 자기장과 같이 주사위 던지기과 폭풍 발생에 동시에 영향을 주는 요소가 존재하지 않는다면 주사위 값을 통한 기압계 눈금 설정은 개입 변수 조건(IV)의 모든 조항을 충족하여 폭풍 발생과 관련하여 기압계 눈금에 대한 개입 변수로 간주된다.

반면 실험자가 대기압에 맞추어 기압계 눈금을 조절하는 행위는 개입 변수 조건의 일부 조항을 만족시키지 못하여 개입으로 간주되지 않는다. 실험자의 설정 행위는 실험자를 통해 기압계 눈금이 결정된다는 점에서 I_1 을 충족하지만 대기압이 설정 행위를 매개로 기압계 눈금에 영향을 미치기 때문에 기압계 눈금과 이전 원인인 대기압 사이의 인과 관계를 차단할 요구하는 I_2 를 위반한다. 또한 설정 행위가 폭풍 발생의 원인이자 기압계 눈금을 거치지 않는 대기압과 인과적으로 연관된다는 점에서 I_4 에 위배된다.

변수 X에 대한 개입 변수 I는 또 다른 변수 Y와의 연관 하에서만 정의된다는 사실에 주의할 필요가 있다. 우드워드에 따르면 “변수 X에 대한 보편적 개입은 존재하지 않는다.” (2003, p. 103) X에 대한 개입 변수는 항상 X와의 연관을 탐구 중인 또 다른 변수를 기반으로 정의된다. 따라서 X, Y의 인과 관계 탐구에서 X에 대한 개입 변수였던 I가 X, Z의 인과 관계 탐구에서는 X에 대한 개입 변수가 아닐 수 있다. 실험자가 기압계의 다이얼을 조절하여 눈금을 임의로 설정하는 행위는 기압계 눈금과 폭풍 발생의 인과 관계 탐구에서는 기압계 눈금에 대한 개입이 될 수 있지만, 기압계 눈금과 눈금 주위의 공기 압력의 인과 관계 탐구에서는 개입에 해당하지 않는다. 다이얼을 돌리는 손의 움직임이 기압계 눈금의 오르내림과 독립적으로 눈금 주위의 공기 입자에 압력을 가하기 때문이다. 개입은 X와 Y 사이에서 관찰되는 연관 관계가 인과 관계인지를 확인하기 위해 Y에 발생한 모든 변화가 오직 X의 변화를 통해서만 야기되는 이상적 실험 상황을 구축하는 것이다. 변수 X로부터 X의 이전 원

인들의 인과적 영향을 모두 차단하며 변수 Y의 다른 원인들과 인과 독립적인 개입 변수 I의 특별한 인과적 특성은 Y 값에 발생한 변화가 오직 X 값 변화의 결과이도록 만든다. 하지만 “X-Y”에 대한 이상적 실험 상황을 구축하는 개입 변수 I의 독특한 인과적 특성은 오직 X, Y에 대해서만 유효하다. 개입 변수는 언제나 “특정 변수 A와 관련하여 또 다른 특정 변수 B에 대한 개입 변수”의 방식으로 인과 관계를 탐구 중인 변수들에 상대적으로 정의된다.

개입주의 이론은 상기 개입 개념을 바탕으로 원인을 다음과 같이 정의한다.

(개입주의 이론의 원인 정의)

X가 Y를 야기하는 혹은 X가 Y에 대한 인과적 설명이 되는 필요충분 조건(necessary and sufficient condition)은 일부 배경 상황들(background circumstances)에서 X에 대한 개입이 발생할 때 Y의 값이 변하는 경우이다. (2003, p. 15)

개입주의 이론의 원인 정의에 따르면 변수 X가 다른 변수 Y의 원인이 되기 위해서는 두 요구조건이 충족되어야 한다. 먼저 X를 변화시키는 외부 변수 I가 개입 변수 조건(IV)을 만족해야 한다. 다음으로 I 값 변화를 통해 X 값이 변할 때 이에 상응하여 Y 값이 변해야 한다. 앞서 기술된 기압계 눈금과 폭풍 발생 사이의 인과 탐구의 경우, 주사위 값으로 기압계 눈금을 설정하는 행위는 개입 변수 조건을 만족하지만, 주사위 값 변화를 통해 기압계 눈금 값을 변화시켜도 폭풍 발생 여부가 변하지 않아 기압계 눈금은 폭풍 발생의 원인에 해당하지 않는다. 반면 의약품 복용과 질병 완화 사이의 인과 탐구를 위해 투약 그룹과 대조 그룹을 동전 던지기를 통해 분류하는 실험은 동전 던지기에 의한 그룹 분류가 의약품 복용에 대한 개입 변수 조건을 만족할 뿐 아니라 의약품 복용 여부에 따라 질병 완화 여부가 달라진다는 점에서 의약품 복용은 질병 완화의 원인으로 간주된다.

2.2.2 순환성과 인간 중심주의에 대한 대응

개입주의 이론은 행위자의 산출 경험을 통해 인과를 환원적으로 정의하는 행위자 이론과는 달리 인과에 대한 비환원적 정의를 목표로한다. 개입주의 이론에서는 변수 X를 변수 Y의 원인으로 규정하기 위해 다양한 인과 정보들이 선행 요구된다. 개입 변수 I는 X의 원인이어야 하고(I₁), X와 X의 기존 원인들 사이의 인과 관계를 제거하기 위해 X의 원인들에 대한 인과 정보가 요구된다(I₂). 또한 I가 X와 Y의 공통 원인인 상황을 배제하기 위해 I와 Y 사이에 X를 거치지 않는 인과 관계가 성립하지 않아야 하며(I₃), I는 X와 관련되지 않는 Y의 다른 원인들로부터 인과 독립적이어야 한다(I₄). 기압계 눈금과 폭풍 발생 사이의 인과 관계는 대기압과 기압계 눈금 사이의 인과 관계, 대기압과 폭풍 발생 사이의 인과 관계, 주사위 값을 기압계 눈금으로 설정하는 행위와 폭풍 발생 사이의 인과 관계 등 다양한 인과 관계에 대한 정보를 기반으로 정의된다. 다양한 인과 관계들에 대한 사전 지식을 토대로 또 다른 인과 관계를 정의하는 개입주의 이론의 비환원적 정의 방식은 인과 정의를 위해 인과에 대한 사전 지식이 필요한 순환성 문제를 야기한다. 이에 대해 개입주의 이론은 개입주의적 인과 정의가 다양한 인과 정보를 기반으로 X와 Y의 인과 관계를 정의한다는 점에서 분명 순환적이지만 X와 Y의 인과 관계 자체를 가정하지는 않기에 심각한 순환은 아니라고 반박한다. X와 Y의 인과 관계 확립에 필요한 것은 해당 인과 관계가 아니라 I와 X, I와 Y의 인과 관계와 같은 다른 인과 정보라는 것이다. 본 논문은 순환성 문제에 대한 개입주의 이론의 상기 반론이 타당하다고 전제할 것이다.

개입주의 이론은 행위자 이론의 인간 중심주의에 대한 해결 방안으로 행위자의 산출 경험에 의존하지 않는 개입 개념을 제시한다. 우드워드에 따르면 인과 관계란 인간의 인과적 관점을 비인과적 세계에 투사(projection)하여 얻어진 결과가 아니라 “세계에 놓여 있는(out there)” (2003, p. 23) 객관적 사실이다. 세계에 주어진 것으로서의 인과의 객관성은 행위자에 대한 언급이 제거된 개입 개념을 통해 포착된다. X와 Y

의 사이의 인과 규명을 위해 필요한 개입 변수 I는 인간 행위에 한정하지 않으며 인간의 실행 가능성에 좌우되지 않는다. 개입 개념은 인간 존재 및 인간 행위에 대한 일체의 언급을 포함하지 않기 때문에 개입 변수 조건(IV)을 만족시킨다면 “인간이 관련되지 않은 자연 과정도 개입으로 간주될 수 있다.” (2001, p. 14)

X가 Y를 야기하는 것의 실행 가능성에 대한 개입주의적 설명을 위해 중요한 것은 인간이 문제가 되는 개입들을 실행할 수 있는가의 여부가 아니라 X에 대한 개입 하에서 Y에 무엇이 발생하는가를 기술하는 반사실적 조건문들이 “말이 되거나(make sense)” “결정적인 진리값들을 가져야 한다(have determinate truth values)”는 것이다. (2007, p. 91)

개입주의 이론에서는 인간이 화산 폭발을 일으킬 수 없더라도 “만약 화산이 폭발하지 않았다면 인명 재해가 발생하지 않았을 것이다.”와 같은 반사실적 조건문이 결정적으로 참이라면 화산 폭발이 인명 재해의 원인으로 간주된다. 반사실적 조건문의 결정적 진리값을 확정하기 위해서는 원리적 기반(principled basis)이 필요하며 과학 이론이 그 역할을 담당한다. 인간의 기술로 천체의 위치나 질량을 변화시킬 없지만 두 천체 사이의 거리와 질량을 중력의 원인으로 규정할 수 있는 것은 뉴턴의 운동 방정식과 중력 이론이라는 원리적 기반을 통해 천체의 거리 변화 및 질량과 관련된 반사실적 조건문들의 진리값을 확정할 수 있기 때문이다. 개입주의 이론은 인간에 의한 개입이 불가능한 상황에서 인과 주장과 관련된 반사실적 조건문의 진리값을 결정하는 원리적 기반으로 과학 이론을 도입하여 행위자 이론에 제기되었던 인간 중심주의 문제를 해결할 수 있다고 주장한다.

2.2.3 불변과 안정

우드워드는 최근 인과 담론에서 지속적으로 등장해 온 “외과적 변화(surgical change)”라는 직관을 개입 개념으로 정립하여 인과를 조작과

연관시키는 실용주의적 인과 접근법을 체계화한다.⁴⁾ 하지만 개입 개념을 통한 원인 정의는 변수 X가 또 다른 변수 Y의 “원인”으로 정의되는 조건만을 제시할 뿐 “연관 방식”에 대한 정보를 제공하지는 않는다. 연관 방식을 포함하는 포괄적 인과 이론은 개입 개념의 토대 위에서 정의된 “불변” 개념을 통해 성취된다. 불변은 개입과 더불어 개입주의 인과 이론을 뒷받침하는 핵심 개념이자 “개입 개념과 밀접히 연관되어 있다.” (2003, p. 15).

불변은 변수 사이의 관계를 기술하는 일반화에 적용되는 개념이다. 개입에 의한 변수 X 값 변화에 따라 변수 Y 값이 변화할 때 X는 Y의 원인으로 정의되지만, 개입 개념에만 의존한 원인 정의는 변수 사이의 연관 방식을 보여주지 않는다. 개입을 통해 이상기체의 온도를 변화시킬 때 기체 부피가 변한다면 전자를 후자의 원인으로 지목할 수 있지만, 온도가 변화하는 정도에 따라 부피의 변화하는 정도를 파악할 수는 없다. 두 변수 사이의 정확한 연관 방식은 이상기체의 온도와 부피 사이의 함수 관계를 기술하는 “ $PV=nRT$ ”에 의해 표현된다. 인과 전반을 아우르는 포괄적 인과 이론은 원인의 변화에 따라 결과가 변화하는 방식을 제시할 수 있어야 하며 이는 “수용할 만한 인과 이론은 인과적 지식이 실용적으로 유용한 이유와 그러한 실용적 유용성의 근원을 설명할 수 있어야 한다” (2003, p. 30)는 우드워드의 요구와도 일치한다. 물체에 작용하는 외부 힘이 변할 때 물체의 가속도가 변한다는 단편적인 정보만으로는 실용적인 운송 수단을 제작할 수 없다. 실용적 목적을 위해서는 외부 힘의 변화량에 상응하는 가속도의 정확한 변화량이 요구되며 이는 “ $F=ma$ ”라는 일반화를 통해 표현된다. “ $F=ma$ ”는 사물이 광속에 근접하는 극단적 상황을 제외한 모든 상황에서 외부 힘과 물체 가속도의 관계를 정확히 기술하는 일반화로서 지속적으로 성립한다. 이러한 일반화

4) “외과적 변화”란 A, B 사이의 인과 관계 탐구를 위해 B 값의 변화가 오직 A 값 변화의 결과일 수 있는 이상적 실험 상황을 설정한 후 A 값을 결정하는 것을 말한다. 즉 A에 대한 외과적 변화에서는 “B에 발생한 어떠한 변화도 A와의 인과적 연관의 결과” (2001, p. 8)이다. 우드워드는 최근 인과 담론에서 “개입”으로 통칭되어 온 “외과적 변화” 개념을 개입 변수 조건(IV)을 통해 명확히 정의한다.

의 “지속적 성립”을 지시하는 개념이 불변이다. 뉴턴의 운동 방정식 “ $F=ma$ ”는 여러 개입 상황에서 지속적으로 성립하기에 불변하며 불변하기에 외부 힘과 가속도 사이의 인과 관계를 기술할 수 있다. 두 변수 사이의 관계를 기술하는 일반화에 적용되는 불변 개념은 “인과 관계”에 대한 이론적 정의를 가능하게 한다.

(개입주의 이론의 인과 관계 정의)

한 일반화가 인과 관계를 기술하는 필요충분조건은 그 일반화가 일부 적절한 개입의 집합에서 불변한다는 것이다. (2003, p. 15)

개입주의 이론의 인과 정의는 한 변수를 다른 변수의 원인으로 규정하는 원인 정의와 일반화가 기술하는 변수 사이의 관계를 인과 관계로 규정하는 인과 관계 정의로 구분된다. 앞서 등장한 원인 정의가 개입 개념에만 의존하여 “X 값이 개입에 의해 변할 때 Y 값이 변할 경우, X를 Y의 원인”으로 정의하는 반면 인과 관계 정의는 개입 개념의 기반 위에서 불변 개념을 도입하여 “X와 Y의 관계를 기술하는 일반화가 일부 개입에서 불변할 경우, X와 Y의 관계를 인과 관계”로 정의한다. 인과 관계 정의는 원인 변수를 지정할 수 있을 뿐 아니라 원인 변수와 결과 변수 사이의 연관 방식까지 포착할 수 있다는 점에서 원인 정의를 포함하는 포괄적 인과 정의이다. “ $F=ma$ ”의 일반화가 기술하는 외부 힘(F)과 가속도(a) 사이의 함수 관계는 개입을 통해 F값이 변화할 때 a값이 변화하여 전자가 후자의 원인이라는 사실뿐 아니라 F의 변화량에 따른 a의 변화량을 명시하여 양자의 연관 방식까지 보여주고 있다. 우드워드는 개입주의 이론에서 원인 정의와 인과 관계 정의를 제시하지만 후자가 변수들 사이의 변화 양상까지 기술하여 실용적 목적에 부합한다는 이유로 인과 관계 정의에 집중한다. 본 논문은 인과 관계 정의에 비중을 두는 개입주의 이론의 전반적 경향을 반영하여 원인 정의보다는 인과 관계 정의에 초점을 맞출 것이다. 따라서 향후 등장할 “인과 정의”, “인과 기준”과 같이 인과 관련 용어들은 “인과 관계에 대한 정의”, “인과 관계에 대한 기준”과 같

이 인과 관계에 대한 것으로 이해되어야 한다.

인용문에서 주목해야 할 것은 인과 관계의 조건으로 모든 개입이 아닌 일부 개입에서의 불변이 요구된다는 점이다. 이는 “예외 없음(exceptionless)”이라는 강한 조건을 통해 모든 상황에서 성립하는 법칙만이 인과 관계를 기술할 수 있다고 보았던 종래의 인과 이론과 대비된다. 개입주의 이론의 완화된 인과 조건은 특정 범위에서만 성립하는 상식 및 특수 과학의 일반화에 인과를 허용하고 불변에 정도(degree)를 부여하는 바탕이 된다.⁵⁾ 일반화가 개입 변수 조건(IV)을 만족하는 적어도 하나 이상의 개입에서 불변하면 그 일반화가 기술하는 관계는 인과 관계로 규정될 수 있다. “ $F=ma$ ”, “ $F=-kx$ ”와 같은 과학 공식뿐 아니라 “화산 폭발로 인해 인명 피해가 발생하였다.”, “야구공을 던지면 유리창이 깨진다.”와 같은 일상적 일반화도 적절히 변수화되어 일부 개입에서 불변한다면 인과 관계를 기술하는 인과 일반화로 인정된다. 일례로 개입주의 이론에서 “야구공을 던지면 유리창이 깨진다.”는 “ $X=Y$ ”로 표현되며 야구공과의 충돌과 관련된 변수 X 는 {1=충돌, 0=비충돌}의 변수값을, 유리창 상태와 관련된 변수 Y 는 {1=분쇄, 0=비분쇄}의 변수값을 갖는다. $X=1$ 로 하는 개입에서 $Y=1$ 이고 $X=0$ 으로 하는 개입에서 $Y=0$ 이기 때문에 “ $X=Y$ ”의 일반화는 X 와 Y 사이의 인과 관계를 기술하는 인과 일반화에 해당한다.

인과 일반화와 관련하여 불변과 더불어 고찰되는 개념은 안정(stability)이다. 일반화는 배경 조건(background condition)의 일부 변화에서 지속적으로 성립할 때 안정된 것으로 간주된다. 불변과 안정의 차이는 변화가 발생하는 변수가 일반화에 포함되는지의 여부에 있다. 스프링의 길이를 나타내는 변수 x 와 스프링의 복원력을 나타내는 변수 F 사이의 관계

5) 예외를 허용하지 않는 일반화만이 법칙이 될 수 있으며 법칙만이 인과 관계를 나타낼 수 있다고 주장하는 이론에 따르면 모든 일반화는 인과 관계를 기술하는 법칙과 그렇지 못한 우연적 일반화로 배타적으로 양분된다. 반면 개입주의 이론은 인과 일반화 정의의 바탕이 되는 불변에 정도를 부여한다. 어떠한 개입에서도 불변하지 않는 일반화는 인과 관계를 기술할 수 없지만, 일부 개입에서 불변하여 인과 일반화로 간주되는 일반화 사이에는 얼마나 많은 개입들에서 성립하느냐에 따라 불변에 정도 차이가 있다. 가장 큰 불변을 지니는 인과 일반화는 (거의) 모든 개입에서 성립하는 근본 물리 법칙이다.

를 기술하는 “ $F = -kx$ ”는 “일반화에 포함된” 변수 x 값을 개입으로 변화시킬 때 F 값이 일반화가 기술하는 “ $-k\Delta x$ ”만큼 변하기에 “불변”하고, 온도, 습도와 같이 “일반화에 포함되지 않은” 변수들이 변하여도 지속적으로 성립하기에 “안정”하다. 안정은 인과 일반화의 조건은 아니지만 대다수의 인과 일반화가 나타내는 보편적 특성이며 상식 및 특수 과학의 인과 일반화와 근본 물리학의 인과 일반화인 근본 물리 법칙을 구분하는 기준 중 하나이다. 우드워드에 따르면 “배경 조건의 ‘광범위한’ 혹은 특히 ‘중요한’ 변화 범위에서 안정하다는 것이 우리가 법칙이라 부르는 일반화들이 특성이다.” (2007, p. 77)

2.2.4 거시 세계와 대충 같기

개입주의 이론에서 개입, 불변과 더불어 핵심이 되는 또 다른 개념은 열역학에서 차용한 “대충 같기(coarse-graining)”이다. 앞서의 두 개념이 인과 전체를 정의하는 포괄적 역할을 하는 것과 대조적으로 대충 같기는 상식과 특수 과학의 인과 관계를 성립하게 하는 제한적 역할을 담당한다. 우드워드는 근본 물리학의 영역인 미시 세계와 특수 과학의 영역인 거시 세계 모두에 인과 관계가 존재하지만 두 관계가 완벽히 상응하거나 후자가 전자로 완전히 환원되지 않는다고 주장한다. 대충 같기 개념은 이러한 인과 토대주의(foundationalism) 혹은 근본주의(fundamentalism) (이하 인과 토대주의) 배경의 이론적 근거가 된다. 개입주의 이론에서 대충 같기는 명료하게 정의되지 않으며 단지 미시 상태를 정확히 파악할 수 없는 인식의 한계가 수많은 미시 상태를 동일한 거시 상태로 구현한다는 일반적 의미로 사용된다. 예를 들어 섭씨 10도의 물 한 잔과 양립 가능한 미시 상태(각 H_2O 분자의 위치와 운동량의 집합)들은 무수히 많지만 이를 구분하지 못하는 인간은 모든 미시 상태를 10도의 물이라는 동일한 거시 상태로 인식한다. 거시적으로 구분 불가능한 미시 상태들을 하나의 거시 상태로 포괄하는 이러한 인식 작업이 대충 같기이다. 대충 같기는 개입주의 이론에서 차지하는 중요성에도 불구하고 명확한 정의 없이 매우 불분명하게 제시됨으로써 대충 같기 기준의 객관성 및 동 개

념에 기반을 둔 거시 인과 관계의 객관성과 실재성에 문제를 야기하지만 이는 별도의 연구를 필요로 하는 주제로 본 논문의 범위를 벗어난다.⁶⁾ 향후 논의는 상식 및 특수 과학의 탐구 대상이 미시 상태를 대충 같기하여 얻어진 거시 상태라는 우드워드와의 전제를 수용하여 진행될 것이다.

대충 같기된 거시 상태를 변수값으로 갖는 상식 및 특수 과학의 인과 관계는 미시 상태를 변수값으로 갖는 근본 물리학의 인과 관계와 구분되는 주요 특성들을 갖는다. 첫 번째 특성은 앞서 기술되었듯 근본 물리학의 관점에서 구분 가능한 상이한 미시 상태들이 특수 과학에서는 동일한 거시 상태로 구현된다는 것이다. 부피 V , 압력 P , 온도 T 의 이상기체의 거시 상태와 양립하는 수많은 미시 상태들이 동일한 거시 변수값으로 표현되며 야구공과의 충돌로 분쇄된 유리창이 가질 수 있는 무수한 미시 상태들은 “유리창 분쇄”라는 단일한 거시 변수값을 실현한다. 거시 인과 관계의 두 번째 특성은 시공간적으로 연장되고 불분명한 경계를 지닌 변수값을 갖는다는 것이다. 이는 근본 물리학의 변수값이 정확한 물리량으로 표현되는 것과 대비된다. 유리창 분쇄 사례에서 야구공 충돌 변수와 유리창 상태 변수가 취할 수 있는 {충돌의 발생, 비발생}, {유리창의 분쇄, 비분쇄}의 변수값들은 위상 공간 내에서 특정 점이 아닌 시공간적으로 연장된 영역을 점유한다. 또한 유리창 전반에 미세한 균열이 발생한 상황을 분쇄 혹은 비분쇄로 분류할 객관적 기준이 부재하여 맥락에 따라 어느 쪽에도 속할 수 있다는 점에서 불분명한 경계를 갖는다. 거시 인과

6) 대충 같기는 전적으로 관찰자의 측정 해상력(measurement resolution)에 따라 상대화되며 이에 대한 객관적 기준은 존재하지 않는다. 특정 관찰자가 구분하는 A, B 두 상태를 다른 관찰자가 동일하게 인식한다면 후자만이 두 상태를 대충 같기하기 때문에 대충 같기 기준은 두 관찰자에 따라 달라진다. 이러한 관찰자 상대성으로 인해 “대충 같기 방법은 많은 비판을 야기해 왔으며 그러한 비판 중 하나는 통계 역학에 주관적 요소를 도입했다는 것이다.” (리텔보스 2002, p. 70) 우드워드 또한 대충 같기가 “근본 물리학의 관점에서 볼 때 부정확하고 임의적으로 선택되는 것처럼 보인다” (2007, p. 86)는 사실에 동의한다. 대충 같기 혹은 대충 같기의 기준이 세계에 객관적으로 주어지지 않으며 단지 관찰자 인식에 좌우되는 인식의 산물이라면, 대충 같기를 통해 산출되는 거시 상태와 거시 상태들 사이의 인과 관계 또한 주관적이며 비실재적일 수 있다. 개입주의 이론이 거시 인과 관계의 객관성, 실재성을 확립하려면 대충 같기 기준의 객관성을 먼저 입증해야 한다.

관계의 마지막 특성은 원인 변수와 결과 변수 사이에 시공간적 간격이 허용되며 이 간격에 대한 정확한 기술이 요구되지 않는다는 것이다. 화폐 정책과 경제 안정화 사이에는 시공간적 간격이 존재하며 원인에서 결과로 이어지는 모든 관계를 추적, 기술하지 않아도 인과 관계가 성립하는 것으로 간주된다. 즉, “원인과 결과 사이에 일련의 과정들이 존재하여도 특수 과학의 인과 일반화는 그 과정들을 상술하지 않으며 인과 일반화의 유용성은 그러한 과정들에 대한 정확한 정보에 의존하지 않는다.” (2007, p 82)

3. 개입주의 이론의 문제

개입주의 이론의 근본적 문제는 인과 관계가 전제된 근본 물리학 영역에 유일한 인과 기준인 개입주의적 인과 정의가 적용될 수 없다는 것이다. 개입주의적 인과 기준이 근본 물리학 영역에 적용될 수 없다면 인과 기준을 다원화하거나 미시 인과 관계에 대해 함구해야 한다. 하지만 개입주의 이론은 근본 물리학 영역의 인과 관계 성립에 대한 정당화 없이 해당 영역에서의 인과 관계를 사실로 전제한다. 개입주의 이론의 문제는 다음과 같이 정식화될 수 있다.

(IP) 개입주의 이론의 문제

1. 인과 관계에 대한 유일한 정의는 “일부 개입에서 불변”하는 일반화가 기술하는 관계를 인과 관계로 정의하는 개입주의 이론의 (인과 관계) 정의이다.
2. 개입주의 이론은 근본 물리학의 영역인 미시 세계에 인과 관계가 존재한다고 주장한다.
3. 미시 세계에서는 개입이 불가능하여 개입주의적 인과 정의가 적용될 수 없다.

4. 따라서 미시 세계에 인과 관계가 성립할 수 없다.

3.1 인과 기준의 일원성

인과 관계는 개입주의 이론에서 “일부 개입에서 불변하는 일반화가 기술하는 관계”로 정의된다. “일부 개입에서의 불변”은 일부 개입에서 성립하는 일반화에 의해 표현되지 않는 인과 관계도 존재한다는 인과 관계에 대한 충분조건이나, 일부 개입에서 불변하는 일반화에 의해 표현되는 조건 외에 다른 조건이 필요하다는 필요조건으로 해석되어서는 안 된다. 개입주의 이론은 “일부 개입에서의 불변”이 인과 관계 성립을 위한 필요충분조건이며 여타의 조건들이 필요하지 않다고 명시한다.

한 일반화가 인과 관계를 기술하는 필요충분조건은 그 일반화가 일부 적절한 개입의 집합에서 불변한다는 것이다. (2003, p. 15)

일반화가 적어도 일부 개입들에서 불변할 때에만 그 일반화는 불변한다. 이러한 불변은 그 일반화가 기술하는 관계가 조작과 통제의 목적을 위해 이용될 수 있는 필요충분조건이자 그 관계가 인과 관계가 간주될 수 있는 필요충분조건이다. (2007, p. 77)

우드워드는 주요 저서들에서 인과 관계가 일부 개입에서 불변하는 일반화에 의해 기술되는 관계라고 반복 주장한다. “일부 개입에서의 불변”은 일반화가 기술하는 관계가 인과 관계가 될 수 있는 여러 조건 중 하나가 아닌 유일한 조건이다. 오직 개입과 불변 개념에 의해서만 인과 관계가 정의될 수 있다는 개입주의 이론의 인과 일원주의는 카트라이트의 인과 다원주의를 반박하는 대목에서도 분명히 드러난다.

카트라이트는 개입주의 이론이 “획일적(monolithic)”이라고 주장한다. 개입주의 이론은 한 관계가 인과적인지에 대한 기준들 중 단지 한 기준만을 택한다는 것이다 … **개입주의 이론은 확실히 일원적이다**

(mono-criterial). 이러한 일원성이 문제시되는가는 개입에 근거한 기준과 다른 기준들이 대립하는 실질적 상황이 존재하는지와 다른 기준들에 의해 지지되는 인과 판단들이 개입주의 기준에 의해 지지되는 인과 판단들보다 더 타당한지에 달려있다. (2001, p. 20) (강조는 논문 작성자에 의해 부가됨)

인과 관계를 오직 개입과 불변 개념을 통해 정의한다는 점에서 “개입주의 이론은 확실히 일원적이다.” 이러한 일원성은 응용과학과 이론과학 모두를 아우르는 단 하나의 인과 개념만이 존재한다는 우드워드의 주장에 의해 강화된다.

비록 실용과학, 실험과학 혹은 응용과학의 맥락에서 인과 관계는 통계의 목적을 위해 이용될 수 있는 관계이지만 순수과학 혹은 이론과학의 인과 관계를 동일한 방식으로 생각하는 것은 잘못된 것이라는 견해를 생각해 보라. 이것이 두 개의 전혀 다른 인과 개념, 즉 하나는 실용적 맥락에 적절하고 다른 것은 이론적 맥락에 적절한 두 인과 개념이 존재한다는 것을 의미하는가? 기술 진보에 의해 이전에 실험 불가능했던 과학 영역의 인과 주장을 검증할 실험적 조작이 가능해졌을 때 혹은 자연을 조작하기 위해 이전에 순수하게 이론적인 인과 주장을 (실용적으로) 적용하는 것이 가능해졌을 때 어떤 일이 발생하는가? 이와 같은 상황들에서 이전에 이론과학의 부분이었던 인과 주장이 그 의미에 있어 근본적 변화를 겪게 되는 것인가? 확실히 더 가능성 있는 견해는 인과 주장의 의미나 역할은 두 맥락에서 동일하다는 것이다. 심지어 순수하게 이론적인 맥락에서도 인과 주장은 가설적 조작의 결과들을 나타내는 것으로 이해되어야 한다. (2003, p. 37) (강조는 논문 작성자에 의해 부가됨)

실용과학이 아닌 이론과학에서도 인과는 가설적 조작에 의해 정의되어야 한다. 이론과학과 응용과학의 구분이 근본 물리학과 특수 과학 사이의

구분 혹은 미시 세계와 거시 세계 사이의 구분과 정확히 동일한 것인지는 분명치 않지만 인용문을 통해 알 수 있는 사실은 모든 인과 관계가 개입 개념을 통해 이해되어야 한다는 것이다. 자신이 주장하는 바를 명료하게 밝힌 상기 인용문들을 고려할 때, “개입과 불변을 통한 정의”가 인과 관계에 대한 “유일한 정의”라는 해석이 우드워드 인과 이론에 대한 가장 올바른 해석임이 분명해 보인다.

3.2 근본 물리학 영역의 인과 관계

개입주의 이론은 근본 물리학 영역의 인과 관계를 체계적으로 논하지 않는다. 미시 인과 관계의 실재성은 단편적 기술을 통해 명시되거나 근본 물리 법칙에 암시되기 때문에 이를 탐구하기 위해서 명료화 및 재구성 작업이 요구된다.

우드워드는 인과 관련 저서들에서 인과 관계의 실재성을 실재론의 표제 아래에서 본격적으로 다루고 있다. 이는 개입주의 이론의 강점으로 지목되는 객관적 인과 정의를 실재론을 통해 유도하거나 강화하려는 의도로 보인다. 개입주의 이론은 인과를 조작과 연관시키는 조작가능성 이론 계열에 속하지만, 기존 조작가능성 이론인 행위자 이론의 주관주의를 반박하며 객관주의적 접근을 시도한다. “비인과적 세계에 대한 행위자의 인과적 관점의 투사”로 요약되는 행위자 이론이 인과를 주관주의적 시각에서 조명했다면 개입주의 이론은 인과 관계 실존이라는 형이상학적 전제 위에서 인과 관계를 객관화한다. 인과 관계는 주체의 인식에 좌우되는 인식론적 산물이 아니라 세계의 본질적 특성이다.

인과 관계들은 세계의 특성들이다. **인과 관계들은 세계에 주어져 있다(they are 'out there' in nature).** (2003, p. 23) (강조는 논문 작성자에 의해 부가됨)

Y를 변화시키길 원하지만 Y를 직접적으로 변화시킬 수 없고 X를 직접적으로 변화시킬 수 있으며 X를 변화시킴으로써 Y를 변화시킬 수

있는지를 탐구 중인 행위자를 생각해보라. ... 비록 행위자가 X를 산출할 것인가는 행위자에 달려 있지만 X가 발생하면 Y가 발생하는가는—X가 Y의 수단인지 아닌지는—행위자에 달려 있지 않다. X에 개입함으로써 Y를 변화시키는 것이 가능하다면 X와 Y 사이에 독립적으로 존재하는(independently existing) 불변 관계가 있으며 이 관계는 행위자가 X를 변화시킴으로써 Y를 변화시키길 원할 때 이용할 수 있는 관계이다—행위자가 X를 조작할 수 없거나 X를 조작하려고 결정할 수 없거나 혹은 행위자가 존재하지 않았더라도 그 관계는 존재하며 고유한 특성을 그대로 지닌다. 달리 말하면, 행위자의 행위는 X를 조작함으로써 Y를 조작하는 것을 허용하는 X, Y 사이의 관계를 만들지도, 영향을 주지도, 구성하지도 않는다는 것이 조작의 전 개념(whole notion) 속에 포함되어 있다. ... 많은 철학자들이 지지했던 견해와는 다르게, **인과에 대한 실재론의 일부 형태(some version of realism)**가 조작가능성 이론의 타당한 형태에 내재되어 있는 것으로 보인다. (2003, pp. 199-120) (강조는 논문 작성자에 의해 부가됨)

개입주의 이론에 따르면 인과 관계는 인간의 인식, 지식에 좌우되지 않으며 인간 존재와 상관없이 세계에 객관적으로 주어져 있다. 세계에서 인간을 제거하여도 변함없이 성립한다는 점에서 인과 관계는 인간의 인식으로부터 전적으로 독립적이다.

하지만 일견 명료해 보이던 우드워드의 인과 실재론은 근본 물리학의 영역인 미시 세계와 특수 과학의 영역인 거시 세계의 이원적 분류 및 인과 토대주의 거부로 인해 복잡한 양상을 띠기 시작한다. 인과와 설명에 대한 자신의 개입주의 이론을 집대성했던 「Making Things Happen」(2003)에서 미시/거시 구분 없이 인과를 포괄적으로 접근했던 우드워드는 「Causation with a Human Face」(2007)에서 세계를 근본 물리학이 탐구하는 미시 세계와 상식 및 특수 과학이 다루는 거시 세계로 양분하고 각 영역에 상이한 본질을 부여한다. 두 세계의 본질 차이는 거시 세계에서 관찰되는 인과 관계가 미시 세계에서 성립하는 인과 관계에 전적

으로 의존한다는 인과 토대주의에 대한 거부로 귀결된다. 인과 토대주의는 “상식과 특수 과학에서 참인 모든 인과 주장들은 인과적 성격을 지닌 근본 물리 법칙들을 예화하며, 전자의 인과적 지위가 후자에 기반을 두고 있다” (2007, p. 70)는 주장이다. 우드워드는 미시 세계에서 거시 세계로 전환되면서 후자에만 한정하는 다양한 특성들이 발생하여 거시 세계의 인과 관계가 미시 세계의 인과 관계를 통해 완전히 분석되거나 환원되지 않는다고 주장한다. 거시 세계의 인과 관계는 미시 세계의 기초 위에 거시 세계의 특성들이 더해진 복합적 산물이다.

거시 세계의 인과 관계가 복합적 산물이라면 실재성과 객관성이 문제시될 수 있다. 이와 관련하여 거시 세계의 인과 관계들이 파생적 실재성(derivative reality)을 지닌다는 논의가 노턴(2007) 의해 이루어진 바 있다.⁷⁾ 우드워드는 인과 개념과 확률 개념의 유사성을 통해 결정론 내에서 확률 개념이 갖는 실재성과 객관성을 거시 세계의 인과 개념에 확장 적용한다. 동전 던지기가 결정론적 법칙에 의해 좌우된다면 특정 시공간에서 특정 힘으로 특정 동전을 던지는 행위의 결과는 확률로 표현되지 않는다. 초기 조건을 결정론적 법칙에 의해 진화시키면 특정 면이 나오는 결과로 결정적으로 귀결되기 때문이다. 하지만 모든 초기 조건을 정확히 알 수 없으며 세계와 미시적으로 상호 작용할 수 없는 행위자의 인식 및 작용의 한계는 앞면과 뒷면에 0.5의 확률을 부여한다. 즉 거시적 행위자로서의 인간은 동전 던지기가 이루어지는 닫힌계의 모든 입자의 위치와 운동량을 파악할 수 없으며 설명 파악할 수 있다 해도 동전 구성 입자들이 특정 위치와 운동량을 갖도록 동전을 던질 수 없기 때문에 동전 던지

7) 노턴은 인과를 중력과 칼로릭(caloric)과 같이 대체된 이론(superseded theory)에 등장하는 실체들에 비유한다. 고전 역학의 중력 이론과 열을 유체로 생각한 칼로릭 이론은 일반 상대성 이론 및 열을 분자의 운동에너지와 동일시하는 열역학 이론에 의해 대체되었지만, 새로운 이론의 관점이 중요하지 않은 제한적 상황들에서는 중력과 열의 작용을 적절히 기술한다. 인과 또한 근본 물리학의 존재론에 등장하지 않지만 근본 물리학의 관점이 중요하지 않은 일상적 상황들에서 세계의 양상을 적절히 묘사한다. 노턴에 따르면 인과 개념은 인간의 자의적으로 고안한 허상이 아니며 그 실재성이 근본 물리학의 실체들의 실재성으로 환원될 수 있다는 점에서 칼로릭이나 중력과 같이 “파생적 실재성”을 지닌다.

기로부터 결정론적 결과 대신 확률을 도출하는 것이다. 우드워드에 따르면 우리가 동전 던지기에 부여하는 확률은 동전 던지기의 동역학에 대한 객관적 사실과 거시적 행위자인 인간 인식 및 작용의 한계에 대한 객관적 사실 사이의 “상호 작용의 반영” (2007, p. 100)이다. “확률은 거시적 행위자가 알 수 있는 것뿐 아니라 할 수 있는 것에 대한 제약을 반영한다는 명확한 의미에서 ‘실질적이다.’” (2007, p. 101) 거시 세계의 인과 관계도 이와 유사하다. 거시 인과 관계는 미시 세계의 특성들과 거시 세계의 특성들이 상호 작용하여 만들어진 복합적 산물이지만 미시 세계에 대한 객관적 사실과 거시 세계에 대한 객관적 사실의 반영이라는 점에서 실질적이며 객관적이다.

실재성과 객관성을 담보하려는 의도 하에서 심도 있게 논의되는 거시 세계의 인과 관계와 대조적으로 개입주의 이론에서 미시 인과 관계의 실재성에 대한 직접적 논의는 이루어지지 않는다. 앞서 등장한 두 인용문들은 인과 관계가 실재한다는 우드워드의 주장을 명료히 보여주지만 세계를 미시와 거시로 양분하지 않았던 일원적 시각에서의 고찰이라는 점에서 주의가 요구된다. 개입주의 이론이 미시/거시의 이원적 세계관으로 발전하기 이전에 이루어진 실재성 논의의 경우 인과 관계라는 용어가 정확히 무엇을 지칭하는지가 모호하기 때문에—미시 세계와 거시 세계의 인과 관계 중 어느 하나를 특징적으로 지칭하는지 아니면 양자 모두를 포함하는지—인과 관계의 실재성에 대한 우드워드의 긍정이 미시 세계의 인과 관계에 적용된다고 단언할 수 없다. 단지 우드워드의 초기 개입주의 이론에 명시된 인과 실재론이 후기 이론이 나타난 미시 인과 관계의 실재성을 상당 부분 정당화해 줄 것이란 추측이 가능할 뿐이다.

개입주의 이론 내에서 미시 인과 관계의 실재성에 대한 체계적 논의는 부재하지만 근본 물리학 영역의 인과 관계는 우드워드의 직·간접적 기술을 통해 여러 차례 명시된다.

대충 갈기의 결과 중 하나는 미세 갈기된(fine-grained) 영역에서 적절한 특정 인과적 요소들(causal factors)을 배제할 수 있도록 허용

한다는 것이다. 만약 고려되는 결과가 입자들의 정확한 위치와 운동량이라면 입자들에 작용하는 모든 힘들이 인과적으로 적절할 (causally relevant) 것이다. ... (만약 환자의 회복/비회복을 미시적 관점에서 관찰한다면 의약품 복용 외에도) (환자 옆방에 있던 사람의) 재채기, (자신의 질병이 낫길 바라는 환자의) 소원 빌기 및 그 밖에 사건들이 환자의 회복과 비회복을 실현하는 각 미시 사건들에 인과적으로 영향(causally influence)을 미칠 것이다.

즉 미시 사건들 사이의 모든 인과 관계(causal relation)가 이러한 미시 사건들로 구성되는 대충 같기된 거시 사건들 사이의 인과 관계로 구현되지 않는다. (2007, pp. 85-86) (강조는 논문 작성자에 의해 부가됨)

요약하자면 근본 물리학 영역에서는 사건들이 개입 조건의 만족을 배제하는 방식으로 인과적으로 상호 연관(causally interconnected)되어 있다는 것이다. (2007, p. 95) (강조는 논문 작성자에 의해 부가됨)

모든 것이 모든 것에 의해 영향을 받는 보다 미세 같기된 영역의 복잡한 인과적 의존(causal dependence)으로부터 대충 같기된 변수들 집단 중에서 인과적·통계적 독립성이 발생하는 것이 가능하다. (2007, p. 96) (강조는 논문 작성자에 의해 부가됨)

입자의 정확한 위치와 운동량으로 사건을 기술하는 근본 물리학 영역에서는 멀리 떨어진 전체의 중력과 전자기력도 고려 대상인 입자의 위치와 운동량을 변화시킨다는 점에서 “미시 사건들 사이에 인과 관계가 존재한다.” 근본 물리학 영역에서 성립하는 인과 관계는 첫 인용문에 등장하는 “인과 관계”라는 직접적 표현 외에도 “인과적 요소”, “인과적으로 적절”, “인과적 영향”, “인과적 상호 연관”, “인과적 의존”과 같은 다양한 표현을 통해 반복 언급된다. 특히 개입주의 이론에서 인과 관계와 교환 사용되는 “인과적 적절”은 “인과 관계”라는 표현을 통한 직접 증명과 별도로

미시 인과 관계의 존재를 간접적으로—간접적이지만 확실하게—증명한다.⁸⁾ 미시 세계를 구성하는 사건 혹은 요소들은 모든 것이 모든 것에 영향을 미치는 방식으로 복잡한 인과 그물망을 형성하고 있다. 요소들 사이의 인과적 의존성은 거시 요소들 사이에서 발생할 수 있는 인과적 독립성과 대조되는 미시 세계의 주요 특징 중 하나이다.

미시 인과 관계의 존재는 전술된 “인과 관계”, “인과적 요소”, “인과적 적절”, “인과적 영향”, “인과적 상호 연관”, “인과적 의존”을 통해 직접 기술될 뿐 아니라 근본 물리 법칙에 대한 논의에 암시되어 있다. 개입주의 이론에서 근본 물리 법칙은 인과 일반화의 필요충분조건인 “일부 개입에서의 불변”을 충족하여 근본 물리학 영역의 인과 관계를 기술하는 인과 일반화로 간주된다. 근본 물리 법칙은 일부 개입이라는 한정된 범위를 넘어 (거의) 모든 개입에서 불변하며, 이러한 불변의 광범위성이 근본 물리 법칙과 특수 과학의 인과 일반화를 구분 짓는 기준 중 하나이다. 미시 인과 관계의 실재성 논의에서 근본 물리 법칙이 갖는 의의는 근본 물리 법칙의 존재가 미시 인과 관계의 존재를 함축한다는 데 있다. “일부 개입에서의 불변”은 인과 관계에 대한 필요충분조건이기 때문에 한 일반화가 일부 개입에서 성립한다면 그 일반화가 기술하는 관계는 인과 관계이며, 변수들이 인과 관계를 맺고 있다면 그 관계를 기술하는 일반화는 일부 개입에서 불변한다. “필요충분조건”이라는 표현을 통해 “일부 개입에서 불변하는 일반화의 존재”가 “그 일반화에 의해 기술되는 인과 관계의 존재”를 내포함을 알 수 있다. 불변하는 인과 일반화가 존재한다면 그 일반화가 나타내는 인과 관계가 반드시 존재한다. 쟁점은 미시 세계에서 불변하는 인과 일반화의 존재 여부이다.

개입주의 이론에 따르면 미시 세계의 인과 일반화인 근본 물리 법칙은 존재한다. 우드워드 는 법칙의 존재를 수용하며 일반 상대성 이론의 법칙

8) 개입주의 이론에서 X가 Y에 인과적으로 적절하다면 X가 Y의 원인이 된다. 개입주의 이론은 “X가 Y를 야기한다(혹은 X는 Y의 원인이다)’라는 표현을 ‘X가 Y에 인과적으로 적절하다’라는 표현과 교환 사용한다.” (2003, p. 39) 따라서 개입주의 이론 내에서 미시 세계의 요소들이 상호 간 인과적으로 적절하다면 요소들 사이에 인과 관계가 성립하는 것으로 보아야 한다.

과 전자기 법칙, 양자 역학의 법칙 등을 법칙의 전형적 예로 열거한다. 또한 법칙과 인과 일반화는 종적으로 동일하며 단지 불변에서 정도 차를 지닌다고 주장함으로써 법칙을 “일부 개입에서 불변하는 일반화”의 한 종류로 취급한다. 법칙은 보통의 인과 일반화와 질적으로 상이한 것이 아니라 일부 개입이 아닌 모든 개입 (혹은 광범위한 개입)에서 불변하는 일반화일 따름이다. 이러한 근본 물리 법칙은 개입주의적 인과 정의에 따라 법칙이 묘사하는 미시 인과 관계의 존재를 보장한다. 근본 물리 법칙의 존재에 대한 우드워드의 긍정 속에는 미시 인과 관계의 실재성이 내포되어 있는 것이다.

미시 인과 관계는 미시 요소들 사이의 “인과 관계”, “인과적 적절”, “인과적 상호 연관”, “인과적 의존”, “인과적 영향”에 대한 기술에 명시되어 있으며 근본 물리 법칙의 존재에 암시되어 있다. 개입주의 이론이 미시/거시의 이분법으로 발전하기 이전인 일원론적 세계관 속에서 객관적으로 주어진 것으로 상정되었던 인과 관계의 본질 또한 미시 인과 관계의 실재성을 강력하게 지지한다. 하지만 개입주의 이론이 주장하는 근본 물리학 영역의 인과 관계는 논증의 결과라기보다는 전제된 사실이다. 문제는 전제된 미시 인과 관계에 개입주의적 인과 정의가 적용될 수 없다는 것이다.

3.3 개입주의 이론의 내재적 문제

개입주의 이론은 사건 연쇄의 반복 관찰에서 인과 개념을 도출하는 기존의 수동적 인과 이론을 비판하고 인과를 행위와 연관시키는 조작가능성 이론 계열에 속한다. 개입주의 이론에서 인과 관계는 일부 개입에서 불변하는 일반화에 의해 기술되는 관계로 정의된다. 개입주의적 인과 정의에 등장하는 개입은 기존 조작가능성 이론의 문제점인 순환성과 인간 중심주의를 해결하기 위해 조작 개념에서 인간 행위자에 대한 지시를 제거한 개념이다. 개입주의 이론은 개입 개념에 의거한 인과 정의를 통해 주체의 관점, 믿음에 좌우되고 주관적, 비실재적인 것으로 간주되었던 인과 개념에 객관성과 실재성을 회복시킨다. 인과 관계는 미시/거시 구분

을 불문하고 세계에 객관적으로 주어져 있으며 개입에 토대한 정의 방식은 인과 관계에 대한 유일한 기준이다.

개입주의 이론에 내재된 문제는 개입에 의거한 인과 정의가 미시 세계의 인과 관계에 적용될 수 없다는 것이다. 인과 관계에 대한 유일한 기준인 “개입 개념을 통한 인과 정의”가 근본 물리학 영역에 적용될 수 없다면 미시 인과 관계에 대한 주장이나 판단은 유보되어야 한다. 하지만 개입주의 이론은 미시 인과 관계의 존재를 사실로 전제한다.

3.3.1 개입주의 이론의 미시 세계 구조

미시 인과 관계와 관련된 개입주의 이론의 문제는 거시 세계와 구분되는 미시 세계의 특성에 기인한다. 관련 논의가 체계적으로 진행되기 위해서는 개입주의 이론이 상정하고 있는 미시 세계를 정확히 기술할 필요가 있다. 우드워드는 미시 세계 구조 기술에 별도의 단락을 할애하지 않지만 미시 세계의 특징들은 거시 세계의 특징들과의 명확한 대비 속에서 일관된 재구성이 가능할 정도로 선명히 포착된다.

근본 물리학 영역인 미시 세계에서는 근본 입자의 위치 및 운동량과 같은 정량적 미시 상태가 변수값으로 표현된다. 유리창 상태 변수는 거시 세계에서 “유리창 분쇄” 혹은 “유리창 비분쇄”와 같은 거시 상태를 변수값으로 갖지만, 미시 세계에서는 유리창을 구성하는 각 근본 입자의 위치와 운동량의 집합을 변수값으로 갖는다. 이 때 미시 세계와 거시 세계 사이의 변수값 차이는 후자가 오직 정성적 상태만을 변수값으로 갖는다는 배타적 이분법으로 이해되어서는 안 된다. 자동차의 시속과 목적지까지의 거리를 통해 예정 도착 시간을 계산하는 경우와 같이 상식 및 특수과학의 변수 또한 정량적 물리량을 변수값으로 취할 수 있다. 이처럼 정량적 변수값은 미시 세계와 거시 세계 모두에 적용되지만 두 영역의 정량화는 정확도에서 차이를 지닌다. 거시 세계의 물리량은 초기 상태를 완전히 파악할 수 없는 인식의 제한과 반올림을 통해 어렵값을 산출하는 계산 기구의 한계로 인해 미시 세계가 요구하는 정확도를 획득할 수 없다. 거시 세계는 변수값으로 “유리창의 분쇄”와 같은 정성적 기술과 “예상 소요 시간 12분”과 같은 정량적 수치를 모두 갖지만 후자는 근사치라

는 점에서 실제 수치인 미시 세계의 변수값과 구분된다. 따라서 정량화에 대한 기준이 근사가 아닌 실제 수치로 엄격해진다면 진정한 의미에서의 정량적 변수값은 미시 세계에 한정한다.

근본 입자의 정확한 물리량을 변수값으로 요구하는 미시 세계의 정량화는 한 사건의 과거 빛 원뿔에 속하는 모든 사건을 해당 사건의 원인으로 만드는 “복잡한 인과 그물망”의 바탕이 된다. 작용 범위가 무한대인 중력과 전자기력은 0을 향해 수렴할 뿐 0에 도달하지는 않기 때문에 아무리 멀리 떨어진 천체의 중력과 전자기력도 지구의 특정 시공간에 위치한 유리창의 근본 입자들의 위치와 운동량에 영향을 미친다. 천체의 상태 변화가 유리창의 미시 상태 변화를 야기하여 전자는 후자의 원인으로 간주되며, 동일한 방식으로 유리창의 과거 빛 원뿔에 속하는 모든 사건 혹은 변수가 유리창 상태의 원인이 된다.

변수 X 와 X 의 과거 빛 원뿔에 속하는 모든 변수($Z_1, Z_2 \dots Z_n$) 사이의 인과 관계는 근본 물리 법칙에 의해 다음과 같이 표현될 수 있다.

$$X = f(Z_1, Z_2, Z_3 \dots Z_n)$$

상기 법칙은 X 에 인과적 영향을 미치는 모든 변수를 포괄한다는 점에서 “완전성(completeness)”을 지니며 의존 변수 X 의 값이 독립 변수($Z_1, Z_2 \dots Z_n$)들을 통해 정확히 결정된다는 점에서 의존 변수에 대한 “법칙적 충분조건(nomologically sufficient condition)”을 제공한다. 개입주의 이론에 따르면 “완전성”과 “법칙적 충분”은 거시 세계의 인과 일반화와 대비되는 근본 물리 법칙만의 특성이다. 스프링의 길이와 복원력 사이의 인과 관계를 나타내는 훅의 법칙 “ $F = -kx$ ”는 복원력에 인과적 영향을 미치는 모든 요소가 우변에 포함되지 않기에 불완전하며, 방정식에 나타난 독립 변수만으로 의존 변수의 값을 확정할 수 없기에 복원력에 대한 법칙적 충분조건을 제공하지 못한다.

근본 물리 법칙의 완전성과 법칙적 충분은 현재 근본 물리 법칙으로 간주되는 일반화들의 특성이 아닌 과학 진보의 종국에 이르러 확립될 궁극적 법칙의 특성으로 이해되어야 한다. 우드워드는 근본 물리 법칙의 사

레로 상대성 이론의 법칙들과 전자기 법칙 등을 제시하지만 이러한 법칙들이 근본 물리 법칙의 이상에 미치지 못한다는 사실에 동의한다.⁹⁾ 일반 상대성 이론의 중력 법칙이나 맥스웰의 전자기 법칙은 관련 변수들 사이의 함수 관계를 매우 정확히 기술하지만 의존 변수의 과거 빛 원뿔에 속하는 모든 변수를 포함하지는 않는다. 개입주의적 관점에서 본다면 현재의 법칙들은 근본 물리 법칙이라기보다 입자에 작용하는 총체적 영향 중에서 중력, 전자기력과 같은 특정 영향만을 묘사하는 선별적 기술에 가깝다. 한 요소에 인과적 영향을 미치는 모든 요소를 포함하는 “완전한” 법칙 정립은 근본 입자의 실체 및 본질에 대한 존재론, 근본 입자에 대한 인식적 접근 가능성 및 정확성에 관한 인식론을 포괄하는 “모든 것에 대한 이론”이 확립된 이후에만 가능하다. 법칙과 관련된 혼동을 방지하기 위해서는 현재 법칙으로 간주되는 인과 일반화와 개입주의 이론이 가정하는 이상적 법칙 사이의 간극을 인정하고, 진정한 의미에서의 “완전성”과 “법칙적 충분”은 오직 후자에만 귀속된다는 사실에 유의할 필요가 있다. 전 문단에서 근본 물리 법칙의 가능한 형태로 제시된 “ $X=f(Z_1, Z_2, Z_3 \dots Z_n)$ ”는 중력 법칙이나 전자기 법칙과 같은 특정 법칙이 아니라 변수 X의 과거 빛 원뿔에 속하는 모든 변수 ($Z_1, Z_2 \dots Z_n$)을 포괄하는 궁극적 법칙을 지칭한다.

의존 변수 X에 대한 각 독립 변수 Z_i 의 인과적 영향은 다음과 같은 개별 인과 일반화에 의해 표현될 것이다.

$$\begin{aligned} X_1 &= \alpha_1 Z_1 \\ X_2 &= \alpha_2 Z_2 \\ X_3 &= \alpha_3 Z_3 \\ &\vdots \\ X_n &= \alpha_n Z_n \end{aligned}$$

9) 우드워드에 따르면 슈뢰딩거 방정식이나 일반 상대성 이론의 장(Field) 방정식과 같은 확립된 법칙들이 특수한 상황에서는 붕괴된다는 것이 법칙에 대한 최근의 보편적 견해이다. (2007, p 78) 또한 “더 나아가 포더(1999)와 피에트로스키 및 레이(1995)는 예외 없는 법칙은 없을 수 있다고 주장했다.” (2003, p. 309)

X와 Z_i 의 인과 관계는 " $X_i = \alpha_i Z_i$ "(α_i 는 Z_i 와 관련된 상수)의 일반화로 기술된다.¹⁰⁾ 미세 세계의 인과 관계에 대한 논의에서 “근본 물리 법칙”과 “개별 인과 일반화”를 구분하여 고찰할 필요가 있다. 전자는 의존 변수와 인과적으로 연관된 모든 독립 변수를 포괄한다는 점에서 완전하며 (의존 변수에 대해) 법칙적으로 충분하지만, 의존 변수와 특정 독립 변수 사이의 인과 관계만을 기술하는 후자는 두 속성 모두를 결여한다.

실제로, 미세 같기된 변수들을 연결하는 불완전한 의존 관계가 배경 조건의 실용적으로 광범위한 변화 범위에서 안정한 경우는 거의 없다. 대신 상당한 변화 범위에서 안정된 모든 혹은 대부분의 불완전한 의존 관계는 대충 같기된 변수들을 연결한다. 미세 같기된 변수를 포함하는 의존 관계를 기술하는 일반화 중 상대적으로 안정된 것을 찾는 일은 일반적으로 완전하거나 거의 완전한 일반화를 찾는 일을 요구한다.

시간 t 에서 거시 공간적으로 연장된 영역 R 의 상태 F 가 미세 같기된 속성들 $P_1 \cdots P_n = F$ 의 연접에 의해 상술되며 시간 t 에서 R 이 F 가 되는데 법칙적으로 충분한 이전 시간 t' 에서의 상태 F' 가 미세 같기된 연접 $P'_1 \cdots P'_n$ 에 의해 주어진다고 가정하라. 그러면 대부분의 경우와 대부분의 $P_1 \cdots P_n$, $P'_1 \cdots P'_n$ 에서 ‘만약 P'_i 라면 P_i 일 것이다’의 형태를 갖는 상대적으로 안정된 일반화는 찾을 수 없을 것이다. 단지 하나의 속성 P'_i 를 하나의 속성 P_i 와 연결하는 일반화는 대체로 불변하지 않으며 예외로 가득할 것이다. P_i 의 (모든 속성이 아닌) 일부 속성들의 연접과 P'_i 의 일부 속성들의 연접을 연결하는 일반화 또한 그럴 것이

10) 개별 인과 일반화에서 Z_i 가 X 에 미치는 영향이 반드시 " $X_i = \alpha_i Z_i$ "과 같은 일차 방정식으로 표현되지 않을 수 있다. 인과 일반화는 다차 방정식과 같은 복잡한 형태를 띌 수 있기 때문에 X 의 과거 빛 원뿔에 속하는 특정 변수 Z_i 가 X 에 미치는 영향은 " $X_i = f(Z_i)$ "와 같이 일반적 함수 형태로 표현되어야 한다. 동 논문은 이해 증진을 위해 인과 일반화를 주로 일차 방정식 형태로 표현할 것이다. 따라서 " $Y = \alpha X$ "는 X 와 Y 가 정확히 일차 함수관계를 맺고 있다기 보다는 X 의 변화에 상응하여 Y 가 변한다는 일반적 함수 관계의 의미로 이해되는 것이 적절하다.

다. 이유는 t 에서 R 의 미세 같기된 속성들 P_i 의 대부분은 일반적으로 단일 속성 P'_i 가 아니라 F' 의 전체 속성들, 즉 전체 연접 $P'_1 \cdots P'_n$ 에 의존하기 때문이다. $k \neq i$ 인 어떤 변수 P'_k 의 (심지어 미세한) 변화도 P'_i 와 P_i 사이의 관계를 깨뜨릴 것이다. 반면에 만약 C 가 영역 R 에서 시간 t 일 때 충분히 대충 같기된 속성이라면 국소적으로 지배적인(locally prevailing) 배경 조건들에서 불완전하지만 상대적으로 불변하고 안정된 ‘만약 C 라면 C 일 것이다’의 일반화를 성립하게 하는 대충 같기된 속성 C' 를 찾을 수 있을 것이다. (2007, p. 88) (강조는 논문 작성자에 의해 부가됨)

근본 물리학의 관점에서는 세계의 한 요소와 다른 요소만을 연결하는 대부분의 개별 인과 일반화는 실용적 범위 내에서 불변하거나 안정하지 않다. 미시 세계에서 변수 P_i 에 대해 유의미한 불변과 안정을 지니는 유일한 일반화는 P_i 에 시간적으로 선행한 특정 변수 P'_i 혹은 P'_i 들의 일부 집합이 아닌 모든 변수 $P'_1 \cdots P'_n$ 을 포함하는 일반화이다. 이러한 일반화는 의존 변수의 과거 빛 원뿔에 속하는 모든 독립 변수를 포괄하는 근본 물리 법칙이다.

인용문을 통해 알 수 있는 미시 세계의 특징은 미시 변수들 사이의 인과 관계를 기술하는 일반화가 두 종류로 구분된다는 것이다. 미시 인과 일반화의 첫 번째 종류는 특정 변수 혹은 특정 변수들만이 독립 변수로 표현되는 개별 인과 일반화로 의존 변수에 인과적 영향을 미치는 모든 변수를 포함하지 않으며 매우 협소한 범위에서만 불변, 안정하다. 두 번째 종류인 근본 물리 법칙은 의존 변수의 과거 빛 원뿔에 속한 모든 변수를 포함하여 완전하고 모든 혹은 매우 넓은 범위에서 불변, 안정하다. 개입에 의거한 인과 정의를 근본 물리학 영역에 적용할 수 없는 개입주의 이론의 문제는 미시 세계에 존재하는 두 종류의 인과 일반화인 근본 물리 법칙과 개별 인과 일반화의 관점에서 각각 고찰될 수 있다. 하지만 전자만이 “실용적으로 광범위한 범위” 내에서 불변하기 때문에 향후 논의는 근본 물리 법칙을 중심으로, 필요에 따라 미시 세계의 개별 인과

일반화가 언급되는 방식으로 이루어질 것이다.

3.3.2 상대성 이론과의 상충

미시 세계에 존재하는 두 종류의 인과 일반화 중 이론적, 실용적 견지에서 주목할 만한 일반화는 특정 변수에 인과적 영향을 미치는 모든 변수들을 포함하는 근본 물리 법칙이다. 거시 세계의 불완전한 인과 일반화와 달리 의존 변수에 대해 “법칙적으로 충분한 조건”을 제공하여 “완전성”을 지니는 근본 물리 법칙은 의존 변수에 영향을 주는 모든 요소를 독립 변수로 망라한다. 개입주의 이론의 문제와 관련된 첫 번째 사항은 근본 물리 법칙에 개입 개념을 적용할 때 발생한다. 우드워드 주장대로 한 사건의 과거 빛 원뿔에 속하는 모든 요소가 독립 변수로써 근본 물리 법칙에 포함된다면 외부로부터의 영향을 의미하는 개입은 과거 빛 원뿔 외부에 위치해야 한다. 이 때 한 사건의 빛 원뿔 외부에 속하는 모든 사건은 상대성 이론의 시공간 정의에 의해 해당 사건과 인과적으로 완전히 단절되기 때문에, 의존 변수의 과거 빛 원뿔 외부에 속한 개입 변수는 의존 변수에 인과적 영향을 미칠 수 없다. 하지만 I 값 변화에 의한 X 값 변화를 통해 Y 값이 변화할 때 X를 Y의 원인으로 정의하는 개입주의 이론에서 X, Y 사이에 인과 관계가 존재한다면, 개입 변수 I는 “I-X-Y”의 인과 연쇄를 통해 Y의 기여 원인이 되어야 한다.¹¹⁾ 상대성 이론이 요구하는 개입 변수와 의존 변수의 인과적 단절과 개입주의 이론이 전제하는 독립 변수를 매개로 한 개입 변수와 의존 변수의 인과적 연관 사이에서 마찰이 발생하는 것이다.

야구공과 충돌한 후 분쇄된 유리창의 미시 상태 변수 Y는 야구공의 질량과 속도뿐 아니라 충돌이 발생했을 당시 유리창 주위에 존재했던 공기

11) 기여 원인은 개입주의자 이론에서 다음과 같이 정의된다. “변수 집합 V에 대해 X가 Y의 기여 원인이 되는 필요충분조건은 (i) X에서 Y로 향하는 경로가 존재해야 하며 이 경로의 각 고리는 직접 인과 관계이어야 한다. 즉, 변수 집합 $Z_1 \dots Z_n$ 에서 X는 Z_1 의 직접 원인이고, Z_1 는 Z_2 의 직접 원인이며, Z_2 는 $\dots Z_n$ 의 직접 원인이고, Z_n 은 Y의 직접 원인이다. (ii) 이 경로에 놓이지 않은 V의 다른 변수들의 값이 고정되었을 때 X에 대한 개입은 Y를 변화시킨다” (2003, p. 59).

의 구성 성분, 야구공을 던진 사람의 중력과 전자기력, 수백억 광년 떨어진 천체의 운동 등 Y의 과거 빛 원뿔에 속하는 모든 요소와 인과적으로 연관된다. 따라서 Y의 과거 빛 원뿔에 속하는 모든 요소는 개입주의 이론의 근본 물리 법칙 정의에 의해 Y와 관련된 가설적 근본 물리 법칙에 독립 변수로 포함될 것이다. 이러한 가설적 법칙이 개입주의 이론이 요구하는 “개입에서의 불변” 조건을 충족하는 인과 일반화인지를 조사하기 위해 가설적 법칙에 속한 변수들에 개입을 적용할 때 문제가 발생한다. “ $Y=f(X_1, X_2, X_3, \dots, X_n)$ ”의 형태를 갖는 가설적 법칙의 변수 X_1 에 대한 개입 변수는 동일 법칙에 속한 다른 변수 X_i 일 수 없다. X_i 값의 변화를 통한 X_1 값의 변화는 X_i 값이 개입되는 변수 X_1 를 거치는 경로와 독립적으로 Y에 영향을 미친다는 점에서 개입 변수의 조건 I_3, I_4 를 위반하기 때문이다. 따라서 법칙 내 변수에 대한 개입 변수는 반드시 Y의 과거 빛 원뿔 외부에 위치해야 한다. Y의 과거 빛 원뿔 외부에 속하는 특정 변수 Z_i 를 X_1 에 대한 개입 변수로 설정하면 Z_i 가 오직 “ Z_i-X_1-Y ”의 연쇄를 통해 Y에 인과적 작용을 가한다는 점에서 개입주의 이론의 인과 정의를 만족할 수 있다. 하지만 “ Z_i-X_1-Y ” 인과 연쇄를 통한 Z_i 와 Y사이의 인과 관계는 Y의 빛 원뿔 외부에 존재하는 모든 사건 혹은 요소를 Y와 인과적으로 차단하는 상대성 이론에 의해 거부된다. 상대성 이론에 따라 빛 원뿔 외부로부터의 모든 인과적 영향이 차단되어 변수 Y의 과거 빛 원뿔 외부에 위치한 Z_i 는 Y에 인과적 영향을 미칠 수 없지만, 개입주의 이론은 Z_i 와 Y 사이에 X_1 를 매개로 하는 인과 관계가 성립해야 한다고 주장하는 것이다. 개입 변수와 의존 변수가 인과 관계를 형성해야 한다는 개입주의 인과 정의는 의존 변수의 빛 원뿔 외부에 위치한 모든 변수의 인과적 영향을 차단하는 상대성 이론의 시공간 기술과 전면 충돌한다. 개입주의 이론이 이론적, 실험적 검증에 성공한 확립된 과학 이론이 상충하는 상황에서 다양한 인과 이론 중 하나이자 미확립된 개입주의 이론을 지지해야 할 타당한 근거는 매우 부족해 보인다.

상대성 이론과의 충돌은 개입 변수 조건(IV) 중 I_3 과 관련된다. I_3 은 변수 X와 Y 사이의 인과 관계 탐구에서 X에 대한 개입 변수 I는 X를 거

치는 경로를 통해서만 Y와 인과적으로 연관되어야 한다고 규정한다. 하지만 근본 물리 법칙에 개입이 적용될 때 상대성 이론은 Y의 과거 빛 원뿔 외부에 위치한 I로부터 Y로 향하는 모든 경로를 차단한다. 상대성 이론과의 상충은 개입 변수 조건이나 근본 물리 법칙 정의를 부분적으로 수정하는 대안으로는 해결될 수 없다. 법칙 정의를 유지하면서 상대성 이론과 양립하도록 개입 변수 조건을 수정하기 위해서는 “I-X-Y”의 인과 연쇄가 폐기되어야 하며 이는 “I 값 변화에 의한 X 값 변화를 통해 Y 값이 변할 때, X는 Y의 원인”이라는 개입주의적 인과 정의의 핵심을 포기하는 것을 의미한다. 개입 변수 조건을 견지하면서 법칙 정의를 변경하기 위해서는 법칙에서 의존 변수에 인과적 영향을 미치는 모든 독립 변수를 망라하는 “완전성”과 (의존 변수에 대한) “법칙적 충분” 특성을 제거해야 한다. 법칙과 법칙이 아닌 인과 일반화를 구분 짓는 주요 기준인 완전성과 법칙적 충분조건이 법칙에서 제외된다면 근본 물리 법칙은 전면적으로 재정의되어야 한다. 근본 물리 법칙에 개입이 적용될 때 발생하는 상대성 이론과의 충돌 문제는 개입주의 이론이 부분적 수정에 의해 개선될 수 없는 근본적 결함을 지니고 있음을 강하게 암시한다.

논의 대상이 근본 물리 법칙에서 개별 인과 일반화로 이동하면 상대성 이론과의 충돌은 발생하지 않을 수 있다. 미시 세계의 개별 인과 일반화는 의존 변수에 인과적 영향을 미치는 특정 독립 변수 혹은 특정 독립 변수들만을 포함한다. 따라서 의존 변수의 과거 빛 원뿔 내부에 위치한 변수가 독립 변수를 변화시키는 개입 변수로 작용할 수 있다. 개별 인과 일반화의 불완전성은 의존 변수 Y의 과거 빛 원뿔에 속한 변수 X_i 가 “ $Y = \alpha_1 X_1$ ”의 인과 관계 탐구를 위한 개입 변수로 작용할 수 있게 한다. “ $X_i - X_1 - Y$ ”의 인과 연쇄는—개입 변수 I가 과거 빛 원뿔 외부에 위치한 근본 물리 법칙의 “I-X-Y”의 인과 연쇄와는 달리— X_i , X_1 모두 Y의 과거 빛 원뿔에 속한다는 점에서 상대성 이론의 시공간 기술과 충돌하지 않는다. 근본 물리 법칙이 위반했던 I_3 을 개별 인과 일반화는 충족할 수 있으며 미시 세계에 개입주의적 인과 정의를 적용될 수 없는 문제를 논하기 위해서는 근본 물리 법칙과 개별 인과 일반화의 두 측면 모두를 고

려해야 한다.

3.3.3 I₂위반

미시 세계에 개입주의 이론의 인과 정의가 적용될 수 없는 또 다른 이유는 미시 세계가 개입 변수 조건(IV) 중 I₂를 만족시킬 수 없기 때문이다.

I₂. I는 X를 야기하는 다른 모든 변수에 대해 스위치와 같이 작용한다. 즉, I가 특정 값을 갖는다면 X는 X를 야기하는 다른 변수들의 값들에 의존하지 않으며 대신 I가 갖는 값에만 의존한다.

I₂는 개입 변수 I가 변수 X의 단독 원인으로 작용하기 위해 X로부터 X의 기존 원인들의 영향을 모두 제거해야 한다고 규정하고 있다. 개입 변수 I는 X와 X의 다른 원인 사이의 인과 관계를 제거하여 X의 다른 원인에 “스위치와 같이 작용”한다 (이하 스위치 작용). 우드워드가 제시한 사례에 따르면 오디오의 주파수, 볼륨 등을 설정하는 다이얼들은 전원 버튼이 켜져 있을 때에만 오디오에서 발산되는 음향에 인과적 영향을 미칠 수 있다. 전원 버튼이 꺼져 있다면 다이얼들과 음향 사이의 인과적 관계는 차단되며 음향은 전원 버튼의 인과적 영향 아래에만 놓이게 된다. 전원 버튼은 특정 값(off)을 취할 때 음향과 음향의 다른 원인들(다이얼들) 사이의 인과 관계를 차단한다는 점에서 다이얼들에 대해 스위치 작용을 한다. 행위가 개입으로 간주되기 위해서는 개입되는 변수의 값이 오직 그 행위에 의해서만 결정되어야 하기 때문에 스위치 작용은 한 행위가 개입이 되기 위해 반드시 만족해야 하는 필요조건이다. 대기압과 독립적으로 기압계 눈금을 설정하는 행위는 기압계 눈금과 대기압 사이의 인과 관계를 제거하는 스위치 작용의 대표적 예라 할 수 있으며, 수요와 공급에 의해 결정되던 생필품의 가격을 특정 가격으로 동결하는 정부 정책 또한 상품 가격을 시장 환경의 인과적 영향으로부터 완전히 차단하는 스위치 작용에 해당한다.

상기 사례들에서 스위치 작용이 가능한 이유는 상식 및 특수 과학의 인과 관계를 기술하는 일반화들이 특정 영역에서만 불변하기 때문이다.

다른 인과 영향들을 고립시키거나 탐구하기 위해 특정한 인과 영향들을 꺼버리거나(turning off) 끊어버리는(breaking) 것의 가능성에 대한 이러한 가정들은 상식이나 특수 과학의 인과 일반화들이 제한된 범위의 불변과 안정을 갖는다는 사실과 관련된다. 이러한 일반화들이 단지 특정 조건 범위에서만 성립하고 해당 범위 밖에서는 성립하지 않기 때문에, 일반화들이 성립하지 않는 상황을 능동적으로 만들거나 발견하는 것을 통해 일반화들이 기술하는 인과 관계들을 꺼버리고 이러한 끄는 작용을 다른 일반화 혹은 인과 관계들을 탐구하는데 사용하는 것이 가능하다. (2007, p. 94) (강조는 논문 작성자에 의해 부가됨)

상식 및 특수 과학의 인과 관계는 제한된 범위에서만 불변하여 인과 관계가 성립하지 않는 상황을 인위적으로 산출하거나 자연에서 발견하는 방식을 통해 인과 관계를 끊어버릴 수 있다.

반면 근본 물리 법칙은 모든(혹은 거의 모든) 범위에서 불변하여 법칙들이 기술하는 인과 관계를 인위적으로 끊을 수 없다.

하지만 근본 물리학의 이론들이 적용되는 모든 맥락에서 다른 인과 영향들을 탐구하기 위해 특정한 인과 영향들을 끊어버리는 개념을 어떻게 실행할 수 있는지는 덜 명료한 것으로 보인다. 우리는 전혀 깨지지 않거나 단지 매우 특별하고 일반적이지 않은 상황들—실험이나 자연에 의해 만들어질 수 없는 상황들—에서만 깨지는 것을 근본 물리학의 특징으로 생각한다. 비록 우리는 때때로 반-법칙적(counter-nomic)인 개입들 내에서 무엇이 발생하는가를 알기 위해 이론들에 의존할 수 있지만 물리학의 많은 맥락들에서 변수들을 개입 변수의 통제 아래 놓는 것이나 변수들로 향하는 다른 모든 인과적

경로들을 끊어버리는 것에 상응하는 물리적으로 실현 가능한 작용들이 전무하다는 사실은 변함없다. (2007, p. 94) (강조는 논문 작성자에 의해 부가됨)

근본 물리학 영역의 인과 관계는 전 범위에서 성립하거나 실험이나 자연에 의해 산출될 수 없는 극단적 상황에서만 붕괴된다. 인과 관계가 전혀 깨지지 않는다면 개입되는 변수와 변수의 이전 원인들 사이의 인과 관계 제거가 불가능하여 I_2 를 충족할 수 없다. 기압계 눈금에 “개입”하기 위해 기압계 눈금과 (기압계 눈금의 이전 원인인) 대기압과의 인과 관계를 끊어야 하지만 기압계 눈금과 대기압 사이의 인과 관계가 어떠한 방법으로도 끊어지지 않아서 개입이 불가능한 상황에 비유할 수 있다. 근본 물리학의 인과 관계들이 실험이나 자연에 의해 생성될 수 없는 극단적 상황에서 깨진다는 완화된 제한 내에서도 “특정한 인과 영향들을 끊어버리는 개념을 어떻게 실행할 수 있는지가 덜 명료”하여 I_2 의 충족 여부를 판단할 수 없다. 우드워드는 플랑크 길이(Planck length) 이하에서 일반 상대성 이론의 중력 법칙이 적용되지 않는 상황을 근본 물리학의 인과 관계가 붕괴되는 극단적 상황의 대표적 사례로 제시한다. 하지만 플랑크 길이 이하는 실험적 산출이나 자연적 발견이 불가능한 극단적 영역이기 때문에 해당 영역의 인과 관계를 실제로 제거할 수는 없다. 또한 실험적 산출이나 자연적 발견을 통해 상대성 이론이 나타내는 인과 관계를 제거하는데 성공하더라도 이러한 행위가 변수의 값을 어떻게 고정하는지 알 수 없다는 점에서 개입으로 간주될 수 없다. I 가 X 의 개입 변수가 되기 위해서는 X 와 X 의 이전 원인들 사이의 인과 관계를 차단하는 동시에 X 값을 단독으로 결정해야 한다. 하지만 플랑크 길이 이하에 적용되는 양자중력이론이 부재하여 일반 상대성 이론이 나타내는 X 와 X 의 이전 원인들 사이의 인과 관계를 제거하여도 X 값이 어떻게 결정되는지 알 수 없기 때문에 이러한 제거 행위는 개입으로 간주되지 않는다.¹²⁾ 상기의

12) 개입 변수 I 를 통해 변수 X , Y 의 인과 관계를 판단하기 위해서는 $I=i_1$ 일 때 $X=x_1$, $Y=y_1$, $I=i_2(i_1 \neq i_2)$ 일 때 $X=x_2(x_1 \neq x_2)$, $Y=y_2(y_1 \neq y_2)$ 와 같은 방식으로 각 변수의 변수값 변화를 파악할 수 있어야 한다. 플랑크 길이 이하 상황에서 변수 I 가 i_1 를 취함으로써 변수

난점들을 해결하지 못하는 한 근본 물리학의 인과 관계가 극단적 상황에서는 깨질 수 있다는 약한 제한에서도 개입에 핵심 조건인 I_2 는 충족되지 않는다.

미시 세계에서 스위치 작용을 실행할 수 없는 문제는 개별 인과 일반화에는 적용되지 않는다. 인용문에 따르면 인과 관계 차단이 배제되는 맥락은 근본 물리 법칙의 맥락이 아닌 근본 물리학의 이론이 적용되는 “모든 맥락”이며 전혀 깨지지 않거나 극단적 상황에서만 깨지는 인과 관계는 근본 물리 법칙이 아닌 “근본 물리학” 자체의 특징이다. 언급된 근본 물리학이 근본 물리 법칙을 의미하는지 아니면 근본 물리학 영역에 속하는 모든 인과 일반화를 포괄하는지 불명확하지만 3.3.1 장에서 살펴본 개입주의 이론의 미시 세계 구조 기술에 따르면 “하나의 미시 요소를 다른 미시 요소 혹은 일부 미시 요소들의 연접과 연결하는 일반화는 대체로 불변하지 않으며 예외로 가득하다.” (2007, p. 88) 따라서 하나의 미시 요소를 특정 미시 요소나 특정 미시 요소들의 연접과 연결하는 개별 인과 일반화는 근본 물리 법칙과는 달리 스위치 작용을 요구하는 I_2 를 충족할 수 있다는 것이 개입주의 이론의 미시 세계 구조와 일관되는 해석으로 보인다.

전혀 깨지지 않거나 극단적 상황에서만 깨지는 근본 물리학의 인과 관계에 개입주의적 인과 정의를 적용하는 방안으로 우드워드는 과학 이론을 제시한다. 과학 이론들은 전혀 깨지지 않는 근본 물리 법칙이 깨진다고 가정되는 상황, 즉 반-법칙적 개입들 내에서 발생하는 현상을 이해하는 이론적 기초를 제공한다. 하지만 과학 이론에 대한 의존은 개입주의 이론에 심각한 순환 문제를 불러일으킨다. 관련 사항은 차후 논의될 예정이지만 문제시되는 순환성이 인과적 개념으로 인과를 정의하는 순환과는 다른 종류의 순환이라는 점과 이전 순환성 문제에 대응하기 위해 개

X와 X의 이전 원인들의 인과 관계를 제거한다 해도 $I=i_1$ 일 때 X 값을 알 수 없다면 I는 X 값을 결정할 수 없어 X의 개입 변수가 될 수 없다. 플랑크 길이 이하에서 I, X 사이의 함수 관계는 양자중력이론을 통해 표현되지만 동 이론이 확립되지 않아 $I=i_1$ 일 때 X 값을 알 수 없기 때문에, 특정값을 취함으로써 X와 X의 이전 원인들의 인과 관계를 제거할 수 있는 I도 X에 대한 개입 변수가 될 수 없다.

입주의 이론이 택했던 회피적 방식(인과 정보를 바탕으로 인과를 정의하여 순환적이지만 심각한 순환은 아니라는 주장)으로는 대처될 수 없는 난점이라는 점이 언급될 필요가 있다.

3.3.4 I₃, I₄ 위반

근본 물리학 영역에 대한 개입 불가능 문제는 개입 변수 조건의 I₃, I₄ 조항과도 연관된다. 이번 장에서 논의되는 I₃ 위반은 3.3.2장의 상대성 이론과의 상충으로 인한 I₃ 위반과 다르다. 상대성 이론이 근본 물리 법칙에서 개입 변수 I에서 의존 변수 Y로 향하는 모든 경로를 차단하여 I₃을 위반한다면 향후 논의될 미시 세계의 전체론적 인과 구조는 독립 변수 X를 통하는 경로와 별도로 Y에 대한 I의 인과적 영향을 허용하여 I₃을 위반한다.

I₃. I에서 Y로 가는 모든 직접적인 경로는 X를 거친다. I는 Y를 직접적으로 야기하지 않으며 X와 구분되는 Y의 어떤 원인도 야기하지 않는다. 이 때 Y의 원인 중 I-Y-X 연관 속에 있는 원인들, 즉 (a) X의 결과들인 Y의 원인들 (예를 들어 인과적으로 X와 Y 사이에 있는 변수들), (b) I와 X 사이에 있으면서 X와 독립적으로 Y에 영향을 미치지 않는 Y의 원인들은 제외된다.

I₄. I는 Y를 야기하고 X를 거치지 않고 Y로 향하는 경로 위에 있는 어떠한 변수 Z로부터 (확률적으로) 독립적이다. (2003, p. 98)

I₃과 I₄는 개입 변수 I가 개입되는 변수 X를 거치지 않는 다른 경로를 통해 변수 Y에 인과적 영향을 미쳐서는 안 된다는 조건을 나타낸다. 기압계 눈금과 폭풍 발생의 인과 관계를 조사하기 위해 대기압을 통해 기압계 눈금을 설정하는 행위는 대기압이 기압계 눈금과 별도로 폭풍 발생에 인과적 영향을 미친다는 점에서 I₃, I₄를 만족하지 않는다. 반면 특정 의약품과 질병 완화의 인과 관계 연구를 위해 동전 던지기를 통해 투약 그룹과 대조 그룹을 설정하는 것은 동전 던지기가 의약품의 작용과는 별도

로 질병 완화에 영향을 미치지 않는다는 점에서 I₃, I₄를 만족한다.

I₃, I₄는 요소들 사이의 독립성을 전제한다. 만약 모든 요소가 인과적으로 상호 연관되어 있다면 개입 변수 I가 개입되는 변수 X를 거치는 경로와 독립적으로 변수 Y에 인과적 작용을 가하여 I₃, I₄를 충족할 수 없다.

Y와 관련하여 X에 대한 개입 I는 X를 거치지 않는 경로로 Y를 야기해서는 안 되며 I는 Y를 야기하고 I에서 X로 가는 경로를 거치지 않는 어떠한 변수 Z에 대해서 독립적이어야 한다는 것이 성공적인 개입의 위한 한 조건이라는 것을 기억하라. 그러나 무작위 실험이나 실질적 사례들에서 이러한 조건들이 충족될 가능성이 있는지에 대해 의구심을 제기하는 견해들이 있다. 근본 물리학의 물리량 관점에서 표현되며 각 실험자의 ‘회복/비회복’ 변수의 값을 실현하는 미시 상태들을 생각해보라. 분명히 이러한 상태들은 그들 자체로 (잠정적 원인 변수인 의약품 복용을 거치지 않는 경로를 통해) 개입 변수의 값을 실현하는 미시-변수들의 상태들과 개입 변수의 원인들의 미시 상태들에 인과적으로 영향을 받을 것이라는 주장이 있을 것이다. 예를 들어 동전 던지기는 다양한 소립자들의 위치를 변화시키며 동전 던지기에 따라 변수에 미치는 다양한 힘들이 달라질 것이다. ... 게다가 이러한 힘들은 의약품이 회복을 야기했는지 여부와 독립적으로 작용할 것이다. ... 요약하자면 근본 물리학 영역에서 개입 조건의 만족을 배제하는 방식으로 사건들이 인과적으로 상호 연관되어 있다. (2007, p. 96) (강조는 논문 작성자에 의해 부가됨)

상기 구절은 근본 물리학 영역에 개입주의적 인과 정의를 적용할 때 발생하는 문제와 이유를 마지막 문장을 통해 확인했다는 점에서 주목할 필요가 있다. 우드워드에 따르면 근본 물리학 영역은 개입 변수가 개입되는 변수를 거치지 않는 경로를 통해 결과 변수에 인과적 영향을 미쳐서는 안 된다는 I₃, I₄를 만족할 수 없다. I₃, I₄ 위반은 “근본 물리학 영역에

서 사건들이 인과적으로 상호 연관”되어 I_3, I_4 가 요구하는 사건들 혹은 변수들 사이의 독립성이 부재하기 때문이다. 근본 입자의 위치와 운동량으로 사태를 기술하는 근본 물리학의 관점에서는 실험군/대조군 설정을 위한 동전 던지기의 미시 상태가 의약품 복용과 독립적으로 질병 완화의 미시 상태와 인과적으로 연관된다. 던져진 동전에 의한 중력, 전자기력이 실험자를 구성하는 소립자의 위치와 운동량을 변화시키기 때문이다. 이는 주사위 던지기를 통해 기압계 눈금과 폭풍 발생의 인과 관계를 조사하는 사례에도 동일하게 적용된다. 미시적 관점에서는 던져진 주사위가 가하는 물리적 힘들이 대기압에 작용하여 주사위 던지기의 실행 여부 및 방식에 따라 폭풍 발생의 미시 상태가 달라진다. 이 때 개입 변수인 주사위 던지기의 미시 상태가 개입되는 변수인 기압계 눈금과 독립적으로 폭풍 발생의 미시 상태에 인과적 영향을 미쳤다는 점에서 주사위 던지기는 개입 변수 조건을 만족할 수 없다. 사건을 정량적으로 기술하는 근본 물리학의 맥락에서는 한 사건의 과거 및 원뿔에 속하는 어떠한 사건이라도 해당 사건의 물리량을 변화시키기 때문에 요소들 사이의 독립성을 요구하는 I_3, I_4 가 충족될 수 없다.

개입이 전제하는 요소들 사이의 독립성은 미시/거시 전환의 산물이다. 특정한 시공간에서의 정확한 물리량을 변수값으로 갖는 근본 물리학과는 달리 거시 인과 일반화는 대충 같기된 변수값을 갖는다. 질병 완화의 변수값은 근본 물리학에서 실험자를 구성하는 소립자 위치와 운동량의 정량적 수치로 표시되지만 거시 세계에서는 {회복,비회복}의 정성적 기술로 표현된다. 미시 변수값의 정량화로부터 대충 같기를 통한 거시 변수값의 정성화 혹은 불완전한 정량화는 미시 세계에 결여되었던 요소들 사이의 독립성을 거시 세계에 부여한다. 질병 완화 사례를 근본 물리학의 관점에서 해석하면 동전을 던지지 않았을 때의 실험자를 구성하는 소립자들의 위치와 운동량이 동전을 던졌을 때의 그것과 다르다는 점에서 동전 던지기는 실험자의 미시 상태에 인과적 영향을 미친다. 반면 거시적 관점에서는 동전 던지기가 실험자의 최종 상태를 회복에서 비회복으로 혹은 비회복에서 회복으로 변화시키지 않는다는 점에서 질병 회복과 인

과 독립적이다. 스프링의 길이와 복원력 사이의 관계를 나타내는 “ $F = -kx$ ”는 정성적 기술이 아닌 정량적 물리량을 변수값으로 갖지만 복원력의 값이 근사치로 충분하다면 스프링을 연장하는 개입 행위는 복원력과 인과 독립적인 것으로 간주된다. 인력을 통해 스프링을 연장하는 실험을 행할 때 실험자를 구성하는 소립자의 중력과 전자기력이 연장된 스프링의 길이와 별도로 스프링을 구성하는 소립자에 작용을 가하기 때문에 스프링 연장 행위는 스프링의 길이를 통하는 경로와 별도로 복원력에 인과적 영향을 미치게 된다. 하지만 이를 측정·계산할 수 없는 인간 인식과 계산 기구의 한계, 근사치만으로도 스프링을 이용한 도구 제작에 문제가 없는 실용적 측면은 복원력의 값으로 근사치를 요구하여, 거시적 관점에서 스프링 연장 행위가 스프링의 길이를 거치는 경로와 별도로 복원력에 인과적 영향을 미치지 않는 것으로 간주된다. 동전 던지기과 질병 완화, 스프링 연장 행위와 복원력 사이의 인과적 독립성은 관련 변수들이 정확한 실제 수치를 변수값으로 취하는가, {회복, 비회복}과 같은 정성적 기술 혹은 불완전한 정량적 수치를 취하는가의 변수값 해석의 문제이다.

이미 서술되었듯, 모든 것이 다른 모든 것에 의해 영향을 받는 인과적 의존들의 복잡한 그물망으로부터 대충 갈기된 변수들 사이의 인과적 독립성과 통계적 독립성이 발생하는 것은 가능하다. 이를 통해 그러한 독립성을 요구하는 개입을 실제로 실행하는 것이 가능하다. (2007, p. 97)

상기 구절은 이번 장의 핵심 논의를 명료하게 개괄하고 있다. I_3 , I_4 가 명시하듯 개입은 요소들 혹은 변수들 사이의 독립성을 요구한다. 이러한 독립성은 오직 변수들이 대충 갈기되어 있는 거시 세계에만 존재한다. “모든 것이 다른 모든 것에 의해 영향을 받는 복잡한 인과 그물망”을 형성하는 미시 세계는 개입의 토대가 되는 요소들 사이의 독립성을 결여한다. 미시 변수는 한 변수의 과거 빛 원뿔에 속하는 모든 변수가 그 변수

의 값을 변화시킨다는 점에서 인과적으로 상호 의존적이다. 또한 변수들 사이의 상호 의존으로 인한 개입 불가능 문제는 근본 물리 법칙과 개별 인과 일반화에 공통 적용된다. 개입주의 이론이 I_3 위반을 야기하는 상대성 이론과의 마찰을 우회하기 위해 근본 물리 법칙에 대한 정의를 어떤 식으로 재조정하여도 미시 세계의 전체론적 인과 구조는 개입 변수를 (개입되는 변수와 독립적으로) 의존 변수와 인과적으로 연관시켜 I_3 , I_4 를 위반한다. 개별 인과 일반화의 경우 개입 변수가 의존 변수의 과거 빛 원뿔 내에 위치한다는 점에서 (개입되는 변수와 독립적으로) 의존 변수와 필연적으로 인과 관계를 형성한다. 따라서 근본 물리 법칙과 개별 미시 인과 일반화 모두에서 상대성 이론과는 별도로 I_3 , I_4 가 충족될 수 없으며 미시 세계의 인과 관계는 개입주의 이론을 통해 정의 혹은 발견될 수 없다.

3.3.5 근본 물리 법칙의 미분 방정식 형태

미시 세계의 개입 불가능과 관련된 또 다른 사항은 근본 물리 법칙이 모든 종류의 개입을 원천적으로 배제하는 형태를 취한다는 것이다.

상위 레벨 과학(특수 과학)의 특징인 대충 같기된 요소들 사이의 제한된 불변의 불완전한 관계와 대조적으로 근본 법칙들은 일반적으로 미분 방정식(differential equation)을 취하며 미분 방정식은 특정 시공간 위치에서의 값들과 그들의 공간 및 시간 도함수를 결정론적으로 연결한다. 이러한 방정식들 내에서는, 하트리 필드(Hartry Field)가 최근 발견했듯이, 독립 변수들 및 의존 변수들의 예화(instantiation) 사이에 개입하는 외부적 영향의 가능성을 허용하는 종류의 시간적 혹은 공간적 간극은 존재하지 않는다. (2007, p. 83)

개입주의 이론에 따르면 미분 방정식의 형태를 취하는 근본 물리 법칙은 독립 변수 및 의존 변수의 예화 사이에 외부 개입을 가능케 하는 시공간적 간극을 허용하지 않는다. 독립 변수의 예화, 즉 독립 변수가 변수값을

취하는 과정에서 어떠한 외부 개입도 불가하다면 독립 변수의 값을 외부 작용을 통해 변화시키는 개입 개념이 적용될 수 없다. 따라서 근본 물리 법칙이 기술하는 인과 관계들은 개입 개념에 의거한 인과 기준에 의해 정의되지 않는다. 근본 물리학 영역에서는 근본 물리 법칙의 미분 방정식 구조와 개입 개념이 양립 불가능하여 후자를 통해 전자를 정의한다는 개입주의 이론의 목표가 성취될 수 없다.

하지만 근본 물리 법칙의 미분 방정식 형태에 의해 발생하는 개입 불가능의 문제는 개별 인과 일반화로 확대 적용되지 않을 수 있다. 인용문은 시공간적 간극이 허용되지 않는 형식으로 미분 방정식만을 제시한다. 따라서 미분 방정식의 형태를 띠지 않는 다른 인과 일반화는 외부 개입이 가능한 방식으로 시공간적 간극을 허용할 수 있다. 개입주의 이론은 개별 인과 일반화의 형태를 언급하지 않기 때문에 개별 인과 일반화는 시공간적 간극이 가능한 형태의 방정식 혹은 함수를 취함으로써 개입을 허용할 수 있다.

4. 개입주의 이론의 대안과 문제점

개입주의 이론의 미시 세계는 한 사건의 과거 빛 원뿔에 위치한 모든 요소가 해당 사건에 인과적 영향을 미치는 방식으로 “모든 요소가 모든 요소와 상호 연관”되어 있다. 미시 요소들 사이의 인과 관계를 기술하는 인과 일반화는 완전성 여부 및 불변의 광협(廣狹)에 따라 근본 물리 법칙과 개별 인과 일반화로 구분된다. 근본 물리 법칙은 의존 변수와 인과적으로 연관된 모든 독립 변수를 포괄하여 완전하며 모든 상황 혹은 거의 모든 상황에서 성립하여 광범위한 불변의 범위를 지닌다. 의존 변수에 영향을 미치는 특정 독립 변수 혹은 특정 독립 변수들만을 포함하는 개별 인과 일반화는 의존 변수의 값을 결정론적으로 확정할 수 없으며 협소한 불변의 범위를 갖는다.

인과 관계가 전제된 근본 물리학 영역에 개입주의적 인과 정의를 적용할 수 없는 개입주의 이론의 문제는 미시 세계의 상이한 두 인과 일반화인 근본 물리 법칙과 개별 인과 일반화의 각 맥락에서 고찰되어야 한다. 근본 물리 법칙은 개입 변수 조건 (IV)의 I_2 , I_3 , I_4 조항을 충족하지 못한다. 모든 상황에서 성립하거나 매우 극단적 상황에서만 붕괴되는 근본 물리 법칙의 본질은 특정한 인과 관계를 차단하는 스위치 작용을 통해 다른 인과 관계를 탐구하는 I_2 와 상충한다. 의존 변수의 과거 빛 원뿔 외부에 위치한 개입 변수는 상대성 이론에 의해 의존 변수와 인과적으로 완전히 차단되어 I_3 이 요구하는 개입 변수에서 의존 변수로 향하는 인과적 경로가 존재하지 않는다. 근본 물리학의 정량적 변수 특성에 기인한 변수들 사이의 상호 의존성은 개입되는 변수를 매개로 하는 경로와 별도로 개입 변수를 의존 변수와 인과적으로 연관시켜 I_3 , I_4 를 위반한다. 근본 물리 법칙이 취하는 미분 방정식 형태는 개입의 바탕이 되는 시공간적 간극을 이론적으로 배제하여 I_2 - I_4 와 별도로 근본 물리 법칙을 개입과 양립 불가능하게 한다.

개별 인과 일반화에 대한 개입 불가능은 I_3 , I_4 와 관련된다. 개별 인과 일반화는 의존 변수에 영향을 주는 전 변수를 포괄하지 않기 때문에 의존 변수의 과거 빛 원뿔에 속하는 변수가 개입 변수로 작용할 수 있어 상대성 이론과 충돌하지 않는다. 또한 매우 협소한 불변 범위는 개별 인과 일반화가 붕괴될 수 있는 이론적 기반이 된다. (I_2 충족) 개별 인과 일반화의 방정식 형태에 대한 논의 부재는 개별 일반화가 미분 방정식 이외의 형식을 취함으로써 개입의 기반이 되는 시공간적 간극을 허용할 가능성을 제공한다. 하지만 과거 빛 원뿔 내부에 위치한 개입 변수는 빛 원뿔 정의에 의해 개입되는 변수와 별도로 의존 변수에 필연적으로 인과 작용을 가한다는 점에서 I_3 , I_4 의 요구조건과 상충한다. 미시 세계에 존재하는 두 인과 일반화에 대해 개입 개념 적용이 불가능한 이유는 각기 상이하지만 두 일반화 모두가 개입을 배제한다는 사실은 명백하다.

개입주의 이론은 I_2 , I_3 , I_4 조항을 통해 개입의 실행 조건으로 기존에 존재했던 인과 관계 제거와 변수들 사이의 독립성을 요구한다. 한정된 범

위에서만 성립하는 거시 세계의 인과 일반화의 경우 해당 범위를 벗어나는 상황을 실험적으로 산출하거나 자연에서 발견하는 방법을 통해 일반화가 기술하는 인과 관계를 제거할 수 있으며, 대충 같기된 거시 변수들 사이의 독립성이 존재하여 개입의 조건을 만족한다. 반면 전 범위에서 성립하거나 극단적 상황에서만 붕괴되는 근본 물리 법칙은 I_2 를 충족시킬 수 없으며, 미시 변수들 사이의 인과적 상호 의존은 근본 물리 법칙과 개별 미시 인과 일반화 모두에서 I_3, I_4 의 성립을 막는다.

개입주의 이론은 인과에 대한 유일한 기준인 개입주의적 인과 정의를 인과 관계가 존재한다고 가정된 미시 세계에 적용할 수 없는 내재적 문제에 직면하여 반사실적 조건문과 과학 이론에 호소한다. 개입주의 이론에 따르면 개입에 바탕한 인과 정의는 개입의 물리적 혹은 기술적(technical) 가능성을 전제하지 않는다. 요구되는 것은 인과 주장과 관련된 반사실적 조건문의 결정적 진리값이다. 개입주의 이론에서 대륙판 충돌 실험의 불가능에도 2011년 일본 쓰나미의 원인으로 대륙판 충돌이 지목되는 이유는 “만약 대륙판이 충돌하지 않았다면 2011년 일본 쓰나미는 발생하지 않았을 것이다”의 반사실적 조건문의 진리값이 결정적으로 참이기 때문이다. 개입주의 이론은 인과 주장들과 특정 반사실적 조건문들 사이에 체계적인 연관이 있으며 후자가 전자보다 더 근본적이라고 주장한다는 점에서 본질적으로 “인과에 대한 반사실적 이론(counterfactual theory of causation)” (2003, p. 70)이다.¹³⁾

개입주의 이론의 반사실적 본질을 고려한다면 “일부 개입들에서 불변하는 일반화가 기술하는 관계”라는 인과 관계 정의는 “일부 가능한(possible) 개입들에서 불변하는 일반화가 기술하는 관계”로 수정되어야 하며 이는 우드워드가 주장하는 바이기도 하다. 수정된 정의에 등장하는 가능성 개념은 물리적 혹은 기술적 가능성이 아닌 논리적(logical) 혹은

13) “상식적인(commonsense) 인과 주장들은 불명확하고 모호하고 논쟁의 여지가 있기 때문에 인과 주장들 배후 있는 반사실적 의존의 패턴(pattern)들에 직접적으로 초점을 맞추는 것이 나올 것이다—반사실적 의존의 패턴들은 특정한 인과 주장들 배후에 있는 ‘객관적인 핵심(objective core)’이며 이러한 패턴들이 과학적, 실용적 탐구의 실질적 대상들이다.” (2003, p. 85)

개념적(conceptual) 가능성으로 이해되어야 한다.¹⁴⁾ 개입주의 이론은 “만약 대륙판이 충돌하지 않았다면 2011년 일본 쓰나미는 발생하지 않았을 것이다”와 같은 가능적 개입의 진리값을 결정하는 원리적 기반으로 과학 이론을 제시한다. 과학 이론에의 호소는 쓰나미와 같은 거시 사례뿐 아니라 미시 인과 관계의 난제를 타결할 해결책이 될 수 있다.

(3.5.1) 지구에 대한 달의 위치 변화와 이에 상응하는 달에 의한 지구 표면의 다양한 위치에서의 중력의 변화는 조수 운동의 변화를 야기한다.

… ((3.5.1)과 관련하여) 그러한 물리적 과정이 존재하는지는 명료하지 않다. 달의 위치를 변화시키는 모든 물리적으로 가능한 과정들은 개입의 전 조건을 만족시키기에 부족하다. 예를 들어 달의 위치를 변화시키는 하나의 방법은 거대한 천체의 위치를 변화시켜 그 천체가 달에 미치는 중력을 통해 달의 위치를 바꾸는 것이다. 하지만 이러한 거대 천체의 위치 변화는 조수에 직접적인 중력을 미칠 것이며 이는 개입 조건의 I_3 을 위반한다. … 이는 개입 과정 그 자체로부터의 직접적인 영향을 포함하여 다른 잠재적 혼란 변수들(confounding variables)의 변화가 결과에 미치는 영향으로부터 원인의 변화가 결과에 미치는 영향을 구분하는 방법이 반드시 존재해야 한다는 것을 의미한다. 전술된 각 사례들에서 이러한 조건은 만족된다. (3.5.1)의 경우, 뉴턴 중력 이론 및 뉴턴 역학 자체가 필요한 기반을 제공한다. 비록 달의 위치를 변화시키는 어떠한 실질적 물리 과정도 조수에 직접적인 영향을 미치

14) 개입주의 이론에서 “논리적 혹은 개념적 개입 가능”은 개입하려는 대상이 하나 이상의 값을 취할 수 있는 변수로 표현될 수 있으며 변수값 변화에 대한 잘 정의된(well-defined) 개념이 존재하는 것을 의미한다. “물질은 광속 이상의 속도를 가질 수 없다.”는 물질이 변수화되어 개입에 의해 변할 수 없기 때문에 인과 일반화로 간주되지 않는다. “물질”이 x 로 변수화되어 $x=1$ 일 때 물질을 의미하고 $x=0$ 일 때 물질이 아닌 것을 의미하기 위해서는 “물질 아닌 것”, 즉 비(非)물질에 대한 잘 정의된 개념과 물질이 비물질로 변하는 과정 및 그 역과정(x 의 변수값이 1에서 0으로 바뀌는 과정과 그 역과정)에 대한 잘 정의된 개념이 존재해야 한다. 하지만 두 개념 모두 부재하여 물질은 변수화될 수 없으며 물질에 대한 개입은 “논리적 혹은 개념적”으로 불가능하다.

며 달의 궤도를 두 배로 만드는 실질적 방법이 부재하지만, 힘들의 합성에 대한 뉴턴 이론 및 이와 유사한 법칙들은 그러한 과정이 조수에 미치는 직접적 영향을 제거하여 두 배로 늘어난 달의 궤도가 조수에 미치는 영향을 계산할 수 있게 해 준다. 달리 말하면 뉴턴 이론 그 자체가 달의 궤도를 두 배로 하는 개입 아래서 조수에 어떤 일이 발생하는지에 대한 물음에 결정적인 답변을 주며 이러한 답변은 개입들에서 무엇이 발생하는지에 대한 반사실적 주장들을 정당화하는데 충분하며 반사실적 주장들의 참을 평가할 수 있게 해준다. (2003, p 129, p. 131)

달의 위치를 변화시키는 모든 행위는 달의 중력과 독립적으로 조수 운동에 인과적 영향을 가하여 개입 조건 I_3 을 위반한다. 요소들 사이에 인과적 의존성이 존재하는 시스템에 요소들 사이의 인과적 독립성이 요구되는 딜레마에 직면하여 우드워드가 제시한 해답은 과학 이론에의 의존이다. 조수 운동에 인과 작용을 가하지 않으면서 달의 위치를 변화시키는 개입 행위는 물리적, 현실적, 기술적으로 불가능하지만 우리는 뉴턴 역학과 같은 확립된 과학 이론을 통해 조수 운동과 인과 독립적인 개입을 설정할 수 있으며 이러한 개입 내에서의 조수의 변화 여부 및 변화 정도를 계산할 수 있다. 과학 이론이 개입 조건을 모두 충족하는 이상적 가상 실험의 원리적 기반을 제공하는 것이다. 과학 이론이 제공하는 이상적 가상 실험과 그 결과로 산출된 반사실적 조건문의 결정적 진리값은 미시 세계의 인과 관계를 정의 혹은 인식하는데 적용될 수 있다. 비록 미시 인과 관계들은 모든 것이 모든 것에 영향을 미치는 인과적 상호 의존 속에 있지만 과학 이론은 이러한 복잡한 인과 그물망 속에서 불필요한 요소들을 제거하고 오직 논의 대상이 되는 요소들만을 추출할 수 있게 해준다.

하지만 과학 이론에의 호소는 순환성이라는 중대한 문제를 야기한다. 개입주의 이론에 따르면 현실적 개입이 불가능한 인과 주장을 위해 확립된 과학 이론이 전제되어야 하지만 이러한 과학 이론은 법칙들로 이루어져 있다. 우드워드가 달의 위치와 조수 변화 사이의 인과 관계를 결정할

기반으로 제시한 뉴턴 중력 이론과 역학은 중력 법칙과 뉴턴 제1법칙과 같은 다양한 법칙들로 구성된다. 만약 개입 변수 조건을 충족시키지 못하는 미시 세계의 인과 관계를 정의 혹은 인식하기 위해 과학 이론에 의존한다면 심각한 순환이 발생한다. 미시 세계의 인과 관계를 기술하는 인과 일반화 중 하나가 과학 법칙이기 때문이다. 즉 과학 이론에의 호소는 미시 인과 일반화인 근본 물리 법칙의 성립 여부를 위해 근본 물리 법칙에 의존하는 순환성 문제를 야기한다.

4.1 과학 이론에의 호소가 야기하는 순환성 문제

4.1.1 순환성 문제

개입주의 이론은 현실적 개입이 불가능한 상황의 인과 판단을 반사실적 조건문의 결정적 진리값을 통해 결정하며 이러한 진리값 결정의 원리적 기반으로 과학 이론을 제시한다. 또한 근본 물리학 영역에 인과 관계가 존재하며 근본 물리 법칙이 이를 기술한다고 주장한다. 근본 물리 법칙은 개입 변수 조건의 일부 규정을 충족하지 못하여 현실적 개입이 불가능하기 때문에 근본 물리 법칙에 대한 인과 판단은 과학 이론을 기반으로 결정되어야 한다. 하지만 근본 물리 법칙의 성립 여부를 판단할 과학 이론은 근본 물리학이며 근본 물리학은 근본 물리 법칙으로 구성되어 있기 때문에, 근본 물리 법칙의 성립 여부를 판단하기 위해 근본 물리 법칙에 의존하는 순환성 문제가 발생하게 된다. 근본 물리 법칙 정의에 나타나는 순환성은 다음과 같이 정식화된다.

(C) 근본 물리 법칙에서 발생하는 순환성 문제

- C1. 미시 세계에 인과 관계가 존재하며 미시 인과 관계를 기술하는 인과 일반화 중 하나는 근본 물리 법칙이다.
- C2. 근본 물리 법칙은 개입 변수 조건 (IV)의 I_2 , I_3 , I_4 조항을 충족될 수 없어 현실적 개입이 불가능하다.
- C3. 현실적 개입이 불가능한 상황에서는 과학 이론을 통해 개입이 가능한 이상적인 가상 실험 상황을 설정하여 인과 관계 성립 여부를 결정할

수 있다.

C4. 근본 물리 법칙의 성립 여부를 판단하기 위해 필요한 과학 이론은 근본 물리 법칙들로 구성된 근본 물리학이다.

C5. 따라서 근본 물리 법칙의 성립 여부를 판단하기 위해 근본 물리 법칙에 의존해야 한다.

모든 것이 모든 것에 인과적 영향을 미치는 개입주의 이론의 미시 세계에서 플랑크 길이 이하로 분리된 두 입자 P_1 , P_2 는 인과적으로 상호 연관되어 있다. 하지만 두 입자의 인과 관계와 이를 기술하는 근본 물리 법칙은 현실적 개입을 통해 정의되거나 발견될 수 없다. 근본 물리 법칙은 개입 변수 조건(IV)의 특정 조항을 충족시키지 못하여 현실적 개입이 불가능하기 때문이다. 개입주의 이론은 현실적 개입이 불가능한 상황에서 과학 이론에 의존한다. 과학 이론을 원리적 기반으로 하여 (근본 물리 법칙과 관련된) 반사실적 조건문의 결정적 참값을 확정할 수 있으며 이를 통해 근본 물리 법칙의 성립 여부를 판단할 수 있다. 문제는 원리적 기반이 되는 법칙이 성립 여부를 탐구 중인 법칙과 동일한 순환성이 발생한다는 것이다. 일반 상대성 이론의 중력 법칙이 적용되지 않는 플랑크 길이 이하의 상황을 이해하기 위해서는 양자중력이론의 법칙(원리적 기반이 되는 법칙)이 필요하다. 하지만 플랑크 길이 이하로 분리된 P_1 , P_2 의 인과 관계를 기술하는 법칙 자체가 양자중력이론의 법칙(성립 여부를 탐구 중인 법칙)이다. 결국 양자중력이론의 법칙의 성립 여부를 판단하기 위해 양자중력이론의 법칙이 요구되는 순환성 문제가 발생하게 된다.

4.2 순환성 문제에 대한 반론과 문제점

순환성 문제에 대하여 성립 여부를 탐구 중인 근본 물리 법칙이 원리적 기반이 되는 근본 물리 법칙과 다르다는 반론이 제기될 수 있다. 즉 인과 정보에 의거하여 인과를 정의하는 순환성 문제에 대해 개입주의 이론이 제시한 “인과 관계에 대한 정보를 바탕으로 또 다른 인과 관계를 정

의하지만 정의되는 그 인과 관계 자체를 전제하지는 않기 때문에 비록 순환적이지만 심각한 순환은 아니라는 대응”이 근본 물리학과 관련된 순환성 문제에 적용될 수 있다. 하지만 이러한 대응책은 법칙의 무한소급이라는 자체의 난점을 내포한다.

(R) 법칙의 무한소급

R1. 현실적 개입이 불가능한 인과 일반화인 근본 물리 법칙 T_1 을 정의하기 위한 원리적 기반으로 이미 확립된 또 다른 근본 물리 법칙 T_2 가 필요하다.

R2. T_2 를 정의하기 위해서는 원리적 기반이 되는 또 다른 근본 물리 법칙 T_3 이 필요하다.

R3. 위와 같은 방식으로 선행 법칙이 후행 법칙의 원리적 기반이 되는 과정은 무수한 연쇄를 형성하며 무한 소급된다.

현재 탐구 중인 근본 물리 법칙 T_1 의 성립 여부를 판단하기 위해 이미 확립된 다른 근본 물리 법칙 T_2 에 의존한다면 원리적 기반이 되는 법칙은 또 다른 법칙 T_3 을 기반으로 확립될 것이다. 이러한 의존 과정은 무수한 연쇄를 형성할 것이고 모든 과학 법칙이 궁극적으로 의존하게 될 최초의 법칙으로 소급될 것이다. 바로 이 최초 법칙의 확립이 문제가 된다. 근본 물리학 영역의 모든 인과 탐구의 원리적 기반이 되는 최초 법칙 또한 현실적 개입이 불가능하여 성립 여부를 알기 위해 원리적 기반에 의존해야 한다. 최초 법칙을 확립하기 위해 반드시 원리적 기반이 필요하지만 그 원리적 기반 또한 법칙이기 때문에 법칙의 무한소급이 발생하는 것이다. 만약 최초 법칙이 다른 법칙들과는 다르게 원리적 기반 없이 확립될 수 있다면 구체적 확립 방식과 최초 법칙만이 원리적 기반 없이 확립될 수 있는 이유가 제시되어야 한다.

4.3 개입주의 이론의 대안과 문제점

근본 물리학 영역에 개입에 의거한 인과 정의를 적용할 때 발생하는 순

환성, 무한소급 문제를 해결하기 위해 개입주의 이론은 근본 물리학 영역의 인과 관계에 대해 탐구하는 대안을 선택할 수 있다. 개입주의적 인과 정의가 마찰을 일으키는 근본 물리학 영역에 대해서는 인과 관계의 존재 여부에 대한 일체의 언급을 피하고 인과 탐구를 상식 및 특수 과학에 제한하는 것이다. 하지만 인과 탐구의 범위를 거시 세계로 한정하는 대안은 인간에 의한 현실적 개입이 불가능한 상황에서 인과 관계를 정의할 수 없는 인간 중심주의 문제를 야기한다. 개입주의 이론은 현실적 개입이 불가능한 상황의 인과 관계를 정의하기 위해 과학 이론 및 법칙이라는 원리적 기반을 필요로 한다. 만약 개입주의 이론이 미시 세계의 인과 관계에 대해 탐구한다면 미시 세계의 인과 관계를 기술하는 인과 일반화인 근본 물리 법칙에 대해서도 탐구해야 한다. 물체에 작용하는 외부 힘과 물체의 가속도 사이의 인과 관계에 대해 어떠한 판단도 내릴 수 없다고 인정하면서 두 요소 사이의 인과 관계를 기술하는 “ $F=ma$ ”라는 법칙에 의존할 수는 없기 때문이다. “ $F=ma$ ”에 의존하려면 F와 a사이의 인과 관계를 사실로 받아들여야 하며 이는 근본 물리학 영역의 인과 관계에 대해 어떠한 판단도 내리지 않는다는 전제와 모순된다. 따라서 인과 탐구를 거시 세계에 제한하는 대안을 선택한다면 근본 물리 법칙에 의존할 수 없으며 근본 물리 법칙을 원리적 기반으로 하는 현실적 개입이 불가능한 상황에서의 인과 관계 또한 정의될 수 없다. 개입주의 이론의 유효 범위는 오직 인간에 의한 개입이 가능한 경우로 제한된다. 따라서 우드워드와 행위자 이론에 제기하였던 오직 인간이 행위를 통해 변화를 산출할 수 있는 영역에서만 인과가 정의될 수 있다는 비판이 개입주의 이론에 그대로 적용된다. 근본 물리학 영역의 인과 관계에 대한 판단을 보류하는 대안은 행위자 이론의 인간 중심주의를 비판한 개입주의 이론 자체에 인간 중심주의를 야기하는 것이다.

두 번째 대안은 현실적 개입이 불가능한 인과 관계를 판단하는 원리적 기반으로 인과 일반화가 아닌 비인과 일반화를 제시하는 것이다. 만약 법칙들이 요소들 사이의 인과 관계를 기술하지 않는 비인과 일반화라면 법칙을 인과 일반화로 간주했을 때 발생했던 문제들이 해결될 수 있다.

비인과 일반화인 법칙은 개입주의적 인과 기준에 의해 정의될 필요가 없기 때문에 개입 개념을 통해 근본 물리 법칙을 정의할 때 발생했던 순환성 문제와 무한 소급 문제가 제기되지 않는다. 하지만 근본 물리 법칙을 비인과 일반화로 간주하는 전략은 법칙을 인과 일반화의 한 종류라고 명시했던 우드워드의 주장과 전면 상충한다.¹⁵⁾ 또한 비인과 일반화인 법칙이 어떤 방식으로 인과 일반화의 원리적 기반이 되는지가 제시되어야 한다.

개입주의 이론에 따르면 법칙은 연역적 방식을 통해 인과 일반화의 원리적 기반으로 작용할 수 있다. 달의 거리가 지구 조수에 미치는 영향을 탐구할 때, 뉴턴의 중력 법칙 및 역학 법칙의 변수들에 달의 현 위치 및 가상 위치 등을 대입하여 달의 위치에 따른 조수 간만의 차를 연역한 후 인과 관계를 판단한다. 이처럼 인과 일반화인 법칙이 현실적 개입이 불가능한 인과 일반화의 원리적 기반으로 작용하는 명료하고 타당한 방식이 존재하는 반면, 비인과 일반화인 법칙을 통해 인과 일반화를 정의하는 방식은 매우 불분명하다. “물체의 속도는 빛의 속도를 초과할 수 없다.”는 우드워드가 제시하는 모든 상황에서 성립하는 비인과 일반화의 대표 사례이다. 태양이 거대 천체와 충돌한 후 일정 속도로 움직인다면 물체 속도 제한에 대한 상기 비인과 일반화로부터 태양 속도에 대한 인과 일반화를 도출할 수 있는 것처럼 보일 수 있다. 태양 또한 물체이기 때문에 “물체의 속도는 빛의 속도를 초과할 수 없다.”라는 명제로부터 “태양의 속도는 빛의 속도 이하이다.”는 명제를 연역할 수 있기 때문이다. 하지만 개입주의 이론은 인과 일반화의 조건으로 변수들 사이의 의존 관계 및 변화 양상 기술을 요구하기 때문에 이를 충족하지 못하는 “태양 속도는 빛의 속도 이하이다.”는 태양의 속도에 대한 인과 일반화로 간주되지 않는다. 개입주의 이론에서 태양 속도에 대한 인과 일반화

15) 개입주의 이론에서 인과 일반화와 법칙은 불변과 안정의 범위에서 차이를 지닐 뿐 종적으로 동일하다. 전자가 일부 개입에서만 불변하고 배경 조건의 일부 변화에서만 안정하다면 후자는 모든(혹은 거의 모든) 개입에서 불변하고 배경 조건의 모든(혹은 거의 모든) 변화에서 안정하다. 따라서 “법칙은 불변하는 일반화의 단지 한 종류로 간주되어야 한다.” (2003, p. 17)

는 가속도 방정식 “ $f = ma$ ”와 등가속도 운동 방정식 “ $v_f = v_i + at$ ” 등에서 유도된 “ $v_s = a_s \frac{f}{m} t$ ”(a_s 는 태양과 관련된 상수)와 같은 형태를 취할 것이다. 만약 비인과 일반화가 인과 일반화의 원리적 기반이 된다면 물체 속도 제한에 대한 비인과 일반화는 “태양 속도는 빛의 속도 이하이다.”가 아닌 “ $v_s = a_s \frac{f}{m} t$ ”을 뒷받침해야 한다. 하지만 물체 속도 제한에 대한 비인과 일반화는 태양 속도가 의존하는 외부 힘을 포함하지 않으며 태양 속도와 외부 힘 사이의 변화 관계를 기술하지 않는다. 따라서 물체 속도 제한에 대한 비인과 일반화가 태양 속도에 대한 인과 일반화의 원리적 기반으로 작용하는 직접적 방식은 존재하지 않는 것으로 보인다. 만약 양자가 연관되는 간접적 방식이 존재한다면 개입주의 이론은 이를 제시하고 구체화하여야 한다.

비인과 일반화와 인과 일반화의 본질 차이는 현실적 개입이 불가능한 인과 일반화의 이론적 기반으로 비인과 일반화인 법칙을 제시하는 전략이 해결해야 할 또 다른 문제이다. 개입주의 이론에서 인과 일반화와 비인과 일반화는 각기 상이한 종으로 분류된다. “일부 가능한 개입에서의 불변”의 조건을 만족하는 인과 일반화는 다양한 가능성적 상황에서 일반화에 포함된 변수들의 변화를 보여준다는 점에서 본질에 있어 양상적(modal)이다. 이러한 양상적 본질이 인과 일반화가 인과 관계를 기술하고 설명적 역할을 담당하며 조작과 통제의 실용적 목적을 위해 활용될 수 있는 기반이 된다. “ $v_s = a_s \frac{f}{m} t$ ”은 태양 속도와 외부 힘 사이의 함수 관계를 나타내기 때문에 태양 속도를 조작하고 통제하는데 잠재적으로 이용될 수 있다. 반면 양상적 속성을 결여한 비인과 일반화는 인과 관계 기술, 설명, 조작과 통제의 목적을 위해 사용될 수 없다. “물체의 속도는 빛의 속도를 초과할 수 없다.”의 일반화가 전달하는 정보만으로는 물체와 속도 사이의 인과 관계를 기술할 수도, 물체가 특정 상황에서 특정 속도를 갖는 이유를 설명할 수도, 물체의 속도를 조작하거나 통제할 수도 없다. 만약 비인과 일반화가 인과 일반화의 원리적 기반이 된다면 개입주의 이론은 양자의 연관 방식뿐 아니라 비양상적인 비인과 일반화가

인과 일반화에 양상적 본질을 부여할 수 있는 이유와 방식까지 규명해야 한다. 즉 가능적 상황을 다루지 않는 비인과 일반화로부터 다양한 가능적 상황을 기술하는 인과 일반화가 도출되는 근거와 방식이 요구된다.

비인과 일반화와 인과 일반화 사이의 양상적 본질 차이는 개입주의 이론에 등장하는 영역(scope)개념과 불변 개념의 대조를 통해 이해될 수 있다.¹⁶⁾ 비양상적 개념인 영역은 일반화가 얼마나 많은 개체들에서 성립하는지와 관련된다.

불변과 영역의 관계를 생각해 보라. 영역 개념을 정확히 개념화하는 것은 어렵지만 한 일반화가 상이한 시스템 혹은 시스템들의 상이한 종류들의 “넓은(large)” 범위(range)에서 성립한다면 그 일반화는 넓은 영역을 갖는다는 것이 영역에 대한 직관적인 생각이다. ... 영역은 일반화의 불변 여부와 관련이 거의 없는 것으로 보인다. ... 일반적으로 영역과 불변은 적어도 두 측면에서 다르다. 첫째, 불변은 양상적 개념이다: 불변은 관계가 다양한 가상적 변화에서 안정한지와 관련된다. 이와 대조적으로 영역은, 필자가 이해하는 바로는, “현실주의적” 개념이며, 비양상적 개념이다: 영역은 얼마나 많은 시스템 혹은 얼마나 많은 시스템들의 상이한 종류들에서 일반화가 성립하는지와 관련된다. 둘째, 불변 개념이 변화와 연관된(change-relating) 일반화에 적용되는 한 불변은 개입에서의 안정을 요구한다. 두 종류의 다른 물질, M_1 (플라스틱), M_2 (구리)로 만들어진 스프링들의 행동을 기술하는 (6.6.3) " $F = -K_s x$ "와 같은 일반화를 생각해 보라. M_1 로 만들어진 스프링을 M_2 로 만들어진 스프링으로 바꾸는 변화에 대한 잘 정의된 개념이 존재하지 않거나 적어도 그러한 변화를 실행하는 방법이 없기 때문에 (6.6.3)은 변화 내에서 안정하지 않다. 그러므로 (6.6.3)이 M_1 에서 M_2 로의 변화에서 불변한다고 말하는 것은 정당하지 않다. 만약

16) “영역”은 일반화가 얼마나 많은 개체들에서 성립하는지와 관련된 기술적 표현으로 “인지 영역”, “활동 영역” 등에서 사용되는 일반적인 사전적 의미와 다르다. 개입주의 이론의 “scope” 개념은 의미상 “영역”보다는 “범위”에 더 가까워 보이지만 “범위”라는 표현이 동 논문에 빈번히 등장하여 혼동을 방지하고자 “영역”으로 번역하였다.

(6.6.3)이 M_1 과 M_2 에 모두 적용된다면 (6.6.3)은 단지 M_1 로 만들어진 스프링에만 적용되는 일반화보다 넓은 영역을 가질 것이지만 더 불변하지는 않을 것이다. (2003, pp. 269–270) (강조는 논문 작성자에 의해 부가됨)

“물체의 속도는 광속을 초과할 수 없다”의 비인과 일반화는 모든 물체에 적용되어 매우 넓은 영역을 지니며 가상적 상황이 아닌 현실적 상황과 관련되어 비양상적, “현실주의적”이다. 하지만 물체를 비물체로 변화시키는 과정에 대한 명료한 개념이나 그러한 과정을 실행할 방법이 부재하여 불변하지 않는다. 반면 외부 힘에 따른 태양 속도를 기술하는 “ $v_s = a_s \frac{f}{m} t$ ”의 인과 일반화는 오직 태양에만 적용되어 매우 협소한 영역을 지니지만, 외부 힘이 변화하는 가상적 상황에서의 태양 속도를 나타낸다는 점에서 양상적이며 불변한다. 우드워드는 물체 속도 제한에 대한 비인과 일반화의 비양상적 “영역” 특성과 태양 속도에 대한 인과 일반화의 양상적 “불변” 특성 사이에 실질적 연관이 존재하지 않는다고 주장한다. 따라서 현실적 개입이 불가능한 인과 일반화를 정의하기 위해 비인과 일반화에 의존하는 대안은 비인과 일반화의 영역 특성에서 인과 일반화의 불변 특성이 어떻게 유도될 수 있는지를, 혹은 비양상적인 영역이 양상적인 불변을 어떻게 뒷받침하는가를 규명해야 한다. 인과 일반화를 정의하기 위해 비인과 일반화에 의존하는 전략은 비인과 일반화와 인과 일반화에 영역과 불변이라는 상이한 본질을 부여하는 개입주의 이론과 조화되기 어려운 것으로 보인다.

현실적 개입이 불가능한 상황에서 원리적 기반이 되는 법칙이 비인과 일반화일 수 있다는 주장은 비인과 일반화인 법칙이 원리적 기반으로 작용하는 타당한 근거와 체계적 방식 제시 없이는 정당화될 수 없다. 비인과 일반화에 의존하는 대안을 선택할 때 개입주의 이론이 직면한 문제는 “법칙이 인과 주장과 ‘연관’되거나 법칙이 인과 주장을 ‘뒷받침’하거나 ‘기저’를 이루는 것이 무엇을 의미하는가” (2003, p. 165)에 답해야 하는 연관 방식 규명 문제에 비인과 일반화와 인과 일반화 사이의 본질 차이

문제까지 더해진 한층 심화된 난제이다.

4.4 순환성이 개별 인과 일반화에 미치는 영향

근본 물리 법칙의 순환성은 또 다른 미시 인과 일반화인 개별 인과 일반화 정의에도 문제를 야기한다. I_3 , I_4 를 충족하지 못하여 현실적 개입이 불가능한 미시 세계의 개별 인과 일반화는 근본 물리 법칙을 원리적 기반으로 정의된다. 근본 물리 법칙을 통해 전체 인과 그물망에서 개별 인과 일반화가 기술하는 인과 관계만을 추출하여 변수들 사이에 인과 관계를 판단하는 것이다. 하지만 순환성 문제로 인해 근본 물리 법칙 자체의 성립 여부가 불투명하다면 이에 기반을 둔 개별 인과 일반화 또한 확립될 수 없다. 미시 세계의 개별 인과 일반화가 또 다른 인과 일반화인 근본 물리 법칙에 원리적으로 종속되어 있는 한 후자가 직면한 난제는 전자에게 그대로 전가된다.

5. 개입주의 이론의 딜레마

개입 변수 조건(IV)의 일부 조항을 위반하여 현실적 개입이 불가능한 미시 세계의 인과 관계를 정의하기 위해 개입주의 이론은 과학 이론과 법칙에 호소하지만 법칙을 통한 법칙 확립은 순환성을 야기한다. 탐구 대상인 법칙이 원리적 기반이 되는 법칙과 다르다는 “비록 순환적이지만 심각한 순환은 아니라는” 대응 방식은 궁극적 기반이 되는 최초 법칙 역시 원리적 기반이 되는 또 다른 법칙을 통해서만 확립되는 무한소급의 문제를 발생시킨다. 미시 세계의 인과 관계에 대해 탐구하는 대안은 근본 물리 법칙에 의존할 수 없어 인과 정의의 범위가 현실적 개입이 가능한 경우에 제한되는 인간 중심주의 문제를 야기한다. 법칙이 비인과 일반화일 수 있다는 대안은 법칙을 인과 일반화의 한 종류로 명시한 우드워드의 주장과 모순될 뿐 아니라 비인과 일반화가 인과 일반화의 원리적

기반이 되는 근거와 방식이 제시되지 않는 한 정당화될 수 없다. 개입주의 이론은 미시 세계에 인과 관계가 객관적 사실로 주어져 있으며 근본 물리 법칙에 의해 기술된다고 전제하지만, 인과에 대한 유일한 기준인 개입주의적 방식을 통해 미시 인과 관계를 정의, 발견, 확립할 수 없는 내재적 문제에 직면하고 있다. 물리적 개입이 불가능한 상황에서 과학 이론이라는 원리적 기반을 도입하는 방식은 거시 세계의 인과 관계 정의에도 문제를 야기한다. 미시 인과 관계에 대한 상기 문제점들이 유효하다면 개입주의 이론 내에서 미시 인과 관계와 이를 나타내는 근본 물리 법칙이 확립될 수 없으며 법칙에 기반을 두고 있는 개입 불가능 상황에서의 거시 인과 관계 또한 정의될 수 없다.

열거된 난점 모두는 개입주의 이론이 전제한 “원리적 기반”에 기인한다. 현실과 괴리된 이론적 인과 정의를 비판하며 인과를 조작 및 통제와 연관시키는 실용주의를 전면에 내세운 개입주의 이론은 기존 조작주의자 이론의 인간 중심주의를 타개하기 위해 조작 개념에서 행위자에 대한 언급을 제거한 개입 개념을 도입한다.¹⁷⁾ 하지만 인간에 의한 현실적 개입이 불가능한 상황에서의 인과 정의 문제에 즉시 봉착하는데 이는 기존 행위자 이론이 동요하던 바로 그 지점이다. 해결 방안으로 과학 이론이 제시되지만 과학 이론에의 의존은 개입주의 이론이 표방하던 실용주의적 성격을 크게 약화시킨다. 현실적 개입이 배제되는 상황에서 인과 정의를 가능케 하는 유일한 기반이 과학 이론이라면 개입주의적 인과 정의는 실용뿐 아니라 이론에도 상당 부분 의존하기 때문이다. 이는 설명에 대한 법칙적 이론들이 채택하고 있으며 우드워드에 의해 “숨겨진 구조(hidden structure) 전략”이라 지칭된 논증 방식과 유사하다. 개입주의 이론은 행

17) 우드워드가 제시하는 현실과 괴리된 이론적 인과 이론의 대표적 예는 새먼(Salmon)의 인과 과정(causal process) 이론이다. 인과 과정 이론은 두 사건 사이에 전하, 운동량, 에너지와 같은 물리적 보존량을 전달하는 시공간적으로 연속된 과정이 존재할 때 인과 관계가 성립한다고 규정한다. 우드워드는 실질적 인과 사례들에서 보존량을 전달하는 시공간적으로 연속된 모든 과정을 정확히 추적, 기술하는 것이 현실적으로 불가능하고, 시공간적으로 연속된 과정을 포함하지 않는 생략(omission), 분리에 의한 인과(causation by disconnection) 등이 존재하기 때문에 인과 과정 이론이 행위자들이 인과 판단을 내리는 실제 현실을 반영하지 못한다고 비판한다.

위자를 포함하지 않는 개입 개념을 통해 행위자 이론의 인간 중심주의를 극복했다고 주장하지만, 현실적 개입이 불가능한 상황에서 인과를 정의하기 위해 과학 이론이라는 숨겨진 구조에 의존한다.

개입주의 이론이 직면한 딜레마는 다음과 같다. 과학 이론에의 호소를 철회할 경우 현실적 개입이 불가능한 상황의 인과 관계는 정의될 수 없다. 인과 정의는 오직 인간의 개입이 가능한 경우에 한하여 인과 정의의 범위에 있어 행위자 이론으로부터 일보도 나아가지 못한다. 현실적 개입이 가능한 거시 세계의 일부 인과 관계에만 한정 적용되며 미시 세계의 인과 관계뿐 아니라 일몰, 일출, 조수 변화와 같은 일상적 자연 현상의 원인을 지목할 수 없는 개입주의 이론이 인과 이론으로서 갖는 정당성은 지극히 의심스럽다. 만약 과학 이론이라는 원리적 기반을 유지한다면 이로 인해 발생한 문제점 모두를 해결해야 한다. 즉 미시 인과 관계 정의 시 발생하는 순환성, 무한 소급 문제에 답해야 하는 것이다.

6. 대안 - 다원주의와 소산주의

개입주의 이론이 직면한 문제는 우드워드의 초기 일원적 세계관이 미시/거시로 이원화되면서 발생한 균열이다. 「Making things happen」(2003)으로 대표되는 우드워드의 일원적 세계관에도 근본 물리학 영역에 대한 논의가 등장하지만, 당해 영역의 특징들은 거시 세계와의 대조의 맥락에서 서술되지 않았고 무엇보다 상식 및 특수 과학의 영역인 거시 세계가 구체화되지 않았다. 근본 물리학의 미시 세계와 특수 과학의 거시 세계를 상호 대립의 관점에서 병치시키는 우드워드의 의도적 이원화는 대충 갈기 개념이 도입된 이후 이루어진다. 대충 갈기를 통해 미시 세계가 거시 세계로 전환되면서 발생하는 다양한 특성들은—다수의 미시 상태들이 동일한 거시 상태 구현, 시공간적 연장과 불확실한 경계를 갖는 거시 상태의 변수값, 거시 변수들 사이의 시공간적 간격 허용—거시

세계에 대한 개입주의 이론의 “자연스럽고 적절한” 적용의 바탕이 된다.

동 논문의 목적은 특수 과학이 연구하는 시스템의 일부 특성들과 이로 인한 인식론적 문제들을 탐구하는 것인데, 이러한 특성들은 특정한 인과 개념 및 논증 패턴의 적용을 특히 자연스럽고 적절하게 만드는 것으로 보인다. 이 특성들은 근본 물리학이 연구하는 일부 시스템에는 결여되어 있으며 이는 특정한 인과 개념 및 논증 패턴이 그러한 시스템에 적용되었을 때 덜 적절한 것으로 보이는 이유를 설명해준다. (2007, p. 67)

인과 기준의 확일성을 유지하는 동시에 인과 적용의 자연성 및 적절성에 차등을 부여하는 개입주의 이론의 이중 전략에는 기준의 단일성과 적용의 다층성 사이의 부조화로 인한 내부 모순의 문제가 이미 예고되어 있다. 사물 혹은 현상을 정의하는 단일 기준이 특정 영역에는 매끄럽게 적용되지만 다른 영역에서 마찰을 유발한다면 문제가 되는 영역에 대한 기준의 적합성에 의문이 제기되는 것은 필연적이다. 만각류 분류에 대한 단일 기준에 의거해 지구 해양 생물을 해당 아강(亞綱)에 속하는 부류와 아닌 부류로 적절하게 구분할 수 있지만 유로파 심해의 수중 생명체를 분류하는 과정에서 난점들이 지속적으로 발생한다면, 동 기준이 유로파의 해양 생물 분류 기준으로 적절한지의 문제가 제기될 것이다. 개입주의 이론이 표명하듯 상식 및 특수 과학의 주요 특성들이 근본 물리학에 부재하여 후자에 대한 개입주의적 인과 정의가 “자연스럽고 적절하지” 못하다면, 자연성과 적절성의 결핍에도 불구하고 근본 물리학 영역에 개입주의적 인과 정의가 적용되어야 하는 이유와 구체적 적용 방식이 요구된다. 개입주의 이론은 근본 물리학 영역에서의 개입주의적 인과 적용의 비자연성과 부적절성에 대해 수궁할 뿐 이에 대한 해명이나 해결 없이 단일 기준으로 모든 현상을 재단하는 보편성을 유지하려 한다. 인과 기준의 확일성을 견지하면서 인과 적용의 자연성 및 적절성에 정도를 허용하는 이중 전략에 잠재된 불협화음은 개입주의적 인과 정의가 근본 물리

학에 자연스럽게 적절하게 적용되지 못하는 것이 아니라 이론적, 원천적으로 적용되지 못하는 근본적 문제로 표면화된다.

개입주의 이론은 과학의 영역과 상식의 영역 사이의 연속성을 강조하던 일원적 세계관에서¹⁸⁾ 양자를 대립시키는 이원적 세계관으로 발전하면서 후자에 집중한다. 미시/거시 전환에 따라 거시 세계에 발생한 다양한 특성들은 개입주의 이론이 거시 세계에 자연스럽게 적절하게 적용되는 기반이 된다. 또한 거시 세계의 특성들은 거시 인과 관계가 미시 인과 관계로 완전히 환원되지 않는다는 인과 반토대주의의 바탕이 된다. 문제는 거시 세계의 특성들로 인한 미시 세계와 거시 세계 사이의 본질 차이가 인과 일반화의 본질 차이로 이어진다는 것이다. 미시/거시의 본질 차이는 영역 차원에 그치는 것이 아니라 영역 내에서 성립하는 인과 일반화에 그대로 전이되어 상이한 본질을 지닌 두 일반화를 "인과"라는 단일 개념 아래 포섭하는 개입주의적 방식이 정당한가의 문제를 야기한다.

특수 과학의 인과 일반화는 단지 한정된 변화 범위 내에서 불변하고 안정된 반면, 근본 물리학의 이상(ideal)은 모든 가능한 변화 내에서 불변하고 안정하거나 그렇지 못하다면 오직 분명히 명시된 상황에서만 붕괴되며 불변과 안정의 범위가 특수 과학의 인과 일반화보다 덜 제한된 인과 일반화를 찾는 것이다. 달리 말하면 (근본 물리학의) 이상은 독립 변수값의 어떠한 변화도 의존 변수값의 변화로 이어지는 그러한 모든 독립 변수들을 포함하는 방식으로 완전하고 (혹은 거의 완전하고) (무엇이 발생하든 의존 변수값을 물리적으로 보장한다는

18) "우리는 일상적 행위 및 모든 인간 사회에 존재하는 인과적/설명적 지식의 종류들과 복잡한(sophisticated) 행위 및 현 과학을 특징짓는 인과적/설명적 지식의 종류들 사이에 연속성이 있어야 한다고 생각한다. 이러한 연속성은 실질적 관점과 방법론적 관점 모두에서 존재할 것으로 기대된다. ... 실질적 관점에서 본다면 과학의 인과적 설명은 보다 일상적이고 평범한 종류의 인과 지식을 요구하고 그러한 인과 지식 위에서 증대된다. ... 방법론적 관점에서 본다면 우리는 과학의 다른 분야들에서의 인과 설명들이 보다 일상적인 맥락에서의 인과 설명들과 적어도 일부 구조적 특징들을 공유해야 한다고 생각한다. ... 과학에서의 설명은 보다 일상적인 맥락에서의 설명과 본질적으로 다른 종류가 아니라 단지 더 나은 설명(better version)일 뿐이다." (2003, p. 19)

의미에서) 의존 변수값에 법칙적으로 충분한 인과 일반화를 찾는 것이다. 다시 말하지만, 이는 매우 불충분하며 법칙적 충분 조건들을 명시하는데 부족한 특수 과학의 인과 일반화와 대조된다. (2007, p. 83) (강조는 논문 작성자에 의해 부가됨)

물리학자들은 강조하지만 철학적 담론에서는 주로 간과되는 (물리 법칙에 대한) 주요 제약 중 하나는 근본 법칙들이 다양한 종류의 대칭성 요건들(symmetry requirements)을 만족할 것으로 기대된다는 것이다. 일명 적극적 해석(active interpretation)이 주어질 때, 이러한 대칭성 요건들은 단지 불변 요건들이다: 대칭성 요건들은 법칙들이 적용되는 시스템들의 특정 변화 혹은 변형에서 안정하고 불변하는 인과 관계들을 법칙들이 반드시 기술해야 한다는 생각과 같다. 예를 들어 근본 물리 법칙들은 시간적, 공간적 변환, 로렌츠 변환(Lorentz transformation) 및 기타 변환들에서 불변할 것으로 기대된다. (2003, p. 242) (강조는 논문 작성자에 의해 부가됨)

실례로 근본 물리 법칙들이 만족할 것으로 기대되는 대칭성 요건들을 고려해보자. ... 현재로서 그러한 대칭성 요건들을 만족하지 못하는 일반화들은 다른 어떤 특성들을 보유하더라도 근본 법칙이나 설명적 원리의 후보로 간주되지 않을 것이다. (2003, pp. 262-263) (강조는 논문 작성자에 의해 부가됨)

개입주의 이론에서 근본 물리학의 법칙과 거시 세계의 인과 일반화는 두 가지 본질적 차이를 지닌다. 전자가 의존 변수값 결정을 위한 법칙적 충분조건을 제공하여 완전성을 지니는 반면 후자는 이를 결여한다. 유무(有無)의 개념인 “완전성”은 정도의 개념인 “불변”과 달리 오직 완전과 불완전 사이의 양자택일만을 허용한다. 정도의 배제는 완전성 개념에 흥미 있는 용어 도입 이상의 근본적 의미를—근본적이지만 개입주의자 이론에서 한 번도 가시화되지 않았던—부여하는데 필연성과의 연관이 그것

이다. 법칙에 포함된 독립 변수들은 “무엇이 발생하든 의존 변수값을 물리적으로 보장한다는 의미에서” 의존 변수에 대해 필연적이지만, 의존 변수값을 결정론적으로 확정할 수 없는 거시 인과 일반화의 독립 변수들은 의존 변수에 대해 우연적이다. 근본 물리 법칙과 거시 인과 일반화 사이에 또 다른 본질 차이는 시간적 대칭 여부이다. 개입주의 이론에 따르면 시간적 대칭성은 이를 결여할 경우 (적어도 현재로써는) 근본 물리 법칙으로 간주되지 않을 정도로 법칙이 반드시 보유해야 할 필수적 본질 중 하나이다.¹⁹⁾ 거시 인과 일반화에 대한 시간적 대칭성 논의는 개입주의 이론에 등장하지 않지만 거시/미시 대조와 법칙에서의 대칭성 강조로 미루어 시간 대칭성이 거시 인과 일반화에 결여되어 있거나 적어도 절대적으로 요구되는 본질이 아님은 분명하다.

필연성과 시간적 대칭성에서의 차이는 근본 물리 법칙과 거시 인과 일반화의 범주적 동일성에 중대한 의문을 제기한다. 필연성과 시간적 대칭성은 인과의 핵심으로 간주되며 인과 담론의 중심이 되어 왔기 때문이다. 결정론의 형이상학적 기반 위에서 원인에 의한 결과의 필연적 산출만을 인과로 간주하는 근대적 이론에서부터 양자 역학의 비결정론을 수용하여 확률로 대변되는 우연적 산출을 중시하는 현대적 이론에 이르기까지, 필연성은 인과의 진정한 혹은 오도된 본질로 여겨지며 중점 논의 되어 왔다. 원인이 항상(혹은 대체로) 결과에 시간적으로 선행한다는 인과의 시간적 비대칭은 이를 인과 정의에 의미론적으로 포함시키는 흠의 규약주의(conventionalism)를 시작으로 엔트로피 증가라는 우주론적 현상에 정초시키는 프라이스의 관점주의(perspectivalism)까지 인과에서 가장 활발히 연구되는 영역 중 하나로 다각도의 조명을 받아왔다. 만약 한 인과 이론이 필연성과 시간적 대칭에서 극명한 대비를 이루는 두 일반화, 시간 대칭적이며 필연적 관계를 기술하는 근본 물리 법칙과 시간 비

19) 근본 물리 법칙의 시간 대칭성은 우드워드와 마틴의 개인적 주장이 아니라 현대 물리학과 과학 철학에서 널리 통용되는 보편적 견해이다. 러셀(1913)에 따르면 특정 시점의 상태로 부터 근본 물리 법칙을 통해 이전과 이후 상태를 모두 도출할 수 있기 때문에 법칙은 시간 대칭성을 지닌다. 이러한 법칙의 시간 대칭성은 인과 담론에서 필드(2003), 프리슈(2007), 로워(2007) 등 많은 학자들에 의해 확립된 견해로 수용되어 왔다.

대칭적이며 우연적 관계를 표현하는 거시 인과 일반화를 인과라는 동일 범주 아래 포섭한다면, 이러한 일반화와 보편성은 우드워드가 주장하듯 이론의 미덕이 아닐 수 있다.²⁰⁾ 인과의 핵심인 필연성과 시간 대칭성에서 대비되는 근본 물리 법칙과 거시 인과 일반화는 동일 범주에 속하지 않을 수 있는 것이다.

요소들 사이의 상호 관계 및 이를 기술하는 일반화와 관련하여 미시 세계와 거시 세계에서 나타나는 극명한 대조는 양자를 동일 범주로 일괄하는 개입주의 이론의 획일적 방식보다 상이한 범주로 구분하는 다원적 방식에 의해 효과적으로 탐구될 수 있다. 에크하르트(2006)는 본질적 차이를 지니는 미시 사건들의 관계와 거시 사건들의 관계를 구분한 후 인과 개념을 후자에만 한정하고 전자를 위해 “영향(influence)”이라는 새로운 기술적 용어를 도입하였다.

특정 시점의 사건들이 다른 시점의 사건들을 변화시킨다는 생각은 논점을 흐리기 때문에 포기되어야 한다. 명백히 사실은 한 시점의 사건들이 다른 시점의 사건들을 제약한다는 것이다: 그렇지 않다면 상황(condition)들의 연속은 완전히 임의적일 것이다. 과거와 미래에 대한 우리의 관계뿐 아니라 인과를 다루는 최고의 방법은 물리적 제약의 관점이다. 물리 법칙의 시간 대칭성의 가장 심오한 표현은, 고전 물리학이든 양자 물리학이든, 아마도 궁극적으로 미세 같기된 이전 상태(state)들이 이후 상태들에 가하는 제약과 이후 상태들이 이전 상태들에 가하는 제약이 정확히 동등하다는 것이다. 상태들이 서로에게 가하는 동등하고 반대 방향의(equal and opposite) 제약은 영향이라 명명된다. 영향은 구체적이며, 단수이며 미세 같기되어 있다. 인과는 기술 가능하며 탐지 가능한 관계들, 그러므로 본질적으로 상황들을 사용하는 관계들을 지칭한다. (강조는 논문 작성자에 의해 부가됨)

20) “과학 그 자체에서 그러하듯 설명 이론에서 일반성(generality)이 언제나 미덕인 것은 아니다.” (2003, p. 5)

미세 같기된 영향은 미세 같기된 시간 대칭성에 따라 시간 대칭적이다; 이전 상태들과 이후 상태들은 서로에 대해, 비록 필연적으로 완전히는 아니지만, 동등하게 제약을 가한다. 이러한 미세 같기된 의미에서, 미래 사건들은 과거 사건들이 미래 사건들에 제약하는 정도와 동일한 정도로 과거 사건들을 제약한다. 그러나 상황의 관점에서는 문제가 달라진다. 한 시간 방향으로의 만연한 엔트로피 증가로 인해, 단지 이전에서 이후로의 제약만 대충 같기된다. 과거 상황들은 미래 상황들이 현재 상황들에 제약하는 것보다 훨씬 큰 정도로 현재 상황들을 제약하는데 이는 제약하는 과거(constraining past)와 제약하지 못하는 미래(non-constraining future)의 의미를 부여한다. 현재 상황들은 과거 상황들을 제약하는 것보다 훨씬 큰 정도로 미래 상황들을 제약하는데 우리에게 제약 가능한 미래에 대한 부분적 통제(partial control)를 부여하는 이러한 통제는 제약 불가능한 과거에 대해서 우리가 실행할 수 없는 것이다. (2006, pp. 29-30) (강조는 논문 작성자에 의해 부가됨)

인과는 차이 산출에 관한 것이다. 미시적 세부 사항들을 포함하여 현재 고려되는 문제에 차이를 산출하지 않는다고 간주되는 무수한 요소들이 항상 존재한다. 어떤 것이 중요하지 않다거나 차이를 산출하지 않는다고 주장될 때 이는 상황들에 암묵적으로 호소하고 있다; 미세 같기된 관점에서는 무엇이 (그것의 빛 원뿔 내에 있는) 다른 모든 것들에 차이를 산출한다.(anything make a difference to anything else (in its light cone)) 유일한 선택은 (거시적으로) 무관한 측면에서 상이한 상태들을 동일하다고 취급하는 것이다; 즉 (모든 요소가 아닌 특정 요소만이 차이를 산출하게 만드는) 유일한 방법은 상황들을 구성하는 것이다. (2006, pp. 9-10) (강조는 논문 작성자에 의해 부가됨)

인용문에서 상태와 상황은 위상 공간에서 한 점에 위치하는 미시 상태와 연장된 영역을 점유하는 거시 상태를 각기 지칭하는 기술적 용어이다.

유리창이 야구공과 충돌하여 분쇄될 때 유리창을 구성하는 근본 입자들이 특정 시각에서 갖는 위치와 운동량의 집합이 상태에 해당하고 "유리창 분쇄"라는 정성적 기술이 상황에 대응된다. 미시 세계와 거시 세계의 본질 차이에 대한 에크하르트 기술은 개입주의 이론과 놀라우리만큼 동일하다. 미시 세계는 한 요소의 빛 원뿔 내에 위치한 모든 요소가 해당 요소에 영향을 미치는 방식으로 상호 연관되어 있으며 요소들 사이의 작용은 시간 대칭적이다. 반면 거시 세계는 요소들 사이의 독립성과 시간 비대칭적 작용을 특징으로 한다. 이러한 미시 세계의 의존성과 거시 세계의 독립성은 근본 물리 법칙의 필연성과 거시 인과 일반화의 우연성의 바탕이 된다. 미시 세계에서 한 변수는 그 변수의 과거 빛 원뿔 내의 모든 변수와 상호 연관되어 있으며 이러한 상호 연관을 완전히 포함하는 근본 물리 법칙은 해당 변수의 값을 필연적으로 결정한다. 대충 같기를 통해 미시 요소들 사이의 상호 의존성으로부터 산출된 거시 요소들 사이의 독립성은 거시적 관점에서 특정 변수와 독립적인 변수들을 거시 인과 일반화에 배제시킴으로써 해당 변수의 값을 필연적으로 확정하지 못한다. 유리창 분쇄 사례에서 유리창 상태에 영향을 미치는 모든 요소를 포함하는 근본 물리 법칙은 유리창 구성 입자들의 충돌 후 위치와 운동량을 결정론적으로 확정하지만, 야구공과 유리창만을 포함하는 "야구공을 던지면 유리창이 분쇄된다."의 거시 인과 일반화는 일반화에 포함되지 않은 요소들이 달라졌을 때 유리창이 깨지지 않을 수 있다는 점에서 유리창 분쇄에 대해 우연적이다.

명시적 본질 차이를 지니는 미시 요소들 사이의 관계(이하 미시적 관계)와 거시 요소들 사이의 관계(이하 거시적 관계)에 단일 개념(인과)을 적용하는 개입주의 이론의 포괄 방식보다 각 본질에 적합한 두 개념(영향, 인과)을 도입하는 에크하르트의 구분 방식이 세계에 대한 "자연스럽고 적절한" 접근법으로 보인다. 인과 개념을 거시적 관계에만 한정하는 에크하르트식의 접근법은 요소들 사이의 복잡한 상호 의존이 존재하는 영역에 인과 개념이 적용되지 않을 수 있다고 보았던 우드워드의 주장과도 일치한다.

마이클 오크쇼트(Michael Oakeshott)는 “역사의 세계에 어떠한 것도 부정적이거나(negative) 비-기여적(non-contributory)이기 않다” (1966. p.208)고 주장하였다. 그의 생각은 서로 간의 상호의존의 균일한 그물망(seamless web of reciprocal interdependence) (pp. 207ff) 안에서 모든 역사적 사건이 다른 사건들과 “연결되어” 있거나 다른 사건들에 “기여하고” 있다는 것이다. 이러한 주장을 이해하는 하나의 방법은 다음과 같다: 만약 프랑스 혁명이 발발하지 않았다면 프랑스 혁명 이후의 모든 사건들과 사건들이 속해 있는 전체 관계망이 달라졌을 것이지만, 이후의 역사가 실제와 구체적이고 결정적으로 어떻게 달랐는가를 추측할 기반은 존재하지 않는다. 게다가 우리는 단지 (프랑스 혁명이 일어나지 않았다는) 전건과 (그 이후 역사에 대한) 구체적이며 결정적인 후건으로 구성된 반사실적 조건문들 중 어느 것이 참인지를 말할 수 없는 것만이 아니다: **그러한 반사실적 조건문들은 결정적 참값을 결여한다.** 유사하게 만약 프랑스 혁명이 다른 역사적 맥락에서 발생했다면 이후의 역사 발전이 여러 구체적 측면들에서 어떻게 달랐을 것인지에 대한 반사실적 주장들도(예를 들면, “만약 프랑스 혁명이 30년 늦게 발생했다면 히틀러는 권력을 잡지 못했을 것이다.”) 참값을 결여한다. 오크쇼트는 이러한 상호의존이 존재하는 세계에서는 인과 개념과 인과적 설명이 적용될 수 없다고 주장한다. 우리가 오크쇼트의 결론을 수용하는지와 관계없이, 그러한 세계는 우리가 인과적 이해에 중요하다고 간주하는 어떤 것을 결여하고 있음이 분명하다.

역사의 “세계”에 대한 오크쇼트의 주장은 역사적 탐구의 일부 영역에 더 적절한 것으로 생각된다. 경제사에서는 적어도 미약하게 불변하는 많은 가능적-원인(possible cause) 일반화가 존재하는 것으로 보인다. 반면 지성사나 문화사의 많은 관계들은 오크쇼트가 기술한 균일한 상호 의존에 매우 근접한다. 이러한 영역들(지성사, 문화사)은 역사가들이 인과적 이해를 찾는 것이 부적절하고 오도적이며, 인과적 이해 대신 다른 목적(“해석적 가능성”, “발견론적 이해”, “심화된 기술” 등)을

추구해야 한다고 주장하는 바로 그 영역들이다. 우리가 이런 평가에 동의하는지와 상관없이 필자의 견해로는 특정한 탐구 영역 내의 사물, 사건, 과정 사이의 관계가 약한 불변 조건을 충족하는지는 대체로 경험적 문제(empirical matter)이다; 모든 주제(subject matter)가 인과적 설명에 적합한 영역이라는데 대한 선험적 보증을 존재하지 않는다. (2003, pp. 313-314) (강조는 논문 작성자에 의해 추가됨)

우드워드에 따르면 인과 개념은 모든 영역에 적용되는 보편적 개념이 아니다. 특정 영역에 대한 인과 개념의 적합성은 선험적으로 보증되지 않으며 경험적으로 증명된다. 인과적 이해에 있어 중요한 것을 결여하는, 그래서 인과적 설명이 적합하지 않은 영역이란 지성사와 문화사 같이 “모든 사건들이 다른 사건들과 상호 의존의 균일한 그물망”을 형성하는 영역이다. 해당 영역에 대한 인과적 설명의 부적합성은 상호 의존의 균일한 그물망에 의한 현실적 개입 불가능에만 기인하지 않는다. 지성사와 문화사와 같은 역사의 일부 영역에서는 인과 주장과 관련된 반사실적 조건문의 진리값을 확정할 원리적 기반이 부재하여 반사실적 조건문이 결정적 진리값을 결여한다. 현실적 개입이 불가능한 상황에서 반사실적 조건문의 진리값을 결정하는 원리적 기반을 통해 반사실적 조건문과 연관된 인과 주장을 판단하는 개입주의 이론 구조에 따르면, 사건들 사이에 상호 의존의 그물망이 존재하는 영역은 현실적 개입뿐 아니라 이론적 개입까지 배제하여 인과 적용이 원천적으로 불가능한 영역이다. 개입주의 이론이 기술하는 근본 물리학 영역은 이러한 “인과 적용이 원천적으로 불가능한 영역”의 특징을 지니고 있다. 우드워드가 근본 물리학 영역을 묘사하는데 사용한 “모든 것이 모든 것에 영향을 미치는 인과적 의존의 복잡한 그물망” (2007, p. 96)이라는 표현은 오크쇼트가 역사에 부여한 “모든 사건이 다른 모든 사건과 연결되는 상호 의존의 균일한 그물망”라는 진단과 거의 유사하다. 우드워드의 기술에서 인과에 대한 언급만 제거한다면 개입주의 이론이 가정하는 근본 물리학 영역은 “모든 것이 모든 것과 연결되어 있다”는 오크쇼트의 진단뿐 아니라 “모든 것이 모든

것에 차이를 산출한다”는 에크하르트 기술과도 거의 일치한다. 모든 것이 모든 것에 의존하거나, 연결되거나, 차이를 산출하여 상호 연관의 그물망을 형성하는 영역은 개입 변수 조건 I_3, I_4 를 위반하여 현실적 개입이 불가능할 뿐 아니라, 인과 주장과 관련된 반사실적 조건문의 진리값을 결정할 원리적 기반이 부재하여 이론적 개입까지 불가능한 영역이다. 근본 물리학 영역은 모든 종류의 개입을 배제하는 “모든 것이 모든 것과 연관된” 요소들 사이의 상호 의존성을 본질로 지닌다. 따라서 근본 물리학 영역의 요소들 사이의 관계는 에크하르트의 영향 개념과 같이 인과 개념과 구분되는 또 다른 개념을 통해 분석되어야 한다. 개입주의 이론은 모든 것이 모든 것과 연관된 근본 물리학 영역의 본질이 인과 개념과 양립 불가능하다고 주장하면서 “인과 관계”, “인과적으로 적절”, “인과적 영향”, “인과적 의존”과 같은 명시적 표현을 통해 해당 영역의 인과 관계를 전제하는 비일관성과 모순에 직면하고 있다. 만약 개입주의 이론이 상기 모순에도 불구하고 인과 개념을 근본 물리학 영역에 적용한다 해도 근본 물리학 영역의 인과 관계는 법칙 확립을 위해 법칙에 의존하는 순환성이나 법칙의 무한소급에 의해 정의될 수 없다. 유일한 해결책은 미시적 관계와 거시적 관계에 상이한 개념을 부여하는 다원주의적 접근법이다.

요소들 사이의 관계를 영역에 따라 구분하는 다원주의적 방식에서 “인과” 개념은 세계에 객관적으로 주어진 “영향” 관계를 주체의 인식적 틀로 “대충 같기”하여 얻어진 인식의 산물이다. 인과를 비인과적 세계에 대한 주체 관점의 투사로 해석하는 행위자 이론과 인과 구성 요소인 상황을 “인식의 산물(creatures of the mind)” (2006, p. 10)로 간주하는 에크하르트의 이론에서 알 수 있듯이, 근본 물리학 영역의 인과 개념을 부정하는 제거주의적 관점은 인과를 주체 인식의 산물로 규정하는 소산(所産)주의적 시각으로 자연스럽게 이어진다. 인과가 세계에 객관적으로 주어진 것이 아니라면 인식이 만들어낸 산물일 수밖에 없다. 요소 간 독립성, 시간 비대칭성을 특징으로 하는 거시 세계, 즉 거시적 주체인 인간이 한계를 지닌 인식을 통해 재구성한 세계와 전체론적 상호 연관 및 시간

대칭성을 본질로 갖는 실제 세계의 대비는 거시적 관계인 인과 관계가 미시적 관계로 완전히 환원되지 않는다는 인과 반토대주의로 이어진다. 하지만 반토대주의 자체는 미시 세계의 인과 관계에 대한 특정 견해를 함축하지 않는다. 반토대주의는 미시 인과 관계를 부정하고 인과를 인식의 산물로 보는 소산주의적 시각이나 거시 인과 관계와 더불어 미시 인과 관계까지 인정하는 개입주의적 시각으로 각기 발전할 수 있다. 개입주의 이론은 인과 토대주의를 거부하고 미시 인과 관계와 거시 인과 관계에 본질 차이를 부여하지만, 후자의 본질에 적합하도록 고안된 개입주의적 인과 기준이 전자에서 심각한 마찰을 일으키는 이론적 결함을 안고 있다. 적어도 모순을 포함하지 않는다는 점에서 미시 세계의 인과를 거부하고 인과 개념을 인간 인식의 산물로 보는 소산주의적 시각이 개입주의 이론에 비해 반토대주의의 기반 위에서 보다 일관적이며 발전적인 인과 이론으로 이어질 가능성이 있다.

7. 결론

개입주의 이론은 “일부 가능한 개입에서 불변하는 일반화가 기술하는 관계”를 인과 관계로 정의한다. 개입주의적 인과 정의는 다양한 인과 기준 중 하나가 아니라 인과 관계가 존재하는 전 영역에 공통 적용되는 유일한 기준이다. 개입주의 이론에 내재된 근본적 문제는 인과 관계가 전제된 근본 물리학 영역에 개입주의적 인과 기준이 적용되지 않는다는 것이다. 근본 물리학 영역의 인과 일반화는 의존 변수에 인과적 영향을 미치는 모든 변수를 독립 변수로 포괄하는 근본 물리 법칙과 일부 변수만을 포함하는 개별 인과 일반화로 구분된다. 근본 물리 법칙과 개별 인과 일반화는 개입 변수 조건(IV)의 일부 조항을 충족하지 못하여 현실적 개입을 배제한다. 근본 물리 법칙의 미분 방정식 형태는 개입 변수 조건과 별도로 근본 물리 법칙에 개입을 허용하지 않는다. 개입주의 이론은 근

본 물리학 영역에 대한 현실적 개입 불가능 문제를 해결하기 위해 반사실적 조건문과 과학 이론에 호소한다. 현실적 개입이 불가능한 상황에서의 인과 관계는 관련된 반사실적 조건문의 결정적 진리값을 토대로 결정되며, 진리값 결정의 원리적 기반으로 과학 이론과 법칙이 제시된다. 하지만 과학 이론에의 호소는 근본 물리 법칙을 정의하기 위해 근본 물리 법칙에 의존하는 순환성을 야기한다. 성립 여부를 탐구 중인 법칙이 원리적 기반인 법칙과 다르다는 개입주의 이론의 대안은 모든 법칙의 원리적 기반이 되는 최초 법칙 또한 원리적 기반으로 법칙을 요구하는 무한 소급의 문제를 발생시킨다. 만약 근본 물리 법칙이 개입주의 이론의 방식대로 확립될 수 없다면 근본 물리 법칙을 원리적 기반으로 하는 개별 인과 일반화 역시 정의될 수 없다. 이에 대해 개입주의자 이론은 근본 물리학 영역의 인과 관계에 대해 함구하는 대안이나 근본 물리 법칙을 비인과 일반화로 간주하는 대안을 택할 수 있다. 하지만 전자는 현실적 개입이 불가능한 상황의 해결책으로 도입되었던 “원리적 기반”에 의존할 수 없어 개입주의적 인과 정의의 유효 범위가 오직 현실적 개입이 가능한 상황으로 제한되는 인간 중심주의 문제를 야기한다. 후자는 근본 물리 법칙을 인과 일반화의 한 종류로 취급하는 개입주의 이론의 주장과 모순될 뿐 아니라 비인과 일반화가 인과 일반화의 원리적 기반이 되는 방식 제시 없이는 정당화될 수 없다. 근본 물리학 영역의 인과 관계를 전제하지만 유일한 인과 기준인 개입주의적 인과 기준이 해당 영역에 적용될 수 없는 모순은 근본 물리학 영역의 요소들의 관계와 거시 세계의 요소들의 관계에 상이한 개념을 부여하는 다원주의적 접근법을 통해 해결될 수 있다. 근본 물리학 영역의 요소들은 모든 것이 모든 것에 영향을 미치는 상호 연관의 복잡한 그물망을 형성하고 있으며 시간 대칭적 작용 방향을 갖는다. 반면 거시 세계의 요소들의 관계에는 독립성이 존재하며 특정 시간 방향으로의 작용이 두드러진다. 또한 근본 물리학 영역의 요소들 사이의 관계를 기술하는 근본 물리 법칙은 독립 변수들이 의존 변수의 값을 결정론적으로 확정하여 의존 변수에 대해 필연적이지만, 의존 변수에 영향을 미치는 일부 요소만을 포함하는 거시 세계의 인

과 일반화는 의존 변수에 대한 필연성을 결여한다. 요소 간 전체론적 상호 연관뿐 아니라 인과의 핵심으로 간주되어 온 필연성 및 시간 대칭성에서 차이를 보이는 미시적 관계와 거시적 관계는 양자를 인과 개념으로 포괄하는 개입주의적 방식 대신 인과 개념을 후자에만 한정하고 전자에 새로운 개념을 부여하는 다원주의적 방식에 의해 적절히 탐구될 수 있다. 개입주의 이론은 거시적 관계가 미시적 관계로 완전히 분석되거나 환원되지 않는다는 인과 반토대주의에서 적절했지만 미시/거시 관계 모두를 인과로 일괄한 획일성에서 부적절했다. 미시적 관계는 거시적 관계인 인과 관계와 본질적으로 상이하며 인과 관계는 미시적 관계에 인간 인식의 한계가 더해진 복합적 산물이다. 다원주의적 방식만이 개입주의적 인과 기준이 근본 물리학 영역에 이론적, 원천적으로 적용되지 못하는 개입주의 이론의 문제를 해결할 수 있는 대안으로 보인다. 미시적 관계를 인과가 아닌 다른 개념을 통해 정의하는 방식은 요소들 사이의 복잡한 상호 연관이 존재하는 영역에 인과가 적용되지 않는다는 우드워드 주장과도 일치한다. 모든 요소가 연관된 근본 물리학은 지성사, 문화사와 같이 인과 개념을 원천 배제하는 영역이다. 인과는 모든 영역에 적용되는 보편적 개념이 아니다. 특정 영역에 대한 인과의 적용은 선험적으로 보증되지 않으며 오직 경험적으로 증명된다.

인과는 인식의 산물이다. 개입주의 이론의 근본적 오류는 인과를 인식의 산물로 보는 소산주의적 관점을 곡해했다는 데 있다. 우드워드는 소산주의를 세계에 객관적으로 주어진 연관 관계에서 인간 인식을 통해 인과 관계를 산출하는 것으로 해석한다. 연관 관계에는 한 요소를 통해 다른 요소를 변화시키거나 제약하는 요소 간 의존성이 부재하기에 인과 관계가 연관 관계에 토대한 인식적 산물이라면 인간 인식은 상호 의존성이 결여된 연관 관계에 의존성을 부여할 수 있어야 한다. 하지만 이는 “인간이 소유하지 않은 신적인 능력(god-like power)을 인간에게 요구하는 것이다.” (2003, p. 120) 따라서 인과 소산주의는 배척되어야 하며 인간의 존재 여부와 관계없이 요소들 사이의 의존 관계인 인과 관계가 객관적으로 존재해야 한다. 하지만 인과에 대한 소산주의적 관점은 인과 관계가

연관 관계에서 발원한다고 규정하지 않는다. 소산주의적 관점에서는 모든 것이 모든 것에 영향을 미치는 상호 의존 관계만이 실재하며 인간의 인식적 한계는 이러한 복잡한 상호 의존성에 독립성을 부여하여 연관 관계와 인과 관계를 산출한다. 즉 인간 인식의 역할은 의존성이 결여된 연관 관계에 의존성을 부여하는 것이 아니라 상호 의존의 복잡한 그물망에서 독립성을 산출하는 것이다. 이는 인간이 세계에 결핍된 의존성을 창조하는 신적인 능력을 지니기보다는 세계에 존재하는 의존성을 모두 파악할 수 없는 인식적 한계를 지닌다는 인간 인식에 대한 보편적 견해와도 일관된다. 소산주의에 대한 개입주의 이론의 오해는 인과가 인식의 산물로 좌천되는 소산적 귀결을 막기 위해 미시 인과 관계를 인정하면서도 거시 인과 관계에 적합하도록 고안된 인과 기준이 미시 세계에 적용되지 않는 개입주의 이론의 문제로 이어졌다. 당면한 문제를 타개하고 인과 탐구를 진전시키는 방안은 바르게 이해된 소산주의에 입각하여 인과 이론을 확립하는 것이다. 요소들 사이의 복잡한 상호 의존, 시간적 대칭성, 정량화를 특징으로 하는 미시적 관계와 요소들 사이의 독립성, 시간 비대칭적 작용 및 정성화가 두드러진 거시적 관계를 상이한 개념을 통해 분석하고, 후자인 인과 개념이 미시/거시 전환을 통해 발생한 인식의 산물임을 인정하며, 인과의 실용성과 객관성을 산출물의 관점에서 정립하는 방식이 향후 인과 탐구의 기반이 되어야 한다.

참 고 문 헌

- Albert, David Z. (2000), *Time and Chance*, Harvard University Press.
- Ahmed, Arif. (2007), “Agency and Causation”, in *Causation, Physics, and the Constitution of Reality*, edited by Price and Corry, Oxford University Press, pp. 120 - 155.
- Baumgartner, Michael. (2009), “Interdefining Causation and Intervention”, *Dialectica* 63, pp. 175-194.
- . “Regularity Theories Reassessed”, *Philosophia* 36, pp. 327-354.
- Cartwright, Nancy. (1979), “Causal Laws and Effective Strategies”, *NOUS* 13, pp. 419-437.
- Collinwood, Robin. (1940), *An Essay on Metaphysics*, Clarendon Press.
- Eagle, Antony. (2007), “Pragmatic Causation”, in *Causation, Physics, and the Constitution of Reality*, edited by Price and Corry, Oxford University Press, pp. 156-190.
- Eckhardt, William. (2006), “Causal Time Asymmetry”, *Studies in History and Philosophy of Modern Physics* 37, pp. 439-466.
- Elga, Adam. (2007), “Isolation and Folk Physics”, in *Causation, Physics, and the Constitution of Reality*, edited by Price and Corry, Oxford University Press, pp. 106 - 119.
- Field, Hatry. (2003), “Causation in a Physical World” in *Oxford Handbook of Metaphysics*, edited by M. Loux and D. Zimmerman, Oxford University Press. pp. 435-460.
- Frisch, Mathias. (2007), “Causation, Counterfactuals, and Entropy”, in *Causation, Physics, and the Constitution of Reality*, edited by

- Price and Corry, Oxford University Press, pp. 351 - 395.
- . (2010), “Does a Low-Entropy Constraint Prevent Us from Influencing the Past?”, in *Time, Chance, and Reduction: Philosophical Aspects of Statistical Mechanics*, edited by Andreas Hüttemann and Gerhard Ernst, Cambridge University Press.
- Gasking, Douglas. (1955), “Causation and Recipes”, *Mind* 64, pp. 479-487.
- Hitchcock, Christopher. (2002), “Probabilistic Causation”, in *Stanford Encyclopedia of Philosophy*, edited by Zalta, E.
- . (2007), “What Russell Got Right”, in *Causation, Physics, and the Constitution of Reality*, edited by Price and Corry, Oxford University Press, pp. 45-65.
- Kutach, Douglas. (2007), “The Physical Foundations of Causation”, in *Causation, Physics, and the Constitution of Reality*, edited by Price and Corry, Oxford University Press, pp. 327 - 350.
- Lewis, David. (1979), “Counterfactual Dependence and Time’s Arrow”, *NOUS* 13, pp. 455-476.
- Loewer, Barry. (2007), “Counterfactuals and the Second Law”, in *Causation, Physics, and the Constitution of Reality*, edited by Price and Corry, Oxford University Press, pp. 293 - 326.
- Menzies, Peter and Price, Huw. (1993), “Causation as a Secondary Quality”, *The British Journal for the Philosophy of Science* 44, pp. 187-203.
- Menzies, Peter. (2007), “Causation in Context”, in *Causation, Physics, and the Constitution of Reality*, edited by Price and Corry,

- Oxford University Press, pp. 191 - 223.
- Norton, John. (2007), "Causation as Folk Science", in *Causation, Physics, and the Constitution of Reality*, edited by Price and Corry, Oxford University Press, pp. 11 - 44.
- Price, Huw and Corry, Richard. (2007), "A Case for Causal Republicationism?", in *Causation, Physics, and the Constitution of Reality*, edited by Price and Corry, Oxford University Press, pp. 1 - 10
- Price, Huw and Weslake Brad. (2009), "The Time-Asymmetry of Causation", in *The Oxford Handbook of Causation*, edited by in Helen Beebe, Chris Hitchcock and Peter Menzies, Oxford University Press, pp. 414 - 443.
- Price, Huw. (2007), "Causal Perspectivalism", in *Causation, Physics, and the Constitution of Reality*, edited by Price and Corry, Oxford University Press, pp. 250 - 292.
- . (forthcoming), "Causation, Invariance and Agency-Woodward on Menzies and Price", in *Making a Difference*, edited by Helen Beebe, Chris Hitchcock, and Huw Price, Oxford University Press.
- Ridderbos, Katinka, (2002), "The Coarse-graining Approach to Statistical Mechanics: How Blissful is Our Ignorance?", *Studies in History and Philosophy of Modern Physics* 33, pp. 65-77.
- Russell, Bertrand. (1912-13), "On the Notion of Cause", *Proceedings of the Aristotelian Society* 13, pp. 1-26.
- Salmon, Wesley C. (1994), "Causality without Counterfactuals",

- Philosophy of Science 61, pp. 297-312.
- . (1997), “Causality and Explanation: A Reply to Two Critiques”, *Philosophy of Science* 64, pp. 461-477.
- von Wright, G. (1971), *Explanation and Understanding*, Cornell University Press.
- Woodward, James. (2000), “Explanation and Invariance in the Special Sciences”, *The British Journal for the Philosophy of Science* 51(2), pp. 197 - 254.
- . (2001), “Causation and Manipulability”, in *Stanford Encyclopedia of Philosophy*, edited by Zalta, E.
- . (2003), *Making Things Happen*, Oxford University.
- . (2004), “Counterfactuals and Causal Explanation.”, *International Studies in the Philosophy of Science* 18, pp. 41 - 72.
- . (2007), “Causation with a Human Face”, in *Causation, Physics, and the Constitution of Reality*, edited by Price and Corry, Oxford University Press, pp. 66 - 105.

Abstract

A Problem of

The Interventionist Theory and

A Productionalistic Alternative

Park Jongwon
Department of Philosophy
The Graduate School
Seoul National University

The interventionist theory defines a causal relationship as a relationship "described by a generalization invariable under some possible interventions". This interventionist definition is the one and only criterion of causation in the theory. A fundamental problem of the theory is that the interventionist definition cannot apply to fundamental physics level in which causal relationships are assumed to exist by the theory. Fundamental laws, causal generalizations at fundamental physics level, do not meet some clauses of the condition of intervention (IV) to make impossible actual interventions on them. Moreover, they take the form of differential equations which is incompatible with the notion of intervention. To address with cases in

which actual interventions are not allowed, the interventionist appeals to counterfactuals and scientific theories: causal judgements about those cases are based on truth values of relevant counterfactuals and scientific theories are theoretic bases for the truth values. This strategy, however, causes a problem of circularity that a fundamental law is established on the basis of itself. A possible solution is to determine whether a fundamental law holds based not on itself but on another fundamental law, yet which leads to a problem of infinite regress. Facing this difficulty, the interventionist is likely to take two strategies, one is to keep silent about causation at fundamental physics level, and another to provide "non-causal" fundamental laws as theoretic bases. The former, however, results in the problem of anthropocentrism that the range of the interventionist account is limited to where our interventions are possible while the latter is ineffective without the precise way non-causal laws supports causal laws. The interventionist theory's problem can be resolved by a new approach which assigns distinct notions to distinct generalizations at each level. Fundamental laws are necessary and time-symmetric whereas upper-level causal generalizations are accidental and time-asymmetric. This essential difference is explored in a more natural and appropriate way by the pluralistic approach than the interventionist's monolithic approach of putting them together into the same category. Causation is a product of mind, a sort of combination produced from interconnected, time-symmetric dependence relationships at fundamental physics level by our coarse-graining. This productionalistic and pluralist approach seems the only way to solve the interventionist theory's conundrum and the right direction for causal discussion.

keywords : Causation. Causal relationship, The interventionist theory, The manipulability account of causation, Productionism

Student Number : 2012-20046