디자인을 통한 예방 국가 이니셔티브의 추진 현황

The State of the National Initiative on Prevention through Design
2014년 추진 경과 보고서(Progress Report 2014)

미국 보건복지부(Department of Health and Human Services)
질병통제예방센터(Centers for Disease Control and Prevention)
국립산업안전보건연구원(National Institute for Occupational Safety and Health, NIOSH)

발간번호: DHHS (NIOSH) Publication No. 2014-123
발행: 2014년 5월
번역: 한국어 비공식 번역, 2026년 10월. 원문을 기준으로 표와 그림의 텍스트 및 참고문헌을 포함하여 번역함. 인명, 기관의 고유명사, 출처의 서지는 추적 가능하도록 원어를 병기하거나 유지함. 원문 보고서의 표지 사진은 저작권(©Thinkstock) 대상이므로 번역본에 복제하지 않음.

사명 선언(Mission Statement)

디자인을 통한 예방(Prevention through Design, PtD) 국가 이니셔티브의 사명은 근로자에게 영향을 미치는 모든 디자인에 예방에 관한 고려사항을 포함함으로써 업무상 부상, 질병 및 사망을 예방하는 것이다. 이 사명은 다음을 통해 실현할 수 있다.

- 설비, 제품 또는 작업장의 수명주기에서 가능한 한 이른 단계에, '발생원'에서 근로자에 대한 위험요인을 제거하고 위험성을 허용 가능한 수준으로 통제한다.
- 신규 및 기존 작업장, 구조물, 도구, 시설, 설비, 기계, 제품, 물질, 작업 프로세스와 업무조직의 디자인, 재디자인 및 개조 과정에 근로자의 안전과 건강을 포함한다.
- 근로자와 사업장에 있는 다른 사람들에게 영향을 미치는 모든 디자인에 예방방법을 포함하여 작업환경을 개선한다.

원문 표지 사진: ©Thinkstock.

면책조항(Disclaimer)

특정 기업이나 제품을 언급했다고 해서 NIOSH가 이를 보증하거나 추천한다는 의미는 아니다. 또한 NIOSH 외부 웹사이트를 인용했다고 해서 해당 웹사이트를 운영하는 기관이나 그 프로그램 또는 제품을 NIOSH가 보증한다는 의미도 아니다. NIOSH는 해당 웹사이트의 내용에 책임을 지지 않는다.

자료 신청 안내(Ordering Information)

이 문서는 공공영역(public domain)에 속하며 자유롭게 복사하거나 재인쇄할 수 있다. NIOSH 문서나 산업안전보건 관련 정보를 받으려면 다음으로 연락한다.

- 전화: 1-800-CDC-INFO (1-800-232-4636)
- 문자전화(TTY): 1-888-232-6348
- 이메일: cdcinfo@cdc.gov
- NIOSH 웹사이트: www.cdc.gov/niosh
- NIOSH 월간 뉴스레터 eNews 신청: www.cdc.gov/niosh/eNews

DHHS (NIOSH) Publication No. 2014–123 · 2014년 5월
더 안전하게 · 더 건강하게 · 사람을 위해(Safer · Healthier · People™)

서문(Foreword)

도구, 설비, 프로세스, 자재, 구조물과 업무조직에 존재하는 위험요인을 미리 예상하고 디자인 단계에서 제거하는 것은 업무상 부상, 질병 및 사망을 예방하는 가장 효과적인 방법이다. 2007년 NIOSH는 관련 연구자와 실무자들이 쌓아 온 성과를 바탕으로 미국산업위생협회(AIHA), 미국안전기술자협회(ASSE), 건설연구교육센터(CPWR), Kaiser Permanente, Liberty Mutual, 국가안전위원회(NSC), 산업안전보건청(OSHA), ORCHSE Strategies, LLC(구 Mercer, ORC Worldwide™), Regenstrief 의료공학센터 및 설비제조업체협회와 협력하여 '디자인을 통한 예방(PtD)' 국가 이니셔티브를 출범시켰다.

이 이니셔티브에는 정부기관, 학계, 산업계, 노동계 및 비정부기구와의 다양한 협력이 포함되었다. 이는 디자인을 통한 산업재해 예방과 관련된 연구, 교육, 정책 및 현장 적용에 영향을 미치기 위한 것이다. 처음에는 2007년부터 2014년까지 추진하도록 구상했다. 이 보고서는 PtD 이니셔티브의 진행 상황과 성과를 개관한다. 궁극적인 목표는 근로자에게 영향을 미칠 수 있는 모든 디자인에 예방에 관한 고려사항을 포함하여 업무상 부상, 질병 및 사망을 예방하거나 줄이는 것이다.

많은 진전이 있었지만 해야 할 일도 여전히 많다. 업무상 위험요인을 디자인 단계에서 제거하는 것은 가장 효과적인 예방수단이므로 이를 계속 연구하고 확산할 필요가 있다. NIOSH는 이니셔티브의 향후 중점 분야에 대해 이해관계자의 새로운 의견을 수렴하고, 향후 5년 동안 이니셔티브를 지속할 계획이다. 기존 및 신규 이해관계자와의 협력을 통해 지금까지의 진전을 바탕으로 디자인을 통한 업무상 위험요인 제거를 더욱 발전시켜 나갈 것이다.

John Howard, M.D.
미국 질병통제예방센터 산하 국립산업안전보건연구원 원장

요약(Executive Summary)

'디자인을 통한 예방(PtD)' 국가 이니셔티브는 디자인을 통해 업무상 위험요인을 제거하여 근로자를 보호한다는 목표로 2007년에 출범했다. PtD는 시설, 작업방법과 운영, 프로세스, 설비, 도구, 제품, 자재, 신기술 및 업무조직에서 근로자에 대한 위험을 예상하고 디자인 단계에서 제거하려는 모든 노력을 포괄한다[Schulte et al. 2008].

PtD는 전통적인 위험관리 위계를 활용한다. 디자인, 재디자인 및 개조 과정에서 우선 위험요인 제거와 대체에 초점을 맞추고, 이어 공학적 관리대책 및 경고체계를 적용하여 위험을 최소화한다. 심각한 부상과 질병의 위험을 줄일 뿐 아니라 위험요인 제거와 공학적 관리대책의 적용은 상당한 사업비용 절감과도 관련된다. 기업이 위험관리 위계의 상위 단계, 곧 위험요인을 디자인으로 제거하거나 위험을 최소화하는 조치를 채택할수록 사업적 가치가 높아진다(그림 1).

이러한 사업적 가치의 향상은 산재보상 보험료와 다친 근로자의 의료비 감소에만 국한되지 않는다. 시장 출시 기간 단축, 운영 효율 향상, 근로자 사기 진작, 결근 및 이직 감소, 제품 품질 향상, 시장점유율 확대와도 관련된다. PtD는 전체적인 위험 최소화 전략을 보완하고, 적절한 프로그램 개발·실행·근로자 교육·감시가 수반되는 경우 행정적 관리대책과 개인보호구의 활용도 지지한다.

그림 1. 위험관리 위계를 활용하는 디자인을 통한 예방[Peterson 1973]. 위쪽일수록 통제의 효과와 사업적 가치가 크다.

1. **위험요인 제거(Elimination):** 위험 자체를 디자인에서 제거한다.
2. **대체(Substitution):** 더 안전한 것을 사용한다.
3. **공학적 관리대책(Engineering controls):** 격리 및 방호장치를 적용한다.
4. **행정적 관리대책(Administrative controls):** 교육 및 작업일정 편성 등으로 관리한다.
5. **개인보호구(Personal protective equipment):** 최후의 수단으로 사용한다.

PtD 이니셔티브의 궁극적 목적은 업무상 위험요인을 디자인 단계에서 제거하는 일이 일반적인 관행이 되도록 문화를 바꾸는 것이다. 지난 6년 동안 연구·교육·현장 적용·정책 분야에서 진전이 있었다.

연구 분야의 주목할 성과 중 하나는 NIOSH가 ORCHSE Strategies, LLC(구 Mercer, ORC Worldwide™)와 공동으로 시작한 조사이다. 미국에 기반을 둔 대규모 다국적기업의 정책이 공정 가동 후 안전보건 조치를 추가하는 대신 예방대책을 설계·구축 단계에 포함하도록 규정하는지를 알아보기 위한 것이었다. ORC Fortune 200 회원기업을 대상으로 제품디자인, 기계디자인, 공장 배치, 시설 상태, 자재의 선택과 규격, 생산계획, 관리자·근로자의 직무에 PtD 정책이나 관행이 어느 정도 통합되어 있는지를 조사했다. 응답기업의 80%는 PtD를 알고 있었고, 77%는 업무 운영에 PtD 원칙을 포함했다고 답했다. 응답기업의 40%는 공급업체와 도급업체에도 자체 PtD 프로그램을 갖추도록 요구한다고 밝혔다[Biddle 2011; Newell and Biddle 2011].

교육 분야에서는 PtD 원칙을 안전관리·공학 교재 10종에 포함했고, 건축·토목·건설공학 전공 학생을 대상으로 하는 독립형 교육모듈 4종을 완성했다. 각 모듈은 Adobe 형식의 발표자료, PowerPoint 발표자료, 교수자용 지침으로 구성된다. 완성된 모듈은 건축디자인과 시공, 철근콘크리트, 구조용 철골디자인, 기계·전기시스템을 다룬다.

현장 적용 분야에서는 동료심사 학술지에 게재된 논문 93편이 학술문헌에서 720회 이상 인용되었고, 성공적인 PtD 개념을 확산하기 위한 위키를 만들었으며, PtD의 사업적 타당성을 제시하는 등 산업계에 대한 확산활동을 추진했다. 성과사례로 건설산업연구소의 연구보고서(RR101-11) 「프로젝트 디자인에서 건설근로자 안전 다루기(Addressing Construction Worker Safety in the Project Design)」가 있다. 이 연구에서는 건설산업연구소 회원에게 무료로 제공되는 디자인 제안 400개 이상을 확인·개발했다. 이 제안들은 여러 디자인 전문분야, 건설현장 위험, 건설 구성요소 및 시스템을 포괄한다. 이를 통합한 컴퓨터 프로그램인 '건설안전 디자인 도구상자(Design for Construction Safety ToolBox)'도 개발했다. 이 프로그램은 프로젝트별 건설안전 위험을 사용자에게 알리고 디자인 단계에서 위험을 제거하거나 낮출 수 있는 방안을 제안한다.

정책 분야에서도 많은 성과가 있었다. PtD 개념은 미국국가표준협회(ANSI), 미국냉난방공조기술자협회(ASHRAE), 미국안전기술자협회(ASSE), 미국산업위생협회(AIHA), UL, 국제반도체장비재료협회(SEMI), 국제표준화기구(ISO) 등의 합의표준 25개 이상에 추가되었다. 대표적으로 2011년 ASSE는 ANSI로부터 ANSI/ASSE Z590.3 「디자인 및 재디자인 과정의 산업안전보건 위험 대응지침」 승인을 받았다. 이 표준은 산업안전보건 경영시스템에 PtD 개념을 포함하는 방법을 안내하며 모든 작업환경에 적용할 수 있다.

PtD를 제도적으로 정착시키려면 산업계와 근로자의 요구에 대응해 교육체계에 계속 영향을 미치는 일이 중요하다. NIOSH는 교육기관이 배출하는 엔지니어, 건축가, 디자이너와 구매 담당자의 PtD 역량을 평가할 계획이다. 산업안전보건 실무에서도 위험관리 체계에 PtD 원칙을 포함해야 한다. PtD가 위험관리의 중심이 되기 전까지 업무상 질병·부상·사망을 예방하려는 노력에는 한계가 있을 것이며, PtD를 적용하지 않는 비용도 상당할 것이다. 지금까지의 진전은 좋은 기반이지만 근로자 보호를 위해서는 더 큰 진전이 필요하다.

목차(Contents)

항목	원문 인쇄 쪽수
서문	ii
요약	iii
감사의 글	vi
약어	vii
서론	1
연구	3
연구 성과	3
교육	6
교육 성과	7
현장 적용	13

항목	원문 인쇄 쪽수
현장 적용 성과	14
정책	19
정책 성과	20
소기업	20
소기업 성과	22
향후 목표	23
PtD 기여자 및 참여자	24
참고문헌	26

감사의 글(Acknowledgements)

이 보고서는 디자인을 통한 예방(PtD) 이니셔티브에 참여한 NIOSH 연구자와 직원들이 개발했다. Paul Schulte는 PtD 국가산업보건연구의제(NORA) 범분야 프로그램의 책임자이다. 집필 참여자는 Elyce Biddle, Pam Heckel, Donna Heidel, Laura Hodson, Lauralynn McKernan, Paul Schulte이다. NIOSH 전 직원 Donna Heidel과 Rick Rinehart의 적극적인 조정 활동에도 감사를 표한다.

PtD 이니셔티브는 그래픽 디자인과 제작을 맡은 Willman Design의 Brian Hennigan과 Nancy Willman, NIOSH의 Vanessa Williams의 기여에도 감사한다. 특히 아래 외부 협력자들이 집필과 검토에 기여한 데 깊이 감사한다. 또한 24~25쪽에 수록된 PtD 이니셔티브의 참여자와 기여자에게도 감사한다.

John Gambatese, Ph.D., P.E. — Oregon State University, Corvallis, OR

Fred Manuele, CSP, P.E. — SBC Global, Arlington Heights, IL

Jim McGlothlin, Ph.D., C.P.E. — Purdue University, West Lafayette, IN

Georgi Popov, Ph.D. — University of Central Missouri, Warrensburg, MO

Margaret Quinn, Sc.D., CIH — University of Massachusetts Lowell, Lowell, MA

Scott Schneider, M.S. — Laborers' Health and Safety Fund of North America, Washington, D.C.

Mike Taubitz, BSME, M.A. — FDR Safety, Fenton, MI

약어(Abbreviations)

약어	영어 원명	한국어 뜻
ABET	Accreditation Board for Engineering and Technology	공학·기술교육 인증기관
ACGIH	American Conference of Governmental Industrial Hygienists	미국정부산업위생전문가협의회
AEM	Association of Equipment Manufacturers	설비제조업체협회
AIHA	American Industrial Hygiene Association	미국산업위생협회
AIHce	American Industrial Hygiene Conference and Exposition	미국산업위생 학술대회 및 박람회

약어	영어 원명	한국어 뜻
ANSI	American National Standards Institute	미국국가표준협회
AP	accredited professional	공인 전문가
ASHRAE	American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers	미국냉난방공조기술자협회
ASCE	American Society of Civil Engineers	미국토목기술자협회
ASSE	American Society of Safety Engineers	미국안전기술자협회
CDM	Construction, Design, and Manufacturing	건설·디자인·제조(원문 약어 표기)
CIB	Chartered Institute of Building	영국 공인건축협회
CPWR	Center for Construction Research and Training	건설연구교육센터
CURT	Construction Users Roundtable®	건설 발주자 협의체
EHS	environment, health, safety	환경·보건·안전
FACE	Fatality Assessment and Control Evaluation	사망사고 평가 및 예방 프로그램
HHE	health hazard evaluation	건강유해요인 평가
ISO	International Organization for Standardization	국제표준화기구
LEED	Leadership in Energy and Environmental Design	친환경 건축물 평가·인증체계
MMH	manual material handling	수작업 물자 취급
NCEES	National Council of Examiners of Engineers and Surveyors	미국 공학·측량 시험위원회 협의회
NFPA	National Fire Protection Association	미국방화협회
NIOSH	National Institute for Occupational Safety and Health	미국 국립산업안전보건연구원
NORA	National Occupational Research Agenda	국가산업보건연구의제
NSC	National Safety Council	국가안전위원회
NTRC	Nanotechnology Research Center	나노기술연구센터
OEB	occupational exposure band	작업장 노출밴드
OEL	occupational exposure limit	작업장 노출기준
OSH	occupational safety and health	산업안전보건
OSHA	Occupational Safety and Health Administration	산업안전보건청
PDC	professional development course	전문역량 개발교육

약어	영어 원명	한국어 뜻
PMMI	Packaging Machinery Manufacturers Institute	포장기계제조업체협회
PtD	Prevention through Design	디자인을 통한 예방
r2p	research to practice	연구성과의 현장 적용
REL	recommended exposure limit	권고노출기준
SEMI	Semiconductor Equipment and Materials International	국제반도체장비재료협회
TSCA	Toxic Substances Control Act	유해물질관리법
UK	United Kingdom	영국
UL	Underwriters Laboratory	UL 안전인증기관
US	United States	미국
USGBC	United States Green Building Council	미국그린빌딩협의회
VOC	volatile organic compound	휘발성유기화합물

서론(Introduction) — 원문 1~2쪽

'디자인을 통한 예방(PtD)' 국가 이니셔티브는 근로자를 보호하기 위해 업무상 위험요인을 디자인 단계에서 제거한다는 목표로 2007년에 출범했다. PtD는 시설, 작업방법과 운영, 프로세스, 설비, 도구, 제품, 신기술 및 업무조직에서 근로자에 대한 위험을 예상하고 디자인 단계에서 제거하려는 모든 노력을 포괄한다[Schulte et al. 2008]. 유지보수 업무를 수행하는 사람을 포함한 근로자들은 디자인 과정에서 충분히 고려되지 않는 경우가 많았다. PtD는 디자인을 구현하거나 디자인된 제품을 사용해야 하는 근로자에게 초점을 맞춘다. 이 이니셔티브는 가장 신뢰할 수 있고 효과적인 예방 유형인 디자인을 통한 위험요인 제거를 지원하기 위해 개발되었다. PtD는 위험관리 위계의 모든 수준에서 실천할 수 있지만 위험을 제거하는 수단으로 사용할 때 가장 효과적이다.

이 이니셔티브는 과거의 노력과 상당수 지지자들의 기반 위에서 NIOSH와 여러 이해관계자가 추진했다(표 1). 이후 다양한 의견을 수렴하기 위한 일련의 공개회의에서 이해관계자들이 전략계획을 개발했다(그림 2). 국가산업보건연구의제(NORA)의 일부로 식별된 각 산업 부문을 지원하기 위한 구체적인 목표도 수립했다[NIOSH 2011]. 산업별로 제기된 문제 중에는 여러 산업에 공통되는 사항도 많다. 2008년 이후 전략계획은 기획과 실행의 기반이 되었다.

그림 2. PtD 전략계획의 개발[NIOSH 2011]. 원문의 도식은 2007년 이해관계자 의견수렴, 연구·교육·현장 적용·정책 분야의 전략계획 수립, 2011년까지의 디자인 단계 안전·보건 고려사항 통합, 2014년까지의 성과 및 지속가능성 평가를 시간 흐름으로 나타낸다. 참여 산업은 농림어업, 광업, 건설, 제조, 도소매, 운송·공익사업, 공공안전, 서비스, 의료·사회복지 등이다.

표 1. PtD 이니셔티브 창립 협력기관

- 미국산업위생협회(American Industrial Hygiene Association, AIHA)
- 미국안전기술자협회(American Society of Safety Engineers, ASSE)
- 설비제조업체협회(Association of Equipment Manufacturers, AEM)
- 건설연구교육센터(Center for Construction Research and Training, CPWR)
- Kaiser Permanente
- Liberty Mutual
- 국가안전위원회(National Safety Council, NSC)
- 산업안전보건청(Occupational Safety and Health Administration, OSHA)

ORCHSE Strategies, LLC(구 Mercer, ORC Worldwide™)

Regenstrief 의료공학센터(Regenstrief Center for Healthcare Engineering)

이 계획은 **5개 전략목표, 35개 중간목표, 52개 관련 연구활동**으로 구성된다. 연구, 교육, 현장 적용, 정책의 네 가지 상위 영역으로 목표와 활동을 구분했다. 소기업의 운영·프로세스·환경에서 PtD를 적용할 때 발생하는 특수한 어려움을 다루기 위해 소기업을 추가 중점 영역으로 설정했다. 다섯 영역에는 각각 전략목표가 있으며, 세부 활동과 성과지표 및 일정은 이전에 발행한 「국가 이니셔티브 추진계획」[NIOSH 2011]에 제시했다(그림 3). 이 이니셔티브는 2007~2014년을 대상으로 수립되었다. 궁극적인 목적은 업무상 위험요인을 디자인 단계에서 제거하는 것이 일반적인 관행이 되도록 문화를 변화시키는 것이다.

PtD 출범 이후 NIOSH는 이니셔티브에 **2,600만 달러 이상**을 투자했다. 이 가운데 외부 연구사업에 2,330만 달러, 내부 연구사업에 280만 달러를 투입했다(그림 4). 이제까지의 진전을 평가하고 앞으로 해야 할 일을 파악할 시점이다. 이 보고서는 **2013년까지의 이니셔티브 추진 상황**을 다루며, 각 영역에서 이룬 진전과 남은 과제를 설명한다.

원문 주석: 외부 연구사업 투자에는 어떤 방식으로든 PtD를 포함하는 모든 사업이 해당한다. 모든 사업이 PtD만을 대상으로 하는 것은 아니며, 일부 연구에 PtD가 포함된 경우도 있다.

그림 3. 「디자인을 통한 예방: 국가 이니셔티브 추진계획」의 표지.
그림 4. 연도별 NIOSH PtD 투자 규모. 원문 그래프는 2007~2013년의 내부 연구비(녹색)와 외부 연구비(적색)를 연도별로 제시한다. 보고서 본문에 제시된 누적 수치는 외부 2,330만 달러, 내부 280만 달러이다.

연구(Research) — 원문 3~6쪽

전략목표

연구를 통해 이미 채택된 PtD 개입방법의 가치를 확인하고, 기존의 디자인 관련 과제에 대응하며, 향후 연구 분야를 제안한다.

업무상 질병 및 사망을 효과적으로 줄이는 디자인 요인, 이러한 디자인 요인의 효과를 평가하는 지표, 효과적인 디자인의 확산방법, 경제적·사업적 문제에 관한 연구가 필요하다. 특히 다음 질문에 답해야 한다.

- 디자인이 위험요인을 효과적으로 제거하고 근로자의 위험을 낮춘다는 것을 보여주는 근거는 무엇인가?
- 각 산업의 중상해, 질병, 사망 및 유해요인 노출 경험에서 디자인은 어떤 역할을 하는가?
- PtD의 효과적인 실행을 촉진하거나 방해하는 요인은 무엇인가? PtD 실행의 효과를 보여주는 사업적 사례는 무엇인가? 어떤 요인이 안전문화를 구축하는 데 기여하는가?

연구 성과(Research Outcomes)

초기 연구과제 중 하나는 디자인을 통한 위험요인 제거가 법으로 의무화된 사례를 조사하는 것이었다. 1994년 영국 건설산업에 도입된 규정이 그 대상이었다[Health & Safety Commission 1994; Jeffrey and Douglas 1994]. 이 연구는 영국 디자이너의 역할을 조사하여 디자인을 통한 질병·부상 예방이 작업 프로세스에 가장 큰 영향을 미칠 수 있는 영역을 파악했다.

NIOSH 연구자와 Loughborough University의 계약연구자가 런던 및 인근 지역에서 포커스그룹 인터뷰 14건을 실시했다. 참여자는 영국의 건설 전문단체인 공인건축협회(CIB), 왕립건축가협회, 토목기술자협회, 영국안전위원회, 프로젝트안전협회 등에 소속된 사람들이었다. 질문은 PtD 개념, 적용 및 영향을 다뤘다.

연구 결과는 2009년 멜버른 CIB 학술대회에서 발표했다[Gambatese et al. 2009]. 더욱 폭넓은 의견을 얻기 위해 영국 건설업계를 대상으로 온라인 조사도 실시하여 산업 전반을 대표하는 다양한 배경의 응답자 228명으로부터 PtD 적용에 관한 정보를 얻었다. 보완 활동으로 영국 Sellafield 원자력시설 건설 프로젝트의 PtD 활동을 집중 평가하고, 유사한 PtD 법령이 있는 호주의 건설산업 종사자를 대상으로 추가 포커스그룹 인터뷰를 진행했다.

1994년 건설(디자인 및 관리) 규정(CDM)을 채택한 이후 영국 건설근로자의 치명적 부상 발생률은 감소했다(그림 5). 연구보고서[Gambatese 2013]는 미국에서 PtD를 도입할 때 고려해야 할 네 가지 속성인 **지식, 의지(동기), 능력, 실행**을 제시했다. 각 속성은 긍정적 변화를 일으키고 목표 성과를 실현하는 데 필요한 기본 조건이다. 연구결과는 PtD가 성공하려면 각 속성이 어떤 형태로

든 충족되어야 한다고 설명한다. 보고서는 미국 건설산업에서 각 속성을 다루고 강화할 다양한 요소를 제시하며, 어떤 요소를 채택하고 추진할지는 이용 가능한 자원과 산업환경에 달려 있다고 설명한다.

그림 5. 영국 건설(디자인 및 관리) 규정(CDM) 도입 전후의 치명적 부상 발생률[Gambatese 2013]. 원문은 1981년 이후 인구 10만 명당 건설업 근로자와 자영업자의 치명적 부상 발생률을 선그래프로 비교한다. CDM 도입 시점은 1994년으로 표시되어 있다. 그래프의 감소 추세만으로 규정 도입의 인과효과를 단정할 수는 없다.

NIOSH가 ORCHSE Strategies, LLC와 공동으로 추진한 다른 연구에서는 미국에 기반을 둔 대규모 다국적기업이 공정 가동 이후 안전보건 대책을 추가하는 대신 디자인 단계에서 예방대책을 구축하도록 정책을 수립했는지 조사했다. ORC Fortune 200 회원기업을 대상으로 제품·기계 디자인, 공장 배치, 시설 상태, 자재 선택과 규격, 생산계획, 관리자와 근로자의 직무에 PtD 정책과 관행이 얼마나 통합되어 있는지 확인했다. 특히 설비·프로세스·도구의 디자인 및 재디자인에서 근로자 안전보건 문제를 다루는 기업정책과 관리관행에 관한 정보를 수집했다. 응답기업의 80%는 PtD를 인지하고, 77%는 운영에 PtD 원칙을 포함한다고 밝혔다. 응답기업의 40%는 협력업체와 도급업체에 자체 PtD 프로그램을 요구한다고 응답했다[Biddle 2011; Newell and Biddle 2011].

또 다른 연구에서는 건설산업에서 실제 적용된 다섯 가지 PtD 해결책을 조사했다. ① 추락방지를 위한 콘크리트 앵커용 스트랩, ② 지붕 파라펫의 높이 증가, ③ 전선의 슬래브 및 지중 매설, ④ 안전난간 지지용 콘크리트 매입 부재, ⑤ 난간이 있는 토류구조물이다. 각 해결책은 디자인의 상세 설명과 장점·한계를 제시하여 실제 PtD 적용방법을 설명한다. 이 사례들은 NIOSH의 「작업장 디자인 해결책(Workplace Design Solutions)」 문서 시리즈로 공개할 예정이다.

위험성평가 분야에서는 디자인 위험도 평가체계를 개발하는 연구가 계속되고 있다. 건축 관련 직종 전문가를 조사하여 건물 시공에 필요한 개별 작업과 자재에 따른 위험을 수치화했다. 구성요소 설치에 필요한 작업에 리커트 척도로 위험등급을 부여하고, 개별 작업을 결합하여 더 큰 구성요소의 시공절차를 구성했다. 구성요소별 위험값을 이용하면 건축가와 엔지니어가 원하는 위험 수준에 도달하도록 디자인을 선택·변경할 수 있다. 이 연구는 일반적인 상업건축물의 구성요소에 대한 대안 디자인별 건설안전 위험요인을 산출할 것이다. 2014년에 현장 모의평가를 실시할 수 있도록 디자인 위험도 평가체계의 컴퓨터 모델을 제작 중이다.

PtD 이니셔티브는 지속가능성을 추진하는 과정에서 생겨나는 업무상 위험을 디자인 단계에서 제거하는 데도 주목한다. 2009년 12월 NIOSH는 친환경 일자리의 범위를 파악하고 친환경 건축요소의 시공·유지보수와 관련된 위험에 대한 인식을 높이기 위해 「친환경 일자리를 안전하게 만들기(Making Green Jobs Safe)」 워크숍을 개최했다. 2010년에는 NIOSH가 지원한 Oregon State University의 연구에서 신규 건축물의 친환경 인증인 LEED 점수항목을 검토했다. University of Massachusetts Lowell이 수행하고 2011년 NIOSH PtD 학술대회에서 발표한 또 다른 연구에서는 신규 LEED 인증건물의 친환경 요소가 예방정비 근로자에게 초래하는 안전보건 위험을 조사했다.

이 연구에서는 설비와 건축물 디자인에 관련된 몇 가지 심각한 산업안전보건 위험이 발견되었는데, 향후 LEED 건물의 디자인 단계에서 모두 제거할 수 있는 것이었다[Omar et al. 2013]. 보고서는 시공 및 입주 후 근로자 안전을 높이는 구체적인 점수항목을 확인하는 한편, 부상이나 질병 위험을 의도치 않게 높일 수 있는 점수항목도 지적했다. 연구진은 PtD의 중요성을 인정하고 이를 LEED 평가체계에 반영할 수 있는 시범 점수항목도 초안으로 작성했다. 2012년 NIOSH는 미국그린빌딩협의회(USGBC)와 만나 LEED 인증 점수항목에 근로자 안전보건을 포함하는 방안을 논의했다. 언론이 최고등급인 LEED 플래티넘 건물의 건설을 계속 주목하는 가운데 NIOSH는 PtD 모범관행을 LEED 평가체계에 도입하기 위해 적극적으로 노력하고 있다. NIOSH와 USGBC는 지속가능성의 실현을 추구하면서도 안전하고 건강한 친환경 일자리를 지지한다. 건설 프로젝트 전 과정의 근로자는 신소재·신공정·신설비에 고유한 위험에 노출될 수 있다. PtD 이니셔티브는 그러한 위험을 찾아내는 데 목적이 있다.

NIOSH는 여러 외부 협력기관과 함께 기존 산업안전보건 감시 및 데이터체계가 업무상 부상·질병에 기여하는 디자인 요인을 식별하는 데 어느 정도 활용될 수 있는지 평가하고 있다. 기존 체계가 디자인 관련 요인을 얼마나 식별하는지는 아직 알려지지 않았다. 관련 문헌도 드물다. 약 10년 전 호주 정부는 2000~2002년 업무상 사망사고의 '디자인 관련' 근본원인을 조사했다. 확인된 210명 중 77명(37%)은 디자인 관련 문제가 확실하게 또는 개연성 높게 관여했다. 추가 29명(14%)은 사고 정황상 디자인 문제가 관련되었을 가능성이 있었다[Driscoll 2008]. 지금까지의 연구는 수가 적을 뿐 아니라 특정 체계나 하나의 디자인 요인만을 다루는 등 종합적이지 않은 경우도 많았다. 최신 NIOSH PtD 연구과제는 다음 세 목표를 통해 종합평가를 수행할 예정이다. ① PtD 활동을 안내할 가능성이 있는 기존 산업안전보건 감시체계 검토, ② 산업안전보건 데이터를 보유한 기타 체계 검토, ③ 평가결과 개발 및 보급이다.

PtD 개념의 도입과 질병·부상 발생률 감소 사이의 관계를 정량화할 수 있는 구체적인 지표를 찾는 일은 여전히 과제이다. 수십 명의 과학자가 PtD 연구에 참여하고 있지만 PtD 개념을 통합함으로써 얻는 총체적인 편익에 대해서는 아직 종합적인 그림이 없다.

일부 사례연구에서는 구체적인 디자인 개입의 긍정적 투자수익률을 보여주었다. 운영과 유지보수에서 얻은 교훈을 신규 시설·프로세스·설비의 개념디자인 초기에 반영하면 위험한 상황을 제거하는 데 효과적이라는 사례도 많다. 특히 인간공학적 개입이 그러하다.

교육(Education) — 원문 6~13쪽

전략목표

2008년 7월 NIOSH 교육지원사업 책임자들은 주요 NIOSH 직원들과 만나 PtD의 교육목표를 다음과 같이 정했다.

디자이너, 엔지니어, 기계·설비 제조업체, 보건안전 전문가, 기업 리더와 근로자가 PtD 방법을 이해하고, 신규·기존 시설, 프로세스, 설비, 도구 및 업무조직의 디자인과 재디자인에 그 지식과 기술을 적용한다.

교육은 전문직 공동체가 건강유해요인을 파악하고 근로자의 안전과 건강에 대한 위험을 평가·최소화하는 역량을 계속 강화하도록 동기를 부여하고 지원하는 데 중점을 둔다. PtD의 통합은 개선된 디자인·공학 교육과정과 함께 PtD의 지식과 기술을 높이 평가하고 역량평가에 포함하는 전문직 인증제도의 개선을 통해 이루어질 것이다. PtD 방법을 업무시스템과 프로세스에 적용하면 기업의 수익성을 높일 수 있음을 경영자에게 알리는 것도 중요한 요소이다.

PtD는 다양한 직업분야와 교육현장에 맞춘 포괄적인 교육체계의 개발과 실행을 요구한다. 교육목표와 내용은 전문분야와 교육환경에 따라 상당히 다르다. 예를 들어 기계공학자의 교육 수요는 건축가, 산업디자이너, 구매 담당자, 재무 전문가의 수요와 다르다. 그러나 광범위한 교육체계 전반에 공통적인 PtD 주제가 반영되어야 한다. 위험관리의 근본은 위험을 정확하게 평가하고 위험관리 위계를 적용하여 허용 가능한 위험 수준을 권고할 수 있는 역량이다. 디자인과 관련된 모든 직업분야의 전문가들에게 허용 가능한 위험의 판단과 경영진에 대한 정보전달 방법을 교육하는 일은 PtD 성공에 필수적이다.

또한 교육체계는 사회에 진출하는 학생과 경험이 풍부한 전문가의 필요를 모두 다뤄야 한다. 학생에게는 기존 교과목·교재·자격과정에 PtD 자료를 통합할 수 있다. 현업 전문가에게는 전문역량 개발교육, 계속교육 세미나, 학술지 등을 통해 PtD 개념을 전달할 수 있다. 공학 교육에서 지식 공급과 역량강화에만 주목하지 말고 수요 측면도 다뤄야 한다. 고용주가 PtD 원칙과 실무를 이해하는 신규 인력을 찾도록 장려해야 한다.

PtD 지식·기술·정보는 전문역량 개발교육을 이용하기 어려운 소기업 경영자에게도 전달되어야 한다. 기업·업종별 협회와 제품·서비스 공급업체를 활용하면 가능하다. 마지막으로, 중요성에서 결코 뒤지지 않는 대상이 근로자이다. 웹 기반 영상과 같은 새로운 교육형식을 활용하면 모든 산업 및 대·소규모 사업장의 근로자에게 도달할 수 있다. 근로자들은 자신이 사용하는 시설과 설비의 장단점을 잘 알고 있어 디자인 또는 재디자인 과정에 기여할 수 있다.

교육 성과(Education Outcomes)

일부 대학원 과정에는 인간공학이 포함되어 있지만 대부분의 공학 학부 교육과정에서는 PtD에 필요한 도구와 기법을 가르치지 않는다. 이러한 교육의 공백 때문에 산업계는 신규 엔지니어에게 PtD의 개념, 표준, 사고방식을 사후 교육해야 한다. PtD에 익숙하지 않은 기업에서는 개념디자인과 상세디자인 단계에서 위험을 제거·완화할 기회를 놓친다.

지난 30년 동안 교육자, 노동계, 기업, 산업계 지도자들은 심포지엄을 통한 논의를 거쳐 안전보건 교육이 안전공학·산업위생·직업의학의 독립적인 과목에만 존재하기보다 공학 교육과정 전체에 스며들어야 한다고 결론지었다. 이를 개선하기 위한 PtD 이니셔티브는 교재용 내용 개발, 교육모듈 제작, 워크숍·학술대회·세미나를 통한 PtD 개념 소개를 포함한다.

교재(Textbooks)

NIOSH는 주요 공학 교재 출판사와 협력하여 사례연구, 과제, 예제를 통해 PtD 원칙을 공학 교재에 확산하고 있다(그림 6). 출판사 편집자는 미국 시장점유율이 높고 개정 중인 교재를 선정한다. 이러한 공학 세부전공 교재는 매년 수천 명의 학생에게 사용된다. NIOSH와 협력하려는 저자들은 자기 과목에 맞는 PtD 자료를 요청한다. 해당 교재의 공학 주제와 PtD에 전문성이 있는 외부 전문가가 저자에게 정보를 제공한다. NIOSH가 주도하는 이 활동이 다른 단체들로 하여금 NIOSH와 별개로 사업을 확장·복제·개선하도록 촉진하기를 기대한다.

교재 사업은 2008년 NIOSH가 J. Wiley & Sons의 편집진과 공학 교재에 PtD 개념을 포함하는 문제를 논의하면서 시작되었다. 최초로 교재 60종을 확인하고 검토했다. 검토 항목은 관련 공학 세부전공, 예정된 개정 시기, 연간 판매량, 기존 교재에 포함된 PtD 사례, PtD 개념을 제시할 수 있었지만 누락된 기회 등이었다. 검토한 교재 중 15종을 선정하고 저자들에게 PtD 사례를 활용하도록 권장했다.

다른 출판사에도 비슷한 활동을 추진했다. Taylor & Francis Group의 CRC Press와 McGraw Hill 편집자들도 협력하기로 했다. 구조용 철골, 철근콘크리트, 건축 기계·전기설비, 건설관리, 교통관리, 친환경 건축요소, 건축디자인, 위험성평가와 신뢰성, 화학공정안전, 제조설비, 농업용 화학물질 및 설비, 실험실 안전에 관한 교재를 위해 추가 내용을 개발했다.

그림 6. PtD 내용이 포함된 교재들의 표지. 원문에는 Engineering Mechanics and Design Applications, Fluid Mechanics, Water Supply & Wastewater Removal, Occupational Ergonomics, Prevention through Design, Transdisciplinarity의 표지가 실려 있다.

표 2에 제시된 것처럼 NIOSH가 처음으로 PtD 교재 작업에 협력한 것은 2008년 2월 안전 전문가 Fred Manuele과의 작업이었다. Texas Tech의 Atila Ertas 교수는 PtD 이론을 정리하여 2010년에 출판했다. 2010년 10월에는 Nazih K. Shammas 교수가 수도·하수도 분야 교재에 PtD 사례 몇 건을 포함했다. 그중 일부는 NIOSH FACE 보고서 자료를 활용했다. 또한 엔지니어를 위한 위험요인 식별, 시스템 안전, 위험성평가 기법에 관한 독립된 제21장을 집필했다. Massachusetts Institute of Technology의 Lou DiBerardinis 교수는 이 장을 검토하고 1999년 「보건안전 핸드북」의 사례를 추가할 것을 권고했다. West Virginia University의 기계·항공우주공학과 박사과정 학생 Chris Griffin은 유체역학 교재를 위한 PtD 내용을 개발했다. Shammas 교수의 다른 교재에는 샌프란시스코시 수도 관련 기관의 Carolyn Jones가 개발한 PtD/산업안전보건 사례 10개가 실려 있다. Ertas 교수는 2011년에 두 번째 소책자를 출판했고, 곧이어 기계공학자를 위한 PtD 교재가 출간되었다. Purdue University의 산업·환경보건과학 대학원 과정 책임자인 James D. McGlothlin 교수는 University of Cincinnati의 Amit Bhattacharya 교수와 협력하여 인간공학 교재 개정 2판에 PtD 개념을 포함했다. 끝으로 교육방법론의 선구자인 Richard M. Felder는 성공적인 교재 「화학공정의 기초 원리(Elementary Principles of Chemical Processes)」 개정판에 PtD를 포함하기로 했다.

표 2. PtD 개념을 포함한 일부 교재(원문 서지 및 제목 뜻)

1. Manuele FA [2008]. Advanced safety management: focusing on Z10 and serious injury prevention. 1st ed. New York: John Wiley & Sons. —「고급 안전관리: Z10과 중상해 예방을 중심으로」.
2. Ertas A [2010]. Prevention through design: transdisciplinary process. The ATLAS.org. ISBN 0-9778129-4-4. —「디자인을 통한 예방: 초학제적 과정」.
3. Young DF, Munson BR, Okiishi TH, Huebsch WW [2010]. A brief introduction to fluid mechanics. 5th ed. New York: John Wiley & Sons. —「유체역학 입문」.
4. Shammas NK, Wang LK [2011]. Fair, Geyer, and Okun's water and wastewater engineering: water supply and wastewater removal. 3rd ed. New York: John Wiley & Sons. —「상수도 공급과 하수 제거」.
5. Wang LK, Hung YT, Shammas NK, eds. [2011]. Waste treatment in the mining and chemicals manufacturing industries. Boca Raton: CRC Press. —「광업 및 화학제품 제조업의 폐기물 처리」.
6. Ertas A [2011]. Transdisciplinarity: bridging social science, natural science, humanities and engineering. The ATLAS.org. ISBN 0-9778129-3-6. —「초학제성: 사회과학·자연과학·인문학·공학의 연결」.
7. Ertas A [2011]. Engineering mechanics and design applications: transdisciplinary engineering fundamentals. Boca Raton: CRC Press. —「공학역학과 디자인 응용: 초학제적 공학의 기초」.
8. Bhattacharya A, McGlothlin JD [2012]. Occupational ergonomics, theory and applications. 2nd ed. Boca Raton: CRC Press. —「직업 인간공학: 이론과 응용」.
9. Main B [2012]. Risk assessment: challenges and opportunities. ISBN 9780-9741248-2-7. —「위험성평가: 과제와 기회」.
10. Manuele FA [2013]. On the practice of safety. 4th ed. New York: John Wiley & Sons. —「안전 실무에 관하여」.
11. Felder RM, Rousseau RW [인쇄 중(In press)]. Elementary principles of chemical processes. 4th ed. New York: John Wiley & Sons. —「화학공정의 기초 원리」.

Carol Clinton, Ph.D., LEED AP가 이 교재를 위한 과제와 예제를 개발했다. 개정 4판은 당시 J. Wiley & Sons의 출판을 기다리고 있었다. 출판사들이 전자매체로 전환하면서 양장 교재의 출판 속도는 느려졌다. 그러나 2013년 4월 기준 문헌검색에서는 PtD 개념을 포함하는 책 68종이 확인되었다. NIOSH는 e리더, 스마트폰, 태블릿 등에서 접근할 수 있는 형식의 PtD 내용을 기대하며 향후 교재도 이러한 기기와 호환될 것으로 예상한다.

교육과정(Curricula)

지난 5년 동안 30개가 넘는 대학이 PtD를 공학 학부 교과목에 반영하는 데 관심을 보였다. Virginia Tech의 학제 간 PtD 교과목, University of Alabama at Birmingham의 석사과정, Harvard University의 계속교육, Virginia Commonwealth University, University of Massachusetts Lowell, Bucknell University, Oregon State University, Purdue University, University of Utah의 공학 교과목이 주목할 사례다.

인간공학적 개입의 효과가 널리 알려지면서 인간공학에 대한 관심도 증가했다. 안전공학과 생명의공학 분야의 일부 학위과정은 공학·기술교육 인증기관인 ABET의 인증을 받았다. 산업위생 및 직업의학 대학원 과정에도 엔지니어들의 관심이 이어지고 있다. NIOSH가 2011년에 지원한 연구에서는 다음이 확인되었다. ① ABET 인증기준에 PtD 관련 표현을 추가하는 데 폭넓은 지지가 있다. ② 단순히 '안전'이나 'PtD'라는 용어를 넣기보다 PtD를 설명하는 구체적인 문구를 추가하는 편이 더 나을 수 있다. ③ 실행에는 수년이 걸릴 수 있다. NIOSH는 미국토목기술자협회(ASCE)와 협력하여 토목공학 분야에서 PtD를 계속 주장할 예정이다.

교육모듈(Education Modules)

NIOSH는 학부 공학도에게 세 차례 이상의 강의로 PtD 개념을 전달할 교육모듈을 개발하고 있다. 첫 네 모듈은 건축·토목·건설공학 전공자를 대상으로 한다. 각 모듈은 Adobe 형식의 발표파일, PowerPoint 발표자료, 교수자 지침을 포함한다.

건축디자인 및 시공 교육모듈: 부지계획과 굴착, 채광창·태양광 패널·녹화지붕 등 구체적인 건축요소, 일반 안전사항, 건축물 사용 종료·해체에 따른 위험을 다룬다.

철근콘크리트 디자인 모듈: 콘크리트 디자인과 상세설계, 제작, 설치 과정을 다룬다. 구조엔지니어와 상세설계자가 철근콘크리트 디자인에 PtD를 반영할 수 있는 예시를 제공한다.

구조용 철골디자인 교육모듈: 철골의 디자인, 상세설계, 제작 및 설치를 다룬다. 구조엔지니어와 상세설계자가 PtD를 철골디자인에 반영할 수 있는 예시를 제공한다.

기계·전기시스템 교육모듈: 전기 위험을 다룬다. 풍력발전단지 사례연구는 추락방지를 위한 효과적인 PtD 해결책을 보여준다. 연구시설 사례는 기계·전기시스템의 안전에 적용된 PtD를 확인한다. PowerPoint 버전에는 짧은 영상 5개가 포함되며, Adobe 버전에는 자막 영상에 인터넷으로 접근하는 링크가 제공된다.

최근 발행된 모듈과 향후 모듈은 NIOSH 웹사이트(www.cdc.gov/niosh/programs/ptdesign/pubs.html)에서 내려받을 수 있다.

네 개의 교육모듈을 추가 개발 중이다. 가제는 '화학공정안전', '의생명공학자를 위한 위험성평가와 신뢰성', '농업공학자를 위한 위험요인 식별', '제조 및 산업공학'이다. '안전한 나노디자인', '들어올리기와 포장 디자인', '인적자본 보호'에 관한 모듈도 계획되어 있다. NIOSH 이해관계자와 대학 협력기관을 통해 보급할 예정이다. NIOSH는 공학 전문단체와 협력해 실제 강의실에서 활용할 PtD 사례를 공유하고 있다. 또한 졸업예정 엔지니어를 대상으로 하는 기초시험(Fundamentals Exam)을 개발하는 미국 공학·측량 시험위원회 협의회(NCEES)에 모듈을 제공했다. PtD 협의회와 NORA 산업별 협의회를 활용하여 자료 배포를 알릴 예정이며, 산업계와 학계 모두 이를 활용할 것으로 기대한다.

학술대회와 심포지엄(Conferences and Symposia)

표 3에 나타난 바와 같이 여러 과학·전문 학술대회에서 PtD를 확산했다. 2009년 12월 「친환경 일자리를 안전하게 만들기(Making Green Jobs Safe)」 워크숍을 개최하여 친환경 일자리 산업과 친환경 건축요소를 설치하는 근로자를 위한 권고를 개발했다(그림 7). 산업계, 노동계, 학계, 정부 및 비정부기구의 산업안전보건·환경 전문가들이 모여 친환경 일자리가 근로자에게도 안전하고 건강해야 한다는 점을 어떻게 강조할지 논의했다.

친환경 일자리에서 가장 많이 논의되는 내용은 ① 기업이 경제활동의 환경자원 영향에 대한 인식을 높일 필요, ② 부정적 환경영향을 완화할 필요, ③ 이러한 정보를 근로자와 소비자에게 전달할 필요이다. 워크숍은 이 논의에 친환경 일자리의 안전을 확보하는

방법을 추가할 틀과 계획을 개발하려 했다. 산업안전보건과 환경보호가 서로 겹치며 모두 가치 있고 달성 가능한 목표임을 보여주려 했다. 친환경 일자리와 지속가능한 디자인에 관한 48가지 활동을 포함한 요약본은 www.cdc.gov/niosh/docs/2011-201/pdfs/2011-201.pdf에서 제공한다.

그림 7.「친환경 일자리를 안전하게 만들기」 워크숍 요약보고서의 표지.

2011년 8월 말 워싱턴 DC에서는 이니셔티브 중간 시점의 학술대회를 개최했다.「디자인을 통한 예방: 새로운 사업방식(A New Way of Doing Business)」은 근로자에게 영향을 미치는 모든 디자인에 예방방법을 포함하여 근로자의 안전보건을 개선한 미국의 진전을 점검하는 자리였다. 산업계, 노동계, 학계, 정부기관, 전문기관의 PtD 지도자들이 모여 연구결과, 공학교육의 개선, 이해관계자의 성공적인 실천, 정책의 개발과 진전을 발표했다. 시설·작업방법·프로세스·설비·제품의 디자인과 재디자인에서 위험을 제거하고 최소화하여 업무상 부상·질병·사망을 예방하는 데 상당한 진전이 있었다. 학술대회 논의는 Professional Safety 2013년 1월·3월호에 6편의 기사로 정리되었다. 미국안전기술자협회의 지원으로 해당 기사는 NIOSH 웹사이트에서 이용할 수 있다.

NIOSH는 첫 번째 '안전보건을 위한 디자인' 학생 경진대회도 주최했다. 학부 공학 및 산업디자인 학생 팀이 PtD 개념을 적용하여 작업장을 더 안전하게 만드는 방안을 개발하도록 했다. 성공적인 디자인은 업무상 부상과 질병 위험을 낮추는 것뿐 아니라 업무 프로세스와 생산성을 개선하고 일하기 좋은 환경을 만들어 사업적 가치도 높인다. NIOSH는 대학 학장의 도움을 받아 참가자를 모집했다. 학생들은 자신의 디자인 가운데 근로자의 건강·안전을 개선하는 특징을 식별하고, 업무상 사망·중상해·질병의 위험을 어떻게 줄일 수 있는지 설명해야 했다. 이 내용은 디자인 프로젝트와 PtD의 적용과정을 설명하는 초록과 논문에 포함되었다.

프로젝트는 ① 시설·건축물·공공공간, ② 프로세스·제품, ③ 장치·기계공구의 세 가지 주제로 구분했다. NIOSH 연구진과 기술직원이 제출된 논문의 산업안전보건 적용 가능성을 검토했다. 디자인에서 PtD 원칙을 가장 잘 보여준 세 프로젝트를 선정하여 2011년 8월 학술대회에서 학생들이 직접 발표하도록 했다. 학생들은 개막 환영행사에서 포스터를 발표하고 질문에 답했으며, 학술대회 오찬에서 기조발표도 했다. 학계와 산업계의 심사위원들은 디자인 의도와 상업적 매력을 평가했다. 학생들이 PtD 개념을 실제로 적용하도록 하는 것은 미래의 인력이 디자인 과정에서 근로자의 위험을 제거하려는 태도를 갖추도록 한다.

이후 2012년에는 Purdue University의 'Engineer 2020' 프로그램의 주제가 PtD였다. 이 프로그램은 미래 엔지니어들이 기술적 숙련뿐 아니라 PtD 원칙에 대한 확실한 이해 등 기술적·비기술적 영역의 핵심 역량을 갖추도록 교육하는 것을 목표로 했다. 대학은 구체적인 업무상 위험에 대응하는 디자인 연구를 학생들이 수행할 수 있도록 소규모 연구비를 지원했다. 지원금을 받은 학생들은 프로그램에서 연구결과를 발표했다.

표 3. PtD 주제를 포함한 주요 학술대회 및 행사

1. **디자인을 통한 예방 가상 심포지엄**, 미국안전기술자협회, 2013년 2월 20~21일.
2. **안전한 나노디자인**, 나노과학·공학대학(CNSE), 2012년 8월 14~16일, 뉴욕주 올버니.
3. **디자인을 통한 예방 학술대회: 새로운 사업방식—국가 이니셔티브 보고**, 2011년 8월 22~24일, 워싱턴 DC.
4. **국가안전위원회·국가산업재해연구 심포지엄**, 2011년 10월 18~20일, 웨스트버지니아주 모건타운.
5. **친환경 일자리를 안전하게 만들기**, 2009년 12월 14~16일, 워싱턴 DC.
6. **유해물질 사용감축법(TURA) 20주년 심포지엄 및 계속교육 학술대회**, 2009년 11월 4일, 매사추세츠주 베드퍼드.
7. **국가 환경공중보건 학술대회**, 2009년 10월 26~28일, 조지아주 애틀랜타.
8. **제97회 국가안전위원회 연례 총회 및 박람회**, 2009년 10월 23~30일, 플로리다주 올랜도.
9. **제25회 국가 자율보호프로그램 참가자협회(VPPPA) 연례학술대회**, 2009년 8월 24~27일, 텍사스주 샌안토니오 Henry B. Gonzalez 컨벤션센터.
10. **미국산업위생 학술대회 및 박람회(AIHce)**, 2009년 5월 31일~6월 4일, 캐나다 토론토.
11. **CleanMed 2009: 의료분야의 디자인을 통한 예방**, 2009년 5월 19~20일, 일리노이주 시카고.
12. **제48회 해군·해병대 공중보건 학술대회**, 2009년 3월 20~26일, 버지니아주 햄프턴.
13. **국제기계공학 엔지니어 학술대회 및 박람회(IMECE)**, 2008년 11월 5일, 매사추세츠주 보스턴.
14. **국가안전위원회 주의분산운전 국제심포지엄**, 2008년 10월 14~15일, 버지니아주 알링턴.
15. **ORC Worldwide 경영진 사업현안 포럼**, 2008년 10월 2일, 미주리주 세인트루이스.

16. **NIOSH 교육지원사업 책임자 워크숍: 대학 공학 및 보건안전 교과과정에 PtD 원칙 반영**, 2008년 7월 10일, 펜실베이니아주 피츠버그.
17. **미국산업위생 학술대회 및 박람회(AIHce)**, 2008년 5월 31일~6월 5일, 미네소타주 미니애폴리스.
18. **설비제조업체협회(AEM) 제품안전 세미나**, 2008년 4월 21~23일, 텍사스주 댈러스.
19. **산업공학회 응용 인간공학 학술대회 이후 워크숍: NIOSH 국가 PtD 이니셔티브**, 2008년 3월 13일, 플로리다주 올랜도.

전문기관과의 협력(Partnerships with Professional Organizations)

PtD 직원들은 보건안전 전문가에게 계속 협력을 요청했다. 미국산업위생협회(AIHA)와의 협력에는 AIHA의 「가치 전략(Value Strategy)」 보고서에 PtD를 언급하도록 한 활동이 포함되었다. 이러한 정보전달은 출판에 그치지 않고 AIHA 학술대회, 지역 지부, 특별행사와 연계된 전문역량 개발교육(PDC)으로 확대되었다.

2009년 PtD 프로그램 조정자는 미국산업위생 학술대회 및 박람회(AIHce)의 PDC 개발자 겸 강사로 참여해 사례를 통해 PtD 개념의 가치를 보여주었다. 교육이 호응을 얻으면서 PtD 환경·보건·안전(EHS) 개입방법을 확산하고 PtD 프로그램의 재무적·비재무적 편익을 설명하는 다양한 후속 PDC가 개발되었다. 2013년 AIHA의 가치 전략 관련 PDC에는 많은 사람이 참석했으며 참여자들은 PtD에 관한 의견을 제공했다. 참가자들은 PtD 개념, 위험성평가, EHS 개입의 재무적·비재무적 편익을 통합하는 간단한 도구가 필요하다고 제안했다.

ABET와 NIOSH의 협력도 확대되고 있다. PtD 직원은 2012년과 2013년 ABET 봄 심포지엄에 참석한 프로그램 평가자들(다수가 산업계 종사자)에게 교육모듈 초안을 배포했다. 학부 공학 교육과정 인증에 PtD 담당자가 참여하도록 하는 절차도 추진 중이다. 2008년 이후 PtD는 60회 이상의 전문역량 개발교육, 웹 세미나, 원탁회의 발표 및 기타 강연의 주제가 되었다.

현장 적용(Practice) — 원문 13~19쪽

전략목표

이해관계자가 성공적인 PtD 실무를 찾고, 공유하고, 적용한다.

현장 적용은 온라인 데이터베이스와 기타 매체를 통해 성공적인 작업절차, 프로세스, 설비 및 도구를 찾아 공유하는 데 초점을 맞춘다. 또한 디자인 결정에 근로자의 건강과 안전을 포함하는 것이 지닌 가치를 보여주고 지속가능성 추구와의 연관성을 탐색한다. 성공적인 PtD 실무를 적용하는 데 필요한 노력을 과소평가해서는 안 된다.

PtD의 현장 적용을 촉진하려면 경영진을 설득할 수 있는 사업적 근거를 개발하고, 다양한 디자인·프로세스·작업절차에 내재된 위험을 정확하게 평가하고, 추락방지체계나 기계 방호장치와 같은 효과적인 도구·설비를 디자인해야 한다. 표준화된 평가기준을 활용해 성공적인 PtD 프로세스·절차·도구·설비를 공유하는 웹 기반 체계가 있다면 PtD 모범관행을 효과적으로 확산할 수 있다. 근로자의 안전보건을 고려한 디자인 요소가 포함된 도구와 설비를 식별하는 일은 기업뿐 아니라 소비자에게도 유용한 안내가 된다.

근로자는 이 이니셔티브의 성공에서 핵심적인 역할을 한다. 안전한 작업공간, 작업절차, 도구 및 직무의 개발에 대한 근로자의 의견은 성공적인 디자인 시스템을 형성하는 데 필수적이다. 디자인 과정에 근로자의 의견을 포함한 성공적인 프로그램을 식별하는 일을 PtD 의제의 중심에 두어야 한다.

현재의 경제적 현실을 고려하면 린 제조(lean manufacturing)에서 PtD의 가치를 보여주는 것이 필수적이다. 린 제조를 실행하면서 근로자의 건강과 안전에 필요한 프로그램이 폐지되지 않도록 해야 하기 때문이다. 기업은 PtD 방법을 적용하여 부상·질병의 가능성과 관련 비용을 줄이는 동시에 업무 프로세스와 업무조직을 개선함으로써 수익을 높일 수 있다. PtD를 통해 기업의 수익성이 향상된 사례연구를 개발·공유하면 다른 기업에도 유용한 지침이 된다.

현장 적용 성과(Practice Outcomes)

출판과 정보 확산(Publications and Information Dissemination)

PtD 관련 동료심사 학술논문 수는 크게 증가했다. 2013년 5월 1일 기준 동료심사 학술논문 93편이 있었고, 과학 분야의 동료심사 문헌에서 720회 이상 인용되었다. 논문의 제목, 키워드, 초록 또는 본문에 'Prevention through Design'이나 약어 'PtD'를 사

용하면 PtD 관련 주제의 논문으로 분류했다. Professional Safety와 Journal of Safety Research는 각각 PtD 특집호를 발행했다(그림 8). PtD 개념은 PtD 협의회를 넘어 확산되었다. 저자는 싱가포르, 호주, 영국, 중국, 미국 등 수십 개 나라에 걸쳐 있다. 유럽산업안전보건청(EU-OSHA)은 「유럽의 산업안전보건 연구 우선순위 2013~2020」에 디자인을 통한 예방을 포함했다 [European Agency for Safety and Health 2013].

그림 8. PtD 특집호를 발행한 학술지의 표지. 원문은 Professional Safety 두 권과 Journal of Safety Research의 표지를 보여준다.

현장 적용 위키(Practice wiki)

이해관계자가 중립적인 공간에서 성공적인 PtD 실무를 공유하도록 참여를 유도하기 위해 PtD 위키(www.orchse.com)를 개발하고 있다. 사례연구 14건이 게시되었으며 더 많은 사례를 추가할 수 있다. 관심 있는 사람은 PtD@cdc.gov로 아이디어를 제출할 수 있다. 향후 대중과 블로그 형태로 상호작용할 수 있게 되면, 이 위키는 산업계와 근로자가 모범관행을 공유하고 디자인 관련 문제를 해결하는 공간이 될 것이다. 완료된 사례연구 목록은 표 4에 제시했다.

표 4. PtD 위키에 게시된 사례연구

1. 자연발화성 가스의 자발적 폭발에 대비한 폭발시험실 — Blast Chamber for Spontaneous Explosion of Pyrophoric Gases
2. 안전난간 지지용 콘크리트 매입 부재 — Concrete Imbeds for Guardrail Support
3. 추락방지용 콘크리트 스트랩 — Concrete Straps for Fall Arrest
4. 이중벽 가스배관 — Double-walled Gas Tubing
5. 화학물질 운반용 소형 화물승강기 시스템 — Dumbwaiter System for Chemical Transport
6. 비상시 하강하는 배기장치 — Emergency Drop-down Exhaust
7. 지붕 파라펫 높이 증가 — Increased Height of Roof Parapets
8. 하역장과 자재 적치 — Loading Docks and Material Staging
9. 외부 포장용 용기 — Over-pack Containers
10. 전선의 슬래브 및 지중 매설 — Placing Electrical Wiring in Slabs and Underground
11. 화학물질 취급 안전 — Safety in Chemical Handling
12. 급수시스템의 밸브실 안전디자인 — Safety in Water System Valve Vault Design
13. 미끄러운 표면 — Slippery Surfaces
14. 난간이 있는 토류구조물 — Soil Retention with Railing

산업계 확산활동(Outreach to Industry)

PtD 프로그램은 디자인을 통한 예방의 경제적으로 효과적인 모범관행을 찾기 위해 산업계와 계속 협력하고 있다. 2012년 가을 PtD 직원과 Bayberry Consulting, LLC의 Frank Renshaw는 건설 발주자 협의체(CURT®)의 사무총장을 만나 협력 기회를 논의했다. CURT 간행물 The Voice의 편집자에게 PtD 웹사이트와 출판물 링크를 전달했다. PtD 개념 적용으로 얻는 긍정적인 투자수익을 설명하는 사례연구는 산업계에 가치가 있다.

자재취급장비의 구체적인 설계요건을 정의하기 위해 설비 디자이너와 구매 담당자를 연결하는 노력도 진행 중이다. 수작업 물자취급(MMH)은 대부분의 산업에서 이루어지며, 특히 도소매, 운송, 공익사업, 서비스업에서 일반적이다. 수작업 물자 취급은 근골격계질환(MSD)을 일으킬 수 있는데 이는 근로자에게 큰 고통을 주고 고용주에게도 많은 비용을 발생시킨다. 대응방법 가운데 하나는 자재의 기계식 운반장비를 디자인하고 고용주가 이를 구매하도록 하는 것이다. 2012년과 2013년에는 운반장비 디자이너와 구매자를 연결하는 워크숍을 두 차례 개최했다.

성과사례 중 하나는 건설산업연구소의 연구보고서(RR101-11) 「프로젝트 디자인에서 건설근로자 안전 다루기」이다. 이 연구는 400개가 넘는 디자인 제안을 확인·개발했고, 이 제안은 건설산업연구소 회원에게 무료로 제공된다. 제안은 모든 종류의 디자인 분야, 건설현장 위험, 건설 구성요소와 시스템을 반영한다. 수집된 제안을 통합한 '건설안전 디자인 도구상자(Design for

Construction Safety ToolBox)'라는 컴퓨터 프로그램을 개발했다. 이 프로그램은 프로젝트에 고유한 건설안전 위험을 사용자에게 알리고 디자인 단계에서 위험을 제거·저감하기 위한 방안을 제시한다. 건설산업연구소 회원에게 무료로 제공되는 주소는 www.construction-institute.org/scriptcontent/more/rr101_11_more.cfm이다.

다른 성과사례는 청력보호 분야의 'Buy-Quiet(저소음 제품 구매)'와 'Quiet-by-Design(디자인을 통한 저소음화)' 프로그램으로, 상당한 투자수익률을 보여주었다. NIOSH는 효과적이고 혁신적인 이니셔티브를 인정하고 성공사례를 공유하며 다른 기관의 실천을 장려하기 위해 포상 프로그램을 만들었다. NIOSH는 국가청력보호협회와 협력하여 2009년 최초의 'Safe-in-Sound 청력손실 예방 우수상'을 수여했다. 2013년 우수상 수상기업은 Vulcan Materials Company였다. 이 회사는 양질의 데이터에 기반한 청력손실예방 프로그램을 실행하고 혁신적이며 비용효과적인 소음 측정·통제전략을 채택한 공로를 인정받았다. NIOSH는 또한 동력식 수공구의 구매자, 사용자, 제조업체에게 소음정보를 제공하는 '동력공구 데이터베이스(Power Tools Database)'를 개발하는 등 Buy-Quiet 활동을 촉진했다.

사업적 근거 사례연구(Business Case Studies)

국가 이니셔티브에는 디자인 결정에 근로자의 건강과 안전을 포함할 이유를 보여주기 위한 여러 활동이 있었다. NIOSH는 세 가지 공학적 디자인 해결책의 사업적 근거를 개발했다. ① 포도재배의 인간공학적 개선—포도 수확용 용기 무게를 57파운드에서 46파운드로 감소, ② 드라이클리닝 공정을 대체하는 물세탁 기술, ③ 보건의료산업의 환자 들어올리기 프로그램[Biddle 2013].

세 해결책은 각각 다른 이유로 채택되었다. 첫 번째 사례에서 와인산업은 비용 절감이나 산재보상 감소 때문이 아니라 숙련된 인력을 유지하는 일이 더 중요했기 때문에 수확물로 가득 찼을 때 무게가 더 가벼운 작은 용기를 선택했다. 두 번째 사례는 전문 의류세탁업체가 퍼클로로에틸렌을 사용하는 드라이클리닝에서 물세탁으로 전환할 가능성을 조사했다. 기업들은 화학물질 대체의 사업적 근거를 '친환경' 기술을 통한 기업의 사회적 책임과 연결하는 기회로 활용했다. 마지막 사례에서는 업무상 부상·질병과 관련 산재보상 비용이 얼마나 줄었는지에 관한 정보만으로도 고용주가 판단하기에 충분했다.

현재 연구는 PtD 디자인 대안의 사업적 가치를 평가할 수 있는 사용자 친화적인 도구를 개발하여 연구·현장 적용 목표에 대응하고 있다. 구체적으로 이 도구는 기업 경영진을 설득할 수 있는 사업적 근거를 개발하는 방법을 제공할 예정이다. 이 도구에는 사업적 근거 도출에 널리 쓰이는 AIHA 가치 전략의 모든 단계가 포함된다. 산업안전보건 관리체계와의 통합 가능성, 검토하는 개입방법이 위험관리 위계에서 어느 수준에 해당하는지 쉽게 식별하는 기능 등을 통합한다.

또한 기업의 의사결정에 이용되는 재무지표를 계산하기 위해 개입비용과 영향비용 등 필요한 변수의 비용정보를 찾아 수집한다. 이 도구는 사용하기 쉽고 운영비가 저렴하며 재무·경제 분석의 사전 지식이 없어도 사용할 수 있도록 구상되었다. 산업안전보건 개입의 비재무적 효과를 계산하는 데 필요한 정보도 수집한다. 내장 계산기는 순현재가치(NPV), 내부수익률(IRR), 투자수익률(ROI), 투자비 회수기간 등 재무지표를 산출한다. 또한 생산량 변화율, 근로자 만족도 지표의 변화, 기업 목표 달성의 진전 등 비재무적 결과도 계산한다.

기업문화에 미치는 영향(Impact on Corporate Culture)

PtD를 기업의 안전문화에 통합하려면 경영진의 지지를 보여주는 정책 선언부터 시작해야 한다Renshaw 2012, 2013. 그림 9처럼 정책은 기업 표준의 근거가 된다. 여기서 업무 프로세스와 절차를 디자인·개발하고, 이를 통해 도구와 실무 관행이 도출된다. 이제 여러 조직은 개념디자인 단계부터 기존의 모범관행과 경험에서 얻은 교훈을 디자인·재디자인 과정에 선제적으로 반영함으로써 PtD를 정기적으로 실천하고 있다.

NIOSH는 공학적 디자인 과정의 각 단계를 설명하고, 각 단계에서 PtD 개념을 반영하도록 하는 활동을 확인하는 주제별 웹페이지를 개발 중이다. 각 단계의 도구, 점검표 및 시운전 시험이 준비되는 대로 웹페이지에 연결할 예정이다. 안전보건 실무를 자본투자 프로젝트의 디자인 과정과 사업의 지속가능성에 연결하는 PtD 교육모듈도 개발 중이다. PtD 직원들은 산업계가 NIOSH와 협력하여 공통적인 업무상 위험을 확인하고 이를 제거할 전략을 디자인하도록 계속 장려한다.

그림 9. 디자인 및 재디자인 과정에 PtD 방법 반영[Renshaw 2012, 2013]. 정책과 표준 설정 → 작업 프로세스와 절차 수립 → 도구 및 실무 관행 적용.

나노기술(Nanotechnology)

지속가능성, 산업안전보건 및 친환경 화학에 관한 논의에 PtD를 포함하려는 노력이 집중적으로 진행되고 있다[Schulte et al. 2013]. 특히 나노물질의 제조와 사용에 관련된 위험을 식별하려는 NIOSH의 노력에 주목할 만하다. NIOSH PtD 프로그램과

NIOSH 나노기술연구센터(NTRC)는 뉴욕주립대학교 올버니 캠퍼스의 나노과학·공학대학과 협력하여 2012년 8월 '안전한 나노디자인(Safe Nano Design)' 워크숍을 개최했다(http://www.sunycnse.com/Outreach/NIOSHPresentations.aspx).

목적은 PtD 접근을 통해 나노입자와 관련 제품을 안전하게 합성하기 위한 지침을 마련하는 등 나노기술 제품을 안전하게 상용화할 수 있도록 안내하는 것이었다. 이 학술대회에서는 분자 수준뿐 아니라 공정 수준에서도 PtD 원칙을 적용할 수 있음을 보여주었다. 나노물질은 기능을 유지하면서 독성을 완화하도록 디자인할 수 있다. 공정 수준에서는 나노물질을 포함한 유해화학물질의 노출에서 근로자를 보호하도록 다양한 대책을 디자인에 통합할 수 있다. 분자 수준과 공정 수준의 디자인을 통합하면 근로자의 안전과 건강에 더 큰 영향을 미칠 수 있다. 워크숍의 성과에는 학술논문, 협력관계 구축, 지침 개발이 포함된다(그림 10).

그림 10. 2012년 안전한 나노디자인 워크숍. 원문 도식은 '분자에서 제조를 거쳐 시장으로(Molecule to Manufacturing to Market)' 이어지는 과정을 나타내며, 나노물질 디자인과 제조·공정 디자인에서 출발하여 학술논문·협력·지침 문서라는 결과로 이어지는 구조이다.

작업장 노출밴드 분류(Occupational Exposure Banding)

화학물질 노출을 예방할 때 중요한 것은 작업장 노출기준(OEL)을 관리대책의 기준점이자 공학적 관리대책의 디자인 목표로 활용하는 일이다. NIOSH는 권위 있는 OEL이 없는 화학물질에 대해 안전보건 전문가가 지침을 제시할 수 있도록 체계적인 건강유해요인 분류 접근을 개발 중이다. 이는 화학물질의 위험을 완화하고 위험성을 최소화하는 PtD 적용을 촉진하기 위한 것이다. NIOSH의 건강유해요인 분류과정은 제한된 정보와 자원으로도 수행할 수 있고, 기업 내 산업위생 전문가와 안전보건 전문가가 신속하게 적용할 수 있다. 결과로 도출되는 작업장 노출밴드(OEB)는 권위 있는 OEL이 없는 화학물질을 독성 및 유해 강도에 따라 분류한다.

권위 있는 OEL이 없는 화학물질이 많다는 점에서 작업장 노출밴드 분류의 가치가 드러난다. 미국 환경보호청(EPA)에 따르면 유해물질관리법(TSCA)의 화학물질 목록에는 8만 4,000종이 넘는 화학물질이 있다. OEL은 이 가운데 일부에 대해서만 개발되었다. 따라서 대부분의 화학물질에는 어느 수준까지 노출을 통제해야 하는지에 관한 권위 있는 권고치가 없다. 작업장 노출밴드 분류는 건강위험을 신속히 평가하고 OEL이 없는 물질에 지침을 제공하며 제거 또는 대체 여부를 평가할 위험요인을 파악함으로써 OEL 개발을 보완·지원할 수 있다. 데이터가 적을 때도 권고를 제공할 수 있으며 NIOSH 권고노출기준(REL) 개발을 위한 도구가 될 수 있다.

2011년 11월 NIOSH는 산업계가 이용하는 작업장 노출밴드 분류과정에 관해 이해관계자의 의견을 얻기 위해 이틀 동안 회의를 개최했다. 교육 분과에서는 근로자들이 관리밴드 분류(control banding)를 이해하고 활용하도록 교육할 전략을 확인했다[NIOSH 2009]. 개발 분과에서는 화학물질을 밴드별로 구분하는 여러 접근을 논의했다. 사업이 진행되면서 NIOSH는 긴급대응요원과 산업보건 분야가 활용하는 건강 기준별 유해코드를 조사했다. 주요 목적은 비상상황에서 혼란을 일으키지 않으면서 쉽게 이해할 수 있는 코드체계를 만드는 것이었다. 이어 2년 동안 NIOSH 직원들은 국가·지역 AIHA 회의에서 작업장 노출밴드 개념을 알리기 위한 여러 발표를 진행했다. 그 과정에서 NIOSH는 AIHA, ACGIH 등 핵심 이해관계자와 소통하여 전문직에서 이 도구를 지지하도록 노력했다. NIOSH는 작업장 노출밴드 의사결정 절차의 초안을 발표하여 공개 의견수렴과 동료심사를 받을 계획이다. 노출밴드 분류 절차를 설명하는 사례연구가 포함된 최종 의사결정 절차도 출판할 예정이다.

정책(Policy) — 원문 19~20쪽

전략목표

기업 경영자, 노동계, 학계, 정부기관, 표준 개발·제정기관이 근로자에게 영향을 미치는 모든 디자인에 PtD 원칙을 포함하는 문화를 지지한다.

정책은 근로자에게 안전한 디자인에 대한 수요를 창출하고, 안전보건에 대한 고려사항을 지침, 규정, 권고, 운영절차 및 표준에 포함하는 데 초점을 맞춘다. 안전문화를 구축하는 기반은 모든 산업의 모든 규모 기업이 PtD 프로세스와 프로그램을 만들기 위한 길잡이로 활용할 수 있는 광범위하고 포괄적인 정책을 마련하는 것이다. 합의표준을 제정하는 과정에 PtD를 통합하면 성과 중심의 지침을 제공할 수 있다. 권위 있는 기관과 자문기관이 제시하는 관련 권고에도 PtD 원칙이 반영되어야 한다. 궁극적인 목표는 근로자에게 영향을 미치는 모든 디자인 표준에 PtD 원칙을 포함하는 것이다.

정책 성과(Policy Outcomes)

합의표준(Consensus Standards)

이니셔티브 출범 이후 PtD 개념은 표 5에 나타난 것처럼 최소 25개 합의표준에 추가되었다. 2009년 ASSE 이사회는 PtD 이니셔티브를 지원하여 디자인을 통한 작업장 위험요인 제거를 장려할 독립적인 표준을 개발하라고 권고했다. 새 표준의 토대는 ASSE TR-Z790.001-2009였다.

2011년 ASSE는 미국국가표준협회(ANSI)로부터 ANSI/ASSE Z590.3 「디자인 및 재디자인 과정의 산업안전보건 위험 대응 지침(Prevention through Design: Guidelines for Addressing Occupational Risks in Design and Redesign Processes)」에 대한 승인을 받았다(그림 11). 이 표준은 산업안전보건 경영시스템에 PtD를 포함하는 방법을 안내하며 모든 작업환경에 적용할 수 있다. 특히 디자인 과정에서 산업안전보건의 위험요인과 위험성을 회피·제거·감소·통제하는 데 초점을 맞춘다. PtD 개념은 ANSI/AIHA/ASSE 공동표준인 Z10 산업안전보건 경영시스템 표준의 2013년 개정판에도 포함되었다.

Z10에 따르면 디자인·재디자인·변경관리 프로세스에는 다음을 포함해야 한다.

A. 작업과 그에 관련된 보건안전 위험요인의 식별. B. 디자인의 결함으로 발생하는 인간의 오류를 포함하여 인간공학적 요인에 관련된 위험요인의 인식. C. 적용 가능한 규정, 법규, 표준, 내부·외부에서 인정된 지침의 검토. D. 위험관리대책(위험관리 위계)의 적용. E. 디자인 검토와 변경관리의 적절한 범위와 수준 결정. F. 근로자의 참여[ANSI 2012].

그림 11. ANSI/ASSE Z590.3 표준의 표지.

표 5. PtD 개념을 포함한 합의표준

표준의 원래 식별번호를 보존하고, 제목을 한국어로 옮겼다. 원문 목록은 당시 기준이며 현행 판본이나 법적 강제성을 의미하지 않는다.

1. **AIHA-ANSI Z10** — 산업안전보건 경영시스템(Occupational Health and Safety Management Systems).
2. **ANSI A10** — 건설 및 해체작업 안전(Safety in Construction and Demolition Operations).
3. **ANSI B11.0.2010** — 공작기계 안전표준(Safety Standards for Machine Tools).
4. **ANSI B11.19.2010** — 안전방호의 성능요건(Performance Requirements for Safe Guarding).
5. **ANSI Z244.1** — 위험에너지 통제(Control of Hazardous Energy).
6. **ANSI Z87** — 눈 보호를 위한 안전표준(Safety Standards for Eye Protection).
7. **ANSI/AIHA Z9** — 환기시스템 보건안전표준(Health and Safety Standards for Ventilation Systems).
8. **ANSI/ISO 12100:2010** — 기계안전: 디자인의 일반원칙—위험성평가와 위험 저감(Safety of Machinery: General Principles for Design—Risk Assessment and Risk Reduction).
9. **ANSI/PMMI B155.1** — 포장기계 및 관련 가공기계의 안전요건(Safety Requirements for Packaging Machinery and Packaging-Related Converting Machinery).
10. **ASHRAE 161** — 상용항공기 내부의 공기질(Air Quality within Commercial Aircraft).
11. **ASHRAE 5.08** — 산업환기(Industrial Ventilation).
12. **ASHRAE 9.06** — 의료시설(Healthcare Facilities).
13. **ASHRAE 9.11** — 청정공간(Clean Spaces).
14. **ASSE PtD Technical Report TR-Z790.001-2009** — PtD 기술보고서.
15. **ASSE-ANSI PtD Standard Z590.3.2011** — 디자인 및 재디자인 과정의 산업안전보건 위험 대응 지침.
16. **ISA 12** — 위험장소의 전기설비(Electrical Equipment for Hazardous Locations).
17. **MIL-STD-882E** — 미국 국방부 표준 실무: 시스템 안전(Department of Defense Standard Practice: System Safety).
18. **NFPA 70E** — 작업장 전기안전표준(Standard for Electricity in the Workplace).
19. **NFPA 79** — 산업용 기계 전기요건(Industrial Machinery Electrical Requirements).

20. **SAE J2194** — 차륜형 농업용 트랙터의 전복방지구조물(Roll-Over Protective Structures for Wheeled Agricultural Tractors).
21. **SEMI S14** — 반도체 제조설비 화재 위험성평가 및 완화 안전지침(Safety Guidelines for Fire Risk Assessment and Mitigation for Semiconductor Manufacturing Equipment).
22. **SEMI S2** — 반도체 제조설비 환경·보건·안전 지침(Environmental, Health, and Safety Guideline for Semiconductor Manufacturing Equipment).
23. **UL 2201** — 이동식 엔진발전기 조립체(Portable Engine-Generator Assemblies).
24. **ISO 31000** — 위험관리(Risk Management).
25. **ISO 14798** — 승강기·에스컬레이터·무빙워크: 위험성평가 및 저감방법(Lifts (elevators), escalators and moving walks —Risk assessment and reduction methodology).

소기업(Small Business) — 원문 20~22쪽

전략목표

소기업이 소기업 환경에 맞춰 개발되거나 변형된 PtD 자원에 접근할 수 있게 한다.

소기업 분야의 목표는 성공적인 PtD 실무와 프로그램을 소기업에 맞게 조정하고 확산하는 방법을 찾는 것이다. 소기업은 PtD 문제를 다룰 내부 역량이 부족한 경우가 많다. 이에 국가 이니셔티브는 성공적인 PtD 실무와 프로그램을 소기업 환경에 적합하도록 조정할 것을 요구한다. 소기업 수준에서의 성공적인 실무·프로그램·개입 사례연구는 이러한 사업장을 위한 비용효과적인 디자인 해결책을 보여준다.

소기업 성과(Small Business Outcomes)

NIOSH는 소기업 환경에서 안전한 작업관행을 채택하도록 촉진했다. 관련 활동 가운데 하나는 상공회의소, 업종별 협회, 공급업체, 보험사와 같은 중개기관에 정보를 제공하는 것이다. 소기업이 안전보건 프로그램을 추가함으로써 사업적 가치를 높일 수 있다는 정보를 이들 중개기관을 통해 전달한다[Sinclair et al. 2013].

다른 확산활동은 ORCHSE Strategies, LLC(구 Mercer, ORC Worldwide™)가 후원하는 환경·보건·안전 우수센터를 통해 수행된다. 연구결과와 모범관행을 누구나 이용할 수 있는 온라인 저장소에 제공한다. '특정 직종과 작업을 위한 해결책' 저장소는 위키 플랫폼을 기반으로 구축되었으며 고용주, 안전보건 전문가, 연구자, 정부, 노동단체, 근로자 등 누구나 참여할 수 있는 협력공간으로 구상되었다. 안전보건을 제대로 실천하려 하지만 지식과 자원이 부족한 소기업에 가치가 있다.

NIOSH 나노기술연구센터를 통한 소기업 확산활동도 이루어지고 있다. NIOSH는 역학 및 통제 연구와 종합적인 위험관리 지침 개발을 지원하기 위해 나노물질 생산·사용 시설에서 노출평가를 실시해 왔다. 2006년 이후 NIOSH 연구자들은 공학적 나노물질을 실제로 제조하거나 사용하는 연구시설, 파일럿 플랜트, 제조현장에서 40회 이상 작업장 조사를 수행했다. 민간부문이 협력자로 참여했다는 점에서 이 연구는 매우 생산적인 활동 중 하나였다. NIOSH는 이 과정을 통해 대·소규모 나노물질 제조기업과 협력관계를 구축하고 나노물질 취급방법에 관해 귀중한 통찰을 얻었다. 2010년 나노제조 정상회의에서 네 기업이 NTRC 연구자들과의 경험이 공학적 나노물질의 안전한 취급에 지침을 제공하는 데 매우 유익했다고 공개적으로 설명했다. 그중 NanoComp Technologies, Inc.는 기업의 성장을 뒷받침하는 효과적인 EHS 프로그램을 개발하는 핵심 협력자로 NIOSH를 소개했다[Banash 2010].

연구성과의 현장 적용(Research to Practice)

NIOSH의 '연구에서 현장으로(r2p)' 프로그램은 공공부문에서 민간부문으로 기술과 정보를 이전하기 위해 설계되었다. 소기업에는 위험을 제거할 효과적인 해결책을 개발하기 위한 자본이 부족할 수 있다. r2p 프로그램은 NIOSH와 소기업이 실제 현장에서 디자인 대안을 평가할 수 있도록 한다. 반복적인 개발과 평가 과정을 거쳐 특허 출원이 가능한 제품이 만들어질 수도 있다.

PtD의 많은 적용방법은 소기업에도 활용할 수 있다. 디자인을 통해 위험이 제거된 제품의 도입은 모든 규모의 기업에 편익을 제공한다. 국가아스팔트포장협회·아스팔트포장연합과 협력한 NIOSH 지원연구는 중온 아스팔트가 근로자의 휘발성유기화합물(VOC)

노출을 줄일 수 있음을 보여주었다[Acott 2011]. NIOSH는 와이너리와 협력하여 근골격계 부상을 줄이기 위한 소형 포도 수확용 용기를 디자인·평가했다[Wolfe 2012]. 상업어선에서는 캡스턴 윈치에 비상정지장치를 디자인함으로써 끼임 및 이에 따른 부상·사망이 감소했다[Lincoln et al. 2008]. 환자 이동 보조장비 사용을 의무화한 종합적인 환자 들어올리기 정책은 상당한 비용을 절감했다[Biddle 2013]. 탄광의 컨베이어 체인에 코팅을 적용하자 소음이 크게 줄고 체인 수명이 연장되었다[Kovalchik et al. 2008]. 이러한 PtD 사례의 자세한 설명은 PtD in Motion 뉴스레터(http://www.cdc.gov/niosh/topics/ptd/)와 http://www.asse.org/professionalaffairs_new/ptd.php에서 확인할 수 있다.

향후 목표(Future Objectives) — 원문 23쪽

2014년은 이니셔티브의 일곱 번째 해이다. 아직 해야 할 일과 이해관계자의 관심을 고려하여 NIOSH는 이니셔티브를 **2015~2020년의 추가 5년간** 지속할 계획이다. 그간의 성과를 공고히 하고, 현행 전략계획의 미달성 목표에 대응하며, 이해관계자의 새로운 요구에 부응하는 데 초점을 맞출 것이다.

향후 5년의 초점은 이 보고서와 전략계획에서 확인된 요구에 대응하고, 궁극적으로는 근로자의 위험을 디자인에서 제거하는 일이 일반적인 관행이 되도록 문화를 바꾸려는 노력을 계속하는 것이다. NIOSH는 향후 이니셔티브에 관한 이해관계자의 새로운 의견을 수렴할 계획이며 PtD@cdc.gov로 의견, 제안 및 권고를 보내 달라고 요청한다. 의견수렴을 위한 일련의 공개 워크숍도 개최할 예정이다.

PtD를 제도적으로 정착시키려면 산업계와 근로자의 요구를 통해 교육체계에 계속 영향을 미치는 일이 중요하다. NIOSH는 양성된 엔지니어, 건축가, 디자이너 및 구매 담당자의 수와 역량을 기준으로 교육체계의 산출물을 평가할 것이다. 또한 산업안전보건 실무는 위험관리체계에 PtD 원칙을 포함해야 한다. PtD가 위험관리의 중심이 되지 않는 한 업무상 질병·부상·사망을 예방하려는 노력에는 한계가 있으며, PtD 미실행에 따른 비용은 상당할 것이다. 현재까지의 진전은 좋은 기반이지만 근로자 보호를 위해서는 더 큰 진전이 필요하다.

PtD 기여자 및 참여자(PtD Contributors and Participants) — 원문 24~25쪽

저자들은 이니셔티브에 기여하고 참여한 다음 사람들에게 감사한다. 인명은 추적과 확인을 위해 원문 알파벳·이니셜 표기를 보존하였다. 다음은 원문의 **전체 참여자 명단**이다.

D. Abelson
A. Abrams
M. Acott
P. Adams
S. Afanuh
D. Alexander
D. Alhaique
D. Allen
J. Allen
K. Alston
S. Al-Tuwaijri
H. Amandus
V. Anderson
R. Andres
J. Annis
I. Antauer
D. Asifamabia
M. Ayub
J. Bader
C. Baier-Anderson
K. Balakrishnan
R. Baldwin
J. Banaag
D. Bang
J. Barab
B. Barber
B. Bare
J. Barnes
M. Barrett
M. Barsan
J. Bartley
R. Beach
S. Bealka
J. Beaupre
M. Behm
T. Bellingar
T. Bohn
J. Boiano
U. Bollmann
R. Bonner
L. Boord
J. Borowski
C. Bowman
W. Boyd
J. Bradley
C. Branche
B. Brandt
T. Braun
S. Brenner
J. Breskey
R. Briers
H. Brightman
I. Brilakis
J. Brinkmeyer
S. Bristow
R. Bronkhorst
D. Brown
E. Brown
K. Brownstein
W. Brumfield
S. Buchanan
L. Buff
M. Buono
G. Burdge
C. Burgio
S. Burkhammer
J. Burkhardt
A. Burno
D. Burns
L. Byrd
L. Byrnes
D. Caldwell
G-X. Chen
W-C. Chen
M. Childress
M. Chmelar
T. Christensen
W. Christensen
M. Clark
S. Clark
P. Clegg
L. Climenhaga
K. Cline
C. Clinton
S. Cloutier
C. Coe
S. Cole
D. Colin
J. Collins
N. Comeau
J. Conery
N. Connell
C. Constatinou
T. Cooke
B. Cooper
D. Cooper
C. Costas
L. Couillard
L. Crane
W. Creaser
S. Cronin
A. Currant
M. Cushmac
S. Cusson
E. Dacey
L. Dalsey
B. Dames
R. D'Andrea
F. Dougherty
M. Douglas
R. Dressler
D. Drollinger
R. Duffy
C. Duncan
J. Duncan
S. Durdin
K. Durst
G. Earle-Richardson
S. Earnest
A. Ebner
A. Edens
M. Edens
S. Edwards
W. Eggleston
D. Eherts
G. Eijkemans
B. Eisenman
D. Elisburg
G. Elkin
M. Ellenbecker
D. Ellenberger
M. Ellis
N. Ellis
D. Engdahl
J. Erdman
A. Ertas
E. Esswein
C. Estill
J. Etherton
P. Evans
K. Faber
R. Fairfax
E. Faria
E. Foulke
J. Fradella
C. Franklin
J. Frederick
J. Frederiksen
J. Froetscher
K. Fujishiro
P. Furst
M. Galvin
C. Galligan
J. Gambatese
P. Garapati
J. Garland
C. Garner
J. Garrington
C. Garvey
S. Gauthier
M. Geiger
K. Glenn
C. Geraci
K. Gerwig
J. Getty
A. Gibb
B. Giles
E. Gill
M. Gillen
R. Gillespie
K. Goedel
G. Goodman
N. Gordon
R. Gosnell
P. Gottesfeld
D. Gottesman
P. Gough
J. Gray
J. Green
D. Hartley
C. Hartz
R. Harvey
W. Haskell
D. Haumann
C. Hayden
F. Hayes
L. Haython
T. Headley
F. Hearl
P. Heckel
S. Hecker
M. Hedgson
D. Heidel
M. Heembrock
D. Heidorn
M. Henderek
J. Henshaw
J. Hernandez Flores
R. Herrick
D. Hicks
M. Hillyer
J. Hingston
D. Hinze
L. Hix
A. Ho
L. Hodson
A. Hogan
B. Holton
M. Hoover
J. Hopkins
R. Hopper
D. Hornback
M. Hornych
M. Hornychova
W. Horsford

D. Bender R. Call Q. Danezza G. Fazio M. Gressel J. Howard
A. Bennett R. Callor A. Dannenberg S. Fees M. Grete J. Howe
J. Bennett G. Calvert C. Davis C. Feigley D. Grigg J. Huang
M. Bennier A. Cammarota D. Davis I. Feitshans J. Grosch S. Hudock
K. Berg G. Camomilli H. Davis D. Felinski M. Guevara D. Hudson
D. Bergstrom J. Campbell J. A. Decker S. Fendinger S. Gunn C. Hughes
J. Berman K. Campbell-Miles M. Dehghani A. Fendley L. Gustafsson N. Hughes
A. Berry S. Campleman K. DeMeester E. Fidler K. György S. Hughes
D. Bersano J. Cantin J. DeMesme-Gray A. Filko C. Haas D. Hull
E. Biddle L. Carey S. Derman G. Finfinger G. Hagan B. Husberg
D. Biderman J. Carter L. DiBerardinis M. Fingerhut J. Haight J. Huy
M. Bidez A. Casaru A. Diego J. Fisher D. Hales W. Imbrechts
E. Bintner M. Casla-Benito I. Dobrushin E. Frumin A. Hall B. Jacklitsch

L-M. Bjurstrom T. Cecich J. Dolan K. Flannery R. Hall D. Jacobs
M. Blada M. Cervarich J. Donaldson K. Flechler M. Hallowell G. Jameson
F. Blosser M. Chambers J. Donaldson L. Floyd E. Harbin C. Järnstedt
D. Bloswick C-C. Chang M. Dorsch M. Foley A. Harney M. Jarry
T. Bock L. Chapman G. Dotson G. Fore J. Harris L. Jenkins
D. Boettner P. Check D. Dougherty C. Forrester A. Harte D. Jepson

L. Jillings R. Davis Layne L. McKernan A. Peters P. Serrano C. Voellmicke
J. Jimenez J. Leary A. McKinley S. Peters R. Sesek P. Vossenas
C. Jobson T. Lentz K. McPhaul T. Petricek T. Shanahan L. Wade
J. Johnson W. Leavitt G. McPhee J. Piacentino R. Shea G. Wagner
R. Johnson L. Jackson Lee B. Meade F. Pilotti J. Sheehy H. Wahl
C. Jones C. Legan P. Meckl M. Plagge T. Sheridan B. Walsh
W. Jones D. LeGrande G. Menon J. Platner R. Shinn M. Watters
B. Joseph M. Lemoine P. Merfeld G. Popov D. Shipp T. Weakley
S. Jurss N. Lessin D. Michaels D. Porter G. Shor J. Weaver
S. Kaczmarek P. Levy P. Middendorf R. Potts T. Siegrist D. Wegman
K. Kalaijian M-L. Lin P. Moore T. Pouchot B. Silkowski D. Weil
S. Kalimullah J. Linhard S. Mooser R. Powers A. Silva M. Weinstein
S. Kanth M. Lioce-Mata T. Morgan J. Poythress R. Simmons D. Weinstock
R. Karia B. Lippy B. Morris S. Pratt M. Sjoberg D. Weissman
T. Katz J. Lipscomb G. Mosier G. Pugliese B. Sjoholm M. Weil
P. Kavalchic B. Little J. Mroszczyk A. Pustelnik A. Smith J. Welter
T. Kawakami J. Lloyd V. Murashov D. Quintero S. Soderholm A. West
L. Kayman A. Longmate C. Myers M. Quinn A. Soon F. White
D. Keenan L. Lopes M. Myers S. Rajendran A. Speegle J. White
S. Keffer G. Lotz J. Neil J. Randolph M. Spencer M.White
C. Kendrick D. Ludwin S. Newell E. Rauser C. Springs R. Whitehead
B. Kenny M. Lum L. Nguyen L. Reed G. Staffo V. Williams
L. Kenny T. Ly R. Niemeier T. Regenza J. Steger M. Willis
M. Kent T. Lyons G. Niewiadomski R. Reger K. Stephenson M. Wilson
M. Keyserling S. Machida F. Norton T. Rehak E. Stewart J. Windau
M. Kiefer D. MacLeod S. Nosdall F. Renshaw G. Stoev E. Winer
S. Kiesling K. MacMahon J. Nunes F. Rice G. Stone D. Wirges
K. Kimbro S. Madar T. Nupponen R. Rinehart E. Storey S. Witek-Eames
B. King G. Maggio C. O’Connor K. Ringen D. Strauss A. Wolak
P. King B. Main C. O’Dell K. Rodenburg C. Stribling A. Wolfe
S. King C. Malcolm D. O’Konski J. Roemer V. Sublet D. Woodhull
K. Kirkland C. Maloney M. Ocy R. Rosa M. Suits M. Wright
M. Kitt A. Mann A. Oelsner B. Rosenberg R. Svehla D. Youhas
P. Knox F. Manuele A. Okun K. Ross N. Swanson J. Young
J. Kohler T. Mapes M. Omar C. Roth S. Swanson D. Young-Corbett
I. Kokalov D. Marciniak G. Orr R. Rummer M. Sweeney T. Zarges
B. Koning P. Markkanen T. Osborne E. Russell D. Synder M. Zisner
T. Kozminski P. Marmion S. Outin V. Russell R. Taber R. Zumwalde
T. Kramer M. Marshall R. Paige A. Ruttenberg J. Takala
T. Krietz K. Marthe R. Pana-Cryan H. Saiyed M. Taubitz
U. Kristjuhan M. Marvi M. Pankonin W. Salter J. Teizer
R. Krzywicki A. Mashayekhi E. Papp J. Sampson E. Thimons
K. Ku J. Mason D. Parker M. Sanders T. Thomas
D. Kubickova M. Massoni T. Pasteris L. Sanderson S. Thompson
R. Kulick K. Masterson D. Paul L. Sayre J. Tickner
E. Kwon R. Matetic H. Payne K. Schaefer T. Toole
S. Laddychuck D. Mattos M. Pearson A. Schill J. Topmiller
A. Lamba R. Matuga T. Pechar S. Schneider C. Trahan
T. LaMontagne M. Mavely C. Peedin M. Seymour T. Uahinui
P. Landsbergis W. Maynard J. Pelletier T. Schnorr D. Utterback
M. Lane D. McCausland R. Pentecost P. Schulte J. Van Houten
M. Latko T. McCleary A. Pereira M. Schwarzman R. Van Steenbergen
S. Lavender G. McCluskey R. Perimaki J. Scott-Blanton M. Vanmierlo
D. Lavoie J. McGlothlin K. Perritt P. Seeley R. Verma
M-C. Lavoie D. McKenzie B. Perry G. Seitz A. Vidakovic

참고문헌(References) — 원문 26~27쪽

서지 확인이 가능하도록 저자, 원제목, 발행처, 연도, URL 등을 원문 표기에 가깝게 유지하고 한국어 제목을 병기했다. 원문 자료의 서지정보이며 현재 URL 접근 가능성이나 현행 판본을 보증하지 않는다.

1. **Acott M [2011].** Catching lightning in a bottle (「병 속에 번개를 담기」). 「Prevention through Design—a new way of doing business: a report on the National Initiative」 기조발표, 2011년 8월 22~24일, 워싱턴 DC. http://www.asse.org/professionalaffairs_new/ptd.php

2. **ANSI/AIHA/ASSE Z10-2012 [2012].** American National Standard for Occupational Health & Safety Management Systems (「산업안전보건 경영시스템에 관한 미국 국가표준」). 미국안전기술자협회, 일리노이주 데스플레인스.

3. **Banash M [2010].** Managing NanoEHS: Moving from the lab to the plant (「나노 환경·보건·안전 관리: 연구실에서 공장으로」). Northeast Nanomanufacturing Summit, 2010년 6월 22~24일, 매사추세츠주 로웰.

4. **Biddle E [2013].** Business cases: supporting PTD solutions (「사업적 근거: PtD 해결책의 지원」). Professional Safety, 2013년 3월, 58(3):56–64.

5. **Biddle E [2011].** Have major US companies adopted prevention through design (PtD) practices and policies? (「미국 주요 기업은 디자인을 통한 예방의 실무와 정책을 채택했는가?」). National Occupational Injury Symposium 발표, 2011년 10월 18~20일, 웨스트버지니아주 모건타운.

6. **Driscoll TR, Harrison JE, Bradley C, Newson RS [2008].** The role of design issues in work-related fatal injury in Australia (「호주의 업무상 사망사고에서 디자인 문제의 역할」). Journal of Safety Research, 39(2):209–214.

7. **European Agency for Safety and Health at Work [2013].** Priorities for occupational safety and health research in Europe 2013–2020 (「유럽 산업안전보건 연구의 우선순위 2013~2020」). 룩셈부르크: 유럽연합 출판국. ISBN 978-92-9240-068-2.

8. **Gambatese JA [2013].** Final Report—Activity 2: Assess the effects of PtD regulations on construction companies in the UK (「최종보고서—활동 2: 영국 건설기업에 대한 PtD 규정의 영향 평가」). NIOSH에 제출.

9. **Gambatese JA, Gibb AG, Bust P, Behm M [2009].** Industry's perspective of design for safety regulations (「안전 디자인 규정에 관한 산업계의 관점」). 「Working together: planning, designing, and building a healthy and safe construction industry」, CIB W99 학술대회, 2009년 10월 21~23일, 호주 멜버른.

10. **Health & Safety Commission [1994].** Construction (Design and Management) Regulations (CDM) (「건설(디자인 및 관리) 규정」). SI 1994/3140 HMSO. 런던: Health & Safety Commission.

11. **Jeffrey J, Douglas I [1994].** Safety performance of the United Kingdom construction industry (「영국 건설산업의 안전 성과」). 제5회 Rinker 국제학술대회 「건설안전 및 손실통제」 발표자료, 1994년 10월 12~14일, 플로리다대학교, 게인즈빌.

12. **Kovalchik P, Matetic R, Smith A, Bealco S [2008].** Application of prevention through design for hearing loss in the mining industry (「광업의 청력손실 예방을 위한 디자인을 통한 예방 적용」). Journal of Safety Research, 39(2):251–254.

13. **Lincoln J, Lucas D, McKibbin R, Woodward C, Bevan J [2008].** Reducing commercial fishing deck hazards with engineering solutions for winch design (「윈치의 공학적 디자인 해결책을 통한 상업어선 갑판 위험 감소」). Journal of Safety Research, 39(2):231–235.

14. **Newell S, Biddle E [2011].** Benchmarking management practices related to PtD in the U.S. (「미국의 PtD 관련 관리관행 벤치마킹」). 「Prevention through Design—a New Way of Doing Business: Report on the National Initiative」, 2011년 8월 22~24일, 워싱턴 DC.

15. **NIOSH [2011].** Prevention through design: plan for the national initiative (「디자인을 통한 예방: 국가 이니셔티브 추진계획」). 오하이오주 신시내티: 미국 보건복지부·CDC·NIOSH. DHHS (NIOSH) Publication No. 2011-121. www.cdc.gov/niosh/docs/2011-121/

16. **NIOSH [2009].** Qualitative risk characterization and management of occupational hazards: control banding (CB) (「업무상 위험요인의 정성적 위험 특성화와 관리: 관리밴드 분류」). 오하이오주 신시내티: 미국 보건복지부·CDC·NIOSH. DHHS (NIOSH) Publication No. 2009-152. www.cdc.gov/niosh/docs/2009-152/

17. **Omar M, Quinn M, Buchholz B, Geiser K [2013].** Are green building features safe for preventive maintenance workers? Examining the evidence (「친환경 건축요소는 예방정비 근로자에게 안전한가? 근거 검토」). American Journal of Industrial Medicine, 56(4):410–423.

18. **Peterson JE [1973].** Principles for controlling the occupational environment (「작업환경 관리의 원칙」). The Industrial Environment—Its Evaluation and Control (「산업환경—평가와 관리」). 오하이오주 신시내티: 미국 보건복지부·CDC·NIOSH, 117쪽.

19. **Renshaw FM [2013].** Design: methods for implementing PTD (「디자인: PtD 실행방법」). Professional Safety, 58(3):50–55. www.asse.org/professionalsafety/search/index3.php

20. **Renshaw FM [2012].** Incorporating prevention through design methods into the design and redesign process (「디자인과 재디자인 과정에 PtD 방법 포함하기」). 미국산업위생협회 2012년 가을 학술대회, 2012년 9월 28일~10월 2일, 플로리다주 마이애미.

21. **Schulte P, Rinehart R, Okun A, Geraci C, Heidel D [2008].** National prevention through design (PtD) initiative (「디자인을 통한 예방 국가 이니셔티브」). Journal of Safety Research, 39:115–121. www.cdc.gov/niosh/topics/ptd/pdfs/Schulte.pdf

22. **Schulte P, McKernan L, Heidel D, Okun A, Dotson GS, Lentz T, Geraci C, Heckel P, Brance C [2013].** Occupational safety and health, green chemistry and sustainability: a review of areas of convergence (「산업안전보건, 친환경 화학 및 지속가능성: 공통 영역의 검토」). Environmental Health, 12(4):31. www.ehjournal.net/content/12/1/31

23. **Sinclair R, Cunningham T, Schulte P [2013].** A model for occupational safety and health intervention diffusion to small businesses (「소기업에 산업안전보건 개입을 확산하기 위한 모델」). American Journal of Industrial Medicine, 56(12):1442–1451.

24. **Wolfe A [2012].** Improving the lives in wine grape harvesting industry through PtD (「PtD를 통한 와인용 포도 수확 산업 근로자의 삶 개선」). 2011년 「Prevention through Design—a New Way of Doing Business: A Report on the National Initiative」 발표, 8월 22~24일, 워싱턴 DC. www.asse.org/professionalaffairs_new/ptd.php

뒷표지 안내

국가의 약속을 이행합니다: 연구와 예방을 통해 모든 사람에게 안전하고 건강한 일터를 제공합니다.

NIOSH 문서 또는 산업안전보건 관련 자세한 정보는 NIOSH에 문의한다.

1-800-CDC-INFO (1-800-232-4636)

TTY: 1-888-232-6348

이메일: cdcinfo@cdc.gov

웹사이트: http://www.cdc.gov/niosh

월간 NIOSH eNews 신청: www.cdc.gov/niosh/eNews

DHHS (NIOSH) Publication No. 2014–123
더 안전하게 · 더 건강하게 · 사람을 위해(Safer · Healthier · People™)

비공식 번역 안내

본 문서는 미국 NIOSH의 2014년 보고서 The State of the National Initiative on Prevention through Design의 비공식 한국어 번역본이다. 원문 PDF 40쪽의 본문, 표 1~5, 그림 1~11의 문구·의미, 부록 성격의 참여자 명단과 참고문헌을 수록했다. 고유명사·서지는 원문 식별을 위해 영어 표기를 병기·유지했다. 원문 그래프·이미지의 디자인과 사진은 재현하지 않고 도식의 주요 텍스트와 내용을 번역하여 기술했다. 따라서 수치 추적이나 시각적 세부 검증이 필요한 경우 영문 원문을 함께 확인해야 한다. 번역본은 NIOSH의 공식 번역이 아니다.

원문: https://www.cdc.gov/niosh/docs/2014-123/pdfs/2014-123_v2.pdf