

핵주기 공정장치의 원격취급을 위한 작업 요소 도출 및 분석 part 2: 전체 공정장치 분석 및 원격 취급성 개선안 예시

유승남, 김성현, 이종광, 박병석, 김기호, 조일제
한국원자력연구원, 대전시 유성구 덕진동 대덕대로 989번길 111
snyu@kaeri.re.kr

1. 서론

PRIDE (PyRoprocess Integrated inactive DEmonstration) 시설에는 전해환원, 전해정련, 전해제련 및 염폐기물 재생/고화 공정 등을 수행하는 다양한 공정장치들이 배치되며, 이러한 공정장치들은 원격취급 장비에 의해 관리, 운용된다[1]. 본 연구에서는 PRIDE Cell 내부의 전체 공정 장치를 대상으로 각 장치별 단위 작업을 분석하는 한편, 장치별 단위 작업 횟수를 측정하여 작업 부하로 계량화 하였다. 최종적으로는 이러한 분석 결과를 바탕으로 하여 현재 수행되고 있는 원격취급성 개선안에 대한 실례를 제시하였다.

2. PRIDE 공정장치에 대한 원격취급 작업 분석

본 연구에서 사용된 단위 작업의 종류는 (1)볼트체결/분리(반자동), (2)모듈이동, (3)기구작동, (4)인양고리 체결 및 해제, (5)부품 직접파지 및 조립/분해, (6)인양보조, (7)장입보조 등이며 원격취급 관련 단위 작업 분류체계의 자세한 정의는 관련 문헌을 참조하기 바란다.[1] 대상 장치는 PRIDE 일관 공정에 해당하는 전해환원/CP장치, 전해정련장치, 염이송장치, 염증류장치, RAR장치, LCC장치, Cd 증류장치, 핵종결정화장치, 고체염 분리장치 및 산화침전장치 등이며, 원격취급성 점

증목업 내에서 각 장치의 운전과정에서 개입되는 원격취급 시스템 관련 작업들을 [1]에서 정의한 단위 작업 분류 체계에 의하여 평가하였다. 이를 위해, 해당 단위 작업에 대한 각 장치별 동작 발생 빈도수를 파악하였으며, Table 1에서 제시한 작업 강도 가중치를 바탕으로 PRIDE Cell 내부의 전체 공정장치에 대한 작업 강도를 산출한 결과를 Table 2에 나타내었다. 참고로, 본 연구의 공정장치 중 일부는 장치 개량 여부에 따라 결과가 달라질 수 있음을 밝혀둔다.

Table 1. Typical Load factors of designated tasks for remote handling of target facilities [1].

작업명	작업 강도			작업 강도 합계
	High Dexterity : 1	High Payload : 2	High Concentration : 3	
A.볼트체결/분리 (반자동)	-	●	-	2
B.모듈이동	-	●	-	2
C.기구작동 (밸브, 잠금장치, 고리 등)	●	-	●	4
D.인양고리 체결/해체	●	-	●	4
E.부품 직접파지 및 조립/분해 (커넥터, 전용파지장치 등)	●	●	●	6
F.인양보조	●	-	-	1
G.장입보조	-	-	●	3

Table 2. Frequencies and work loads for designated tasks of target facilities (Work loads = Frequencies x Normalized Values of Typical Load Factors, '-': Not applicable).

공정장치 종류 단위 작업 유형	운전 빈도수 (Frequency) / 작업강도 (Work load)							
	1	2	3	4	5	6	7	8
	전해환원 장치 / CP장치	정련장치	염이송장치	염증류장치	RAR장치 / LCC장치	Cd 증류 장치	핵종결정화 장치/고체염 분리장치	산화침전 장치
A.볼트체결/분리 (반자동)	7 / 0.636	-	11 / 1	-	-	-	-	2 / 0.182
B.모듈이동	-	-	10 / 0.909	2 / 0.182	3 / 0.273	-	6 / 0.545	2 / 0.182
C.기구작동 (밸브, 잠금장치, 고리 등)	3 / 0.545	1 / 0.182	9 / 1.636	1 / 0.182	1 / 0.182	-	5 / 0.909	-
D.인양고리 체결/해체	48 / 8.727	4 / 0.727	9 / 1.636	6 / 1.091	2 / 0.364	12 / 2.182	6 / 1.091	4 / 0.727
E.부품 직접파지 및 조립/분해 (커넥터, 전용파지장치 등)	17 / 4.636	10 / 2.727	-	-	24 / 6.545	-	2 / 0.545	-
F.인양보조	42 / 1.909	-	1 / 0.045	-	1 / 0.045	-	-	3 / 0.136
G.장입보조	22 / 3	1 / 0.136	1 / 0.136	-	7 / 0.954	1 / 0.136	-	2 / 0.273

본 실험은 [1]과 동일하게 원격취급성 검증목업 내에 설치된 기계식조작기(MSM), 서보식 조작기(BDSM) 및 천정이동형 크레인을 사용하였다[2].

3. 장치별 작업 부하 분석에 따른 개선안 도출

Fig. 1은 Table 2의 결과를 그래프로 표현한 것이다. 도시된 결과에서 확인할 수 있듯이, 각 장치별로 수행되는 주요 단위 작업 유형이 존재함을 알 수 있으며 이는 각 장치 상에서 수행되는 물질 처리 특성에 기인한다고 볼 수 있다.

1	정의된공정기(CP)장치	A	용도제한/분리(분리용)
2	정환장치	B	모놀리thic
3	압입송출장치	C	기공확출(발포, 압출장치, 주조용)
4	정환용장치	D	인양고리채갈/채갈
5	NAK용기(CP)장치	E	분류직접(파지, 파지, 린/부형(리넨타, 권말파지장치용))
6	CP용용장치	F	인양보조
7	원격조작압입기, 고목원분리장치	G	장입보조
8	신뢰형장치		

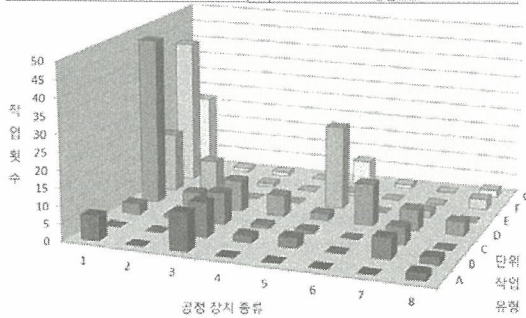


Fig. 1. Numbers of required tasks during the 1-cycle operation of the target facilities.

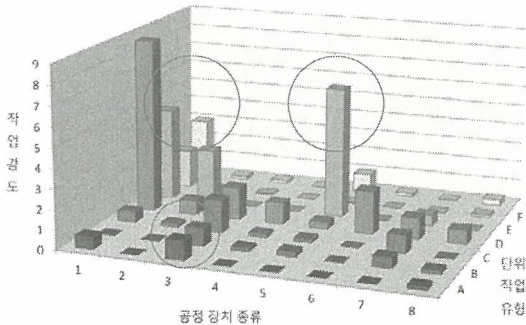


Fig. 2. Calculated work loads among the required tasks during the 1-cycle operation of the target facilities.

Fig. 2는 각 공정별 단위 작업 횟수에 정규화된 작업 강도 가중치를 적용한 데이터를 도시하고 있으며, 그림에 표시된 바와 같이 Fig. 1과 비교하였을 때, 각 장치별로 변화된 경향을 확인할 수 있다. 이러한 데이터를 통해 각 공정장치에 요구되는 실제적인 원격취급성 개선방안을 도출할 수 있다. Fig. 3은 PRIDE 공정장치에 적용되고 있는 원격취급성 개선 사례 일부를 예시하고 있다.

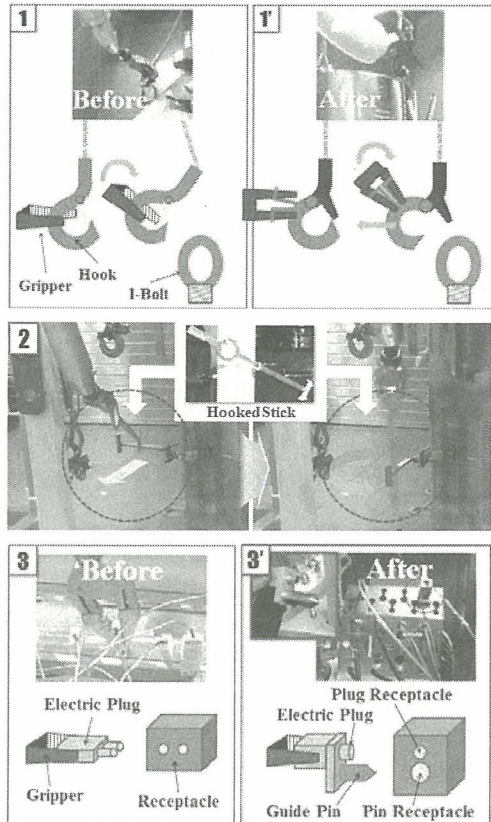


Fig. 3. (1) Changed type of a crane hook (2) Use of additional tools for MSM (3) Application to a guide pin for cable connection.

4. 결론

본 연구에서는 PRIDE 일관 공정장치들을 대상으로 하여 원격조작 작업 시, 각 장치별로 요구되는 작업강도를 기존에 정의된 단위 작업 측면에서 계량화하여 분석하였다. 이러한 결과를 바탕으로 하여 장치별로 개선이 요구되는 작업 유형을 파악할 수 있었으며, 개선안의 실례도 제시하였다. 향후에는 원격 취급성이 개선된 공정장치들에 대한 작업부하를 수치화하여 제시할 것이다.

5. 참고문헌

[1] 유승남, 김성현, 이종광, 박병석, 김기호, 조일제, "핵주기 공정장치의 원격취급을 위한 작업 요소 도출 및 분석", 방사성폐기물학회 춘계학술대회, pp.125-126, 2012.
 [2] 유승남, 김성현, 이효직, 이종광, 박병석, 김기호, "파이로 공정장치의 원격 취급성 평가에 관한 연구", 한국정밀공학회 춘계학술대회, pp.515-516, 2011.