

출품번호
1127

제63회 전국과학전람회

설거지가 잘되는 싱크대 수전 분사판의 구멍 구멍크기·개수·배치형태 탐구

출품부문	학생	출품분야	물리
------	----	------	----

2017. 6 . 27

구 분	성 명
출품학생	최 재 혁
지도교사	임 성 윤

목 차

□ 탐구 동기 및 탐구를 통해 알아보고 싶은 점	1
1. 탐구 주제	1
2. 탐구 동기	1
3. 탐구를 통해 알아보고 싶은 점	1
□ 선행고찰	2
1. 1차, 2차 실험 결과 요약	2
2. 실험 조건 사전 검토	2
□ 실험 준비	3
1. 분사판 설계	3
2. 분사판 제작	6
2. 실험 도구 준비	9
□ 실험 진행	10
1. 물분사력 측정 실험	10
2. 물분사량 측정 실험	12
□ 실험 결과분석	13
1. 구멍크기, 구멍개수 변화에 따른 물분사력 변화	13
2. 구멍크기, 구멍개수 변화에 따른 물분사량 변화	16
3. 결론	18
□ 세척력 실험	22
1. 실험 방법 및 실험 재료	22
2. 세척력 실험 결과	23
3. 물이 그릇에 닿는 모양 관찰	25
□ 탐구 결과 정리	28
1. 세척력이 좋은 분사판	28
2. 탐구 결과 요약	28
3. 탐구 결과 활용	28
□ 탐구를 통해 알게 된 점과 느낀 점	29
□ 기타 내용	30

□ 탐구 동기 및 탐구를 통해 알아보고 싶은 점

1. 탐구 주제

설거지를 할 때 세척이 잘되는 싱크대 수전의 분사판은 어떤 것인지를 실험을 통해 알아보려고 한다. 분사판의 구멍 크기나 구멍 개수, 그리고 구멍의 배치형태를 다르게 하면서 세척력에 변화가 있는 지 실험해 보고, 세척력 차이의 원인은 무엇인지 알아보았다.

2. 탐구 동기

엄마께서 설거지를 하실 때 설거지할 접시가 많아 힘들어 하시는 모습을 보았다. 그래서 어떤 방법을 사용하면 더 빨리 설거지를 할 수 있을까? 라는 궁금함이 생겼다. 싱크대와 수전, 호스 등을 살펴보니 수전 분사판에는 여러 개의 구멍이 일정한 형태로 뚫려 있는 것을 볼 수 있었다. 그림1의 왼쪽 싱크대를 보면 지름이 약 1mm 정도 구멍 48개가 두 줄로 배치되어 있다. 다른 싱크대 수전 분사판도 조사해보니 구멍의 개수나 크기, 모양이 조금씩 다르지만 여러 개가 뚫려 있는 것을 확인할 수 있었다. 우리가 샤워를 할 때에도 강한 물줄기가 나오면 빨리 머리를 헹구거나 몸에 묻은 비누거품을 씻을 수 있듯이, 싱크대 수전에 달린 분사판의 구멍 크기나 개수, 배치형태를 바꾸면 설거지를 더 잘 할 수 있을 것 같아 이번 탐구를 시작했다. 그래서 이번 탐구를 통해 설거지를 할 때 음식물 등을 가장 잘 세척할 수 있는 분사판 구멍크기와 개수, 배치 형태를 알아보려고 한다.

그림1. 싱크대 수전 및 분사판 형태



3. 탐구를 통해 알아보고 싶은 점

설거지가 잘되는 분사판의 조건은 무엇이고, 어떤 원리에 의해서 설거지에 영향을 주게 되는가?

□ 선행 고찰

1. 1차, 2차 실험 결과

	1차	2차
분사판 조건	구멍개수가 1개이고 구멍크기가 다른 분사판 4개 구멍크기가 3mm이고 구멍개수가 다른 4개	원근모양(1-9, 구멍 10개) 분사판 총 11개 제작 모양실험 위해 추가 4개 제작(바둑판형, 두줄 형등)
실제 분사판		
실험결과 요약	싱크대수전의 세척력은 분사판 구멍크기와 개수에 따라 변하는 [물의 분사압력]과 [분사된 물이 접시에 닿는 면적]에 의해 변한다. 이번 실험에서는 구멍이 1개일 때 지름10mm, 구멍크기가 같을 때 구멍개수가 10개인 분사판이 세척력이 가장 높았다. 그 이유는 분사압력과 접시에 닿는 면적의 효과가 최대가 되는 점에 두 분사판이 더 가깝기 때문이다.	설거지를 하기에 가장 좋은 분사판은 구멍크기가 1mm, 구멍 개수는 약 20개, 구멍 배치는 방사형으로 간섭현상을 최소화시킬 수 있도록 구멍이 고르게 퍼져있는 형태이다. 물이 분사되는 형태를 관찰해보니, 외곽보다는 중앙쪽에 더 많은 구멍이 배치되는 형태가 설거지에 유리하다는 것을 알게 되었다.
세척력이 좋은 분사판과 세척실험		

2. 실험 조건에 대한 검토

1, 2차 실험을 통해서 세척력은 물분사력과 물분사량이 영향을 준다는 것을 확인하였으므로 이번 실험에서는 구멍크기를 1mm보다 작게 해서 최적의 구멍크기를 확인해보려고 한다.

그리고, 2차 실험에서 실제로 확인해보지 못한 ‘분사판에서 분사된 물이 그릇에 닿은 모양’을 확인해서 그런 차이가 세척력에 어떤 영향을 주는 지도 확인해보려고 한다.

□ 실험 준비

1. 분사판 설계

가. 분사판 구멍 크기 검토

1차 실험 구멍 지름 3mm로 실험하였고, 2차 실험에는 2mm, 3mm등은 펀치를 사용, 1mm까지 구멍을 뚫어 실험하였다. 하지만 대부분의 싱크대 수전은 실제 크기가 0.5mm~1mm인 경우가 더 많아 더 작은 구멍 크기로 분사판을 만들어 실험하는 것이 적절하다고 생각했다.

그리고 오른쪽 그림과 같이 실험을 한 욕실 수전에 연결된 호스 구멍크기를 재어보니 지름이 6mm이었다. 원의 넓이를 구하는 공식으로 면적을 계산해보면 28.3mm^2 이다. 베르누이의 정리에 따르면 지름6mm 호스에서 나온 물이 만약 더 큰 구멍으로 분사되게 되면 압력은 커지지만, 속도는 감소하게 된다. 보통 설거지는 분사판에서 나온 물과 설거지해야할 그릇까지 약 10~20cm이상이 되므로, 속도가 너무 느려지면 설거지가 잘 안될 것이다. 그러므로, 분사판의 모든 구멍의 면적의 합이 28.3mm^2 보다 작은것이 좋다.

그림2. 수전 호스 구멍



아래표를 보면, 구멍크기와 구멍개수에 따라 총면적이 어떻게 변하는지를 알 수 있다. 이중에서 호스 구멍의 총면적의 2배가 넘는 총면적을 가진 구멍개수X구멍크기 조합은 실험할 의미가 없을 수 있다.(회색으로 색표기)

표1. 구멍크기와 개수에 따른 총면적 계산

	5개	10개	20개	30개	40개	50개	60개	70개	80개
0.5mm	1.0	2.0	3.9	5.9	7.9	9.8	11.8	13.7	15.7
1.0mm	3.9	7.9	15.7	23.6	31.4	39.3	47.1	55.0	62.8
1.5mm	8.8	17.7	35.3	53.0	70.7	88.4	106.0	123.7	141.4
2.0mm	15.7	31.4	62.8	94.3	125.7	157.1	188.5	219.9	251.3
3.0mm	35.3	70.7	141.4	212.1	282.7	353.4	424.1	494.8	565.5
4.0mm	62.8	125.7	251.3	377.0	502.7	628.3	754.0	879.7	1005

▶ 분사판의 구멍크기는 레이저로 가공할 수 있는 최소한의 크기인 0.5mm를 기준으로, 2배 크기인 1.0mm, 3배 크기인 1.5mm, 4배 크기인 2.0mm로 한다.

나. 분사판 구멍 개수 검토

앞장의 표1에서 계산해보면, 구멍크기가 0.5mm인 경우 구멍을 총 144개까지 뚫어도 호스의 총면적보다 작아서 실험이 가능한 조합이 된다. 하지만, 분사판에 실제 144개의 구멍을 뚫을 수 있는 지에 대해서 검토가 필요하다. 연탄이나 연근의 구멍은 원의 중심을 기준으로 원을 그리며 배치되어 있다. 그래서 중간에 있는 원에 몇 개의 구멍이 들어갈 수 있는지를 계산해보았다.

단, 물이 분사될 때 아크릴판이 부서질 수도 있고 물줄기끼리 간섭현상이 생길 수 있어 최소한 구멍 한 개 이상의 거리를 두고 구멍을 뚫는 것으로 계산해보았다.

그림3. 원의 지름과 구멍 위치

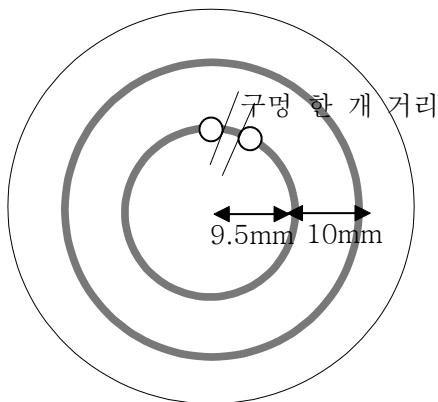


그림4. 구멍 개수 및 위치 스케치

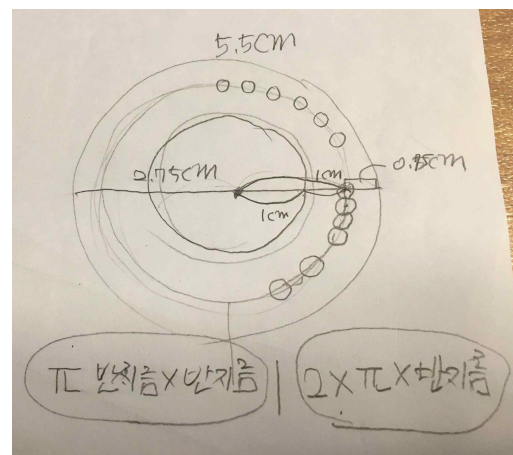


표2. 중간줄에 들어가는 구멍 개수 계산

구멍크기 \ 개수	중간줄 길이	가능한 구멍 개수	최대 가능 구멍 개수
0.5mm	59.7mm	119.4개	59개
1.0mm	59.7mm	59.7개	29개
1.5mm	59.7mm	39.8개	19개
2.0mm	59.7mm	29.8개	14개

표2에서 볼 수 있듯이, 구멍 중간에 일정한 공간을 두었을 때 0.5mm 구멍은 최대 2번째 줄에 구멍 총 56개까지 가능하고, 1.0mm는 28개, 1.5mm는 18개, 2.0mm는 14개까지 가능하다.

▶ 분사판의 구멍 개수는 가운데는 1~2개, 중간줄에는 구멍의 크기에 따라 14개~59개까지 가능하다.

다. 분사판 구멍 배치 모양 검토

1, 2차 실험을 통해 연근이나 연탄모양과 같이 방사형 모양이 물이 닿는 면적이 더 많고 골고루 물이 분사될 수 있다는 것을 알게 되었다. 따라서, 3차 실험에서는 연근구멍 모양과 연탄구멍 모양을 모두 제작하여 실험해 보기로 했다.

1) 연근의 구멍 배치

2차 실험과정 중에 분사판 구멍을 어떤 배치로 뚫을까를 고민하다가, 반찬으로 나온 연근의 구멍이 가운데 부분에 2개의 구멍이 있고, 바깥쪽에 9개의 구멍이 있는 것을 보았다. 백과사전 등을 찾아보니, 연근이 이 구멍은 공기를 움직이는 통로라고 한다. 그래서 공기의 흐름이 잘 되도록 자연적으로 진화했다면 물의 흐름도 좋을 것으로 생각해서 연근의 구멍 모양으로 분사판의 구멍을 뚫어보았다. 이번 실험에서는 가운데에 2개의 구멍, 중간원에 9, 18, 27 등 9의 배수, 바깥원에도 9, 18, 27 등 9의 배수만큼 구멍을 뚫어서 분사판을 만들었다.

그림5. 연근 구멍 모양



2) 연탄의 구멍배치

연탄은 가운데에 구멍이 1개 있고 바깥쪽에 2줄로 구멍이 배치되어있다. 연탄구멍 배치는 여러 종류가 있었는데 19개, 22개, 25개 등으로 되어있고 지금은 22개를 주로 사용한다고 했다.

연탄의 구멍개수는 왜 19개, 22개, 25개일까를 생각해보니 $19=1+6+12$, $22=1+7+14$, $25=1+8+16$ 인 것을 알게 되었다. 즉, 바깥쪽원의 구멍개수는 중간원의 구멍개수의 두 배수가 된다. 그러므로 만약 연탄에 구멍을 더 많이 뚫거나 더 적게 뚫는다면 $1+2+4 = 7$ 개, $1+3+6=10$ 개, $1+15+30=46$ 개 등으로도 구멍을 만들 수 있다는 것을 알게 되었다.

그림6. 연탄구멍 모양



라. 연근/연탄 구멍 배치 모양 분사판

위의 세 조건에 맞추어 제작할 분사판을 정리해 보면, 아래표와 같다.

표3. 연근구멍배치모양 분사판 구멍 개수

총수	11	20	29	38	47	56	65	74	83	92	101	110	총합
가운데	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
중간줄	0	9	9	18	18	27	27	36	36	45	45	54	
바깥줄	9	9	18	18	27	27	36	36	45	45	54	54	
0.5mm	○	○	○	○	○	○	○	○	비교대상없어 제작안함				8
1.0mm	○	○	○	○	○	○	○	불가능					7
1.5mm	○	○	○	○	○	불가능						5	
2.0mm	○	○	○	불가능								3	

표4. 연탄구멍배치모양 분사판 구멍 개수


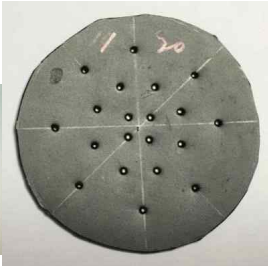
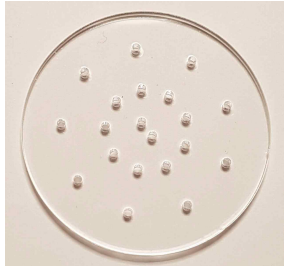
총수	10	19	22	25	28	37	46	55	64	73	82	91	총합
가운데	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
중간줄	3	6	7	8	9	12	15	18	21	24	27	30	
바깥줄	6	12	14	16	18	24	30	36	42	48	54	60	
0.5mm	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	총80개이상 은 실험하지 않음		10
1.0mm	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○			10
1.5mm	○	○	○	○	○	○	○	○	불가능				8
2.0mm	○	○	○	○	○	○	△	불가능				7	

▶ 최종적으로 실험을 진행할 분사판은 연근모양 총 23개, 연탄모양 35개, 구멍 6mm 1개로 59개의 분사판을 정하고 제작하였다.

2. 분사판 제작




가. 분사판 재질 변화

표5. 분사판재질 변화

	1차	2차	3차
	플라스틱판(파일폴더 커버)		아크릴판 사진
재료	 		
장점	자르고 구멍 뚫기가 편리		튼튼하고 투명함
단점	수압에 약함		집에서 가공할 수 없음

나. 분사판 제작방법 변경

표6. 분사판 제작방법 변경

	1차	2차	3차
	송곳 이용	펀치와 송곳 이용	레이저 가공
구멍 제작 방법			
장점	쉽게 가공이 가능 필요시 즉시 제작 가능		정확한 위치/크기로 가공 가능 작은 구멍도 가공가능
단점	구멍 크기가 일정하지 않음 구멍의 단면이 깨끗하지 않음 0.5mm 등 작은 구멍 제작 불가		집에서 제작이 어려움

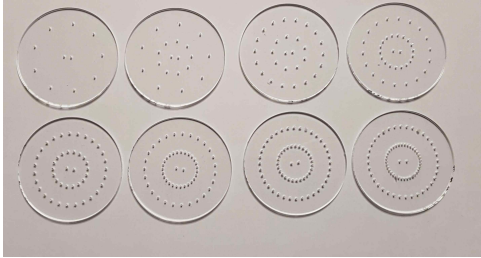
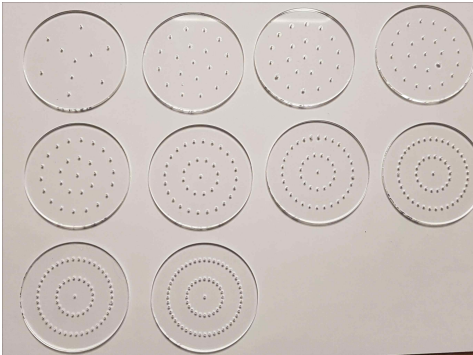
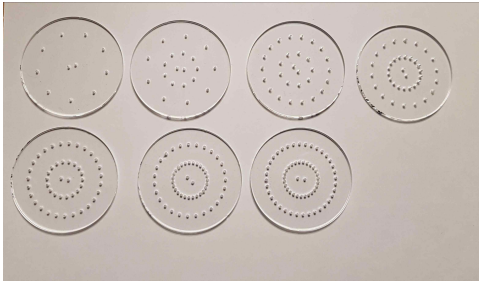
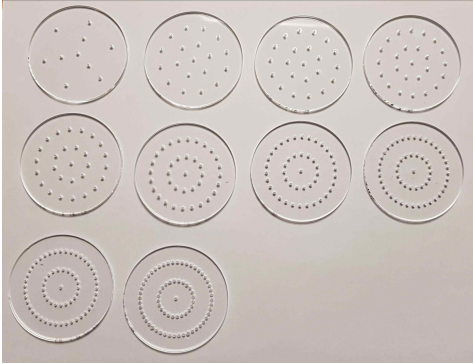
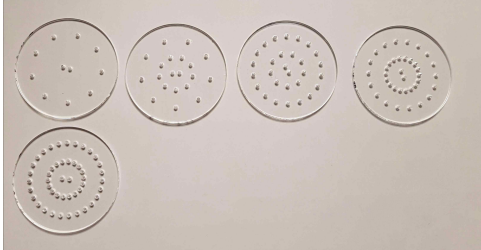
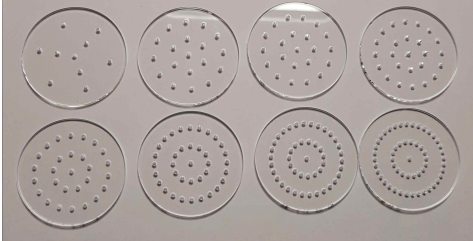
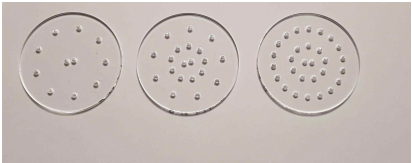
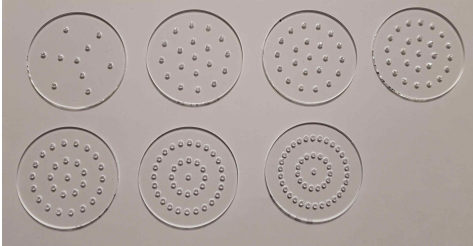
▶ 분사판의 구멍크기는 레이저로 가공할 수 있는 최소한의 크기인 0.5mm를 기준으로, 2배 크기인 1.0mm, 3배 크기인 1.5mm, 4배 크기인 2.0mm로 한다.

다. 최종 제작 분사판

표7. 실험에 사용된 분사판 변화 요약

크기 mm	1차	2차	3차	
			연탄배치	연근배치
0.5	없음	없음	구멍개수 10~73개(10개)	구멍개수 11~74개(8개)
1.0	없음	구멍개수 10, 20, 30, 40(4개)	10개	7개
1.5	없음	없음	8개	5개
2.0	없음	구멍개수 5,10,15,20개 (4개)	7개	3개
3.0	구멍개수 5, 10, 20, 30(4개)	구멍개수 5, 10, 20개 (3개)	없음	없음
기타	구멍1개, 구멍크기 5,10,20,30mm(4개)	없음	없음	없음
구멍 배치	1개 혹은 여러개	연근모양, 바둑판, 거미줄, 두 줄 4개	중심6mm 1개	
총수	8개	15개	59개	



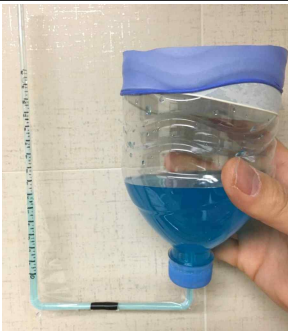






표8. 실험에 사용된 분사판

구멍크기	연근구멍 배치형	연탄구멍 배치형
0.5mm		
총개수	8	10
1.0mm		
총개수	7	10
1.5mm		
총개수	5	8
2.0mm		
총개수	3	7

3. 실험 도구 준비

각 분사판의 압력을 측정하기 위해서 1차, 2차때보다 더 정확하게 실험하기 위해 저울을 사용하였다. 즉, 실험용 분사판을 설치한 수전을 저울에 바로 분사할 때 나타난 저울의 숫자를 서로 비교해서 상대적 압력을 측정하였다.

표9. 실험도구

	1차	2차	3차
분사판	모든 실험에 수전분사판 교체가 가능한 수전을 사용 		
분사압 력측정	거리측정 	압력측정기제작 	저울에 물을 직접 분사하여 측정 
	수조, 계량컵 		수조+저울(g) 
분사량			
물이 닿는 모양	관찰하지 않음	실험도구를 만들어 분사판에 분사 	아크릴판에 물줄기를 뒤로 분사하여 그 모양을 관찰 

□ 실험 진행




1. 물분사력 측정실험

각 분사판별로 물분사력 측정실험을 진행하였다. 물분사력은 연탄구멍배치에서는 구멍크기 1.0mm 구멍개수 10개에서 가장 큰 분사력 348이 나왔고, 연근구멍 배치 형태에서는 0.5mm 29개에서 가장 높게나왔다.

가. 실험방법

수전의 분사판을 교체한 후 약 20cm 높이에서 20~30초간 아크릴판에 직접 물을 분사하여 가장 높은 숫자가 순간의 무게를 측정하였다. 처음 물을 분사하였을 때 실제 수압 외에도 아크릴판에 고이게 되는 물의 양으로 인해 수압이 증가되어 보이는 결과가 나왔다. 따라서 실제 아크릴판에 고인 물의 무게를 여러 번 측정하여 평균적인 물의 양을 빼서 물의 압력을 구했다. 아크릴판 위에 고인 물의 무게는 약 130g이다.

표10. 물분사력 측정 방법

1차	2차	3차
물이 분사된 거리를 측정	측정기구를 만들어 높이를 측정	물이 분사될 때 저울에 가해지는 힘으로 물분사력을 측정
		

나. 실험결과-연탄구멍 배치 형태 물분사력

표11. 구멍크기 0.5mm (연탄형)

구멍 개수	10	19	22	25	28	37	46	55	64	73
총면적(mm ²)	2.0	3.7	4.3	4.9	5.5	7.3	9.0	10.8	12.6	14.3
물분사력(g)	220	318	322	340	318	288	314	270	270	244

표12. 구멍크기 1.0mm (연탄형)

구멍 개수	10	19	22	25	28	37	46	55	64	73
총면적(mm ²)	7.9	14.9	17.3	19.6	22.0	29.1	36.1	43.2	50.3	57.3
물분사력(g)	348	328	316	262	278	254	240	228	248	222

표13.구멍크기 1.5mm (연탄형)

구멍 개수	10	19	22	25	28	37	46	55
총면적(mm ²)	17.7	33.6	38.9	44.2	49.5	65.4	81.3	97.2
물분사력(g)	290	264	240	230	228	206	202	196

표14.구멍크기 2.0mm (연탄형)

구멍 개수	10	19	22	23	28	37	46
총면적(mm ²)	31.4	59.7	69.1	72.3	88.0	116.2	144.5
물분사력(g)	250	244	204	200	204	212	186

다. 실험결과-연근구멍 배치 형태 물분사력

표15.구멍크기 0.5mm (연근형)

구멍 개수	11	20	29	38	47	56	65	74		
총면적(mm ²)	2.2	3.9	5.7	7.5	9.2	11.0	12.8	14.5		
물분사력(g)	258	316	384	344	316	306	334	296		

표16.구멍크기 1.0mm (연근형)

구멍 개수	11	20	29	38	47	56	65
총면적(mm ²)	8.6	15.7	22.8	29.8	36.9	44.0	51.1
물분사력(g)	352	314	316	208	256	238	234

표17.구멍크기 1.5mm (연근형)

구멍 개수	11	20	29	38	47
총면적(mm ²)	19.4	35.3	51.2	67.2	83.1
물분사력(g)	298	186	230	244	232

표18.구멍크기 2.0mm (연근형)

구멍 개수	11	20	29
총면적(mm ²)	34.6	62.8	91.1
물분사력(g)	232	206	212

2. 물분사량 측정실험

각 분사판별로 물분사량 측정실험을 진행하였다. 물분사량은 연탄구멍 배치형태에
서는 0.5mm 구멍10개에서 가장 적은 물이 분사되었고, 연근구멍모양 배치에서는
0.5mm 11개에서 가장 낮은 분사량을 보였다.

가. 실험방법

분사판을 끼운 후 20초간 물을 수조에 받아서 그 양을 측정하였다.

나. 실험결과 - 연탄구멍 배치 형태 물분사력

표19.구멍크기 0.5mm (연탄형)

구멍 개수	10	19	22	25	28	37	46	55	64	73
총면적(mm ²)	2.0	3.7	4.3	4.9	5.5	7.3	9.0	10.8	12.6	14.3
물분사량(g)	1898	3186	3316	3834	3864	4230	4620	4682	4866	4888

표20.구멍크기 1.0mm (연탄형)

구멍 개수	10	19	22	25	28	37	46	55	64	73
총면적(mm ²)	7.9	14.9	17.3	19.6	22.0	29.1	36.1	43.2	50.3	57.3
물분사량(g)	3856	4062	4784	4920	5030	5168	5160	5126	4910	5000

표22.구멍크기 1.5mm (연탄형)

구멍 개수	10	19	22	25	28	37	46	55
총면적(mm ²)	17.7	33.6	38.9	44.2	49.5	65.4	81.3	97.2
물분사량(g)	4542	5092	5122	5212	5090	5196	5108	5174

표23.구멍크기 2.0mm (연탄형)

구멍 개수	10	19	22	23	28	37	46
총면적(mm ²)	31.4	59.7	69.1	72.3	88.0	116.2	144.5
물분사량(g)	4808	5162	4538	5120	5238	5234	5308

다. 실험결과 - 연근구멍 배치 형태 물분사력

표24.구멍크기 0.5mm (연근형)

구멍 개수	11	20	29	38	47	56	65	74
총면적(mm ²)	2.2	3.9	5.7	7.5	9.2	11.0	12.8	14.5
물분사량(g)	2016	2840	3830	4362	4464	4614	4842	4951

표25.구멍크기 1.0mm (연근형)

구멍 개수	11	20	29	38	47	56	65
총면적(mm ²)	8.6	15.7	22.8	29.8	36.9	44.0	51.1
물분사량(g)	3728	4426	4930	4908	5104	5064	5250

표26.구멍크기 1.5mm (연근형)

구멍 개수	11	20	29	38	47
총면적(mm ²)	19.4	35.3	51.2	67.2	83.1
물분사량(g)	4900	5072	5249	5248	5222

표27.구멍크기 2.0mm (연근형)

구멍 개수	11	20	29
총면적(mm ²)	34.6	62.8	91.1
물분사량(g)	5082	5202	5300

□ 실험 결과 분석

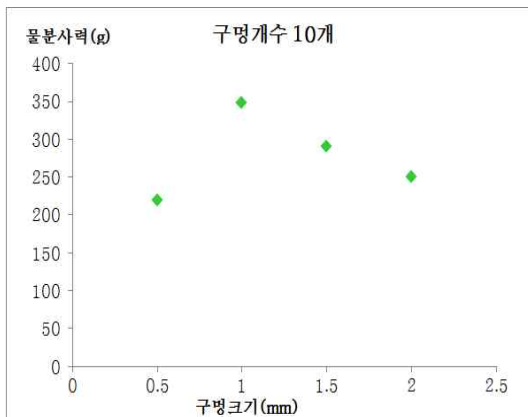
1. 구멍크기, 구멍개수에 따른 물분사력 및 물분사량 변화

구멍총면적=(구멍크기X구멍개수)로, 구멍크기가 같을 때 구멍개수가 증가하거나, 구멍개수가 같을 때 구멍크기가 커지는 조건이다. 이 두가지 경우 모두에 대해서 세척력을 살펴보았다.

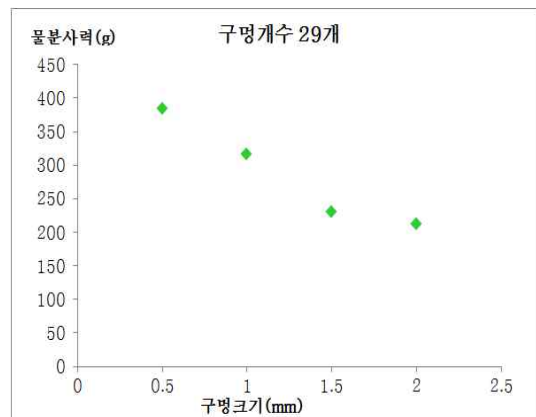
가. 구멍크기 증가 시 물분사력(수압) 측정 실험

1) 구멍개수는 같고 구멍크기가 커지는 경우

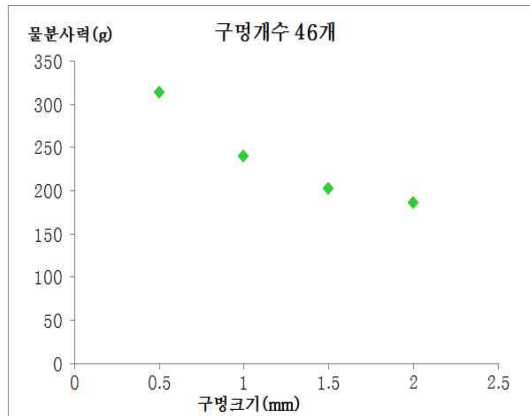
그래프1. 구멍개수 10개 물분사력



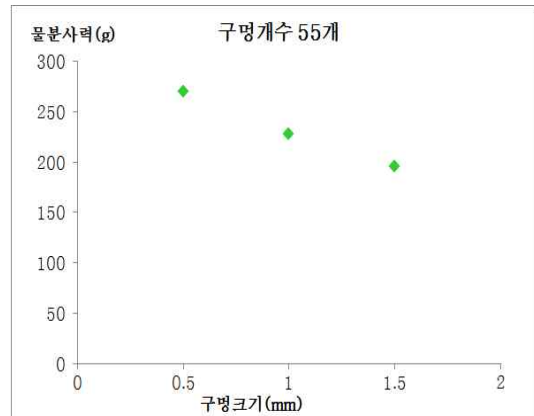
그래프2. 구멍개수 29개 물분사력



그래프3. 구멍개수 46개 물분사력



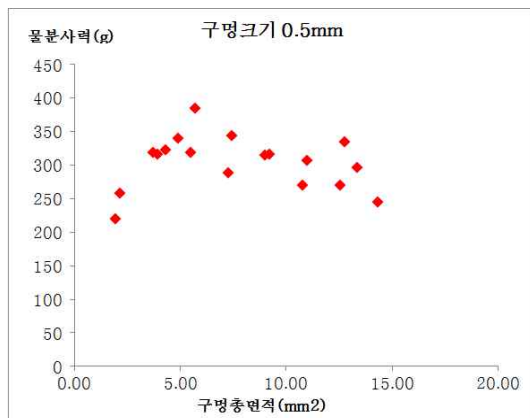
그래프4. 구멍개수 55개 물분사력



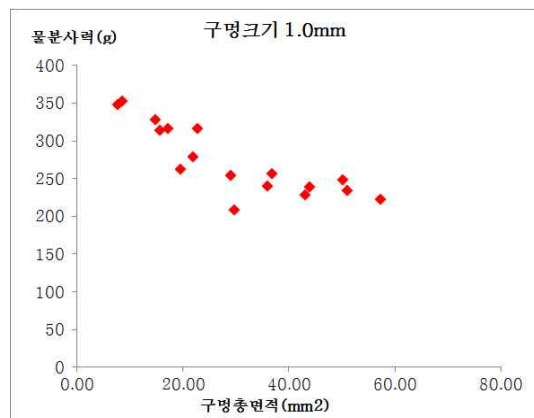
- ▶ 같은 구멍개수에서 구멍크기가 커지면 물분사력은 작아진다.
단, 구멍크기가 10개인 경우 0.5mm보다 1.0mm가 더 분사력이 높았다.

2) 구멍크기는 같고 구멍개수가 많아지는 경우

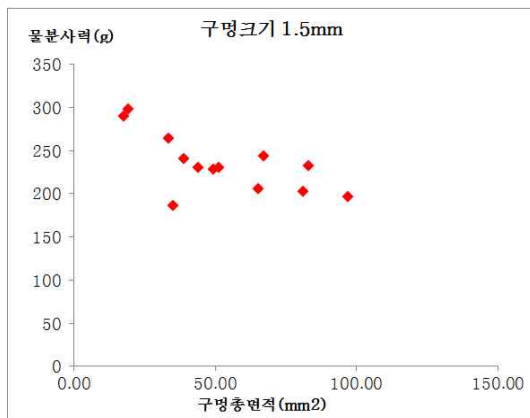
그래프5. 구멍크기 0.5mm 물분사력



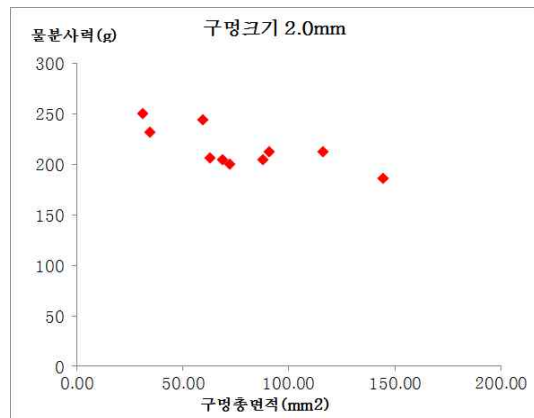
그래프6. 구멍크기 1.0mm 물분사력



그래프7. 구멍크기1.5mm 물분사력



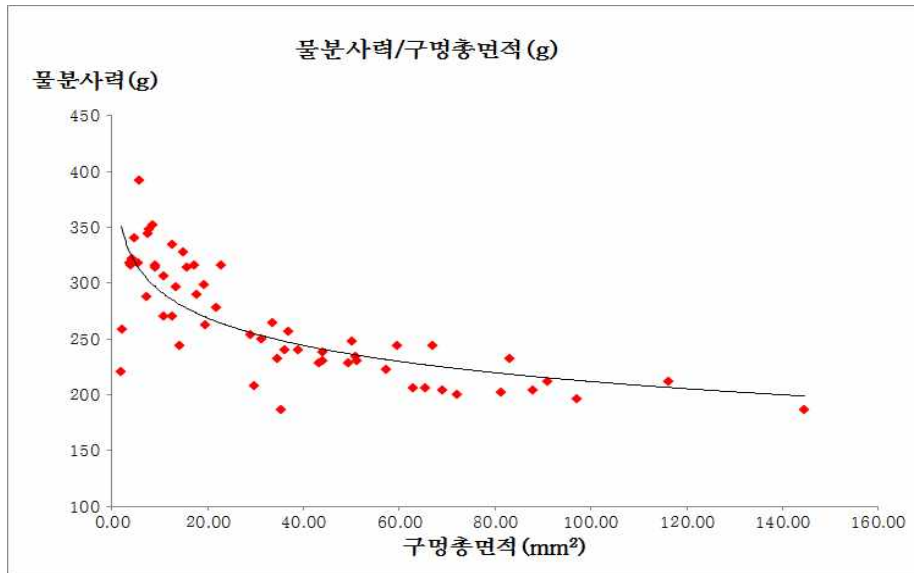
그래프8. 구멍크기 2.0mm 물분사력



- ▶ 같은 구멍크기에서 구멍개수가 많아지면 물분사력은 작아진다.
단, 구멍크기가 0.5mm인 경우 구멍개수가 증가하면 분사력이 증가한다.

3) 구멍개수 크기와 관계없이 구멍 총면적으로 분석

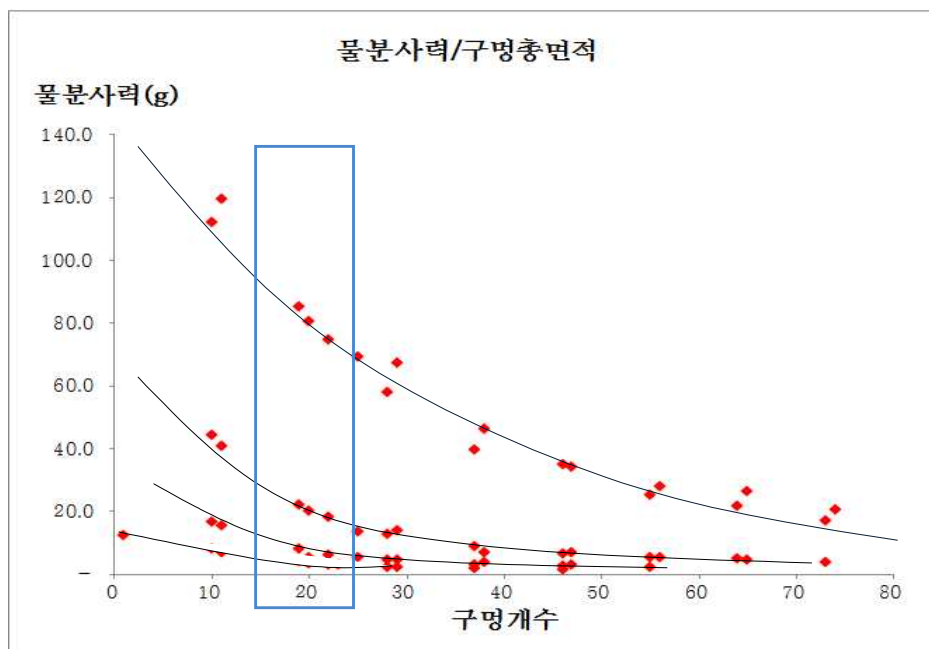
그래프9. 물분사력과 구멍총면적관계



- ▶ 구멍크기나 구멍개수가 증가하면서 구멍 총면적이 증가하면, 물분사력은 감소한다.

4) 단위면적당 물분사력 분석

그래프10. 물분사력과 구멍총면적관계



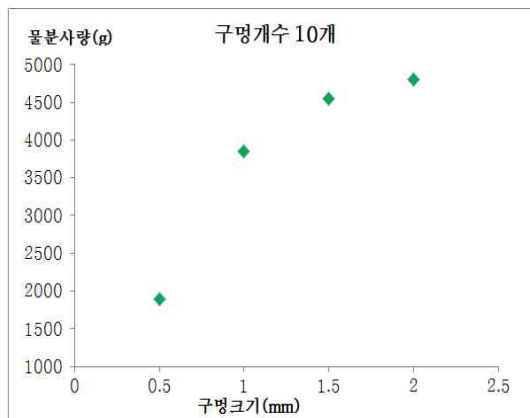
단위 면적당 물분사력을 구하면 위의 그래프와 같은 형태가 된다. 총 4개의 그룹으로 그려지는데, 맨윗선그룹이 지름 0.5mm, 맨 아래쪽은 2.0mm 그룹이다. 위 그래프의 파랑색 박스 부분을 보면 구멍 20개 분사판일 때 구멍당 물분사력은 0.5mm 일 때 80g/mm^2 이지만, 1.5~2.0mm가 되면 10g/mm^2 수준으로 낮아진다. 즉 0.5mm 일때보다 87%이상 더 약한 분사력이 되게 된다.

- ▶ 같은 구멍크기에서는 구멍개수가 많아지면 물분사력은 감소한다.
 같은 구멍개수에서는 구멍크기가 커지면 물분사력은 감소한다.
 즉, 구멍총면적과 물분사력은 반비례 관계에 있다.

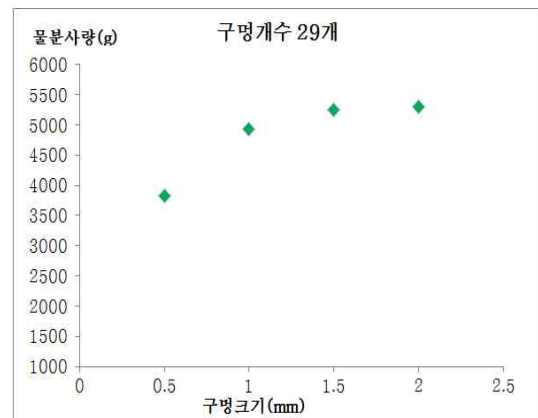
2. 구멍크기 증가 시 물분사량 측정 실험

1) 구멍개수는 같고 구멍크기가 커지는 경우

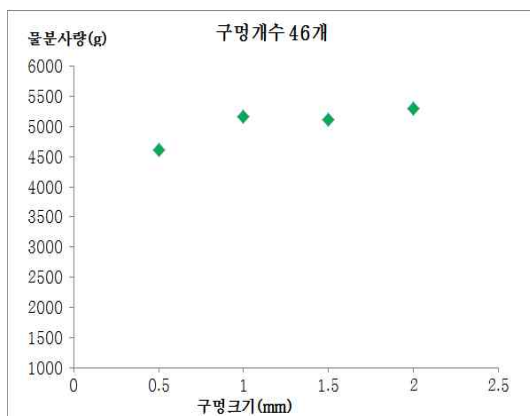
그래프11. 구멍개수 10개 물분사량



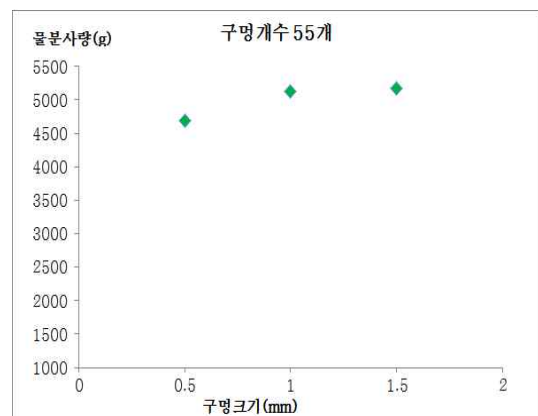
그래프12. 구멍개수 29개 물분사량



그래프13. 구멍개수 46개 물분사량



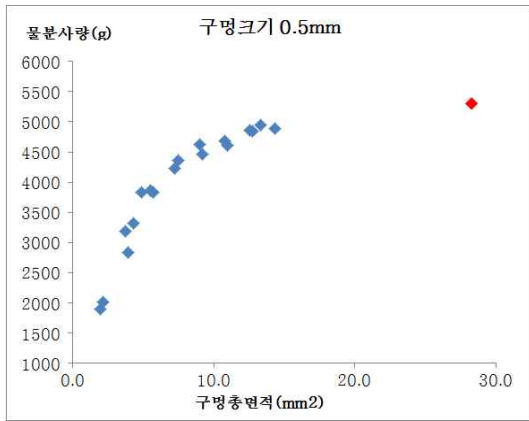
그래프14. 구멍개수 55개 물분사량



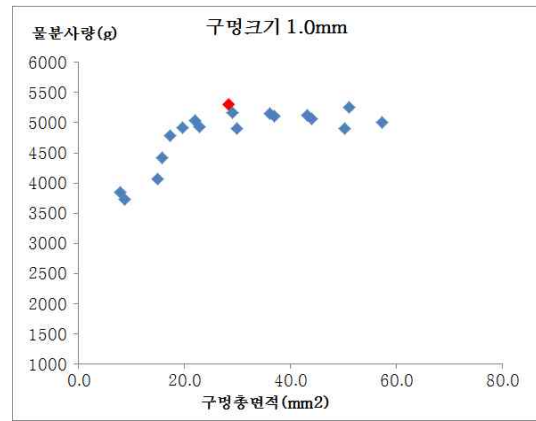
- ▶ 같은 구멍개수에서 구멍크기가 커지면 물분사량은 증가한다.
 하지만, 물분사량은 어느 정도 커지고 나면 더 이상 증가하지 않는다.

2) 구멍크기는 같고 구멍개수가 증가하는 경우

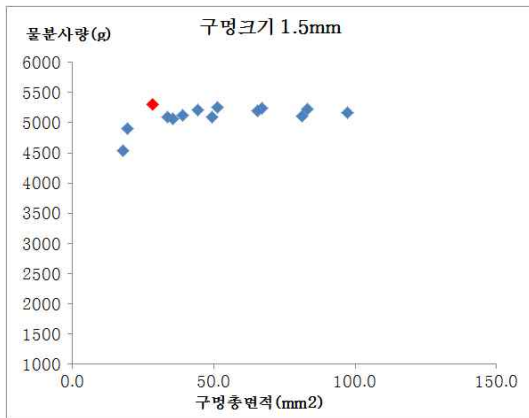
그래프15. 구멍크기 0.5mm 물분사량



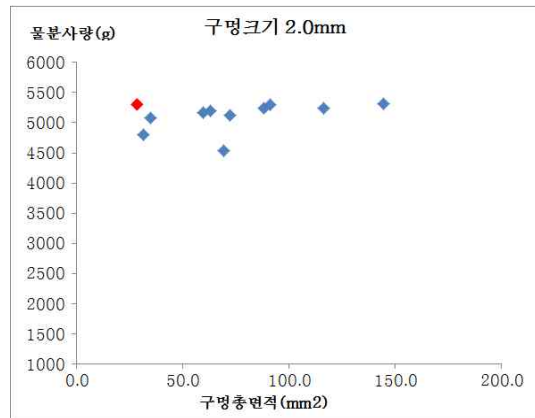
그래프16. 구멍크기 1.0mm 물분사량



그래프17. 구멍크기 1.5mm 물분사량



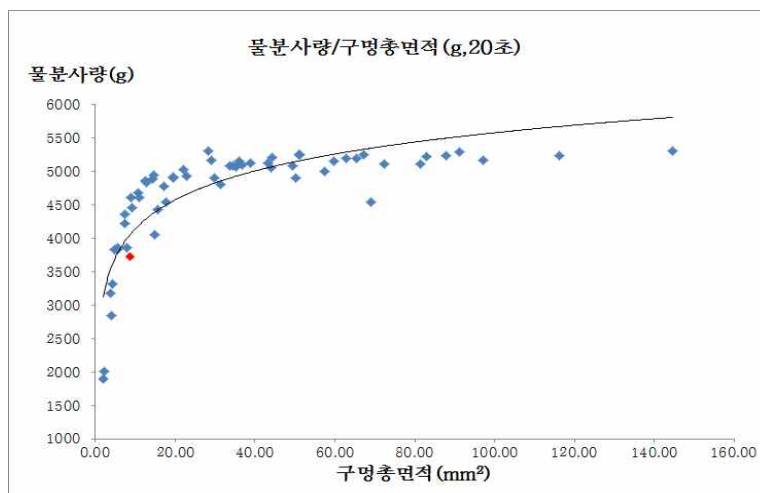
그래프18. 구멍크기 2.0mm 물분사량



- ▶ 같은 구멍크기에서 구멍개수가 많아지면 물분사량은 증가한다.
하지만, 물분사량은 어느 정도 커지고 나면 더 이상 증가하지 않는다.

3) 구멍개수 크기와 관계없이 구멍 총면적으로 분석

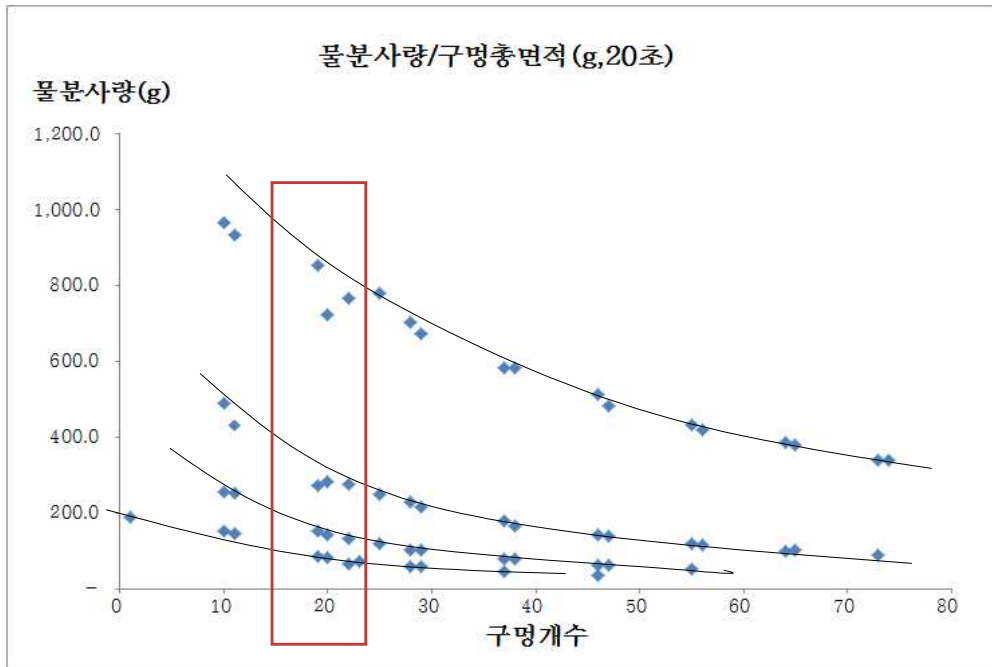
그래프19. 구멍크기 0.5mm 물분사량



▶ 구멍크기나 구멍개수가 증가하면서 구멍 총면적이 증가하면, 분사량은 증가하다가 일정 수준에서 더 이상 증가하지 않는다.

4) 단위면적당 물분사력 분석

그래프20. 구멍크기 0.5mm 물분사력

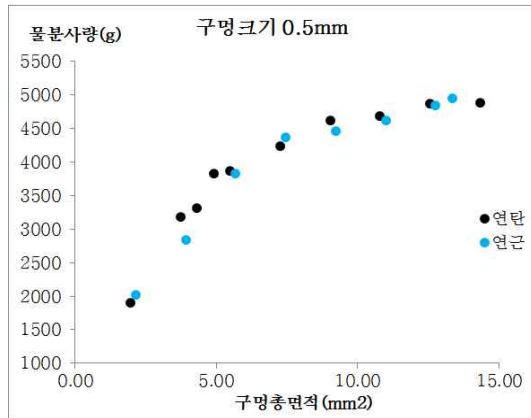


위의 그래프를 분석해 보면, 총 4개의 그룹으로 나뉘게 된다. 앞서 단위면적당 물분사력과 동일하게 맨윗선그룹이 구멍크기 0.5mm인 그룹이고 차례대로 아래쪽으로 1.0, 1.5, 2.0mm 가된다. 구멍개수 20개를 비교해보면, 실제 구멍 0.5mm 분사판의 경우 총물분사량은 2840g/20초로 적지만, 단위면적당은 723g/20초 이고 구멍크기 2.0mm의 경우 총분사량은 5202로 거의 최대치에 가깝지만, 단위면적당 82.8g/20초로 매우 적은 물이 분사되게 된다.

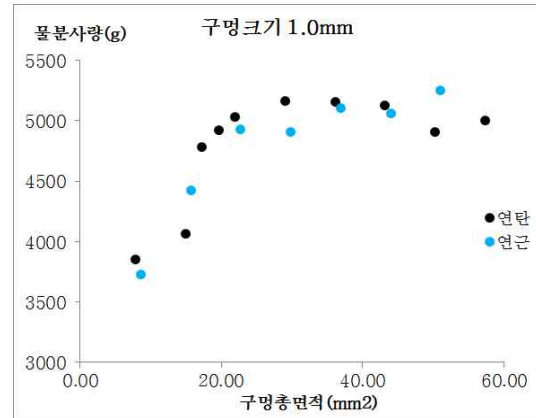
2. 구멍 배치 형태에 따른 물분사력 및 물분사량 변화

연탄과 연근은 구멍 배치 형태가 달라 그로 인해 물분사력과 물분사량에 영향을 미칠 것으로 생각되었다. 그래서 두 분사판 구멍배치 형태에 따라 어떤 변화가 있는지를 살펴보았다.

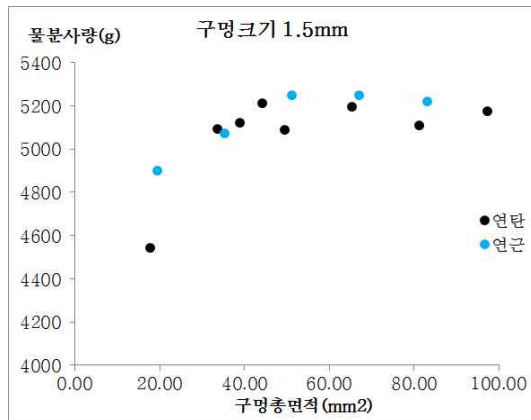
그래프41. 구멍크기 0.5mm 물분사량



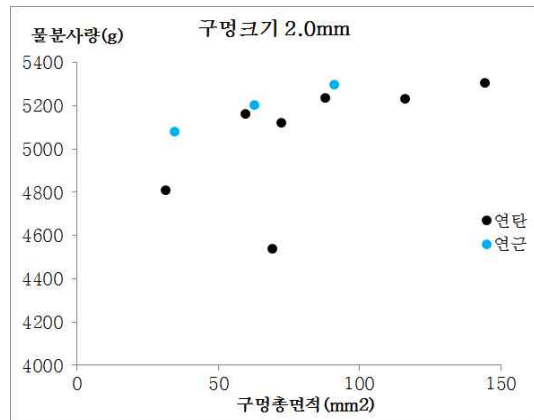
그래프42. 구멍크기 1.0mm 물분사량



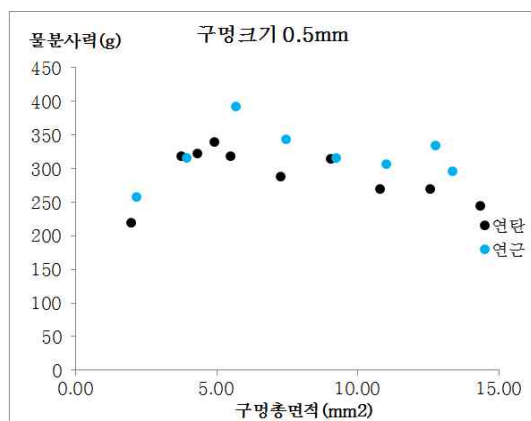
그래프43. 구멍크기 1.5mm 물분사량



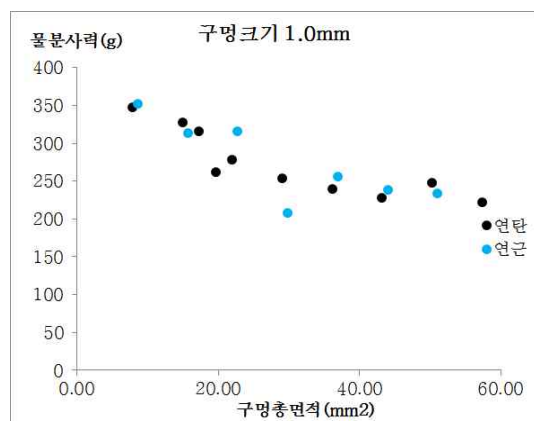
그래프44. 구멍크기 2.0mm 물분사량



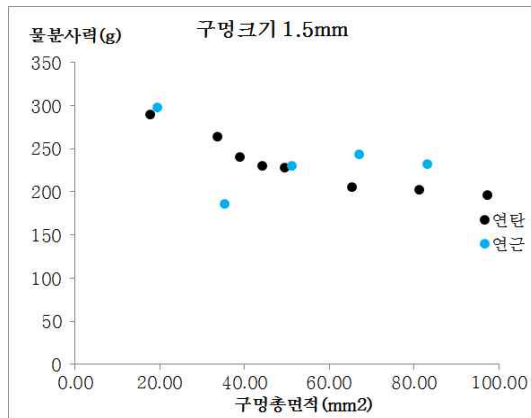
그래프45. 구멍크기 0.5mm 물분사력



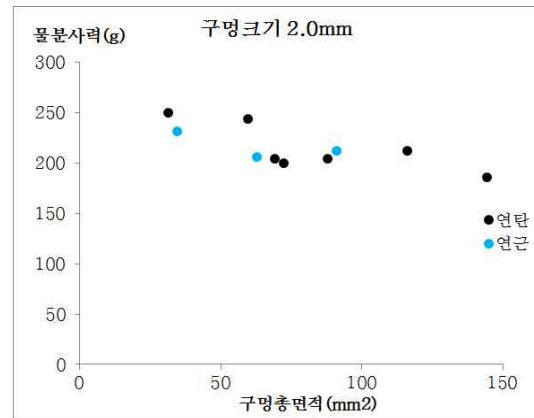
그래프46. 구멍크기 1.0mm 물분사력



그래프47. 구멍크기 1.5mm 물분사력



그래프48. 구멍크기 2.0mm 물분사력



3. 결론

구멍크기가 작은 분사판의 경우 물분사력은 세지만, 총물분사량은 적다. 하지만, 세척이 잘되었던 이유는 단위면적당 더 많은 물을 내보내기 때문인 것을 알게 되었다.

따라서, 설거지가 잘되는 분사판은

1. 단위면적당 물분사력이 강하고
2. 단위면적당 물분사량이 많아 짧은 시간에 설거지가 가능하면서
3. 동시에 총물분사량이 상대적으로 적은 분사판이다.

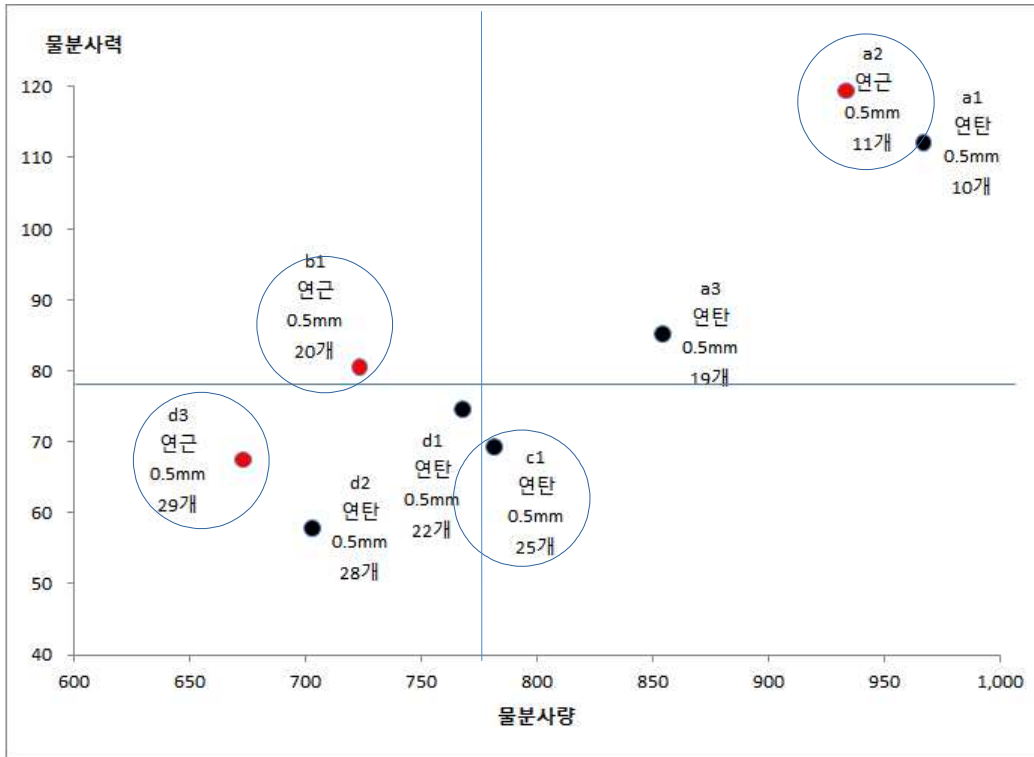
위의 정의에 따라 실험에 사용한 모든 분사판을 분류해 보면 아래와 같다.

표28. 단위면적당 물분사량 및 물분사력 분류

단위면적당물 분사력	단위면적당물 분사량	6mm	연근배치	연탄배치	총합계
매우강함	매우많음		3	5	8
	많음		2	1	3
강함	많음		4	4	8
	중간		1	1	2
중간	많음			1	1
	중간	1	3	7	11
약함	적음		6	5	11
	매우적음			2	2
매우약함	매우적음		4	9	13
총합계		1	23	35	59

8개의 분사판을 물분사량과 물분사력을 각각 두 개의 축으로 하여 그래프를 그려 비교해 보면 아래 그래프와 같다.

그래프27. 물분사력이 좋고 물분사량이 적은 분사판



위의 그래프에서 각 사분면에 위치한 분사판중 가장 효율이 좋은 분사판을 뽑아보면 아래표와 같게 된다.

표29. 우수 분사판 기본 정보

분사판 명	형태/구멍크 기	구멍개수	총물분 사량	총물분 사력	구멍총 면적	단위면적당	
						분사량	분사력
d3	연근모양 / 0.5mm	29개 / (2+9+18)	3830	384	5.69	67	673
a2	연근모양 / 0.5mm	11개 / (2+0+9)	2016	258	2.16	119	933
c1	연탄모양 / 0.5mm	25개 / (1+8+16)	3834	340	4.91	69	781
b1	연근모양 / 0.5mm	20개 / (2+9+9)	2840	316	3.93	80	723

c1의 경우 b1이나 d3분사판보다 총물분사량은 많고, 물분사력은 낮아서 세척력 실험대상으로 적절하지 않은 분사판이다. 따라서, c1을 제외한 세 개의 분사판으로

세척력 실험을 해보았다.

□ 세척력 실험

1. 실험 방법 및 실험 재료

1) 실험방법

한 곳에 많은 음식물을 두거나, 음식물을 각각 다른 위치에 배치했을 때 물이 분사되어 접시에 닿는 면적이나 위치에 의해 오차가 발생할 수 있었다. 그래서 이번 실험에서는 접시를 3개의 부분으로 나누고, 각 부분에 전체 음식물을 같은 양만큼 3등분하여 배치하여 실험했다. 약 20cm 높이에서 5초간 세척을 진행하였다. 세척후 90도로 기울여 그릇에 남아있는 음식물과 물을 제거한 후의 상태를 관찰하였다.

2) 실험재료

세척에 사용하는 음식물은 우리가 일상적인 식생활에서 먹는 것을 사용해서 실험을 하였다. 1,2차 실험에서 사용한 재료를 그대로 사용하였고, 기름기가 있는 음식물을 추가하기 위해 흔히 먹는 소세지를 일정양씩 잘라서 넣었다.

표30. 세척 실험 대상

재료	선택이유	사진	사용량
밥풀	한국인의 주식으로 점성이 있고 알갱이가 작음		약 5g
시럽	각종 소스류를 대표할 수 있고 점성이 강함, 넓게 퍼짐		약 5g
시금치	김치, 야채 등을 대표하고 접시등의 표면에 붙어서 잘 떨어지지 않는 재료		가로 2cm X 세로 2cm 세장
소세지	기름기가 있는 식품을 대표하고, 기름성분으로 접시표면에 접촉됨		1.1g 3조각

표31. 세척실험 그릇

그릇	밥그릇	접시1	접시2
선택 이유	한국사람이 거의 매일 사 용하는 기본적인 그릇	일반적으로 사용하는 접 시	큰접시,후라이팬,쟁반 같 이 큰 그릇을 대표
사진			
크기	11.5cm	16.5cm	21cm
특징	안으로 움푹하게 들어가 있어서 안쪽으로 물이나 음식물이 고임	전체적으로 평평하지만 바깥쪽이 약간 높은 형태	

2. 세척력 실험결과

표32. 세척력 비교실험

구멍개수	세척 전 상태	밥그릇 세척 후	세척율		
연근모양 0.5mm 29개			밥	100%	100%
			시럽	100%	
			시금치	100%	
			소세지	100%	
연근모양 0.5mm 11개			밥	97%	99%
			시럽	100%	
			시금치	100%	
			소세지	100%	
연근모양 0.5mm 20개			밥	100%	100%
			시럽	100%	
			시금치	100%	
			소세지	100%	

표33. 접시지름 16.5cm 세척실험

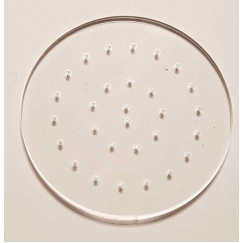
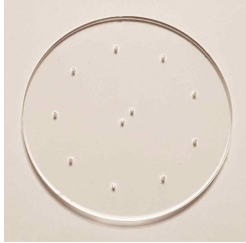
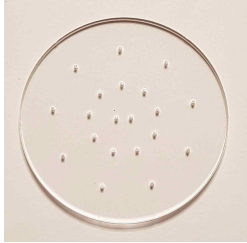
구멍개수	세척 전 상태	접시1(지름16.5cm)	평가		
연근모양 0.5mm 29개			밥	80%	87%
			시럽	100%	
			시금치	100%	
			소세지	66%	
연근모양 0.5mm 11개			밥	30%	83%
			시럽	100%	
			시금치	100%	
			소세지	100%	
연근모양 0.5mm 20개			밥	40%	85%
			시럽	100%	
			시금치	100%	
			소세지	100%	

표34. 접시지름 21.0cm 세척실험

구멍개수	세척 전 상태	접시2(지름21.0cm)	평가		
연근모양 0.5mm 29개			밥	100%	83%
			시럽	100%	
			시금치	100%	
			소세지	33%	
연근모양 0.5mm 11개			밥	33%	75%
			시럽	100%	
			시금치	66%	
			소세지	100%	
연근모양 0.5mm 20개			밥	100%	100%
			시럽	100%	
			시금치	100%	
			소세지	100%	

위 세척실험 결과를 정리해 보면 아래표와 같다.

표35. 세 분사판의 세척력 실험 결과 정리

구분	연근모양, 0.5mm 29개 분사판			연근모양 0.5mm 11개 분사판			연근모양 0.5mm 20개 분사판		
분사판모양									
세척력 (평균)	100%	87%	83%	99%	83%	75%	100%	85%	100%
	90%			86%			95%		



구멍 11개 분사판의 물분사력과 물분사량이 높아 세척이 잘 될것으로 생각했는데, 실제 세척결과는 구멍 20개 분사판이 더 좋게 나왔다. 그 이유는 무엇일까? 물분사력이나 물분사량 이외에도 물이 접시 표면에 닿을 때의 모양이 세척력에 영향을 주었을 수 있다고 생각되어 물이 그릇에 닿는 모습을 관찰해보았다.

3. 물이 그릇에 닿는 모양 관찰

가. 관찰 방법

분사판 아래쪽에서 물이 닿는 모습은 실제 실험환경에서 관찰하기가 어려울 수 있어, 수전을 거꾸로 하여 위쪽으로 물을 분사하여 투명한 아크릴판에 닿는 모습으로 모양을 관찰해 보았다.

표36. 물이 닿는 모양 관찰 방법

1차	2차	3차
	분무기와 분사판을 결합하여 물을 뿌림	수전을 거꾸로 하여 위로 분사시켜 아크릴판에 닿는 모습을 관찰
관찰하지 않음		

나. 관찰 결과

표37. 물이 닿는 모양 분류

거미불가사리 총 8 개		넓은 별(별불가사리) 총 18개	
			 
연잎 총 22개		하트 총 9개	
			

물이 그릇에 닿을 때 다양한 모양이 생겼지만, 크게 나누어 보면 위 표와 같이 4개의 형태로 분류할 수 있었다. 이렇게 분류 가능한 원인을 단위면적당 물분사력과 물분사량과 어떤 관계가 있는지를 확인해 보았다. 아래 표를 보면, 단위면적당 물분사력이 커질수록 거미불가사리 모양과 같이 끝이 뾰족한 형태가 많아지고, 단위면적당 물분사량이 많아지면 역시 거미불가사리, 넓은별 모양이 많아진다는 것을 알 수 있었다. 이것은 물줄기가 분사된 후 그릇이나 바닥에 닿으면서 물줄기간 상호 작용에 의해 물이 퍼지는 정도가 결정되기 때문에 발생하는 것으로 추정된다.

표38. 단위면적당 물분사력과 물이 닿는 모양 관계표

구분	닿는 모양					
	거미불가사리	넓은별	연잎	하트	닿지않음	총합계
면적당분사량 상대비교						
매우많음	5	2		1		8
많음	1	6	4	1		12
중간	1	6	6			13
적음		3	2	6		11
매우적음	1	1	11	1	1	15
총합계	8	18	23	9	1	59

표39. 단위면적당 물분사량과 물이 닿는 모양 관계표

구분	닿는 모양					
단위면적당 물 분사량 상대비교	거미불가 사리	넓은별	연잎	하트	닿지않음	총합계
매우강함	6	4		1		11
강함	1	4	4	1		10
중간		6	6			12
약함		3	4	6		13
매우약함	1	1	9	1	1	13
총합계	8	18	23	9	1	59

표40. 세 분사관의 물분사 형태 및 물이 닿는 모양

구멍개수	물분사형태	물이 닿는 형태	분사력
			분사량
연근모양 0.5mm 29개 (2+ 9+ 18)			67
			673
연근모양 0.5mm 11개 (2+ 0+ 9)			119
			933
연근모양 0.5mm 20개 (2+ 9+ 9)			80
			723

이번 세척력 실험에 사용한 세 개의 분사판의 물이 닿는 모양을 살펴보면, 아래표에서 볼 수 있듯이 구멍 29개 분사판은 연잎과 넓은별 모양의 중간형태를 띄고 있고, 11개와 20개 분사판은 거미불가사리 모양을 띄고 있다.

전체적인 크기와 뾰족한 부분의 길이를 비교해보면 11개 분사판은 가장 짧은 거리가 17cm, 긴거리가 27m 정도인데 20개 분사판은 가장 짧은 거리가 20cm, 긴거리가 29cm정도로 전체적인 면적이 더 넓다. 이 원인으로 구멍크기 0.5mm 구멍 11개 분사판보다 20개 분사판이 더 세척력이 좋았던 것으로 생각된다.

□ 탐구결과 정리

1. 세척력이 가장 좋은 분사판

앞선 모든 실험을 종합 정리해보면, 세척력이 좋은 분사판은 구멍크기 0.5mm, 구멍개수가 20개, 구멍을 연근 구멍 형태로 가운데 2개, 중간원 위 9개, 마지막 원 위 9개의 구멍을 배치한 분사판 이다.

표41. 탐구결과 정리

구분		연근모양 0.5mm / 20개 분사판	분사판 사진
물분사량	20초	2840 g	
	5분	42.6 kg	
세척력(평균)		95%	

2. 탐구 결과 요약

이번 탐구를 통해서, 분사판 구멍의 크기와 개수가 변하면 ‘물이 분사되는 힘’, ‘분사되는 물의 양’의 차이가 발생하고 그 요인으로 세척력에도 차이가 생긴다는 점을 알게 되었다. 구멍크기가 달라지거나 구멍개수가 달라지면, 지름 5.7cm 분사판 내 구멍의 총면적이 달라지게 되고 이 차이로 인해서 물이 분사될 때의 압력과 물의 분사량이 달라지면서 세척력에 영향을 주게 된다는 것도 알 수 있었다.

그리고 구멍의 크기와 개수가 같아도, 구멍을 어떻게 배치하느냐에 따라 세척력이 달라질 수 있다는 점도 알게 되었다. 특히 구멍크기가 0.5mm~1.0mm로 작을 때

에는 연근 구멍 모양으로 배치하게 되면 구멍개수가 증가해도 연탄구멍모양배치보다 더 물분사력은 높이고 분사되는 물의 양은 줄일 수 있어 더 효율적이라는 것을 확인할 수 있었다.

3. 탐구 결과의 활용

우리집 싱크대 분사판은 가로 1mm, 세로 0.5mm 의 구멍이 총 54개가 (20개 + 34개) 있다. 이 분사판 구멍의 총면적은 27mm^2 이다. 그림 6mm 호스(배관)의 넓이가 28.3mm^2 이므로 거의 비슷한 크기로 만들어졌다.

그림7. 우리집 싱크대 수전



이번 실험에서 구멍총면적이 $22.8\sim 29.9\text{mm}^2$ 의 분사판은 20초당 약 평균 5000g의 물이 분사되었다. 따라서, 싱크대 수전을 현재 모양에서 구멍 지름 0.5mm, 구멍 20개, 연근구멍배치 모양 분사판으로 교체할 경우 설거지를 하루에 3회, 5분씩 한다면 한 가정에서 하루에 총 97.2kg($225\text{kg} \rightarrow 127.8\text{kg}$)을 줄일 수 있게 된다. 이 양은 한 달 30일 기준 2916 kg, 1년이면 35,478 kg (35.5톤) 물을 절약할 수 있게 된다. 이 양은 2016년 기준 서울시민 1인당 물사용량 303리터를 기준으로 계산해보면 한 명이 약 4개월(117일)을 더 사용할 수 있는 양이다.

□ 탐구를 통해 알게 된 점과 느낀 점

세척력이 좋은 분사판을 사용하게 되면,

1. 설거지 시간을 줄일 수 있어 남은 시간을 다른 데 쓸 수 있다는 장점
2. 설거지에 사용되는 물의 양을 줄일 수 있어, 전 세계에서 문제가 되고 있는 “물부족”이라는 중요한 환경적 문제를 해결하는 데에도 도움이 될 수 있는 점
3. 무엇보다 설거지를 주로 하시는 엄마가 더 행복하고 편리하게 된다는 점 등 많은 장점이 있다.

과학 원리를 생활 속 여러 제품들에 적용해서 내 주변의 사람들을 기분 좋게 해줄 수도 있고, 환경 보호 등에도 기여할 수 있다는 건 정말 대단한 일이라고 생각한다. 이번 실험을 계기로 내가 생활하는 여러 곳에 적용되어있는 과학 원리에 대해 더 관심을 가지고, 더 효율적이고 환경을 더 잘 보호할 수 있는 제품을 만들어 보고 싶다.

□ 기타 내용

1. 탐구기간

	1차 탐구활동	2차 탐구활동	3차 탐구활동
시기	2016. 8. - 2016. 9.	2016. 9. - 2017. 1.	2017. 3. - 2017. 6.
탐구내용	<ul style="list-style-type: none"> ○ 탐구 주제 선정을 위한 아이디어 떠올리기 ○ 주제 선정하기 ○ 탐구 계획 세우기 ○ 제 1차 탐구 활동 실시 <ul style="list-style-type: none"> - 준비물 준비, 제작 - 1차 탐구활동 실시 - 탐구일지 작성 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 제 2차 탐구 활동 실시 <ul style="list-style-type: none"> - 분사판 제작, 압력 측정 장치 제작 및 추가 실험 - 탐구일지 작성 ○ 지역교육청대회 참가를 위한 작품 설명서 작성 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 제 3차 탐구 활동 실시 <ul style="list-style-type: none"> - 분사판 아크릴 제작, 압력 측정 방법 보완 - 탐구일지 작성 ○ 전국 과학전람회 참가를 위한 작품 설명서 작성

2. 참고문헌

네이버지식백과 (두산백과사전)

<http://terms.naver.com/entry.nhn?docId=1156889&cid=40942&categoryId=32227>

시사상식사전(네이버)

<http://terms.naver.com/entry.nhn?docId=933743&cid=43667&categoryId=43667>

<http://terms.naver.com/entry.nhn?docId=3393130&cid=58341&categoryId=58341>

연근관련 정보

<http://terms.naver.com/entry.nhn?docId=1126393&cid=40942&categoryId=3187>

연탄관련 정보

<http://terms.naver.com/entry.nhn?docId=1126668&cid=40942&categoryId=323976>

1인당 물 사용량 정보 출처 케이워터 홈페이지

<http://www.mdtoday.co.kr/mdtoday/index.html?no=286267>

3. 도움 받은 사람

아빠