

발전소로부터 방해물이 없는 주변지역에 대한 소음영향 및 대책

Noise influence and Measures of Noise Sources of Thermal Power Sites on Neighborhood Residence Area located in Wide Flatland

김연환[†] · 배춘희^{*} · 김계연^{*} · 엄희문^{*}

Yeon-Whan Kim, Chun-Hee Bae, Kye-Yean Kim, and Hee-Moon Eum

Key Words : 화력발전소(Thermal Power Plant), 인근지역(Neighborhood Residence Area), 평지(Flatland), 팬소음(Fan Noise), 소음영향(Noise Influence), 저감방안(Reduction Method)

ABSTRACT

1000MW급 증설과 관련하여 발전소 주변지역으로부터 민원이 제기된 3000MW급 화력발전소는 넓은 평지에 위치하여 발전소의 영향이 그대로 주변지역에 전달되는 상태임에도 일상 소음레벨이 환경 기준치를 만족하는 상태였으나 향후 증설에 따른 소음도 증가에 대비하여 소음영향을 예측하고 저감 대책을 검토하였다. 대형 화력발전소의 옥외소음원은 Booster fan, I.D.fan, 주변압기, 대형 철탑, 해수순환수 펌프 전동기, 증기방출관 등이 있다. 대상 주거지역의 경우는 대형팬에 의한 지향성이 크게 나타났다. 따라서, 발전소가 주변지역에 주는 소음별 기여도를 평가하고 영향이 큰 대형팬에 대한 대책으로써 기기주변에 방음벽을 설치하는 방안과 함께 소음원의 크기를 저감시킬 수 있는 소음기 대책을 추천하여 증설 예정호기를 비롯한 기존 호기중 주거지역에 영향이 큰 3000MW에 대하여 수립함으로써 소음저감 목표치를 달성하는 결과를 도출하였다.

1. 서 론

소음은 인구증가, 도시집중, 생활양식의 변화 및 공업화 등으로 인간이 생활하는 곳이면 시간과 공간의 제약을 받지 않고 발생하고 있다. 소음은 사람의 주관적이며 심리적인 요소가 많이 작용하므로 사람에 따라서 또는 동일 인물의 경우라 하더라도 소음 측정치가 규제기준을 초과하지 않지만 때와 장소에 따라서 소음을 인식하는 정도가 다르다. 일반적으로 소음환경기준은 점차 강화 되고 있고, 특히 주거지역의 소음도는 정온유지를 위한 방향으로 나가고 있다. 국내의 소음규제 관련법규에는 '환경정책기본법', '소음진동규제법', '건축법' 등이 있다.

최근에 건설되는 신규발전소의 경우에 대두되는 일반적인 현안은 주로 환경문제로 귀결된다. 그 중에서도 환경소음기준의 준수여부는 중요한 사항이다. 90년대 중반까지도 도심지 발전소의 소음이 중요 이슈였으나 전력사 분사 이후 거주 지역이 대형 발전소 인근에 위치하는 경우 예외 없이 농

어촌 지역에서도 소음민원이 제기되고 있는 실정이다.



Fig 1. Noise Measuring View on 3000MW class power site in Flatland

본 논문은 3000MW급 화력발전소에서 1000MW급 증설과 관련으로 발전소 주변지역으로부터 민원이 제기된 발전소 및 주변 지역의 소음현황과 소음원을 평가하고 주거지역으로 기여도가 큰 대형팬류에 대한 소음저감 방안을 검토한 사례를 기술한다.

[†] 한전 전력연구원 수화력발전연구소
Tel : 042-865-5436
E-mail : ywkim@kepri.re.kr

^{*} 한전 전력연구원 수화력발전연구소

2. 발전소의 배치와 주 소음원

2.1 발전소와 주변지역 배치 현황

Fig 2는 3000MW급 발전소의 일부 설비와 주변지역의 배치도로서 발전소가 향후 1000MW용량을 북쪽부지에 확장하여 건설할 것으로 알려지면서 북쪽마을을 중심으로 소음 민원이 제기됨으로써 발전소는 북쪽마을을 이주시키고 북서쪽 마을에 대한 소음영향 저감방안을 필요하게 되었다. 대상 발전소 평지에 위치하며 주변 주거지역은 북쪽 및 북동쪽, 북서쪽에 마을이 위치하고 있다. 대상 주거지역은 관리지역으로써 환경 평가기준은 낮의 경우 65dBA, 밤에는 55dBA로 정하고 있다. 북쪽 및 P1은 북쪽 주거지역, P2 북동쪽 주거지역, P3와 P4는 서쪽주거지역의 소음 측정지점으로써 북서쪽지역 및 북쪽지역에 지향성이 큰 주 소음원은 Fig 2에서 보이는 발전소의 대형 팬류로 나타내었다.

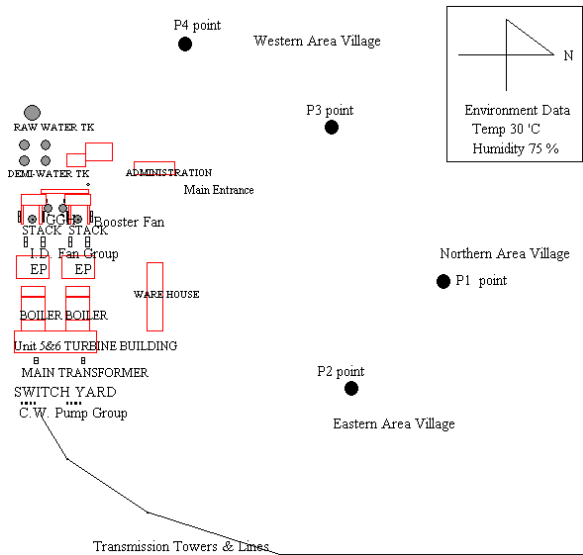


Fig 2. Arrangement of Neighborhood Residence Area and Thermal Power Site

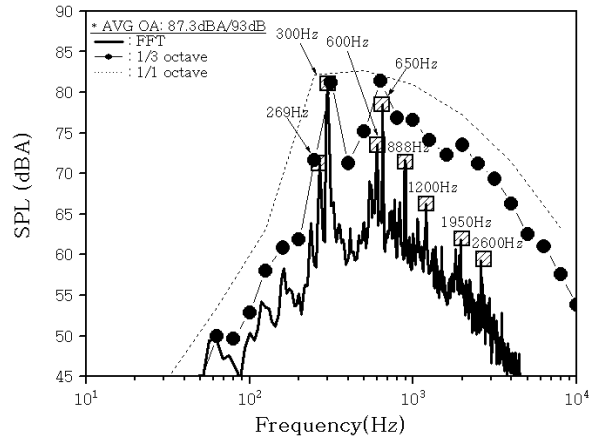
2.2 발전소 주 소음원 특성

발전소 옥외기기인 Booster fan, I.D. fan, 탈황설비 덕트, 주변압기, 해수순환수펌프 및 동쪽지역의 송전 철탑 등이 발전소 주변지역에 영향을 주는 상태이다.

2.2.1 Booster fan 소음

Fig 3(a)는 Booster fan에 대한 스펙트럼, 1/3옥타브, 1/1옥타브의 소음으로 Booster fan은 300Hz 및 650Hz소음 성분이 전체 소음레벨을 주도하고 있으며 269Hz, 600Hz, 888Hz 성분들이 보조적으로 나타났으며 2m거리에서 87.3dBA의 음압레벨을 나타내었다. 대형 덕트를 팬을 중심으로 연결된 형태이며 배출 덕트는 3층 이상 높이로서 소음이 방사되는 면적이 상대적으로 크며 소음방사 형태 예측이

복잡한 형태이나 가장 큰 소음파위는 Booster Fan 및 주변 덕트에서 나타났다.



(a) Noise Spectrum



(b) Booster fan motor

Fig 3. Booster fan Noise for 500MW Power Plant

2.2.2 I. D. fan 소음

Fig 4(a)는 I.D. fan에 대한 스펙트럼, 1/3옥타브, 1/1옥타브의 소음으로 I.D. fan은 269Hz 및 538Hz 성분이 전체 소음레벨을 주도하였고 소음분포 형태는 Booster fan과 유사한 것을 알 수 있다. 소음음압은 2m 거리에서 82.4dBA로서 Booster fan에 비하여 5dBA이상 낮게 나타났다.

2.2.3 탈황설비(G.G.H.) 덕트 소음

탈황설비는 Booster fan을 거친 배가스에서 황성분을 제거하는 설비로서 Booster fan과 I.D. fan 소음과 자체의 팬 소음이 전달되어 방사된다.

Booster fan의 소음성분인 300Hz(Fig 5 참조)의 고조파 성분이 주도하여 덕트를 통한 방사소음은 3m 앞에서 81.6dBA였으며 서쪽지역에 지향성을 가진다.

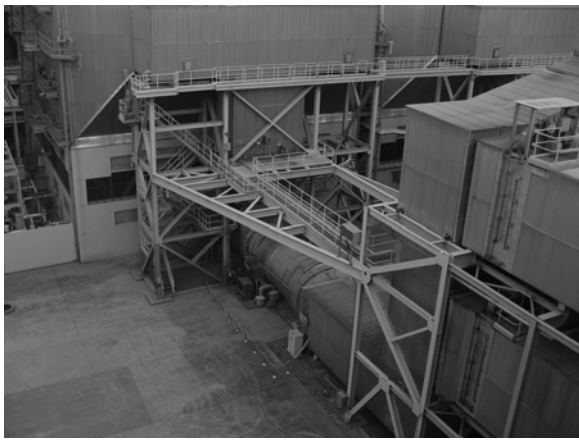
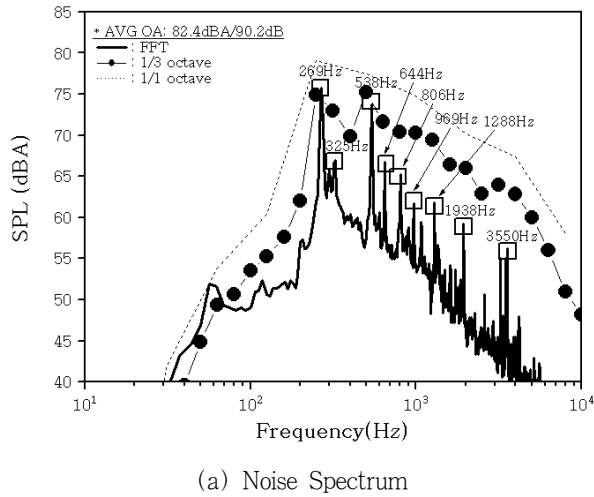


Fig 4. I.D.fan Noise for 500MW Power Plant

한 것으로 소음레벨은 낮았으나 철탑소음의 주특성은 60Hz 성분이며 60Hz의 고조파 성분들이 나타났다. Fig 6(a)에서 120Hz의 고조파성분들은 산 너머의 발전소 변압기로부터 전달되는 영향이다.

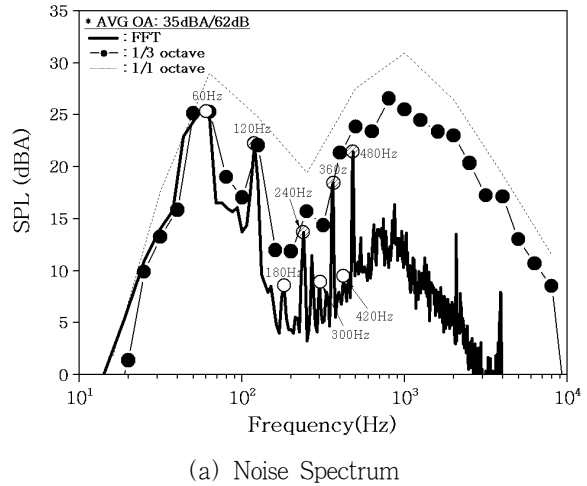


Fig 6. Transmission Power Line Noise for 765kV

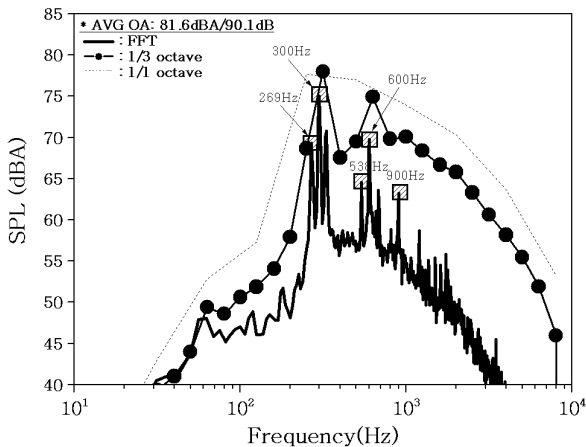


Fig 5. G.G.H. Noise for 500MW Power Plant

2.2.4 동쪽 송전선로 소음

Fig 6(a)는 발전소로부터 송전하는 동쪽지역 산위에 설치된 철탑에 대한 소음 스펙트럼, 1/3옥타브 및 1/1옥타브로써 송전선로부터 약 200m정도 거리의 산 중턱에서 측정

3. 주변지역의 소음현황

3.1 북쪽 마을에서의 소음

Fig 7은 북쪽마을인 P1지점(Fig 2참조)의 소음현황으로서 부지경계에서 300m 거리에 위치한다. P1지점 소음레벨은 47dBA로서 심야시간대 보수적인 권고레벨을 2dB를 초과하나 55dBA를 충분히 만족하였다. Booster fan 소음 성분인 300Hz가 44dBA로서 영향이 가장 크게 나타났으며 600Hz성분이 있고 269Hz성분은 I.D. fan의 영향이고 120Hz 및 240Hz는 변압기의 소음영향이며 60Hz 성분은 동쪽지역의 철탑으로부터 오는 영향으로 분석된다. 특히, 소음파워가 큰 Booster fan과 I.D. fan과 덕트와 평행하게 위치함으로서 북쪽지역은 지향성이 가장 크나 대상 소음원이 주로 1층에 위치함으로서 상대적으로 영향이 작은 것으로 볼 수 있다.

388Hz성분의 경우는 발전소에서 I.D. fan, Booster fan 이외의 기기에서 방사되는 소음으로 판단된다. 현재조건에서 북쪽 마을 소음은 Booster fan 및 I.D. fan에 대한 대책을 시행할 경우 허용치를 만족할 수 있을 것으로 판단할 수 있다.

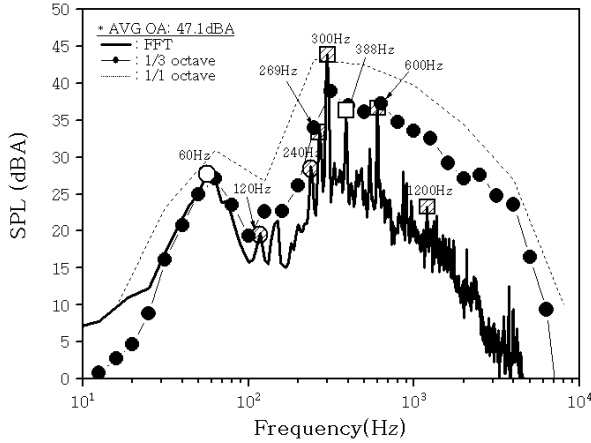


Fig 7. Noise Spectrum at P1 point

3.2 북동쪽 마을에서의 소음

Fig 8은 북동쪽마을인 P2지점(Fig 2참조)의 소음현황을 보여준다. .

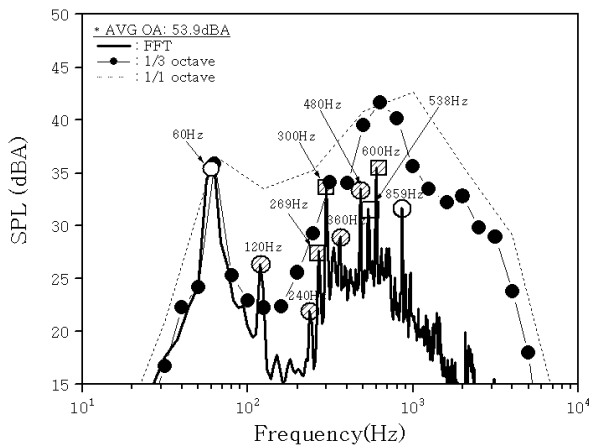


Fig 8. Noise Spectrum at P2 point

P2지점의 최대 소음레벨은 53.9dBA로서 보수적인 심야 소음 권고레벨을 초과하였으나 55dBA는 만족하였다. 주요 소음성분은 송전철탑 소음성분인 60Hz 및 Booster fan과 변압기의 소음성분인 600Hz와 300Hz가 나타났다. Fig 8의 저주파 특성은 Fig 6의 송전철탑근처에서 측정된 소음경향과 유사하였다. Booster fan의 300Hz 성분 소음은 35dBA 이내로 북쪽지역에 비하여 9dB이상 영향이 작았고 변압기의 영향으로 480Hz 및 600Hz성분의 기여율이 커진 것으로 분석되었다. 반면, 발전소 동쪽지역에 대하여 영향이 클 것으로 예상했던 해수순환수 펌프의 소음인 859Hz의 영향이

나 360Hz의 주변압기의 영향의 기여율이 작게 나타났다. 발전소의 스위치 야드의 동쪽에 설치된 송전탑의 소음영향을 제외할 경우 발전소 정상조건의 소음영향은 허용치를 만족할 것으로 판단된다.

3.3 북서쪽 마을에서의 소음

Fig 9는 북서쪽마을인 P3지점(Fig 2참조)의 소음현황을 보여준다. P3지점 소음레벨은 53.7dBA였으며 북동쪽 마을과는 다르게 Booster fan의 300Hz 성분이 41dBA로 영향이 가장 크게 나타났다. Booster fan 소음인 300Hz성분은 3층에 이르는 탈황 덕트의 방사 면적을 통하여 전달되는 것으로 추정할 수 있다. 따라서 300Hz의 영향을 최소화함으로써 서쪽지역에 대한 소음 권고레벨을 만족시킬 수 있으나 영역이 크므로 경제적인 우선순위를 고려할 필요가 있다.

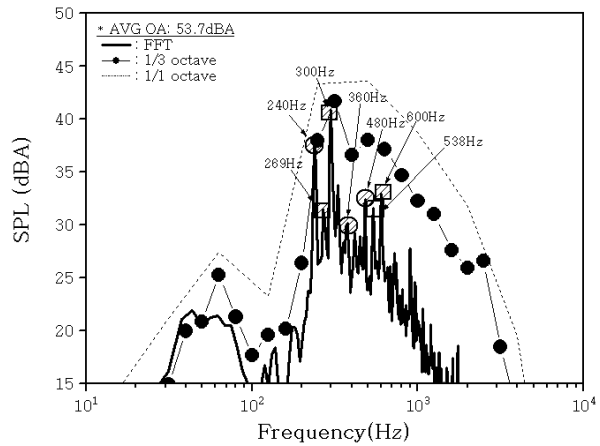


Fig 9. Noise Spectrum at P3 point

3.4 서쪽 마을에서의 소음

Fig 10은 북서쪽마을의 측면에 위치한 회집 마당 P4지점(Fig 2 참조)의 소음현황을 보여준다. P4지점 소음레벨은 52.4dBA였으며 주로 Booster fan 소음이 행정동과 물처리실 사이를 통하여 전달되는 영향과 탈황설비 덕트를 통하여 간접적으로 미치는 소음이 크게 나타났다.

4. 소음원의 기여도 해석

4.1 발전소 소음영향 해석 모델

대상발전소의 소음기여도를 해석하기 위하여 ISO 9613에 규정한 환경소음계산 방법을 토대로 전력연구원에서 개발한 발전소/변전소 환경소음 예측프로그램과 발전소 환경소음 해석 코드로써 RAYNOISE를 사용하여 발전소와 주변마을의 모델을 생성 하였다. 생성된 모델에 발전소 현장에서 측정된 소음원 값을 입력하고 소음 영향 기여도를 비교해석 하였다.

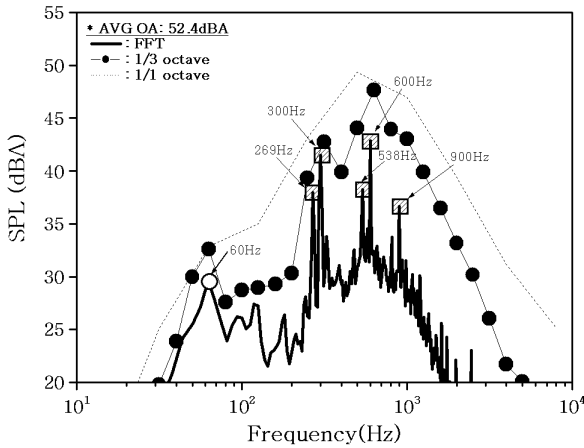


Fig 10. Noise Spectrum at P4 point

옥외 소음원은 발전소 옥외기기인 Booster fan, I.D. fan, 탈황설비 덕트, 주변압기, 해수순환수펌프 및 동쪽지역의 송전 철타 등에서 측정된 소음특성을 고려하여 모델링하고 실제 소음파워를 산정기 어려워 발전소 주변지역에서 측정된 결과를 고려하여 소음파워를 정하였다. 대상 발전소 부지의 터빈건물, 보일러, 덕트, 연돌, 각종 탱크, 행정동, 물처리실, 창고에 대한 소음의 회절효과를 고려하기 위하여 모두 격실로 모델링하고 연돌 및 각종탱크 등은 원형타워 구조물로 고려하여 회절효과를 반영하였다. 여름철의 대기조건을 고려하여 온도는 30℃, 습도는 75%로 하였으며 지면은 모두 음향학적으로 부드러운 지면으로 간주하였고 지면의 높이변화는 무시하고 옥외 소음 해석시 계산은 4m 간격으로 수행하였다. 대상발전소는 전호기가 기저부하로 정상운전 되는 조건으로 고려하였다.

4.2 기존 호기를 고려한 발전소 소음영향 해석

Fig 11은 하동화력발전소의 소음원이 주변지역에 영향을 주는 형태를 보여준다. Table 1은 Fig 11의 결과(해석치)를 실제 측정치와 비교한 결과로서 발전소와 각 측정지점의 상대적인 높이차이로 인하여 측정치와 0.4~2.7dBA의 차이를 나타내었으나 전체적인 경향은 실제와 유사할 것으로 판단할 수 있다.

Table 1. SPL at Neighborhood Residence Areas of Power Site (3000MW)

소음(dBA)	발전소 주변지역(dBA)				기타
	P1	P2	P3	P4	
측정치	47.1	53.9	53.7	52.4	가을/초겨울
해석치	49.8	52.1	52.4	52.8	여름철 기준

Fig 7~10의 결과와 같이 대형 팬 소음의 영향이 북서쪽, 북쪽의 대부분은 Booster fan에 영향을 가장 크게 받는 것

으로 나타났고 북동쪽은 송전탑의 60Hz소음영향과 Booster fan의 소음영향이 나타났다. 따라서 소음저감 대상 소음원은 1차적으로 Booster fan에 대한 소음저감대책 수립이 요청되는 것으로 진단할 수 있다.

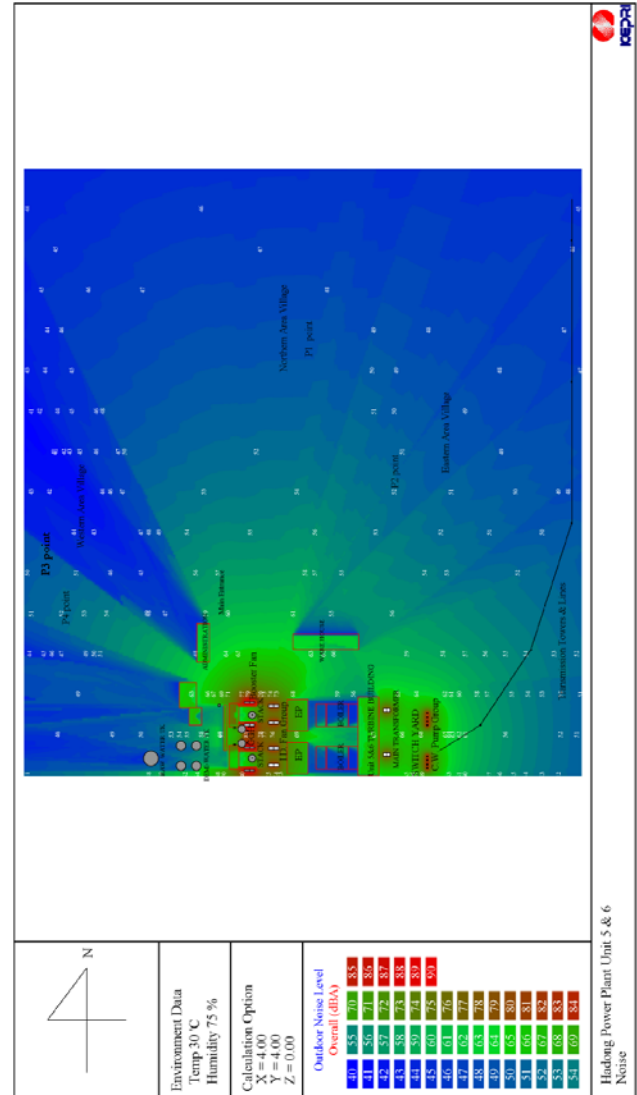


Fig 11. Noise Map of Neighborhood Residence Area from the existing Power Site (3000MW)

4.3 증설호기의 운전을 고려한 소음영향 해석

Fig 12는 1000MW에 해당하는 증설호기의 운전을 포함하여 주변지역 특히 서쪽 및 북서쪽 주거지역에 대한 3차원 소음영향을 RAYNOISE 코드를 사용하여 해석한 결과이다. 여기서 고려한 소음원은 주로 발전소의 대형팬인 Booster fan과 I.D.fan소음원을 주로 고려하여 해석하였다.

Table 2는 향후 준공예정인 증설호기를 고려할 경우 기존 부지의 운영중인 조건에 비해 2 dB(A) 증가되는 것으로 분석된다.

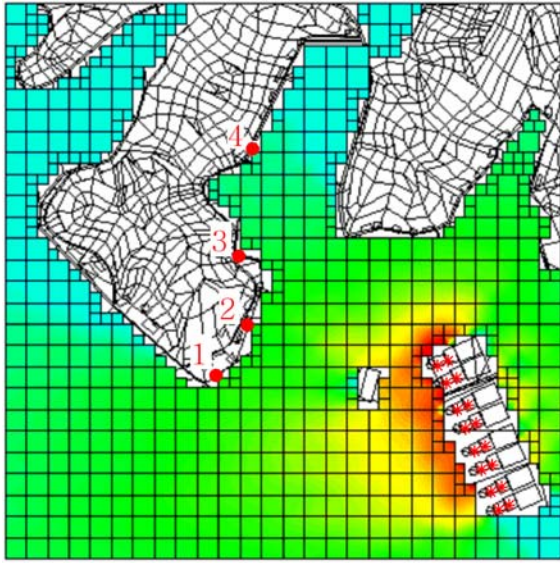


Fig 12. Noise Map of Neighborhood Residence Area from install more Power Site (4000MW)

Table 2. SPL at Neighborhood Residence Areas of Install more Power Site

지 점	거리 (m)	해 석 (4000MW)	측 정 (3000MW)
1	582	54.0	52.4
2	522	53.0	53.7
3	639	45.8	46.8
4	918	47.2	48.9

5. 소음 저감 대책 검토

5.1 발전소 대형팬의 소음영향 저감 대책

발전소 주변 마을에 전달되는 소음을 저감하기 위해 발전소 설비의 안정적 운전과 정비를 고려하여 Fig 13과 같이 방음벽을 세우는 방법과 Fan 토출부의 음원을 제거하는 방법을 검토하였다. 운전의 효율성과 경제적인 면을 고려하여 방음벽과 음원 제거방법을 조합하는 소음 저감대책을 검토하였다.

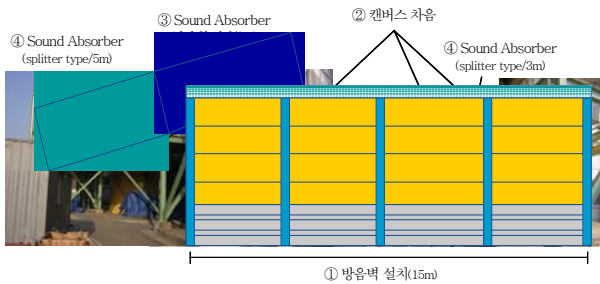


Fig 13. Noise Reduction Measures

5.2 방음벽과 Silencer조합대책의 소음해석 결과

Table 3은 서쪽 및 북서쪽 지역에 대한 대형팬 소음대책에 대한 효과로써 남쪽의 2000MW, 1000MW를 제외한 대책과 증설호기에 대한 대책을 포함하여 예측한 결과이다. Fig 14는 기존 3000MW 중 북쪽의 2000MW에 대하여 소음 저감대책을 시행하는 경우의 결과로써 지점"1"의 소음레벨이 52.4dBA에서 46.0dBA로 저감된 결과로 예측되었고 현장 측정 결과 49.5dBA(공사장, 바람 등 암소음 포함)를 나타내었다.

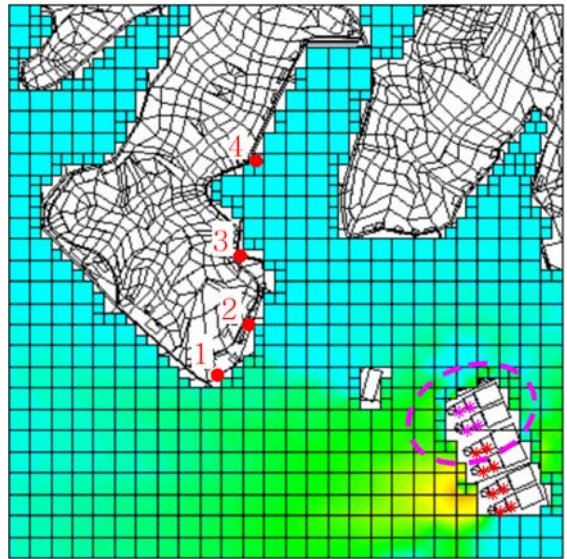


Fig 14. Noise Map of Neighborhood Residence Area on 2000MW Measures of the existing Power Site

Table 3. Analysis Results on Noise Reduction Measures

지점	이격 거리 [m]	북측 1000MW대책		북측 2000MW대책		증설호기 포함3000MW대책
		해석	측정	해석	측정	
1	582	48.0	50.1	46.0	49.5	47.0
2	522	45.0	47.7	44.5	46.0	45.4
3	639	42.0	44.5	40.5	41.5	42.1
4	918	44.0	44.1	43.0	45.0	44.5

*) 1~4지점은 Fig 12~15 참조

Fig 15는 증설되는 1000MW의 대책을 포함하고 기존 호기중 북측 부지경계쪽의 2000MW를 포함하여 3000MW에 대한 소음 저감 대책 수립시 결과로써 발전소가 주는 소음영향이 관리지역 기준을 만족할 뿐 아니라 54dBA에서 47.0dBA 이내로 7dBA 저감된 것으로 예측되는 지점 "1" (또는 "P4")을 제외한 대부분의 지역에서 일반 주거지역으로 가정한 소음기준치도 만족하는 것으로 예측된다.

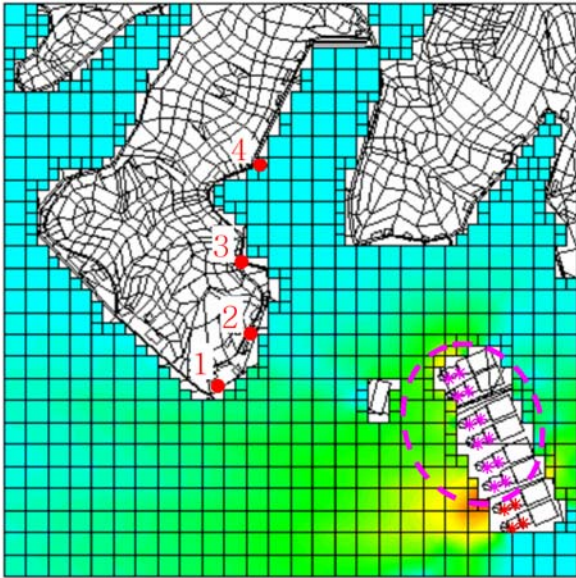


Fig 15. Noise Map of Neighborhood Residence Area on 3000MW Measures including install more Power Site

6. 결론

민원이 제기되었던 1000MW급 증설이 예정된 3000MW급 화력발전소 및 주변 주거지역에 대한 소음현황을 조사한 결과와 환경소음 예측프로그램을 사용하여 주변지역에 미치는 소음영향과 저감대책을 검토한 결과는 다음과 같다.

- (1) 대형 화력발전소의 주 옥외 소음원은 Booster fan, I.D. fan, 탈황설비, 주변압기, 해수순환수펌프 및 송전철탑 등으로 조사되었다.
- (2) 발전소 주변지역에 나타나는 소음특성을 분석한 결과는 다음과 같다.
 - 북쪽지역(P1)의 경우는 지향성이 큰 Booster fan의 300Hz소음이 전체레벨인 47dBA 대비 44dBA로서 가장 큰 영향을 주었다.
 - 북동쪽지역(P2)의 경우는 6호기 변압기와 송전철탑의 영향과 Booster fan의 영향이 크게 나타났다.
 - 북서쪽지역(P3) 및 서쪽지역(P4)의 경우는 주로 300Hz의 Booster fan 소음과 269Hz의 I.D. fan 성분의 영향이 가장 큰 것으로 분석되었다.
- (3) 발전소 주변지역 소음레벨은 47.1~53.9dBA로서 관리지역 권고레벨을 만족하였으나 실 주거지역으로 고려하는 보수적인 심야기준 권고레벨을 초과하는 상태로써 1000 MW급의 증설이 예상되는 경우 북쪽 및 북동쪽지역은 허용치를 초과함으로 이주시키는 방안과 서쪽 및 북서쪽지역영향을 주는 대형 팬에 대한 소음저감 대책을 제시하였다.

- (4) 환경소음 예측프로그램을 사용하여 발전소의 소음영향 해석하고 소음원 저감대책의 효과를 검토한 결과 소음 저감목표치를 달성하기 위하여 서쪽 및 북서쪽 지역에 대한 보수적인 소음 권고치를 만족하기 위해서는 I.D. fan과 Booster fan 덕트 및 탈황덕트의 주요부분에 대한 소음기 또는 흡음재처리 등과 함께 방음벽 대책에 의하여 일부외곽 지점을 제외한 대부분의 지역에서 목표치의 달성이 가능한 것으로 분석되었다.

참 고 문 헌

- (1) Yeon-Whan Kim, Jae-Rayng Goo, 2001, "Evaluation and Countermeasure for Environmental Noise during Plants", Proceedings of the KSNVE Annual Autumn Conference, KSNVE, pp897~902.
- (2) Yeon-Whan Kim, Jun-Shin. Lee, 1998, "The Investigation of Environmental Noise for Power Plants located in Downtown Area", Proceedings of the KSNVE Annual Spring Conference, pp722~ 727.
- (3) Yeon-Whan Kim, Jae-Rayng Goo, 2002, "Flow-Induced Noise and Vibration Due to Von Karman Streets in Tube-Bank Ducts of Gas Air Heat Exchangers", Proceedings of the KSNVE Annual Spring Conference, pp339~345.
- (4) W.H. Kim, W.H. Joo, J.G. Bae, 2004, "Noise and Vibration Reductions in Exhaust Duct System of Cogeneration Power Plants", Proceedings of the KSNVE Annual Autumn Conference, KSNVE, pp641~646.