

연구논문

풍력발전시설에서 발생하는 환경소음 및 저주파음에 관한 연구

박영민* · 정태량* · 손진희**

한국환경정책·평가연구원*, 서울시립대학교 환경공학과**

(2011년 3월 8일 접수, 2011년 7월 21일 승인)

Study on Noise and Low Frequency Noise generated by Wind Power plant(Wind Farm)

Young-Min Park* · Tae-Ryang Choung · Jin Hee Son**

Korea Environment Institute*, Environmental Engineering, University of Seoul**

(Manuscript received 8 March 2011; accepted 21 July 2011)

Abstract

The energy produced by wind power generation is a clean energy product because it is acquired by using renewable resource. Wind power plants("wind farms), in Korea, have been built and operated as 345.6MW facilities from 2001 until now 2009. Nevertheless, environmental issues regarding construction of wind power plants have arisen. accordingly it is time to consider the environmental and social issues of wind power in accordance with the government's policy objectives of increased wind power production.

In this study, we investigated the influence that noise and low frequency noise caused by Wind power plants have on neighborhood and residents. We also sought solutions to these issues. In order to analyze the issues of wind power facilities, we compared and examined precedents and the solutions for noise and low frequency noise in Europe, the United states and Japan. We intended to examine the influences of wind power facilities and propose alternative in dealing with these issues.

Keywords : Noise, Low Frequency Noise, Wind Farm, Wind Turbine

1. 서론

최근 화석에너지의 고갈로 대체에너지의 필요성이 증가하고 있으며 지구 온난화로 인한 온실가스를 감축하고자 신·재생에너지의 개발이 급속도로 진행되고 있다. 이 중 풍력발전은 전 세계적으로 1997년 이후 2008년까지 연평균 29%의 높은 성장률을 기록하고 있다.

국내의 경우를 보면 2009년 12월까지 설치되어 운영되고 있는 풍력발전의 누적설비용량은 344MW로 2006년 이후 180MW의 시설이 설치되어 110%의 성장율을 보였다.

풍력발전이 신·재생에너지로 바람을 이용한다는 면에서는 친환경적으로 보이는 반면 최근 국외에서는 저주파음 및 소음발생, 가축의 이상증상(우유생산량 감소, 유산 등) 및 전파방해(TV수신율 저하 등), 철새이동경로 변화, 풍력발전기의 그림자로 인한 위압감, 겨울에 블레이드에서의 얼음 조각 날

림 등의 피해가 발생된다는 보고가 되고 있다. 특히 풍력발전기의 블레이드(날개)와 바람간의 마찰로 인해 발생하는 저주파음 및 소음으로 인한 인근 주민의 수면방해 및 건강이상 등이 보고되고 있고, 국내 풍력발전시설 주변의 민원도 증가되고 있다.

본 연구에서는 유럽과 미국, 일본 등의 선진국의 사례를 토대로 풍력발전시설에서 발생하는 저주파음·소음에 대한 문제를 고찰하여 국내에서 환경영향평가에 이용할 수 있는 풍력발전시설과 정온시설간의 이격거리를 제시하고자 하였다.

II. 이론적 고찰

1. 소음, 가청음, 저주파음

1) 소음, 가청음

소음이란 듣기 싫은 소리를 총칭하며, 그 물리적 성질은 음(sound)과 동일한 것이지만, 듣기 싫고,

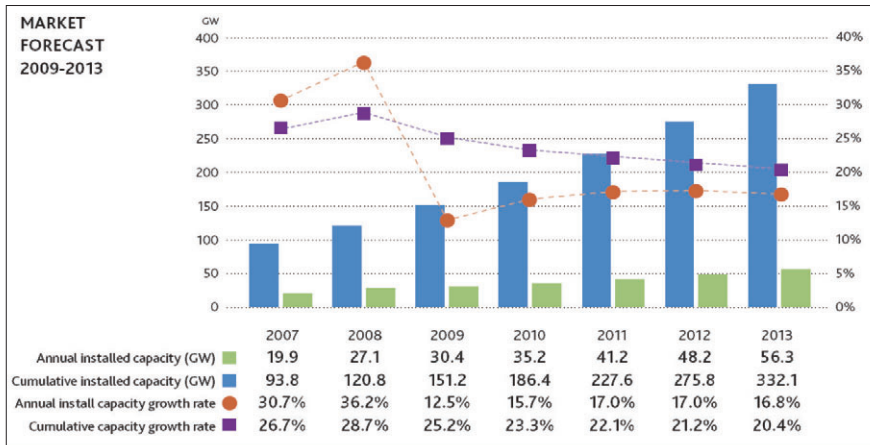


그림 1. 세계 풍력발전 시장 규모 및 추이

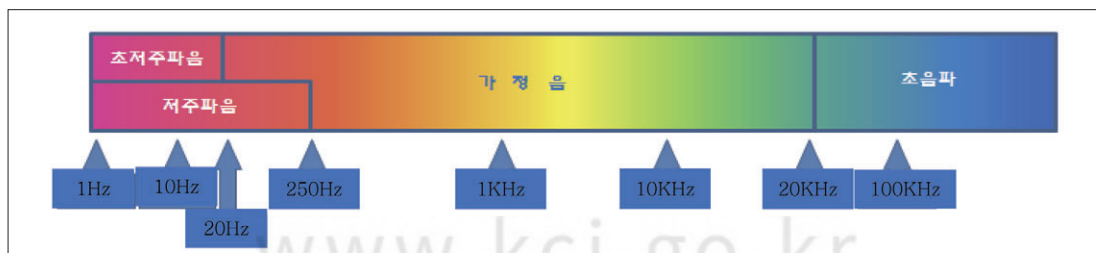


그림 2. 음의 구분

표 1. 각국의 저주파음 기준

| 국 가 | 범 위 |
|------|------------|
| 미 국 | 1~80Hz |
| 네덜란드 | 20~100Hz |
| 스웨덴 | 31.5~200Hz |
| 덴마크 | 10~160Hz |
| 독 일 | 10~100Hz |
| 폴란드 | 10~250Hz |
| 영 국 | ~100,150Hz |
| 뉴질랜드 | 20~200Hz |
| 일 본 | ~100Hz |

일상생활을 방해하며, 인간의 생리적 기능에 변화를 주고, 청력을 저해하는 음을 지칭한다. 즉, 발생원이 무엇이든지 간에 불쾌감을 주고 작업상 능력을 저하시키는 소리를 말한다. 주로 가청영역인 20Hz~20kHz의 범위를 나타낸다.

2) 저주파음

저주파음은 각국마다 그 기준이 다르나 최대 250Hz 이하의 주파수를 저주파라고 할 수 있다. 물론 여기에는 초저주파음을 비롯하여 가청음영역까지도 포함하게 된다.

3) 초저주파음

일반적으로 사람이 들을 수 있는 음의 주파수 범위(20Hz~20kHz)가 아닌 20Hz 이하의 음파를 초저주파음이라 한다.

4) 청감보정(A, B, C 특성)

어떤 음의 감각적인 크기 레벨을 측정하기 위해 등청감곡선을 역으로 한 보정회로를 나타낸다. 즉, 측정된 음압레벨을 주파수별로 사람이 민감한 영역 또는 소음원의 종류 등의 필요에 따라 다른 보정회로를 적용하여 보정하는 것을 말한다. 일반적으로 A, B, C 특성이 많이 쓰이나 사람에게는 70dB이하의 소음에서는 A보정이 잘 맞는 것으로 알려져 있다.

5) 저주파음보정(G특성)

청감보정과 같이 G특성은 1~20Hz의 초저주파음에 대해 인체의 감각을 보정한 것이다(ISO 7196

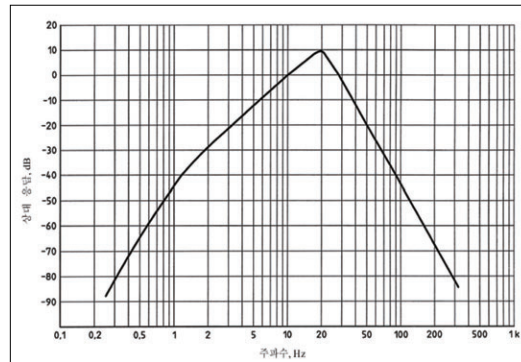


그림 3. G특성

에 규정). G 특성 곡선은 그림 3과 같이 10Hz를 0dB로 하여 1~20 Hz는 12dB/Oct의 기울기를 가지며, 그 밖의 범위인 1Hz 이하 및 20Hz 이상에서는 24dB/Oct의 급격한 기울기를 가지게 된다. 이러한 곡선은 초저주파음에 대한 사람의 감각 한계치에 대한 실험 결과에 근거하고 있다.

2. 풍력발전기의 발생 소음 및 저주파음

풍력발전기의 발생 소음은 풍력발전기 내부의 발전기, 감속기 등에 의한 기계소음과 날개가 바람에 부딪칠 때 발생하는 마찰음에 의한 공력소음과 날개 통과 주파수에 해당하는 저주파음이 주요한 발생 원인이다.

1) 기계소음

감속기, 발전기, 유압기, 환기팬 등의 기계로부터 발생하는 소음이 케이스를 통과하여 발생하는 소리, 환기구 등의 개구부 또는 틈새에서 새는 소리, 케이스 및 타워로부터 진동으로 인해 발생하는 소음 등이 있다.

2) 공력소음과 저주파음

(1) 공력 소음

공력소음은 날개의 속도, 날개끝 모양 또는 날개 모양 등에 의해 결정된다. 풍력발전기 소음은 대체적으로 공력소음이 지배적이므로 풍속에 따라 크게 변하게 된다. 일반적으로 표준 풍속시(높이 10m 위치에서 8m/s)에 A 특성 음향 파워 레벨은 제조회

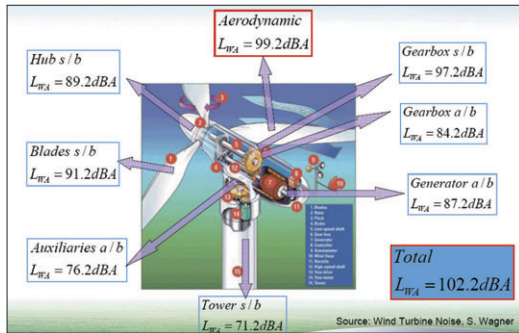


그림 4. 풍력발전시설의 소음원

사, 기종, 출력 등에 따라 다양하지만 대략 100~110dB 정도 된다.

(2) 저주파음

풍력발전기의 날개가 회전할 때 타워 축 부근을 통과하는 시간동안 다음 식과 같이 날개 통과주파수: BPF(Blade Passing Frequency)에 해당하는 저주파음이 발생한다. 풍력발전기는 날개수가 적고 회전속도가 느리기 때문에 발생소음을 주파수 분석하면 초저주파음의 주파수영역에 해당한다.

$$F = (m \cdot n \cdot z) / 60 \text{ [Hz]} (=1, 2, \dots)$$

여기서, F : 주파수[Hz]

n : 분당회전수[rpm]

z : 날개매수[매]

대형풍력발전기는 회전수가 적을 때는 매분 20회 이하로 기본 주파수는 약 1Hz 이하이다. 회전이 늦어지면 날개와 공기의 마찰음이 적어 소음이 발생하지 않을 수 있지만, 설비제조회사나 풍력발전기의 형식 등에 의해 차이가 있다. 일반적으로 풍력발전기는 날개매수와 회전수가 많음에 따라 소음이 크게 들리며, 이때의 소음레벨 변화를 주파수 분석하면 초저주파음 영역에서 크게 나타난다.

풍력발전기에서 초저주파음(0~20Hz)의 음압레벨은 풍력발전기 부근(기준점: 하부 높이+로터반경-약 120m 이내)에서 초저주파음의 감각역치(5Hz : 115dB, 10Hz : 100dB, 20Hz : 78dB 정도)보다 작아 사람이 이를 느끼지 못할 수가 있다. 해외의 연구사례에서도 풍력발전기에서부터 발생하는 초저주파음은 풍력발전기 직하부에서 감각역치

보다 작아 일반적으로 느끼기 힘들다고 알려져 있다. 그러나 저주파음이 문제가 되는 이유는 (저주파음이 아닌 일반적 소음의 경우) 풍력발전기로부터 떨어진 지점에서는 거리감쇠로 인해 소음이 감소하지만 저주파음은 중고주파에 비해 상대적으로 에너지 감쇠가 작아 멀리까지 전파되기 때문이다.

III. 풍력발전시설의 소음 및 저주파음 영향

풍력발전시설에서 발생하는 소음은 지면으로부터 40m 이상에서 발생하기 때문에 일반적으로 지면 근처에서 발생하는 차량 또는 철도 소음보다 영향 반경이 크다. 특히 저주파음은 1~80Hz가 대략 4.3~340m의 파장을 가지고 있어 넓은 지역까지 전파된다.

일반적으로 소음 및 저주파음의 영향은 사람의 심리, 건강, 신진대사에 영향을 미치는 것으로 알려져 있다. 특히 소음은 모든 나라에서 규정을 만들어 관리하고 있으나, 저주파음의 경우 아직까지 크게 규제를 하고 있지 않다. 이는 수질, 대기, 소음 등과 같이 환경적 영향이 보다 명확히 규정되지 않았기 때문으로 사료되며, 현재까지 저주파음은 장기간에 걸쳐 영향이 나타나는 것으로 알려져 있다.

최근 각국에서는 풍력발전시설에 대한 소음 규제가 만들어졌음에도 불구하고 풍력발전시설 인근의 많은 사람들이 두통이나 심리적 불안 등의 증상으로 인해 많은 민원을 제기하고 있다. 이는 저주파음으로 인한 영향으로 판단된다.

1. 소음의 영향

소음은 오래전부터 연구되어 왔고 소음이 인체에 미치는 영향은 표 2와 같이 알려져 있다.

2. 저주파음의 영향

국내에서는 저주파음에 대한 연구가 많이 진행되고 있지 않으나, 최근 연구에서 저주파음이 사람의 심리 및 생리에 미치는 유해한 영향이 있음을 검증

표 2. 소음이 인체에 미치는 영향

| 구 분 | 증 상 |
|-------------------|---|
| 청력 손실(소음성 난청) | 간헐적인 큰 소리에 의한 순간적인 가청역치 이동 큰 소리에 지속적으로 노출될 경우 영구적인 가청역치 이동 |
| 회화 방해에 미치는 영향 | 소리의 마스킹 효과에 기인한 회화음의 청취 방해 마스킹 효과는 소음이 클수록 크고, 고주파보다 저주파나 중주파에서 회화 방해가 큼. |
| 작업 능률에 미치는 영향 | 불규칙한 폭발음이나 고주파역 소음은 작업 능률을 크게 저하시킴. |
| 수면 방해 | 수면 중 각성 및 수면의 심도를 얇게 하고, 수면의 질을 저하시킴. |
| 소음의 심리적 영향 | 소음성 불쾌감(Annoyance)이 대표적인 심리적, 정신적 영향 단순한 시끄러움이나 짜증스러움 뿐만 아니라 생활 활동상의 방해 및 업무 효율의 저하 등을 모두 포함 |
| 소음에 대한 인체 생리학적 반응 | 초조, 불쾌감, 불면증의 증상 혈관 수축에 의한 맥박의 증가, 혈압 상승, 부신 호르몬의 이상 분비 개체간의 차이가 크고 남성보다 여성, 연령이 많은 사람보다 젊은 사람에게 더 큰 영향 |

표 3. 저주파음에 대한 주요 인체반응

| 구 분 | 증 상 |
|--------------|--------------------------------|
| 순환기계 | 심박수 감소 또는 증가 수축기 혈압감소 |
| 내분비계 스트레스 반응 | 아드레날린과 도파민 증가 |
| 신경계 | 뇌파의 진폭증가 |
| 호흡기계 | 호흡수 감소 또는 증가 호흡의 깊이등호흡에 영향을 미침 |
| 전기생리학정 반응 | 눈에 떨림이 발생하거나 눈의 깜빡임수 증가 |
| 수면영향 | 수면의 심도가 낮아짐 |

하였고 국제규격과 비교하였을 때 주파수에 따라 차이는 있지만 기존 국외의 연구결과와 비교적 잘 일치하였다.

국외에서도 저주파음에 대한 대책을 마련하기 위하여 일본과 유럽을 중심으로 많은 연구가 진행되고 있으며 저주파소음관리에 대한 가이드라인이 만들어지고 있다. 일반적으로 저주파소음에 대한 인체 반응은 표 3과 같다.

IV. 국내외 풍력발전시설의 환경평가 방법

1. 국외 풍력발전시설의 환경평가방법

외국의 풍력발전시설의 규제 및 환경영향평가방법을 보면 대부분 소음에 대해서만 규제 하고 있으나 최근 들어 저주파음에 대해서도 평가방안을 마련하고 권고치를 제시하고 있다. 각국의 풍력발전시설에 대한 권고치나 규제 사항을 보면 다음과 같다.

표 4. 독일의 지역구분마다 설정된 한도치

| 지역 구분 | 주간(dB(A)) | 야간(dB(A)) |
|----------|-----------|-----------|
| 공업/상업 | 70/65 | 70/50 |
| 주거/공업혼합 | 60 | 45 |
| 주거/주거전용 | 55/50 | 40/35 |
| 병원 등의 지역 | 45 | 35 |

1) 독일

독일 소음오염의 법적근거는 1974년부터 연방 “Federal Clean Air Act(연방대기정화법)”의 소음에 관계된 기술지도서의 가운데 다음 표 4와 같이 정해져 있다. 전파계산은 ISO 9613-2에 따라 모두 10m 높이에 걸쳐 기준풍속 10m/s를 적용하고 있다. 저주파음은 고려하고 있지 않다.

2) 미국

풍력발전소음에 관한 미국 연방정부 차원의 기준은 없지만, 몇 개의 주 정부에서 조례로 풍력발전소음을 규제하고 있다.

(1) Town of Ridgeville

위스콘신주의 조례는 2008년 8월 제정하였으며 이 조례에서는 변압변전소를 포함한 풍력발전소에서 발생하는 가청음은 건물로부터 100피트 이내에서 35dB(A) 이하 또는 암소음레벨을 5dB 이상 초과해서는 안 되며, dB(C)로는 배경소음(L₉₀)보다 20dB를 초과할 수 없다고 규정하고 있다. 측정은 저녁이나 야간의 가장 조용한 시간대에 10분간 실시하도록 하고 있다. 측정시간 동안 L_{A10}과 L_{A90}의 차가 10dB(A)이상이면 안되며 L_{C10}는 L_{C90}보다 15dB(C) 이상 차이나면 안된다. 또한 풍력발전시설로부터 거주지역(학교나 병원 등을 포함)은 2,640 피트 이상 이격하고, 기타 공공도로와 송전선 네트워크 등은 풍력발전기 전체 높이의 3배나 1,000 피트(약 300m) 중 큰 쪽으로 정하여 거리를 두어야 한다.

(2) Town of Union

조례는 2008년 11월에 제정되었으며 풍력발전 소음에 대해서는 암소음레벨(L_{A90}) + 5dB를 초과할 수 없게 되어 있다. 또 주변 모든 정온시설로부터 100피트(약30m) 이내에 있어서는 10분간 등가소음레벨로 35dB를 넘지 않도록 되어 있다. 그밖에 순음성분에 대한 패널티는 5dB로써, L_{A90} L_{C90} 특성 등가음압 레벨의 차에 관한 규정을 포함하고 있다. 과거의 연구나 조사사례 등을 다수 참고하여 그것을 근거로 한도치를 설정하고 있다. 주변 정온시설과의 이격거리는 2,640피트(약 805m)로 되어 있다.

3) 덴마크

지역구분에 대해서 풍속마다 표 5와 같은 한도치가 설정되어 있지만 저주파음에 관한 한도치는 포함하고 있지 않다. 표 5 중에서 “인접공간”은 풍력발전기 소유자의 개인적인 주거지 이외의 모든 주거지로서, “소음을 배려해야만 하는 지역”으로 주거지역, 공공시설, 별장 또는 휴양지로서 사용되고 있는 지역, 지역계획에 따라 그 이용이 계획되고 있는 지역을 나타낸다. 또, 풍력발전기로부터 가장 가까운 주거지역까지의 거리는 적어도 풍력발전기 전체

표 5. 덴마크의 풍속마다의 한도치

| 전원지역에 거주건물로부터 15m 이내의 인접공간(옥외)에서 가장 소음이 큰 장소 | |
|--|---------|
| 풍속 8m/s | 44dB(A) |
| 풍속 6m/s | 42dB(A) |
| 전원지역에 거주건물로부터 15m 이내의 인접공간(옥외)에서 가장 소음이 큰 장소 | |
| 풍속 8m/s | 39dB(A) |
| 풍속 6m/s | 37dB(A) |

표 6. 풍력발전시설의 소음조사 지역

| 풍력발전기의 로터 직경(m) | 주거와의 거리(m) |
|-----------------|------------|
| 20~30 | 100m 이하 |
| 30~50 | 200m 이하 |
| >50 | 300m 이하 |

높이의 4배(하부높이의 약 6배)로 해야 한다.

이 이격거리는 시설계획시의 필요조건이고, 풍력발전기가 3대 이상이 있는 시설에 적용되며 단일 풍력발전기에는 적용하지 않는다.

4) 영국

풍력발전 소음 측정시 암소음레벨은 L_{A90,10 min}를 사용하고, 풍력발전 소음은 주간과 야간의 양자에 걸쳐 암소음을 5dB 이상 초과하지 못하게 하고 있다. 이 경우 측정은 높이 10m에서 풍속 12m/s 이하를 조건으로 한다. 또한 야간기준은 43dB로 규정하고 있으며, 이는 수면방해 소음 35dB를 근거로 한다. 또한 정온을 요하는 지역에서는 풍력발전소음이 주간 L_{A90,10min} 35~40dB 범위내로 규정하고 있다.

5) 네덜란드

네덜란드에서는 풍력발전시설에 대하여 환경법에 명시하고 있다. 풍력발전시설 입지시 표 6에 해당하는 지역에서는 소음에 관한 조사를 실시하도록 하고 있다.

풍력발전기 발전소음의 규제는 주간(7시~19시), 저녁(19~23시), 야간(23~7시)에 대해 50dB(A), 45dB(A), 40dB(A)로 설정하고 있으며, 야간의 경우에는 풍속에 의해 표 7과 같이 제한을 두고 있다. 야간의 한도는 풍력발전시설 이외의 배경소음을 고

표 7. 풍속에 의한 야간소음규제

| 풍속(m/s) | 제한치(dB(A)) |
|---------|------------|
| 3~4 | 41 |
| 5~6 | 42 |
| 7 | 43 |
| 8 | 44 |
| 9 | 46 |
| 10 | 47 |

려하고 정온시설(주택과 병원 등)에서 측정한다. 저주파음에 관한 규제는 하고 있지 않다.

6) 캐나다(온타리오주)

캐나다에서는 지역을 3개 지역으로 나누어 풍력발전시설의 소음을 규제하고 있다.

(1) 1, 2지역(도시지역)

1시간 등가소음레벨로서 표 8에 해당지역의 규제값, 또는 규정 NPC-205에서 설정된 규제값을 사용한다.

NPC-205 가운데에서 충격적이지 않은 소음에 대해서는 1시간당 등가소음레벨에 의한 암소음이 적용된다.

(2) 3지역(전원지역)

1시간 등가소음레벨로서 표 8의 가운데 해당하는 값, 또는 규정 NPC-205에서 설정된 한도치 중의 한도를 적용한다. NPC-232 가운데에서 충격적이지 않은 소음에 대해서는 1시간당 $L_{A90} + 10\text{dB}$ 과 1시간당 등가소음레벨에 의한 암소음 중에서 작은 값을 적용한다. 또한 풍력발전으로부터 1,500m 이내에 주거지역이 존재하는 경우, 소음에 관한 상세한 평가를 진행할 필요가 있고 이 지역 내에 변압변전소가 병설된 경우 풍력발전시설로부터 1,500m 이내에 주거지역이 있는 경우 또는 변압변전소로부터 1,000m 이내에 주거지역이 있는 경우 소음에 관한 상세한 평가를 하여야 한다.

7) 뉴질랜드

뉴질랜드 국내규격인 NZS 6808 : 1998 에 풍력발전 소음에 관하여 평가 및 측정방법과 소음한도

표 8. 풍력발전시설에 관한 한도치

| 높이 10m의 풍속(m/s) | 1, 2 지역 (도시지역) | 3 지역 (전원지역) |
|-----------------|----------------|-------------|
| 4 | 45.0 | 40.0 |
| 5 | 45.0 | 40.0 |
| 6 | 45.0 | 40.0 |
| 7 | 45.0 | 43.0 |
| 8 | 45.0 | 45.0 |
| 9 | 49.0 | 49.0 |
| 10 | 51.0 | 51.0 |

에 대하여 나타나 있다. 풍력발전시설의 설치 전에 있어서는 예측계산이 주로 사용되며, 주거에 있어서나 지정된 풍속에 있어도 암소음레벨을 (L_{A95}) 5dB 상회하는 값 또는 L_{A95} 로 40dB 중에서 큰 쪽을 넘지 않는 것을 권고하고 있다. 또 예측치가 35dB 또는 그 이하인 경우 가장 근접한 거주지 부지경계 또는 그 내측에서 암소음 실측에 의한 확인을 권고하고 있다. 또 순음성분에 대해서는 예측에 5dB이 추가된다. 또 저주파음에 관한 허용치는 포함하지 않는다.

8) 스웨덴

한도치는 L_{Aeq} 로 40dB이고, 공업지역에 대해 기준을 적용하고 있다. 특히 보양지역이나 별장지역에 대해서는 35dB이 적용되고, 순음성분에 대한 패널티는 5dB이다. 소음측정은 높이 10m로 풍속 8m/s 인 경우 실시하고 있다.

9) 노르웨이

제한 한도치는 L_{Aeq} 으로 40dB이다. 순음성분이 포함하는 경우나 소음으로부터 차폐가 필요한 지역에서는 37dB이 적용된다.

10) 그리스

주거지역에 있어 옥외의 한도치는 50dB, 창을 개방한 주거내의 한도치는 45dB이고, 종일 똑같은 수치가 적용된다. 소음 측정은 높이 10m로 풍속 8m/s 인 경우에 실시되지만 복잡한 지형은 제외되다.

11) 일본

풍력발전시설 도입에 대해서는 신에너지 산업기

술종합개발기구가 작성한 가이드북을 주로 사용하고 있다. 풍력소음은 환경영향평가 항목의 하나로서 취급되고, 풍력발전시설의 설치 예정지를 중심으로 대략 500m 이내에 있는 현황에 소음레벨을 측정하여 풍력발전기로부터 소음레벨을 예측계산에 의해 계산하고 이것들을 합성하여 평가가 진행되고 있다. 몇 개의 지방공공단체에서는 풍력발전 시설을 환경영향평가 조례의 대상사업으로 하고 있다.

2. 국내의 풍력발전시설 환경평가 사례

국내 2009년 말까지 건설된 풍력발전시설은 대부분 그 규모가 작아 사전환경성검토대상으로만 시행되었고, 영양 풍력단지만 환경영향평가 대상으로 평가가 시행되었다. 사전환경성검토서를 보면 대부분이 소음환경기준 중 “나”지역(주간 55dB(A) 야간 45dB(A))를 적용하였으며 생활소음기준의 그밖의 지역 중 사업장 기타(아침·저녁 60dB(A), 주간 65dB(A), 야간 55dB(A))를 적용하고 있다.

V. 국외의 풍력발전시설 환경평가 사례

최근 풍력발전시설로 인한 영향을 각 국가에서 재조사하고 있으며, 현재까지 조사된 결과로는 다음과 같은 사례가 있다.

- 1) 미국의 위스콘신주의 사례에 의하면 최대 3km에서도 풍력발전소음이 가끔 들린다는 민원이 보고되었고, 설문조사 결과에 의하면 800m 이내에서 35%가 수면방해를 받고 있으며, 52%가 소음의 영향을 받는 것으로 조사되었다.
- 2) 프랑스의 National Academy of Medicine과 영국의 UK Noise Association은 풍력발전시설에서 거주지역이 1.5km 이상 떨어져야 한다고 제안을 하였다.
- 3) 일본은 풍력발전시설의 환경평가 매뉴얼을 만들어 500m 이상의 거리를 권고치로 하고 있지만, 최근 인근 주민들의 민원으로 인하여 새로운 조사를 실시하고 있다.

VI. 제안 및 결론

풍력발전시설에 대한 규제는 아직까지 국외나 국내 피해 상황에 대하여 명확히 드러나 있지 않다. 하지만 풍력발전시설이 확충되고 시간이 지남에 따라 국외에서는 피해상황이 보고되고 있어 국내에서도 피해가 나타날 가능성이 있다. 특히 소음에 대하여 외국보다 민감한 반응을 보이는 국내에서는 그 가능성이 클 것으로 예상된다.

아직까지 국내에서는 풍력발전시설의 영향평가 및 피해상황에 대하여 제대로 조사된 바가 없으므로 본 연구에서는 외국사례를 참고로 다음과 같은 기준을 제안하고자 한다.

1. 풍력발전시설의 기준(안)

1) 소음 및 저주파음

풍력발전시설에서 발생하는 권장 소음도와 저주파음의 경우 국외의 자료를 참고 하였을 때 정온시설에서의 측정소음도 40dB(A) 이하(암소음 제외), 저주파음은 정온시설에서 1Hz~80Hz의 Overall값이 90dB(G)로 제안하고자 한다.

특히 환경영향평가지 소음도는 정온시설 외부의 배경소음 제외시 예측소음도를 40dB(A) 이하로 하고 배경소음 고려시 배경소음도가 40dB(A) 이하인 곳에서는 43dB(A) 이하로 하며 40dB(A) 이상인 곳에서는 배경소음도와 예측합성소음도가 배경소음도보다 3dB(A)를 초과할 수 없도록 한다. 저주파음은 예측시 1~80Hz의 소음도를 예측하며 90dB(G)를 초과할 수 없도록 한다.

2) 풍력발전시설과 정온시설의 이격거리

풍력발전시설이 환경에 미치는 영향에 대해서는 국내외에서 지속적으로 연구가 진행 중이며 뚜렷한 저감방안이 마련되고 있지 않다. 따라서, 현재 풍력발전시설에 의한 유해 영향에 대처할 수 있는 최적의 방법으로는 풍력발전시설의 계획단계에서 전략평가를 실시하여 풍력발전시설과 정온시설간의 적정 이격거리를 확보하는 것이 최선이라 하겠다.

표 9. 풍력발전시설과의 이격거리

| 구 분 | 이격거리 |
|----------------------|----------------------------------|
| 주거시설 및 500m 학교(정온시설) | 이내 이주 대책 수립 |
| | 500m 이상 ~ 1.5km 미만 주민과의 협의(기존시설) |
| | 가장 가까운 풍력발전기에서 1500m 이상(권장) |
| 가축 및 사육시설 (초지 제외) | 500m 이내 이주 대책 수립 |
| | 500~1000m 미만 주민과의 협의(기존시설) |
| | 1000m 이상(권장) |

(1) 주거시설 및 학교(정온시설)

정온시설이 풍력발전단지 중 가장 가까운 풍력발전기로부터 500m 이내의 경우 이주대책을 수립하며 1.5km 이상 떨어지는 것을 권장한다. 기존에 설치된 풍력발전시설의 경우 500m~1.5km 미만의 지역에서는 주민과의 협의 및 소음 및 저주파음의 현황 조사가 필요하다.

(2) 가축 및 사육시설 (초지 제외)

가축 및 사육시설은 풍력발전단지 중 가장 가까운 풍력발전기로부터 500m 이내에서는 이주대책을 수립하며 최소 1,000m 이격할 것을 권장한다. 기존의 설치된 풍력발전시설의 경우 500~1,000m 미만의 지역에서는 주민과의 협의 및 소음 및 저주파음 현황 조사가 필요하다.

2. 결 론

본 연구는 국외 연구자료를 토대로 풍력발전시설에서 발생하는 저주파음과 소음에 대한 관리 방안을 제안했다. 국내가 아닌 국외의 연구사례만을 토대로 제안한 결과이므로 향후 보다 정확한 가이드라인을 만들기 위해서는 다음과 같은 연구들이 진행되어야 할 것이다.

- 1) 풍력발전시설의 소음 및 저주파음에 대한 인체 영향
- 2) 풍력발전시설의 소음 및 저주파음에 대한 소음성 성가심(Annoyance)의 관계
- 3) 풍력발전시설이 가축에 미치는 영향
- 4) 풍력발전시설이 주변 경관 및 생태계에 미치

는 영향

- 5) 풍력발전시설로 인한 전파장해 영향
- 6) 풍력발전시설 전반에 대한 환경평가 방법 및 대책

사사

본 논문은 한국환경정책·평가연구원의 기초연구에 의해 수행되었습니다.

참고문헌

권영한 외 2인, 2008, KEI, 2008 WO-02, 환경성을 고려한 태양광, 풍력발전소 입지 선정 가이드라인.

산업자원부, 2008, 신·재생에너지백서2008.

이수갑, 2008, 전기학회 워크샵, 풍력발전기 환경소음 평가 기술.

일본 신에너지, 2006.2, 산업기술종합개발기구, 풍력발전을 위한 환경영향평가 매뉴얼(제2판).

일본 환경성, 2007.2, 저주파음 문제 대응 안내서.

정성수, 2008, 한국표준과학연구원, 환경부, 소음진동 배출 특성 및 음질평가관리기술-저주파소음 측정 및 평가기법개발.

정일록, 2004.3, 신광문화사, 소음진동이론과 실무. 전력통계정보시스템(EPSSIS), <http://epsis.kpx.or.kr/>

한국표준협회, 2004, KS I ISO 7196 음향-초저주파음 측정을 위한 주파수 가중 특성.

井上 保雄, 2009.4, 일본소음진동제어공학회학회지, 1-1-01, 풍력발전설비(풍력발전기에서 발생하는 소음에 대해).

魚崎 耕平, 2009.4, 일본소음진동제어공학회학회지, 1-1-02~03, 풍력발전에 의한 환경영향.

Dr.Harry, 2006, UK Noise Association 612006;French National Academy of Medicine, reports by Dr.Harry, Dr. Pierpont, and Frey and Hadden, 2007,

NWCC 1998, NRC report 512007).
G. Guidati, R. Bareiss, S. Wagner., 1996,
Springer, Wind Turbine Noise.
Global Wind Energy Council(2008).
Moratorium Committee, 2006, Excerpts from
the Final Report of the Township of
Lincoln Wind Turbine Moratorium
Committee.

(<http://www.aweo.org/windlincoln.html>)
Standards New Zealand, 2009, DZ6808 V2.5-
.2009. 2.09 Acoustics - Wind farm
noise.

최종원고채택 11. 07. 27