



Wind Turbines and Health

A Rapid Review of the Evidence

July 2010

風車と健康

オーストラリア政府
国立保健医療研究評議会

翻訳：（社）日本風力発電協会

- ・両面コピーを行うと英文と日本語が左右で対比できます。
- ・オーストラリア政府の発表は英文のみです。
- ・日本語は、日本風力発電協会による翻訳であり参考扱いです。

Wind Turbines and Health – A Rapid Review of the Evidence

The purpose of this paper is to present findings from a rapid review of the evidence from current literature on the issue of wind turbines and potential impacts on human health. In particular the paper seeks to ascertain if the following statement can be supported by the evidence: *There are no direct pathological effects from wind farms and that any potential impact on humans can be minimised by following existing planning guidelines.* This statement is supported by the 2009 expert review commissioned by the American and Canadian Wind Energy Associations (Colby et al. 2009).

Context

In Australia, since the legislation of the *Renewable Energy (Electricity) Act* in 2000, wind power has been gaining prominence as a viable sustainable alternative to more traditional forms of energy production. Studies have found that there is increasing population demand for 'green' energy and that people are willing to pay a premium for renewable energy (Chatham-Kent Public Health Unit, 2008; Pedersen & Persson Waye, 2007). However as with any shift in technology, the emergence of wind farms is not without controversy.

There are two opposing viewpoints regarding wind turbines and their potential effect on human health. It is important to note that these views are frequently presented by groups or people with vested interests. For example, wind energy associations purport that there is no evidence linking wind turbines to human health concerns. Conversely, individuals or groups who oppose the development of wind farms contend that wind turbines can adversely impact the health of individuals living in proximity to wind farms.

Concerns regarding the adverse health impacts of wind turbines focus on the effects of infrasound, noise, electromagnetic interference, shadow flicker and blade glint produced by wind turbines. Does the evidence support these concerns?

Sound and Noise from Wind Turbines

Sound is composed of frequency expressed as hertz (Hz) and pressure expressed as decibels (dB). In terms of frequency sound can be categorised as audible and inaudible. Infrasound is commonly defined as sound which is inaudible to the human ear (below 16 Hz). Despite this commonly used definition, infrasound can be audible (EPHC, 2009). There is often confusion regarding the boundary between infrasound and low frequency noise (Leventhall, 2006). Human sensitivity to sound, especially to low frequency sound, is variable and people will exhibit variable levels of tolerance to different frequencies (Minnesota Department of Health, 2009).

Noise can be defined as any undesirable or unwanted sound. The perception of the noise is also influenced by the attitude of the hearer towards the sound source. This is sometimes called the nocebo effect, which is the opposite of the better known placebo effect. If people have been preconditioned to hold negative opinions about a noise source, they are more likely to be affected by it (AusWEA, 2004).

風車と健康 — 証拠の評価結果速報

本稿の目的は、風車と人の健康への潜在的影響に関して、最新の文献に基づく証拠の評価結果速報を提示するものである。本稿は特に証拠により以下の主張が支持されるか否かを明らかにしようとするものである。

風力発電所には直接の病理学的影響はなく、人体に影響を及ぼす可能性は、既存の開発ガイドラインにしたがうことによって最小化することができる。

この主張はアメリカ及びカナダ風力エネルギー協会の委嘱による 2009 年の専門家委員会が支持しているものである (Colby et al. 2009)。

背景

オーストラリアでは、2000 年の再生可能エネルギー（電力）法の制定以後、風力発電は従来技術による電力生産を持続可能な形で代替する技術として重要度が増してきている。‘グリーン’ エネルギーを求め、再生可能エネルギーに対してプレミアム（割増料金）を支払うことに前向きである人々が増えていることが調査によって明らかになった (Chatham-Kent Public Health Unit, 2008; Pedersen & Persson Waye, 2007)。しかし、他のあらゆる技術の変化と同様に、風力発電の拡大には論争も生じている。

風車と人の健康への潜在的影響に関しては、二つの対立した見解が存在している。これらの見解には既得権利のある団体や人々により頻繁に提示されているということに留意することが重要である。たとえば、風力エネルギー関連団体は風車と人の健康問題が関連している証拠はないと主張する。反対に、風力発電所の開発に反対する個人もしくは団体は、風車は風力発電所の付近に住む人の健康に悪影響を及ぼす可能性があるとして主張する。

風車による健康への悪影響に関する懸念は、超低周波音、騒音、電磁波、シャドウ・フリッカ、ブレード反射光、といった影響が中心となる。既存の証拠はこれらが問題であることを支持するものなのであろうか？

風車からの音と騒音

音は周波数（単位：ヘルツ[Hz]）と、音圧（単位：デシベル[dB]）で表せられる。音は周波数により可聴音と非可聴音とに分類できる。超低周波音は人の耳で聞き取ることのできない非可聴音（16Hz 以下）¹ と一般に定義されている。これが一般的に定義として使われているとはいえ、超低周波音は耳で聴き取ることが可能である (EPHC, 2009)。一般的に非可聴音と定義されている超低周波音と低周波音の境界に関しては、しばしば混乱が生じている (Leventhall, 2006)。人間の音、特に低周波音に対する感受性は変化しやすく、様々な周波数に対する許容度は大きな個人差を示す (Minnesota Department of Health, 2009)。

騒音は、好ましくない、もしくは迷惑な音と定義することができる。騒音に対する感覚は、音源に対する聞き手の考え方によっても影響を受ける。これは時にノセボ効果と呼ばれ、よく知られているプラセボ効果の逆の意味である。人々が音源に対して否定的な考えを抱いているような条件の下では、その音による影響を受け易くなる (AusWEA, 2004)。

¹ 訳注：原文のまま。日本の環境省は 20Hz 以下の周波数帯域を超低周波音、100Hz 以下の周波数帯域を低周波音と定義付けている。「16Hz 以下」との表現は、オクターブバンドの中心周波数による表示である。

Wind turbines produce noise that can be classified into the following categories:

1. Mechanical noise which is produced from the motor or gearbox; if functioning correctly, mechanical noise from modern wind turbines should not be an issue.
2. Aerodynamic noise which is produced by wind passing over the blade of the wind turbine (Minnesota Department of Health, 2009).

As well as the general audible range of sound emissions, wind turbines also produce noise that includes a range of Special Audible Characteristics (SACs) such as amplitude modulation, impulsivity, low frequency noise and tonality (EPHC, 2009).

Table 1 compares the noise produced by a ten turbine wind farm compared to noise levels from some selected activities.

Activity	Sound pressure level (dBA) ¹
Jet aircraft at 250m	105
Noise in a busy office	60
Car travelling at 64kph at 100m	55
Wind farm (10 turbines) at 350m	35-45
Quiet bedroom	35
Background noise in rural area at night	20-40

Table 1: Noise levels compared to ten turbine wind farm (SDC, 2005).

Macintosh and Downie (2006) conclude that based on these figures “noise pollution generated by wind turbines is negligible”.

One of the most common assertions regarding potential adverse noise impacts of wind turbines is concerned with low frequency noise and infrasound. It should be noted that infrasound is constantly present in the environment and is caused by various sources such as ambient air turbulence, ventilation units, ocean waves, distant explosions, volcanic eruptions, traffic, aircraft and other machinery (Rogers, Manwell & Wright, 2006). In relation to wind turbines, Leventhall (2006) concludes that there is insignificant infrasound generated by wind turbines and that there is normally little low frequency noise. A survey of all known published results of infrasound from wind turbines found that wind turbines of contemporary design, where rotor blades are in front of the tower, produce very low levels of infrasound (Jakobsen, 2005). Another recent report concludes that wind farm noise does not have significant low-frequency or infrasound components (Ministry of the Environment, 2007). As discussed in further detail below the principal human response to audible infrasound is annoyance (Rogers, 2006).

Effects of Noise from Wind Turbines on Human Health

The health and well-being effects of noise on people can be classified into three broad categories:

¹ The “A” represents a weighting of measured sound to mimic that discernable by the human ear, which does not perceive sound at low and high frequencies to be as loud as mid range frequencies (AusWEA, nd. a).

風車からの騒音は、以下のカテゴリーに分類することができる。

1. モーターもしくはギヤボックスなどから生じる機械音；正常に機能しているのであれば、最新の風車から生じる機械音は問題にならないはずである。
2. 風車のブレードを通過した風により生じる空力騒音（訳注：風切り音）(Minnesota Department of Health, 2009)。

一般的な可聴領域の音響放射に加えて、風車は振幅変調、衝撃音、低周波音及び純音といった特異な可聴特性（SACs）を持った騒音を発生させる（EPHC, 2009）。表1は風車10基の風力発電所から生じる騒音と、他のいくつかの音源による騒音レベルを比較したものである。

表1. 風車10基からなるウィンドファームと比較した騒音レベル（SDC,2005）

音源の種類	音圧レベル (dBA) ²
ジェット航空機から 250m	105
にぎやかなオフィス	60
時速 64km で走行する自動車から 100m	55
ウィンドファーム（10基）から 350m	35～45
静かな寝室	35
郊外における深夜の暗騒音	20～40

Macintosh と Downie (2006) は、これらの数値を基に“風車から生じる騒音は問題とはならない”と結論付けた。

風車からの騒音による潜在的影響に関して、最も一般的に言われているのが、超低周波音と低周波音に関係したものである。超低周波音は通常的环境中に存在するもので、大気の乱流、換気装置、海の波、遠くの爆発、火山噴火、道路交通、航空機その他の機械装置といった様々な発生源が存在していることに留意しておく必要がある（Rogers, Manwell & Wright, 2006）。風車に関連しては、Leventhall (2006) は風車から生じる超低周波音は無視できるレベルであり、低周波音は通常はほとんど存在しないと結論付けている。風車から生じる超低周波音に関して公開されている全ての文献の調査結果からは、現代のアップウインド型風車から発生する、超低周波音は非常に低いレベルでしかないことが分かっている（Jakobsen, 2005）。別の最近の報告では、風力発電所の騒音は顕著な低周波音もしくは超低周波音の成分を含んでいないと結論付けている（オーストラリア環境省 [Ministry of the Environment], 2007）。下記のさらに詳細な議論で示す通り、聴き取ることのできる超低周波音への主な人間の反応は不快感（annoyance）である（Rogers, 2006）。

風車からの騒音による人の健康への影響

騒音が人の健康と生活の質に与える影響は、三種類に大別できる。

² 「A」は、低周波数領域および高周波数領域の音を中間的な周波数の音ほどには大きく感じないという人間の耳の特性を反映するように重みを付けるものである（AusWEA, nd, a）。

1. subjective effects including annoyance, nuisance and dissatisfaction;
2. interference with activities such as speech, sleep and learning; and
3. physiological effects such as anxiety, tinnitus or hearing loss (Rogers, Manwell & Wright, 2006).

Several commentators argue that noise from wind turbines only produces effects in the first two categories (Rogers, 2006; Pedersen & Persson Waye, 2007).

Various studies of wind turbine effects on health have concentrated on the self-reported perception of annoyance. There are difficulties with measuring and quantifying subjective effects of noise such as annoyance. According to the World Health Organization (WHO) (1999) annoyance is an adverse health effect, though this is not universally accepted. Kalveram proposes that annoyance is not a direct health effect but an indication that a person's capacity to cope is under threat. The person has to resolve the threat or their coping capacity is undermined, leading to stress related health effects (Kalveram 2000). Some people are very annoyed at quite low levels of noise, whilst other are not annoyed by high levels.

It has been suggested that if people are worried about their health they may become anxious, causing stress related illnesses. These are genuine health effects arising from their worry, which arises from the wind turbine, even though the turbine may not objectively be a risk to health (Chapman 2010). The measurement of health effects attributable to wind turbines is therefore very complex.

One study of wind turbine noise and annoyance found that no adverse health effects other than annoyance could be directly correlated with noise from wind turbines. The authors concluded that reported sleep difficulties, as well as feelings of uneasiness, associated with noise annoyance could be an effect of the exposure to noise, although it could just as well be that respondents with sleeping difficulties more easily appraised the noise as annoying (Pedersen & Persson Waye, 2007).

Many factors can influence the way noise from wind turbines is perceived. The aforementioned study also found that being able to see wind turbines from one's residence increased not just the odds of perceiving the sound, but also the odds of being annoyed, suggesting a multimodal effect of the audible and visual exposure from the same source leading to an enhancement of the negative appraisal of the noise by the visual stimuli (Pedersen & Persson Waye, 2007). Another study of residents living in the vicinity of wind farms in the Netherlands found that annoyance was strongly correlated with a negative attitude toward the visual impact of wind turbines on the landscape. The study also concluded that people who benefit economically from wind turbines were less likely to report noise annoyance, despite exposure to similar sound levels as those people who were not economically benefiting (Pedersen et al, 2009).

In addition to audible noise, concerns have been raised about infrasound from wind farms and health effects. It has been noted that the effects of low frequency infrasound (less than 20Hz) on humans are not well understood (NRC, 2007). However, as discussed above, several authors have suggested that low level frequency noise or infrasound emitted by wind turbines is minimal and of no consequence (Leventhall, 2006; Jakobsen, 2005). Further, numerous reports have concluded that there is no evidence of health effects arising from infrasound or low frequency noise

1. 不快感, いらだち, 不満を含めた主観的作用
2. 会話, 睡眠, 学習といった行動への妨害
3. 不安, 耳鳴り, もしくは聴力低下といった生理作用 (Rogers, Manwell & Wright, 2006)

風車騒音は最初の二種類の影響しか引き起こさないと主張する専門家も存在する (Rogers, 2006; Pedersen & Persson Waye, 2007)。

風車の健康影響についての様々な研究は, 自己申告による不快感に関わる知覚に集中している。不快感のような騒音による主観的な作用を測定し, 数値化することには困難が付きまとう。世界保健機関 (WHO) は (1999), 不快感は健康への悪影響であるとしているが, これは一般的に広く受け入れられているものではない。Kalveram は, 不快感は, 直接的な健康影響ではなく, 人の耐性が脅威にさらされていることの現れである, と提唱している。そのような脅威を解消し得ない状況に陥ると, その結果として人はストレス性の健康影響をうけることになる (Kalveram 2000)。かなり低いレベルの騒音を非常に不快に感じる人もいる一方で, 高いレベルであっても不快に感じない人もいる。

人が自分の健康について心配するようになると, そのストレスのために病気になるということが示唆されてきた。これらは不安に基づいた真の健康影響であり, たとえ客観的には風車が健康へのリスクではないとしても, 風車が原因となるものである (Chapman 2010)。それゆえ, 風車の健康影響の計測は非常に複雑なものと言えるのである。

風車騒音と不快感について, 不快感以外には風車騒音と直接相関を持ちうるような健康への悪影響は存在し得ないことを明らかにした研究がある。その著者らは, 報告されたような, 騒音による不快感に伴う不安感ばかりでなく, それによる睡眠障害は, 騒音への曝露による影響である可能性があるとして結論付けたものの, 睡眠障害を訴えた回答者群が通常以上に騒音を不快なものと感じる傾向があるだけであるという可能性についても指摘している (Pedersen & Persson Waye, 2007)。

風車騒音がどう受け止められるかという点には, 多くの要因が作用している。前述の研究では, 住居から風車が見えるというだけでその音に気付きやすくなり, さらに不快を感じる確率も高めることを明らかにしており, 音響と視覚による複合的な効果が生じて, 同じ騒音源に対する否定的な感覚を視覚効果が増大させることを示めている。オランダにおける風車近辺の住民に関する他の研究では, 風車が景観に与える影響に対する否定的な姿勢と不快感の間に, 強い相関関係があることが明らかになった。この研究では, 経済的な利益を得ていない人達と同様の騒音レベルに曝露されているにも関わらず, 風車から経済的に利益を得る人達は騒音による不快感を申し立てることが少なくなる傾向があるとも結論付けている (Pedersen et al, 2009)。

可聴音域の騒音に加え, 風力発電所からの超低周波音とその健康影響について疑問が呈されている。超低周波音 (20Hz 未満) が人に与える影響はまだよく分かっていないということが言われている (NRC, 2007)。しかし, 先に議論してきたように, 風車が発する低周波音もしくは超低周波音はごくわずかであり, 何の影響も及ぼさないとしている著者もいる (Leventhall, 2006; Jakobsen, 2005)。さらに, 風車が発する超低周波音もしくは低周波騒音が健康影響を生じさせるという証拠は存在しないと結論付ける報告書が多数存在している (DTI, 2006; CanWEA, 2009; Chatham-Kent Public Health Unit, 2008; WHO, 2004; EPHC, 2009; HGC Engineering 2007)。

generated by wind turbines (DTI, 2006; CanWEA, 2009; Chatham-Kent Public Health Unit, 2008; WHO, 2004; EPHC, 2009; HGC Engineering, 2007). In summary:

- ‘There is no reliable evidence that infrasounds below the hearing threshold produce physiological or psychological effects’ (Berglund & Lindvall 1995).
- Infrasound associated with modern wind turbines is not a source which will result in noise levels which may be injurious to the health of a wind farm neighbour (DTI, 2006).
- Findings clearly show that there is no peer-reviewed scientific evidence indicating that wind turbines have an adverse impact on human health (CanWEA, 2009).
- Sound from wind turbines does not pose a risk of hearing loss or any other adverse health effects in humans. Subaudible, low frequency sounds and infrasound from wind turbines do not present a risk to human health (Colby, et al 2009).
- The Chatham-Kent Public Health Unit (Ontario, Canada) reviewed the current literature regarding the known health impacts of wind turbines in order to make an evidence-based decision. Their report concluded that current evidence failed to demonstrate a health concern associated with wind turbines. ‘In summary, as long as the Ministry of Environment Guidelines for location criteria of wind farms are followed ... there will be negligible adverse health impacts on Chatham-Kent citizens. Although opposition to wind farms on aesthetic grounds is a legitimate point of view, opposition to wind farms on the basis of potential adverse health consequences is not justified by the evidence’ (Chatham-Kent Public Health Unit, 2008).
- Wind energy is associated with fewer health effects than other forms of traditional energy generation and in fact will have positive health benefits (WHO, 2004).
- ‘There are, at present, very few published and scientifically-validated cases of an SACs of wind farm noise emission being problematic ... the extent of reliable published material does not, at this stage, warrant inclusion of SACs ... into the noise impact assessment planning stage (EPHC, 2009).
- While a great deal of discussion about infrasound in connection with wind turbine generators exists in the media there is no verifiable evidence for infrasound and production by modern turbines (HGC Engineering, 2007).

The opposing view is that noise from wind turbines produces a cluster of symptoms which has been termed Wind Turbine Syndrome (WTS). The main proponent of WTS is a US based paediatrician, Dr Pierpont, who has released a book ‘Wind Turbine Syndrome: A report on a Natural Experiment, presents case studies explaining WTS symptoms in relation to infrasound and low frequency noise. Dr Pierpont’s assertions are yet to be published in a peer-reviewed journal, and have been heavily criticised by

要約すれば、

- ・感覚閾値以下の超低周波音が、生理的もしくは心理的な影響を生じさせるという信頼できる証拠は無い (Berglund & Lindvall 1995)。
- ・現代の風車による超低周波音は、風車近辺の住民に健康被害を及ぼすようなレベルの音源とはならない (DTI, 2006)。
- ・調査結果からは、風車が人の健康に悪影響を与えるということを示す、査読を受けた科学的な証拠は存在しないことが明白である (Can WEA, 2009)。
- ・風車の騒音は、難聴もしくはその他健康への悪影響を引き起こさない。風車から生じる可聴域以下の低周波音及び超低周波音は、人体への健康リスクとはならない (Colby, et al 2009)。
- ・チャタム・ケント公衆衛生ユニット (オンタリオ州, カナダ) は、証拠に基づいた意志決定を行うため、風車の健康影響に関する最近の既知の文献を調査した。その報告書は、既存の証拠では風車に関する健康影響を立証できないと結論付けた。「要約すれば、風力発電所の立地に関する (カナダ・オンタリオ州) 環境省のガイドラインに従っている限り・・・チャタム・ケント市民の健康に対する悪影響は無視できるものである。景観への影響を理由として風車に反対することは正当な観点に基づくものであるが、潜在的な健康への悪影響を根拠とした風車への反対は証拠によって正当化されるものではない」(Chatham-Kent Public Health Unit, 2008)。
- ・風力発電は、従来の他の発電方法よりも健康影響への関連性は低く、むしろ人類の健康にとって有益である (WHO, 2004)。
- ・現在のところ、風車騒音の SACs が問題になることが科学的に確認された事例はほとんど存在しないと言ってよい・・・現段階で、信頼できる公表された資料の及ぶ範囲では、騒音影響評価の準備段階に騒音の SACs を含めることを必要とすることを示すものは存在していない (EPHC, 2009)。
- ・風車に関わる超低周波音についての激しい議論がメディア上で存在する一方で、超低周波音が風車から発生していることを示す検証可能な証拠は存在しない (HGC Engineering, 2007)。

これに反対する意見として、風車の騒音は風車病症候群 (WTS, Wind Turbine Syndrome) と呼ばれる症候群を引き起こすと言うものがある。風車病の主な提唱者はアメリカの小児科医である Pierpont 医師で、彼女は「Wind Turbine Syndrome (風車病症候群) - 自然実験の報告」という本を出版した。これは、超低周波音および低周波音と風車病症状の関連性を説明する症例研究に関するものである。Pierpont 医師の主張は、まだ査読が必要な学術ジャーナルには掲載されておらず、音響学の専門家から厳しい批判を受けている。存在する証拠に基づけば、開発ガイドラインに従いさえすれば、風車が健康への脅威となることはない結論づけることができる。

acoustic specialists. Based on current evidence, it can be concluded that wind turbines do not pose a threat to health if planning guidelines are followed.

Shadow Flicker and Blade Glint

Shadow flicker occurs when the sun is located behind a wind turbine casting a shadow that appears to flick on and off as the wind turbine blades rotate (Chatham-Kent Public Health Unit, 2008). It is possible to use modelling software to model shadow flicker before the finalisation of a wind farm layout and siting.

Blade glint occurs when the surface of wind turbine blades reflect the sun's light and has the potential to annoy people (EPHC, 2009).

Effects of Shadow Flicker and Blade Glint on Human Health

Shadow flicker from wind turbines that interrupts sunlight at flash frequencies greater than 3Hz has the potential to provoke photosensitive seizures (Harding, Harding & Wilkins, 2008). As such it is recommended that to circumvent potential health effects of shadow flicker wind turbines should only be installed if flicker frequency remains below 2.5 Hz under all conditions (Harding, Harding & Wilkins, 2008).

According to the EPHC (2009) there is negligible risk of seizures being caused by modern wind turbines for the following reasons:

- less than 0.5% of the population are subject to epilepsy at any one time, and of these, approximately 5% are susceptible to strobing light;
- Most commonly (96% of the time), those that are susceptible to strobe lighting are affected by frequencies in excess of 8 Hz and the remainder are affected by frequencies in excess of 2.5 Hz. Conventional horizontal axis wind turbines cause shadow flicker at frequencies of around 1 Hz or less;
- alignment of three or more conventional horizontal axis wind turbines could cause shadow flicker frequencies in excess of 2.5 Hz; however, this would require a particularly unlikely turbine configuration.

In summary, the evidence on shadow flicker does not support a health concern (Chatham-Kent Public Health Unit, 2008) as the chance of conventional horizontal axis wind turbines causing an epileptic seizure for an individual experiencing shadow flicker is less than 1 in 10 million (EPHC, 2009). As with noise, the main impact associated with shadow flicker from wind turbines is annoyance.

In regards to blade glint, manufacturers of all major wind turbine blades coat their blades with a low reflectivity treatment which prevents reflective glint from the surface of the blade. According to the Environment Protection and Heritage Council (EPHC) the risk of blade glint from modern wind turbines is considered to be very low (EPHC, 2009).

Electromagnetic Radiation and Interference

Electromagnetic radiation (EMR) is a wavelike pattern of electric and magnetic energy moving together. Types of EMR include X-rays, ultraviolet, visible light, infrared and radio waves (AusWEA, nd. b).

シャドウ・フリッカとブレード反射光

風車の後ろに太陽が位置していると、ブレードの回転に合わせて光が点滅しているかのように感じられる影が生じることで、シャドウ・フリッカが発生する（Chatham-Kent Public health Unit, 2008）。風力発電所の設計と風車の配置を決定する前の段階で、シャドウ・フリッカをモデル化するソフトウェアを使用することが可能である。

ブレード反射光は、風車のブレード表面が太陽光を反射するときに起こり、人に不快感を与える可能性がある（EPHC, 2009）。

シャドウ・フリッカとブレード反射光による人の健康への影響

風車のシャドウ・フリッカが 3Hz を超える周波数で太陽光を遮っている場合には、感光性のひきつけ発作を誘発するおそれがある（Harding, Haring & Wilkins, 2008）。このことから、シャドウ・フリッカの潜在的な健康影響を回避するため、いかなる場合においても点滅周波数を 2.5Hz 以下にすることができる場合に限って、風車を設置すべきである（Harding, Harding & Wilkins, 2008）。

EPHC によると（2009）、以下の理由より、現代の風車によってひきつけ発作が発生するリスクはほとんどないといえる。

- ・常時てんかん発作を起こす傾向があるのは全人口の 0.5% 以下であり、そしてこの中で、約 5% が点滅光に影響されやすい傾向を持つ。
- ・通常（96% の時間）、点滅光に影響される人は 8Hz を超える周波数により影響を受け、その他の人は 2.5Hz を超える周波数により影響を受ける。従来型の水平軸風車が起こすシャドウ・フリッカは 1Hz 以下の周波数である。
- ・3機以上の従来型水平軸風車が整列した状態になると、2.5Hz を超える周波数のシャドウ・フリッカが発生する可能性がある。しかし、これは非常に特異な風車配置の場合にしか生じることはない。

要約すれば、既存の証拠からはシャドウ・フリッカが健康に影響するという事は裏付けられず（Chatham-Kent Public health Unit, 2008）、ある個人が従来型水平軸風車のシャドウ・フリッカを経験することにより、てんかんのひきつけ発作を起こす確率は 1 千万分の 1 以下である（EPHC, 2009）。騒音と同様に、風車のシャドウ・フリッカに関する主な影響は、不快感と言うことになる。

ブレード反射光に関しては、主要な風車ブレード・メーカーは、ブレード表面で光が反射されることを防止するための、低反射素材による表面処理を施している。EPHC³ によれば、現代風車のブレード反射光のリスクは非常に低いと考えられる（EPHC, 2009）。

電磁波と干渉

電磁波 (EMR) とは、電界と磁界とが互いの電磁誘導による相互作用により伝搬するものである。

³ 訳注：Environment Protection and Heritage Council, 豪州環境保護遺産委員会

Electromagnetic interference (EMI) from wind turbines may affect electromagnetic or radiocommunication signals including broadcast radio and television, mobile phones and radar (EPHC, 2009).

As high and exposed sites are best from a wind resource perspective, it is not unusual for any of a range of telecommunications installations, radio and television masts, mobile phone base stations or emergency service radio masts to be located nearby. Care must be taken to ensure that wind turbines do not passively interfere with these facilities by directly obstructing, reflecting or refracting their radio frequency EMR signals.

Effects of Electromagnetic Radiation and Interference from Wind Turbines on Human Health

Electromagnetic Fields (EMF) emanate from any wire carrying electricity and Australians are routinely exposed to these fields in their everyday lives. The electromagnetic fields produced by the generation and export of electricity from a wind farm do not pose a threat to public health (Windrush Energy 2004). The closeness of the electrical cables between wind turbine generators to each other, and shielding with metal armour effectively eliminate any EMF (AusWEA, nd. b).

Measures to Mitigate Potential Impacts of Wind Turbines

As with the introduction of any new technology, some communities are against wind farms being located in their area. Some factors which may increase community concern include coerced or unequal exposure, industrial, exotic and/or memorable nature of the turbine, dreaded, unknown or catastrophic consequences, substantial media attention, potential for collective action and a process which is unresponsive to the community. Voluntary exposure, for example choosing to house the turbine on community land, reduces concern (Adapted by Professor Chapman from Covello et al. methodology 1986).

One review of wind turbines and noise recommends that best practice guidelines such as those identifying potential receptors of turbine noise, following established setbacks and dispelling rumours regarding infrasound which have not been supported by research, are followed in order to mitigate any potential noise issues associated with wind turbines (Howe, 2007).

Sustainable Energy Authority Victoria (2003) also recommend that complying with standards relating to turbine design and manufacturing, site evaluation and final siting of wind turbines will minimise any potential impacts on the surrounding area.

The recently released Draft National Wind Farm Development Guidelines (EPHC, 2009) include detailed methodologies at different stages of the planning and development process to assess such issues as noise and shadow flicker to mitigate any potential impact. Such processes include a range of measures such as high-level risk assessment, data collection, impact assessment, detailed technical studies and public consultation.

EMRにはエックス線，紫外線，可視光，赤外線，およびラジオ電波が含まれる (AusWEA. nd. b)。
(訳注：エネルギーの放射現象の一種であることから電磁放射とも呼ばれている)

風車による電磁妨害 (EMI) としては，ラジオ放送，テレビ放送，携帯電話およびレーダー等の電磁波や無線通信信号へ影響することが考えられる (EPHC, 2009)。

周辺よりも高く，見通しがよいサイトは，風況という観点からみても最良の位置になるため，さまざまな通信施設，ラジオやテレビの電波塔，携帯電話基地局または防災無線塔などの設備が近くに設置されている事は珍しい事ではない。

これらの無線周波数のEMR信号を直接遮蔽・反射・屈折させることにより，風車がそれらの施設を妨害しないよう注意しなければならない。

風車からの電磁波による人の健康への影響

電磁界 (EMF) は，あらゆる送電線から放出されており，オーストラリア人はその電磁界に日常的にさらされている。風力発電所により発電された電気とその送電時に発生する電磁界が，公衆衛生に対する脅威となることはない (Windrush Energy 2004)。風車間の送電ケーブルが密集して設置されていること，金属製のシールドを施すことによって，あらゆるEMFは遮蔽されている (AusWEA. nd. b)。

風車による影響を緩和する方法

何らかの新技术を導入する際と同じように，風力発電所が近隣に設置されることに反対する地域が存在する。地域社会の懸念を増加させている要因には，自らの意志に反し，不公平と思える風車への曝露や，工業的で奇異とも言え更には記憶にも残りやすい風車の特性，あるいは，恐ろしげで未知の若しくは破局的な結末，マスコミによる頻繁な報道，社会の集団行動や地域社会の意見を無視した課程などが含まれる。例えば，地域の共有地を選んで風車を建設する場合のように，自発的に風車への曝露が生じるような場合には，風車への懸念は低減する (Adapted by Professor Chapman from Covello et al. methodology 1986)。

風車とその騒音に関するある評価では，風車騒音を受ける可能性がある住民を認定することや，既存のセットバックに従うこと，調査研究では支持されていない超低周波音に関する噂を一掃する指針に従うことなどを推奨しており，それによって，風車に関係した騒音問題が発生する事態を低減することができるとしている (Howe, 2007)。

Sustainable Energy Authority Victoria (2003)も，風力タービンについて設計，製造，サイト評価，最終的な風車の立地に関する規格に従うことによって，周辺地域に与える可能性のある影響を最小限とどめることができると提言している。

最近公開された国家ウィンドファーム開発ガイドライン案 (Draft National Wind Farm Development Guidelines [EPHC, 2009]) には，風力発電所の計画策定や開発行為過程における種々の段階において，騒音やシャドウ・フリッカなどによる影響が生じる可能性を低減する詳細な方法が含まれている。その過程には高レベルのリスク評価，データ収集，影響評価，詳細な専門的調査，そして地域との協議などのさまざまな手段が含まれている。

Therefore if planning guidelines are followed and communities are consulted with in a meaningful way, resistance to wind farms is likely to be reduced and annoyance and related health effects avoided.

Conclusion

The health effects of many forms of renewable energy generation, such as wind farms, have not been assessed to the same extent as those from traditional sources. However, renewable energy generation is associated with few adverse health effects compared with the well documented health burdens of polluting forms of electricity generation (Markandya & Wilkinson, 2007).

This review of the available evidence, including journal articles, surveys, literature reviews and government reports, supports the statement that: *There are no direct pathological effects from wind farms and that any potential impact on humans can be minimised by following existing planning guidelines.*

したがって、開発ガイドラインが遵守されており、地域との協議が意味ある形で行われているならば、風力発電所への反対運動は低減され、不快感やそれに伴う健康への影響は避けられるであろう。

結論

風力発電に代表される再生可能エネルギーによる発電が健康に与える影響は、従来型の発電方式が与える影響ほどには幅広く調査や評価を受けているわけではない。しかしながら、再生可能エネルギーによる発電は、環境汚染が伴う従来型の発電方式と比べれば健康への悪影響との関係はほとんどない。(Markandya & Wilkinson, 2007)。

ここに示したジャーナルの論文、現地調査、文献調査、および政府報告書を含む利用可能な証拠に基づくレビューは以下の主張を裏付けるものである：

風力発電所には直接の病理学的影響はなく、人体に影響を及ぼす可能性は、既存の開発ガイドラインにしたがうことによって最小化することができる。

参考文献

訳注：参考文献リストは英語原文を参照のこと。

References

- Australian Wind Energy Association (AusWEA), (2004): *The Noise Emissions Associated with Wind Farming in Australia*. Sustainable Energy Australia
- Australian Wind Energy Association (AusWEA). (nd. b): *Wind Farming, Electromagnetic Radiation & Interference*, Fact Sheet No. 10. Sustainable Energy Australia
- Australian Wind Energy Association (AusWEA). (nd.a) *Wind Farms and Noise*, Fact Sheet No. 6. Sustainable Energy Australia
- Berglund B and Lindvall T. (1995): Community Noise. *Archives of the Center for Sensory Research*, 2(1).
- Canadian Wind Energy Association (CanWEA), (2009): *Addressing Concerns with Wind Turbines and Human Health*. Can WEA, Ottawa.
- Chapman S. (2010): Can wind farms make people sick? Croakey, available at: <http://blogs.crikey.com.au/croakey/2010/02/23/can-wind-farms-make-people-sick-simon-chapman-investigates/>
- Chapman S. (2010): Personal Communication. Using the methodology of Covello VT, Von Winterfeldt D, Slovic P (1986) Communicating scientific information about health and environmental risks: problems and opportunities from a social and behavioural perspective. In: Covello, V., Lave, L., Maghissi, A., Uppuluri, V.R.R. (eds.) *Uncertainties in risk assessment and management*. New York: Plenum.
- Chatham-Kent Public Health Unit, (2008): *The Health Impact of Wind Turbines: A Review of the Current White, Grey, and Published Literature*. Chatham-Kent Municipal Council, Chatham Ottawa.
- Colby DW, Doby R, Leventhall G, Lipscomb DM, McCunney RJ, Seilo MT, Søndergaard B. (2009): *Wind Turbine Sound and Health Effects - An Expert Panel Review*. Prepared for the American Wind Energy Association and the Canadian Wind Energy Association.
- Department of Trade and Industry UK (DTI), (2006): *The measurement of low frequency noise at three UK wind farms*: URN No: 06/1412 issued by the DTI in July 2006.
- Environment Protection and Heritage Council (EPHC), (2009): *National Wind Farm Development Guidelines - Public Consultation Draft*. Commonwealth of Australia, Adelaide.
- Harding G, Harding P, Wilkins A. (2008): Wind turbines, flicker and photosensitive epilepsy: Characterizing the flashing that may precipitate seizures and optimizing guidelines to prevent them. *Epilepsia*, 49(6): 1095-1098.

- HGC Engineering (2007): *Wind turbines and sound: Review and best practice guidelines*. CanWEA, Ottawa.
- Howe B. (2007): *Wind Turbines and Sound: Review and Best Practice*. Available at: http://www.canwea.ca/images/uploads/File/CanWEA_Wind_Turbine_Sound_Study_-_Final.pdf
- Jakobsen J. (2005): Infrasound Emission from Wind Turbines. *Journal of Low Frequency Noise, Vibration and Active Control*, 24(3): 145-155.
- Kalveram KT. (2000): How Acoustical Noise Can Cause Physiological and Psychological Reactions. *Proceedings of the 5th International Symposium of Transport Noise and Vibration*. St. Petersburg, Russia: East European Acoustical Society.
- Leventhal G. (2006): Infrasound from Wind Turbines – Fact, Fiction or Deception. *Canadian Acoustics*, 24(2): 29-36.
- Macintosh A, Downie C. (2006): *Wind Farms: the facts and the fallacies*. The Australia Institute: Discussion Paper No. 91.
- Markandya A & Wilkinson P. (2007): Electricity generation and health. *The Lancet*, 370: 979-990.
- Ministry of the Environment (2007): *Acoustic consulting report prepared for the Ontario Ministry of the Environment. Wind turbine facilities noise issues*. Aiolos report number 4071/2180/AR155Rev3, Queens Printer for Ontario, Ontario.
- Minnesota Department of Health. (2009): *Public Health Impacts of Wind Turbines*.
- National Research Council (NRC). (2007): *Environmental Impacts of Wind-Energy Projects*. Committee on Environmental Impacts of Wind Energy Projects, Board on Environmental Studies and Toxicology, Division on Earth and Life Studies.
- Pedersen E, van den Berg F, Bakker R & Bouma J. (2009): Response to noise from modern wind farms in the Netherlands. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 126(2): 634-43.
- Pederson E & Persson Wayne K. (2007): Perception and annoyance due to wind turbine noise – a dose-response relationship. *Journal of the Acoustical Society of America*, 116(6): 3460-3470.
- Rogers A, Manwell J & Wright S. (2006): *Wind Turbine Acoustic Noise*. Renewable Energy Research Laboratory, University of Massachusetts at Amherst.
- Sustainable Development Commission (United Kingdom) (SDC), (2005): *Wind Power in the UK: A guide to the key issues surrounding onshore wind power development in the UK*, Government of the United Kingdom, England. Available at: <http://www.sdcommission.org.uk/>

Sustainable Energy Authority Victoria (2003): *Policy and planning guidelines for development of wind energy facilities in Victoria*. Sustainable Energy Authority Victoria, Melbourne.

Windrush Energy (2004): *The health effects of magnetic fields generated by wind turbines*. Palgrave, ON: Windrush Energy.

World Health Organization (2004): *Energy, sustainable development and health*. Background document for the Fourth Ministerial Conference on Environment and Health, 23-25 June 2004, Geneva.

[訳注および解説]

以下に、オーストラリア政府報告書の本文を翻訳した際に、原文の意味がわかりにくい箇所について、翻訳時の解説を加える。

風車による影響を緩和する方法 (Measures to Mitigate Potential Impacts of Wind Turbines)

“Some factors which may increase community concern include coerced or unequal exposure, industrial, exotic and/or memorable nature of the turbine, dreaded, unknown or catastrophic consequences, substantial media attention, potential for collective action and a process which is unresponsive to the community.”

この部分については、下記のような事項が「地域社会の不安を増加させる (Some factors which may increase community concern)」との意味で、下記のように訳した。

— coerced or unequal exposure :

自らの意志に反し、不公平と思える風車への曝露。他に風車が設置できる場所はあるのに、なぜ自分の近くに設置されなければならないのか、どうしてこの場所でなければならないのかという思い、を意味しているものと思われる。

— industrial, exotic and/or memorable nature of the turbine

工業的で奇異とも言え更には記憶にも残りやすい風車の特性。exoticを奇異と訳した。日常生活で接するものとは異なる。そのようなものは、記憶・印象に残りやすいという意味と思われる。

— dreaded, unknown or catastrophic consequences,

恐ろしげで未知の若しくは破局的な結末。dreadedは非常に恐ろしい、unknownは未知の、catastrophic consequencesは破局的結末と訳した。未知のもの、装置に対する恐怖感や、それが破壊してしまうような事態を想像してしまうこと、そのような結果が身近に発生するのではないかという不安感を意味しているものと思われる。

— substantial media attention,

マスコミによる頻繁な報道。騒音・低周波音、風力発電に関するネガティブな報道を頻繁に耳にすることによって、その報道で根拠が示されていなくとも、自分も影響を受けてしまうのではないかと考えてしまうことを意味しているものと思われる。

— potential for collective action and a process which is unresponsive to the community

社会の集団行動や地域社会の意見を無視した課程。地域の個々の住民の声・意見が反映されないうまま、外部の人間だけによって事業が進められる事態や、集団のなかで自分の意見が無視されるのではないかという不安感を意味しているものと思われる。