

論文 / 著書情報
Article / Book Information

論題(和文)	風力発電施設による影響発生とその対応 ～社会的受容性向上のために～
Title(English)	
著者(和文)	錦澤滋雄
Authors(English)	Shigeo Nishikizawa
出典(和文)	環境アセスメント学会誌, Vol. 15, No. 2, pp. 8-14
Citation(English)	Japan Society for Impact Assessment, Vol. 15, No. 2, pp. 8-14
発行日 / Pub. date	2017, 8

セミナー報告

風力発電施設による影響発生とその対応
～社会的受容性向上のために～

錦 澤 滋 雄

1. はじめに

東日本大震災の経験や気候変動をめぐる世界的動向など、再生可能エネルギーのさらなる導入が求められている。風力発電施設は、2015 年末時点において世界で 433 GW が既に導入され、これは世界の電力の 4% に相当するといわれている。わが国では 3 GW 程度の導入に留まるが、固定価格買い取り制度による認定や環境アセスメント（以下、アセス）の現状状況を踏まえると、今後、10 GW に達することが見込まれている。

一方、風力発電の建設計画や施設稼働をめぐっては、環境紛争が全国各地で報告されている。気候変動やエネルギー問題解消の切り札として期待されている再生可能エネルギーが、私たちの生活環境や自然環境を脅かしている。いわゆる、“Green Dilemma（グリーン・ジレンマ）”と呼ばれるこの現象は、もはや世界の共通課題である。

このジレンマ解消に向けて、風力発電の社会的受容性をいかにして高めていくことができるかが問われている。地域住民が風力発電をどう受け入れるかは、アセスで通常扱われる実影響だけでなく、事業（者）に対するイメージや個人的感情などの心理的影響にも起因し、この点を考慮する必要がある。本稿では、これらの影響の結果としてあらわれる住民反応に着目し、これまで実施してきた調査結果を概観するとともに、社会的受容性向上について考察を述べる。

2. 風力発電施設に対する住民反応の捉え方

2.1 住民反応モデル

風力発電施設による環境影響は、騒音、シャドーフリッカー（風車の羽根の回転に太陽光があたることによる影のちらつき現象）、景観などの生活・社会面への影響に加えて、野鳥衝突や森林破壊などの

自然環境面への影響がある。このうち、前者の生活・社会面への影響は、感覚公害として捉える視点が重要である。すなわち、実影響だけでなく影響の捉え方には個人差があり、さまざまな要素によって規定される。騒音を例にすると、実際の音の大きさ（実影響）に加えて、風車の見え方、風力発電施設や再生可能エネルギーに対する賛否態度、施設が何らかの地域便益をもたらしているかなどの要因によって、不快感の程度が変化する可能性がある。

実影響と心理的影響によって生じる感覚公害が、どのような形で発現しうるかを住民反応モデルとして図 1 に示した。これにはおよそ 4 つのレベル、「環境紛争」「苦情」「不快認知」「影響認知」があると理解できる。第一の環境紛争は、最も極端な形で反対や対立が起こるタイプである。紛争の捉え方が問題となるが、以下の 2 つの条件で定義できる：① 反対団体が組織化されていること、② 反対していることが新聞記事などのメディアで取り上げられ、社会的に反対や対立が認知されていること、である。第二のレベルに苦情があるが、これは、自分の生活を脅かす影響や事象について、自治体に相談する、あるいは異議を申し立てる類のものである。個人の性格にもよるが、自治体に直接連絡して訴える訳だから、影響が無視できない（と感じている）状態である。

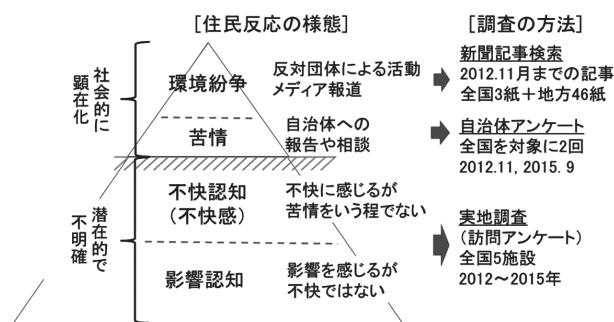


図1 風力発電の住民反応モデルと調査の枠組

第三のレベルとして不快認知がある。これは、わざわざ苦情をいう程ではないが、何らかの影響を感じていて、不快感を持っている状態を指す。このような事態が長期間にわたって継続すれば苦情発生につながるおそれがあり、その意味で苦情や紛争の予備軍ともいえる。最後に影響認知がある。これは、音が聞こえる、あるいは影がちらついているなど、何らかの影響には気がついているものの、それほど気にはならない、不快に感じるほどではないレベルである。

図の上位の層になるほど、発生頻度は少ないものの、問題の程度は大きく深刻である。また、ピラミッドの真ん中の層で分けることができ、上部の2層(紛争と苦情)は社会の中で問題が既に顕在化しているのに対して、下部の2層はあくまでも個人意識の中の問題で表には出てこない。したがって、下部の2層は問題の深刻度は相対的に低いといえるが、潜在的で不明瞭という点で見過ごされがちである。

この住民反応モデルは、80年以上前に災害管理の世界でハインリッヒという人によって提唱された法則が理論的背景となっている(H.W. Heinrich, 1931)。ハインリッヒの法則の別名は、「1対29対300の法則」とも呼ばれていて、その意味は、1件の重大な事故・災害には、約30件の軽微な事故・災害があり、300件のヒヤリ・ハット(未遂事件)があり、さらにその背後には数千に上る不安全行動や不安全状態がある、というものである。つまり、一件の重大事故は、偶然や不運で起こるのではなく、背後に潜む小さな問題の積み重ねによって生じることを膨大な統計データから示した。重大事故を減らすためには、背後の問題を改善していくこと、つまり、軽微な事故やヒヤリハット、不安全行動・状態を解消していく重要性を指摘した。これを風力の問題にそのまま当てはめることは無理があるかもしれないが、環境紛争に至るのは不快認知や影響認知の積み重ねの結果とも考えられ、この点を解明・解消していくことが重要となろう。

2.2 調査の枠組

このモデルから二つの問いがたてられる。一つは、各レベルの実態解明で、実際にどの程度、影響が認知され、苦情・紛争が起こっているかの事実関係を明らかにすることである。第二に、不快認知、苦情や紛争が発生する要因を特定することである。実際の調査は以下の方法をとった。まず、紛争発生はメディア報道に着目し、新聞記事データベースのキー

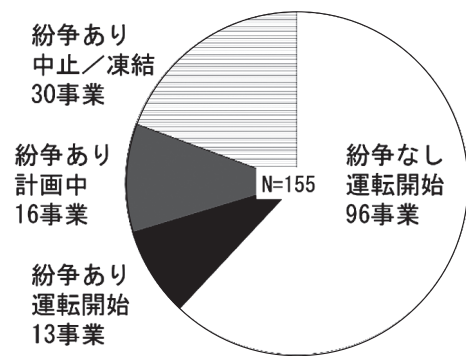


図2 風力発電施設による環境紛争の発生状況
(2012年調査)

ワード検索により、「風力発電」と「反対」のand検索で抽出し、内容を把握した。次に苦情発生の調査は、主に苦情が自治体に寄せられることから、風車が立地する自治体を対象にアンケート調査を実施した(2012年と2015年の2回実施)。不快認知と影響認知は、風力発電施設周辺の住民に対する世帯訪問形式のインタビューで把握した。2012～2015年にかけて、これまで全国5施設で実施した。以下では、これらの結果の概要を述べる。

3. 環境紛争・苦情の発生状況とその要因

3.1 環境紛争発生の状況

環境紛争発生状況の結果を図2に示す。発電規模が7.5MW以上の施設を対象に新聞記事検索により調べたところ、155件の施設のうち59件の事業計画段階において紛争が発生していたことがわかった。この紛争発生した59件の内、事業が中止・凍結となったものは30件に上った。調べた風力発電施設全体の4割弱という高い割合で紛争が発生していること、さらにその半数が中止・凍結に至るという結果であった。

次にこれらの紛争がどのような論点で発生したかを、新聞記事内容から調べたところ、野鳥衝突が35件で最も多く、騒音/低周波(28件)、自然破壊(20件)、景観(19件)、災害・水質(17件)、その他(4件)であることがわかった。シャドーフリッカーについては、計画段階の紛争理由としては、事例が見当たらなかった。

3.2 紛争発生要因の分析結果

次に紛争発生の要因を物理的、立地的、社会的要因の三つに分類して、統計的に解析したところ、物理的要因では、単機出力が紛争発生の有意な要因となることがわかった。当然の結果といえるが、風車

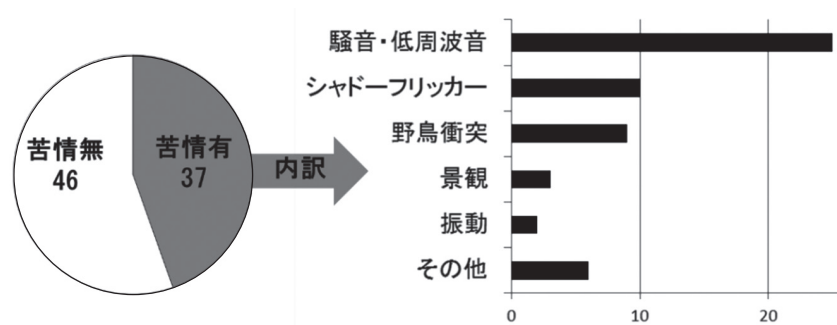


図3 風力発電施設による苦情発生とその内容
(左は83施設の苦情有無, 右は苦情内容の発生施設数)

の大型化が紛争発生確率を高める。一方、住居までの距離は紛争発生有無との相関は見られず、紛争リスク回避の指標とはならないことが確認された。これは諸外国の先行研究でも指摘されているところである（例えば、Devine-Wright, 2005 など）。実際に、紛争発生有無と施設から直近住居の距離を調べたところ、500 m 圏内に住居があった施設のうち、2008 年以前は59事業のうち55件で紛争無し、4件で紛争有りだったのに対して、2009 年以降は13件中6件で紛争無し、7件で紛争有りだった。直近住居が施設から1.5 km より離れているケースでは、2008 年以前は紛争が全く無かったのに対して、2009 年以降では4件中2件で紛争が発生していた。2008 年と2009 年で紛争発生の状況が大きく異なるのは、2009 年に風車の低周波問題がメディアで報道され始めたことによる。このように、風車騒音を論点とする紛争の場合、施設と住居の距離は紛争回避の指標として必ずしも参考にならない。すなわち、実影響の問題だけでなく感覚的、心理的な要因によって紛争が起こることが示唆され、この傾向は計画段階で顕著に表れる。

また、野鳥関連の紛争発生要因はさまざまあるが、環境省の手引きに掲載されている生息分布との強い相関がみられた。特に、イヌワシやクマタカの生息分布2次メッシュとの関連性が顕著で、立地段階で考慮する必要がある。例えばイヌワシの場合、これが論点となる紛争事例8件の全てが、イヌワシ生息メッシュ内に立地する計画だった。また生息メッシュ内に立地する計画の半数で紛争が発生していたことがわかっている。

3.3 アンケート調査による苦情発生状況の把握

次に苦情の発生状況の調査結果を示す。2012 年と2015 年にそれぞれ風力発電施設が立地する自治体に対してアンケート調査したが、大きな傾向は変

わらないので、ここでは2015 年調査の結果を紹介する。調査対象は、発電規模が7.5 MW 以上の112 施設（2015 年時点）が立地する80 市町村とし、60 自治体（83 施設）から調査票を回収した。

その結果、図3の通り4割以上の施設で苦情が発生していることがわかり、苦情内容は、騒音、シャドーフリッカー、野鳥衝突の順であった。騒音と野鳥衝突が論点として上位にあることは紛争の調査結果と共通するが、シャドーフリッカーが騒音に次いで多かった点は異なる。つまり、シャドーフリッカーは一般的にあまり知られていないため、計画段階での懸念事項とはならないこと、しかし稼働施設の苦情としては発生頻度が高いことがわかる。

4. 影響認知・不快認知の発生状況とその要因

4.1 世帯訪問調査による影響認知・不快認知の把握

以上、紛争・苦情として問題が顕在化している状況について述べた。以下では、潜在的なレベルの住民反応として、影響認知・不快認知の調査結果を示す。この調査は、2012 年から2015 年にかけて、茨城、兵庫、静岡の各県内5つの風力発電施設周辺の世帯を対象に聴き取り調査し、計236 世帯から得た回答に基づいて分析したものである。ここでは、紙面の都合から、茨城県内にある施設で2012 年に実施した調査結果を中心に紹介する。

この調査では、県内の二つの施設周辺（施設から500 m 圏内に住む世帯）で実地調査した。この2 事例を選んだ理由は、発電規模（20 MW と15 MW）と住居までの最短距離（300 m と150 m）が2つの施設で類似していたこと、しかし苦情に関しては、一方の施設で苦情が発生していたのに対して、もう一方では発生していなかった点で異なることが挙げられる。そこで、住民の影響認知や不快認知にも差異があるかを調べた。

調査の結果、どちらの事例も影響認知や不快認知

表 1 騒音とシャドーフリッカーの影響認知／不快認知の相関分析結果

説明変数	騒音				シャドーフリッカー			
	認知		不快認知		認知		不快認知	
	施設1	施設2	施設1	施設2	施設1	施設2	施設1	施設2
風車からの距離		-.268**		-.362**				
海岸線からの距離		.486***			.211*		.269**	-.759***
騒音認知	-	-			.263**	.442***		.558***
シャドーフリッカー認知	.235**	.381***	.421***	.485***	-	-		
風車に対する違和感			.600***					
風車に対する親近感				-.304*				-.326*
風車は撤去すべき		.269***		.676***			.381***	
N	66	47	27	22	66	47	31	26
相関係数	0.51	0.67	0.73	0.56	0.15	0.34	0.73	0.46



図 4 騒音に対する近隣住民の影響認知状況と不快感の地理的分布 (2012 年調査結果)

の結果に大きな差異はみられず、約半数の人が騒音の影響を認知していること、影響を認知している人のさらに約半数がそれを不快に感じているという結果であった。この結果は、シャドーフリッカーについてもほぼ同じである。このことから、苦情が発生していない施設周辺でも影響認知している人、それを不快に感じている人が一定程度存在することがわかった。

4.2 影響認知と不快認知の発生要因

次に影響認知と不快認知の発生要因について、それらの相関を分析した結果を表 1 に示す。これによると、シャドーフリッカーの影響認知と、騒音の影

響認知・不快認知に相関関係が認められた。つまり、シャドーフリッカーの影響を認知している人は、騒音の影響も認知している、あるいは騒音を不快に感じている人が有意に多いことを示している。このことから、両者の影響が同じ箇所と同時に発生している、あるいはどちらかの影響認知が他方の影響認知を誘発している可能性が示唆される。また、風車に対する否定的態度（違和感など）や肯定的態度（親近感など）が影響認知や不快認知と関係している傾向も確認された。

4.3 影響認知と不快認知の地理分布

図 4 に影響認知・不快認知世帯の地理分布を示し

た。複数の風車が立地する周辺に位置する住民は、影響を認知している、あるいは不快感を持っている傾向があるのに対して、(図中の破線楕円で示した)風車の両端周辺の住民は、影響をあまり認知していないことがわかる。ただし、北側と南側を比較すると、明らかに北側の影響認知世帯が多いことが読み取れる。これらの結果は、シャドーフリッカーもほぼ同様の結果であった。

では何故、北側での影響認知や不快認知が顕著であるのか。これについては、シャドーフリッカーの影響発生特性から説明できる。すなわち、太陽は東方向から上り、南を經由して、西に落ちることから、シャドーフリッカーは風車の北側で主に発生することが知られている。このため、シャドーフリッカーの影響が北側でより顕著になるのは合理的に説明できる。しかし、騒音に関しては合理的な理由を見つけることが難しい。風向きの影響が考えられるが、通常は陸と海との間で吹く東西方向の風が卓越するはずで、風車が南北の岸に沿って配列されているのはそれを考慮した結果であろう。したがって、一つの可能性としては、シャドーフリッカーの影響が顕著になる北側エリアでは、シャドーフリッカーの影響によって風車の存在や影響が住民に強く意識され、その結果、騒音に対する認知を誘発したという、いわゆる複合影響の可能性が考えられる。あくまでもこれは仮説だが、兵庫県で実施したシャドーフリッカーの実地調査でも、北側の騒音の影響認知がより顕著になること、影響を認知している世帯の多くが不快と回答していることが確認された。

4.4 シャドーフリッカーの影響

シャドーフリッカーについては、静岡県での調査において、20分以内の短時間の影響でも不快感を示す住民が3割以上を占めた。わが国では、シャドーフリッカーの環境基準は存在しないが、欧州諸国では基準を設けているところがあり、気象条件を考慮しない条件下で1日30分以内かつ年30時間以内としている。しかし、上記の結果を踏まえると、これをそのままわが国に適用できるか、より慎重な検討を要する。ライフスタイルとの関連を考慮することも重要であり、例えば、朝食の時間帯に居間の窓際に影響が発生する場合、短時間でも不快になるケースが聴き取り調査から確認された。ただし、調査した静岡県の事例では、特定の時間帯に風車の稼働を停止するといった保全措置が既に取られていて、反対運動や紛争発生には至っていない。他の事例では、遮光カーテンを付けたり、植樹するなどしてい

る事例もある。いずれにしても、シャドーフリッカーは風車特有の影響であり、専門家が不在で実態が十分解明されていないため、アセスにおいてより慎重に扱う必要があるとともに、さらなる知見の収集が求められよう。

以上のように、シャドーフリッカーが騒音の影響認知を高める可能性が示されたが、このような複合影響は他の環境要素でも見受けられる。例えば、兵庫県内の事例では、景観的要素と騒音の不快認知に相関関係が認められた。すなわち、見える風車の基数が多い程、騒音やシャドーフリッカーの影響認知・不快認知が高かった。また、圧迫感の指標となる仰角が大きくなると、騒音の不快認知が高くなる傾向も明らかになった。

5. 社会的受容性とアセス制度改善の方向性

5.1 影響特性の考慮

最後に、風力発電施設の社会的受容性向上のために、どのような方策があるかをアセス制度の課題点にもふれつつ述べる。まず、影響特性の考慮という点が挙げられる。わが国のアセス制度は、アセス法の下に基本的事項が定められており、それによると「事業特性」と「地域特性」を考慮して、調査・予測・評価の項目や方法を選定することとしている。しかし、「影響特性」については、充分考慮されているとは言い難い。一方、EU(欧州連合)のアセス指令では、第4条にアセスを実施するか否かを判断するスクリーニング基準が規定されていて、その際は、事業(project)・地域(location)・影響(impact)の3特性を考慮すべきとしており、その具体的内容が附属書Ⅲに記されている。

それによると、影響特性の内容として、まず“the magnitude and spatial extent of the impact”「影響の規模・影響が及ぶ地理的範囲」を考慮すべきとした上で、影響の“complexity”「複雑性」, “duration”「期間」, “frequency”「頻度」, “cumulation”「累積

実影響 (actual)	—	心理的影響 (perceived)
可逆的影響 (reversible)	—	不可逆的影響 (irreversible)
マイナスの影響 (negative)	—	プラスの影響 (positive)
直接的影響 (direct)	—	間接的影響 (indirect)
短期的影響 (short-run)	—	長期的影響 (long-run)
累積的影響 (cumulative)	: 時間的、物・空間的	
複合影響 (interaction between factors)	: 影響の相互関係	

(J. Glasson et. al. 等を参考に作成)。

図5 影響特性の具体例

性」などを考慮事項として挙げている。アセスの際に影響特性を考慮するという考え方は、欧米では一般的であり、例えばJ. Glasson et al (2012)なども、実影響と心理的影響、可逆的影響と不可逆的影響、マイナス影響とプラス影響などを考慮すべきとしている(図5)。また、米国における風力アセスでは、アセス図書の目次の中に累積的影響や不可逆的影響の項目が設けられていることはめずらしくない。

影響特性を考慮することに、どのような意義があるだろうか。例えば、アセスの苦情対応としての機能をより高めようとするなら、実影響だけでなく、心理的影響を考慮する視点が求められるのは、今まで述べてきた通りである。シャドーフリッカーと騒音との複合影響を考慮した評価方法・保全措置のあり方の検討も必要となるだろう。また、不可逆的影響や累積的影響をどう扱うべきかも重要な課題である。例えば、シャドーフリッカーであれば、稼働後の影響発生が認められた段階で、環境保全措置を講じることが可能であるが(可逆的影響)、景観や野鳥衝突の場合は、不可逆性が高く、ゾーニング等の事前対応が必要となる。累積的影響についても、昨今の風力発電開発の急増で問題が顕在化しているが、直ちに制度化することが難しければ、ガイドラインを作成することも一案である。英国では、“Cumulative Impact Assessment Guidelines”(Renewable UK, 2013)と題して、累積的影響に関するガイドラインが発行されていて、データ共有やモニタリングの考え方など、事業者側の責任を明確化する11の原則が提起されている。

また、昨今、戦略アセスのさらなる進化が期待されるが、このためには複数案検討の充実化が不可欠である。これは既存のアセスで扱われてきた、ネガティブな影響評価に加えて、ポジティブな側面の影響をどう扱うかということとも関係する。このように、影響特性に焦点を当てることは、アセスの現状の課題と直結した議論が多く、今後のアセスの発展にとって不可欠な視点といえるだろう。

5.2 風力発電施設の社会的受容性向上策

以上、述べた影響特性を踏まえた上で、風力発電施設の具体的な社会的受容性向上策を述べたい。第一に計画修正がある。サイトレイアウト、基数縮小、サイト位置修正などが実影響の低減につながる。住民側の意見や要望に応じて計画が修正されれば、事業者の誠意が伝わり、心理的影響にも効果が期待できる。2011年のアセス法改正で配慮書手続が導入され、早期段階からの住民意向の把握ならびに事業

計画の修正にも対応しやすい制度改善が図られたことから、このような事例が増えていくことが望まれる。

次に順応的管理がある。これは、先の影響特性で考えた場合、影響発生の時間が一時的・短期的なものに有効な対策といえる。例えば、シャドーフリッカーは発生時間帯や時期が限られ、特定の風車に起因して発生するので、その(一部の)時間帯に風車の稼働を停止するという措置で影響発生を抑制することができる。あるいは、渡り鳥の飛来時期が特定の季節や時間に限られるのであれば、そのようなケースにも対応できるだろう。最近は自動停止プログラムで管理できるとのことであり、わざわざ作業員が現地に行って対応する必要はない。ただし、運転調整は売電収入の減少に直結するだけに、事業者としてもできる限り避けたいのが実情である。関係者間で十分なコミュニケーションをはかり、影響発生を部分的に回避することも有効となろう。また、順応的管理の実効性を高めるためには、事後調査の情報を共有・活用していく仕組みづくりも必要になると思われる。

その他、地域便益の供与がある。地元自治会に協力を金を支払うことや売電収入の一部を還元するなどの方法がある。これは心理面に大きく影響すると考えられ、社会的受容性を向上するための方策として、今後、成功事例が増えていくことが期待される。

最後にゾーニング制度の導入がある。これにより、開発適地や回避すべきエリアが地図上で可視化される。このため、適地内での開発に伴う紛争やアセスにおける重大問題の回避につながり、リードタイムの短縮化や、事業予見性の向上が期待できる。不可逆的影響に起因する紛争対応策としても有効となるだろう。ただし、ゾーニングのスケール、規制力、規制と開発のバランスなど、検討すべき課題は少なくない。ドイツなどでは、風力発電事業者で開発適地を奪い合うような事態が起こったとの話があり、国土が狭いわが国でも同様のことが起こることは容易に想像できる。今後、洋上ゾーニングが導入されれば、ある程度まとまった適地が確保できることとなり、このような懸念は解消されるかもしれない。現在、環境省主導の下、いくつかの自治体で試行的に取り組みが進められているところであり、これらの知見を活かすことで、今後の本格導入に期待したい。

注

本稿は、これまで筆者が関わってきた風力に関する一連の研究をとりまとめたもので、詳細は、以下の参

考文献中に示した，畦地他（2014），Nishikizawa et al（2013），半田他（2014），錦澤他（2016）を参照されたい。

謝辞

本研究は，畦地啓太氏，三谷辰秋氏，半田哲也氏，堀周太郎氏，村山武彦先生などと共同して実施した成果であり，この場をお借りして，改めて謝意を表します。

参考文献

- 畦地啓太，堀周太郎，錦澤滋雄，村山武彦（2014），「風力発電事業の計画段階における環境紛争の発生要因」，エネルギー・資源学会論文誌，35（2），p.11-22.
- Devine-Wright, P. (2005), Beyond NIMBYism: towards and integrated framework for understanding public perceptions of wind energy. *Wind Energy* 8, p.125-139.
- Glasson, J., Therivel, R., and Chadwick, A. (2012), *Introduction to Environmental Impact Assessment* 4th edition. Routledge, p.392.
- 半田哲也，錦澤滋雄，村山武彦（2014），「沿岸域の丘陵地帯における風力発電施設による社会影響の発生要因」環境情報科学論文集，No.28: 43-48.
- H. W. Heinrich (1931), *Industrial Accident Prevention – A Scientific Approach*, McGraw-Hill book Company. p.366.
- Nishikizawa, S., Mitani, T., and Murayama, T. (2013), Perception and Annoyance Related to Environmental Impacts of Coastal Wind Farms in Japan. *Proceedings of the 33rd Annual Conference of IAIA*.
- 錦澤滋雄，半田哲也，村山武彦（2016），「風力発電施設による社会影響に関する研究～シャドーフリッカーの発生状況とその要因～」環境科学会2016年会発表要旨集，p.2.
- Renewable UK, *Cumulative Impact Assessment Guidelines*. 24p. (2013), [日本語版：日本野鳥の会（2016）「これからの風力発電と環境影響評価」，第2章「累積的影響評価のガイドライン」p157-182].