

# 米国のミティゲーションの動向と日本への適用における課題

磯 部 雅 彦\*

## 1. はじめに

開発利用などの行為を行う際、自然環境の保全を確保するために、アメリカにおいてミティゲーションと呼ばれる環境影響の緩和措置が制度化され、実行されている。これは、環境への悪影響に対する代償措置を含む点で、従来の環境アセスメントから一歩進んだものであり、近年しばしば紹介され、日本へ導入しようとする機運も高まっている。本研究においては、まず、アメリカにおけるミティゲーションの動向を調査し、これに基づき、ミティゲーション制度の内容とそれに至る経緯、実施状況とその評価、および今後の動向について述べるとともに、ミティゲーション制度の枠組みを分析する。さらに、ミティゲーションを日本へ導入することを念頭においた場合の課題について考察する。

## 2. アメリカにおけるミティゲーション

### (1) ミティゲーションの定義

ミティゲーションの内容や動向は中原 (1993) や Sonu (1995) などに紹介され、また、NRC (1992, 1994) や Kusler・Kentula (1990) にはミティゲーションに関連した修復・創生技術などがとりまとめられている。ここではミティゲーションの根拠となる法規を含めて、その制度を具体的に説明する。

辞書的な意味として、ミティゲーション (mitigation) とは「和らげること、鎮静、軽減、緩和」であり、災害の緩和に対しても使われるとともに、環境に対する悪影響を和らげるという意味でも用いられる。しかし、制度としてのミティゲーションは環境保全に関連して独自の意味を持っている。ミティゲーションは、1960, 70 年代のアメリカでの環境に対する意識の高まりから、環境影響をできるだけ小さくするとともに、どうしても失われる環境の代償措置を行っていかうという主旨のものである。アメリカ環境保全審議会 (Council on Environmental Quality, CEQ) の 1978 年の規定によれば、ミティゲーションの定義は以下ようになる (ELI, 1993a)。

1. ある行為またはその一部を行わないことによって、環境影響を避ける (avoid)。
2. その行為とその実施に当たって規模や程度を制限することによって、環境影響を最小化する (minimize)。
3. 影響を受ける環境を修復、回復、復元することによって、環境影響を矯正する (rectify)。
4. その行為の期間中に維持・保存作業を行って、環境影響を減少させる (reduce) か消去する (eliminate)。
5. 代替の資源や環境を置き換えたり提供したりして、環境影響の代償措置を行う (compensate)。

### (2) ミティゲーションの背景

ミティゲーションの対象はウェットランド (wetland) であることが多い。表-1 は、魚類・野生生物局 (Fish and Wildlife Service) がとりまとめた、州ごとの過去 200 年間のウェットランドの消失 (Dahl, 1990) から、消失面積と消失率のそれぞれについて上位 5 位までの州、および消失の最も少ないハワイ州を抜き出したものである。このうちカリフォルニア州はサンフランシスコ湾保全開発審議会 (San Francisco Bay Conservation and Development Commission) やカリフォルニア沿岸域審議会 (California Coastal Commission) による厳格な管理で知られているが、ウェットランドの消失率が 91% にも及んでいる。また、消失した絶対面積ではフロリダ州がもつ

表-1 過去 200 年間のウェットランドの消失

| 州 名        | 1780 年代<br>(千 ha) | 1980 年代<br>(千 ha) | 消失面積<br>(千 ha) | 消失率<br>(%) |
|------------|-------------------|-------------------|----------------|------------|
| California | 2,023             | 183               | 1,840          | 91         |
| Ohio       | 2,023             | 195               | 1,828          | 90         |
| Iowa       | 1,619             | 171               | 1,448          | 89         |
| Missouri   | 1,960             | 260               | 1,700          | 87         |
| Indiana    | 2,266             | 304               | 1,962          | 87         |
| Florida    | 8,225             | 4,467             | 3,758          | 46         |
| Texas      | 6,465             | 3,081             | 3,394          | 52         |
| Louisiana  | 6,554             | 3,555             | 2,999          | 46         |
| Arkansas   | 3,985             | 1,118             | 2,867          | 72         |
| Illinois   | 3,323             | 508               | 2,815          | 85         |
| 48 州 合計    | 89,488            | 42,239            | 47,249         | 53         |
| Alaska     | 68,877            | 68,796            | 81             | 0          |
| 50 州 合計    | 158,389           | 111,056           | 47,332         | 30         |

\* フェロー 工博 東京大学教授 大学院工学系研究科 社会基盤工学専攻

とも大きく、3,758千haであり、これは日本の国土面積の10%にも及ぶ。このような背景から、ブッシュ大統領候補が1988年の選挙中に「no net loss」という公約を掲げることとなり、ミティゲーションの考え方が決定的となった。

ミティゲーションが制度化されるまでに、環境に関して種々の法規が制定されてきた背景がある(ELI, 1993b)。1890年制定の河川・港湾法(Rivers and Harbors Act)では、アメリカ工兵隊(Corps of Engineers)に、航行可能水域の浚渫・埋立行為の規制権限を与えているが、1960年代になってこれが水質汚濁物質の排出制限に使われるようになった。すなわち、1965年の魚類・野生生物の保護調整法(Fish and Wildlife Coordination Act)の改正法では、河川・港湾法での許可認定において、生物資源に対する影響を考慮することが強調された。そして、1967年には工兵隊と内務省(Department of Interior)との間で合意メモが交わされ、河川・港湾法における許可認定に際して、魚類・野生生物への影響に対しては内務省の意見を聴取することとなった。同時に工兵隊は河川・港湾法を水質汚濁制御に用いるようになった。

1969年には国家環境政策法(National Environmental Policy Act, NEPA)が制定されて環境アセスメントが義務づけられ、また、1972年には沿岸域管理法(Coastal Zone Management Act)によって、補助金の支給により州ごとの沿岸域計画の策定を推進した。

このような流れの中で、ミティゲーションを実行するための制度となる、連邦水質汚濁管理法が1972年に改正された(Federal Water Pollution Control Act Amendments of 1972, FWPCA; 通常 Clean Water Act, CWA と呼ばれる)。これはウェットランド保護のために重要な法律であり、中でも404条が最重要な条項である。合衆国の水の物理的、化学的、生物的健全さを回復・維持する

という目的のもとで運用され、表-2に示すように、404条(a)において浚渫・埋立材料を可航水域に投棄するための許可権限を与えることにより、実質的にウェットランドの消失を防ごうとしている。この許可権限は工兵隊(条文中の Secretary)に与えられているが、404条(b)(1)に規定されるように、環境保護庁(Environmental Protection Agency, EPA, 条文中の Administrator)の定めたガイドラインを適用することとされている。そして、そのガイドラインに関して工兵隊と環境保護庁との合意メモが1990年に交わされており、その中で回避(avoidance)、最小化(minimization)、および代償措置(compensatory mitigation)をこの順番に検討しなければならないというミティゲーションが義務づけられている(ELI, 1993b)。

ミティゲーションに関する規定は州ごとの法律にも規定されているのが見受けられ、たとえば、カリフォルニア州ではカリフォルニア沿岸法(California Coastal Act) 30607.1条において、最低限として同等以上の生物生産を有する土地の買収または潮汐の引き込みが規定されていたり、またフロリダ州においてもプロジェクトの悪影響に対するミティゲーションが行われるようになっていく。

### (3) 環境評価手法

代償措置を行う際には、創出される環境は消失する環境以上でなければならないが、これを裏付けるためには環境評価手法が必要となる。小規模なミティゲーションでは acreage といつて単に面積のみを比較している場合が多いが、環境の質を定量的に評価する手法として Habitat Evaluation Procedure (HEP) や Wetland Evaluation Technique (WET) と呼ばれるものが開発され使用されている。HEP (USFWS, 1980) は生態系の最上位に位置する生物を数種類選択し、それぞれが理想的環境のもとでの数量に対してどの割合で生息する(と予測される)かを指標化し(Habitat Suitability Index, HSI)、その(重み付き)総量(Habitat Unit, HU)が代償措置により従前以上になるようにするというものである。これは、生態、しかも代表的生物種のみを評価するものではあるが、単一の指標で表されるという明解さがある。他方の WET (Adamus ら, 1991, 1987) は、用意された問の答えを入力することにより、ground water recharge and discharge, floodflow alteration, sediment stabilization, sediment/toxicant retention, nutrient removal/transformation, production export, aquatic diversity/abundance, wildlife diversity/abundance, recreation, uniqueness/heritage というような多岐にわたる機能のそれぞれについて High, Moderate, Low, Uncertain という定性的な評価が行われ、代償措置が十分であるかを

表-2 Clean Water Act § 404

#### Clean Water Act § 404

##### Permits for dredged or fill material

##### (a) Discharge into navigable waters at specified disposal sites

The Secretary may issue permits, after notice and opportunity for public hearings for the discharge of dredged or fill material into the navigable waters at specified disposal sites. Not later than the fifteenth day after the date an applicant submits all the information required to complete an application for a permit under this subsection, the Secretary shall publish the notice required by this subsection.

##### (b) Specification for disposal sites

Subject to subsection (c) of this section, each such disposal site shall be specified for each such permit by the Secretary (1) through the application of guidelines developed by the Administrator, in conjunction with the Secretary, which guidelines shall be based upon criteria comparable to the criteria applicable to territorial seas, the contiguous zone, and the ocean under section 1343 (c) of this title, and (2) in case where such guidelines under clause (1) alone would prohibit the specification of a site, through the application additionally of the economic impact of the site on navigation and anchorage.

検討するのに使われる。さらに工兵隊では、流域的視点を取り入れた Hydrogeomorphic Approach の手法を開発中である。

#### (4) ミティゲーションの実施状況と評価

最大規模のミティゲーションの実施例としてカリフォルニア州のバティキトス (Batiquitos) ラグーンの増強プロジェクト (Marcus, 1987; Kawasaki ら, 1989; City of Carlsbad-USACE, 1990; Patterson, 1993) が挙げられる。これはロサンジェルス港の拡張にともなう埋立に対する代償措置として、事前にミティゲーションバンキングの形で実施されているものであり、計画から実施まで長期間を要した。11種類の代替案の中でミティゲーション付き B 案が主に潮感帯の面積が多い点で優れ、最終的に採択された。一般に塩性湿地の修復・創造では、潮位に対する相対的高さが最重要要素の 1 つであり (Kusler・Kentula, 1990), 設計計画において第一に考慮されている。

大規模なミティゲーション事業は、社会的影響も大きいためにしばしば紹介されるが、件数の上では 1 ヘクタール前後の小規模なミティゲーションがきわめて多い。フロリダ州の環境規制局 (Department of Environmental Regulation) では、ミティゲーションの結果をレビューしている (FDER, 1991)。表-3 は、その結果をとりまとめたものである。塩性湿地の 29 件のうち、28 件でミティゲーションが済んでいるが、許可条件に記された成功の基準に適合するものは 3 件のみであり、また生態的に見て成功と判定されるのは 4 件のみである。それ以外にも、改善の傾向は見られるものや若干の追加的措置で成功すると判断されたものもあるが、それでも成功率は低い。また、淡水湿地では成功率はさらに低くなる。フロリダの他の例も含めて成功率はきわめて低く (Lewis, 1992), ミティゲーションの効果が疑問視されるのはこのためである。しかし、許可条件に付されたミティゲーションをその通り完全に実施しているのは 3 件のみであり、このことが成功率を低くしているとも考えられる。義務的にミティゲーションが強制される開発者にとって、ミティゲーションを成功させる動機付けが弱く、また技術・知識も不十分である (Lewis, 1992)。実際、判断基準は同一でないものの、カリフォルニア州沿岸域管理委員会 (California State Coastal Conservancy) が (開発とは無関係に) ウェットランドの修復・創造を目的として行った事業では、成功率が 6 割にも達している (Joselyn ら, 1993)。

ミティゲーションの経費については、バティキトスラグーンに見られるように、修復・創造面積の割に工事量は少ない。したがって、表-4 に示すように、1 ha 当たりのミティゲーション経費は南部 3 州の 30 例で土地代を

表-3 フロリダ州におけるミティゲーションの追跡調査結果

| 事 項         | 淡水 | 海水 | 合計 |
|-------------|----|----|----|
| 総件数         | 34 | 29 | 63 |
| 浚渫/埋立済件数    | 31 | 26 | 57 |
| ミティゲーション済件数 | 26 | 28 | 54 |
| 許可条件適合件数    | 1  | 3  | 4  |
| 許可条件での成功件数  | 2  | 4  | 6  |
| +追加可能件数     | 8  | 3  | 11 |
| 小 計         | 10 | 7  | 17 |
| 生態的成功件数     | 1  | 4  | 5  |
| +改善傾向       | 3  | 9  | 12 |
| +追加措置で成功可能  | 6  | 3  | 9  |
| +時機早尚       | 4  | 6  | 10 |
| 小 計         | 14 | 22 | 36 |

表-4 ミティゲーションのコスト

| 州 名                 | コスト (\$/ha) |
|---------------------|-------------|
| Florida             | 61,500      |
| Georgia             | 57,300      |
| South Carolina      | 50,000      |
| ウェットランドタイプ          | コスト (\$/ha) |
| Aquatic Bed         | 49,800      |
| Freshwater Mixed    | 50,800      |
| Freshwater Emergent | 78,600      |
| Freshwater Frested  | 51,100      |
| Salt Marsh          | 84,400      |
| Mangrove            | 41,100      |

除いて 59 千ドル、土地代 (フロリダ州のみ) でさらに 65 千ドルといったところであり、合衆国全体の 90 例では工事費が 95 千ドルという程度である (Baca ら, 1994)。

砂浜のミティゲーションに関しては、フロリダ州法の 161 章 Beach and Shore Preservation Act の 161.041 の規定により、インレット付近での悪影響をミティゲーションにより避けるようになっている。ただしこれにより、突堤の建設許可に 5 年を要したという例もある。

#### (5) ミティゲーションバンキング

ミティゲーションの成功率が低いという認識を背景に、ミティゲーションバンキングやジョイントプロジェクトによる改善が注目を集めるようになった。ミティゲーションバンキングは、小規模なミティゲーションを多数行う代わりに、まとまった大規模なミティゲーションを行うものであり、原則的にはミティゲーションバンクがミティゲーションの実施によりミティゲーションクレジットを獲得し、それを多数の小規模な開発主体に売却することになる。これは、金銭的負担により開発による環境悪影響が許されるために、開発を過度に促進するものであるとか、Off-site のミティゲーションとなってしまうという批判があるものの、1) 大規模で集約的環境創出の方が、質の高い環境が創出できる、2) 開発に先立つ事前の環境創出となるため、失敗のリスクが低い、3) 専門的知識・技術を用いることにより、環境創出の質が高くなる、などの長所が認識され、急激に増加しつつあ

表-5 フロリダ州法におけるミティゲーションの規定

Chap. 373 Water Resources, Florida Statutes  
373. 4135 Mitigation and mitigation banking. —  
The Legislature finds that the adverse impacts of activities regulated under this part may be offset by the creation and maintenance of regional mitigation areas or mitigation banks. Mitigation banks can minimize mitigation uncertainty and provide ecological benefits. Therefore, the department and the water management districts are directed to participate in and encourage the establishment of private and public regional mitigation areas and mitigation banks. The department and the districts are directed to adopt rules by January 1, 1994, governing the use of mitigations banks.

る (ELI, 1993a).

一例として、フロリダ州においては1993年にミティゲーションに関する規定をウェットランドの章から水資源の章へ移して大局的に考えるようにするとともに、表-5に示すようにミティゲーションバンキングを積極的に奨励する方針をとった。行政規則により、開発行為を行う際に同一の流域内のミティゲーションバンクのクレジットが使えることにして、流域ごとの環境保全を図るようにしている。

### (6) ミティゲーション制度の解釈

ミティゲーションは回避、最小化から代償措置をも含むので、理論的には開発にともなう環境の価値が失われることはない。この点で、微少な環境悪影響を許容し得る環境アセスメントに比べて進んだ制度であり、微少な環境影響が蓄積されて有為な影響となるという問題を避けている。この点で、現状の環境質を保ちながら持続可能な開発を指向するものであるといえ、no net lossの考え方が底流にある。環境を広くとらえ、自然環境に加えて開発利用などの人工環境も広義の環境に含めて考えれば、自然環境を保全しながら開発を進めることにより、広義の環境の総体の質を向上させようとする制度であるともいえる。

経済的な観点から見ると、ミティゲーションは環境の価値を便益として貨幣価値に換算するのではなく、環境を保全するための費用として計上する手法であると考えられる。現状の自然環境を保つことを前提条件として、開発者は直接的開発費用に環境措置に伴う費用を加えて総費用とし、それが便益(収入)に見合うものであれば事業を実施することになる。この意味で、環境を貨幣価値に換算するという困難な問題を避けられ、HEPやWETというようなサイト間の環境相互の総量の等価性を保証するための環境評価手法を用いてミティゲーションを実施することができる。

## 3. 日本への導入に向けての課題

日本ではミティゲーションはまだ制度化されていないが、それが広義の環境の質の向上を指向するという意義から、日本への導入が望まれる。狭隘な国土で海岸災害

が多い日本ではno net lossは難しい面もあるだろうが、すべての海岸線が国有で公共管理されているということからは、むしろnet gainも考えられよう。

ミティゲーションの制度化に際しては、まず維持すべき自然環境の目標水準が必要となる。アメリカにおけるno net loss, すなわち現状を基準とするのは一つの考え方である。しかし、戦後の海岸の著しい改変を考えると、現状の自然環境を維持することで十分であるという結論には必ずしもならない。また、日本の海岸を念頭に、防災、利用、自然環境の3つの側面を考えると、極端な場合として生命を守るためには自然環境への多少の悪影響が許容されるべきであるというような問題が生じる。

そこで、沿岸域のあり方、目指すべき将来像を明らかにすることにより、目標とすべき環境水準を確定するために、三村ら(1994)に見られるような現状での総合的環境評価を参考として、沿岸域管理計画を策定し、目標とすべき環境水準を明らかにすることが、まず必要である。計画は地形的な沿岸域区分ごとに策定し、自然環境において達成すべき環境水準を定める。これを現状と比較することにより、地形、水質、生態系などの中で危機的な状況にある環境因子を明らかにして、それに対するミティゲーションを実施するようにする。砂浜の面積、水質浄化機能、藻場のような生態系などがミティゲーションの対象となり得てであろう。

ミティゲーションに際しては、回避、最小化、代替措置のそれぞれが検討されることになるだろう。まず、回避に関しては、当該の行為が連鎖的海岸侵食や水質汚濁源のような、環境悪影響の連鎖の原因になるようなことは絶対に避けなければならない。最小化では、環境目標が現状以上である場合もあることから、悪影響の最小化とともに好影響の最大化も図るようにする。代替措置においては、現状以上の環境の創出を積極的に行う必要も生じる。さらに目標達成のためには独立した環境創出事業も必要となろう。そしてこれらを総合して、環境目標を達成する。

以上のようなミティゲーションを実施するためには、特に環境改善技術、環境変化予測手法、環境評価手法の開発が不可欠である。養浜技術、水質改善技術、藻場造成技術、緑化技術などの個別的技術開発と(磯部編, 1994)、それらに関する予測・評価手法を確立していく必要がある。一例として、表-6には、木村(1994a, b)に

表-6 鉛直護岸と砂浜の水質浄化機能の比較

| 評価項目                     | 鉛直護岸  | 1/30 砂浜 |
|--------------------------|-------|---------|
| 有機物除去量 (g/m)             | 6,900 | 19,400  |
| COD 除去量 (g/m)            | 1,300 | 3,200   |
| 曝気量 (m <sup>3</sup> /ms) | 1     | 211     |

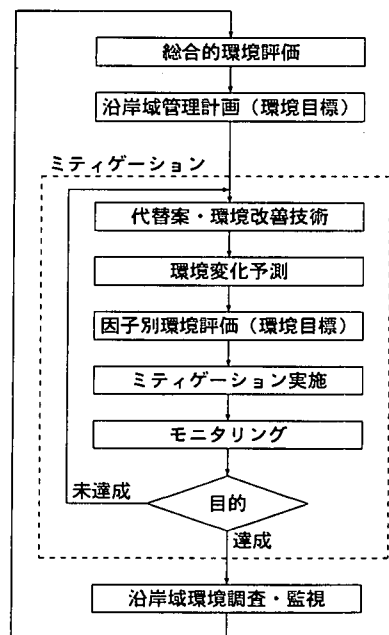


図-1 日本でミティゲーションを行う場合のフロー図

基づいて、鉛直護岸と 1/30 砂浜斜面を比較して、水質浄化機能を推定した結果を示す(藤田ら, 1995)。また、現状の環境技術は完全なものとは言えないので、ミティゲーションの実施後には、結果をモニターして必要な追加措置を行う。

最後に、環境因子を中心としたの個々のミティゲーションでは把握できない、防災、利用、自然環境を含めた総体としての環境を把握し、新たな環境問題を発見するために、継続的に環境調査・監視を行う必要があり、この結果に基づいて総合的環境評価および沿岸域管理計画の見直しを行いながら、全体としての良好な環境の維持を図る。

図-1 はこれらの枠組みをとりまとめたものであり、構成要素のそれぞれが今後の研究課題である。現状においては、ミティゲーションの実施に必要な知識・技術が十分でないが、ミティゲーションの対象を環境因子に分割すれば、実施可能なものもある。それらを先行実施しながら、環境調査・監視と必要な知識・技術の向上を通じて、実施範囲を広げていくというのが、実際のであろう。

#### 参考文献

- 磯部雅彦編 (1994): 海岸の環境創造, 朝倉書店, 208 p.  
 木村賢史 (1994a, b): 人工干潟 (海浜) の水質浄化機能 (1), (2), 水, 1994. 5, pp. 23-36, 1994. 7, pp. 20-29.  
 中原裕幸 (1993): ミティゲーション, 海岸, Vol. 33, No. 1,

pp. 91-101.

- 藤田 龍・磯部雅彦・渡辺 晃 (1995): 砂浜のミティゲーションのための海岸環境評価, 土木学会第 50 回年次学術講演会講演概要集, 2(B), pp. 840-841.  
 三村信男・平山貞彦・町田 聡 (1994): 沿岸特性数値地図を用いた海岸環境の評価, 海岸工学論文集, 第 41 巻, pp. 1051-1055.  
 Adamus, P. R. et al. (1991; 1987): Wetland Evaluation Technique (WET), Vol. I; II, Waferways Experiment Station, US Army Corps of Engineers, 206 p. + Appendices; 287 p.  
 Baca, B., S. Florey, D. King and C. Bohlen (1994): Economic analysis of wetlands mitigation projects in the Southern U. S., Proc. 21st Ann. Conf. on Wetlands Restoration and Creation, pp. 16-24.  
 City of Carlsbad and U. S. Army Corps of Engineers (1990): Batiquitos Lagoon Enhancement Project Final EIR/EIS.  
 Dahl, T. E. (1990): Wetlands Losses in the United States 1780's to 1980's, U. S. Department of the Interior, Fish and Wildlife Service, Washington D. C., 21 p.  
 ELI (1993a): Wetland Mitigation Banking, Environmental Law Institute, Washington D. C., 159 p. + Appendices.  
 ELI (1993b): Wetlands Deskbook, Environmental Law Institute, Washington, D. C., 663 p.  
 FDER (1991): Report on the Effectiveness of Permitted Mitigation, Florida Department of Environmental Regulation, 26 p.  
 Josselyn, M., S. Chamberlain, K. Goodnight, H. Hopkins and A. Fiorillo (1993): Evaluation of Coastal Conservancy Enhancement Projects, 1978-1992, Romberg Tiburon Center, San Francisco State University, 22 p. + Appendices.  
 Kawasaki, L. Y., R. G. Appy, G. E. Wayne and D. D. Heagerty (1989): Batiquitos Lagoon enhancement: Offsite mitigation for port development, Proc. Coastal Zone '89, pp. 1525-1532.  
 Kusler, J. A. and M. E. Kentula, eds. (1990): Wetland Creation and Restoration, The Status of the Science, Island Press, Washington, D. C., 591 p.  
 Lewis, R. R. (1992): Why Florida needs mitigation banking, National Wetlands Newsletter, Vol. 14, No. 1, p. 7.  
 Marcus, L. (1987): Wetland restoration and port development: The Batiquitos Lagoon case, Proc. Coastal Zone '87, pp. 4152-4166.  
 NRC (1992): Restoration of Aquatic Ecosystems: Science, Technology, and Public Policy, Water Science and Technology Board, National Research Council, National Academy Press, Washington, D. C.  
 NRC (1994): Restoring and Protecting Marine Habitat, The Role of Engineering and Technology, Marine Board, National Research Council, National Academy Press, Washington D. C., 193 p.  
 Patterson, J. J. (1993): Restoration of Batiquitos Lagoon: Cooperative effort, judicially sanctioned, Proc. Coastal Zone '93, pp. 2094-2110.  
 Sonu, C. J. (1995): アメリカにおけるミティゲーション制度の回顧と展望, Proc. ECOSSET '95, pp. 21-33.  
 USFWS (1980): Habitat Evaluation Procedures (HEP), ESM 102, US Fish and Wildlife Service, Dept. of Interior, Washington D. C., 158 p.