

Stephen D. Killops
Vanessa J. Killops

Einführung in die organische Geochemie

98 Abbildungen · 30 Tabellen · 23 Übersichten



Ferdinand Enke Verlag Stuttgart 1997

Inhalt

1	Die Bildung und Umwandlung von organischem Material	1
1.1	Der globale Kohlenstoffzyklus	1
1.1.1	Organische Geochemie und der Kohlenstoffzyklus: eine Einleitung	1
1.1.2	Kohlenstoffspeicher und -transport	1
	Organismen und der Kohlenstoffzyklus	1
	Die Anreicherung von organischem Sedimentmaterial	3
	Abweichungen vom Gleichgewichtszustand	3
	Marine Primärproduktion und Sedimentation	4
1.1.3	Biochemische und geochemische Subzyklen	5
	Organisch-reiche Sedimente und Primärproduktion	6
1.2	Photosynthese und die Evolution des Lebens	6
1.2.1	Atmosphärischer Sauerstoff, Photosynthese und die ersten Organismen	6
1.2.2	Evolution des marinen Lebens	12
1.2.3	Evolution des terrestrischen Lebens	13
1.2.4	Regionale Veränderungen von Ökosystemen	14
1.3	Quellen des sedimentären organischen Materials	15
1.3.1	Die wichtigsten heutigen Quellen	15
1.3.2	Fossile Aufzeichnungen der Quellen des organischen Materials	16
1.4	Photosynthese und stabile Kohlenstoffisotope	17
2	Die chemische Zusammensetzung biogener Stoffe	20
2.1	Die Struktur natürlich vorkommender Stoffe	20
2.1.1	Einleitung	20
2.1.2	Bindungen in organischen Verbindungen	20
2.1.3	Stereoisomerie	23
2.2	Kohlenhydrate	26
2.2.1	Zusammensetzung	26
2.2.2	Vorkommen und Funktion	30
2.3	Proteine	31
2.3.1	Zusammensetzung	31
2.3.2	Vorkommen und Funktion	33
2.4	Lipide	36
2.4.1	Glyceride	36
	Fette	36
	Phospholipide, Glycolipide und Etherlipide	38
2.4.2	Wachse und verwandte Verbindungen	41
	Wachse	41
	Kutin und Suberin	41
2.4.3	Terpene	42
	Monoterpene	43

Sesquiterpene	43
Diterpene	43
Triterpene	43
Steroide	48
Tetraterpene	49
2.4.4 Tetrapyrrole Farbstoffe	52
2.5 Lignin, Tannin und verwandte Verbindungen	54
2.5.1 Lignin	54
2.5.2 Tannine und andere hydroxyaromatische Pigmente	54
2.6 Geochemische Auswirkungen der Veränderungen der Zusammensetzung	56
2.6.1 Veränderungen der Zusammensetzung von Organismen	56
2.6.2 Veränderungen durch die geologische Zeit	57
3 Bedingungen für die Bildung organisch-reicher Sedimente	59
3.1 Einleitung	59
3.2 Kontrollierende Faktoren der Primärproduktion	59
3.2.1 Die Schichtung der Wassersäule	61
3.2.2 Licht	63
3.2.3 Nährstoffe	65
Ozeane in niedrigen Breitengraden	65
Ozeane in mittleren Breitengraden	66
Ozeane in höheren Breitengraden	68
Geschichtete Seen	68
3.2.4 Räumliche Veränderungen der marinen Primärproduktion	69
3.2.5 Veränderungen der Phytoplanktonpopulationen	70
3.3 Die Erhaltung und der Abbau organischen Materials	71
3.3.1 Die Entwicklung der Primärproduktion in der Wassersäule	71
3.3.2 Der Werdegang des organischen Materials in den Sedimenten	71
Der aerobe Abbau	71
Der anaerobe Abbau	72
Bakterielle Gemeinschaften und ihre Wechselwirkungen	74
3.3.3 Kontrollierende Faktoren bei der Erhaltung des organischen Sedimentmaterials	75
3.4 Ablagerungsbereiche	78
3.4.1 Lakustrine Bereiche	78
Offene Seen	78
Geschlossene Seen	79
3.4.2 Torfsümpfe und Kohlenbildung	80
Okefenokee-Sumpf	81
3.4.3 Marine Bereiche	82
Marine Schelfablagerungen	82
Eingeschlossene und durch Schwellen abgetrennte Becken	83
Bildung und Erhaltung organischen Materials im Schwarzen Meer	83
Reduzierende Ereignisse der Kreide	84

4	Die Bildung von Huminstoffen, Kohle und Kerogen	86
4.1	Diagenese	86
4.1.1	Einleitung	86
4.1.2	Der mikrobielle Abbau des organischen Materials während der Diagenese	86
4.1.3	Die Bildung von Geopolymeren	87
4.2	Huminstoffe	87
4.2.1	Vorkommen und Klassifizierung	87
4.2.2	Komposition und Struktur	88
4.2.3	Die Bildung der Huminstoffe	90
4.3	Kohlen	90
4.3.1	Klassifizierung und Zusammensetzung	90
	Klassifizierung	90
	Petrologische Zusammensetzung	91
	Chemische Zusammensetzung	92
4.3.2	Die Bildung	92
	Torfbildung	92
	Die biochemische Stufe der Inkohlung	93
	Die geochemische Stufe der Inkohlung	93
	Strukturelle Veränderungen während der Bildung der Kohlen	95
4.4	Kerogen	97
4.4.1	Bildung	97
	Geopolymerbildung während der Diagenese	97
	Biomarker	100
	Schwefeleinbindung	101
4.4.2	Zusammensetzung des Kerogens	102
4.4.3	Klassifizierung des Kerogens	103
	Typ I-Kerogen	103
	Typ II-Kerogen	104
	Typ III-Kerogen	104
	Typ IV-Kerogen	105
	Verbesserte Kerogentypisierung	105
4.4.4	Die thermische Evolution des Kerogens	105
	Strukturelle Veränderungen	105
	Veränderungen der chemischen Zusammensetzung	106
5	Die Bildung und Zusammensetzung von Petroleum	109
5.1	Petroleumbildung	109
5.1.1	Einleitung	109
5.1.2	Kohlenwasserstoffbildung aus Kohlen	109
5.1.3	Kohlenwasserstoffzusammensetzung als Funktion der Kerogenreife	110
5.1.4	Reaktionen bei der Kohlenwasserstoffbildung	112
	Isotopenfraktionierung	113
5.2	Die Bedeutung von Zeit und Temperatur bei der Petroleumbildung	113
5.2.1	Der Einfluß von Zeit und Temperatur auf die Kohlenwasserstoffgeneration	113
	Temperatur	113
	Zeit	115

5.2.2	Kinetische Modelle der Petroleumbildung	115
	Zeit-Temperatur-Index	115
	Komplexe Modelle	117
5.3	Die Migration von Kohlenwasserstoffen	118
5.3.1	Primäre Migration	118
	Mechanismen der primären Migration	118
	Expulsionseffizienz	120
5.3.2	Sekundäre Migration	121
5.3.3	Fallen und Speicher	122
5.4	Die Zusammensetzung des Petroleums	123
5.4.1	Die Gesamtzusammensetzung von Erdölen	123
5.4.2	Kohlenwasserstoffe im Petroleum	124
	Die wichtigsten Kohlenwasserstoffe	124
	Biomarker	127
5.4.3	Vergleich der Rohölzusammensetzung mit dem Bitumen der Muttergesteine	128
	Migration	128
	Auswaschung	129
	Deasphaltierung	129
	Biodegradation	129
	Thermische Veränderungen	129
5.5	Die Vorkommen fossiler Brennstoffe	129
5.5.1	Die zeitliche Verteilung der fossilen Brennstoffe	129
5.5.2	Ölreserven	132
	Konventionelle Öle	132
	Schweröle	133
	Ölschiefer	133
5.5.3	Kohle	133
5.5.4	Gas	133
5.6	Die Bewertung von Erdöl- und Erdgasmuttergesteinen	134
5.6.1	Menge und Art des organischen Materials	134
	Menge des organischen Materials	134
	Typ des organischen Materials – optische Methoden	135
	Typ des organischen Materials – physikalisch-chemische Methoden	135
5.6.2	Reife des organischen Materials	135
	Optische Bestimmungen der Reife	135
	Pyrolytische Messungen der Reife	137
	Einfluß der Reife auf die Identifizierung des organischen Materials	137
	Chemische Bestimmungen der Reife anhand des Bitumens	138
5.6.3	Korrelationen zwischen Isotopenverteilung und Petroleummuttergestein	138
6	Die molekulare Bewertung rezenter Sedimente	140
6.1	Von Organismen vererbte Biomarkerverteilungen	140
6.1.1	Einleitung	140
6.1.2	Generelle Unterschiede zwischen den Hauptorganismengruppen	141
6.1.3	Faktoren, die die Lipidzusammensetzung der Organismen beeinflussen	142

6.2 Beispiele für Quellenindikatoren in rezenten Sedimenten	142
6.2.1 Fettsäuren	142
Monounsättigte Fettsäuren	144
Polyungesättigte Fettsäuren	144
2- und 3-methylverzweigte Fettsäuren	145
Intern-verzweigte und Cycloalkylfettsäuren	145
Hydroxyfettsäuren	145
6.2.2 Sterole	145
6.2.3 Kohlenhydrate	147
6.2.4 Lignin	148
6.2.5 Kohlenstoffisotope	148
6.3 Die Diagenese auf molekularer Ebene	151
6.3.1 Allgemeine diagenetische Prozesse	151
Kohlenhydrate und Lignine	151
Biomarker	151
6.3.2 Die Lipiddiagenese in der Wassersäule	153
6.3.3 Die sedimentäre Diagenese der Lipide	154
Fettsäuren	154
Photosynthetisch aktive Farbstoffe	157
Steroide	160
Terpene	164
6.4 Paleotemperaturmessungen	171
6.4.1 Die Epimerisierung von Aminosäuren	171
6.4.2 Der Sättigungsgrad in langkettigen Ketonen	172
7 Molekulare Untersuchungen an Sedimenten und die Petroleumbildung	174
7.1 Quellenindikatoren	174
7.1.1 Einleitung	174
7.1.2 Kohlenwasserstoffe	174
Normale und methyl-verzweigte Alkane	174
Acyclische Isoprene	174
Cycloalkane	176
7.1.3 Kohlenstoffisotope	177
7.2 Hinweise auf den Ablagerungsbereich	177
7.2.1 Hypersalinität	178
7.2.2 Redoxbedingungen	178
Phytoldiagenese	178
Nickel- und Vanadiumverteilungen	180
7.2.3 Die Erkennung unterschiedlicher mariner und lakustriner Bereiche	181
7.3 Thermische Reife und molekulare Umwandlungen	182
7.3.1 Strukturisomerie	182
Acyclische Isoprenalkane	182
Sterane	182
Triterpane	182
7.3.2 Aromatisierung	183
7.3.3 Anreicherung von kurzkettigen Kohlenwasserstoffen und Crackprozesse	184
Steroide	184
Porphyrine	184

7.4	Molekulare Reife und Quellenparameter in der Erdölexploration	184
7.4.1	Molekulare Reifeparameter	184
	Leichte Kohlenwasserstoffe	184
	Kohlenstoffpräferenz-Index (Carbon Preference Index)	185
	Pristanformations-Index	185
	Biomarker-Umwandlungen	186
	Methylgruppenisomerisierung in aromatischen Kohlenwasserstoffen	187
7.4.2	Der Einfluß von geothermischen Gradienten auf molekulare Reifeparameter	189
7.4.3	Öl/Muttergesteins-Korrelationen	192
7.5	Die Analyse der Biomarker-Kohlenwasserstoffe	192
7.5.1	Einleitung	192
7.5.2	Gaschromatographie-Massenspektrometrie	193
7.5.3	Die Bewertung der Biomarkerverteilungen	194
8	Das Verhalten anthropogener organischer Verbindungen in der Umwelt	197
8.1	Einleitung	197
8.2	Der Einfluß des Menschen auf den Kohlenstoffzyklus	197
8.2.1	Kohlendioxid und der Treibhauseffekt	197
8.2.2	Der Einfluß von Spurengasen auf die globale Erwärmung	200
	Methan	201
	Kohlenmonoxid	202
	Dimethylsulfide	203
8.2.3	Eutrophierung	203
8.3	Halogenkohlenwasserstoffe und Abbau des Ozons	204
8.4	Verschmutzungen durch Kohlenwasserstoffe im aquatischen Bereich	206
8.4.1	Die Verbrennung fossiler Brennstoffe	206
	Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe in rezenten Sedimenten	206
	Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe in vorzeitlichen Sedimenten	208
8.4.2	Ölverschmutzungen	208
	Die Effekte der Ölverschmutzung	208
	Die Überwachung von Ölverschmutzungen	209
8.5	Einige xenobiotische organische Substanzen	210
8.5.1	DDT und verwandte Verbindungen	211
8.5.2	Polychlorierte Biphenyle	212
8.6	Faktoren, die den Werdegang anthropogener Einträge beeinflussen	215
8.6.1	Allgemeine Betrachtungen	215
8.6.2	Huminstoffe und Schadstoffe	215
	Literatur	216
	Weiterführende Literatur	224
	Sachregister	226